



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – 210-7723655 – erminfo@power.ece.ntua.gr

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ,
ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ & ΑΥΤΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΙΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ»**

Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας

Κωνσταντίας Παπαδοπούλου

Επιβλέπουσα

**Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια ΕΜΠ,
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

.....

Κωνσταντία Παπαδοπούλου

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Copyright ©, Κωνσταντία Παπαδοπούλου, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και η διανομή της παρούσας εργασίας εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Δύναται η ανατύπωση, η αποθήκευση και η διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Οποιαδήποτε ερωτήματα κερδοσκοπικής φύσεως πρέπει να απευθύνονται στη συγγραφέα.

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

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των ανθρώπων που συνέβαλαν σε αυτή μου την προσπάθεια.

Πρωτίστως, ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου στην ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας εργασίας. Την ευχαριστώ για τις συμβουλές, τις συζητήσεις, το χρόνο της και τη γόνιμη κριτική της.

Στη συνέχεια, να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Αξαρή Χρήστο, Πολιτικό Μηχανικό που ειδικεύεται στη μελέτη και επίβλεψη έργων μηχανολογικών εγκαταστάσεων εστιάζοντας στις αντλίες θερμότητας, για την ευγένεια και προθυμία του να μου παρέχει ολοκληρωμένη και λεπτομερή πληροφόρηση τόσο σχετικά με την εφαρμογή των συστημάτων αυτών σε έργα μικρού και μεγάλου βεληνεκούς όσο και στην κοστολόγηση αυτών.

Παραπάνω από πολύ θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους και τους συναδέλφους μου για τις συζητήσεις, την προθυμία και τη συμπαράστασή τους σε αυτό το ερευνητικό ταξίδι, ενώ η εργασία αυτή δε θα είχε ολοκληρωθεί δίχως την εμπύχωση και ηθική υποστήριξη της οικογένειάς μου.

Κωνσταντία Παπαδοπούλου

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	12
ΣΥΝΟΨΗ	17
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	18
SUMMARY	21
ABSTRACT	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
Βιβλιογραφία 1^ο κεφαλαίου	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	33
2.1. Πράσινη τουριστική ανάπτυξη.....	33
2.1.1. Ξενοδοχειακή Ανάπτυξη και Οικονομία.....	33
2.1.2. Πράσινη ανάπτυξη & Επιχειρηματικότητα	34
2.1.3. Η βιώσιμη ανάπτυξη στον ξενοδοχειακό τομέα – Αειφόρος τουρισμός.....	35
2.2. Κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα.....	36
2.3. Ενεργειακή διαχείριση ξενοδοχείων.....	38
2.4. Ενεργειακή επιθεώρηση ξενοδοχείων.....	39
2.5. Προσδιορισμός των όρων nZEB, ZEB και των Πράσινων κτιρίων εστιάζοντας στα ξενοδοχεία 40	
2.5.1. Κτίρια σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας ή Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) 40	
2.5.2. Κτίρια μηδενικών εκπομπών ή Zero – emission Buildings (ZEBs)	42
2.5.3. Πράσινα ξενοδοχεία.....	42
2.6. Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία	46
2.6.1. Κτιριακό κέλυφος – Παθητικά συστήματα	46
2.6.2. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός – Ενεργητικά συστήματα	51
2.6.2.1. Σύστημα Θέρμανσης	51
2.6.2.2. Σύστημα Ψύξης	57
2.6.2.3. Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης.....	58
2.6.2.4. Σύστημα Φωτισμού.....	58
2.6.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	59
2.6.3.1. Θερμικά ηλιακά συστήματα.....	59
2.6.3.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα	60
2.6.3.3. Ανεμογεννήτριες	61
2.6.3.4. Βιομάζα	62
2.6.3.5. Γωθερμικές αντλίες.....	63
2.6.4. Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Building Energy Management Systems (BEMS)....	65
2.7. Μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων και ανάλυση του LCCA.....	67
2.7.1. Ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής (LCCA)	69

2.7.2.	Ανάλυση βασικών σημείων LCCA.....	70
2.8.	Βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ενεργειακή αναβάθμιση ξενοδοχείων	72
2.9.	Παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικών και πράσινων ξενοδοχείων στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και Παγκοσμίως	79
Βιβλιογραφία 2^{ον} κεφαλαίου.....		88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ		95
3.1.	Το λογισμικό TEE – KENAK	95
3.2.	Το λογισμικό Revit, Green Building Studio (GBS) και Insight.....	96
3.2.1.	Το λογισμικό Revit.....	96
3.2.2.	Το λογισμικό Insight	98
3.2.3.	Το λογισμικό Green Building Studio (GBS)	107
3.3.	Γεωγραφική τοποθεσία και Κλιματικά δεδομένα	108
3.4.	Αρχιτεκτονική περιγραφή κτιρίου.....	114
3.5.	Χωρισμός σε θερμικές ζώνες	116
3.6.	Προφίλ λειτουργίας	120
3.6.1.	Ωράριο λειτουργίας.....	120
3.6.2.	Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων	120
3.6.3.	Απαιτούμενος νωπός αέρα εσωτερικών χώρων.....	121
3.6.4.	Απαιτήσεις και απαραίτητες στάθμες φωτισμού	121
3.7.	Περιγραφή κελύφους.....	121
3.7.1.	Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	121
3.7.2.	Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων.....	122
3.7.3.	Εμβαδομετρήσεις κτιρίου	122
3.7.4.	Συντελεστές απορρόφησης και εκπομπής.....	123
3.7.5.	Συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων	123
3.7.6.	Συντελεστές σκίασης.....	124
3.7.7.	Αερισμός λόγω διεύδυσης αέρα από κουφώματα.....	126
3.8.	Συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού και φωτισμού 127	
3.8.1.	Σύστημα Θέρμανσης	127
3.8.2.	Σύστημα ψύξης.....	132
3.8.3.	Σύστημα ζεστού νερού χρήσης	135
3.8.4.	Απαιτήσεις μηχανικού αερισμού	136
3.8.5.	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού	137
3.8.6.	Διατάξεις αυτόματου ελέγχου	138
3.9.	Παραδοχές	138
3.10.	Διευκρινήσεις δεδομένων εισαγωγής ενεργειακής ανάλυσης στο Revit.....	139
Βιβλιογραφία 3^{ον} κεφαλαίου.....		144
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ		145
4.1.	Σενάρια ενεργειακής βελτίωσης στο TEE-KENAK	146
4.1.1.	Σενάριο 1 : Βελτίωση θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους.....	146

4.1.1.1.	Προσθήκη θερμομόνωσης	146
4.1.1.2.	Αλλαγή κουφωμάτων	155
4.1.2.	Σενάριο 2 : Βελτίωση συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού	159
4.1.3.	Σενάριο 3 : Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ	165
4.1.4.	Σενάριο 4 : Τοποθέτηση αυτοματισμών (BMS)	167
4.1.5.	Σενάριο 5 : Συνδυασμός των σεναρίων 1-4	169
4.2.	Σενάρια ενεργειακής βελτίωσης στο Revit	169
4.2.1.	Σενάριο 6 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (ASHRAE VAV)	170
4.2.2.	Σενάριο 7 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System)	170
4.2.3.	Σενάριο 8 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System)	170
4.2.4.	Σενάριο 9 : Τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC)	170
4.2.5.	Σενάριο 10 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump)	170
4.2.6.	Σενάριο 11 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV)	170
4.2.7.	Σενάριο 12 : Τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)	170
4.2.8.	Σενάριο 13 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης (High Eff. Heat Pump)	170
	Βιβλιογραφία 4^{ου} κεφαλαίου.....	171
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	173
5.1.	Αποτελέσματα ανάλυσης στο TEE-KENAK	173
5.1.1.	Αποτελέσματα σεναρίων για την Κλιματική Ζώνη Α	173
5.1.1.1.	Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α	173
5.1.1.2.	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α	178
5.1.1.3.	Κατανάλωση καυσίμων κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α	182
5.1.1.4.	Εκπομπές CO ₂ κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α	184
5.1.2.	Αποτελέσματα σεναρίων για όλες τις Κλιματικές Ζώνες	186
5.1.2.1.	Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου για όλες τις Κλιματικές Ζώνες	186
5.1.2.2.	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες	193
5.1.2.3.	Κατανάλωση καυσίμων κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες	198
5.1.2.4.	Εκπομπές CO ₂ κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες	202
5.2.	Ενεργειακή ανάλυση στο Revit	206
5.2.1.	Αποτελέσματα για την Κλιματική Ζώνη Α	207

5.2.1.1.	Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης και ενεργειακής κατανάλωσης στην υφιστάμενη κατάσταση	207
5.2.1.2.	Ανάλυση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων	208
5.2.1.3.	Ανάλυση ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων	213
5.2.2.	Αποτελέσματα για όλες τις κλιματικές ζώνες	216
5.2.2.1.	Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης στην υφιστάμενη κατάσταση	216
5.2.2.2.	Ανάλυση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων	218
5.2.2.3.	Ανάλυση ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων	221
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ		223
6.1.	Προσδιορισμός περιόδου αποπληρωμής επένδυσης	223
6.2.	Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA).....	230
Βιβλιογραφία 6^{ου} κεφαλαίου.....		232
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ		233
7.1.	Συμπεράσματα	233
7.2.	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	238
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ		240
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		241
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....		253
8.1.	Αποτελέσματα σεναρίων στο TEE-KENAK.....	253
8.2.	Αποτελέσματα σεναρίων στο Revit.....	267
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ		274
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....		278

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Συντεταγμένες μετεωρολογικών σταθμών των υπό μελέτη περιοχών [Revit].	110
Πίνακας 3.2: Κατανομή θερμικών ζωνών, χώρων και χρήσεων στο εξεταζόμενο κτίριο.	117
Πίνακας 3.3: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών.	118
Πίνακας 3.4: Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κτιρίου[7].	120
Πίνακας 3.5: Απαιτούμενος νωπός αέρας κτιρίου[7].	121
Πίνακας 3.6: Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίου[7].	121
Πίνακας 3.7: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων υφιστάμενης κατάστασης (χωρίς θερμομόνωση).	122
Πίνακας 3.8: Συντελεστής ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία[7].	123
Πίνακας 3.9: Συγκεντρωτικός πίνακας συντελεστών σκίασης του κτιρίου.	125
Πίνακας 3.10: Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω χαραμάδων ανά είδος κουφώματος[7].	126
Πίνακας 3.11: Απαιτούμενη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	128
Πίνακας 3.12: Επιμερισμένη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	128
Πίνακας 3.13: Λόγος P_m / P_{gen} .	129
Πίνακας 3.14: Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης για κάθε κλιματική ζώνη.	130
Πίνακας 3.15: Συντελεστής η_{g2} για κάθε κλιματική ζώνη.	130
Πίνακας 3.16: Συντελεστής η_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη.	131
Πίνακας 3.17: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.	132
Πίνακας 3.18: Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου.	133
Πίνακας 3.19: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου.	133
Πίνακας 3.20: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.	134
Πίνακας 3.21: Απαιτούμενη ισχύς ηλεκτρικών θερμαντήρων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου και για κάθε κλιματική ζώνη.	135
Πίνακας 3.22: Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lx.	138
Πίνακας 4.1: Πάχη θερμομόνωσης δομικών στοιχείων κατασκευής για κάθε κλιματική ζώνη.	154
Πίνακας 4.2: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κατασκευής και μέγιστοι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη.	154
Πίνακας 4.3: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη.	155
Πίνακας 4.4: Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω χαραμάδων ανά κλάση αεροπερατότητας.	155
Πίνακας 4.5: Θερμογέφυρες ανά θερμική ζώνη.	157
Πίνακας 4.6: Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κελύφους όλου του κτιρίου για κάθε κλιματική ζώνη.	158
Πίνακας 4.7: Απαιτούμενη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	160
Πίνακας 4.8: Επιμερισμένη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	160
Πίνακας 4.9: Λόγος P_m / P_{gen} .	160
Πίνακας 4.10: Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης.	161
Πίνακας 4.11: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.	162
Πίνακας 4.12: Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου.	163
Πίνακας 4.13: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου.	163
Πίνακας 4.14: Απαιτούμενη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	164
Πίνακας 4.15: Επιμερισμένη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.	164
Πίνακας 4.16: Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lx.	165
Πίνακας 5.1: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη A.	174

Πίνακας 5.2: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Α.....	186
Πίνακας 5.3: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Β.....	186
Πίνακας 5.4: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Γ.....	187
Πίνακας 5.5: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Δ.....	187
Πίνακας 5.6: Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης για το ξενοδοχείο στην κλιματική ζώνη Α.....	207
Πίνακας 5.7: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στην υφιστάμενη κατάσταση για την κλιματική ζώνη Α.....	207
Πίνακας 5.8: Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης για το ξενοδοχείο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.....	216
Πίνακας 5.9: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στην υφιστάμενη κατάσταση σε όλες τις κλιματικές ζώνες.....	217
Πίνακας 6.1: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Α (χωρίς Φ.Π.Α.).....	224
Πίνακας 6.2: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Β (χωρίς Φ.Π.Α.).....	225
Πίνακας 6.3: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Γ (χωρίς Φ.Π.Α.).....	225
Πίνακας 6.4: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Δ (χωρίς Φ.Π.Α.).....	226
Πίνακας 6.5: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Α.....	230
Πίνακας 6.6: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Β.....	230
Πίνακας 6.7: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Γ.....	231
Πίνακας 6.8: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Δ.....	231
Πίνακας II.1: Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων Σεναρίου 1 (με προσθήκη θερμομόνωσης) για την κλιματική Ζώνη Α.....	243
Πίνακας II.2: Υπολογισμοί εμβαδομετρήσεων και διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή U_m του κτιρίου για την κλιματική Ζώνη Α.....	246
Πίνακας II.3: Αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα στην υφιστάμενη κατάσταση.....	251
Πίνακας II.4: Αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα στο σενάριο 1.....	252
Πίνακας IV.1: Υπολογισμός κόστους επένδυσης εναλλακτικών σεναρίων για τις κλιματικές ζώνες Α,Β&Γ.....	274
Πίνακας IV.2: Υπολογισμός κόστους επένδυσης εναλλακτικών σεναρίων για την κλιματική ζώνη Δ.....	275
Πίνακας IV.3: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Α.....	276

Πίνακας IV.4: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Β.....	276
Πίνακας IV.5: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Γ.....	277
Πίνακας IV.6: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Δ.....	277

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 0.1 Παγκόσμιοι κίνδυνοι κατά σειρά σημαντικότητας [4].....	25
Σχήμα 1.2 Προβλεπόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως[3]	26
Σχήμα 0.3 Μέση παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλήν[7].....	27
Σχήμα 0.4 Καταμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στο τριτογενή τομέα[11].....	28
Σχήμα 2.1 Κατανομή εσόδων από τον Τουρισμό στις Περιφέρειες [3].....	33
Σχήμα 2.2 Επίδραση της οικονομικής δραστηριότητας στους συναφείς με τον τουρισμό κλάδους [1].	34
Σχήμα 2.3 Καταμερισμός κατανάλωσης ενέργειας σε ένα τυπικό ξενοδοχείο[12].	36
Σχήμα 2.4 Διαγραμματική αναπαράσταση της ενεργειακής πολιτικής σε ξενοδοχείο[17].	38
Σχήμα 2.5 Σχηματική απεικόνιση κτιρίου nZEB [19]	41
Σχήμα 2.6 Σχηματική απεικόνιση Πράσινου κτιρίου[22].....	43
Σχήμα 2.7 Σήμα πιστοποίησης Green Key (αριστερά)[26], Σήμα οικολογικής ποιότητας Eco-Label (δεξιά) [27].	44
Σχήμα 2.8 Πράσινη κατάταξη καταλυμάτων[25].....	45
Σχήμα 2.9 Σύστημα θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας (αριστερά) [33], Σύστημα θερμομόνωσης ενδιάμεσα σε δικέλυφη τοιχοποιία (δεξιά) [34].....	48
Σχήμα 2.10 Ανοιγόμενο κούφωμα αλουμινίου με τριπλό υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή [35].....	48
Σχήμα 2.11 Οριζόντιο σύστημα σκίασης με πέργκολα (αριστερά), κατακόρυφο σύστημα σκίασης με εξωτερικές περσίδες (δεξιά)[36].....	49
Σχήμα 2.12 Ανοιγόμενα παντζούρια (αριστερά)[37], ρολά (δεξιά)[38].	49
Σχήμα 2.13 Σχηματική απεικόνιση Τοίχου Trombe[39].....	50
Σχήμα 2.14 Σχηματική απεικόνιση Ηλιακού χώρου[40]	50
Σχήμα 2.15 Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θέρμανσης[44]	52
Σχήμα 2.16 Σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας από κάθε είδος θερμικού συγκροτήματος με κόστος από συνήθη Λέβητα Πετρελαίου [44]	53
Σχήμα 2.17 Διάταξη αντλίας θερμότητας[46].....	53
Σχήμα 2.18 Τρόπος λειτουργίας συστήματος αντλίας θερμότητας[48].....	55
Σχήμα 2.19 Λάμπες LED [53].	58
Σχήμα 2.20 Σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών φωτισμού[54]	59
Σχήμα 2.21 Τρόπος λειτουργίας ενός θερμικού ηλιακού συστήματος[55].....	60
Σχήμα 2.22 Σύστημα φωτοβολταϊκών πάνελ σε στέγη κτιρίου [56].	61
Σχήμα 2.23 Μικρές ανεμογεννήτριες σε κτίρια[30].....	62
Σχήμα 2.24 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος τηλεθέρμανσης[59].	63
Σχήμα 2.25 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος οριζόντιων και κατακόρυφων γεωεναλλακτών [60]	65
Σχήμα 2.26 Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας BEMS σε κτίριο κατοικίας[62]	66
Σχήμα 2.27 Βήματα ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής[65]	69
Σχήμα 2.28 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση, σε 158 Ελληνικά ξενοδοχεία [15].....	73
Σχήμα 2.29 Τριτογενής τομέας στην Ελλάδα. Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο κτιρίου [15].	74
Σχήμα 2.30 Έκταση εγκατεστημένου ηλιακού συλλέκτη ανά κλίνη[67]	75
Σχήμα 2.31 Εγκατεστημένη χωρητικότητα δοχείου αποθήκευσης ζεστού νερού ανά επιφάνεια συλλέκτη[67]	75
Σχήμα 2.32 Αρχικό ενεργειακό προφίλ του ξενοδοχείου στο Γκόζο [70].	77
Σχήμα 2.33 Proximity Hotel[73].	80
Σχήμα 2.34 Couran Cove Resort[74].	81
Σχήμα 2.35 Stadhalle Hotel[76].....	82

Σχήμα 2.36 Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας – Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο Stadhalle [77]	83
Σχήμα 2.37 L' Orri de Planès[78]	84
Σχήμα 2.38 Candia Maris Hotel[80]	85
Σχήμα 2.39 Aldemar Resort, Ολυμπία Πελοποννήσου[82].	86
Σχήμα 2.40 Thalassa Beach Resort, Χανιά[83].	87
Σχήμα 3.1 Ενεργειακή ανάλυση λεπτομερώς σχεδιασμένου μοντέλου σε περιβάλλον Revit [3].	98
Σχήμα 3.2 Απόσπασμα από το περιβάλλον εργασίας στο Insight.....	98
Σχήμα 3.3 Παράμετροι υπολογισμού σκιασμών παραθύρων στο Insight [4].	99
Σχήμα 3.4 Χαρακτηριστικά τύπων υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται στο Insight [4].....	100
Σχήμα 3.5 Ιδιότητες διαφόρων ειδών τοιχοποιίας που παραμετροποιεί το Insight [4].	100
Σχήμα 3.6 Ιδιότητες διαφόρων ειδών οροφής που παραμετροποιεί το Insight [4].....	101
Σχήμα 3.7 Τιμές αεροστεγανότητας στο Insight [5].....	101
Σχήμα 3.8 Τα συστήματα HVAC που χρησιμοποιούνται από το Insight με τις αντίστοιχες παραπομπές τους από τους κανονισμούς [4].	102
Σχήμα 3.9 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/7[6].	103
Σχήμα 3.10 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/6[6].	104
Σχήμα 3.11 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/5[6].	104
Σχήμα 3.12 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/5[6].	105
Σχήμα 3.13 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 12/6[6].	105
Σχήμα 3.14 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 12/5[6].	106
Σχήμα 3.15 Τιμές κόστους ηλεκτρικού ρεύματος και αερίου που εισήχθησαν στο Insight.	107
Σχήμα 3.16 Απόσπασμα από το περιβάλλον εργασίας στο Green Building Studio.	108
Σχήμα 3.17 Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας[8].	109
Σχήμα 3.18 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα βάσει της τεχνικής οδηγίας[9].	110
Σχήμα 3.19 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα που λαμβάνονται υπόψη στο Revit [Insight].	111
Σχήμα 3.20 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για το Ηράκλειο (Ζώνη Α) [Insight]. ...	112
Σχήμα 3.21 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για την Αθήνα (Ζώνη Β) [Insight].....	112
Σχήμα 3.22 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για τη Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ) [Insight].	113
Σχήμα 3.23 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για τη Φλώρινα (Ζώνη Δ) [Insight].	113
Σχήμα 3.24 Κάτοψη Ισογείου.....	114
Σχήμα 3.25 Κάτοψη Α Ορόφου.	115
Σχήμα 3.26 Κάτοψη Β ορόφου.....	115
Σχήμα 3.27 Φωτορεαλιστική απεικόνιση κτιρίου σε 3d στο λογισμικό Revit.	116
Σχήμα 3.28 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών ισογείου.....	118
Σχήμα 3.29 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών Α Ορόφου.	119
Σχήμα 3.30 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών Β Ορόφου.	120
Σχήμα 3.31 Συστήματα αυτοματισμών κατηγορίας Δ.	138
Σχήμα 3.32 Παράμετροι ενεργειακής ανάλυσης στο περιβάλλον του Revit.....	140
Σχήμα 3.33 Λεπτομέρειες default συστήματος στην υφιστάμενη κατάσταση [10].	141
Σχήμα 3.34 Analytical Spaces στο περιβάλλον του Revit.....	142
Σχήμα 3.35 Analytical Surfaces στο περιβάλλον του Revit.....	143

Σχήμα 4.1 Διατομή δώματος οροφής σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).....	148
Σχήμα 4.2 Διατομή εξωτερικού τοίχου από οπτοπλινθοδομή σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).	149
Σχήμα 4.3 Διατομή τοίχου από οπτοπλινθοδομή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).	150
Σχήμα 4.4 Διατομή εξωτερικού τοίχου από σκυρόδεμα σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).	151
Σχήμα 4.5 Διατομή τοίχου από σκυρόδεμα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω)	152
Σχήμα 4.6 Διατομή δαπέδου σε επαφή με το έδαφος (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω)	153
Σχήμα 4.7 Φωτοβολταϊκό πάνελ του σεναρίου 3.....	167
Σχήμα 4.8 Συστήματα αυτοματισμών κατηγορίας A.	168
Σχήμα 4.9 Τα συστήματα HVAC που χρησιμοποιούνται από το Insight με τις αντίστοιχες παραπομπές τους από τους κανονισμούς[2].	169
Σχήμα 5.1 Καρτέλα αποτελεσμάτων από το λογισμικό TEE-KENAK για την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση στην κλιματική ζώνη A.....	174
Σχήμα 5.2 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη A.....	175
Σχήμα 5.3 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη A.	176
Σχήμα 5.4 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη A.....	178
Σχήμα 5.5 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη A.....	179
Σχήμα 5.6 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη A.....	181
Σχήμα 5.7 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη A.	182
Σχήμα 5.8 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη A.....	183
Σχήμα 5.9 Εκπομπές CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη A.	184
Σχήμα 5.10 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη A.	184
Σχήμα 5.11 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.	188
Σχήμα 5.12 Συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.	189
Σχήμα 5.13 Ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για όλες τις κλιματικές ζώνες.	191
Σχήμα 5.14 Ποσοστά συνολικής εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας για όλες τις κλιματικές ζώνες.	192
Σχήμα 5.15 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	194
Σχήμα 5.16 Συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις σε όλες τις κλιματικές ζώνες.....	195
Σχήμα 5.17 Ποσοστά μείωσης ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων διαφόρων χρήσεων για κάθε κλιματική ζώνη.....	196
Σχήμα 5.18 Ποσοστά μείωσης ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	197
Σχήμα 5.19 Κατανάλωση καυσίμων ανά πηγή ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη.....	199
Σχήμα 5.20 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων ανά πηγή ενέργειας σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	200
Σχήμα 5.21 Ποσοστά μείωσης συνολικής κατανάλωσης καυσίμων σε όλες τις κλιματικές ζώνες. ...	201

Σχήμα 5.22 Εκπομπές CO ₂ ανά πηγή ενέργειας και σενάριο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	203
Σχήμα 5.23 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO ₂ ανά πηγή ενέργειας και σενάριο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	204
Σχήμα 5.24 Ποσοστά μείωσης συνολικών εκπομπών CO ₂ σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	205
Σχήμα 5.25 Ποσοστό κατανομής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη A.	208
Σχήμα 5.26 Προσομοίωμα του κτιρίου μελέτης στο περιβάλλον του Insight.	208
Σχήμα 5.27 Καρτέλες παραμετρικής ανάλυσης στο Insight για την κλιματική ζώνη A.	211
Σχήμα 5.28 Συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια κάθε σεναρίου όπως προκύπτει στο Insight. ..	212
Σχήμα 5.29 Συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια σεναρίων για την κλιματική ζώνη A.	212
Σχήμα 5.30 Ποσοστά μείωσης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων για την κλιματική ζώνη A.	213
Σχήμα 5.31 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη A. ...	214
Σχήμα 5.32 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα στην κλιματική ζώνη A.	215
Σχήμα 5.33 Ποσοστά κατανομής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τελική χρήση σε όλες τις κλιματικές ζώνες.	217
Σχήμα 5.34 Συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια σεναρίων για όλες τις κλιματικές ζώνες.	219
Σχήμα 5.35 Ποσοστά μείωσης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων για όλες τις κλιματικές ζώνες.	220
Σχήμα 6.1 Κόστη επένδυσης σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης ανά κλιματική ζώνη.	226
Σχήμα 6.2 Συνολικές ετήσιες επαναλαμβανόμενες δαπάνες σεναρίων ανά κλιματική ζώνη.	227
Σχήμα 6.3 Ποσοστά μείωσης συνολικών ετήσιων επαναλαμβανόμενων δαπανών σεναρίων ανά κλιματική ζώνη.	227
Σχήμα 6.4 Περίοδοι αποπληρωμής κεφαλαίου κάθε εναλλακτικού σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου σε κάθε κλιματική ζώνη.	228
Σχήμα 6.5 Ποσοστά μείωσης του κόστους κύκλου ζωής για κάθε σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη.	232
Σχήμα I.1 Κάτοψη Δώματος.	240
Σχήμα I.2 Τομή A-A.	240
Σχήμα II.1 Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων Σεναρίου 1 (με προσθήκη θερμομόνωσης) για την κλιματική Ζώνη A.	242
Σχήμα II.2 Αναλυτικοί υπολογισμοί συντελεστών σκίασης διαφανών στοιχείων.	250
Σχήμα III.1 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη B.	253
Σχήμα III.2 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη B.	253
Σχήμα III.3 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη B.	254
Σχήμα III.4 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη B.	254
Σχήμα III.5 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη B.	255
Σχήμα III.6 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη B.	256
Σχήμα III.7 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη B.	256
Σχήμα III.8 Εκπομπές CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη B.	257
Σχήμα III.9 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη B.	257
Σχήμα III.10 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Γ.	258
Σχήμα III.11 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Γ.	258

Σχήμα III.12 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Γ.	259
Σχήμα III.13 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Γ.	259
Σχήμα III.14 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.	260
Σχήμα III.15 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.	261
Σχήμα III.16 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Γ.	261
Σχήμα III.17 Εκπομπές CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.	262
Σχήμα III.18 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.	262
Σχήμα III.19 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Δ.	263
Σχήμα III.20 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Δ.	263
Σχήμα III.21 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Δ.	264
Σχήμα III.22 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Δ.	264
Σχήμα III.23 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.	265
Σχήμα III.24 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.	266
Σχήμα III.25 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Δ.	266
Σχήμα III.26 Εκπομπές CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.	267
Σχήμα III.27 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO ₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.	267
Σχήμα III.28 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Β. ...	269
Σχήμα III.29 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Γ.	270
Σχήμα III.30 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Γ.	271
Σχήμα III.31 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Δ. ...	272
Σχήμα III.32 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Δ. ...	273
Σχήμα V.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελ που εφαρμόστηκαν στο TEE-KENAK. ...	279
Σχήμα V.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε στο TEE-KENAK.	281

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ
ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ,
ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ & ΑΥΤΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΙΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ»**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

Κωνσταντία Παπαδοπούλου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

**Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια Σχολής Μηχανολόγων
Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΈΤΟΣ: 2023-2024

ΣΥΝΟΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της δυνατότητας αναβάθμισης ενός υφιστάμενου τυπικού Ελληνικού ξενοδοχείου σε πράσινο εστιάζοντας στην ενεργειακή εξοικονόμηση και μείωση των εκπομπών CO₂ που επιτυγχάνεται εξετάζοντας 13 διαφορετικά σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση 2 διαφορετικών λογισμικών, το TEE-KENAK και το Revit, όπως επίσης πραγματοποιείται οικονομική αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης. Αρχικά, παρουσιάζεται η ανάγκη εξοικονόμησης στα κτίρια, ειδικά για τον ξενοδοχειακό τομέα. Αναλύεται η έννοια της πράσινης τουριστικής ανάπτυξης, οι καταναλώσεις ενέργειας, η ενεργειακή διαχείριση και η ενεργειακή επιθεώρηση των ξενοδοχείων, προσδιορίζονται οι όροι nZEB, ZEB και των πράσινων ξενοδοχείων καθώς επίσης πραγματοποιείται εκτεταμένη αναφορά στις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία. Ακόμη, παρουσιάζονται οι μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων, πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση ξενοδοχείων και παρατίθενται χαρακτηριστικά παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικών και πράσινων ξενοδοχείων στην Ελλάδα, την Ευρώπη και παγκοσμίως. Έπειτα, παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογική προσέγγιση της διπλωματικής εργασίας για την υφιστάμενη κατάσταση του ξενοδοχείου και γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού των 13 διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης στα δύο λογισμικά για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Ακολούθως, ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της μελέτης σχετικά με την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, τις καταναλώσεις καυσίμων και εκπομπών CO₂ με εστίαση στην ενεργειακή εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται και τις μειώσεις εκπομπών CO₂. Τέλος, έλαβε χώρα η οικονομική αξιολόγηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που προσομοιάθηκαν στο TEE-KENAK όπου ελέγχθηκε η οικονομική βιωσιμότητα του εκάστοτε σεναρίου και η δυνατότητα μετατροπής του συμβατικού αυτού ξενοδοχείου σε ένα ενεργειακά σύγχρονο του οποίου οι υποδομές θα προσομοιάζουν αυτές των πράσινων ξενοδοχείων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται το θεσμό των πράσινων, ενεργειακά αποδοτικών ξενοδοχείων προσεγγίζοντας ολιστικά την έννοια αυτή κι έπειτα διερευνά τη δυνατότητα αναβάθμισης ενός υφιστάμενου τυπικού Ελληνικού ξενοδοχείου σε πράσινο εστιάζοντας στη μελέτη της ενεργειακής του συμπεριφοράς και στις εκπομπές CO₂. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιείται μια πολυπαραμετρική ανάλυση διαφόρων σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης που αφορούν στη βελτίωση του κελύφους του κτιρίου, στην αναβάθμιση και τοποθέτηση διαφόρων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης, στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων, στη χρήση αυτοματισμών στο κτίριο και στο συνδυασμό όλων των προαναφερθέντων μέτρων ενεργειακής βελτίωσης. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας κάνοντας χρήση 2 λογισμικών: το λογισμικό TEE-KENAK που χρησιμοποιείται σε εθνικό επίπεδο και το BIM λογισμικό Revit, με τη βοήθεια των Insight και Green Building Studio (GBS). Επιπλέον, προκειμένου η πολυπαραμετρική ανάλυση να έχει υπόσταση στα σημερινά Ελληνικά δεδομένα, πραγματοποιείται οικονομική αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων διερευνώντας την περίοδο αποπληρωμής και το Κόστος Κύκλου Ζωής (LCCA) του εκάστοτε σεναρίου για κάθε ζώνη. Η μελέτη αυτή έχει ως στόχο, προσεγγίζοντας το θεσμό των πράσινων ξενοδοχείων, να διερευνήσει την ενεργειακή εξοικονόμηση και μείωση των εκπομπών CO₂ που επιτυγχάνεται από τα διάφορα προτεινόμενα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας, λαμβάνοντας υπόψη και την οικονομική βιωσιμότητα του κάθε σεναρίου στην Ελληνική πραγματικότητα.

Συγκριμένα η εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

Στο *πρώτο κεφάλαιο* αναφέρεται η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, η οποία με την πάροδο του χρόνου γίνεται όλο και πιο επιτακτική, ιδιαίτερα για τον ξενοδοχειακό κλάδο.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* αναλύεται η βιωσιμότητα και η εξοικονόμηση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα. Αρχικά, παρουσιάζεται η έννοια της πράσινης τουριστικής ανάπτυξης, οι καταναλώσεις ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα, η ενεργειακή διαχείριση ξενοδοχείων, και η ενεργειακή επιθεώρηση ξενοδοχείων. Έπειτα, προσδιορίζονται οι όροι nZEB, ZEB όπως και τα Πράσινα κτίρια εστιάζοντας στα ξενοδοχεία και πραγματοποιείται εκτεταμένη αναφορά στις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία. Ακόμη, παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων και γίνεται ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής (LCCA) καθώς επίσης πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ενεργειακή αναβάθμιση ξενοδοχείων. Στο τέλος του κεφαλαίου, παρουσιάζονται παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικών και πράσινων ξενοδοχείων στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και παγκοσμίως.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογική προσέγγιση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, γίνεται αναφορά στα λογισμικά TEE-KENAK και Revit σε συνδυασμό με το Green Building Studio (GBS) και το Insight που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. Έπειτα, παρουσιάζονται αναλυτικά η γεωγραφική τοποθεσία και τα κλιματικά δεδομένα, η αρχιτεκτονική περιγραφή του κτιρίου όπως και ο τρόπος χωρισμού του σε θερμικές ζώνες. Παρατίθενται λεπτομέρειες για το προφίλ λειτουργίας, το κέλυφος, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού και φωτισμού στην υφιστάμενη κατάσταση όπως και οι παραδοχές που έγιναν στα πλαίσια της εργασίας. Στο τέλος του

κεφαλαίου δίνονται διευκρινήσεις για τα δεδομένα εισαγωγής της ενεργειακής ανάλυσης στο Revit.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης που προσομοιώθηκαν τόσο στο TEE-KENAK όσο και στο Revit. Πέραν της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου για κάθε λογισμικό (σενάριο 0) μελετήθηκαν 13 εναλλακτικά σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν 5 διαφορετικά σενάρια με το λογισμικό TEE-KENAK και 8 διαφορετικά σενάρια με το λογισμικό Revit συνδυαστικά με τα Insight και GBS. Παρακάτω παρατίθενται τα σενάρια που αναλύθηκαν σε κάθε λογισμικό.

Στο λογισμικό TEE-KENAK μελετήθηκαν τα:

- Σενάριο 1: Βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους (προσθήκη θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων).
- Σενάριο 2: Βελτίωση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού (χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED)
- Σενάριο 3: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα
- Σενάριο 4: Τοποθέτηση αυτοματισμών (BEMS)
- Σενάριο 5: Συνδυασμός των σεναρίων 1-4 (Ολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου)

Στο λογισμικό Revit μελετήθηκαν τα:

- Σενάριο 6: Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (VAV)
- Σενάριο 7: Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System)
- Σενάριο 8 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System)
- Σενάριο 9 : Τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC)
- Σενάριο 10 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump)
- Σενάριο 11 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV)
- Σενάριο 12 : Τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)
- Σενάριο 13 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης (High Eff. Heat Pump)

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις συνολικά 60 προσομοιώσεις. Για τις προσομοιώσεις στο TEE-KENAK ερμηνεύονται τα αποτελέσματα ενεργειακής κατάταξης και κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου, οι ενεργειακές καταναλώσεις, οι καταναλώσεις καυσίμων και των εκπομπών CO₂ για όλες τις κλιματικές ζώνες. Για τις προσομοιώσεις στο Revit παρουσιάζονται τα φορτία θέρμανσης-ψύξης και ενεργειακής κατανάλωσης στην υφιστάμενη κατάσταση και αναλύεται η συνολική πρωτογενής ενέργεια, η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα για όλες τις κλιματικές ζώνες. Σε κάθε περίπτωση γίνεται εστίαση στις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας και στις εκπομπές CO₂ για τις ανάγκες της εργασίας.

Στο *έκτο κεφάλαιο* πραγματοποιείται η οικονομική αξιολόγηση της εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που προσομοιώθηκαν στο TEE-KENAK καθώς ανταποκρίνονταν καλύτερα στα δεδομένα της Ελληνικής αγοράς. Αρχικά, υπολογίζεται η περίοδος αποπληρωμής κάθε σεναρίου και στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής (LCCA) για κάθε κλιματική ζώνη.

Στο *έβδομο κεφάλαιο* παρατίθενται τα σημαντικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη όσον αφορά στην κατάταξη του κτιρίου βάσει των Ελληνικών προτύπων έπειτα από εφαρμογή των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης και κυρίως σχετικά με την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας που επιτυγχάνεται από το εκάστοτε σενάριο και τη μείωση των εκπομπών CO₂, προσεγγίζοντας τα χαρακτηριστικά των πράσινων ξενοδοχείων. Ακόμη, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με πέντε παραρτήματα στα οποία παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά του κτιρίου που δεν συμπεριλήφθηκαν στο σώμα της εργασίας, όπως επίσης σχήματα και πίνακες με τους αναλυτικούς υπολογισμούς και τα δεδομένα της ενεργειακής μελέτης, τα αποτελέσματα των ενεργειακών αναλύσεων, την οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης του ξενοδοχείου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων του.

***POST-GRADUATE
THESIS:***

**«HOLISTIC APPROACH TO GREEN HOTEL UNITS,
MULTIPARAMETER ANALYSIS OF ENERGY
UPGRADE & AUTONOMY OF AN EXISTING
HOTEL AND ECONOMIC EVALUATION IN THE
FOUR CLIMATE ZONES OF GREECE»**

STUDENT:

Konstantia Papadopoulou

SUPERVISOR:

**Koronaki Irene, Professor of the School of Mechanical
Engineering, N.T.U.A.**

ACADEMIC YEAR:

2023-2024

SUMMARY

The object of this thesis is to examine the feasibility of upgrading an existing typical Greek hotel to green focusing on the energy savings and CO₂ emission reduction achieved, by examining 13 different energy improvement scenarios in the 4 climate zones of Greece. This is achieved by using 2 different software, TEE-KENAK and Revit, as well as an economic evaluation of the above energy improvement scenarios is carried out. First and foremost, the need for energy-saving measures in buildings is presented, especially for the hotel sector. The concept of green tourism development, energy consumption, energy management and energy audit of hotels are analyzed, the terms nZEB, ZEB and green hotels are defined and an extensive reference to energy saving actions in hotels is performed. Furthermore, investment evaluation methods are presented, an extensive literature review on hotel energy upgrading is conducted and typical examples of energy efficient and green hotels in Greece, Europe and worldwide are given. Then, the methodological approach of the thesis is presented in detail for the current hotel situation and the methodology of the calculation of 13 different energy improvement scenarios using the two software for the 4 climate zones of Greece is analyzed. Subsequently, the results of the study regarding the energy classification of the building, primary energy consumption, fuel consumption and CO₂ emissions are interpreted, focusing on the energy savings achieved as well as CO₂ emission reductions. Finally, the economic evaluation of the energy saving measures simulated in the TEE-KENAK software took place, where the economic viability of each scenario and the possibility of converting this conventional hotel into an energy modern hotel whose infrastructure will be similar to that of the green hotels was examined.

ABSTRACT

The current diploma thesis deals with the institution of green, energy-efficient hotels by taking a holistic approach to this concept and then explores the possibility of upgrading an existing typical Greek hotel to green, focusing on its energy behavior and CO₂ emissions. For this purpose, a multi-criteria analysis of various energy improvement scenarios is carried out, including the energy upgrade of the building envelope, the installation and upgrade of various heating, cooling and hot water systems, the installation of photovoltaic panels, the use of automation in the building and the combination of all the aforementioned energy improvement measures. This analysis is carried out for the 4 climate zones of Greece using 2 software tools: the TEE-KENAK software used at national level and the BIM software Revit, with the help of Insight and Green Building Studio (GBS). In addition, in order for the multiparameter analysis to be relevant to the current Greek data, an economic evaluation of the above scenarios is carried out by investigating the payback period and the Life Cycle Cost (LCCA) of each scenario for each climatic zone. This study aims, by approaching the institution of green hotels, to investigate the energy savings and CO₂ emission reduction achieved by the various proposed energy improvement measures for each climate zone in Greece, considering the economic viability of each scenario for the Greek reality.

More specifically, this thesis is structured as follows:

The *first chapter* addresses the need for energy saving in buildings, which becomes more and more imperative over time, especially for the hotel sector.

The *second chapter* discusses sustainability and energy saving in the hotel sector. First and foremost, the concept of green tourism development, energy consumption in the hotel sector, hotel energy management, and hotel energy auditing are introduced. Afterwards, the terms nZEB, ZEB and Green Buildings are defined focusing on hotels, as well as an extensive reference to energy saving actions in hotels is provided. Furthermore, various investment evaluation methods are presented and life cycle cost analysis (LCCA) is presented, as well as an extensive literature review on hotel energy upgrading is conducted. At the end of the chapter, examples of energy efficient and green hotels in Greece, Europe and Worldwide are presented.

In the *third chapter*, the methodological approach of the thesis is presented in detail. Firstly, a reference is made to the software that were used in the thesis, TEEK-KENAK and Revit in combination with Green Building Studio (GBS) and Insight. Then, the geographical location and climatic data, the architectural description of the building as well as the way of dividing the building into thermal zones are presented in detail. Details of the operating profile, the shell, heating, cooling, hot water, mechanical ventilation and lighting systems in the existing condition are provided as well as the assumptions made within the scope of the work. At the end of the chapter, clarifications are given on the data input for the energy analysis in Revit.

Chapter four provides an analysis of the methodology for calculating the energy improvement scenarios simulated in both TEEK-KENAK and Revit. In addition to the existing building condition for each software (scenario 0), 13 alternative energy improvement scenarios were studied for the 4 climate zones of Greece. More specifically, 5 different scenarios were studied with the TEE-KENAK software and 8 different scenarios with the Revit software combined with Insight and GBS. Below are the scenarios considered in each software.

In TEE-KENAK software the following scenarios were studied:

- Scenario 1: Improvement of the thermo-physical characteristics of the building envelope (addition of thermal insulation and windows-doors replacement).
- Scenario 2: Improvement of the heating, cooling, hot water and lighting system (use of geothermal heat pump and upgrading of lamps to LED)
- Scenario 3: Installation of photovoltaic panels in the roof
- Scenario 4: Installation of automation (BEMS)
- Scenario 5: Combination of scenarios 1-4 (Building's total energy upgrade)

In Revit software, the following were studied:

- Scenario 6: Installation of a variable air volume system according to ASHRAE (VAV)
- Scenario 7: Installation of an ASHRAE Package System (ASHRAE Package System)
- Scenario 8: Installation of a High Eff. Package System
- Scenario 9: Installation of a High Eff. Package Terminal AC
- Scenario 10: Installation of a heat pump for space heating and cooling (ASHRAE Heat Pump)
- Scenario 11: Installation of High Efficiency Variable Air Volume (VAV) system
- Scenario 12: ASHRAE Package Terminal Heat Pump (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)
- Scenario 13: Installation of a High Efficiency Heat Pump

Chapter five presents and interprets the results obtained from the total 60 simulations. For the simulations in TEEK-KENAK, the results of energy classification and primary energy consumption of the building, energy consumption, fuel consumption and CO₂ emissions for all climate zones are interpreted. For the simulations in Revit, the heating-cooling loads and energy consumption in the existing situation are presented and the total primary energy, annual electricity and fuel consumption are analysed for all climate zones. In each case, the focus is on primary energy consumption and CO₂ emissions regarding thesis's needs.

In the *sixth chapter*, the economic evaluation of the implementation of the proposed energy saving measures simulated in the TEE-KENAK is carried out, as they corresponded better to the Greek market data. Firstly, the payback period of each scenario is calculated and then the life cycle cost analysis (LCCA) methods are applied for each climate zone.

In the *seventh chapter*, the important conclusions that emerged from this study are introduced. More specifically, the classification of the building according to the Greek standards after the implementation of the energy improvement scenarios, the primary energy savings achieved by each scenario and the reduction of CO₂ emissions approaching the characteristics of green hotels are presented. Moreover, suggestions for further research are provided.

The thesis concludes with five appendices in which the building's architectural plans that were not included in the thesis's main body are presented, as well as figures and tables with the detailed calculations of the energy study, the results of the energy analyses, the economic evaluation of the hotel energy upgrade scenarios and the technical characteristics of the systems used.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ενέργεια σε όλες τις μορφές της αποτελεί σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης δραστηριότητας και σχετίζεται άμεσα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και του πολιτισμού. Όσο οι άνθρωποι επιδιώκουν την ικανοποίηση των αυξανόμενων αναγκών τους, όπως η ανάγκη για φωτισμό, θέρμανση το χειμώνα, ψύξη το καλοκαίρι, μετακίνηση και μεταφορά καθώς και βιομηχανική παραγωγή, τόσο παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση στην ενεργειακή ζήτηση. Επομένως, όλοι οι παραπάνω τομείς υποδεικνύουν τη σημασία της ενέργειας στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων.

Ωστόσο, ένα από τα κυριότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών αποτελεί και η άσκοπη κατανάλωση της ενέργειας. Η κατανάλωση αυτή, είτε ως θερμική (κυρίως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο), είτε ως ηλεκτρική ενέργεια, οδηγεί όχι μόνο σε οικονομική επιβάρυνση λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, αλλά επίσης επιβαρύνει σημαντικά την ατμόσφαιρα με ρύπους, κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο συνδέεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία [1], [2].

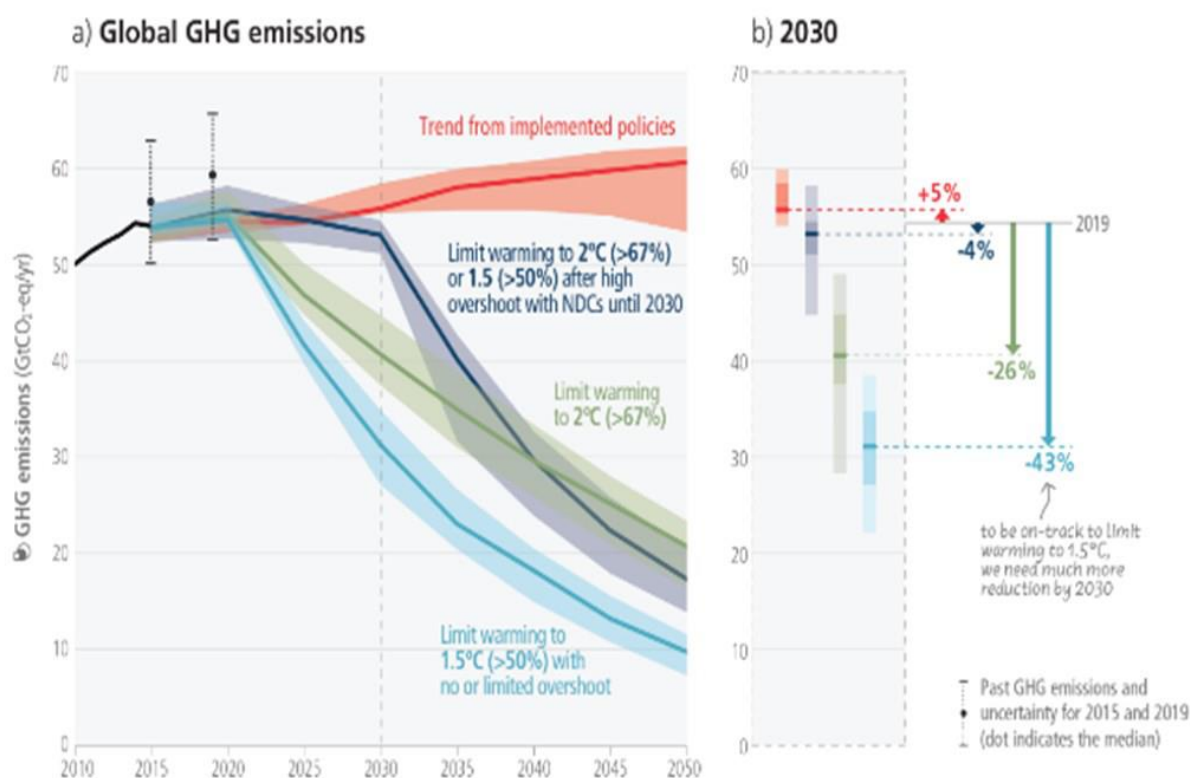
Μάλιστα, η κλιματική αλλαγή λόγω του φαινομένου το θερμοκηπίου, έχει αναδειχθεί σε κεντρικό θέμα συζητήσεων περί βιώσιμης ανάπτυξης και όπως τονίζεται στην τελευταία έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), πρέπει να ληφθούν δραστικά μέτρα σε παγκόσμια κλίμακα όπως η άμεση, ταχεία και μεγάλης κλίμακας μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, για την αποτροπή ανεπανόρθωτων ζημιών [3]. Μάλιστα, μία έκθεση του 2023 από το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ WEF, (World Economic Forum) δείχνει ότι οι περισσότεροι από τους μισούς βραχυπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους παγκόσμιους κινδύνους είναι περιβαλλοντικοί, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 0.1 Παγκόσμιοι κίνδυνοι κατά σειρά σημαντικότητας [4]

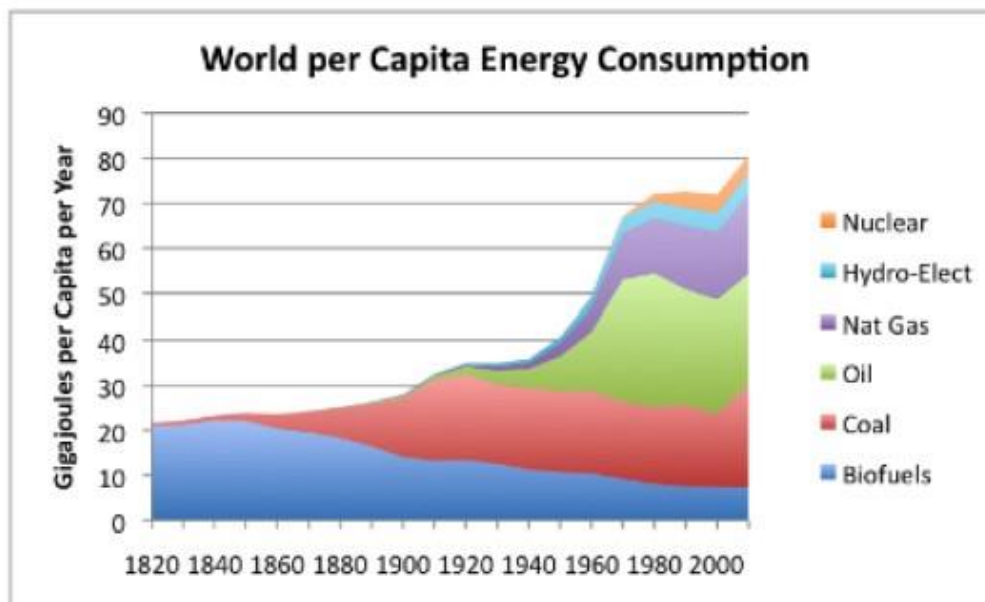
Ο γενικός στόχος είναι να συνεχιστούν οι προσπάθειες περιορισμού της υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 1,5 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και όπως περιγράφεται στη συμφωνία του Παρισιού, αυτό είναι απίθανο να επιτευχθεί με τα τωρινά δεδομένα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την τελευταία έκθεση της IPCC η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εκπομπές CO₂ έχουν αυξηθεί κατά πολύ τα τελευταία πέντε χρόνια και ότι τα τρέχοντα σχέδια δεν επαρκούν για να συγκρατηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας στο όριο του 1,5 °C [5], όπως παρατηρείται και στο παρακάτω σχήμα.

Projected global GHG emissions from NDCs announced prior to COP26 would make it *likely* that warming will exceed 1.5°C and also make it harder after 2030 to limit warming to below 2°C



Σχήμα 1.2 Προβλεπόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως[3]

Σε παγκόσμιο επίπεδο, σύμφωνα με την αμερικανική Διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας EIA (Energy Information Administration), η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά 56% έως το 2040. Μάλιστα, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή IPCC, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και το 25% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα[6]. Στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζεται η μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως.

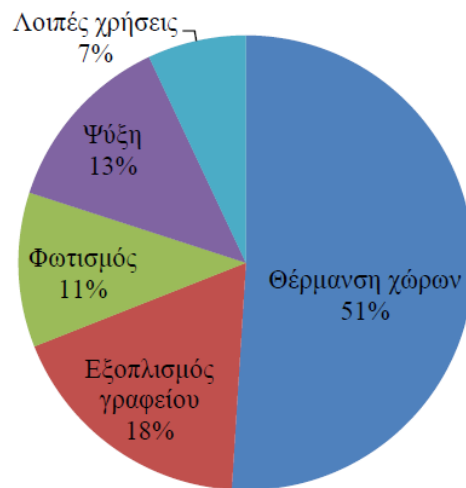


Σχήμα 0.3 Μέση παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλήν[7].

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κυμαίνεται περίπου σε 40% στον κτιριακό τομέα, σε 28% στον βιομηχανικό τομέα και σε 32% στις μεταφορές. Αυτή η ενέργεια χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτρισμού για κατοικίες, εμπορικά και δημόσια κτίρια [8].

Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα, το ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας του κτιριακού τομέα αντιπροσωπεύει το 34% της τελικής κατανάλωσης. Μάλιστα, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης στα ελληνικά κτίρια για τη δεκαετία 1995-2005 ανερχόταν στο 5,50% και οφειλόταν κυρίως στην αύξηση χρήσης των κλιματιστικών και των μικροσυσκευών. Ο ρυθμός αυτός πλέον έχει αυξηθεί και αγγίζει το 7% κάθε χρόνο [9]. Μάλιστα, η κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών κτιρίων ευθύνεται για το 45% των εκπομπών CO₂. Σύμφωνα με τους Theodoridou et al. [10] το 70% των κτιρίων δεν είναι θερμομονωμένα, έχουν κακή αεροστεγανότητα και το μεγαλύτερο ποσοστό έχει παλιάς τεχνολογίας Η/Μ εγκαταστάσεις (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού κ.α.) με αποτέλεσμα τις αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις. Οι ανάγκες για θέρμανση των κτιρίων αποτελούν περίπου το 70% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, οι λέβητες σε μεγάλο ποσοστό είναι παλιάς τεχνολογίας και τα συστήματα θέρμανσης μικρής απόδοσης καθώς επίσης δε γίνεται χρήση ενεργειακών λαμπτήρων όπως ακόμη τα ανοίγματα έχουν μονούς υαλοπίνακες.

Ο τριτογενής τομέας, ευθύνεται για το 23% της καταναλισκόμενης ενέργειας ενώ το υπόλοιπο ποσοστό κατανέμεται στα κτίρια κατοικίας. Ο κύριος λόγος κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα είναι η θέρμανση των χώρων, η οποία αγγίζει το 51% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 0.4 Καταμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στο τριτογενή τομέα[11].

Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψη τα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας τόσο σε ευρωπαϊκό, ελληνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, κρίνεται ότι ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος σε σημαντικό βαθμό για πληθώρα προβλημάτων που προκύπτουν από την ενεργειακή σπατάλη. Μάλιστα, τα υφιστάμενα κτίρια χαμηλής ενεργειακής απόδοσης καταναλώνουν πολύ περισσότερη ενέργεια απ'ότι τα νέα κτίρια [12]. Αντί της κατασκευής νέων κτιρίων, βελτιώνοντας, με τη θέσπιση κατάλληλων μέτρων, την ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση όπως και με τη μείωση της κατανάλωσης του νερού για το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα, βελτιώνονται η θερμική άνεση και η ποιότητα του εσωτερικού χώρου, μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις των κτιρίων με αντίκτυπο στην οικονομία, την κοινωνία και τη βιωσιμότητα του δομημένου περιβάλλοντος [13].

Ως εκ τούτου, οι περισσότερες χώρες επέβαλαν διάφορους κανονισμούς και πρότυπα για την ελαχιστοποίηση της χρήσης των πόρων και τη μείωση της ενεργειακής σπατάλης. Στον κτιριακό τομέα, θεσπίστηκε η υποχρέωση για Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (Nearly Zero Energy Buildings) για τα δημόσια και ιδιωτικά κτίρια βάσει της οποίας τέθηκαν στόχοι ανακαίνισης για τα υφιστάμενα κτίρια από το 2019 και 2020, αντίστοιχα [14]. Μάλιστα, η ευρωπαϊκή ένωση πρότεινε τη μετάβαση από τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια με μηδενικές εκπομπές από το 2030. Η πρόταση για την αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποσκοπεί στην ενίσχυση των μακροπρόθεσμων στρατηγικών ανακαίνισης για την μετατροπή του κτιριακού αποθέματος σε κτίρια μηδενικών εκπομπών έως το 2050 [15].

Στην Ελλάδα, εκτός των κτιρίων κατοικίας, ο τριτογενής τομέας συμβάλλει σημαντικά στη συνολική ενεργειακή ζήτηση σε εθνικό επίπεδο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ο τομέας του τουρισμού, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων με χρήση ξενοδοχείου, είναι ένας από τους πιο κερδοφόρους τομείς της ελληνικής οικονομίας, συμβάλλοντας περίπου κατά 16% στο ελληνικό ΑΕΠ [16]. Επιπλέον, η περιβαλλοντική πτυχή της ξενοδοχειακής βιομηχανίας σε όλο τον κόσμο είναι αρκετά σημαντική δεδομένου ότι συμβάλλει στο 5% των παγκόσμιων ρύπων CO₂. Εκτός αυτού, τα ξενοδοχεία είναι 24ωρης λειτουργίας και το προφίλ των θερμικών ζωνών όπως τα δωμάτια, τα εστιατόρια, οι χώροι υποδοχής, οι πισίνες και οι λοιποί χώροι έχουν διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις. Είναι σημαντικό οι τουρίστες να απολαμβάνουν τη διαμονή τους στα ξενοδοχειακά καταλύματα, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής τους άνεσης σε όλους τους χώρους λειτουργίας της ξενοδοχειακής μονάδας λαμβάνοντας όμως υπόψη την

ελαχιστοποίηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Συνεπώς, το ζήτημα των μειωμένων ενεργειακών καταναλώσεων της ξενοδοχειακής βιομηχανίας είναι σημαντικό για κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αποτυχία δράσης για το κλίμα είναι ένας από τους μείζονες κινδύνους σύμφωνα με την τελευταία έκθεση του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ για το 2023, ο τουριστικός τομέας δεν διαθέτει την αντίληψη της επείγοντος δράσης. Ιδιαίτερα μετά την πανδημία, ο κλάδος της ταξιδιωτικής και τουριστικής βιομηχανίας δίνει προτεραιότητα σε οικονομικούς παράγοντες προκειμένου να αναπληρώσει τα χαμένα έσοδα, αντί να υιοθετήσει ένα πιο βιώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο [4]. Ως βασικός συντελεστής της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, το να φτάσει ο τουρισμός στο καθαρό μηδέν και να ελαχιστοποιήσουν τα ξενοδοχεία τις τελικές ενεργειακές του καταναλώσεις, αποτελεί μεγάλη πρόκληση.

Για όλους τους παραπάνω λόγους δίνεται έμφαση στον ολιστικό ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων και η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στον ξενοδοχειακό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται τα πράσινα ενεργειακά αποδοτικά ξενοδοχεία, προσεγγίζοντας ολιστικά τα οφέλη της ενεργειακής τους αναβάθμισης μιας και ο ξενοδοχειακός τομέας είναι αρκετά ενεργοβόρος. Επιπλέον, η μελέτη αυτή είναι σημαντική για τα Ελληνικά δεδομένα, μιας και η οικονομία της χώρας μας στηρίζεται κυρίως στον τουρισμό της. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιείται μια ολιστική προσέγγιση ενεργειακής αναβάθμισης σε κτίριο ξενοδοχειακής χρήσης, πραγματοποιώντας μια πολυκριτηριακή ανάλυση και μελετώντας το στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Στο τέλος, πραγματοποιείται η οικονομική αξιολόγηση του εκάστοτε σεναρίου αναβάθμισης για κάθε ζώνη μιας και η ξενοδοχειακή βιομηχανία δίνει ιδιαίτερη σημασία στην οικονομική της ανάκαμψη ιδιαίτερα μετά την πανδημία. Η ενεργειακή αξιολόγηση πραγματοποιείται με τη χρήση 2 λογισμικών. Του λογισμικού TEE-KENAK που χρησιμοποιείται σε εθνικό επίπεδο και του BIM (Building Information Modelling) λογισμικού Revit, προκειμένου να αξιολογηθεί η χρηστικότητα του BIM λογισμικού στην ενεργειακή μοντελοποίηση και ανάλυση και να εξεταστούν περαιτέρω σενάρια ενεργειακής βελτίωσης του ξενοδοχείου.

Βιβλιογραφία 1^ο κεφαλαίου

- [1] “Εξοικονόμηση Ενέργειας στον κτιριακό τομέα.” Accessed: Nov. 19, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm
- [2] Παπαδοπούλου Κωνσταντία and Πετροπούλου Αναστασία, “ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ,” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2019.
- [3] K. Calvin *et al.*, “IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland,” Jul. 2023. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- [4] World Economic Forum, “The Global Risks Report 2023,” 2023. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf
- [5] “Urgent climate action can secure a liveable future for all — IPCC.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/2023/03/20/press-release-ar6-synthesis-report/>
- [6] J. Hong, G. Q. Shen, S. Guo, F. Xue, and W. Zheng, “Energy use embodied in China’s construction industry: A multi-regional input-output analysis,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53. Elsevier Ltd, pp. 1303–1312, Jan. 01, 2016. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.068.
- [7] Κασσαβέτη Ελένη, “Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας: Εφαρμογή σε ξενοδοχείο,” 2016.
- [8] Βενιανάκη Ευαγγελία, “Χρήση καινοτόμων υλικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων,” 2014.
- [9] C. Karkanias, S. N. Boemi, A. M. Papadopoulos, T. D. Tsoutsos, and A. Karagiannidis, “Energy efficiency in the Hellenic building sector: An assessment of the restrictions and perspectives of the market,” *Energy Policy*, vol. 38, no. 6, pp. 2776–2784, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.enpol.2010.01.009.
- [10] I. Theodoridou, A. M. Papadopoulos, and M. Hegger, “Statistical analysis of the Greek residential building stock,” *Energy Build*, vol. 43, no. 9, pp. 2422–2428, Sep. 2011, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2011.05.034.
- [11] “Στατιστικές - ELSTAT.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SIN03/2013>
- [12] O. Golubchikov and P. Deda, “Governance, technology, and equity: An integrated policy framework for energy efficient housing,” *Energy Policy*, vol. 41, pp. 733–741, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2011.11.039.
- [13] B. Ashuri and A. Durmus-pedini, “An Overview of the Benefits and Risk Factors of Going Green in Existing Buildings,” *International Journal of Facility Management*, vol. 1, Nov. 2010.
- [14] “Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.”
- [15] “Nearly zero-energy buildings.” Accessed: Nov. 20, 2023. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en

- [16] E. Kyriaki, V. Drosou, and A. M. Papadopoulos, "Solar thermal systems for low energy hotel buildings: State of the art, perspectives and challenges," in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Nov. 2015, pp. 1968–1973. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.385.

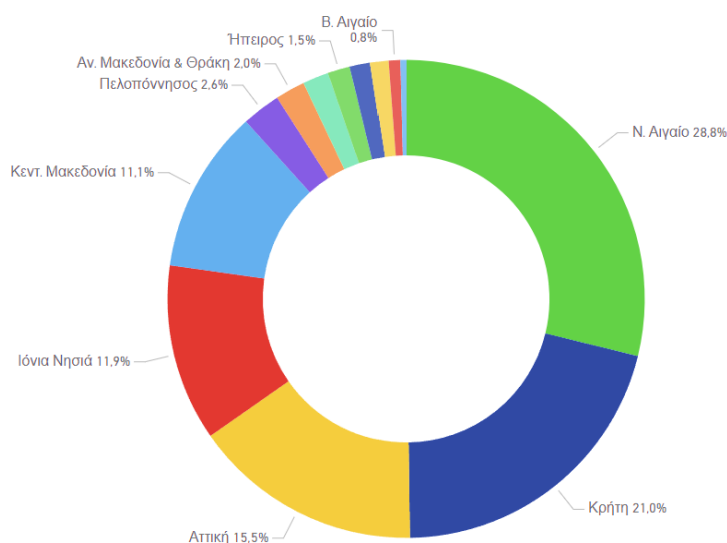
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

2.1. Πράσινη τουριστική ανάπτυξη

2.1.1. Ξενοδοχειακή Ανάπτυξη και Οικονομία

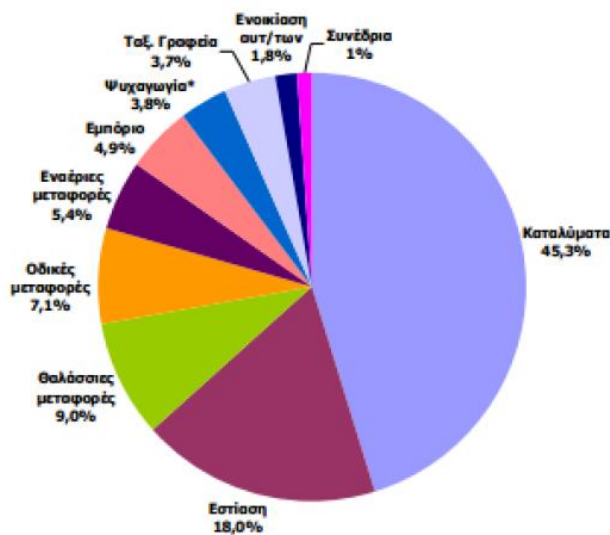
Η τουριστική βιομηχανία αποτελεί έναν από τους πιο εξελισσόμενους και δυναμικούς τομείς της παγκόσμιας οικονομίας. Από τη μία, στην εξέλιξη αυτή συντελούν η οικονομική ανάπτυξη και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου πολλών χωρών με αποτέλεσμα την αυξημένη διαθεσιμότητα εισοδήματος, και από την άλλη, η βελτίωση των υποδομών και των συστημάτων μεταφορών που επιτρέπουν γρηγορότερες και χαμηλότερου κόστους μετακινήσεις. Έτσι, ο τουρισμός αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα της κοινωνικής και οικονομικής προόδου της εκάστοτε χώρας και καθίσταται αναπόσπαστο κομμάτι του διεθνούς εμπορίου. Μάλιστα, τα έσοδα από τον τουρισμό κατατάσσονται στην τέταρτη θέση παγκοσμίως μετά τα έσοδα που προκύπτουν από τις εξαγωγές καυσίμων, χημικών και προϊόντων της αυτοκινητοβιομηχανίας [1].

Εστιάζοντας στην Ελλάδα, η οποία θεωρείται μία από τις πιο φιλόξενες χώρες στον κόσμο, ο τουρισμός αποτελεί κρίσιμο παράγοντα ανάπτυξης της οικονομίας της συντελώντας σημαντικά στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της χώρας, στην απασχόληση και τις επενδύσεις. Ο πλούσιος ελληνικός πολιτισμός και η ιστορία της Ελλάδας, η μεγάλη της ακτογραμμή, τα νησιά και οι παραλίες συντελούν στους κύριους λόγους που η Ελλάδα αποτελεί πόλο έλξης για πολλούς τουρίστες κάθε χρόνο [1]. Έτσι, για το έτος 2022 η συνεισφορά του τουρισμού στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) της Ελλάδας έφτασε σε ποσοστό 18.5% ενώ η συνολική απασχόληση στην τουριστική οικονομία (800.000 θέσεις εργασίας) αντιστοιχεί στο 19.3% της συνολικής απασχόλησης [2]. Μάλιστα, τα έσοδα της Ελλάδας από τον τουρισμό κατανομούνται κυρίως στις περιφέρειες του Ν. Αιγαίου και της Κρήτης σε ποσοστό 28.8% και 21.0% αντίστοιχα, ενώ ακολουθούν οι περιφέρειες της Αττικής σε ποσοστό 15.5%, τα Ιόνια Νησιά σε ποσοστό 11.9%, η Κεντρική Μακεδονία σε ποσοστό 11.1% καθώς επίσης και λοιπές περιφέρειες όπως διακρίνονται στο παρακάτω σχήμα [3].



Σχήμα 2.1 Κατανομή εσόδων από τον Τουρισμό στις Περιφέρειες [3].

Ακόμη, ο τουρισμός συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα οικονομικών δραστηριοτήτων για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών όπως η διαμονή, η διατροφή, οι μεταφορές, τα ταξιδιωτικά πρακτορεία, τα προϊόντα λιανικού εμπορίου και οι πολιτιστικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Παρακάτω παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των παραπάνω υπηρεσιών με το ποσοστό που καταλαμβάνει η καθεμία στην οικονομική δραστηριότητα του τουρισμού [1].



(*) Ως ποσοστό του τουριστικού ΑΕΠ που προκύπτει από την τουριστική δαπάνη
 (***) Πολιτιστικές – Ψυχαγωγικές – Αθλητικές δραστηριότητες

Σχήμα 2.2 Επίδραση της οικονομικής δραστηριότητας στους συναφείς με τον τουρισμό κλάδους [1].

2.1.2. Πράσινη ανάπτυξη & Επιχειρηματικότητα

Είναι γεγονός ότι η τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη απέφερε αρνητικές συνέπειες στον πλανήτη όπως η κλιματική αλλαγή και η αβεβαιότητα διαθεσιμότητας των ορυκτών καυσίμων. Η παγκόσμια κρίση, η πρόκληση της κλιματικής αλλαγής και το νέο αναπτυξιακό πρότυπο οδηγούν στην ανάγκη να υιοθετηθεί ένα νέο πρότυπο ανάπτυξης. Έτσι, δημιουργήθηκε η έννοια της «βιώσιμης ανάπτυξης», δηλαδή το μοντέλο ανάπτυξης που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες [4]. Η έννοια της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης αναφέρθηκε πρώτη φορά στην έκθεση των Ηνωμένων εθνών το 1987 ως ένα όραμα προόδου που συνδέει την οικονομική ανάπτυξη με την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική δικαιοσύνη. Μάλιστα, ένας από τους τομείς της πολιτικής για τη μετασχηματιστική αλλαγή προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης στην ΕΕ είναι η δίκαιη μετάβαση σε μια χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, κυκλική και αποδοτική ως προς τους πόρους οικονομία [4], [5].

Προτεραιότητες της πράσινης ή βιώσιμης ανάπτυξης αποτελούν το κλίμα και η ενέργεια, η αναδιάρθρωση στους παραγωγικούς τομείς και η εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, ενώ προωθεί κυρίως την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές και την εξοικονόμηση ενέργειας. Μάλιστα, το πρότυπο αυτό προσφέρει νέες δυνατότητες στον τουριστικό τομέα δημιουργώντας νέες προοπτικές στον κατασκευαστικό κλάδο και τον τομέα της ενέργειας. Σημαντική είναι η προσπάθεια εφαρμογής της πράσινης ανάπτυξης στον τομέα της δόμησης, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού [5].

Ως «πράσινη επιχειρηματικότητα» ορίζεται εκείνη που σκοπό έχει τη διαφύλαξη και προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, στη διαδικασία εκπλήρωσης και κάλυψης των ανθρώπινων αναγκών. Εκείνη, δηλαδή, που στοχεύει στη δημιουργία μιας βιώσιμης και αρμονικά λειτουργικής κοινωνίας. Η πράσινη επιχειρηματικότητα, θέτει την προστασία του περιβάλλοντος και της φύσης στο επίκεντρο της στρατηγικής και συνίσταται στη θετική στάση της επιχείρησης απέναντι στην περιβαλλοντική προστασία, τόσο με προϊόντα που παράγει όσο και με τις διαδικασίες παραγωγής. Η «πράσινη επιχείρηση» εξ ορισμού παρέχει ποιοτικές υπηρεσίες που κάνουν τη ζωή των ανθρώπων καλύτερη και υγιέστερη και η δραστηριότητά της συνδέεται άρρηκτα με την ποιότητα, την πιστοποίηση και τη διαφάνεια [6].

2.1.3. Η βιώσιμη ανάπτυξη στον ξενοδοχειακό τομέα – Αειφόρος τουρισμός

Όσον αφορά στις τουριστικές επιχειρήσεις, ενώ ο σύγχρονος τουρισμός από τη μία βελτιώνει τις τοπικές και εθνικές αγορές από την άλλη αποτελεί έναν από τους πιο ενεργοβόρους τομείς του τριτογενούς τομέα καθώς με την άναρχη ανάπτυξή του προκαλεί παράλληλα σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικοπολιτικές απειλές στο περιβάλλον του [7].

Για το λόγο αυτό, υιοθετούνται οι αρχές της αειφορίας στον τουρισμό και δημιουργήθηκε ο όρος βιώσιμος ή αειφόρος τουρισμός. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τουρισμού των Ηνωμένων Εθνών (UNWTO) ορίζει τον αειφόρο τουρισμό ως τον τουρισμό που λαμβάνει πλήρως υπόψη τις τρέχουσες και μελλοντικές του οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καλύπτοντας τις ανάγκες των επισκεπτών, της βιομηχανίας, του περιβάλλοντος και των κοινοτήτων υποδοχής. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται στις αρχές διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων και των ανανεώσιμων πόρων επιτυγχάνοντας σταθερή περιβαλλοντική ποιότητα, ισορροπία και συνεχή τουριστική ανάπτυξη. Σκοπός είναι να μετατραπεί η επιβαρυντική λειτουργία του τουρισμού για το περιβάλλον ώστε να ελαχιστοποιηθούν ενδεχόμενες παρενέργειες της τουριστικής ανάπτυξης, όπως η αστικοποίηση, η μόλυνση και η διάβρωση του φυσικού περιβάλλοντος [8].

Παρ'όλα αυτά, και καθώς υπάρχει μια παρανόηση στην τουριστική βιομηχανία ότι μειώσεις των ενεργειακών καταναλώσεων μπορούν να επιτευχθούν μόνο με την εγκατάσταση προηγμένης τεχνολογίας η οποία είναι κοστοβόρα και ο φόβος της επένδυσης σχετικά με την οικονομική αποδοτικότητα και την περίοδο αποπληρωμής είναι μεγάλος, πολλά ξενοδοχεία διστάζουν να επενδύσουν σε δράσεις που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση δράσεων, οι οποίες δεν απαιτούν ούτε προηγμένη, για τα δεδομένα της εποχής, τεχνογνωσία ούτε όμως συνδέονται με υψηλό κόστος επένδυσης. Τα ξενοδοχεία μπορούν να εξοικονομήσουν μεγάλα ποσά ενέργειας κάνοντας, για παράδειγμα επεμβάσεις στο κέλυφος τοποθετώντας θερμομόνωση, βελτιώνοντας τα κουφώματα, βελτιώνοντας τα συστήματά τους, μέσω της ανακύκλωσης αποβλήτων ή με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών (π.χ. πλυντηρίων). Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν τα κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2.6.

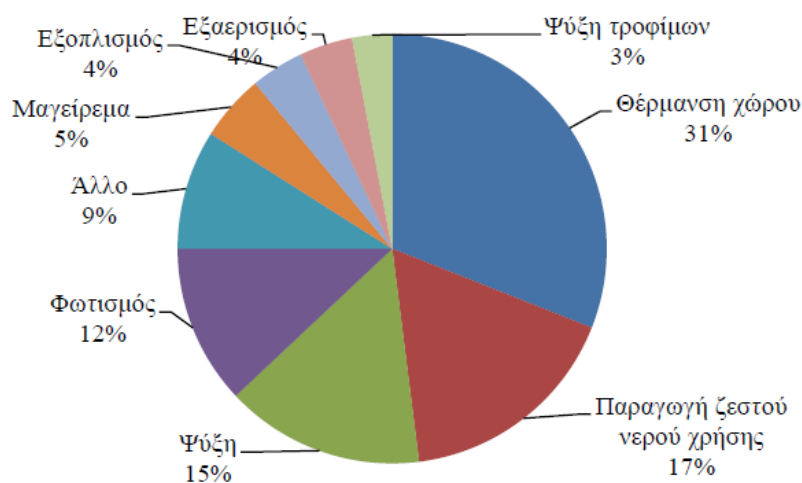
2.2. Κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελεί επίκεντρο έρευνας εδώ και δεκαετίες, καθώς ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 34% της τελικής κατανάλωσης στην Ελλάδα και για το 45% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [9]. Επιπλέον, το κτιριακό απόθεμα και κυρίως το υφιστάμενο, αποτελεί πρωταρχικό στόχο στις πρωτοβουλίες εξοικονόμησης ενέργειας ώστε να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν τα κτίρια στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την οικονομία [10]. Συνεπώς, για την εξάλειψη των ως άνω αρνητικών επιπτώσεων, γίνονται μελέτες σε νέα κτίρια και ανακαινίσεις σε υφιστάμενα, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ενέργειας όπως και την οικονομική επίπτωση του εκάστοτε μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα ξενοδοχεία είναι τα πιο ενεργοβόρα κτίρια του τριτογενούς τομέα λόγω των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους και των μεγάλων αποκλίσεων στο ενεργειακό προφίλ τους. Στο σύνολό τους τα ευρωπαϊκά ξενοδοχεία καταναλώνουν 39.00 TWh/y εκ των οποίων η μισή ενέργεια είναι ηλεκτρική [11]. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα ξενοδοχεία είναι φυσικοί, όπως τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία), τα ενεργειακά συστήματα και οι συσκευές όπως η χρήση πλυντηρίων καθώς και η ύπαρξη χώρων διαφορετικής χρήσης όπως τα εστιατόρια και οι αίθουσες συνεδριάσεων. Για το λόγο αυτό, έχουν γίνει διάφορες ενεργειακές αναλύσεις σε ξενοδοχεία σε όλο τον κόσμο.

Μάλιστα, σύμφωνα με έρευνες το 2012, υπολογίστηκε ότι υπάρχουν 300.000 ξενοδοχεία παγκοσμίως με το 70% αυτών να βρίσκονται στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΞΕΕ) για το έτος 2022, η ξενοδοχειακή υποδομή της Ελλάδας αποτελείται από 10.087 ξενοδοχεία, 443.835 δωμάτια και 885.624 κλίνες.

Μια τυπική κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση στα ξενοδοχεία, παρατηρείται στο παρακάτω σχήμα, βάσει του οποίου εξάγεται το συμπέρασμα ότι η θέρμανση, η ψύξη και το ζεστό νερό χρήσης ευθύνονται για τουλάχιστον το 60% της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα ξενοδοχείο.



Σχήμα 2.3 Καταμερισμός κατανάλωσης ενέργειας σε ένα τυπικό ξενοδοχείο[12].

Ως εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, θεωρείται κάθε προσπάθεια μέσω της οποίας επιτυγχάνεται μείωση της σπατάλης των διατιθέμενων ενεργειακών αποθεμάτων, με ταυτόχρονη την πλήρη κάλυψη των υπαρχόντων ενεργειακών αναγκών του συγκροτήματος [13]. Μάλιστα, το γεγονός ότι τα σημερινά ξενοδοχειακά συγκροτήματα καλούνται να παρέχουν στον πελάτη πλήθος άλλων δραστηριοτήτων εκτός της διαμονής καθότι πολλά από αυτά είναι πολυχώροι δράσης, καθίσταται η παράμετρος της κατανάλωσης ενέργειας αρκετά απαιτητική.

Η κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό κλάδο επηρεάζεται από ποικίλες παραμέτρους. Οι κλιματολογικές συνθήκες, που συνήθως εκφράζονται σε βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, η συνολική επιφάνεια του ξενοδοχείου και ο αριθμός των επισκεπτών επιδρούν σημαντικά στο ενεργειακό προφίλ των ξενοδοχείων. Επιπλέον, η ενεργειακή απόδοση του κελύφους του κτιρίου, η αποδοτικότητα των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για σκοπούς θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και ηλεκτρικής ενέργειας όπως και η πιθανή χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι παράγοντες που θα πρέπει να εφαρμοστούν σε μια ολιστική προσέγγιση εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία [14].

Ακόμη, η εξασφάλιση της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που απαιτείται, καλύπτεται κυρίως με συμβατικές μορφές πρωτογενούς ενέργειας όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο που επίσης λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητάς τους, καθίσταται αναγκαία η υιοθέτηση δράσεων στα ξενοδοχειακά συγκροτήματα. Έτσι, θα επιτευχθεί περιορισμός της σπατάλης των ως άνω καυσίμων, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ξενοδοχείων και των εγκαταστάσεών τους με ταυτόχρονο οικονομικό όφελος αλλά και σημαντικές θετικές συνέπειες για το περιβάλλον. Οι δράσεις αυτές οφείλουν να στηρίζονται στις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού όσον αφορά το κέλυφος αλλά και στην επιλογή κατάλληλων διατάξεων και χρήση των συστημάτων ΑΠΕ, με σκοπό τη βέλτιστη ικανοποίηση του πελάτη [13].

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα συστήματα έξυπνης διαχείρισης που εφαρμόζονται στην ξενοδοχειακή βιομηχανία, αποτελούν κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον συγκεκριμένο τύπο κτιρίων. Στο μέρος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, παρατίθενται ορισμένες περιπτώσεις ξενοδοχείων στις οποίες έχουν εφαρμοστεί έξυπνες ενεργειακές τεχνικές προκειμένου να μειωθεί η συνολική χρήση ενέργειας.

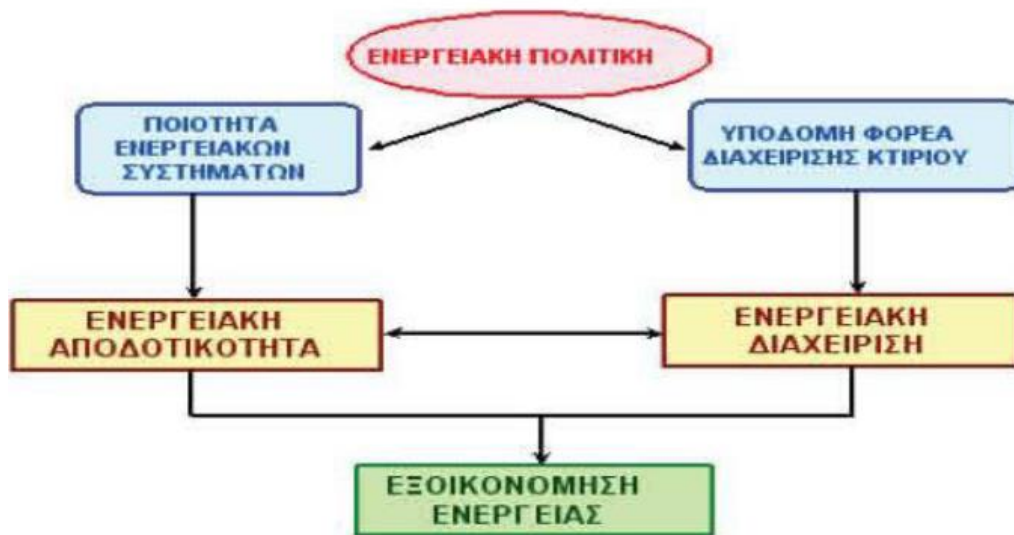
Εξετάζοντας τις καταναλώσεις ενέργειας του ξενοδοχειακού κλάδου στην Ευρώπη, έχει υπολογιστεί ότι η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας των Ευρωπαϊκών ξενοδοχείων κυμαίνεται μεταξύ 239 με 300 kWh/m² εκ των οποίων το 50% αποδίδεται στην ηλεκτρική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, οι κατά προσέγγιση ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας αναλύονται σε 215 kWh/m² για την Ιταλία, 273 kWh/m² για την Ελλάδα, 278 kWh/m² για την Ισπανία και 420 kWh/m² για τη Γαλλία. Επιπλέον, για το Ηνωμένο Βασίλειο, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για κτίρια ξενοδοχείων ανέρχεται στις 540 kWh/m² εκ των οποίων 400 kWh/m² είναι η κατανάλωση ενέργειας ορυκτών καυσίμων και οι υπόλοιπες 140 kWh/m² για την ηλεκτρική ενέργεια ενώ για τα ξενοδοχειακά καταλύματα που χρησιμοποιούν τις βέλτιστες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται στις 360 kWh/m² (280 kWh/m² για τα ορυκτά καύσιμα και 80 kWh/m² για την ηλεκτρική ενέργεια)[15].

Εστιάζοντας στην Ελλάδα, σύμφωνα με έρευνες του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τα ξενοδοχεία καταναλώνουν περίπου 407 kWh/m² ετησίως που αντιστοιχεί στο 10% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας, παρά το γεγονός ότι τα ξενοδοχεία στην Ελλάδα,

αντιπροσωπεύουν μόνο το 0.82% του συνολικού κτιριακού αποθέματος [16]. Στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, διευκρινίζεται για ποιο λόγο εντοπίζεται διαφορά στην κατανάλωση των ξενοδοχείων της Ελλάδας βάσει της μελέτης της προηγούμενης παραγράφου (273 kWh/m²) και του ΚΑΠΕ (407 kWh/m²).

2.3.Ενεργειακή διαχείριση ξενοδοχείων

Η ενεργειακή διαχείριση ενός ξενοδοχειακού συγκροτήματος αποτελεί μια συστηματική και πλήρως οργανωμένη και διαρκή δραστηριότητα που αποτελείται από ένα καθορισμένο και σε αυστηρά πλαίσια προγραμματισμένο σύνολο τεχνικών, τεχνολογικών και οικονομικών δράσεων, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των πελατών/χρηστών στον ξενοδοχειακό χώρο ευχάριστη με την ταυτόχρονη επίτευξη της ελάχιστης δυνατής κατανάλωσης ενέργειας και της όσο το δυνατόν πιο ορθολογικής χρήσης του ενεργειακού εξοπλισμού [17]. Παρακάτω, παρουσιάζεται διαγραμματικά η ενεργειακή πολιτική σε ένα ξενοδοχείο.



Σχήμα 2.4 Διαγραμματική αναπαράσταση της ενεργειακής πολιτικής σε ξενοδοχείο[17].

Η ενεργειακή διαχείριση ενός ξενοδοχείου επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού και της υλοποίησης διαφόρων δράσεων όπως και της καταμέτρησης των αποτελεσμάτων. Εργαλεία για τη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η παρακολούθηση και η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού καθώς και η λήψη μέτρων εξοικονόμησης της ενέργειας. Η διαχείριση της ενέργειας σε κτίρια με χρήση ξενοδοχείου θα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες δράσεις [14]:

- Περιοδικούς ελέγχους, μετρήσεις και καταγραφές αποτελεσμάτων που αφορούν στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις του κτιρίου για την αποτύπωση της εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης με σκοπό την υιοθέτηση των κατάλληλων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης.
- Τεχνο-οικονομικές μελέτες για την εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και αναβάθμισης των εγκαταστάσεων. Διερευνάται η δυνατότητα για επιλογή και υιοθέτηση νέων ενεργειακών τεχνολογιών όπως η χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ή αντλιών

θερμότητας, κεντρικά συστήματα αυτόματου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κ.α.

- Δημιουργία και τήρηση αρχείου σχετιζόμενου με την παράμετρο των ενεργειακών καταναλώσεων.
- Σύνταξη περιοδικών ενεργειακών αναφορών προς τη διαχείριση του ξενοδοχείου.
- Εφαρμογή προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης κτιριακών εγκαταστάσεων θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης καθώς και των συσκευών και των μηχανικών διατάξεων που δρουν εντός του πλαισίου του ξενοδοχειακού συγκροτήματος.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των εργαζομένων εντός του χώρου του ξενοδοχείου αλλά και των χρηστών/πελατών που αφορά στη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας τόσο για το ίδιο το ξενοδοχείο όσο και γενικότερα για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Επαρκή και στοχευμένη εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού που σχετίζεται με τη λειτουργία και συντήρηση του ξενοδοχείου και των εγκαταστάσεών του.
- Διεργασίες για την εξεύρεση πόρων και τη χρηματοδότηση έργων εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης.

2.4.Ενεργειακή επιθεώρηση ξενοδοχείων

Με τον όρο ενεργειακή επιθεώρηση ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν καθώς και των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας. Σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα είναι ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων για την περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας και απαντά στα ακόλουθα τέσσερα ερωτήματα:

- Πόση ενέργεια από κάθε διαθέσιμο είδος χρησιμοποιείται και πόσο κοστίζει.
- Για ποιο σκοπό χρησιμοποιείται η ενέργεια αυτή.
- Τι επιλογές υπάρχουν (και πόσο κοστίζουν) αυτές, για να μειωθεί η χρήση της ενέργειας.
- Ποια είναι τα οικονομικώς αποδοτικότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο τρόπος σύμφωνα με τον οποίο πρέπει να διενεργούνται οι Ενεργειακές Επιθεωρήσεις καθορίζεται από την Απόφαση Δ6/Β/οικ. 11038, ΦΕΚ 1526/Β/27.07.1999 «Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων» και βασική αρχή της σε κτίριο με χρήση ξενοδοχείου είναι η απαίτηση για μελέτη και αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους, τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που το συνοδεύει και τα συστήματά του, τους αυτοματισμούς όπως επίσης την πιθανή χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις χωρίζονται στις παρακάτω δύο κύριες κατηγορίες:

- Στη συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση.
- Στην εκτενή ενεργειακή επιθεώρηση.

Συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση: είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που εντοπίζει όλες τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας πρώτης προτεραιότητας και άμεσης απόδοσης και οριοθετεί τις επεμβάσεις εκείνες, οι οποίες κατ' αρχάς ικανοποιούν τα κριτήρια του φορέα για χρηματοδότηση επενδύσεων, καθώς και εκείνες οι οποίες χρήζουν αναλυτικής τεκμηρίωσης στα πλαίσια της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης. Η συνοπτική επιθεώρηση βασίζεται σε

παρελθόντα στοιχεία και δεδομένα, όπως είναι οι λογαριασμοί κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και προμήθειας καυσίμων, το μέγεθος και το είδος του κτιρίου, τα στοιχεία διαθεσιμότητας των ενεργειακών συστημάτων κλπ. Αυτού του είδους η επιθεώρηση βασίζεται σε υπολογισμούς και δεν περιλαμβάνει κανενός είδους επιτόπιο έλεγχο.

Εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση: είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που συνήθως έπεται της συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης και όπου, εκτός από τα ενεργειακά στοιχεία, χρειάζονται και μετρήσεις, προκειμένου να καταρτιστούν τα ενεργειακά ισοζύγια στις ενεργοβόρες εγκαταστάσεις. Η εκτενής επιθεώρηση βασίζεται σε επιτόπιους ελέγχους και ακριβείς καταγραφές των συνθηκών και των ενεργειακών καταναλώσεων. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζονται επεμβάσεις μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης [18].

Επισημαίνεται ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη ενός υφιστάμενου ξενοδοχείου και όχι επιθεώρηση. Δηλαδή, δεν λαμβάνονται υπόψη τα ακριβή δεδομένα ενεργειακών καταναλώσεων της συγκεκριμένης ξενοδοχειακής μονάδας (π.χ. ενεργειακές καταναλώσεις βάσει λογαριασμών ρεύματος, καταναλώσεις εξοπλισμού κλπ.) τα οποία και δεν βρίσκονται στη διάθεση της συγγραφέα, αλλά τα στοιχεία που προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα δεδομένα ενός κτιρίου με χρήση ξενοδοχείου για την Ελλάδα, καθώς η πολυπαραμετρική ανάλυση η οποία παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4 γίνεται με σκοπό την ολιστική προσέγγιση αναβάθμισης ενός συμβατικού ενεργειακά μη αποδοτικού κτιρίου ξενοδοχειακής χρήσης και σκοπός είναι να εξαχθούν συμπεράσματα καθολικά για τα κτίρια αυτής της χρήσης στον Ελλαδικό χώρο.

2.5. Προσδιορισμός των όρων nZEB, ZEB και των Πράσινων κτιρίων εστιάζοντας στα ξενοδοχεία

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα όσον αφορά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε όλο το κόσμο και ειδικά για την Ευρώπη στην οποία τα κτίρια είναι υπεύθυνα για σχεδόν το 34% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, έχουν θεσπιστεί διάφορα πρότυπα-στόχοι για τα νέα ή και υφιστάμενα κτίρια στα οποία απαιτείται ανακαίνιση.

2.5.1. Κτίρια σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας ή Nearly Zero Energy Buildings (NZEBS)

Η αναδιατύπωση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) αποτέλεσε το πρώτο βήμα για τη θέσπιση κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας στο κτιριακό απόθεμα της Ευρώπης. Σύμφωνα με την οδηγία, όλα τα νέα ή πλήρως ανακαινισμένα δημόσια ή ιδιωτικά κτίρια υποχρεούνται να κατασκευάζονται ως σχεδόν μηδενικά από το 2019 και το 2021, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με την οδηγία, ως nZEBs ορίζονται τα κτίρια πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης των οποίων η πολύ χαμηλή ή σχεδόν μηδενική απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας θα πρέπει να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένης της ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή σε κοντινή απόσταση [19]. Έτσι, τα κτίρια αυτά οφείλουν να αποτελούνται από κατάλληλα στοιχεία που αναβαθμίζουν ενεργειακά το κέλυφός τους (όπως η τοποθέτηση θερμομόνωσης ή βελτιωμένων υαλοπινάκων κ.α.), από αναβαθμισμένες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις από κατάλληλες υποδομές όπως τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, τα συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης ή τα δίκτυα αγωγών φυσικού αερίου

ώστε να εξασφαλίζεται η υψηλή ενεργειακή τους απόδοση όπως και να χρησιμοποιούν κατάλληλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στην περίπτωση που η ποσότητα παραγόμενης ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τη συνολική ζήτηση, η πλεονάζουσα ηλεκτρική και θερμική ενέργεια εξάγεται στο δίκτυο κοινής ωφέλειας. Παρακάτω παρουσιάζεται μια απεικόνιση ενός κτιρίου nZEB με τα χαρακτηριστικά του.



Σχήμα 2.5 Σχηματική απεικόνιση κτιρίου nZEB [19].

Εκτός της παραπάνω οδηγίας για το σχεδιασμό κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με την εφαρμογή συγκεκριμένων και ξεκάθαρων κριτηρίων, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης αποδεκτής πρωτογενούς ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη ή και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την πλειονότητα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην Ελλάδα δεν έχουν ακόμη προσδιοριστεί τα κριτήρια βάσει των οποίων ένα κτίριο θα χαρακτηρίζεται ως σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB).

Εκτός από τον ορισμό της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD), οι Torcelinni et al [20] παρέχουν μια σειρά αρχών που περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά τεσσάρων προσεγγίσεων του ορισμού nZEB. Οι τέσσερις αυτές προσεγγίσεις είναι οι εξής:

- Μηδενική ενέργεια πεδίου/τοποθεσίας (Net Zero Site Energy): Όταν το κτίριο/τοποθεσία παράγει τουλάχιστον τόση ανανεώσιμη ενέργεια όση χρησιμοποιείται σε ένα έτος όταν συνυπολογίζεται το κτίριο.
- Μηδενική ενέργεια πηγής (Net Zero Source Energy): Όταν το κτίριο/τοποθεσία παράγει τόση ενέργεια όση καταναλώνεται σε ένα έτος λαμβάνοντας υπόψη και την πηγή. Η πηγή αναφέρεται στην πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη, επεξεργασία, παραγωγή και μεταφορά ενέργειας.
- Μηδενικά ενεργειακά κόστη (Net Zero Energy Costs): Σε αυτή τη μορφή κτιρίου με μηδενική ενέργεια υπάρχει ισορροπία μεταξύ χρημάτων που ο ιδιοκτήτης του κτιρίου πληρώνει για ενεργειακές υπηρεσίες ή χρήσεις καθ'όλη τη διάρκεια του έτους και των χρημάτων που οι υπηρεσίες πληρώνουν στον ιδιοκτήτη για την ανανεώσιμη ενέργεια που το κτίριο εξάγει στο δίκτυο.
- Μηδενικές ενεργειακές εκπομπές (Net Zero Energy Emissions): Το κτίριο/τοποθεσία παράγει τουλάχιστον την ίδια ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όση χρησιμοποιεί από πηγές ενέργειας που παράγουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά έτος.

Οι πιο συνηθισμένες προσεγγίσεις αξιολόγησης ενός κτιρίου μηδενικής ενέργειας είναι αυτές της Καθαρής Μηδενικής ενέργειας πεδίου/τοποθεσίας (Net Zero Site Energy) και της

Καθαρής Μηδενικής ενέργειας πηγής (Net Zero Source Energy). Η καθαρή μηδενική ενέργεια τοποθεσίας αναφέρεται στην τελική χρήση ενέργειας, συγκρίνοντας την ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται ετησίως με την ετήσια τελική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο/τοποθεσία για τις ανάγκες του κτιρίου όπως η θέρμανση, η ψύξη, η ηλεκτρική ενέργεια και το ζεστό νερό χρήσης.

2.5.2. Κτίρια μηδενικών εκπομπών ή Zero – emission Buildings (ZEBs)

Η πρόταση της επιτροπής για την αναθεώρηση της προαναφερθείσας οδηγίας τον Δεκέμβριο του 2021, εμπλουτίζει την ορολογία του nZEB συμπεριλαμβάνοντας στην απαίτηση της ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια, το μακροπρόθεσμο στόχο της κλιματικής ουδετερότητας. Μάλιστα, η απαίτηση για ZEB θα έχει ισχύ από την 1^η Ιανουαρίου 2030 για όλα τα νέα κτίρια και από 1^η Ιανουαρίου 2027 για τα δημόσια κτίρια.

Σύμφωνα με την πρόταση της οδηγίας, Κτίρια Μηδενικών Εκπομπών (Zero – emission buildings, ZEBs) ορίζονται τα κτίρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση στα οποία η πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που εξακολουθεί να απαιτείται, καλύπτεται πλήρως από ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και χωρίς επιτόπιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτά καύσιμα [19]. Αν και η πρόταση επικεντρώνεται στη μείωση των λειτουργικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ο ορισμός ZEB περιλαμβάνει περαιτέρω τον υπολογισμό του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential – GWP) κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου και τη δημοσιοποίησή του μέσω του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η απαίτηση αυτή θα πρέπει να ισχύει από 1^η Ιανουαρίου του 2030 για όλα τα νέα κτίρια και από 1^η Ιανουαρίου 2027 για τα νέα κτίρια με ωφέλιμο εμβαδόν μεγαλύτερο των 2000 τετραγωνικών μέτρων.

Η οδηγία EPBD, απαιτεί από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αναπτύξουν μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης με στόχο τη διευκόλυνση της οικονομικά αποδοτικής μετατροπής των υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Η πρόταση για την αναθεώρηση της οδηγίας αποσκοπεί στην ενίσχυση των μακροπρόθεσμων στρατηγικών ανακαίνισης με στόχο τη μετατροπή του κτιριακού αποθέματος σε κτίρια μηδενικών εκπομπών έως το 2050.

2.5.3. Πράσινα ξενοδοχεία

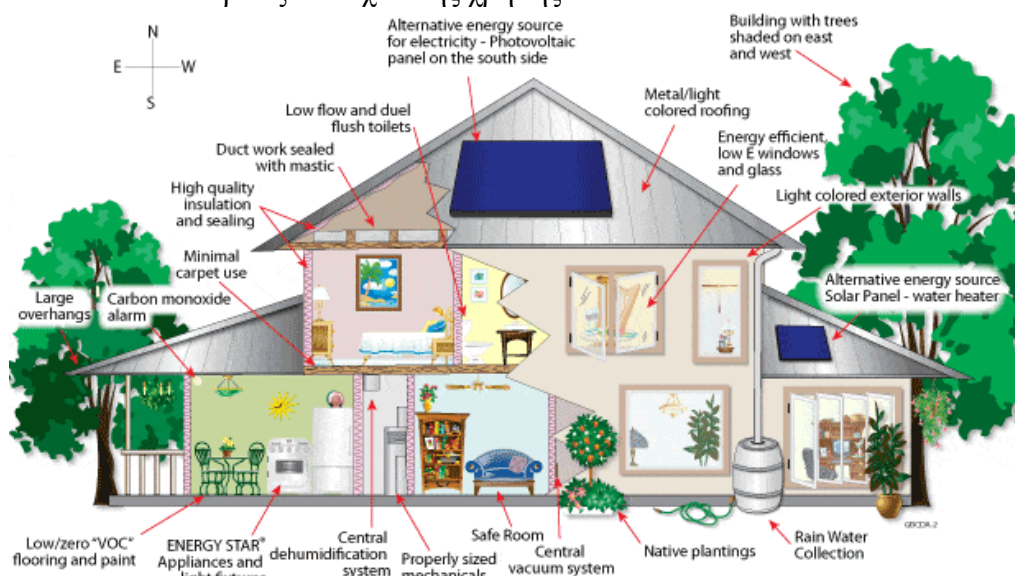
Επειδή πολλές φορές στη βιβλιογραφία συναντάται ο ορισμός των «Πράσινων ξενοδοχείων» παρακάτω πραγματοποιείται μια ανάλυση για τα πράσινα κτίρια και ξενοδοχεία.

Πράσινα είναι τα κτίρια τα οποία χρησιμοποιούν τους πόρους και μειώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον σε όλο τον κύκλο της ζωής τους. Ουσιαστικά, η πρακτική της πράσινης δόμησης περιλαμβάνει διαδικασίες που είναι περιβαλλοντικά φιλικές και αποδοτικές σε όλο τον κύκλο ζωής του κτιρίου από τη χωροθέτηση έως τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση, την ανακαίνιση και την αποδόμηση [21]. Τα πράσινα κτίρια μεγιστοποιούν την αποδοτικότητά τους κάνοντας χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και να δημιουργήσουν ένα υγιές δομημένο περιβάλλον. Προτεραιότητα των πράσινων κτιρίων είναι η αποτελεσματική χρήση της ενέργειας και του νερού, η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, οι μειωμένες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και η βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου [22].

Τα πράσινα κτίρια συνδυάζουν ποικιλία τεχνολογιών και υλικών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του κτιρίου. Αυτά μπορεί να είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως

τα φωτοβολταϊκά πάνελ που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, η εφαρμογή παθητικών στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας κάνοντας επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου συμπεριλαμβανομένων των παραθύρων, των τοίχων, των τεντών και επεμβάσεις στο τοπίο ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη της δροσερής σκιάς το καλοκαίρι και της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα, ο φυσικός φωτισμός και η αναλογία παραθύρου-τοίχου και η ηλιακή θέρμανση του νερού. Ακόμη, τα φυτά και τα δένδρα έχουν εδραιωθεί στις πρακτικές της πράσινης δόμησης.

Η ανακάλυψη και βελτίωση αυτών και άλλων μέτρων, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης σε όλα τα κτίρια, συνεχίζει να ενημερώνει και να βελτιώνει τα βιομηχανικά πρότυπα, τους κώδικες και τα συστήματα αξιολόγησης, όπως το LEED. Η πιστοποίηση LEED αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως διάκριση της απόδοσης ενός κτιρίου με διάφορα επίπεδα δυνητικής επίτευξης [22]. Σχηματική απεικόνιση ενός πράσινου κτιρίου κατοικίας με τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζεται παρακάτω. Αναλογικά, μπορούν να εφαρμοστούν και σε κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης.



Σχήμα 2.6 Σχηματική απεικόνιση Πράσινου κτιρίου[22]

Προκειμένου να χαρακτηριστεί ένα κτίριο ως πράσινο πρέπει να περιλαμβάνει:

- Αποδοτική χρήση των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας όπως το νερό και η ενέργεια,
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,
- Χρήση πρακτικών ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων,
- Παροχή κατάλληλης ποιότητας εσωτερικού αέρα,
- Χρήση ηθικά προερχόμενων μη τοξικών υλικών,
- Εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού που αφορούν το σχεδιασμό κτιρίων και χώρων με βάση το τοπικό κλίμα στοχεύοντας στην εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης.

Εστιάζοντας στα κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης, ακόμη και τα μικρότερα εξ αυτών, επιβαρύνουν αρκετά το περιβάλλον καθώς καταναλώνουν υψηλά ποσά ενέργειας και νερού για την κάλυψη των καθημερινών τους αναγκών, παράγουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων ενώ τα χημικά που χρησιμοποιούνται καθημερινά τόσο για τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων, όσο

και για τα συστήματα κλιματισμού τους, εκλύουν βλαβερά αέρια στην ατμόσφαιρα. Η Green Seal, οργανισμός που πιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιχειρήσεων, διαπίστωσε μέσω έρευνας ότι κατά μέσο όρο, ένα ξενοδοχείο 150 δωματίων καταναλώνει σε μια εβδομάδα όσο 1004 νοικοκυριά σε ένα χρόνο. Ο βασικός λόγος είναι ότι οι άνθρωποι στην κατοικία τους έχουν επίγνωση της σπατάλης σε νερό ή ρεύμα κάτι που δεν συμβαίνει κατά τη διαμονή τους σε ξενοδοχεία [23], [24].

Στην κατάταξη των ξενοδοχείων σε πράσινες ή μη συμβάλλει και η εφαρμογή του θεσμού Green Key στα ξενοδοχεία. Πρόκειται για διεθνές πρόγραμμα που απονέμει σήμα οικολογικής ποιότητας, συντονίζεται από το διεθνές ίδρυμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (FEE-Foundation for the Environmental Education) και λειτουργεί σήμερα σε 17 χώρες παγκοσμίως. Χειριστής του προγράμματος για την Ελλάδα είναι η Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης, η αρχαιότερη περιβαλλοντική ΜΚΟ πανελληνίας εμβέλειας. Τα κριτήρια καλύπτουν τους τομείς της κατανάλωσης ενέργειας, της κατανάλωσης νερού, της διαχείρισης απορριμμάτων, την ποιότητα τροφής και ποτών, τη μετατροπή ελεύθερων χώρων σε χώρους πρασίνου και επιπλέον την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Με το σύστημά τους, τα ξενοδοχεία χωρίζονται σε καλούς, μέτριους και κακούς εξοικονομητές, ενώ η σύγκριση αυτή γίνεται με μοντέλα πρότυπων ξενοδοχείων στη συγκεκριμένη γεωγραφική θέση που βρίσκεται το εκάστοτε ξενοδοχείο [25], [26].



Σχήμα 2.7 Σήμα πιστοποίησης Green Key (αριστερά)[26], Σήμα οικολογικής ποιότητας Eco-Label (δεξιά) [27].

Συγκεκριμένα για τον ελλαδικό χώρο και τις υφιστάμενες δομές, τα περιβαλλοντικά κριτήρια που θέτει το δίκτυο ξενοδοχείων Green Hotels, καλύπτουν τέσσερις τομείς: την εξοικονόμηση ενέργειας, την εξοικονόμηση νερού, τη διαχείριση αποβλήτων και την περιβαλλοντική πολιτική και διαχείριση. Εστιάζοντας στην παράμετρο της εξοικονόμησης ενέργειας, που αποτελεί τον τομέα με τη δεύτερη μεγαλύτερη βαρύτητα (30%) για την κατάταξη του ξενοδοχείου μετά τον τομέα περιβαλλοντικής πολιτικής και διαχείρισης, όπως επίσης αποτελεί αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής εργασίας, αναλύεται στα εξής 9 κριτήρια:

Τομέας Εξοικονόμησης Ενέργειας

1. Ύπαρξη συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.
2. Χρήση λαμπτήρων χαμηλής κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας για το φωτισμό των εγκαταστάσεων (δωμάτια, εσωτερικοί κοινόχρηστοι χώροι, γραφεία, εξωτερικοί χώροι κλπ.)
3. Λειτουργία αισθητήρων ανίχνευσης κίνησης, χρονομετρητών ή φωτοκυττάρων για τη ρύθμιση του χρόνου φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους.
4. Εγκατεστημένοι θερμοστάτες στα δωμάτια για τον έλεγχο και την αυτονομία του συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού.
5. Χρήση ειδικών καρτών (key card) για τον έλεγχο του φωτισμού και κλιματισμού στα δωμάτια.
6. Χρήση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών ενεργειακά αποδοτικών, με πιστοποιημένη χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση (Ενεργειακή κλάση Α).
7. Βελτίωση του κελύφους του κτιρίου (πχ. Θερμομονωτική επάρκεια).
8. Ύπαρξη ενημερωτικών πινακίδων προς τους εργαζόμενους και πελάτες για τον τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας.
9. Τήρηση αρχείων συντήρησης των εγκαταστάσεων της ξενοδοχειακής μονάδας [28].

Βάσει των παραπάνω τομέων και των αντίστοιχων κριτηρίων τους, τα ξενοδοχεία κατατάσσονται στις κατηγορίες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Κατηγορία	Περιγραφή κατηγορίας
	Το ξενοδοχείο χαρακτηρίζεται ως ένα οικολογικό ξενοδοχείο. Λειτουργεί με πλήρη συνείδηση των επιπτώσεων που έχει η λειτουργία ενός ξενοδοχείου στο περιβάλλον και εφαρμόζει μεθόδους και πρακτικές που επικεντρώνονται -κατά το δυνατό ανά περίπτωση- μέγιστα ποσοστά εξοικονόμησης ενεργειακών και φυσικών πόρων. Παράλληλα δημοσιοποιεί και προωθεί τη φιλοσοφία και τον τρόπο λειτουργίας του και προς τους πελάτες του ούτως ώστε και αυτοί με τη σειρά τους να υιοθετήσουν αντίστοιχες τακτικές τόσο κατά τη διαμονή τους όσο και στην καθημερινότητά τους. Το ξενοδοχείο φέρει οικολογική πιστοποίηση (EMAS, ISO 14001, ECO LABEL).
	Το ξενοδοχείο παρουσιάζεται ιδιαίτερα ευαίσθητο και προσηλωμένο για την προστασία του περιβάλλοντος και έχει υιοθετήσει ουσιαστικές μεθόδους και πρακτικές προκειμένου για την αποτελεσματική λειτουργία του, την προσαρμοσμένη προς την εξοικονόμηση ενεργειακών και φυσικών πόρων. Παράλληλα, γνωστοποιεί και προωθεί τις δράσεις του και προς τους πελάτες ούτως ώστε να υιοθετήσουν και αυτοί με τη σειρά τους αντίστοιχες τακτικές τόσο κατά τη διαμονή τους όσο και στην καθημερινότητά τους.
	Γίνεται σημαντική προσπάθεια προς την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενεργειακών και φυσικών πόρων με την υιοθέτηση έξυπνων τακτικών και μεθόδων προκειμένου για τη λειτουργία του ξενοδοχείου. Παρόλα αυτά, υπάρχει το περιθώριο ανάπτυξης και βελτιστοποίησης προς έναν περισσότερο οικολογικό τρόπο λειτουργίας του ξενοδοχείου και γνωστοποίησης της περιβαλλοντικής του δράσης προς τους πελάτες του.
	Η λειτουργία του ξενοδοχείου βασίζεται σε ορισμένες ευρέως αποδεκτές μεθόδους περιβαλλοντικής προστασίας και εξοικονόμησης φυσικών και ενεργειακών πόρων, παρόλα αυτά δε γίνεται ουσιαστική γνωστοποίηση του προγράμματός του ή/ και υστερεί η συνολική αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων μεθόδων του.

Σχήμα 2.8 Πράσινη κατάταξη καταλυμάτων[25].

Με την υιοθέτηση οικολογικής συνείδησης και την εφαρμογή αρχών περιβαλλοντικής διαχείρισης προκύπτουν τα εξής οφέλη:

- Περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων και του σεβασμού των φυσικών πόρων.
- Οικονομικά οφέλη λόγω μείωσης καταναλώσεων ενέργειας και νερού.
- Ικανοποίηση του προσωπικού με την αίσθηση συμμετοχής σε δράσεις κοινωνικής προσφοράς.
- Προσαρμογή σε νέα διεθνή πρότυπα Εταιρικής Στρατηγικής.
- Θωράκιση ενάντια στην «Πράσινη Εξαπάτηση».
- Ικανοποίηση των μετόχων με την αίσθηση συμμετοχής σε μια κοινωνικά και περιβαλλοντικά ευαίσθητη εταιρία.
- Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε κλαδικό/διεθνές επίπεδο.
- Εξασφάλιση βιωσιμότητας του οργανισμού.
- Αποτελεσματική διαχείριση ρίσκου.
- Αμφίδρομη δέσμευση με ενδιαφερόμενα μέρη [29].

Όπως παρατηρείται από την παραπάνω ανάλυση, ο όρος των πράσινων ξενοδοχείων περιλαμβάνει τους όρους των nZEB και των ZEB, που ορίζονται από την EPBD.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα εξετάσουμε κτίριο ξενοδοχειακής χρήσης προσεγγίζοντας την πράσινη διάστασή του και εστιάζοντας στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας. Για το λόγο αυτό η κατάταξη του ξενοδοχείου που θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων, θα αντανakλά την ενεργειακή του κατάταξη βάσει των εθνικών προτύπων καθώς σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι βέλτιστες προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης ενός τυπικού ξενοδοχείου λαμβάνοντας υπόψη και τον οικονομικό παράγοντα.

2.6. Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία

2.6.1. Κτιριακό κέλυφος – Παθητικά συστήματα

Οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν στο κέλυφος του κτιρίου, ή τα λεγόμενα παθητικά συστήματα, στηρίζονται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου στοχεύει στην εξασφάλιση των βέλτιστων δυνατών συνθηκών ενός χώρου αξιοποιώντας κατά το βέλτιστο τις υπάρχουσες πηγές του περιβάλλοντος (ήλιος, αέρας κτλπ.) με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση.

Πιο συγκεκριμένα, οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού ορίζουν κάποια κριτήρια σχεδιασμού, τα οποία λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή του κτιρίου, και τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- **Προσανατολισμός – Χωροθέτηση:** Για την εύκρατη ζώνη, ο καλύτερος προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι ο νότιος με απόκλιση έως 30° καθώς η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη σε ανατολή και δύση για την περίοδο του χειμώνα, ενώ για το καλοκαίρι μειώνεται σχεδόν στο μισό.
- **Σχήμα κτιρίου:** Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης να είναι ίση με 1/1,5 και η νότια πλευρά του κτιρίου να σκιάζεται ώστε

το καλοκαίρι που ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα να μη μπορεί να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου.

- **Εσωτερική διαρρύθμιση χώρων:** Στη βορεινή πλευρά συνίσταται να τοποθετούνται οι χώροι που χρησιμοποιούνται λιγότερες ώρες την ημέρα, λόγω του ότι το χειμώνα η πλευρά αυτή είναι ψυχρότερη. Στην νότια πλευρά τοποθετούνται οι χώροι κύριας και πολύωρης χρήσης καθώς δέχονται τα θερμικά ηλιακά κέρδη το χειμώνα και είναι πιο φωτεινοί.
- **Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού:** τα γυάλινα ανοίγματα ενός κτιρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα αρκεί ο προσανατολισμός τους να είναι νότιος ή με απόκλιση 30° ανατολικά η δυτικά του νότου. Προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο, μετρίου μεγέθους στην ανατολή και τη δύση και μικρότερου μεγέθους στον βορρά. Οι νότιοι χώροι συνίσταται να μην έχουν βάθος που να υπερβαίνει τη διάσταση που ισούται με 2,5 φορές το ύψος του νότιου ανοίγματος προκειμένου να επιτευχθεί επαρκής φωτισμός και ηλιασμός [30].
- **Περιβάλλοντας χώρος:** Σημαντικός παράγοντας αποτελεί και το μικροκλίμα γύρω από το κτίριο. Με τη χρήση βλάστησης επιτυγχάνεται ηλιοπροστασία, σκιασμός και προστασία από ανέμους. Συνίσταται η φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δένδρων στις νότιες και δυτικές πλευρές του κτιρίου ενώ στα βόρεια η φύτευση αειθαλών που προσφέρουν δροσισμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες [31].

Άλλες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν στο κτιριακό κέλυφος και λαμβάνονται υπόψη σε περίπτωση ανακαίνισης ενός ξενοδοχείου είναι:

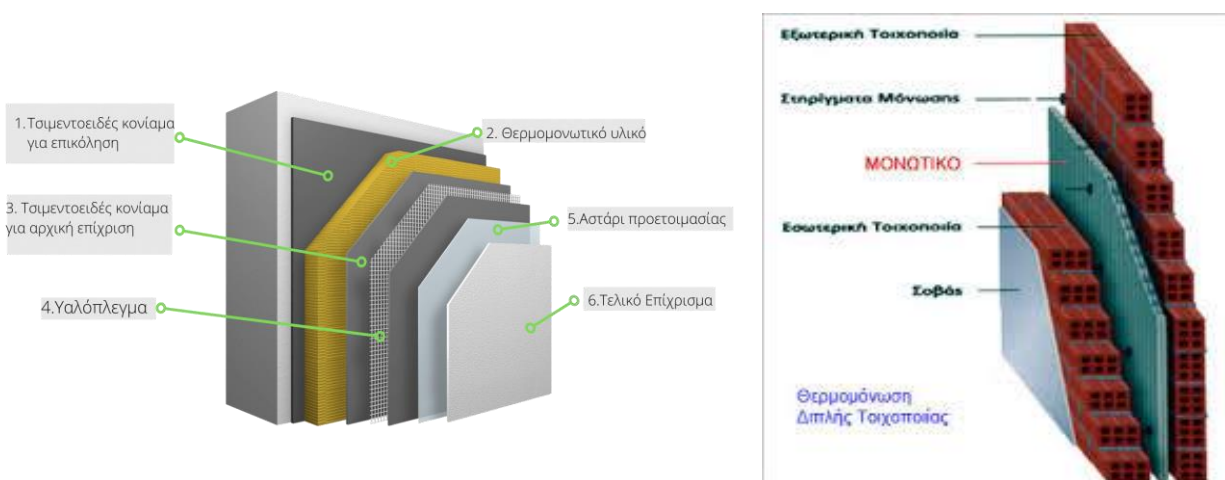
▪ Προσθήκη Θερμομόνωσης

Η θερμομόνωση, η οποία συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Με τη θερμομόνωση επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα δομικά στοιχεία που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Πρακτικά, ένα κτίριο με επαρκή θερμομόνωση διατηρεί τις επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Απαιτήσεις θερμομόνωσης έχουν τόσο τα αδιαφανή (τοίχοι, οροφές, δάπεδα) όσο και τα διαφανή (ανοίγματα) δομικά στοιχεία [32].

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Μερικά από τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά αποτελούν η διογκωμένη πολυστερίνη, η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας κ.α. Τα συνήθη χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού η οποία εξαρτάται από το πάχος του, όπως και η θερμική αντίστασή του.

Η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί στην εσωτερική, την εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας ή και ενδιάμεσα και αυτό εξαρτάται από παράγοντες όπως η εκμετάλλευση ή μη της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων, η χρήση του κτιρίου, το ωράριο λειτουργίας όπως και τεχνοοικονομικούς παράγοντες. Μάλιστα, η τοποθέτησή της πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγονται όσο το δυνατόν περισσότερο οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους).

Η θερμομόνωση συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά το χειμώνα, αλλά και κατά το καλοκαίρι εφ'όσον συνδυάζεται και με τον απαιτούμενο αερισμό, ειδάλλως το κτίριο υπάρχει περίπτωση να υπερθερμανθεί. Παρακάτω παρουσιάζονται 2 συστήματα θερμομόνωσης ένα στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας και ένα ενδιάμεσα.



Σχήμα 2.9 Σύστημα θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας (αριστερά) [33], Σύστημα θερμομόνωσης ενδιάμεσα σε δικέλυφη τοιχοποιία (δεξιά) [34].

▪ Βελτίωση Κουφωμάτων

Η βελτίωση των κουφωμάτων συγκαταλέγεται στις τεχνικές για τη βελτίωση του φυσικού φωτισμού στα κτίρια. Ο φυσικός φωτισμός των κτιρίων έχει ως στόχο να επιτύχει οπτική άνεση και τη γενικότερη ευημερία κατά την παραμονή στο κτίριο συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού όπως επίσης αξιοποίηση και ρύθμιση της ηλιακής ενέργειας. Όσα κουφώματα του κτιριακού κελύφους διαθέτουν υαλοπίνακες θα πρέπει να διαθέτουν καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και να είναι αεροστεγανά. Προτείνεται χρήση θερμομονωτικών – αεροστεγών κουφωμάτων ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλό ή πολλαπλό υαλοπίνακα, με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, καθώς και τοποθέτηση διπλών ή περιστρεφόμενων θυρών και ανεμοθραυστών σε βορεινές εισόδους, για μείωση της διείσδυσης του αέρα. Επίσης, απαραίτητη είναι και η καλή συναρμογή των αρμών των κουφωμάτων για επίτευξη αεροστεγανότητας [30]. Παρακάτω παρουσιάζεται παράδειγμα κουφώματος με τριπλό υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή.



Σχήμα 2.10 Ανοιγόμενο κούφωμα αλουμινίου με τριπλό υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή [35].

▪ Προσθήκη σκιάστρων

Σημαντική είναι και η σκίαση των διαφανών επιφανειών του κελύφους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών σκιάστρων τα οποία για νότιο προσανατολισμό τα πιο κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά. Το βάθος της προεξοχής καθορίζεται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ακόμη, σκιασμός μπορεί να επιτευχθεί με τη βλάστηση γι' αυτό και στο νότο, μια πέργκολα με φυλλοβόλα φυτά είναι ιδανική επιλογή αφού το καλοκαίρι προσφέρει σκίαση και το χειμώνα που πέφτουν τα φύλλα του φυτού επιτρέπει τη διείσδυση του ήλιου στο εσωτερικό. Για τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα απαιτούνται κατακόρυφα συστήματα σκίασης κάθετα στην όψη του κτιρίου ή υπό κλίση. Ένας ακόμη τρόπος σκίασης των κουφωμάτων του κελύφους στα Ελληνικά κτίρια, είναι η προσθήκη παντζουριών ή ρολών όπως επίσης στα ξενοδοχεία πολλές φορές συναντώνται σκουρόχρωμες κουρτίνες για την κάλυψη των διαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους. Παρακάτω δίνονται κάποια παραδείγματα τέτοιων συστημάτων σκίασης.



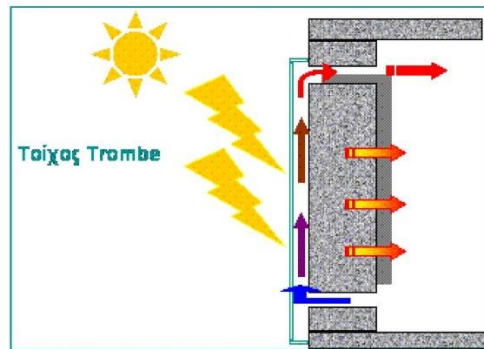
Σχήμα 2.11 Οριζόντιο σύστημα σκίασης με πέργκολα (αριστερά), κατακόρυφο σύστημα σκίασης με εξωτερικές περσίδες (δεξιά)[36].



Σχήμα 2.12 Ανοιγόμενα παντζούρια (αριστερά)[37], ρολά (δεξιά)[38].

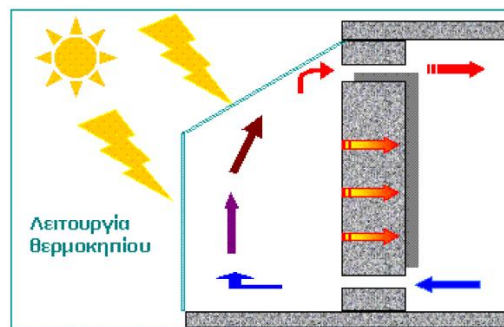
Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα κουφώματα κατάλληλου προσανατολισμού, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Για λόγους βιβλιογραφικής πληρότητας, δύο ακόμη πιο εξειδικευμένα παθητικά ηλιακά συστήματα, είναι τα παρακάτω:

- **Ηλιακοί τοίχοι (τοίχοι Trombe):** Λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες καθώς αποτελούνται από υαλοπίνακα τοποθετημένο σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία. Έτσι, μεταφέρεται θερμότητα είτε μέσω του τοίχου (θερμική αποθήκευση) είτε μέσω των θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο) στον εσωτερικό χώρο [39].



Σχήμα 2.13 Σχηματική απεικόνιση Τοίχου Trombe[39]

- **Ηλιακός χώρος – Θερμοκήπιο:** Πρόκειται για ένα κλειστό χώρο από γυαλί, ο οποίος τοποθετείται στη νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να εκτελεί τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου. Μεταξύ του ηλιακού χώρου και του κτιρίου υπάρχει τοίχος θερμικής συσσώρευσης ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία του ηλιακού χώρου και κατ'επέκταση του κτιρίου σταθερή [40].



Σχήμα 2.14 Σχηματική απεικόνιση Ηλιακού χώρου[40]

Μια ακόμη πρακτική που συγκαταλέγεται στα παθητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας είναι και ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου ο οποίος περιλαμβάνει τις εξής μεθόδους:

- Με τη χρήση ηλιοπροστατευτικών συστημάτων σκίασης του κτιρίου, όπως αυτές αναφέρθηκαν παραπάνω.
- Με τον φυσικό εξαερισμό του κτιρίου μέσω κατάλληλου σχεδιασμού και λειτουργίας των ανοιγμάτων τους στο κέλυφος του κτιρίου όπως και των θυρίδων στο άνω και κάτω τμήμα της εσωτερικής τοιχοποιίας επιτρέποντας έτσι την κίνηση του αέρα στο εσωτερικό.
- Με το νυχτερινό αερισμό, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, ο οποίος συνεισφέρει στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου με αποτέλεσμα τη μειωμένη αισθητή θερμοκρασία την επόμενη ημέρα.

Μερικές ακόμη μέθοδοι παθητικού δροσισμού, όχι τόσο ευρείας εφαρμογής είναι οι εξής:

- Η προστασία του κτιριακού κελύφους με τη χρήση φυτεμένου δώματος, αεριζόμενου κελύφους, ανακλαστικών επιχρισμάτων στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας και το φράγμα ακτινοβολίας.
- Η χρήση πύργων αερισμού ή ηλιακών καμινάδων.
- Η χρήση παθητικών συστημάτων με εξάτμιση νερού όπως οι επιφάνειες νερού, ο πύργος δροσισμού και η βλάστηση.
- Ο δροσισμός με απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή (π.χ. υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια) [41].

2.6.2. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός – Ενεργητικά συστήματα

Αφού αρχικά εξεταστούν όλες οι δυνατότητες για μείωση των φορτίων θέρμανσης και ψύξης από παθητικά συστήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, απαιτείται προσεκτική μελέτη για την επιλογή των σωστών και αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, να γίνει σωστή διαστασιολόγηση του δικτύου αεραγωγών/σωληνώσεων όπως και η σωστή επιλογή του συστήματος ελέγχου και ρύθμισης. Είναι σημαντικό να επιλέγονται συστήματα υψηλού βαθμού απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης. Στην περίπτωση υπάρχουσας εγκατάστασης απαιτείται έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων με καινούργιας τεχνολογίας πιο αποδοτικά συστήματα.

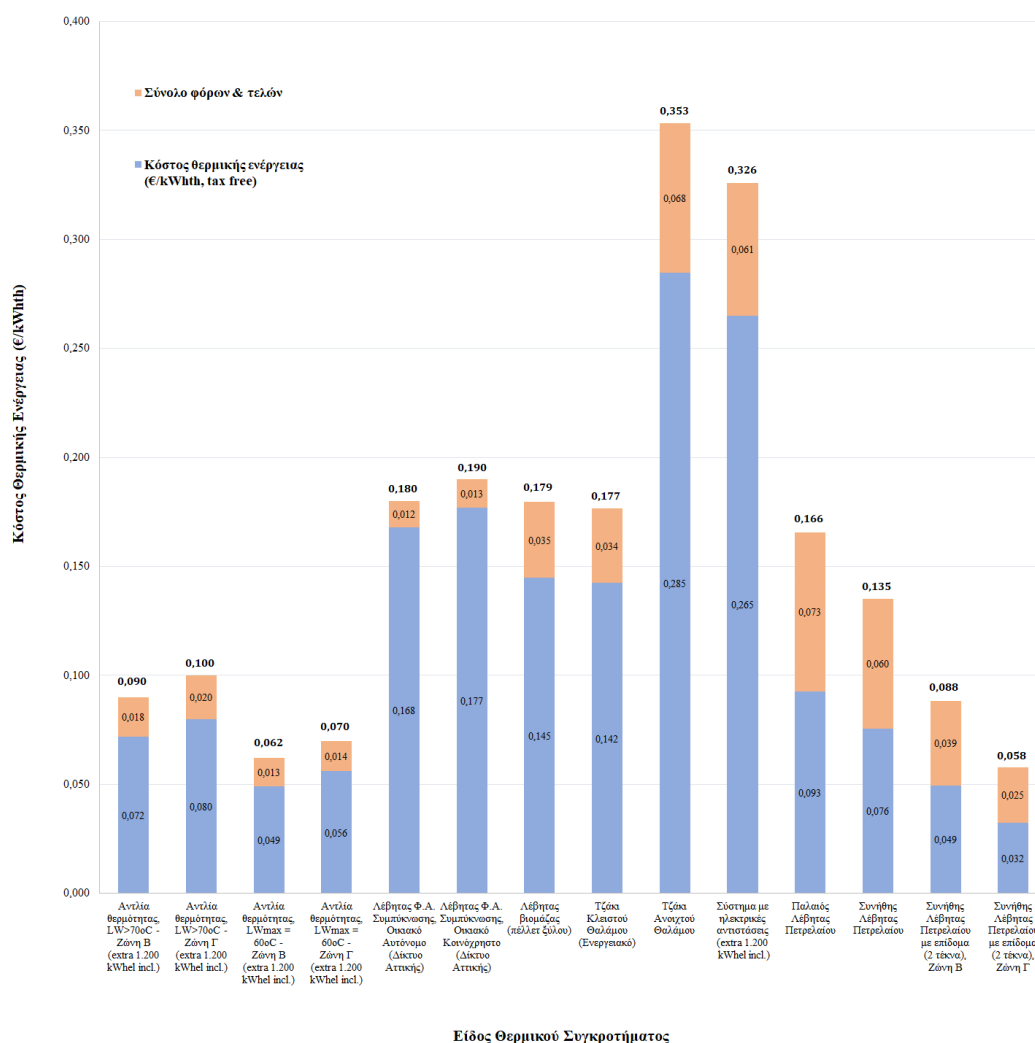
2.6.2.1. Σύστημα Θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, είναι ένα από αυτά που καταναλώνουν μεγάλα ποσά θερμότητας σε ετήσια βάση. Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα αυτά αποτελούν οι παρακάτω:

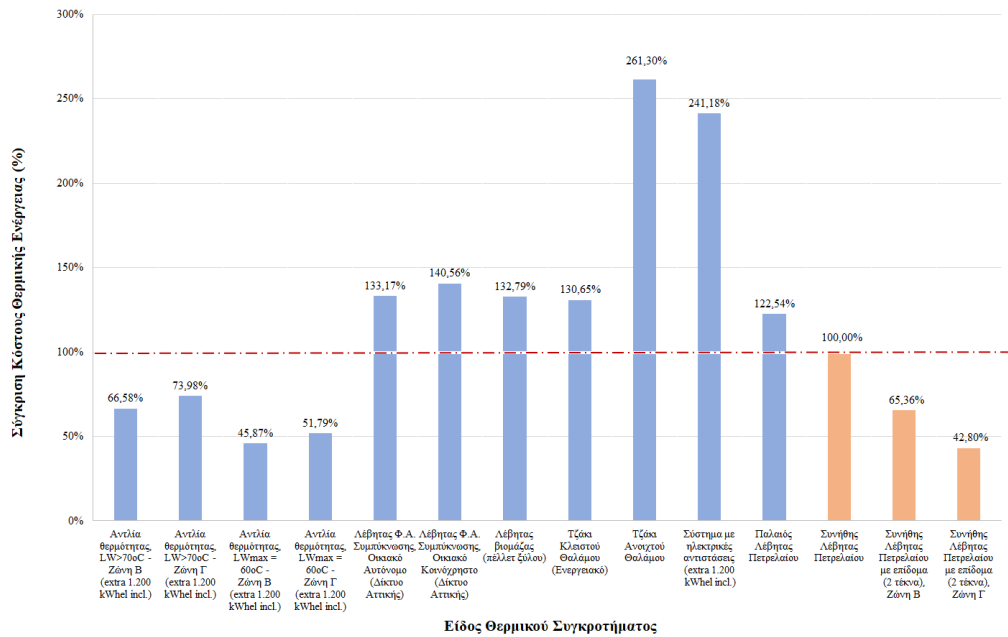
- Αντικατάσταση των παλαιών διατάξεων λεβήτων με νέους υψηλότερης απόδοσης και χαμηλότερης θερμοκρασίας εξόδου των καυσαερίων ή με νέα συστήματα πιο αποδοτικά και συνάμα οικονομικότερα στη διάρκεια λειτουργίας τους. Επιπλέον, απαιτείται καλή θερμομόνωση των αεραγωγών και των σωληνώσεων.
- Για την κάλυψη των θερινών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης όπου σε περίπτωση ξενοδοχειακών μονάδων η ανάγκη αυτή καλύπτεται μέσω του συστήματος θέρμανσης με χρήση πετρελαίου, προκύπτει η ανάγκη εγκατάστασης ξεχωριστής διάταξης λέβητα.
- Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας από τα θερμά καυσαέρια, σε περίπτωση ύπαρξης διατάξεων λεβήτων με υψηλές θερμοκρασίες εξόδου καυσαερίων.

Ανάμεσα σε πληθώρα συστημάτων θέρμανσης, επιλέγεται να αναλυθούν τα συστήματα των αντλιών θερμότητας καθώς αποτελούν μια πολύ αποδοτική λύση και ειδικά όσες χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη γεωθερμία, επιτυγχάνοντας μείωση κόστους έως και 60-74% συγκριτικά με ένα λέβητα πετρελαίου καθώς η αντίστοιχη μείωση κόστους συγκριτικά με ένα λέβητα φυσικού αερίου είναι της τάξεως των 50-60% [42]. Σε μελέτη των Μαρτινόπουλος κ.α. το 2018 [43], οι οποίοι πραγματοποίησαν ανασκόπηση των κοινώς χρησιμοποιούμενων συστημάτων θέρμανσης, εξήχθησαν συμπεράσματα ως προς το πλέον συμφέρον σύστημα θέρμανσης για διαφορετικές Ευρωπαϊκές περιοχές, βάσει του σταθμισμένου κόστους θέρμανσης, χρησιμοποιώντας τιμές καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας του έτους 2014. Για την Ελλάδα, κατέληξαν ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας συνιστά την οικονομικότερη επιλογή, όπως και στις περισσότερες χώρες, με κόστος περίπου 0,05 €/kWh.

Μάλιστα, το γεγονός ότι οι αντλίες θερμότητας αποτελούν οικονομικότερη λύση συστήματος, έρχεται να τεκμηριώσει και μελέτη του ΕΜΠ στην οποία γίνεται σύγκριση του κόστους θέρμανσης των διαθέσιμων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην ελληνική αγορά (τον Δεκέμβριο του 2022). Έτσι, προκύπτει το επόμενο διάγραμμα που παρουσιάζεται το κόστος της θερμικής ενέργειας σε €/kWh th ενώ σε αυτό προστίθεται και η φορολόγηση και οι επιπλέον επιβαρύνσεις αναλόγως με το είδος καυσίμου ή την χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Από το καθαρό κόστος και τη φορολόγηση προκύπτει, στο ίδιο διάγραμμα, και η συνολική τιμή κόστους ωφέλιμης θερμικής ενέργειας (Σχήμα 2.15). Στην ίδια μελέτη συγκρίνεται το συνολικό κόστος της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θέρμανσης με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 1,1790 €/lt.



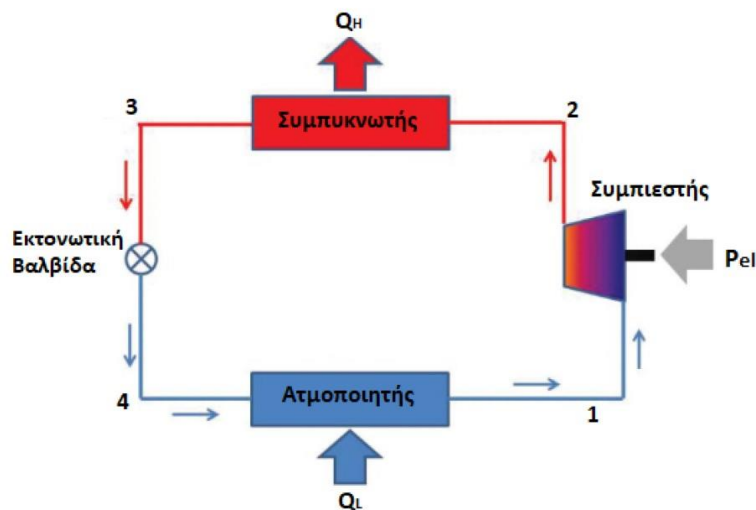
Σχήμα 2.15 Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θέρμανσης[44].



Σχήμα 2.16 Σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας από κάθε είδος θερμικού συγκροτήματος με κόστος από συνήθη Λέβητα Πετρελαιο [44]

Αντλίες Θερμότητας

Μια πολύ αποδοτική, και μειωμένου κόστους όπως αναφέρθηκε παραπάνω, λύση αντικατάστασης του λέβητα πετρελαιο που χρησιμοποιείται στα κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης, αποτελεί το σύστημα αντλιών θερμότητας, σύστημα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ψύξη. Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αντλούν θερμότητα από μια πηγή χαμηλής θερμοκρασίας (αέρα, νερό, έδαφος) και να τη μεταφέρουν σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας (αέρα, νερό) [45]. Η αντλία θερμότητας αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη όπως παρατηρείται και στο παρακάτω σχήμα: τον ατμοποιητή, το συμπιεστή, τον συμπυκνωτή και τη βαλβίδα στραγγαλισμού.



Σχήμα 2.17 Διάταξη αντλίας θερμότητας[46]

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται στα εξής είδη:

Ανάλογα με το μέσο που συναλλάσσεται εξωτερικά και εσωτερικά του χώρου

- Αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα: Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος αντλίας θερμότητας στην αγορά. Η εξωτερική μονάδα της αντλίας θερμότητας συναλλάσσεται με τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ η εσωτερική μονάδα συναλλάσσεται με τον αέρα του εσωτερικού χώρου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αποτελούνται από δύο ή περισσότερες εσωτερικές μονάδες οι οποίες τοποθετούνται ξεχωριστά σε πολλούς κλιματιζόμενους χώρους του κτηρίου.
- Αντλίες θερμότητας αέρα-νερού: Το εξωτερικό στοιχείο της αντλίας θερμότητας συναλλάσσεται με τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ το εσωτερικό στοιχείο συναλλάσσεται με νερό που αξιοποιείται στο κτήριο. Συνήθως, αυτό το νερό κυκλοφορεί στο υδραυλικό δίκτυο του κτηρίου και τελικά καταλήγει στις τερματικές μονάδες fan coils, ενδοδαπέδια θέρμανση ή δροσισμό. Χρησιμοποιούνται περισσότερο σε μεγάλες εγκαταστάσεις κεντρικού κλιματισμού.
- Αντλίες θερμότητας νερού-αέρα: Το εξωτερικό στοιχείο της αντλίας θερμότητας αντλεί θερμότητα από το νερό ενώ η μεταφορά θερμότητας από και προς τον κλιματιζόμενο χώρο γίνεται μέσω του αέρα. Για παράδειγμα, η αντλία θερμότητας μπορεί να συναλλάσσει θερμότητα εξωτερικά με νερό το οποίο ζεσταίνεται μέσω της ηλιακής ενέργειας.
- Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας: Οι αντλίες αυτές συναλλάσσουν θερμότητα εξωτερικά με το έδαφος (π.χ. μέσω γεώτρησης) το οποίο έχει σχεδόν σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χρόνου. Έτσι το καλοκαίρι απάγουν τη θερμότητα από το κτήριο και την αποδίδουν στο έδαφος, ενώ το χειμώνα απορροφούν τη θερμότητα από το έδαφος και την αποδίδουν στο κτήριο. Επειδή η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή, σε αντίθεση με τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα που έχει μεγάλες διακυμάνσεις, η γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει πολύ καλύτερη απόδοση από τις αντλίες θερμότητας αέρα. Αν και έχουν σημαντικό αρχικό κόστος για την κατασκευή της εγκατάστασης συγκριτικά με τον λέβητα, επιτυγχάνεται απόσβεση της επένδυσης σε σύντομο χρονικό διάστημα (περίπου 2 με 3 έτη). Επιπλέον, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή των συστημάτων με αντλία θερμότητας αέρα-αέρα και θεωρούνται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γι' αυτό και αναλύονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ανάλογα με τη θέση των υποσυστημάτων τους:

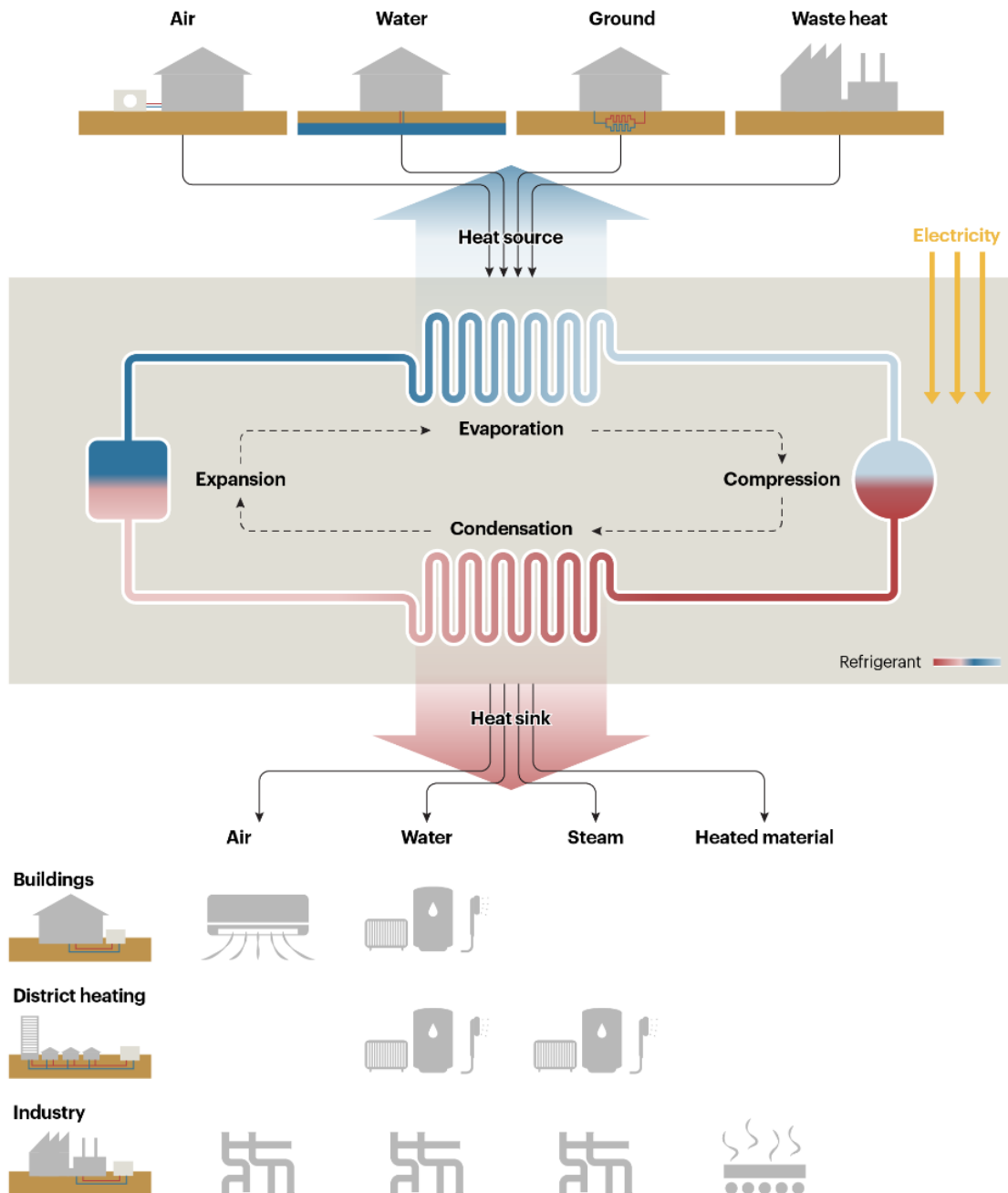
- Ενιαίες αντλίες θερμότητας ή αυτόνομες (τύπου MonoBlock ή Compact): Όλα τα μέρη της συσκευής και οι μηχανισμοί βρίσκονται εγκατεστημένα σε ένα ενιαίο κέλυφος.
- Διαιρούμενες αντλίες θερμότητας (τύπου Split): Τα μέρη της συσκευής είναι διαχωρισμένα.

Ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργούν:

- Τύπου Inverter: Διαθέτουν έναν μηχανισμό που επιτρέπει να αυξομειώνουν τις στροφές του συμπιεστή και άρα κάθε στιγμή προσαρμόζουν την ισχύ ανάλογα με τις ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης του χώρου με αποτέλεσμα την ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση κατά τη λειτουργία.

- Τύπου on/off: Σε αντίθεση με τις τύπου inverter, λειτουργούν σε πλήρη ισχύ μέχρι να επιτευχθεί ο στόχος (θέρμανση ή ψύξη του χώρου επίσης) και μετά σταματούν (off) . Επανεκκινούν (on) όταν η θερμοκρασία του χώρου αποκλίνει και πάλι από την επιθυμητή[47].

Παρακάτω παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας ενός συστήματος αντλίας θερμότητας:



Σχήμα 2.18 Τρόπος λειτουργίας συστήματος αντλίας θερμότητας[48]

Τα πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι τα εξής:

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας: Το κόστος λειτουργίας τους εξαρτάται μόνο από την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και την άντληση θερμότητας και συμπίεσης του ρευστού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος αυτό είναι χαμηλότερο από το

κόστος λειτουργίας και συντήρησης μικρής εγκατάστασης συνηθισμένου συστήματος κεντρικής θέρμανσης με ζεστό νερό και θερμαντικά σώματα.

- Είναι καθαρό και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα και ειδικά η γεωθερμική αντλία θερμότητας. Οι αντλίες θερμότητας με υψηλό ονομαστικό βαθμό απόδοσης και οι ηλιακά υποβοηθούμενες κατατάσσονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Εύκολη εγκατάσταση και πληθώρα επιλογών διαμόρφωσης τόσο για τις αντλίες οριζόντιου όσο και για τις αντλίες κατακόρυφου εναλλάκτη.
- Χαμηλό κόστος συντήρησης και υψηλή ασφάλεια λειτουργίας: Χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και ενέργεια από το περιβάλλον χωρίς ορυκτά καύσιμα και καύσεις όπως σε άλλα συστήματα και δεν χρειάζονται κάθε χρόνο συντήρηση όπως συμβαίνει με τους λέβητες πετρελαίου και αερίου. Η λειτουργία τους μπορεί να συγκριθεί με αυτή ενός air condition και άρα έχει μηδαμινά έξοδα συντήρησης.
- Θέρμανση και δροσισμός με μία μόνο μονάδα αντιστρέφοντας τον κύκλο λειτουργίας. Οι αντλίες θερμότητας εμφανίζουν σημαντικά υψηλούς βαθμούς απόδοσης που φτάνουν και το 90%.
- Μπορούν να συνδυαστούν αποδοτικά με τερματικές μονάδες χαμηλών θερμοκρασιών (π.χ. fancoils, ενδοδαπέδιο σύστημα, θερμαντικά σώματα).
- Μπορούν να παράγουν ζεστό νερό χρήσης για όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι τα εξής:

- Έχουν υψηλό αρχικό κόστος, το οποίο όμως αποσβένεται μετά από 2-3 χρόνια λειτουργίας.
- Οι αντλίες θερμότητας αέρα μπορεί να είναι θορυβώδεις λόγω του ανεμιστήρα που υπάρχει στην εγκατάστασή τους.
- Οι αντλίες θερμότητας που έχουν ως πηγή το έδαφος ή το νερό χρειάζονται χώρο για την εγκατάστασή τους.
- Οι αντλίες θερμότητας που έχουν ως πηγή θερμότητας τον αέρα του περιβάλλοντος, δεν μπορούν να δουλέψουν σε περιβάλλον με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 5°C [49], [50]).

Βάσει των παραπάνω, το σύστημα θέρμανσης αλλά και ψύξης επιλέγεται να μελετηθεί στην εργασία ως μέτρο επέμβασης εξοικονόμησης ενέργειας αποτελεί η αντλία θερμότητας και μάλιστα η γεωθερμική λαμβάνοντας υπόψη, πέραν της απόδοσης, τον οικονομικό παράγοντα για τα δεδομένα της Ελλάδας, αλλά και το γεγονός ότι θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας ενισχύοντας έτσι την προσέγγιση του πράσινου ξενοδοχείου.

Συστήματα συμπαραγωγής και τριπαραγωγής

Μια ακόμη καλή λύση θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων αποτελούν τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για τα οποία παρατίθενται κάποιες πληροφορίες για λόγους βιβλιογραφικής πληρότητας. Τα συστήματα αυτά, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση. Η παραγόμενη θερμότητα, είτε με τη μορφή ατμού είτε ζεστού νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ψύξη (τριπαραγωγή) με μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη.

Οι πιο συνήθεις τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας είναι:

- Τα συστήματα κινητήρων εσωτερικής καύσης, αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων.
- Τα συνδυασμένα συστήματα αεριοστροβίλου – ατμοστροβίλου.

Ο βαθμός απόδοσής τους μπορεί να υπερβεί το 90%. Η θερμότητα που αποβάλλεται, συνήθως χρησιμοποιείται το χειμώνα για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού ενώ το καλοκαίρι πρέπει να εγκατασταθούν ψυκτικές μονάδες απορρόφησης για την παραγωγή ψυχρού νερού για κλιματισμό [30], [51].

Δίκτυο Διανομής

Αποδοτικές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας όσον αφορά το δίκτυο διανομής του συστήματος θέρμανσης μπορούν να αποτελέσουν η χρήση τριχοειδών σωλήνων στη διανομή του ρευστού για τη θέρμανση των χώρων, η χρήση συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης, τα οποία έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του ρευστού ή η χρήση σωμάτων fan-coil [45].

2.6.2.2. Σύστημα Ψύξης

Οι σημαντικότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ξενοδοχείο σχετικά με τα συστήματα ψύξης του είναι:

- Η εγκατάσταση διατάξεων εναλλακτών θερμότητας είτε στο κύκλωμα του νερού ψύξης του συμπυκνωτή είτε στο κύκλωμα της θερμής γραμμής ψυκτικού μέσου για ανάκτηση θερμότητας.
- Η χρήση φυσικών πηγών νερού για τον κύκλο συμπύκνωσης (π.χ. μέσω γειτονικών λιμνών ή ποταμών).
- Η υιοθέτηση αποδοτικότερων διατάξεων αυτόματου ελέγχου για τη βελτίωση της αποδοτικότητας από το συγκρότημα ψυκτικής ισχύος κατά τη λειτουργία στα διάφορα φορτία (π.χ. μέσω καλύτερου ελέγχου της μεταβολής της ταχύτητας του ρευστού ή της λειτουργίας του κυκλοφορητή) [7].

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη υποενότητα, το σύστημα ψύξης που επιλέχθηκε κυρίως ως μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας για τα Ελληνικά δεδομένα είναι το σύστημα της αντλίας θερμότητας το οποίο και αναλύθηκε στην ενότητα των συστημάτων θέρμανσης.

Δίκτυο Διανομής

Οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που σχετίζονται με το δίκτυο διανομής του σε ένα ξενοδοχείο είναι οι εξής:

- Η υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας των κλιματιζόμενων χώρων.
- Η μετατροπή των συστημάτων διανομής με τελική αναθέρμανσης και με χρήση διπλού αγωγού θερμού-ψυχρού (dual duct) σε συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV).
- Η εγκατάσταση ανεμιστήρων και δικτύου αεραγωγών για ενίσχυση της κίνησης και ανάμειξης του αέρα μεταξύ διαφορετικών θερμικών ζωνών στο χώρο του ξενοδοχείου.
- Η εγκατάσταση ξεχωριστών κυκλοφορητών σε κυκλώματα σημαντικών διαφορών ως προς την πτώση πίεσης καθώς και σε ζώνες με διαφορετικές απαιτήσεις ψύξης.

- Η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου των κυκλοφορητών για καλύτερο έλεγχο στροφών [45].

2.6.2.3. Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης

Σε κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης, το ζεστό νερό χρήσης αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα κατανάλωσης ενέργειας. Συνεπώς, θεωρείται αναγκαία η υιοθέτηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν στις διαδικασίες παραγωγής, διανομής και αποθήκευσης του ζεστού νερού χρήσης. Συνήθεις δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση είναι οι εξής:

- Εξάλειψη περιπτώσεων υπερδιαστασιολόγησης π.χ. τροποποίηση των διαστάσεων της δεξαμενής ζεστού νερού με βάση τις πραγματικές ανάγκες.
- Χρήση διατάξεων αισθητήρων, φωτοκυττάρων ή άλλων διατάξεων για έλεγχο της κατανάλωσης σε βρύσες κτλπ.
- Χρήση τοπικών θερμαντήρων προς μείωση των αποστάσεων του δικτύου διανομής.
- Υιοθέτηση διαδικασιών ανάκτησης θερμότητας από τις κλιματιστικές μονάδες και από το σύστημα αερισμού (δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας ακόμη και έως 70% μέσω διατάξεων πλακοειδών εναλλακτών θερμότητας αέρα-αέρα ή μέσω διατάξεων θερμικών τροχών) [7].

2.6.2.4. Σύστημα Φωτισμού

Αφού γίνει η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού μέσω των διαφανών στοιχείων του κελύφους, έπειτα γίνεται και χρήση του τεχνητού φωτισμού. Οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας του συστήματος φωτισμού στα κτίρια ξενοδοχείων είναι οι εξής:

- Η χρήση συστημάτων αυτόματου ελέγχου για τη διατήρηση σταθερής φωτεινότητας και την αποφυγή περιττών διαβαθμίσεων συγκεκριμένων χώρων. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές παρουσίας ή και αισθητήρες φωτισμού, που θα ενεργοποιούν τα φώτα, μόνο εφόσον ο φυσικός φωτισμός πέσει κάτω από κάποια προκαθορισμένα όρια, καθώς και ρυθμιστές έντασης φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.
- Η αντικατάσταση των συστημάτων φωτισμού με καινούργια πιο αποδοτικά και λιγότερο ενεργοβόρα [52].

Σημαντικό μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα είναι η χρήση λαμπτήρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης όπως οι λάμπες led. Όπως διακρίνεται και στο σχήμα 2.19 λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια ζωής τους, την ισχύ και το κόστος τους υπόσχονται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.



Σχήμα 2.19 Λάμπες LED [53].

	Πυρακτώσεως	Αλογόνου	Φθορίου	LED (Philips)	LED (Cree)	LED (Ecosmart clear)
Τιμή αγοράς	0,41 \$	1,17 \$	1,54 \$	7,19 \$	3,93 \$	3,29 \$
Ισχύς	60 W	43 W	14 W	4 W	9,5 W	6,5 W
Lumens	860	750	775	840	815	800
Lumens/Watt	14,3	17,4	55,4	210	85,8	123,1
Θερμοκρασία χρώματος (K)	2700	2920	2700	3000	2700	2700
Δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI	100	100	82	80	85	80
Διάρκεια ζωής (ώρες)	1000	1000	10000	50000	25000	15000
Συνολικό κόστος για 20 χρόνια	\$423	\$303	\$99	\$35	\$75	\$56
Συνολικό κόστος για 860 lumens	\$441	\$407	\$118	\$36	\$79	\$60
Σύγκριση με βάση 6 ώρες χρήσης την ημέρα (43.800 ώρες για 20 χρόνια) (US prices 2023)						

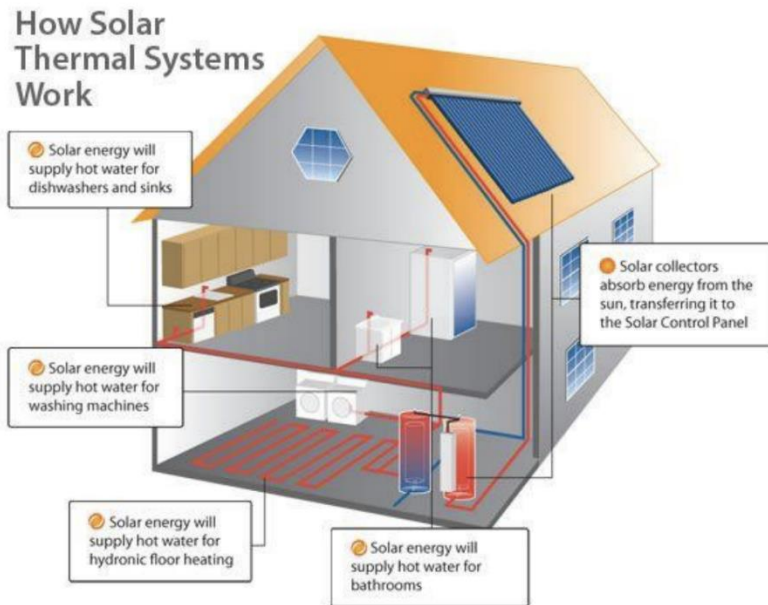
Σχήμα 2.20 Σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών φωτισμού[54]

2.6.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι σημαντικό να υιοθετηθούν σε ξενοδοχεία που αποβλέπουν σε ενεργειακή εξοικονόμηση με την εφαρμογή τους να εξετάζεται τόσο σε τεχνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Στην περίπτωση των ξενοδοχείων, η χρήση ΑΠΕ έχει κυρίως ως στόχο την θέρμανση νερού, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και τη θέρμανση χώρων. Παρακάτω παρουσιάζονται συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που απαντώνται συνήθως στα κτίρια.

2.6.3.1. Θερμικά ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για θέρμανση ή προθέρμανση νερού, ψύξη χώρων και για θέρμανση πισίνας. Την ηλιακή ακτινοβολία που συλλέγουν, τη μετατρέπουν σε θερμότητα η οποία μέσω νερού ή άλλου ρευστού, μεταφέρεται σε δεξαμενές αποθήκευσης προκειμένου να χρησιμοποιηθεί μετέπειτα. Τα συστήματα προθέρμανσης νερού αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενή αποθήκευσης, σωληνώσεις και σύστημα ελέγχου. Στα συστήματα θέρμανσης πισίνας δεν είναι απαραίτητη η ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης. Οι συλλέκτες ιδανικά έχουν νότιο προσανατολισμό με αποδεκτή απόκλιση $\pm 45^\circ$ από το βορρά. Σημαντική παράμετρος σχεδιασμού είναι η επιφάνεια των συλλεκτών και η χωρητικότητα της δεξαμενής και σε νέα κτίρια απαιτείται η κάλυψη μέρους των αναγκών ζεστού νερού χρήσης από τα συστήματα αυτά. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός θερμικού ηλιακού συστήματος σε περίπτωση κατοικίας και αντίστοιχα συμπεράσματα εξάγονται για τα κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης.



Σχήμα 2.21 Τρόπος λειτουργίας ενός θερμικού ηλιακού συστήματος[55]

2.6.3.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα

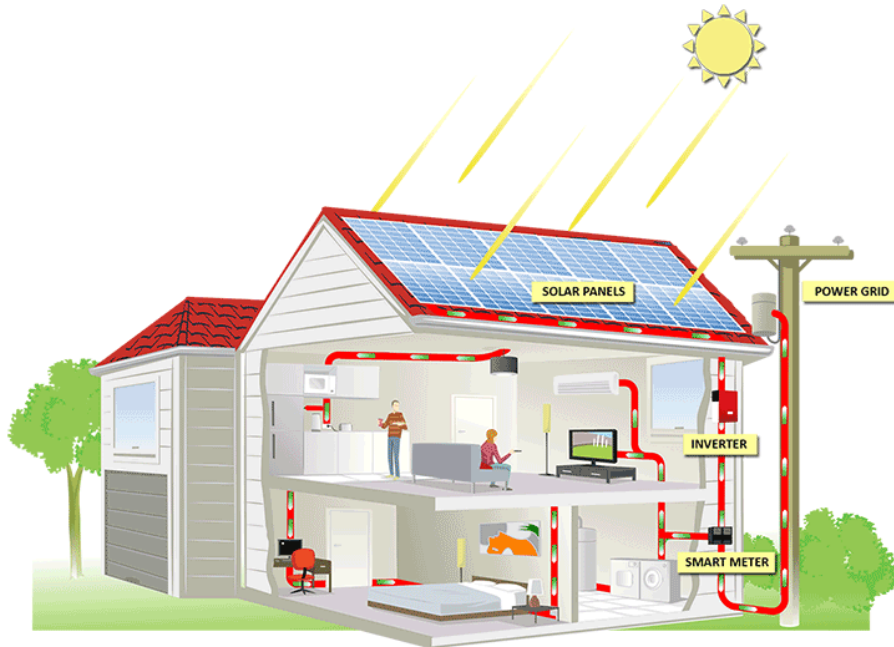
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρισμό με τη χρήση ημιαγωγών. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Κρυσταλλικού Πυριτίου
 - Μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21%.
 - Πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.
2. Λεπτών μεμβρανών
 - Άμορφου Πυριτίου, ονομαστικής απόδοσης έως 7%
 - Χαλκοπυριτών CIS/CIGS, ονομαστικής απόδοσης από 7% έως 14%.

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

Στη σημερινή εποχή, ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται μεταξύ 13% έως 19%, ο οποίος παραμένει χαμηλός συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (π.χ. συμβατικού ή αιολικού). Δηλαδή, το φωτοβολταϊκό αυτό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια για να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Η απόδοσή τους μπορεί να βελτιωθεί τοποθετώντας τα σε ηλιοστάτη και οι προϋποθέσεις αξιοποίησή τους στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ηλιακή ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας κατά έτος είναι περίπου 1400 έως 1800 kWh [29].

Υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασής τους στην οροφή, τις προσόψεις των κτιρίων ή σε σημείο εντός οικοπέδου. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη μέρους των αναγκών του κτιρίου, να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές και να χρησιμοποιηθεί τη νύχτα που η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη, ή να διοχετευθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η βέλτιστη τοποθέτησή τους είναι κατά νότιο προσανατολισμό με κλίση $\pm 15^\circ$ [30].



Σχήμα 2.22 Σύστημα φωτοβολταϊκών πάνελ σε στέγη κτιρίου [56].

2.6.3.3. Ανεμογεννήτριες

Η λειτουργία των ανεμογεννητριών είναι να μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Υπάρχουν 2 είδη ανεμογεννητριών, οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα και η διαφορά τους έγκειται στον άξονα περιστροφής των πτερυγίων. Στις οριζοντίου άξονα τα πτερύγια περιστρέφονται με άξονα περιστροφής οριζόντιο προς την επιφάνεια της γης, ενώ στις κατακόρυφου άξονα, ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος προς την επιφάνεια της γης. Επικρατέστερες είναι οι οριζοντίου άξονα καθώς έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (35-40%) από τις κατακόρυφου άξονα (15%). Είναι συνήθως 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 300W- 400 kW, ανάλογα με το μέγεθος της ανεμογεννήτριας.

Στα κτίρια μπορούν να εγκατασταθούν αιολικά συστήματα μικρού μεγέθους, δηλαδή ανεμογεννήτριες με μικρή διάμετρο περιστροφής, οι οποίες, όμως, παράγουν και σχετικά μειωμένα ποσά ενέργειας. Σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 61400-2, ως μικρές ανεμογεννήτριες ορίζονται αυτές που έχουν επιφάνεια ρότορα (πάνω στον οποίο εφαρμόζονται τα πτερύγια) μικρότερη ή ίση των 200 m^2 και ονομαστική ισχύ μικρότερη ή ίση των 50kW. Ανεμογεννήτριες με μεγαλύτερη διάμετρο περιστροφής παράγουν κατά κανόνα περισσότερη ενέργεια.

Στις μικρού μεγέθους ανεμογεννήτριες, τα πτερύγια κινούν την ανεμογεννήτρια απευθείας χωρίς τη χρήση κιβωτίου μετάδοσης της κίνησης, έχοντας ως αποτέλεσμα χαμηλότερα επίπεδα θορύβου. Διακρίνονται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ καθώς επίσης η ταχύτητά τους στην περιοχή όπου εγκαθίστανται είναι μειωμένη λόγω της πυκνής δόμησης και των αυξημένων τριβών του αέρα.

Όσον αφορά στην περιοχή εγκατάστασής τους προτιμώνται λόφοι έναντι πεδινών εκτάσεων λόγω του αιολικού δυναμικού και η ανεμογεννήτρια απαιτείται να είναι υψηλότερη από τα παρακείμενα κτίρια και τη βλάστηση, καθώς τα ψηλά δένδρα μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου. Μικρές ανεμογεννήτριες (<2kW) μπορούν να εγκατασταθούν με στήριξη στον τοίχο του κτιρίου[30], [57].



Σχήμα 2.23 Μικρές ανεμογεννήτριες σε κτίρια[30]

2.6.3.4. Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα τα φυτά τα οποία μέσω της φωτοσύνθεσης μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Πηγές της βιομάζας αποτελούν τα υπολείμματα ξυλείας (πριονίδι), τα ζωικά υπολείμματα (κοπριά), τα γεωργικά υπολείμματα (κουκούτσια), οι ενεργειακές καλλιέργειες (κριθάρι) αλλά και τα αστικά υπολείμματα (χαρτί). Κάποια φυτά ή σπόροι μάλιστα μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοκαύσιμα) όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντήζελ. Τα καύσιμα αυτά είναι μη ρυπογόνα για το περιβάλλον, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ηλεκτροπαραγωγή. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο που παράγεται από κάποια απόβλητα.

Στις κατοικίες χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα καύσης της βιομάζας όπως τζάκια, σόμπες και συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Μάλιστα, η βιομάζα είναι οικονομικότερη από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αλλά έχει και μικρότερη θερμογόνο δύναμη. Η καύση της έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και δεν επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου διότι οι ποσότητες CO₂ που εκλύονται κατά την καύση της, απορροφώνται από τα φυτά για τη δημιουργία βιομάζας. Εστιάζοντας στον ξενοδοχειακό τομέα, σήμερα υπάρχει μια μεγάλη γκάμα τεχνολογιών που χρησιμοποιούν τη βιομάζα ως καύσιμο για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ζεστού νερού, όπως οι λέβητες βιομάζας που μπορούν να φτάσουν και σε ονομαστική ισχύ τα 450 kW. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα τηλεθέρμανσης, δηλαδή η μεταφορά θερμότητας μέσω δικτύου αγωγών από ένα σταθμό στο κτίριο, τεχνολογία η οποία παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη με πλεονεκτήματα όπως η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, μη ρύπανσης του περιβάλλοντος και χρήση μη συμβατικών καυσίμων προκύπτοντας έτσι οικονομικά οφέλη [29], [30], [58].



Σχήμα 2.24 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος τηλεθέρμανσης[59].

2.6.3.5. Γεωθερμικές αντλίες

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η αξιοποίησή της είναι πολύ σημαντική καθώς πρόκειται για μια ήπιας μορφής ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό επίπεδο της γης έχει τις εξής χρήσεις:

- Η υψηλής ενθαλπίας ($> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10^6 kWh/yr.
- Η μέσης ενθαλπίας (από 80 έως $150\text{ }^{\circ}\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων και μερικές φορές για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η γεωθερμία έχει δύο κύριες εφαρμογές:

- Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (και τη θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων) χρησιμοποιώντας τη θερμότητα της γης. Η θερμότητα αυτή μπορεί να προέρχεται από συστήματα που φθάνουν με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια της γης τα οποία ονομάζονται γεωθερμικά γκαίζερ ή μέσω γεώτρησης. Οι πηγές θερμότητας μπορεί να βρίσκονται μερικές εκατοντάδες ή και 3000m κάτω από την επιφάνεια της γης.
- Τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω θερμικών αντλιών εκμεταλλεύοντας τις θερμικές μάζες του εδάφους ή των υπόγειων υδάτων.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι από τις πιο αποδοτικές τεχνολογίες ενεργητικών συστημάτων για τη θέρμανση και ψύξη κτιρίων. Επειδή η θερμοκρασία του εδάφους διατηρείται σταθερή σε κάθε εποχή, αξιοποιούν τη διαφορά θερμοκρασίας εδάφους και εξωτερικού περιβάλλοντος για να μεταφέρουν την ενέργεια μέσω νερού που κυκλοφορεί σε κλειστούς σωλήνες που εισάγονται στο έδαφος. Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη στο έδαφος θερμότητα την οποία αποδίδει στο κτίριο. Αντίστροφα, το καλοκαίρι απάγει τη θερμότητα από το κτίριο και τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη αποθέτοντάς τη στη γη. Το σύστημα αποτελείται

από διάταξη απόρριψης και πρόσληψης θερμότητας (γεωεναλλάκτης), την αντλία θερμότητας και το σύστημα θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης μέσα στο κτίριο. Ανάλογα με τη διάταξή τους, οι γεωεναλλάκτες χωρίζονται σε:

- Οριζόντιας διάταξης γεωεναλλάκτες βάθους 0,5 – 2 m.
- Κατακόρυφης διάταξης γεωεναλλάκτες βάθους 15 – 180 m.

Οι κατακόρυφης διάταξης γεωεναλλάκτες έχουν υψηλότερο κόστος αλλά απαιτούν μικρότερη επιφάνεια.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι τα εξής:

- Σταθερή απόδοση γεωθερμικής αντλίας σε ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες είτε το χειμώνα είτε το καλοκαίρι.
- Η θερμική ενέργεια που αντλείται από το υπέδαφος είναι ανεξάντλητη και δωρεάν για τη θέρμανση και ψύξη κτιρίων.
- Δεν απαιτείται λέβητας, δεξαμενή πετρελαίου για τη θέρμανση ή αερόψυκτος ψύκτης για τον κλιματισμό του κτιρίου.
- Απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού συγκριτικά με κάποιο συμβατικό λεβητοστάσιο.
- Μηδενικό ετήσιο κόστος συντήρησης.
- Έως και 50-60% εξοικονόμηση χρημάτων συγκριτικά με ένα σύστημα από λέβητα πετρελαίου για θέρμανση.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια συγκριτικά με εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.
- Απουσία θορύβου κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης.
- Μειωμένες εκπομπές περιβαλλοντικών ρύπων (CO₂, αιθάλη κ.α.)

Εστιάζοντας στα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών, τα πλεονεκτήματα συνοψίζονται ως εξής:

- Μικρή απαίτηση έκτασης.
- Συμβολή στην επίτευξη της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε. και του Πρωτοκόλλου του Κιότο.
- Χαρακτηρίζεται ως τοπική μορφή ενέργειας με αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής από γεωθερμικής άποψης.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας με τον περιορισμό των εισαγωγών των ορυκτών καυσίμων, αποτελώντας ιδιαίτερα επίκαιρο πλεονέκτημα δεδομένης της πολύ αυξημένης τιμής του εισαγόμενου φυσικού αερίου.
- Μικρό λειτουργικό κόστος, αν και το κόστος των παγίων είναι υψηλό συγκριτικά με συμβατικές μορφές ενέργειας και οι εκπομπές αερίων στο περιβάλλον είναι ελάχιστες έως μηδενικές [29], [58].



Σχήμα 2.25 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος οριζόντιων και κατακόρυφων γεωεναλλακτών [60]

2.6.4. Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Building Energy Management Systems (BEMS)

Βασική ανάγκη ενός ενεργειακά αποδοτικού ξενοδοχείου, είναι η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος ελέγχου και επίβλεψης όλων των ενεργειακών καταναλώσεων. Το σύστημα αυτό έχει ως στόχο στην εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας των εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου καθώς και την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών λειτουργικών αποκλίσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (BEMS) αποτελείται από δύο μέρη, τον εξοπλισμό και το λογισμικό που τον συνοδεύει. Τέτοιος εξοπλισμός μπορεί να είναι οι αυτοματισμοί, οι θερμοστατικοί διακόπτες και χρονοδιακόπτες, οι ηλεκτρικοί μετρητές και οι μετρητές θερμικής ενέργειας, τα οποία εξασφαλίζουν σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμων. Επιπλέον, στον εξοπλισμό περιλαμβάνεται ο server, στον οποίο εγκαθίσταται η κεντρική πλατφόρμα για τη διαχείριση των δεδομένων και μέσω του οποίου πραγματοποιείται επικοινωνία μεταξύ όλων των μετρητών του συστήματος [30].

Οι κύριες λειτουργίες του BEMS περιλαμβάνουν τη λειτουργία αυτόματου ελέγχου, τη λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων και τη λειτουργία ασφάλειας. Στη λειτουργία του αυτόματου ελέγχου πραγματοποιείται επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης, γίνεται ρύθμιση της απόδοσης κάθε ελεγχόμενου ενεργειακού συστήματος και διαχείριση των ενεργειακών φορτίων μέσω των προγραμματισμένων μονάδων, οι οποίες συνδέονται με αισθητήρες. Στη λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων γίνεται η μέτρηση και η αναφορά των παραμέτρων που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και την κατάσταση των ελεγχόμενων συστημάτων, προβλέπεται η ενεργειακή ζήτηση του ξενοδοχείου βάσει του ιστορικού των δεδομένων μέτρησης, τα οποία έχουν συλλεχθεί και μεταφερθεί σε τερματικές μονάδες υπολογιστών. Τέλος, στη λειτουργία ασφάλειας γίνεται εντοπισμός των προβλημάτων δυσλειτουργίας των ελεγχόμενων συστημάτων προκειμένου να γίνουν διορθωτικές δράσεις για την αποφυγή ατυχημάτων και την απενεργοποίηση μηχανημάτων [61].

Τα συστήματα αυτά βοηθούν το διαχειριστή να παρατηρεί δυναμικά τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου καθώς και τα τυχόν σφάλματα που μπορεί να προκύπτουν. Επιπρόσθετα, τα συστήματα αυτά προσφέρουν τη δυνατότητα καταγραφής και δημιουργίας αρχείων αναφορικά με τις παραμέτρους των συνθηκών και ωρών λειτουργίας των συστημάτων και της καταναλισκόμενης ενέργειας που βοηθούν ουσιαστικά στην τήρηση μιας βάσης δεδομένων και τη στήριξη μιας δυναμικής διαδικασίας ανίχνευσης δράσεων που θα αποσκοπούν στην ενεργειακή αναβάθμιση της ξενοδοχειακής μονάδας ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες της [51]. Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά η λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας σε κατοικία, το οποίο αντίστοιχα εφαρμόζεται και σε κτίρια ξενοδοχειακής χρήσης.



Σχήμα 2.26 Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας BEMS σε κτίριο κατοικίας[62]

2.7. Μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων και ανάλυση του LCCA

Αφού παρουσιάστηκαν οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο ξενοδοχειακής χρήσης, είναι εξίσου σημαντικό να αξιολογηθεί οικονομικά η εκάστοτε επένδυση εξοικονόμησης ενέργειας. Κατά την αξιολόγηση μιας προτεινόμενης επένδυσης, το σημαντικότερο ζήτημα εντοπίζεται στον προσδιορισμό της απόδοσής της, δηλαδή στο κατά πόσο αξίζει να προχωρήσουμε στην εν λόγω επένδυση υπό το πρίσμα των οικονομικών όρων. Οι βασικές μέθοδοι αξιολόγησης είναι έξι και αφορούν στην επεξεργασία και στην αξιολόγηση των ταμειακών ροών. Σημειώνεται ότι αυτές οι μέθοδοι οδηγούν σε διαφορετικά συμπεράσματα, το οποίο σημαίνει πως δεν είναι εναλλακτικές του ίδιου δείκτη. Ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση των μεθόδων αυτών.

- *Η μέθοδος της περιόδου αποπληρωμής (payback period - PP)*

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι απλή και τα αποτελέσματά της ευκόλως κατανοητά. Η χρήση της γίνεται συνήθως στις περιπτώσεις όπου ο επενδυτής επιδιώκει την επανείσπραξη του αρχικώς επενδυμένου ποσού σε προκαθορισμένο χρόνο. Βασικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελεί το γεγονός πως δεν περιλαμβάνει τις έννοιες του κόστους κεφαλαίου, του πληθωρισμού, κ.α.

- *Η μέθοδος της απόδοσης της επένδυσης (return on investment - ROI)*

Ο δείκτης ROI εστιάζει στη συνολική απόδοση της επένδυσης χωρίς, ωστόσο, να λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα της απόσβεσής της. Η τιμή του δείκτη εκτιμάται από το κλάσμα:

$$ROI = \text{Μέσο ετήσιο αναμενόμενο εισόδημα} / \text{Μέσο κόστος επένδυσης} \quad (2.1)$$

Το μέσο ετήσιο εισόδημα υπολογίζεται από τη μέση ετήσια εισροή αφαιρώντας τη μέση ετήσια εκροή (ετήσιο κέρδος). Η μέση ετήσια εισροή ισοδυναμεί με τη συνολική εισροή διά το χρόνο ζωής της επένδυσης, δηλαδή γίνεται η θεώρηση της ομοιόμορφης απόσβεσης του ποσού της αρχικής επένδυσης στη διάρκεια ζωής της. Το μέσο κόστος επένδυσης προκύπτει από το μέσο όρο της αρχικής επένδυσης και της τελικής τιμής πώλησης (υπολειμματική αξία). Κι αυτή η μέθοδος έχει το ίδιο βασικό μειονέκτημα με την μέθοδο της περιόδου αποπληρωμής[63].

- *Η μέθοδος της ισοδύναμης ετήσιας χρηματοροής (equivalent annual net cashflow)*

Κατά τη μέθοδο της ισοδύναμης ετήσιας χρηματοροής πραγματοποιείται αναγωγή όλων των εξόδων στο έτος της επένδυσης. Στη συνέχεια, τα κεφάλαια αυτά αποδίδονται τοκοχρεωλυτικά και υπολογίζονται τα τοκοχρεολύσιά τους χρησιμοποιώντας το ελάχιστο κέρδος ως επιτόκιο υπολογισμού. Το άθροισμα των τοκοχρεολυσίων εκφράζει το ισοδύναμο ετήσιο κόστος (IEK) και, συνεπώς, η επένδυση με το μικρότερο IEK είναι η αποδοτικότερη. Επισημαίνεται πως με τη συγκεκριμένη μέθοδο δύναται να συγκριθούν επενδύσεις και με διαφορετικές περιόδους μελέτης.

- Η μέθοδος δείκτη κερδοφορίας (*profitability index - PI*)

Ο δείκτη κερδοφορίας υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^n CI_t / (1 + IRR)^t}{\sum_{t=0}^n CO_t / (1 + IRR)^t} \quad (2.2)$$

όπου,

CI_t: οι καθαρές ετήσιες εισροές στο τέλος της χρονικής περιόδου t

CO_t: οι καθαρές ετήσιες εκροές στο τέλος της χρονικής περιόδου t

Η επένδυση κρίνεται αποδοτική όταν $PI > 1$. Σε περίπτωση εξέτασης εναλλακτικών λύσεων, επιλέγεται ως αποδοτικότερη αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή του PI.

- Η μέθοδος της ανάλυσης κόστους κύκλου ζωής (*life cycle cost analysis - LCCA*)

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται κατά την επιλογή εναλλακτικών λύσεων οι οποίες επηρεάζουν παράλληλα τις εκκρεμείς και τις μελλοντικές δαπάνες. Ουσιαστικά πραγματοποιείται σύγκριση των αρχικών επενδυτικών επιλογών και προσδιορίζονται οι εναλλακτικές λύσεις με το μικρότερο κόστος για μία συγκεκριμένη περίοδο. Η LCCA καλύπτει ένα μέρος ή το σύνολο των ακόλουθων ειδών κόστους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης[64]:

- Κόστος αρχικής επένδυσης,
- Κόστος χρήσης (καταναλώσεις ενέργειας, πρώτων υλών, κλπ),
- Κόστη συντήρησης,
- Κόστος τέλους κύκλου ζωής (π.χ. κόστος ανακύκλωσης)
- Κόστη από εξωτερικούς παράγοντες τα οποία συνδέονται με την επένδυση και είναι δυνατό να προσδιοριστούν ποσοτικά

- Η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης κεφαλαίου (*internal rate of return - IRR*)

Κατά τη μέθοδο αυτή αναζητείται εκείνο το συγκεκριμένο κόστος κεφαλαίου το οποίο θα καθιστούσε μηδενική την παρούσα αξία της εκάστοτε επένδυσης. Ο δείκτης IRR υπολογίζεται κατόπιν δοκιμών από την ακόλουθη εξίσωση:

$$NPV = \sum_{t=1}^n C_t / (1 + IRR)^t = 0 \quad (2.3)$$

όπου,

C_t: Οι καθαρές ετήσιες χρηματοροές στο τέλος της χρονικής περιόδου t

Βάσει του δείκτη IRR, η αξιολόγηση της επένδυσης είναι θετική όταν ο δείκτης προκύπτει μεγαλύτερος από το κόστος κεφαλαίου. Σε περίπτωση εναλλακτικών επενδύσεων, επιλέγεται η επένδυση με τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη[63].

2.7.1. Ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής (LCCA)

Η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (LCCA – Life Cycle Cost Analysis) είναι ένα σημαντικό εργαλείο με το οποίο τίθενται προτεραιότητες σε προτεινόμενα έργα εξοικονόμησης ενέργειας. Ουσιαστικά αποτελεί την οικονομική μέθοδο αξιολόγησης έργων, βάσει της οποίας οι δαπάνες που προκύπτουν από την αρχική επένδυση, τη λειτουργία και τη συντήρηση κάθε έργου αξιολογούνται ως σημαντικές ή όχι. Έτσι, αποτελεί το εργαλείο βάσει του οποίου καθορίζονται τα επιχειρηματικά πλάνα σε μία επιχείρηση για την επίτευξη της μακροπρόθεσμης οικονομικής αποτελεσματικότητας, το αρχικό απαιτούμενο κεφάλαιο και το βραχυπρόθεσμο κόστος λειτουργίας των έργων εξοικονόμησης ενέργειας, λαμβάνοντας ταυτοχρόνως υπόψη το μειωμένο κόστος ενέργειας και τις οικονομικές επιπτώσεις στη διάρκεια ζωής του έργου. Παράλληλα, η LCCA έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει την οικονομικά αποδοτικότερη εναλλακτική λύση στην περίπτωση που υφίστανται παραπάνω από μία οικονομικές προτάσεις έργων εξοικονόμησης ενέργειας. Μαζί με την LCCA, χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά και τρεις ακόμη δείκτες οικονομικής επίδοσης, οι οποίοι είναι:

1. Η μέθοδος της καθαρής εξοικονόμησης (NS – Net Savings), η οποία δύναται να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική του LCC για την εύρεση της οικονομικά αποδοτικότερης λύσης και η οποία μετρά τη διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των κερδών και των δαπανών μίας συγκεκριμένης επένδυσης.
2. Ο λόγος επενδύσεων προς εξοικονόμηση (SIR – Savings to Investment Ratio), ο οποίος συνιστά ένα μέτρο οικονομικής επίδοσης ενός εναλλακτικού σχεδίου.
3. Ο σταθμισμένος εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (AIRR – Adjusted Internal Rate of Return), ο οποίος αποτελεί μέτρο αποτελεσματικότητας του κόστους και αποτυπώνει τη συνολική ετήσια απόδοση μίας επένδυσης.

Στο παρακάτω σχήμα, παρατίθενται συνοπτικά τα βήματα της LCCA, ενώ στη συνέχεια αναλύονται βασικά σημεία της μεθόδου.

ΒΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCAA)	
1	Ορισμός προβλήματος και καθορισμός στόχου
2	Προσδιορισμός εφικτών εναλλακτικών λύσεων
3	Καθιέρωση κοινών παραδοχών και παραμέτρων
4	Εκτίμηση κόστους και χρόνου εμφάνισής του για κάθε εναλλακτική
5	Προεξόφληση κάθε μελλοντικού κόστους στην παρούσα αξία
6	Υπολογισμός και σύγκριση του LCC για κάθε εναλλακτική
7	Υπολογισμός συμπληρωματικών έργων εφόσον απαιτούνται
8	Εκτίμηση αβεβαιότητας δεδομένων εισόδου
9	Εκτίμηση επιπτώσεων όπου δεν μπορεί να εκτιμηθεί το κόστος και τα νομισματικά οφέλη
10	Παροχή συμβουλών σχετικά με την απόφαση

Σχήμα 2.27 Βήματα ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής[65]

Εκτός των δεικτών οικονομικής απόδοσης, υπάρχουν δύο δείκτες απόσβεσης σχετικά με την οικονομική ανάλυση επενδύσεων κεφαλαίου. Αυτοί είναι η Απλή Αποπληρωμή (SPD) και η Προεξοφλημένη Αποπληρωμή (DPB). Και οι δύο δείκτες υπολογίζουν τον απαιτούμενο χρόνο για την ανάκτηση του αρχικού κόστους επένδυσης. Επισημαίνεται πως η DPB αποτελεί την προτιμητέα μέθοδο υπολογισμού απόσβεσης σε ένα έργο καθώς προϋποθέτει πως οι εμφανιζόμενες σε κάθε έτος ταμειακές ροές προεξοφλούνται στην παρούσα αξία τους πριν από την συμμετοχή τους στο συνολικό αποτέλεσμα εξοικονομήσεων και δαπανών. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση οι δείκτες απόσβεσης συνίσταται να χρησιμοποιούνται μόνο ως μέθοδοι ελέγχου εναλλακτικών λύσεων σε ένα έργο κι όχι ως εργαλείο για την ολική αντικατάσταση μίας LCAA [66].

2.7.2. Ανάλυση βασικών σημείων LCCA

- **Ορισμός προβλήματος, καθορισμός στόχου και προσδιορισμός εναλλακτικών λύσεων, κοινών παραδοχών και παραμέτρων**

Το πρώτο στάδιο της LCCA σχετικά με ένα έργο, είναι ο προσδιορισμός του προβλήματος στο εξεταζόμενο κτίριο και ο καθορισμός του επιθυμητού στόχου. Έπειτα, πραγματοποιείται η εκτίμηση των πιθανών εναλλακτικών λύσεων του προβλήματος οι οποίες πρέπει να προσανατολίζονται στην επίτευξη του παραπάνω στόχου. Για να καταστεί η αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων εφικτή, είναι απαραίτητο να καθοριστεί μία κατάσταση αναφοράς, με την οποία συγκρίνονται τα εναλλακτικά σενάρια και εκτιμάται η αποτελεσματικότητά τους. Είθισται ως κατάσταση αναφοράς, να ορίζεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου η οποία περιλαμβάνει και τα έξοδα που αφορούν τη λειτουργία και τη συντήρησή του. Επίσης, στα πλαίσια της κατάστασης αναφοράς, ορίζεται το έτος βάσης βάσει του οποίου πραγματοποιείται η αναγωγή των μελλοντικών δαπανών και προσδιορίζεται η περίοδος μελέτης της επένδυσης. Τονίζεται πως όλες οι εναλλακτικές λύσεις μελετώνται στην ίδια ορισμένη περίοδο μελέτης ώστε να μπορούν να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους.

- **Εκτίμηση κόστους και προεξόφληση στην παρούσα αξία**

Σε αυτό το στάδιο της LCCA χωρίζονται τα κόστη ενός έργου, τα οποία αφορούν τη συνολική διάρκεια ζωής του, σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το χρόνο εμφάνισής τους. Συγκεκριμένα, χωρίζονται στα αρχικά κόστη, τα οποία αφορούν τα αρχικά κόστη της επένδυσης (μελέτες, προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού, κ.α.), τα λειτουργικά κόστη, τα οποία αφορούν τους λογαριασμούς ενέργειας, τις συντηρήσεις, κ.α. και στα τελικά κόστη, όπου εκτιμάται η υπολειμματική αξία της επένδυσης. Είναι σημαντικό η παραπάνω κατηγοριοποίηση να γίνεται σωστά ώστε να πραγματοποιηθεί σωστά και η αναγωγή του εκάστοτε κόστους στην παρούσα αξία. Στα πλαίσια της LCCA η προεξόφληση των μελλοντικών εσόδων/εξόδων στην παρούσα αξία δύναται να γίνει με τις ακόλουθες δύο μεθόδους:

1. Προεξόφληση εφάπαξ ποσών σε παρούσα αξία, όπου περιλαμβάνονται τα κόστη που προκύπτουν σε ακανόνιστα ή μη-ετήσια διαστήματα, και

2. Προεξόφληση ετησίως επαναλαμβανόμενων ποσών σε παρούσα αξία, όπου περιλαμβάνονται τόσο τα ομοιόμορφα (σταθερά κόστη στην περίοδο μελέτης) όσο και τα ανομοιόμορφα (κλιμακούμενα κόστη στην περίοδο μελέτης).

Για τον υπολογισμό των παραπάνω ποσών χρησιμοποιούνται οι τρεις ακόλουθοι συντελεστές προεξόφλησης [65]:

1. Ο Συντελεστής Ενιαίας Παρούσας Αξίας (*Single Present Value factor - SPV*), ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ενός μελλοντικού ποσού που λαμβάνει χώρα στο τέλος του έτους δεδομένου ενός προεξοφλητικού επιτοκίου d και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$PV = F_t \cdot SPV = F_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t} \quad (2.4)$$

2. Ο Συντελεστής Ομοιόμορφης Παρούσας Αξίας (*Uniform Present Value factor - UPV*), ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό σειράς όμοιων ποσών τα οποία λαμβάνουν χώρα ετησίως εντός του χρονικού διαστήματος της περιόδου μελέτης, δεδομένου του προεξοφλητικού επιτοκίου d , και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$PV = A_0 \cdot UPV = A_0 \cdot \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = A_0 \cdot \frac{(1+d)^n - 1}{d \cdot (1+d)^n} \quad (2.5)$$

3. Ο Συντελεστής Ομοιόμορφης Παρούσας Αξίας τροποποιημένος για κλιμάκωση τιμών (*Uniform Present Value factor modified for price escalation - UPV**), ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό επαναλαμβανόμενων ετησίων ποσών, τα οποία μεταβάλλονται ετησίως με ένα σταθερό ποσοστό κλιμάκωσης e και δεδομένου του προεξοφλητικού επιτοκίου d , και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$PV = A_0 \cdot UPV^* = A_0 \cdot \sum_{t=1}^n \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^t = A_0 \cdot \frac{(1+e)}{(d-e)} \cdot \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^n \right] \quad (2.6)$$

- **Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC)**

Η εκτίμηση του κόστους κύκλου ζωής των εναλλακτικών λύσεων αποτελεί το αμέσως επόμενο βήμα του προσδιορισμού της δαπάνης κάθε εναλλακτικής. Σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιείται η σύγκριση του LCC για κάθε εναλλακτική λύση και επιλέγεται η αποδοτικότερη λύση. Ο υπολογισμός του LCC γίνεται με την παρακάτω εξίσωση [65]:

$$LCC = I + Repl + Res + E + W + OM\&R \quad (2.7)$$

όπου,

LCC: το τελικό κόστος του κύκλου ζωής μίας εναλλακτικής λύσης εξοικονόμησης

- ενέργειας σε όρους παρούσας αξίας,
- I: οι επενδυτικές δαπάνες σε όρους παρούσας αξίας,
- Repl: οι δαπάνες αντικατάστασης κεφαλαίου σε όρους παρούσας αξίας,
- Res: η υπολειμματική αξία σε όρους παρούσας αξίας αφαιρουμένων των δαπανών διάθεσης,
- E: τα ενεργειακά κόστη σε όρους παρούσας αξίας,
- W: τα κόστη νερού σε όρους παρούσας αξίας,
- OM&R: οι δαπάνες λειτουργίας εκτός καυσίμων, συντήρησης και δαπάνες επισκευής σε όρους παρούσας αξίας.

- **Ανάλυση Ευαισθησίας και Σημείου Εξισορρόπησης (Νεκρού Σημείου)**

Η ανάλυση ευαισθησίας δύναται να λειτουργήσει επικουρικά μίας LCCA για την αξιολόγηση της αβεβαιότητάς της. Αποτελεί μία τεχνική όπου προσδιορίζονται οι τιμές εισόδου, οι οποίες σε περίπτωση που ήταν διαφορετικές θα οδηγούσαν σε σημαντική απόκλιση του αποτελέσματος της LCCA. Με την τεχνική αυτή είναι εφικτό να υπολογιστεί ένα φάσμα αποτελεσμάτων και κατ' αυτόν τον τρόπο να προσδιοριστούν τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια του κόστους του κύκλου ζωής ενός έργου. Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα δοκιμής διαφορετικών σεναρίων με τη χρήση είτε των δυσμενέστερων είτε των ευμενέστερων τιμών του παραπάνω φάσματος.

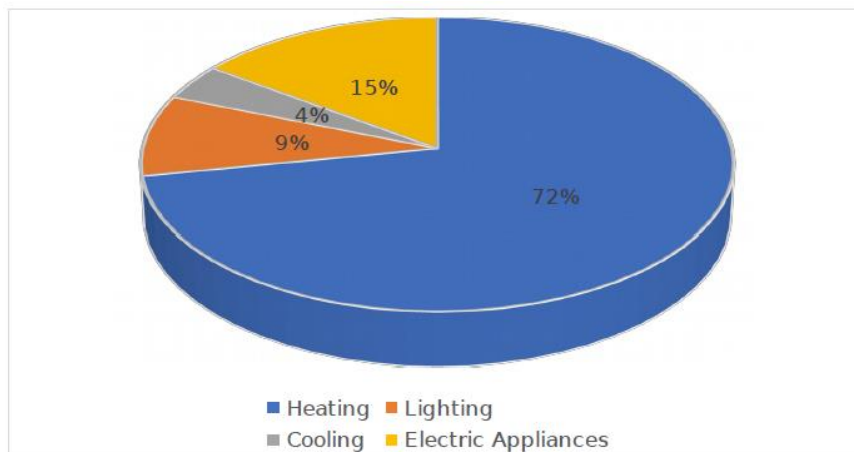
Από την άλλη, η ανάλυση του σημείου εξισορρόπησης (νεκρού σημείου) χρησιμοποιείται στην περίπτωση που παρατηρηθεί πως μία μεταβλητή απόδοση είναι κρίσιμης σημασίας σχετικά με την οικονομική επιτυχία ενός έργου.

2.8.Βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ενεργειακή αναβάθμιση ξενοδοχείων

Έχουν δημοσιευθεί αρκετές έρευνες οι οποίες προσπαθούν να προσδιορίσουν το ενεργειακό προφίλ του ξενοδοχειακού τομέα στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές τις έρευνες παρουσιάζουν ορισμένες διαφωνίες μεταξύ τους. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.2, σε μελέτη των Farrou et al. [15] για την ταξινόμηση των ελληνικών ξενοδοχείων, αναφέρεται ως μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τα ελληνικά ξενοδοχεία η τιμή 273 kWh/m². Χρησιμοποιήθηκαν ενεργειακά δεδομένα για 158 ξενοδοχεία που αντιστοιχούν στο 4.3 – 5% της συνολικής τελικής ενέργειας των ελληνικών κτιρίων, ενώ σύμφωνα με έρευνες του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τα ξενοδοχεία καταναλώνουν 407 kWh/m²/ έτος, αντιπροσωπεύοντας το 10% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ακόμη και αν τα ελληνικά ξενοδοχεία αντιπροσωπεύουν μόνο το 0.82% του συνολικού κτιριακού αποθέματος. Ο κύριος λόγος γι' αυτές τις διαφωνίες εστιάζεται στο διαφορετικό δείγμα των ερευνών και στις διαφορετικές λειτουργικές παραμέτρους. Αρχικά, η κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση για τα ελληνικά ξενοδοχεία απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα 2.28.

Σχετικά με την έρευνα που διεξήχθη σε 158 ξενοδοχεία, ενεργειακά μέτρα μπορούσαν να ληφθούν σε 90 από αυτά. Έτσι, 90 ελληνικά ξενοδοχεία ομαδοποιήθηκαν σε 5 ενεργειακές

κατηγορίες, προσδιορίζοντας κανονικοποιημένες τιμές ηλεκτρικών και θερμικών καταναλώσεων λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος και την κλιματική κανονικοποίηση όπως επίσης και την ανάλυση της αθροιστικής κατανομής συχνοτήτων. Όλα τα ξενοδοχεία βρίσκονταν σε 3 Ελληνικές κλιματικές ζώνες, στις Α, Β και Γ λόγω έλλειψης διαθεσιμότητας ξενοδοχείων στη ζώνη Δ και το 54% αυτών λειτουργούν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ τα υπόλοιπα λειτουργούν εποχικά.



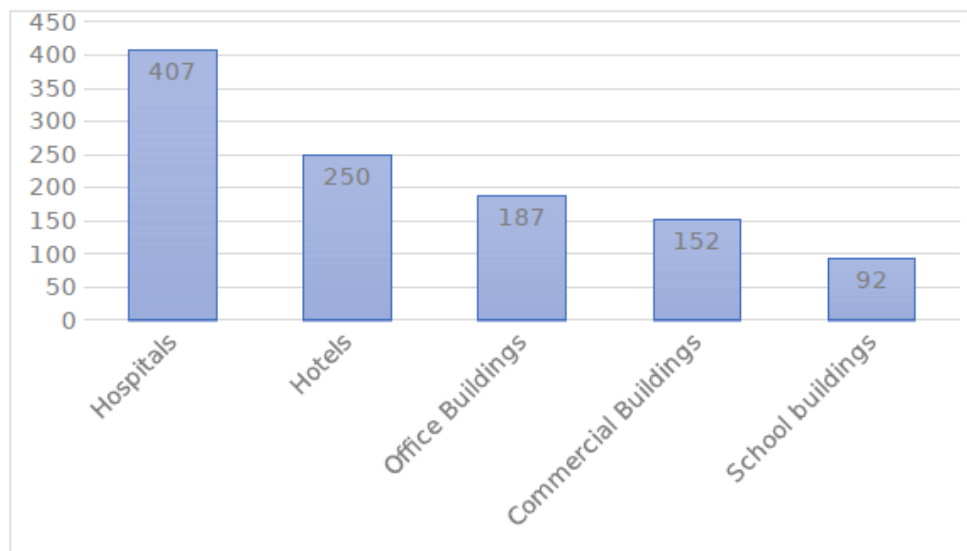
Σχήμα 2.28 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση, σε 158 Ελληνικά ξενοδοχεία [15].

Από το παραπάνω σχήμα, το κυρίαρχο ποσοστό αναγκών θέρμανσης οφείλεται στη χαμηλή ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους και στη χρήση συμβατικών μη αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 40% των ξενοδοχείων του δείγματος έχουν κατασκευαστεί πριν το 1979, όταν δεν υπήρχε καμία υποχρέωση για θερμομόνωση των κτιρίων. Η περιορισμένη χρήση ΑΠΕ, με εξαίρεση το ζεστό νερό χρήσης μέσω ηλιακών θερμικών συλλεκτών και η μη ύπαρξη συστημάτων BEMS συνδεδεμένων με την κεντρική θέρμανση ή ψύξη στο 52% των ξενοδοχείων που εξετάστηκαν, δείχνουν ότι το δείγμα που επιλέχθηκε είχε μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας εάν εφαρμοζόντουσαν τα μέτρα που προαναφέρθηκαν.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προέκυψε κανονικοποιημένη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 140 kWh/m^2 για τυπικά κτίρια ξενοδοχείων, τα οποία αποτελούσαν το 50% του δείγματος και 58 kWh/m^2 για τα κτίρια τα οποία εφάρμοσαν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και τα οποία αποτελούσαν το 25% του δείγματος. Σχετικά με την ετήσια κατανάλωση πετρελαίου, για το τυπικό κτίριο ξενοδοχείο υπολογίστηκε σε 28 kWh/m^2 και για τα κτίρια βέλτιστης πρακτικής 11 kWh/m^2 .

Εκτός της κακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους που οδηγεί σε μεγάλες θερμικές απώλειες, η έλλειψη καινοτόμων αποδοτικών συστημάτων τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τα υφιστάμενα, μη αποδοτικά συστήματα καύσης πετρελαίου και η μη ύπαρξη συστημάτων διαχείρισης ενέργειας BEMS, οδηγούν σε ενεργειακές απώλειες και μεγάλα κόστη. Ο μέσος όρος κατανάλωσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας εκτιμήθηκε σε 290 kWh/m^2 για ξενοδοχεία ετήσιας λειτουργίας και σε 200 kWh/m^2 για ξενοδοχεία εποχικής λειτουργίας. Επιπλέον, το 50% των εξεταζόμενων ξενοδοχείων, κατανάλωναν ετησίως πάνω από 140 kWh/m^2 ηλεκτρικής ενέργειας όταν η αντίστοιχη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ξενοδοχεία με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας δεν ξεπερνά τις 58 kWh/m^2 .

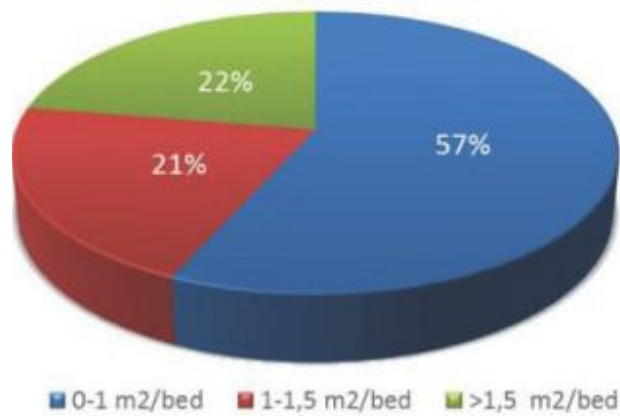
Ακόμη, πέραν της θέρμανσης, οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό αυξάνουν κατά πολύ την ενεργειακή κατανάλωση των ξενοδοχείων, καθώς ο ηλεκτρισμός είναι απαραίτητος για τη λειτουργία των εστιατορίων, των συσκευών του ξενοδοχείου και τη λειτουργία των υπόλοιπων χώρων του, τάση η οποία είναι ιδιαίτερα αυξητική κατά τις θερινές περιόδους ενισχύοντας τις ανάγκες σε ψύξη λόγω της χρήσης κλιματιστικών. Η χρήση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η χρήση συστημάτων BEMS για τον έλεγχο των καταναλώσεων σε θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρική ενέργεια, αποτελούν θεμελιώδεις προϋποθέσεις ενεργειακής ανακαίνισης ξενοδοχείων για τη μετατροπή τους σε σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης κτίρια [15]. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών ξενοδοχείων συγκριτικά με τα υπόλοιπα κτίρια του τριτογενούς τομέα.



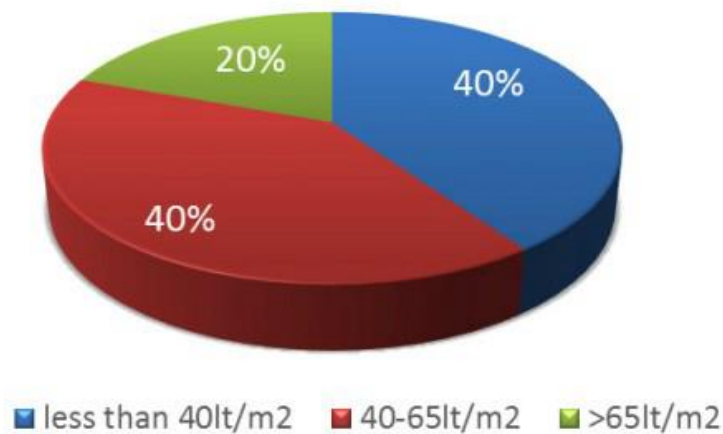
Σχήμα 2.29 Τριτογενής τομέας στην Ελλάδα. Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο κτιρίου [15].

Σχετικά με τις ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα τα ηλιακά συστήματα τόσο για θέρμανση όσο και για ζεστό νερό χρήσης για τα ελληνικά ξενοδοχεία, η χρήση ηλιακών συλλεκτών δεν είναι τόσο εκτεταμένη στον ξενοδοχειακό τομέα, δεδομένου ότι η πλειοψηφία των ξενοδοχείων λειτουργεί εποχιακά, η περίοδος θέρμανσης είναι σύντομη και στη Νότια Ευρώπη τα συστήματα θέρμανσης με στοιχεία συναγωγής ή ακτινοβολίας απαιτούν μεσαίες και υψηλές θερμοκρασίες, τουλάχιστον 55 °C, τις οποίες τα ηλιακά συστήματα δεν μπορούν να αποδώσουν αποτελεσματικά τους χειμερινούς μήνες, ενώ τα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης πρέπει να λειτουργούν σε θερμοκρασία τουλάχιστον 40°C[67].

Έρευνα που διεξήχθη το 2014, αξιολόγησε τη χρήση και τις προοπτικές ηλιακών συστημάτων στα Ελληνικά ξενοδοχεία με την παρακολούθηση 69 ξενοδοχείων. Σε αυτό το δείγμα, το 73,9% αυτών των ξενοδοχείων ήταν 5 ή 4 αστέρων. Τα κύρια χαρακτηριστικά των εγκατεστημένων ηλιακών συλλεκτών παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 2.30 Έκταση εγκατεστημένου ηλιακού συλλέκτη ανά κλίνη[67]



Σχήμα 2.31 Εγκατεστημένη χωρητικότητα δοχείου αποθήκευσης ζεστού νερού ανά επιφάνεια συλλέκτη[67]

Όπως παρατηρείται στο σχήμα 2.30, η πλειονότητα των ξενοδοχείων παρουσιάζει επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών μικρότερη από 1 m²/κλίνη. Η χρήση ηλιακών συστημάτων υψηλής απόδοσης έχει οδηγήσει στη μείωση της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών ανά κλίνη. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνουν περισσότερες έρευνες σχετικά με τη συσχέτιση του τύπου του ξενοδοχείου (π.χ. 5 ή 4 αστέρων) και της εγκατεστημένης επιφάνειας συλλεκτών ανά κλίνη.

Αντιθέτως, στο σχήμα 2.33 παρατηρείται ότι το 40% των εξεταζόμενων ξενοδοχείων χρησιμοποιεί δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού χωρητικότητας μικρότερης των 40 lt/m² ηλιακού συλλέκτη. Δηλαδή, υπάρχει τάση για υποδιαστασιολόγηση της χωρητικότητας των δοχείων αποθήκευσης, που οδηγεί σε χαμηλότερη απόδοση των ηλιακών συστημάτων, δεδομένου ότι δεν λειτουργούν στο πλήρες δυναμικό τους. Επιπλέον, η πιθανότητα θερμοκρασιακής σταθερότητας είναι συχνότερη λόγω της υποδιαστασιολόγησης των δοχείων αποθήκευσης. Η μη σωστή διαστασιολόγησή του μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολίες κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης σε περίοδο αιχμής των εποχιακών ξενοδοχείων, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό της ζήτησης ζεστού νερού γίνεται σε διάστημα δύο ωρών το βράδυ. Συνεπώς, τα δοχεία αποθήκευσης ηλιακών συστημάτων απαιτούν σωστό και ακριβή σχεδιασμό.

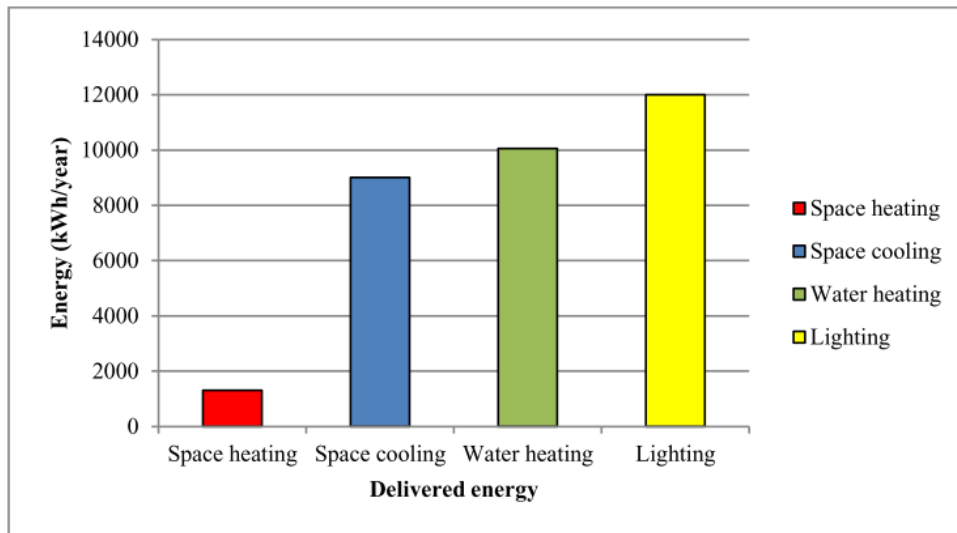
Ακόμη, σε επισκόπηση που διεξήχθη το 1999 από την Αυστραλιανή κυβέρνηση και σε μια έρευνα που έγινε σε 29 ξενοδοχεία στη Σιγκαπούρη στην οποία χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο εκθετικής παλινδρόμησης, η συσχέτιση της μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας συγκριτικά με τη χωρητικότητα (occupancy) αποδείχθηκε χαμηλή με $R^2=0.5$ [68]. Σε αντίθεση με έρευνα που διεξήχθη στο Χονγκ Κονγκ σε 16 ξενοδοχεία στην οποία συσχετίστηκε η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με το μηνιαίο αριθμό επισκεπτών και τη μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία, αποκάλυψε ότι η επίδραση της θερμοκρασίας είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την επίδραση της πληρότητας (occupancy). Οι δύο αυτές έρευνες ανέφεραν ότι το ποσοστό πληρότητας των ξενοδοχείων έχει μικρή επίδραση στο προφίλ της ενεργειακής τους κατανάλωσης.

Επιπρόσθετα, σε άλλες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν όπως σε 200 ξενοδοχεία της Ταϊβάν [69], με αναλύσεις πολλαπλής παλινδρόμησης αποδείχθηκε ότι τόσο ο αριθμός των δωματίων όσο και το εμβαδό εξηγούν το 91.2% της ετήσιας διακύμανσης της κατανάλωσης ενέργειας. Σε πολλές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, έχει σημειωθεί ότι οι κλιματικές παράμετροι δεν έχουν συμπεριληφθεί ως παράγοντες που επηρεάζουν το ενεργειακό προφίλ των ξενοδοχείων. Ωστόσο, τα μετεωρολογικά δεδομένα σε μηνιαία βάση αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία τέτοιων αναλύσεων και βοηθούν στον ταχύτερο εντοπισμό κακών πρακτικών, λειτουργικών λαθών και ενεργειακών ανεπαρκειών στα ενεργειακά προφίλ των κτιρίων. Τονίζεται ότι η λειτουργία των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 50% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των ξενοδοχείων σε τροπικές περιοχές, βασίζεται στις κλιματικές συνθήκες. Συνεπώς, τα κλιματικά δεδομένα της ενεργειακής μοντελοποίησης αποτελούν επίσης σημαντικό παράγοντα για τη μελέτη των ενεργειακών καταναλώσεων αλλά και σε περίπτωση εφαρμογής συστημάτων διαχείρισης ενέργειας BEMS.

Εστιάζοντας σε έρευνες που αξιολογούν δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια ξενοδοχείων, οι González & Yousif [70] διερεύνησαν πιθανές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ξενοδοχείο 3 αστέρων στο νησί Γκόζο της Μάλτας, το οποίο προσπάθησαν να μετατρέψουν σε κτίριο μηδενικής κατανάλωσης. Αναφορικά με τη Μάλτα, χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια, με μία τυπική καλοκαιρινή θερμοκρασία να φτάνει του 33 °C, με τα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας να φτάνουν τις 1.875 kWh/m²/έτος, καθιστώντας τη Μάλτα, τη χώρα με το πιο ηλιόλουστο κλίμα στην Ευρώπη. Το εξεταζόμενο κτίριο έχει συνολική επιφάνεια θερμαινόμενων χώρων 379.3 m² συνολικό εμβαδό 737.3 m². Για τη διερεύνηση των μέτρων αυτών το ξενοδοχείο σχεδιάστηκε στο Google SketchUp και προσομοιώθηκε στο Design Builder.

Στη φάση κατασκευής, όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος επιλέχθηκαν τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας U της εξωτερικής τοιχοποιίας και των οροφών ίσες με 0.16 και 0.34 W/m²K, αντίστοιχα, σε συνδυασμό με διπλούς υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπτικότητας (low-e) με $U=3.1$ W/m²K.

Τα αποτελέσματα της πρώτης προσομοίωσης στο Design Builder έδειξαν βέλτιστη ικανότητα σχεδιασμού θέρμανσης και ψύξης με 21.13 και 20.49 KW, αντίστοιχα. Το ενεργειακό προφίλ του ξενοδοχείου, βάσει των προαναφερθέντων, είναι αυτό που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.32 Αρχικό ενεργειακό προφίλ του ξενοδοχείου στο Γκόζο [70].

Από το παραπάνω σχήμα, συμπεραίνεται ότι λόγω των ήπιων χειμώνων σε χώρες όπως η Μάλτα και την κατασκευή του κελύφους, η ενεργειακές απαιτήσεις σε θέρμανση είναι πολύ λιγότερες από τις υπόλοιπες ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου. Έπρεπε, λοιπόν, να ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα ώστε να τροποποιηθεί η κατανάλωση φωτισμού και ζεστού νερού χρήσης.

Αναφορικά με το φωτισμό, εκτός των αισθητήρων παρουσίας, εγκαταστάθηκε φωτισμός LED συνδυαστικά με έξυπνες λύσεις φωτισμού ημέρας. Η εφαρμογή ηλιακού σωλήνα (solar tube) που φέρνει φυσικό φως στο εσωτερικό και κρατά τη θερμότητα έξω και η χρήση συστήματος οπτικών ινών αποτέλεσε λύση για το πρόβλημα φωτισμού του κτιρίου. Ο συνδυασμός αυτός οδήγησε στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού στο 50%. Ακόμη, τα συστήματα αυτά είναι αποδοτικά λόγω του χαμηλού κόστους.

Όσον αφορά στις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης, και στις απαιτήσεις των χώρων σε ψύξη, η χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ή ηλιακής ψύξης είχε πρακτικές δυσκολίες. Γι' αυτό το σκοπό τοποθετήθηκε εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε συνδυασμό με ηλιακές αντλίες θερμότητας αντί ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης, καθώς με το πρώτο σύστημα απαιτείται πολύ λιγότερη συντήρηση.

Πριν την αξιολόγηση της επίδρασης των παραπάνω μέτρων και τη μετατροπή του κτιρίου σε μηδενικής κατανάλωσης κτίριο, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ο ορισμός της Βαθμολογίας ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης στη Μάλτα. Η βαθμολογία αυτή (EPC) ορίζεται ως το ποσοστό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα του ξενοδοχείου σε σύγκριση με το ίδιο ξενοδοχείο, αλλά κατασκευασμένο στις ελάχιστες προδιαγραφές αναφοράς, όπως ορίζονται από τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα κτίρια της Μάλτας, συν 20% βελτίωση. Έτσι, το κτίριο ανήκε στην ενεργειακή κλάση B πριν τις παρεμβάσεις και οδηγήθηκε στην A μετά τις παρεμβάσεις, αφού η EPC μειώθηκε από 85 σε 47. Αναφορικά με την πρωτογενή ενέργεια, τα κτίρια της Μάλτας έχουν EPC 40 kWh/m²/έτος για κτίρια κατοικίας και 60 kWh/m²/έτος για κτίρια του τριτογενούς τομέα. Συνεπώς, το εξεταζόμενο κτίριο που έχει EPC 59 kWh/m²/έτος πληροί τα κριτήρια της οικονομικής αποδοτικότητας για τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ορισμός nZEB στηρίζεται στον ορισμό του κτιρίου με καθαρή μηδενική πηγή ενέργειας.

Ακόμη, η Ζαπάντη Α. το 2014 [71] πραγματοποίησε μια έρευνα σε πιθανές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα στην Κεφαλονιά, δηλαδή στην κλιματική ζώνη Α. Για τη διερεύνηση των πιθανών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, το ξενοδοχειακό συγκρότημα σχεδιάστηκε στο Google SketchUp και μοντελοποιήθηκε στο λογισμικό EnergyPlus. Μελετήθηκαν πέντε σενάρια εξοικονόμησης.

- Το πρώτο σενάριο αφορούσε την προσθήκη θερμομόνωσης (εξηλασμένης πολυστερίνης) με την εφαρμογή της οποίας προέκυψε μείωση των καταναλώσεων κατά 10.157 kWh/έτος δηλαδή εξοικονόμηση κατά 1422 € ετησίως σύμφωνα με τη μέση τιμή χρέωσης kWh συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιζόμενων χρεώσεων (0,14 €/kWh).
- Στο δεύτερο σενάριο έγινε αντικατάσταση των κουφωμάτων με καινούργια συνθετικού πλαισίου και διπλό υαλοπίνακα διακένου 12mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπικότητας (low-e) με μείωση των καταναλώσεων κατά 639 kWh, ποσό πολύ μικρό δεδομένου ότι το κόστος επένδυσης υπολογίζεται σε 50 €/υαλοπίνακα.
- Το τρίτο σενάριο αφορούσε την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου με LED ισχύος 4watt και κόστους στην επιχείρηση 1337€.
- Το τέταρτο σενάριο αφορούσε την αντικατάσταση των κλιματιστικών με καινούργια ενεργειακής κλάσης A+. Με αυτό το σενάριο επιτεύχθηκε 785,54 € ετήσιο οικονομικό όφελος στην επιχείρηση.
- Το πέμπτο σενάριο αφορούσε τη μόνωση του δικτύου διανομής ζεστού νερού το οποίο κατά προσέγγιση υπολογίστηκε ότι οδηγεί σε εξοικονόμηση κατά 1755€ ετησίως.

Ως πιο συμφέρον σενάριο κρίθηκε το σενάριο τοποθέτησης της μόνωσης του δικτύου διανομής ζεστού νερού χρήσης και της αντικατάστασης λαμπτήρων ενώ πιο ασύμφορο το σενάριο της αλλαγής κουφωμάτων.

Μία ακόμη έρευνα από τους Δραγώτη και Σεκαρά το 2016 [29] οι οποίοι διερεύνησαν πιθανές ενεργειακές αναβαθμίσεις σε ξενοδοχείο στην περιοχή της Αθήνας, δηλαδή στην κλιματική ζώνη Α αναλύεται παρακάτω. Και στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογική προσέγγιση, δηλαδή η μοντελοποίηση του κτιρίου σε EnergyPlus. Τα σενάρια που μελετήθηκαν και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν ήταν τα εξής:

- Η εφαρμογή νυχτερινού αερισμού με την προσθήκη εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες με αυτόματο μηχανισμό η οποία εξοικονομεί 3399.13 kWh/y και ισοδυναμεί με όφελος 280.65€/ y και χρόνο απόσβεσης τα 23 έτη, η οποία δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμη.
- Τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής. Από το σενάριο αυτό δεν προέκυψε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης (διογκωμένης πολυστερίνης) το οποίο παρουσίασε εξοικονόμηση ενέργειας κατά ποσοστό 1.3% με απόσβεση της επένδυσης τα 37 έτη.
- Τοποθέτηση λαμπτήρων LED, αντί των πυρακτώσεως που προϋπήρχαν, σενάριο το οποίο οδήγησε σε εξοικονόμηση κατά 5547.27 kWh/y και με απόσβεση της επένδυσης τα 3 έτη.
- Τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος με αποτέλεσμα την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας κατά 4.6%.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω απέφερε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε ποσοστό 9%, γι' αυτό έγιναν επιπλέον προτάσεις εξοικονόμησης οι οποίες αφορούσαν τα εξής:

- Τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα, αντί του boiler κεντρικής θέρμανσης με εξοικονόμηση κατά 111585.60 kWh/y και οικονομικό όφελος 9215.85 € με απόσβεση τους 7 μήνες.

- Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας με εξοικονόμηση ενέργειας στα 5429.356 kWh/y και κέρδος 246.63 € και απόσβεση στα 9 έτη. Επιπλέον, επιλέχθηκε σύστημα διακοπής της λειτουργίας του κλιματισμού όταν ανοίγουν τα κουφώματα με αποτέλεσμα εξοικονόμησης ενέργειας κοντά στο 17% και οικονομικό όφελος 8332.33 € ετησίως που σημαίνει απόσβεση σε 5 έτη.
- Αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών η οποία επέφερε μόνο οικονομικό όφελος 212.70 € ετησίως που σημαίνει απόσβεση σε 36 έτη και άρα κατέστησε την πρόταση αυτή μη συμφέρουσα.
- Τοποθέτηση ρυθμιστών ροής στα ντους και εξοικονομητών νερού στις βρύσες με σημαντικό οικονομικό όφελος ετησίως, τα 3960 € και απόσβεση σε μερικούς μήνες.

Εφαρμόζοντας όλες τις παραπάνω παρεμβάσεις επιτεύχθηκε εξοικονόμηση ενέργειας περί τα 57% με αντίστοιχο οικονομικό όφελος εξοικονομώντας 37011.44 € ετησίως και απόσβεση σε λιγότερο από 7 έτη.

Στις παραπάνω μελέτες προστίθεται και αυτή της Καγιακεϊσίδου Β., η οποία διερεύνησε το 2022 [72] την πιθανότητα αξιοποίησης συστήματος τριπαραγωγής σε ξενοδοχειακή μονάδα μελετούμενη στην κλιματική ζώνη Γ, στην Χαλκιδική. Στη μελέτη της, η ξενοδοχειακή μονάδα έκτασης 1700 m² μοντελοποιήθηκε στο Energy Plus για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τις ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις. Το 1^ο σενάριο βελτιστοποίησης αφορούσε την προσθήκη συστήματος Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) το οποίο απέφερε μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων κατά 11% και ετήσιο οικονομικό όφελος τα 9621 €, ήτοι περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης τα 14,8 έτη και στο 2^ο σενάριο βελτιστοποίησης τοποθετήθηκαν ηλιακοί συλλέκτες κενού οι οποίοι μείωσαν την κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 16% και με οικονομικό όφελος τα 15171 € ετησίως, ήτοι με περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης τα 10.7 έτη.

2.9. Παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικών και πράσινων ξενοδοχείων στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και Παγκοσμίως

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται μερικά επιτυχημένα παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικών υφιστάμενων ξενοδοχείων στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και Παγκοσμίως. Παρατίθενται, δηλαδή, μελέτες ξενοδοχείων τα οποία σημειώνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε διαφορετικά κλίματα και το μέγεθος των οποίων ποικίλλει (μεγάλου και μικρού μεγέθους ξενοδοχεία).

Παραδείγματα ξενοδοχείων Παγκοσμίως

Proximity Hotel – Βόρεια Καρολίνα



Σχήμα 2.33 Proximity Hotel[73].

Το ξενοδοχείο Proximity Hotel το οποίο βρίσκεται στη Βόρεια Καρολίνα των Ηνωμένων Πολιτειών, έχει βραβευθεί από τον οργανισμό Leed (Leadership in Energy and Environmental Design) ως ένα από τα πρώτα leed platinum green hotels. Οι πρακτικές που ακολουθεί το ξενοδοχείο αυτό είναι οι εξής:

- Κατά 41% χρήση λιγότερης ενέργειας σε σύγκριση με ένα συμβατικό ξενοδοχείο εξαιτίας των υπερ αποδοτικών υλικών και της τελευταίας τεχνολογίας μέσω των που διαθέτει.
- Χρήση 100 ηλιακών πάνελ τα οποία καλύπτουν επιφάνεια 371 m² περίπου ικανά να παρέχουν περίπου ζεστό νερό σε 100 σπίτια.
- Χρήση υλικών τα οποία βρέθηκαν σε κοντινή περιοχή (π.χ. ξύλα).
- Ειδικά συστήματα ανιχνευτών στην κουζίνα τα οποία διατηρούν τη θερμοκρασία και την ποιότητα του αέρα σε επιθυμητά επίπεδα.
- Μεγάλα ανοίγματα τα οποία προσφέρουν φυσικό φωτισμό και άμεση θέα στον φυτεμένο κήπο του ξενοδοχείου.
- Μεγάλα ποσοστά των υλικών της κατασκευής του ξενοδοχείου έγιναν από ανακυκλωμένα υλικά όπως ο χάλυβας, η γύψος κ.α.
- Εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας για τα ψυγεία του εστιατορίου.
- Μειωμένη κατανάλωση νερού κατά 33% χάρη στα ειδικά συστήματα που είναι τοποθετημένα σε όλες τις βρύσες του ξενοδοχείου.
- Κάποιες επιπλέον πρακτικές όπως τα οικολογικά χρώματα, την παροχή ποδηλάτων, το φυτεμένο δώμα [73].

Couran Cove Island Resort – Αυστραλία



Σχήμα 2.34 Couran Cove Resort[74].

Το 4 αστέρων Ramada Couran Cove Island Resort είναι χτισμένο σε ένα από τα λίγα φυσικά αμμώδη νησιά της Αυστραλίας. Είναι προσβάσιμο με θαλάσσιο ταξί από τη Χρυσή Ακτή του Κούνισλαντ. Το θέρετρο καταλαμβάνει 1.51 km² και περιλαμβάνει 192 διαμερίσματα, 25 βίλες και 300 οικολογικές καμπίνες. Το ξενοδοχειακό συγκρότημα κατέβαλε σημαντική προσπάθεια για εκτεταμένη βλάστηση του νησιού μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Αντί για σύστημα με καύση πετρελαίου, χρησιμοποιεί υγραέριο για την παραγωγή ενέργειας την οποία συμπληρώνει η χρήση ανεμογεννήτριας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 70%. Η πλεονάζουσα θερμότητα από τη γεννήτρια χρησιμοποιείται για θέρμανση της πισίνας καθώς και για ζεστό νερό χρήσης. Ορισμένα από τα οχήματα του θερέτρου κάνουν χρήση της ηλιακής ενέργειας. Στις ντουζιέρες και τις τουαλέτες είναι εγκατεστημένα συστήματα εξοικονόμησης νερού καθώς επίσης τα οργανικά απόβλητα επαναχρησιμοποιούνται μέσω της καλλιέργειας σκουληκιών και η ανακύκλωση εξασφαλίζεται με τρεις τύπους κάδων σε όλο το θέρετρο. Μάλιστα, οι επισκέπτες ανταμείβονται με διάφορα βραβεία εάν παρακολουθούν τη χρήση νερού και της ενέργειας μέσω ενός συστήματος τηλεόρασης [75].

Παραδείγματα ξενοδοχείων στην Ευρώπη

Stadhalle Hotel – Βιέννη



Σχήμα 2.35 Stadthalle Hotel[76].

Το 3 αστέρων ξενοδοχείο Stadthalle στη Βιέννη, του οποίου η ανακαίνιση ξεκίνησε το 2001 και ολοκληρώθηκε το 2009, ακολούθησε στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας ενός Παθητικού Κτιρίου συμβάλλοντας στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειάς του και στην υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον πολιτικών. Μετά την ανακαίνισή του, το ξενοδοχείο πλέον καταλαμβάνει συνολικά 2.271 m² διαθέτοντας 79 δωμάτια.

Πριν την ανακαίνισή του, διέθετε τηλεθέρμανση χωρίς σύστημα ψύξης ή μηχανικό αερισμό. Πλέον, στο ανακαινισμένο κτίριο εγκαταστάθηκε αντλία θερμότητας υπόγειων υδάτων για θέρμανση και ψύξη όπως και μηχανικός αερισμός. Το σύστημα εξαερισμού έχει τη δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας με απόδοση 90%. Ακόμη, σε ένα έτος το ξενοδοχείο παράγει την ίδια ποσότητα που απαιτείται για τη λειτουργία του (δηλαδή έχει μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ΑΠΕ, δηλαδή με τη χρήση 130 m² ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης και 93 m² φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως επίσης και με τη χρήση συστημάτων αντλιών θερμότητας.

Σχετικά με τα συστήματα ΑΠΕ, στόχος του ιδιοκτήτη του ξενοδοχείου είναι να εγκαταστήσει τρεις ανεμογεννήτριες στην οροφή για ακόμη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αναμένοντας για την άδεια των αρχών. Ένα σύστημα “instabus” βοηθά στη διαχείριση και τον έλεγχο των ηλεκτρικών συσκευών και προγραμματίζει τη χρήση τους μόνο όταν απαιτείται. Το σύστημα αυτό ελέγχει συνεχώς την ενέργεια που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και αερισμό βάσει της πραγματικής ενεργειακής ζήτησης και

προκαθορισμένων προγραμμάτων. Το ενεργειακό προφίλ του ξενοδοχείου ανά χρήση, ενσωματώνοντας όλες τις παραπάνω πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα [76], [77].

	Average yearly consumption		Non-renewable primary energy factor	Primary energy		Primary energy for heating, cooling, domestic hot water, HVAC aux, lighting	
	kWh	kWh/m ²		Whole hotel	Passive building	Whole hotel	Passive building
Source			–	kWh/m ² y		kWh/m ² y	
District Heating	284.033	125	1.3	163	0	163	
Grid Electricity	168.933	74	2.3	171	124	155	108
			Total	334	124	318	108

Σχήμα 2.36 Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας – Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο Stadhalle [77].

Όπως απεικονίζεται παραπάνω, η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για παθητικό κτίριο είναι 108 kWh/m². Αυτή η κατανάλωση είναι εν μέρει σύμφωνη με τις τιμές αναφοράς όπως ορίζονται στο έργο neZEH για τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης.

Κύριος στόχος των ιδιοκτητών και διαχειριστών του ξενοδοχείου ήταν η δημιουργία ενός ξενοδοχείου σύμφωνα με τις σημερινές τάσεις του παθητικού κτιρίου και την ελαχιστοποίηση της ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, ηλεκτρικής ενέργειας και εξαερισμού. Ωστόσο, υιοθέτησαν μια ολιστική περιβαλλοντική στρατηγική με σκοπό την επέκταση στρατηγικών έξυπνης διαχείρισης των ξενοδοχείων που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Δηλαδή, έχουν εγκατασταθεί δεξαμενές αποθήκευσης του βρόχινου νερού με σκοπό την αξιοποίησή του στις τουαλέτες και τον κήπο καθώς επίσης γίνεται κομποστοποίηση και ανακύκλωση των αποβλήτων. Μια ακόμη σημαντική πολιτική του ξενοδοχείου είναι το Green Bonus στις τιμές των δωματίων όταν οι επισκέπτες ταξιδεύουν στο ξενοδοχείο με ποδήλατο ή τρένο (10% μείωση στην τιμή του δωματίου και μόνο με απευθείας κράτηση), όπως επίσης [76], [77].

L' Orri de Planès– Γαλλία



Σχήμα 2.37 L' Orri de Planès[78] .

Το L' Orri de Planès στη Γαλλία, αποτελεί παράδειγμα ανακαίνισης υφιστάμενης παλιάς αγροικίας από πέτρα και ξύλο, η οποία ανακαινίστηκε πλήρως το 2004. Το κτίριο έχει συνολική επιφάνεια περίπου 400 m² και διαθέτει 10 δωμάτια. Ανεξάρτητα του μικρού μεγέθους και της χωρητικότητάς του, υιοθετεί μια σειρά στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, το προσωπικό ενημερώνεται για τις ορθές πρακτικές καθαριότητας, όπως το σβήσιμο των φώτων και ο θερμοστάτης ελέγχεται από τον ιδιοκτήτη και διατηρείται στους 19 °C το χειμώνα. Η εγκατάσταση 42 m² φωτοβολταϊκών στην οροφή καλύπτει το 65-75% των συνολικών απαιτήσεων για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης ετησίως. Τα φωτοβολταϊκά θερμαίνουν δύο δεξαμενές ζεστού νερού 1000 lt καθώς και το δάπεδο ισογείου και πρώτου ορόφου. Η εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση χώρων εκτιμάται σε ποσοστό έως και 30%. Επιπλέον, τα 32 m² των φ/β πάνελ που βρίσκονται στην οροφή του ξενοδοχείου, είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο έχοντας μέγιστη ισχύ 3600 Watt σε περιόδους αιχμής. Μάλιστα, ένα μέρος της ισχύος πηγαίνει για φόρτιση μιας εφεδρικής ομάδας μπαταριών. Το εφεδρικό αυτό σύστημα μπορεί να καλύψει τις βασικές ηλεκτρικές ανάγκες για τουλάχιστον 48 ώρες. Επιπλέον, με την ανακαίνιση τοποθετήθηκε θερμομόνωση όπως και λαμπτήρες και συσκευές χαμηλής κατανάλωσης. Σε όλο το ξενοδοχείο εγκαταστάθηκαν κεφαλές ντους και βρύσες χαμηλής ροής. Επιπλέον, σε κάθε δωμάτιο είναι τοποθετημένα φυλλάδια τα οποία ενημερώνουν τον κάθε επισκέπτη για τις περιβαλλοντικές πολιτικές του ξενοδοχείου[78].

Παραδείγματα ξενοδοχείων στην Ελλάδα

Σχετικά με τις ιδιαιτερότητες των ξενοδοχείων στην Ελλάδα, έκθεση του Ινστιτούτου Τουριστικών Ερευνών και Προβλέψεων (ΙΤΕΠ), αναφέρει ότι το 80% των ξενοδοχείων της Ελλάδας διαθέτουν κατά μέγιστο 50 δωμάτια. Έτσι, η συντριπτική πλειοψηφία των ελληνικών ξενοδοχείων είναι μικρού ή πολύ μικρού μεγέθους [79]. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα ορισμένων ενεργειακά αποδοτικών και σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ελληνικών ξενοδοχείων τόσο μεγάλου όσο και μικρού μεγέθους.

Candia Maris– Ηράκλειο Κρήτης



Σχήμα 2.38 Candia Maris Hotel[80].

Το Candia Maris είναι ένα ξενοδοχείο 5 αστέρων που βρίσκεται στην παραλία της Αμμουδάρας στο Ηράκλειο και περιλαμβάνει 285 δωμάτια και σουίτες. Διαθέτει οικόπεδα με 850 φωτοβολταϊκά πάνελ υψηλής απόδοσης που καλύπτουν συνολική επιφάνεια 2397 m². Η λειτουργία του συστήματος ξεκίνησε σταδιακά τον Αύγουστο του 2002. Μέσω μετρήσεων αποδείχθηκε ότι από τον Ιούλιο έως τον Φεβρουάριο, το ενεργειακό κέρδος ισοδυναμούσε με 115.529 lt πετρελαίου. Τα πάνελ αυτά, καλύπτουν το 10% των ενεργειακών αναγκών του ξενοδοχείου. Επιπρόσθετα, διαθέτει συστήματα BEMS για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας του ξενοδοχείου. Στις πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας συγκαταλέγεται η ψύξη των δωματίων με θαλασσινό νερό, η ανακύκλωση και διαχείριση των αποβλήτων. Το Candia Maris ήταν το πρώτο ελληνικό και τρίτο ευρωπαϊκό ξενοδοχείο που πιστοποιήθηκε με ISO 14001, το 2000. Σήμερα, έχει επίσης λάβει πιστοποιήσεις οικολογικού σήματος “Green Key” και “Blue Flag”[81].

Aldemar Resorts– Κρήτη, Πελοπόννησος



Σχήμα 2.39 Aldemar Resort, Ολυμπία Πελοποννήσου[82].

Τα Aldemar Resorts είναι η πρώτη ελληνική ξενοδοχειακή αλυσίδα στην οποία απονεμήθηκε βραβείο Europe's Leading Green Hotel Chain από τα World Travel Awards το 2008. Έχει αποσπάσει πληθώρα βραβείων για περιβαλλοντικές δράσεις όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, η διαχείριση υδάτινων πόρων, η υπεύθυνη διαχείριση πρώτων υλών, η διατήρηση καθαρών ακτών ξενοδοχείων με τη διάκριση της Γαλάζιας Σημαίας, τη δημιουργία φάρμακων και καλλιέργειας βιολογικών προϊόντων διατροφής και την υποστήριξη διάφορων ΜΚΟ με δράση προς το περιβάλλον. Τα θέρετρά του βρίσκονται στην Κρήτη και την Πελοπόννησο. Στα ξενοδοχεία της αλυσίδας εφαρμόζονται οι παρακάτω στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής πολιτικής:

- Σε όλα τα ξενοδοχεία υπάρχουν συνολικά 7010 m² ηλιακών συλλεκτών, ένα από τα μεγαλύτερα ηλιακά πάρκα της Ευρώπης, που καλύπτουν το 85% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.
- Σε όλες τις μονάδες ανακυκλώνονται 4500 κιλά χαρτί, 25000 κιλά γυαλί, 8000 κιλά μαγειρικό λάδι, 345 κιλά ηλεκτρικά είδη και 230 είδη εξοπλισμού Η/Υ.
- Υπάρχουν δύο συστήματα βιολογικού καθαρισμού ανά ξενοδοχείο.
- 25 στρέμματα γης ποτίζονται με το νερό που εξοικονομείται από τον βιολογικό καθαρισμό.
- 35% ετήσια εξοικονόμηση νερού με τη χρήση βιολογικού καθαρισμού.
- 40% ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ψυκτών θαλασσινού νερού για το σύστημα κλιματισμού.
- 25% των καλοκαιρινών αναγκών σε λαχανικά και φρούτα καλύπτεται από φάρμακα βιολογικών προϊόντων της Aldemar.

Όλες αυτές οι στρατηγικές ξεκίνησαν μέσω του προγράμματος "Mare Verde" του ομίλου που ξεκίνησε το 2000 και θεωρείται ως ένα από τα πιο επιτυχημένα πράσινα προγράμματα στην Ελλάδα[82][79].

Thalassa Beach Resort– Χανιά



Σχήμα 2.40 Thalassa Beach Resort, Χανιά[83].

Το ξενοδοχείο Thalassa Beach Resort κατατάσσεται ως GreenHotel σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά κριτήρια της GreenHotels. Οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που περιλαμβάνει συνοψίζονται ως εξής:

- Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας χαμηλής κατανάλωσης.
- Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.
- Φωτοκύτταρα, Χρονομετρητές και ανιχνευτές κίνησης για φωτισμό σε κοινόχρηστους χώρους.
- Θερμοστάτες αυτονομίας θέρμανσης και κλιματισμού στα δωμάτια.
- Ηλεκτρικές συσκευές ενεργειακής κλάσης Α.
- Συστήματα εξοικονόμησης νερού στα μπάνια των δωματίων.
- Σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού.
- Πρόγραμμα ανακύκλωσης χαρτιού, αλουμινίου, μπαταριών, μαγειρικών ελαίων και πλαστικού.
- Χρήση φιλικών προς το περιβάλλον απορρυπαντικών.
- Εκπαίδευση προσωπικού για ζητήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης.
- Είναι οικολογικά πιστοποιημένο με το πρότυπο ISO 14001:2004[83].

Βιβλιογραφία 2^ο κεφαλαίου

- [1] “Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ,” 2012. [Online]. Available: <http://www.iobe.gr>
- [2] “Βασικά Μεγέθη Ελληνικού Τουρισμού | ΣΕΤΕ.” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://sete.gr/vasika-megethi-tou-ellinikoy-tourismoy/>
- [3] “Η συμβολή του τουρισμού στην ελληνική οικονομία - Insete.” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://insete.gr/bi/%ce%b7-%cf%83%cf%85%ce%bc%ce%b2%ce%bf%ce%bb%ce%ae-%cf%84%ce%bf%cf%85-%cf%84%ce%bf%cf%85%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%bc%ce%bf%cf%8d-%cf%83%cf%84%ce%b7%ce%bd-%ce%b5%ce%bb%ce%bb%ce%b7%ce%bd%ce%b9%ce%ba%ce%ae/>
- [4] “Βιώσιμη ανάπτυξη | European Economic and Social Committee.” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://www.eesc.europa.eu/el/policies/policy-areas/sustainable-development>
- [5] “ΥΠΕΝ Αρχική -.” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://ypen.gov.gr/>
- [6] ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (Μο.Κ.Ε.), “ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: http://moke.teicm.gr/docs/odhgos_prasinhs.pdf
- [7] P. Bohdanowicz Hilton, D. Rezachek, P. Bohdanowicz, A. Churie-Kallhauge, and I. Martinac, “Energy-efficiency and conservation in hotels-towards sustainable tourism Energy-efficiency and conservation in hotels-towards sustainable tourism Energy-Efficiency and Conservation in Hotels-Towards Sustainable Tourism,” 2001. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/229043885>
- [8] “Βιώσιμος Τουρισμός: Τι σημαίνει;” Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://www.ecotourismgreece.com/el/sustainable-tourism-what-does-it-even-mean/>
- [9] P. Shen, W. Braham, and Y. Yi, “The feasibility and importance of considering climate change impacts in building retrofit analysis,” *Appl Energy*, vol. 233–234, pp. 254–270, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.10.041.
- [10] R. Gupta and M. Gregg, “Do deep low carbon domestic retrofits actually work,” *Energy Build*, vol. 129, pp. 330–343, Oct. 2016, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2016.08.010.
- [11] E. Dascalaki and C. A. Balaras, “XENIOS - A methodology for assessing refurbishment scenarios and the potential of application of RES and RUE in hotels,” *Energy Build*, vol. 36, no. 11, pp. 1091–1105, Nov. 2004, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2004.03.007.
- [12] “Εξοικονόμηση Ενέργειας και Ξενοδοχεία.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.energia.gr/article/79653/exoikonomhsh-energeias-kai-xenodoheia>
- [13] A. I. DALHAT, “APPLICATION OF BIOCLIMATIC ARCHITECTURE PRINCIPLES IN THE DESIGN OF HOTEL AT KATSINA NIGERIA,” AHMADU BELLO UNIVERSITY ZARIA NIGERIA, 2014.
- [14] *Analysis on Energy Use by European Hotels – Online Survey and Desk Research*. World Tourism Organization (UNWTO), 2011. doi: 10.18111/9789284414970.

- [15] I. Farrou, M. Kolokotroni, and M. Santamouris, "A method for energy classification of hotels: A case-study of Greece," *Energy Build*, vol. 55, pp. 553–562, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.08.010.
- [16] S. N. Boemi, T. Slini, A. M. Papadopoulos, and Y. Mihalakakou, "A statistical approach to the prediction of the energy performance of hotel stock," in *International Journal of Ventilation*, VEETECH Ltd., 2011, pp. 163–172. doi: 10.1080/14733315.2011.11683945.
- [17] Κασσαβέτη Ελένη Γ., "Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας: Εφαρμογή σε ξενοδοχείο," Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2016.
- [18] "Ενεργειακή Επιθεώρηση." Accessed: Nov. 26, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/energeiaki_diaxeirisi_epitheorisi.htm
- [19] "Nearly zero-energy buildings." Accessed: Nov. 26, 2023. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en#documents
- [20] S. Pless and P. Torcellini, "Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options," 2010. [Online]. Available: <http://www.osti.gov/bridge>
- [21] "Basic Information | Green Building | US EPA." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
- [22] "Green Buildings | PNNL." Accessed: Nov. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.pnnl.gov/explainer-articles/green-buildings>
- [23] Θεοχάρους Βάσω, Κοτανίδου Ελμπίνα, and Μιτζοχόγλου Ελένη Νικολέτα, "Διερεύνηση των συμπεριφορών των πελατών όσο αφορά τα πράσινα-οικολογικά ξενοδοχεία με σκοπό την ίδρυση ξενοδοχείου φιλικού προς το περιβάλλον." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: http://index.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/6262/Theocharous_Kotanidou_Mitsochoglou.pdf?sequence=2
- [24] Ευάγγελος Βασιλόπουλος, "ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΩΤΗΤΑΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΧΕΙΜΑΡΡΟ ΞΗΡΙΑ, Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ," Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2018.
- [25] "Green Key Κριτήρια." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eepf.gr/el/%CE%BA%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1>
- [26] "Green Key." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eepf.gr/el/tomeis-drashs/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%AC%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%B5%CE%B9%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%85-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7%CF%82/green-key>
- [27] "EU Ecolabel - Home." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel-home_en
- [28] "Περιβαλλοντικά κριτήρια." Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.greenhotels.gr/home/greenhotels/perivallontika-kritiria/index.php/el>
- [29] Δραγώτη Ιωάννα and Σεκαράς Χρήστος, "Πρόταση ενεργειακής αναβάθμισης ξενοδοχειακής υποδομής στην περιοχή της Αθήνας," Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2016.

- [30] Βαρδάκη Σοφία, “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ REVIT ΚΑΙ GBS,” Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2018.
- [31] “Θερμότητα από τον Ήλιο - Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα.” Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/kape/kidsol/sun_heat/27.htm
- [32] “Θερμική προστασία.” Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikononmhsh-energeias/stratigikes_exoikononimisis/thermiki_prostasia/
- [33] “Πιστοποιημένο Σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης TETRATHERM - Tetralux.” Accessed: Nov. 28, 2023. [Online]. Available: <https://tetralux.gr/tetratherm-thermoprosopsi/>
- [34] “Τεχνοδόμηση Αδαμόπουλος | Μονώσεις - Θερμοπροσόψεις - Ανακαινίσεις Σπιτιών Και Καταστημάτων Αττική.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://texnodomisiadamopoulos.gr/more2.php?l=el&id=7875>
- [35] “EUROPA 5500 Hybrid - Etoimokoufoma.gr.” Accessed: Nov. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.etoimokoufoma.gr/product/europa-thermo-5500-hybrid/>
- [36] “Πέργκολα Modern Aluminco με κινούμενες περσίδες - Συστήματα Αλουμινίου, Σίτες, Ρολά Αλουμινίου - Φωτεινόπουλος.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.foteinon.gr/product/pergkola-modern-aluminco-kinoumenes-persides/>
- [37] “Παντζούρια.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: <http://www.portaprima.gr/%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%86%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%AF%CE%BF%CF%85/%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B6%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%B1>
- [38] “Ρολά αλουμινίου, βαρέως τύπου, μεγάλη διάτρηση, συνθετικά pvc, με μοτέρ somfy, becker, nice.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.styletech.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CE%BD/24>
- [39] “Παθητικά ηλιακά συστήματα.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm
- [40] “Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm
- [41] “Ενέργεια & Πολίτης - Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_drosismos.htm
- [42] “Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας: Μια επένδυση στην οικιακή θέρμανση.” Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.naftemporiki.gr/afieromata/823789/geothermikes-antlies-thermotitas-mia-ependysi-stin-oikiaki-thermansia/>
- [43] G. Martinopoulos, K. T. Papakostas, and A. M. Papadopoulos, “A comparative review of heating systems in EU countries, based on efficiency and fuel cost,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90. Elsevier Ltd, pp. 687–699, Jul. 01, 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.060.

- [44] Κ. Εμμανουήλ Κακαράς Καθ Σωτήριος Καρέλλας *et al.*, “Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Τομέας Θερμότητας Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων Εργαστήριο Θερμικών Διεργασιών Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες Χειμερινή Περίοδος 2022-2023 2 η Έκδοση.”
- [45] International Energy Agency, “Technology Roadmap Energy-efficient Buildings: Heating and Cooling Equipment,” 2011. Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: https://iea.blob.core.windows.net/assets/852ba6ca-ac0b-4523-a405-22a1a32a3a6b/buildings_roadmap.pdf
- [46] Crall Christopher P., “Understanding Thermal Systems: Industrial Refrigeration Systems - Insulation Outlook Magazine,” 2015. Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://insulation.org/io/articles/understanding-thermal-systems-industrial-refrigeration-systems/>
- [47] F. McQuiston, J. Parker, and J. Spitler, *Heating, ventilating, and air conditioning : analysis and design*. 2005.
- [48] “How a heat pump works – The Future of Heat Pumps – Analysis - IEA.” Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/how-a-heat-pump-works>
- [49] R. and A.-C. Engineers. American Society of Heating and R. and A.-C. E. American Society of Heating, *2020 ASHRAE handbook : heating, ventilating, and air-conditioning systems and equipment*.
- [50] “The Renewable Energy Hub.” Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/>
- [51] Κασσαβέτη Ελένη, “Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας: Εφαρμογή σε ξενοδοχείο,” 2016.
- [52] R. Karlicek, C. C. Sun, G. Zissis, and R. Ma, “Handbook of Advanced Lighting Technology,” *Handbook of Advanced Lighting Technology*, pp. 1–1185, Jan. 2017, doi: 10.1007/978-3-319-00176-0/COVER.
- [53] “Why LED Lighting - Elite Energy Solutions.” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://eliteenergysolutions.co.nz/why-led-lighting/>
- [54] “LED lamp.” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/LED_lamp#Comparison_table
- [55] ΚΟΙΛΙΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, “Πειραματική μελέτη και λειτουργία ηλιακού θερμικού συστήματος με συλλέκτη κενού προηγμένης σχεδίασης,” Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2020.
- [56] “Φωτοβολταϊκο - φωτοβολταϊκά Μπαταρίες ειδήσεις Ελλάδα.” Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.eco2day.gr/>
- [57] Μαλλιωτάκης Γεώργιος, “Διερεύνηση Βέλτιστου Σχεδιασμού Ιστού Στήριξης Ανεμογεννητριών Μικρής Ισχύος με την Χρήση Αλουμινίου,” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2018.
- [58] S. J. Hayter, A. Kandt, and F.-A. Kandt, “Renewable Energy Applications for Existing Buildings Preprint Renewable Energy Applications for Existing Buildings Applicazioni dell’energia rinnovabile su edifici esistenti,” 2011. [Online]. Available: <http://www.osti.gov/bridge>

- [59] “Τι είναι η τηλεθέρμανση - Electricalnews.” Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.electricalnews.gr/d-e-i-paragogi-metafora-dianomi/ti-einai-i-tilethermansii/>
- [60] “Θέρμανση press | thermansipress.gr.” Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://thermansipress.gr/>
- [61] ΜΠΑΛΑΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ and ΠΡΕΜΠΤΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ, “ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (BMS) Διαχείρισης Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων Πολυκαταστήματος,” ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΠΑΤΡΑ, 2017.
- [62] “Building Energy Management Systems (BEMS) | Climate Technology Centre & Network | 1184179.” Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.ctc-n.org/technology-library/built-environment/building-energy-management-systems-bems>
- [63] Πετρουσάτου Κλεπάτρα, “ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ,” 2016.
- [64] “Κόστος Κύκλου Ζωής (LCC) | Υπουργείο Ανάπτυξης.” Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.mindev.gov.gr/%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%82-%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%85-%CE%B6%CF%89%CE%AE%CF%82-lcc/>
- [65] Α. Ευθυμιάδης, Ν. Γκόνης, Α. Αδαμόπουλος, Ε. Βιρβίλη, Ν. Γαλάνη, and Σ. Μεταλλινός, “Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια, βιομηχανία και μεταφορές,” Αθήνα, 2017.
- [66] Μπαμπέκος Ιωάννης, “«ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣΗΣ»,” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2023.
- [67] E. Kyriaki, V. Drosou, and A. M. Papadopoulos, “Solar thermal systems for low energy hotel buildings: State of the art, perspectives and challenges,” in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Nov. 2015, pp. 1968–1973. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.385.
- [68] J. José Cabello Eras, V. Sousa Santos, A. Sagastume Gutierrez, M. Alvarez Guerra Plasencia, D. Haeseldonckx, and C. Vandecasteele, “Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels.”
- [69] J. C. Wang, “A study on the energy performance of hotel buildings in Taiwan,” *Energy Build*, vol. 49, pp. 268–275, Jun. 2012, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2012.02.016.
- [70] J. P. González and C. Yousif, “Prioritising energy efficiency measures to achieve a zero net-energy hotel on the island of Gozo in the central Mediterranean,” in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Dec. 2015, pp. 50–59. doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.195.
- [71] Ζαπάντη Αναστασία, “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ,” Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014.
- [72] Καγιακείσίδου Β., “ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ,” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2022.
- [73] “Sustainable Practices at the Proximity Hotel in Greensboro, NC.” Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.proximityhotel.com/features/sustainable-practices/>

- [74] "COURAN COVE ISLAND RESORT (Νησί South Stradbroke, Αυστραλία) - Κριτικές και σύγκριση τιμών - Tripadvisor." Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: https://www.tripadvisor.com.gr/Hotel_Review-g658863-d4345803-Reviews-or765-Couran_Cove_Island_Resort-South_Stradbroke_Island_Gold_Coast_Queensland.html
- [75] "Couran Cove Island Resort | Queensland." Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.courancove.com.au/>
- [76] "Grüner Städteurlaub in Wien | Boutiquehotel Stadthalle." Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.hotelstadthalle.at/>
- [77] T. Buso, S. P. Corgnati, and J. Kurnitski, "An existing best practice of nearly Zero Energy Hotel," 2014. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: http://www.nezeh.eu/assets/media/PDF/REHVA_Existing_best_practice52.pdf
- [78] "Accueil - ORRI DE PLANES." Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.orrideplanes.com/>
- [79] K. Parpairi, "Sustainability and Energy Use in Small Scale Greek Hotels: Energy Saving Strategies and Environmental Policies," *Procedia Environ Sci*, vol. 38, pp. 169–177, 2017, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.099.
- [80] "Tui Magic Life Candia Maris Crete: heraklion hotel, 5 star accommodation crete, candia maris, greece hotels, heraklion spa hotel, amoudara heraklion, travel greece crete, candia maris hotel, crete hotels." Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.candiamaris.gr/>
- [81] E. Atzoletakis, "Solar Field CANDIA MARIS TEAB SA Motivations to implement energy-saving solutions in reference with hospitality in Greek Islands," 2011. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://arkiv.energiinstitut.dk/131/>
- [82] "Aldemar Resorts Greece: luxury resorts in Greece, hotels in crete, resorts in peloponnese." Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.aldemar-resorts.gr/gr>
- [83] "Thalassa Beach Resort." Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.greenhotels.gr/hotel/viewproperty/Thalassa%20Beach%20Resort/5/el>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε ένα τυπικό κτίριο ξενοδοχειακής χρήσης με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή, ξύλινα κουφώματα και σύστημα θέρμανσης μέσω λέβητα πετρελαίου, ψύξης μέσω αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα (κλιματιστικά), ζεστού νερού χρήσης με τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες, φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως και αερισμού με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Σκοπός ήταν να διερευνηθεί μέσω μιας πολυπαραμετρικής ανάλυσης διαφόρων σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης, που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4, η πιθανότητα να γίνει πράσινο εστιάζοντας στη μελέτη της ενεργειακής του συμπεριφοράς και στις εκπομπές CO₂, καθώς για τα πλήρως ανακαινισμένα κτίρια υπάρχει η απαίτηση από την EPBD για κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) από το 2021, ενώ για τα νέα κτίρια προστίθεται ο μακροπρόθεσμος στόχος των κτιρίων μηδενικών εκπομπών από το 2030. Η πολυπαραμετρική ανάλυση πραγματοποιείται για τις 4 κλιματικές ζώνες τις Ελλάδας και μελετώνται διαφορετικά σενάρια ενεργειακής βελτίωσης μέσω 2 λογισμικών, το εθνικό λογισμικό TEE-KENAK και το BIM λογισμικό Revit με τη χρήση επιπλέον των Insight και Green Building Studio (GBS) για τη μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Μάλιστα, πραγματοποιείται και αναλυτική οικονομική αξιολόγηση των βελτιωτικών αυτών σεναρίων.

Στην ενότητα αυτή, θα γίνει αναλυτική περιγραφή των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν για τις προσομοιώσεις του ξενοδοχείου όπως και περιγραφή του κτιρίου ξενοδοχείου και των δεδομένων που εισήχθησαν τόσο στο TEE-KENAK όσο και στο Revit. Συγκεκριμένα, θα δοθούν πληροφορίες σχετικά με τη γεωγραφική τοποθεσία και τα κλιματικά δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη στο εκάστοτε πρόγραμμα προσομοίωσης, πληροφορίες για τα αρχιτεκτονικά του κτιρίου, το χωρισμό του σε θερμικές ζώνες, το προφίλ λειτουργίας του, την περιγραφή του κελύφους του στην υφιστάμενη κατάσταση, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού και φωτισμού στην υφιστάμενη κατάσταση όπως και σχετικές παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη για τη συγκεκριμένη πολυπαραμετρική ανάλυση. Μετά την παραπάνω ανάλυση, πραγματοποιούνται και διευκρινήσεις για τα δεδομένα που εισήχθησαν στο λογισμικό Revit.

3.1. Το λογισμικό TEE – KENAK

Το πρώτο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου είναι το TEE-KENAK. Απεικονίζει την πραγματική εικόνα του κτιρίου, δηλαδή τη γεωμετρία, τη σύνθεση και τη λειτουργία του κελύφους του, καθώς και του περιβάλλοντος χώρου, δηλαδή των κτιρίων, τα οποία βρίσκονται στον περίγυρό του. Το ειδικό λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (IEΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Εκτός από τη συμβολή μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων συμμετείχαν και απλοί χρήστες προκειμένου να ενσωματωθούν οι περισσότερες παρατηρήσεις από την πιλοτική διάθεσή του, ώστε να αναβαθμιστεί και να βελτιωθεί. Πλέον, αποτελεί ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων, καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες τεχνικές οδηγίες. Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕΝΑΚ, εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων.

Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιείται για τη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης - ΠΕΑ. Επίσης, χρησιμοποιείται στο στάδιο σύνταξης και υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και μόνο για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου, προκειμένου να υπάρχει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του κτιρίου.

Συγκεκριμένα, εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης/ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτιρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτίρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου. Μέσω των τελικών μελετών σχεδιασμού τεκμηριώνεται η εφαρμογή ή η αδυναμία εφαρμογής (στο βαθμό που αυτό επιτρέπεται) των ελάχιστων προδιαγραφών (σχεδιασμός κτιρίου, κτιριακού κελύφους και Η/Μ εγκαταστάσεων) για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ. Η τεκμηρίωση εφαρμογής ή αδυναμίας εφαρμογής των ελάχιστων προδιαγραφών θα πρέπει να αναφέρονται - περιγράφονται στο τεύχος της μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, όπως ορίζει το άρθρο 11 του κανονισμού [1].

3.2. Το λογισμικό Revit, Green Building Studio (GBS) και Insight

3.2.1. Το λογισμικό Revit

Το Autodesk Revit, το οποίο είναι εμπορικό λογισμικό και διατίθεται δωρεάν για εκπαιδευτικούς σκοπούς, είναι από τα πιο διαδεδομένα BIM (Building Information Modelling) λογισμικά και συνιστά ένα παραμετρικό λογισμικό που αναπαριστά ψηφιακά όλα τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός κτιρίου καθώς επίσης ενδείκνυται για χρήση από πάσης φύσεως μηχανικούς, σχεδιαστές και εργολάβους. Το αρχικό πρόγραμμα δημιουργήθηκε το 1997 από την εταιρία Charles River Software η οποία ιδρύθηκε στις 31 Οκτωβρίου 1997 από τον Leonid Raiz και τον Irwin Jungreis με σκοπό να φέρουν την παραμετρική μοντελοποίηση πιο κοντά στην κατασκευαστική βιομηχανία. Με οικονομική υποστήριξη, καθώς και με τη συμβολή προγραμματιστών και αρχιτεκτόνων, το συγκεκριμένο εργαλείο το οποίο αποτελεί προϊόν της γλώσσας C++, δημιουργήθηκε. Η εταιρία το έτος 2000 μετονομάστηκε σε Revit Technology Corporation, ενώ τελικά εξαγοράστηκε το 2002 από την εταιρία Autodesk.

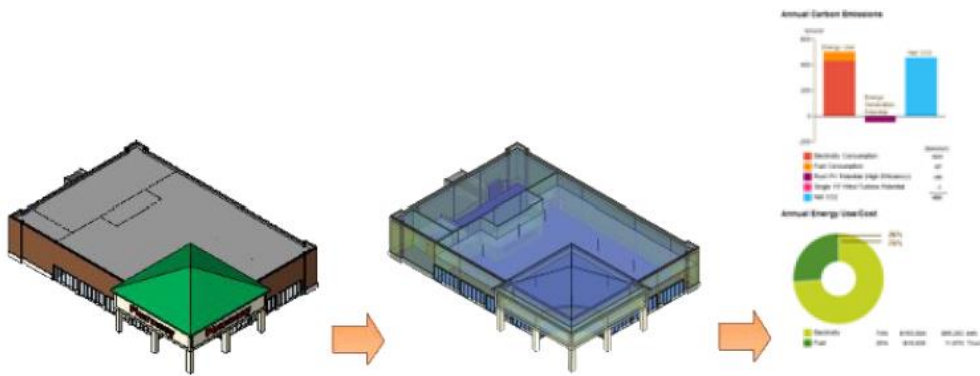
Αρχικά, το Revit είχε ως στόχο να προσφέρει σε αρχιτέκτονες, μηχανικούς και επαγγελματίες στο χώρο της κατασκευής, την δυνατότητα να σχεδιάζουν και να καταγράφουν ένα έργο, δημιουργώντας ένα τρισδιάστατο παραμετρικό μοντέλο το οποίο θα περιείχε τόσο τις γεωμετρικές, όσο και τις μη γεωμετρικές σχεδιαστικές και κατασκευαστικές πληροφορίες. Την εποχή της ίδρυσης του Revit, μοναδικοί ανταγωνιστές ήταν το ArchiCAD και το Reflex τα οποία επέτρεπαν στο χρήστη τον σχεδιασμό σε τρεις διαστάσεις και μια δυνατότητα αλλαγής σε κάθε παράμετρο. Η μοναδικότητα του Revit αναγνωρίστηκε στην ιδιότητα που προσφέρει, δηλαδή της δημιουργίας ανεξάρτητων κατασκευαστικών στοιχείων (ή αλλιώς “families”) σε αντίθεση με τις εναλλακτικές της εποχής, στις οποίες ήταν αναγκαία η γνώση και χρήση γλώσσας προγραμματισμού. Το δεύτερο και κυριότερο προτέρημα, αποτελούσε η ολική καταγραφή όλων των σχέσεων ανάμεσα στα δομικά στοιχεία, τις διαστάσεις, τις σημειώσεις, τις διάφορες τομές και όψεις κλπ. Εν συντομία, το μοντέλο του Revit διέθετε την ικανότητα να κρατάει το ψηφιακό μοντέλο ενημερωμένο και συγχρονισμένο στην παραμικρή αλλαγή. Από την αλληλένδετη αυτή ιδιότητα, προέκυψε και το όνομα του τελικού προγράμματος το οποίο είναι μια συντομογραφία των λέξεων Revise Instantly. Ταυτόχρονα, το πρόγραμμα συνδέεται άρρηκτα με τον όρο «παραμετρικό κατασκευαστικό μοντέλο» χάρη στην προηγουμένως αναφερόμενη δυνατότητα της ολικής αλληλεξάρτησης των δεδομένων του αρχείου και όχι της απομόνωσης κάθε στοιχείου [2].

Έτσι, αποτελεί ένα σύγχρονο πρόγραμμα 3D σχεδίασης με οργανωμένες όλες τις οικοδομικές πληροφορίες ενός κτίσματος, σε μία βάση δεδομένων εύκολα διαχειρίσιμη οπτικά και αριθμητικά και παρέχει τη δυνατότητα του αποτελεσματικού σχεδιασμού, της κατασκευής και της διαχείρισης ενός έργου. Τα στοιχεία στο Revit δημιουργούνται ως παραμετρικά μοντέλα με διαστάσεις και ιδιότητες και αυτό αυτόματα δίνει στο χειριστή του προγράμματος τη δυνατότητα να αλλάξει προκαθορισμένες τιμές όπως το ύψος, το πλάτος ή ακόμα και το σχήμα κάποιου στοιχείου όπως π.χ. μίας εξώπορτας. Το λογισμικό έρχεται με προεγκατεστημένες βιβλιοθήκες αλλά δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει από την αρχή τις δικές του.

Επιπλέον, το Revit προσφέρει γρήγορη 3D σχεδίαση για όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, είτε πρόκειται για ανέγερση ενός νέου κτιρίου είτε για αναβάθμιση του υφιστάμενου. Περιλαμβάνει λειτουργίες για αρχιτεκτονικό, μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό σχεδιασμό όπως και σχεδιασμό δομικών κατασκευών. Παρέχει τη δυνατότητα εκπόνησης διαφόρων μελετών όπως θέρμανσης και κλιματισμού όπως επίσης και τη δυνατότητα της ενεργειακής ανάλυσης ενός κτιρίου.

Πιο συγκεκριμένα για την ενεργειακή ανάλυση, χρησιμοποιώντας υπάρχουσες λίστες υλικών κατασκευής δομικών στοιχείων ή τροποποιώντας τις υπάρχουσες, τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης κ.α. επιτρέπει στους μελετητές να απεικονίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια την ανάλυση επιδόσεων ενός κτιρίου, να κατανοήσουν το ενεργειακό μοντέλο και να τροποποιήσουν τα δεδομένα που απαιτούνται ώστε με την αξιολόγηση του ενεργειακού ισοζυγίου να επιτευχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός υλικών και πρακτικών για ενεργειακά αποδοτικό κτίριο και με ελάχιστες εκπομπές CO₂ ετησίως.

Μετά τη 3D σχεδίαση στο Revit, εισάγονται οι παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού όπως περιγράφονται στις επόμενες ενότητες και εξάγονται αποτελέσματα σε μορφή reports. Τα στοιχεία του μοντέλου μπορούν να τροποποιηθούν εύκολα, πραγματοποιώντας παραμετρικές αναλύσεις που θα οδηγήσουν στη βέλτιστη λήψη αποφάσεων, και διαδικτυακά μέσω των cloud εφαρμογών (plugins) Insight ή/και του Green Building Studio στις οποίες εξάγονται και ενεργειακά αποτελέσματα, όπως αναλύονται στις επόμενες υποενότητες.

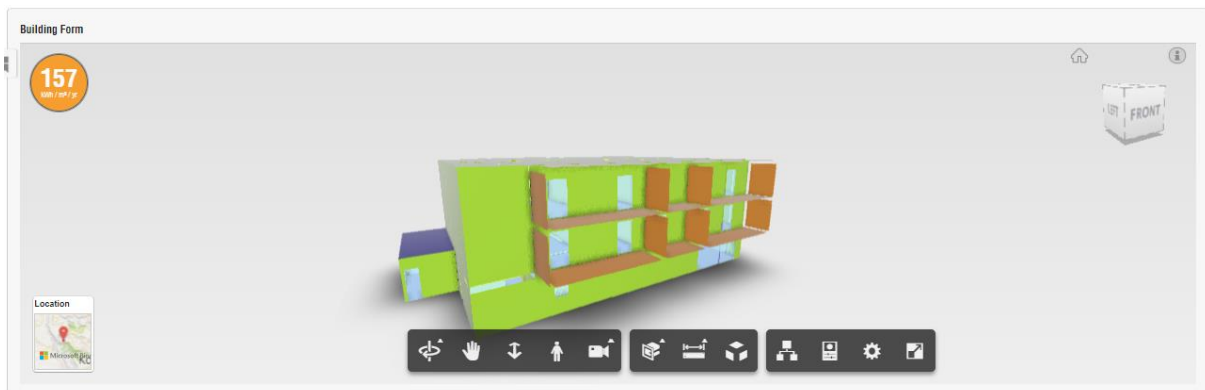


Σχήμα 3.1 Ενεργειακή ανάλυση λεπτομερώς σχεδιασμένου μοντέλου σε περιβάλλον Revit [3].

3.2.2. Το λογισμικό Insight

Το Insight είναι ένα ανεξάρτητο λογισμικό παραμετρικών προσομοιώσεων, το οποίο αποτελεί προέκταση του Revit και η λειτουργία του είναι να δημιουργεί διαφορετικά σενάρια ενεργειακής κατανάλωσης και κόστους για οποιοδήποτε κτίριο. Το προαναφερθέν plugin, χρησιμοποιεί ως σημείο αναφοράς τα αμερικάνικα πρότυπα ASHRAE 90.1 και Architecture 2030 από τα οποία αντλεί τις τιμές των παραμέτρων στις οποίες στηρίζει ενεργειακά του μοντέλα. Στόχος του Insight είναι να δώσει την δυνατότητα στους μηχανικούς να δουλεύουν αρκετά περίπλοκα αρχιτεκτονικά σχέδια ενώ παράλληλα να μπορούν να τα προσομοιώνουν στην πλατφόρμα του με τρόπο τέτοιο, που να είναι ικανοί να αντιληφθούν άμεσα το αντίκτυπο του σχεδιασμού στην κατανάλωση του κτιρίου.

Το περιβάλλον του Insight αποτελείται από το τρισδιάστατο σχέδιο, στο οποίο αυτόματα διαχωρίζονται τα δομικά του στοιχεία τόσο μεταξύ τους όσο και με τα κουφώματα, τον δείκτη ο οποίος υπολογίζει την κατανάλωση είτε σε KW/m2/χρόνο είτε σε EUR/m2/χρόνο αναλόγως τις απαιτήσεις και από μία σειρά διαφορετικών παραγόντων τους οποίους ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί. Οι παράγοντες αυτοί καθώς και οι συντελεστές τους στους οποίους στηρίζει την ανάλυση του το πρόγραμμα επεξηγούνται παρακάτω.



Σχήμα 3.2 Απόσπασμα από το περιβάλλον εργασίας στο Insight.

Οι παράμετροι που μπορούν να τροποποιηθούν σε ένα κτίριο, τα δεδομένα των οποίων ακολουθούν κυρίως αμερικανικά πρότυπα, μέσω του Insight είναι οι εξής:

Προσανατολισμός κτιρίου – Building Orientation:

Πρόκειται για τον προσανατολισμό του κτιρίου. Περιστρέφεται, δηλαδή, το κτίριο από 0 έως 360 μοίρες επηρεάζοντας με αυτό τον τρόπο την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το κτίριο και τον σκιασμό του. Ο δείκτης BIM συμβολίζει την θέση του κτιρίου βάσει του αρχικού σχεδιασμού [4], [5].

Αναλογία τοίχων-παραθύρων – Window -Wall-Ratio:

Η ολική, δηλαδή, αναλογία τοίχων-παραθύρων, η οποία εκφράζεται σε ποσοστό επιφάνειας υαλοπίνακα προς ολική επιφάνεια τοίχου με τα όριά του να κυμαίνονται μεταξύ 0% έως 95%. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής αυτός επηρεάζει την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο, το πόσο δηλαδή θερμαίνεται ή δροσίζεται. Στο insight υπάρχουν τέσσερις WWR συντελεστές, ένας για κάθε προσανατολισμό (Βορράς, Νότος, Ανατολή, Δύση) και ο δείκτης BIM ο οποίος συμβολίζει την θέση του κτιρίου βάσει του αρχικού σχεδιασμού [4], [5].

Σκιάδια υαλοπίνακα – Window Shades:

Το Insight δημιουργεί ιδεατούς προβόλους οι οποίοι παράγουν έναν τεχνητό σκιασμό στο χώρο. Η ανάλυση στηρίζεται αποκλειστικά στις διαστάσεις των ανοιγμάτων και την ικανότητά τους να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και όχι στα χαρακτηριστικά του προβόλου. Δηλαδή, ο υπολογισμός της σκίασης γίνεται κάθετα στο παράθυρο, όπου σαν βάθος υπολογίζεται το ύψος του παραθύρου με τη μορφή κλάσματος και σαν μήκος έχουμε το μήκος του ίδιου. Έτσι, προκύπτει αποτέλεσμα το οποίο είναι η σκίαση εκφρασμένη στο κλάσμα βάθους του παραθύρου με αναλογίες οι οποίες παρατίθενται παρακάτω [4], [5].

Window Shade Name	Parameters
No change	No change
1/6 Win Height	1/6 of the Window Height
1/4 Win Height	1/4 of the Window Height
1/3 Win Height	1/3 of the Window Height
1/2 Win Height	1/2 of the Window Height
2/3 Win Height	2/3 of the Window Height
BIM	The setting in your model (Building Information Model)

Σχήμα 3.3 Παράμετροι υπολογισμού σκιασμών παραθύρων στο Insight [4].

Το λογισμικό μελετάει τα κουφώματα με βάση τον προσανατολισμό τους, γι' αυτό υπάρχουν τέσσερις παράμετροι σκίασης, μία για κάθε προσανατολισμό.

Ιδιότητες υαλοπίνακα – Window Glass:

Αφορά τις ιδιότητες του υαλοπίνακα. Δηλαδή, την ικανότητά του να διαχειρίζεται την ηλιακή ακτινοβολία, τη διάδοση της θερμοκρασίας και τα ηλιακά κέρδη θέρμανσης μέσα στο κτίριο. Οι διαφορετικές τιμές εξαρτώνται από τις στρώσεις του υαλοπίνακα (μονός, διπλός,

τριπλός, χαμηλής εκπομπής ή όχι) και από τον προσανατολισμό. Οι τιμές που απεικονίζονται στο Insight είναι οι παρακάτω [4], [5]:

Window Glass				
Window Glass Name	Glazing Type	U-Value (W/m ² *K)	Solar Heat Gain Coefficient	Visible Light Transmittance
No Change	No Change	No Change	No Change	No Change
Sgl Clr	Single Clear 6mm	6.17	0.81	0.88
Dbl Clr	Double Clear 6/13 Air	2.74	0.7	0.78
Dbl LoE	Double Low-E (e3=0.2) Clear 3/13 Air	1.99	0.73	0.74
Trp LoE	Triple Low-E (e2=e5=0.1) Clear 3mm/6mm Air	1.55	0.47	0.66
Quad LoE	Quadruple LoE Films (88) 3mm/8mm Krypton	0.66	0.45	0.62
BIM	The setting in your model (Building Information Model)			

Σχήμα 3.4 Χαρακτηριστικά τύπων υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται στο Insight [4].

Διαστρωμάτωση τοίχου – Wall Construction:

Αφορά ουσιαστικά στις στρώσεις της τοιχοποιίας που χρησιμοποιήθηκε στο κτίριο, με σκοπό να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες ή αντίστοιχα να αυξηθούν τα θερμικά κέρδη. Οι επιλογές της τοιχοποιίας στο Insight είναι οι εξής [4]:

Wall Construction			
Wall Construction	Construction-Northern, Southern, Eastern, Western Walls	R-Value (m ² *K/W)	Heat Capacity (W/m ² *K)
Uninsulated	R0 Wood Frame Wall	0.52	60.77
R13 Metal	R13 Metal Frame Wall	1.02	57.03
R13 Wood	R13 Wood Frame Wall, Wood Single	2.05	9.87
R13+R10 Metal	R13 + R10 Metal Frame Wall	3.02	64.41
14-inch ICF	Insulated Concrete Form Wall 14 inch (36 cm) U-0.034	5.09	80.07
R38 Wood	R38 Wood Frame Wall	6.48	10.21
R2 CMU	R2 CMU Wall	0.71	106.06
12.25-inch SIP	Structurally Insulated Panel (SIP) Wall 12.25 inch (311 mm)	6.57	23.89
BIM	The setting in your model (Building Information Model)		

Σχήμα 3.5 Ιδιότητες διαφόρων ειδών τοιχοποιίας που παραμετροποιεί το Insight [4].

Διαστρωμάτωση οροφής – Roof Construction:

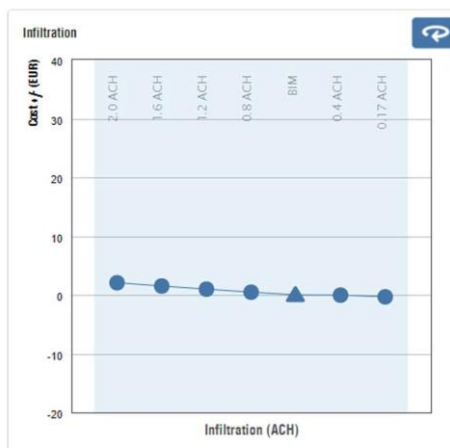
Αφορά στις στρώσεις της οροφής που χρησιμοποιήθηκε στο κτίριο, με σκοπό να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες ή αντίστοιχα να αυξηθούν τα θερμικά κέρδη. Οι επιλογές της οροφής στο Insight είναι οι εξής [4]:

Roof Construction			
Roof Construction	Roof Construction	R-Value (m ² ·K/W)	Heat Capacity (W/m ² ·K)
Uninsulated	R0 over Roof Deck	61.00	0.018
R10	R10 over Roof Deck	6.90	0.025
R15	R15 Wood Frame Roof	5.20	0.025
R19	R19 insulation Wood Frame Roof	4.95	0.015
R38	R38 Wood Frame Roof	1.91	0.016
R60	R60 Wood Frame Roof	1.22	0.017
10.25-inch SIP	Structurally Insulated Panel (SIP) Roof 10.25 inch thick (260mm)	2.15	0.018
BIM	The setting in your model (Building Information Model)		

Σχήμα 3.6 Ιδιότητες διαφόρων ειδών οροφής που παραμετροποιεί το Insight [4].

Αεροστεγανότητα – Infiltration:

Όπως και στον Κ.Εν.Α.Κ, η αεροστεγανότητα αφορά το βαθμό διαφυγής ή διείσδυσης αέρα λόγω των κενών κατά την κατασκευή του κτιρίου. Μονάδα μέτρησης είναι οι ACH (Air Changes per Hour), δηλαδή οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα. Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζεται είναι οι παρακάτω [4], [5]:



Σχήμα 3.7 Τιμές αεροστεγανότητας στο Insight [5].

Αποδοτικότητα φωτισμού – Lighting Efficiency:

Είναι το μέσο εσωτερικό θερμικό κέρδος που επιτυγχάνεται στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μετρημένο ανά μονάδα επιφάνειας (m^2). Συνεπώς, η μονάδα μέτρησης είναι ενέργεια προς επιφάνεια (W/ m^2). Τονίζεται ότι το Insight στην παράμετρο του Occupancy Schedules, λαμβάνει υπόψη διαφορετικά ενδεχόμενα για τη μέγιστη ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος σε ωριαία κλίμακα οπότε δεν δουλεύει με μια συγκεκριμένη μόνο τιμή. Άρα, δεν υπάρχουν καθορισμένες τιμές για το Lighting Efficiency καθώς είναι εξαρτώμενο από το Occupancy Schedule που θα οριστεί στο πρόγραμμα [4], [5].

Αποδοτικότητα ηλεκτρικού φορτίου– Plug Load Efficiency:

Πρόκειται για τη μέση ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας που καταναλώνεται από εξοπλισμό, όπως οι υπολογιστές, οι οικιακές συσκευές, χωρίς όμως τον φωτισμό και τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης. Η πυκνότητα ισχύος των συσκευών αλλάζει κι εδώ βάσει του Occupancy Schedule με αυτή την εξάρτηση να οδηγεί στο να μην υπάρχουν καθιερωμένες τιμές για τον συντελεστή αυτό και οι διαφορετικές περιπτώσεις προκύπτουν έπειτα από υπολογισμούς που γίνονται αυτόματα στο Insight [4], [5].

Συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού - HVAC:

Ο συντελεστής HVAC παρουσιάζει την αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού συνολικά και εξαρτάται από την τοποθεσία και τον όγκο της κατασκευής. Τα συστήματα που αποτελούν εναλλακτικές παράμετροι ενεργειακής ανάλυσης στο Insight είναι τα εξής [4], [5]:

Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems

HVAC System Name	Description
ASHRAE Package System	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Packaged Single Zone System, 11 EER, 70F economizer
High Eff. Heat Pump	Heat Pump, 17.4 SEER, 9.6 HSPF, Electric Heat
ASHRAE Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Heat Pump, 9.5 EER, COP 3.2 Electric Heat, 70F economizer
High Eff. Package System	Packaged Single Zone System, small unit, 20 SEER 85% AFUE
ASHRAE VAV	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Variable Air Volume, COP 6.10 Chiller, Gas Boiler, 75F economizer
High Eff. VAV	VAV, Underfloor Air Distribution, COP7.5 Chiller, 95% Eff. Gas Boiler, economizer
ASHRAE Package Terminal Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Package Terminal Heat Pump 11.9 EER
High Eff. Package Terminal AC	Package Terminal Air Conditioner unit, 12.7 EER, 90.4% Gas Boiler
BIM	The setting in your model (Building Information Model)

Σχήμα 3.8 Τα συστήματα HVAC που χρησιμοποιούνται από το Insight με τις αντίστοιχες παραπομπές τους από τους κανονισμούς [4].

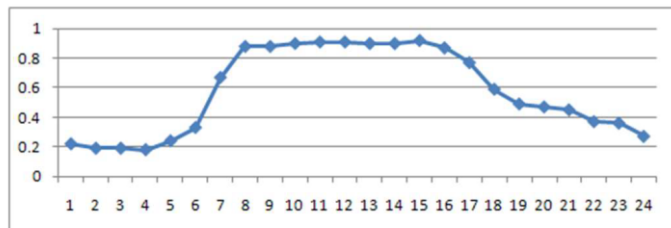
Έλεγχος φυσικού φωτισμού και λειτουργικότητας – Daylight and Occupancy Controls:

Η παράμετρος αυτή αντιπροσωπεύει την εξασθένιση του φωτός εντός του κτιρίου και την ύπαρξη συστημάτων ανίχνευσης φωτός, είτε χειροκίνητα είναι αυτόματα με τη χρήση αισθητήρων [4], [5].

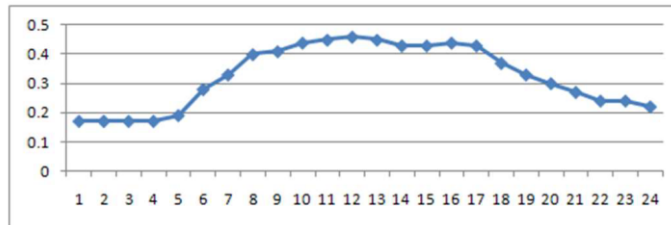
Πρόγραμμα λειτουργία – Operating Schedule:

Αφορούν τις τυπικές ώρες χρήσης του κτιρίου, όπως τις θέτει το λογισμικό του Insight, οι οποίες αφορούν προγράμματα 24/7 (24 ώρες χρήσης στις 7 ημέρες της εβδομάδας), 24/6, 24/5, 12/7 και 12/6. Παρακάτω παρατίθενται τα εβδομαδιαία διαγράμματα που αντιλαμβάνεται το πρόγραμμα.

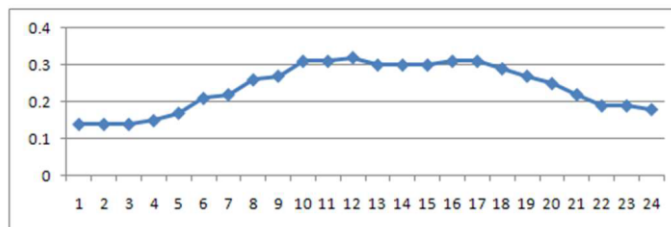
24/7 Facility



24/7 facility schedule on weekdays



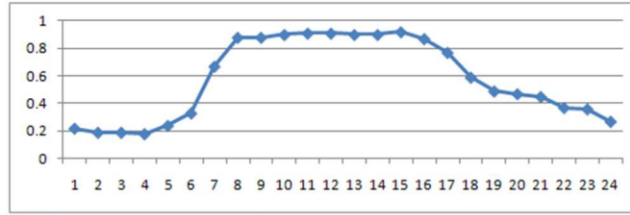
24/7 facility schedule on Saturday



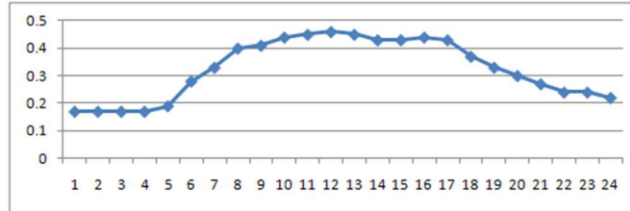
24/7 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.9 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/7[6].

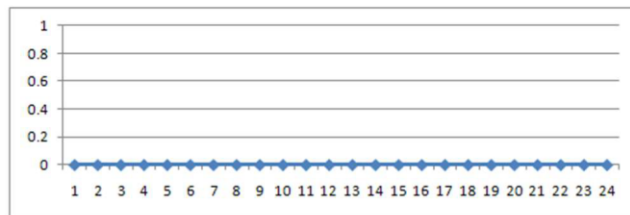
24/6 Facility



24/6 facility schedule on weekdays



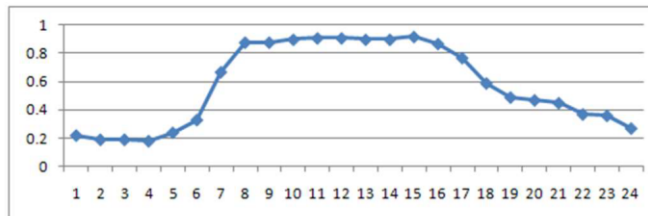
24/6 facility schedule on Saturday



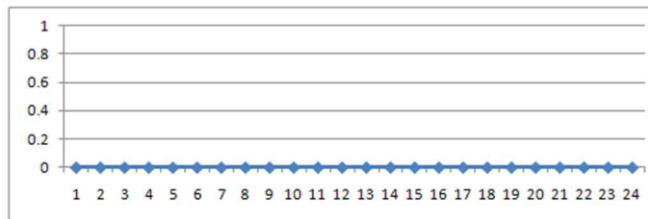
24/6 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.10 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/6[6].

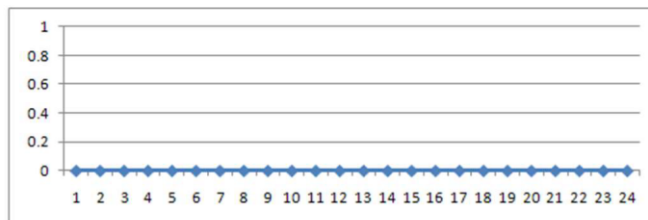
24/5 Facility



24/5 facility schedule on weekdays



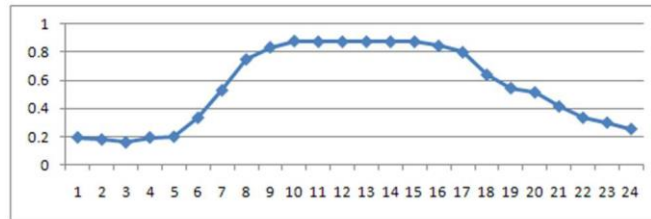
24/5 facility schedule on Saturday



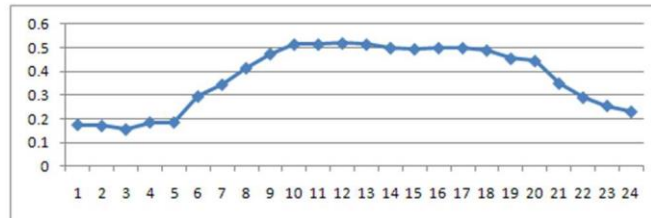
24/5 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.11 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/5[6].

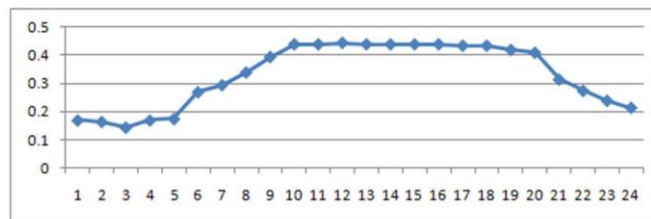
12/7 Facility



12/7 facility schedule on weekdays



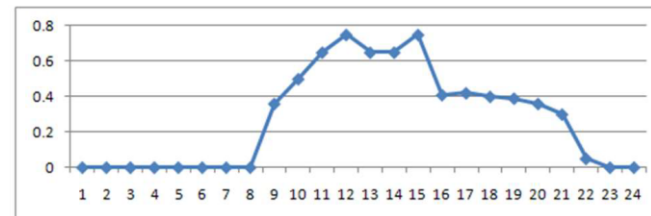
12/7 facility schedule on Saturday



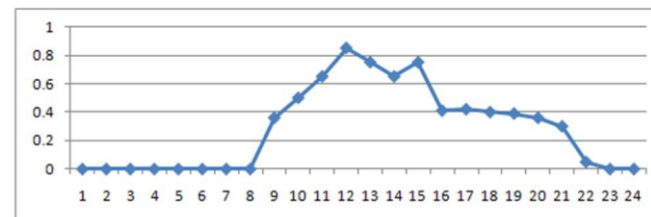
12/7 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.12 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 24/5[6].

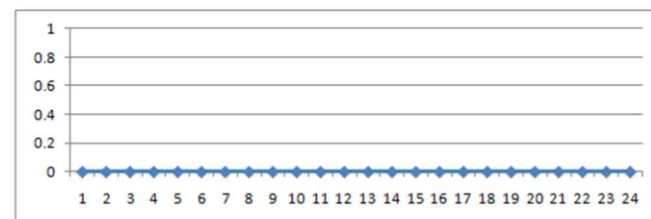
12/6 Facility



12/6 facility schedule on weekdays



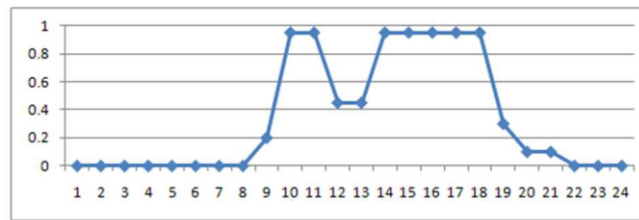
12/6 facility schedule on Saturday



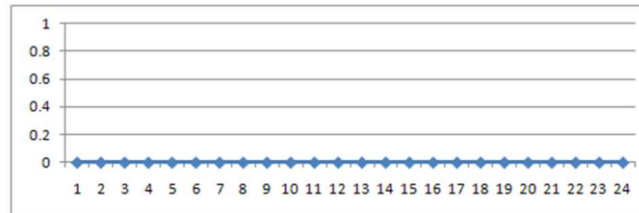
12/6 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.13 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 12/6[6].

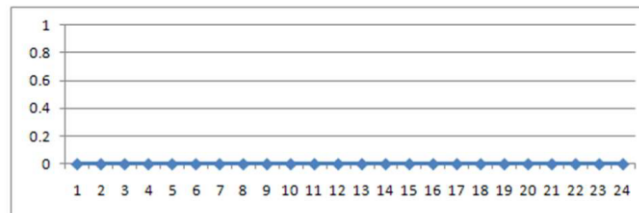
12/5 Facility



12/5 facility schedule on weekdays



12/5 facility schedule on Saturday



12/5 facility schedule on Sunday

Σχήμα 3.14 Ωριαία χρήση κτιρίου για λειτουργία 12/5[6].

Στον οριζόντιο άξονα των παραπάνω διαγραμμάτων παρουσιάζονται οι τιμές ανά ώρα. Στον κατακόρυφο άξονα οι τιμές κυμαίνονται από 0 έως 1. Το 1 αντιστοιχεί σε 100 άτομα ενώ το 0 σε μηδενικό πλήθος ατόμων στο κτίριο. Οι ενδιάμεσες τιμές αφορούν ποσοστό επί του συνόλου των 100 ατόμων. Ακόμη, η παράμετρος αυτή επηρεάζεται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που εισάγονται στο Revit κατά το σχεδιασμό του κτιρίου [6].

Αποδοτικότητα ηλιακών πάνελ – PV Panel Efficiency:

Η παράμετρος αυτή εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε άλλες μορφές. Είναι ένας παράγοντας που εξαρτάται από την απόδοση των φωτοβολταϊκών και είναι ανεξάρτητος του σχεδιασμού του κτιρίου [5].

Περίοδος αποπληρωμής ηλιακών πάνελ – PV Payback Limit:

Βάσει του συντελεστή του ορίου αποπληρωμής, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει ποιες επιφάνειες είναι οι καταλληλότερες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Δηλαδή, βάσει της απόδοσης και της απόσβεσης των ίδιων, αξιολογούνται οι επιφάνειες του κτιρίου και ο στόχος είναι να αποφευχθούν αυτές που εμφανίζουν έντονη σκίαση ή δυσμενή προσανατολισμό [4], [5].

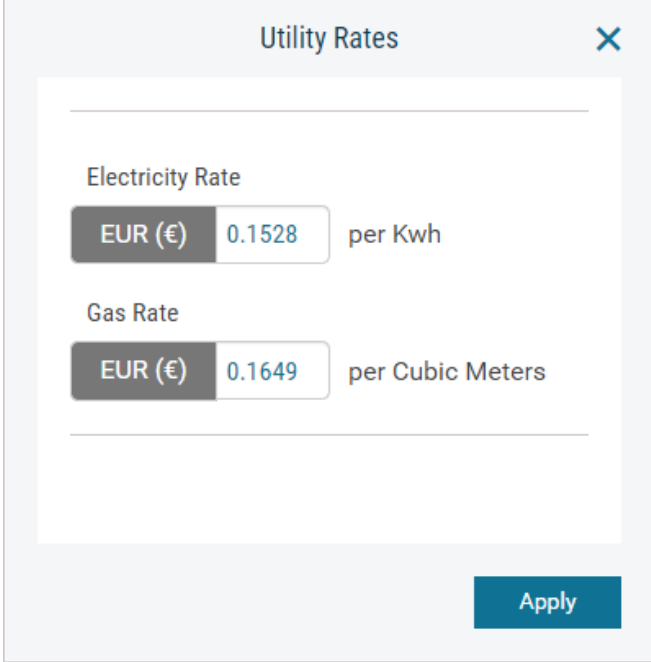
Ποσοστό κάλυψης επιφάνειας ηλιακών πάνελ – PV Surface Coverage:

Ορίζει την επιφάνεια της οροφής, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για χρήση φωτοβολταϊκών με την προϋπόθεση να υπάρχει τμήμα που δίνει πρόσβαση για εγκατάσταση των μηχανισμών για μελλοντική επισκευή σε περίπτωση βλάβης [4], [5].

Παράμετροι κοστολόγησης στο Insight:

Στην πλατφόρμα του Insight ο χρήστης μπορεί να ορίσει τις μονάδες μέτρησης της ενεργειακής ανάλυσης και κοστολόγησης του έργου. Ακόμη, πέραν των γενικών ρυθμίσεων ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρέχει στο πρόγραμμα τιμές κόστους ηλεκτρικού ρεύματος σε kWh και αερίου ανά m³. Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιείται αναλυτικά η οικονομική αξιολόγηση των παρεμβάσεων στο Κεφάλαιο 6 γι' αυτό δεν λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη οι παράμετροι κοστολόγησης στο Insight.

Παρ' όλα αυτά, για λόγους πληρότητας, συμπληρώνονται οι παρακάτω τιμές για την τιμή του ρεύματος και αερίου για επαγγελματική χρήση, βάσει τυπικών τιμών που χρεώνει η ΔΕΗ και ΕΔΑ Αττικής για το 2024. Δηλαδή, η τιμή της kWh ηλεκτρικού ρεύματος λήφθηκε 0.15283 (€/kWh) και για την τιμή του αερίου ακολουθήθηκε μια διαδικασία. Μετατράπηκε η τιμή που λήφθηκε από το site της ΕΔΑ Αττικής για επαγγελματική χρήση 0.0156351 (€/kWh) σε κυβικά μέτρα που απαιτεί το Insight και τελικά προέκυψε ότι το κόστος αερίου είναι 0.16495 (€/m³). Σημειώνεται ότι τα παραπάνω αποτελούν τιμές προμήθειας. Στο Κεφάλαιο 6 οι τιμή ρεύματος είναι διαφορετική καθώς περιλαμβάνει και άλλα κόστη που αναλύονται στην αντίστοιχη ενότητα.



Utility	Rate (EUR)	Unit
Electricity Rate	0.1528	per Kwh
Gas Rate	0.1649	per Cubic Meters

Σχήμα 3.15 Τιμές κόστους ηλεκτρικού ρεύματος και αερίου που εισήχθησαν στο Insight.

3.2.3. Το λογισμικό Green Building Studio (GBS)

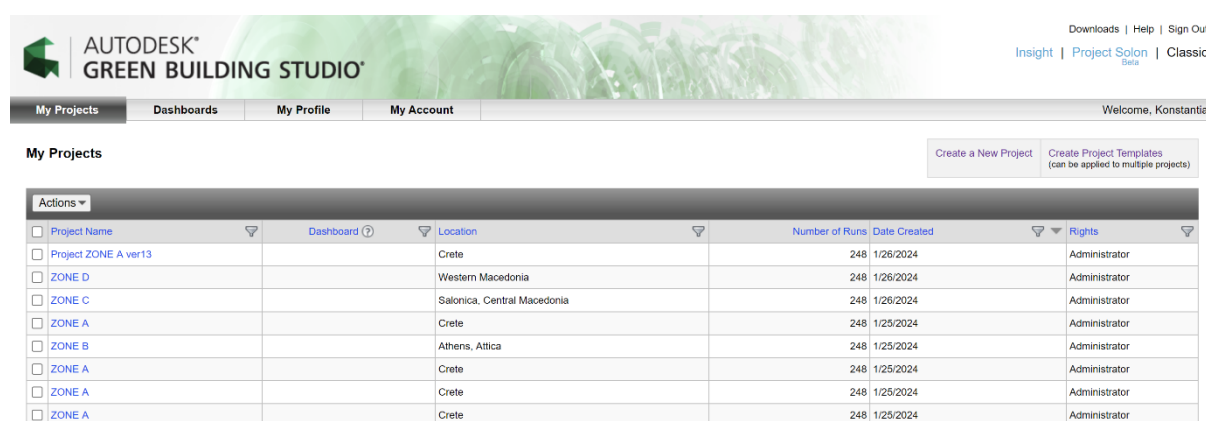
Όπως προαναφέρθηκε, μετά τη σχεδίαση του κτιρίου, η ενεργειακή προσομοίωση μπορεί να γίνει είτε στο περιβάλλον του Revit, είτε στο Insight, είτε στο Green Building Studio. Για περισσότερες παραμετροποιήσεις όπως και μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην εξαγωγή αποτελεσμάτων, μπορεί να γίνει χρήση και του cloud λογισμικού Green Building Studio. Το Green Building Studio είναι η μηχανή ενεργειακής προσομοίωσης της Autodesk και αποτελεί μια ευέλικτη διαδικτυακή υπηρεσία που χρησιμοποιεί τη μηχανή προσομοίωσης DOE2, επιτρέποντας να εκτελεστούν πολλαπλές προσομοιώσεις ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Το GBS μπορεί να βοηθήσει τους μελετητές να σχεδιάσουν και να παρουσιάσουν μια ολοκληρωμένη ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου, νωρίς από τα προσχέδια της μελέτης, καθώς

και να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή αποδοτικότητά του με στόχο τις μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ελάχιστο χρόνο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για υφιστάμενα όσο και για νέα κτίρια και να αποδώσει πολλαπλές εναλλακτικές επιλογές σχεδιασμού για το ίδιο κτίριο οι οποίες μπορεί να συγκριθούν ως προς την ενεργειακή χρήση, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και το κόστος για αυτή. Ακόμη, υποστηρίζει αρχεία σε *.gbxml μορφή.

Για την Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit και κατ' επέκταση στο GBS μπορούν να χρησιμοποιηθούν κτιριακοί όγκοι (conceptual masses), τα λεπτομερή στοιχεία ενός κτιρίου (building elements) που έχει σχεδιαστεί στο Revit ή και τα δύο. Η ενεργειακή προσομοίωση εκτελείται online (απαιτείται σύνδεση internet) με τη βοήθεια του Green Building Studio της Autodesk. Κατά την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου υπολογίζεται η αναμενόμενη κατανάλωση ενέργειας (καύσιμα και ηλεκτρισμός) με βάση τη γεωμετρία του κτιρίου, το κλίμα, τον τύπο του κτιρίου, τις ιδιότητες του κελύφους και τα ενεργητικά συστήματα (HVAC και φωτισμού). Για να εκτελεστεί η ενεργειακή προσομοίωση για τα μοντέλα που σχεδιάστηκαν στο Revit, μιας και το Green Building Studio αποτελεί επίσης μια cloud πλατφόρμα, αρκεί να μπουμε στο site με τους κωδικούς και αυτόματα παρουσιάζεται η μελέτη που έγινε στο Revit με τα εναλλακτικά της σενάρια. Μετά το τέλος της προσομοίωσης μπορούν να γίνουν βελτιώσεις στο κτίριο, ώστε να επιτευχθεί ο καλύτερος συνδυασμός υλικών, συστημάτων, προσανατολισμού κλπ.

Τέλος, το ενεργειακό μοντέλο και η αντίστοιχη προσομοίωση μπορούν να παρουσιαστούν μέσα από το Revit, το Insight ή από το ίδιο το Green Building Studio για περαιτέρω έλεγχο και ανάλυση, αλλά και να εξαχθούν σε διάφορες μορφές (gbXML, DOE2 και EnergyPlus) ώστε να μελετηθούν και από άλλες εφαρμογές [3].



The screenshot shows the Autodesk Green Building Studio web interface. At the top, there is a navigation bar with 'My Projects', 'Dashboards', 'My Profile', and 'My Account'. Below this, there is a 'My Projects' section with a table listing various projects. The table has columns for 'Project Name', 'Dashboard', 'Location', 'Number of Runs', 'Date Created', and 'Rights'. The projects listed include 'Project ZONE A ver13', 'ZONE D', 'ZONE C', 'ZONE A', 'ZONE B', 'ZONE A', 'ZONE A', and 'ZONE A'.

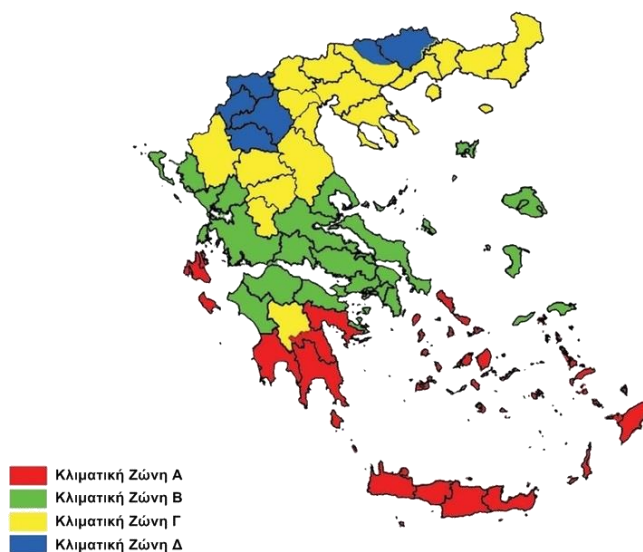
Project Name	Dashboard	Location	Number of Runs	Date Created	Rights
Project ZONE A ver13		Crete	248	1/26/2024	Administrator
ZONE D		Western Macedonia	248	1/26/2024	Administrator
ZONE C		Salonica, Central Macedonia	248	1/26/2024	Administrator
ZONE A		Crete	248	1/25/2024	Administrator
ZONE B		Athens, Attica	248	1/25/2024	Administrator
ZONE A		Crete	248	1/25/2024	Administrator
ZONE A		Crete	248	1/25/2024	Administrator
ZONE A		Crete	248	1/25/2024	Administrator

Σχήμα 3.16 Απόσπασμα από το περιβάλλον εργασίας στο Green Building Studio.

3.3.Γεωγραφική τοποθεσία και Κλιματικά δεδομένα

Για την ακριβέστερη ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου ξενοδοχείου είναι απαραίτητος ο καθορισμός της γεωγραφικής τοποθεσίας και των κλιματικών δεδομένων από μία αντιπροσωπευτική κάθε φορά πόλη της αντίστοιχης κλιματικής ζώνης. Αυτό, διότι τα κλιματικά δεδομένα της εκάστοτε τοποθεσίας είναι αναμφίβολα ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες βάσει των βαθμομερών θέρμανσης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση της ελληνικής επικράτειας διαιρεμένη στις κλιματικές ζώνες της οι οποίες

καθορίζονται με διαφορετικό χρώμα. Σημειώνεται ότι σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν ενώ για τη ζώνη Δ, όλες οι περιοχές ανεξαρτήτων υψομέτρου περιλαμβάνονται στη ζώνη Δ [7].



Σχήμα 3.17 Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας[8].

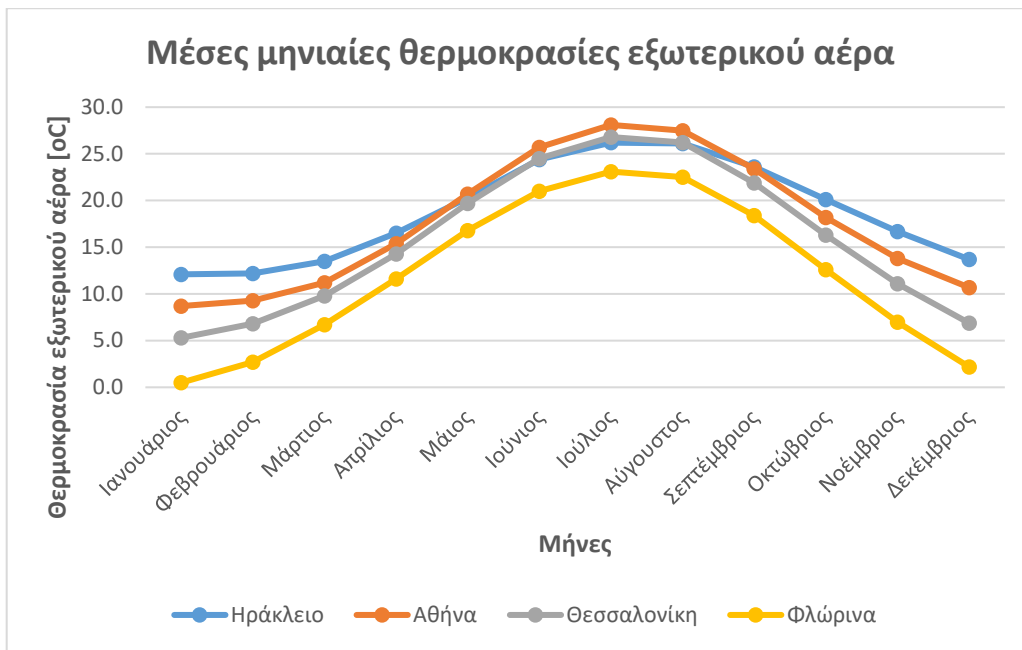
Οι αντιπροσωπευτικές πόλεις κάθε κλιματικής ζώνης στις οποίες επιλέχθηκε να γίνει η ενεργειακή ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πόλη Ηράκλειο (Ζώνη Α), η Αθήνα (Ζώνη Β), η Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ) και η Φλώρινα (Ζώνη Δ).

Κλιματικά δεδομένα στο ΤΕΕ-KENAK

Όσον αφορά στα κλιματικά δεδομένα στο λογισμικό του ΤΕΕ-KENAK, αυτά λαμβάνονται απευθείας από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού και τα οποία υπολογίζονται αναλυτικά στην τεχνική οδηγία «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών» λαμβάνοντας υπόψη:

- Τη μέση μηνιαία θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$) περιοχής,
- Τη μέση μηνιαία ειδική υγρασία (g/kg) περιοχής,
- Τη μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου (m/s),
- Τη μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/m^2),
- Τη μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m^2) για επιφάνειες με τυχαίο προσανατολισμό (γ) και γωνία κλίσης (β).

Ενδεικτικά, παρατίθενται τα δεδομένα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών εξωτερικού αέρα των υπό μελέτη πόλεων, όπως λαμβάνονται από την τεχνική οδηγία.



Σχήμα 3.18 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα βάσει της τεχνικής οδηγίας[9].

Κλιματικά δεδομένα στο Revit

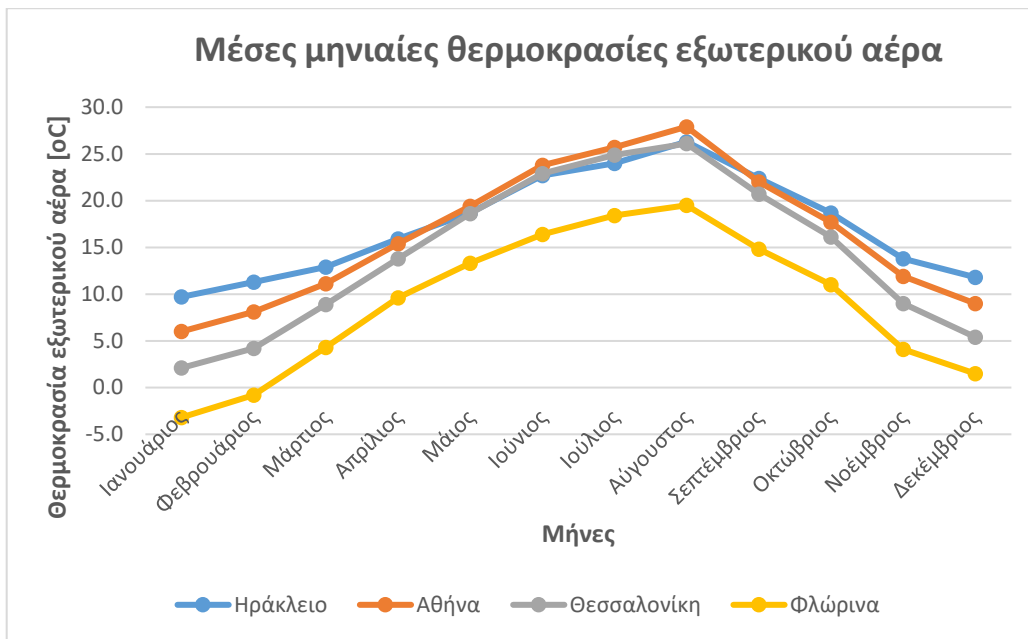
Σχετικά με τον προσδιορισμό τοποθεσίας και τα κλιματικά δεδομένα στο λογισμικό του Revit, το λογισμικό αυτό προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να προσδιορίσει την ακριβή τοποθεσία του έργου, είτε μέσω συντεταγμένων, είτε με χειροκίνητο προσδιορισμό με τη βοήθεια των Bing Maps. Αυτόματα μετά την γεωγραφική τοποθέτηση του κτιρίου, το πρόγραμμα αντλεί το αντίστοιχο κλιματικό αρχείο από το cloud της Autodesk.

Για τις υπό μελέτη πόλεις, επιλέχθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί που έχουν τις ακόλουθες συντεταγμένες, όπως λήφθηκαν από το λογισμικό. Σημειώνεται ότι το Revit αντλεί κλιματικά δεδομένα για τους παρακάτω μετεωρολογικούς σταθμούς από το έτος 2006.

Πίνακας 3.1: Συντεταγμένες μετεωρολογικών σταθμών των υπό μελέτη περιοχών [Revit].

	Συντεταγμένες μετεωρολογικών σταθμών	
	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
Ηράκλειο	35.33	25.14
Αθήνα	37.97	23.73
Θεσσαλονίκη	40.6	22.9
Φλώρινα	40.7	21.4

Για λόγους σύγκρισης, παρατίθενται τα δεδομένα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών εξωτερικού αέρα των υπό μελέτη πόλεων, όπως χρησιμοποιήθηκαν από το Revit και τα οποία λήφθηκαν από το περιβάλλον του Insight.



Σχήμα 3.19 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα που λαμβάνονται υπόψη στο Revit [Insight].

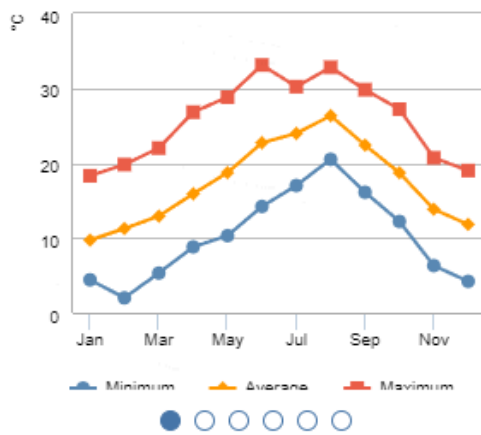
Επιπρόσθετα, παρατίθενται δεδομένα μέγιστων, ελάχιστων και μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών όπως και αντίστοιχα ροδογράμματα των μετεωρολογικών σταθμών των υπό μελέτη περιοχών τα οποία λαμβάνονται από το περιβάλλον του Insight.

Σημειώνεται ότι ένα ροδόγραμμα απεικονίζει γραφικά τα δεδομένα του μέτρου ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου για την τοποθεσία του κτιρίου. Ακόμη, αποτελείται από 16 κύριες διευθύνσεις. Με τη μελέτη του επικρατέστερου ανέμου το καλοκαίρι σε ένα τόπο με ήπιο κλίμα ο μελετητής μπορεί να διευκολυνθεί στην τοποθέτηση των παραθύρων για φυσικό αερισμό. Επίσης με τη μελέτη του επικρατέστερου ανέμου ετησίως, μπορεί να εντοπίσει τις καταλληλότερες θέσεις για τοποθέτηση ανεμογεννητριών, αλλά και να θωρακίσει το κτίριο από τους κρύους χειμερινούς ανέμους. Επίσης το ροδόγραμμα σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και τα κλιματολογικά δεδομένα είναι σημαντικά για να καθοριστεί η καταλληλότερη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.

Κλιματικά δεδομένα Ηρακλείου

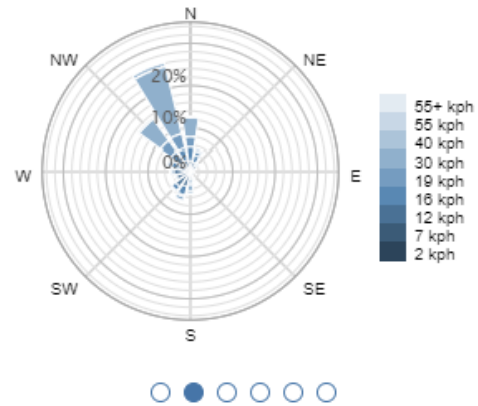
Monthly Temperature

Weather Station ID: 183135
E 26.8 km away



Windrose Speed Annual

Weather Station ID: 183135
E 26.8 km away

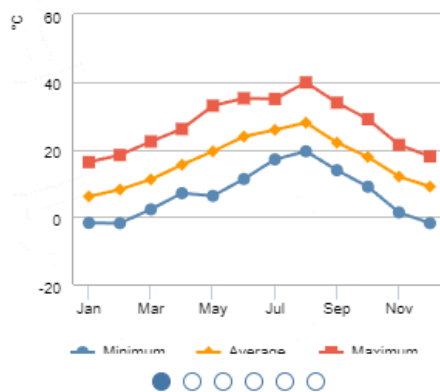


Σχήμα 3.20 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για το Ηράκλειο (Ζώνη Α) [Insight].

Κλιματικά δεδομένα Αθήνας

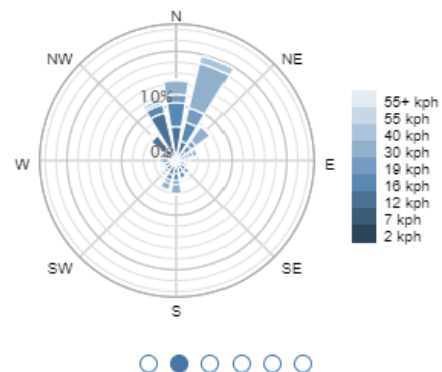
Monthly Temperature

Weather Station ID: 1231994
NNE 7.0 km away



Windrose Speed Annual

Weather Station ID: 1231994
NNE 7.0 km away

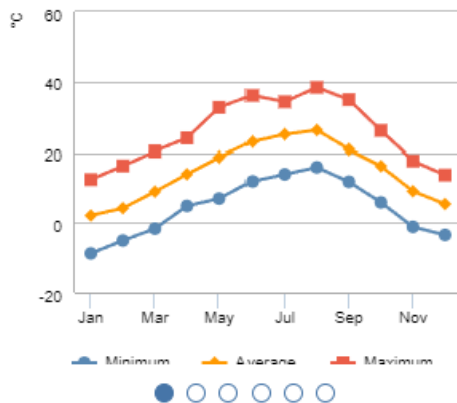


Σχήμα 3.21 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για την Αθήνα (Ζώνη Β) [Insight].

Κλιματικά δεδομένα Θεσσαλονίκης

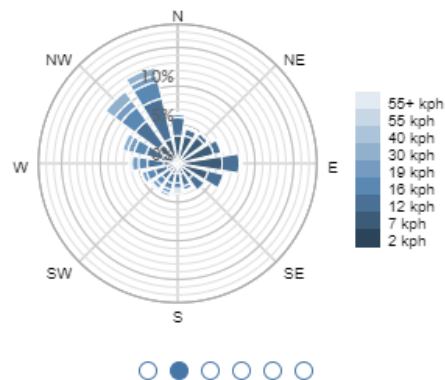
Monthly Temperature

Weather Station ID: 177444
ENE 4.2 km away



Windrose Speed Annual

Weather Station ID: 177444
ENE 4.2 km away

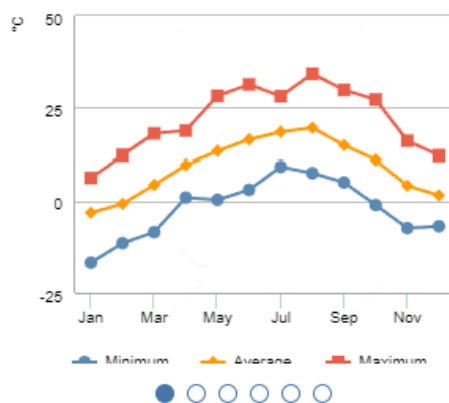


Σχήμα 3.22 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για τη Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ) [Insight].

Κλιματικά δεδομένα Φλώρινας

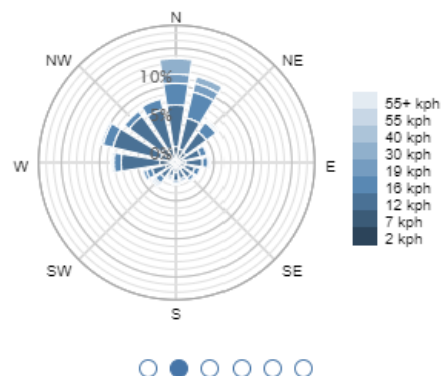
Monthly Temperature

Weather Station ID: 174814
N 44.1 km away



Windrose Speed Annual

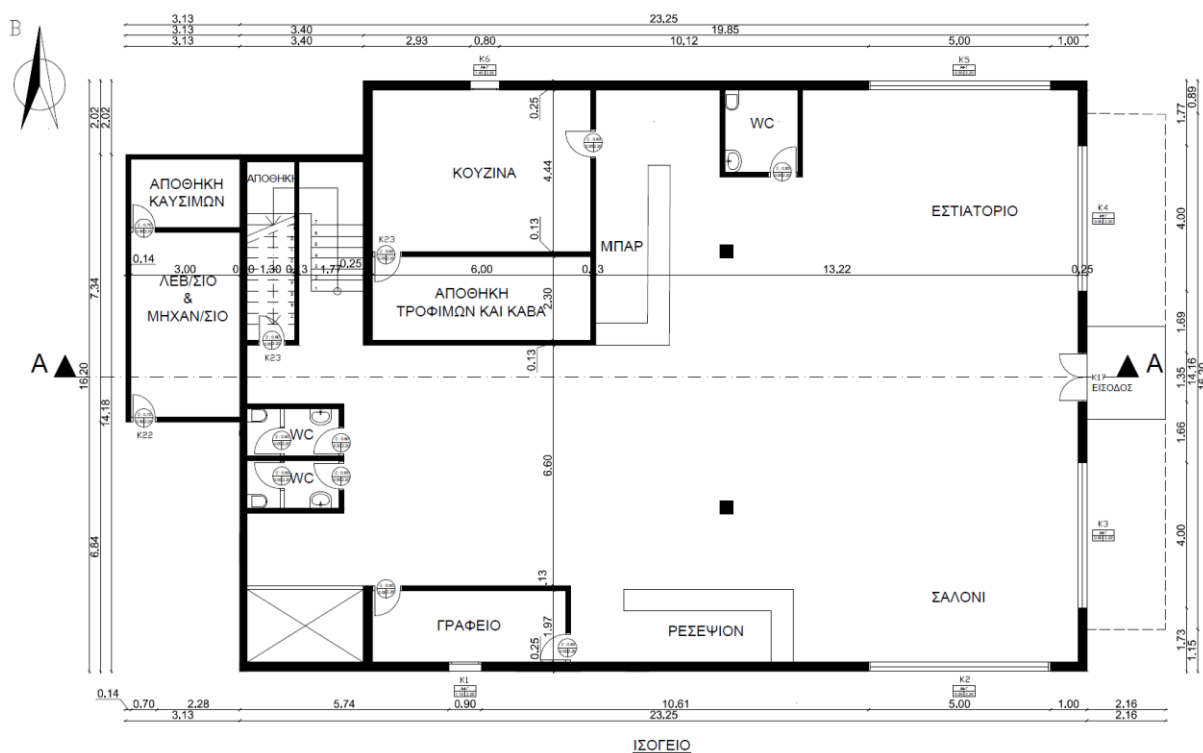
Weather Station ID: 174814
N 44.1 km away



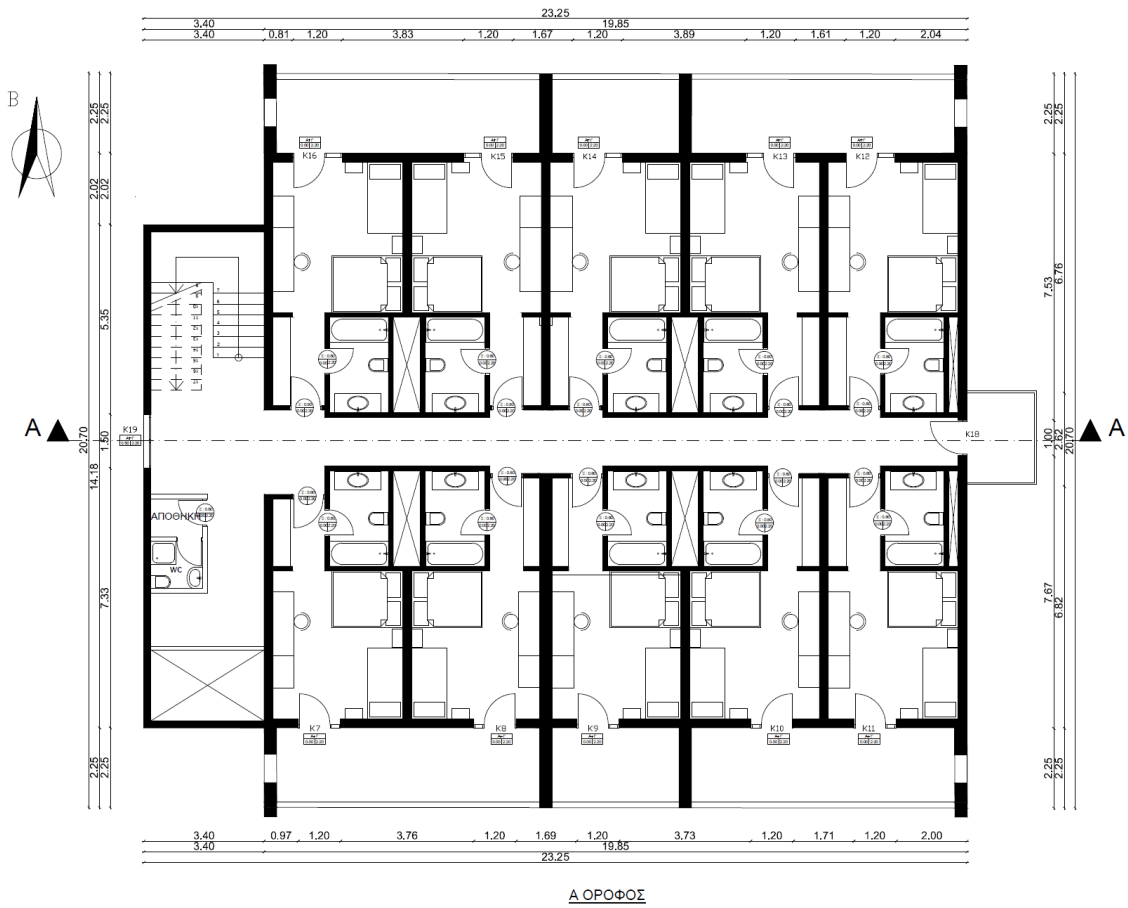
Σχήμα 3.23 Ελάχιστες, μέσες και μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα (αριστερά). Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (δεξιά) για τη Φλώρινα (Ζώνη Δ) [Insight].

3.4. Αρχιτεκτονική περιγραφή κτιρίου

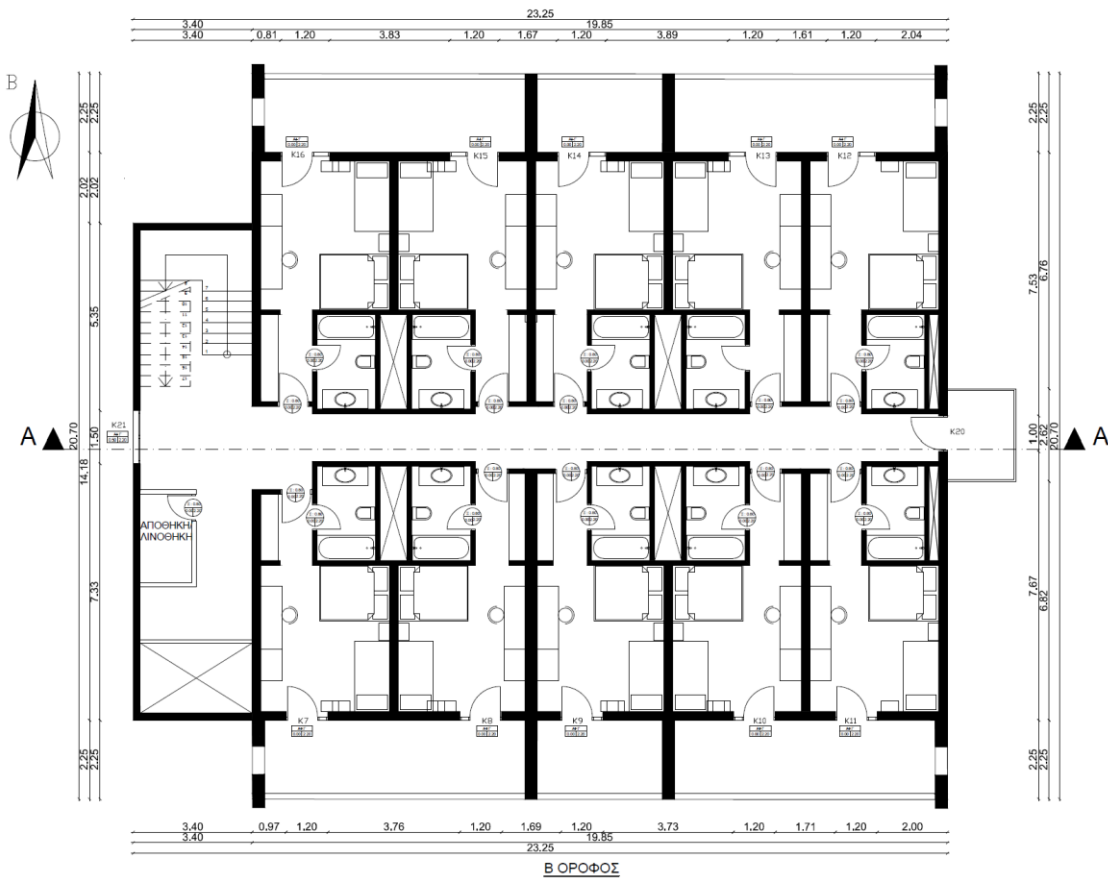
Το εξεταζόμενο κτίριο, οι κατόψεις του οποίου παρουσιάζονται παρακάτω, είναι ένα τριώροφο τυπικό κτίριο ξενοδοχείου. Το συνολικό εμβαδό του ξενοδοχείου είναι 1132.45 m² με το ισόγειο να έχει εμβαδό 393.01 m² και οι άλλοι δύο όροφοι 369.72 m². Θεωρήθηκε ότι το κτίριο ξενοδοχείου δε γειτνιάζει με άλλα κτίρια και οποιαδήποτε σκίαση προέρχεται αποκλειστικά από τα δομικά στοιχεία του ίδιου του κτιρίου. Αποτελείται από 3 ορόφους ύψους 3 m ο καθένας. Στο ισόγειο βρίσκονται ο χώρος υποδοχής επισκεπτών του ξενοδοχείου (ρεσεψιόν), ένα σαλόνι, το εστιατόριο και το μπαρ, χώροι οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους, όπως επίσης η κουζίνα, η αποθήκη τροφίμων και η κάβα, ένα γραφείο, μία αποθήκη και 3 wc. Επιπλέον, εξωτερικά του κτιρίου και στη στάθμη του ισογείου βρίσκεται το λεβητοστάσιο και μηχανοστάσιο με την αποθήκη καυσίμων. Στους 2 επόμενους ορόφους βρίσκονται 20 δωμάτια διαμονής επισκεπτών, χώροι αποθήκευσης/λινοθήκες, χώρος ύδρευσης για τον καθαρισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως wc, όπως και οι διάδρομοι για την προσβασιμότητα των δωματίων. Η πρόσβαση στους ορόφους πραγματοποιείται από κλιμακοστάσιο και ασανσέρ και η επιστέγασή του θεωρήθηκε ότι είναι μη βατό δώμα.



Σχήμα 3.24 Κάτοψη Ισογείου.



Σχήμα 3.25 Κάτοψη Α Ορόφου.



Σχήμα 3.26 Κάτοψη Β ορόφου.



Σχήμα 3.27 Φωτορεαλιστική απεικόνιση κτιρίου σε 3d στο λογισμικό Revit.

3.5.Χωρισμός σε θερμικές ζώνες

Για τη μελέτη του κτιρίου ξενοδοχείου απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για ευκολία των υπολογισμών, συνίσταται ο διαχωρισμός κάθε κτιρίου σε όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό ζωνών. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009, ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 οC σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία, οι οποίοι έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα, κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού, λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες). Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Επιπλέον σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου πρέπει να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών[7].

Βάσει των ανωτέρω, θεωρήθηκαν 6 θερμικές ζώνες στο υπό μελέτη κτίριο η κατανομή των οποίων παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 3.2: Κατανομή θερμικών ζωνών, χώρων και χρήσεων στο εξεταζόμενο κτίριο.

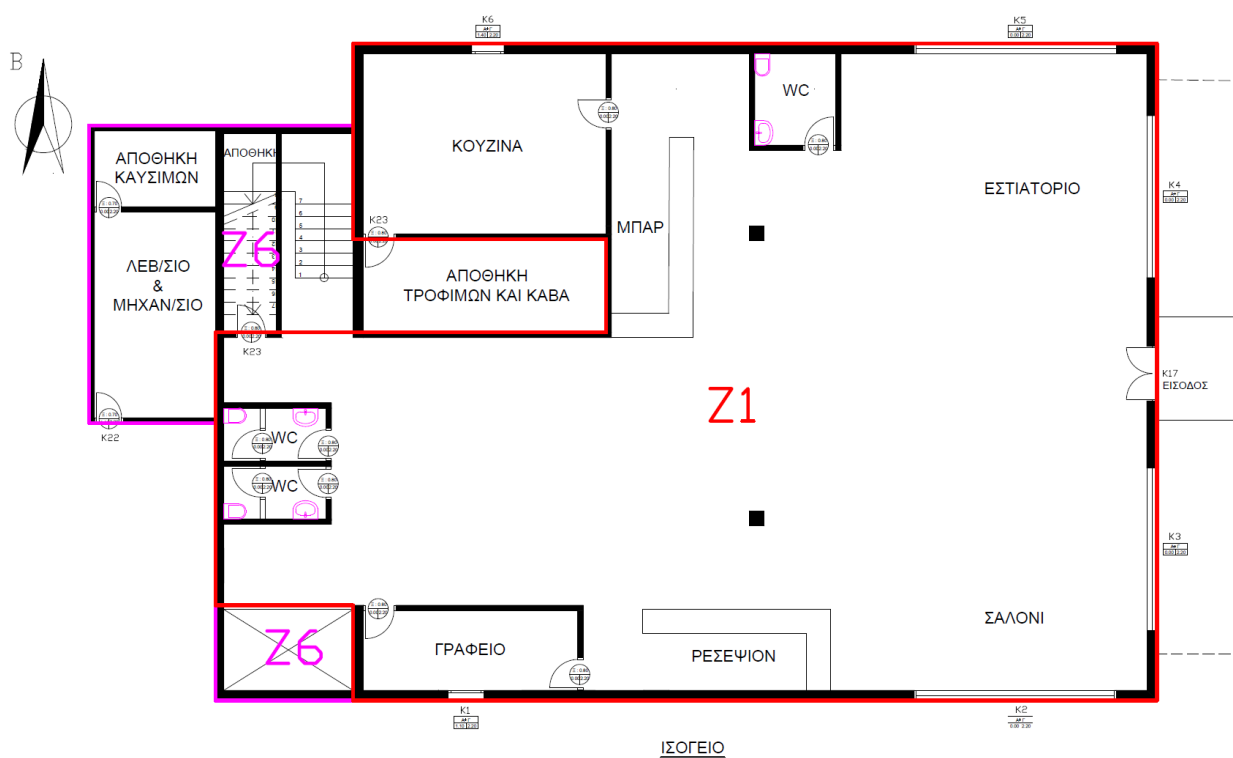
Θερμικές Ζώνες	Κατανομή χώρων	Κατανομή χρήσεων
Ζώνη Z1	Περιλαμβάνει τους κοινόχρηστους χώρους, το εστιατόριο, το γραφείο, το σαλόνι, την κουζίνα, το μπαρ, τη ρεσεψιόν και τα wc του ισογείου.	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας
Ζώνη Z2	Αντιπροσωπεύει τη νότια θερμική ζώνη αποτελούμενη από 5 δωμάτια στη στάθμη Α ορόφου.	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου
Ζώνη Z3	Αντιπροσωπεύει τη βόρεια θερμική ζώνη αποτελούμενη από 5 δωμάτια στη στάθμη Α ορόφου.	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου
Ζώνη Z4	Αντιπροσωπεύει τη νότια θερμική ζώνη αποτελούμενη από 5 δωμάτια στη στάθμη Β ορόφου.	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου
Ζώνη Z5	Αντιπροσωπεύει τη βόρεια θερμική ζώνη αποτελούμενη από 5 δωμάτια στη στάθμη Β ορόφου.	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου
Ζώνη Z6	Περιλαμβάνει το κλιμακοστάσιο, τον ανελκυστήρα, τις αποθήκες και τους διαδρόμους μεταξύ των δωματίων κάθε ορόφου, οι οποίοι και θεωρούνται μη θερμαινόμενοι χώροι.	Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι – Μη θερμαινόμενοι χώροι

Σημειώνεται ότι η θερμική ζώνη Z1 παρά το γεγονός ότι περιλαμβάνει διαφορετικές χρήσεις (π.χ. γραφείο, εστιατόριο) θεωρήθηκε ως μια ενιαία θερμική ζώνη χρήσης ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας. Αυτό συνέβη διότι ο χώρος του μπαρ, του εστιατορίου της ρεσεψιόν και του σαλονιού επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς κάποια διαχωριστική επιφάνεια και συνεπώς επικρατούν οι ίδιες εσωτερικές συνθήκες. Ακόμη, επειδή ο όγκος της κουζίνας, του γραφείου και των wc αποτελούν ποσοστό μικρότερο του 10% του ισογείου, συμπεριλήφθηκαν στη ζώνη Z1, όπως συνίσταται στην τεχνική οδηγία που αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο.

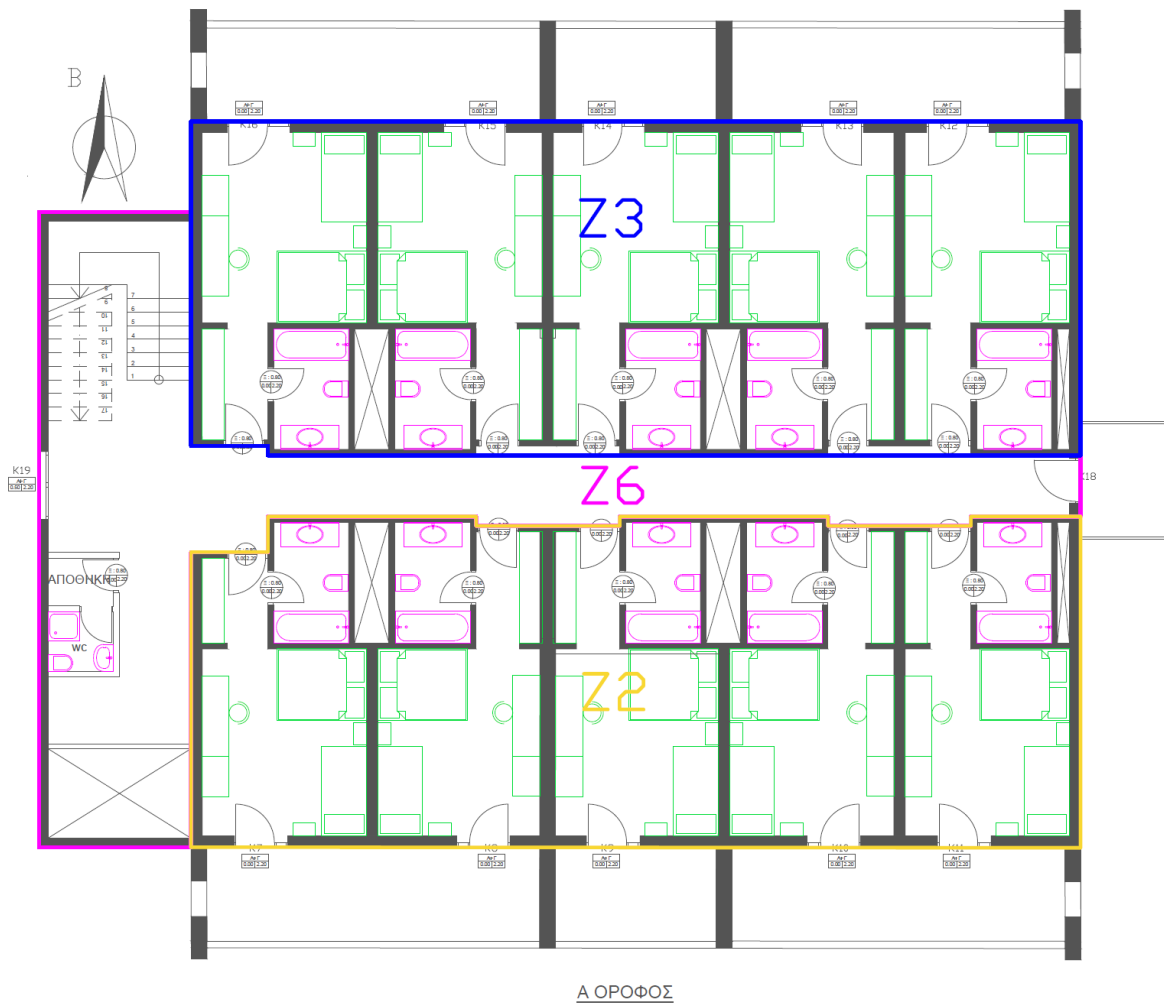
Παρακάτω, παρατίθενται τα δεδομένα εμβαδού και όγκου για κάθε θερμική ζώνη όπως επίσης και σχηματικές απεικονίσεις για κάθε στάθμη του κτιρίου.

Πίνακας 3.3: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών.

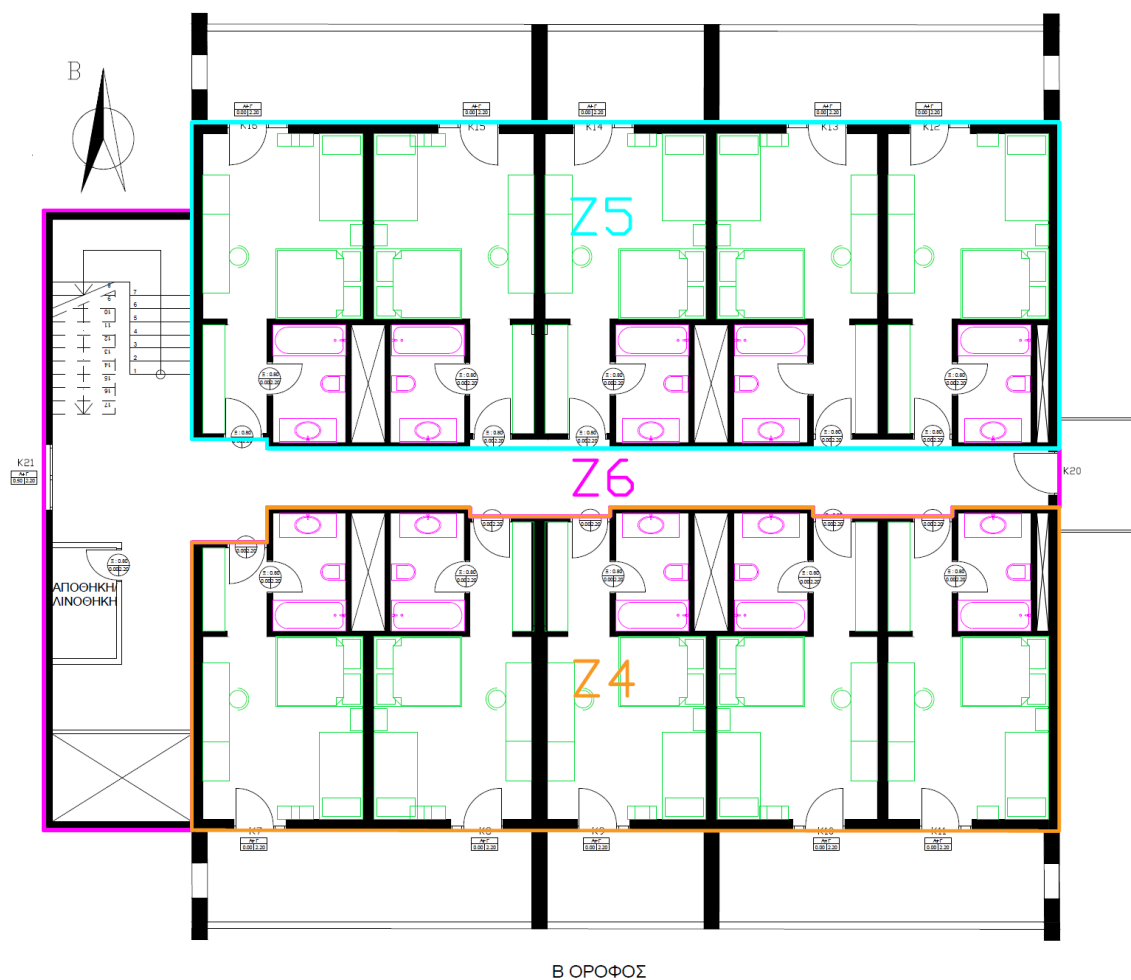
Θερμικές Ζώνες	Εμβαδό (m ²)	Όγκος (m ³)
Ζώνη Z1	330.05	990.15
Ζώνη Z2	144.14	432.41
Ζώνη Z3	147.72	443.16
Ζώνη Z4	144.14	432.41
Ζώνη Z5	147.72	443.16
Ζώνη Z6	218.69	656.06
ΣΥΝΟΛΟ	1132.45	3397.34



Σχήμα 3.28 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών ισογείου.



Σχήμα 3.29 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών Α Ορόφου.



Σχήμα 3.30 Σχηματική απεικόνιση θερμικών ζωνών Β Ορόφου.

3.6. Προφίλ λειτουργίας

3.6.1. Ωράριο λειτουργίας

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., το συγκεκριμένο κτίριο ξενοδοχειακής χρήσης εντάσσεται στην κατηγορία των κτιρίων *Προσωρινής Διαμονής* (Πίνακας 1.5, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) και το ωράριο και η περίοδος λειτουργίας του είναι (Πίνακας 2.1, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017): 24 ώρες/ημέρα, 7 ημέρες/εβδομάδα και 12 μήνες/χρόνο.

3.6.2. Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων

Για τις ανάγκες της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, και με γνώμονα τη μικρότερη κατά το δυνατό κατανάλωση ενέργειας, έχουν καθορισθεί (Πίνακας 2.2, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και η σχετική υγρασία για κτίρια προσωρινής διαμονής.

Πίνακας 3.4: Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κτιρίου[7].

Χρήση ή θερμ. ζώνη	Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	20	26	40	45

3.6.3. Απαιτούμενος νωπός αέρα εσωτερικών χώρων

Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό του κτιρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με:

- Τη χρήση του κτιρίου,
- Το πλήθος των ενοίκων του και
- Τη παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου

Οι τιμές του απαιτούμενου νωπού αέρα για κτίριο προσωρινής διαμονής διαμορφώνονται (Πίνακας 2.3, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) ως εξής:

Πίνακας 3.5: Απαιτούμενος νωπός αέρας κτιρίου[7].

Χρήση ή θερμική ζώνη	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας (m ³ /h/άτομο)	Νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	15	20	3.00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	8	15	1.20
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	-	-	2.6

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, για το ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας παρατηρείται ότι σε επιφάνεια 100 m² υπάρχουν 15 άτομα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, επιλέγεται ο νωπός αέρας να υπολογιστεί βάσει της χρήσης του κτιρίου και συνεπώς για τα 1132.45 m² του ξενοδοχείου απαιτούνται 3397.35 m².

3.6.4. Απαιτήσεις και απαραίτητες στάθμες φωτισμού

Στο υπό μελέτη κτίριο, συναντώνται οι παρακάτω χρήσεις με τις αντίστοιχες στάθμες φωτισμού σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.4α):

Πίνακας 3.6: Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίου[7].

Χρήση ή θερμική ζώνη	Στάθμη φωτισμού (lx)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U _o (min/μέση τιμή)
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	0.8	22	0.6
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	250	0.8	-	-
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0.4

3.7. Περιγραφή κελύφους

3.7.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Με την έννοια κελύφους του κτιρίου, νοούνται όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία που περιβάλλουν το κτίριο. Στο υπό μελέτη συμβατικό ξενοδοχείο, ο φέρων οργανισμός αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και η τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή. Τα

δομικά στοιχεία του κελύφους είναι η εξωτερική οπτοπλινθοδομή, τα εξωτερικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, το δάπεδο σε επαφή με το έδαφος, και το δώμα που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, καθώς επίσης στην υφιστάμενη κατάσταση το κτίριο δεν διαθέτει θερμομόνωση.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U στην περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο έχει κατασκευαστεί πριν το 1980 και δεν διαθέτει θερμομόνωση, λαμβάνεται από τον πίνακα 3.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Συνεπώς, ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας 3.7: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων υφιστάμενης κατάστασης (χωρίς θερμομόνωση).

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής U [W/m ² *K]
Επιστέγαση κτιρίου - Δώμα	3.05
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με εξωτερικό αέρα	2.20
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1.85
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με εξωτερικό αέρα	3.40
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2.60
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	3.10

3.7.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Στα κουφώματα (διαφανή δομικά στοιχεία) η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_w είτε υπολογίζεται αναλυτικά είτε λαμβάνεται ως δεδομένη από την πιστοποίηση που διαθέτει ο κατασκευαστής. Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 5β, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017) για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτίριο.

Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάστασή του θεωρείται ότι διαθέτει κουφώματα (μπαλκονόπορτες και παράθυρα) με ξύλινο πλαίσιο ($\leq 20\%$), μονό υαλοπίνακα και χωρίς προστατευτικά φύλλα. Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες χωρίς υαλοπίνακα. Θέτοντας αυτές τις επιλογές στο TEE-KENAK προκύπτουν οι παρακάτω συντελεστές θερμοπερατότητας U για τα κουφώματα του κτιρίου:

- $U_w = 5.00 \text{ W/m}^2\text{K}$ για τα ξύλινα κουφώματα με υαλοπίνακα
- $U_w = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ για τα ξύλινη πόρτα σε επαφή με ΜΘΧ, εξωτερικό αέρα

3.7.3. Εμβαδομετρήσεις κτιρίου

Το λογισμικό TEE-KENAK απαιτεί την εισαγωγή των εμβαδών των δομικών στοιχείων του κτιρίου (διαφανών και αδιαφανών). Τα διαφανή δομικά στοιχεία εύκολα υπολογίζονται από τα αρχιτεκτονικά σχέδια. Σχετικά με τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κελύφους, μιας και το κτίριο αποτελείται από 3 ορόφους και στα σχέδια δεν είναι ευδιάκριτα τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, θεωρείται ότι είναι κατασκευασμένο προ του 1980 κι έτσι τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος υπολογίζονται ως ποσοστό επί της τοιχοποιίας. Δηλαδή,

βάσει του πίνακα 3.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 το ποσοστό αυτό είναι 20%. Αναλυτικοί υπολογισμοί εμβαδομετρήσεων δίνονται στο Παράρτημα ΙΙ.

3.7.4. Συντελεστές απορρόφησης και εκπομπής

Η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε μια αδιαφανή επιφάνεια δύναται να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται από μία επιφάνεια ισούται με τη μονάδα. Δηλαδή, ισχύει:

$$\rho + \alpha = 1 \quad (3.1)$$

όπου, ρ : ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,
 α : ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία

Η ανακλαστικότητα και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή του. Στα πλαίσια του ξενοδοχείου επιλέχθηκε το είδος των επιφανειών τους και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας σύμφωνα με τον πίνακα 3.15 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 όπως αυτός φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 3.8: Συντελεστής ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία[7].

	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Επίχρσιμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0.7	0.3
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου)	0.35	0.65

Όσον αφορά στο συντελεστή εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία (ϵ) για όλες τις επιφάνειες λαμβάνεται η τιμή 0.80 από τον πίνακα 3.16 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για σύνηθες δομικό υλικό.

3.7.5. Συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει σε αυτό. Εξαρτάται τόσο από το είδος του υαλοπίνακα όσο και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Ο συντελεστής αυτός μπορεί να ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 3.18 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Συνεπώς, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους για κουφώματα με μονό υαλοπίνακα και ποσοστό πλαισίου 20% λαμβάνεται ίσος με:

$$g_w = 0.62$$

3.7.6. Συντελεστές σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου σκιάζονται εξωτερικά είτε εξαιτίας της ύπαρξης γειτονικών εμποδίων είτε λόγω στοιχείων που σχετίζονται με τη γεωμετρία του ίδιου του κτιρίου (π.χ. προστεγάσματα, εσοχές, κτλ). Τα εσωτερικά σκίαστρα (π.χ. κουρτίνες) των ανοιγμάτων και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς.

Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται γενικά υπόψη στους υπολογισμούς τόσο στην περίπτωση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτιρίου, όσο και στην περίπτωση της ενεργειακής επιθεώρησης ενός υφιστάμενου κτιρίου κάνοντας χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ τους συντελεστών σκίασης. Οι συντελεστές σκίασης καθορίζονται αναλόγως του είδους των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκίαστρα) και τη γεωμετρία τους. Καθώς, αναλόγως την εποχή, οι συντελεστές σκίασης διαφοροποιούνται, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, αναλόγως του είδους του σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου, η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται. Κατά συνέπεια, ο συνολικός σκιασμός ενός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο του συντελεστή σκίασης από γειτονικό εμπόδιο (κτίρια, δέντρα κ.τ.λ.), F_{hor} , του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο, F_{ove} , και του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο, F_{fin} .

$$F_s = F_{hor} \cdot F_{ove} \cdot F_{fin} \quad (3.2)$$

Επισημαίνεται πως οι συντελεστές αυτοί είναι μειωτικοί και, εφόσον δεν υπάρχει σκίαση, τίθενται ίσοι με τη μονάδα. Στην περίπτωση μη θερμαινόμενου χώρου τίθενται ίσοι με το μηδέν (πλήρη σκίαση).

Συντελεστές σκίασης εξωτερικών τοίχων

Στην περίπτωση των καλά θερμομονωμένων κτιρίων τα ηλιακά θερμικά κέρδη μέσω των κατακόρυφων δομικών στοιχείων είναι γενικά ελάχιστα. Συνεπώς, για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών, ο συνολικός συντελεστής σκίασης F_s για τα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία, τα οποία έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από 0,6 [W/(m²·K)] λαμβάνεται ίσος με 0.9 [7]. Έτσι, στην περίπτωση όλων των σεναρίων της ενότητας 4, στα οποία αναβαθμίζεται το κτίριο ο συντελεστής λαμβάνεται ίσος με 0.9. Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών της εργασίας και θεωρώντας πως ο συγκεκριμένος συντελεστής συμβάλλει ελάχιστα στην ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου λαμβάνεται ίσος με 0.9 και στην περίπτωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου κι αυτό διότι σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη άλλων σεναρίων που επηρεάζουν την ενεργειακή του συμπεριφορά, όπως αναλύονται στο κεφάλαιο 4.

Συντελεστές σκίασης δώματος

Ο συντελεστής σκίασης των οριζόντιων ή κεκλιμένων επιστεγάσεων (π.χ. δώματα ή στέγες), καθώς των κουφωμάτων οροφής (π.χ. φεγγίτες), εξαρτάται από τη μορφολογία του περιβάλλοντος χώρου (φυσικά ή τεχνητά εμπόδια) και τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις πάνω στις επιστεγάσεις (π.χ. απόληξη κλιμακοστασίου, ηλιακοί συλλέκτες, κτλ). Ο μέσος συντελεστής σκίασης των οριζόντιων δομικών στοιχείων, για λόγους απλοποίησης, λαμβάνεται ίσος με 0.9 για όλα τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου και για την υφιστάμενη

κατάσταση, ανεξαρτήτως του βαθμού σκίασης των οριζόντιων επιφανειών [7].

Συντελεστές σκίασης διαφανών επιφανειών

Για τους συντελεστές σκίασης των διαφανών επιφανειών πραγματοποιήθηκαν αναλυτικοί υπολογισμοί οι οποίοι παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙ. Σημειώνεται ότι για τον συντελεστή σκίασης από απέναντι εμπόδια, επειδή έγινε η παραδοχή ότι στο κτίριο οι σκιάσεις επιτυγχάνονται αποκλειστικά από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, λαμβάνεται ίσος με 1.

Παρακάτω παρατίθενται συγκεντρωτικά όλοι οι συντελεστές σκίασης του κτιρίου.

Πίνακας 3.9: Συγκεντρωτικός πίνακας συντελεστών σκίασης του κτιρίου.

Συγκεντρωτικός πίνακας συντελεστών σκίασης									
Επιφάνειες	Από οριζόντια		Από προβόλους		Από πλευρικές προεξοχές		Σύνολο		
	$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$	$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$	$F_{s,h}$	$F_{s,c}$	
Αδιαφανείς (Ζώνη 1)	Βόρεια όψη (ΕΞ)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Βόρεια όψη (ΜΟΧ)	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
	Ανατολική όψη (ΕΞ)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Νότια όψη (ΕΞ)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Νότια όψη (ΜΟΧ)	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
	Δυτική όψη (ΕΞ)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Δυτική όψη (ΜΟΧ)	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
	Δάπεδο Εσωτερικές πόρτες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
*Για τις παρακάτω αδιαφανείς επιφάνειες, όταν κάποιο τμήμα συνορεύει με ΜΟΧ λαμβάνεται συντελεστής 0									
Αδιαφανείς (Ζώνες 2,3,4,5)	Βόρεια όψη	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Ανατολική όψη	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Νότια όψη	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Δυτική όψη	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Οροφή	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
	Δάπεδο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Εσωτερικές πόρτες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Διαφανείς	Κούφωμα Κ1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.23	0.30	0.23	0.30
	Κούφωμα Κ2	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	1.00	0.44	0.37
	Κούφωμα Κ3	1.00	1.00	0.76	1.00	1.00	1.00	0.76	1.00
	Κούφωμα Κ4	1.00	1.00	0.76	1.00	1.00	1.00	0.76	1.00
	Κούφωμα Κ5	1.00	1.00	0.52	0.57	1.00	1.00	0.52	0.57
	Κούφωμα Κ6	1.00	1.00	0.40	0.41	1.00	1.00	0.40	0.41
	Κούφωμα Κ7	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	0.95	0.44	0.35
	Κούφωμα Κ8	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	0.87	0.44	0.32
	Κούφωμα Κ9	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	0.92	0.44	0.34
	Κούφωμα Κ10	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	0.86	0.44	0.32
	Κούφωμα Κ11	1.00	1.00	0.44	0.37	1.00	0.87	0.44	0.32
	Κούφωμα Κ12	1.00	1.00	0.52	0.57	0.75	0.83	0.39	0.47
	Κούφωμα Κ13	1.00	1.00	0.52	0.57	0.65	0.77	0.34	0.44
	Κούφωμα Κ14	1.00	1.00	0.52	0.57	0.81	0.68	0.42	0.39
	Κούφωμα Κ15	1.00	1.00	0.52	0.57	0.82	0.84	0.42	0.48
Κούφωμα Κ16	1.00	1.00	0.52	0.57	0.81	0.84	0.42	0.48	
Κούφωμα Κ17	1.00	1.00	0.76	1.00	0.76	1.00	0.57	1.00	
Κούφωμα Κ18	1.00	1.00	0.56	0.47	1.00	1.00	0.56	0.47	
Κούφωμα Κ19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Κούφωμα Κ20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Κούφωμα Κ21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Κούφωμα Κ22	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.87	0.78	0.87	

3.7.7. Αερισμός λόγω διείσδυσης αέρα από κουφώματα

Για τον υπολογισμό του αερισμού του κτιρίου λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ο αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κ.ά.), από τη χρήση φυσικού αερισμού για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης και από τη χρήση μηχανικού αερισμού στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη. Οι διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας υπολογίζονται με τη χρήση τιμών αεροστεγανότητας, που αναφέρονται συνολικά στο χώρο, προκειμένου να συμπεριληφθούν οι διαφυγές τόσο από τα κουφώματα (θέσεις συναρμογής με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα), όσο και από άλλες διόδους του κελύφους (αρμούς κ.τ.λ.). Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνεται υπόψη μόνον ο αερισμός λόγω της ύπαρξης των χαραμιάδων στα κουφώματα.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, από τον πίνακα 3.24, επιλέγεται η τυπική τιμή διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμιάδων για κουφώματα κλάσης αεροπερατότητας 1 με ξύλινο πλαίσιο και πιστοποίηση κατά EN 12207.

Πίνακας 3.10: Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω χαραμιάδων ανά είδος κουφώματος[7].

Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση	Διείσδυση του αέρα [m ³ /h/m ²]	
	Πόρτα	Παράθυρο
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, ανοιγόμενο	11.8	15.1
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα		

Η διείσδυση του αέρα από τα κουφώματα όπως υπολογίστηκε είναι 1444.668 m³/h. Στο παράρτημα II παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα.

3.8. Συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού και φωτισμού

Στην παρούσα ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τα τεχνικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης, μηχανικού αερισμού, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού και οι οποίες απαιτούνται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Οι παράμετροι των συστημάτων που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής μελέτης, αφορούν κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά και στις συνθήκες λειτουργίας των τεχνικών συστημάτων, όπως στη θερμική και ψυκτική ισχύ, στις αποδόσεις και στις απώλειες των επί μέρους συστημάτων, σε συστήματα διαχείρισης λειτουργίας κ.ά.

Για τη θέρμανση χρησιμοποιείται λέβητας πετρελαίου, όπως απαντάται συνήθως στα κτίρια ξενοδοχείων που είναι κατασκευασμένα προ του 1980 και για την ψύξη του κτιρίου χρησιμοποιούνται κλιματιστικά (αερόψυκτη αντλία θερμότητας), ενώ για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης γίνεται μέσω τοπικών ηλεκτρικών θερμαντήρων. Επίσης οι επί μέρους διατάξεις αυτόματου ελέγχου και η ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας των συστημάτων επιδρούν σημαντικά στην τελική απόδοσή τους. Για τον αερισμό του κτιρίου εφαρμόζεται μηχανικός αερισμός με ΚΚΜ καθώς επίσης για τον τεχνητό φωτισμό του κτιρίου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως στην υφιστάμενη κατάσταση. Παρακάτω σε κάθε ενότητα αναλύεται ο συλλογισμός, οι παραδοχές και τα απαραίτητα δεδομένα κάθε συστήματος για την ενεργειακή μελέτη. Σημειώνεται ότι γίνεται διαστασιολόγηση των συστημάτων προκειμένου να καθοριστούν οι απαιτήσεις κάθε ζώνης για το επιλεγόμενο σύστημα και στη συνέχεια εφαρμόζεται το σύστημα που απαντάται στην υφιστάμενη κατάσταση.

3.8.1. Σύστημα Θέρμανσης

Για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του ξενοδοχείου στο σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης, χρησιμοποιείται **λέβητας πετρελαίου** και για τη συγκεκριμένη περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία θα ακολουθηθεί μια διαδικασία για να διερευνήσουμε τις θερμικές ανάγκες του ξενοδοχείου όταν γίνεται χρήση λέβητα πετρελαίου και θα ληφθούν υπόψη δεδομένα που προσομοιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο την περίπτωση ξενοδοχείων κατασκευασμένων προ του 1980, όπως αναλύεται παρακάτω.

Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο και θα καλύπτει το σύνολο των αναγκών θέρμανσης της κάθε θερμικής ζώνης. Η απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης του ξενοδοχείου υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$P_{gen} = (A \cdot U_m \cdot 1,5 + \frac{\dot{V}}{3}) \cdot \Delta T \quad (3.3)$$

όπου,

P_{gen} [W]: η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης,

A [m^2]: η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτριάκου κελύφους (τοίχοι, οροφές, πυλωτή, ανοίγματα), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ή/και σε επαφή με όμορα κτίρια ή/και σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή/και σε επαφή με το έδαφος,

U_m ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο [$W/m^2 \cdot K$]: της επιφάνειας A .

Ανάλογα και με την ηλικία του κτιρίου το U_m λαμβάνει τιμές όπως αναφέρεται στην [7].

ΔT [K]: η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, 18 °C για την Α κλιματική ζώνη, 20°C για τη Β κλιματική ζώνη, 23°C για τη Γ κλιματική ζώνη και 28°C για τη Δ κλιματική ζώνη

1,5 συντελεστής που περιλαμβάνει τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κ.τ.λ.

\dot{V} [m³/s]: η συνολική προσαγωγή νεπού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο.

Ο ως άνω τύπος υπολογίζεται λαμβάνοντας τιμή για το $U_m=3.5$ W/m²·K για κάθε κλιματική ζώνη και για κτίρια πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (οικοδομικές άδειες πριν το 1980).

Βάσει των παραπάνω συλλογισμών, η απαιτούμενη θερμική ισχύς του ξενοδοχείου για κάθε κλιματική ζώνη προκύπτει ως εξής:

Πίνακας 3.11: Απαιτούμενη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Απαιτούμενη ισχύς P_{gen} (kW)
A	139.06
B	154.51
Γ	177.69
Δ	216.37

Συνεπώς, για την κάθε κλιματική ζώνη, επιλέγεται λέβητας ονομαστικής ισχύος κοντά στο P_{gen} . Συγκεκριμένα, για το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης, επιλέγεται λέβητας πετρελαίου **Logano-GE315** ο οποίος βγαίνει σε μοντέλα διαφορετικής ισχύος. Επιλέγεται:

- Το μοντέλο ισχύος **140kW** για την κλιματική ζώνη **A**,
- Το μοντέλο ισχύος **170kW** για την κλιματική ζώνη **B**,
- Το μοντέλο ισχύος **200 kW** για την κλιματική ζώνη **Γ**,
- Το μοντέλο ισχύος **230 kW** για την κλιματική ζώνη **Δ**.

Και συνεπώς, για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου και κλιματική ζώνη της Ελλάδας, η ισχύς επιμερίζεται ως εξής:

Πίνακας 3.12: Επιμερισμένη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Θερμική ζώνη	Επιμερισμένη θερμική ισχύς (kW)			
	Κλιματική ζώνη A	Κλιματική ζώνη B	Κλιματική ζώνη Γ	Κλιματική ζώνη Δ
Z1	64.35	78.44	93.09	107.60
Z2	18.79	22.89	26.87	30.92
Z3	16.77	20.32	23.76	27.23
Z4	17.37	21.29	25.11	29.01
Z5	22.73	27.05	31.27	35.24

Λόγω έλλειψης δεδομένων, η μέγιστη τιμή πραγματικού βαθμού απόδοσης n_{gm} (%) λαμβάνεται από τον πίνακα 4.2β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ο οποίος για συνήθη λέβητα είναι 0.80.

Ο συντελεστής εποχιακού βαθμού απόδοσης n_{g0} (%) λαμβάνεται από τον πίνακα 4.2γ της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ο οποίος για λέβητα χωρίς στοιχεία ονομαστικής ισχύος >100 και ≤400 kW είναι 0.91.

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης $n_{sK\theta}$ (%) δίνεται από τη σχέση

$$n_{sK\theta} = n_{gm} \cdot n_{g0} \quad (3.4)$$

Συνεπώς, προκύπτει ότι $n_{sK\theta} = 0.728$

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του λέβητα n_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη δίνεται από τον τύπο:

$$n_{gen} = n_{sK\theta} \cdot n_{g1} \cdot n_{g2} \quad (3.5)$$

όπου,

- $n_{sK\theta}$ [%]: ο εποχιακός βαθμός απόδοσης
- n_{g1} : ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης
- n_{g2} : ο συντελεστής μόνωσης

Για την εύρεση του συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Ο λόγος P_m/P_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη προκύπτει ως εξής:

Πίνακας 3.13: Λόγος P_m/P_{gen} .

Κλιματική Ζώνη	P_m/P_{gen} (%)
A	100
B	110
Γ	113
Δ	106

Από πίνακα 4.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης για συνήθη λέβητα είναι

Πίνακας 3.14: Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης n_{g1}
A	1
B	0.99
Γ	0.98
Δ	0.99

Ο συντελεστής μόνωσης n_{g2} δίνεται από τη σχέση:

$$n_{g2} = a \cdot Y + b \quad (3.6)$$

όπου,

- Y η υπερδιαστασιολόγηση η οποία λαμβάνει την τιμή 1 για λέβητα χωρίς υπερδιαστασιολόγηση, 1,5 για λέβητα με υπερδιαστασιολόγηση 50% κ.ο.κ.
 a, b συντελεστές οι οποίοι υπολογίζονται από τον πίνακα 4.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017

Συνεπώς, ο συντελεστής Y λαμβάνει τις εξής τιμές:

- 2 για την κλιματική ζώνη A
- 1.99 για την κλιματική ζώνη B
- 1.98 για την κλιματική ζώνη Γ
- 1.99 για την κλιματική ζώνη Δ

Ακόμη, ο συντελεστής a λαμβάνει την τιμή -0.026 για κακή μόνωση και συνήθη λέβητα και ο b την τιμή 0.95 για κακή μόνωση και συνήθη λέβητα.

Συνεπώς, ο συντελεστής n_{g2} για κάθε κλιματική ζώνη προκύπτει:

Πίνακας 3.15: Συντελεστής n_{g2} για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής n_{g2}
A	0.898
B	0.898
Γ	0.899
Δ	0.898

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του λέβητα n_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη είναι:

Πίνακας 3.16: Συντελεστής n_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής n_{gen}
A	0.65
B	0.65
Γ	0.65
Δ	0.65

Επίσης, το COP λαμβάνεται 1 για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Το δίκτυο διανομής θα εξυπηρετεί το σύνολο της ισχύος, θα διέρχεται κυρίως από εξωτερικούς χώρους και θα έχει ανεπαρκή μόνωση. Οπότε ο βαθμός απόδοσής του προκύπτει ίσος με **0,896** αφού αφαιρεθούν οι απώλειες του Πίνακα 4.11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι οποίες είναι ίσες με 10.4%.

Οι θερματικές μονάδες εκπομπής, στοιχεία της εγκατάστασης τα οποία αποδίδουν τη θερμική ενέργεια στους χώρους, μπορούν να είναι θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής (convectors), ενδοδαπέδια - ενδοτοιχία συστήματα, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κ.α. και η πραγματική απόδοση που απαιτείται από αυτές τις μονάδες εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- τον τύπο του συστήματος εκπομπής (άμεσης απόδοσης, ενσωματωμένα συστήματα, μονάδες κυκλοφορίας αέρα, κ.ά.),
- τη θέση του συστήματος εκπομπής μέσα στο χώρο (ενσωματωμένο σε δομικό στοιχείο ή μη),
- την ομοιομορφία διανομής της ενέργειας (θερμοκρασιακή και υδραυλική ισορροπία δικτύου),
- το σύστημα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου.

Ο βαθμός απόδοσης των θερματικών μονάδων $N_{em,t}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{em,t} = n_{em} / (F_{rad} \times f_{im} \times f_{hydr}) \quad (3.7)$$

όπου:

- F_{rad} : 1 για ύψος μικρότερο από 4 m
- n_{em} : 0,94 για τοπικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο
- f_{im} : 1,00 για συνεχή λειτουργία
- f_{hydr} : 1,03 για σύστημα εκτός ισορροπίας

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται: $N_{em}=0.91$.

Τέλος, η ισχύς των βοηθητικών μονάδων θεωρείται για κάθε θερμική ζώνη ίση με 5 W/m^2 (κτίρια τριτογενούς τομέα), οπότε για κάθε θερμική ζώνη απαιτείται ισχύς:

Πίνακας 3.17: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.

Θερμική Ζώνη	Ισχύς βοηθητικών μονάδων
Z1	1.65
Z2	0.72
Z3	0.74
Z4	0.72
Z5	0.74

3.8.2. Σύστημα ψύξης

Για την κάλυψη των ψυκτικών αναγκών του ξενοδοχείου στο σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης, χρησιμοποιείται **αερόψυκτη αντλία θερμότητας (κλιματιστικά)** και για τη συγκεκριμένη περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία θα ακολουθηθεί μια διαδικασία για να διερευνήσουμε τις ψυκτικές ανάγκες του ξενοδοχείου όταν γίνεται χρήση κλιματιστικών και θα ληφθούν υπόψη δεδομένα που προσομοιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο την περίπτωση ξενοδοχείων κατασκευασμένων προ του 1980, στη σημερινή όμως εποχή όπως αναλύεται παρακάτω.

Το σύστημα ψύξης λειτουργεί από Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο και θα καλύπτει το σύνολο των αναγκών ψύξης της κάθε θερμικής ζώνης. Προκειμένου να έχουμε μια εικόνα των ψυκτικών αναγκών του ξενοδοχείου, για την απαιτούμενη ψυκτική ισχύ της μονάδας ψύξης του ξενοδοχείου γίνεται η παραδοχή ότι χρησιμοποιεί ως ψυχόμενο μέσο το νερό και υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$P_{gen} = \sum U_A \cdot A_A \cdot CLTD_A + \sum A_\Delta \cdot GLF_\Delta + P_{\Pi} + P_{E\Phi} + \frac{\dot{V}}{3} \cdot \Delta T \quad (3.8)$$

όπου:

- $P_{gen}[W]$: η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη ψυκτική ισχύς της μονάδας ψύξεως/κλιματισμού του κτιρίου,
- $A_A[m^2]$: η εξωτερική επιφάνεια αδιαφανούς δομικού στοιχείου ή θυρών ανά προσανατολισμό,
- $A_\Delta[m^2]$: η εξωτερική επιφάνεια διαφανούς στοιχείου ανά προσανατολισμό,
- $CLTD_A[^\circ C]$: η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου μέσω αδιαφανών στοιχείων ή θυρών του κελύφους, η οποία λαμβάνεται απλουστευτικά ανά προσανατολισμό ως εξής : B : $9^\circ C$, BA, BΔ : $14^\circ C$, A, Δ : $17^\circ C$, N, NA, NΔ : $15^\circ C$, οροφές-δάματα: $13^\circ C$, δάπεδο κάτω από κλιματιζόμενο χώρο και πάνω από μη κλιματιζόμενο χώρο: 7, χωρίσματα εσωτερικά ή σκιαζόμενα: $7^\circ C$,
- $GLF_\Delta [W/m^2]$: ο παράγοντας φορτίου υαλοπίνακα σε W/m^2 ο οποίος λαμβάνεται απλουστευτικά και ανά προσανατολισμό ως εξής: B:82, BA: 140, A, NA: 200, N: 148, NΔ, Δ: 250, BΔ 199, Οριζόντια: 378,

$P_{\Pi}[W]$: η εκλυόμενη θερμότητα των φυσικών προσώπων σε W, λαμβανομένη από τον Πίνακα 2.7 (θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας) επί την επιφάνεια δαπέδου,

Πίνακας 3.18: Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	75	11	1.00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	60	5	0,50

$P_{ΕΦ}[W]$: τα εσωτερικά φορτία φωτιστικών και συσκευών σε W, τα οποία λαμβάνονται από τους Πίνακες 2.4α (φωτισμός – στήλη ισχύος για το κτίριο αναφοράς) και 2.8 (ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού) επί την επιφάνεια δαπέδου,

Πίνακας 3.19: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	3	0.5	1.5	0.58
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	4	0.5	2	0.5

$U_A [W/(m^2 K)]$: ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 3.5 για κτίρια κατασκευασμένα πριν το 1980.

$\Delta T [^{\circ}C]$: η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος η οποία λαμβάνεται ίση με 10^oC για όλες τις κλιματικές ζώνες,

V: η συνολική προσαγωγή ναπού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο σε (m³/h) η οποία υπολογίζεται από τον Πίνακα 2.3 της [7].

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται η απαιτούμενη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη η οποία ανέρχεται σε $P_{gen} = 80.31 \text{ kW}$.

Επιλέγεται να τοποθετηθούν 5 κλιματιστικά στη θερμική ζώνη 1 (στο γραφείο, την κουζίνα, το σαλόνι, το εστιατόριο και τη ρεσεψιόν) όπως επίσης και σε κάθε δωμάτιο των υπόλοιπων θερμικών ζωνών (5 κλιματιστικά για κάθε θερμική ζώνη). Συνεπώς, σύμφωνα με τον παραπάνω συλλογισμό οι απαιτήσεις σε ισχύ κάθε κλιματιστικού για κάθε θερμική ζώνη είναι:

- $P_{gen} = 6.69 \text{ kW}$ για τα 5 κλιματιστικά της θερμικής ζώνης Z1
- $P_{gen} = 2.13 \text{ kW}$ για τα 5 κλιματιστικά της θερμικής ζώνης Z2
- $P_{gen} = 2.04 \text{ kW}$ για τα 5 κλιματιστικά της θερμικής ζώνης Z3
- $P_{gen} = 1.81 \text{ kW}$ για τα 5 κλιματιστικά της θερμικής ζώνης Z4
- $P_{gen} = 3.38 \text{ kW}$ για τα 5 κλιματιστικά της θερμικής ζώνης Z5

Συνεπώς, για την υφιστάμενη κατάσταση του ξενοδοχείου, τοποθετείται η αερόψυκτη αντλία θερμότητας **TOSHIBA YUKAI** και τα μοντέλα που υποστηρίζουν ψυκτική απόδοση από 2kW (6.824 BTU/h) έως 6.5 kW (22.179 BTU/h). Επιλέχθηκαν τα παραπάνω καθώς προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο τις ανάγκες της υφιστάμενης κατάστασης σε ψύξη του κτιρίου.

Συνεπώς, είναι τοποθετημένα:

- 5 κλιματιστικά ισχύος **6.5 kW** στη θερμική ζώνη **Z1** με **EER=2.89** και **βαθμό απόδοσης =1**.
- 5 κλιματιστικά ισχύος **2.5 kW** στη θερμική ζώνη **Z2** με **EER=3.57** και **βαθμό απόδοσης =1**.
- 5 κλιματιστικά ισχύος **2.5 kW** στη θερμική ζώνη **Z3** με **EER=3.57** και **βαθμό απόδοσης =1**.
- 5 κλιματιστικά ισχύος **2.0 kW** στη θερμική ζώνη **Z4** με **EER=3.77** και **βαθμό απόδοσης =1**.
- 5 κλιματιστικά ισχύος **3.3 kW** στη θερμική ζώνη **Z5** με **EER=3.00** και **βαθμό απόδοσης =1**.

Το δίκτυο διανομής θα εξυπηρετεί το σύνολο της ισχύος, θα διέρχεται κυρίως από εξωτερικούς χώρους και θα έχει ανεπαρκή μόνωση. Οπότε ο βαθμός απόδοσής του προκύπτει ίσος με **0,935** αφού αφαιρεθούν οι απώλειες του του Πίνακα 4.11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι οποίες είναι ίσες με 6.5%.

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων $N_{em,t}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{em,t} = n_{em} / (f_{im} \times f_{hydr}) \quad (3.9)$$

όπου:

n_{em} : 0,90 για ενσωματωμένες τερματικές μονάδες

f_{im} : 0.97 για διακοπτόμενη λειτουργία

f_{hydr} : 1,00 με υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται: $N_{em}=0.928$.

Τέλος, η ισχύς των βοηθητικών μονάδων θεωρείται για κάθε θερμική ζώνη ίση με 5 W/m² (κτίρια τριτογενούς τομέα), οπότε για κάθε θερμική ζώνη απαιτείται ισχύς:

Πίνακας 3.20: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.

Θερμική Ζώνη	Ισχύς βοηθητικών μονάδων
Z1	1.65
Z2	0.72
Z3	0.74
Z4	0.72
Z5	0.74

3.8.3. Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Ο αρχικός σχεδιασμός του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων (π.χ. κατά τη θερινή περίοδο) ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και την διακύμανση της ζήτησης Z.N.X. του κτηρίου χωρίς σπατάλη ενέργειας. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την εγκατάσταση Z.N.X. είναι η απόδοση των μονάδων παραγωγής Z.N.X., οι απώλειες των δικτύων διανομής Z.N.X. και των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντήρων με εναλλάκτες θερμότητας ή ηλεκτρικών αντιστάσεων κ.ά.).

Για την κάλυψη των φορτίων για Z.N.X. χρησιμοποιούνται **ηλεκτρικοί θερμαντήρες**.

Οι ηλεκτρικοί θερμαντήρες θα έχουν, βάσει Τεχνικής Οδηγίας **B.AΠ.=1** ενώ η απαιτούμενη ισχύς για κάθε θερμική ζώνη υπολογίζεται ως εξής:

Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d (kWh/day) για Z.N.X. δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (3.10)$$

όπου:

V_d [ℓ/ημέρα]: το ημερήσιο φορτίο,

ρ [kg/ ℓ]: η πυκνότητα του νερού, $\rho = 1$ kg/ ℓ,

c [kJ/(kg.K)]: η ειδική θερμότητα, $c = 4,18$ kJ/(kg.K)

ΔT [°C]: θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου (πίνακας 2.6. της [7]) και της θερμοκρασίας του Z.N.X. (45°C). Η διαφορά αυτή προκύπτει ως 25.68 για την κλιματική Ζώνη Α, 27.4 για την κλιματική Ζώνη Β, 29.52 για την κλιματική Ζώνη Γ και 29.6 για την κλιματική Ζώνη Δ.

Έπειτα, η θερμική ισχύς P_m του τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα παραγωγής ZNX υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P_m = \frac{Q_d}{5} \quad (3.11)$$

Έτσι, για κάθε θερμική ζώνη (για τη θερμική ζώνη 1 υπολογίζεται ζεστό νερό χρήσης μόνο για την κουζίνα) η απαιτούμενη ισχύς των τοπικών ηλεκτρικών θερμαντήρων είναι:

Πίνακας 3.21: Απαιτούμενη ισχύς ηλεκτρικών θερμαντήρων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου και για κάθε κλιματική ζώνη.

Θερμική Ζώνη	Απαιτούμενη ισχύς ηλεκτρικών θερμαντήρων (kW)			
	Κλιματική Ζώνη Α	Κλιματική Ζώνη Β	Κλιματική Ζώνη Γ	Κλιματική Ζώνη Δ
Z1	4.5	4.8	5.18	5.20
Z2	14.90	15.90	17.13	17.18
Z3	14.90	15.90	17.13	17.18
Z4	14.90	15.90	17.13	17.18
Z5	14.90	15.90	17.13	17.18

Βάσει της παραπάνω απαιτούμενης ισχύος, σημειώνεται ότι για κάθε θερμική ζώνη Z2-Z5 τοποθετείται και ένας ηλεκτρικός θερμαντήρας.

Σε κάθε περίπτωση, και λόγω της οικονομικής ανάλυσης που γίνεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, τοποθετείται ηλεκτρικός θερμαντήρας 4kW για τη θερμική ζώνη Z1 και κεντρικός ηλεκτρικός θερμαντήρας 21kW για τη θερμική ζώνη κάθε κλιματικής ζώνης μιας και δεν υπάρχει ουσιώδης οικονομική διαφορά.

Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία, οι απώλειες δικτύου λαμβάνονται μηδενικές συνεπώς $\beta_{\text{απ.}}=1$. Το ίδιο θα θεωρήσουμε και για τις απώλειες λόγω του εναλλάκτη θερμότητας για τις τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας, δηλαδή $\beta_{\text{απ.}}=1$ όπως επίσης και για το σύστημα αποθήκευσης.

Για τα βοηθητικά συστήματα, οι τοπικές μονάδες Z.N.X δεν διαθέτουν κανένα βοηθητικό σύστημα διανομής ή ανακυκλοφορίας Z.N.X. και οπότε δεν καταναλώνουν επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, η ισχύς των βοηθητικών συστημάτων σε αυτή την περίπτωση είναι μηδενική.

3.8.4. Απαιτήσεις μηχανικού αερισμού

Για την κάλυψη των απαιτήσεων μηχανικού αερισμού επιλέγονται Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (Κ.Κ.Μ.). Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, είναι συστήματα που εκτός από τη μερική ή ολική κάλυψη των απαιτούμενων επιπέδων αερισμού, χρησιμοποιούνται και για την κάλυψη μερικών ή ολικών θερμικών / ψυκτικών φορτίων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που στον κλιματιζόμενο χώρο δεν υπάρχουν άλλες τερματικές μονάδες για τη θέρμανση / ψύξη των χώρων τότε η Κ.Κ.Μ. καλύπτει όλα τα απαιτούμενα θερμικά ή και ψυκτικά φορτία (συστήματα με 100% αέρα).

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 παράγραφος 5.6.3, τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των Κ.Κ.Μ. ταυτοποιούνται από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή ή από μετρήσεις ή από το σύστημα ελέγχου BEMS, εάν υπάρχει. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου έχουν εισαχθεί στα λογισμικά τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά των Κ.Κ.Μ.

- F_h (m³/h): Μέση παροχή του κλιματιζόμενου αέρα, για την χειμερινή περίοδο λειτουργίας της ΚΚΜ
- R_h : Συντελεστής ανακυκλοφορίας του προσαγόμενου αέρα στην θερμική ζώνη, για την χειμερινή περίοδο (συντελεστής ανακυκλοφορίας 1 σημαίνει 0% εξωτερικός (νωπός) αέρας και Συντελεστής ανακυκλοφορίας 0 σημαίνει 100% νωπός αέρας)
- Q_{r_h} : Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας, δηλαδή ο συντελεστής απόδοσης του εναλλάκτη θερμότητας, για την χειμερινή περίοδο
- F_c (m³/h): Μέση παροχή του κλιματιζόμενου αέρα, για την θερινή περίοδο λειτουργίας της ΚΚΜ
- R_c : Συντελεστής ανακυκλοφορίας του προσαγόμενου αέρα στην θερμική ζώνη, για την θερινή περίοδο
- Q_{r_c} : Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας, για την θερινή περίοδο
- H_r : Συντελεστής ανάκτησης υγρασίας από τον απορριπτόμενο αέρα της ζώνης
- E_{vent} (kWs/m³): Συνολική ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής της ΚΚΜ (η ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα ανά μονάδα παρεχόμενου αέρα)
- Ύπαρξη φίλτρων στην ΚΚΜ και ενεργού τμήματος ύγρανσης

Σε κάθε θερμική ζώνη τοποθετείται **ΚΚΜ προσαγωγής** που να καλύπτει τις εκάστοτε απαιτήσεις νωπού αέρα, με ενεργό τμήμα θέρμανσης και ψύξης, χωρίς τμήμα ύγρανσης ή φίλτρα. Ο συντελεστής ανακυκλοφορίας θεωρείται μηδενικός, ενώ ο **συντελεστής ανάκτησης θερμότητας είναι 0,7**, ως μία ενδεικτική τιμή. Τέλος η **ειδική ηλεκτρική ισχύς** ορίζεται **0,8**, που βρίσκεται εντός των ενδεικτικών τιμών για απλές ΚΚΜ.

3.8.5. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, για το σύστημα φωτισμού, για κάθε θερμική ζώνη αλλά και στο σύνολο του κτηρίου καταγράφονται οι εξής παράμετροι:

- Οι ζώνες τεχνητού φωτισμού
- Η εγκατεστημένη ισχύς των λαμπτήρων και των φωτιστικών του χώρου (kW)
- Ο τύπος του συστήματος λειτουργίας που υπάρχει στο φωτιστικό
- Η φωτεινή απόδοση [lm/W] των λαμπτήρων και φωτιστικών ανά τύπο λαμπτήρα
- Η εγκατεστημένη ισχύς ανά m^2 (W/m^2)
- Τα σύστημα ελέγχου λειτουργίας φωτισμού
- Η εγκατεστημένη ισχύς (kW) που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες φυσικού φωτισμού
- Η εγκατεστημένη ισχύς (kW) που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης – παρουσίας
- Η εγκατεστημένη ισχύς (kW) που ελέγχεται ταυτόχρονα με αισθητήρες φωτισμού και με αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης - παρουσίας
- Το ποσοστό του χώρου που λαμβάνεται ως ζώνη φυσικού φωτισμού
- Η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο
- Η απαίτηση για τεχνητό φωτισμό σε ένα χώρο

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό [W] σε μια θερμική ζώνη υπολογίζεται από τον τύπο των συστημάτων φωτισμού που είναι εγκατεστημένα και την καταγραφή του αριθμού φωτιστικών, των λαμπτήρων και του εξοπλισμού λειτουργίας τους (ballast, driver κλπ).

Η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς (W/m^2) γενικού φωτισμού υπολογίζεται ανάλογα με τον τύπο λαμπτήρων και του εξοπλισμού λειτουργίας (τύπος ballast κλπ) που καταγράφονται στο υπό επιθεώρηση κτήριο, την ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx) ανάλογα με τη χρήση του χώρου και τις τυπικές τιμές του συντελεστή μετατροπής (πυκνότητα ισχύος ανά 100lx), για διάφορες τεχνολογίες φωτιστικών που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτήρια και δίνεται στον πίνακα 5.1α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Στο κτίριο θεωρήθηκε ότι σε κάθε ζώνη το **ποσοστό φυσικού φωτισμού** καλύπτει το **35%** της επιφάνειας για τις θερμικές ζώνες **Z2-Z5** και **50%** για τη θερμική ζώνη **Z1**. Για τον τεχνητό φωτισμό στο σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης επιλέχθηκαν λαμπτήρες πυρακτώσεως και αναλογικά με την επιφάνεια που καλύπτει η κάθε θερμική ζώνη, αλλά και τα ποσοστά των διαφορετικών χρήσεων που περιλαμβάνει (για τις αντίστοιχες απαιτήσεις φωτισμού) προέκυψε η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς. Στο σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης του ξενοδοχείου δεν υφίστανται αυτοματισμοί, δηλαδή ο έλεγχος φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης της

κίνησης είναι χειροκίνητοι με διακόπτες. Το κτίριο περιλαμβάνει και φωτισμό ασφαλείας για περιπτώσεις ανάγκης.

Πίνακας 3.22: Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lx.

Φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες	Πυκνότητα ισχύος ανά 100 lx [W/m ² /100lx]
Απλός πυράκτωσης	27.0

3.8.6. Διατάξεις αυτόματου ελέγχου

Για όλες τις θερμικές ζώνες, προκειμένου να προσδιορισθεί η κατανάλωση ενέργειας επιλέγεται η κατηγορία Δ αναφορικά με τις διατάξεις ελέγχου και αυτοματισμού σύμφωνα με τον πίνακα 5.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.

<p>Συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης με θερμική αδράνεια (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια – ενδοτοιχία θέρμανση, ψυχόμενες οροφές)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ο έλεγχος της λειτουργίας των θερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος χωρίς θερμοστάτες χώρου. 2. Ο έλεγχος των κυκλοφορητών του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος ή χωρίς χρονοπρόγραμμα, χωρίς καμία ανάδραση από τη ζήτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου. 3. Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης / ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσω προς το δίκτυο διανομής. 4. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης δεν ελέγχεται η προτεραιότητα. <p>Λοιπά συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης (fancoils, συστήματα αέρα)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ο έλεγχος της λειτουργίας των θερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος χωρίς θερμοστάτες χώρου. 2. Ο έλεγχος των κυκλοφορητών του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος ή χωρίς χρονοπρόγραμμα, χωρίς καμία ανάδραση από τη ζήτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου. 3. Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης / ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσω προς το δίκτυο διανομής. 4. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης δεν ελέγχεται η προτεραιότητα. <p>Συστήματα αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής ο έλεγχος της προσαγωγής αέρα είναι χειροκίνητος. 	Δ
<ol style="list-style-type: none"> 2. Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (freecooling) ή νυχτερινού αερισμού (night ventilation - cooling). 3. Κανένας θερμοστατικός έλεγχος του αέρα προσαγωγής και της υγρασίας του αέρα 	

Σχήμα 3.31 Συστήματα αυτοματισμών κατηγορίας Δ.

3.9. Παραδοχές

Στα πλαίσια της ενεργειακής μελέτης έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων θέρμανσης και ψύξης θεωρήθηκαν κοινά κατά τη διάρκεια του έτους.
- Για τον υπολογισμό του συντελεστή σκίασης λήφθηκαν υπόψη οι προεξοχές του κτιρίου, οι πρόβολοί του, ενώ ο σκιασμός από απέναντι εμπόδια θεωρήθηκε αμελητέος.
- Σχετικά με τον τύπο και τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν οι τυπικές τιμές του Κ.Εν.Α.Κ. για την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου.
- Στο λογισμικό Revit, τα δομικά στοιχεία του οπλισμένου σκυροδέματος και της οπτοπλινθοδομής τοποθετήθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται όσο το

δυνατόν καλύτερα και ακριβέστερα το μοντέλο στα ενεργειακά δεδομένα του κτιρίου. Δηλαδή, τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος (φέρον οργανισμός του κτιρίου) τοποθετήθηκε ως τμήμα τοιχοποιίας σε κάθε προσανατολισμό του κτιρίου.

Επιπλέον, σύμφωνα με παράγραφο 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου, λαμβάνονται συγκεκριμένες περιόδους για τη θέρμανση και ψύξη ανάλογα την κλιματική ζώνη:

- Για τις Ζώνες Α' και Β' η περίοδος θέρμανσης είναι από την 1η Νοεμβρίου μέχρι και τις 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από τις 15 Μαΐου μέχρι και τις 15 Σεπτεμβρίου.

- Για τις Ζώνες Γ' και Δ' η περίοδος θέρμανσης είναι από την 15η Οκτωβρίου μέχρι και τις 30 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από την 1η Ιουνίου μέχρι και τις 31 Αυγούστου [7].

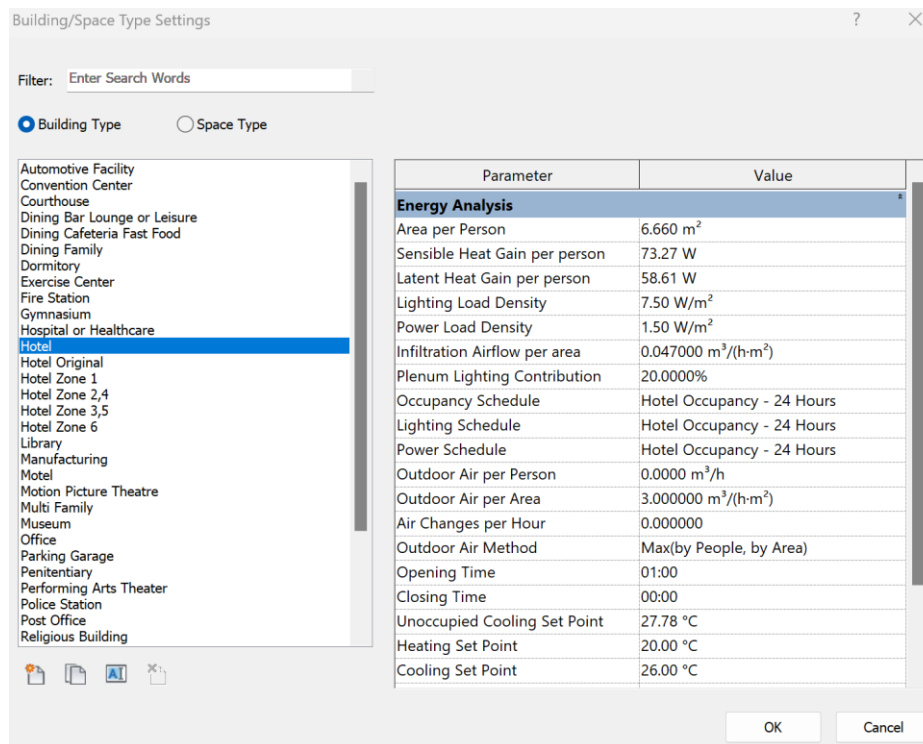
Ωστόσο, για τη συνοχή των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης για το ξενοδοχείο, θεωρήθηκε μία ενιαία περίοδος θέρμανσης και αντίστοιχα μία ενιαία περίοδος ψύξης, ανεξαρτήτως κλιματικής ζώνης στην οποία θεωρείται ότι υπάγεται κάθε φορά. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψη τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης που θέτει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, η περίοδος θέρμανσης ορίστηκε από το Νοέμβριο έως τον Απρίλιο και η περίοδος ψύξης από Ιούνιο έως Σεπτέμβριο.

3.10. Διευκρινήσεις δεδομένων εισαγωγής ενεργειακής ανάλυσης στο Revit

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται διευκρινιστικά τα δεδομένα εισαγωγής για την ενεργειακή ανάλυση του ξενοδοχείου στο Revit.

Σημειώνεται ότι στην υπάρχουσα κατάσταση το κτίριο εισάγεται στο λογισμικό ως αναβαθμισμένο ως προς το κέλυφος και το φωτισμό, δηλαδή διαθέτει στην υπάρχουσα κατάστασή του, φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή, θερμομόνωση ελάχιστου πάχους κατά Κ.Εν.Α.Κ. για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας, κουφώματα συνθετικά με διπλό υαλοπίνακα (δεδομένα τα οποία προκύπτουν όπως περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια 4.1.1.1 και 4.1.1.2 και εισάγονται στο λογισμικό) και φωτισμό με λαμπτήρες LED. Διαθέτει, επίσης, σύστημα Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας (ΚΚΜ) από την ηλεκτρονική βιβλιοθήκη του Revit το Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff πληροφορίες για τα οποία δίδονται στα κεφάλαια 3 και 4 με τις λεπτομέρειες λειτουργίας να αναλύονται στην υπάρχουσα υποενότητα.

Αφού ο χρήστης χωρίσει το κτίριο σε χώρους και ζώνες μπορεί να ορίσει στο πρόγραμμα του Revit το είδος του κτιρίου του και τις παραμέτρους της ενεργειακής ανάλυσης που συμβαδίζουν με τους κανονισμούς της εκάστοτε περιοχής. Το υπό μελέτη ξενοδοχείο ακολουθεί τα πρότυπα του Κ.Εν.Α.Κ. και άρα όλες οι τιμές της παρακάτω εικόνας προκύπτουν από τους σχετικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1:2017, όπως έχει περιγραφεί και στα προηγούμενα κεφάλαια.



Σχήμα 3.32 Παράμετροι ενεργειακής ανάλυσης στο περιβάλλον του Revit.

Πιο συγκεκριμένα,

- Το υπό μελέτη κτίριο εντάσσεται στην κατηγορία κτιρίου ξενοδοχείου (Hotel) όπως απεικονίζεται στο αριστερό τμήμα της παραπάνω εικόνας.
- Ο πρώτος συντελεστής της ενεργειακής ανάλυσης είναι η επιφάνεια χώρου που αντιστοιχεί σε ένα άτομο (Area per Person), η οποία προκύπτει από τον πίνακα 2.3 του παραρτήματος της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. Αναλυτικότερα σε μια επιφάνεια 100 m², σύμφωνα με τον πίνακα, υπάρχουν 15 άτομα άρα η επιφάνεια που αναλογεί στο καθένα είναι 6.66 m².
- Οι συντελεστές αισθητών θερμικών κερδών ανά άτομο (Sensible Heat Gain per person) και λανθανόντων θερμικών κερδών ανά άτομο (Latent Heat Gain per person) παραμένουν ίδιοι με αυτούς που ορίζει το πρόγραμμα του Revit δεδομένου ότι η σχετική τιμή της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1:2017 αναφέρεται στο σύνολο του θερμικού κέρδους χωρίς διάκριση μεταξύ αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας.
- Η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (με λαμπτήρες LED) για το κτίριο με χρήση ξενοδοχείου ορίζεται στα $2.5 \times 3 = 7.5 \text{ W/m}^2$ η οποία στηρίζεται στο παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και συγκεκριμένα στον πίνακα 2.4 και 5.1α.
- Η ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού (Power load density), πλην του φωτισμού, προκύπτει από τον πίνακα 2.8 του παραρτήματος της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. στην οποία για ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας είναι 1.5 W/m^2 .
- Η διείσδυση αέρα ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας δαπέδου ορίζεται σε $0.047 \text{ m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$, τιμή η οποία προκύπτει από τη διαίρεση της τιμής $53.46 \text{ m}^3/\text{h}$ (διείσδυση αέρα από τα κουφώματα στο σενάριο 1, Κεφ. 4^ο) διά το εμβαδό του κτιρίου.
- Για τα ωράρια λειτουργίας (Occupancy Schedules) χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας 2.1 από το παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με το οποίο το πρόγραμμα λειτουργίας του ξενοδοχείου είναι 24 ώρες/ημέρα, 7 ημέρες/εβδομάδα και 12 μήνες/χρόνο.

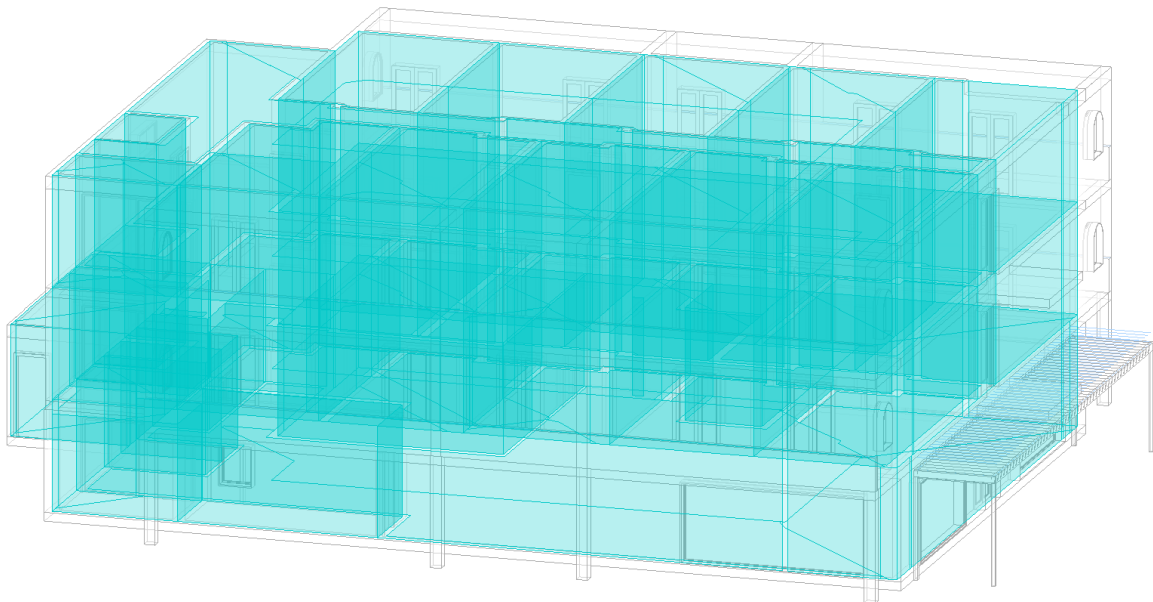
- Το πρόγραμμα θερμικών κερδών λόγω τεχνητού φωτισμού (Lighting Schedule) συμβαδίζει με το ωράριο λειτουργίας και είναι ίσο με 24 ώρες, 7 ημέρες την βδομάδα για 12 μήνες.
- Το ωριαίο πρόγραμμα θερμικών κερδών από τη λειτουργία των συσκευών (Power Schedule) ορίζεται και αυτό ανοικτό 24 ώρες την ημέρα.
- Ο αερισμός (Outdoor Air per Person) ορίζεται ίσος με μηδέν καθώς θα συνυπολογιστεί στον αερισμό για διασφάλιση ποιότητας αέρα ανά επιφάνεια.
- Ο αερισμός ανά επιφάνεια δαπέδου (Outdoor Air per Area) προκύπτει από τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., ο οποίος είναι $3 \text{ m}^3/(\text{h}\times\text{m}^2)$ για ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας.
- Οι διαφυγές αέρα ανά ώρα (Air Changes per Hour) δεν αλλάζουν, διατηρείται η τιμή του προγράμματος και είναι ίση με 0.
- Για τον συντελεστή «Μέθοδος εξωτερικού αέρα» (Outdoor Air Method) επιλέγεται η τιμή αερισμού η οποία προκύπτει ως η μέγιστη τιμή μεταξύ του «εξωτερικού αέρα ανά άτομο» και «εξωτερικού αέρα ανά επιφάνεια», που όπως προαναφέρθηκε αντιμετωπίζονται με ενιαίο τρόπο.
- Οι ώρες έναρξης (Opening time) και τέλους (Closing time) της λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, δεν αλλάζουν και ισχύουν οι προκαθορισμένες τιμές του προγράμματος.
- Η θερμοκρασία θερμοστάτη για την ψύξη (Cooling Set Point) ορίζεται από τον Πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 στους $26 \text{ }^\circ\text{C}$ και για τη θέρμανση (Heating Set Point) στους $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Ο μηχανικός αερισμός του κτιρίου αποτελείται από ΚΚΜ, με χαρακτηριστικά σύμφωνα με την παράγραφο 3.8.4 του παρόντος.
- Το σύστημα θέρμανσης, ψύξης, ζυγ το οποίο λήφθηκε υπόψη για την υφιστάμενη κατάσταση του ξενοδοχείου είναι το Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff που υπάρχει στη βιβλιοθήκη του Revit ως default επιλογή. Δεν υπήρχε η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί κάποιο πιο οικείο για τα Ελληνικά δεδομένα σύστημα όπως λέβητας πετρελαίου για θέρμανση, τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες για ZNX και κλιματιστικό για ψύξη ενώ πιθανές τιμές που αποκλίνουν από τα Ελληνικά πρότυπα όπως θα αναφερθούν παρακάτω αλλά και στο κεφάλαιο 4.2 είναι γιατί συστήματα με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά απαντώνται στις ΗΠΑ.

Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)
<ul style="list-style-type: none"> • Water cooled centrifugal chiller (COP 5.96) • Open, atmospheric pressure cooling tower with variable speed fan and 5-degree Fahrenheit (2.8-degree Celsius) approach • Forward curved fan with Variable Speed Drive (VSD) and premium efficiency motor • 3.5 inch of water gauge (871.8 pascals) static pressure Variable Air Volume (VAV) duct system • Integrated differential dry-bulb temperature economizer • Gas-fired hot water boiler with draft fan >2500 kBtuh, 84.5% combustion efficiency • Variable volume hot water pump • Hot water coil • Hot water reheat boxes • Variable volume chilled water pump • Chilled water coil • Variable volume condenser water pump • Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)

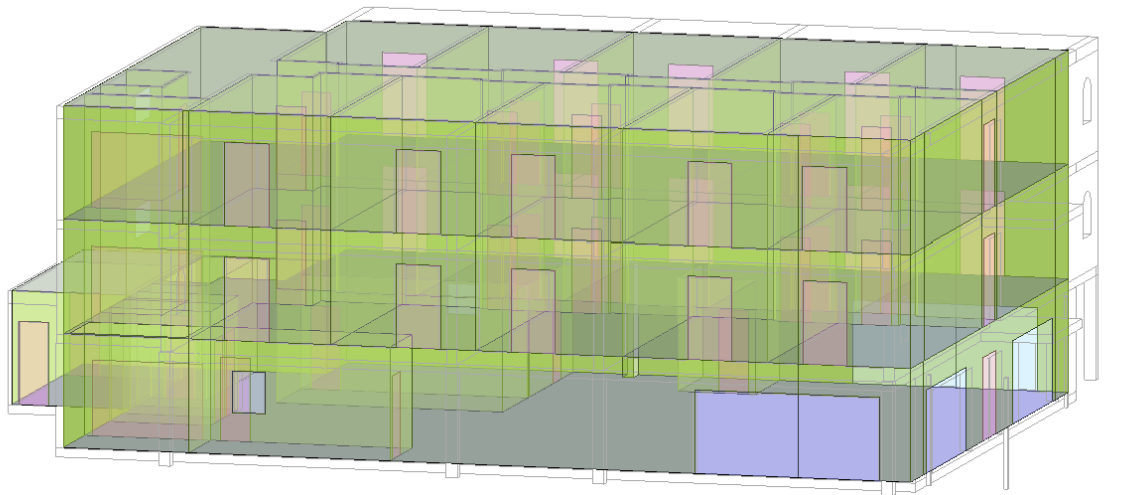
Σχήμα 3.33 Λεπτομέρειες default συστήματος στην υφιστάμενη κατάσταση [10].

- ❖ Πρόκειται για σύστημα με Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (ΚΚΜ) μεταβλητής παροχής αέρα (VAV), της οποίας το ψυκτικό στοιχείο νερού, τροφοδοτείται από φυγοκεντρικό ψύκτη και πύργο ψύξης με COP 5.96 (υδρόψυκτος ψύκτης). Η ΚΚΜ έχει και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer).
- ❖ Η θέρμανση πραγματοποιείται από λέβητα νερού με καύσιμο αέριο με μπόιλερ ζεστού νερού με απόδοση καύσης 84.5%. Όλες οι αντλίες (ψυχρού - θερμού - πύργου ψύξης) είναι τύπου inverter.
- ❖ Τα «Hot water reheat boxes» είναι (πιθανότατα) τοπικά θερμαντικά στοιχεία που τοποθετούνται σε κάθε τελική έξοδο-παροχή αέρα, για ρύθμιση της σχετικής υγρασίας του χώρου. (Για να αφυγρανθεί πολύ ο αέρας γίνεται «βαθιά ψύξη» στην ΚΚΜ, οπότε ο αέρας χρειάζεται μεταθέρμανση πριν εισέλθει σε – κάποιους/ορισμένους -χώρους).
- ❖ Για το ZNX ισχύουν όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.
- ❖ Στα πλεονεκτήματα του συστήματος περιλαμβάνονται ο ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας με προσέγγιση 2.8°C, η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από τους ανεμιστήρες (VSD: Variable Speed Drive) και τις αντλίες τύπου inverter του συστήματος, ο λιγότερος θόρυβος του ανεμιστήρα και η πρόσθετη αφύγρανση.

Αφού ο χρήστης κατασκευάσει το μοντέλο στο Revit και συμπληρώσει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την ενεργειακή του ανάλυση, με τις επιλογές Analyze→ Energy optimization→Create energy model, δημιουργείται το ενεργειακό μοντέλο και αρχικά τα Analytical Spaces, οι χώροι δηλαδή που λαμβάνονται υπόψη για την ενεργειακή ανάλυση σύμφωνα με τη λογική που περιγράφηκε στο παρόν κεφάλαιο. Παρακάτω παρατίθεται στιγμιότυπο των analytical spaces και analytical surfaces όπως καθορίστηκαν στο Revit.



Σχήμα 3.34 Analytical Spaces στο περιβάλλον του Revit.



Σχήμα 3.35 Analytical Surfaces στο περιβάλλον του Revit.

Έπειτα, ο χρήστης επιλέγει την εντολή Generate και με την επιλογή Optimize πηγαίνει απευθείας στο περιβάλλον του Insight για την πολυκριτηριακή ανάλυση στη δική μας περίπτωση. Αντίστοιχα, μπορεί να μεταφερθεί και στο περιβάλλον του Green Building Studio καθώς τα δεδομένα της προσομοίωσης μεταφέρονται αυτόματα και εκεί (όλα πραγματοποιούνται μέσω cloud) για περαιτέρω ανάλυση και μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Βιβλιογραφία 3^ο κεφαλαίου

- [1] “Λογισμικό TEE KENAK | TEE.” Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: <https://web.tee.gr/kenak/logismiko-tee-kenak/>
- [2] “Autodesk Revit - Wikipedia.” Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Revit
- [3] Βαρδάκη Σοφία, “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ REVIT ΚΑΙ GBS,” Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2018.
- [4] “Window-to-Wall Ratio (WWR) · Insight Widget Settings.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: https://adskinsight.gitbooks.io/insight-widget-settings/content/insight_widget_settings/window-to-wall_ratio_wwr.html
- [5] “My Insights - Insight - High performance and sustainable building design analysis.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://insight.autodesk.com/OneEnergy/Insight>
- [6] “Help: Building Operating Schedules.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ENU/?guid=GUID-D7783A4F-2445-44B6-AD91-707348CE5130>
- [7] Τ.Ε. ΕΛΛΑΔΑΣ, “ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.,” 2017.
- [8] “Κλιματικές Ζώνες και όρια Συντελεστή Θερμοπερατότητας - monodomiki.gr.” Accessed: Dec. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.monodomiki.gr/ell/blog-details/klimatikes-zones-kai-oria-syntelesti-thermoperatotitas>
- [9] Τ.Ε. ΕΛΛΑΔΑΣ, “ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ,” 2012.
- [10] “Help | HVAC Systems | Autodesk.” Accessed: Jan. 18, 2024. [Online]. Available: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/ENU/?guid=GUID-38A9EB5B-8631-43B4-9AD6-6F532BC860D8>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει η απαίτηση από την EPBD για τα πλήρως ανακαινισμένα κτίρια να μετατραπούν σε κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) από το 2021, ενώ για τα νέα κτίρια προστίθεται ο μακροπρόθεσμος στόχος των κτιρίων μηδενικών εκπομπών από το 2030. Βάσει αυτών των στόχων, και των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν τα πράσινα ξενοδοχεία, όπως αναλύθηκαν στο 2^ο κεφάλαιο, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μετατροπή ενός συμβατικού, ξενοδοχείου της Ελλάδας σε πράσινο εστιάζοντας στην ενεργειακή του συμπεριφορά και τις εκπομπές CO₂. Δεδομένου ότι το κτίριο στην παρούσα κατάσταση, κατασκευασμένο προ του 1980, διαθέτει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή, ξύλινα κουφώματα και σύστημα θέρμανσης μέσω λέβητα πετρελαίου, σύστημα ψύξης μέσω αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα (κλιματιστικά), ζεστού νερού χρήσης με ηλεκτρικούς θερμαντήρες, φωτισμό με λαμπτήρες πυρακτώσεως και αερισμού με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες πραγματοποιείται μια πολυπαραμετρική ανάλυση διαφόρων σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου και για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, τόσο με το λογισμικό TEE-KENAK όσο και με το λογισμικό Revit μαζί με τη χρήση των Insight και Green Building Studio.

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται αναλυτικά η λογική διαστασιολόγησης κάθε βελτιωτικού σεναρίου σε κάθε κλιματική ζώνη και παρατίθενται όλα τα δεδομένα εισαγωγής στα δύο λογισμικά. Συνοπτικά, τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης για κάθε λογισμικό είναι τα εξής:

Για το λογισμικό TEE-KENAK:

- Σενάριο 1: Βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους (προσθήκη θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων).
- Σενάριο 2: Βελτίωση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού (χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED)
- Σενάριο 3: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα
- Σενάριο 4: Τοποθέτηση αυτοματισμών (BEMS)
- Σενάριο 5: Συνδυασμός των σεναρίων 1-4 (Ολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου)

Για το λογισμικό Revit:

- Σενάριο 6: Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (VAV)
- Σενάριο 7: Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System)
- Σενάριο 8 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System)
- Σενάριο 9 : Τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC)
- Σενάριο 10 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump)
- Σενάριο 11 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV)
- Σενάριο 12 : Τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)

- Σενάριο 13 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης (High Eff. Heat Pump)

Έτσι, παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά πληροφορίες για καθένα από τα παραπάνω σενάρια ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου.

4.1. Σενάρια ενεργειακής βελτίωσης στο TEE-KENAK

4.1.1. Σενάριο 1 : Βελτίωση θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους

Το πρώτο στάδιο για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου αποτελεί η ικανοποίηση της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου. Για αυτό το λόγο υπολογίσθηκαν, αρχικά, οι ανταλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον του μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής και, στη συνέχεια, ελέγχθηκε το αν οι προτεινόμενες αυτές παρεμβάσεις βρίσκονται εντός των ορίων του Κ.Εν.Α.Κ.. Ο υπολογισμός έγινε ως ακολούθως:

- Στάδιο 1: Ελέγχθηκε η θερμική επάρκεια των επιμέρους δομικών στοιχείων του ξενοδοχείου, δηλαδή αν ισχύει $U \leq U_{max}$. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{max} εξαρτάται από την κατηγορία του δομικού στοιχείου και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το ξενοδοχείο. Σε αυτό το στάδιο ελέγχθηκαν τόσο τα διαφανή όσο και τα αδιαφανή δομικά στοιχεία.
- Στάδιο 2: Ελέγχθηκε η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου, δηλαδή αν ισχύει $U_m \leq U_{m,max}$ (U_m η μέση τιμή θερμοπερατότητας του κάθε κτιρίου). Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή $U_{m,max}$ εξαρτάται από την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται κάθε φορά το κτίριο και από το λόγο A/V , όπου A η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κάθε κτιρίου και V ο συνολικός του όγκος.

4.1.1.1. Προσθήκη θερμομόνωσης

Το πρώτο σενάριο ενεργειακής βελτίωσης του κελύφους αποτελεί η προσθήκη θερμομόνωσης. Στο πλαίσιο της εργασίας, ο υπολογισμός του πάχους θερμομόνωσης έγινε βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για κάθε κλιματική ζώνη χωριστά, ώστε να ικανοποιούνται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε ένα από τα δομικά στοιχεία που αποτελούν το κτίριο. Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε βάσει του κεφαλαίου 3.7.1. της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, σε όλα τα δομικά στοιχεία τοποθετήθηκε αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.033$ W/m*K. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα εξωτερικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος και οπτοπλινθοδομής τοποθετήθηκε το ίδιο πάχος θερμομόνωσης για κάθε ζώνη, καθ' ότι ο υπολογισμός έγινε για τη δυσμενέστερη περίπτωση απαιτούμενου πάχους, αυτή του οπλισμένου σκυροδέματος. Αντίστοιχη λογική ακολουθήθηκε και για τις αδιαφανείς διατομές της οροφής και του δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο, που επειδή πρόκειται για οριζόντια επιφάνεια της ίδιας στάθμης, επιλέχθηκε ένα ενιαίο πάχος θερμομόνωσης, αυτό της δυσμενέστερης περίπτωσης που είναι της οροφής σε επαφή με μθχ.

Στα πλαίσια του υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου (U) θεωρήθηκε μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνεια του υλικού ροή θερμότητας. Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε είναι [1]:

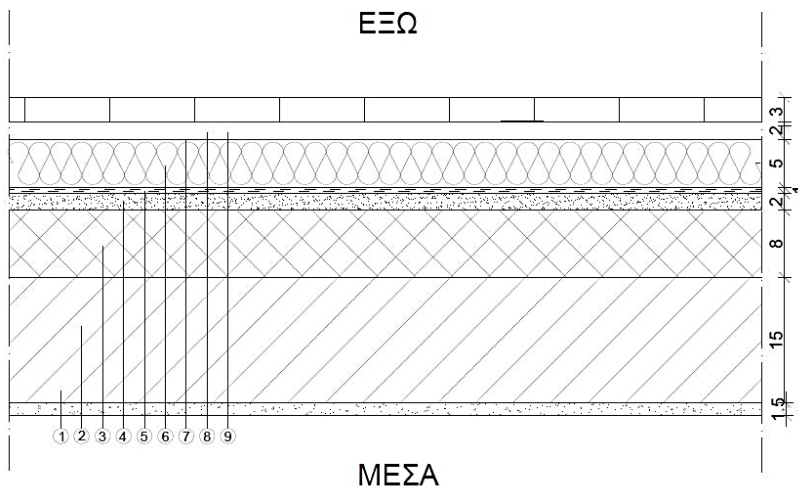
$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_\alpha} \quad (4.1)$$

όπου,

- d_j : το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού j ,
- λ_i : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου δομικού υλικού j ,
- R_a : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εξωτερική πλευρά του δομικού υλικού,
- R_i : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εσωτερική πλευρά του δομικού υλικού,
- R_δ : θερμική αντίσταση κλειστού διακένου αέρα.

Επιπλέον, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, αναλόγως της θέσης τους εντός του κτιρίου, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής U_{max} , όπως αυτή καθορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας βάσει του Πίνακα 3.4α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Παρακάτω παρατίθενται τα δομικά στοιχεία του κελύφους σχηματικά (6 διαφορετικές περιπτώσεις αδιαφανών διατομών) σε συνάρτηση με τα υλικά και τη διαστρωμάτωσή τους όπως απεικονίζονται στο λογισμικό Revit. Τονίζεται ότι στο λογισμικό Revit τα υλικά που απαρτίζουν την κάθε διατομή ορίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να συμβαδίζουν με τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας έπειτα από την προσθήκη θερμομόνωσης, όπως παρατίθενται μετά τις διατομές. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι διατομές για το πάχος θερμομόνωσης στην κλιματική Ζώνη Α. Μετέπειτα παρατίθενται τα υπολογιζόμενα πάχη θερμομόνωσης ενώ οι αναλυτικοί τους υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙ ενδεικτικά για τη Ζώνη Α.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα
2. Οπλισμένο σκυρόδεμα
3. Κισηρόδεμα
4. Εξομαλυντική στρώση τσιμεντοκονιάματος
5. Διπλή στρώση ασφαλτοπάνου
6. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
7. Γεωϋφασμα
8. Ανοικτό διάκενο αερισμού
9. Πλάκες πεζοδρομίου

type Properties

Family: System Family: Floor
Type: Kon-Doma

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Default Thickness	0.3320
Function	Interior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Kon - O/S Concrete, Cast In Situ
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	0.4988 W/(m²·K)
Thermal Resistance (R)	2.0049 (m²·K)/W
Thermal Mass	586.121500 kJ/(m²·K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3
Identity Data	
Type Image	

Family: Floor
Type: Kon-Doma
Total thickness: 0.3320 (Default)
Resistance (R): 2.0049 (m²·K)/W
Thermal Mass: 586.12 kJ/(m²·K)

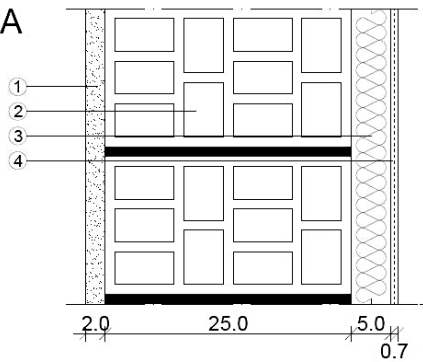
Layers

Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
1 Finish 2 [5]	Kon Geoufas	0.0070	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Thermal/Air Laye-Kon-XPS dom	Kon-XPS dom	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Substrate [2]	Kon Asfaltopa	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Substrate [2]	Kon Tsimento	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Substrate [2]	Kon Kisirodem	0.0800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Core Boundary Layers Above		0.0000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Structure [1]	Kon - O/S Co	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Buttons: Insert, Delete, Up, Down

Σχήμα 4.1 Διατομή δώματος οροφής σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).

ΜΕΣΑ



ΕΞΩΤ. ΑΕΡΑΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα
2. Οπτοπλινθοδομή
3. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
4. Συνθετικό κονίαμα

Family: System Family: Basic Wall
Type: Kon-OptEx

Family: Basic Wall
Type: Kon-OptEx
Total thickness: 0.3270 (Default)
Resistance (R): 2.1399 (m²-K)/W
Thermal Mass: 481.00 kJ/(m²-K)
Sample Height: 3.0000

Type Parameters

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Wrapping at Inserts	Do not wrap
Wrapping at Ends	None
Width	0.3270
Function	Exterior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Kon - Optoplinthodomi Brick, Common
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	0.4673 W/(m ² -K)
Thermal Resistance (R)	2.1399 (m ² -K)/W
Thermal Mass	480.997500 kJ/(m ² -K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3

Layers

EXTERIOR SIDE					
Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
1	Finish 2 [5]	Kon Sunthetik	0.0070	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Structure [1]	Kon-XPS Toixo	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary Layers Above W 0.0000				
4	Structure [1]	Kon - Optopli	0.2500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Core Boundary Layers Below W 0.0000				
6	Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

INTERIOR SIDE

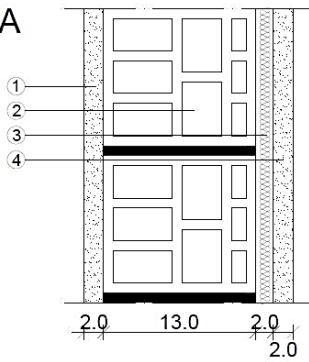
Insert Delete Up Down

Default Wrapping
At Inserts: Do not wrap
At Ends: None

Modify Vertical Structure (Section Preview only)
Modify Merge Regions Sweeps
Assign Layers Split Region Reveals

Σχήμα 4.2 Διατομή εξωτερικού τοίχου από οπτοπλινθοδομή σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).

ΜΕΣΑ



Μ.Θ.Χ.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα
2. Οπτοπλινθοδομή
3. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
4. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα

The screenshot displays the Revit Properties palette for a wall element. The left pane shows a vertical wall section. The right pane contains the following information:

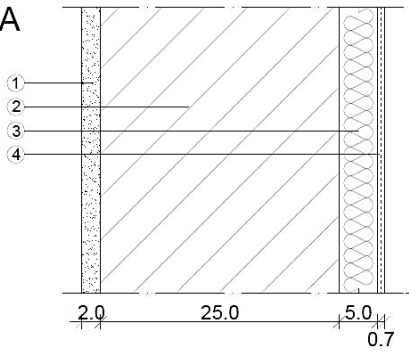
- Family:** System Family: Basic Wall
- Type:** Kon-OptEsMthx
- Type Parameters:**

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Wrapping at Inserts	Do not wrap
Wrapping at Ends	None
Width	0.1900
Function	Interior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Kon - Optoplinthodomi Brick, Common
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	0.8774 W/(m ² ·K)
Thermal Resistance (R)	1.1397 (m ² ·K)/W
Thermal Mass	301.215000 kJ/(m ² ·K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3
- Layers:**

Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
1	Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Thermal/Air Laye	Kon-XPS Toixo	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary Layers Above W 0.0000				
4	Structure [1]	Kon - Optopli	0.1300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Core Boundary Layers Below W 0.0000				
6	Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Default Wrapping:** At Inserts: Do not wrap; At Ends: None
- Modify Vertical Structure (Section Preview only):** Modify, Merge Regions, Sweeps, Assign Layers, Split Region, Reveals

Σχήμα 4.3 Διατομή τοίχου από οπτοπλινθοδομή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).

ΜΕΣΑ



ΕΞΩΤ. ΑΕΡΑΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα
2. Οπλισμένο σκυρόδεμα
3. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
4. Συνθετικό κονίαμα

The screenshot displays the Revit software interface for a wall element. On the left is a 3D view of the wall. The main area shows the 'Properties' palette with the following sections:

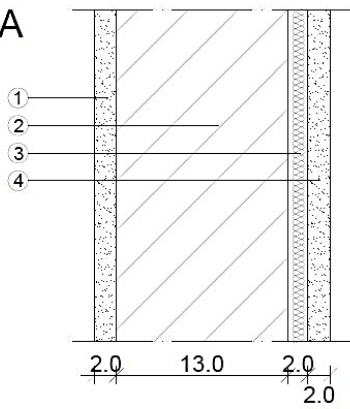
- Family:** System Family: Basic Wall
- Type:** Kon-OptSkurEx
- Type Parameters:**

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Wrapping at Inserts	Do not wrap
Wrapping at Ends	None
Width	0.3270
Function	Exterior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Kon - O/S Concrete, Cast In Situ
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	0.5477 W/(m ² ·K)
Thermal Resistance (R)	1.8259 (m ² ·K)/W
Thermal Mass	655.997500 kJ/(m ² ·K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3
- Summary Statistics:**
 - Family: Basic Wall
 - Type: Kon-OptSkurEx
 - Total thickness: 0.3270 (Default)
 - Resistance (R): 1.8259 (m²·K)/W
 - Thermal Mass: 656.00 kJ/(m²·K)
 - Sample Height: 3.0000
- Layers Table:**

EXTERIOR SIDE						
Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable	
1	Finish 2 [5]	Kon Sunthetik	0.0070	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Structure [1]	Kon-XPS Toixo	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Core Boundary	Layers Above W 0.0000				
4	Structure [1]	Kon - O/S Con	0.2500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Core Boundary	Layers Below W 0.0000				
6	Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Σχήμα 4.4 Διατομή εξωτερικού τοίχου από σκυρόδεμα σε επαφή με εξωτερικό αέρα (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω).

ΜΕΣΑ



Μ.Θ.Χ.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα
2. Οπλισμένο σκυρόδεμα
3. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
4. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα

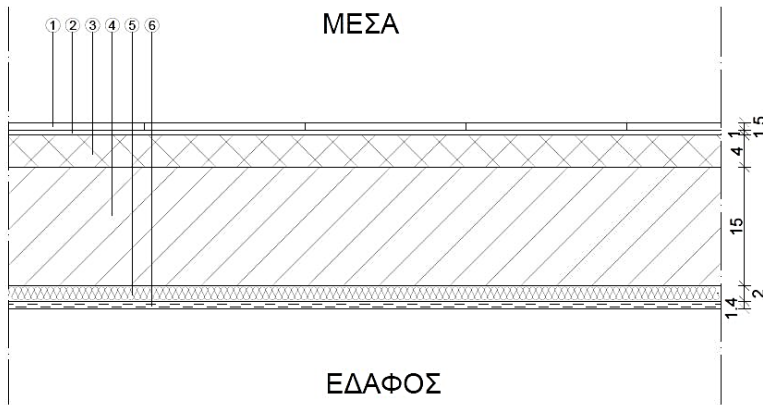
Family: System Family: Basic Wall
 Type: Kon-OptSkurEsMthx
 Total thickness: 0.1900 (Default)
 Resistance (R): 0.9675 (m²·K)/W
 Thermal Mass: 392.22 kJ/(m²·K)

Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
1 Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Thermal/Air Laye	Kon-XPS Toixo	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Core Boundary	Layers Above W 0.0000		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Structure [1]	Kon - O/S Con	0.1300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Core Boundary	Layers Below W 0.0000		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Finish 2 [5]	Kon Asvestotsi	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANALYTICAL PROPERTIES

Heat Transfer Coefficient (U)	1.0335 W/(m ² ·K)
Thermal Resistance (R)	0.9675 (m ² ·K)/W
Thermal Mass	392.215000 kJ/(m ² ·K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3

Σχήμα 4.5 Διατομή τοίχου από σκυρόδεμα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Κεραμικά πλακίδια
2. Τσιμεντοκονίαμα
3. Γαρμπιλόδεμα
4. Οπλισμένο σκυρόδεμα
5. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
6. Ασφαλτόπανο

The screenshot shows the Revit Type Properties window for a floor system. The left panel shows a 3D view of the floor system. The right panel shows the Type Properties and Layers tables.

Type Properties

Family: System Family: Floor
 Type: Kon-Dapedo edafos

Type Parameters

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Default Thickness	0.2360
Function	Exterior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Kon - O/S Concrete, Cast In Situ
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	1.0466 W/(m ² ·K)
Thermal Resistance (R)	0.9555 (m ² ·K)/W
Thermal Mass	477.615000 kJ/(m ² ·K)
Absorptance	0.700000
Roughness	3
Identity Data	
Type Image	

Layers

Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
1 Finish 2 [S]	Kon Keramika P	0.0150			
2 Substrate [2]	Kon Tsimentok	0.0100			
3 Substrate [2]	Kon Garbilode	0.0400			
4 Core Boundary	Layers Above Wr	0.0000			
5 Structure [1]	Kon - O/S Conc	0.1500		<input checked="" type="checkbox"/>	
6 Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000			
7 Thermal/Air Layer	Kon-XPS daped	0.0200			
8 Finish 2 [S]	Kon Asfaltopan::	0.0010			

Σχήμα 4.6 Διατομή δαπέδου σε επαφή με το έδαφος (πάνω) και απεικόνιση στρώσεων και υλικών της στο Revit (κάτω)

Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται συγκεντρωτικά τα ελάχιστα επιτρεπόμενα κατά Κ.Εν.Α.Κ. πάχη θερμομόνωσης που υπολογίσθηκαν για κάθε ζώνη σε κάθε δομικό στοιχείο, καθώς και οι συντελεστές θερμοπερατότητας σε σχέση με τους μέγιστους επιτρεπόμενους σε κάθε κλιματική ζώνη.

Πίνακας 4.1: Πάχη θερμομόνωσης δομικών στοιχείων κατασκευής για κάθε κλιματική ζώνη.

Δομικό Στοιχείο	Πάχος θερμομόνωσης (cm)			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Επιστέγαση κτιρίου - Δώμα	5.0	6.0	7.0	8.0
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με εξωτερικό αέρα	5.0	6.0	6.5	7.5
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2.0	2.5	3.0	4.0
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με εξωτερικό αέρα	5.0	6.0	6.5	7.5
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2.0	2.5	3.0	4.0
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	2.0	2.5	3.5	4.0

Πίνακας 4.2: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κατασκευής και μέγιστοι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής U [W/m ² *K]				Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής U [W/m ² *K]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Επιστέγαση κτιρίου - Δώμα	0.499	0.433	0.383	0.343	0.5	0.45	0.4	0.35
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με εξωτερικό αέρα	0.466	0.408	0.384	0.344	0.6	0.5	0.45	0.4
Στοιχεία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	0.88	0.777	0.695	0.574	1.5	1.0	0.8	0.7
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με εξωτερικό αέρα	0.542	0.465	0.435	0.384	0.6	0.5	0.45	0.4
Στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1.037	0.896	0.789	0.637	1.5	1.0	0.8	0.7
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	1.04	0.898	0.706	0.638	1.2	0.9	0.75	0.7

4.1.1.2. Αλλαγή κουφωμάτων

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.7.2, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 5β, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτίριο. Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που ορίζει η τεχνική οδηγία.

Πίνακας 4.3: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη.

Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/m ² *K]				
Δομικό Στοιχείο	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3.20	3.00	2.80	2.60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3.20	3.00	2.80	2.60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5.70	5.20	4.80	4.40

Για την ανακαίνιση του κτιρίου επιλέχθηκαν κουφώματα με συνθετικό πλαίσιο ($\leq 20\%$), διπλό υαλοπίνακα με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας και διάκενο αέρα 12mm. Οι εσωτερικές πόρτες επιλέχθηκε να είναι ξύλινες χωρίς υαλοπίνακα. Από τα παραπάνω και βάσει του πίνακα 3.13α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, για κουφώματα χωρίς προστατευτικά φύλλα, ισχύει:

- $U_w = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ για τα συνθετικά κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα
- $U = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ για τις ξύλινες πόρτες σε επαφή με ΜΘΧ
- $U = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ για τις ξύλινες πόρτες σε επαφή με εξωτερικό αέρα

Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.7.5, ο συντελεστής αυτός λαμβάνεται από τον πίνακα 3.18 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Συνεπώς, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους για κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα και επίστρωση χαμηλής εκπομπής και ποσοστό πλαισίου 20% λαμβάνεται ίσος με:

$$g_w = 0.48$$

Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης αέρα)

Για την περίπτωση αλλαγής κουφωμάτων έχουμε και διαφορετικές τιμές αερισμού λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης αέρα). Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.24 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, επιλέγεται η τυπική τιμή διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμάδων για κουφώματα κλάσης αεροπερατότητας 4 με συνθετικό πλαίσιο και πιστοποίηση κατά EN 12207.

Πίνακας 4.4: Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω χαραμάδων ανά κλάση αεροπερατότητας.

Κουφώματα με μεταλλικό, συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο με πιστοποίηση EN 12207		
Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος	1	7,7
	2	4,1
	3	1,4
	4	0,5

Η διείσδυση του αέρα από τα κουφώματα όπως υπολογίστηκε είναι 53.46 m³/h. Στο παράρτημα II παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα.

Υπολογισμός θερμογεφυρών

Οι θερμογέφυρες ορίζονται ως οι θέσεις του κελύφους ενός κτιρίου στις οποίες εμφανίζεται, σε σχέση με τις γειτονικές τους, διαφοροποιημένη θερμοκρασία των δομικών στοιχείων. Αυτή η διαφοροποίηση δύναται να οφείλεται είτε στην ύπαρξη ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης, είτε στην ύπαρξη διαφορετικού υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου, είτε στη διαφορετική γεωμετρία της διατομής. Κατά συνέπεια, σε αυτές τις θέσεις παρατηρείται μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους. Οι θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται ως τα "ασθενή" μέρη του κτιριακού περιβλήματος και επιβαρύνουν τη θερμική του προστασία με αποτέλεσμα να επιφέρουν μείωση της αίσθησης θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους.

Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο τύπους, τις γραμμικές και τις σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και δημιουργούνται σε θέσεις όπου η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει. Από την άλλη πλευρά, οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών όπου η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Οι σημειακές θερμογέφυρες είναι αδιάστατες και η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται αμελητέα με συνέπεια να μην λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς. Αντιθέτως, οι γραμμικές θερμογέφυρες λαμβάνονται υπόψη και, συγκριτικά με τις σημειακές, έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους.

Ανάλογα με τη γεωμετρία του κτιρίου, οι θερμογέφυρες εντοπίζονται στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες θερμογέφυρες), στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (οριζόντιες θερμογέφυρες) και στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (θερμογέφυρες κουφωμάτων). Οι θερμικές απώλειες κατά μήκος μιας θερμογέφυρας υπολογίζονται από το γινόμενο:

$$\Psi \cdot l \cdot b \quad [W/K] \quad (4.2)$$

όπου,

Ψ [W/mK] συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας που εκφράζει τον κάθε τύπο
: θερμογέφυρας,

L [m]: συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο
περίβλημα του κτιρίου,

b : μειωτικός συντελεστής.

Για τις 5 θερμαινόμενες θερμικές ζώνες πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των θερμογεφυρών, έπειτα από τη θερμομόνωση του κελύφους όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές των θερμογεφυρών για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου καθώς επίσης οι αναλυτικοί τους υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα II.

Πίνακας 4.5: Θερμογέφυρες ανά θερμική ζώνη

Θερμική Ζώνη	Θερμογέφυρες [W/K]
Z1	34.92
Z2	20.93
Z3	23.55
Z4	26.24
Z5	29.13

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου προκύπτει από το συνυπολογισμό του συνόλου των συντελεστών των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου σύμφωνα με την ποσοστιαία αναλογία του αντίστοιχου εμβαδού του. Τονίζεται πως στον υπολογισμό του U_m λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία. Ο υπολογισμός του U_m γίνεται μέσω του τύπου:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b_j + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b_{\theta\gamma}}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (4.3)$$

όπου,

- U_m [W/(m²·K)]: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου,
- n [-]: το πλήθος των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου,
- v [-]: το πλήθος των θερμογεφυρών στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,
- A_j [m²]: το εμβαδό επιφάνειας του κάθε δομικού στοιχείου,
- U_j [W/(m²·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου,
- l_j : το συνολικό μήκος κάθε τύπου θερμογέφυρας στο περίβλημα του κτιρίου,
- Ψ_j [W/(m·K)]: συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας,
- b_j [-]: μειωτικός συντελεστής,
- $b_{\theta\gamma}$ [-]: μειωτικός συντελεστής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ σε κάθε θέση θερμογέφυρας.

Το υπολογιζόμενο U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη ως μέγιστο επιτρεπόμενο, $U_{m,max}$, βάσει του λόγου A/V σύμφωνα με τον Πίνακα 6β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 (πραγματοποιώντας γραμμική παρεμβολή). Για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο υπολογίστηκε ότι:

$$A/V = 1750.97 \text{ m}^2 / 3397.35 \text{ m}^3 = 0.516$$

Παρακάτω παρατίθεται ο υπολογισμός του U_m για κάθε κλιματική ζώνη όπως επίσης και το $U_{m,max}$ της κάθε ζώνης. Επιπλέον, στο Παράρτημα ΙΙ, παρατίθενται αναλυτικά οι υπολογισμοί για την ως άνω διαδικασία ενδεικτικά για την κλιματική ζώνη Α και στον ίδιο πίνακα παρατίθενται και οι εμβαδομετρήσεις.

Πίνακας 4.6: Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κελύφους όλου του κτιρίου για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική ζώνη	Υπολογιζόμενο U_m κτιρίου [$W/m^2 \cdot K$]	Μέγιστο επιτρεπόμενο U_m [$W/m^2 \cdot K$]
A	0.416	1.081
B	0.376	0.972
Γ	0.351	0.893
Δ	0.317	0.822

4.1.2. Σενάριο 2 : Βελτίωση συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το σενάριο βελτίωσης του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού στο κτίριο. Αρχικά τα συστήματα αυτά διαστασιολογούνται και στη συνέχεια ανάλογα με τις απαιτήσεις, γίνεται επιλογή των κατάλληλων συστημάτων τόσο από το εμπόριο όσο και από τις προδιαγραφές της Τεχνικής Οδηγίας. Για τη θέρμανση την ψύξη και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου χρησιμοποιείται γεωθερμική αντλία θερμότητας. Επιπλέον, για τον τεχνητό φωτισμό του κτιρίου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED.

Σύστημα Θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης σχεδιάζεται και διαστασιολογείται ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα). Κατά τη διάρκεια της πραγματικής περιόδου θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Έτσι, κάθε σύστημα θέρμανσης λειτουργεί το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της πραγματικής απόδοσης του σε σχέση με την ονομαστική.

Για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του ξενοδοχείου τοποθετείται **γεωθερμική αντλία θερμότητας με οριζόντιο εναλλάκτη**. Επιλέχθηκε οριζόντιος εναλλάκτης, δεδομένου ότι αποτελεί οικονομικότερη επέμβαση σε σχέση με τον κατακόρυφο που χρειάζονται κοστοβόρες γεωτρήσεις για την τοποθέτησή του. Για το σύστημα θέρμανσης υπολογίζονται οι ίδιες παράμετροι που υπολογίζονται και στο σύστημα ψύξης. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο και θα καλύπτει το σύνολο των αναγκών θέρμανσης της κάθε θερμικής ζώνης. Αρχικά, προσδιορίζεται η απαιτούμενη ισχύς της μονάδας για κάθε θερμική ζώνη, βάσει της παρακάτω διαδικασίας, και έπειτα επιλέγεται από την αγορά η γεωθερμική αντλία που τελικά θα χρησιμοποιηθεί στο κτίριο. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 η απαιτούμενη ισχύς δίνεται από τον τύπο:

$$P_{gen} = (A \cdot U_m \cdot 1,5 + \frac{\dot{V}}{3}) \cdot \Delta T \quad (4.4)$$

όπου,

- P_{gen} [W]: η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης,
 A [m²]: η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτριάκου κελύφους (τόιχοι, οροφές, πυλωτή, ανοίγματα), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ή/και σε επαφή με όμορα κτίρια ή/και σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή/και σε επαφή με το έδαφος,
 U_m ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο [W/m²·K]: της επιφάνειας A ,
 ΔT [°C]: η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, 18 °C για την Α κλιματική ζώνη, 20°C για τη Β κλιματική ζώνη, 23°C για τη Γ κλιματική ζώνη και 28°C για τη Δ κλιματική ζώνη
1,5 συντελεστής που περιλαμβάνει τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κ.τ.λ.
 \dot{V} [m³/h]: η συνολική προσαγωγή νερού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο.

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη ως εξής:

Πίνακας 4.7: Απαιτούμενη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Απαιτούμενη ισχύς P_{gen} (kW)
A	36.83
B	39.07
Γ	43.79
Δ	51.23

Συνεπώς, επιλέγεται από την αγορά η γεωθερμική αντλία θερμότητας της ιταλικής εταιρείας HIDROS και το μοντέλο **HIDROS-WDH-039** θερμικής ισχύος **48.2 kW** με **COP=5.1** για τις κλιματικές ζώνες A,B,Γ και το μοντέλο **HIDROS-WDH-045** θερμικής ισχύος **58.7 kW** με **COP=5.1** για την κλιματική ζώνη Δ.

Έτσι, η θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη βάσει των παραπάνω μοντέλων, επιμερίζεται ως εξής:

Πίνακας 4.8: Επιμερισμένη θερμική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Θερμική ζώνη	Επιμερισμένη θερμική ισχύς (kW)			
	Κλιματική ζώνη A	Κλιματική ζώνη B	Κλιματική ζώνη Γ	Κλιματική ζώνη Δ
Z1	22.16	22.24	22.44	27.46
Z2	6.47	6.49	6.48	7.89
Z3	5.77	5.76	5.73	6.95
Z4	5.98	6.04	6.05	7.41
Z5	7.83	7.67	7.51	8.99

Επειδή η ισχύς της αντλίας θερμότητας που επιλέχθηκε υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις σε θέρμανση για κάθε κλιματική ζώνη, το σύστημα υπερδιαστασιολογήθηκε και άρα γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί για τη μείωση του COP για την κάθε κλιματική ζώνη.

Ο λόγος της ονομαστικής ισχύος της αντλίας θερμότητας P_m προς την ισχύ P_{gen} για κάθε κλιματική ζώνη είναι:

Πίνακας 4.9: Λόγος P_m / P_{gen} .

Κλιματική Ζώνη	P_m / P_{gen} (%)
A	130
B	123
Γ	110
Δ	114

Από πίνακα 4.5β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης για αντλία θερμότητας νερού-νερού on/off με buffer για κάθε κλιματική ζώνη

Πίνακας 4.10: Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης.

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης
A	0.98
B	0.99
Γ	0.99
Δ	0.99

Συνεπώς, το τελικό **COP** είναι:

- 0,98*5.1 άρα **COP=5.00**, για την κλιματική ζώνη Α.
- 0,99*5.1 άρα **COP=5.05**, για την κλιματική ζώνη Β.
- 0,99*5.1 άρα **COP=5.05**, για την κλιματική ζώνη Γ.
- 0,99*5.1 άρα **COP=5.05**, για την κλιματική ζώνη Δ.

Το δίκτυο διανομής θα εξυπηρετεί το σύνολο της ισχύος, θα διέρχεται κυρίως από εξωτερικούς χώρους και θα είναι επαρκώς μονωμένο (μόνωση ίση με την ακτίνα των σωλήνων). Οπότε ο βαθμός απόδοσής του προκύπτει ίσος με **0,98** αφού αφαιρεθούν οι απώλειες του του Πίνακα 4.11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι οποίες είναι ίσες με 2%.

Ο βαθμός απόδοσης των θερματικών μονάδων $N_{em,t}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{em,t} = n_{em} / (F_{rad} \times f_{im} \times f_{hydr}) \quad (4.5)$$

όπου:

F_{rad} : 1 για ύψος μικρότερο από 4 m

n_{em} : 0,94 για τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο

f_{im} : 1,00 για συνεχή λειτουργία

f_{hydr} : 1,00 για υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται: $N_{em}=0.94$.

Τέλος, η ισχύς των βοηθητικών μονάδων θεωρείται για κάθε θερμική ζώνη ίση με 5 W/m^2 (κτίρια τριτογενούς τομέα), οπότε για κάθε θερμική ζώνη απαιτείται ισχύς:

Πίνακας 4.11: Ισχύς βοηθητικών μονάδων κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου.

Θερμική Ζώνη	Ισχύς βοηθητικών μονάδων
Z1	1.65
Z2	0.72
Z3	0.74
Z4	0.72
Z5	0.74

Σύστημα Ψύξης

Όπως με το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα ψύξης του ξενοδοχείου διαστασιολογείται ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού θερινής περιόδου), όπως αυτές περιγράφονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010. Επισημαίνεται πως το σύστημα ψύξης λειτουργεί τον περισσότερο χρόνο κατά την περίοδο ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου και, συνεπώς, η πραγματική ενεργειακή του απόδοση είναι χαμηλότερη από την ονομαστική. Ουσιαστικά σε αυτή την ενότητα ελέγχεται εάν η γεωθερμική αντλία θερμότητας που επιλέχθηκε για την κάλυψη των θερμικών φορτίων μπορεί να καλύψει αντίστοιχα και τα ψυκτικά φορτία.

Για το σύστημα ψύξης των χώρων πρέπει να καθοριστεί η απόδοση των:

- Συστημάτων παραγωγής ψύξης
- Εγκαταστάσεων διανομής
- Τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) ψύξης.

Για κάθε μονάδα παραγωγής ψύξης υπάρχει μια ονομαστική ψυκτική απόδοση (EER: δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας) σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της πιστοποίησης της μονάδας.

Το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας θα λειτουργεί από Ιούνιο μέχρι και Σεπτέμβριο και θα καλύπτει το σύνολο των αναγκών ψύξης της κάθε θερμικής ζώνης. Η απαιτούμενη ψυκτική ισχύς της μονάδας ψύξης του ξενοδοχείου υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$P_{gen} = \sum U_A \cdot A_A \cdot CLTD_A + \sum A_\Delta \cdot GLF_\Delta + P_\Pi + P_{E\Phi} + \frac{\dot{V}}{3} \cdot \Delta T \quad (4.6)$$

όπου:

- $P_{gen}[\text{W}]$: η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη ψυκτική ισχύς της μονάδας ψύξεως/κλιματισμού του κτιρίου,
 $A_A[\text{m}^2]$: η εξωτερική επιφάνεια αδιαφανούς δομικού στοιχείου ή θυρών ανά προσανατολισμό,
 $A_\Delta[\text{m}^2]$: η εξωτερική επιφάνεια διαφανούς στοιχείου ανά προσανατολισμό,
 $CLTD_A[^\circ\text{C}]$: η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου μέσω αδιαφανών στοιχείων ή θυρών του κελύφους, η οποία λαμβάνεται απλουστευτικά ανά προσανατολισμό ως εξής : B : 9°C , BA, ΒΔ : 14°C , A, Δ : 17°C , N, NA, ΝΔ

: 15°C, οροφές-δώματα: 13 °C, δάπεδο κάτω από κλιματιζόμενο χώρο και πάνω από μη κλιματιζόμενο χώρο: 7, χωρίσματα εσωτερικά ή σκιαζόμενα: 7°C,

GLF_Δ [W/m²]: ο παράγοντας φορτίου υαλοπίνακα σε W/m² ο οποίος λαμβάνεται απλουστευτικά και ανά προσανατολισμό ως εξής: B:82, BA: 140, A, NA: 200, N: 148, ΝΔ, Δ: 250, ΒΔ 199, Οριζόντια: 378,

P_Π[W]: η εκλύομενη θερμότητα των φυσικών προσώπων σε W, λαμβανομένη από τον Πίνακα 2.7 (θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας) επί την επιφάνεια δαπέδου,

Πίνακας 4.12: Εκλύομενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	75	11	1.00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	60	5	0,50

P_{ΕΦ}[W]: τα εσωτερικά φορτία φωτιστικών και συσκευών σε W, τα οποία λαμβάνονται από τους Πίνακες 2.4α (φωτισμός – στήλη ισχύος για το κτίριο αναφοράς) και 2.8 (ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού) επί την επιφάνεια δαπέδου,

Πίνακας 4.13: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	3	0.5	1.5	0.58
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου	4	0.5	2	0.5

U_A ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το [W/(m²K)]: σύνολο της επιφάνειας A σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση του κελύφους που προηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Δηλαδή, από το σχήμα 4.12 έχουμε: 1.081 W/(m²K) για την κλιματική Ζώνη Α, 0.972 W/(m²K) για την κλιματική Ζώνη Β, 0.893 W/(m²K) για την κλιματική Ζώνη Γ και 0.822 W/(m²K) για την κλιματική Ζώνη Δ.

ΔT [°C]: η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος η οποία λαμβάνεται ίση με 10°C για όλες τις κλιματικές ζώνες,

V: η συνολική προσαγωγή νεπού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο σε (m³/h) η οποία υπολογίζεται από τον Πίνακα 2.3 της [1].

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται η απαιτούμενη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη όπως φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 4.14: Απαιτούμενη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Απαιτούμενη ισχύς P_{gen} (kW)
A	48.73
B	47.17
Γ	46.26
Δ	45.35

Συνεπώς, διαπιστώνεται πως τα μοντέλα αντλίας θερμότητας που επιλέχθηκαν για τις ζώνες A,B,Γ **HIDROS-WDH-039** ψυκτικής ισχύος **56.2 kW** με δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας **EER=5.7** και με **βαθμό απόδοσης =1** και για τη ζώνη Δ το μοντέλο **HIDROS-WDH-045** ψυκτικής ισχύος **70.2 kW** με δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας **EER=5.8** και με **βαθμό απόδοσης =1**, επαρκούν για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων της εκάστοτε κλιματικής ζώνης.

Συνεπώς, βάσει του παραπάνω μοντέλου γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για κάθε θερμική ζώνη, η ψυκτική ισχύς επιμερίζεται όπως παρίσταται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.15: Επιμερισμένη ψυκτική ισχύς για κάθε κλιματική ζώνη.

Θερμική ζώνη	Επιμερισμένη ψυκτική ισχύς (kW)			
	Κλιματική ζώνη A	Κλιματική ζώνη B	Κλιματική ζώνη Γ	Κλιματική ζώνη Δ
Z1	25.83	25.93	26.16	32.84
Z2	7.54	7.57	7.55	9.44
Z3	6.73	6.72	6.68	8.31
Z4	6.97	7.04	7.06	8.86
Z5	9.12	8.94	8.76	10.75

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, επειδή η εγκατάσταση είναι μικρότερη των 100 kW δεν χρειάζεται να προχωρήσουμε στη διαδικασία υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος και έτσι ο τελικός **EER=5.7** για τις κλιματικές ζώνες A,B,Γ και **EER=5.8** για την κλιματική ζώνη Δ.

Το δίκτυο διανομής θα εξυπηρετεί το σύνολο της ισχύος, θα διέρχεται κυρίως από εξωτερικούς χώρους και θα είναι επαρκώς μονωμένο (μόνωση ίση με την ακτίνα των σωλήνων). Οπότε ο βαθμός απόδοσής του προκύπτει ίσος με **0,98** αφού αφαιρεθούν οι απώλειες του του Πίνακα 4.11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι οποίες είναι ίσες με 2%. Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων $N_{em,t}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{em,t} = n_{em} / (f_{em} \chi_{hydr}) \quad (4.7)$$

όπου:

n_{em} : 0,90 για ενσωματωμένες τερματικές μονάδες

f_{em} : 1,00 για συνεχή λειτουργία

f_{hydr} : 1,00 με υδραυλικά εξισοροπημένο σύστημα

Από τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται: $N_{em}=0.90$.

Για τις βοηθητικές μονάδες, ισχύει ό,τι ειπώθηκε στην προηγούμενη ενότητα για τη θέρμανση.

Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)

Για την αναβάθμιση του συστήματος ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιείται η γεωθερμική αντλία θερμότητας που επιλέχθηκε στο παρόν σενάριο, η οποία διαθέτει τη δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ισχύουν τα αναφερόμενα στην προηγούμενη ενότητα για το σύστημα θέρμανσης για κάθε θερμική και κλιματική ζώνη.

Σύστημα φωτισμού

Στο κτίριο θεωρήθηκε ότι σε κάθε ζώνη το **ποσοστό φυσικού φωτισμού** καλύπτει το **35%** της επιφάνειας για τις θερμικές ζώνες **Z2-Z5** και **50%** για τη θερμική ζώνη **Z1**. Για τον τεχνητό φωτισμό στο σενάριο 2 επιλέχθηκαν λαμπτήρες LED και αναλογικά με την επιφάνεια που καλύπτει η κάθε θερμική ζώνη, αλλά και τα ποσοστά των διαφορετικών χρήσεων που περιλαμβάνει (για τις αντίστοιχες απαιτήσεις φωτισμού) προέκυψε η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς. Στο σενάριο αυτό παραμένει χειροκίνητος ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού και της κίνησης με διακόπτες. Το κτίριο περιλαμβάνει και φωτισμό ασφαλείας για περιπτώσεις ανάγκης.

Πίνακας 4.16: Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lx.

Φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες	Πυκνότητα ισχύος ανά 100 lx [$W/m^2/100lx$]
Λαμπτήρες LED	2.5

4.1.3. Σενάριο 3 : Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ

Για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πάνελ, καθώς υπάρχει μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια για αξιοποίηση στο δώμα.

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα κτήριο, ανάλογα τη χρήση και τη διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, καταγράφονται τα απαραίτητα δεδομένα από τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή, καθώς και από την επιθεώρηση της εγκατάστασης. Τα απαιτούμενα δεδομένα είναι:

- Η απόδοση του Φ/Β συστήματος ή συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, ανάλογα τον τύπο του συστήματος: μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό κ.ά.
- Η εγκατεστημένη επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων (m^2),
- Οι παράμετροι θέσης εγκατάστασης, ο προσανατολισμός και η κλίση των Φ/Β.

Οι πιο πάνω παράμετροι λαμβάνονται από την μελέτη διαστασιολόγησης και σχεδιασμού ενός Φ/Β συστήματος στο κτήριο, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή και την επιθεώρηση των συστημάτων.

Ο μέσος ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση, με την οποία το Φ/Β μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μέση ετήσια απόδοση μιας Φ/Β εγκατάστασης συνεκτιμάται από:

- Την ονομαστική απόδοση των Φ/Β στοιχείων που δίνει ο κατασκευαστής και αναφέρεται σε συνθήκες εργαστηρίου, δηλαδή σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/m² και θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου συνήθως 25°C
- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω παλαιότητας των Φ/Β στοιχείων
- Τη συνολική ονομαστική απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης
- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω κακής συντήρησης, υψηλών θερμοκρασιών περιοχής, κακού αερισμού των Φ/Β στοιχείων κ.ά.

Ο μέσος ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας προκύπτει, σύμφωνα με τον πίνακα 5.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017, για επιλογή μονοκρυσταλλικών Φ/Β είναι:

$$\bullet \quad \eta = 19\%$$

Ο προσανατολισμός (αζιμούθιο γ) τοποθέτησης του Φ/Β στοιχείου είναι η απόκλιση του από τον νότο της περιοχής εγκατάστασης. Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τα Φ/Β που είναι εγκατεστημένα στο βόρειο ημισφαίριο είναι ο Νότος. Άρα το αζιμούθιο ισούται με:

$$\gamma = 180^\circ$$

Η κλίση (β) του Φ/Β στοιχείου ορίζεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης και απαιτείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω στο Φ/Β. Σύμφωνα με τον πίνακα 5.13 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 επιλέγεται η γωνία κλίσης τους ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο εγκαθίστανται, και για ετήσια περίοδο για την κάθε κλιματική ζώνη είναι ίση με:

- $\beta = 25^\circ$ για την περιοχή του Ηρακλείου (κλιματική Ζώνη Α)
- $\beta = 28^\circ$ για την περιοχή της Αθήνας (κλιματική Ζώνη Β)
- $\beta = 30.64^\circ$ για την περιοχή της Θεσσαλονίκης (κλιματική Ζώνη Γ)
- $\beta = 30^\circ$ για την περιοχή της Φλώρινας (κλιματική Ζώνη Δ)

Ο συντελεστής σκίασης, είναι ο διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω της σκίασης που προκαλείται από τον περιβάλλοντα χώρο στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ο συντελεστής σκίασης 0 υποδεικνύει ότι υπάρχει πλήρης σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

$$\text{Συντ. Σκίασης} = 1$$

Τελικά, επιλέγονται φωτοβολταϊκά πάνελ **Sharp NU-JD450**, διαστάσεων 214mx1.13mx1.24m ονομαστικής ισχύος 450W. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το δώμα είναι οριζόντιο και πρέπει να εγκατασταθούν Φ/Β υπό κλίση τα οποία θα δέχονται επαρκή ηλιασμό (θα χρειαστεί να τοποθετηθούν δηλαδή και σε μεταλλικές βάσεις στήριξης για να επιτευχθεί η απαιτούμενη κλίση) χονδρικά υπολογίζεται ότι για κάθε ένα kW χρειάζονται 12 τετραγωνικά ώστε να υπάρχει και επαρκής χώρος διέλευσης για συντήρηση. Συνολικά θα τοποθετηθούν 75 τέτοια όμοια πάνελ που θα παράγουν συνολική ισχύ 33.75kW και θα καλύπτουν επιφάνεια 405 m² χονδρικά, θα καλύπτουν δηλαδή μεγάλο μέρος της επιφάνειας του δώματος που καταλαμβάνει επιφάνεια 452.72 m².

SHARP
Be Original.



Σχήμα 4.7 Φωτοβολταϊκό πάνελ του σεναρίου 3.

4.1.4. Σενάριο 4 : Τοποθέτηση αυτοματισμών (BMS)

Οι επιμέρους διατάξεις αυτόματου ελέγχου επιδρούν σημαντικά στην τελική απόδοση του κτιρίου. Για όλες τις θερμικές ζώνες, προκειμένου να προσδιορισθεί η κατανάλωση ενέργειας και να αναβαθμιστεί επαρκώς το κτίριο, επιλέγεται η κατηγορία Α αναφορικά με τις διατάξεις ελέγχου και αυτοματισμού σύμφωνα με τον πίνακα 5.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα, καθώς επίσης ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού είναι αυτόματος. Ακόμη, οι αυτοματισμοί ανίχνευσης κίνησης λειτουργούν με ανίχνευση με χειροκίνητη έναυση και αυτόματη σβέση.

Περιγραφή διατάξεων ελέγχου ανά κατηγορία	Κατηγορία
<p>Συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης με θερμική αδράνεια (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια – ενδοτοιχία θέρμανση, ψυχόμενες οροφές)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Αυτόματος ανεξάρτητος έλεγχος της λειτουργίας των θερματικών μονάδων ανά ζώνη και λειτουργικό χώρο. Ύπαρξη θερμοστάτη ή/και θερμοστατικών βαλβίδων ανά λειτουργικό χώρο και έλεγχο ON-OFF ανά ζώνη 2. Αυτόματη θερμοκρασιακή προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία με διόρθωση βάσει ζήτησης, με εφαρμογή διατάξεων όπως σύστημα θερμοκρασιακής ανιστάθμισης ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής θερμοκρασίας παροχή μέσω προς το δίκτυο διανομής ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο των επιμέρους χώρων και την εξωτερική θερμοκρασία. 3. Αυτόματη υδραυλική προσαρμογή των κυκλοφορητών/αντλιών ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο. 4. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο και βαθμός απόδοσης). <p>Λοιπά συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης (fancoils, συστήματα αέρα)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ολοκληρωμένη διάταξη αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των θερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά ιδιοκτησία (ανά λειτουργικό χώρο) με έλεγχο παρουσίας χρηστών (συστήματα ανίχνευσης κίνησης κ.α.). Εξαίρεση αποτελούν χρήσεις με συνεχή παρουσία όπως όλες οι χρήσεις συνάθροισης κοινού, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας, εμπορίου και οι κοινόχρηστοι και βοηθητικοί χώροι όλων των χρήσεων 2. Αυτόματη θερμοκρασιακή προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία με διόρθωση βάσει ζήτησης, με εφαρμογή διατάξεων όπως σύστημα θερμοκρασιακής ανιστάθμισης ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής θερμοκρασίας παροχή μέσω προς το δίκτυο διανομής ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο των επιμέρους χώρων και την εξωτερική θερμοκρασία. 3. Αυτόματη υδραυλική προσαρμογή των κυκλοφορητών/αντλιών ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο. 4. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο και βαθμός απόδοσης). <p>Συστήματα αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας εφαρμόζεται αυτόματος έλεγχος της προσαγωγής αέρα μέσα στο χώρο βάσει της ποιότητας του εσωτερικού αέρα (έλεγχος συγκέντρωσης CO₂). 2. Υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) και νυχτερινού αερισμού (night ventilation - cooling). 3. Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (θερμοκρασία ανάλογα με τη μεταβολή του απαιτούμενου φορτίου ανά χώρο/ λειτουργική ενότητα). 5. Εφαρμόζεται έλεγχος της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή/και απόρριψης. Εξαίρεση αποτελούν χρήσεις με συγκέντρωση ατόμων μικρότερη από 20 άτομα/100m² σύμφωνα με τον πίνακα 2.3. 	<p>A</p>

Σχήμα 4.8 Συστήματα αυτοματισμών κατηγορίας Α.

4.1.5. Σενάριο 5 : Συνδυασμός των σεναρίων 1-4

Το σενάριο 5 θα περιλαμβάνει όλα τα ως άνω σεσάρια σε συνδυασμό ώστε να πραγματοποιηθεί ολιστική προσέγγιση ενεργειακής αναβάθμισης του ξενοδοχείου για κάθε κλιματική ζώνη με το λογισμικό TEE-KENAK. Τα αποτελέσματα του εκάστοτε σεναρίου όπως και του συνδυασμού αυτών, παρατίθενται στο κεφάλαιο 5 του παρόντος.

4.2.Σενάρια ενεργειακής βελτίωσης στο Revit

Στην παρούσα ενότητα αναλύονται τα σεσάρια ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου στο λογισμικό Revit, στο οποίο η ενεργειακή ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω του Insight και του Green Building Studio (GBS). Τονίζεται, ότι πλέον το κτίριο εισάγεται στο λογισμικό ως αναβαθμισμένο ως προς το κέλυφος και το φωτισμό του, δηλαδή διαθέτει στην υπάρχουσα κατάστασή του, φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή, θερμομόνωση ελάχιστου πάχους κατά Κ.Εν.Α.Κ. για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας κουφώματα συνθετικά με διπλό υαλοπίνακα, μηχανικό αερισμό με ΚΚΜ και φωτισμό με λαμπτήρες LED και για τη θέρμανση, ψύξη και το ζεστό νερό χρήσης σύστημα Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας (ΚΚΜ) από την ηλεκτρονική βιβλιοθήκη του Revit το Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff. Σημειώνεται ότι πιθανές τιμές των συστημάτων που αποκλίνουν από τα Ελληνικά δεδομένα είναι διότι τα συστήματα με αυτά τα χαρακτηριστικά απαντώνται συνήθως στις ΗΠΑ. Μέσω της προσομοίωσης του κτιρίου στο Revit, σκοπός είναι να διερευνηθεί η επίδραση στην ενεργειακή του συμπεριφορά του κτιρίου των διαφόρων συστημάτων που είναι εγκατεστημένων στις βιβλιοθήκες του. Παρακάτω, παρατίθενται πληροφορίες των βελτιωτικών σεναρίων που διερευνήθηκαν στην παρούσα εργασία με το λογισμικό Revit.

Τα συστήματα τα οποία λαμβάνονται υπόψη στα σεσάρια και είναι διαθέσιμα και στο Insight, ακολουθούν αμερικανικά πρότυπα, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3.

Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems

HVAC System Name	Description
ASHRAE Package System	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Packaged Single Zone System, 11 EER, 70F economizer
High Eff. Heat Pump	Heat Pump, 17.4 SEER, 9.6 HSPF, Electric Heat
ASHRAE Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Heat Pump, 9.5 EER, COP 3.2 Electric Heat, 70F economizer
High Eff. Package System	Packaged Single Zone System, small unit, 20 SEER 85% AFUE
ASHRAE VAV	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Variable Air Volume, COP 6.10 Chiller, Gas Boiler, 75F economizer
High Eff. VAV	VAV, Underfloor Air Distribution, COP7.5 Chiller, 95% Eff. Gas Boiler, economizer
ASHRAE Package Terminal Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Package Terminal Heat Pump 11.9 EER
High Eff. Package Terminal AC	Package Terminal Air Conditioner unit, 12.7 EER, 90.4% Gas Boiler
BIM	The setting in your model (Building Information Model)

Σχήμα 4.9 Τα συστήματα HVAC που χρησιμοποιούνται από το Insight με τις αντίστοιχες παραπομπές τους από τους κανονισμούς[2].

4.2.1. Σενάριο 6 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (ASHRAE VAV)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου ASHRAE VAV. Δηλαδή αφορά το σύστημα κατά την ASHRAE 90.1-2010, ελάχιστης απόδοσης μεταβλητού όγκου αέρα, με COP=6.10, λέβητα αερίου και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer 75F).

4.2.2. Σενάριο 7 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου ASHRAE Package System. Δηλαδή αφορά το σύστημα κατά την ASHRAE 90.1-2010, ελάχιστης απόδοσης μονοζωνικό σύστημα με EER=11, COP=3.2 και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer 70F).

4.2.3. Σενάριο 8 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου High Eff. Package System. Δηλαδή αφορά το μονοζωνικό σύστημα με μικρή μονάδα με SEER=20 και AFUE=85%.

4.2.4. Σενάριο 9 : Τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου High Eff. Package Terminal AC. Δηλαδή αφορά το σύστημα κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης, με EER=12.7 και λέβητα αερίου απόδοσης 90.4%.

4.2.5. Σενάριο 10 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου ASHRAE Heat Pump. Δηλαδή αφορά το σύστημα κατά την ASHRAE 90.1-2010, αντλία θερμότητας ελάχιστης απόδοσης μέσου καύσης ηλεκτρικής ενέργειας με EER=9.5, COP=3.2 και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer 70F).

4.2.6. Σενάριο 11 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου High Efficiency VAV. Δηλαδή, αφορά σύστημα μεταβλητής παροχής αέρα (VAV) της οποίας το ψυκτικό στοιχείο είναι ο αέρας με πύργο ψύξης με COP 7.5 Διαθέτει για τη θέρμανση λέβητα αέρα με καύσιμο αέριο με μπόιλερ ζεστού νερού με απόδοση καύσης 95%. Επίσης διαθέτει ενδοδαπέδιο σύστημα κυκλοφορίας αέρα και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer).

4.2.7. Σενάριο 12 : Τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου ASHRAE Package Terminal Heatpump. Δηλαδή αφορά το σύστημα κατά την ASHRAE 90.1-2010, αντλία θερμότητας ελάχιστης απόδοσης συστήματος με EER 11.9.

4.2.8. Σενάριο 13 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης (High Eff. Heat Pump)

Πρόκειται για το σύστημα τίτλου High Eff. Heat Pump. Δηλαδή αφορά Αντλία θερμότητας με SEER 17.4, μέσου καύσης ηλεκτρικής ενέργειας και HSPF=9.6.

Βιβλιογραφία 4^ο κεφαλαίου

- [1] Τ.Ε. ΕΛΛΑΔΑΣ, “ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.,” 2017.
- [2] “Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems · Insight Widget Settings.” Accessed: Jan. 18, 2024. [Online]. Available: https://adskinsight.gitbooks.io/insight-widget-settings/content/insight_widget_settings/heating_ventilation_and_air_conditioning_hvac_syst.html?q=

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης του ξενοδοχείου στα λογισμικά TEE-KENAK και Revit (συνδυαστικά με τα Insight και GBS). Το κεφάλαιο είναι χωρισμένο σε δύο υποενότητες, μία στην οποία αναλύονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων στο λογισμικό TEE-KENAK και μία για τα αποτελέσματα του λογισμικού Revit. Σε κάθε υποενότητα αναλύεται η λογική παρουσίασης των αποτελεσμάτων όπως και τα συμπεράσματα κάθε ανάλυσης.

5.1. Αποτελέσματα ανάλυσης στο TEE-KENAK

Στην παρούσα υποενότητα θα παρουσιασθούν και θα ερμηνευθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στο λογισμικό TEE-KENAK. Οι προσομοιώσεις αυτές είχαν ως σκοπό τη μελέτη διαφόρων επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου ξενοδοχείου με σκοπό να γίνει πράσινο, εστιάζοντας κυρίως στη μελέτη της πρωτογενούς ενέργειάς του και την ενεργειακή του κατανάλωση. Έτσι, μελετήθηκε πληθώρα σεναρίων όπως: η βελτίωση του κελύφους με την τοποθέτηση θερμομόνωσης εξωτερικά του κτιρίου και της βελτίωσης των κουφωμάτων του (Σενάριο 1), τη βελτίωση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης με τη χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με LED λαμπτήρες (Σενάριο 2), την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα του κτιρίου (Σενάριο 3), τη χρήση αυτοματισμών BEMS (Σενάριο 4) και τελικά το συνδυασμό όλων των Σεναρίων 1 – 4 για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ενεργειακής βελτίωσης (Σενάριο 5). Επιπλέον παράμετρος ανάλυσης αποτέλεσε η μελέτη του κτιρίου και των 5 σεναρίων βελτίωσης για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, οι προσομοιώσεις αφορούσαν τις πόλεις: Ηράκλειο (Ζώνη Α), Αθήνα (Ζώνη Β), Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ) και Φλώρινα (Ζώνη Δ).

Αρχικά, παρουσιάζεται η πρωτογενής ενέργεια για κάθε χρήση αλλά και η συνολική πρωτογενής ενέργεια του κτιρίου τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση όσο και για τα σενάρια 1-5 όπως επίσης και τα ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Έπειτα, παρουσιάζονται οι ετήσιες και μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις και τα ποσοστά μείωσής τους, καθώς επίσης αναλύονται η κατανάλωση καυσίμων και οι εκπομπές CO₂ για την υφιστάμενη κατάσταση συγκριτικά με τα σενάρια 1-5 όπως ακόμη και τα ποσοστά μείωσης των παραμέτρων αυτών λόγω των βελτιωτικών σεναρίων.

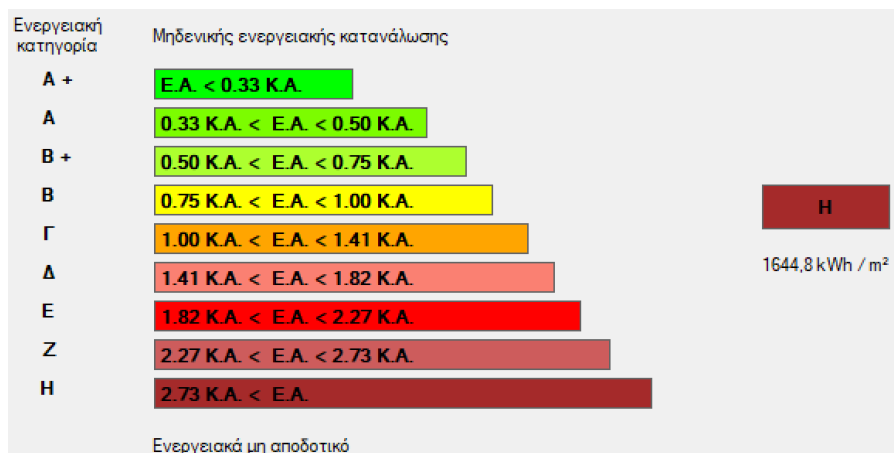
Ακολούθως, πραγματοποιείται η ανάλυση των αποτελεσμάτων βάσει της παραπάνω λογικής για την κλιματική Ζώνη Α και στη συνέχεια για τις υπόλοιπες κλιματικές ζώνες τα αποτελέσματα παρατίθενται συγκεντρωτικά. Στο Παράρτημα ΙΙΙ παρατίθενται αναλυτικά διαγράμματα για τις κλιματικές ζώνες Β,Γ,Δ βάσει της ανάλυσης της κλιματικής ζώνης Α.

5.1.1. Αποτελέσματα σεναρίων για την Κλιματική Ζώνη Α

5.1.1.1. Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάστασή του και στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κτιρίου μαζί με την τελική του κατάταξη όπως προκύπτει από το

λογισμικό για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Α. Ακολουθώντας στο σχήμα 5.2 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η συνολική πρωτογενής ενέργεια κάθε σεναρίου ανά τελική χρήση και στη συνέχεια στο σχήμα 5.3 παρατίθενται τα ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κάθε σεναρίου για την κλιματική ζώνη Α.



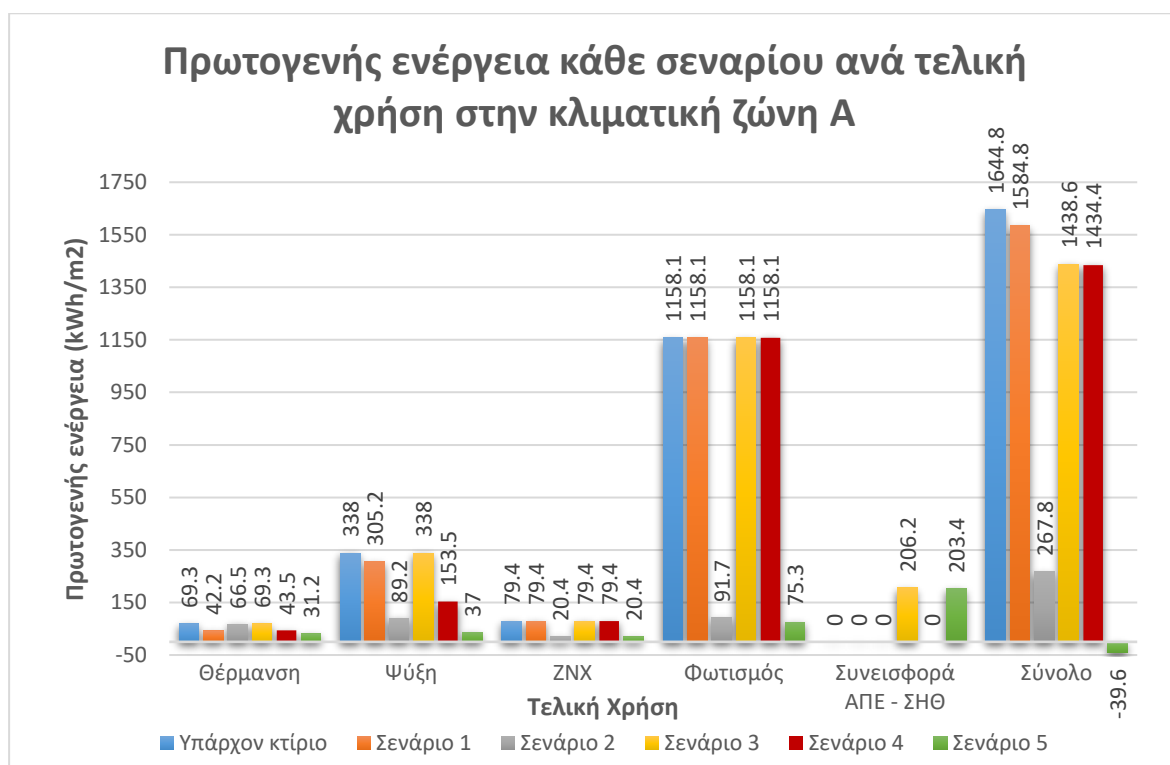
Σχήμα 5.1 Καρτέλα αποτελεσμάτων από το λογισμικό TEE-KENAK για την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση στην κλιματική ζώνη Α.

Πίνακας 5.1: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Α.

Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου ανά τελική χρήση (kWh/m ²)							
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Θέρμανση	44.1	69.3	42.2	66.5	69.3	43.5	31.2
Ψύξη	74.7	338	305.2	89.2	338	153.5	37
ΖΝΧ	39.1	79.4	79.4	20.4	79.4	79.4	20.4
Φωτισμός	145.8	1158.1	1158.1	91.7	1158.1	1158.1	75.3
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0	0	0	206.2	0	203.4
Σύνολο	303.7	1644.8	1584.8	267.8	1438.6	1434.4	-39.6
Κατάταξη	-	H	H	B	H	H	A+

Αρχικά, παρατηρούνται υψηλές τιμές συνολικής πρωτογενούς ενέργειας συγκριτικά με τη μέση τιμή πρωτογενούς ενέργειας ξενοδοχείων στην Ελλάδα. Αυτό συνέβη διότι για τη συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε να μελετηθεί ξενοδοχείο κατασκευασμένο προ του '80 χωρίς ενεργειακές βελτιώσεις, προκειμένου να εξεταστεί ακριβέστερα ποιο είναι το ενεργειακό όφελος από την βελτίωση που υφίσταται από κάθε σενάριο. Εξάλλου, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 5.2, ο φωτισμός, που στην υφιστάμενη κατάσταση και στα σενάρια 1,3,4 είναι από λαμπτήρες πυρακτώσεως, βλέπουμε ότι εκτινάσσει την τιμή της πρωτογενούς ενέργειας στις 1158.1 kWh/m².

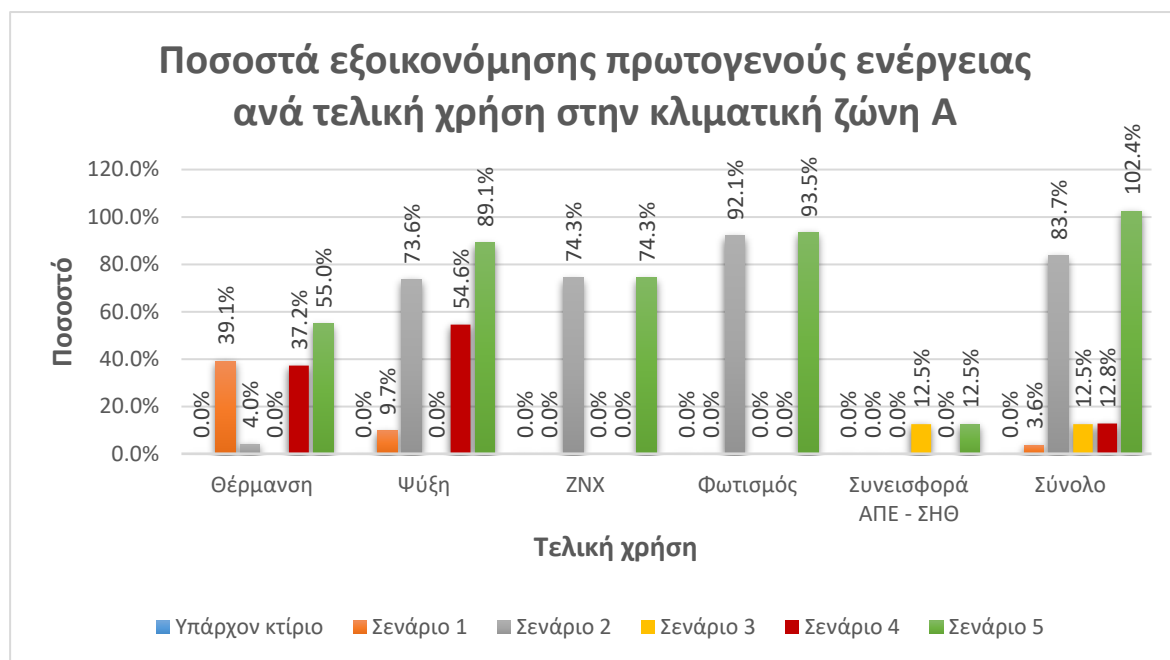
Βάσει της τελικής ανηγμένης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των υπολογισμών, καθορίζεται η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης του εξεταζόμενου κτιρίου. Το εξεταζόμενο κτίριο στην υπάρχουσα κατάσταση του κατατάσσεται στην κατηγορία Η, με κατανάλωση ενέργειας 1644.8 kWh/m². Ο βαθμός απόδοσής του είναι 5.41 όπως καθορίζεται από τον λόγο της ετήσιας κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση προς την ετήσια κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Με αντίστοιχη λογική προκύπτει η κατάταξη του κτιρίου στα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης 1-5. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι μόνο με το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και ζνχ και αναβάθμιση συστήματος φωτισμού σε λαμπτήρες LED) η κατάταξη του κτιρίου από Η ανεβαίνει απευθείας στη Β, καθώς επίσης με το σενάριο 5 (συνδυασμός όλων των σεναρίων 1-4) η κατάταξη του κτιρίου ανεβαίνει σε Α+.



Σχήμα 5.2 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Α.

Στο σχήμα 5.2 παρατηρείται ότι σε κάθε σενάριο, η τελική χρήση του φωτισμού είναι αυτή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας (πέραν της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας), με τιμή 1158.1 kWh/m² στην υπάρχουσα κατάσταση και τα σενάρια 1,3,4,5 και με τιμή 91.7 kWh/m² στο σενάριο 3 και 75.3 kWh/m² στο σενάριο 5. Αμέσως επόμενη χρήση με τη μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας είναι η ψύξη και ακολουθούν το ζεστό νερό χρήσης, η θέρμανση και η συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ. Μεταξύ θέρμανσης και ψύξης, είναι λογικό η τιμή της πρωτογενούς ενέργειας να είναι μεγαλύτερη στη ψύξη από τη θέρμανση κι αυτό διότι η κλιματική ζώνη Α είναι η πιο θερμή συγκριτικά με τις Β,Γ,Δ και άρα έχει μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη. Η τιμή της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας είναι μεγάλη ιδιαίτερα στην υπάρχουσα κατάσταση (1644.8 kWh/m²) κι αυτό είναι λογικό διότι το κτίριο, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της υποενότητας, στην υπάρχουσα κατάσταση κτισμένο προ

του 1980 είναι μη θερμομονωμένο, με ξύλινα κουφώματα και μονούς υαλοπίνακες, με συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζνχ μη αποδοτικά ενεργειακά, με λαμπτήρες πυρακτώσως και χωρίς αυτοματισμούς και φωτοβολταϊκά. Γι'αυτό παρατηρείται ότι κάθε σενάριο συμβάλλει στη μείωση της ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου με το σενάριο 2 να επιτυγχάνει μεγάλη μείωση στις 267.8 kWh/m², καθώς επίσης αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο συνδυασμός όλων των σεναρίων όχι μόνο οδηγεί σε κτίριο με μηδενική κατανάλωση ενέργειας (μηδενικού ισοζυγίου), αλλά το κτίριο είναι ενεργειακά αυτόνομο και σε θέση να παράξει και να αποδώσει τελικά πρωτογενή ενέργεια ετησίως στο δίκτυο (Positive Energy Building – PEB) με την τελική πρωτογενή ενέργεια στο σενάριο 5 να έχει τιμή -39.6 kWh/m².



Σχήμα 5.3 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Α.

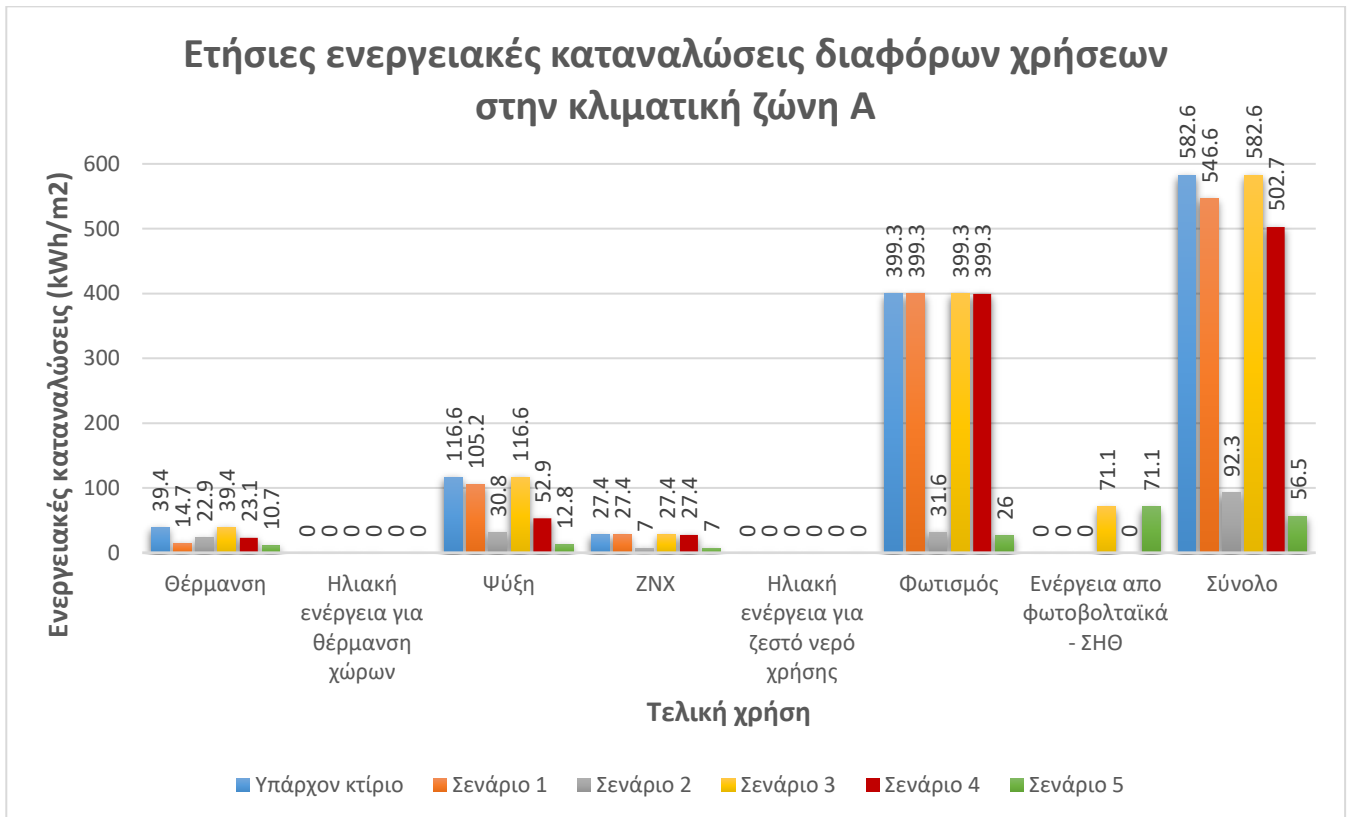
Στο σχήμα 5.3 παρατηρούμε την εξοικονόμηση ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας που επιτυγχάνεται από τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης του ξενοδοχείου 1-5 συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο. Εννοείται, ότι για κάθε τελική χρήση αλλά και συνολικά, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των σεναρίων 1-4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Παρατηρώντας τόσο τα σχήματα 5.2 και 5.3 βλέπουμε ότι:

- Στη θέρμανση μεταξύ των αυτοτελών σεναρίων βελτίωσης του κτιρίου (1-4) το σενάριο 1 (τοποθέτηση θερμομόνωσης και βελτίωση κουφωμάτων) είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 27.1 kWh/m² ή σε ποσοστό 39.1%. Ακολουθούν το σενάριο 4 (τοποθέτηση αυτοματισμών) σε ποσοστό 37.2% και τελευταίο έρχεται το σενάριο 2 (αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης, ψύξης ζνχ με γεωθερμική αντλία θερμότητας και συστήματος φωτισμού) σε ποσοστό 4.0%. Λογικό είναι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση να επιτυγχάνεται με το σενάριο 5 σε ποσοστό 55.0% ή αλλιώς μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας θέρμανσης κατά 38.1 kWh/m².

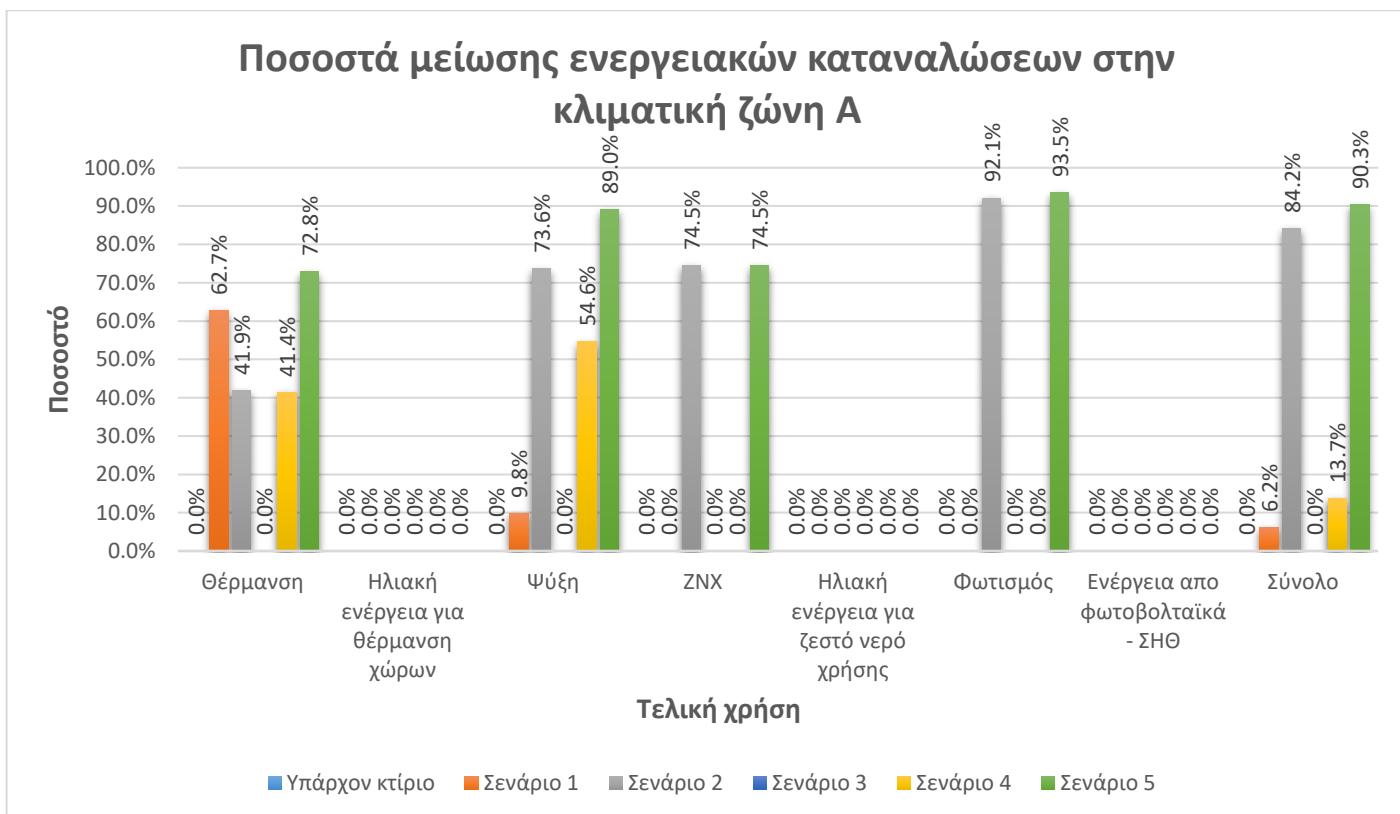
- Στην ψύξη η λογική στην μείωση της πρωτογενούς ενέργειας αλλάζει. Έτσι, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση κατά 248.8 kWh/m² ή σε ποσοστό 73.6%. Ακολουθεί το σενάριο 4 με ποσοστό μείωσης τα 54.6 % και τελευταίο έρχεται το σενάριο 1 με ποσοστό μείωσης 9.7%. Το σενάριο 5 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση με ποσοστό 89.1% ή μείωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 301 kWh/m².
- Στο ζεστό νερό χρήσης, με την εγκατάσταση του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτυγχάνεται μείωση κατά 74.3% για την κλιματική ζώνη Α, ή αλλιώς μείωση κατά 59 kWh/m².
- Στο φωτισμό, η αναβάθμιση του συστήματος από λάμπες πυρακτώσεως σε LED οδήγησε σε εξοικονόμηση της τάξεως του 92.1% ή αλλιώς μείωση κατά 1066.4 kWh/m² καθιστώντας το μέτρο ως αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε κτίριο ενεργειακά μη αποδοτικό ενώ το σενάριο 5 (στο οποίο προστίθενται και οι αυτοματισμοί στο σύστημα φωτισμού) επιτυγχάνεται μείωση κατά 1082.8 kWh/m² ή αλλιώς σε ποσοστό 93.5%.
- Στη συνεισφορά ΑΠΕ, παρατηρούμε ότι το σενάριο 3 (η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων) συνεισφέρουν κατά 12.5% στην εξοικονόμηση ενέργειας συνεισφορά κατά 206.2 kWh/m².
- Η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για την κλιματική ζώνη Α μειώνεται κατά μεγαλύτερο ποσοστό, μεταξύ των σεναρίων 1-4, με το σενάριο 2 σε ποσοστό 83.7% ή αλλιώς 1377 kWh/m² και ακολουθούν τα σενάρια 4,3 και 1 με ποσοστά 12.8%, 12.5% και 3.6%, αντίστοιχα. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των σεναρίων 1- 4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση κατά 102.4% καθώς όπως τονίστηκε και προηγουμένως είναι αξιοσημείωτο ότι οδηγεί σε αρνητική ετήσια πρωτογενή ενέργεια με τιμή -39.6 kWh/m² καθιστώντας το κτίριο ενεργειακά αυτόνομο και ικανό να προσδώσει επιπλέον στο δίκτυο σε ετήσια βάση 44845.02 kWh.

5.1.1.2. Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α

Στο σχήμα 5.4 παρουσιάζονται οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για διάφορες χρήσεις του κτιρίου αλλά και συνολικά και στο σχήμα 5.5 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων για την κλιματική ζώνη Α για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στο σχήμα 5.6 πραγματοποιείται ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων σε μηνιαίο επίπεδο, όπως εξήχθησαν από το λογισμικό TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Α.



Σχήμα 5.4 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Α.



Σχήμα 5.5 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Α.

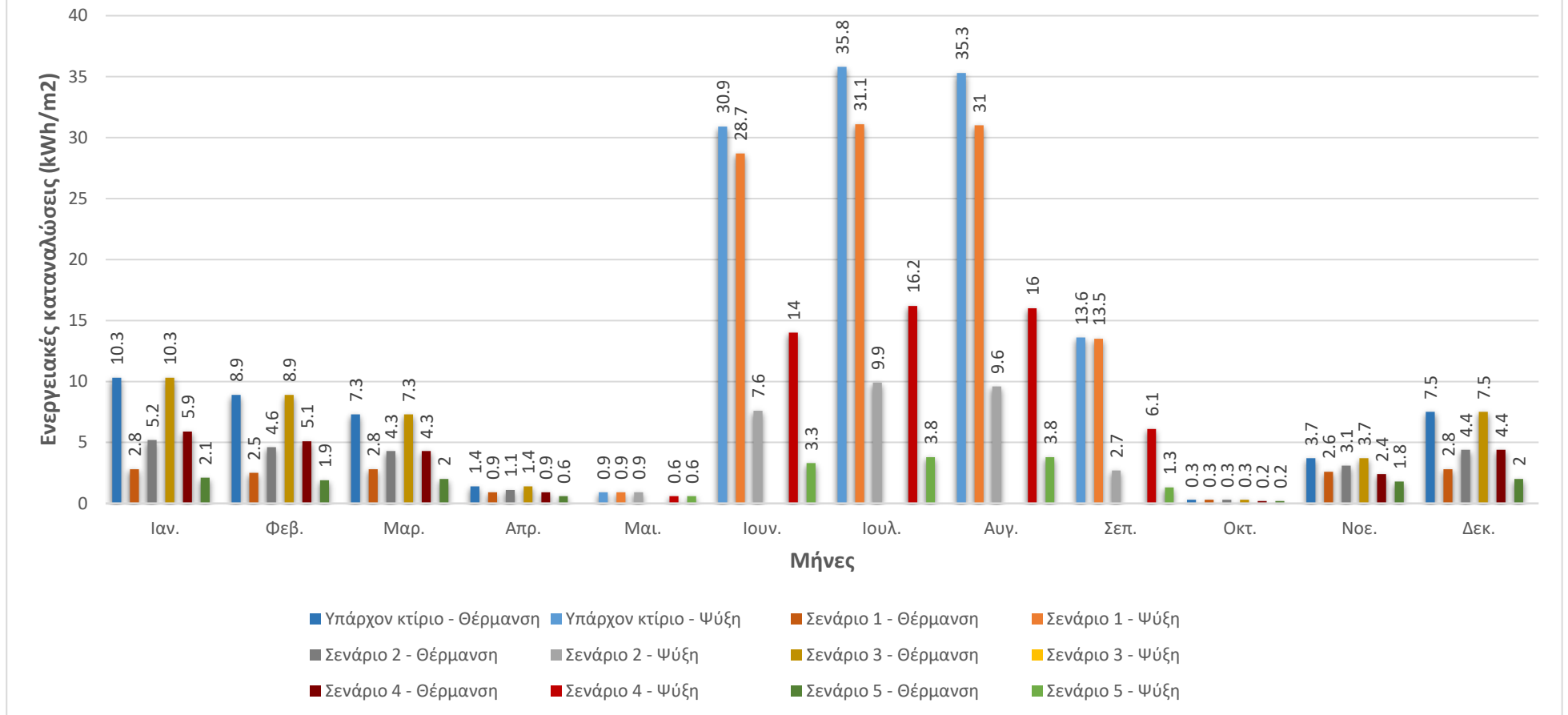
Στο σχήμα 5.4 παρατηρούμε την ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση και συνολικά για κάθε σενάριο ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου στην κλιματική ζώνη Α και στο σχήμα 5.5 απεικονίζονται τα ποσοστά μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο. Εννοείται ότι για κάθε τελική χρήση αλλά και συνολικά το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των σεναρίων 1-4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Παρατηρώντας τα σχήματα 5.4 και 5.5 συμπεραίνουμε ότι:

- Στη θέρμανση μεταξύ των αυτοτελών σεναρίων βελτίωσης του κτιρίου (1-4) το σενάριο 1 (τοποθέτηση θερμομόνωσης και βελτίωση κουφωμάτων) είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 24.7 kWh/m² ή σε ποσοστό 62.7%. Ακολουθούν το σενάριο 2 (αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης, ψύξης ζνχ με γεωθερμική αντλία θερμότητας και συστήματος φωτισμού) σε ποσοστό 41.9 % κι έπειτα το σενάριο 4 (τοποθέτηση αυτοματισμών) σε ποσοστό 41.4%. Λογικό είναι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση να επιτυγχάνεται με το σενάριο 5 σε ποσοστό 72.8% ή αλλιώς μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας θέρμανσης κατά 28.7 kWh/m².
- Στην ψύξη η λογική στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλάζει. Έτσι, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση κατά 85.8 kWh/m² ή σε ποσοστό 73.6%. Ακολουθεί το σενάριο 4 με ποσοστό μείωσης τα 54.6 % και τελευταίο έρχεται το σενάριο 1 με ποσοστό μείωσης 9.8%. Το σενάριο 5 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση με ποσοστό 89 % ή μείωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 103.8 kWh/m².
- Στο ζεστό νερό χρήσης, με την εγκατάσταση του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων κατά 74.5% για την κλιματική ζώνη Α, ή αλλιώς μείωση κατά 20.4 kWh/m².

- Στο φωτισμό, η αναβάθμιση του συστήματος από λάμπες πυρακτώσεως σε LED οδήγησε σε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε ποσοστό 92.1% ή αλλιώς μείωση κατά 367.7 kWh/m² κατανάλωσης ενέργειας καθιστώντας το μέτρο ως αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης σε κτίριο ενεργειακά μη αποδοτικό ενώ το σενάριο 5 (στο οποίο προστίθενται και οι αυτοματισμοί στο σύστημα φωτισμού) επιτυγχάνεται μείωση κατά 373.3 kWh/m² ή αλλιώς σε ποσοστό 93.5%.
- Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για την κλιματική ζώνη Α μειώνεται κατά μεγαλύτερο ποσοστό, μεταξύ των σεναρίων 1-4, με το σενάριο 2 σε ποσοστό 84.2% ή αλλιώς 490.3 kWh/m² και ακολουθούν τα σενάρια 4 και 1 με ποσοστά 13.7% και 6.2%, αντίστοιχα. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των σεναρίων 1- 4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση των καταναλώσεων σε ενέργεια κατά 90.3% οδηγώντας σε τελική ενεργειακή κατανάλωση τις 56.5 kWh/m².

Στο παρακάτω σχήμα παρατίθενται οι μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις εστιάζοντας στη θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου για την κλιματική ζώνη Α σε κάθε σενάριο και πραγματοποιείται η αντίστοιχη ανάλυση.

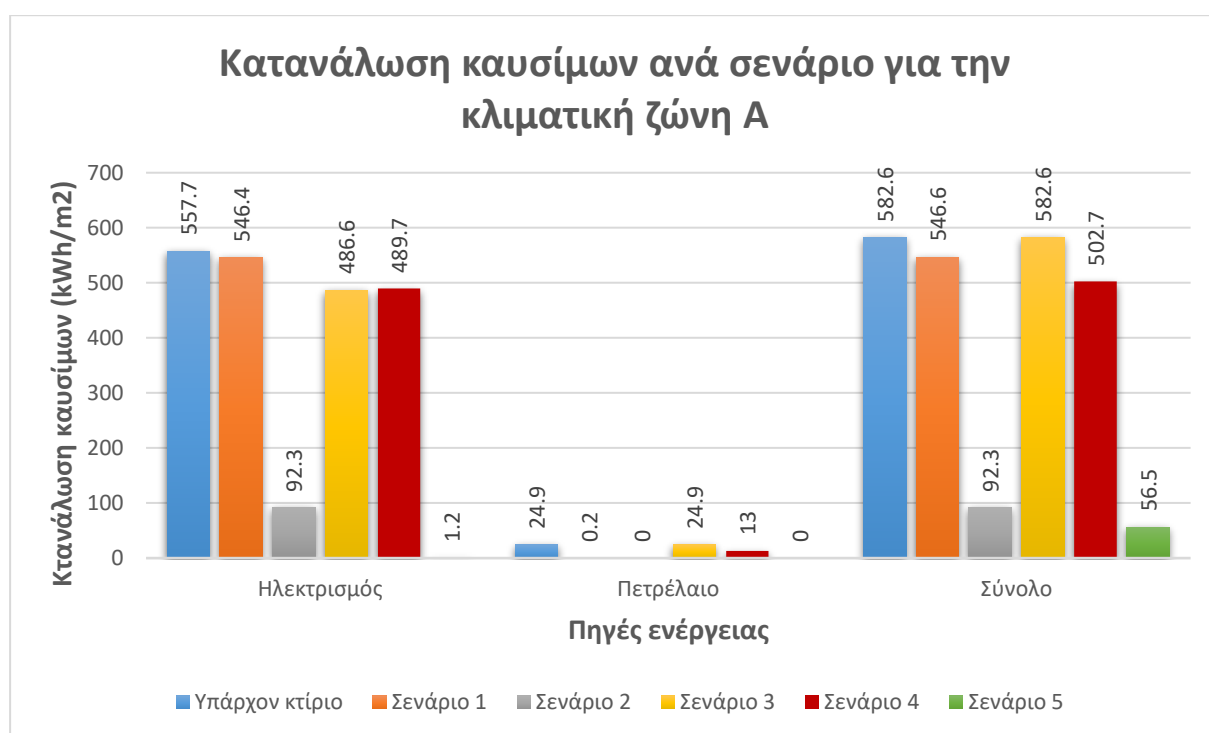
Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης στην κλιματική ζώνη Α



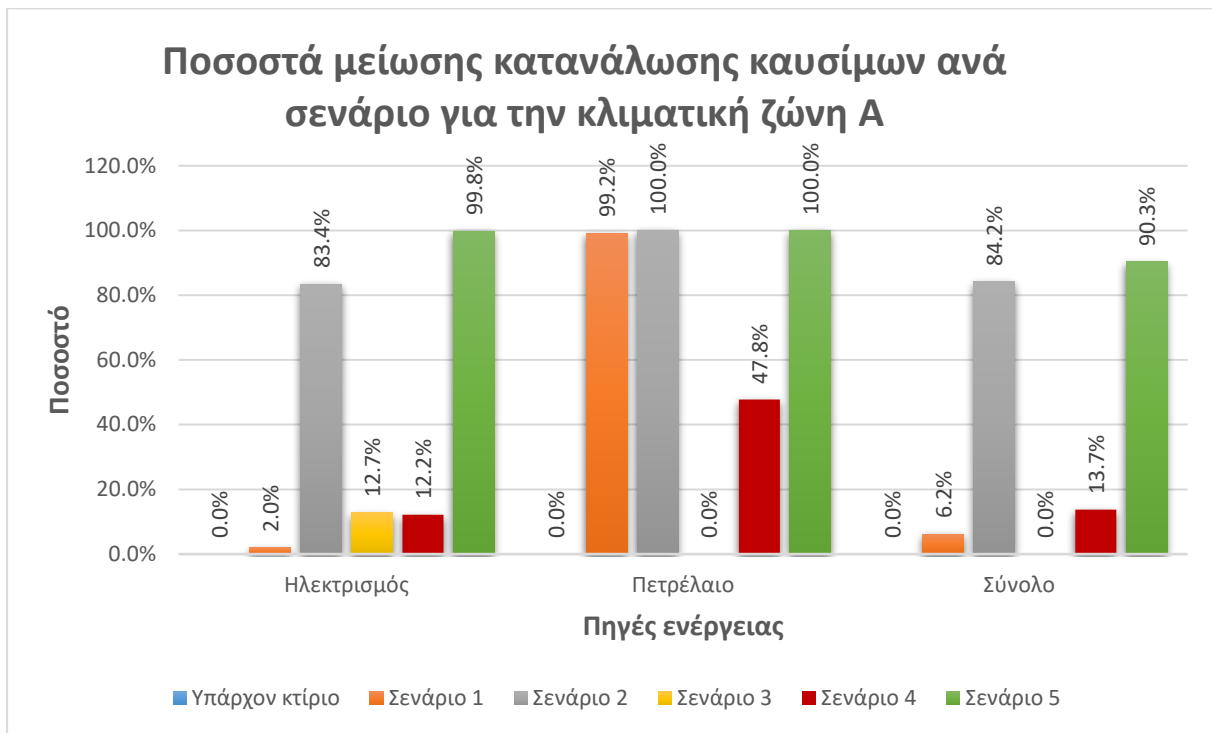
Σχήμα 5.6 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Α.

Στο σχήμα 5.6 παρατηρείται ότι για την κλιματική ζώνη Α, οι ενεργειακές καταναλώσεις τους «θερμούς μήνες» που λειτουργεί το σύστημα ψύξης (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο) είναι υψηλότερες από τους «ψυχρούς μήνες» που λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης (Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο). Αυτό είναι λογικό καθώς τα κτίρια της κλιματικής ζώνης Α η οποία είναι η πιο θερμή συγκριτικά με τις Β,Γ,Δ έχει μεγαλύτερη ανάγκη από ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Για τους «θερμούς μήνες» ο Ιούλιος παρουσιάζει τη μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση σε ψύξη με το υπάρχον κτίριο να καταναλώνει 35.8 kWh/m² και στο μήνα αυτό μεταξύ των σεναρίων 1-4 το σενάριο 2 μειώνει περισσότερο την ενεργειακή κατανάλωση στην τιμή 9.9 kWh/m² ή σε ποσοστό 72.34%. Όμως, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση του Ιουλίου στην τιμή 3.8 kWh/m² ή σε ποσοστό 89.8% συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Για τους «ψυχρούς μήνες», ο Ιανουάριος είναι ο μήνας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κατανάλωση σε θέρμανση με τιμή 10.3 kWh/m² για το υπάρχον κτίριο και μεταξύ των σεναρίων 1-4 το σενάριο 2 μειώνει περισσότερο την ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση, στην τιμή 2.8 kWh/m² ή αλλιώς σε ποσοστό 72.81%. Και στο μήνα αυτό το σενάριο 5 μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου τον Ιανουάριο στην τιμή 2.1 kWh/m² ή αλλιώς σε ποσοστό 79.61%.

5.1.1.3. Κατανάλωση καυσίμων κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α



Σχήμα 5.7 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Α.



Σχήμα 5.8 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Α.

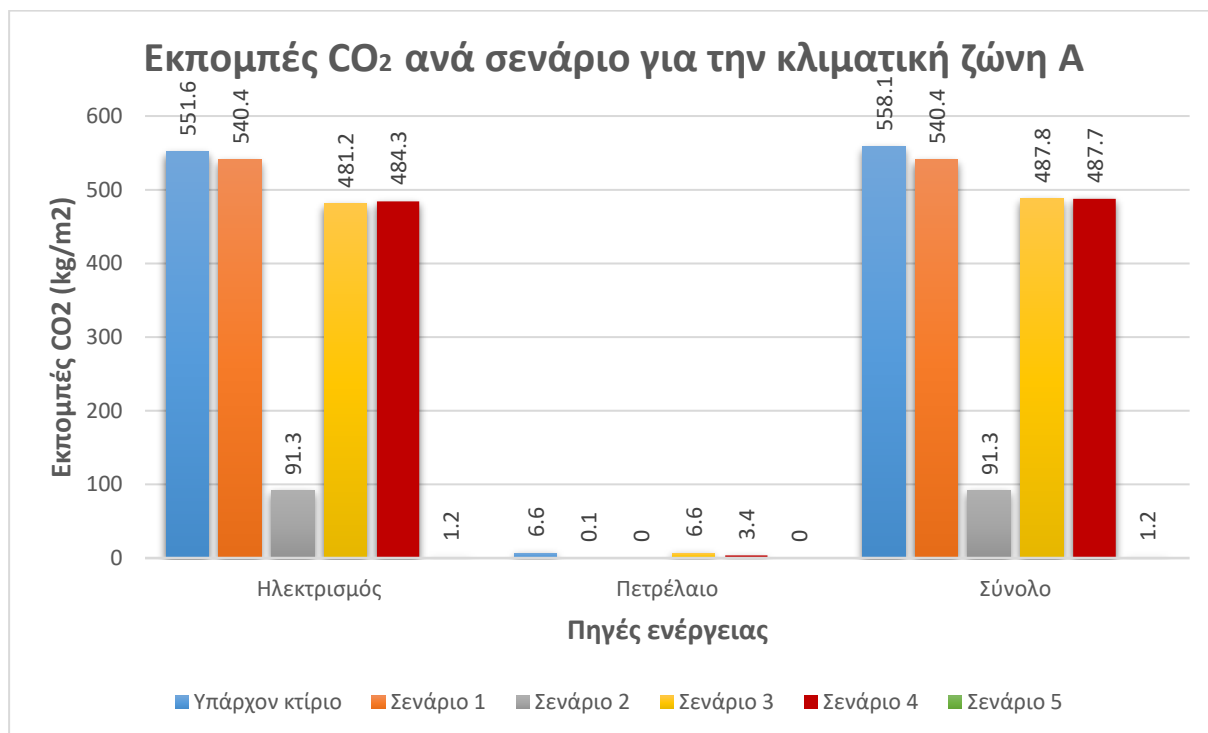
Στο σχήμα 5.7 απεικονίζεται η κατανάλωση καυσίμων για κάθε σενάριο βελτίωσης σε κάθε πηγή ενέργειας και συνολικά για το κτίριο, στην κλιματική ζώνη Α ενώ στο σχήμα 5.8 απεικονίζονται τα ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων που επιτυγχάνονται με την εφαρμογή των βελτιωτικών σεναρίων 1-5.

Για τον ηλεκτρισμό, παρατηρούμε ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και LED λαμπτήρων) είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ την κατανάλωση καυσίμων από 557.7 kWh/m² στο υπάρχον κτίριο στις 92.3 kWh/m² ή σε ποσοστό 83.4 %. Ακολουθούν τα σεναρία 3 και 4 με μείωση κατά 12.2% και τέλος το σενάριο 1 με μείωση στα 2.0%. Όμως, το σενάριο 5 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση του ηλεκτρισμού, το οποίο μειώνει την τιμή στις μόλις 1.2 kWh/m² ή σε ποσοστό 99.8% κι αυτό είναι λογικό διότι για τη λειτουργία του κτιρίου, πέραν του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και ζυγχ στο οποίο χρησιμοποιείται γεωθερμική αντλία θερμότητας, και την αναβάθμιση των λαμπτήρων σε LED, χρησιμοποιείται επιπλέον σύστημα αυτοματισμών BMS αλλά και φωτοβολταϊκά στοιχεία για την κάλυψη των αναγκών του.

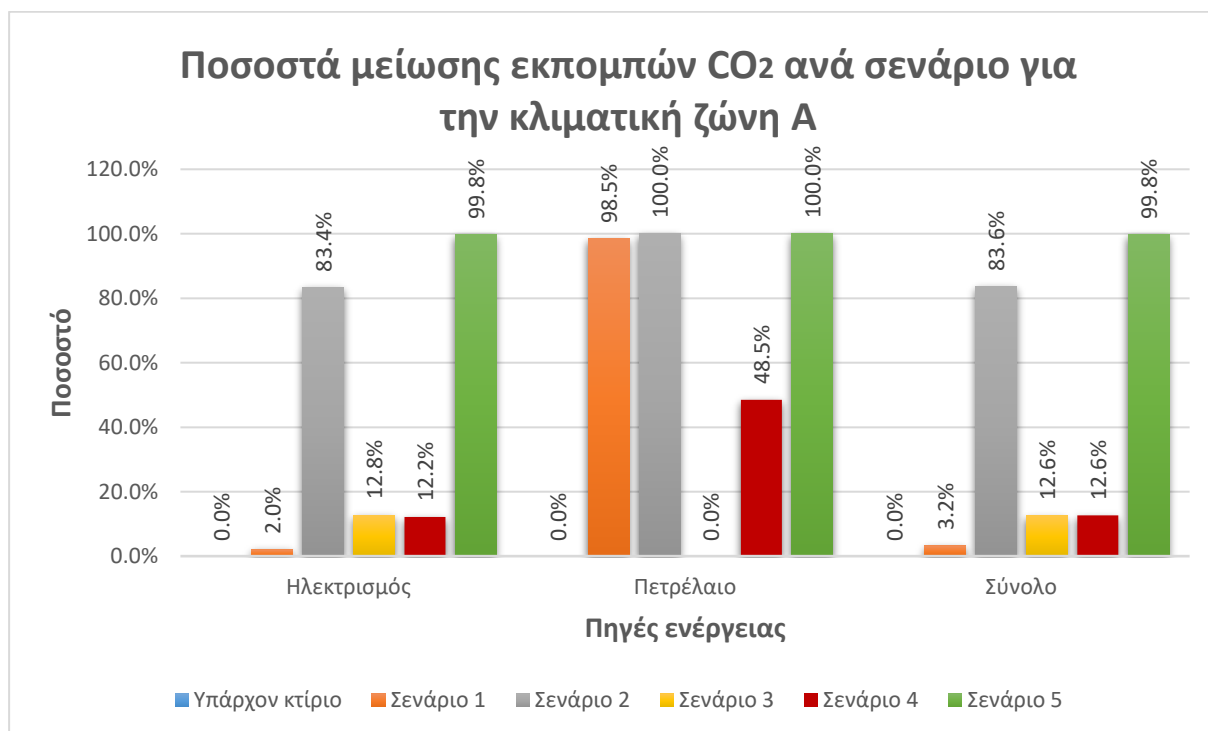
Για το πετρέλαιο, παρατηρούμε ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και LED λαμπτήρων) είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ την κατανάλωση καυσίμων από 24.9 kWh/m² στο υπάρχον κτίριο στα 0 kWh/m² ή σε ποσοστό 100 %. Και στο σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις παρεμβάσεις, η κατανάλωση για το καύσιμο του πετρελαίου εξαλείφεται εντελώς μιας και δεν χρησιμοποιείται καθόλου το πετρέλαιο παρά μόνο η γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Συνολικά, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 μειώνει περισσότερο την κατανάλωση καυσίμων από την τιμή 582.6 kWh/m² στην τιμή 92.3 kWh/m² ή σε ποσοστό 84.2%. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 κατεβάξει την τιμή της κατανάλωσης καυσίμων στις 56.5 kWh/m² ή σε ποσοστό 90.3%.

5.1.1.4. Εκπομπές CO₂ κτιρίου στην Κλιματική Ζώνη Α



Σχήμα 5.9 Εκπομπές CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Α.



Σχήμα 5.10 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Α.

Στο σχήμα 5.9 απεικονίζονται οι εκπομπές CO₂ για κάθε σενάριο βελτίωσης σε κάθε πηγή ενέργειας και συνολικά για το κτίριο, στην κλιματική ζώνη Α ενώ στο σχήμα 5.10 απεικονίζονται τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών CO₂ που επιτυγχάνονται με την εφαρμογή των βελτιωτικών σεναρίων 1-5.

Για τον ηλεκτρισμό, παρατηρούμε ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και LED λαμπτήρων) είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ τις εκπομπές CO₂ από 551.6 kg/m² στο υπάρχον κτίριο στα 91.3 kg/m² ή σε ποσοστό 83.4 %. Ακολουθούν τα σενάρια 3 και 4 με μείωση κατά 12.8% και τέλος το σενάριο 1 με μείωση στα 2.0%. Όμως, το σενάριο 5 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών CO₂, το οποίο μειώνει την τιμή στα μόλις 1.2 kg/m² ή σε ποσοστό 99.8%.

Για το πετρέλαιο, παρατηρούμε ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας) είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ τις εκπομπές CO₂ από 6.6 kg/m² στο υπάρχον κτίριο στα 0 kg/m² ή σε ποσοστό 100 %. Και στο σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις παρεμβάσεις, οι εκπομπές CO₂ εξαλείφονται εντελώς μιας και δεν χρησιμοποιείται καθόλου το πετρέλαιο παρά μόνο η γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Συνολικά, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 μειώνει περισσότερο τις εκπομπές CO₂ από την τιμή 558.1 kg/m² στην τιμή 91.3 kg/m² ή σε ποσοστό 83.8%. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 κατεβάζει την τιμή των εκπομπών CO₂ στα 1.2 kg/m² (κοντά στο 0) ή μειώνει τις εκπομπές σε ποσοστό 99.8%. Από αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι το σενάριο 5 είναι αυτό που καθιστά το κτίριο σε κτίριο χαμηλών εκπομπών CO₂ προσεγγίζοντας το στόχο που θα απαιτείται για τα νέα κτίρια από το 2030.

5.1.2. Αποτελέσματα σεναρίων για όλες τις Κλιματικές Ζώνες

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται τα αποτελέσματα πρωτογενούς ενέργειας, ενεργειακών καταναλώσεων, κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπών CO₂ για όλες τις κλιματικές ζώνες συγκεντρωτικά και γίνεται ανάλογη ανάλυση. Υπενθυμίζεται ότι στο Παράρτημα ΙΙΙ τα διαγράμματα αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση στο TEE-KENAK παρατίθενται ξεχωριστά και για τις κλιματικές ζώνες Β,Γ,Δ, αντίστοιχα με την ανάλυση που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο της κλιματικής ζώνης Α.

5.1.2.1. Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου για όλες τις Κλιματικές Ζώνες

Στους πίνακες 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κτιρίου μαζί με την τελική του κατάταξη όπως προκύπτει από το λογισμικό για κάθε σενάριο για τις κλιματικές ζώνες Α, Β Γ και Δ αντίστοιχα. Ο πίνακας 5.2 παρατίθεται και στην ενότητα 5.1 ωστόσο για εποπτικούς λόγους παρουσιάζεται και στην παρούσα ενότητα. Ακολουθώντας στο σχήμα 5.11 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η πρωτογενής ενέργεια κάθε σεναρίου ανά τελική χρήση για όλες τις κλιματικές ζώνες και στο σχήμα 5.12 παρουσιάζεται η συνολική πρωτογενής ενέργεια κάθε σεναρίου για κάθε κλιματική ζώνη. Στη συνέχεια, στο σχήμα 5.13 παρατίθενται τα ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κάθε σεναρίου για όλες τις κλιματικές ζώνες και στο σχήμα 5.14 παρατίθενται τα ποσοστά εξοικονόμησης της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας.

Πίνακας 5.2: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Α.

Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη Α (kWh/m ²)							
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Θέρμανση	44.1	69.3	42.2	66.5	69.3	43.5	31.2
Ψύξη	74.7	338	305.2	89.2	338	153.5	37
ZNX	39.1	79.4	79.4	20.4	79.4	79.4	20.4
Φωτισμός	145.8	1158.1	1158.1	91.7	1158.1	1158.1	75.3
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0	0	0	206.2	0	203.4
Σύνολο	303.7	1644.8	1584.8	267.8	1438.6	1434.4	-39.6
Κατάταξη	-	Η	Η	Β	Η	Η	Α+

Πίνακας 5.3: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Β.

Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη Β (kWh/m ²)							
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Θέρμανση	53	100.4	42.7	90.6	100.4	59.7	33.9
Ψύξη	80.1	353.6	294.9	104	353.6	165	39
ZNX	41.6	84.6	84.6	21.7	84.6	84.6	21.7
Φωτισμός	145.8	1158.1	1158.1	91.7	1158.1	1158.1	72.5
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0	0	0	197.3	0	196.5
Σύνολο	320.6	1696.7	1580.2	307.9	1499.3	1467.4	-29.4
Κατάταξη	-	Η	Η	Β	Η	Η	Α+

Πίνακας 5.4: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Γ.

Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη Γ (kWh/m ²)							
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Θέρμανση	78.6	158	61.1	141.3	158	92.8	49.7
Ψύξη	60.9	290.5	256.8	73.1	290.5	130.1	25.4
ZNX	44.9	91.3	91.3	23.4	91.3	91.3	23.4
Φωτισμός	145.8	1158.1	1158.1	91.7	1158.1	1158.1	72.5
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0	0	0	181.3	0	179.8
Σύνολο	330.2	1697.8	1567.2	329.4	1516.5	1472.2	-8.8
Κατάταξη	-	H	H	B	H	H	A+

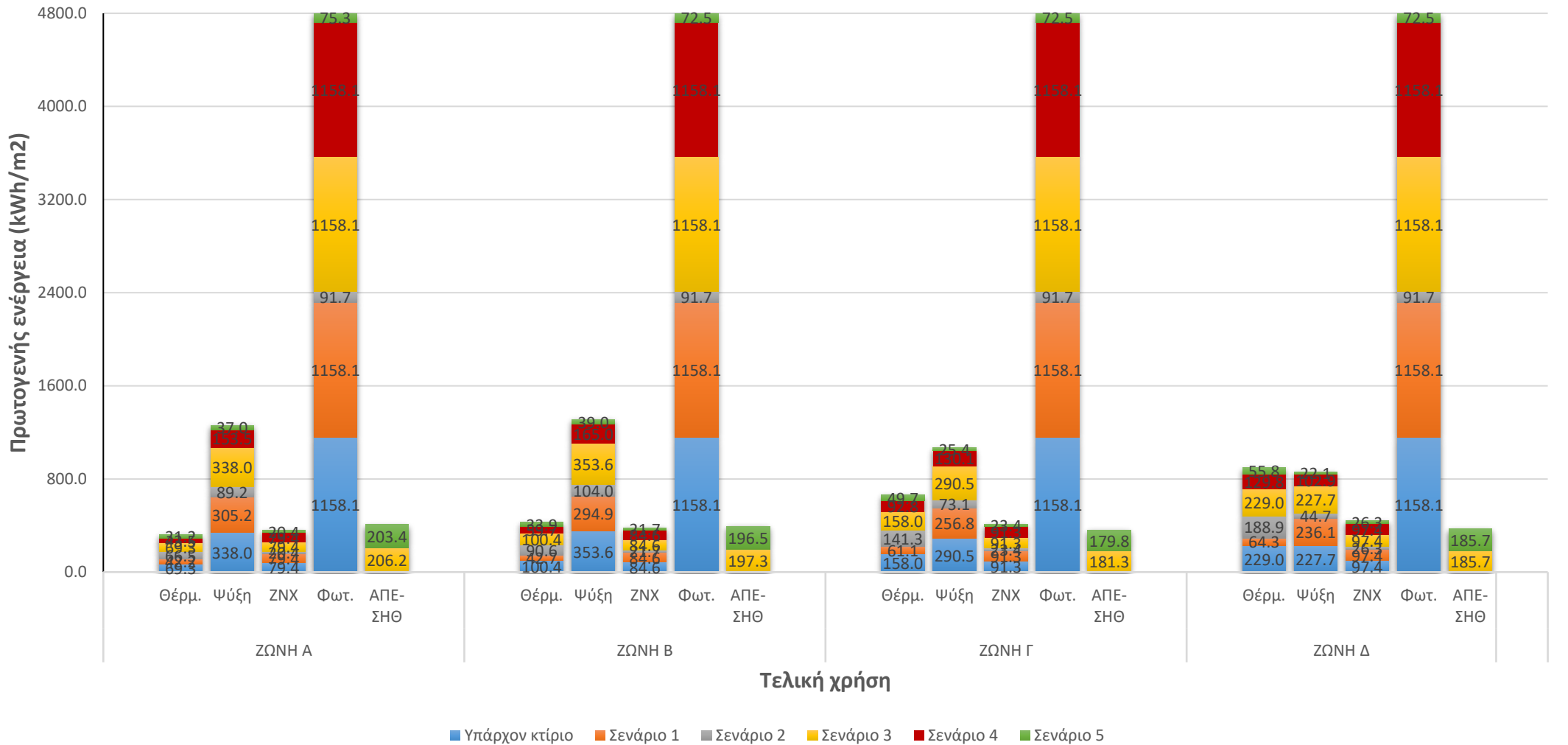
Πίνακας 5.5: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση του κτιρίου αναφοράς, του υφιστάμενου κτιρίου και των σεναρίων του, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK για την κλιματική ζώνη Δ.

Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη Δ (kWh/m ²)							
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Θέρμανση	97.3	229	64.3	188.9	229	129.8	55.8
Ψύξη	50.2	227.7	236.1	44.7	227.7	102.9	22.1
ZNX	47.9	97.4	97.4	26.3	97.4	97.4	26.3
Φωτισμός	145.8	1158.1	1158.1	91.7	1158.1	1158.1	72.5
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0	0	0	185.7	0	185.7
Σύνολο	341.3	1712.1	1555.8	351.6	1526.3	1488.2	-9
Κατάταξη	-	H	H	Γ	H	H	A+

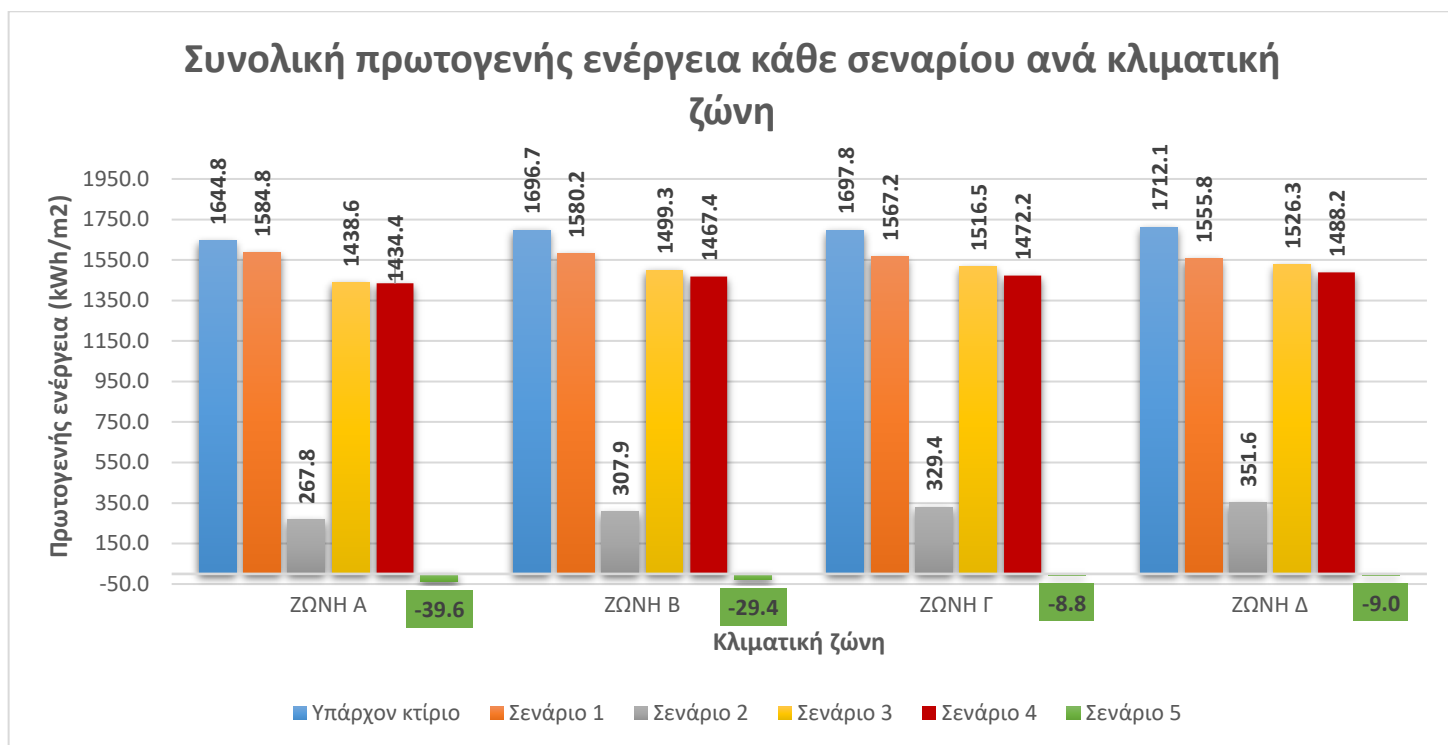
Υπενθυμίζεται ότι παρατηρούνται υψηλές τιμές συνολικής πρωτογενούς ενέργειας συγκριτικά με τη μέση τιμή πρωτογενούς ενέργειας ξενοδοχείων στην Ελλάδα. Αυτό συνέβη διότι για τη συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε να μελετηθεί ξενοδοχείο κατασκευασμένο προ του '80 χωρίς ενεργειακές βελτιώσεις, προκειμένου να εξεταστεί ακριβέστερα ποιο είναι το ενεργειακό όφελος από την βελτίωση που υφίσταται από κάθε σενάριο. Εξάλλου, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 5.11, ο φωτισμός, που στην υφιστάμενη κατάσταση και στα σενάρια 1,3,4 είναι από λαμπτήρες πυρακτώσεως, βλέπουμε ότι εκτινάσσει την τιμή της πρωτογενούς ενέργειας στις 1158.1 kWh/m² για κάθε κλιματική ζώνη.

Σε όλες τις κλιματικές ζώνες, το υπάρχον κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία H με τιμή συνολικής πρωτογενούς ενέργειας 1644.8 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Α, 1707.7 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Β, 1697.8 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Γ και 1712.7 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Δ. Με το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και ζνχ και αναβάθμιση συστήματος φωτισμού σε λαμπτήρες LED), η κατάταξη του κτιρίου ανεβαίνει σε Β για τις κλιματικές ζώνες Α,Β,Γ και σε Γ για την κλιματική ζώνη Δ. Με το σενάριο 5 (συνδυασμός όλων των σεναρίων 1-4) η κατάταξη του κτιρίου ανεβαίνει σε Α+ σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για κάθε κλιματική ζώνη



Σχήμα 5.11 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.12 Συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για το υπάρχον κτίριο και τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.

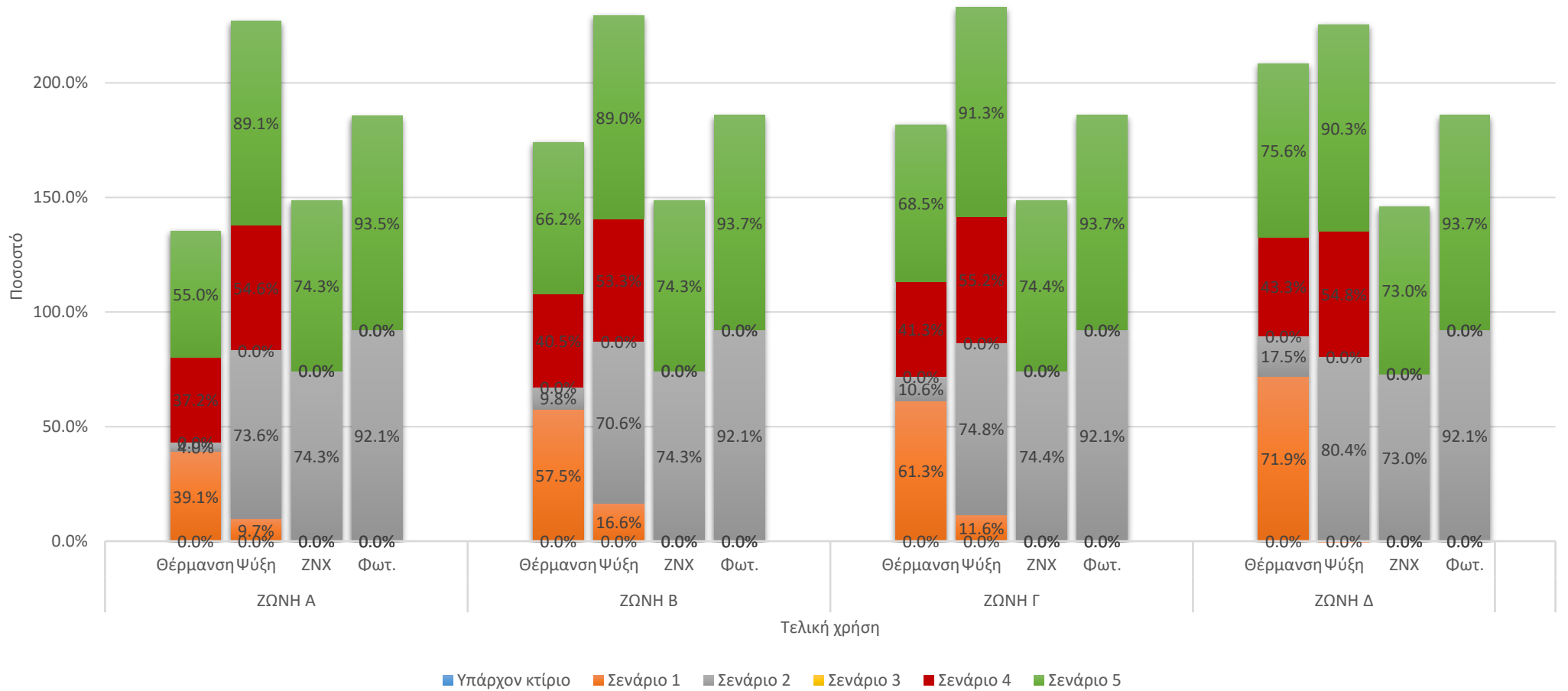
Στο σχήμα 5.11 παρατηρείται ότι σε κάθε σενάριο, η τελική χρήση φωτισμού είναι αυτή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη. Για την κλιματική ζώνη Α, αμέσως επόμενη χρήση με τη μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας είναι η ψύξη και ακολουθούν το ζεστό νερό χρήσης, η θέρμανση και η συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ. Για τις κλιματικές ζώνες Β,Γ αμέσως επόμενη χρήση με τη μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας είναι η ψύξη και ακολουθούν η θέρμανση το ζνχ και η ΑΠΕ-ΣΗΘ ενώ για την κλιματική ζώνη Δ αμέσως μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας έχει η θέρμανση και ακολουθούν η ψύξη, το ζνχ και η συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ. Μεταξύ θέρμανσης και ψύξης, είναι λογικό η τιμή της πρωτογενούς ενέργειας να είναι μεγαλύτερη για την ψύξη στις ζώνες Α,Β,Γ απ'ότι στη Δ που η λογική αντιστρέφεται και η θέρμανση έχει μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας από την ψύξη. Αυτό διότι οι ζώνες Α,Β,Γ, είναι πιο θερμές και έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη απ'ότι στη Δ. Είναι ευδιάκριτο ότι το σενάριο 2 έχει τη μικρότερη τιμή πρωτογενούς ενέργειας για κάθε χρήση και κάθε κλιματική ζώνη.

Στο σχήμα 5.12 που απεικονίζεται η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για κάθε κλιματική ζώνη παρατηρούμε ότι για το υπάρχον κτίριο η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια αυξάνεται όσο πηγαίνουμε από την κλιματική ζώνη Α στη Δ. Στο σενάριο 1 (της τοποθέτησης θερμομόνωσης και της βελτίωσης των κουφωμάτων) η συνολική πρωτογενής ενέργεια μειώνεται από την κλιματική ζώνη Α στη Δ κι αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι όσο πηγαίνουμε από τη θερμή στην ψυχρή κλιματική ζώνη τόσο μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης τοποθετήσαμε. Στα υπόλοιπα σεναρία (2,3,4) η συνολική πρωτογενής ενέργεια αυξάνεται από την πιο θερμή (ζώνη Α) στην πιο ψυχρή (ζώνη Δ) κλιματική ζώνη. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας για κάθε ζώνη καθώς επίσης το

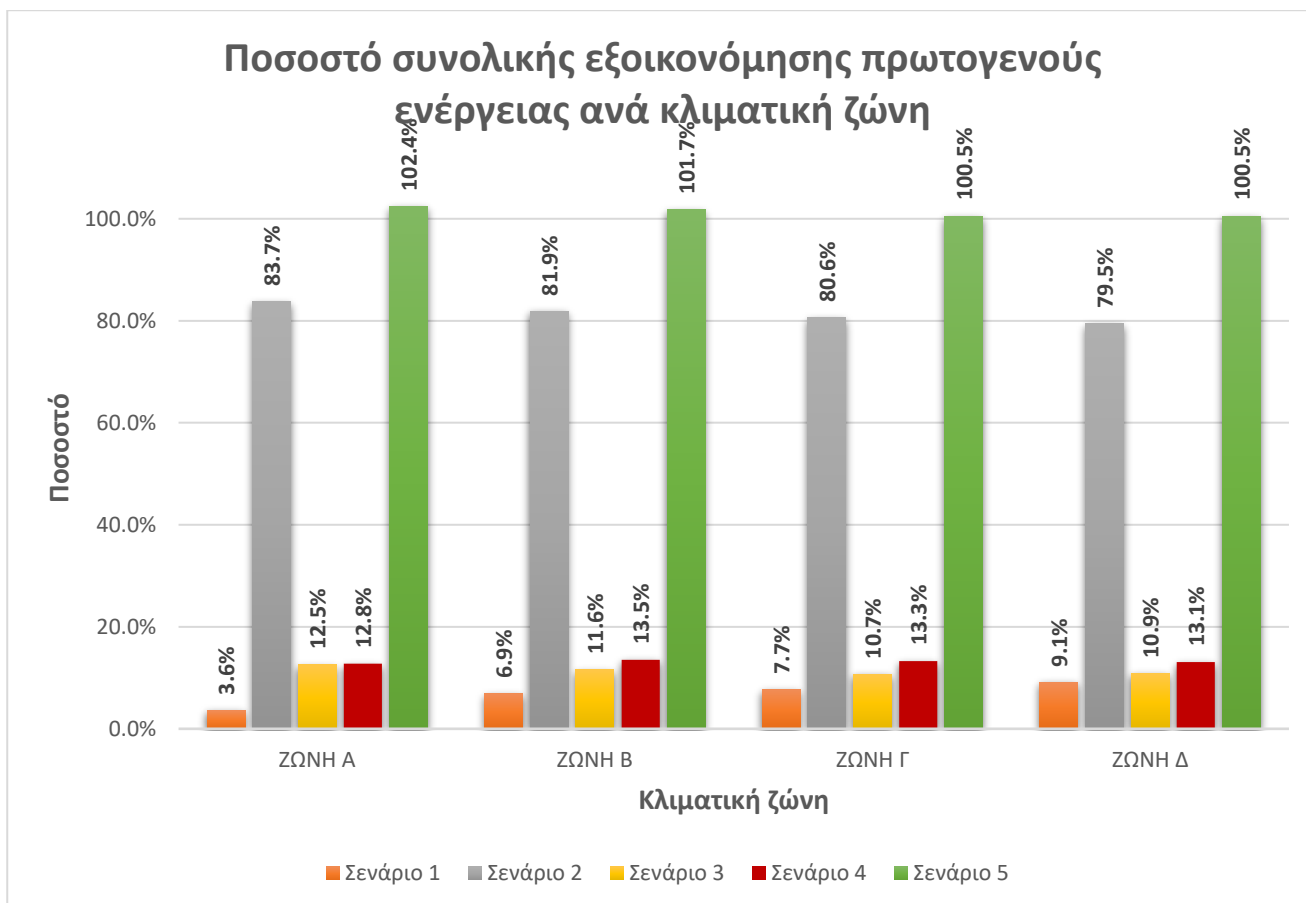
σενάριο 5 (συνδυασμός των σεναρίων 1-4) οδηγεί σε ενεργειακά αυτόνομο κτίριο που μπορεί να παράξει και να αποδώσει τελικά πρωτογενή ενέργεια ετησίως στο δίκτυο καθώς η συνολική πρωτογενής ενέργεια είναι αρνητική για κάθε κλιματική ζώνη.

Παρακάτω παρατίθενται τα ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργεια κάθε σεναρίου ενεργειακής βελτίωσης συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο ανά τελική χρήση για κάθε κλιματική ζώνη (σχήμα 5.13) όπως και τα ποσοστά εξοικονόμησης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη (σχήμα 5.12).

Ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για κάθε κλιματική ζώνη



Σχήμα 5.13 Ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.14 Ποσοστά συνολικής εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Στα σχήματα 5.13 και 5.14 παρατηρούμε ότι για κάθε τελική χρήση αλλά και συνολικά, το σενάριο 5 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη. Παρατηρώντας τα σχήματα 5.13 και 5.14 βλέπουμε ότι:

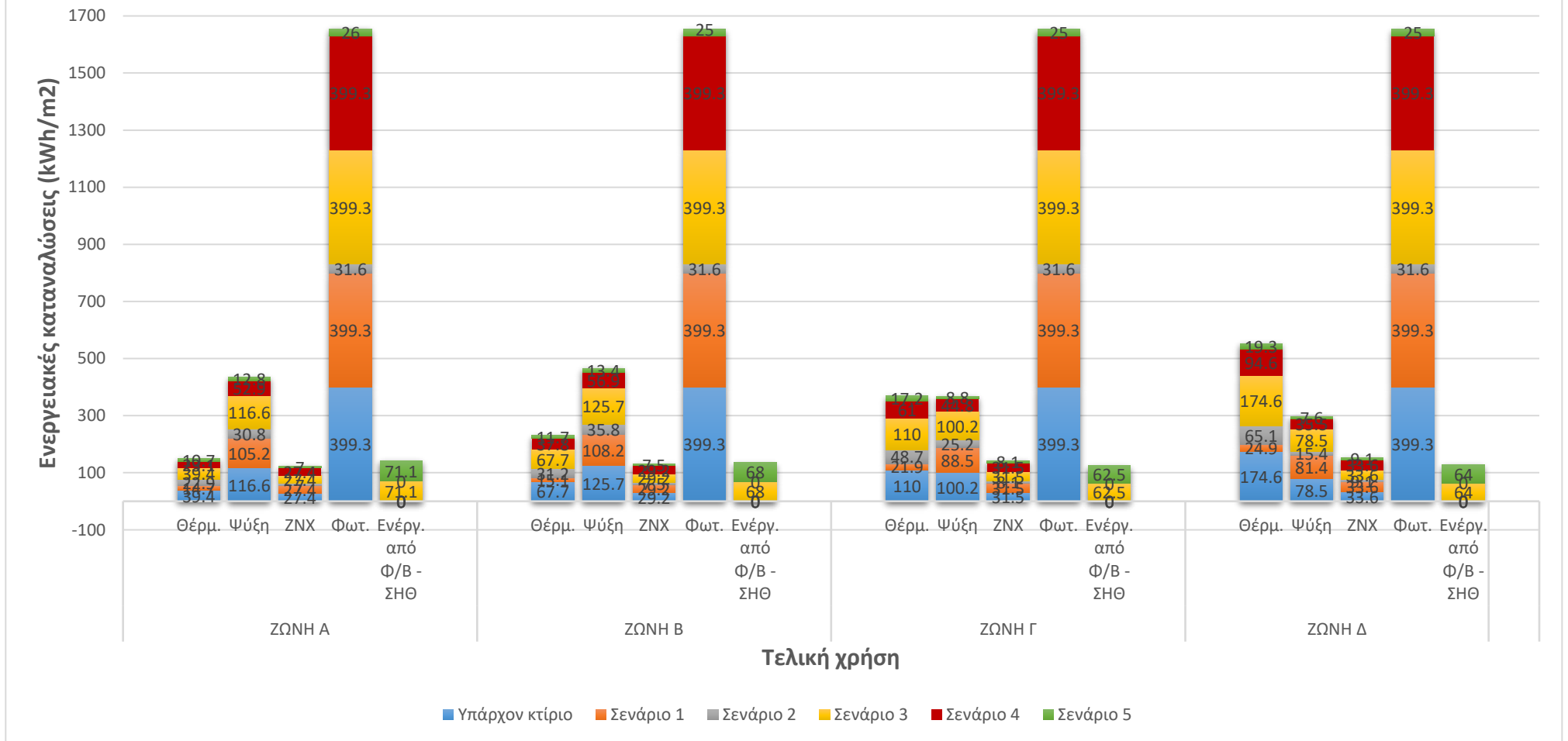
- Στη θέρμανση, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 1 (τοποθέτηση θερμομόνωσης και βελτίωση κουφωμάτων) είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη. Μάλιστα, η μεγαλύτερη μείωση της πρωτογενούς ενέργειας σε θέρμανση παρατηρείται στην κλιματική ζώνη Δ σε ποσοστό 71.9% συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο και στο σημείο αυτό φαίνεται πόσο σημαντική είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης για τις ψυχρές περιοχές της Ελλάδας. Το εύρος του ποσοστού μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας σε θέρμανση λόγω του σεναρίου 1 ξεκινά από το 39.1% για τη ζώνη Α και καταλήγει σε 71.9% στη ζώνη Δ.
- Στην ψύξη η λογική στην μείωση της πρωτογενούς ενέργειας αλλάζει. Μεταξύ των σεναρίων 1-4 για κάθε κλιματική ζώνη, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση πρωτογενούς ενέργειας. Το εύρος στο οποίο κυμαίνεται το ποσοστό μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας σε ψύξη για κάθε κλιματική ζώνη για το σενάριο 2 είναι μεταξύ 70.6% έως 80.4% με τη μεγαλύτερη μείωση να επιτυγχάνεται στην κλιματική ζώνη Δ της οποίας η τιμή πέφτει από 227.7 kWh/m² σε 44.7 kWh/m², δηλαδή σε ποσοστό 80.4%.
- Στο ζεστό νερό χρήσης, με την εγκατάσταση του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (σενάριο 2) επιτυγχάνεται μια μείωση στην πρωτογενή ενέργεια ζυγ εύρους 73%-74% για κάθε κλιματική ζώνη.

- Στο φωτισμό, η αναβάθμιση του συστήματος από λάμπες πυρακτώσεως σε LED (σενάριο 2) οδήγησε σε μεγάλο ποσοστό μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας φωτισμού το οποίο είναι 92.1% για κάθε κλιματική ζώνη. Έτσι, για κάθε κλιματική ζώνη, η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε κτίριο ενεργειακά μη αποδοτικό που βρίσκεται σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας ενώ το σενάριο 5 (στο οποίο προστίθενται αυτοματισμοί στο σύστημα φωτισμού) οδηγεί σε μείωση της πρωτογενούς ενέργειας φωτισμού σε ποσοστό περίπου 93.7% για κάθε κλιματική ζώνη.
- Στο σχήμα 5.14 παρατηρούμε ότι η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για όλες τις κλιματικές ζώνες, μειώνεται κατά μεγαλύτερο ποσοστό με το σενάριο 2 (αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζνχ και φωτισμού) συγκρίνοντας μεταξύ τους τα σενάρια 1-4 σε ποσοστό εύρους 79.5% με τιμή 351.6 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Δ και έως 83.7% για την κλιματική ζώνη Α με τιμή 267.8 kWh/m². Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των σεναρίων 1-4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση κατά 102.4% για τη ζώνη Α, 101.7% για τη ζώνη Β και 100.5% για τις ζώνες Γ και Δ. Παρατηρώντας παράλληλα και το σχήμα 5.12, βλέπουμε ότι το σενάριο 5 οδηγεί σε αρνητική συνολική πρωτογενή ενέργεια για κάθε κλιματική ζώνη και συγκεκριμένα σε τιμή -39.6 kWh/m² στη ζώνη Α, -29.4 kWh/m² στη ζώνη Β, -8.8 kWh/m² στη ζώνη Γ και -9.0 kWh/m² στη ζώνη Δ. Έτσι, για κάθε κλιματική ζώνη το κτίριο καθίσταται ενεργειακά αυτόνομο και μπορεί να προσδώσει στο δίκτυο σε ετήσια βάση 44845.02 kWh στη ζώνη Α, 33294.08 kWh στη ζώνη Β, 9965.56 kWh στη ζώνη Γ και 10192.05 kWh στη ζώνη Δ.

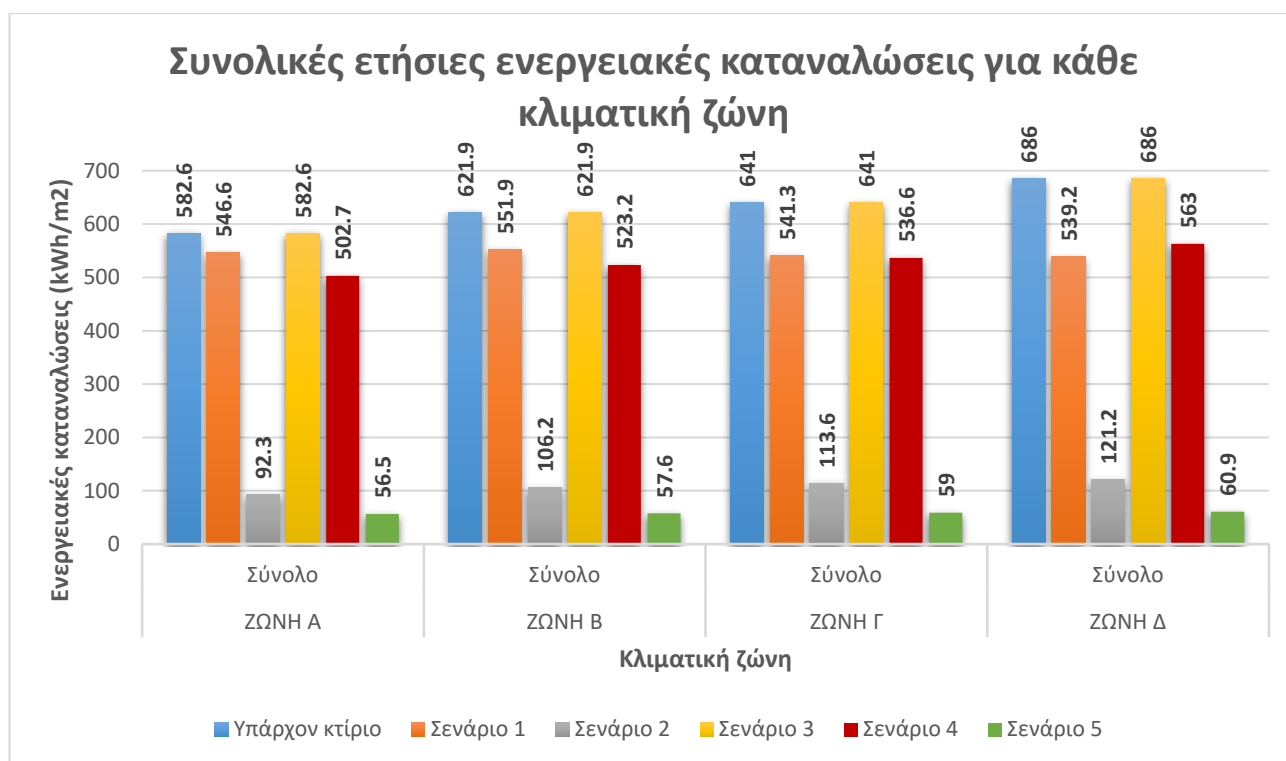
5.1.2.2. Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες

Στο σχήμα 5.15 παρουσιάζονται οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων για όλες τις κλιματικές ζώνες και στο 5.16 οι συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις των ζωνών Α,Β,Γ και Δ. Αμέσως μετά παρατίθενται τα ποσοστά μείωσης των συνολικών ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων για κάθε κλιματική ζώνη προκειμένου να γίνει καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Επισημαίνεται πως στο κεφάλαιο αυτό δεν γίνεται ανάλυση σε μηνιαίο επίπεδο καθώς θεωρείται πως δεν επηρεάζει σημαντικά τα συμπεράσματα, ενώ για την κλιματική ζώνη Α έγινε αναλυτικά. Παρ' όλα αυτά, στο Παράρτημα ΙΙΙ, παρατίθενται οι ενεργειακές καταναλώσεις των ζωνών Β,Γ και Δ.

Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων για κάθε κλιματική ζώνη



Σχήμα 5.15 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



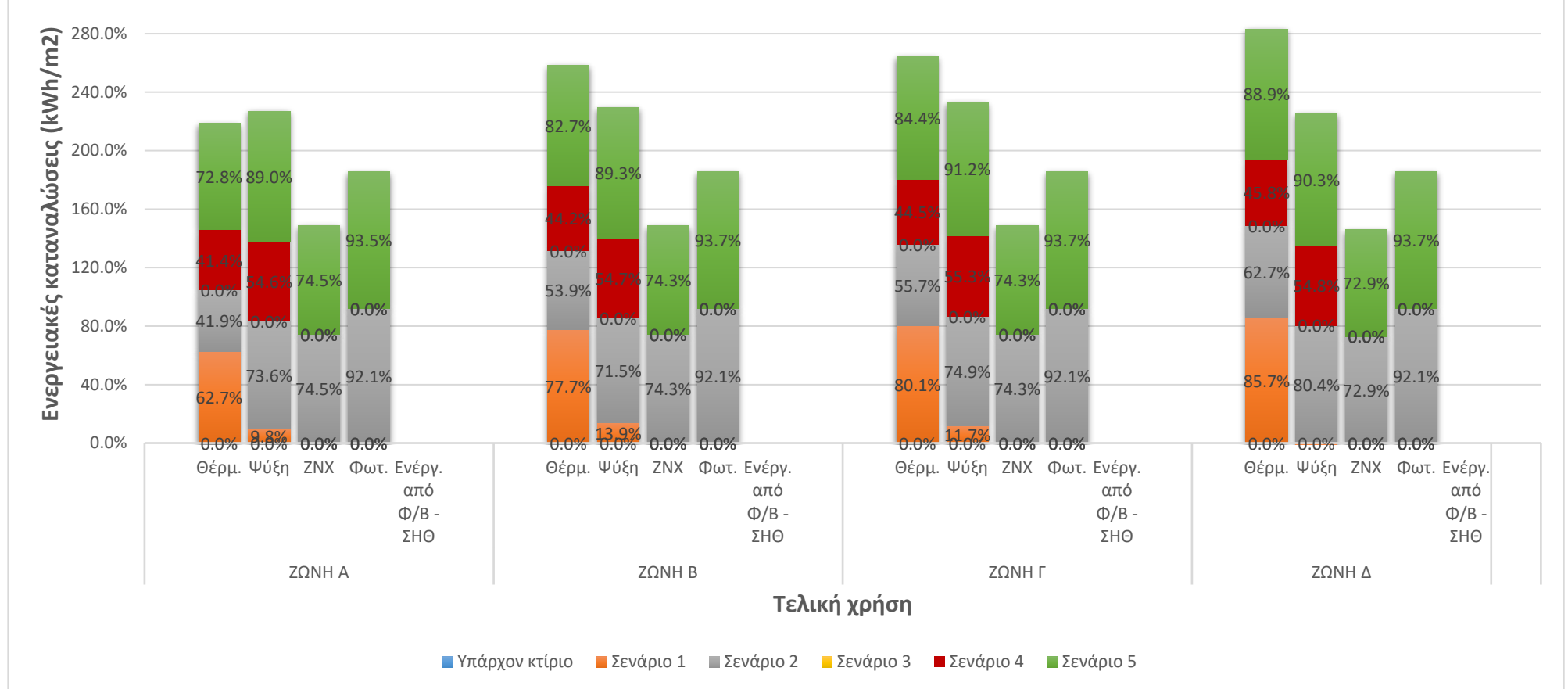
Σχήμα 5.16 Συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Στο σχήμα 5.15 παρατηρείται ότι σε κάθε σενάριο, η τελική χρήση φωτισμού είναι αυτή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε κλιματική ζώνη. Για τη ζώνη Α,Β, οι χρήσεις κατά φθίνουσα κατανάλωση ενέργειας είναι η ψύξη κι έπονται η θέρμανση, η ενέργεια από Φ/Β και τέλος το ζεστό νερό χρήσης ενώ για τις ζώνες Γ,Δ οι χρήσεις κατά φθίνουσα κατανάλωση ενέργειας είναι η θέρμανση και έπονται η ψύξη, το ζνχ και η ενέργεια από Φ/Β. Μεταξύ θέρμανσης και ψύξης, είναι λογικό η ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη να είναι μεγαλύτερη στις ζώνες Α,Β καθώς αυτές είναι πιο θερμές συγκριτικά με τις ζώνες Γ,Δ και συνεπώς έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη. Και στην περίπτωση των ενεργειακών καταναλώσεων, το σενάριο 2 έχει τη μικρότερη τιμή ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε χρήση και σε κάθε κλιματική ζώνη.

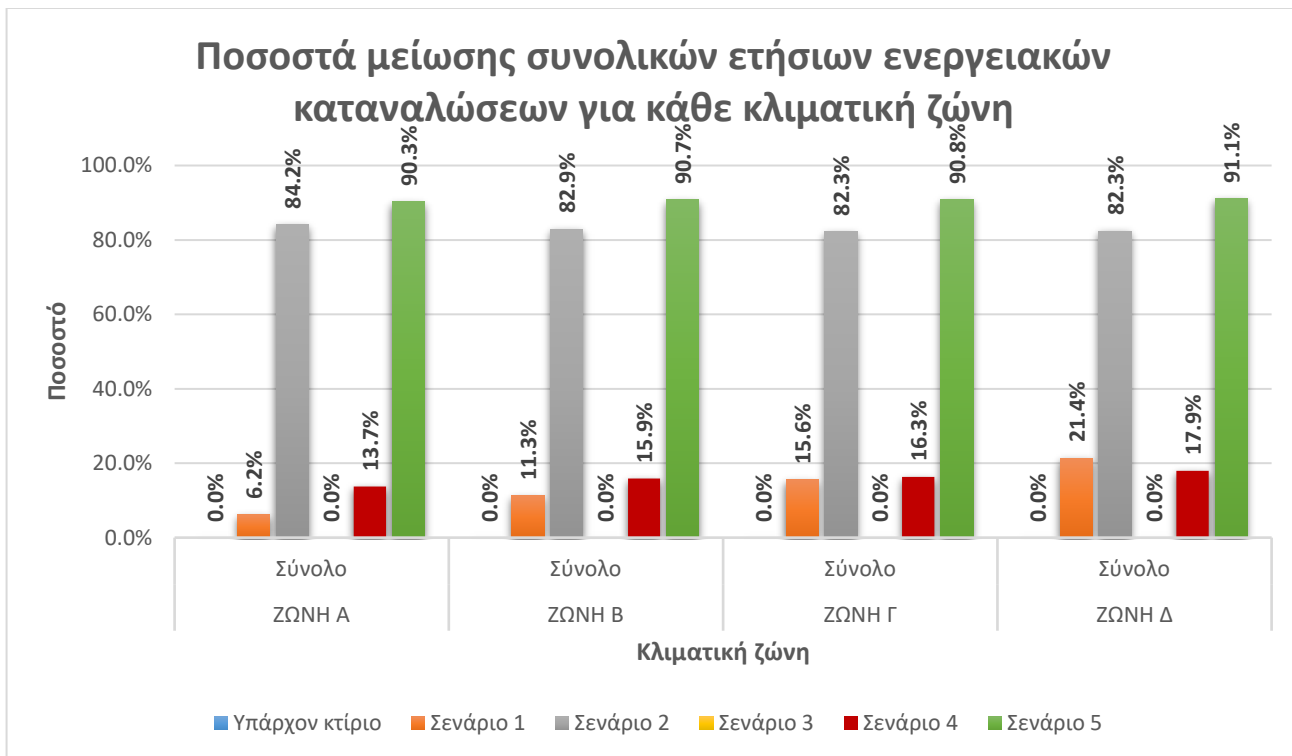
Στο σχήμα 5.16 που απεικονίζονται οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις για κάθε κλιματική ζώνη, παρατηρείται ότι για το υπάρχον κτίριο η ενεργειακή κατανάλωση έχει αύξουσα πορεία όσο πηγαίνουμε από την κλιματική ζώνη Α στη ζώνη Δ. Στο σενάριο 1 η ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται από την κλιματική ζώνη Α στη ζώνη Δ κι αυτό διότι το ελάχιστο πάχος θερμομονωτικής στρώσης σύμφωνα με τους υπολογισμούς κατά Κ.Εν.Α.Κ. αυξάνεται πηγαίνοντας από την πιο θερμή στην πιο ψυχρή ζώνη. Στα υπόλοιπα σενάρια (2,3,4) η ενεργειακή κατανάλωση αυξάνεται από την πιο θερμή στην πιο ψυχρή κλιματική ζώνη. Επισημαίνεται ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε ζώνη και το σενάριο 5 είναι αυτό που μειώνει τελικά στο ελάχιστο τις ενεργειακές καταναλώσεις κάθε ζώνης καθώς συνδυάζει όλα τα βελτιωτικά σενάρια.

Παρακάτω παρατίθενται τα ποσοστά μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων κάθε σεναρίου συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο ανά τελική χρήση για κάθε κλιματική ζώνη (Σχήμα 5.17) και τα ποσοστά μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων στο σύνολο των χρήσεων για όλες τις κλιματικές ζώνες (Σχήμα 5.18).

Ποσοστά μείωσης ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων διαφόρων χρήσεων για κάθε κλιματική ζώνη



Σχήμα 5.17 Ποσοστά μείωσης ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων διαφόρων χρήσεων για κάθε κλιματική ζώνη.



Σχήμα 5.18 Ποσοστά μείωσης ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Στα σχήματα 5.16 και 5.17 παρατηρείται ότι για κάθε τελική χρήση αλλά και συνολικά, το σενάριο 5 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε κλιματική ζώνη. Παρατηρώντας τα σχήματα 5.16 και 5.17 βλέπουμε ότι:

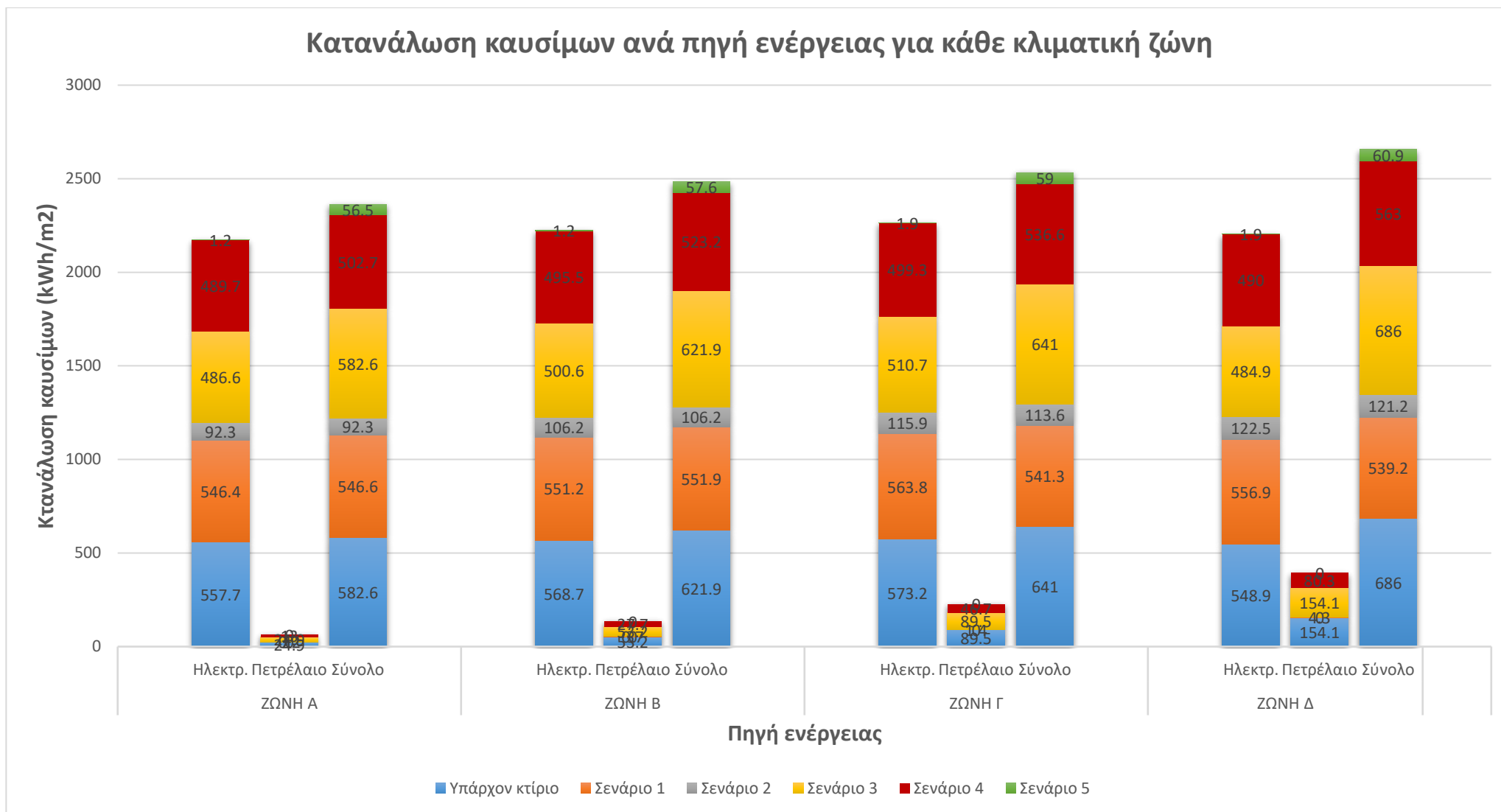
- Στη θέρμανση, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 1 (τοποθέτηση θερμομόνωσης και βελτίωση κουφωμάτων) είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε κλιματική ζώνη. Μάλιστα, η μεγαλύτερη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης σε θέρμανση παρατηρείται στην κλιματική ζώνη Δ σε ποσοστό 85.7% συγκριτικά με το υπάρχον κτίριο και στο σημείο αυτό φαίνεται πόσο σημαντική είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης για τις ψυχρές περιοχές της Ελλάδας. Το εύρος του ποσοστού μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης σε θέρμανση λόγω του σεναρίου 1 ξεκινά από το 62.7% για τη ζώνη Α και καταλήγει σε 85.7% στη ζώνη Δ.
- Στην ψύξη η λογική στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλάζει. Μεταξύ των σεναρίων 1-4 για κάθε κλιματική ζώνη, το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Το εύρος στο οποίο κυμαίνεται το ποσοστό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης σε ψύξη για κάθε κλιματική ζώνη για το σενάριο 2 είναι μεταξύ 71.5% έως 80.4% με τη μεγαλύτερη μείωση να επιτυγχάνεται στην κλιματική ζώνη Δ της οποίας η τιμή πέφτει από 78.5 kWh/m² σε 15.4 kWh/m², δηλαδή σε ποσοστό 80.4%.
- Στο ζεστό νερό χρήσης, με την εγκατάσταση του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (σενάριο 2) επιτυγχάνεται μια μείωση στην πρωτογενή ενέργεια ζνχ εύρους 73%-74% ή 7 - 9 kWh/m² για κάθε κλιματική ζώνη.
- Στο φωτισμό, η αναβάθμιση του συστήματος από λάμπες πυρακτώσεως σε LED (σενάριο 2) οδήγησε σε μεγάλο ποσοστό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης φωτισμού το οποίο είναι 92.1% για κάθε κλιματική ζώνη ή αλλιώς οδηγεί σε

κατανάλωση 31.6 kWh/m² . Έτσι, για κάθε κλιματική ζώνη, η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού και μόνο μπορεί να επιτύχει μεγάλη εξοικονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης σε κτίριο ενεργειακά μη αποδοτικό που βρίσκεται σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας ενώ το σενάριο 5 (στο οποίο προστίθενται αυτοματισμοί στο σύστημα φωτισμού) οδηγεί σε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης φωτισμού σε ποσοστό περίπου 93.7% για κάθε κλιματική ζώνη ή αλλιώς σε κατανάλωση περίπου 25 kWh/m².

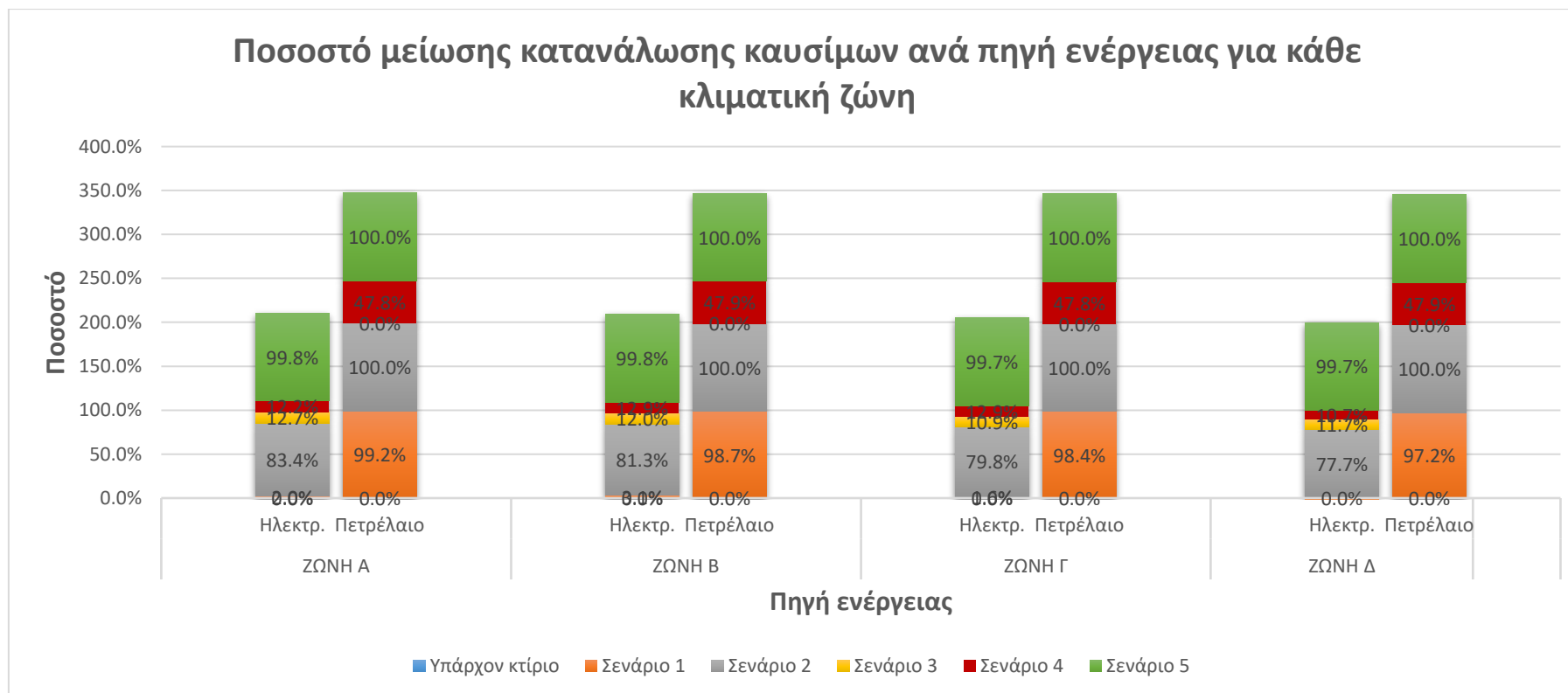
- Στο σχήμα 5.17 παρατηρείται ότι η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του ξενοδοχείου για όλες τις κλιματικές ζώνες, μειώνεται κατά μεγαλύτερο ποσοστό λόγω του σεναρίου 2 συγκρίνοντας τα σενάρια 1-4, κατά ποσοστό περίπου 83% για όλες τις κλιματικές ζώνες με τιμή από 90 kWh/m² στη ζώνη Α έως 121 kWh/m² στη ζώνη Δ. Όμως, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει το συνδυασμό των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας 1-4 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση στις ενεργειακές καταναλώσεις, κατά 90.3% και με τιμή κατανάλωσης 56.5 kWh/m² στη ζώνη Α, κατά 90.7% και με τιμή κατανάλωσης 57.6 kWh/m² στη ζώνη Β, κατά 90.8% και με τιμή κατανάλωσης 59 kWh/m² στη ζώνη Γ και κατά 91.1% και με τιμή 60.9 kWh/m² στη ζώνη Δ.

5.1.2.3. Κατανάλωση καυσίμων κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες

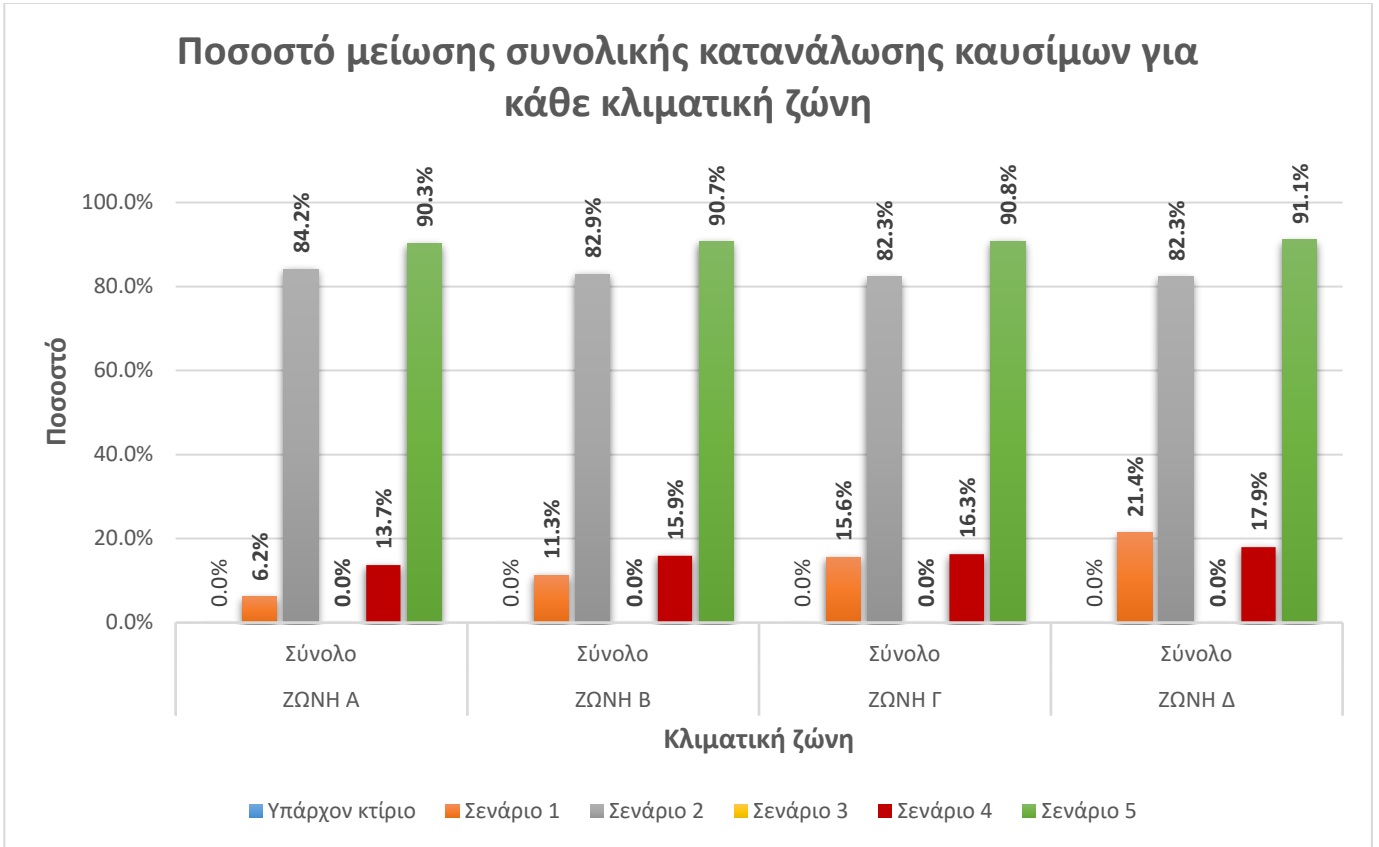
Στα παρακάτω σχήματα, παρουσιάζεται μια ανάλυση για την κατανάλωση καυσίμων του κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες, όπως αντίστοιχα έγινε και στο κεφάλαιο 5.1.1.3 για την κλιματική ζώνη Α. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 5.19 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η κατανάλωση για το πετρέλαιο, τον ηλεκτρισμό και η συνολική κατανάλωση κάθε σεναρίου σε κάθε κλιματική ζώνη. Στο σχήμα 5.20 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης των καταναλώσεων για το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό κάθε σεναρίου ενεργειακής βελτίωσης για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας, καθώς επίσης στο σχήμα 5.21 παρατίθενται τα ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων συνολικά για κάθε ζώνη και κάθε σενάριο.



Σχήμα 5.19 Κατανάλωση καυσίμων ανά πηγή ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη.



Σχήμα 5.20 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων ανά πηγή ενέργειας σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.21 Ποσοστά μείωσης συνολικής κατανάλωσης καυσίμων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Μελετώντας τα σχήματα 5.19 και 5.20, παρατηρούμε ότι για τον ηλεκτρισμό, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED) είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ την κατανάλωση καυσίμων για κάθε κλιματική ζώνη. Μάλιστα, η τιμή της κατανάλωσης ηλεκτρισμού μειώνεται στις 93.2 kWh/m² ή σε ποσοστό 83.4% συγκριτικά με την κατανάλωση ηλεκτρισμού του υπάρχοντος κτιρίου για τη ζώνη Α και φτάνει έως την τιμή 122.5 kWh/m² ή σε ποσοστό 77.7% με συγκριτικά με την κατανάλωση ηλεκτρισμού του υπάρχοντος κτιρίου για τη ζώνη Δ. Όμως, το σενάριο 5 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού, το οποίο μειώνει την τιμή στις μόλις 1.2 kWh/m² για τις ζώνες Α,Β και στις 1.9 kWh/m² για τις ζώνες Γ,Δ το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό 99.8% περίπου κι αυτό είναι λογικό διότι για τη λειτουργία του κτιρίου, πέραν του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και ζνχ στο οποίο χρησιμοποιείται γεωθερμική αντλία θερμότητας, χρησιμοποιείται επιπλέον σύστημα αυτοματισμών BEMS αλλά και φωτοβολταϊκά στοιχεία για την κάλυψη των αναγκών του.

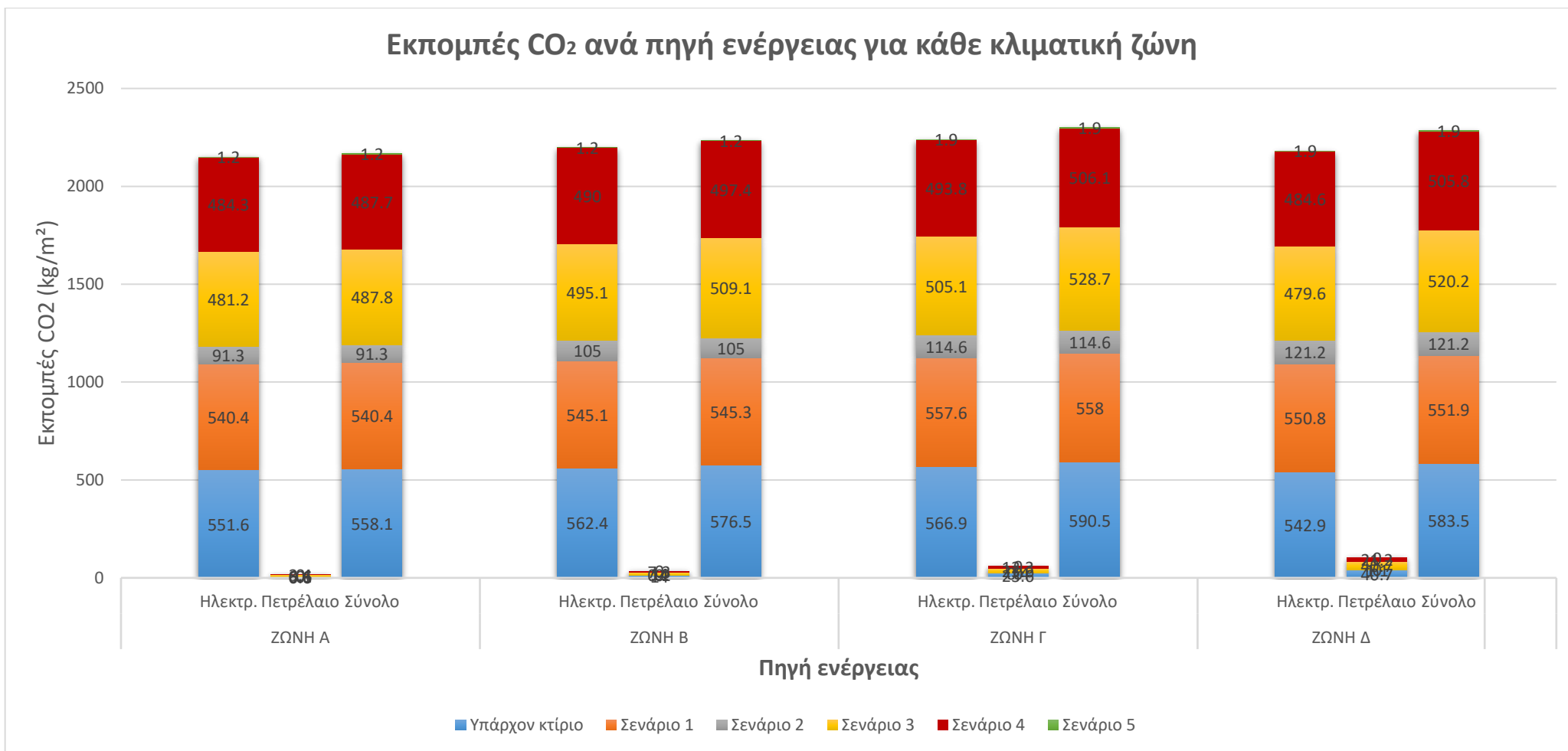
Για το πετρέλαιο, παρατηρείται επίσης ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που οδηγεί σε 0 kWh/m² ή σε ποσοστό 100% την κατανάλωση πετρελαίου για κάθε κλιματική ζώνη. Και στο σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις παρεμβάσεις, η κατανάλωση για το καύσιμο του πετρελαίου εξαλείφεται εντελώς μιας και δεν χρησιμοποιείται καθόλου το πετρέλαιο παρά μόνο η γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Εστιάζοντας στο σχήμα 5.21 μαζί με το 5.19, στις συνολικές καταναλώσεις καυσίμων, μεταξύ των σεναρίων 1-4 το σενάριο 2 είναι αυτό που μειώνει περισσότερο την κατανάλωση η οποία τιμή ταυτίζεται με τις τιμές του ηλεκτρισμού που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Τα

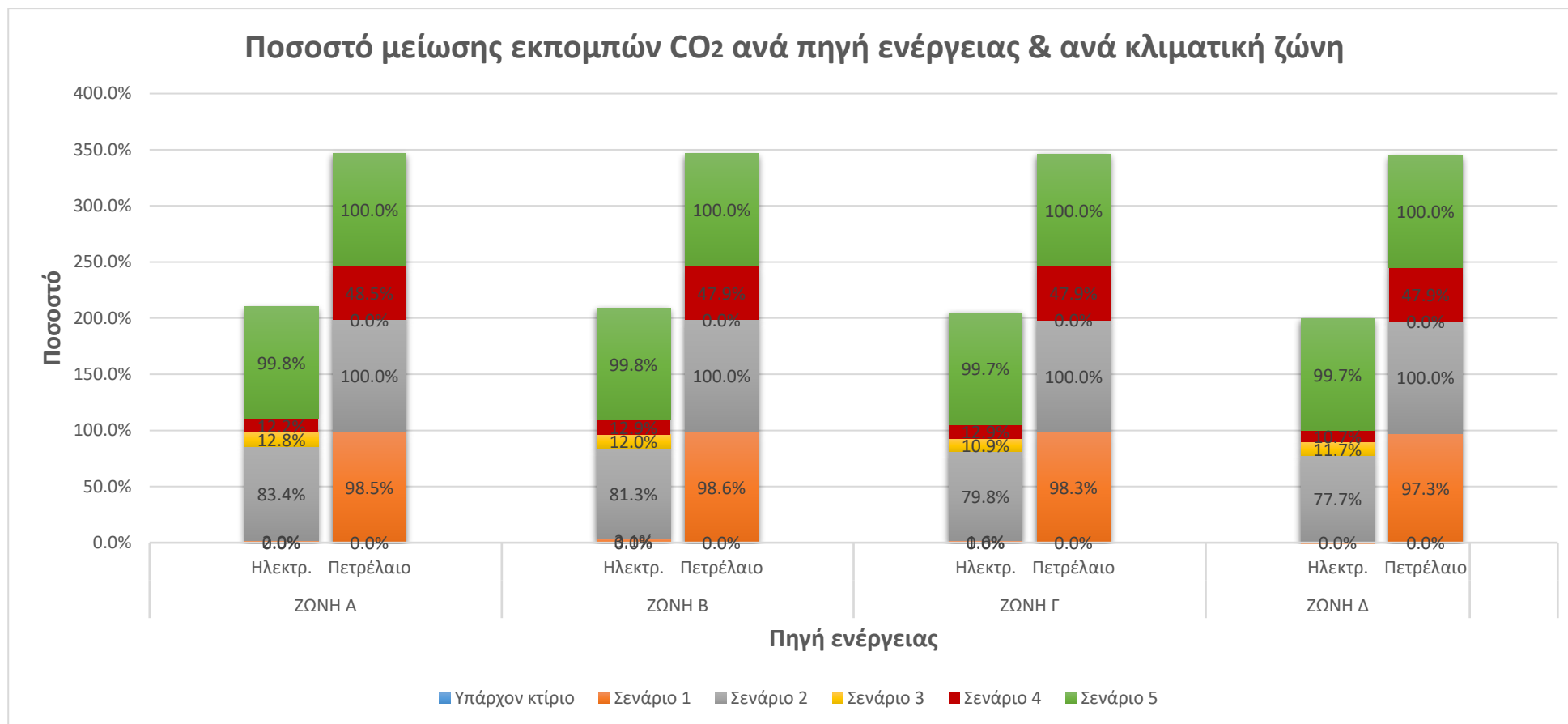
ποσοστά μείωσης ξεκινούν από το εύρος του 84.2% για τη ζώνη Α και μειώνονται στα 82.9% για τις ζώνες Β,Γ και Δ. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 μειώνει την τιμή της κατανάλωσης καυσίμων στις 56.5 kWh/m² ή σε ποσοστό 90.3% για τη ζώνη Α και βαίνει αυξανόμενη προς την πιο ψυχρή ζώνη Δ στις 60.9 kWh/m² ή σε ποσοστό 91.1%.

5.1.2.4. Εκπομπές CO₂ κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες

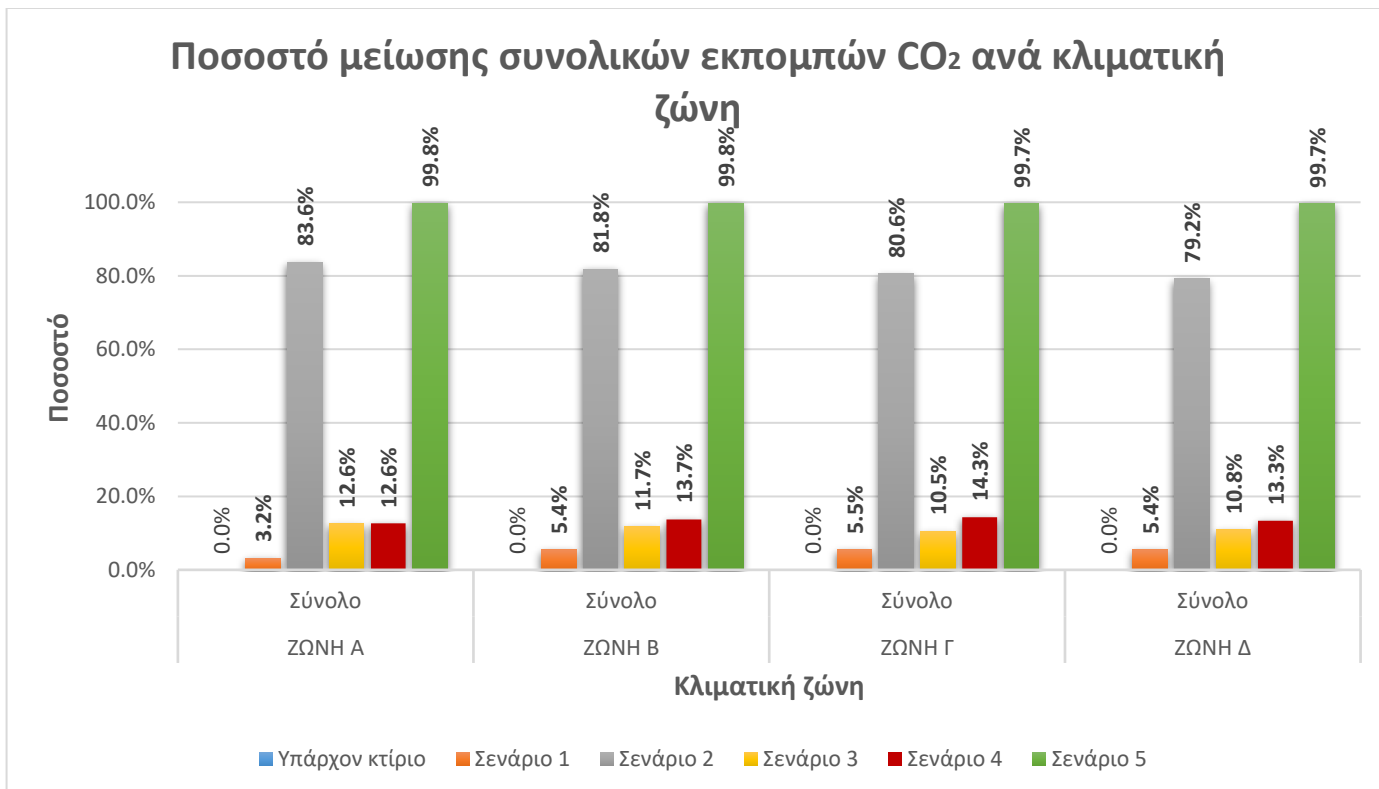
Στα παρακάτω σχήματα, παρουσιάζεται μια ανάλυση για τις εκπομπές CO₂ του κτιρίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 5.22 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι εκπομπές CO₂ για το πετρέλαιο, τον ηλεκτρισμό και οι συνολικές εκπομπές κάθε σεναρίου σε κάθε κλιματική ζώνη. Στο σχήμα 5.23 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών CO₂ για το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό κάθε σεναρίου ενεργειακής βελτίωσης για κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας, καθώς επίσης στο σχήμα 5.23 παρατίθενται τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών CO₂ συνολικά για κάθε ζώνη και κάθε σενάριο.



Σχήμα 5.22 Εκπομπές CO₂ ανά πηγή ενέργειας και σενάριο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.23 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO₂ ανά πηγή ενέργειας και σενάριο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.24 Ποσοστά μείωσης συνολικών εκπομπών CO₂ σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Στα σχήματα 5.22 και 5.23 παρατηρείται ότι για τον ηλεκτρισμό, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που μειώνει κατά πολύ τις εκπομπές CO₂ για κάθε κλιματική ζώνη. Μάλιστα, η τιμή των εκπομπών CO₂ μειώνεται στα 91.3 kg/m² ή σε ποσοστό 83.4% συγκριτικά με τις εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος κτιρίου στην κλιματική ζώνη Α και φτάνει έως την τιμή 121.2 kg/m² ή σε ποσοστό 77.7% συγκριτικά με τις εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος κτιρίου στην κλιματική ζώνη Δ. Όμως, το σενάριο 5 επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών CO₂ λόγω του ηλεκτρισμού, το οποίο μειώνει την τιμή στα μόλις 1.2 kg/m² για τις ζώνες Α, Β και στα 1.9 kg/m² για τις ζώνες Γ, Δ το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό 99.8% περίπου.

Για το πετρέλαιο, παρατηρείται επίσης ότι μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 είναι αυτό που οδηγεί σε 0 kg/m² ή σε ποσοστό 100% τις εκπομπές CO₂ για κάθε κλιματική ζώνη. Και στο σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις παρεμβάσεις, οι εκπομπές CO₂ του πετρελαίου εξαλείφονται εντελώς.

Εστιάζοντας στο σχήμα 5.22 μαζί με το 5.24, στις συνολικές εκπομπές CO₂, μεταξύ των σεναρίων 1-4 το σενάριο 2 είναι αυτό που μειώνει περισσότερο τις εκπομπές η οποία τιμή ταυτίζεται με τις τιμές του ηλεκτρισμού που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Τα ποσοστά μείωσης ξεκινούν από το εύρος του 83.6% για τη ζώνη Α και μειώνονται στα 79.1% για τη ζώνη Δ. Όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 μειώνει την τιμή των εκπομπών CO₂ στα 1.2 kg/m² ή σε ποσοστό 99.8% για τη ζώνη Α και βαίνει αυξανόμενη προς την πιο ψυχρή ζώνη Δ στα 1.9 kg/m² ή σε ποσοστό 99.7%. Από τα παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε ότι το σενάριο 5 είναι αυτό που καθιστά το κτίριο σε κτίριο χαμηλών εκπομπών CO₂ για κάθε κλιματική ζώνη, προσεγγίζοντας κατά πολύ το στόχο που θα απαιτείται για τα νέα κτίρια από το 2030.

5.2.Ενεργειακή ανάλυση στο Revit

Στην παρούσα υποενότητα θα παρουσιασθούν και ερμηνευθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στο λογισμικό Revit με την πολυπαραμετρική ανάλυση να πραγματοποιείται με τη βοήθεια των cloud υπηρεσιών της Autodesk, στο Insight και Green Building Studio. Οι προσομοιώσεις με το Revit είχαν ως σκοπό τη μελέτη επιπλέον επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης του ξενοδοχείου ως προς τα συστήματά του, εστιάζοντας στην εξοικονόμηση της πρωτογενούς ενέργειας που επιτυγχάνεται. Έτσι, για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας μελετήθηκε πληθώρα σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης των συστημάτων του ξενοδοχείου από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού Revit. Πιο συγκεκριμένα, τα σενάρια τα αποτελέσματα των οποίων αναλύονται παρακάτω είναι τα εξής:

- Σενάριο 6: Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (VAV)
- Σενάριο 7: Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System)
- Σενάριο 8 : Τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System)
- Σενάριο 9 : Τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC)
- Σενάριο 10 : Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump)
- Σενάριο 11 : Τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV)
- Σενάριο 12 : Τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump)

Επιπλέον, αναφέρεται σε κάθε κλιματική ζώνη και το Σενάριο 0.2 το οποίο αντιπροσωπεύει την υφιστάμενη κατάσταση, όπως προσομοιώθηκε στο λογισμικό, που για την περίπτωση του Revit, όπως επισημάνθηκε και στο κεφάλαιο 4, το κτίριο είναι αναβαθμισμένο πλέον ως προς το κέλυφος (διαθέτει θερμομόνωση ελάχιστου πάχους για κάθε κλιματική ζώνη και συνθετικά κουφώματα), μηχανικό αερισμό από ΚΚΜ και φωτισμό με λαμπτήρες LED.

Αρχικά, για την υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2: BIM) παρουσιάζονται τα δεδομένα του κτιρίου όπως προκύπτουν από το λογισμικό και στη συνέχεια τα αποτελέσματα φορτίων θέρμανσης-ψύξης για το ξενοδοχείο. Επιπλέον, παρατίθενται αποτελέσματα ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση. Για την πολυπαραμετρική ανάλυση των σεναρίων που γίνεται μέσω του Insight παρατίθενται συγκριτικά αποτελέσματα ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων όπως και τα ποσοστά μείωσης λόγω των βελτιωτικών αυτών σεναρίων. Επιπρόσθετα, παρατίθενται αποτελέσματα ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων όπως προκύπτουν από το Green Building Studio.

Πρώτα γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων βάσει της παραπάνω λογικής για την κλιματική ζώνη Α και στη συνέχεια για τις υπόλοιπες κλιματικές ζώνες τα αποτελέσματα παρατίθενται συγκεντρωτικά. Στο Παράρτημα ΙΙΙ παρατίθενται επιπρόσθετα διαγράμματα που ενισχύουν την ανάλυση του παρόντος κεφαλαίου.

5.2.1. Αποτελέσματα για την Κλιματική Ζώνη Α

5.2.1.1. Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης και ενεργειακής κατανάλωσης στην υφιστάμενη κατάσταση

Παρακάτω, παρατίθεται συγκεντρωτικά η ανάλυση ψύξης-θέρμανσης όπως υπολογίζεται από το Revit.

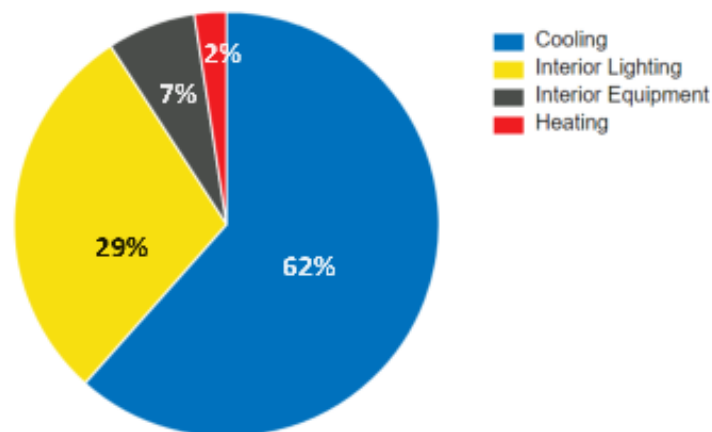
Πίνακας 5.6: Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης για το ξενοδοχείο στην κλιματική ζώνη Α.

Δεδομένα	
Τύπος κτιρίου	Ξενοδοχείο
Τοποθεσία	Ηράκλειο (Α ζώνη)
Γεωγραφικό πλάτος	35.33°
Γεωγραφικό μήκος	25.14°
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (θερινή περίοδος)	31°C
Θερμοκρασία υγρού βολβού (θερινή περίοδος)	23°C
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (χειμερινή περίοδος)	6°C
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	8°C
Εμβαδόν (m ²)	1132.45
Όγκος(m ³)	3397.34
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	29.56
Μήνας & ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Αύγουστος 6:00 μμ.
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	16.69
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	12.59
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	5.29

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, το μέγιστο συνολικό φορτίο ψύξης για το ξενοδοχείο είναι 29.28 W το οποίο απαιτείται τον Αύγουστο και αντίστοιχα το μέγιστο φορτίο θέρμανσης είναι 5.29 W.

Πίνακας 5.7: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στην υφιστάμενη κατάσταση για την κλιματική ζώνη Α.

Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση για την υφιστάμενη κατάσταση στην κλιματική ζώνη Α	
Χρήση	Κατανάλωση (kWh)
Θέρμανση	1583
Ψύξη	40075
Φωτισμός	19017
Εξοπλισμός	4389

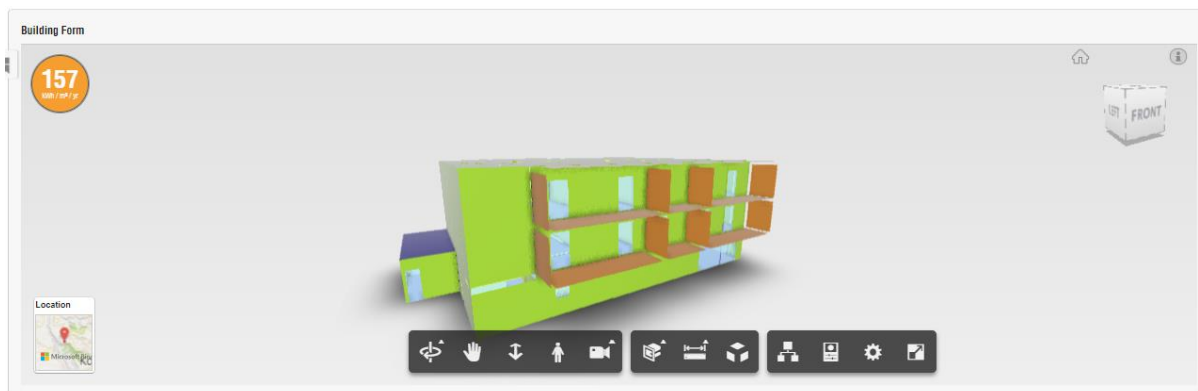


Σχήμα 5.25 Ποσοστό κατανομής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τελική χρήση στην κλιματική ζώνη Α.

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι για το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης στην κλιματική ζώνη Α, η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας γίνεται για την ψύξη με τιμή 40075kWh και σε ποσοστό 62% συγκριτικά με τις υπόλοιπες χρήσεις

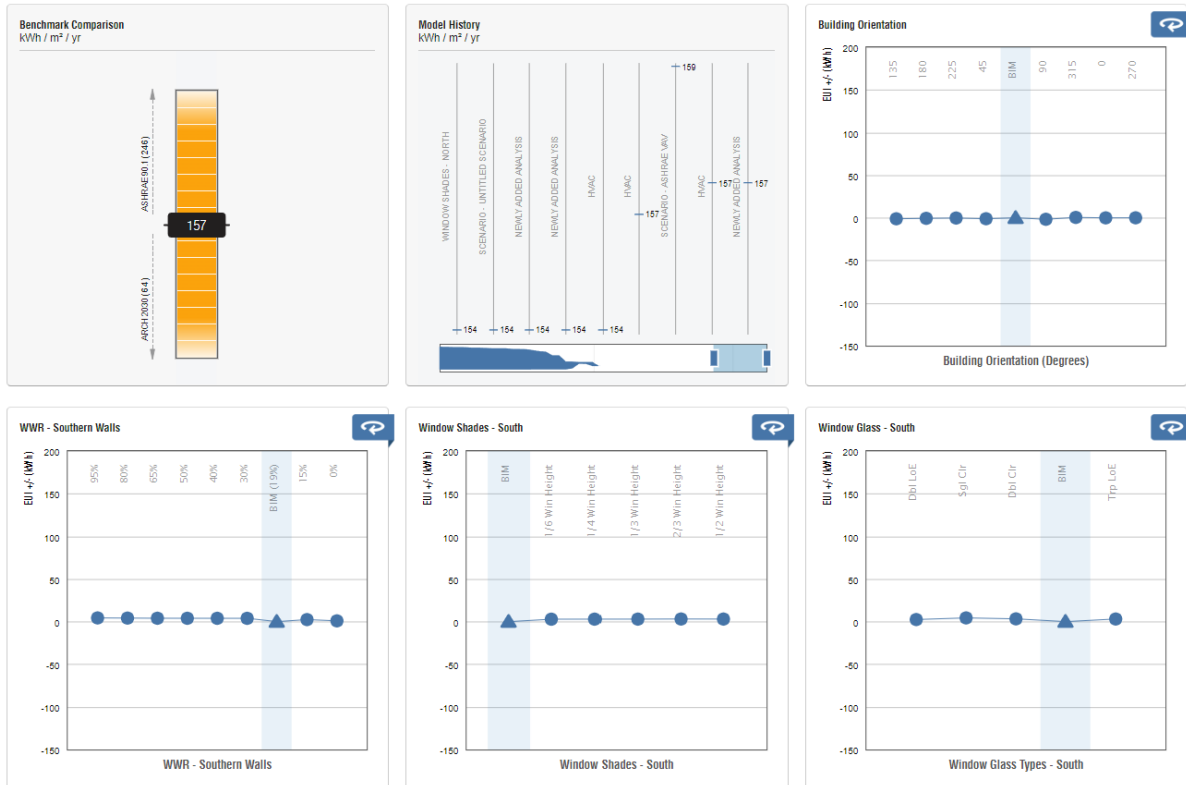
5.2.1.2. Ανάλυση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων

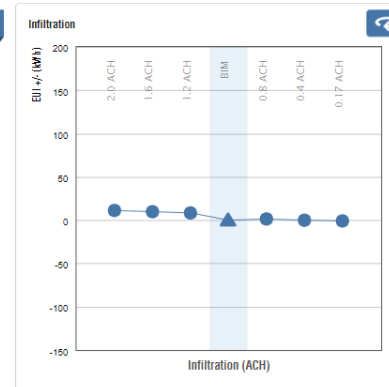
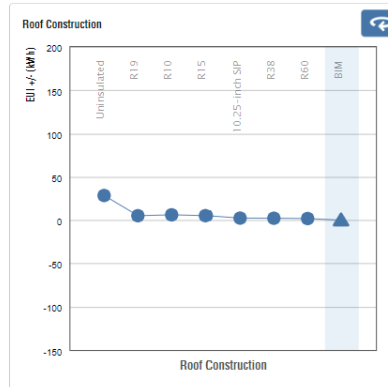
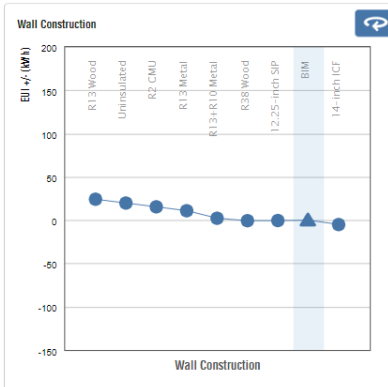
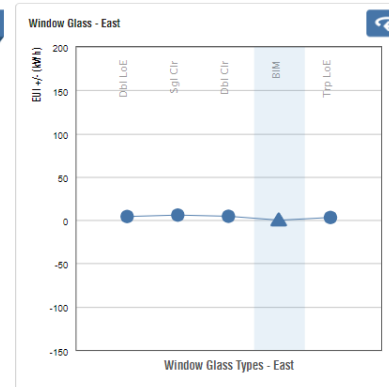
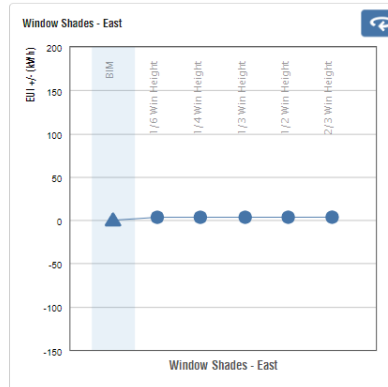
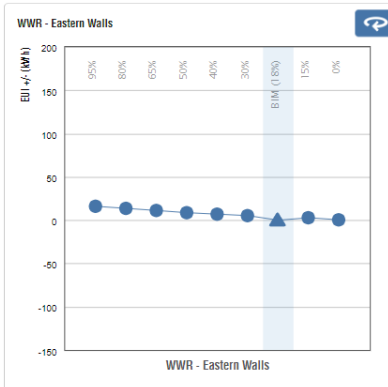
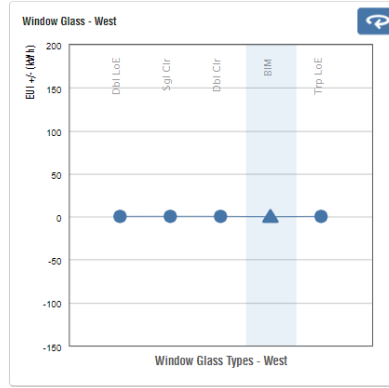
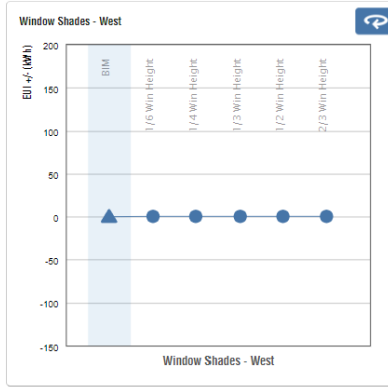
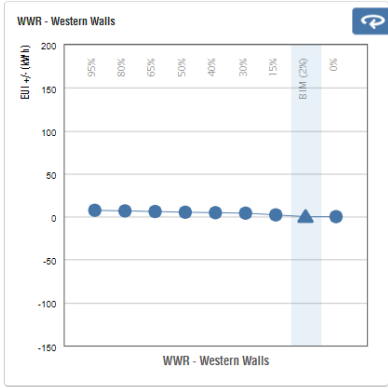
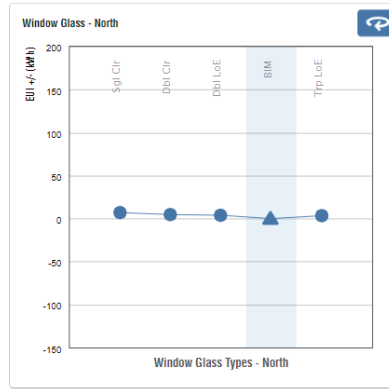
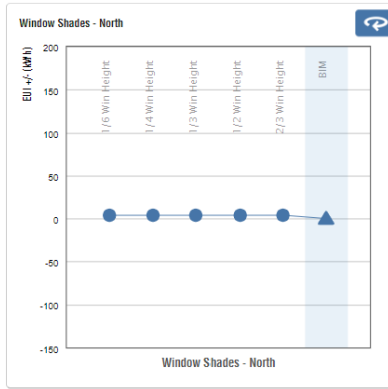
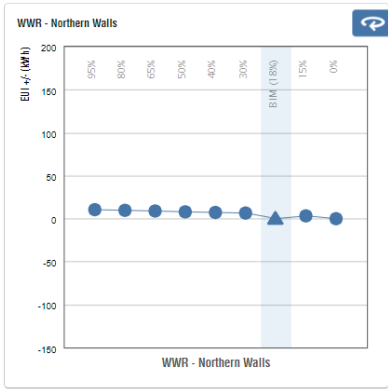
Παρακάτω, παρατίθεται συγκεντρωτικά ανάλυση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων όπως προκύπτουν μέσω του λογισμικού Insight αλλά και με τη βοήθεια του Excel. Σημειώνεται ότι για την τελική πρωτογενή ενέργεια όλες οι παράμετροι του Insight (που περιγράφονται και αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.2.2.) μελετήθηκαν στην επιλογή BIM (όπως δηλαδή προσομοιώθηκαν στο Revit) εκτός από την παράμετρο HVAC στην οποία η επιλογή κάθε φορά άλλαζε ανάλογα με το σενάριο μελέτης. Στο σχήμα 5.26 παρουσιάζεται το προσομοιωτικό μοντέλο του ξενοδοχείου στο περιβάλλον του Insight βάσει του οποίου γίνεται η ενεργειακή ανάλυση, ενώ στο σχήμα 5.27 παρατίθενται οι καρτέλες από τις παραμέτρους στο Insight για την κλιματική ζώνη Α στις οποίες επιλέχθηκε το BIM. Έπειτα, στο σχήμα 5.28 και 5.29 παρουσιάζεται η συνολική πρωτογενής ενέργεια των σεναρίων βελτίωσης του ξενοδοχείου όπως παρουσιάζονται στο Insight και στο σχήμα 5.30 τα ποσοστά μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας κάθε σεναρίου συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση (BIM).

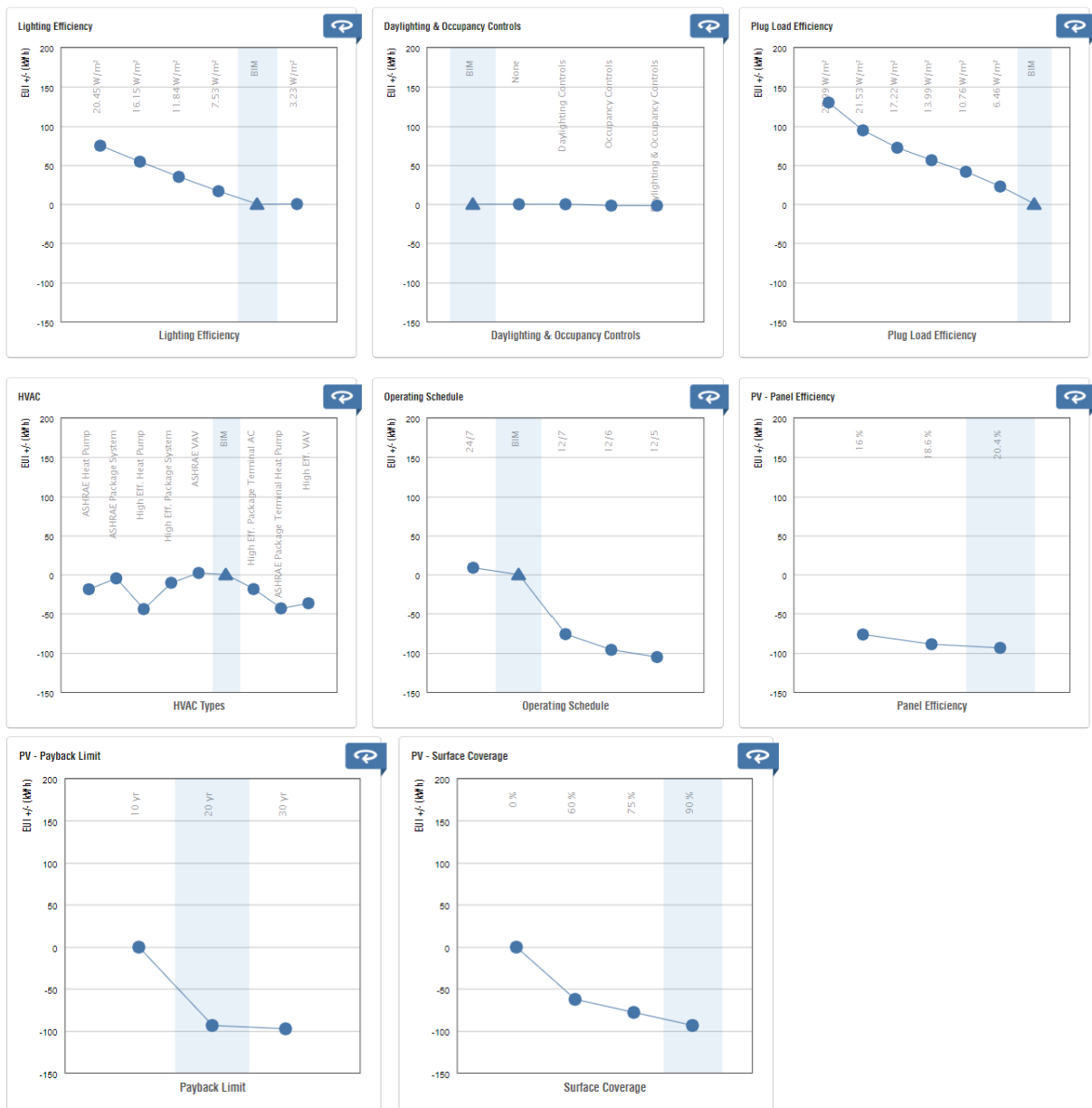


Σχήμα 5.26 Προσομοίωμα του κτιρίου μελέτης στο περιβάλλον του Insight.

Μετά τη δημιουργία του μοντέλου στο Revit και την υποβολή του αρχείου στους διακομιστές της εταιρείας, μέσω Cloud Rendering δημιουργείται η ψηφιακή απεικόνιση του κτιρίου όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Στην απεικόνιση του προσομοιώματος βλέπουμε με πράσινο χρώμα να φαίνονται τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, με μωβ χρώμα τα οριζόντια δομικά στοιχεία και με πορτοκαλί τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη στη σκίαση για τη δημιουργία του ενεργειακού μοντέλου. Μάλιστα, πάνω αριστερά παρουσιάζεται η συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια έπειτα από τις κατάλληλες επιλογές στις παραμέτρους που λαμβάνει υπόψη το Insight όπως φαίνεται στο παρακάτω.



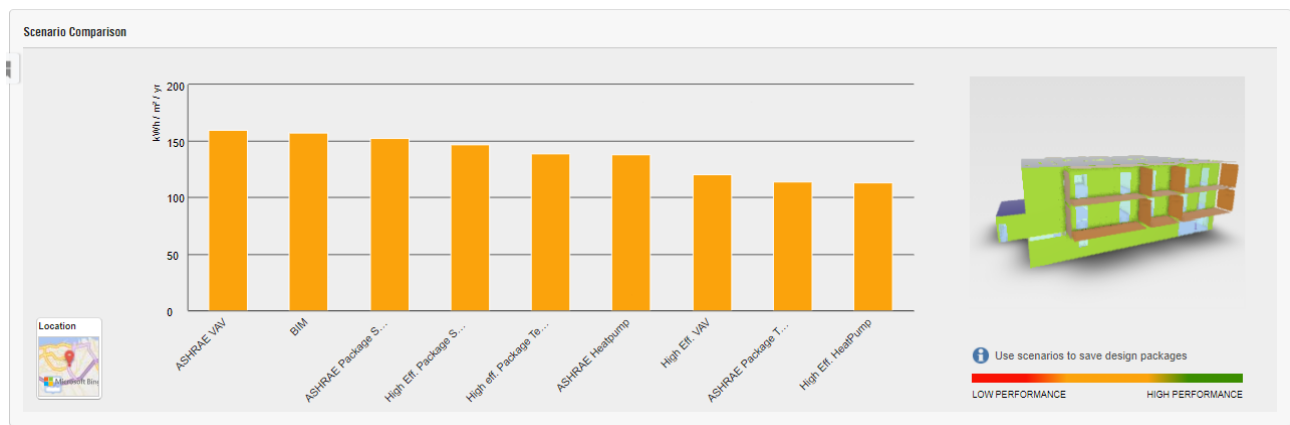




Σχήμα 5.27 Καρτέλες παραμετρικής ανάλυσης στο Insight για την κλιματική ζώνη Α.

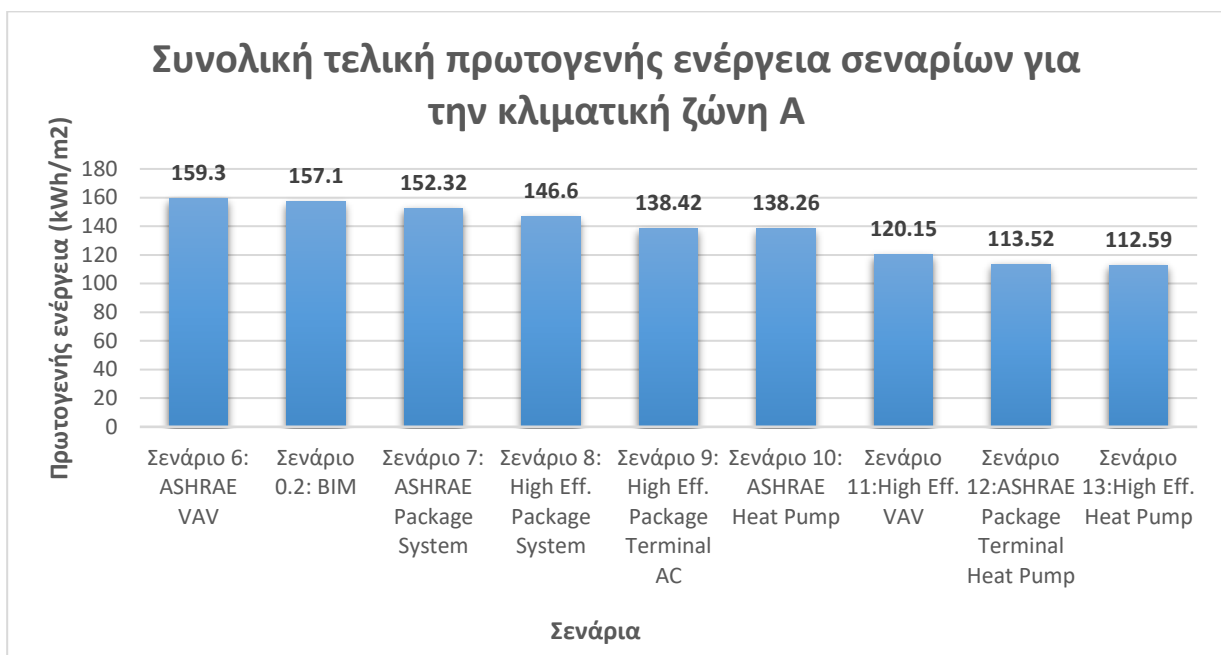
Σε όλες τις παραπάνω καρτέλες παρατηρούμε ότι απομονώθηκε η επιλογή BIM και αυτό σημαίνει ότι για την υφιστάμενη κατάσταση στην κλιματική ζώνη Α, η τελική ετήσια πρωτογενής ενέργεια του ξενοδοχείου είναι **157 kWh/m²/year**.

Μεταβάλλοντας την παράμετρο HVAC, που αποτελεί και τον λόγο που προσομοιώθηκε το κτίριο στο Revit, η συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια για κάθε σενάριο ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα όπως αποτυπώνεται στο περιβάλλον του Insight.

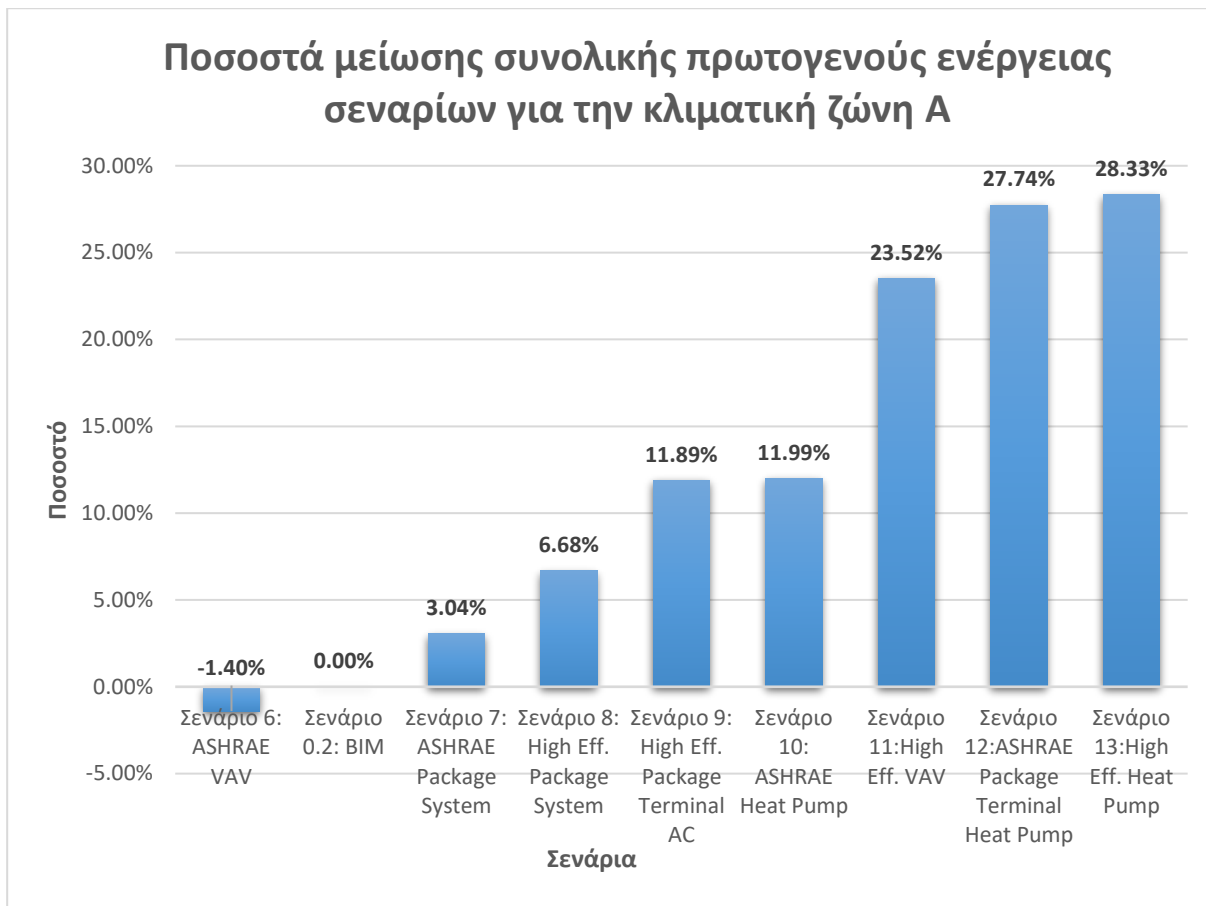


Σχήμα 5.28 Συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια κάθε σεναρίου όπως προκύπτει στο Insight.

Παρακάτω, στο σχήμα 5.29 παρουσιάζεται η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για κάθε σενάριο ενεργειακής βελτίωσης, όπως παρουσιάζεται και στο παραπάνω σχήμα, με τις ακριβείς τιμές ενέργειας πάνω από κάθε ράβδο του σεναρίου. Ακόμη, στο σχήμα 5.30 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης πρωτογενούς ενέργειας κάθε σεναρίου συγκριτικά με το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης (Σενάριο 0.2: BIM).



Σχήμα 5.29 Συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια σεναρίων για την κλιματική ζώνη Α.

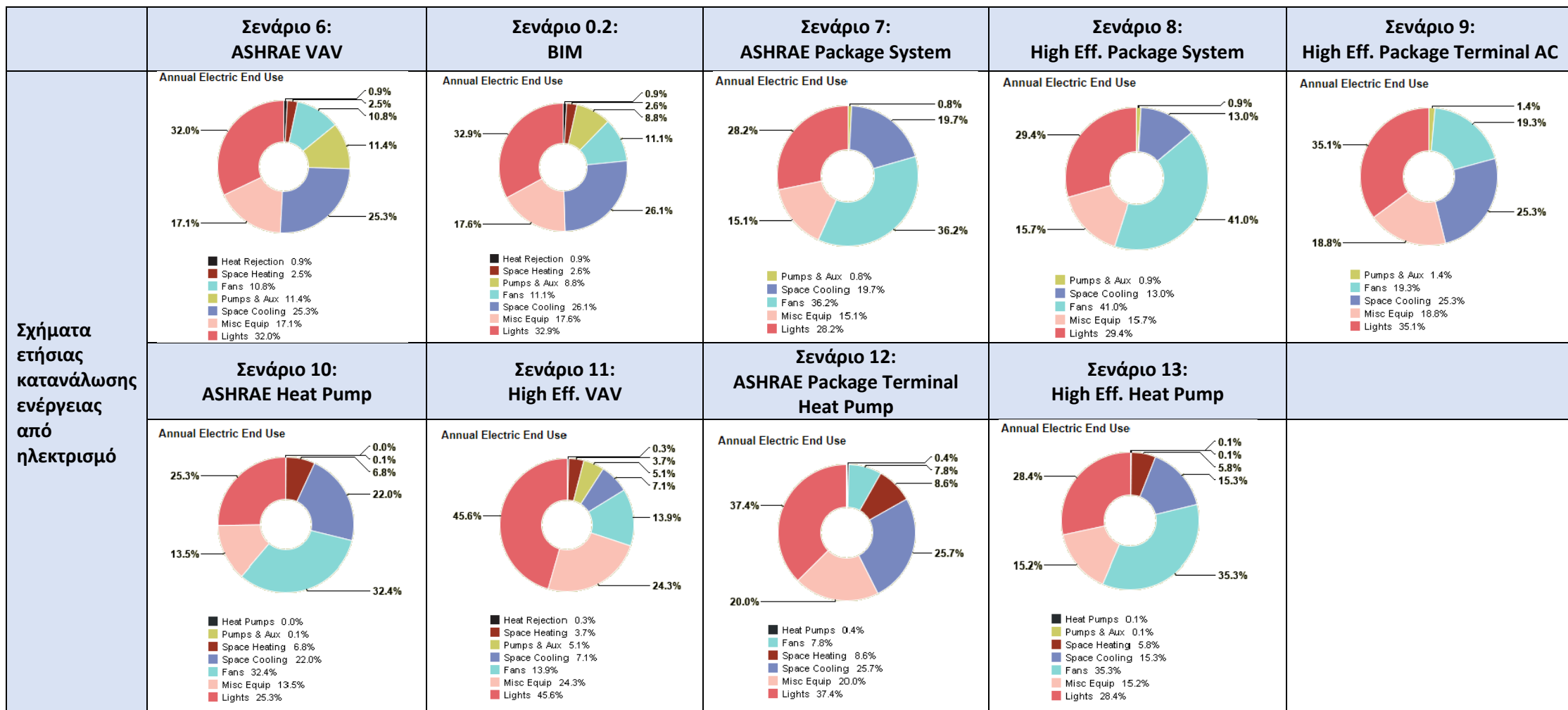


Σχήμα 5.30 Ποσοστά μείωσης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων για την κλιματική ζώνη Α.

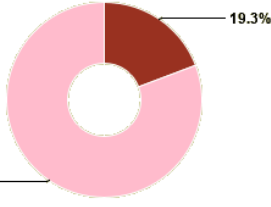
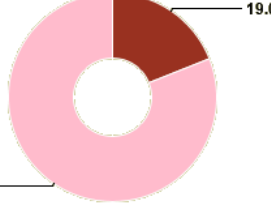
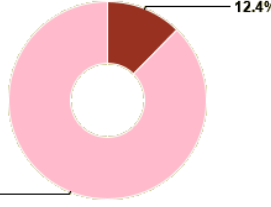
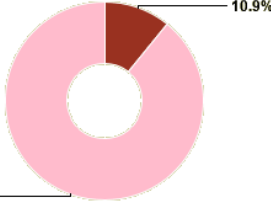
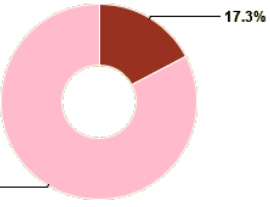
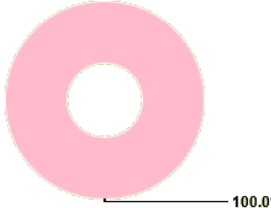
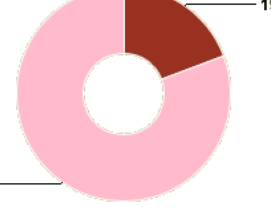
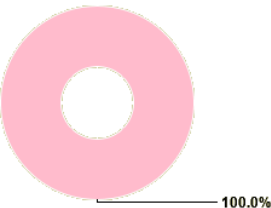
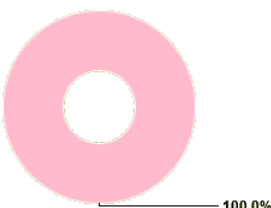
Στο σχήμα 5.29 παρατηρείται ότι για την κλιματική ζώνη Α, το Σενάριο 0.2: BIM της υφιστάμενης κατάστασης οδηγεί σε τελική πρωτογενή ενέργεια 157.1 kWh/m². Το σενάριο 6 (ASHRAE VAV) δεν μειώνει την τελική πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αλλά την αυξάνει σε 159.3 kWh/m² ή σε ποσοστό 1.40%, όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.30. Κάθε ένα από τα σενάρια 7 έως 13 μειώνουν την ετήσια συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου με το σενάριο 13 (High Eff. Heat Pump) να επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση στις 112.59 kWh/m² ή αλλιώς σε ποσοστό 28.33% συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση.

5.2.1.3. Ανάλυση ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σχήματα 5.31 και 5.32 τα οποία περιλαμβάνουν σχήματα με τις ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας από ηλεκτρισμό και καυσίμων, αντίστοιχα.



Σχήμα 5.31 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Α.

	Σενάριο 6: ASHRAE VAV	Σενάριο 0.2: BIM	Σενάριο 7: ASHRAE Package System	Σενάριο 8: High Eff. Package System	Σενάριο 9: High Eff. Package Terminal AC	
Σχήματα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα	Annual Fuel End Use  Space Heating 19.3% Hot Water 80.7%	Annual Fuel End Use  Space Heating 19.0% Hot Water 81.0%	Annual Fuel End Use  Space Heating 12.4% Hot Water 87.6%	Annual Fuel End Use  Space Heating 10.9% Hot Water 89.1%	Annual Fuel End Use  Space Heating 17.3% Hot Water 82.7%	
	Σενάριο 10: ASHRAE Heat Pump	Σενάριο 11: High Eff. VAV	Σενάριο 12: ASHRAE Package Terminal Heat Pump	Σενάριο 13: High Eff. Heat Pump		
	Annual Fuel End Use  Hot Water 100.0%	Annual Fuel End Use  Space Heating 19.3% Hot Water 80.7%	Annual Fuel End Use  Hot Water 100.0%	Annual Fuel End Use  Hot Water 100.0%		

Σχήμα 5.32 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα στην κλιματική ζώνη Α.

Στο σχήμα 5.31 παρατηρούμε ότι στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:BIM) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας το καταλαμβάνει ο φωτισμός, σε ποσοστό 32.9%. Στα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης 6,9,11,12 ο φωτισμός είναι επίσης αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό με ποσοστά 32.0%, 35.1%, 45.6% και 37.4%, αντίστοιχα ενώ στα σενάρια 7,8,10,13 ο μηχανικός αερισμός είναι αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή σε ποσοστά 36.2%, 41.0%, 32.4%, 35.3%, αντίστοιχα.

Στο σχήμα 5.32 παρατηρούμε ότι στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:BIM) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης καυσίμων το καταλαμβάνει το ζεστό νερό χρήσης και σε ποσοστό 81.0%. Από τα βελτιωτικά σενάρια, στα 10,12 και 13 η κατανάλωση καυσίμων αξιοποιείται για ζεστό νερό χρήσης σε ποσοστό 100% ενώ για τα σενάρια 6,7,8,9 και 11 η κατανάλωση καυσίμων χωρίζεται σε ZNX και θέρμανση με το ZNX να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό και συγκεκριμένα σε ποσοστά 80.7%, 87.6%, 89.1%, 82.7% και 80.7% αντίστοιχα.

5.2.2. Αποτελέσματα για όλες τις κλιματικές ζώνες

5.2.2.1. Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης στην υφιστάμενη κατάσταση

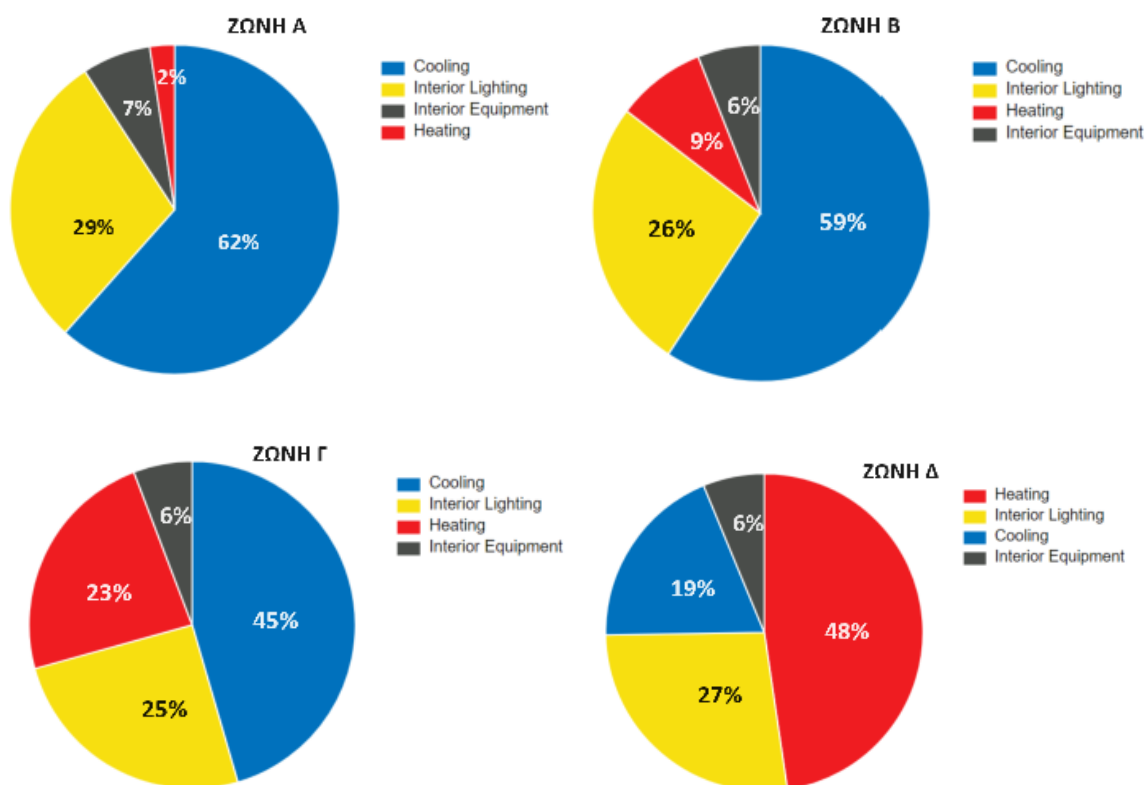
Πίνακας 5.8: Ανάλυση φορτίων θέρμανσης-ψύξης για το ξενοδοχείο σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Δεδομένα				
Τύπος κτιρίου	Ξενοδοχείο	Ξενοδοχείο	Ξενοδοχείο	Ξενοδοχείο
Τοποθεσία	Ηράκλειο (Ζώνη Α)	Αθήνα (Ζώνη Β)	Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ)	Φλώρινα (Ζώνη Δ)
Γεωγραφικό πλάτος	35.33°	37.98°	40.64°	40.78°
Γεωγραφικό μήκος	25.14°	23.74°	22.93°	21.41°
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (θερινή περίοδος)	31°C	38°C	36°C	34°C
Θερμοκρασία υγρού βολβού (θερινή περίοδος)	23°C	21°C	23°C	18°C
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (χειμερινή περίοδος)	6°C	0°C	-4°C	-10°C
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	8°C	14°C	15°C	17°C
Εμβαδόν (m ²)	1132.45	1132.45	1132.45	1132.45
Όγκος(m ³)	3397.34	3397.34	3397.34	3397.34
Αποτελέσματα				
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	29.56	24.57	29.21	15.92
Μήνας & ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Αύγουστος 6:00 μμ.	Αύγουστος 6:00 μμ.	Αύγουστος 6:00 μμ.	Αύγουστος 6:00 μμ.
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	16.69	25.21	22.85	16.57
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	12.59	-638	6.51	-652
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	5.29	13.75	16.92	24.95

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, το μέγιστο συνολικό φορτίο ψύξης μεταξύ των τεσσάρων κλιματικών ζωνών για το ξενοδοχείο είναι 29.56 W και εντοπίζεται στην κλιματική ζώνη Α το οποίο απαιτείται τον Αύγουστο και αντίστοιχα το μέγιστο φορτίο θέρμανσης μεταξύ των τεσσάρων κλιματικών ζωνών είναι 24.95 W το οποίο απαντάται στη ζώνη Δ.

Πίνακας 5.9: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στην υφιστάμενη κατάσταση σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση για την υφιστάμενη κατάσταση σε όλες τις κλιματικές ζώνες				
Χρήση	Κατανάλωση (kWh)			
	ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
Θέρμανση	1583	6264	17694	33967
Ψύξη	40075	43100	34797	13550
Φωτισμός	19017	19014	19300	19289
Εξοπλισμός	4389	4389	4453	4450

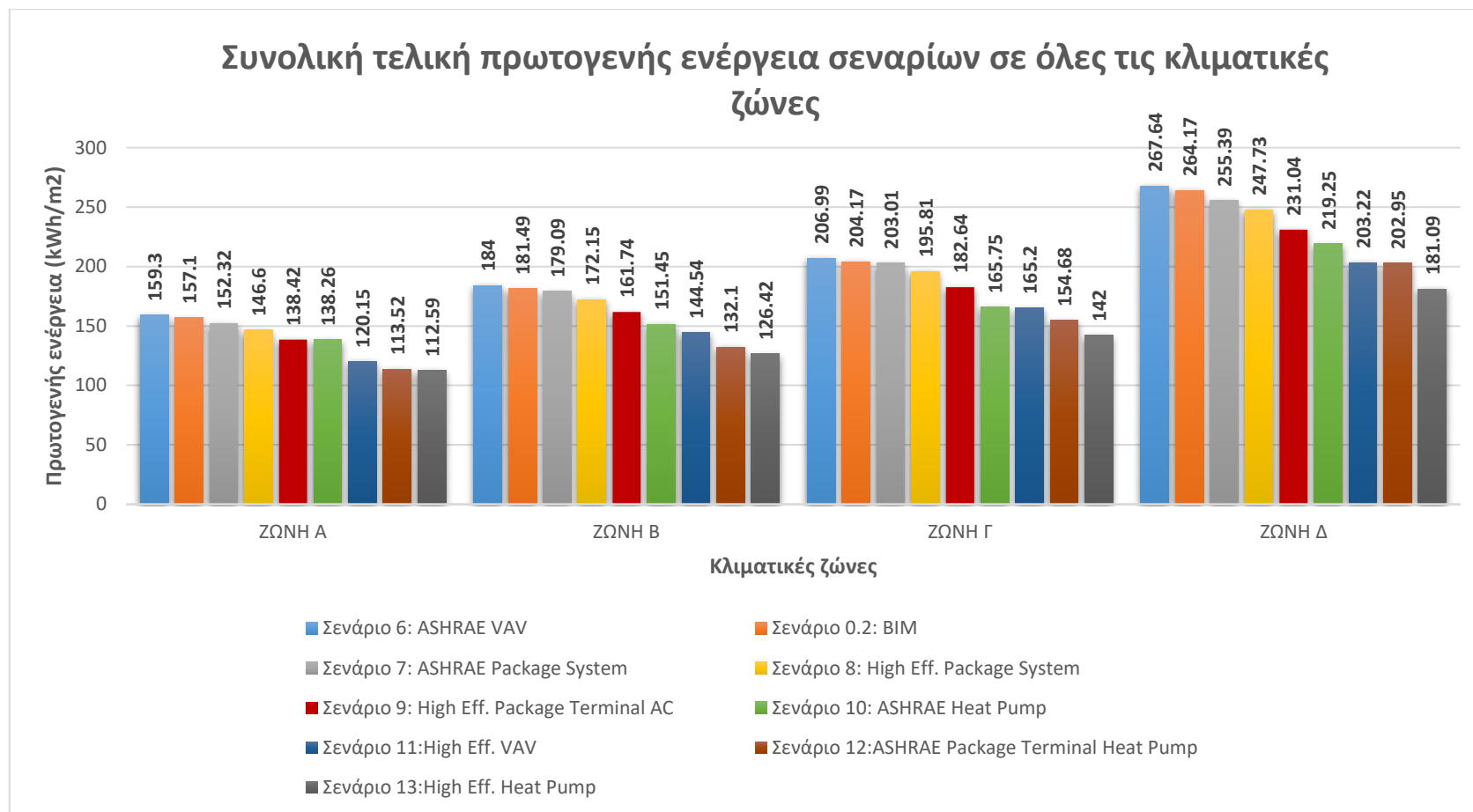


Σχήμα 5.33 Ποσοστά κατανομής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τελική χρήση σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

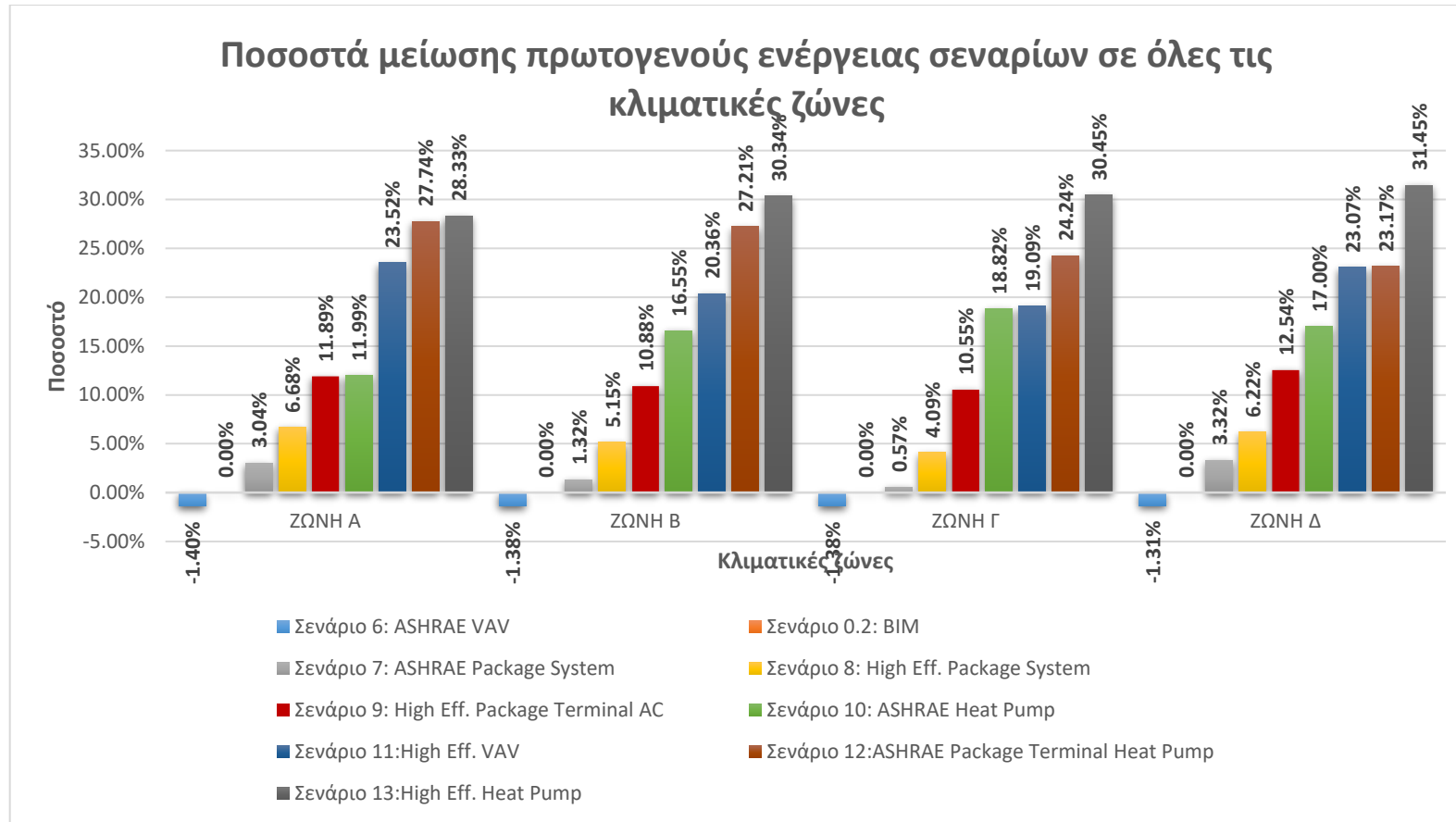
Τόσο στον παραπάνω πίνακα όσο και στα σχήματα παρατηρείται ότι για το στην υφιστάμενη κατάστασή του το ξενοδοχείο η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας γίνεται για την ψύξη στις κλιματικές ζώνες Α, Β και Γ με ποσοστά 62%, 59% και 45% αντίστοιχα ενώ στη ζώνη Δ η θέρμανση είναι αυτή που καταναλώνει την περισσότερη ενέργεια σε ποσοστό 48% συγκριτικά με τις υπόλοιπες χρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά είναι λογικά καθ'ότι η ζώνη Δ είναι η πιο ψυχρή σε σχέση με τις υπόλοιπες.

5.2.2.2. Ανάλυση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όλων των σεναρίων

Στο σχήμα 5.34 παρουσιάζεται η συνολική ετήσια πρωτογενής ενέργεια για κάθε σενάριο ενεργειακής βελτίωσης για όλες τις κλιματικές ζώνες συγκεντρωτικά. Επιπλέον, στο σχήμα 5.35 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης πρωτογενούς ενέργειας κάθε σεναρίου συγκριτικά με το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης (Σενάριο 0.2: BIM).



Σχήμα 5.34 Συνολική τελική πρωτογενής ενέργεια σεναρίων για όλες τις κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 5.35 Ποσοστά μείωσης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Στο σχήμα 5.34 παρατηρείται ότι το Σενάριο 0.2: BIM της υφιστάμενης κατάστασης οδηγεί σε τελική πρωτογενή ενέργεια 157.1 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Α, 181.49 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Β, 204.17 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Γ και 264.17 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Δ. Για κάθε κλιματική ζώνη, το σενάριο 6 (ASHRAE VAV) δεν μειώνει την τελική πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αλλά την αυξάνει κατά 1.40% στην κλιματική ζώνη Α, 1.38% στην κλιματική ζώνη Β, 1.38% στην κλιματική ζώνη Γ και 1.31% στην κλιματική ζώνη Δ, όπως παρατηρείται στο σχήμα 5.35. Επιπλέον, για κάθε κλιματική ζώνη, καθ'ένα από τα σενάρια 7 έως 13 μειώνουν την ετήσια συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου με το σενάριο 13 (High Eff. Heat Pump) να επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση στις 112.9 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Α, στις 126.42 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Β, στις 142 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Γ και στις 181.09 kWh/m² για την κλιματική ζώνη Δ. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται για το σενάριο 13 στη ζώνη Δ, σε ποσοστό 31.4%, συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση.

5.2.2.3. Ανάλυση ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων

Τα σχήματα της παρούσας υποενότητας παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα ΙΙΙ και από αυτά προκύπτουν τα εξής:

Για την κλιματική ζώνη Β, στο σχήμα ΙΙΙ.28 παρατηρείται ότι στην όπτη στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:ΒΙΜ) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας το καταλαμβάνει ο φωτισμός σε ποσοστό 32.6%. Στα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης 6,9,11,12 ο φωτισμός είναι επίσης αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό με ποσοστά 31.8%, 34.5%, 42.9% και 30.8%, αντίστοιχα ενώ στα σενάρια 7,8,10,13 ο μηχανικός αερισμός είναι αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή σε ποσοστά 35.5%, 39.9%, 30.1%, 32.1%, αντίστοιχα.

Επιπλέον, στο σχήμα ΙΙΙ.29, παρατηρείται ότι στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:ΒΙΜ) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης καυσίμων το καταλαμβάνει το ζεστό νερό χρήσης και σε ποσοστό 75.2%. Από τα βελτιωτικά σενάρια, στα 10,12 και 13 η κατανάλωση καυσίμων αξιοποιείται για ζεστό νερό χρήσης σε ποσοστό 100% ενώ για τα σενάρια 6,7,8,9 και 11 η κατανάλωση καυσίμων χωρίζεται σε ΖΝΧ και θέρμανση με το ΖΝΧ να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό και συγκεκριμένα σε ποσοστά 74.8%, 80%, 81.9%, 76.7% και 74.8% αντίστοιχα.

Για την κλιματική ζώνη Γ παρατηρείται το ίδιο περίπου μοτίβο όσον αφορά τα ποσοστά κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (σχήμα ΙΙΙ.30) και στο Σενάριο 0.2:ΒΙΜ το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να το καταλαμβάνει επίσης ο φωτισμός σε ποσοστό 33.8%. Και στην κλιματική ζώνη Γ, στα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης 6,9,11 ο φωτισμός είναι επίσης αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό με το σενάριο 11 να υπερτερεί στο ποσοστό αυτό (44.9%), ενώ στα σενάρια 7,8,10,13 ο μηχανικός αερισμός είναι αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας με το σενάριο 8 να υπερτερεί στο ποσοστό αυτό (40.7%). Ενώ για πρώτη φορά βλέπουμε στο σενάριο 12, οι αντλίες θερμότητας να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των υπόλοιπων χρήσεων σε ποσοστό 32.1%.

Και στο σχήμα ΙΙΙ.31 παρατηρείται το ίδιο ακριβώς μοτίβο με την κλιματική ζώνη Β, ότι δηλαδή στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:ΒΙΜ) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης καυσίμων το καταλαμβάνει το ζεστό νερό χρήσης και σε ποσοστό 75.1%. Από τα βελτιωτικά σενάρια, στα 10,12 και 13 η κατανάλωση καυσίμων αξιοποιείται για ζεστό νερό χρήσης σε

ποσοστό 100% ενώ για τα σενάρια 6,7,8,9 και 11 η κατανάλωση καυσίμων χωρίζεται σε ZNX και θέρμανση με το ZNX να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό και μεταξύ αυτών το ποσοστό του σεναρίου 8 υπερτερεί (77.9%).

Για την κλιματική ζώνη Δ, παρατηρείται το ίδιο ακριβώς μοτίβο με την κλιματική ζώνη Γ όσον αφορά τα ποσοστά κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (σχήμα III.32) και στο Σενάριο 0.2:BIM το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να το καταλαμβάνει επίσης ο φωτισμός σε ποσοστό 37.6%. Και στην κλιματική ζώνη Δ, στα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης 6,9,11 ο φωτισμός είναι επίσης αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό με το σενάριο 11 να υπερτερεί στο ποσοστό αυτό (47.1%), ενώ στα σενάρια 7,8,10,13 ο μηχανικός αερισμός είναι αυτός που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας με το σενάριο 8 να υπερτερεί στο ποσοστό αυτό (42.5%). Ενώ και στη ζώνη Δ παρατηρούμε ότι στο σενάριο 12, οι αντλίες θερμότητας να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των υπόλοιπων χρήσεων σε ποσοστό 52.6%.

Τέλος, στο σχήμα III.33 παρατηρείται η ίδια λογική όπως και στην κλιματική ζώνη Γ, ότι δηλαδή στην υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 0.2:BIM) το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης καυσίμων το καταλαμβάνει το ζεστό νερό χρήσης και σε ποσοστό 65.5%. Από τα βελτιωτικά σενάρια, στα 10,12 και 13 η κατανάλωση καυσίμων αξιοποιείται για ζεστό νερό χρήσης σε ποσοστό 100% ενώ για τα σενάρια 6,7,8,9 και 11 η κατανάλωση καυσίμων χωρίζεται σε ZNX και θέρμανση με το ZNX να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό και μεταξύ αυτών το ποσοστό του σεναρίου 8 υπερτερεί (72.4%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης του ξενοδοχείου. Η οικονομική αυτή αξιολόγηση αφορά στα Σενάρια 1-5 (σενάρια τα οποία προσομοιώθηκαν με το λογισμικό TEE-KENAK και αφορούν τη βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, δηλαδή την προσθήκη θερμομόνωσης και την αλλαγή κουφωμάτων (Σενάριο 1), τη βελτίωση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού, με χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED (Σενάριο 2), τη χρήση φωτοβολταϊκών (Σενάριο 3), την τοποθέτηση αυτοματισμών-BEMS (Σενάριο 4) και τέλος το συνδυασμό των σεναρίων 1-4, δηλαδή την ολική ενεργειακή αναβάθμιση του ξενοδοχείου (Σενάριο 5). Δεν γίνεται εστίαση στα σενάρια 6-13 που προσομοιώθηκαν με το λογισμικό Revit, καθώς αποτελούν σενάρια βελτίωσης συστημάτων που απαντώνται στη βιβλιοθήκη του λογισμικού και χρησιμοποιούνται κυρίως στις ΗΠΑ και οι τιμές των οποίων δεν θα αντιπροσώπευαν την Ελληνική αγορά. Επιπλέον, η οικονομική αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί για τα σενάρια 1-5 στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας.

Οι μεθοδολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της επένδυσης των σεναρίων 1-5, και οι οποίες αναλύονται στο κεφάλαιο 2.7, είναι η μέθοδος της περιόδου αποπληρωμής (payback period) και η μέθοδος της ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής (LCCA).

6.1. Προσδιορισμός περιόδου αποπληρωμής επένδυσης

Ως πρόβλημα τίθεται η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση του ξενοδοχείου και ως στόχος καθορίζεται η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας σε συνδυασμό με την μέγιστη οικονομική απόδοση της επένδυσης. Η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης προσδιορίζεται βάσει των εξής σεναρίων:

- *Σενάριο 1: Βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους (προσθήκη θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων).*
- *Σενάριο 2: Βελτίωση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού (χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED)*
- *Σενάριο 3: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα*
- *Σενάριο 4: Τοποθέτηση αυτοματισμών (BEMS)*
- *Σενάριο 5: Συνδυασμός των σεναρίων 1-4 (Ολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου)*

Έπειτα, προσδιορίζονται οι δαπάνες κατά την περίοδο μελέτης του ξενοδοχείου για την αρχική του κατάσταση και τα πέντε εναλλακτικά σενάρια που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Στο Παράρτημα IV παρατίθεται αναλυτικά ο υπολογισμός του κόστους αγοράς των συστημάτων/υλικών όλων των σεναρίων. Στους πίνακες 6.1 έως 6.4 παρουσιάζονται οι δαπάνες ανά εναλλακτική λύση και κατηγορία κόστους για κάθε κλιματική ζώνη.

Παρατηρείται ότι στις ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανομοιομόρφων ποσών, των πινάκων 6.1 έως 6.4, πέραν του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου (πετρελαίου) λαμβάνονται υπόψη και τα έσοδα από την πώληση της περίσσειας ενέργειας όπως προκύπτει στο σενάριο 5. Αυτό διότι με το νόμο 5037/2023 που θεσπίστηκε τον Μάρτιο του 2023 (ΦΕΚ

78/28.03.2023) εισήλθε ο όρος του Net Billing, σύμφωνα με τον οποίο όλη η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, εγχέεται στο δίκτυο και αποζημιώνεται (αυτό δεν συμβαίνει με το Net Metering). Αν και ο υπολογισμός της περίσσειας ενέργειας των φωτοβολταϊκών θα προέκυπτε με μεγαλύτερη ακρίβεια εάν είχε χρησιμοποιηθεί ειδικό λογισμικό προσομοίωσης φωτοβολταϊκών ή κάποιο λογισμικό ωριαίου βήματος προσομοίωσης του κτιρίου, στο παρόν κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται κατά προσέγγιση βάσει της ενέργειας που προκύπτει από την προσομοίωση του κτιρίου στο TEE-KENAK.

Σημειώνεται ότι οι καταναλώσεις πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους, λήφθηκαν από το λογισμικό TEE-KENAK, καθώς επίσης τα κόστη ενέργειας, βάσει των οποίων έγινε υπολογισμός των ετησίως επαναλαμβανόμενων δαπανών ανομοιομορφων ποσών, θεωρήθηκαν ως εξής:

- Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας = 0,2335€/kWh. Το κόστος προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη το μέσο όρο τελικής τιμής προμήθειας ρεύματος για εμπορικούς πελάτες από 16 παρόχους για τον Φεβρουάριο 2024 και αντιπροσωπευτικές τιμές χρέωσης για ΑΔΜΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ, ΕΤΜΕΑΡ, ΤΑΠ και ΕΡΤ, που εφαρμόστηκε η ίδια τιμή για κάθε κλιματική ζώνη ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα.
- Κόστος θερμικής ενέργειας πετρελαίου θέρμανσης = 0,098 €/kWh. Ακολουθήθηκε αντίστοιχη λογική.
- Τιμή πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος λόγω περίσσειας ενέργειας $\Phi/B = 0,06574€/kWh$. Η τιμή αυτή ισχύει έως τον Αύγουστο 2024.

Πίνακας 6.1: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Α (χωρίς Φ.Π.Α.)

Κατηγορία κόστους		Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Αρχικά κόστη	Κόστη επένδυσης (€)						
	Μελέτη	0.0	1200.0	8000.0	2500.0	1000.0	12700.0
	Προμήθεια συστημάτων & υλικών	0.0	80385.0	108313.0	37825.0	27412.8	253935.8
	Εγκατάσταση εξοπλισμού	0.0		63300.0	12000.0	1200.0	76500.0
	Σύνολο	0.0	81585.0	179613.0	52325.0	29612.8	343135.8
Μελλοντικά κόστη	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανομοιομορφων ποσών (€)						
	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	59496.3	58290.8	9846.7	51911.2	52241.9	0.0
	Κόστος καυσίμου	3308.9	630.0	0.0	3308.9	1654.5	0.0
	Έσοδα από την πώληση περίσσειας ενέργειας (net billing)	-	-	-	-	-	-2948.1
	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ομοιομορφων ποσών (€)						
Κόστη συντήρησης & έκτακτα έξοδα	12000.0	10500.0	7200.0	12600.0	12300.0	8100.0	
	Σύνολο	74805.2	69420.8	17046.7	67820.1	66196.4	5151.9
Τελικά κόστη	Υπολειμματική αξία (20% της αρχικής επένδυσης)	0.0	16317.0	35922.6	10465.0	5922.6	68627.2

Πίνακας 6.2: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Β (χωρίς Φ.Π.Α.)

Κατηγορία κόστους		Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Αρχικά κόστη	Κόστη επένδυσης (€)						
	Μελέτη	0.0	1200.0	8000.0	2500.0	1000.0	12700.0
	Προμήθεια συστημάτων & υλικών	0.0	80385.0	108313.0	37825.0	27412.8	253935.8
	Εγκατάσταση εξοπλισμού	0.0		63300.0	12000.0	1200.0	76500.0
	Σύνολο	0.0	81585.0	179613.0	52325.0	29612.8	343135.8
Μελλοντικά κόστη	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανομοιόμορφων ποσών (€)						
	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	60669.8	58802.8	11329.6	53404.7	52860.7	0.0
	Κόστος καυσίμου	4776.9	1157.5	0.0	4776.9	2487.2	0.0
	Έσοδα από την πώληση περίσσειας ενέργειας (net billing)	-	-	-	-	-	-2188.7
	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ομοιόμορφων ποσών (€)						
	Κόστη συντήρησης & έκτακτα έξοδα	12000.0	10500.0	7200.0	12600.0	12300.0	8100.0
Σύνολο	77446.6	70460.3	18529.6	70781.6	67647.9	5911.3	
Τελικά κόστη	Υπολειμματική αξία (20% της αρχικής επένδυσης)	0.0	16317.0	35922.6	10465.0	5922.6	68627.2

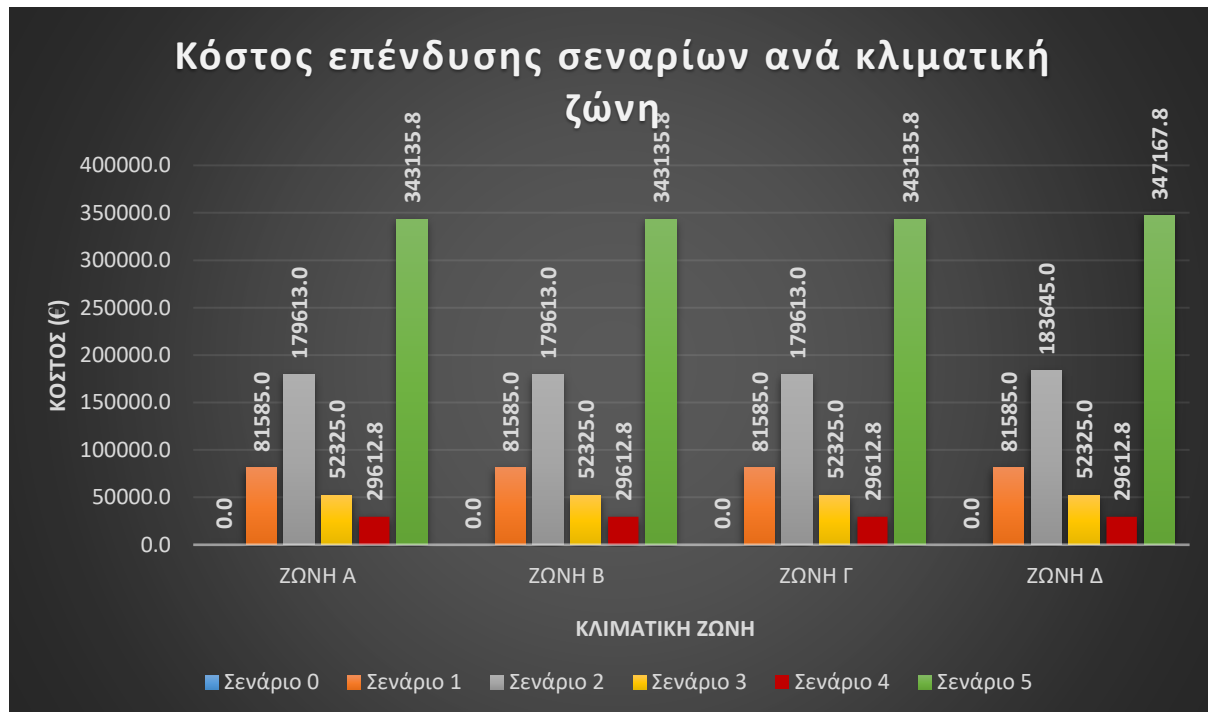
Πίνακας 6.3: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Γ (χωρίς Φ.Π.Α.)

Κατηγορία κόστους		Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Αρχικά κόστη	Κόστη επένδυσης (€)						
	Μελέτη	0.0	1200.0	8000.0	2500.0	1000.0	12700.0
	Προμήθεια συστημάτων & υλικών	0.0	80385.0	108313.0	37825.0	27412.8	253935.8
	Εγκατάσταση εξοπλισμού	0.0		63300.0	12000.0	1200.0	76500.0
	Σύνολο	0.0	81585.0	179613.0	52325.0	25044.0	338567.0
Μελλοντικά κόστη	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανομοιόμορφων ποσών (€)						
	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	61149.8	60147.0	12364.4	54482.2	53266.1	0.0
	Κόστος καυσίμου	8036.3	1947.4	0.0	8036.3	4193.2	0.0
	Έσοδα από την πώληση περίσσειας ενέργειας (net billing)	-	-	-	-	-	-655.1
	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ομοιόμορφων ποσών (€)						
	Κόστη συντήρησης & έκτακτα έξοδα	12000.0	10500.0	7200.0	12600.0	12300.0	8100.0
Σύνολο	81186.1	72594.4	19564.4	75118.5	69759.3	7444.9	
Τελικά κόστη	Υπολειμματική αξία (20% της αρχικής επένδυσης)	0.0	16317.0	35922.6	10465.0	5922.6	68627.2

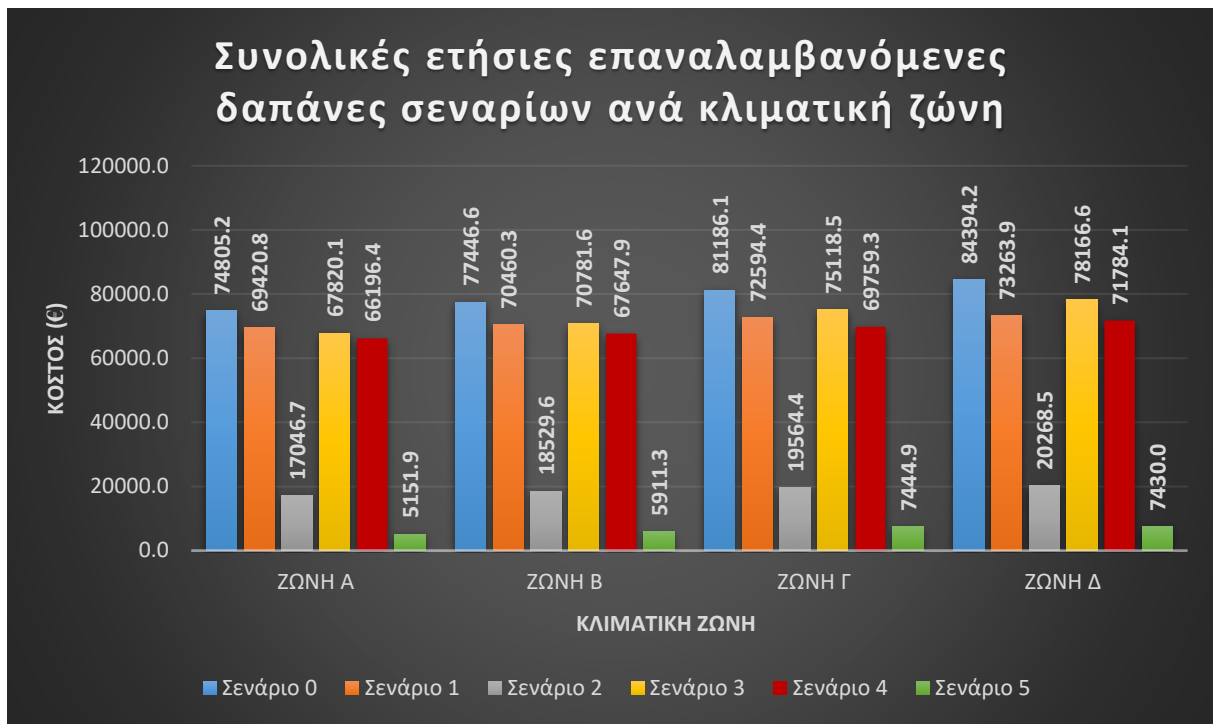
Πίνακας 6.4: Δαπάνες κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για την κλιματική ζώνη Δ (χωρίς Φ.Π.Α.)

Κατηγορία κόστους	Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5	
Αρχικά κόστη	Κόστη επένδυσης (€)						
	Μελέτη	0.0	1200.0	8000.0	2500.0	1000.0	12700.0
	Προμήθεια συστημάτων & υλικών	0.0	80385.0	112345.0	37825.0	27412.8	257967.8
	Εγκατάσταση εξοπλισμού	0.0		63300.0	12000.0	1200.0	76500.0
Σύνολο	0.0	81585.0	183645.0	52325.0	29612.8	347167.8	
Μελλοντικά κόστη	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανομοιόμορφων ποσών (€)						
	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	58557.5	59410.9	13068.5	51729.8	52273.9	0.0
	Κόστος καυσίμου	13836.8	3353.0	0.0	13836.8	7210.2	0.0
	Έσοδα από την πώληση περίσσειας ενέργειας (net billing)	-	-	-	-	-	-670.0
	Ετησίως επαναλαμβανόμενες δαπάνες ομοιόμορφων ποσών (€)						
Κόστη συντήρησης & έκτακτα έξοδα	12000.0	10500.0	7200.0	12600.0	12300.0	8100.0	
Σύνολο	84394.2	73263.9	20268.5	78166.6	71784.1	7430.0	
Τελικά κόστη	Υπολειμματική αξία (20% της αρχικής επένδυσης)	0.0	16317.0	36729.0	10465.0	5922.6	69433.6

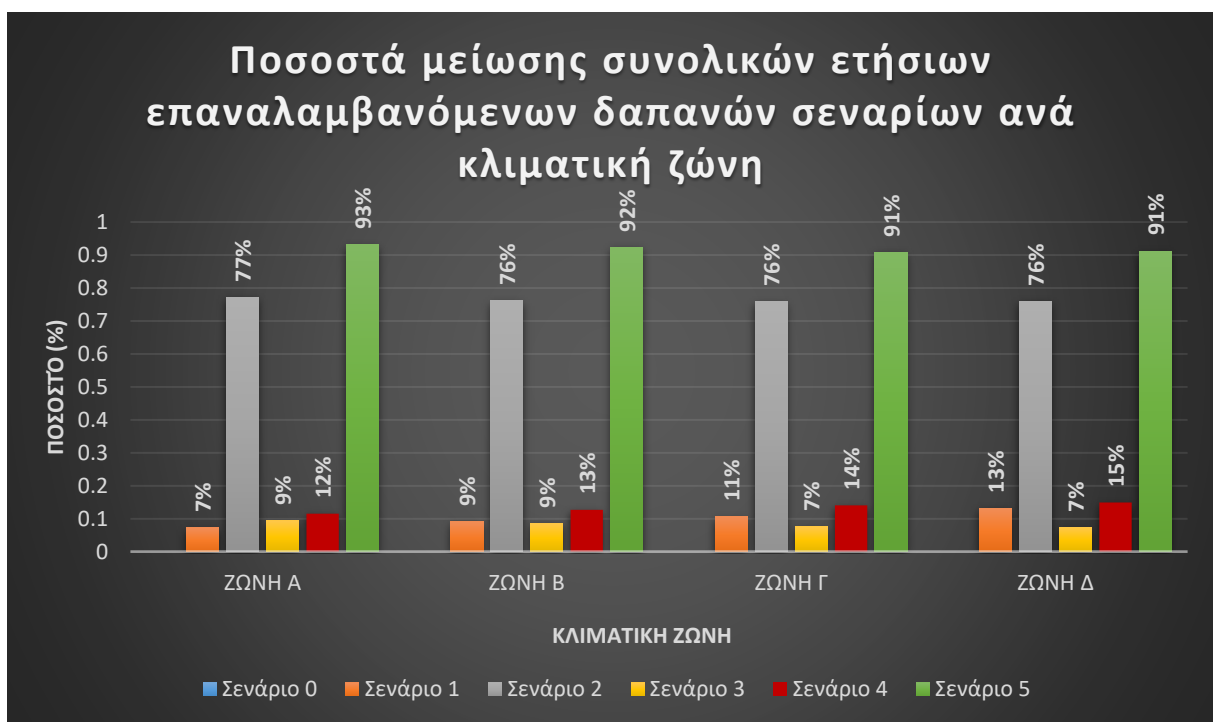
Για την πληρέστερη κατανόηση των δαπανών και του κόστους επένδυσης παρακάτω παρατίθενται συγκεντρωτικά τα κόστη επένδυσης των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας ανά κλιματική ζώνη, οι συνολικές ετήσιες επαναλαμβανόμενες δαπάνες σεναρίων ανά κλιματική ζώνη και τα ποσοστά μείωσης αυτών.



Σχήμα 6.1 Κόστη επένδυσης σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης ανά κλιματική ζώνη.



Σχήμα 6.2 Συνολικές ετήσιες επαναλαμβανόμενες δαπάνες σεναρίων ανά κλιματική ζώνη.

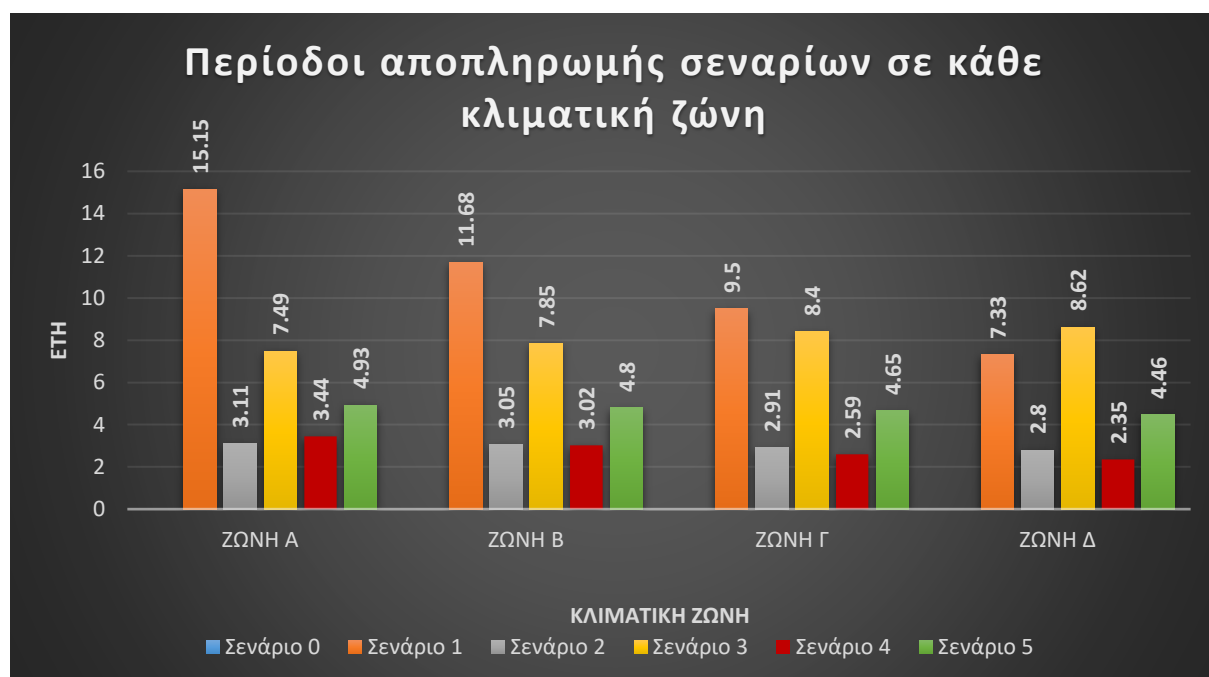


Σχήμα 6.3 Ποσοστά μείωσης συνολικών ετήσιων επαναλαμβανόμενων δαπανών σεναρίων ανά κλιματική ζώνη.

Στο σχήμα 6.1 παρατηρείται ότι για κάθε κλιματική ζώνη, μεταξύ των σεναρίων 1-4, το σενάριο 2 (τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και ζνχ και αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED) απαιτεί το μεγαλύτερο κεφάλαιο, ενώ όπως είναι λογικό, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους εξοικονόμησης ενέργεια απαιτεί και τη μεγαλύτερη επένδυση για τον ιδιοκτήτη του ξενοδοχείου προκειμένου να βελτιώσει ενεργειακά

το κτίριο ακολουθώντας μια ολιστική προσέγγιση. Παρ' όλα αυτά, στα σχήματα 6.2 και 6.3 παρατηρείται ότι για κάθε κλιματική ζώνη τα σενάρια 2 και 5, που απαιτούσαν τη μεγαλύτερη αρχική επένδυση μεταξύ των υπόλοιπων σεναρίων, απαιτούν τις λιγότερες συνολικές ετήσιες επαναλαμβανόμενες δαπάνες. Συγκεκριμένα, το σενάριο 2 μειώνει τις ετήσιες επαναλαμβανόμενες δαπάνες περίπου στο 76% για κάθε κλιματική ζώνη συγκριτικά με το σενάριο 0 (υφιστάμενη κατάσταση) ενώ το σενάριο 5 τις μειώνει σε ποσοστό περίπου 92% για κάθε κλιματική ζώνη και όπως παρατηρείται παρακάτω, αυτό έχει αντίκτυπο στην περίοδο αποπληρωμής κάθε σεναρίου για κάθε κλιματική ζώνη.

Σύμφωνα με τους Πίνακες IV.3 έως IV.6 του Παραρτήματος IV που παρουσιάζονται οι συνολικές ροές κάθε εναλλακτικού σεναρίου αθροιστικά για κάθε έτος, υπολογίζονται οι ακόλουθες περίοδοι αποπληρωμής των πέντε εναλλακτικών σεναρίων:



Σχήμα 6.4 Περίοδοι αποπληρωμής κεφαλαίου κάθε εναλλακτικού σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου σε κάθε κλιματική ζώνη.

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, αναλύοντας την κλιματική ζώνη Α, παρατηρείται ότι το σενάριο 1 (βελτίωση κελύφους με προσθήκη θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων) απαιτεί το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απόσβεσης της αρχικής του επένδυσης. Το σενάριο 3 (τοποθέτηση φωτοβολταϊκών) αποτελεί μια αποτελεσματική επιλογή επένδυσης καθώς τα 7.5 περίπου έτη αποτελούν εύλογο χρονικό διάστημα απόσβεσης. Όμως, τα σενάρια 2, 4 και 5 είναι από τις επενδύσεις με το μικρότερο χρόνο απόσβεσης των χρημάτων. Μεταξύ αυτών, το σενάριο 2 (γεωθερμική αντλία θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και ζνχ και λαμπτήρες LED) αποτελεί την ουσιαστικότερη επένδυση καθώς χρειάζονται μόνο 3.11 χρόνια για την απόσβεση της (υψηλής) αρχικής επένδυσης. Ακολουθεί το σενάριο 4 (τοποθέτηση αυτοματισμών) που απαιτούνται 3.44 χρόνια για την απόσβεση και τέλος το σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις προτεινόμενες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας απαιτεί 4.93 έτη για την απόσβεση των χρημάτων.

Οι παραπάνω τιμές αποδεικνύουν ότι η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζνχ με τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας συνδυαστικά με τους λαμπτήρες LED αποτελεί την πιο προσοδοφόρα επένδυση στη ζώνη Α συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια καθώς μειώνει κατά πολύ τις καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος και κατά συνέπεια τα έτη

απόσβεσης της επένδυσης, παρά το γεγονός ότι η αρχική επένδυση για το σενάριο 2 είναι η μεγαλύτερη μεταξύ των σεναρίων 1-4. Στις υπόλοιπες ζώνες η επένδυση με τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής είναι αυτή του σεναρίου 4, ωστόσο οι τιμές των περιόδων αποπληρωμής των σεναρίων 2 και 4 έχουν ελάχιστες αποκλίσεις. Σημειώνεται ότι αν και το σενάριο 5 απαιτεί 4.93 έτη απόσβεσης της επένδυσης, τα οποία θεωρούνται επίσης εύλογα, αποτελεί την ουσιαστικότερη επένδυση για τους στόχους της διπλωματικής καθώς όπως αναλύεται στο κεφάλαιο 5 με το σενάριο 5 το κτίριο αυτονομείται πλήρως ενεργειακά, πλησιάζει κατά πολύ τον στόχο των μηδενικών εκπομπών CO₂ ενώ λόγω του πλεονάσματος ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη, αποτελεί και την πιο επικερδή επένδυση για τον ιδιοκτήτη του ξενοδοχείου μακροπρόθεσμα καθώς μετά τα έτη απόσβεσης της επένδυσης θα έχει έσοδα. Το συμπέρασμα αυτό εξάγεται και μέσω της μεθόδου LCCA που περιγράφεται παρακάτω και λαμβάνει υπόψη περισσότερα οικονομικά στοιχεία από τη συγκεκριμένη απλοποιημένη μέθοδο.

Μεταξύ των κλιματικών ζωνών Α-Δ, για τα σενάρια 1,2,4 και 5 παρατηρείται ότι για κάθε σενάριο τα έτη απόσβεσης της επένδυσης μειώνονται όσο πηγαίνουμε από την πιο θερμή στην πιο ψυχρή κλιματική ζώνη κι αυτό συνδέεται άμεσα με τις καταναλώσεις ρεύματος σε ψύξη (καθώς το μοντέλο είναι ευαίσθητο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) διότι οι καταναλώσεις σε ψύξη της ζώνης Α που είναι η θερμότερη, είναι και οι μεγαλύτερες συγκριτικά με τις υπόλοιπες κι έτσι όσο πηγαίνουμε προς την πιο ψυχρή ζώνη τα έτη απόσβεσης μειώνονται. Βέβαια, αντίστροφη λογική ακολουθείται για το σενάριο 3 στο οποίο τοποθετούνται φωτοβολταϊκά πάνελ στο δώμα του ξενοδοχείου. Δηλαδή, τα έτη απόσβεσης αυξάνονται από τη ζώνη Α στη ζώνη Δ. Αυτό επίσης δικαιολογείται από το ότι η Κρήτη είναι και η πιο ηλιόλουστη συγκριτικά με την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη και τη Φλώρινα και αντίστοιχα τα φωτοβολταϊκά συνεισφέρουν περισσότερο στη ζώνη Α ακολουθώντας τις ζώνες Β, Γ και Δ.

6.2. Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA)

Προκειμένου να γίνει η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (LCCA) προσδιορίζονται οι τιμές εκείνων των παραμέτρων οι οποίες οφείλουν να είναι ίδιες κατά την ανάλυση όλων των σεναρίων, ώστε να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους οι αναλύσεις. Οι παράμετροι και οι αντίστοιχες τιμές τους είναι οι εξής:

- Περίοδος μελέτης: 21 έτη
- Προεξοφλητικό επιτόκιο, D : 5,95% (μέσο επιτόκιο προς μικρομεσαίες επιχειρήσεις, [1])
- Ποσοστό κλιμάκωσης, E : 15%
- Πληθωρισμός, I : 3.20% για το διάστημα 02/2023 – 01/2024, [2]
- Έτος βάσης: 2024 (πρώτο έτος περιόδου μελέτης)
- Έτος διάθεσης: 2045 (τελευταίο έτος περιόδου μελέτης)

Έπειτα, γίνεται αναγωγή των δαπανών των πινάκων 6.1 έως 6.4 σε παρούσα αξία μέσω των συντελεστών SPV, UPV και UPV*. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την υλοποίηση της μεθόδου της LCCA για κάθε κλιματική ζώνη.

Πίνακας 6.5: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Α.

Κατηγορία κόστους	Συντελεστής		Παρούσα Αξία					
	Είδος	Τιμή	Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Κόστος επένδυσης	SPV	0.974	0.00	79463.79	174943.062	50964.55	28842.8672	334214.2692
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ανομοιόμορφες δαπάνες	UPV*	58.346	3664431.48	3437790.702	574515.5934	3221872.431	3144637.648	-172010.52
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ομοιόμορφες δαπάνες	UPV	15.9249	191098.80	167211.45	114659.28	200653.74	195876.27	128991.69
Υπολειμματική αξία	SPV	0.5756	0.00	20677.05	20677.05	6023.65	3409.03	39501.79
LCC			3855530.28	3705142.99	884794.98	3479514.38	3372765.81	330697.23
LCC_{αρχ.κατ.} - LCC_{σεναρίου i}			0	150387.29	2970735.30	376015.91	482764.47	3524833.05
Ποσοστό μείωσης LCC			0.00%	3.90%	77.05%	9.75%	12.52%	91.42%

Πίνακας 6.6: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Β.

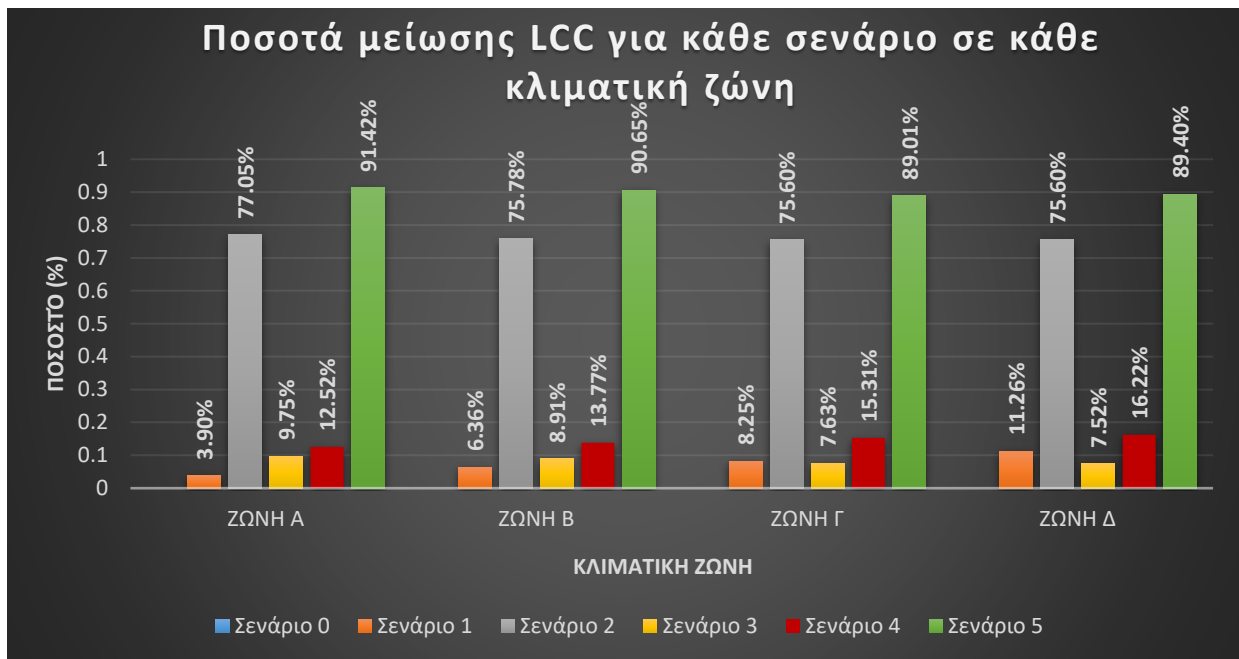
Κατηγορία κόστους	Συντελεστής		Παρούσα Αξία					
	Είδος	Τιμή	Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Κόστος επένδυσης	SPV	0.974	0.00	79463.79	174943.062	50964.55	28842.8672	334214.2692
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ανομοιόμορφες δαπάνες	UPV*	58.346	3818548.75	3498445.518	661035.2765	3394664.549	3229327.205	-127704.78
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ομοιόμορφες δαπάνες	UPV	15.9249	191098.80	167211.45	114659.28	200653.74	195876.27	128991.69
Υπολειμματική αξία	SPV	0.5756	0.00	9392.07	20677.05	6023.65	3409.03	39501.79
LCC			4009647.55	3754512.82	971314.67	3652306.49	3457455.37	375002.97
LCC_{αρχ.κατ.} - LCC_{σεναρίου i}			0	255134.73	3038332.88	357341.06	552192.18	3634644.58
Ποσοστό μείωσης LCC			0.00%	6.36%	75.78%	8.91%	13.77%	90.65%

Πίνακας 6.7: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Γ.

Κατηγορία κόστους	Συντελεστής		Παρούσα Αξία					
	Είδος	Τιμή	Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Κόστος επένδυσης	SPV	0.974	0.00	79463.79	174943.062	50964.55	28842.8672	334214.2692
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ανομοιόμορφες δαπάνες	UPV*	58.346	4036731.88	3622960.354	721412.3216	3647704.523	3352519.735	-38224.56
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ομοιόμορφες δαπάνες	UPV	15.9249	191098.80	167211.45	114659.28	200653.74	195876.27	128991.69
Υπολειμματική αξία	SPV	0.5756	0.00	9392.07	20677.05	6023.65	3409.03	39501.79
LCC			4227830.68	3879027.66	1031691.71	3905346.47	3580647.90	464483.19
LCC_{αρχ.κατ.} - LCC_{σεναρίου i}			0	348803.02	3196138.96	322484.21	647182.78	3763347.48
Ποσοστό μείωσης LCC			0.00%	8.25%	75.60%	7.63%	15.31%	89.01%

Πίνακας 6.8: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής (LCC) για κάθε εναλλακτικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου στην κλιματική ζώνη Δ.

Κατηγορία κόστους	Συντελεστής		Παρούσα Αξία					
	Είδος	Τιμή	Σενάριο 0	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Κόστος επένδυσης	SPV	0.974	0.00	79463.79	178870.23	50964.55	28842.8672	338141.4372
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ανομοιόμορφες δαπάνες	UPV*	58.346	4223912.91	3662023.455	762493.6099	3825548.903	3470660.51	-39093.30
Ετησίως επαναλαμβανόμενες ομοιόμορφες δαπάνες	UPV	15.9249	191098.80	167211.45	114659.28	200653.74	195876.27	128991.69
Υπολειμματική αξία	SPV	0.5756	0.00	9392.07	21141.21	6023.65	3409.03	39965.96
LCC			4415011.71	3918090.76	1077164.33	4083190.85	3698788.67	468005.78
LCC_{αρχ.κατ.} - LCC_{σεναρίου i}			0	496920.95	3337847.38	331820.86	716223.04	3947005.93
Ποσοστό μείωσης LCC			0.00%	11.26%	75.60%	7.52%	16.22%	89.40%



Σχήμα 6.5 Ποσοστά μείωσης του κόστους κύκλου ζωής για κάθε σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη.

Οι πίνακες 6.5 έως 6.8 παρουσιάζουν τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής (LCC) κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας του ξενοδοχείου για κάθε κλιματική ζώνη καθώς επίσης το σχήμα 6.5 παρουσιάζει τα ποσοστά μείωσης του κόστους κύκλου ζωής για κάθε σενάριο και σε κάθε κλιματική ζώνη συγκεντρωτικά. Από τα παραπάνω διαπιστώνεται πως σε κάθε κλιματική ζώνη το σενάριο 5 που απαιτεί το μεγαλύτερο κεφάλαιο επένδυσης, εντοπίζεται το χαμηλότερο κόστος για τον εξεταζόμενο κύκλο ζωής της επένδυσης σε ποσοστό που αγγίζει περίπου το 90% για κάθε κλιματική ζώνη συγκριτικά με το σενάριο 0. Αμέσως επόμενο σενάριο με χαμηλότερο LCCA είναι το σενάριο 2 το οποίο μειώνει το κόστος κύκλου ζωής περίπου στο 76% για κάθε κλιματική ζώνη ενώ τα υπόλοιπα σενάρια μειώνουν το κόστος κύκλου ζωής σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 3.90% έως 16.22%, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 6.4.

Βιβλιογραφία 6^{ου} κεφαλαίου

- [1] “Δελτία Τύπου.” Accessed: Feb. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.bankofgreece.gr/enimerosi/grafeio-typoy/anazhthsh-enhmerwsewn/enhmerwseis?announcement=d5c4d60a-3c78-4b20-a357-353b7901858f>
- [2] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ, “ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ: Ιανουάριος 2024, ετήσιος πληθωρισμός 3,1%.” Accessed: Feb. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.statistics.gr/documents/20181/47323e0d-2d0b-9435-27f6-d03c39c229bc>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

7.1. Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερεύνησε το θεσμό των πράσινων ενεργειακά αποδοτικών ξενοδοχείων, εστιάζοντας στα οφέλη της ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου ξενοδοχειακού κτιριακού αποθέματος με υψηλές καταναλώσεις ενέργειας, καθώς ο ξενοδοχειακός τομέας είναι αρκετά ενεργοβόρος. Εκτός αυτού, η μελέτη αυτή κρίθηκε σημαντική για τα Ελληνικά δεδομένα, καθώς η οικονομία της χώρας στηρίζεται κυρίως στον τουρισμό της. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να διερευνηθεί μέσω μιας πολυπαραμετρικής ανάλυσης διαφόρων σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης, που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4, η πιθανότητα το ξενοδοχείο να γίνει πράσινο, εστιάζοντας στη μελέτη της ενεργειακής του συμπεριφοράς και στις εκπομπές CO₂, καθώς για τα πλήρως ανακαινισμένα κτίρια υπάρχει η απαίτηση από την EPBD για κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) από το 2021, ενώ για τα νέα κτίρια προστίθεται ο μακροπρόθεσμος στόχος των κτιρίων μηδενικών εκπομπών από το 2030. Η πολυπαραμετρική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας και μελετήθηκαν διάφορα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης μέσω 2 λογισμικών, το λογισμικό που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα το TEE-KENAK, όπως και το BIM λογισμικό Revit με τη χρήση επιπλέον των Insight και Green Building Studio (GBS) για τη μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Επιπλέον, προκειμένου η πολυπαραμετρική αυτή ανάλυση να έχει υπόσταση στα σημερινά Ελληνικά δεδομένα, πραγματοποιήθηκε και η οικονομική αξιολόγηση του εκάστοτε σεναρίου ενεργειακής βελτίωσης που προσομοιώθηκε με το TEE-KENAK διότι η ξενοδοχειακή βιομηχανία δίνει ιδιαίτερη σημασία στην οικονομική της ανάκαμψη ιδιαίτερα μετά την πανδημία.

Υπενθυμίζεται ότι στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ένα κτίριο ξενοδοχείου κατασκευασμένο προ του 1980 που διαθέτει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή, ξύλινα κουφώματα και σύστημα θέρμανσης μέσω λέβητα πετρελαίου, σύστημα ψύξης μέσω αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα (κλιματιστικά), ζεστού νερού χρήσης με ηλεκτρικούς θερμαντήρες, φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως και αερισμού με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλές τιμές πρωτογενούς ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση, περίπου 1600 kWh/m² τιμή στην οποία δείχνει να συμβάλλει κυρίως ο φωτισμός από λαμπτήρες πυρακτώσεως (περίπου 1150 kWh/m²). Ωστόσο, επιλέχθηκε στην υφιστάμενη κατάστασή του να μελετηθεί κτίριο δυσμενές ενεργειακά, προκειμένου να εξεταστεί ακριβέστερα ποιο είναι το ενεργειακό όφελος από την βελτίωση που υφίσταται από κάθε σενάριο ξεχωριστά.

Για την προσέγγιση των στόχων της εργασίας, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των παρακάτω προτεινόμενων μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας του ξενοδοχείου. Συγκεκριμένα στο TEE-KENAK εξετάστηκαν τα ακόλουθα σενάρια και παρατηρήθηκαν τα εξής σημαντικά:

1. Η βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους με την προσθήκη θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (*Σενάριο 1*), μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου κατά 3.6% στην κλιματική ζώνη Α, κατά 6.9% στη ζώνη Β, κατά 7.7% στη ζώνη Γ και κατά 9.1% στη ζώνη Δ. Αντίστοιχα,

οι συνολικές εκπομπές CO₂ μειώθηκαν κατά 3.2% στην κλιματική ζώνη Α, κατά 5.4% στη ζώνη Β, κατά 5.5% στη ζώνη Γ και κατά 5.4% στη ζώνη Δ.

2. Η αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης του ξενοδοχείου με γεωθερμική αντλία θερμότητας όπως και η αντικατάσταση των λαμπτήρων του σε LED (Σενάριο 2) οδήγησε σε μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας κατά 83.7% στην κλιματική ζώνη Α κατά 81.9% στη ζώνη Β, κατά 80.6% στη ζώνη Γ και κατά 79.5% στη ζώνη Δ. Αντίστοιχα, οι συνολικές εκπομπές CO₂ μειώθηκαν κατά 83.6% στην κλιματική ζώνη Α, κατά 81.8% στη ζώνη Β, κατά 80.6% στη ζώνη Γ και κατά 79.2% στη ζώνη Δ. Ιδιαίτερα σημαντικό ήταν ότι το κτίριο από την κατάταξη Η, με το σενάριο αυτό ανέβηκε απευθείας στην κατάταξη Β.
3. Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος με 75 φωτοβολταϊκά πάνελ συνολικής ισχύος 33.75 kW στο δώμα του ξενοδοχείου (Σενάριο 3) οδήγησε σε μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας κατά 12.5% στην κλιματική ζώνη Α, 11.6% στη ζώνη Β, 10.7% στη ζώνη Γ και 10.9% στη ζώνη Δ. Αντίστοιχα, οι συνολικές εκπομπές CO₂ μειώθηκαν κατά 12.6% στην κλιματική ζώνη Α, κατά 11.7% στη ζώνη Β, κατά 10.5% στη ζώνη Γ και κατά 10.8% στη ζώνη Δ.
4. Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (BEMS) (Σενάριο 4) οδήγησε σε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 12.8% στη ζώνη Α, 13.5% στη ζώνη Β, 13.3% στη ζώνη Γ και 13.1% στη ζώνη Δ. Αντίστοιχα, οι συνολικές εκπομπές CO₂ μειώθηκαν κατά 12.6% στην κλιματική ζώνη Α, κατά 11.7% στη ζώνη Β, κατά 10.5% στη ζώνη Γ και κατά 10.8% στη ζώνη Δ.
5. Ο συνδυασμός των τεσσάρων προηγούμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 5) ανέβασε την κατάταξη του κτιρίου σε Α+ και οδήγησε την συνολική πρωτογενή ενέργεια στην τιμή -39.6 kWh/m² στην κλιματική ζώνη Α (μείωση 102.4%), -29.4 kWh/m² στην κλιματική ζώνη Β (μείωση κατά 101.7%), στην τιμή -8.8 kWh/m² στη ζώνη Γ (μείωση κατά 100.5%) και -9 kWh/m² στη ζώνη Δ (μείωση κατά 100.5%). Από τις παραπάνω τιμές συνεπάγεται ότι με το σενάριο 5 το κτίριο όχι μόνο είναι ενεργειακά αυτόνομο αλλά παράγει περίσσεια ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών στοιχείων την οποία και μπορεί να πουλήσει μέσω του Net Billing. Αντίστοιχα, οι συνολικές εκπομπές CO₂ μειώνονται στην τιμή 1.2 kg/m² για τις ζώνες Α,Β (μείωση κατά 99.8%) και στην τιμή 1.9 kg/m² για τις ζώνες Γ,Δ (μείωση κατά 99.7%).

Μεταξύ των σεναρίων 1 – 4, το σενάριο 2 (με την τοποθέτηση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και την αναβάθμιση λαμπτήρων σε LED) είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας κατά 83.7% στη ζώνη Α ενώ το σενάριο 1 (με την τοποθέτηση θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων) επιτυγχάνει τη μικρότερη, σε ποσοστό 3.6% στη ζώνη Α. Κατά φθίνουσα εξοικονόμηση, ακολουθούν το σενάριο 4 (τοποθέτηση όBEMS) κατά 13.5% στη ζώνη Β και το σενάριο 3 (τοποθέτηση φωτοβολταϊκών) κατά 12.5% στη ζώνη Α. Βέβαια, το σενάριο 5 (που συνδυάζει και τα τέσσερα μέτρα εξοικονόμησης) επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση πρωτογενούς ενέργειας, κατά 102.4% στη ζώνη Α.

Σύμφωνα με τα όλα τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι όσο πιο «κρύα» η κλιματική ζώνη, τόσο μεγαλύτερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας επιτυγχάνεται με το σενάριο 1 (προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου και την αντικατάσταση των κουφωμάτων του) με μέγιστη εξοικονόμηση κατά 9.1% στη ζώνη Δ. Αυτό ερμηνεύεται από το ότι όσο πιο κρύα η ζώνη, τόσο μεγαλύτερο το πάχος θερμομόνωσης που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του ξενοδοχείου και άρα μεγαλύτερη η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στο σενάριο 1. Αντίθετα, όσο πιο «ζεστή» είναι η κλιματική ζώνη τόσο μεγαλύτερη εξοικονόμηση

επιτυγχάνεται με το σενάριο 2 (τοποθέτηση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και ζνχ, με την αναβάθμιση των λαμπτήρων σε LED), το σενάριο 3 (τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στο δώμα του κτιρίου) και το σενάριο 5 (συνδυασμός όλων των μέτρων εξοικονόμησης). Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί επειδή όσο πιο «ζεστή» η κλιματική ζώνη τόσο μεγαλύτερες είναι οι ανάγκες της σε ψύξη (όπως παρατηρείται και στο σχήμα 5.11) και συνεπώς το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας συνδυαστικά με την αλλαγή των λαμπτήρων οδηγεί σε μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης στη ζώνη Α (μέγιστη εξοικονόμηση κατά 83.7%) απ' ό,τι στη ζώνη Δ (79.5%). Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά πάνελ απ' ό,τι φαίνεται αποδίδουν καλύτερα στις πιο «ζεστές» κλιματικές ζώνες οδηγώντας σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση στη ζώνη Α (κατά 12.5%) απ' ό,τι στη ζώνη Δ (10.8%). Προφανώς, το συμπέρασμα αυτό οφείλεται στην ισχυρότερη ηλιοφάνεια που δέχεται η νότια Ελλάδα συγκριτικά με τη βόρεια. Αντίστοιχη λογική ακολουθείται και στο σενάριο 5 που συνδυάζει όλα τα μέτρα εξοικονόμησης με το οποίο στη ζώνη Α επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση (102.4%) συγκριτικά με τη Δ (100.5%). Στο σενάριο 4 (BEMS) φαίνεται να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση στη ζώνη Β κατά 13.5%.

Ακριβώς η ίδια λογική ακολουθείται και για τις εκπομπές CO₂, όπως προέκυψαν από το λογισμικό TEE-KENAK.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σενάριο 5 οδηγεί σε αρνητικές τιμές συνολικής πρωτογενούς ενέργειας το οποίο σημαίνει ότι το κτίριο όχι μόνο καθίσταται ενεργειακά αυτόνομο, αλλά είναι σε θέση να προσδώσει επιπλέον στο δίκτυο σε ετήσια βάση 44845.02 kWh στη ζώνη Α, 33294.08 kWh στη ζώνη Β, 9965.56 kWh στη ζώνη Γ και 10192.05 kWh στη ζώνη Δ, καθιστώντας έτσι το κτίριο σε Energy Positive Building (ξεπερνώντας το στόχο του nZEB που τέθηκε για τα ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια από το 2021). Μάλιστα, παρατηρώντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα φαίνεται ότι το σενάριο 5 οδηγεί σε 1.2 kg/m² τις εκπομπές CO₂ στις ζώνες Α,Β και στα 1.9 kg/m² στις ζώνες Γ,Δ καθιστώντας το κτίριο σε χαμηλών εκπομπών CO₂ για κάθε κλιματική ζώνη και προσεγγίζοντας κατά πολύ το στόχο που θα απαιτείται για τα νέα κτίρια από το 2030.

Στο Revit, στο οποίο σκοπός των προσομοιώσεων ήταν να διερευνηθεί η επίδραση διαφορετικών συστημάτων των βιβλιοθηκών του στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, το κτίριο στην παρούσα κατάσταση (Σενάριο 0.2) εισήχθη αναβαθμισμένο ως προς το κέλυφος (θερμομόνωση ελάχιστου πάχους για κάθε κλιματική ζώνη και βελτιωμένα κουφώματα) και ως προς το φωτισμό με λαμπτήρες LED με μηχανικό αερισμό από ΚΚΜ και για θέρμανση, ψύξη και ζνχ σύστημα ΚΚΜ από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού, το Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff . Έτσι, με τη βοήθεια των Insight και GBS, εξετάστηκαν τα ακόλουθα σενάρια και παρατηρήθηκαν τα εξής σημαντικά:

6. Η τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα κατά ASHRAE (VAV) (Σενάριο 6) αύξησε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 1.40% στην κλιματική ζώνη Α, 1.38% στην κλιματική ζώνη Β και Γ και κατά 1.91% στη ζώνη Δ.
7. Η τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος κατά ASHRAE (ASHRAE Package System) (Σενάριο 7) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 3.04% στην κλιματική ζώνη Α, 1.32% στην κλιματική ζώνη Β, 0.57% στη ζώνη Γ και 3.32% στη ζώνη Δ.
8. Η τοποθέτηση μονοζωνικού συστήματος υψηλής απόδοσης (High Eff. Package System) (Σενάριο 8) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 6.68% στην κλιματική ζώνη Α, 5.15% στην κλιματική ζώνη Β, 4.09% στη ζώνη Γ και 6.22% στη ζώνη Δ.

9. Η τοποθέτηση κλιματιστικής μονάδας υψηλής απόδοσης (High Eff. Package Terminal AC) (Σενάριο 9) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 11.89% στην κλιματική ζώνη Α, 10.88% στην κλιματική ζώνη Β, 10.55% στη ζώνη Γ και 12.54% στη ζώνη Δ.
10. Η τοποθέτηση αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων (ASHRAE Heat Pump) (Σενάριο 10) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 11.99% στην κλιματική ζώνη Α, 16.55% στην κλιματική ζώνη Β, 18.82% στη ζώνη Γ και 17.00% στη ζώνη Δ.
11. Η τοποθέτηση συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα υψηλής απόδοσης (High Efficiency VAV) (Σενάριο 11) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 23.52% στην κλιματική ζώνη Α, 20.36% στην κλιματική ζώνη Β, 19.09% στη ζώνη Γ και 23.07% στη ζώνη Δ.
12. Η τοποθέτηση συστήματος αντλίας θερμότητας κατά τα πρότυπα ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump) (Σενάριο 12) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 27.74% στην κλιματική ζώνη Α, 27.21% στην κλιματική ζώνη Β, 24.24% στη ζώνη Γ και 23.17% στη ζώνη Δ.
13. Η τοποθέτηση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης (High Eff. Heat Pump) (Σενάριο 13) μείωσε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου σε ποσοστό 28.33% στην κλιματική ζώνη Α, 30.34% στην κλιματική ζώνη Β, 30.45% στη ζώνη Γ και 31.45% στη ζώνη Δ.

Από τις παραπάνω προσομοιώσεις στο Revit, παρατηρούμε ότι η συνολική πρωτογενής ενέργεια του ξενοδοχείου μειώνεται από το σενάριο 6 στο σενάριο 13 για κάθε κλιματική ζώνη. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται για κάθε κλιματική ζώνη με το σενάριο 13 του οποίου η μέγιστη μείωση εντοπίζεται στην κλιματική ζώνη Δ σε ποσοστό 31.45%. Από τα σενάρια 6 έως 13 μόνο το 6 ήταν αυτό που αύξησε την πρωτογενή ενέργεια του ξενοδοχείου με μέγιστη αύξηση αυτή στη ζώνη Α κατά 1.40%. Γενικά, (βάσει του σχήματος 5.34) παρατηρείται ότι η πρωτογενής ενέργεια όλων των σεναρίων βαίνει αυξανόμενη από τη «ζεστή» ζώνη Α στην «κρύα» ζώνη Δ. Η μικρότερη τιμή της παρατηρήθηκε στο σενάριο 13 της κλιματικής ζώνης Α και με τιμή 112.59 kWh/m².

Επιπλέον, τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που μελετήθηκαν με το TEE-KENAK αξιολογήθηκαν οικονομικά προκειμένου να εξεταστεί εάν η εκάστοτε επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη για τον ιδιοκτήτη ξενοδοχείου σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας. Σημειώνεται ότι η οικονομική αξιολόγηση δεν εστίασε στα σενάρια του Revit καθώς αυτά αποτελούν σενάρια βελτίωσης συστημάτων που απαντώνται στη βιβλιοθήκη του λογισμικού και χρησιμοποιούνται κυρίως στις ΗΠΑ με τις τιμές τους να μην αντιπροσωπεύουν ακριβώς την Ελληνική αγορά.

Αρχικά, υπολογίστηκαν τα κόστη κάθε είδους δαπάνης για κάθε προτεινόμενο σενάριο και σε κάθε κλιματική ζώνη. Έπειτα, εκτιμήθηκε η περίοδος αποπληρωμής του εκάστοτε σεναρίου όπου διαπιστώθηκε ότι τα σενάρια 2 και 4 έχουν τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής σε κάθε κλιματική ζώνη με τις τιμές περιόδου αποπληρωμής για το σενάριο 2 να έχουν εύρος από 3.11 έτη για τη ζώνη Α έως 2.80 έτη για τη ζώνη Δ και αντίστοιχα για το σενάριο 4 από 3.44 έτη για τη ζώνη Α έως 2.35 έτη για τη ζώνη Δ. Μεταξύ των σεναρίων 1-4 ακολουθεί το σενάριο 3, με εύρος 7.49 έτη για τη ζώνη Α έως 8.62 έτη για τη ζώνη Δ ενώ το σενάριο 1 απαιτεί τη μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής του κεφαλαίου για κάθε ζώνη με τιμή 15.15 έτη για τη ζώνη Α έως 7.33 έτη για τη ζώνη Δ. Βέβαια, το σενάριο 5 που περιλαμβάνει όλες τις προτεινόμενες μεθόδους εξοικονόμησης, έχει περίοδο αποπληρωμής που κυμαίνεται από 4.93 έτη για τη ζώνη Α έως 4.46 έτη για τη ζώνη Δ.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι για κάθε κλιματική ζώνη, η προσθήκη θερμομόνωσης και αλλαγή των κουφωμάτων απαιτεί το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απόσβεσης της αρχικής επένδυσης. Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ αποτελεί μια αποτελεσματική επένδυση καθώς τα 7.5 περίπου έτη αποτελούν εύλογο χρονικό διάστημα απόσβεσης. Η τοποθέτηση αυτοματισμών αποτελεί την επένδυση με τα λιγότερα έτη αποπληρωμής για τις ζώνες Β,Γ και Δ ενώ αντίστοιχα για τη ζώνη Α, η επένδυση σε αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και ζνχ με γεωθερμική αντλία θερμότητας συνδυαστικά με την τοποθέτηση LED λαμπτήρων, απαιτεί αντίστοιχα τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής. Ωστόσο, οι τιμές των περιόδων αποπληρωμής των σεναρίων 2 και 4 είναι πολύ κοντινές. Αξιοσημείωτο είναι το ότι ενώ η αναβάθμιση του συστήματος με την τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας απαιτεί το μεγαλύτερο αρχικό κόστος επένδυσης συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια, η επένδυση αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα περί τα 3 έτη κι αυτό διότι μειώνονται κατά πολύ οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό το σενάριο, παράμετρος στην οποία είναι ευαίσθητο το μοντέλο. Αν και ο συνδυασμός όλων των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (σενάριο 5) απαιτεί περίπου 4.7 έτη για την απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου, αποτελεί την ουσιαστικότερη επένδυση για τους στόχους της διπλωματικής εργασίας καθώς το κτίριο αυτονομείται πλήρως ενεργειακά, πλησιάζει αρκετά τον στόχο των μηδενικών εκπομπών CO₂, ενώ λόγω του πλεονάσματος ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη, αποτελεί και την πιο επικερδή επένδυση μακροπρόθεσμα λόγω επιπλέον εσόδων.

Τέλος, εφαρμόστηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (LCCA) για την οικονομική αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων σύμφωνα με την οποία προέκυψαν τα εξής:

- Σε όλα τα σενάρια πραγματοποιείται μείωση του LCC. Μεταξύ των σεναρίων 1-4 το σενάριο 2 είναι αυτό που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη μείωση σε κάθε κλιματική ζώνη, σε ποσοστό περίπου 76%. Η μεγαλύτερη μείωση επέρχεται στη ζώνη Α σε ποσοστό 77.05%.
- Η μεγαλύτερη μείωση του LCC επιτυγχάνεται με το σενάριο 5 όπου εξετάζονται όλα τα σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης με το μεγαλύτερο ποσοστό να εντοπίζεται επίσης στη ζώνη Α και με τιμή 91.42%.

7.2.Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

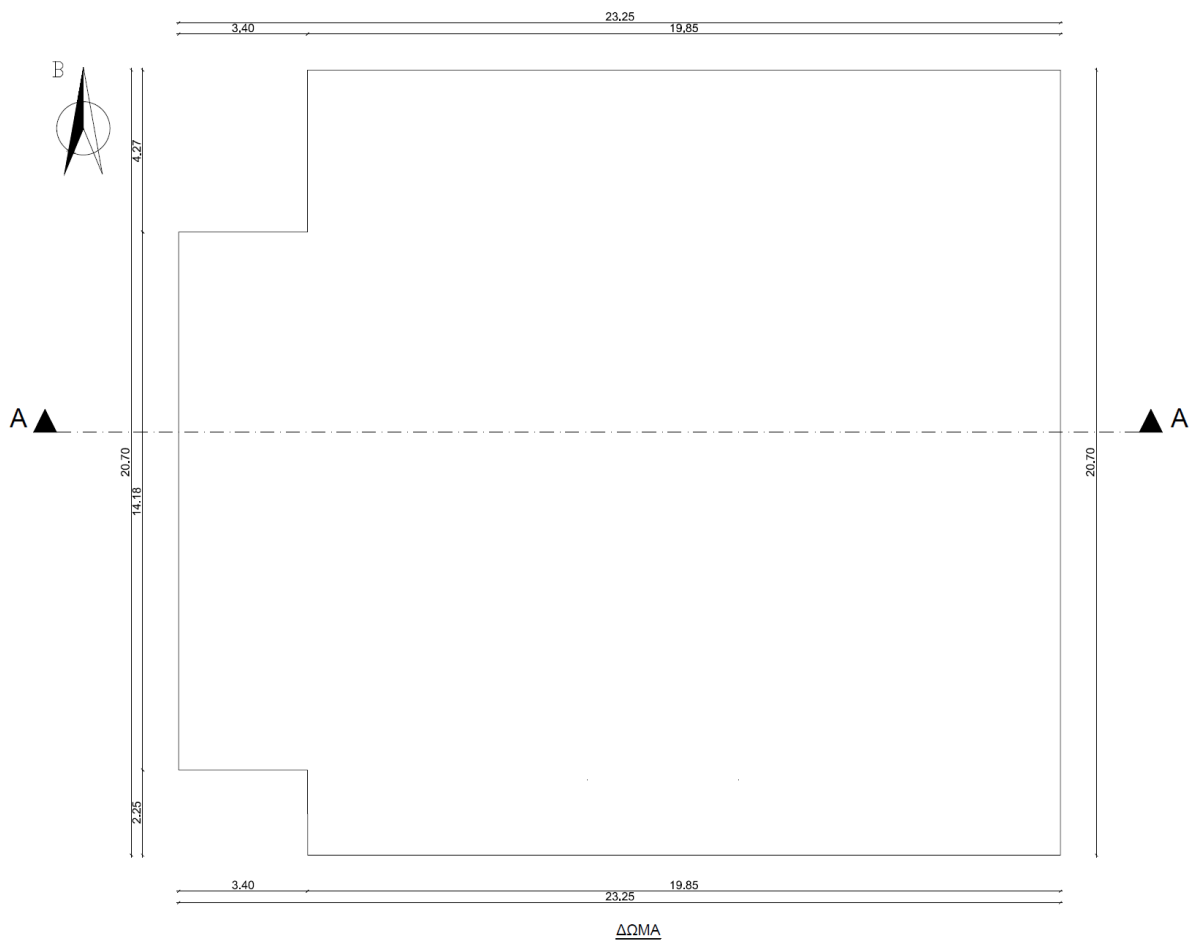
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά προτάσεις περαιτέρω μελέτης για την ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων ξενοδοχείων και τη γενικότερη προσπάθεια προσέγγισης των προδιαγραφών των πράσινων ξενοδοχείων. Οι προτάσεις αυτές είναι οι εξής:

- Αξιολόγηση της ενεργειακής εξοικονόμησης του ξενοδοχείου έπειτα από πλήρη ενεργειακή αναβάθμιση του εξοπλισμού του (π.χ. τηλεοράσεις, ψυγεία, υπολογιστές και γενικότερα ηλεκτρικές συσκευές βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης).
- Διερεύνηση μεθόδων εξοικονόμησης καταναλισκόμενου νερού και αξιοποίησης του βρόχινου, ώστε να προσεγγιστεί ο θεσμός του πράσινου ξενοδοχείου και από αυτή την παράμετρο.
- Διερεύνηση μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων για την προσέγγιση του θεσμού του πράσινου ξενοδοχείου.
- Διερεύνηση της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής του ξενοδοχείου και των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Οικονομική αξιολόγηση των παρεμβάσεων με σενάριο αναφοράς (υφιστάμενη κατάσταση) πραγματικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου, πέραν των καταναλώσεων που προσεγγίζει το TEE-KENAK και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.
- Δημιουργία κανονιστικού πλαισίου με σκοπό την προώθηση της γενικότερης έννοιας των πράσινων ξενοδοχείων.
- Προσαρμογή της μελέτης με λιγότερες παραδοχές ώστε τα αποτελέσματα να ανταποκρίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στα πραγματικά δεδομένα της κάθε κλιματικής Ζώνης.
- Χρήση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών στο κέλυφος του κτιρίου ώστε να προσδιοριστεί ο όρος του πράσινου ξενοδοχείου και υπό αυτό το πρίσμα.
- Διερεύνηση της κατάταξης του κτιρίου και των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης κατά τα πρότυπα LEED ή/και της Green Key.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Οι κατόψεις του Ισογείου, Α Ορόφου και Β Ορόφου παρατίθενται στο κεφάλαιο 3° .



Σχήμα Ι.1 Κάτοψη Δώματος.



Σχήμα Ι.2 Τομή Α-Α.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σεναρίου 1 (με θερμομόνωση), για τη Ζώνη Α

Δώμα	Υλικό	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]	U _{max} [W/(m ² ·K)]
	1 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.015	0.87	0.0172	0.5
	2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15	2.5	0.06	
	3 Κισηρόδεμα	0.08	0.35	0.2286	
	4 Εξομαλντική στρώση τσιμεντοκονιάματος	0.02	1.4	0.0143	
	5 Διπλή στρώση ασφαλτοπάνου	0.01	0.23	0.0304	
	6 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.05	0.033	1.5152	
	7 Γεώφασμα	0.00	0.04		
	8 Ανοιχτό διάκενο αερισμού	0.02			
	9 Πλάκες πεζοδρομίου	0.03	1.5		
			R _i	0.10	
		0	R _a	0.04	
			U	0.499	W/(m ² ·K)
Οπτοπλ./Εξ. Αέρ.	Υλικό	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]	U _{max} [W/(m ² ·K)]
	1 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.870	0.023	0.6
	2 Οπτοπλινθοδομή	0.25	0.58	0.431	
	3 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.05	0.03	1.5152	
	4 Συνθετικό κονίαμα	0.007	0.870	0.008	
			R _i	0.13	
			R _a	0.04	
			U	0.466	W/(m ² ·K)
Οπτοπλ./ΜΘΧ	Υλικό	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]	U _{max} [W/(m ² ·K)]
	1 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.870	0.023	1.5
	2 Οπτοπλινθοδομή	0.13	0.58	0.2241	
	3 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.02	0.03	0.6061	
	4 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.87	0.023	
			R _i	0.13	
			R _a	0.13	
			U	0.88	W/(m ² ·K)
Οπλ. Σκυρ./ Εξ. Αέρ.	Υλικό	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]	U _{max} [W/(m ² ·K)]
	1 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.87	0.023	0.6
	2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.25	2.5	0.10	
	3 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.05	0.033	1.5152	
	4 Συνθετικό κονίαμα	0.007	0.87	0.008	
			R _i	0.13	
			R _a	0.07	
			U	0.542	W/(m ² ·K)

Οπλ. Σκυρ./ ΜΘΧ	Υλικό	d	λ	R	U_{max}
		[m]	[W/(m·K)]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
	1 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.87	0.023	1.5
	2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.13	2.5	0.052	
	3 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.02	0.033	0.6061	
	4 Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.02	0.87	0.023	
			R _i	0.13	
			R _a	0.13	
			U	1.037	W/(m ² ·K)

Δάπεδο/Εδαφος	Υλικό	d	λ	R	U_{max}
		[m]	[W/(m·K)]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
	1 Κεραμικά πλακίδια	0.015	1.84	0.0082	1.2
	2 Τσιμεντοκονίαμα	0.01	1.40	0.0071	
	3 Γαρμπιλόδεμα	0.04	0.81	0.0494	
	4 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15	2.50	0.06	
	5 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	0.02	0.033	0.6061	
	6 Ασφαλτόπανο	0.014	0.23	0.0609	
			R _i	0.17	
			R _a	0.00	
			U	1.04	W/(m ² ·K)

Σχήμα II.1 Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων Σεναρίου I (με προσθήκη θερμομόνωσης) για την κλιματική Ζώνη Α.

Υπολογισμοί θερμογεφυρών για κάθε ζώνη του κτιρίου

Πίνακας Π.1: Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων
Σεναρίου 1 (με προσθήκη θερμομόνωσης) για την κλιματική Ζώνη Α.

ΖΩΝΗ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ Θ/Γ	Ψ	l	b	Ψ*l*b
			W/(m•K)	m	-	W/K
Z1	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.75	-0.0375
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	2.50	0.75	-0.1875
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.15	0.75	-0.01125
	Κατακορυφες	ΣΓ-3	0.05	2.85	0.50	0.07125
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.30	0.50	0.0075
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	3.00	0.75	-0.225
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	0.15	0.75	-0.01125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.50	-0.025
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	2.50	0.50	-0.125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.15	0.50	-0.0075
	Κατακορυφες	ΣΓ-3	0.05	2.85	0.50	0.07125
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.30	0.50	0.0075
	Κατακορυφες	ΣΓ-1	0.05	2.85	0.50	0.07125
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.30	0.50	0.0075
	Κατακορυφες	ΣΓ-3	0.05	2.85	0.50	0.07125
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.30	0.50	0.0075
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.15	1.00	-0.315
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.15	1.00	-0.315
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.15	1.00	-0.315
	Κατακορυφες	ΣΣ-12	0.30	3.15	0.75	0.70875
	Κατακορυφες	ΣΣ-13	1.35	3.15	0.75	3.189375
	Οριζοντιες	ΔΦ-1	0.40	9.80	1.00	3.92
	Οριζοντιες	ΔΦ-1	0.40	5.68	0.50	1.136
	Οριζοντιες	ΔΦ-2	0.30	31.50	1.00	9.45
	Οριζοντιες	ΔΣ-2	0.25	59.95	1.00	14.9875
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	27.80	1.00	1.39
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	8.80	0.50	0.22
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	22.75	1.00	1.1375
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	1.60	0.50	0.04
		ΣΥΝΟΛΟ				

ΖΩΝΗ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ Θ/Γ	Ψ	l	b	Ψ*l*b
			W/(m•K)	m	-	W/K
Z2	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.50	-0.025
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.50	0.50	-0.1875
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.50	0.50	0.0125
	Κατακορυφες	ΣΓ-11	0.05	2.50	0.50	0.0625
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.15	0.50	-0.0075
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.85	0.50	-0.21375
	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	1.00	-0.05
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.50	1.00	-0.375
	Οριζοντιες	ΔΥ-2	1.20	2.08	0.50	1.248
	Οριζόντιες	ΔΥ-3	0.05	25.60	0.50	0.64
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	2.85	1.00	3.5625
	Οριζόντιες	ΕΔ-17	1.05	11.00	1.00	11.55
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	1.00	1.1
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	0.50	0.55
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	6.00	1.00	0.3
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	4.00	0.50	0.1
	ΣΥΝΟΛΟ					20.93

ΖΩΝΗ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ Θ/Γ	Ψ	l	b	Ψ*l*b
			W/(m•K)	m	-	W/K
Z3	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.50	-0.025
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	2.50	0.50	-0.125
	Κατακορυφες	ΣΣ-13	1.35	0.50	0.75	0.50625
	Κατακορυφες	ΣΣ-8	1.10	2.50	0.75	2.0625
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.00	1.00	-0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.00	1.00	-0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	5.23	0.50	3.26875
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	3.30	1.00	4.125
	Οριζόντιες	ΕΔ-17	1.05	9.55	1.00	10.0275
	Οριζοντιες	ΔΥ-2	1.20	0.75	0.50	0.45
	Οριζόντιες	ΔΥ-3	0.05	19.10	0.50	0.4775
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	1.00	1.1
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	0.50	0.55
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	6.00	1.00	0.3
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	4.00	0.50	0.1
		ΣΥΝΟΛΟ				

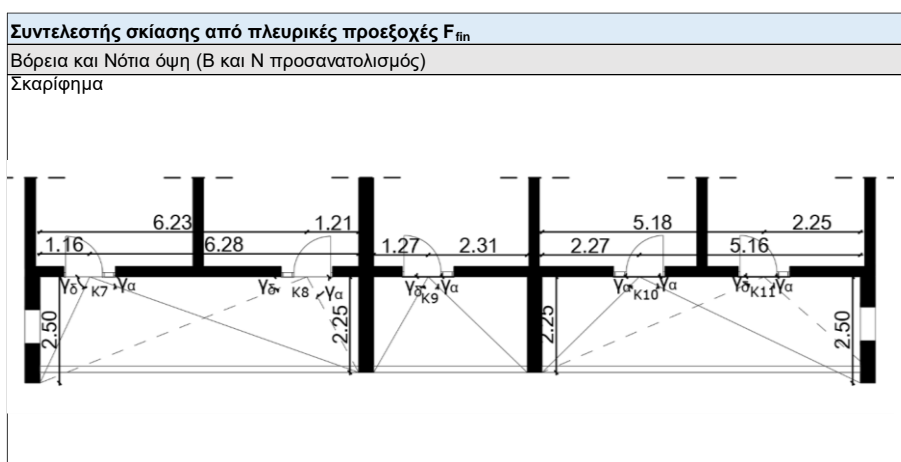
ΖΩΝΗ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ Θ/Γ	Ψ	l	b	Ψ*l*b
			W/(m•K)	m	-	W/K
Z4	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.50	-0.025
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.50	0.50	-0.1875
	Κατακορυφες	ΣΓ-2	0.05	0.50	0.50	0.0125
	Κατακορυφες	ΣΓ-11	0.05	2.50	0.50	0.0625
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.15	0.50	-0.0075
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.85	0.50	-0.21375
	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	1.00	-0.05
	Κατακορυφες	ΞΓ-1	-0.15	2.50	1.00	-0.375
	Οριζοντιες	ΔΥ-2	1.20	2.08	0.50	1.248
	Οριζόντιες	ΔΥ-3	0.05	25.60	0.50	0.64
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	2.85	1.00	3.5625
	Οριζόντιες	ΕΔ-17	1.05	11.00	1.00	11.55
	Οριζόντιες	ΔΣ-1	0.25	4.45	1.00	1.1125
	Οριζόντιες	ΔΣ-2	0.25	16.81	1.00	4.2025
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	1.00	1.1
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	0.50	0.55
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	6.00	1.00	0.3
Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	4.00	0.50	0.1	
	ΣΥΝΟΛΟ					26.24

ΖΩΝΗ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ Θ/Γ	Ψ	l	b	Ψ*l*b
			W/(m•K)	m	-	W/K
Z5	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	0.50	0.50	-0.025
	Κατακορυφες	ΞΓ-3	-0.10	2.50	0.50	-0.125
	Κατακορυφες	ΣΣ-13	1.35	0.50	0.75	0.50625
	Κατακορυφες	ΣΣ-8	1.10	2.50	0.75	2.0625
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.00	1.00	-0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-2	-0.10	3.00	1.00	-0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-26	0.80	0.50	0.75	0.3
	Κατακορυφες	ΞΓ-27	0.55	2.50	0.75	1.03125
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	5.23	0.50	3.26875
	Οριζοντιες	ΕΔ-15	1.25	3.30	1.00	4.125
	Οριζόντιες	ΕΔ-17	1.05	9.55	1.00	10.0275
	Οριζοντιες	ΔΥ-2	1.20	0.75	0.50	0.45
	Οριζόντιες	ΔΥ-3	0.05	19.10	0.50	0.4775
	Οριζόντιες	ΔΣ-1	0.25	5.70	1.00	1.425
	Οριζόντιες	ΔΣ-2	0.25	16.63	1.00	4.1575
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	1.00	1.1
	Κουφωματα	ΛΠ-1	0.05	22.00	0.50	0.55
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	6.00	1.00	0.3
	Κουφωματα	ΥΠ-1	0.05	4.00	0.50	0.1
		ΣΥΝΟΛΟ				

Πίνακας Π.2: Υπολογισμοί εμβαδομετρήσεων και διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή U_m του κτιρίου για την κλιματική Ζώνη Α.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α									
ΖΩΝΗ	Προσανατολισμός	Επαφή με	ΣΥΝΟΛΟ	Ο/Σ	U	A*U*b (εξωτ)	ΟΠΤ	U	A*U*b (εξωτ)
			m2	m2	W/(m2*k)	W/k	m2	W/(m2*k)	W/k
Z1	B	ΕΞ	48.02	9.60	0.542	5.205368	38.42	0.47	17.901856
	B	ΜΘΧ	21.88	4.38	1.037	2.268956	17.50	0.88	7.70176
	A	ΕΞ	28.03	5.61	0.542	3.038452	22.42	0.47	10.449584
	N	ΕΞ	47.56	9.51	0.542	5.155504	38.05	0.47	17.730368
	N	ΜΘΧ	16.99	3.40	1.037	1.761863	13.59	0.88	5.98048
	Δ	ΕΞ	19.47	3.89	0.542	2.110548	15.58	0.47	7.258416
	Δ	ΜΘΧ	29.07	5.81	1.037	3.014559	23.26	0.88	20.46528
	ΔΑΠΕΔΟ	ΕΔΑΦΟΣ	330.05	330.05	1.04	0	-	-	-
	ΣΥΝΟΛΟ		541.07			22.55525			87.487744
Z2	B	ΜΘΧ	50.75	10.15	1.037	5.262775	40.60	0.88	17.864
	A	ΕΞ	22.20	4.44	0.542	2.40648	17.76	0.47	8.27616
	N	ΕΞ	46.35	9.27	0.542	5.02434	37.08	0.47	17.27928
	Δ	ΜΘΧ	22.17	4.43	1.037	2.299029	17.74	0.88	7.80384
	ΣΥΝΟΛΟ		141.47			14.992624			51.22328
Z3	B	ΕΞ	44.15	8.83	0.542	4.78586	35.32	0.47	16.45912
	A	ΕΞ	22.38	4.48	0.54	2.425992	17.90	0.47	8.343264
	N	ΜΘΧ	50.75	10.15	1.037	5.262775	40.60	0.88	17.864
	Δ	ΜΘΧ	16.32	3.26	1.037	1.692384	13.06	0.88	5.74464
	Δ	ΕΞ	6.06	1.21	0.542	0.656904	4.85	0.47	2.259168
	ΣΥΝΟΛΟ		139.66			14.823915			50.670192
Z4	B	ΜΘΧ	50.75	10.15	1.037	5.262775	40.60	0.88	17.864
	A	ΕΞ	22.20	4.44	0.542	2.40648	17.76	0.47	8.27616
	N	ΕΞ	46.35	9.27	0.542	5.02434	37.08	0.47	17.27928
	Δ	ΜΘΧ	22.17	4.43	1.037	2.299029	17.74	0.88	7.80384
	ΟΡΟΦΗ	ΕΞ	144.14	144.14	0.499	71.92586	-	-	-
	ΣΥΝΟΛΟ		285.61			86.918484			51.22328
Z5	B	ΕΞ	44.15	8.83	0.542	4.78586	35.32	0.47	16.45912
	A	ΕΞ	22.38	4.48	0.54	2.425992	17.90	0.47	8.343264
	N	ΜΘΧ	50.75	10.15	1.037	5.262775	40.60	0.88	17.864
	Δ	ΜΘΧ	16.32	3.26	1.037	1.692384	13.06	0.88	5.74464
	Δ	ΕΞ	6.06	1.21	0.542	0.656904	4.85	0.47	2.259168
	ΟΡΟΦΗ	ΕΞ	147.72	147.72	0.499	73.71228	-	-	-
	ΣΥΝΟΛΟ		287.38			14.823915			50.670192
ΜΘΧ (Z6)	B	ΕΞ	19.59	3.92	0.542	2.123556	15.67	0.47	7.303152
	N	ΕΞ	17.83	3.57	0.542	1.932772	14.26	0.47	6.647024
	Δ	ΕΞ	29.07	5.81	0.542	3.151188	23.26	0.47	10.837296
	B	ΕΞ	10.20	2.04	0.542	1.10568	8.16	0.47	3.80256
	A	ΕΞ	2.44	0.49	0.542	0.264496	1.95	0.47	0.909632
	N	ΕΞ	10.20	2.04	0.542	1.10568	8.16	0.47	3.80256
	Δ	ΕΞ	39.99	8.00	0.542	4.334916	31.99	0.47	14.908272
	B	ΕΞ	10.20	2.04	0.542	1.10568	8.16	0.47	3.80256
	A	ΕΞ	2.44	0.49	0.542	0.264496	1.95	0.47	0.909632
	N	ΕΞ	10.20	2.04	0.542	1.10568	8.16	0.47	3.80256
	Δ	ΕΞ	39.99	8.00	0.542	4.334916	31.99	0.47	14.908272
	ΔΑΠΕΔΟ	ΕΔΑΦΟΣ	62.64	62.64	1.04	0	-	-	-
	ΟΡΟΦΗ	ΕΞ	100.99	78.03	0.499	38.93697	-	-	-
	ΣΥΝΟΛΟ		355.78			59.77			71.63
U_m									0.416

Υπολογισμοί συντελεστών σκίασης διαφανών δομικών στοιχείων



Νότια Όψη - N προσανατολισμός						
Αριστερή πλευρική προεξοχή						
Κωδικός	Λαρ. m	Λαρ. προεξ. m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
K7	6.28	2.25	0.36	19.71	1.00	0.95
K8	1.21	2.25	1.86	61.73	1.00	0.92
K9	2.31	2.25	0.97	44.25	1.00	0.92
K10	5.16	2.50	0.48	25.85	1.00	0.94
K11	2.25	2.50	1.11	48.01	1.00	0.92

Δεξιά πλευρική προεξοχή						
Κωδικός	L/2 m	Lδεξ. προεξ. m	$\tan\gamma_\alpha$	α °	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
K7	1.16	2.50	2.16	65.11	1.00	1.00
K8	6.23	2.50	0.40	21.86	1.00	0.95
K9	1.27	2.25	1.77	60.56	1.00	1.00
K10	2.27	2.25	0.99	44.75	1.00	0.92
K11	5.18	2.25	0.43	23.48	1.00	0.94

Σύνολο	5.000	4.472
---------------	--------------	--------------

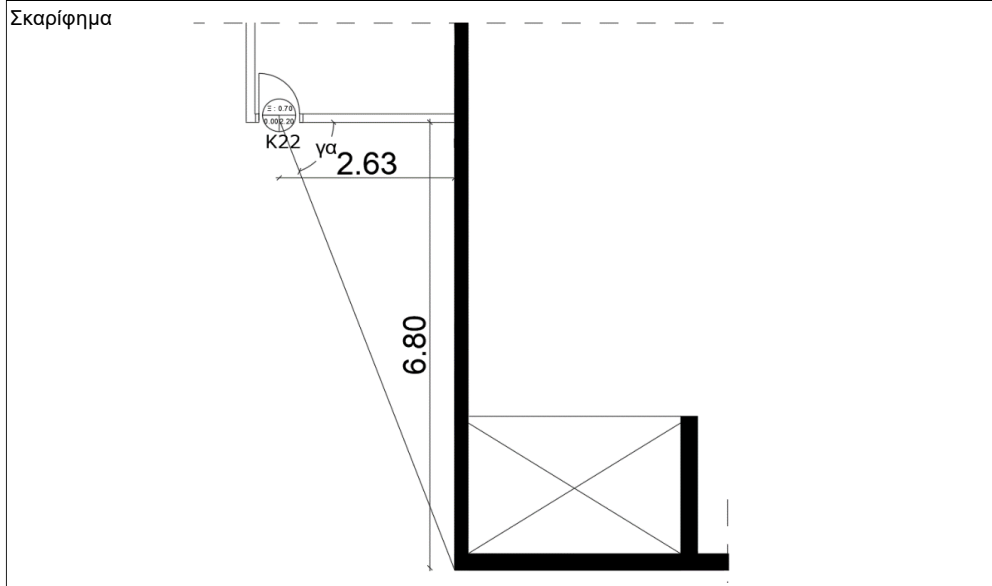
Βόρεια Όψη - B προσανατολισμός						
Αριστερή πλευρική προεξοχή						
Κωδικός	Λαρ. m	Λαρ. προεξ. m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
K12	6.28	2.25	0.36	19.71	0.95	0.95
K13	1.21	2.25	1.86	61.73	0.80	0.88
K14	2.31	2.25	0.97	44.25	0.87	0.90
K15	5.16	2.50	0.48	25.85	0.94	0.94
K16	2.25	2.50	1.11	48.01	0.86	0.89

Δεξιά πλευρική προεξοχή						
Κωδικός	L/2 m	Lδεξ. προεξ. m	$\tan\gamma_\alpha$	α °	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
K12	1.16	2.50	2.16	65.11	0.79	0.87
K13	6.23	2.50	0.40	21.86	0.81	0.88
K14	1.27	2.25	1.77	60.56	0.93	0.76
K15	2.27	2.25	0.99	44.75	0.87	0.90
K16	5.18	2.25	0.43	23.48	0.94	0.94

Σύνολο	3.827	3.967
---------------	--------------	--------------

Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}

Νότια όψη (N προσανατολισμός)



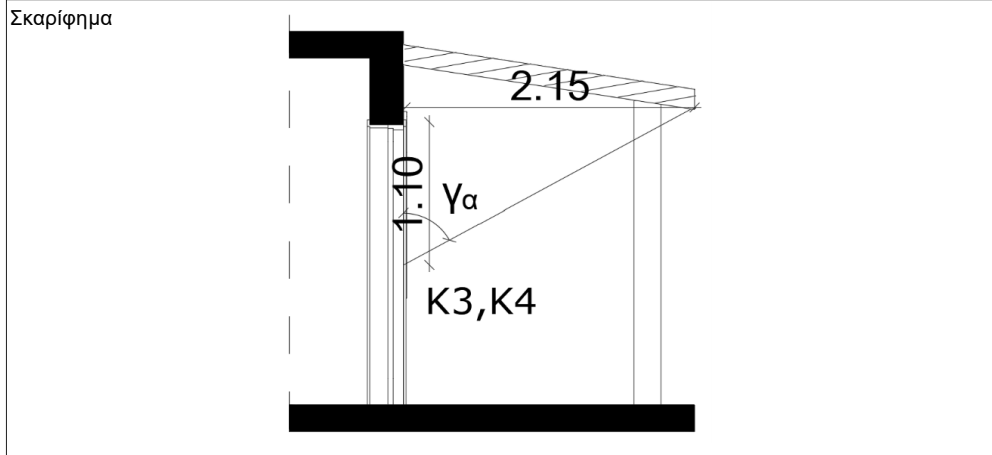
Αριστερή πλευρική προεξοχή

Κωδικός	Λαρ. m	Λαρ. προεξ. m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
K22	2.63	6.80	2.59	68.86	0.78	0.87

Σύνολο	0.781	0.868
---------------	--------------	--------------

Συντελεστής σκίασης από πέργκολα F_{ov}

Νότια όψη (N προσανατολισμός)



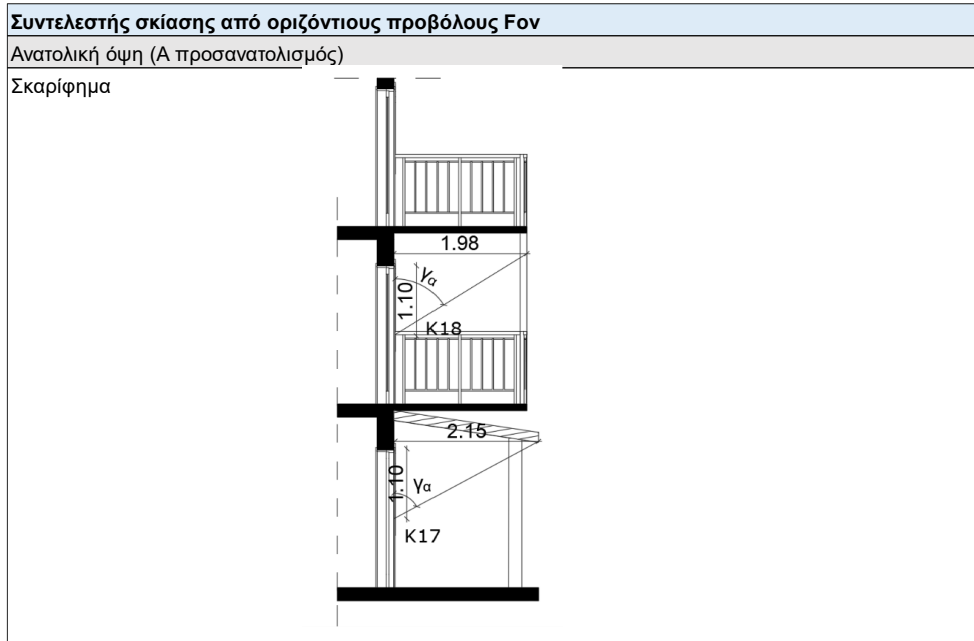
Σκίαση οριζόντιου προστεγάσματος ($F_{ov, ini}$)

Κωδικός	L/2 m	Λοριζ m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$
K3, K4	1.10	2.15	1.95	62.90	0.58	0.42

Σκίαση πέργκολας

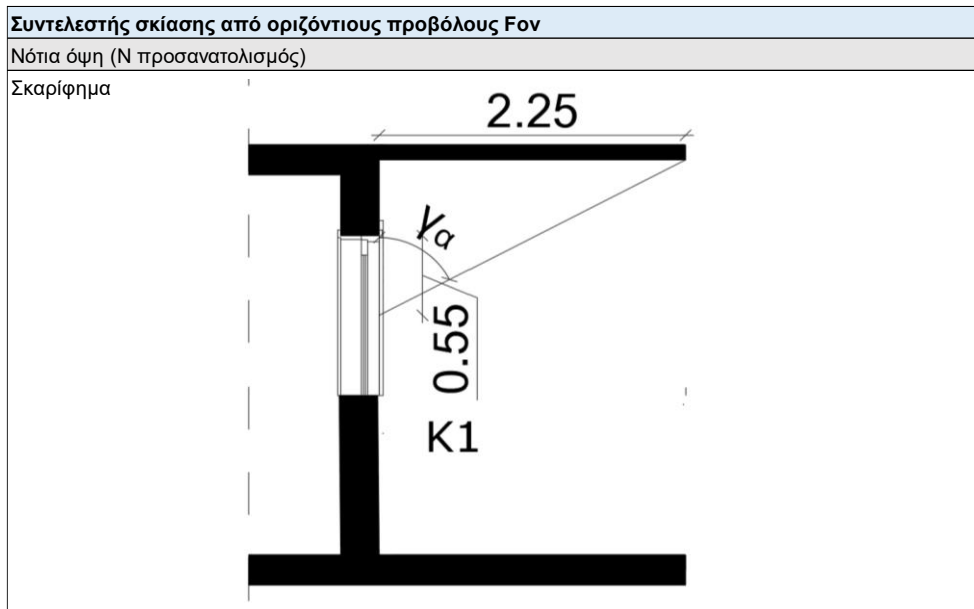
Κωδικός	g_{gl}	$F_{ov, ini}$	F_{ov}
K3, K4	0.68	0.24	0.76

Σύνολο	0.758
---------------	--------------



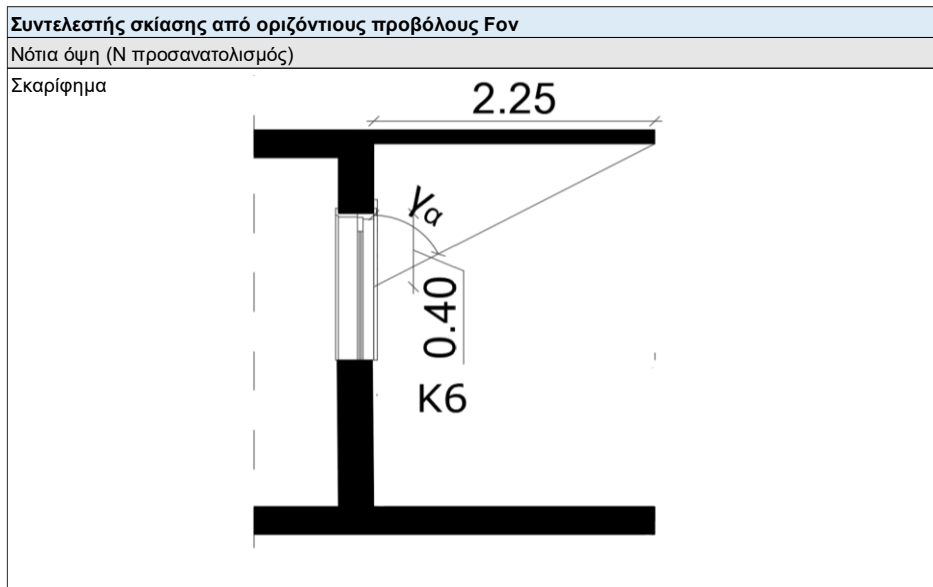
Σκίαση από πρόβολο και πέργκολα

Κωδικός	L/2	L προβόλου	$\tan\alpha$	γ_{α}	$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$
	m	m		°		
K18	1.10	1.98	1.80	60.95	0.56	0.47
K17	1.1	2.15	1.95	62.90	0.53	0.45
Κωδικός	g_{gl}	$F_{ov,ini}$	F_{ov}			
K17	0.68	0.24	0.76			



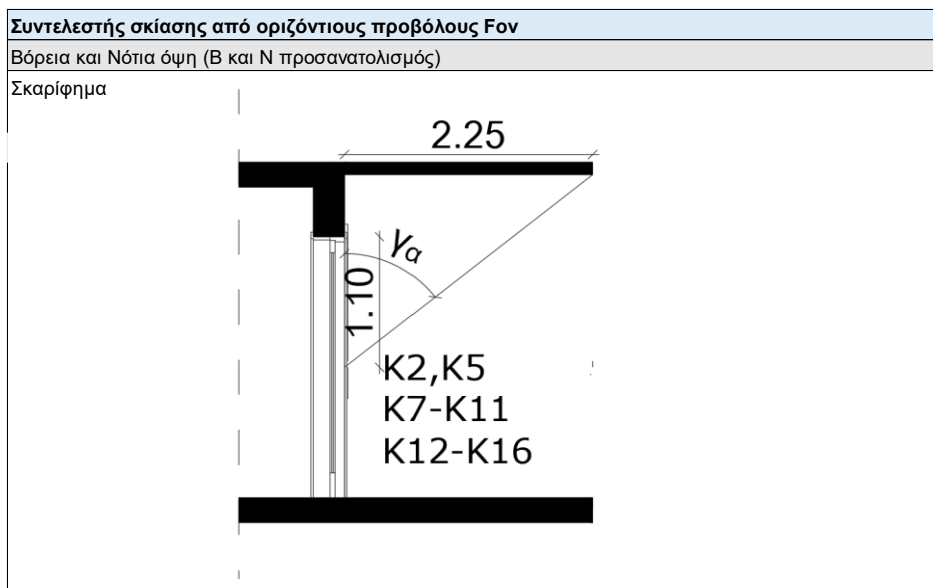
Σκίαση από πρόβολο

Κωδικός	L/2	L προβόλου	$\tan\alpha$	γ_{α}	$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$
	m	m		°		
K1	0.55	2.25	4.09	76.26	0.23	0.30



Σκίαση από πρόβολο

Κωδικός	L/2 m	L προβόλου m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{\text{ον,η}}$	$F_{\text{ον,ε}}$
κ6	0.40	2.25	5.63	79.92	0.40	0.41



Σκίαση από πρόβολο

Κωδικός	L/2 m	L προβόλου m	$\tan\gamma_\alpha$	γ_α °	$F_{\text{ον,η}}$	$F_{\text{ον,ε}}$
Κ2	1.10	2.25	2.05	63.95	0.44	0.37
Κ5	1.10	2.25	2.05	63.95	0.52	0.57
Κ7-Κ11	1.10	2.25	2.05	63.95	0.44	0.37
Κ12-Κ16	1.10	2.25	2.05	63.95	0.52	0.57

Σχήμα II.2 Αναλυτικοί υπολογισμοί συντελεστών σκίασης διαφανών στοιχείων.

Αναλυτικός υπολογισμός διείσδυσης αέρα από κουφώματα στην υφιστάμενη κατάσταση

Πίνακας Π.3: Αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα στην υφιστάμενη κατάσταση.

ΖΩΝΗ	Είδος κουφώματος	ΚΟΥΦΩΜΑ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ	ΑΝΟΙΓΜΑ			ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ				ΠΛΑΙΣΙΟ		ΠΛΗΘΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	Συντελεστής Διείσδυσης	Διείσδυση αέρα	U W/(m2*k)
				ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ					
		-	-	m	m	m2	m	m	m2	m	m	%					
Z1	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	2	3.52	11.8	41.536	2.7
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K1	1	0.90	1.10	0.99	0.80	1.00	0.80	3.60	0.19	19.19	1	0.99	15.1	14.949	5
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K6	1	0.80	1.10	0.88	0.70	1.00	0.70	3.40	0.18	20.45	1	0.88	15.1	13.288	5
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K17	2	1.35	2.20	2.97	1.18	2.00	2.36	6.36	0.61	20.54	1	2.97	15.1	44.847	5
	Συνολο															114.62	
Z2	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	11.8	103.84	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K7-K11	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	15.1	199.32	5
	Συνολο															303.16	
Z3	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	11.8	103.84	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K12-K16	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	15.1	199.32	5
	Συνολο															303.16	
Z4	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	11.8	103.84	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K7-K11	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	15.1	199.32	5
	Συνολο															303.16	
Z3	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	11.8	103.84	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K12-K16	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	15.1	199.32	5
	Συνολο															303.16	
ΜΘΧ (Z7)	Ανοιγόμενη Πόρτα	K22	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	1	1.76	11.8	20.768	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K18	1	1.00	2.20	2.20	0.90	1.80	1.62	5.40	0.58	26.36	1	2.20	15.1	33.22	5
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K19	2	1.50	0.80	1.20	1.30	0.70	0.91	4.00	0.29	24.17	1	1.00	15.1	15.1	5
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K20	1	1.00	2.20	2.20	0.90	1.80	1.62	5.40	0.58	26.36	1	2.20	15.1	33.22	5
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K21	2	1.50	0.80	1.20	1.30	0.70	0.91	4.00	0.29	24.17	1	1.00	15.1	15.1	5
	Συνολο															117.408	
ΣΥΝΟΛΟ																1444.668	

Αναλυτικός υπολογισμός διείσδυσης αέρα από κουφώματα στο σενάριο 1

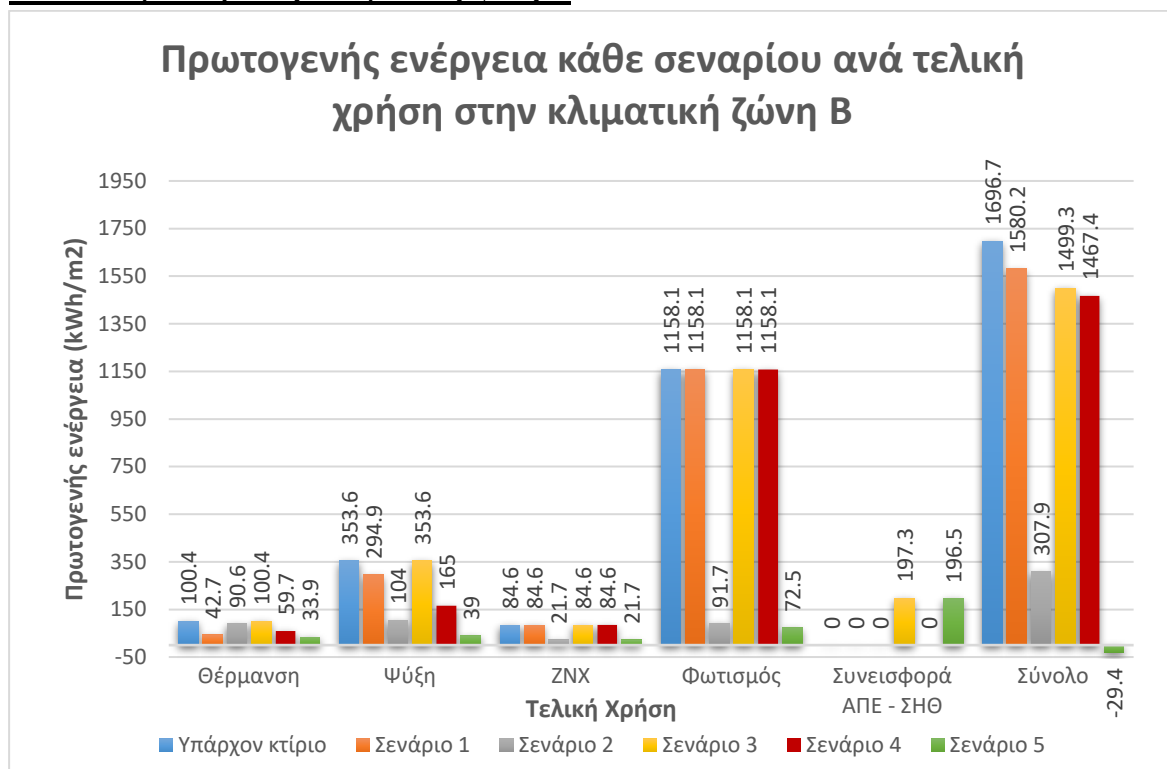
Πίνακας Π.4: Αναλυτικοί υπολογισμοί διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα στο σενάριο 1.

ΖΩΝΗ	Είδος κουφώματος	ΚΟΥΦΩΜΑ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ	ΑΝΟΙΓΜΑ			ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ				ΠΛΑΙΣΙΟ		ΠΛΗΘΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	Συντελεστής Διείσδυσης	Διείσδυση αέρα	U
				ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ					W/(m ² *k)
		-	-	m	m	m ²	m	m	m ²	m	m	%					
Z1	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	2	3.52	0.5	1.76	2.7
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K1	1	0.90	1.10	0.99	0.80	1.00	0.80	3.60	0.19	19.19	1	0.99	0.5	0.495	2.2
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K6	1	0.80	1.10	0.88	0.70	1.00	0.70	3.40	0.18	20.45	1	0.88	0.5	0.44	2.2
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K17	2	1.35	2.20	2.97	1.18	2.00	2.36	6.36	0.61	20.54	1	2.97	0.5	1.485	3.5
	Συνολο															4.18	
Z2	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	0.5	4.4	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K7-K11	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	0.5	6.6	2.2
	Συνολο															11	
Z3	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	0.5	4.4	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K12-K16	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	0.5	6.6	2.2
	Συνολο															11	
Z4	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	0.5	4.4	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K7-K11	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	0.5	6.6	2.2
	Συνολο															11	
Z3	Ανοιγόμενη Πόρτα	K23	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	5	8.80	0.5	4.4	2.7
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K12-K16	2	1.20	2.20	2.64	1.00	2.10	2.10	6.20	0.54	20.45	5	13.20	0.5	6.6	2.2
	Συνολο															11	
ΜΟΧ (Z7)	Ανοιγόμενη Πόρτα	K22	1	0.80	2.20	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	100.00	1	1.76	0.5	0.88	3.5
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K18	1	1.00	2.20	2.20	0.90	1.80	1.62	5.40	0.58	26.36	1	2.20	0.5	1.1	3.5
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K19	2	1.50	0.80	1.20	1.30	0.70	0.91	4.00	0.29	24.17	1	1.00	0.5	1.1	3.5
	Ανοιγόμενη Πόρτα	K20	1	1.00	2.20	2.20	0.90	1.80	1.62	5.40	0.58	26.36	1	2.20	0.5	1.1	3.5
	Ανοιγόμενο Παράθυρο	K21	2	1.50	0.80	1.20	1.30	0.70	0.91	4.00	0.29	24.17	1	1.00	0.5	1.1	3.5
	Συνολο															5.28	
ΣΥΝΟΛΟ																53.46	

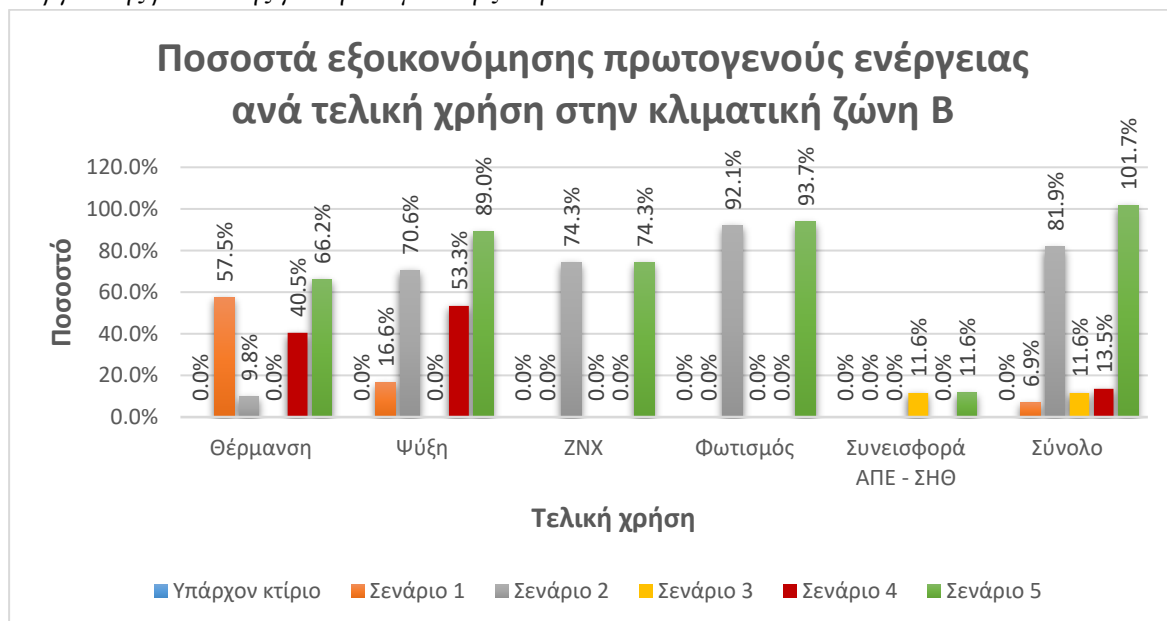
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

8.1. Αποτελέσματα σεναρίων στο ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

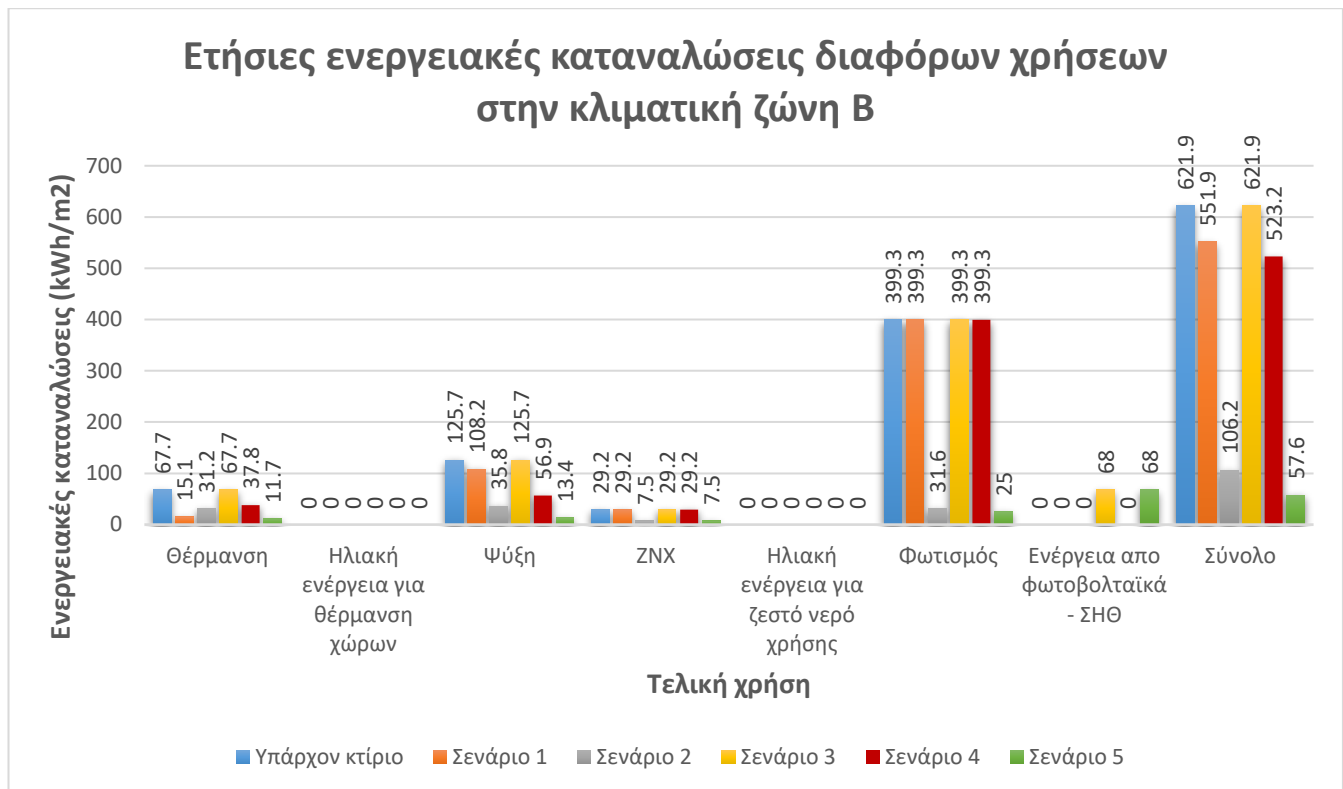
Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Β



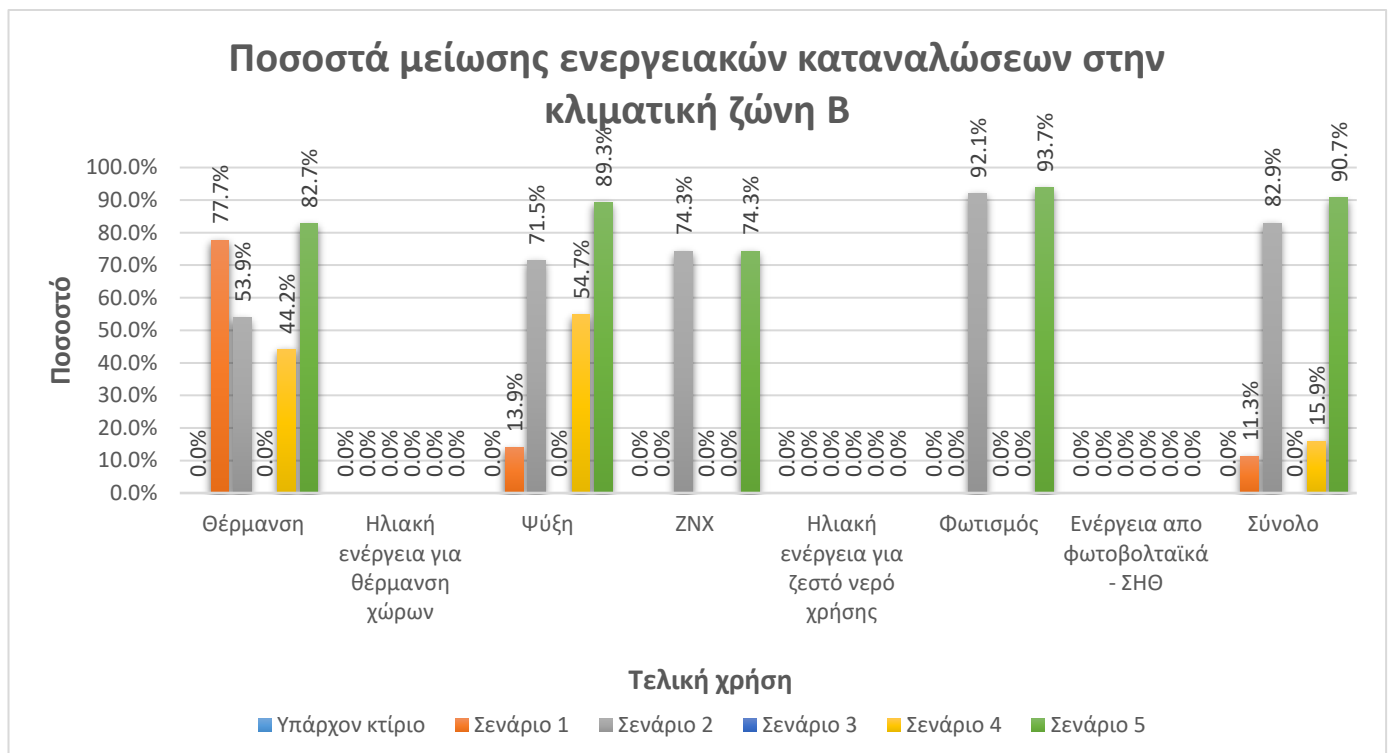
Σχήμα ΙΙΙ.1 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Β.



Σχήμα ΙΙΙ.2 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Β.

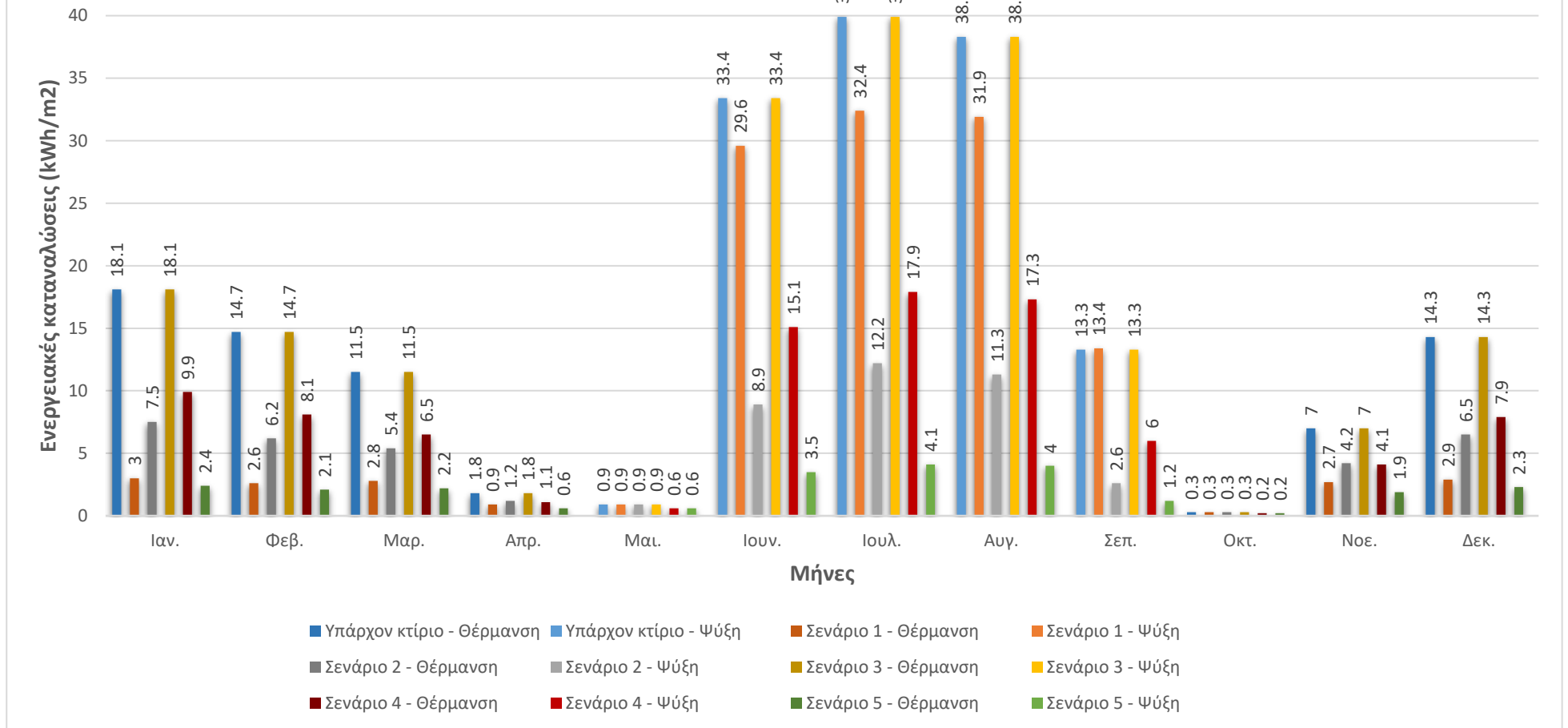


Σχήμα III.3 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Β.

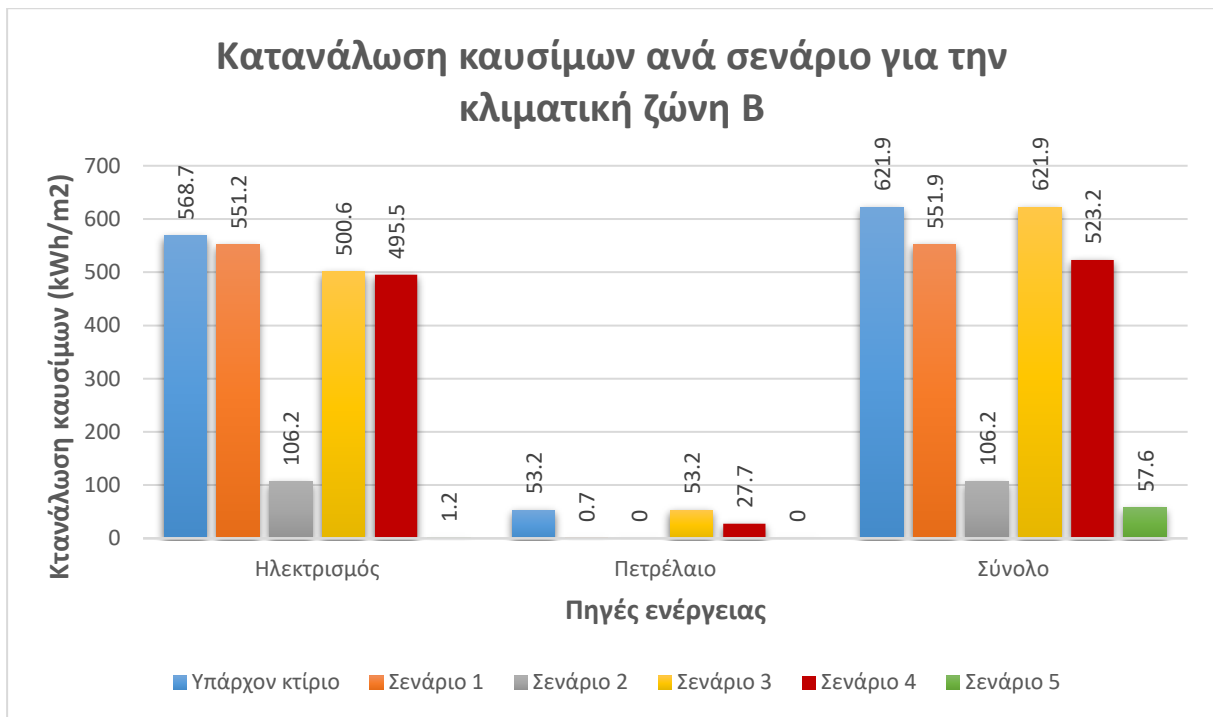


Σχήμα III.4 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Β.

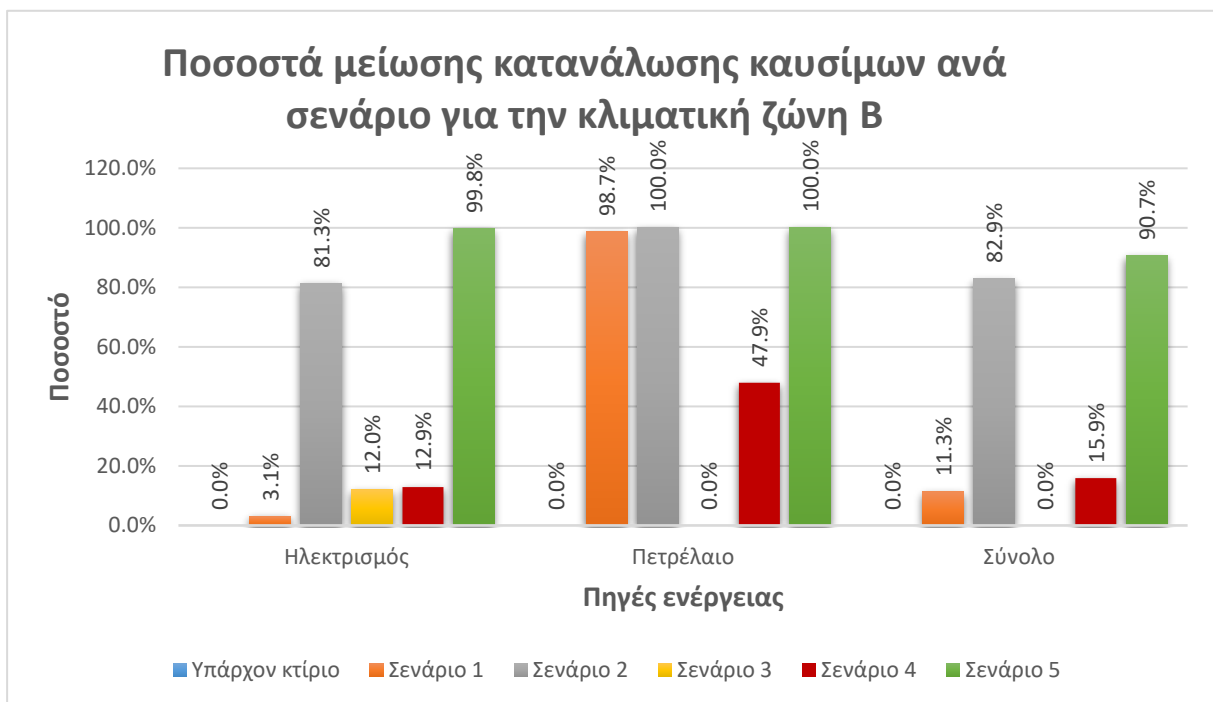
Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης στην κλιματική ζώνη Β



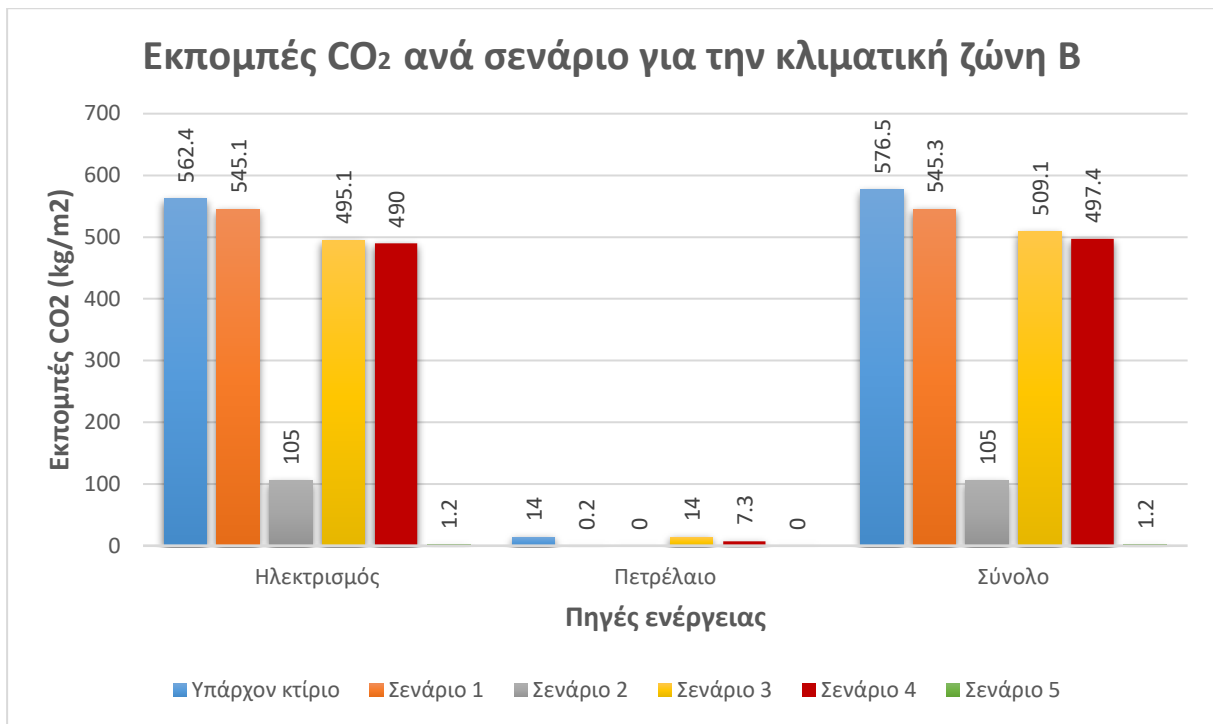
Σχήμα III.5 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Β.



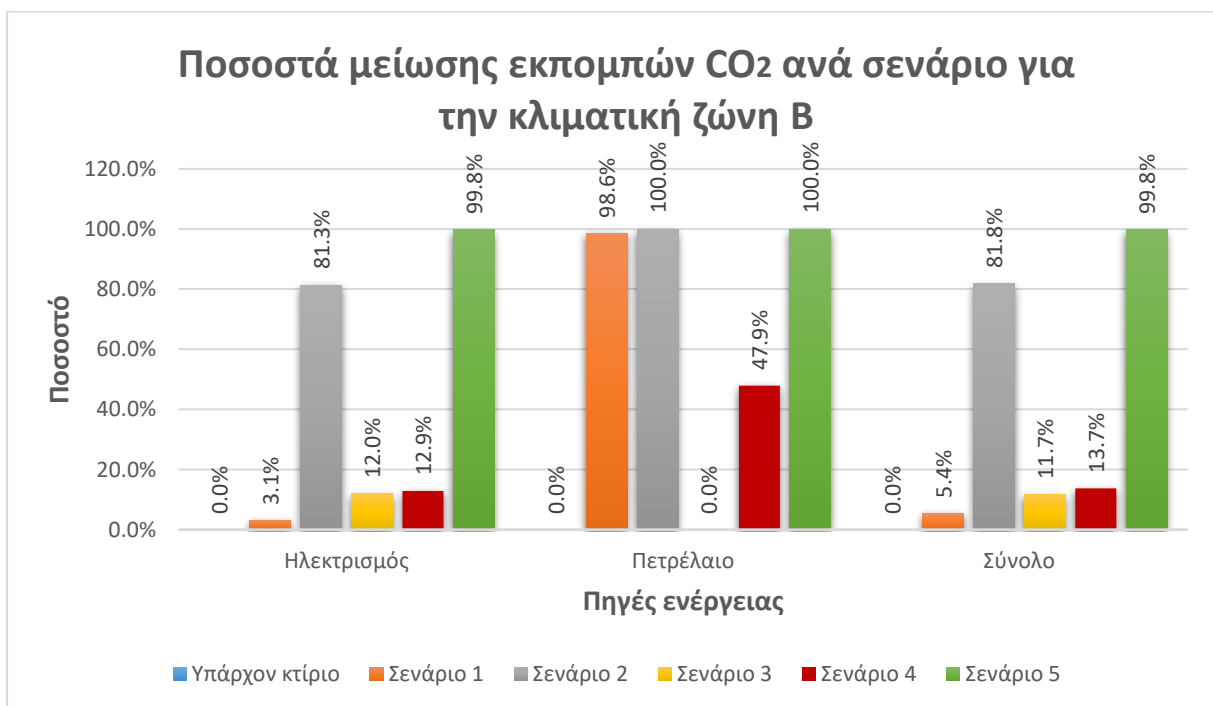
Σχήμα III.6 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Β.



Σχήμα III.7 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Β.

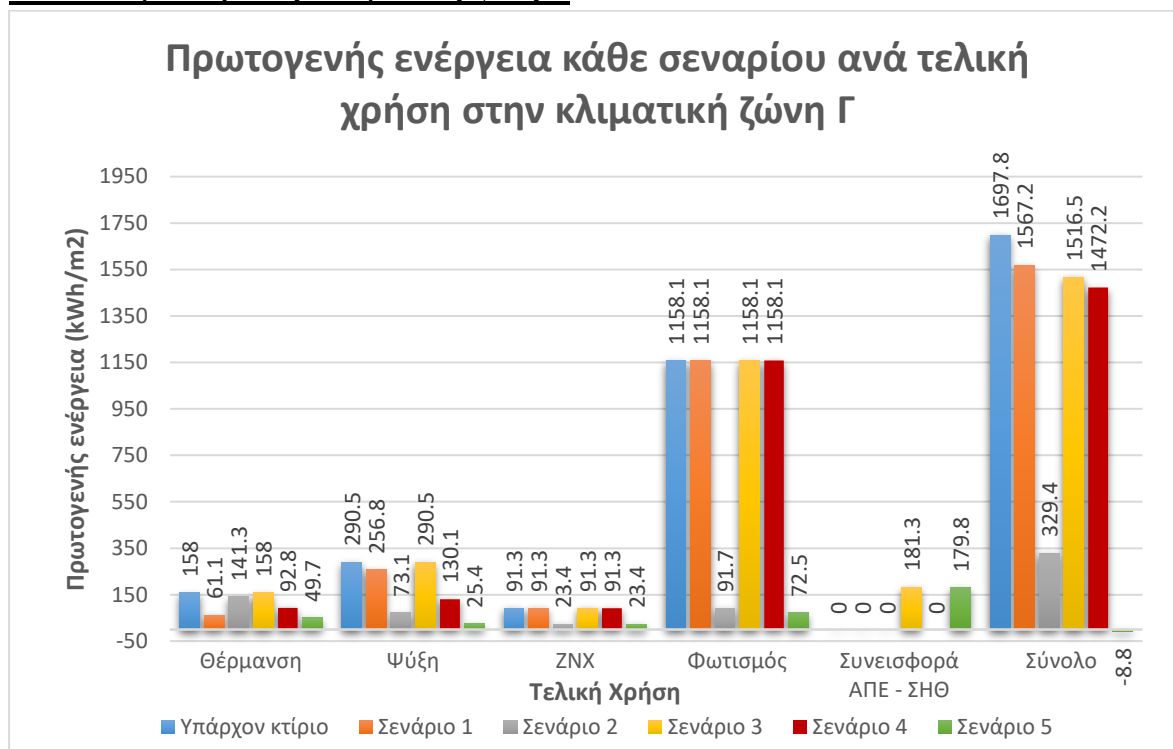


Σχήμα III.8 Εκπομπές CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Β.

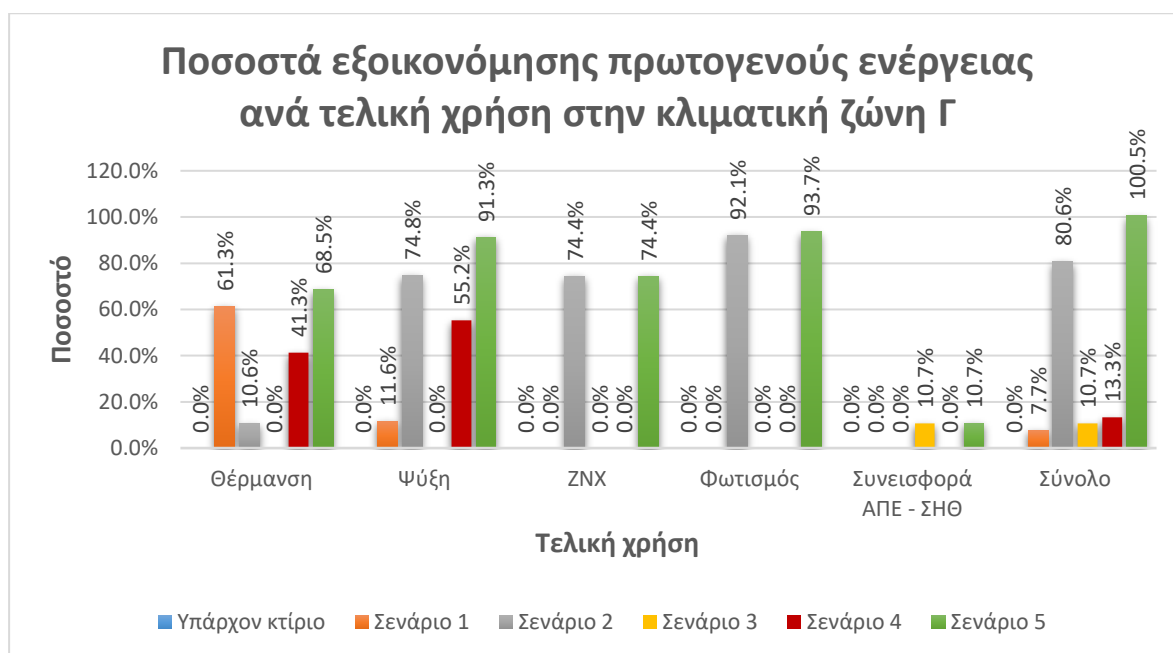


Σχήμα III.9 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Β.

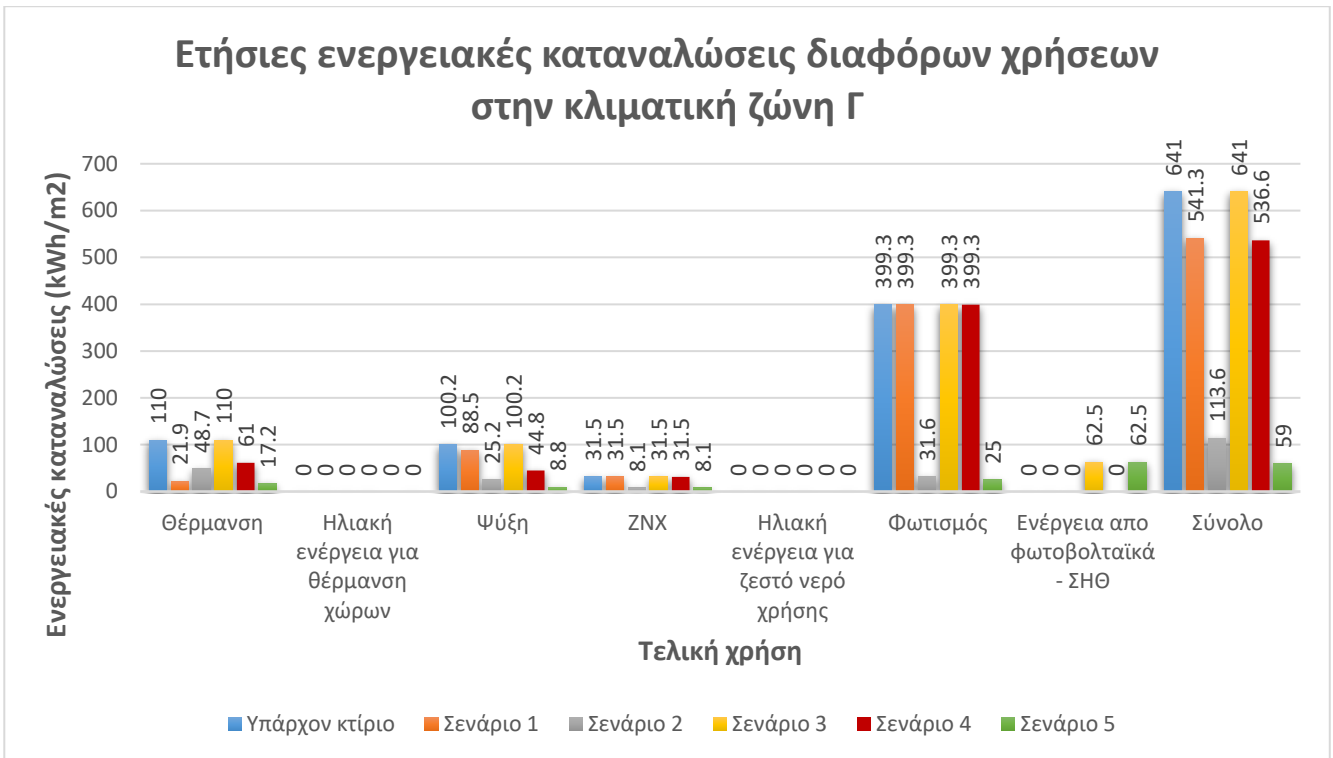
Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Γ



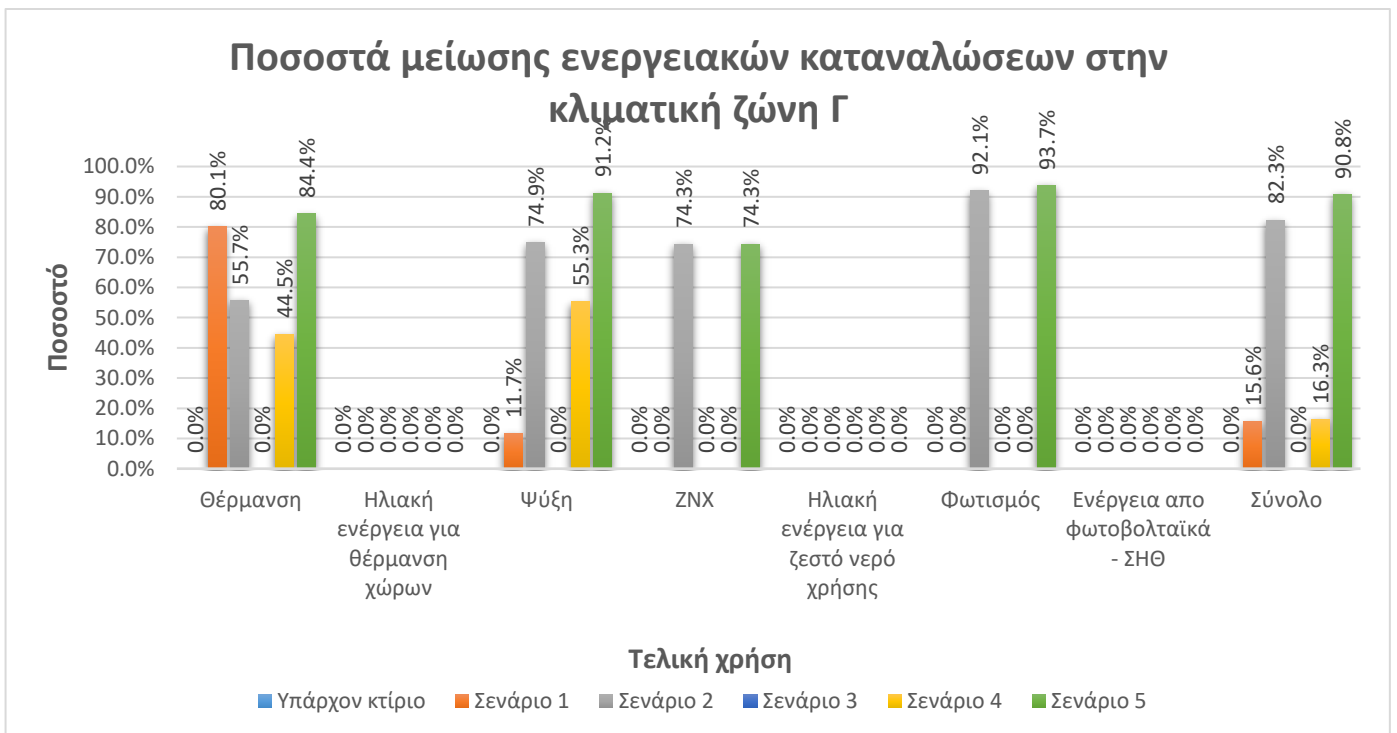
Σχήμα III.10 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Γ.



Σχήμα III.11 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Γ.

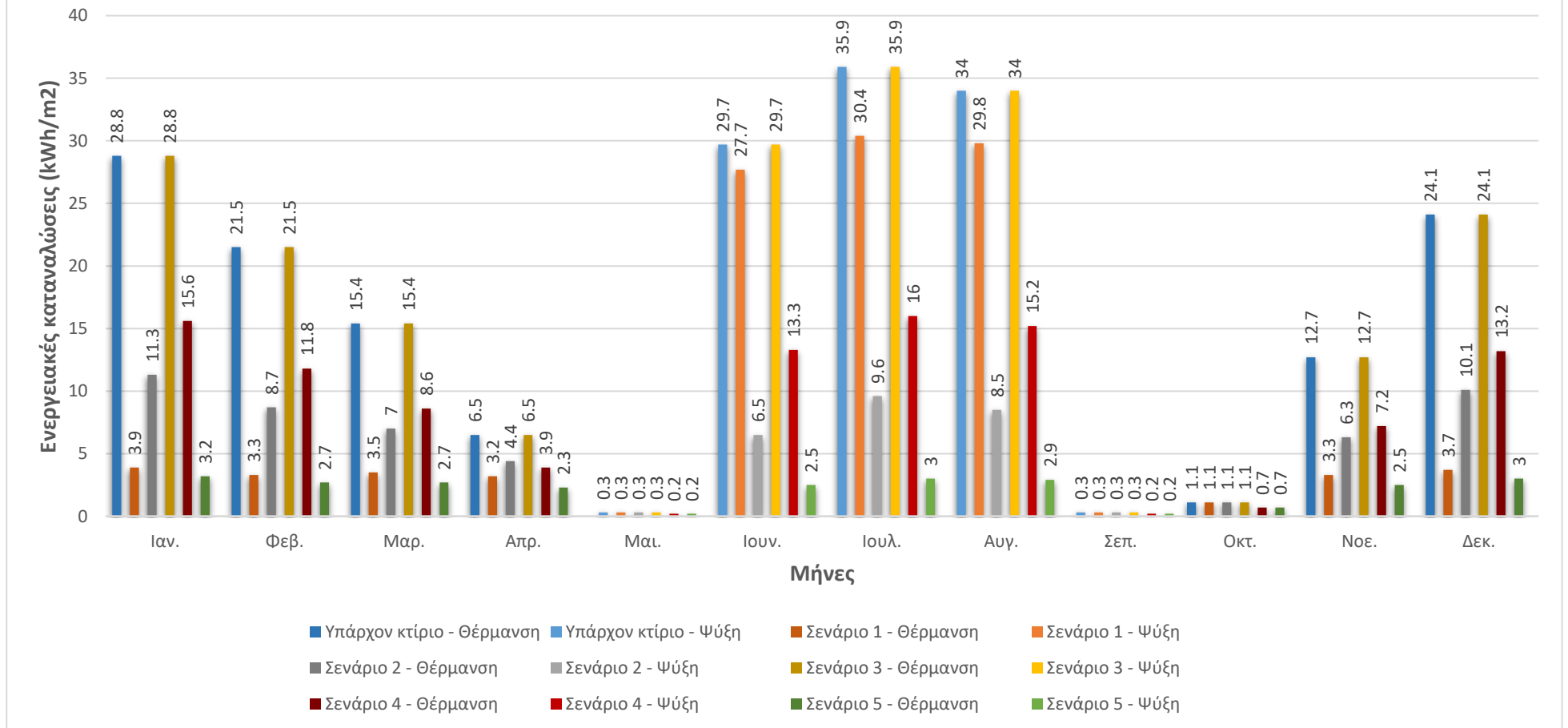


Σχήμα III.12 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Γ.

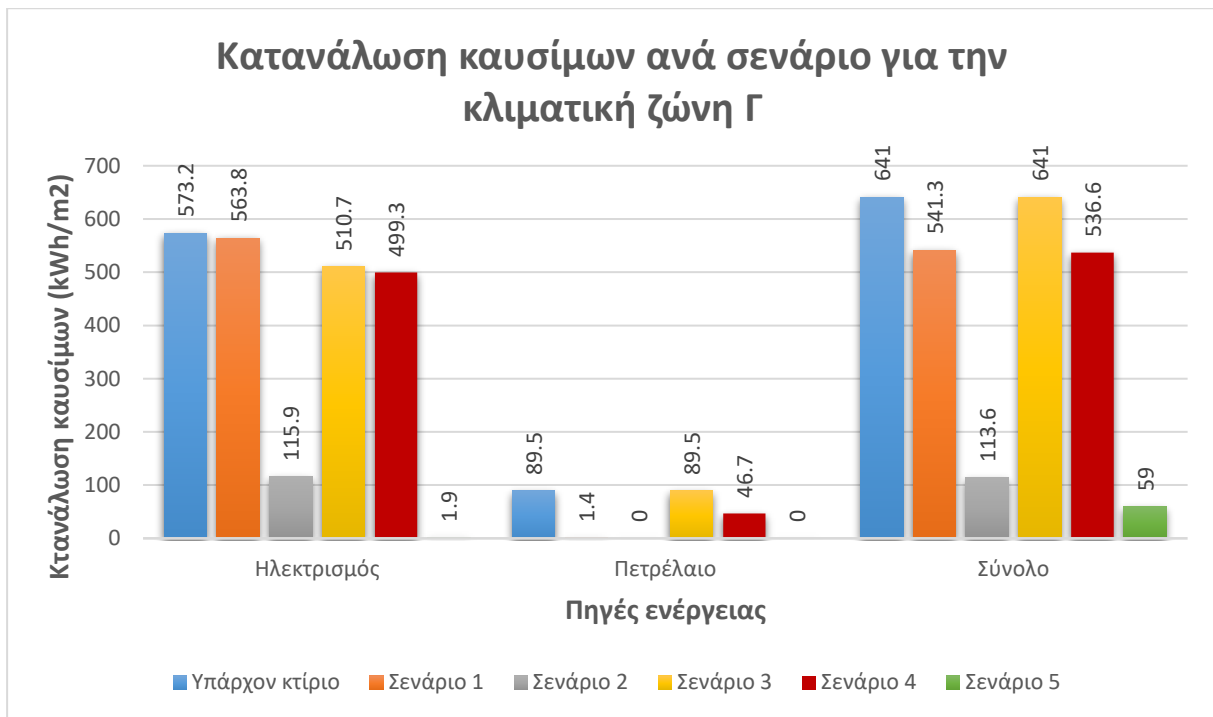


Σχήμα III.13 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Γ.

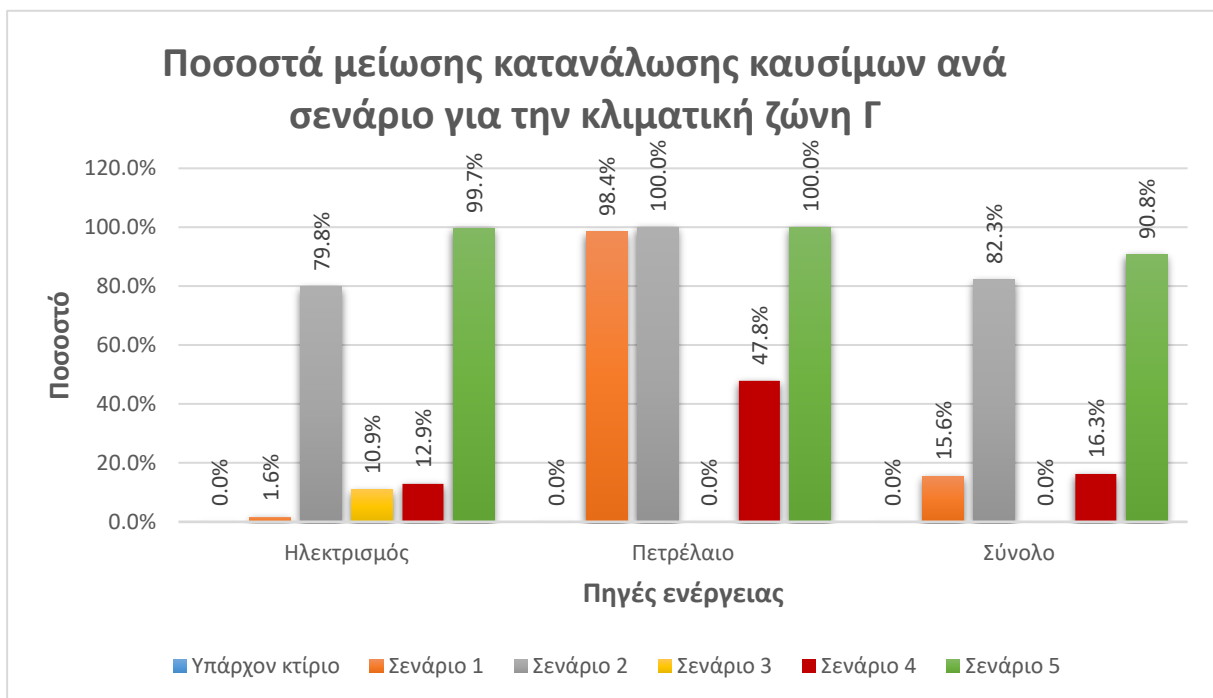
Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης στην κλιματική ζώνη Γ



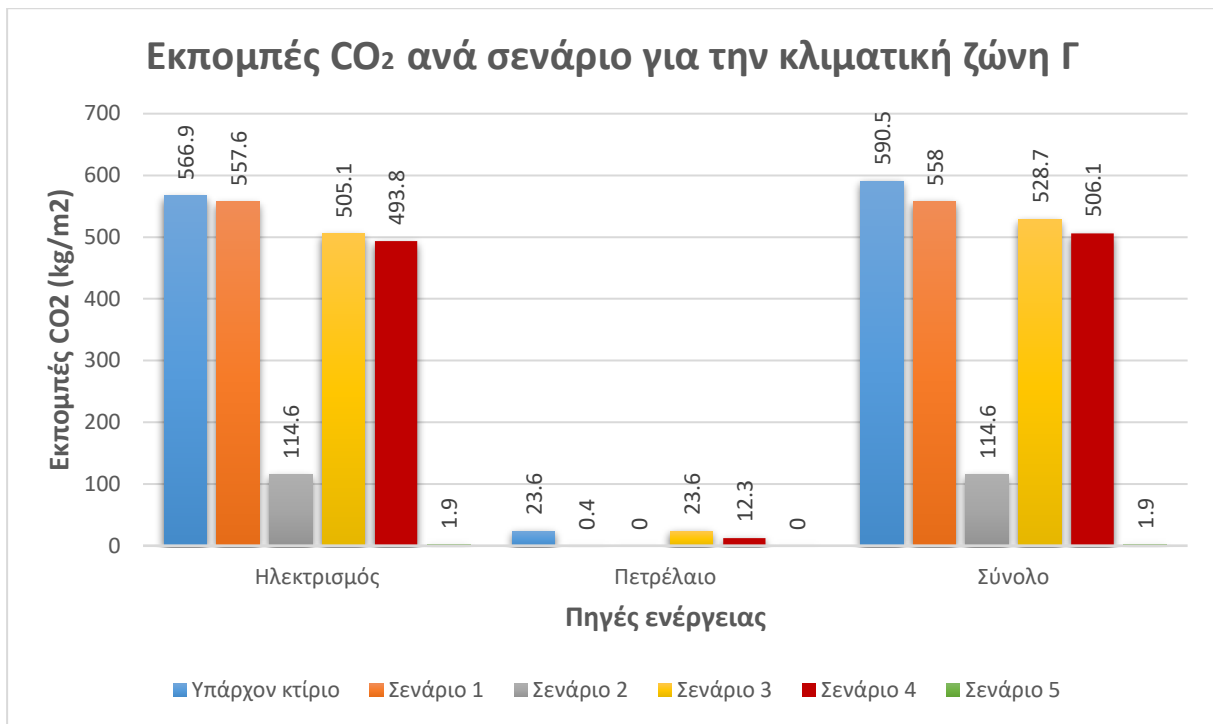
Σχήμα III.14 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.



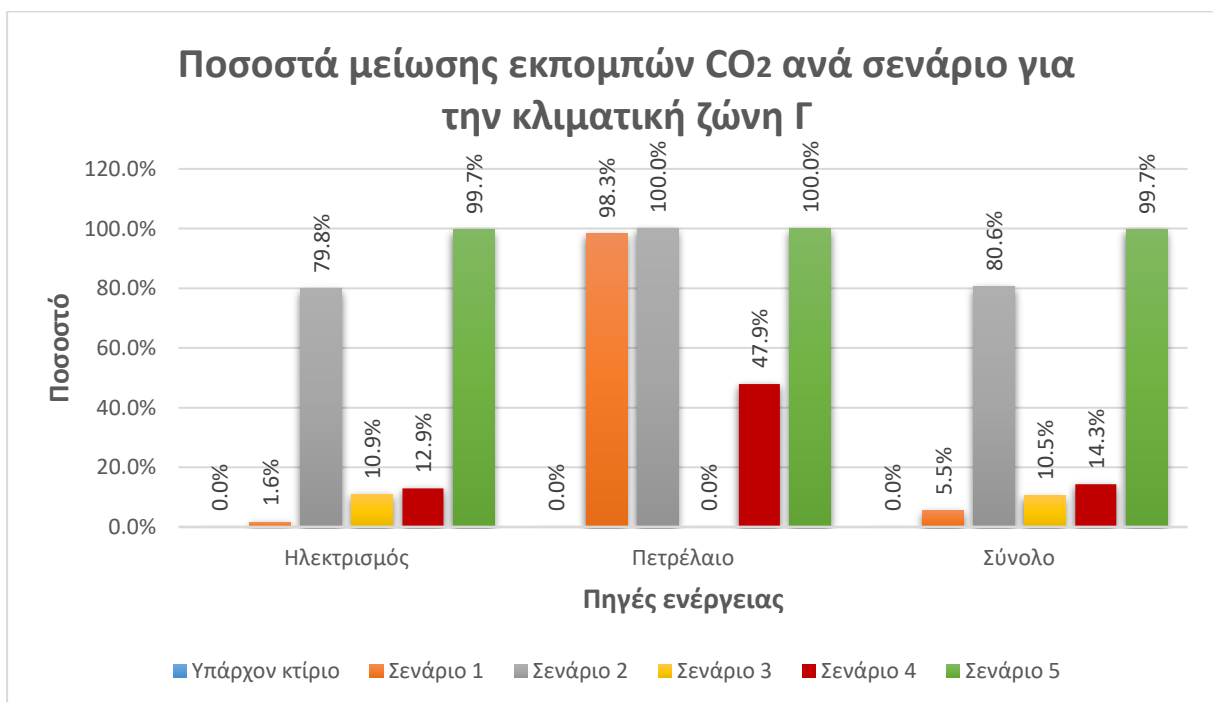
Σχήμα III.15 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.



Σχήμα III.16 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Γ.

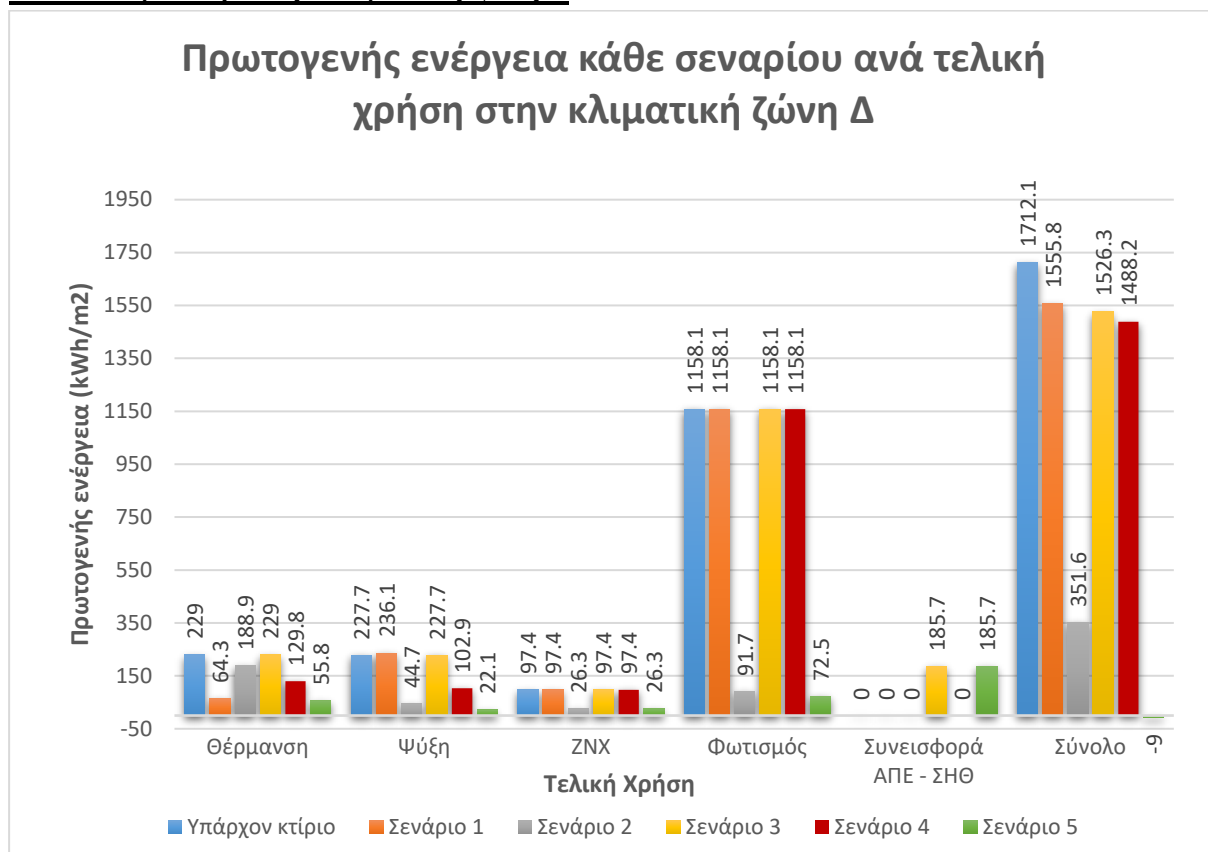


Σχήμα III.17 Εκπομπές CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.

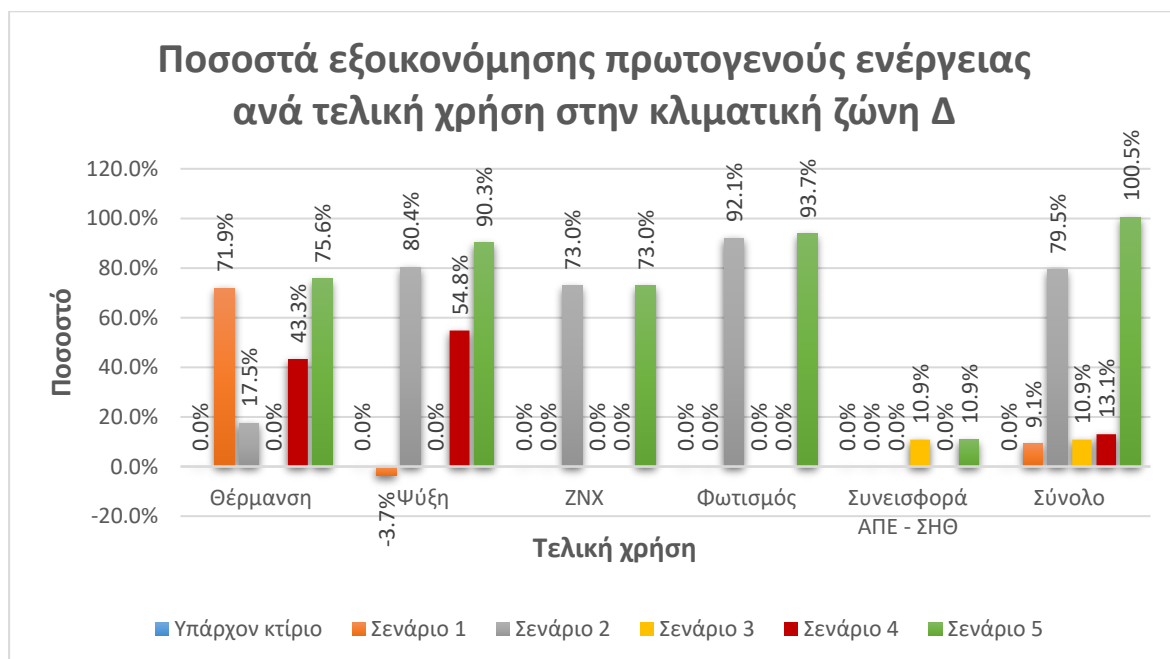


Σχήμα III.18 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Γ.

Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Δ

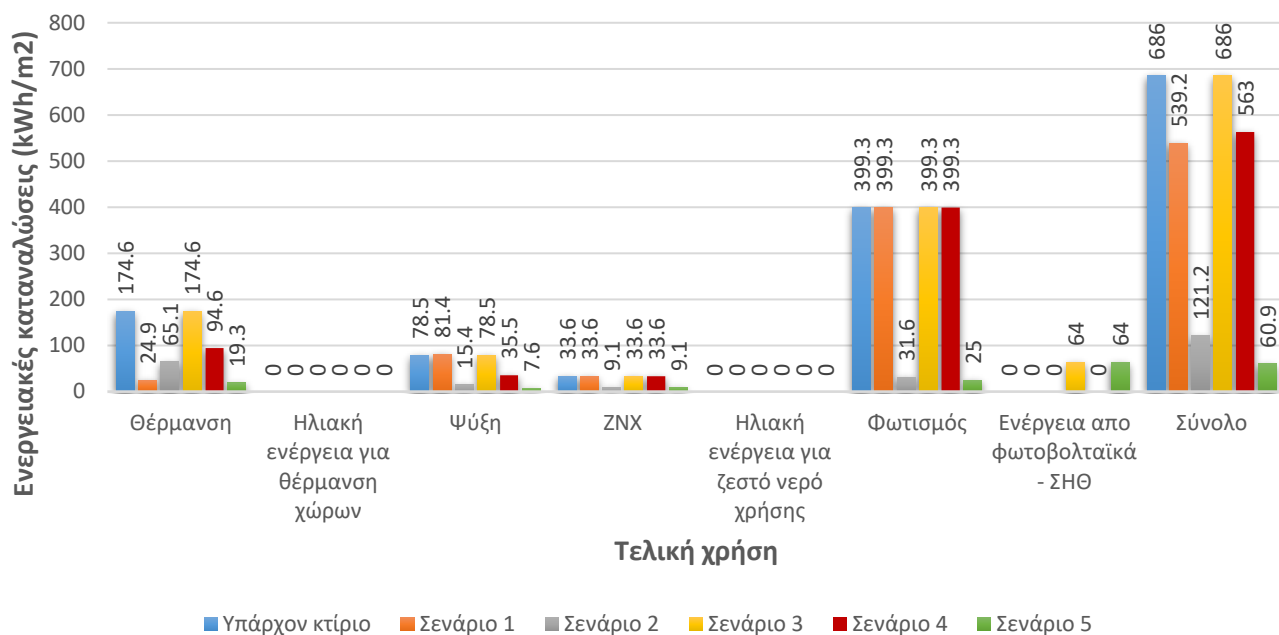


Σχήμα III.19 Ετήσια πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και τα σεναρία ενεργειακής βελτίωσης για την κλιματική ζώνη Δ.



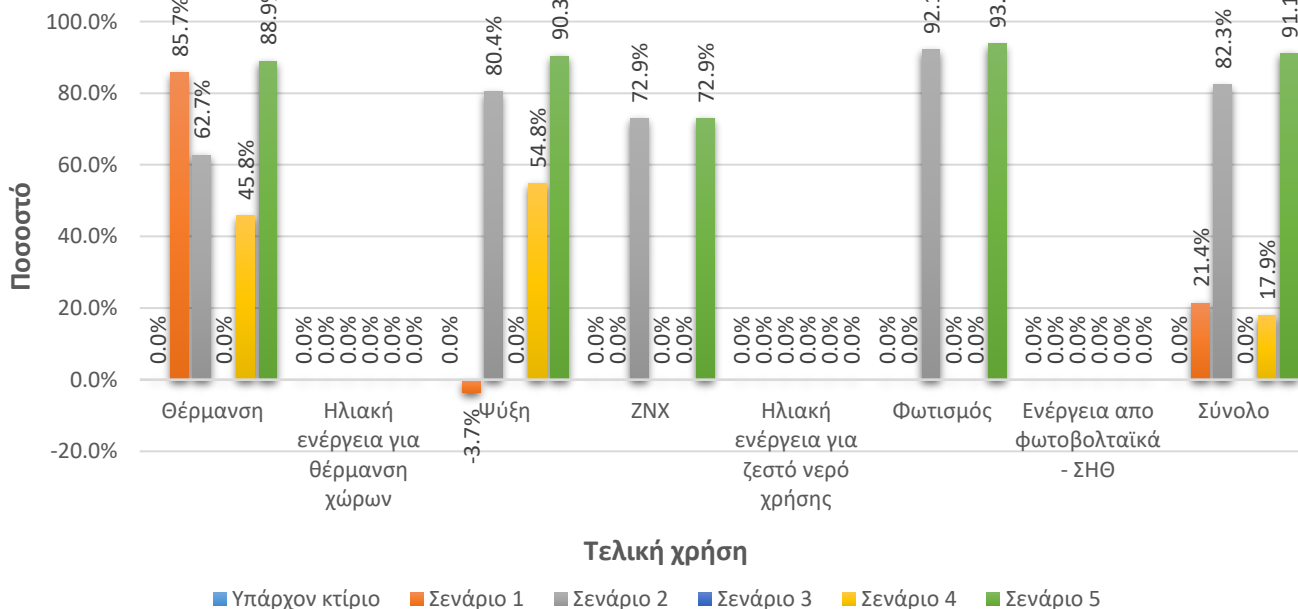
Σχήμα III.20 Ποσοστά εξοικονόμησης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας των σεναρίων 1-5 συγκριτικά με την πρωτογενή ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου για την κλιματική ζώνη Δ.

Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων στην κλιματική ζώνη Δ



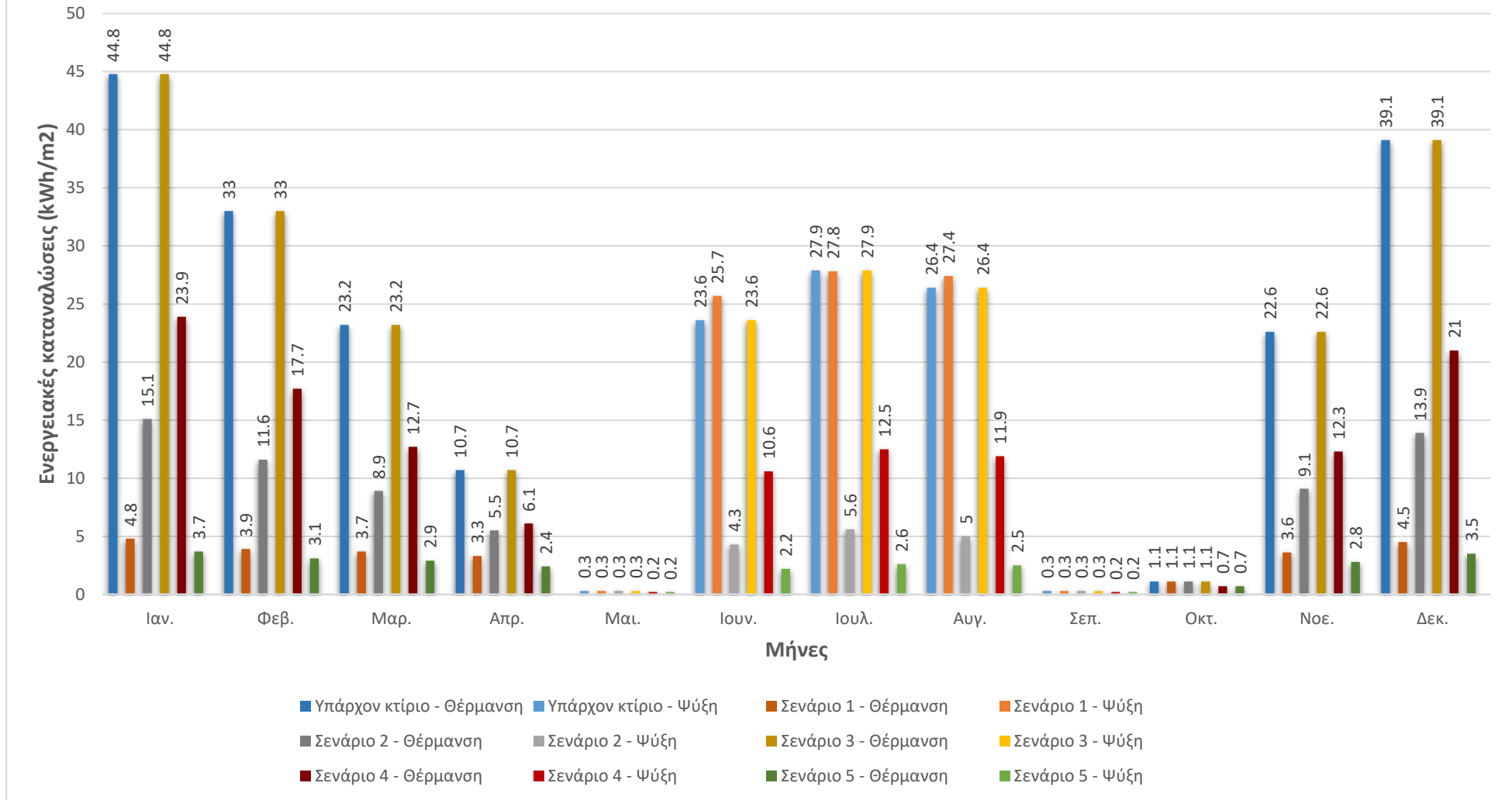
Σχήμα III.21 Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων χρήσεων και συνολικά στην κλιματική ζώνη Δ.

Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Δ

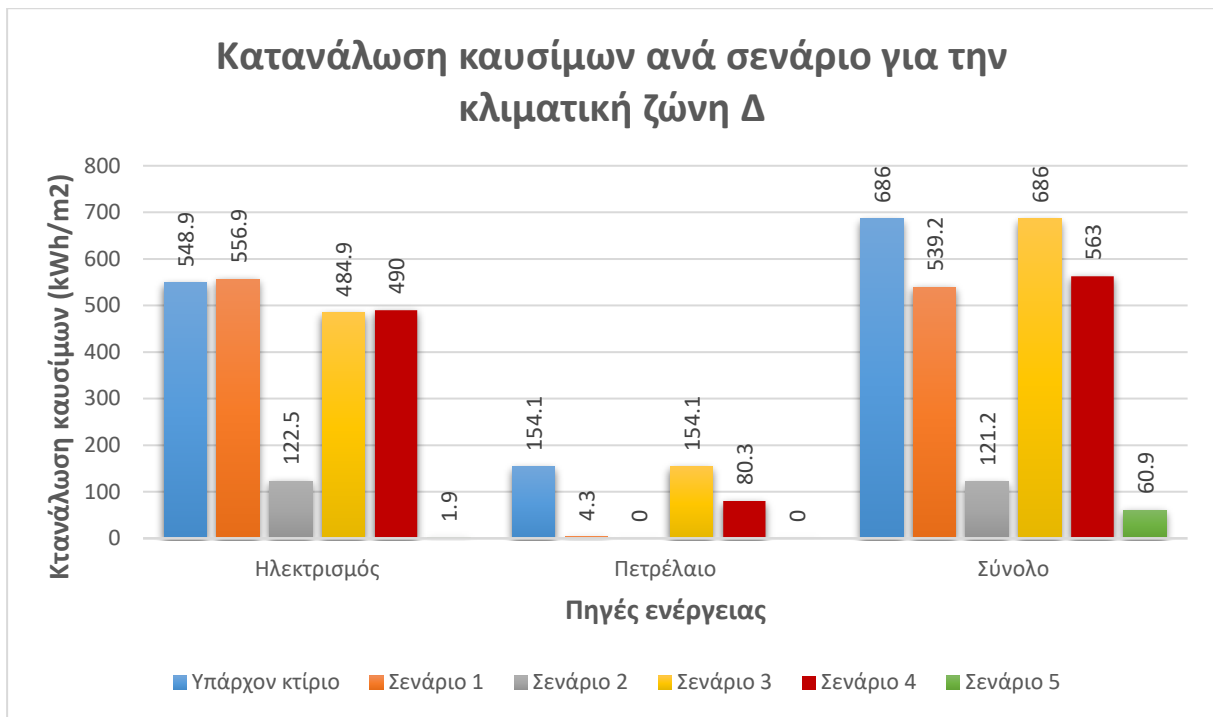


Σχήμα III.22 Ποσοστά μείωσης ενεργειακών καταναλώσεων στην κλιματική ζώνη Δ.

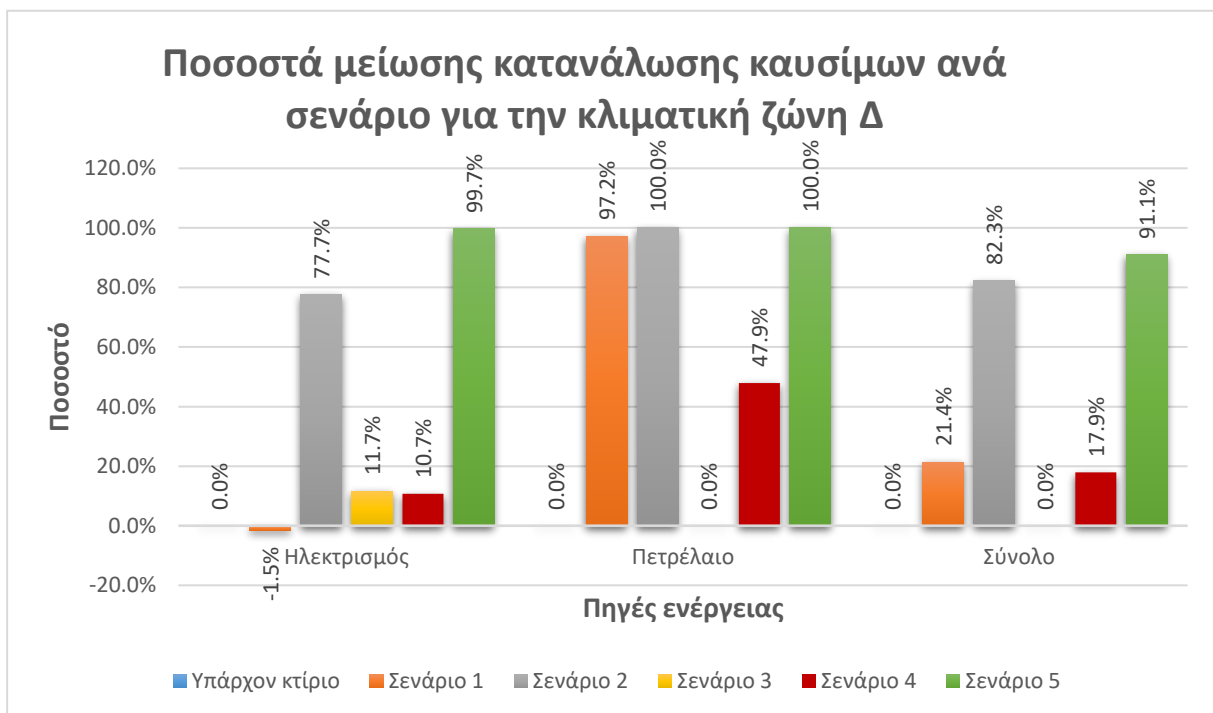
Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης στην κλιματική ζώνη Δ



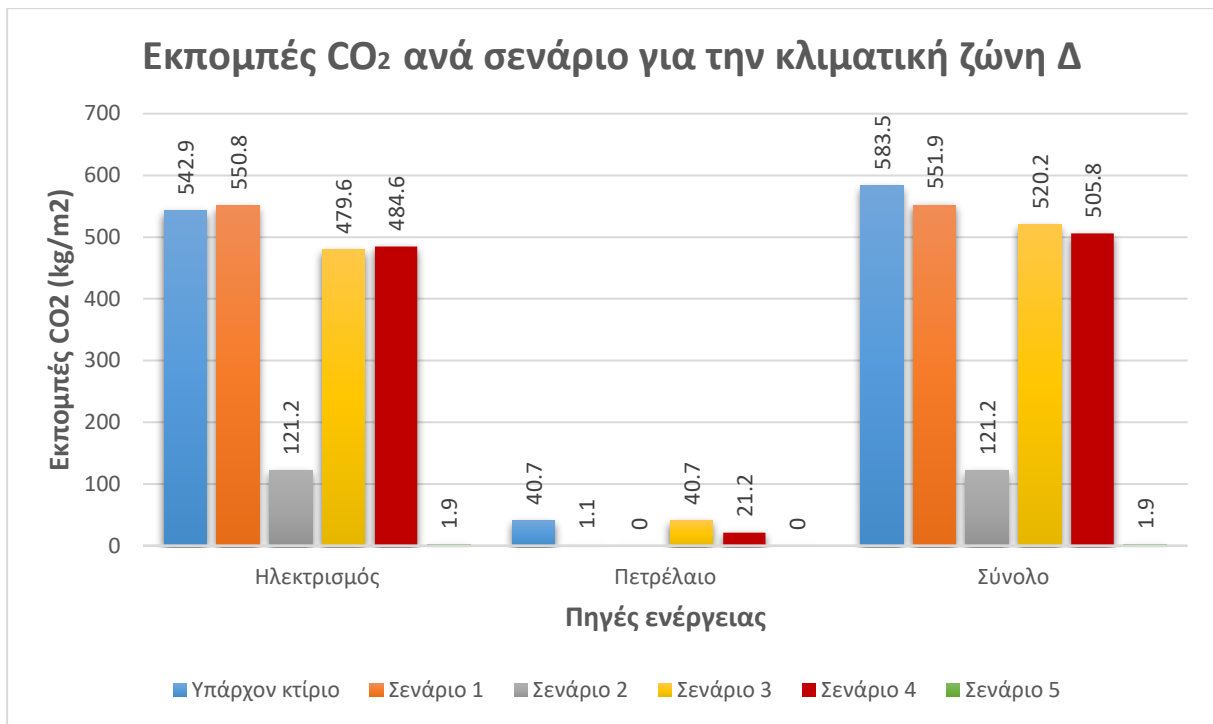
Σχήμα III.23 Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης για κάθε σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.



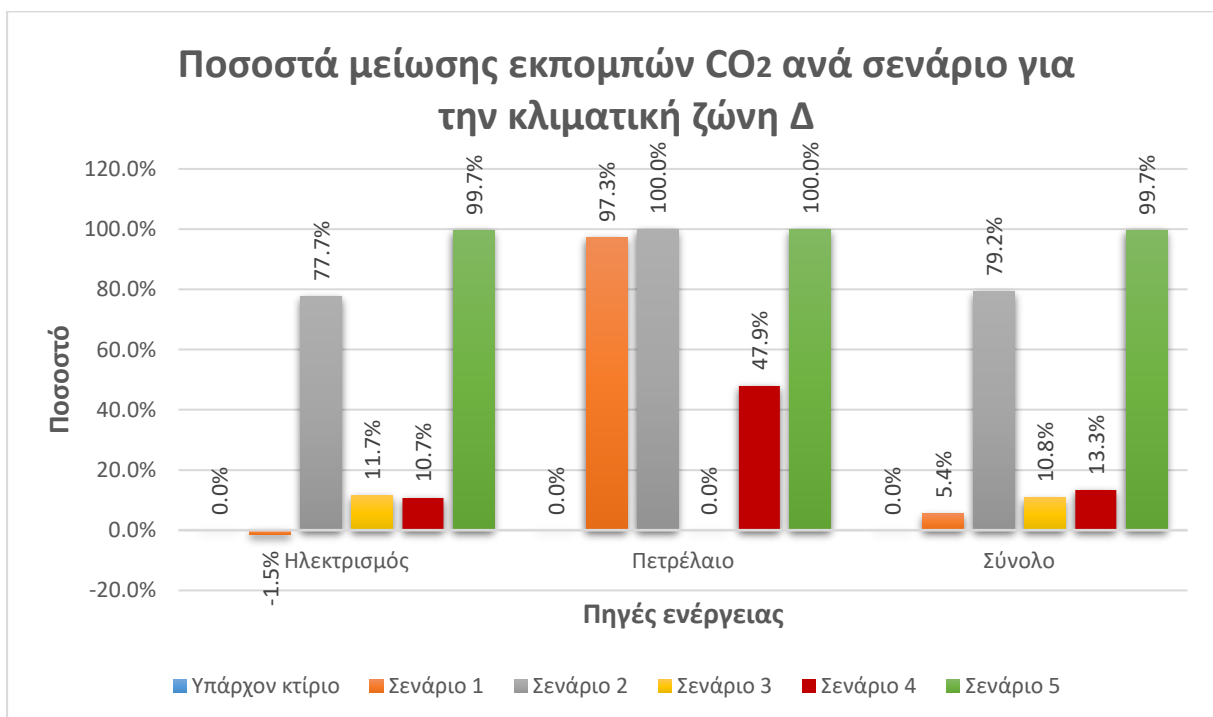
Σχήμα III.24 Κατανάλωση καυσίμων ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.



Σχήμα III.25 Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης καυσίμων στην κλιματική ζώνη Δ.



Σχήμα III.26 Εκπομπές CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.

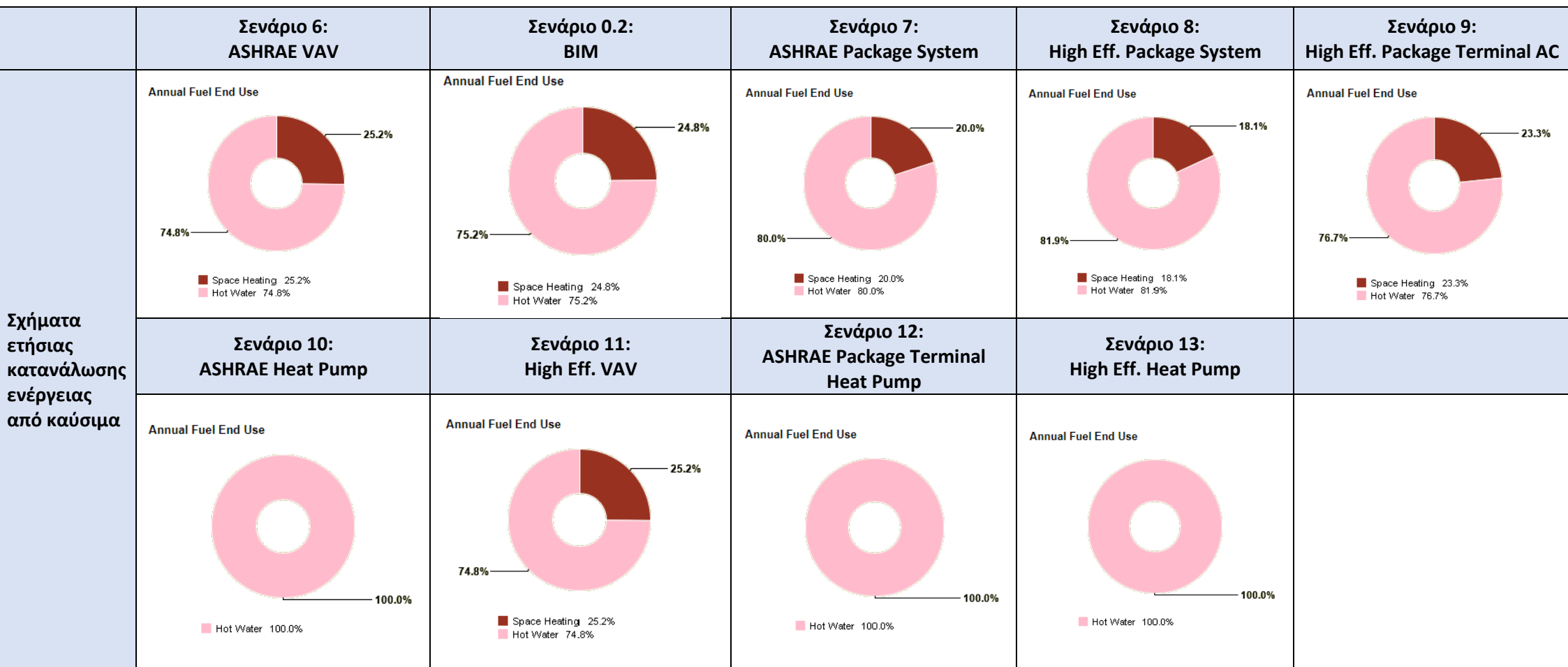


Σχήμα III.27 Ποσοστά μείωσης εκπομπών CO₂ ανά σενάριο στην κλιματική ζώνη Δ.

8.2. Αποτελέσματα σεναρίων στο Revit

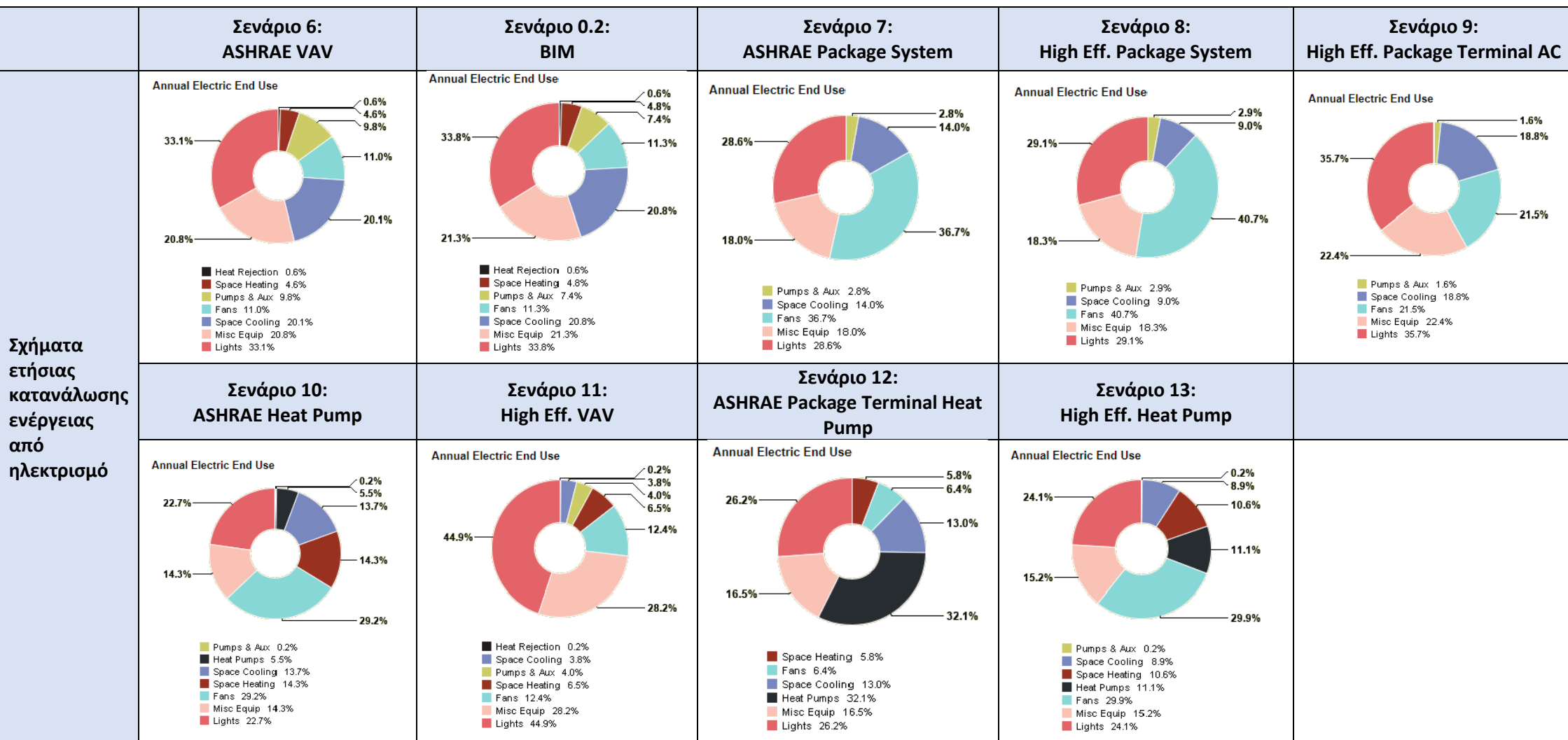
Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Β

	Σενάριο 6: ASHRAE VAV	Σενάριο 0.2: BIM	Σενάριο 7: ASHRAE Package System	Σενάριο 8: High Eff. Package System	Σενάριο 9: High Eff. Package Terminal AC
Σχήματα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Heat Rejection 0.6% Space Heating 3.6% Fans 10.6% Pumps & Aux 10.9% Space Cooling 22.3% Misc Equip 20.2% Lights 31.8% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Heat Rejection 0.6% Space Heating 3.7% Pumps & Aux 8.4% Fans 10.9% Space Cooling 23.2% Misc Equip 20.7% Lights 32.6% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Pumps & Aux 1.9% Space Cooling 17.4% Fans 35.5% Misc Equip 17.6% Lights 27.7% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Pumps & Aux 2.0% Space Cooling 11.3% Fans 39.9% Misc Equip 18.2% Lights 28.6% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Pumps & Aux 1.5% Fans 19.8% Space Cooling 22.3% Misc Equip 21.9% Lights 34.5%
	Σενάριο 10: ASHRAE Heat Pump	Σενάριο 11: High Eff. VAV	Σενάριο 12: ASHRAE Package Terminal Heat Pump	Σενάριο 13: High Eff. Heat Pump	
	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Pumps & Aux 0.2% Heat Pumps 1.4% Space Heating 11.6% Space Cooling 18.2% Fans 30.1% Misc Equip 14.9% Lights 23.5% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Heat Rejection 0.3% Pumps & Aux 4.8% Space Heating 5.0% Space Cooling 7.3% Fans 12.3% Misc Equip 27.3% Lights 42.9% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Fans 6.8% Space Heating 9.1% Heat Pumps 14.5% Space Cooling 19.2% Misc Equip 19.6% Lights 30.8% 	<p>Annual Electric End Use</p> <ul style="list-style-type: none"> Pumps & Aux 0.2% Heat Pumps 3.9% Space Heating 9.3% Space Cooling 12.2% Fans 32.1% Misc Equip 16.4% Lights 25.8% 	



Σχήμα III.28 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Β.

Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Γ

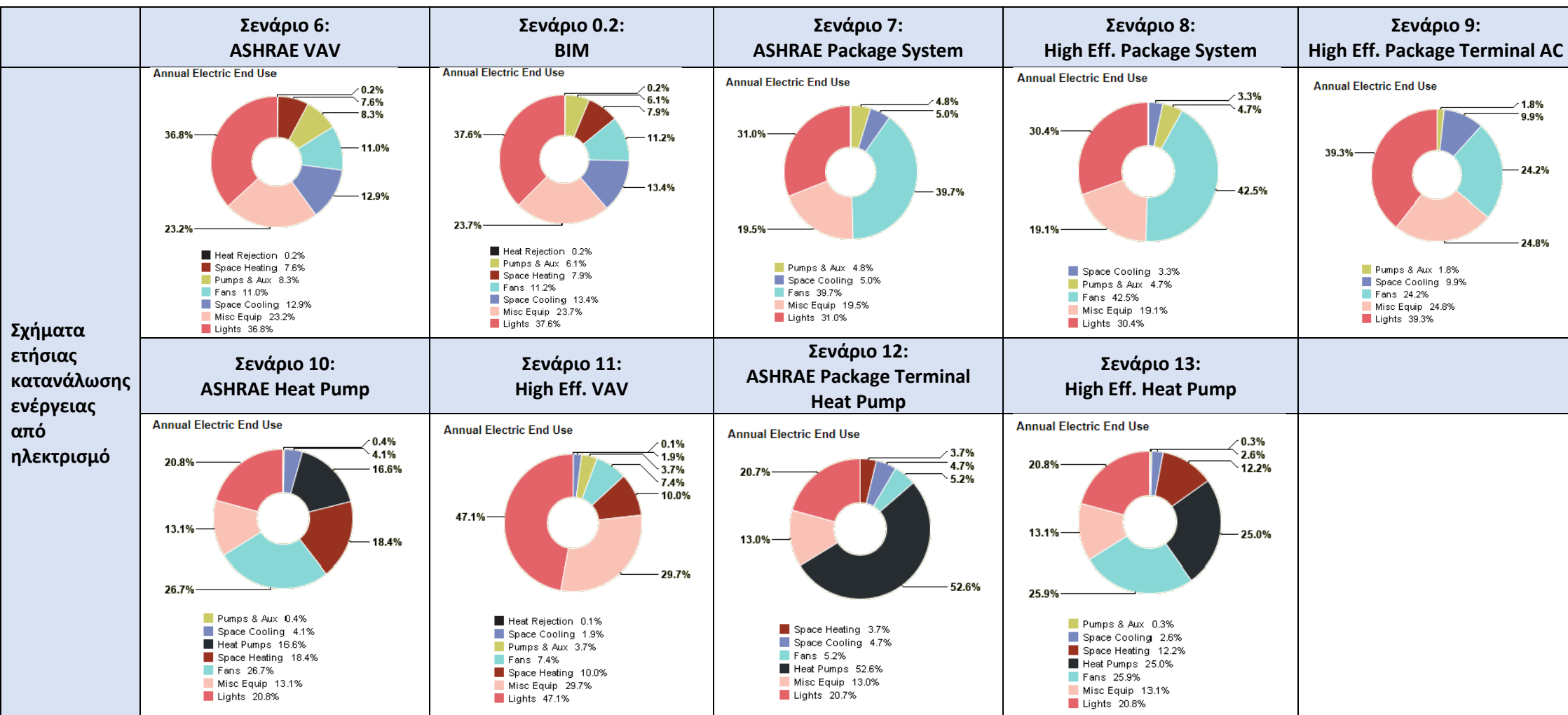


Σχήμα III.29 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Γ.

	Σενάριο 6: ASHRAE VAV	Σενάριο 0.2: BIM	Σενάριο 7: ASHRAE Package System	Σενάριο 8: High Eff. Package System	Σενάριο 9: High Eff. Package Terminal AC
Σχήματα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>28.3% 71.7%</p> <p>Space Heating 28.3% Hot Water 71.7%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>27.9% 72.1%</p> <p>Space Heating 27.9% Hot Water 72.1%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>24.1% 75.9%</p> <p>Space Heating 24.1% Hot Water 75.9%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>22.1% 77.9%</p> <p>Space Heating 22.1% Hot Water 77.9%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>26.3% 73.7%</p> <p>Space Heating 26.3% Hot Water 73.7%</p>
	Σενάριο 10: ASHRAE Heat Pump	Σενάριο 11: High Eff. VAV	Σενάριο 12: ASHRAE Package Terminal Heat Pump	Σενάριο 13: High Eff. Heat Pump	
	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>100.0%</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>28.4% 71.6%</p> <p>Space Heating 28.4% Hot Water 71.6%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>100.0%</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>100.0%</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	

Σχήμα III.30 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Γ.

Αποτελέσματα για την κλιματική ζώνη Δ



Σχήμα III.31 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Δ.

	Σενάριο 6: ASHRAE VAV	Σενάριο 0.2: BIM	Σενάριο 7: ASHRAE Package System	Σενάριο 8: High Eff. Package System	Σενάριο 9: High Eff. Package Terminal AC
Σχήματα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 35.0% Hot Water 65.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 34.5% Hot Water 65.5%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 29.9% Hot Water 70.1%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 27.6% Hot Water 72.4%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 31.2% Hot Water 68.8%</p>
	Σενάριο 10: ASHRAE Heat Pump	Σενάριο 11: High Eff. VAV	Σενάριο 12: ASHRAE Package Terminal Heat Pump	Σενάριο 13: High Eff. Heat Pump	
	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 34.2% Hot Water 65.8%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	

Σχήμα III.32 Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό στην κλιματική ζώνη Δ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

Πίνακας IV.1: Υπολογισμός κόστους επένδυσης εναλλακτικών σεναρίων για τις κλιματικές ζώνες Α, Β & Γ

Κόστος αγοράς συστημάτων σεναρίων							
Σενάριο 1	Κτιριακό κέλυφος	Είδος	Εμβαδό θερμ/σης m ²	Εμβαδό κουφωμάτων m ²	Τιμή μονάδας €/ m ²	Συνολικό κόστος €	
	Τοποθέτηση θερμομόνωσης	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	1513	-	40	60520	
	Παράθυρα	Παράθυρα Low-e με συνθετικό πλαίσιο & διπλό υαλοπίνακα	-	37	245	9065	
	Πόρτες	Πόρτες Low-e με συνθετικό πλαίσιο & διπλό υαλοπίνακα	-	60	180	10800	
	Σύνολο						80385
Σενάριο 2	Χρήση	Σύστημα/εργασία	Ονομαστική ισχύς kW ή W	Πλήθος ή Εμβαδό ή Όγκος τμχ ή m ³	Τιμή μονάδας €/(τμχ ή m ³)	Συνολικό κόστος €	
	Θέρμανση - Ψύξη - ΖΝΧ (με Γεωθερμική αντλία θερμότητας)	Χωματοουργικά	-	-	2400	15	36000
		Οριζόντιος γεωθερμικός εναλλάκτης 2000 m ²	-	-	1	24440	24440
		Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ) HIDROS - WDH -039	48.2 kW Θέρμ./ 56.2 kW Ψύξης	-	1	24193	24193
		Boiler 500Lt διπλής ενέργειας για σύνδεση με ΓΑΘ και εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση Fan Coils Rhoss Brio - I Slim MVP20	-	2.03 kW	4	750	3000
		Προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού και σωληνώσεων	-	-	1	60800	60800
	Φωτισμός	Λαμπτήρας LED E27	100 W/τεμ	-	20	89	1780
		Λαμπτήρας LED E27	50 W/τεμ	-	70	30	2100
		Εγκατάσταση εξοπλισμού	-	-	1	2500	2500
	Σύνολο						171613
Σενάριο 3	Χρήση	Μηχάνημα		Πλήθος τμχ	Τιμή μονάδας €/τμχ	Συνολικό κόστος €	
	Φ/Β πάνελ	Sharp NU-JD450		75	133	9975	
	Μετατροπέας DC/AC Σύστημα ελέγχου & επικοινωνίας	Huawei SUN2000-15KTL-M2-400V		1	2700	2700	
	Βάσεις Φ/Β πάνελ	Solar info Logger		1	400	400	
	Βάσεις Φ/Β πάνελ	Πλήρεις μεταλλικές βάσεις στήριξης (περιλαμβάνονται μικροεξαρτήματα)		75	70	5250	
	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	Καλώδια AC/DC, Υποπίνακας DC με ασφάλειες & αντικεραυνικά, Υποπίνακας Χ.Τ., Μετρητής, Διάταξη γείωσης, Βύσματα, Σωλήνες καλωδίων		1	19500	19500	
	Υπηρεσίες υλοποίησης	Αδειοδότηση, μελέτες, επίβλεψη κατασκευής, μεταφορές εξοπλισμών, κόστος συνεργείου εγκατάστασης		1	12000	12000	
Σύνολο						49825	
Σενάριο 4	Χρήση	Σύστημα		Εμβαδό m ²	Τιμή μονάδας €/m ²	Συνολικό κόστος €	
	Ξενοδοχείο	BEMS		913.76	30.00	27412.8	
Σύνολο						27412.8	
Σενάριο 5	Σενάριο 1					80385.00	
	Σενάριο 2					171613.00	
	Σενάριο 3					49825.00	
	Σενάριο 4					27412.80	
Σύνολο						329235.80	

Πίνακας IV.2: Υπολογισμός κόστους επένδυσης εναλλακτικών σεναρίων για την κλιματική ζώνη Δ.

Κόστος αγοράς συστημάτων σεναρίων							
Σενάριο 1	Κτιριακό κέλυφος	Είδος	Εμβαδό θερμ/σης m ²	Εμβαδό κουφωμάτων m ²	Τιμή μονάδας €/ m ²	Συνολικό κόστος €	
	Τοποθέτηση θερμομόνωσης	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	1513	-	40	60520	
	Παράθυρα	Παράθυρα Low-e με συνθετικό πλαίσιο & διπλό υαλοπίνακα	-	37	245	9065	
	Πόρτες	Πόρτες Low-e με συνθετικό πλαίσιο & διπλό υαλοπίνακα	-	60	180	10800	
Σύνολο						80385	
Σενάριο 2	Χρήση	Σύστημα/εργασία	Ονομαστική ισχύς kW ή W	Πλήθος ή Εμβαδό ή Όγκος τμχ ή m ³	Τιμή μονάδας €/(τμχ ή m ³)	Συνολικό κόστος €	
	Θέρμανση - Ψύξη - ZNX (με Γεωθερμική αντλία θερμότητας)	Χωματοουργικά	-	-	2400	15	36000
		Οριζόντιος γεωθερμικός εναλλάκτης 2000 m ²	-	-	1	24440	24440
		Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ) HIDROS - WDH -039	58.7 kW Θέρμ./ 70.2 kW Ψύξης	-	1	28225	28225
		Boiler 500Lt διπλής ενέργειας για σύνδεση με ΓΑΘ και εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση Fan Coils Rhoss Brio - I Slim MVP20	-	-	4	750	3000
		Προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού και σωληνώσεων	-	-	35	480	16800
	Φωτισμός	Λαμπτήρας LED E27	100 W/τεμ	-	20	89	1780
		Λαμπτήρας LED E27	50 W/τεμ	-	70	30	2100
		Εγκατάσταση εξοπλισμού	-	-	1	2500	2500
	Σύνολο						175645
Σενάριο 3	Χρήση	Μηχάνημα		Πλήθος τμχ	Τιμή μονάδας €/τμχ	Συνολικό κόστος €	
	Φ/Β πάνελ	Sharp NU-JD450		75	133	9975	
	Μετατροπέας DC/AC	Huawei SUN2000-15KTL-M2-400V		1	2700	2700	
	Σύστημα ελέγχου & επικοινωνίας	Solar info Logger		1	400	400	
	Βάσεις Φ/Β πάνελ	Πλήρεις μεταλλικές βάσεις στήριξης		75	70	5250	
	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός Υπηρεσίες υλοποίησης	Καλώδια AC/DC, Υποπίνακας DC με ασφάλειες & αντικεραυνικά, Υποπίνακας Χ.Τ., Μετρητής, Αδειοδότηση, μελέτες, επίβλεψη κατασκευής,		1	19500	19500	
Σύνολο						49825	
Σενάριο 4	Χρήση	Σύστημα		Εμβαδό m ²	Τιμή μονάδας €/m ²	Συνολικό κόστος €	
	Ξενοδοχείο	BEMS		913.76	30.00	27412.8	
Σύνολο						27412.8	
Σενάριο 5	Σενάριο 1					80385.00	
	Σενάριο 2					175645.00	
	Σενάριο 3					49825.00	
	Σενάριο 4					27412.80	
	Σύνολο					333267.80	

Πίνακας IV.3: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Α.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1				ΣΕΝΑΡΙΟ 2				ΣΕΝΑΡΙΟ 3				ΣΕΝΑΡΙΟ 4				ΣΕΝΑΡΙΟ 5			
Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές
0	-	-	-81585.00	0	-	-	-179613.00	0	-	-	-52325.00	0	-	-	-29612.80	0	-	-	-343135.80
1	3884.43	1500.00	-76200.57	1	52958.49	4800.00	-121854.51	1	7585.08	-600.00	-45339.92	1	8908.82	-300.00	-21003.98	1	65753.30	3900.00	-273482.50
2	3884.43	1500.00	-70816.15	2	52958.49	4800.00	-64096.03	2	7585.08	-600.00	-38354.84	2	8908.82	-300.00	-12395.17	2	65753.30	3900.00	-203829.20
3	3884.43	1500.00	-65431.72	3	52958.49	4800.00	-6337.54	3	7585.08	-600.00	-31369.76	3	8908.82	-300.00	-3786.35	3	65753.30	3900.00	-134175.90
4	3884.43	1500.00	-60047.29	4	52958.49	4800.00	51420.95	4	7585.08	-600.00	-24384.68	4	8908.82	-300.00	4822.47	4	65753.30	3900.00	-64522.60
5	3884.43	1500.00	-54662.86	5	52958.49	4800.00	109179.44	5	7585.08	-600.00	-17399.60	5	8908.82	-300.00	13431.28	5	65753.30	3900.00	5130.70
6	3884.43	1500.00	-49278.44	6	52958.49	4800.00	166937.92	6	7585.08	-600.00	-10414.52	6	8908.82	-300.00	22040.10	6	65753.30	3900.00	74784.00
7	3884.43	1500.00	-43894.01	7	52958.49	4800.00	224696.41	7	7585.08	-600.00	-3429.44	7	8908.82	-300.00	30648.92	7	65753.30	3900.00	144437.30
8	3884.43	1500.00	-38509.58	8	52958.49	4800.00	282454.90	8	7585.08	-600.00	3555.64	8	8908.82	-300.00	39257.74	8	65753.30	3900.00	214090.59
9	3884.43	1500.00	-33125.16	9	52958.49	4800.00	340213.38	9	7585.08	-600.00	10540.72	9	8908.82	-300.00	47866.55	9	65753.30	3900.00	283743.89
10	3884.43	1500.00	-27740.73	10	52958.49	4800.00	397971.87	10	7585.08	-600.00	17525.80	10	8908.82	-300.00	56475.37	10	65753.30	3900.00	353397.19
11	3884.43	1500.00	-22356.30	11	52958.49	4800.00	455730.36	11	7585.08	-600.00	24510.88	11	8908.82	-300.00	65084.19	11	65753.30	3900.00	423050.49
12	3884.43	1500.00	-16971.88	12	52958.49	4800.00	513488.85	12	7585.08	-600.00	31495.95	12	8908.82	-300.00	73693.00	12	65753.30	3900.00	492703.79
13	3884.43	1500.00	-11587.45	13	52958.49	4800.00	571247.33	13	7585.08	-600.00	38481.03	13	8908.82	-300.00	82301.82	13	65753.30	3900.00	562357.09
14	3884.43	1500.00	-6203.02	14	52958.49	4800.00	629005.82	14	7585.08	-600.00	45466.11	14	8908.82	-300.00	90910.64	14	65753.30	3900.00	632010.39
15	3884.43	1500.00	-818.59	15	52958.49	4800.00	686764.31	15	7585.08	-600.00	52451.19	15	8908.82	-300.00	99519.45	15	65753.30	3900.00	701663.69
16	3884.43	1500.00	4565.83	16	52958.49	4800.00	744522.79	16	7585.08	-600.00	59436.27	16	8908.82	-300.00	108128.27	16	65753.30	3900.00	771316.99
17	3884.43	1500.00	9950.26	17	52958.49	4800.00	802281.28	17	7585.08	-600.00	66421.35	17	8908.82	-300.00	116737.09	17	65753.30	3900.00	840970.29
18	3884.43	1500.00	15334.69	18	52958.49	4800.00	860039.77	18	7585.08	-600.00	73406.43	18	8908.82	-300.00	125345.91	18	65753.30	3900.00	910623.59
19	3884.43	1500.00	20719.11	19	52958.49	4800.00	917798.26	19	7585.08	-600.00	80391.51	19	8908.82	-300.00	133954.72	19	65753.30	3900.00	980276.89
20	3884.43	1500.00	26103.54	20	52958.49	4800.00	975556.74	20	7585.08	-600.00	87376.59	20	8908.82	-300.00	142563.54	20	65753.30	3900.00	1049930.19
21	3884.43	1500.00	31487.97	21	52958.49	4800.00	1033315.23	21	7585.08	-600.00	94361.67	21	8908.82	-300.00	151172.36	21	65753.30	3900.00	1119583.49

Πίνακας IV.4: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Β.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1				ΣΕΝΑΡΙΟ 2				ΣΕΝΑΡΙΟ 3				ΣΕΝΑΡΙΟ 4				ΣΕΝΑΡΙΟ 5			
Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Ετος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές
0	-	-	-81585.00	0	-	-	-179613.00	0	-	-	-52325.00	0	-	-	-29612.80	0	-	-	-343135.80
1	5486.29	1500.00	-74598.71	1	54117.05	4800.00	-120695.95	1	7265.01	-600.00	-45659.99	1	10098.75	-300.00	-19814.05	1	67635.37	3900.00	-271600.43
2	5486.29	1500.00	-67612.41	2	54117.05	4800.00	-61778.90	2	7265.01	-600.00	-38994.98	2	10098.75	-300.00	-10015.30	2	67635.37	3900.00	-200065.05
3	5486.29	1500.00	-60626.12	3	54117.05	4800.00	-2861.85	3	7265.01	-600.00	-32329.97	3	10098.75	-300.00	-216.56	3	67635.37	3900.00	-128529.68
4	5486.29	1500.00	-53639.83	4	54117.05	4800.00	56055.21	4	7265.01	-600.00	-25664.96	4	10098.75	-300.00	9582.19	4	67635.37	3900.00	-56994.30
5	5486.29	1500.00	-46653.54	5	54117.05	4800.00	114972.26	5	7265.01	-600.00	-18999.96	5	10098.75	-300.00	19380.94	5	67635.37	3900.00	14541.07
6	5486.29	1500.00	-39667.24	6	54117.05	4800.00	173889.31	6	7265.01	-600.00	-12334.95	6	10098.75	-300.00	29179.69	6	67635.37	3900.00	86076.44
7	5486.29	1500.00	-32680.95	7	54117.05	4800.00	232806.36	7	7265.01	-600.00	-5669.94	7	10098.75	-300.00	38978.44	7	67635.37	3900.00	157611.82
8	5486.29	1500.00	-25694.66	8	54117.05	4800.00	291723.41	8	7265.01	-600.00	995.07	8	10098.75	-300.00	48777.18	8	67635.37	3900.00	229147.19
9	5486.29	1500.00	-18708.37	9	54117.05	4800.00	350640.46	9	7265.01	-600.00	7660.08	9	10098.75	-300.00	58575.93	9	67635.37	3900.00	300682.57
10	5486.29	1500.00	-11722.07	10	54117.05	4800.00	409557.51	10	7265.01	-600.00	14325.09	10	10098.75	-300.00	68374.68	10	67635.37	3900.00	372217.94
11	5486.29	1500.00	-4735.78	11	54117.05	4800.00	468474.56	11	7265.01	-600.00	20990.10	11	10098.75	-300.00	78173.43	11	67635.37	3900.00	443753.31
12	5486.29	1500.00	2250.51	12	54117.05	4800.00	527391.62	12	7265.01	-600.00	27655.11	12	10098.75	-300.00	87972.18	12	67635.37	3900.00	515288.69
13	5486.29	1500.00	9236.81	13	54117.05	4800.00	586308.67	13	7265.01	-600.00	34320.11	13	10098.75	-300.00	97770.92	13	67635.37	3900.00	586824.06
14	5486.29	1500.00	16223.10	14	54117.05	4800.00	645225.72	14	7265.01	-600.00	40985.12	14	10098.75	-300.00	107569.67	14	67635.37	3900.00	658359.44
15	5486.29	1500.00	23209.39	15	54117.05	4800.00	704142.77	15	7265.01	-600.00	47650.13	15	10098.75	-300.00	117368.42	15	67635.37	3900.00	729894.81
16	5486.29	1500.00	30195.68	16	54117.05	4800.00	763059.82	16	7265.01	-600.00	54315.14	16	10098.75	-300.00	127167.17	16	67635.37	3900.00	801430.18
17	5486.29	1500.00	37181.98	17	54117.05	4800.00	821976.87	17	7265.01	-600.00	60980.15	17	10098.75	-300.00	136965.91	17	67635.37	3900.00	872965.56
18	5486.29	1500.00	44168.27	18	54117.05	4800.00	880893.92	18	7265.01	-600.00	67645.16	18	10098.75	-300.00	146764.66	18	67635.37	3900.00	944500.93
19	5486.29	1500.00	51154.56	19	54117.05	4800.00	939810.97	19	7265.01	-600.00	74310.17	19	10098.75	-300.00	156563.41	19	67635.37	3900.00	1016036.31
20	5486.29	1500.00	58140.85	20	54117.05	4800.00	998728.03	20	7265.01	-600.00	80975.18	20	10098.75	-300.00	166362.16	20	67635.37	3900.00	1087571.68
21	5486.29	1500.00	65127.15	21	54117.05	4800.00	1057645.08	21	7265.01	-600.00	87640.18	21	10098.75	-300.00	176160.91	21	67635.37	3900.00	1159107.05

Πίνακας IV.5: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Γ.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1				ΣΕΝΑΡΙΟ 2				ΣΕΝΑΡΙΟ 3				ΣΕΝΑΡΙΟ 4				ΣΕΝΑΡΙΟ 5			
Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές
0	-	-	-81585.00	0	-	-	-179613.00	0	-	-	-52325.00	0	-	-	-29612.80	0	-	-	-343135.80
1	7091.69	1500.00	-72993.31	1	56821.71	4800.00	-117991.29	1	6667.59	-600.00	-46257.41	1	11726.80	-300.00	-18186.00	1	69841.23	3900.00	-269394.57
2	7091.69	1500.00	-64401.63	2	56821.71	4800.00	-56369.58	2	6667.59	-600.00	-40189.82	2	11726.80	-300.00	-6759.19	2	69841.23	3900.00	-195653.34
3	7091.69	1500.00	-55809.94	3	56821.71	4800.00	5252.13	3	6667.59	-600.00	-34122.22	3	11726.80	-300.00	4667.61	3	69841.23	3900.00	-121912.11
4	7091.69	1500.00	-47218.26	4	56821.71	4800.00	66873.84	4	6667.59	-600.00	-28054.63	4	11726.80	-300.00	16094.42	4	69841.23	3900.00	-48170.88
5	7091.69	1500.00	-38626.57	5	56821.71	4800.00	128495.56	5	6667.59	-600.00	-21987.04	5	11726.80	-300.00	27521.22	5	69841.23	3900.00	25570.35
6	7091.69	1500.00	-30034.88	6	56821.71	4800.00	190117.27	6	6667.59	-600.00	-15919.45	6	11726.80	-300.00	38948.03	6	69841.23	3900.00	99311.58
7	7091.69	1500.00	-21443.20	7	56821.71	4800.00	251738.98	7	6667.59	-600.00	-9851.85	7	11726.80	-300.00	50374.83	7	69841.23	3900.00	173052.81
8	7091.69	1500.00	-12851.51	8	56821.71	4800.00	313360.69	8	6667.59	-600.00	-3784.26	8	11726.80	-300.00	61801.64	8	69841.23	3900.00	246794.04
9	7091.69	1500.00	-4259.82	9	56821.71	4800.00	374982.40	9	6667.59	-600.00	2283.33	9	11726.80	-300.00	73228.44	9	69841.23	3900.00	320535.27
10	7091.69	1500.00	4331.86	10	56821.71	4800.00	436604.11	10	6667.59	-600.00	8350.93	10	11726.80	-300.00	84655.25	10	69841.23	3900.00	394276.51
11	7091.69	1500.00	12923.55	11	56821.71	4800.00	498225.82	11	6667.59	-600.00	14418.52	11	11726.80	-300.00	96082.05	11	69841.23	3900.00	468017.74
12	7091.69	1500.00	21515.23	12	56821.71	4800.00	559847.53	12	6667.59	-600.00	20486.11	12	11726.80	-300.00	107508.85	12	69841.23	3900.00	541758.97
13	7091.69	1500.00	30106.92	13	56821.71	4800.00	621469.24	13	6667.59	-600.00	26553.70	13	11726.80	-300.00	118935.66	13	69841.23	3900.00	615500.20
14	7091.69	1500.00	38698.61	14	56821.71	4800.00	683090.95	14	6667.59	-600.00	32621.30	14	11726.80	-300.00	130362.46	14	69841.23	3900.00	689241.43
15	7091.69	1500.00	47290.29	15	56821.71	4800.00	744712.67	15	6667.59	-600.00	38688.89	15	11726.80	-300.00	141789.27	15	69841.23	3900.00	762982.66
16	7091.69	1500.00	55881.98	16	56821.71	4800.00	806334.38	16	6667.59	-600.00	44756.48	16	11726.80	-300.00	153216.07	16	69841.23	3900.00	836723.89
17	7091.69	1500.00	64473.66	17	56821.71	4800.00	867956.09	17	6667.59	-600.00	50824.07	17	11726.80	-300.00	164642.88	17	69841.23	3900.00	910465.12
18	7091.69	1500.00	73065.35	18	56821.71	4800.00	929577.80	18	6667.59	-600.00	56891.67	18	11726.80	-300.00	176069.68	18	69841.23	3900.00	984206.35
19	7091.69	1500.00	81657.04	19	56821.71	4800.00	991199.51	19	6667.59	-600.00	62959.26	19	11726.80	-300.00	187496.49	19	69841.23	3900.00	1057947.58
20	7091.69	1500.00	90248.72	20	56821.71	4800.00	1052821.22	20	6667.59	-600.00	69026.85	20	11726.80	-300.00	198923.29	20	69841.23	3900.00	1131688.81
21	7091.69	1500.00	98840.41	21	56821.71	4800.00	1114442.93	21	6667.59	-600.00	75094.44	21	11726.80	-300.00	210350.10	21	69841.23	3900.00	1205430.04

Πίνακας IV.6: Συνολικές ταμειακές ροές εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την κλιματική ζώνη Δ.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1				ΣΕΝΑΡΙΟ 2				ΣΕΝΑΡΙΟ 3				ΣΕΝΑΡΙΟ 4				ΣΕΝΑΡΙΟ 5			
Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές	Έτος	Οικονομικό όφελος λόγω εξοικονόμησης ενέργειας	Οικονομικό όφελος λόγω μείωσης κόστους συντήρησης	Συνολικές ταμειακές ροές
0	-	-	-81585.00	0	-	-	-179613.00	0	-	-	-52325.00	0	-	-	-29612.80	0	-	-	-343135.80
1	9630.30	1500.00	-70454.70	1	59325.73	4800.00	-115487.27	1	6827.61	-600.00	-46097.39	1	12910.09	-300.00	-17002.71	1	73064.24	3900.00	-266171.56
2	9630.30	1500.00	-59324.40	2	59325.73	4800.00	-51361.53	2	6827.61	-600.00	-39869.77	2	12910.09	-300.00	-4392.61	2	73064.24	3900.00	-189207.32
3	9630.30	1500.00	-48194.10	3	59325.73	4800.00	12764.20	3	6827.61	-600.00	-33642.16	3	12910.09	-300.00	8217.48	3	73064.24	3900.00	-112243.08
4	9630.30	1500.00	-37063.80	4	59325.73	4800.00	76889.94	4	6827.61	-600.00	-27414.54	4	12910.09	-300.00	20827.58	4	73064.24	3900.00	-35278.84
5	9630.30	1500.00	-25933.50	5	59325.73	4800.00	141015.67	5	6827.61	-600.00	-21186.93	5	12910.09	-300.00	33437.67	5	73064.24	3900.00	41685.41
6	9630.30	1500.00	-14803.20	6	59325.73	4800.00	205141.41	6	6827.61	-600.00	-14959.31	6	12910.09	-300.00	46047.77	6	73064.24	3900.00	118649.65
7	9630.30	1500.00	-3672.90	7	59325.73	4800.00	269267.14	7	6827.61	-600.00	-8731.70	7	12910.09	-300.00	58657.86	7	73064.24	3900.00	195613.89
8	9630.30	1500.00	7457.40	8	59325.73	4800.00	333392.88	8	6827.61	-600.00	-2504.08	8	12910.09	-300.00	71267.96	8	73064.24	3900.00	272578.13
9	9630.30	1500.00	18587.70	9	59325.73	4800.00	397518.61	9	6827.61	-600.00	3723.53	9	12910.09	-300.00	83878.05	9	73064.24	3900.00	349542.37
10	9630.30	1500.00	29718.00	10	59325.73	4800.00	461644.34	10	6827.61	-600.00	9951.15	10	12910.09	-300.00	96488.15	10	73064.24	3900.00	426506.61
11	9630.30	1500.00	40848.29	11	59325.73	4800.00	525770.08	11	6827.61	-600.00	16178.76	11	12910.09	-300.00	109098.24	11	73064.24	3900.00	503470.85
12	9630.30	1500.00	51978.59	12	59325.73	4800.00	589895.81	12	6827.61	-600.00	22406.38	12	12910.09	-300.00	121708.34	12	73064.24	3900.00	580435.09
13	9630.30	1500.00	63108.89	13	59325.73	4800.00	654021.55	13	6827.61	-600.00	28633.99	13	12910.09	-300.00	134318.43	13	73064.24	3900.00	657399.33
14	9630.30	1500.00	74239.19	14	59325.73	4800.00	718147.28	14	6827.61	-600.00	34861.61	14	12910.09	-300.00	146928.53	14	73064.24	3900.00	734363.58
15	9630.30	1500.00	85369.49	15	59325.73	4800.00	782273.02	15	6827.61	-600.00	41089.22	15	12910.09	-300.00	159538.62	15	73064.24	3900.00	811327.82
16	9630.30	1500.00	96499.79	16	59325.73	4800.00	846398.75	16	6827.61	-600.00	47316.84	16	12910.09	-300.00	172148.72	16	73064.24	3900.00	888292.06
17	9630.30	1500.00	107630.09	17	59325.73	4800.00	910524.49	17	6827.61	-600.00	53544.45	17	12910.09	-300.00	184758.81	17	73064.24	3900.00	965256.30
18	9630.30	1500.00	118760.39	18	59325.73	4800.00	974650.22	18	6827.61	-600.00	59772.06	18	12910.09	-300.00	197368.91	18	73064.24	3900.00	1042220.54
19	9630.30	1500.00	129890.69	19	59325.73	4800.00	1038775.95	19	6827.61	-600.00	65999.68	19	12910.09	-300.00	209979.00	19	73064.24	3900.00	1119184.78
20	9630.30	1500.00	141020.99	20	59325.73	4800.00	1102901.69	20	6827.61	-600.00	72227.29	20	12910.09	-300.00	222589.10	20	73064.24	3900.00	1196149.02
21	9630.30	1500.00	152151.29	21	59325.73	4800.00	1167027.42	21	6827.61	-600.00	78454.91	21	12910.09	-300.00	235199.19	21	73064.24	3900.00	1273113.26

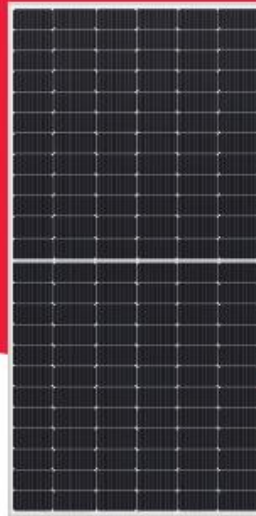
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

NU-JD Series

NU-JD450

450 W

The Project Solution



Powerful product features



Guaranteed positive power tolerance (0/+5%)



High module efficiency 20.37%
PERC monocrystalline silicon photovoltaic modules



Max. system voltage 1,500 V
Lower BOS costs by longer strings

9BB

9 busbar technology
Improved reliability
Higher efficiency
Reduced series resistance



Half-cut cell
Improved shading performance
Lower internal losses
Reduced hot spot risk



Tested and certified
VDE, IEC/EN61215, IEC/EN61730
Safety class II, CE
Fire rating class C



Robust product design
PID resistance test passed
Salt mist test passed (IEC61701)
Ammonia test passed (IEC62716)
Dust and sand test passed (IEC60068)

Your solar partner for life



60 years of solar expertise



25 years Linear power output guarantee



15 years Product guarantee



Local support team in Europe



50 million PV modules installed



Tier 1 - BloombergNEF



Energy Solutions

SHARP

Be Original.

* Applicable for modules installed within the EU and additional listed countries.
Please check the guarantee conditions for your area before purchasing.

Electrical data (STC)			
NU-JD450			
Maximum power	P_{max}	450	W_p
Open-circuit voltage	V_{oc}	49.35	V
Short-circuit current	I_{sc}	11.61	A
Voltage at point of maximum power	V_{mp}	41.56	V
Current at point of maximum power	I_{mp}	10.83	A
Module efficiency	η_m	20.37	%

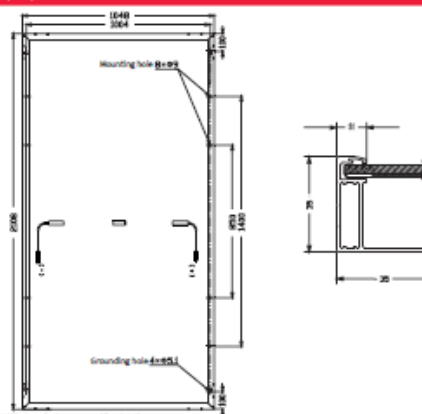
STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m², AM 1.5, cell temperature 25 °C.
 Rated electrical characteristics are within ±10% of the indicated values of I_{sc} , V_{oc} and 0 to +5% of P_{max} .
 Reduction of efficiency from an irradiance change of 1,000 W/m² to 200 W/m² ($T_{module} = 25 °C$) is less than 3%.

Electrical data (NMOT)			
NU-JD450			
Maximum power	P_{max}	337.42	W_p
Open-circuit voltage	V_{oc}	46.77	V
Short-circuit current	I_{sc}	9.41	A
Voltage at point of maximum power	V_{mp}	38.74	V
Current at point of maximum power	I_{mp}	8.71	A

NMOT = Nominal Module Operating Temperature: 42.5 °C, irradiance 800 W/m², air temperature of 20 °C, wind speed of 1 m/s.

Mechanical data	
Length	2,108 mm
Width	1,048 mm
Depth	35 mm
Weight	25.0 kg

Dimensions (mm)



*Please refer to SHARP's installation manual for details.

Temperature coefficient	
P_{max}	-0.347 %/°C
V_{oc}	-0.263 %/°C
I_{sc}	0.057 %/°C

Limit values	
Maximum system voltage	1,500 V DC
Over-current protection	20 A
Temperature range	-40 to 85 °C
Max. mechanical load (snow/wind)	2,400 Pa
Tested snow load (IEC61215 test pass)	5,400 Pa

Packaging data	
Modules per pallet	31 pcs
Pallet size (L x W x H)	2,14 m x 1,13 m x 1,24 m
Pallet weight	Approx. 815 kg

General data	
Cells	Half-cut cell mono, 166 mm x 83 mm, 9BB, 2 strings of 72 cells in series
Front glass	Anti-reflective high transmissive low iron tempered glass, 3.2 mm
Frame	Anodized aluminium alloy, silver
Backsheet	White
Cable	ø 4.0 mm ² , length 1,670 mm [or on request (+) 365 mm, (-) 50 mm]
Connection box	IP68 rating, 3 bypass diodes
Connector	C1, IP68

Note: Technical data is subject to change without prior notice. SHARP's products are designed to be used in accordance with the applicable standards and specifications. SHARP is not responsible for damage to users who have been equipped with SHARP products on the basis of outdated information. The speed of our research and development is such that we reserve the right to change specifications without notice.

SHARP Electronics GmbH
 Energy Solutions
 Nagelsweg 33 – 35
 20097 Hamburg, Germany
 T: +49 40 2376 2436
 E: SolarInfo.Europe@sharp.eu

Be Original.

www.sharp.co.uk/solar-energy | @SHARPSolarEMEA

Σχήμα V.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελ που εφαρμόστηκαν στο TEE-KENAK.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΝΕΡΟΥ / ΝΕΡΟΥ -ΝΕΡΟΥ- WDH



WDH

Από 48,2 έως 417,4 kW
στη θέρμανση



C.O.P.≥5,1

Οι αντλίες θερμότητας WDH είναι κατάλληλες για γεωθερμικές εφαρμογές υψηλών θερμικών ή ψυκτικών απαιτήσεων είτε με υδρογεώτρηση είτε με κατακόρυφους γήινους εναλλάκτες.

Τα μηχανήματα αυτά είναι ειδικά σχεδιασμένα για χρήση όπου ζητείται μέγιστη απόδοση σε θερμαντική ισχύ, με μέγιστη θερμοκρασία προσαγωγής έως **60°C**.

Οι WDH διατίθενται σε δισωλήνια ή τετρασωλήνια έκδοση.

Και οι δύο εκδόσεις έχουν την δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Η WDH ρυθμίζει μία εξωτερική τρίοδη βάνα, ενώ η έκδοση **SW6** παράγει ζεστό νερό ανεξάρτητα από την λειτουργία της μονάδας.

Όλα τα μοντέλα διατίθενται και στην έκδοση παθητικής ψύξης (**FC**), όπου η ψύξη επιτυγχάνεται κρυώνοντας το νερό της ψύξης απευθείας με το νερό της γεώτρησης μέσω ενός εναλλάκτη χωρίς την χρήση του συμπιεστή εξοικονομώντας το μέγιστο σε ενέργεια τους καλοκαιρινούς μήνες.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ

- **WDH:** μόνο θέρμανση
- **WDH/SW5:** μόνο θέρμανση + παραγωγή ζεστών νερών χρήσης.
- **WDH/RV: Reversible** θέρμανση/ψύξη.
- **WDH/RV/SW6: Reversible** θέρμανση/ψύξη + ανεξάρτητη παραγωγή ζεστών νερών χρήσης.

ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ

- Έκδοση LS χαμηλού θορύβου
- FC έκδοση παθητικής ψύξης (διατίθεται σε όλες τις εκδόσεις, **WDH/FC, WDH/FC/SW5, WDH/FC/RV, WDH/FC/RV/SW6**)
- Έξοδοι για κυκλοφορητές (θέρμανσης, ZNX)
- Ηλεκτρονικός εξομαλυντής εκκίνησης
- Αντικραδασμικές βάσεις
- Απορροφητή ταλαντώσεων
- Μανόμετρα ψυκτικού υγρού
- Τηλεχειρισμός
- Σειριακή κάρτα υποδοχής RS 485
- Ρυθμιστική βαλβίδα εξισορρόπησης, για την ρύθμιση της παροχής του νερού της γεώτρησης (4-20 mA, 0-10V).

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΑΔΑΣ WDH

ΜΟΝΤΕΛΑ WDH/WDH SW6		039	045	050	060	070	080	090	110	120	130
Θερμική ισχύς ⁽¹⁾	kW	48,2	58,7	67,9	75,8	83,7	101,7	118,4	135,2	152,3	169,5
Ονομαστική ισχύς (EN14511) ⁽²⁾	kW	9,4	11,4	12,9	14,6	16,2	19,4	22,5	25,7	28,9	32,1
C.O.P (EN14511) ⁽¹⁾		5,1	5,1	5,3	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3
Παροχή δευτερεύοντος (χρήστη-user) ⁽¹⁾	m ³ /h	8,3	10,1	11,7	13,1	14,4	17,5	20,4	23,3	26,2	29,2
Παροχή νερού πηγής (source) ⁽¹⁾	m ³ /h	6,68	8,2	9,5	10,5	11,6	14,1	16,5	18,9	21,2	23,6
Θερμική ισχύς ⁽²⁾	kW	36,2	43,8	51,0	57,3	63,5	76,9	88,2	102,0	114,6	124,7
Ονομαστική ισχύς (EN14511) ⁽²⁾	kW	9,2	11,1	12,7	14,3	15,7	18,8	21,6	24,5	27,6	30,5
C.O.P (EN14511) ⁽²⁾		3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,1
Ψυκτική ισχύς ⁽³⁾	kW	56,2	70,2	82,8	86,9	101,8	123,1	143,4	157,0	185,6	207,3
Ονομαστική ισχύς (EN14511) ⁽³⁾	kW	9,9	12,1	13,7	15,8	17,9	21,3	24,5	27,8	31,7	35,6
E.E.R (EN14511) ⁽³⁾		5,7	5,8	6,0	5,5	5,7	5,8	5,9	5,6	5,9	5,8
Ψυκτική ισχύς ⁽⁴⁾	kW	41,1	50,0	58,0	64,6	71,2	86,9	101,2	115,6	130,3	145,1
Ονομαστική ισχύς (EN14511) ⁽⁴⁾	kW	9,8	11,9	13,5	15,3	17,0	20,3	23,6	27,0	30,3	33,6
E.E.R (EN14511) ⁽⁴⁾		4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Ισχύς free cooling ⁽⁵⁾	kW	24,0	28,0	33,0	37,0	41,0	50,0	58,0	66,0	74,0	83,0
Τροφοδοσία	V/Ph/Hz	400V/3φ/50Hz									
Ονομαστικό Ρεύμα	A	27,0	30,6	32,0	34,7	37,4	47,2	53,9	58,4	67,3	76,4
Peak ρεύμα	A	116,0	143,0	149,0	189,0	194,0	230,0	257,0	266,0	313,0	324,0
Max ρεύμα λειτουργίας	A	34,0	40,0	44,0	49,0	54,0	64,0	73,0	82,0	93,0	104,0
Συμπίεστες / Ποσότητα/Κυκλώματα		Scroll/2/1									
Βήματα ισχύος		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Κυκλοφορητής	kW	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5	2,2	2,2	2,2
Στατική Πίεση	kPa	155	130	100	80	60	105	65	80	60	50
Ηχητική ισχύς εξωτερικής μονάδας ⁽⁶⁾	dB(A)	80	80	81	82	82	83	83	84	84	85
Ηχητική πίεση εξωτερικής μονάδας ⁽⁷⁾	dB(A)	52	52	53	54	54	55	55	56	56	57

Σχήμα V.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε στο TEE-KENAK.