



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Διπλωματική εργασία

«Παραμετρική ανάλυση βέλτιστων ενεργειακών εφαρμογών σε κτίριο με χρήση του λογισμικού DesignBuilder»

Κωνσταντίνος Γρηγορόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής: Χρήστος Τζιβανίδης

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2021



## Ευχαριστίες

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρήστο Τζιβανίδη για την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας και την άμεση ανταπόκρισή του όποτε παρέστη ανάγκη, ιδίως λόγω της εξ αποστάσεως μελέτης εξαιτίας των έκτακτων συνθηκών της πανδημίας του κορωνοϊού.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Γιώργο Μητσόπουλο για την ενθάρρυνση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε από την αρχή μέχρι το τέλος αυτής της εργασίας, ιδιαίτερα σε σχέση με τη χρήση του λογισμικού DesignBuilder.

Την παρούσα εργασία αφιερώνω στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή της καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η παραμετρική ανάλυση βάσει διαφόρων επεμβάσεων σε κτίριο κατοικιών στην Παιανία Αττικής, με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης DesignBuilder. Σκοπός είναι να εντοπισθεί η λιγότερο ενεργοβόρα, καθώς και η οικονομικά πιο συμφέρουσα προτεινόμενη λύση για τις χρήσεις του συγκεκριμένου κτιρίου.

Καταρχάς έγινε παρουσίαση των χαρακτηριστικών του λογισμικού DesignBuilder που βασίζεται στο EnergyPlus και του τρόπου εισαγωγής παραμέτρων στο πρόγραμμα προσομοίωσης.

Ακολούθησε αναλυτική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, του κελύφους, της διαμόρφωσης των εσωτερικών χώρων του και των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και παροχής ζεστού νερού χρήσης, ώστε να παρουσιαστεί η υπάρχουσα κατάσταση.

Στη συνέχεια το κτίριο μοντελοποιήθηκε στο πρόγραμμα DesignBuilder και εξετάστηκαν 26 διαφορετικά σενάρια επεμβάσεων σε αυτό. Συγκεκριμένα, οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν στα διάφορα σενάρια, αφορούν στην τοποθέτηση: μονών ή διπλών υαλοπινάκων, κουφωμάτων αλουμινίου με ή χωρίς θερμοδιακοπή, μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 ή 8 εκατοστών, λέβητα πετρελαίου συμπύκνωσης ή αντλίας θερμότητας αέρα-νερού, σωμάτων καλοριφέρ ή ενδοδαπέδιας θέρμανσης, ηλεκτρικού boiler ή ηλιακού θερμοσίφωνα για ΖΝΧ και τέλος φωτοβολταϊκών στη στέγη.

Εξήχθησαν, κατόπιν, τα αποτελέσματα των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, βάσει των υπό εξέταση επεμβάσεων σε αυτό και ακολούθησε σύγκριση των αποτελεσμάτων, ώστε να εντοπισθεί η αποδοτικότερη ενεργειακά λύση.

Τέλος, έγινε οικονομική ανάλυση των επεμβάσεων, που αντιστοιχούν στα 26 αυτά σενάρια και εξήχθησαν αποτελέσματα για το κόστος κύκλου ζωής του κάθε σεναρίου (LCCA,) ώστε να βρεθεί η βέλτιστη οικονομικά λύση για χρονική διάρκεια 15 ετών.

## **Abstract**

The subject of this thesis is the parametric analysis based on various interventions in a residential building in Peania, Attica, using the DesignBuilder simulation software. The purpose is to identify the least energy consuming, as well as the most cost-effective solution for the uses of this building.

First, the features of the DesignBuilder software, which is based on the EnergyPlus, as well as the way to enter parameters into the simulation program, were presented.

This was followed by a detailed description of the case study building, its shell, the configuration of its interiors and the heating, cooling and hot water supply systems, in order to present the current situation.

The building was then modeled in the DesignBuilder program and 26 different intervention scenarios were considered. Specifically, the interventions studied in the various scenarios, concern the installation of: single or double glazing, aluminum frames with or without thermal break, insulation on the exterior walls with extruded polystyrene XPS thickness 5 or 8 cm, condensing oil boiler or air-to-water heat pump, radiators or underfloor heating, electric boiler or solar water heater for DHW and finally photovoltaics on the roof.

The results of the energy consumption of the building were then extracted, based on the interventions under consideration, followed by a comparison of the results, in order to identify the most energy efficient solution.

Finally, a financial analysis of the interventions, corresponding to these 26 scenarios, was performed and results were extracted for the life cycle cost of each scenario (LCCA), in order to find the best financial solution for a study period of 15 years.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Λογισμικό προσομοίωσης Designbuilder.....	10
1.1. Γενικά χαρακτηριστικά.....	10
1.1.1. Περιβάλλον του DesignBuilder.....	11
1.1.2. Υπολογισμοί στο DesignBuilder .....	14
1.2. Χαρακτηριστικά του EnergyPlus.....	14
1.2.1 Αλγόριθμοι του EnergyPlus.....	17
Κεφάλαιο 2 Κτίριο Κατοικίας .....	25
2.1. Περιγραφή ακινήτου.....	25
2.2. Χώροι του κτιρίου .....	28
2.2.1 Ισόγειο.....	28
2.2.2. 1ος όροφος.....	30
2.3. Δομικά υλικά .....	32
2.4. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	37
2.5. Υαλοπίνακες .....	38
2.6. Θέρμανση και ψύξη του κτιρίου .....	40
2.6.1. Σύστημα θέρμανσης.....	40
2.6.2. Σύστημα διανομής θέρμανσης.....	43
2.6.3. Σύστημα ψύξης.....	44
2.7. Λοιπές καταναλώσεις ρεύματος .....	46
2.7.1. Ηλεκτρικές συσκευές.....	46
2.7.2. Εσωτερικός φωτισμός .....	46
Κεφάλαιο 3 Μοντελοποίηση του κτιρίου στο DesignBuilder .....	47
3.1. Σχεδιασμός κτιρίου .....	47
3.2. Δομικά υλικά .....	51
3.3. Σύστημα θέρμανσης και ψύξης .....	55
3.4. Χρήση κτιρίου.....	59
3.4.1. Εσωτερικός φωτισμός .....	59
3.4.2. Πληρότητα.....	60
3.4.3. Ηλεκτρικές συσκευές.....	61
3.4.4. Αεροστεγανότητα.....	61
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα ενεργειακής μελέτης .....	63
4.1.1. Υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 1) .....	70
4.1.2. Σενάριο 2 .....	71
4.1.3. Σενάριο 3 .....	72

4.1.4. Σενάριο 4 .....	73
4.1.5. Σενάριο 5 .....	74
4.1.6. Σενάριο 6 .....	76
4.1.7. Σενάριο 7 .....	77
4.1.8. Σενάριο 8 .....	78
4.1.9. Σενάριο 9 .....	79
4.1.10. Σενάριο 10 .....	80
4.1.11. Σενάριο 11 .....	81
4.1.12. Σενάριο 12 .....	82
4.1.13. Σενάριο 13 .....	83
4.1.14. Σενάριο 14 .....	84
4.1.15. Σενάριο 15 .....	85
4.1.16. Σενάριο 16 .....	86
4.1.17. Σενάριο 17 .....	87
4.1.18. Σενάριο 18 .....	88
4.1.19. Σενάριο 19 .....	89
4.1.20. Σενάριο 20 .....	90
4.1.21. Σενάριο 21 .....	91
4.1.22. Σενάριο 22 .....	92
4.1.23. Σενάριο 23 .....	93
4.1.24. Σενάριο 24 .....	94
4.2. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων καταναλώσεων .....	96
Κεφάλαιο 5 Οικονομική ανάλυση .....	104
5.1. Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων από οικονομική σκοπιά .....	108
5.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 1) .....	108
5.1.2. Σενάριο 2 .....	109
5.1.3. Σενάριο 3 .....	111
5.1.4. Σενάριο 4 .....	112
5.1.5. Σενάριο 5 .....	114
5.1.6. Σενάριο 6 .....	116
5.1.7. Σενάριο 7 .....	117
5.1.8. Σενάριο 8 .....	119
5.1.9. Σενάριο 9 .....	120
5.1.10. Σενάριο 10 .....	122
5.1.11. Σενάριο 11 .....	123
5.1.12. Σενάριο 12 .....	125

5.1.13. Σενάριο 13 .....	126
5.1.14. Σενάριο 14 .....	128
5.1.15. Σενάριο 15 .....	129
5.1.16. Σενάριο 16 .....	131
5.1.17. Σενάριο 17 .....	132
5.1.18. Σενάριο 18 .....	134
5.1.19. Σενάριο 19 .....	136
5.1.20. Σενάριο 20 .....	137
5.1.21. Σενάριο 21 .....	138
5.1.22. Σενάριο 22 .....	140
5.1.23. Σενάριο 23 .....	142
5.1.24. Σενάριο 24 .....	143
5.2. Φωτοβολταϊκό σύστημα .....	145
5.2.1 Σενάριο 25 .....	145
5.2.2. Σενάριο 26 .....	147
5.3. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων οικονομικής ανάλυσης .....	149
Κεφάλαιο 6 Τελικά συνοπτικά συμπεράσματα .....	155
Κεφάλαιο 7 Πηγές .....	156

## Πίνακες

Πίνακας 2.1.....	29
Πίνακας 2.2.....	30
Πίνακας 2.3.....	33
Πίνακας 2.4.....	34
Πίνακας 2.5.....	34
Πίνακας 2.6.....	35
Πίνακας 2.7.....	35
Πίνακας 2.8 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων, TOTEE 20701-1/2017 -TEE .....	39
Πίνακας 2.9 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων, TOTEE 20701-1/2017 -TEE .....	39
Πίνακας 2.10 Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα, TOTEE 20701-1/2017 -TEE .....	39
Πίνακας 3.1.....	61
Πίνακας 3.2 Απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης, TOTEE 20701-1/2017 -TEE .....	62
Πίνακας 4.1 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με μονούς υαλοπίνακες .....	97
Πίνακας 4.2 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με διπλούς υαλοπίνακες .....	98



Πίνακας 4.3 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων με διαχωρισμό ως προς την μόνωση .....	99
Πίνακας 4.4 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων .....	100
Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων .....	151

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1 Περιβάλλον DesignBuilder .....	11
Εικόνα 1.2 Περιβάλλον απλού HVAC .....	13
Εικόνα 1.3 Περιβάλλον Detailed HVAC .....	13
Εικόνα 1.4 Δεδομένα εξόδου σε μορφή διαγραμμάτων (Simulation).....	14
Εικόνα 1.5 Σχηματική αναπαράσταση της προσομοίωσης στο EnergyPlus .....	16
Εικόνα 1.6 Σχηματική αναπαράσταση της ταυτόχρονης λύσης .....	16
Εικόνα 1.7 Σχηματική απεικόνιση συνολικής σκίασης .....	21
Εικόνα 1.8 Αναπαράσταση ηλιακής θέσης .....	21
Εικόνα 1.9 Σύστημα συντεταγμένων EnergyPlus .....	22
Εικόνα 1.10 Επικαλυπτόμενες επιφάνειες.....	23
Εικόνα 1.11 Πολλαπλές επικαλύψεις σκίασης .....	23
Εικόνα 2.1 Τοποθεσία ακινήτου στον χάρτη .....	25
Εικόνα 2.2 Βόρεια όψη (ΠΡΟΣΟΨΗ – ΟΨΗ ‘Α) .....	26
Εικόνα 2.3 Νότια όψη (ΟΨΗ ‘Γ).....	26
Εικόνα 2.4 Πλάγια δεξιά όψη (ΟΨΗ ‘Β) .....	27
Εικόνα 2.5 Πλάγια δεξιά όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 2-2’) .....	27
Εικόνα 2.6 Πλάγια αριστερή όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 1-1’).....	28
Εικόνα 2.7 Κάτοψη κτιρίου .....	29
Εικόνα 2.8 Κάτοψη 1 <sup>ου</sup> ορόφου .....	31
Εικόνα 2.9 Κάτοψη στέγης .....	32
Εικόνα 2.10 Κλιματικές ζώνες, TOTEE 20701-3/2010 -TEE .....	37
Εικόνα 2.11 Χάρτης κλιματικών ζωνών, TOTEE 20701-3/2010 -TEE.....	37
Εικόνα 2.12 Η βασική διάταξη ενός συστήματος θέρμανσης με νερό.....	40
Εικόνα 2.13 Λειτουργία λέβητα συμπύκνωσης .....	42
Εικόνα 2.14 Λέβητας πετρελαίου συμπύκνωσης του υπό μελέτη κτιρίου .....	43
Εικόνα 2.15 Σώμα καλοριφέρ ακτινοβολίας τύπου πάνελ .....	43
Εικόνα 2.16 Split air conditioner .....	44
Εικόνα 2.17 Multi split air conditioner .....	45
Εικόνα 3.1 Σχεδιασμός κτιρίου.....	47
Εικόνα 3.2 Προσομοίωση κτιρίου στην πραγματικότητα (Visualise) .....	47
Εικόνα 3.3 Κάτοψη κτιρίου .....	48
Εικόνα 3.4 Βόρεια όψη κτιρίου .....	48
Εικόνα 3.5 Βόρεια όψη σχεδιασμένου και φωτογραφία πραγματικού κτιρίου .....	49
Εικόνα 3.6 Πλάγια δεξιά όψη κτιρίου .....	49
Εικόνα 3.7 Πίσω όψη κτιρίου .....	49
Εικόνα 3.8 Πλάγια αριστερή όψη .....	50
Εικόνα 3.9 1ος όροφος εσωτερικό .....	50
Εικόνα 3.10 Ισόγειο εσωτερικό .....	51
Εικόνα 3.11 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου.....	52
Εικόνα 3.12 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εσωτερικού τοίχου .....	52
Εικόνα 3.13 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά πατώματος ισογείου .....	53

Εικόνα 3.14 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά πατώματος 1 <sup>ου</sup> ορόφου .....	53
Εικόνα 3.15 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά σκεπής 1 <sup>ου</sup> ορόφου .....	54
Εικόνα 3.16 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά ταβανιού 1 <sup>ου</sup> ορόφου .....	54
Εικόνα 3.17 Χαρακτηριστικά παραθύρων με μονό υαλοπίνακα.....	55
Εικόνα 3.18 Set points Θέρμανσης και Ψύξης.....	55
Εικόνα 3.19 Σύστημα θέρμανσης και ψύξης.....	56
Εικόνα 3.20 Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης.....	57
Εικόνα 3.21 Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης    Εικόνα 3.22 Χαρακτηριστικά μπόιλερ.....	57
Εικόνα 3.23 Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης    Εικόνα 3.24 Χαρακτηριστικά συστήματος συμπυκνωτή .....	58
Εικόνα 3.25 Πρόγραμμα θέρμανσης.....	58
Εικόνα 3.26 Πρόγραμμα ψύξης.....	59
Εικόνα 3.27 Στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011.....	59
Εικόνα 3.28 Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lux .....	59
Εικόνα 3.29 Πρόγραμμα φωτισμού .....	60
Εικόνα 3.30 Πρόγραμμα πληρότητας κτιρίου.....	60
Εικόνα 3.31 Πρόγραμμα διακοπών.....	61
Εικόνα 3.32 Αεροστεγανότητα.....	62
Εικόνα 3.33 Φυσικός αερισμός.....	62
Εικόνα 4.1 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου με 5cm μόνωση .....	63
Εικόνα 4.2 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου με 8cm μόνωση .....	63
Εικόνα 4.3 Χαρακτηριστικά παραθύρων με διπλό υαλοπίνακα.....	64
Εικόνα 4.4 Τομή ενδοδαπέδιας θέρμανσης.....	65
Εικόνα 4.5 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά ενδοδαπέδιας θέρμανσης.....	66
Εικόνα 4.6 Σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας αέρα-νερού και σύστημα ψύξης....	67
Εικόνα 4.7 Ηλιακός θερμοσίφωνας .....	70
Εικόνα 5.1 Εφαρμογή φωτοβολταϊκών στο υπό μελέτη κτίριο .....	145

# Κεφάλαιο 1 Λογισμικό προσομοίωσης Designbuilder

## 1.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά του λογισμικού DesignBuilder. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα εύχρηστο εργαλείο, που διευκολύνει στη διαδικασία τρισδιάστατης προσομοίωσης κτιρίων και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση ενεργειακών καταναλώσεων και δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας. Επιτρέπει τη σύγκριση των εναλλακτικών κατασκευαστικών επιλογών ως προς τη λειτουργικότητα και την αποδοτικότητα, για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

Είναι ένα software ιδιαίτερα καινοτόμο και φιλικό προς το χρήστη, που παρέχει τη δυνατότητα στους μηχανικούς να εξάγουν εξαιρετικά ακριβή αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα και γι'αυτό έχει κερδίσει σημαντικό μερίδιο της αγοράς. Το βασικό πλεονέκτημά του είναι ότι συνδυάζει την εύκολη και γρήγορη 3D απεικόνιση ακόμα και του πιο περίπλοκου κτιρίου με την δυναμική ενεργειακή προσομοίωσή του. Αρκεί η εισαγωγή λίγων παραμέτρων για την παροχή μιας ευρείας γκάμας δυνατοτήτων για την σχεδίαση μέχρι την πιο μικρή λεπτομέρεια.<sup>1</sup>

Κάθε κτίριο είναι ένα περίπλοκο αντικείμενο από θερμοδυναμική σκοπιά, το οποίο περιλαμβάνει διαρκώς μεταβαλλόμενες ενεργειακές ροές ανάμεσα στις διαφορετικές θερμικές ζώνες,<sup>2</sup> τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του.<sup>3</sup>

Το πρόγραμμα DesignBuilder χρησιμοποιείται ιδίως από μηχανικούς, αρχιτέκτονες, συμβούλους ενεργειακής αναβάθμισης και ερευνητές, για την οπτικοποίηση και μοντελοποίηση ενός κτιρίου και της τοποθεσίας με τους ακόλουθους κυρίως σκοπούς:

- την εύρεση των βέλτιστων επιλογών προσόψεων και μονώσεων όσον αφορά στην θέρμανση, την ενεργειακή κατανάλωση και σκίαση,
- την βελτιστοποίηση της αξιοποίησης του ηλιακού φωτός και τον προσδιορισμό της μείωσης καταναλώσεων ηλεκτρικού ρεύματος,
- την θερμική προσομοίωση κτιρίων με φυσικό και μηχανικό αερισμό,
- τον υπολογισμό της πίεσης και θερμοκρασίας μέσα και γύρω από το κτίριο,
- τον προσδιορισμό της ισχύος του κατάλληλου εξοπλισμού ψύξης και θέρμανσης

Το DesignBuilder αυτόματα, με τον καθορισμό της θέσης του ακινήτου, εντοπίζει τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν, «κατεβάζοντας» το σχετικό αρχείο για τον

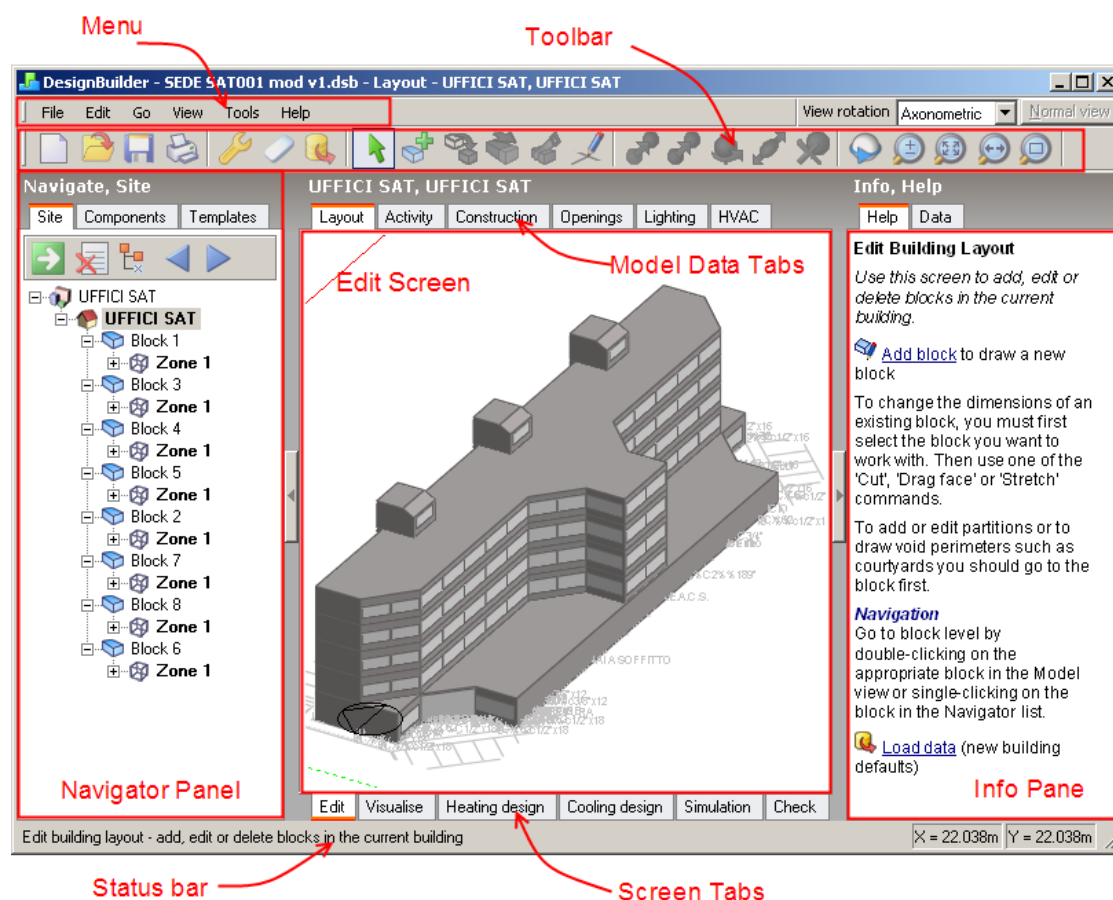
---

<sup>1</sup> Εκπαιδευτικό υλικό για την εκμάθηση του προγράμματος έχει εκπονηθεί από τον Christoph Reinhart και είναι διαθέσιμο στον ιστότοπο του MIT, όπου εργάζεται πλέον μετά την αποχώρησή του από το Harvard GSD.

<sup>2</sup> Σύμφωνα με τα άρθρο 3 του ΚΕΝΑΚ ορίζεται ως «Θερμική ζώνη κτιρίου: οι χώροι στους οποίους διαιρείται ένα κτίριο ανάλογα με τις απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και τη χρήση τους». Πρόκειται για τους όγκους αέρα κοινής θερμοκρασίας με κριτήρια τη χρήση και τη θέση κάθε χώρου στο κτίριο.

<sup>3</sup> Diego Ibarra|Christoph Reinhart, Harvard Graduate School of Design, DesignBuilder//EnergyPlus Tutorial #1, EnergyModelling\_GettingStarted.pdf, διαθέσιμο στον ιστότοπο <https://docplayer.net/18781729-Diego-ibarra-christoph-reinhart-harvard-graduate-school-of-design.html>

καιρό.<sup>4</sup> Ο χρήστης εισάγει στο πρόγραμμα τα δεδομένα του κτιρίου, τα οποία μπορεί να προσδιορίσει με λεπτομέρεια, όπως τα δομικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας και των κουφωμάτων και υαλοπινάκων.<sup>5</sup>



Εικόνα 1.1 Περιβάλλον DesignBuilder

### 1.1.1. Περιβάλλον του DesignBuilder

Στο πρόγραμμα εμφανίζονται δύο γραμμές εργαλείων, μία για την εισαγωγή δεδομένων (στο πάνω μέρος της οθόνης) και μία για την εξαγωγή αποτελεσμάτων (στο κάτω μέρος της οθόνης)<sup>6</sup>:

A) Η γραμμή εργαλείων εισαγωγής δεδομένων στο DesignBuilder περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:

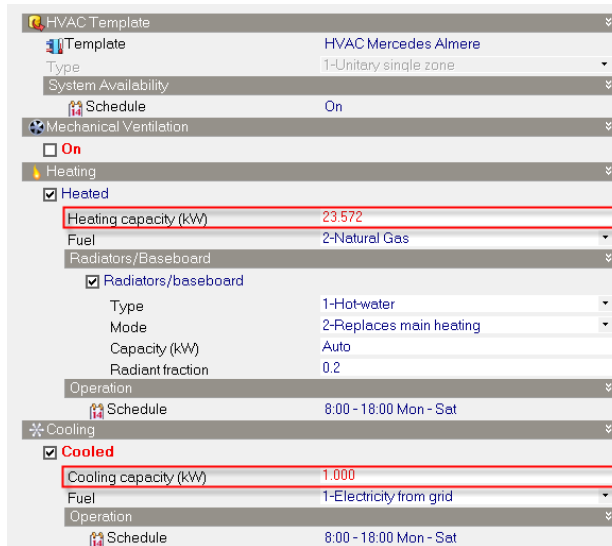
<sup>4</sup> Σημαντικά δεδομένα, όπως η έκθεση στον άνεμο, η απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας και ο προσανατολισμός του κτιρίου, μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμα από το χρήστη. Βλ. εγχειρίδιο

χρήστη, σελ.184επ., [http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder\\_2.1\\_Users-Manual\\_Ltr.pdf](http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf).

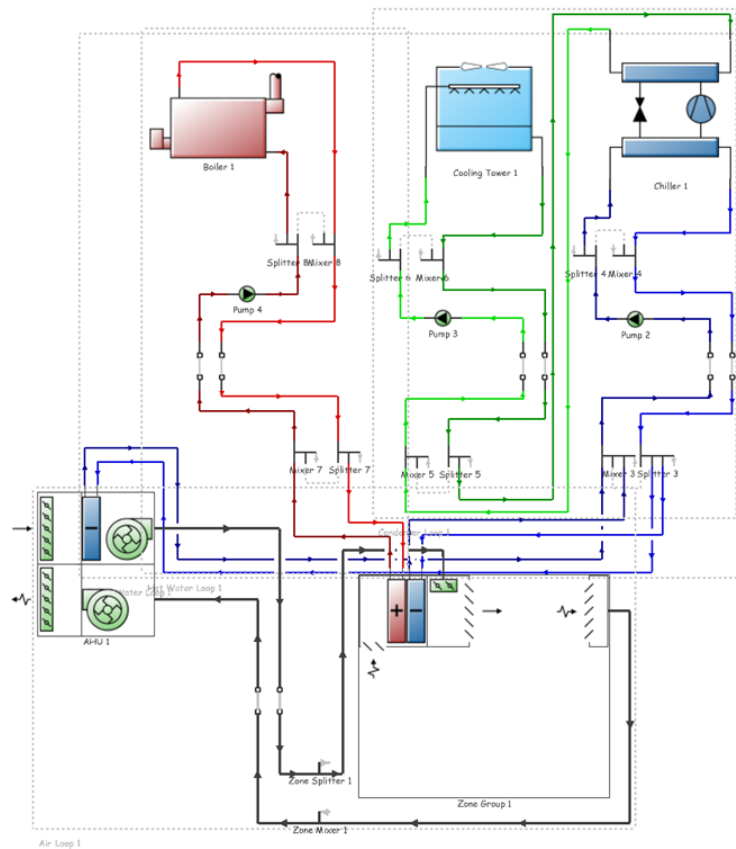
<sup>5</sup> [http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder\\_2.1\\_Users-Manual\\_Ltr.pdf](http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf)

<sup>6</sup> Βλ. και εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος, σελ. 401 επ., διαθέσιμο στο [http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder\\_2.1\\_Users-Manual\\_Ltr.pdf](http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf).

- *Activity*: Εισάγονται δεδομένα για τη χρήση του κτιρίου, όπως για παράδειγμα, κατοικία, κτίριο γραφείων, νοσοκομείο, καθώς και δεδομένα για τον πιθανό αριθμό ατόμων στο εσωτερικό του (πληρότητα σε ανθρώπους) και το είδος ηλεκτρικών συσκευών που θα τοποθετηθούν. Καθορίζονται, επίσης, οι επιθυμητές θερμοκρασίες ψύξης και θέρμανσης στους θερμοστάτες.
- *Construction*: Εισάγονται κατασκευαστικά δεδομένα του κελύφους του κτιρίου. Ειδικότερα τα δομικά υλικά και η διαστρωμάτωση (layer by layer) της εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας, των δαπέδων και των οροφών ή σκεπών.
- *Openings*: Εισάγονται τα δομικά δεδομένα για τις πόρτες, τα παράθυρα και τους αεραγωγούς του κτιρίου, όπως τα κουφώματα (από αλουμίνιο ή ξύλο με ή χωρίς θερμοδιακοπή), οι μονοί ή διπλοί υαλοπίνακες.
- *Lighting*: Εισάγονται τα δεδομένα, που αφορούν στον φωτισμό, όπως η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και η λειτουργία του συστήματος φωτισμού του κτιρίου.
- *HVAC*: Εισάγονται δεδομένα σχετικά με το σύστημα ψύξης και θέρμανσης, την παροχή ζεστού νερού και την ύπαρξη φυσικού ή τεχνητού αερισμού του κτιρίου με δυνατότητα εξειδικευμένου προσδιορισμού σε κάθε δωμάτιο. Ειδικότερα όσον αφορά στο HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), παρέχονται δύο δυνατότητες από το πρόγραμμα, η απλή (Simple) και η λεπτομερής (Detailed), ανάλογα με το αν επιθυμεί ο χρήστης να δώσει έμφαση στις θερμικές απώλειες του κελύφους του κτιρίου και όχι στις καταναλώσεις (στην περίπτωση αυτή γίνεται εφαρμογή της απλής επιλογής) ή στην σύγκριση των πιθανών ενεργειακών καταναλώσεων για την κάλυψη των αναγκών ψύξης και θέρμανσης, ανάλογα με το είδος, τα χαρακτηριστικά και το βαθμό απόδοσης του εξοπλισμού που θα επιλεγεί (στην δεύτερη αυτή περίπτωση γίνεται εφαρμογή της επιλογής Detailed). Η επιλογή Simple εξυπηρετεί κυρίως αρχιτέκτονες για την μελέτη των κατάλληλων δομικών υλικών και ανοιγμάτων του κτιρίου, ενώ η επιλογή Detailed εξυπηρετεί κυρίως Μηχανικούς που μελετούν διάφορα σενάρια για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και τις ανάγκες του για θέρμανση ή και ψύξη. Η επιλογή Detailed παρέχει μεγάλη ευελιξία όσον αφορά στη μελέτη συστημάτων κλιματισμού, θέρμανσης, ψύξης, παροχής ζεστού νερού χρήσης κ.ό.κ. στο υπό μελέτη κτίριο.



Εικόνα 1.2 Περιβάλλον απλού HVAC



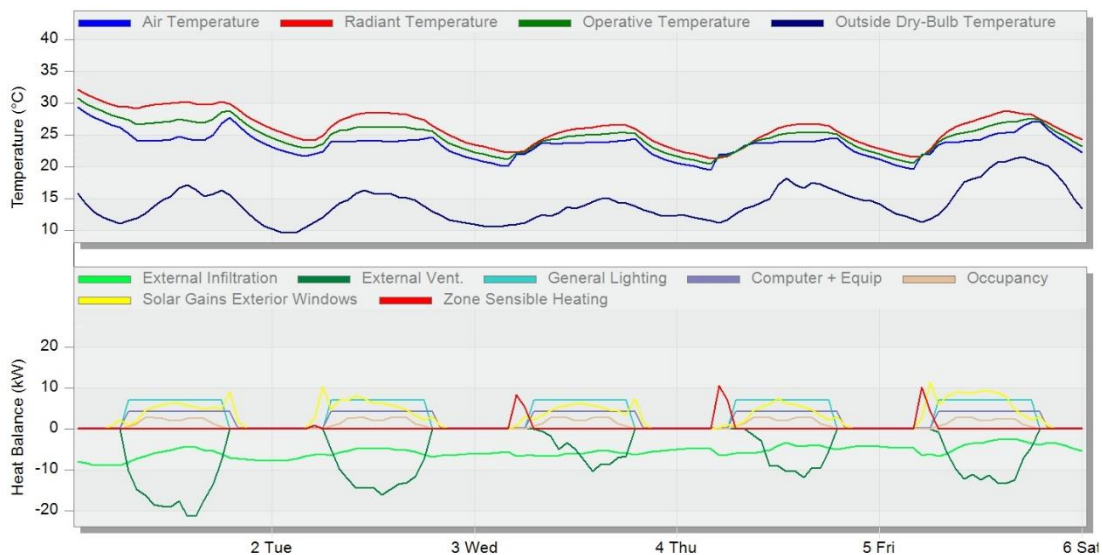
Εικόνα 1.3 Περιβάλλον Detailed HVAC

Β) Η γραμμή εργαλείων εξαγωγής δεδομένων από το DesignBuilder περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- *Visualise*: Με το οποίο παρέχεται η δυνατότητα τρισδιάστατης οπτικοποίησης του συνόλου του κτιρίου και των φωτοσκιάσεων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.
- *Heating Design*: Με το οποίο πραγματοποιείται υπολογισμός της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εσωτερικού χώρου του κτιρίου και εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ρυθμίζοντας την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία στο θερμοστάτη εμφανίζεται το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Ο υπολογισμός γίνεται για κάθε δωμάτιο ή για το σύνολο του κτιρίου.

- *Cooling Design*: Με το οποίο πραγματοποιείται υπολογισμός του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου για κάθε δωμάτιο ή για το σύνολο του κτιρίου.
- *Simulation*: Με το οποίο πραγματοποιείται η προσομοίωση. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται είτε με τη μορφή διαγραμμάτων είτε με τη μορφή πινάκων σε χρονική κλίμακα που μπορεί να επιλεγεί από το χρήστη, με διαβάθμιση από μηνιαία μέχρι ωριαία, με ανάλογη διαβάθμιση και στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ο χρήστης επιλέγει χρονικά όρια εκτέλεσης της προσομοίωσης όσο συντομότερο είναι το χρονικό διάστημα, τόσο μεγαλύτερος είναι χρόνος αναμονής, αλλά και ακριβέστερη η προσομοίωση.



Εικόνα 1.4 Δεδομένα εξόδου σε μορφή διαγραμμάτων (Simulation)

### 1.1.2. Υπολογισμοί στο DesignBuilder

Το λογισμικό DesignBuilder βασίζεται στην πιο πρόσφατη έκδοση του EnergyPlus για την πραγματοποίηση των υπολογισμών. Το DesignBuilder επιτρέπει στο EnergyPlus να ενεργήσει ως υπολογιστικός μηχανισμός για την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, προσφέροντας ένα εικονικό περιβάλλον όπου τα διάφορα συστήματα του κτιρίου επιδέχονται προσδιορισμό, μέτρηση και βελτίωση. Ολοκληρωμένες ενεργειακές και κλιματικές αναλύσεις συμπεριλαμβάνονται για την εκτίμηση των νέων πιθανών συστημάτων ενός κτιρίου.<sup>7</sup>

## 1.2. Χαρακτηριστικά του EnergyPlus

Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα τρίτης γενιάς για την ενεργειακή προσομοίωση και ανάλυση κτιρίων, που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 2001 από το

<sup>7</sup> «Parametric Analysis of Thermal Comfort and Energy Efficiency in Building in Subtropical Climate» Ashfaque Ahmed Chowdhury, ... M.M.K. Khan, in Thermofluid Modeling for Energy Efficiency Applications, 2016 διαθέσιμο σε <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energyplus>

Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. για την μοντελοποίηση της θέρμανσης, της ψύξης, του φωτισμού, του αερισμού και γενικά της ενεργειακής ροής των κτιρίων.<sup>8</sup> Πρόκειται για ένα λογισμικό προσομοίωσης που αναλύει ενεργειακά τον κτιριακό χώρο και αποτελεί σύστημα ταυτόχρονης και ολοκληρωμένης προσομοίωσης (integrated simulation).<sup>9</sup>

Χρησιμοποιώντας το EnergyPlus μηχανικοί και ερευνητές μπορούν να υπολογίσουν την κατανάλωση και την αποθήκευση ενέργειας σε διάφορα κτίρια, βασιζόμενοι στα δεδομένα που εισάγονται (in-puts) και τα δεδομένα που ζητείται να εξαχθούν από το πρόγραμμα (out-puts). Μέσω του γραφικού περιβάλλοντος διασύνδεσης χρήστη παρέχεται η δυνατότητα δυναμικής τρισδιάστατης προβολής και επισκόπησης της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Τα δεδομένα των υπολογισμών μπορούν να εμφανιστούν σε μορφή γραφικών διαγραμμάτων ή πινάκων.

Η προσομοιωτική διαδικασία του προγράμματος βασίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της θερμικής ισορροπίας. Αποτελείται από ένα σύνολο προγραμματιστικών ενοτήτων που συνεργάζονται για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη ενός κτιρίου με τη χρήση ποικίλων συστημάτων και ενεργειακών πηγών και σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις λειτουργικές και ανάγκες του κτιρίου.<sup>10</sup> Το προσομοιωτικό λογισμικό του EnergyPlus υπολογίζει τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης και την ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων. Το EnergyPlus υπολογίζει, δηλαδή, σε συνδυασμό με τις κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της τοποθεσίας, την ενεργειακή απόδοση και τις καταναλώσεις των μηχανολογικών εγκαταστάσεων και συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Για την ενεργειακή και περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός κτιρίου EnergyPlus λαμβάνεται υπόψη η διάδραση μεταξύ των δομικών υλικών και των συστημάτων, όπως το κέλυφος του κτιρίου, τα ανοίγματα, ο αερισμός, οι εγκαταστάσεις ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού κλπ. Το λογισμικό υιοθετεί μια διαδικασία πρόβλεψης-διόρθωσης (predictor-corrector technique) για τη διασύνδεση ανάμεσα σε μηχανολογικές εγκαταστάσεις και διαφορετικές ζώνες του κτιρίου, προβλέπει το φορτίο για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας μέσα στη ζώνη και ακολουθεί η προσομοίωση.<sup>11</sup>

Στην προσομοίωση που εκτελείται, όλα τα δεδομένα εισάγονται από τον Διαχειριστή της προσομοίωσης (Integrated Solution Manager) και αλληλοεπιδρούν ταυτόχρονα μεταξύ τους. Είναι ευνόητο ότι η ακρίβεια στην εισαγωγή των δεδομένων αποτελεί προαπαιτούμενο και οι τυχόν ανακρίβειες θα οδηγήσουν και σε αποκλίσεις στα αποτελέσματα HVAC, που θα εξαχθούν.

Η διαδικασία προσομοίωσης στηρίζεται στη χρήση δύο υποπρογραμμάτων, του EP-Launch και του IDFEditor. Το βασικό υποπρόγραμμα του EnergyPlus, το IDFEditor έχει μία μεγάλη εργαλειοθήκη, που βοηθά στην ακρίβεια προσομοίωσης. Επιπλέον η βιβλιοθήκη DataSet,

<sup>8</sup> Για το Energy Plus βλ. [www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/](http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/).

<sup>9</sup> Βλ. EnergyPlus Documentation, Engineering Reference, The Reference to EnergyPlus Calculations, σελ.13 επ., διαθ. [https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs\\_v8.3.0/EngineeringReference.pdf](https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs_v8.3.0/EngineeringReference.pdf).

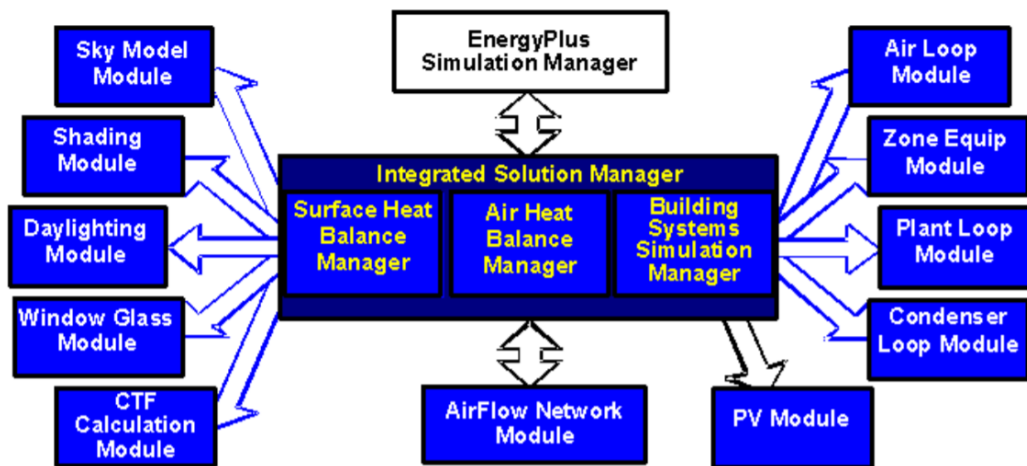
<sup>10</sup> ό.π.σελ.11επ.

<sup>11</sup> «Steady-State and Dynamic Codes, Critical Review, Advantages and Disadvantages, Accuracy, and Reliability» Vincenzo Corrado, Enrico Fabrizio, in Handbook of Energy Efficiency in Buildings, 2019, διαθ. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energyplus>

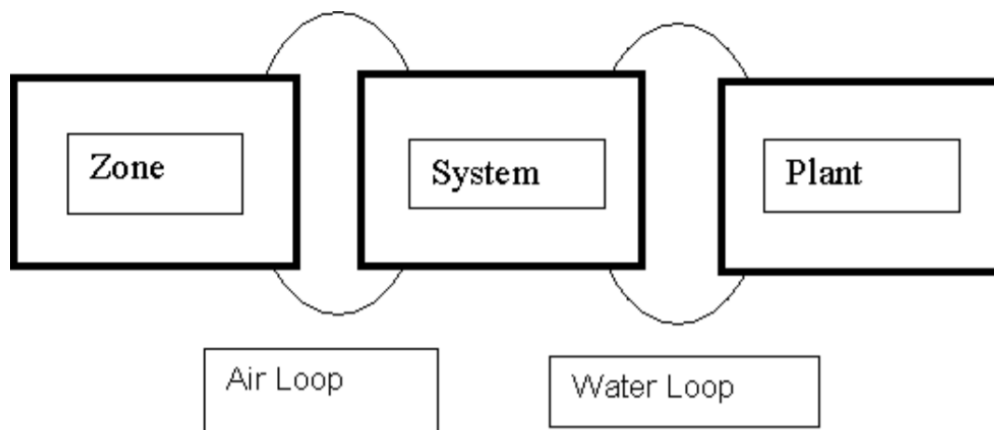


παρέχει στο χρήστη έτοιμα δεδομένα που μπορεί να είναι χρησιμοποιηθούν και στο δικό του μοντέλο.<sup>12</sup>

Το EnergyPlus είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα προσομοίωσης, με γραφικό περιβάλλον όμως όχι ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη (Graphical User Interface- GUI), γι'αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορα προγράμματα που πλαισιώνουν συμπληρωματικά τη λειτουργία προσομοίωσης, όπως το DesignBuilder, που έχει αναπτυχθεί ειδικά γι'αυτό και είναι ιδιαίτερα εύχρηστο από το χρήστη, όπως αναφέρθηκε.



Εικόνα 1.5 Σχηματική αναπαράσταση της προσομοίωσης στο EnergyPlus



Εικόνα 1.6 Σχηματική αναπαράσταση της ταυτόχρονης λύσης

<sup>12</sup> Με δεδομένο ότι το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε στις Η.Π.Α. κυρίως για προσομοίωση μεγάλων κτιρίων όπως νοσοκομεία, σχολεία κ.λ.π. επιθυμητό είναι ο χρήστης να προσαρμόσει όσο το δυνατόν καλύτερα τα δεδομένα της βιβλιοθήκης στις απαιτήσεις του δικού του μοντέλου.

### 1.2.1 Αλγόριθμοι του EnergyPlus<sup>13</sup>

#### Συνάρτηση μεταφοράς αγωγιμότητας

Η πιο βασική λύση χρονοσειρών είναι η εξίσωση του συντελεστή που συσχετίζει τη ροή σε μία επιφάνεια ενός στοιχείου με μια άπειρη σειρά θερμοκρασιών και στις δύο πλευρές, όπως φαίνεται από την εξίσωση:

$$q''_{ko}(t) = \sum_{j=0}^{\infty} X_j T_{o,t-j\delta} - \sum_{j=0}^{\infty} Y_j T_{i,t-j\delta}$$

όπου  $q$  είναι η ροή θερμότητας,  $T$  είναι η θερμοκρασία, το  $i$  συμβολίζει το εσωτερικό του δομικού στοιχείου, το  $o$  συμβολίζει το εξωτερικό του δομικού στοιχείου, το  $t$  αντιπροσωπεύει το τρέχον χρονικό βήμα και  $X$  και  $Y$  είναι οι συντελεστές απόκρισης. Η βασική μορφή της λύσης της συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας είναι η:

$$q''_{ki}(t) = -Z_0 T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Z_j T_{i,t-j\delta} + Y_0 T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nz} \Phi_j q''_{ki,t-j\delta}$$

για την εσωτερική ροή θερμότητας και:

$$q''_{ko}(t) = -Y_0 T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{i,t-j\delta} + X_0 T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} X_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nz} \Phi_j q''_{ko,t-j\delta}$$

Για την εξωτερική ροή θερμότητας. Όπου:

$X_j$ = εξωτερικός συντελεστής συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας,  $j= 0,1,\dots,nz$ .

$Y_j$ = διαγώνιος συντελεστής συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας,  $j= 0,1,\dots,nz$ .

$Z_j$ = εσωτερικός συντελεστής συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας,  $j= 0,1,\dots,nz$ .

$\Phi_j$ = συντελεστής ροής συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας,  $j= 1,2,\dots,nq$ .

$T_i$ = θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας.

$T_o$ = θερμοκρασία εξωτερικής επιφάνειας.

$q''_{ki}$  = ροή θερμικής αγωγιμότητας στην εσωτερική επιφάνεια.

$q''_{ko}$  = ροή θερμικής αγωγιμότητας στην εξωτερική επιφάνεια.

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς των συναρτήσεων μεταφοράς αγωγιμότητας ορίζονται από τον παρακάτω πίνακα γραμμικών εξισώσεων:

<sup>13</sup> [https://energyplus.net/assets/nrel\\_custom/pdfs/pdfs\\_v9.5.0/EngineeringReference.pdf](https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.5.0/EngineeringReference.pdf)  
Κανελλόπουλου Σ. Ιωάννη, διπλωματική εργασία Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση του Συστήματος Κεντρικής Θέρμανσης και Δυνητικών Ενεργειακών Επεμβάσεων στο Κτίριο 'Ο' της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., 2014

$$\frac{d[x]}{dt} = [A][x] + [B][u]$$

$$[y] = [C][x] + [D][u]$$

όπου x είναι ένα διάνυσμα μεταβλητών κατάστασης, u είναι ένα διάνυσμα εισόδου, y είναι το διάνυσμα εξόδου, t είναι ο χρόνος και A, B, C και D είναι συντελεστές πινάκων. Η διατύπωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση της μεταβατικής εξίσωσης θερμικής αγωγιμότητας με την επιβολή ενός πλέγματος πεπερασμένων διαφορών στα διάφορα στρώματα του δομικού στοιχείου που αναλύεται. Σε αυτή την περίπτωση, οι μεταβλητές κατάστασης είναι οι κομβικές θερμοκρασίες, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος (εσωτερικού και εξωτερικού) είναι οι εισοδοί και οι προκύπτουσες ροές θερμότητας και στις δύο επιφάνειες είναι οι έξοδοι. Ακολουθώς, προκύπτει η ακόλουθη μορφή:

$$\frac{d \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix}}{dt} = [A] \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} T_1 \\ T_o \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} q''_i \\ q''_o \end{bmatrix} = [C] \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} + [D] \begin{bmatrix} T_1 \\ T_o \end{bmatrix}$$

όπου T1, T2, ..., Tn-1, Tn είναι οι πεπερασμένες διαφορές κομβικών θερμοκρασιών, n είναι ο αριθμός των κόμβων, Ti και To είναι οι εσωτερικές και εξωτερικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και q''i και q''o είναι οι ροές θερμότητας (επιθυμητό αποτέλεσμα).

#### Θερμική ισορροπία εξωτερικών επιφανειών

Η θερμική ισορροπία στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$q''_{asol} + q''_{LWR} + q''_{conv} - q''_{ko} = 0$$

όπου:

$q''_{asol}$  = απορροφημένη άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ροής θερμότητας.

$q''_{LWR}$  = ακτινοβολία ανταλλαγής ροής με τον αέρα και τον περιβάλλοντα χώρο.

$q''_{conv}$  = ανταλλαγή κατακόρυφης ροής με τον εξωτερικό αέρα.

$q''_{ko}$  = ροή θερμικής αγωγιμότητας εντός του τοίχου. Θερμική ισορροπία εσωτερικών επιφανειών

#### Θερμική ισορροπία εσωτερικών επιφανειών

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της μεθόδου της θερμικής ισορροπίας είναι η εσωτερική θερμική ισορροπία που αφορά τις εσωτερικές όψεις των επιφανειών των ζωνών. Αυτό το θερμικό ισοζύγιο μοντελοποιείται γενικά σε συνδυασμό με τέσσερα συνδυασμένα στοιχεία

μεταφοράς της θερμότητας: 1) αγωγιμότητα μέσω του δομικού στοιχείου, 2) συναγωγή του αέρα, 3) απορρόφηση και αντανάκλαση μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας και 4) ανταλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Η θερμική ισορροπία των εσωτερικών επιφανειών ορίζεται ως:

$$q''_{sw} + q''_{LWX} + q''_{LWS} + q''_{ki} + q''_{sol} + q''_{conv} = 0$$

όπου:

$q''_{LWX}$  = καθαρή ανταλλαγή ροής μακρού μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ των επιφανειών των ζωνών.

$q''_{sw}$  = καθαρή μικρού κύματος ακτινοβολία ροής στις επιφάνειες από το φωτισμό.

$q''_{LWS}$  = μακρού μήκους κύματος ακτινοβολία ροής από τις συσκευές της ζώνης.

$q''_{ki}$  = αγωγιμότητα ροής διαμέσου το τοίχου.

$q''_{sol}$  = εκπεμπόμενη ηλιακή ακτινοβολία ροής απορροφημένη στην επιφάνεια.

$q''_{conv}$  = ροή θερμότητας συναγωγής στον αέρα της ζώνης

#### Ακούσιος αερισμός

Ο ακούσιος αερισμός συνήθως προκαλείται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των εξωτερικών θυρών, τις χαραμάδες γύρω από τα παράθυρα και σε πολύ μικρές ποσότητες ακόμα και μέσα από τα δομικά στοιχεία. Ο αλγόριθμος υπολογισμού είναι ο ακόλουθος:

$$\text{Infiltration} = (I_{\text{design}})(F_{\text{schedule}})[A + B|(T_{\text{zone}} - T_{\text{odb}})| + C(\text{Windspeed}) + D(\text{Windspeed}^2)]$$

Όπου:

$I_{\text{design}}$  = είναι η παροχή όγκου του εξωτερικού αέρα (τιμή σχεδιασμού).

$F_{\text{schedule}}$  = είναι ένας συντελεστής (από 0 ως 1) χρήσης του αερισμού που καθορίζεται για κάθε ώρα της ημέρας του χρόνου από το χρήστη.

$\text{Windspeed}$  = είναι η ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στην περιοχή στην οποία είναι κατασκευασμένο το κτίριο.

$T_{\text{zone}}$  = είναι η θερμοκρασία του χώρου.

$T_{\text{odb}}$  = είναι η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του περιβάλλοντος. A, B, C, D = σταθερές.

### Εκούσιος αερισμός

Ο εκούσιος αερισμός είναι η άμεση ροή του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον σε θερμική ζώνη προκειμένου να παρέχεται κάποια ποσότητα μη μηχανικής ψύξης. Ο αλγόριθμος υπολογισμού είναι ο ακόλουθος:

$$\text{Ventilation} = (V_{\text{design}})(F_{\text{schedule}})[A + B|(T_{\text{zone}} - T_{\text{odb}})| + C(\text{Windspeed}) + D(\text{Windspeed}^2)]$$

Όπου:

$V_{\text{design}}$  = είναι η παροχή όγκου του εξωτερικού αέρα (τιμή σχεδιασμού).

$F_{\text{schedule}}$  = είναι ένας συντελεστής (από 0 ως 1) χρήσης του αερισμού που καθορίζεται για κάθε ώρα της ημέρας του χρόνου από το χρήστη.

Windspeed = είναι η ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στην περιοχή στην οποία είναι κατασκευασμένο το κτίριο.

$T_{\text{zone}}$  = είναι η θερμοκρασία του χώρου.

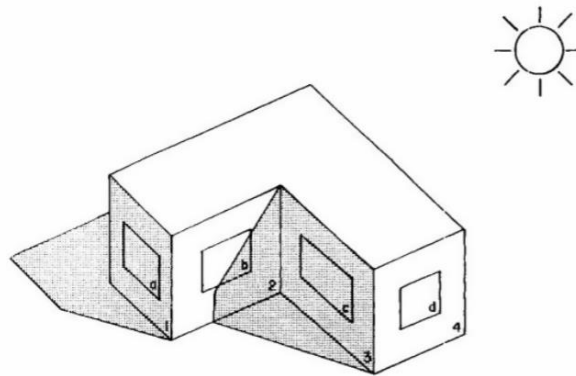
$T_{\text{odb}}$  = είναι η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του περιβάλλοντος. A, B, C, D = σταθερές.

### Υπολογισμός σκίασης

Κατά την αξιολόγηση των ηλιακών κερδών θερμότητας σε κτίρια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πόσο από κάθε μέρος του κτιρίου είναι σκιασμένο και πόσο είναι εκτεθειμένο στο άμεσο ηλιακό φως. Ο αλγόριθμος της σκίασης βασίζεται σε μεθόδους μετασχηματισμού συντεταγμένων.

Η τρέχουσα ηλιακή θέση περιγράφεται από τρία συνημίτονα κατεύθυνσης που είναι βολικά για τον καθορισμό της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια κτιρίου. Το κλασματικό έτος υπολογίζεται σε ακτίνια:

$$\gamma = \frac{2\pi}{366} (\text{day of year})$$

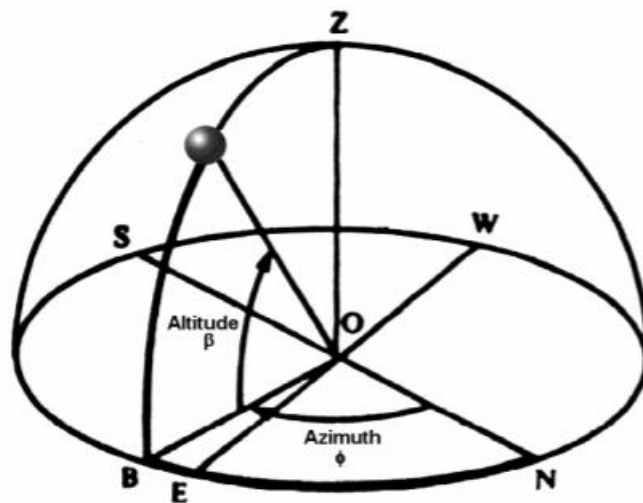


Εικόνα 1.7 Σχηματική απεικόνιση συνολικής σκίασης

Από αυτό το κλασματικό έτος υπολογίζεται η εξίσωση του χρόνου και η γωνία ηλιακής απόκλισης. Για κάθε χρονικό η ωριαία γωνία υπολογίζεται από:

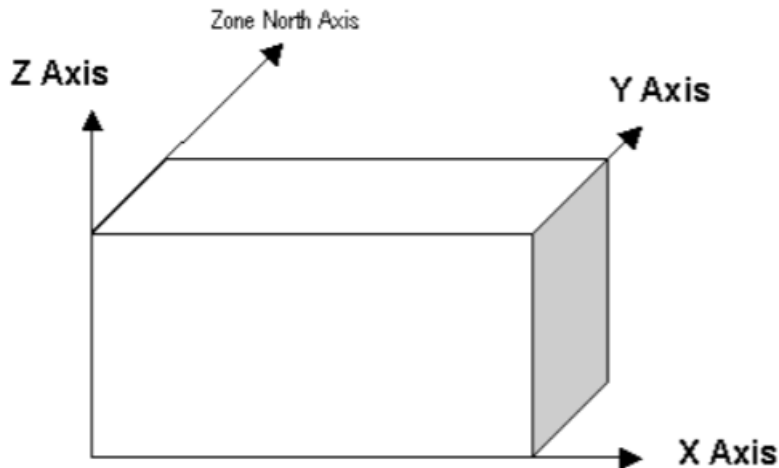
$$\text{Hour Angle} = \left( 15 \cdot (12 - (\text{TimeValue} + \text{EquationOfTime})) \right) + (\text{TimeZoneMeridian} - \text{Longitude})$$

Η ωριαία γωνία είναι θετική πριν από το μεσημέρι και αρνητική μετά το μεσημέρι.



Εικόνα 1.8 Αναπαράσταση ηλιακής θέσης

Οι υπολογισμοί της σκίασης πρώτα απαιτούν να περιγράψουν γεωμετρικά οι επιφάνειες των κτιρίων. Οι επιφάνειες περιγράφονται από τις συντεταγμένες των κορυφών τους, σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Αυτό το δεξιόστροφο σύστημα συντεταγμένων έχει τον Χ-άξονα ανατολικά, τον Υ-άξονα βόρεια και τον Ζ-άξονα προς τα πάνω όπως φαίνεται στην εικόνα 1.9:



Εικόνα 1.9 Σύστημα συντεταγμένων EnergyPlus

Οι ολικές συντεταγμένες της ζώνης σχετίζονται με τις σχετικές συντεταγμένες με:

$$X_{zo} = X_{br} \cos \psi_b - Y_{br} \sin \psi_b$$

$$Y_{zo} = Y_{br} \sin \psi_b - Y_{br} \cos \psi_b$$

Οι κορυφές στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων μπορούν να μετατραπούν στο σχετικό σύστημα συντεταγμένων μιας δεδομένης επιφάνειας ως:

$$X' = X - X_{so}$$

$$Y' = Y - Y_{so}$$

$$Z' = Z - Z_{so}$$

$$X_{sr} = -X' \cos \psi - Y' \sin \psi$$

$$Y_{sr} = -X' \cdot \sin \psi \cdot \cos \varphi + Y' \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi + Z' \cdot \sin \varphi$$

$$Z_{sr} = -X' \cdot \sin \psi \cdot \sin \varphi + Y' \cdot \cos \psi \cdot \sin \varphi + Z' \cdot \cos \varphi$$

Οι εκφράσεις στην εξίσωση είναι τα συνημίτονα κατεύθυνση της επιφάνειας:

$$CW_1 = \sin \psi \cdot \cos \varphi$$

$$CW_2 = \cos \psi \cdot \sin \varphi$$

$$CW_3 = \cos \varphi$$

Το συνημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του δίνεται από συνημίτονα κατεύθυνσης του ήλιου:

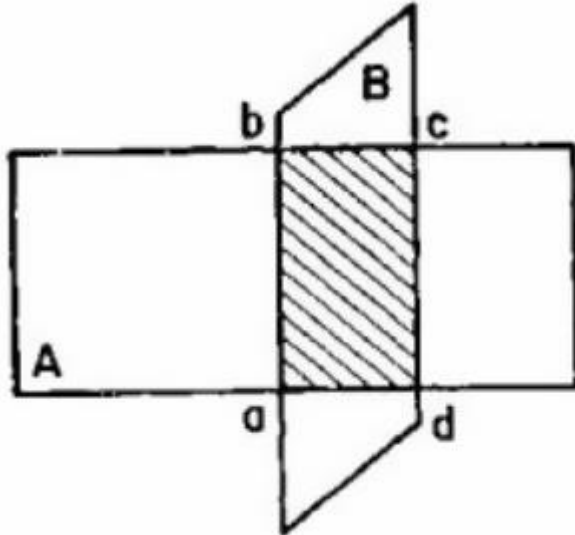
$$\cos \theta = CS_1 \cdot CW_1 + CS_2 \cdot CW_2 + CS_3 \cdot CW_3$$

Αν το  $\cos \theta$  είναι αρνητικό, ο ήλιος είναι πίσω από την επιφάνεια.

Μετά τη μετατροπή των σκιών πάνω στο επίπεδο της ασκίαστης επιφάνειας, η βασική δουλειά του αλγορίθμου σκίασης είναι να προσδιορίσει την έκταση των επικαλύψεων

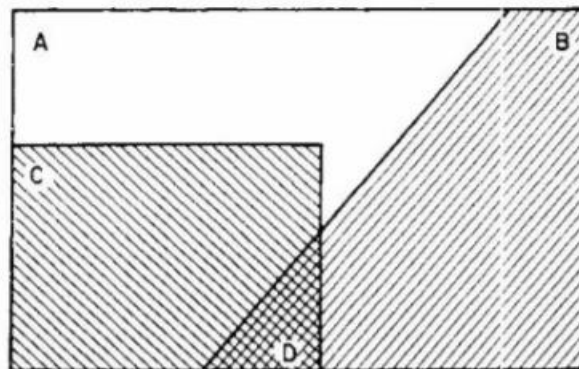
μεταξύ των πολυγώνων που αναπαριστούν τις σκιές και των πολυγώνων που αναπαριστούν τις ασκίαστες επιφάνειες.

Μόλις καθοριστούν οι κορυφές, πρέπει να ταξινομηθούν με τη φορά του ρολογιού για την περιοχή που υπολογίζεται. Λαμβάνοντας υπόψη ένα κλειστό, επίπεδο πολύγωνο με  $n$  διαδοχικές κορυφές  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots, (x_n, y_n)$ , η περιοχή διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.10.



Εικόνα 1.10 Επικαλυπτόμενες επιφάνειες

Εάν δύο σκιές επικαλύπτουν την ίδια επιφάνεια, μπορούν επίσης να επικαλύπτονται μεταξύ τους, όπως στην εικόνα 1.11 που ακολουθεί. Οι περιοχές αυτής της επικάλυψης μπορούν να υπολογιστούν. Η ολική επιφάνεια που δεν σκιάζεται μπορεί να εκφραστεί ως το άθροισμα όλων των περιοχών των πολυγώνων αφού δοθεί κατάλληλη ένδειξη για κάθε περιοχή.



Εικόνα 1.11 Πολλαπλές επικαλύψεις σκίασης



### Ηλιακά κέρδη

Τα συνολικά ηλιακά κέρδη σε μια εξωτερική επιφάνεια είναι συνδυασμός της απορρόφησης της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που δίνεται από τον τύπο:

$$Q_{so} = a \cdot \left( I_b \cdot \cos \theta \cdot \frac{S_s}{S} + I_s \cdot F_{ss} + I_g \cdot F_{sg} \right)$$

όπου:  $a$  = ηλιακή απορρόφηση της επιφάνειας.

$S$  = εμβαδόν επιφάνειας.

$S_s$  = εμβαδόν ασκίαστης επιφάνειας.

$I_b$  = ένταση της άμεσης δέσμης ακτινοβολίας.

$I_s$  = ένταση της διάχυτης ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα.

$I_g$  = ένταση της διάχυτης ακτινοβολίας από το έδαφος.

$F_{ss}$  = συντελεστής γωνίας μεταξύ της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας.

$F_{sg}$  = συντελεστής γωνίας μεταξύ της επιφάνειας και του εδάφους.

### Κλιματικά δεδομένα

Τα αρχεία των κλιματικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση κτιρίων στο EnergyPlus καλύπτουν τόσο ένα τυπικό κλιματικό έτος όσο και τις ειδικές τυπικές ημέρες σχεδιασμού (ακραία κλιματικά δεδομένα) για τον υπολογισμό των μέγιστων φορτίων (φορτία σχεδιασμού). Τα κλιματικά δεδομένα λαμβάνονται υπόψη στη διαστασιολόγηση των διάφορων συστημάτων HVAC (λέβητες, καυστήρες, αντλίες θερμότητας) καθώς και του δευτερογενούς εξοπλισμού (αντλίες, ανεμιστήρες).

Περιέχουν επίσης πληροφορίες για διάφορες παραμέτρους της εξεταζόμενης περιοχής, όπως για την ωριαία θερμοκρασία, την ωριαία υγρασία, την ωριαία ταχύτητα, τη διεύθυνση του ανέμου, την ωριαία ατμοσφαιρική πίεση και την ωριαία ηλιακή ακτινοβολία.

Τα κλιματικά αρχεία που είναι διαθέσιμα για την χώρα μας είναι της μορφής IWEC (International Weather for Energy Calculation) και είναι το αποτέλεσμα του ASHRAE Research Project 1015 που εκτελέστηκε από την ASHRAE Technical Committee 4.2. Η δημιουργία των αρχείων IWEC πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Πρώτα, συλλέχθηκαν κλιματικά δεδομένα 18 ετών από το National Climatic Data Center, Asheville, NC. Έπειτα τα δεδομένα αυτά επεξεργάστηκαν και προέκυψαν δώδεκα τυπικοί μετεωρολογικοί μήνες μέσω των οποίων δημιουργήθηκαν τα κλιματικά αρχεία IWEC.

## Κεφάλαιο 2 Κτίριο Κατοικίας

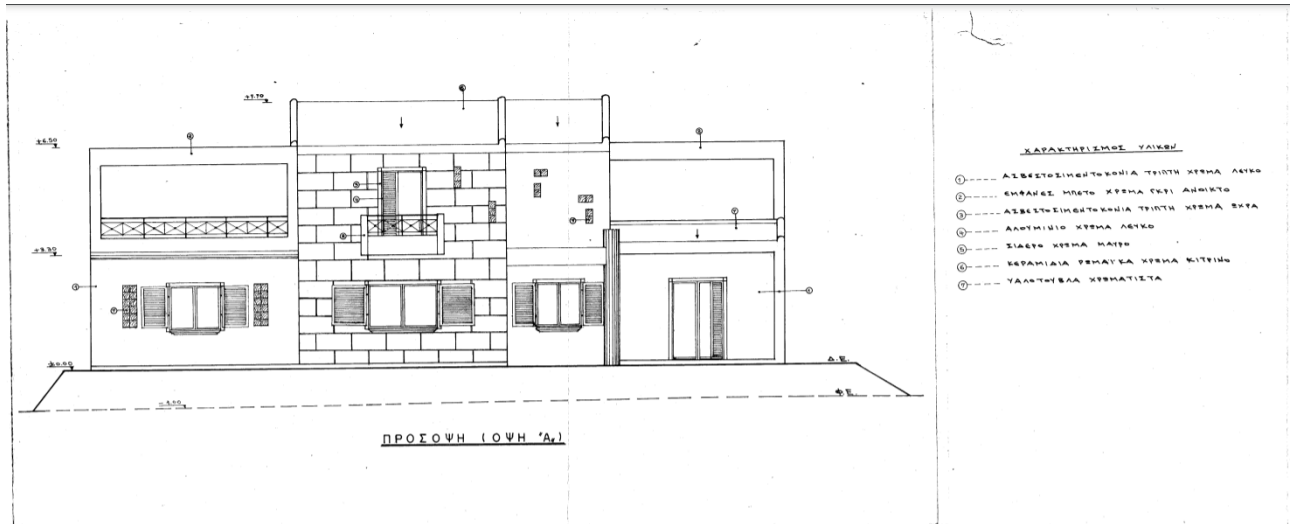
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά το υπό μελέτη κτίριο κατοικίας (Εικόνα 2.1). Θα παρουσιαστούν λεπτομερώς τα εκ κατασκευής χαρακτηριστικά, όπως οι διαστάσεις, τα δομικά υλικά καθώς και τα συστήματα ψύξης-θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού χρήσης.



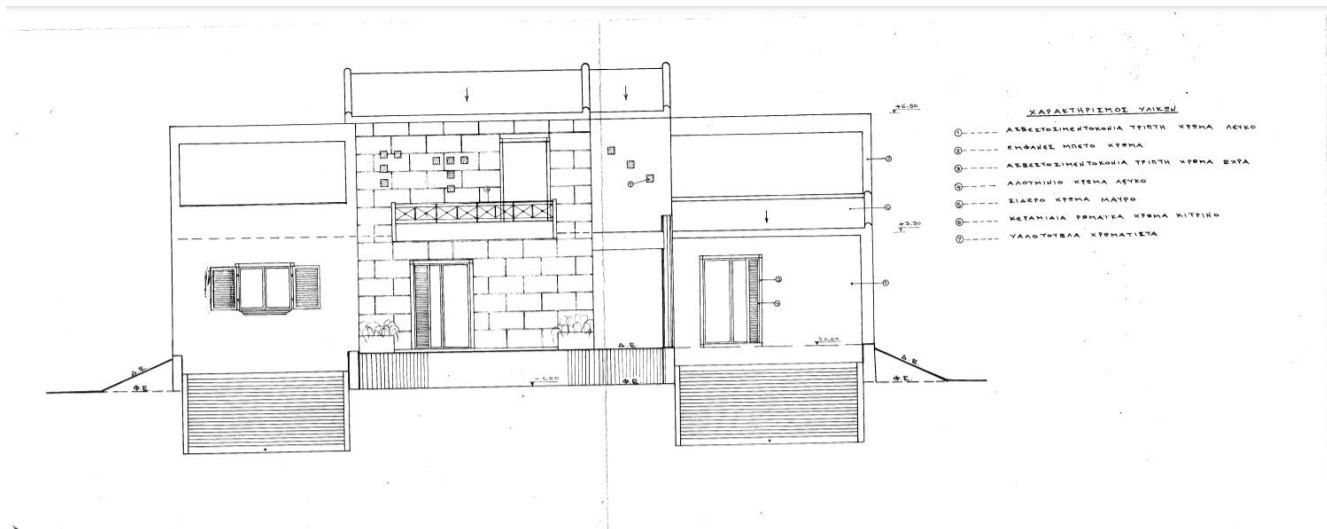
Εικόνα 2.1 Τοποθεσία ακινήτου στον χάρτη

### 2.1. Περιγραφή ακινήτου

Το κτίριο κατοικίας κατασκευάστηκε σε οικόπεδο εμβαδού 3256,27 τετραγωνικών μέτρων ( $m^2$ ) βάση του τοπογραφικού. Βρίσκεται μεταξύ της λεωφόρου Αγίου Θωμά και της οδού Ικαρίας στην περιοχή της Παιανίας. Στο κέντρο του οικοπέδου κατασκευάστηκε κτίριο δύο ορόφων ύψους 3 μέτρων ο καθένας, ισόγειο εμβαδού  $200 m^2$ , 1<sup>ος</sup> όροφος  $94 m^2$  και υπόγειο εμβαδού  $159,05 m^2$ . Το κτίριο αποτελείται από  $14,23 m^2$  υαλοπινάκων και από  $472,8 m^2$  τοιχοποιίας. Το υπόγειο, το οποίο είναι υπερυψωμένο 1 μέτρο από το έδαφος, για την απλούστευση της μελέτης δεν θα ληφθεί υπόψιν στην παρούσα εργασία. Ακολουθούν οι εικόνες 2.2 και 2.3 που απεικονίζουν τη βόρεια (βορειοανατολική) (ΠΡΟΣΟΨΗ – ΟΨΗ 'Α') και τη νότια όψη (νοτιοδυτική) (ΟΨΗ 'Γ') του κτιρίου, καθώς και οι εικόνες 2.4, 2.5 και 2.6, που απεικονίζουν κατά αντιστοιχία την πλάγια δεξιά όψη (ΟΨΗ 'Β'), πλάγια αριστερή όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 1-1'), πλάγια δεξιά όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 2-2').



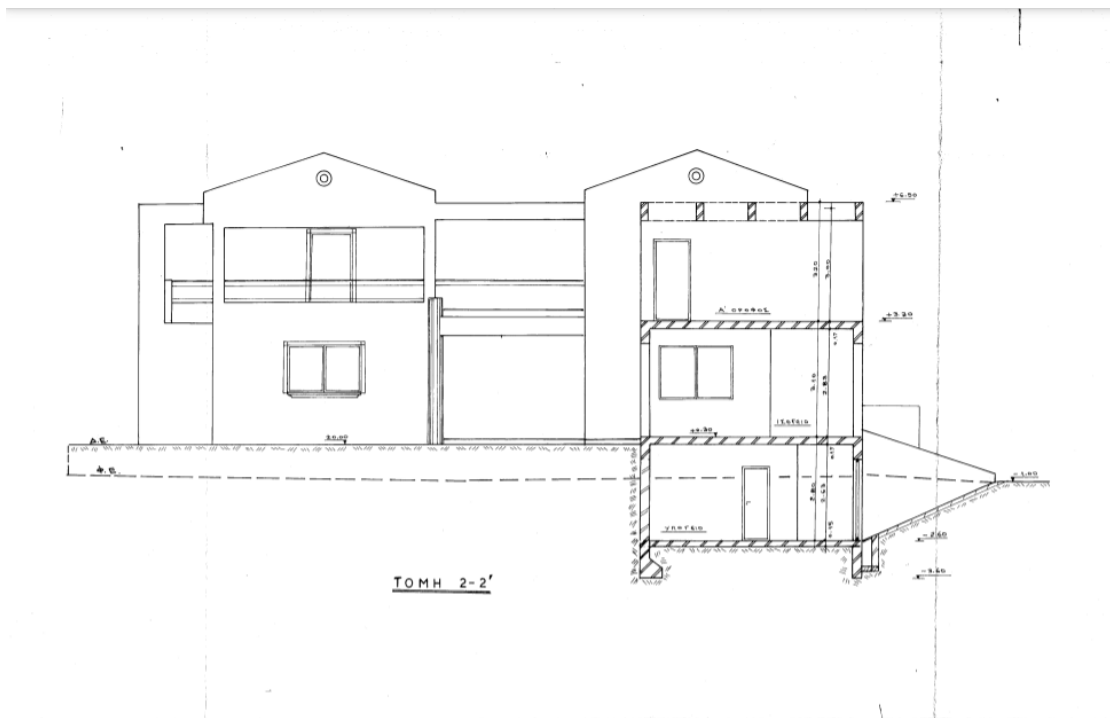
Εικόνα 2.2 Βόρεια όψη (ΠΡΟΣΟΨΗ – ΟΨΗ 'Α')



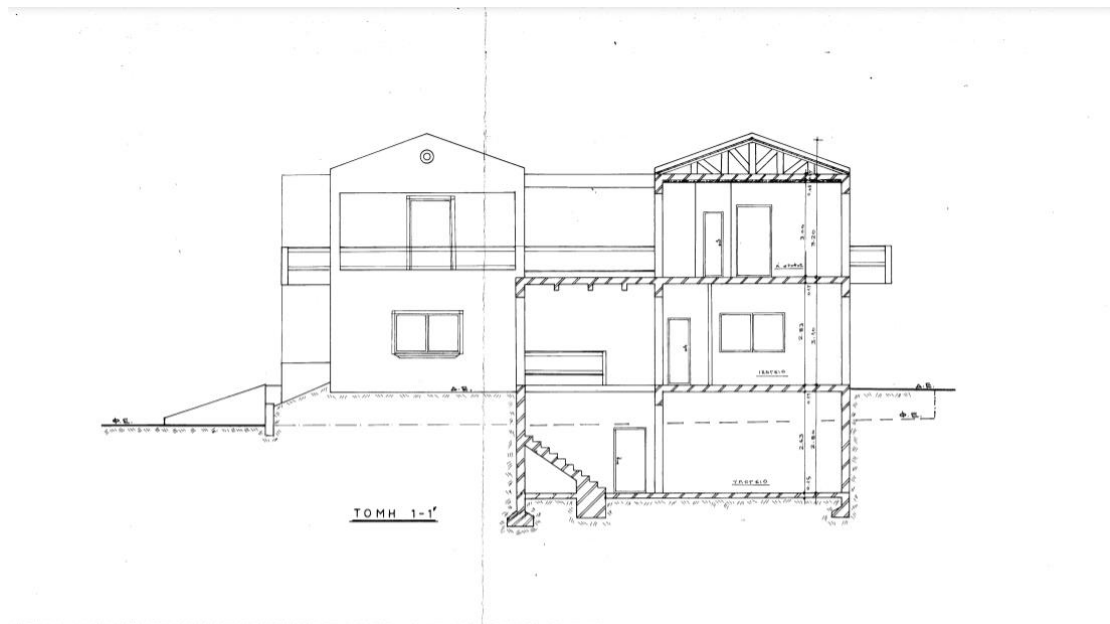
Εικόνα 2.3 Νότια όψη (ΟΨΗ 'Γ')



Εικόνα 2.4 Πλάγια δεξιά όψη (ΟΨΗ 'B)



Εικόνα 2.5 Πλάγια δεξιά όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 2-2')



Εικόνα 2.6 Πλάγια αριστερή όψη σε τομή (ΤΟΜΗ 1-1')

## 2.2. Χώροι του κτιρίου

Το κτίριο αποτελείται από δύο μεζονέτες με κοινά συστήματα ψύξης-θέρμανσης που συνδέονται με έναν ημιυπαίθριο χώρο στο ισόγειο και αντίστοιχα στον 1<sup>ο</sup> όροφο.

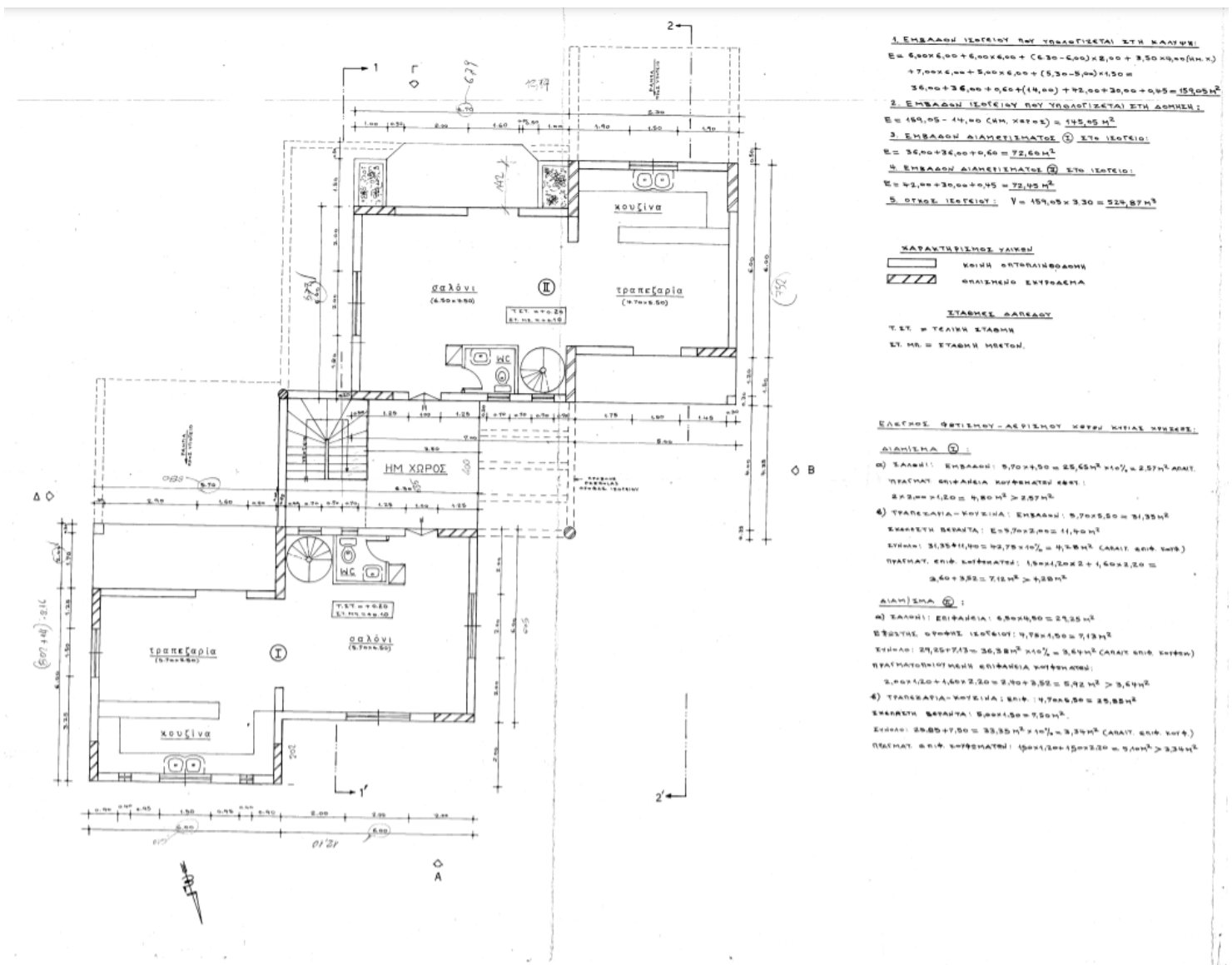
### 2.2.1 Ισόγειο

Το ισόγειο αποτελείται από δύο διαμερίσματα, κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει έναν ενιαίο χώρο σαλόνι-τραπεζαρία-κουζίνα και ένα μπάνιο. Μπροστά από την τραπεζαρία βρίσκεται η βεράντα του κάθε διαμερίσματος. Οι εισοδοί σε κάθε διαμέρισμα βρίσκονται στον ημιυπαίθριο χώρο. Τέλος, σε κάθε διαμέρισμα, δίπλα από το μπάνιο βρίσκεται μια στρογγυλή σκάλα που ενώνει το ισόγειο με τον 1<sup>ο</sup> όροφο.

Ακολουθεί πίνακας (Πίνακας 2.1) με την συνολική επιφάνεια του κάθε χώρου καθώς και η κάτοψη του κτιρίου (Εικόνα 2.7) :

Πίνακας 2.1

	Περιγραφή χώρου	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
Ισόγειο	Μονό κρεβάτι-σαλόνι-κουζίνα	62,86
	Μονό κρεβάτι-σαλόνι-κουζίνα	62,39
	Μπάνιο 1	2,08
	Μπάνιο 2	2,47



Εικόνα 2.7 Κάτοψη κτιρίου

### 2.2.2. 1ος όροφος

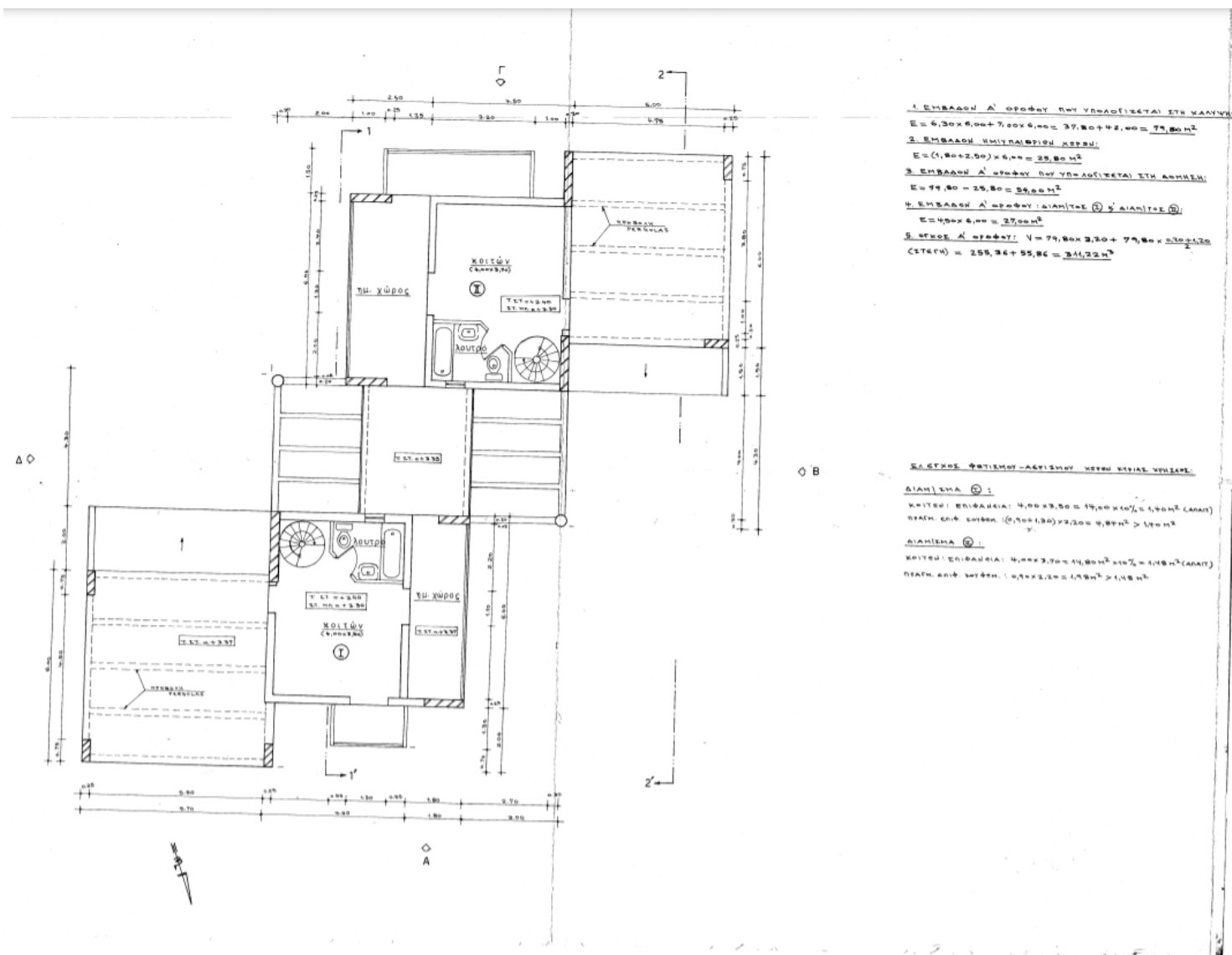
Ο 1<sup>ος</sup> όροφος αποτελείται από δύο διαμερίσματα, κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει ένα υπνοδωμάτιο με διπλό κρεβάτι και ένα μπάνιο. Τα δύο διαμερίσματα επικοινωνούν με πόρτες μέσω του ημιυπαίθριου χώρου. Τέλος, σε κάθε διαμέρισμα, υπάρχουν τρία μπαλκόνια, ένα που διαθέτει σκέπαστρο στην δυτική πλευρά, ένα με πέργκολες στην ανατολική πλευρά και ένα χωρίς σκέπαστρο στην βόρεια (και στην νότια πλευρά αντίστοιχα για το δεύτερο διαμέρισμα).

Ακολουθεί πίνακας (Πίνακας 2.2) με την συνολική επιφάνεια του κάθε χώρου καθώς και η κάτοψη του κτιρίου (Εικόνα 2.8) :

Πίνακας 2.2

	Περιγραφή χώρου	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
<b>1ος όροφος</b>	Μπάνιο 3	3,81
	Μπάνιο 4	4,18
	Υπνοδωμάτιο 1 (με διπλό κρεβάτι)	16,33
	Υπνοδωμάτιο 2 (με διπλό κρεβάτι)	17,89





Εικόνα 2.8 Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου





Το **δάπεδο του ισογείου** κατασκευάστηκε από: 1) επίχρισμα, 2) οπλισμένο σκυρόδεμα 1% 3) τσιμεντοκονία 4) μόνωση (εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS), 5) πλακάκι

Το **δάπεδο του 1<sup>ου</sup> ορόφου** κατασκευάστηκε από: 1) επίχρισμα, 2) οπλισμένο σκυρόδεμα 1% 3) τσιμεντοκονία, 4) πλακάκι

Το **ταβάνι του 1<sup>ου</sup> ορόφου** κατασκευάστηκε από: 1) επίχρισμα, 2) οπλισμένο σκυρόδεμα 1%, 3) μόνωση (εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS)

Τέλος, η **σκεπή** κατασκευάστηκε από: 1) ασφαλτόπανο, 2) ξύλινους δοκούς, 3) κεραμίδι

Από την τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με τίτλο «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017) προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά των παραπάνω υλικών.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα δομικά υλικά σε αντιστοιχία με τις φυσικές ιδιότητές τους σχετικά με την μετάδοση της θερμότητας.

Πίνακας 2.3

Στρώματα Εξωτερικών Τοίχων				
Δομικά υλικά	Πάχος (m)	Πυκνότητα ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ (W/MK)	Ειδική Θερμοχωρητικότητα C <sub>p</sub> (J/kgK)
<b>Εσωτερικό Επίχρισμα</b> (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000
<b>Δρομική Οπτοπλινθοδομή</b> (Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους)	0,09	1500	0,600	1000
<b>Δρομική Οπτοπλινθοδομή</b> (Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους)	0,09	1500	0,600	1000
<b>Εξωτερικό Επίχρισμα</b> (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000

Πίνακας 2.4

Στρώματα Εσωτερικών Τοίχων				
Δομικά υλικά	Πάχος (m)	Πυκνότητα ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ (W/MK)	Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp (J/kgK)
<b>Εσωτερικό Επίχρισμα</b> (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000
<b>Δρομική Οπτοπλινθοδομή</b> (Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους)	0,09	1500	0,600	1000
<b>Εξωτερικό Επίχρισμα</b> (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000

Πίνακας 2.5

Στρώματα Δαπέδου Ισογείου				
Δομικά υλικά	Πάχος (m)	Πυκνότητα ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ (W/Mk)	Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp(J/kgK)
<b>Κεραμικά πλακίδια δαπέδου</b>	0,02	2000	1,840	840
<b>Μόνωση</b> (εξηλασμένη πολυστερίνη XPS)	0,05	30-40	0,030 – 0,032	1451
<b>Τσιμεντοκονία</b>	0,06	2000	1,400	1100
<b>Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος</b> (Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%)	0,2	2300	2,300	1000
<b>Εσωτερικό Επίχρισμα</b> (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000

Πίνακας 2.6

Στρώματα Δαπέδου 1 <sup>ου</sup> Ορόφου				
Δομικά υλικά	Πάχος (m)	Πυκνότητα ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ (W/Mk)	Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp(J/kgK)
Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	0,02	2000	1,840	840
Τσιμεντοκονία	0,06	2000	1,400	1100
Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%)	0,2	2300	2,300	1000
Εσωτερικό Επίχρισμα (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000

Πίνακας 2.7

Στρώματα Οροφής 1 <sup>ου</sup> Ορόφου				
Δομικά υλικά	Πάχος (m)	Πυκνότητα ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ (W/Mk)	Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp(J/kgK)
Κεραμίδια οροφής	0,025	2000	1,000	800
Ξύλινοι δοκοί	0,05	800	0,210	1600
Ασφαλτόπανο	0,005	2000	1,400	1100
Μόνωση (εξηλασμένη πολυστερίνη XPS)	0,05	30-40	0,030 – 0,032	1451
Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%)	0,2	2300	2,300	1000
Εσωτερικό Επίχρισμα (Ασβεστοκονίαμα)	0,02	1800	0,870	1000

### Επίχρισμα

Το επίχρισμα (σοβάς) αποτελείται από ένα μείγμα τσιμεντοκονιάματος, ασβεστοκονιάματος, γύψου και άμμου. Το επίχρισμα καλύπτει τον φέροντα οργανισμό και την τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή (τούβλα). Προστατεύει τους τοίχους από τις καιρικές συνθήκες, όπως υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία.

### Οπτοπλινθοδομή

Το τούβλο (πλίνθος) είναι ένας τεχνητός λίθος διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων με χρήση στην οικοδομή από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Το βασικό υλικό κατασκευής τους είναι ο άργιλος: η πρώτη ύλη καθαρίζεται και αναμειγνύεται με νερό σε ειδικούς κυλίνδρους και αποκτά την τελική μορφή με την εισαγωγή του μείγματος σε καλούπια. Τέλος ψήνεται στον ήλιο ή σε καμίνια ή σε ηλεκτρικούς θαλάμους.

### Οπλισμένο σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα αποτελεί ένα μείγμα αδρανών υλικών (χαλίκια), τσιμέντου και νερού που μετά από χημική αντίδραση αποκτά στερεή μορφή. Έχει εκτεταμένη χρήση στις κατασκευές, καθώς είναι σχετικά οικονομικό υλικό, έχει τη δυνατότητα να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα με τη χρήση καλουπιών, μεγάλη θλιπτική αντοχή του και πυραντοχή. Ως σημαντικότερο μειονέκτημά του αναφέρεται η πολύ μικρή αντοχή του σε εφελκυσμό.

### Τσιμεντοκονία

Τσιμεντοκονία (τσιμεντοκονίαμα) είναι το υλικό στρώσης ή πλήρωσης με βάση το τσιμέντο, για την επίστρωση ή τη λείανση επιφανειών όπως δάπεδα, ταρατσες κλπ. Το μείγμα αποτελείται εκτός από τσιμέντο και από άμμο θαλάσσης, νερό, ίνες και ρητίνες. Χρησιμοποιείται και για τη δημιουργία επίπεδων επιφανειών για την τοποθέτηση σε αυτές πλακιδίων ή βιομηχανικού δαπέδου ή και ως πατητή τσιμεντοκονία.

Η πατητή τσιμεντοκονία είναι οικολογικό υλικό με βάση θηραϊκή γη, τη χαλαζιακή άμμο, το κεραμάλευρο, και τον υδράσβεστο.

### Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS - Extruded polystyrene) είναι ένα ελαφρύ, θερμομονωτικό υλικό σε πλάκες και έχει ως βάση την πολυστερίνη. Παράγεται με εξέλαση κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται πολυμερισμός της θερμοπλαστικής πολυστερίνης και έχει μονωτικές ιδιότητες. Λόγω των κλειστών πόρων του υλικού, λειτουργεί και υγρομονωτικά.

Επίσης έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και άρα είναι βραδυφλεγής.

### Ασφαλτόπανο

Τα ασφαλτόπανα ή ασφατικές μεμβράνες είναι στεγανωτικά φύλλα πάχους συνήθως 3-5 χιλιοστών. Τα ρολά ασφαλτόπανου έχουν συνήθως διαστάσεις 0,10 x 1,00 m.

Αποτελούνται από εξευγενισμένη άσφαλο βελτιωμένη με πολυμερείς ουσίες SBS. Αυτή η μάζα πλασιώνει τον κεντρικό πυρήνα του ασφαλτόπανου, που λέγεται οπλισμός και του προσδίδει μηχανικές αντοχές.

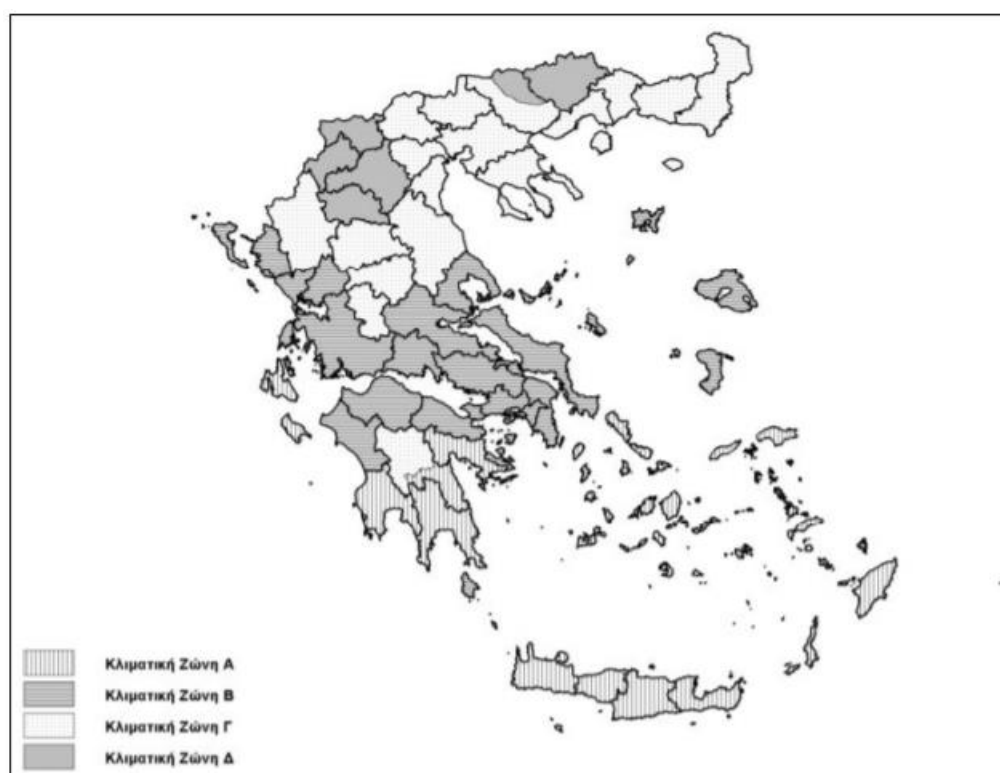
## 2.4. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει χωριστεί σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Οι τέσσερις κλιματικές ζώνες παρουσιάζονται στις Εικόνες 2.10 και 2.11.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Εικόνα 2.10 Κλιματικές ζώνες, TOTEE 20701-3/2010 -TEE



Εικόνα 2.11 Χάρτης κλιματικών ζωνών, TOTEE 20701-3/2010 -TEE

Το κτίριο το οποίο μελετάμε βρίσκεται, όπως αναφέρθηκε στην Παιανία Αττικής και συνεπώς ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

## 2.5. Υαλοπίνακες

Σε όλο το κτίριο έχουν τοποθετηθεί μονά τζάμια πάχους 6mm με κουφώματα αλουμίνιου χωρίς θερμοδιακοπή. Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με συνολική επιφάνεια κουφωμάτων 14,23 m<sup>2</sup>.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας<sup>14</sup> κουφώματος υπολογίζεται από την σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

όπου:

- $U_w$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος
- $U_f$  [W/( m<sup>2</sup> ·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος
- $U_g$  [W/( m<sup>2</sup> ·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού διπλού ή περισσότερων φύλλων)
- $A_f$  [m<sup>2</sup>] : η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος
- $A_g$  [m<sup>2</sup>] : η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος
- $I_g$  [m]: το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα)
- $\Psi_g$  [W/(m·K)]: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος
- $A_w$  [m<sup>2</sup>]: το εμβαδό επιφανείας του κουφώματος ( $A_w = A_f + A_g$ )

Στους Πίνακες 2.8, 2.9 και 2.10 δίνονται οι τιμές των ο συντελεστών θερμοπερατότητας  $U_g$ ,  $U_f$ ,  $\Psi_g$  ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα και του πλαισίου.

---

<sup>14</sup> TOTEE 20701-1/2017 -TEE

Πίνακας 2.8 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων, TOTEE 20701-1/2017 -TEE

Τύπος υαλοπίνακα	U <sub>g</sub>
	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (ε = 0,10)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (ε = 0,10)	1,80
Υαλότουβλα	3,50

Πίνακας 2.9 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων, TOTEE 20701-1/2017 -TEE

Τύπος πλαισίου	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

Πίνακας 2.10 Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα, TOTEE 20701-1/2017 -TEE

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ <sub>g</sub> [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08



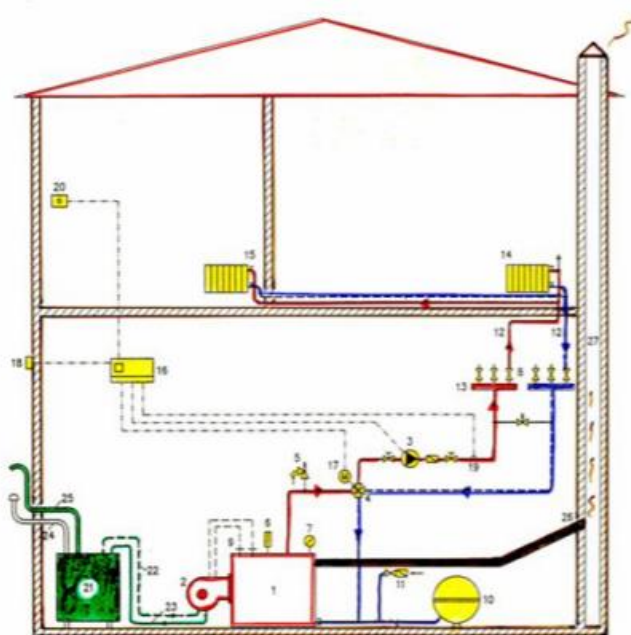
## 2.6. Θέρμανση και ψύξη του κτιρίου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν πλήρως τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης του υφιστάμενου κτιρίου, καθώς και του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού προς χρήση (ΖΝΧ), για το οποίο χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρικό boiler που λειτουργεί ανάλογα με τις ανάγκες ζεστού νερού των κατοίκων και το πρόγραμμα λειτουργίας του διαφέρει ανάλογα την ημέρα και τον μήνα που διανύουμε.

### 2.6.1. Σύστημα θέρμανσης

Για τη θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιείται ένας λέβητας πετρελαίου. Μέσω του λέβητα παρέχεται θέρμανση στα υπνοδωμάτια και στα μπάνια του ισογείου και του 1<sup>ου</sup> ορόφου, καθώς και στις κουζίνες και τα σαλόνια του ισογείου. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου που θερμαίνεται είναι 172,014 m<sup>2</sup>.

Στην κεντρική θέρμανση γενικά υπάρχει μια μόνο κεντρική εστία παραγωγής θερμότητας με πετρέλαιο (ή φυσικό αέριο) για το σύνολο των χώρων ενός κτιρίου, που μεταφέρεται μέσω ενός θερμαντικού μέσου (νερό, αέρας) και διανέμεται ενώ η διανομή επιτυγχάνεται με δίκτυο σωληνώσεων ή αεραγωγών στους θερμαινόμενους χώρους. Πιο διαδεδομένο είναι συνήθως το σύστημα με την κυκλοφορία θερμού νερού.<sup>15</sup> Κάθε σύστημα κεντρικής θέρμανσης αποτελείται από τη δεξαμενή καυσίμων, το λέβητα (από χυτοσίδηρο ή χάλυβα), τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τις διατάξεις ασφαλείας, το δίκτυο σωληνώσεων, τα θερμαντικά σώματα και την καπνοδόχο.<sup>16</sup>



Εικόνα 2.12 Η βασική διάταξη ενός συστήματος θέρμανσης με νερό

<sup>15</sup> [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_thermansis.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermansis.htm)

<sup>16</sup> Μάριος Γερασιμόπουλος, διπλωματική «Σύγκριση Συστημάτων Θέρμανσης σε Κτίριο Κατοικιών στη Θεσσαλονίκη Ενεργειακές Απαιτήσεις και Κόστος Λειτουργίας», <https://docplayer.gr/3176429-Diplomatiki-ergasia-syγκrissi-systimatou-thermansis-se-ktirio-katoikion-sti-thessaloniki-energeiak-es-apaitiseis-kai-kostos-leitoyrgias.html>.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης λέβητα πετρελαίου για θέρμανση είναι:

- Ο υψηλός βαθμός απόδοσης
- Το χαμηλό κόστος, η ευκολία και η ταχύτητα στην εγκατάσταση και συντήρηση
- Η μακροχρόνια λειτουργία και η χαμηλή επικινδυνότητα της εγκατάστασης (εφόσον γίνεται σωστή συντήρηση)

Τα βασικά μειονεκτήματα της χρήσης λέβητα πετρελαίου για θέρμανση είναι:

- Απαιτείται η πρόβλεψη ειδικού χώρου για το λεβητοστάσιο και για τη δεξαμενή πετρελαίου
- Είναι αναγκαία η τακτική προμήθεια καυσίμου και η περιοδική συντήρηση
- Υπάρχουν αυξημένες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και μικροσωματιδίων από την καύση
- Η τυχόν κακή ή πλημμελής συντήρηση των εγκαταστάσεων και η τυχόν νοθεία του καυσίμου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης και την ρύπανση του περιβάλλοντος
- Η κυμαινόμενη τιμή αγοράς πετρελαίου και η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας από πετρελαιοπαραγωγές χώρες
- Το πετρέλαιο είναι μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, τα αποθέματα του οποίου μειώνονται ενώ η ζήτηση αυξάνεται παγκοσμίως.

### Λέβητας συμπύκνωσης

Οι λέβητες συμπύκνωσης είναι πιο αποδοτικοί από τους συμβατικούς, διότι χρησιμοποιούν και τη θερμότητα των καυσαερίων. Ειδικότερα, βασίζονται στην εκμετάλλευση του 50% έως 80% της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης που δημιουργείται κατά τη συμπύκνωση του υδρατμού που παράγεται στο καυσαέριο από το υδρογόνο και την υγρασία του καυσίμου, καθώς και την υγρασία του αέρα καύσης. Τα αέρια καύσιμα έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε υδρογόνο και δεν περιέχουν θείο.<sup>17</sup>

Τα καυσαέρια στους λέβητες αυτούς δεν οδηγούνται απευθείας στους καπναγωγούς, αλλά διέρχονται από εναλλάκτη θερμότητας, όπου ανταλλάσσουν ενέργεια με το νερό που επιστρέφει από τα σώματα και ψύχονται πριν φτάσουν στους καπναγωγούς. Οι υγροποιήσεις των καυσαερίων συγκεντρώνονται σε μια λεκάνη συλλογής και οδηγούνται στην αποχέτευση.

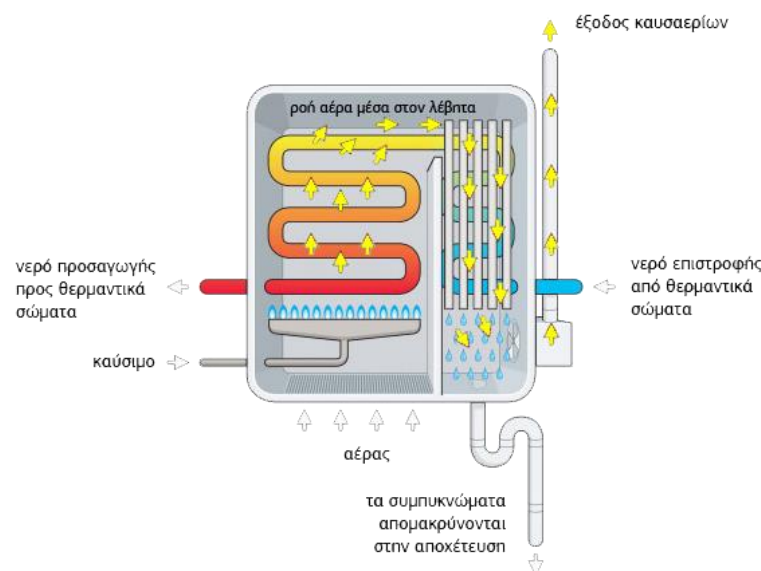
Ένας συνήθης λέβητας φυσικού αερίου, με ονομαστικό βαθμό απόδοσης 90%, με κατανάλωση 1m<sup>3</sup> καυσίμου, παράγει 7.317Kcal. Ο λέβητας συμπύκνωσης, έχει αντίστοιχο

---

<sup>17</sup> Το μεγαλύτερο ποσοστό των λεβήτων συμπύκνωσης λειτουργεί με φυσικό αέριο. Μέγιστη αποδοτικότητα, μεγαλύτερη και από το μεθάνιο δίνει το βιοαέριο. Βλ. Dan-Teodor Bălănescu Vlad-Mario Homutescu "Study on condensing boiler technology potential accounting various fuels", <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.246>.

βαθμό απόδοσης έως και 95%, έτσι με  $1\text{m}^3$  φυσικού αερίου παράγει  $8.755\text{Kcal}$ . Έχει, δηλαδή, «συμβατικό» βαθμό απόδοσης:  $8.755 / 8.130 = 1.08$  ή 108%.<sup>18</sup>

Τα κυριότερα πλεονεκτήματά του είναι η μικρότερη κατανάλωση ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης και οι μικρότερες απώλειες. Επιπλέον, προσεγγίζει πολύ στο θεωρητικό μοντέλο της «τέλειας» καύσης, ελαχιστοποιώντας την εκπομπή ρύπων.<sup>19</sup>



Εικόνα 2.13 Λειτουργία λέβητα συμπύκνωσης

Στον λέβητα συμπύκνωσης της εγκατάστασης του υπό μελέτη κτιρίου (Εικόνα 2.14) το νερό θερμαίνεται μέχρι τους  $90^{\circ}\text{C}$  περίπου, οδηγείται στα θερμαντικά σώματα όπου αποδίδει θερμότητα και έπειτα ψύχεται περίπου μέχρι τους  $70^{\circ}\text{C}$ . Στη συνέχεια επιστρέφει στον λέβητα όπου αναθερμαίνεται κ.ο.κ. Η ενέργεια που απαιτείται για την κυκλοφορία του νερού παρέχεται μηχανικά με αντλία (κυκλοφορητής).

<sup>18</sup> <https://www.andrianos.gr/gr/plhroforiako-uliko/texniki-akadimia/lebhtes-sumpruknwshs-ti-einai-kai-pws-leitourgoun>

<sup>19</sup> Από τις 26 Σεπτεμβρίου του 2015 σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign, (που ορίζει ότι όλα τα προϊόντα ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών θέρμανσης και κλιματισμού, θα φέρουν υποχρεωτικά ετικέτα ενεργειακής κλάσης από A+++ έως G-) στην Ε.Ε. απαγορεύεται η πώληση και εγκατάσταση σε νέα λεβητοστάσια, καυστήρων και λεβήτων χωρίς τεχνολογία πλήρους συμπύκνωσης. Για τους λέβητες, η οδηγία καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και εκπομπών ρύπων σε τέτοια επίπεδα, που μόνον οι λέβητες με τεχνολογία συμπύκνωσης καυσαερίων μπορούν να επιτύχουν.

Η εφαρμογή της οδηγίας είναι υποχρεωτική για όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι προδιαγραφές αφορούν στους λέβητες πετρελαίου και αερίου, στις αντλίες θερμότητας με ισχύ μέχρι  $400\text{kW}$ , στις μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας (CHP) και στα θερμοδοχεία αποθήκευσης νερού (μπόιλερ και δοχεία αδράνειας) με χωρητικότητα μέχρι  $2.000$  λίτρα.

Οι λόγοι εφαρμογής σύμφωνα με την οδηγία είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η μείωση των ρύπων ειδικά του διοξειδίου του άνθρακα  $\text{CO}_2$ .



Εικόνα 2.14 Λέβητας πετρελαίου συμπύκνωσης του υπό μελέτη κτιρίου

## 2.6.2. Σύστημα διανομής θέρμανσης

Η διανομή στους θερμαινόμενους χώρους γίνεται μέσω σωμάτων καλοριφέρ (radiators).



Εικόνα 2.15 Σώμα καλοριφέρ ακτινοβολίας τύπου πάνελ

Στον συγκεκριμένο τύπο θερμαντικών σωμάτων καλοριφέρ (άβακες/radiators) η θερμότητα ακτινοβολείται στο περιβάλλον από τις θερμές τους επιφάνειες και ένα μέρος της θερμότητας μεταδίδεται με μεταφορά στον αέρα γύρω τους. Τα επίπεδα σώματα τύπου πάνελ αποδίδουν περισσότερο με ακτινοβολία και τα σωληνωτά σώματα (με φέτες) περισσότερο με μεταφορά. Η ακτινοβολία της θερμότητας είναι πιο ευχάριστη ως αίσθηση, αλλά περιορίζεται η απόδοσή της σε περίπτωση παρεμβολής εμποδίων (π.χ. επίπλων).<sup>20</sup> Το νερό θερμαίνεται στο μηχανοστάσιο όπου υπάρχει ο λέβητας και ο καυστήρας και διχοχετεύεται μέσω των σωληνώσεων στα σώματα καλοριφέρ. Το καυτό νερό παρέχεται στο σώμα από τον ένα σωλήνα διώχνοντας από τον άλλο το κρύο, το οποίο καταλήγει στην δεξαμενή για να θερμανθεί εκ νέου.

<sup>20</sup>ΤΕΕ Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Εκπαιδευτικό Υλικό «Σχεδιασμός εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης κτιρίων», σελ. 17, <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/thermans/THE2-Systimata%20Thermansis-final.pdf>.

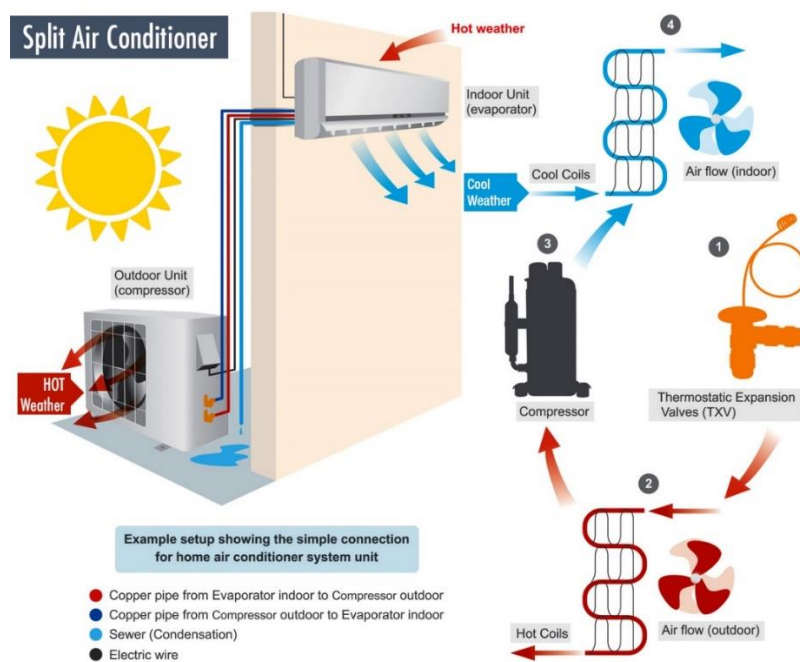
### 2.6.3. Σύστημα ψύξης

Η ψύξη του κτιρίου γίνεται με διαρούμενα κλιματιστικά (multi split air conditioner). Συνολικά είναι τοποθετημένες 4 εξωτερικές μονάδες των 25000 btu όπου σε κάθε εξωτερική μονάδα συνδέονται 2 εσωτερικές μονάδες.

Όλα τα κλιματιστικά μηχανήματα, από το πιο μικρό οικιακό κλιματιστικό μέχρι τον μεγαλύτερο ψύκτη, βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, αυτήν του ψυκτικού κύκλου, και αποτελούνται από τα ίδια μέρη: 1) συμπιεστής, 2) συμπυκνωτής, 3) εκτονωτική βαλβίδα, 4) εξατμιστής.

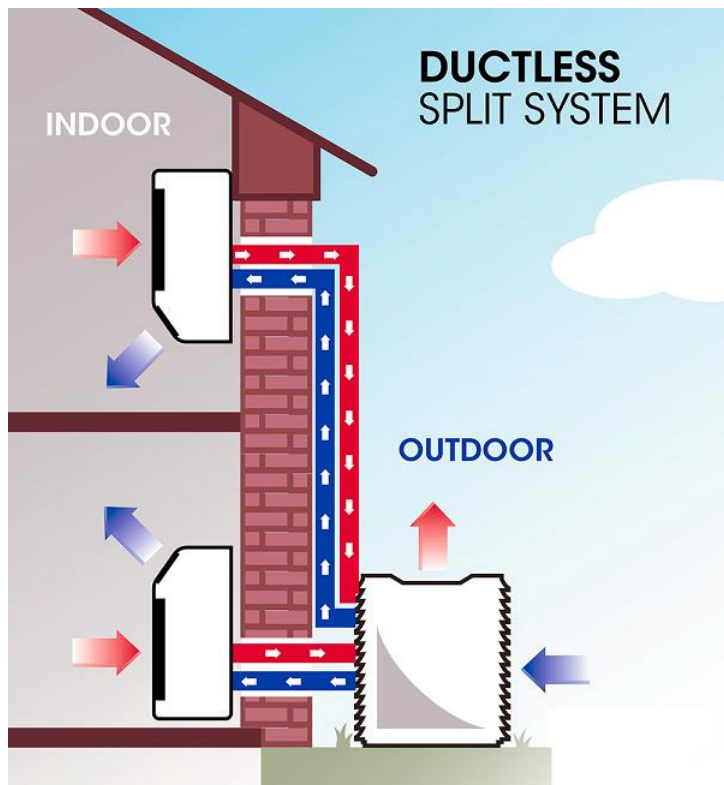
Ο συμπιεστής συμπιέζει το ψυκτικό υγρό (που είναι σε αέρια μορφή), το οποίο αποκτά πίεση και υψηλή θερμοκρασία (πολύ υψηλότερη από αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος). Έπειτα, το ψυκτικό υγρό περνάει στον εναλλάκτη του συμπυκνωτή, όπου και με την βοήθεια ψυκτικό υγρό που ήταν σε αέρια μορφή αρχίζει να μετατρέπεται σε υγρό. Στην έξοδο του συμπυκνωτή βρίσκεται μια εκτονωτική βαλβίδα, η οποία περιορίζει την ροή του υγρού και μειώνει την πίεση. Καθώς η πίεση πέφτει ένα μέρος του υγρού εξατμίζεται και πέφτει η θερμοκρασία του (και γίνεται χαμηλότερη από την θερμοκρασία του δωματίου). Ο θερμός αέρας του δωματίου που περνά από τον εξατμιστή συναλλάσει θερμότητα με τους κρύους σωλήνες του εξατμιστή και έτσι πέφτει η θερμοκρασία του δωματίου. Κατά την διάρκεια της απορρόφησης θερμότητας, το ψυκτικό υγρό μετατρέπεται σε ατμό.

Στα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου (split -κατά τον αντίστοιχο αγγλικό όρο) εντάσσονται οι συσκευές κλιματισμού στις οποίες τα επιμέρους στοιχεία της συσκευής βρίσκονται σε δύο διαφορετικά πλαίσια, την εξωτερική μονάδα, η οποία περιέχει τον συμπιεστή και τον συμπυκνωτή, και την εσωτερική μονάδα η οποία περιέχει τον εξατμιστή και την εκτονωτική βαλβίδα (και όχι στο ίδιο πλαίσιο, όπως επί παραδείγματι στα κλιματιστικά packaged).



Εικόνα 2.16 Split air conditioner

Για τον κλιματισμό περισσότερων του ενός χώρων με split, θα έπρεπε για κάθε χώρο να εγκαταστήσουμε μία εσωτερική και μία εξωτερική μονάδα, κάτι ασύμφορο και αντιαισθητικό. Η λύση για τέτοιες τις περιπτώσεις είναι η επιλογή ενός συστήματος multi split, στο οποίο μία μόνο εξωτερική μονάδα μπορεί τροφοδοτεί με ψυκτικό υγρό περισσότερες εσωτερικές μονάδες.



Εικόνα 2.17 Multi split air conditioner

Ένα σύστημα multi split, συνήθως έχει:

- Μικρότερο κόστος εγκατάστασης λόγω περιορισμού εξωτερικών μονάδων, παρά τα μεγαλύτερα μήκη σωληνώσεων, που απαιτούνται αφού δεν μπορούμε να εγκαταστήσουμε τις εξωτερικές μονάδες ακριβώς έξω από τις εσωτερικές όπως στα απλά split.

- Μικρότερο κόστος συντήρησης (λιγότερες εξωτερικές μονάδες για συντήρηση).

- Πολύ καλή απόδοση αν και είναι λιγότερο αποδοτικό από τα απλά διαιρούμενα κλιματιστικά.

Στην κατηγορία των διαιρούμενων κλιματιστικών (τύπου split) ανήκουν τα κλιματιστικά τοίχου, που είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος τους, αποτελούμενα από την εσωτερική μονάδα που τοποθετείται ψηλά στον τοίχο του δωματίου για λόγους εξοικονόμησης χώρου) και την εξωτερική μονάδα. Λόγω της μικρής απόστασης των δύο μονάδων που συνήθως συνδέονται μέσω σωληνώσεως στον ίδιο τοίχο το κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά χαμηλό. Επιπλέον έχουν το πλεονέκτημα ότι κλιματίζουν καλύτερα το χώρο σε σύγκριση με τα κλιματιστικά δαπέδου, διότι τοποθετούνται ψηλά: όπως είναι γνωστό, ο θερμός αέρας είναι ελαφρύτερος από τον ψυχρό και επομένως ο ψυχρός αέρας είναι

καλύτερο να εξάγεται από ψηλά, διότι εάν εξάγεται από χαμηλά είναι δυσκολότερο να φθάσει τα υψηλότερα στρώματα του χώρου και να ψύξει το θερμό αέρα.

Υπάρχουν επίσης τα πολυδισπαστικά κλιματιστικά (τύπου multi split), στα οποία η βασική διαφορά ότι σε μία εξωτερική μονάδα μπορούν να συνδεθούν περισσότερες εσωτερικές. Η επιλογή αυτή μειώνει το κόστος αγοράς κλιματιστικών για τα διαφορετικά δωμάτια και βοηθά στην εξοικονόμηση χώρου στο εξωτερικό του κτιρίου, όπου τοποθετείται μία μόνο εξωτερική μονάδα.

## 2.7. Λοιπές καταναλώσεις ρεύματος

### 2.7.1. Ηλεκτρικές συσκευές

Όσον αφορά στις ηλεκτρικές συσκευές το κτίριο διαθέτει δύο ψυγεία, δύο φούρνους, δύο πλυντήρια πιάτων, δύο πλυντήρια ρούχων, 2 υπολογιστές και δύο τηλεοράσεις.

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 -ΤΕΕ η εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών για μονοκατοικία ή πολυκατοικία είναι  $4 \text{ W/m}^2$ .

### 2.7.2. Εσωτερικός φωτισμός

Το κτίριο διαθέτει λάμπες LED. Η στάθμη του φωτισμού του κτιρίου σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 -ΤΕΕ είναι 200 lux και η τιμή της πυκνότητας ισχύος ανά 100 lux είναι  $2,5 \text{ W/m}^2$ .

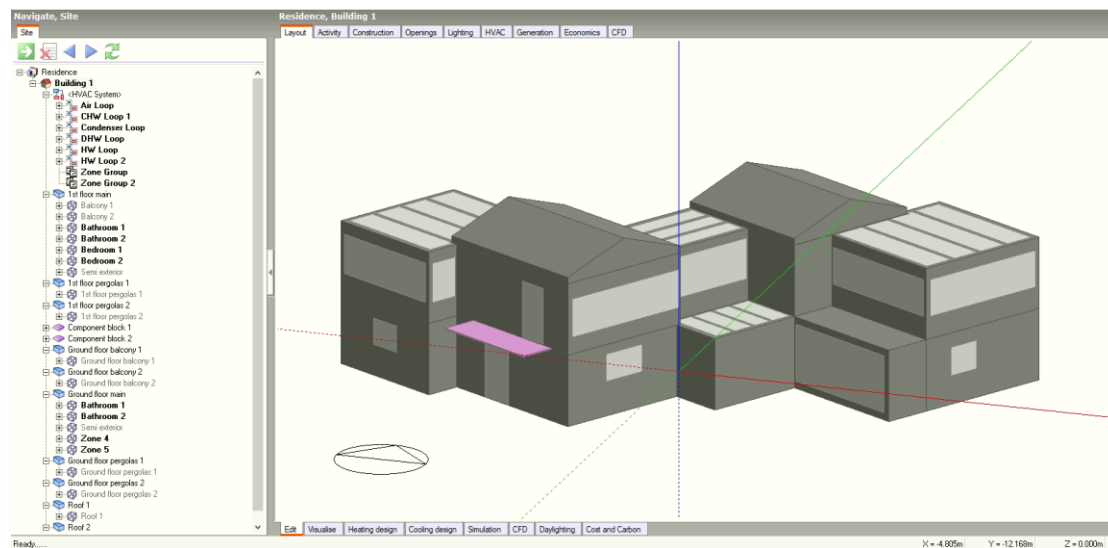


## Κεφάλαιο 3 Μοντελοποίηση του κτιρίου στο DesignBuilder

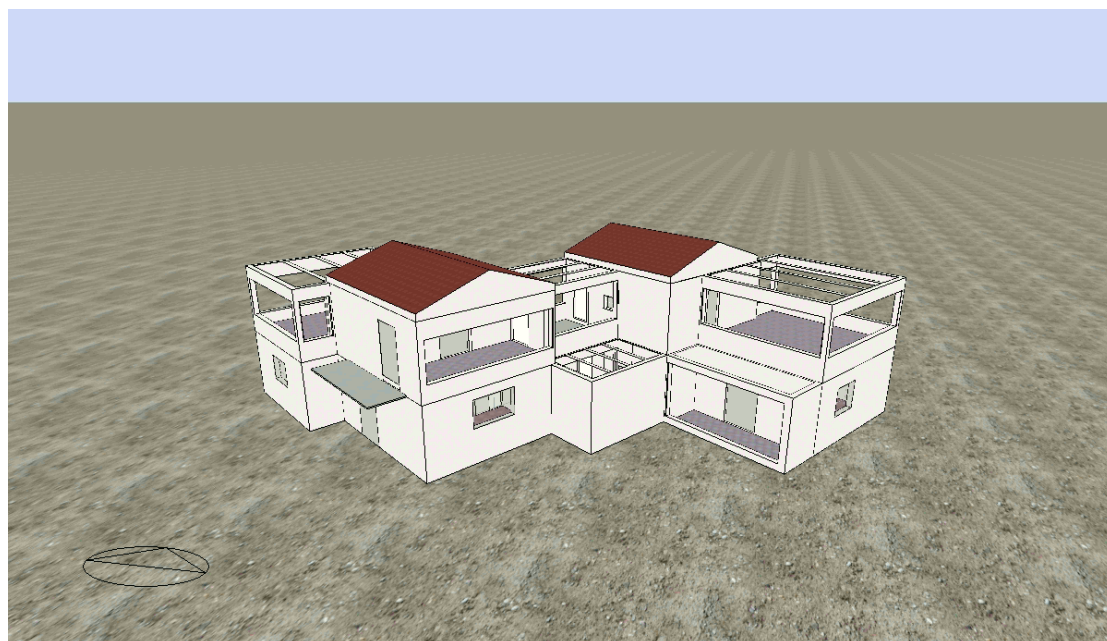
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται η μοντελοποίηση του κτιρίου στο λογισμικό DesignBuilder με τη βοήθεια των σχεδιαγραμμάτων κατόψεων των ορόφων του.

### 3.1. Σχεδιασμός κτιρίου

Με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου σχεδιάστηκε το κτίριο στο Layout του προγράμματος. Στο κάτω αριστερά μέρος φαίνεται ο προσανατολισμός του κτιρίου.

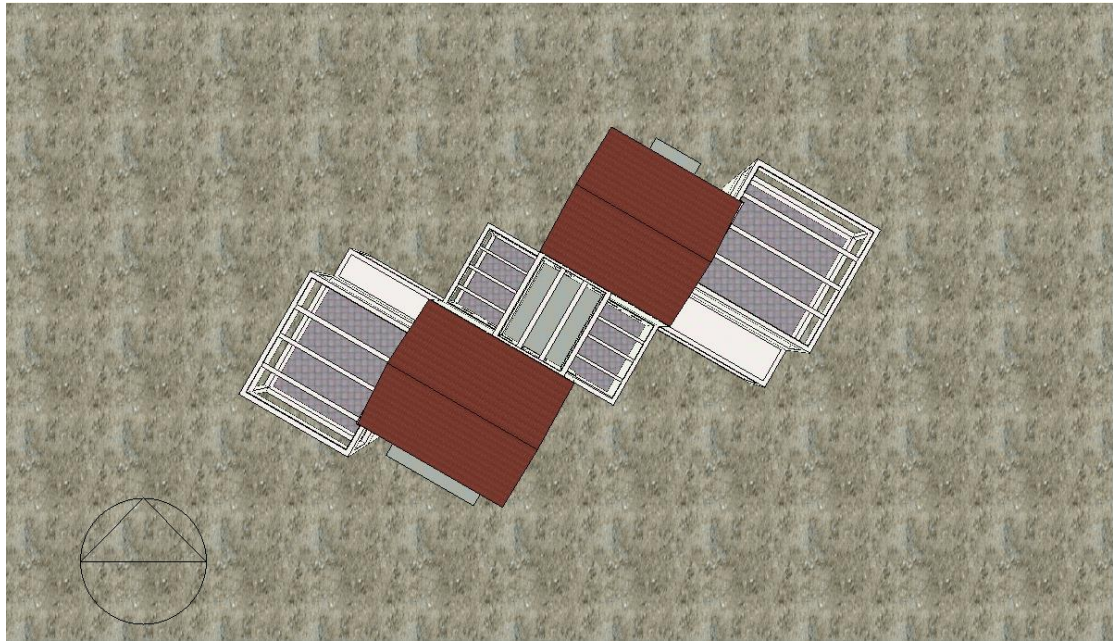


Εικόνα 3.1 Σχεδιασμός κτιρίου

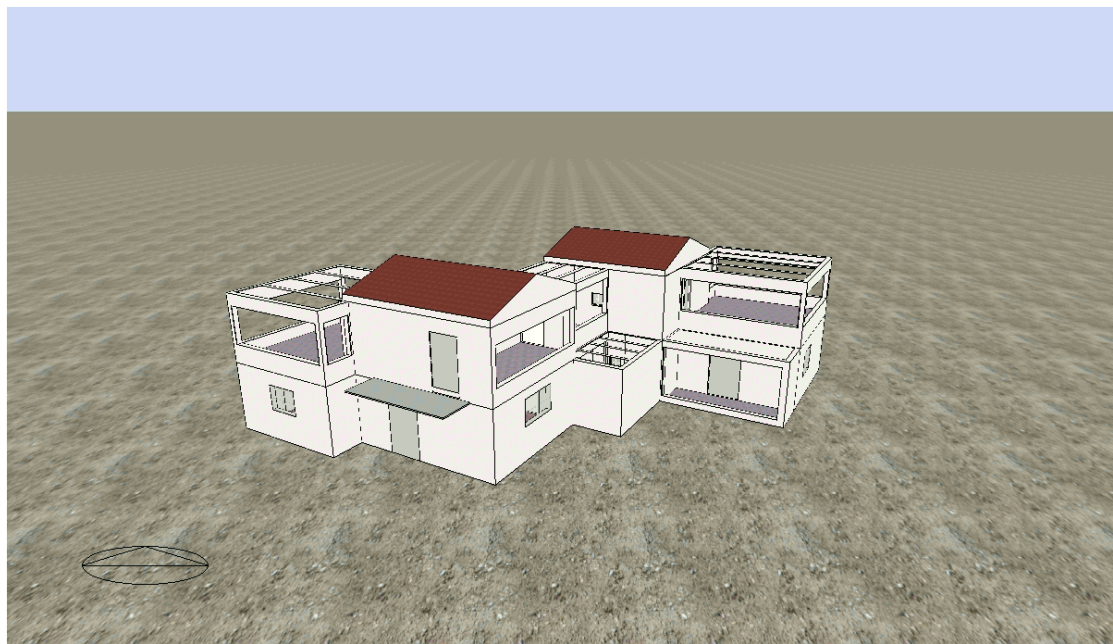


Εικόνα 3.2 Προσομείωση κτιρίου στην πραγματικότητα (Visualise)





Εικόνα 3.3 Κάτοψη κτιρίου



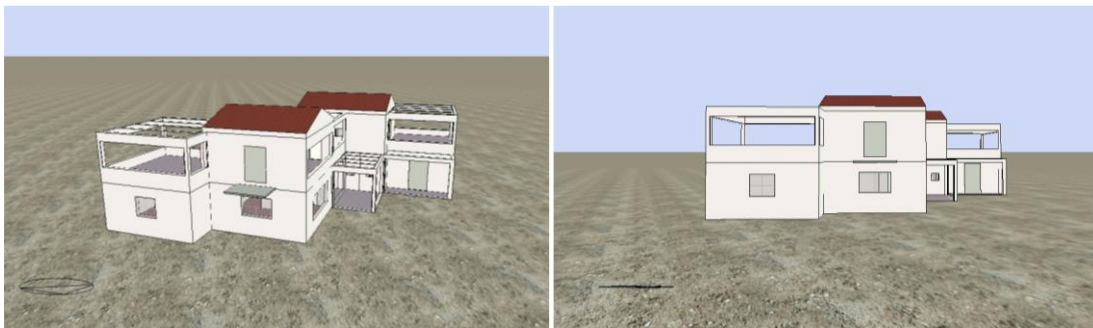
Εικόνα 3.4 Βόρεια όψη κτιρίου



*Εικόνα 3.5 Βόρεια όψη σχεδιασμένου και φωτογραφία πραγματικού κτιρίου*

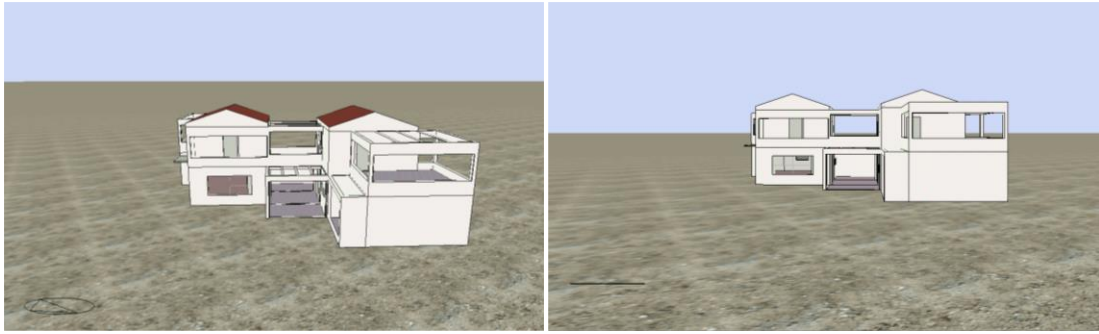


*Εικόνα 3.6 Πλάγια δεξιά όψη κτιρίου*

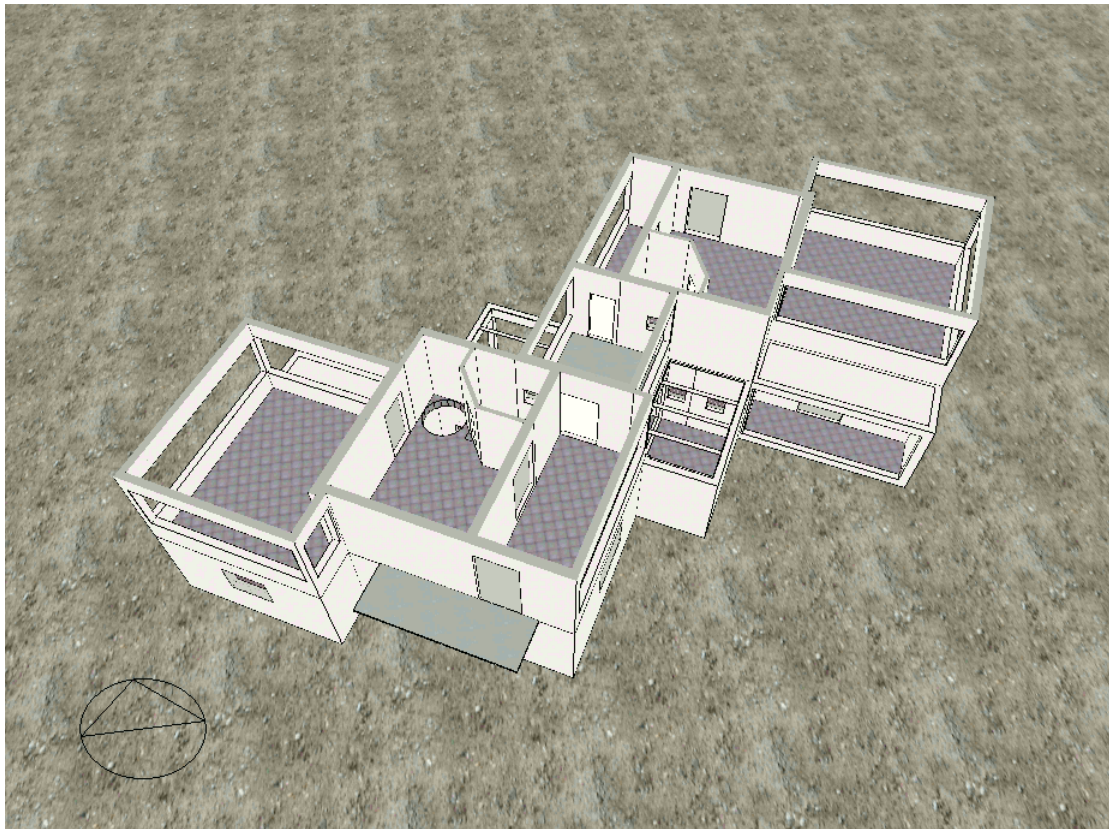


*Εικόνα 3.7 Πίσω όψη κτιρίου*





Εικόνα 3.8 Πλάγια αριστερή όψη



Εικόνα 3.9 1ος όροφος εσωτερικό



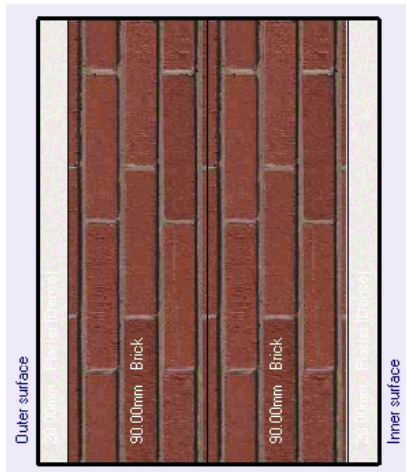
Εικόνα 3.10 Ισόγειο εσωτερικό

### 3.2. Δομικά υλικά

Κατά την σχεδίαση του κτιρίου στο πρόγραμμα DesignBuilder ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από ένα κατάλογο δομικών υλικών, όπως υαλοπίνακες, τούβλα, επιχρίσματα, ξύλινα πατώματα, πλακάκια κλπ., ώστε να προβεί σε πολύ ακριβή μοντελοποίηση του κτιρίου, με την επιλογή των δομικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν πράγματι κατά την κατασκευή του. Τα προαναφερόμενα (στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας) δομικά υλικά επιλέχθηκαν κατά τη μοντελοποίηση του κτιρίου με τη βοήθεια του λογισμικού, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

#### Εξωτερικοί τοίχοι

Για τους εξωτερικούς τοίχους χρησιμοποιήθηκαν πέντε στρώσεις υλικών. Όπως αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, στο οποίο είχαν συμπεριληφθεί και οι ιδιότητες σχετικά με την μεταφορά θερμότητας. Παρακάτω φαίνεται η μοντελοποίησή τους (Εικόνα 3.11) στο λογισμικό DesignBuilder.

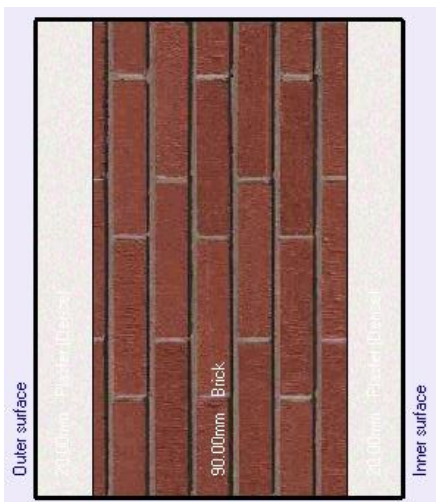


<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5.540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0.130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5.130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0.040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	3.030
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0.500
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2.000</b>

Εικόνα 3.11 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου

### Εσωτερικοί τοίχοι

Για τους εξωτερικούς τοίχους χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις στρώσεις υλικών. Όπως αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας. Παρακάτω φαίνεται η μοντελοποίησή τους (Εικόνα 3.12) στο λογισμικό DesignBuilder.



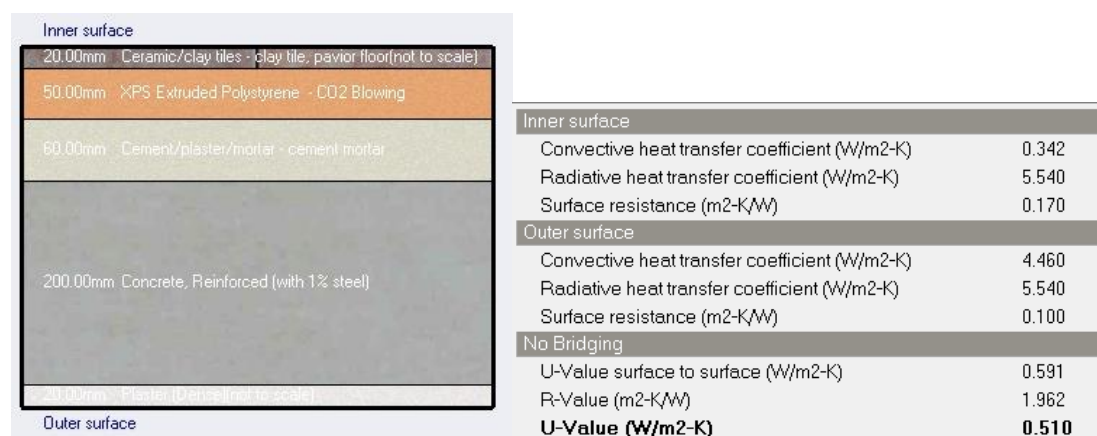
<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5.540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0.130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5.540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0.130
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	4.878
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0.465
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2.151</b>

Εικόνα 3.12 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εσωτερικού τοίχου



### Πάτωμα ισογείου

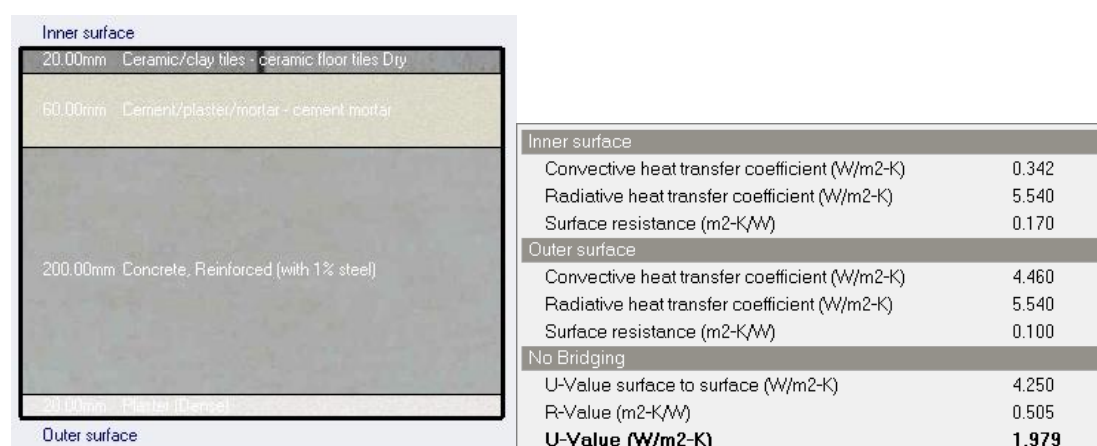
Στην Εικόνα 3.13 βλέπουμε τις στρώσεις του πατώματος του ισογείου. Σαν κατώτερο στρώμα έχει μπει επίχρισμα, καθώς το πάτωμα του ισογείου αποτελεί και το ταβάνι του υπογείου.



Εικόνα 3.13 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά πατώματος ισογείου

### Πάτωμα 1<sup>ου</sup> ορόφου

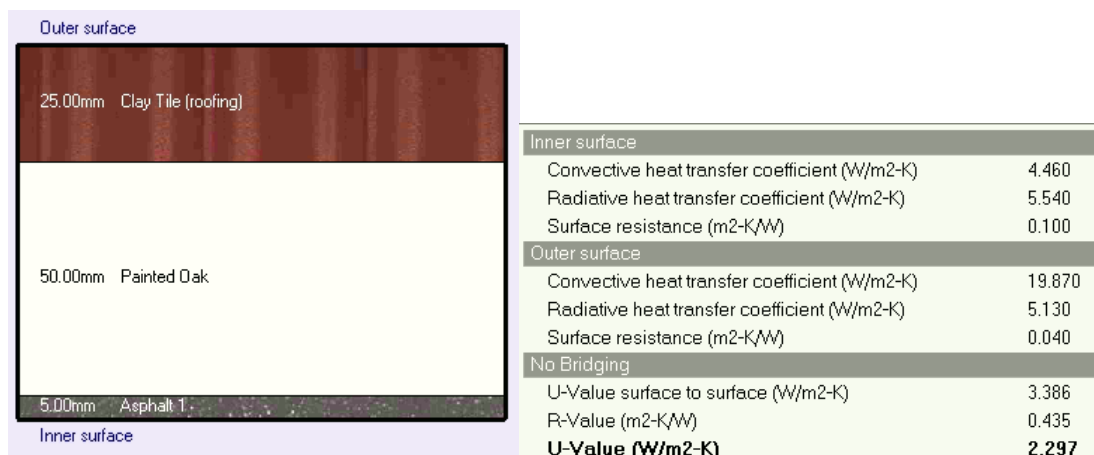
Το πάτωμα του 1<sup>ου</sup> ορόφου ακολουθεί τη δομή του πατώματος του ισογείου μόνο που εδώ δεν έχει τοποθετηθεί μόνωση, καθώς ο όροφος πάνω από τον οποίο βρισκόμαστε είναι θερμαινόμενος.



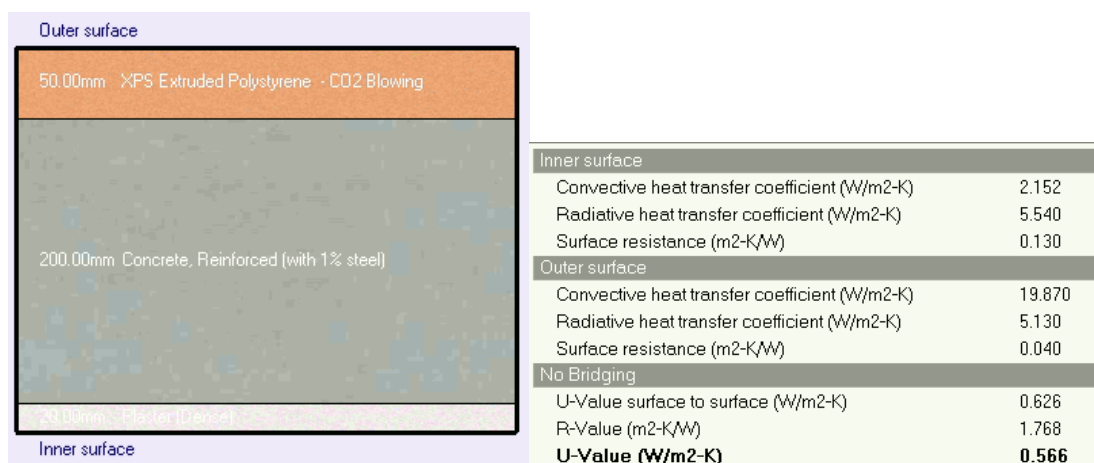
Εικόνα 3.14 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά πατώματος 1<sup>ου</sup> ορόφου

## Οροφή 1<sup>ου</sup> ορόφου

Τέλος, στις παρακάτω εικόνες 3.15 και 3.16, απεικονίζονται η σκεπή και το ταβάνι του 1<sup>ου</sup> ορόφου.



Εικόνα 3.15 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά σκεπής 1<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 3.16 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά ταβανιού 1<sup>ου</sup> ορόφου

Υπολογίζεται, λοιπόν, το συνολικό U της οροφής 1<sup>ου</sup> ορόφου:

$$U_{total} = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1.768 + 0.435} = 0.454 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

## Υαλοπίνακες

Σχετικά με τους υαλοπίνακες επιλέχθηκαν μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή. Στην εικόνα 3.17 απεικονίζεται η μοντελοποίησή τους στο πρόγραμμα του DesignBuilder.

Calculated Values	
Total solar transmission (SHGC)	0.62
Direct solar transmission	0.48
Light transmission	0.57
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m <sup>2</sup> -K)	5.718
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>5.778</b>

Εικόνα 3.17 Χαρακτηριστικά παραθύρων με μονό υαλοπίνακα

### 3.3. Σύστημα θέρμανσης και ψύξης

Για την θέρμανση του κτιρίου, όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιείται ένας λέβητας πετρελαίου συμπύκνωσης με καλοριφέρ. Ο λέβητας θερμαίνει όλους τους εσωτερικούς χώρους, δηλαδή 4 μπάνια, τα 2 υπνοδωμάτια και τους άλλους 2 ενιαίους χώρους (υπνοδωμάτιο-κουζίνα-σαλόνι).

Για την ψύξη, όπως έχει αναφερθεί χρησιμοποιούνται air condition multi-split. Στο DesignBuilder δεν υπήρχε δυνατότητα εισαγωγής τέτοιου συστήματος, επομένως έγιναν οι υπολογισμοί μέσω ενός συστήματος ψύξης με αντλία θερμότητας και τσίλερ. Η ψύξη χρησιμοποιείται σε όλους τους εσωτερικούς χώρους εκτός από τα μπάνια.

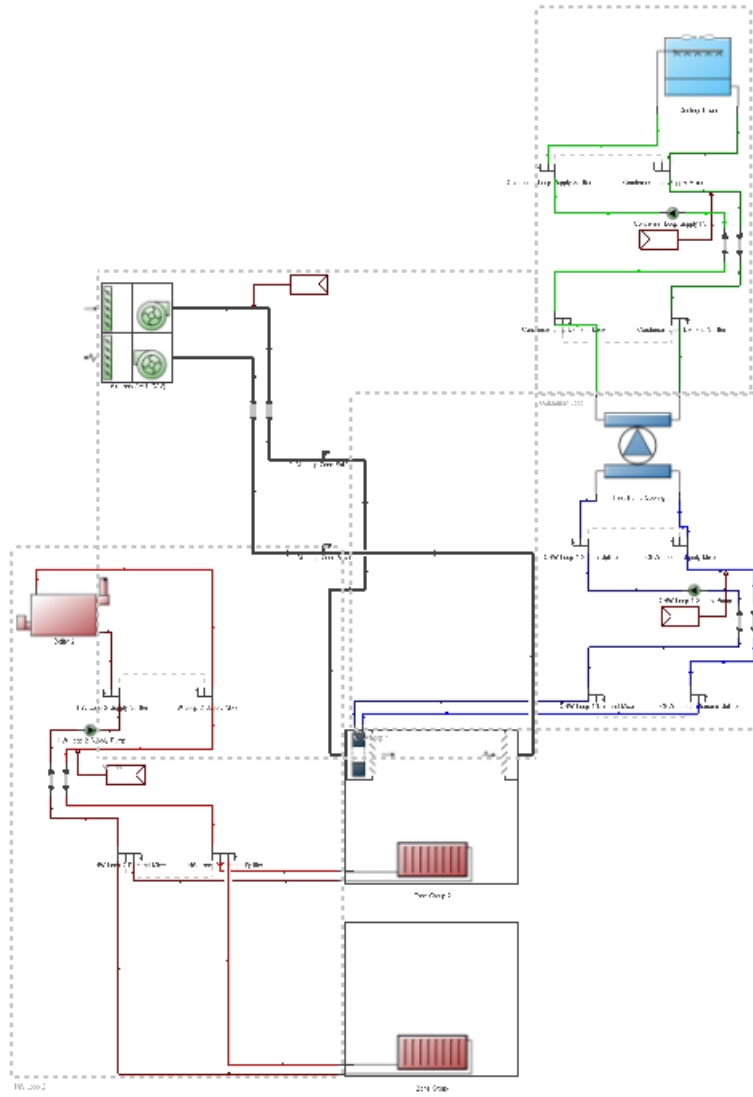
Το Ζεστό Νερό Χρήσης, όπως ήδη αναφέραμε, παράγεται μέσω ηλεκτρικού μπόιλερ.

Στην Εικόνα 3.18 απεικονίζονται οι επιθυμητές θερμοκρασίες όταν απαιτείται θέρμανση (heating) ή ψύξη (cooling), καθώς και οι ακραίες θερμοκρασίες στις οποίες τίθενται σε λειτουργία η θέρμανση και η ψύξη, για περιόδους που δεν λειτουργεί το κάθε σύστημα, ώστε να αποφευχθούν οι πολύ χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Στην Εικόνα 3.19 απεικονίζεται το σύστημα θέρμανσης και ψύξης, ενώ στην Εικόνα 3.20 το σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης.

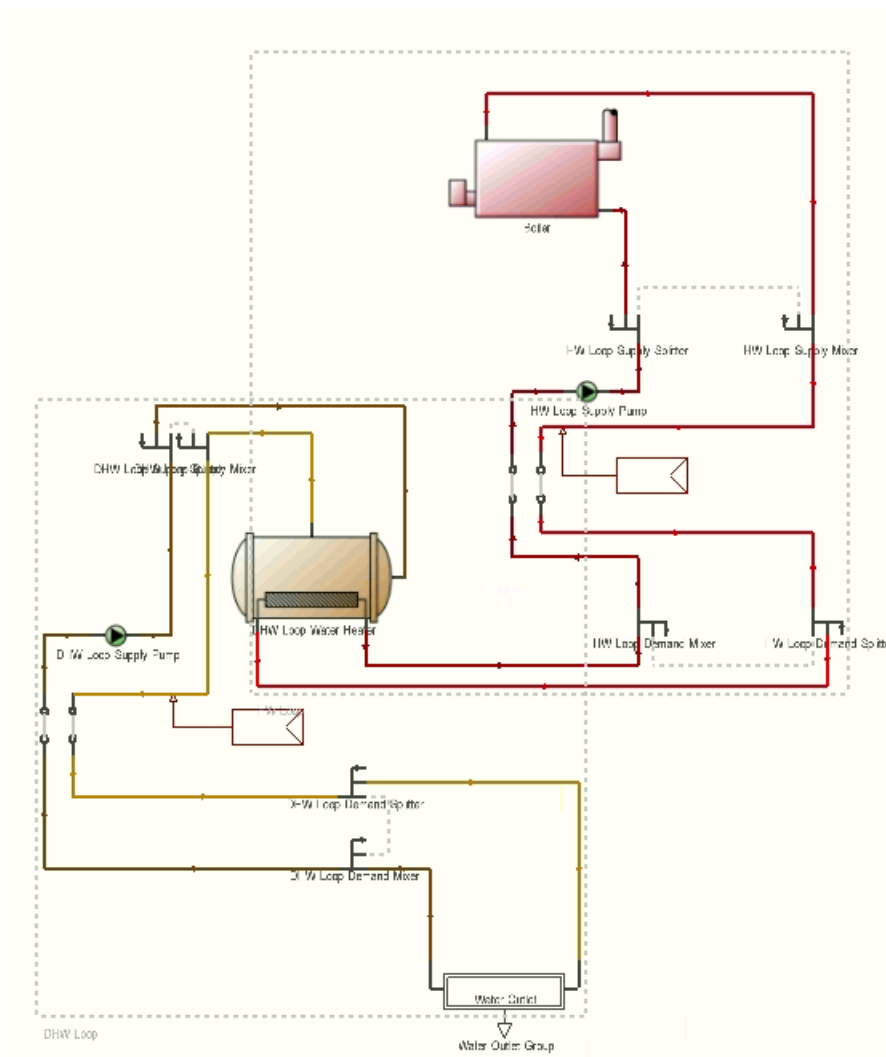
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	20.0
Heating set back (°C)	13.0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (°C)	26.0
Cooling set back (°C)	32.0

Εικόνα 3.18 Set points Θέρμανσης και Ψύξης





Εικόνα 3.19 Σύστημα θέρμανσης και ψύξης



Εικόνα 3.20 Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης

Edit Plant loop -

Plant loop

General | Plant Equipment Operation

General

Name HW Loop 2

Fluid type 1-Water

Plant loop volume (m3) Autocalculate

Flow Type

Plant loop flow type 2-Variable flow

Temperature

Maximum loop temperature (°C) 80.00

Minimum loop temperature (°C) 10.00

Flow Rate

Maximum loop flow rate (m3/s) Autosize

Minimum loop flow rate (m3/s) 0.000000

Load distribution scheme 1-Sequential

Plant loop demand calculation scheme 1-SingleSetPoint

Sizing

Design loop exit temperature (°C) 80.00

Loop design temperature difference (deltaC) 10.00

Operation

Availability schedule Copy of Winter heating (Northern Hemis

Outside Temperature Operation

Outside temperature operation

Εικόνα 3.21 Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης

Edit Hot Water Boiler -

Boiler

Hot Water Boiler

General

Name Boiler 2

Boiler template Gas-fired condensing boiler

Fuel type 4-Fuel oil #1

Nominal capacity (W) Autosize

Boiler flow mode 3-Not modulated

Parasitic electric load (W) 25.000

Sizing factor 1.000

Efficiency

Nominal thermal efficiency 0.890

Efficiency curve temperature evaluation variable LeavingBoiler

Normalized boiler efficiency curve CondensingBoilerEff

Water Outlet

Design water flow rate (m3/s) Autosize

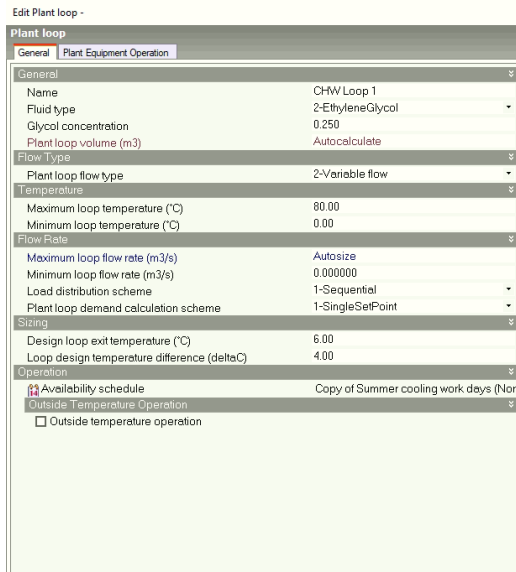
Part Load Ratios

Minimum part load ratio 0.000

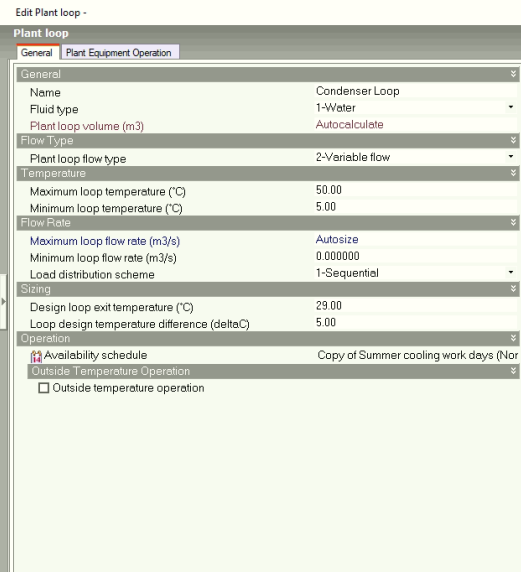
Maximum part load ratio 1.000

Optimum part load ratio 1.000

Εικόνα 3.22 Χαρακτηριστικά μπόιλερ



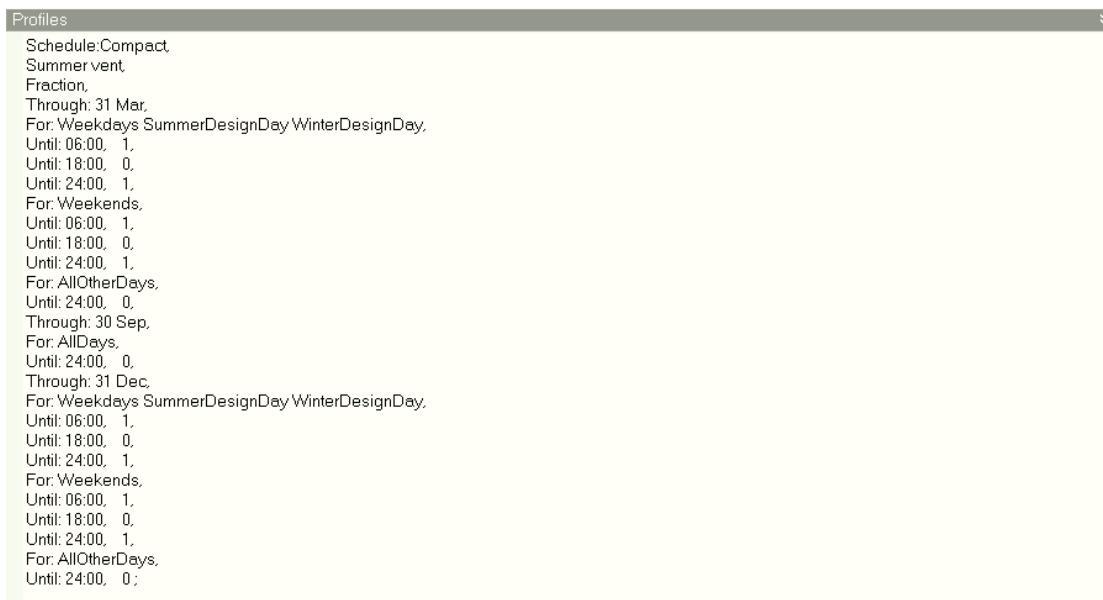
Εικόνα 3.23 Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης



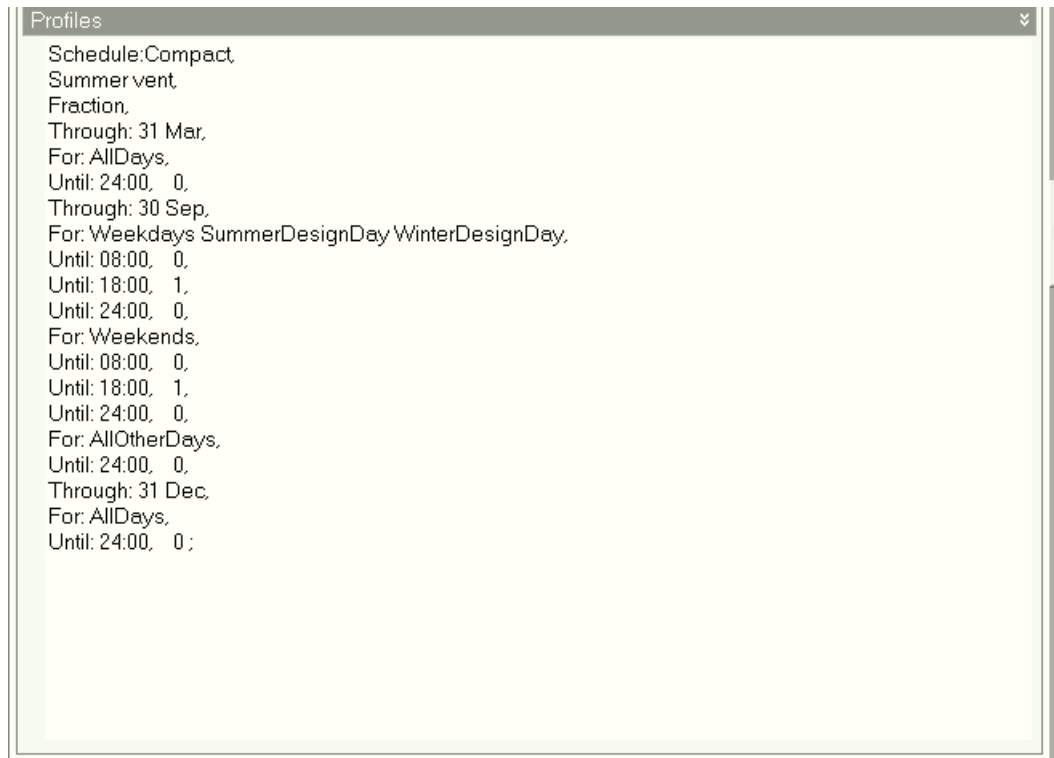
Εικόνα 3.24 Χαρακτηριστικά συστήματος συμπυκνωτή

### Πρόγραμμα λειτουργίας

Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί από Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο 18:00-6:00. Ενώ το σύστημα ψύξης λειτουργεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο 8:00-18:00. Οι εικόνες 3.25 και 3.26 αναπαριστούν τα προγράμματα λειτουργίας όπως εμφανίζονται στο DesignBuilder



Εικόνα 3.25 Πρόγραμμα θέρμανσης



Εικόνα 3.26 Πρόγραμμα ψύξης

### 3.4. Χρήση κτιρίου

#### 3.4.1. Εσωτερικός φωτισμός

Το ηλεκτρικό φορτίο από τον εσωτερικό φωτισμό επηρεάζει τις καταναλώσεις της θέρμανσης και της ψύξης. Το κτίριο φωτίζεται με φώτα LED και στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι τιμές που ορίζονται για την επιθυμητή φωτεινότητα και την πυκνότητα φωτισμού ανά 100 lux, αλλά και το πρόγραμμα φωτισμού.



Εικόνα 3.27 Στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011



Εικόνα 3.28 Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lux

```

Profiles
Schedule:Compact
Occ_Residential,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays,
Until: 06:00, 0.00,
Until: 22:00, 1.00,
Until: 23:00, 0.80,
Until: 24:00, 0.20,
For: Saturday,
Until: 07:00, 0.00,
Until: 22:00, 1.00,
Until: 23:00, 0.80,
Until: 24:00, 0.20,
For: Sunday Holidays,
Until: 07:00, 0.00,
Until: 22:00, 1.00,
Until: 23:00, 0.80,
Until: 24:00, 0.20,
For: SummerDesignDay,
Until: 24:00, 1,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0 ;

```

Εικόνα 3.29 Πρόγραμμα φωτισμού

### 3.4.2. Πληρότητα

Όπως και ο φωτισμός έτσι και η πληρότητα (occupancy) επηρεάζει το φορτία που απαιτούνται για θέρμανση και ψύξη. Στο κτίριο κατοικούν 6 άτομα. Στις Εικόνες 3.30 και 3.31 απεικονίζεται το πρόγραμμα πληρότητας του κτιρίου και το πρόγραμμα διακοπών, αντίστοιχα.

```

Profiles
Schedule:Compact
Occ_Residential,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays,
Until: 05:00, 1.00,
Until: 06:00, 0.80,
Until: 08:00, 0.75,
Until: 09:00, 0.50,
Until: 15:00, 0.43,
Until: 18:00, 0.50,
Until: 21:00, 0.75,
Until: 24:00, 0.80,
For: Saturday,
Until: 07:00, 1.00,
Until: 08:00, 0.80,
Until: 09:00, 0.75,
Until: 10:00, 0.50,
Until: 15:00, 0.43,
Until: 18:00, 0.50,
Until: 21:00, 0.75,
Until: 24:00, 0.80,
For: Sunday Holidays,
Until: 07:00, 1.00,
Until: 08:00, 0.80,
Until: 09:00, 0.75,
Until: 10:00, 0.50,
Until: 15:00, 0.43,
Until: 18:00, 0.50,
Until: 21:00, 0.75,
Until: 24:00, 0.80,
For: SummerDesignDay,
Until: 24:00, 1,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0 ;

```

Εικόνα 3.30 Πρόγραμμα πληρότητας κτιρίου

Holidays		
General List		
Name	Start date	Number of days
New Years Day	1 Jan	1
Christmas Day	25 Dec	1
Boxing Day	26 Dec	1
Easter Monday	2nd Monday in April	1
Easter Sunday	1st Sunday in April	1
May Day	1 May	1
National Day	25 Mar	1
15 Aug	15 Aug	1
August Holiday	1st Monday in August	1

Εικόνα 3.31 Πρόγραμμα διακοπών

### 3.4.3. Ηλεκτρικές συσκευές

Με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για την εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανάλογα με την χρήση του κτηρίου, θεωρήθηκαν τα συνολικά φορτία από τις ηλεκτρικές συσκευές ίσα με  $4 \text{ W/m}^2$ . Στο παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα φορτία ηλεκτρικών συσκευών ανά χώρο.

Πίνακας 3.1

	Χώρος	W/m <sup>2</sup>
<b>Ισόγειο</b>	Υπνοδωμάτιο-Σαλόνι-Κουζίνα 1	1,46
	Υπνοδωμάτιο-Σαλόνι-Κουζίνα 2	1,45
	Μπάνιο 1	0,05
	Μπάνιο 2	0,06
<b>1ος όροφος</b>	Μπάνιο 1	0,09
	Μπάνιο 2	0,10
	Υπνοδωμάτιο 1	0,38
	Υπνοδωμάτιο 2	0,41

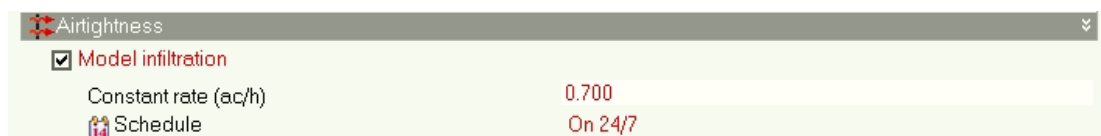
### 3.4.4. Αεροστεγανότητα

Αν το κέλυφος ενός κτιρίου δεν είναι αρκετά αεροστεγές, μπορεί να υπάρχει απώλεια σημαντικών ποσών ενέργειας. Η διαρροή αέρα μπορεί να αποφευχθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την προσεγμένη κατασκευή του κτιρίου. Η σημερινή φιλοσοφία στην κατασκευή κτιρίων είναι η μέγιστη αεροστεγανότητα (airtightness) και ο αερισμός από παράθυρα και άλλα σκόπιμα τοποθετημένα ανοίγματα ή/και ο μηχανικός αερισμός<sup>21</sup>

Ο αθέλητος αερισμός (Infiltration) είναι η μη σκόπιμη ροή αέρα από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου και οφείλεται στο ανοιγοκλείσιμο εξωτερικών θυρών, σε ρωγμές γύρω από τα ανοίγματα ή στις μικρές σχισμές στις ενώσεις μεταξύ των δομικών συστατικών του κτιρίου. Ο αριθμός των εναλλαγών αέρα ανά ώρα ορίζεται με βάση την

<sup>21</sup> Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC), paper n.8, Dec.2004, Airtightness of buildings, p.1-3, www.aivc.org.

αεροστεγανότητα του χώρου. Ο αθέλητος αερισμός στο πρόγραμμα ορίστηκε σε 0,7 ac/h (air changes per hour).



Εικόνα 3.32 Αεροστεγανότητα

Επιπλέον, ο φυσικός αερισμός (Natural ventilation) είναι η ροή αέρα από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου και γίνεται σκόπιμα με φυσικά μέσα. Η αντικατάσταση μέρος του εσωτερικού αέρα ενός κτιρίου με νωπό αέρα (fresh air) είναι απαραίτητος για λόγους συνθηκών υγιεινής και σχετίζεται άμεσα με τον φυσικό δροσισμό, την ποιότητα του αέρα και τα επίπεδα οξυγόνου στο εσωτερικό του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός στο πρόγραμμα ορίστηκε σε 2,9 lt/s ανά άτομο.



Εικόνα 3.33 Φυσικός αερισμός

Πίνακας 3.2 Απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης, TOTEE 20701-1/2017 -TEE

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m <sup>2</sup> επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75

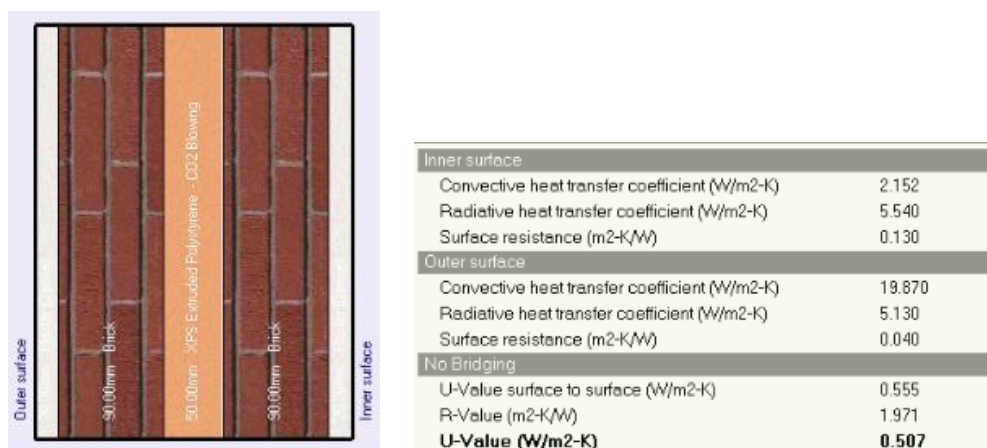
## Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα ενεργειακής μελέτης

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παραμετρική ανάλυση, ώστε να βρεθεί το βέλτιστο σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας για το υπό μελέτη κτίριο για χρονική περίοδο ενός έτους με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης DesignBuilder. Στα εξεταζόμενα σενάρια θα συγκριθούν διαφορετικοί συνδυασμοί συστημάτων θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης, μονώσεων εξωτερικών τοίχων, αλλαγών στα τζάμια και τα κουφώματα, προκειμένου να εντοπισθεί το καλύτερο σενάριο τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά, το οποίο πραγματεύεται το επόμενο κεφάλαιο.

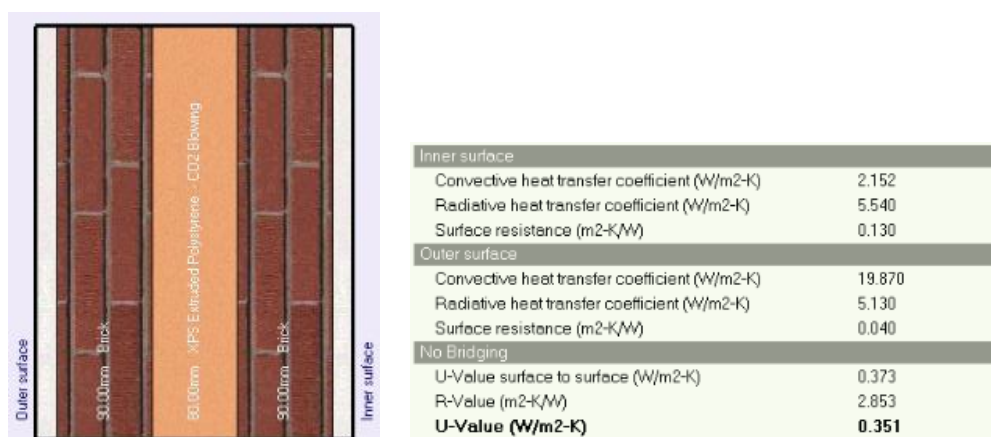
Ειδικότερα θα γίνει παραμετρική ανάλυση και σύγκριση των πιθανών βελτιωτικών αλλαγών στο κτίριο που θα προέκυπταν από την τυχόν χρησιμοποίηση των παρακάτω δομικών υλικών, τα βασικά χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται εδώ, ήτοι:

### Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Θα εξεταστούν τα σενάρια της τοποθέτησης είτε 5 cm είτε 8 cm πάχους θερμομόνωσης στο εσωτερικό των εξωτερικών τοίχων. Παρακάτω φαίνεται η μοντελοποίησή τους (Εικόνα 4.1, Εικόνα 4.2) στο λογισμικό DesignBuilder.



Εικόνα 4.1 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου με 5cm μόνωση



Εικόνα 4.2 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου με 8cm μόνωση



### Διπλοί υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή

Τα ανοίγματα ενός κτιρίου (πόρτες, παράθυρα) αποτελούν αποδεδειγμένα τα πιο ευάλωτα σημεία του κελύφους του, όσον αφορά στις θερμικές του απώλειες. Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς μπορεί να μειώσει τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου σε ποσοστό, που μπορεί να φθάσει ακόμα και στο 50%.

Επιπλέον, όσον αφορά στα κουφώματα, τα απλά συστήματα αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή) αποτελούνται μόνο από αλουμίνιο. Όπως είναι γνωστό το αλουμίνιο, ως μέταλλο, αποτελεί καλό αγωγό της θερμότητας, επιτρέποντας τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον και αντίστροφα. Επομένως προκαλεί σημαντικές απώλειες θερμότητας και καθιστά ενεργοβόρο τη διατήρηση μίας ικανοποιητικής θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Η λύση είναι η παρεμβολή μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής επιφάνειας του αλουμινίου ενός υλικού με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα για τη διακοπή της ροής θερμότητας (θερμοδιακοπή). Ένα τέτοιο υλικό είναι το πολυαμίδιο, ένα είδος πλαστικού ρnc, που είναι κακός αγωγός της θερμότητας και το οποίο παρεμβάλλεται στα συστήματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή. Με τον τρόπο αυτό διατηρείται απόσταση μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας του κουφώματος, εγκλωβίζοντας μέσα στο κτίριο τη ζέστη το χειμώνα και την ψύξη το καλοκαίρι. Μόνο από τη θερμοδιακοπή εξοικονομείται έως και 5% της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Εκτός από το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης ενέργειας, με τη χρήση κουφωμάτων με θερμοδιακοπή επιτυγχάνεται καλύτερη ηχομόνωση και αποτρέπεται η υγραποίηση υδρατμών και η δημιουργία μούχλας στους τοίχους.<sup>22</sup>

Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζεται η μοντελοποίησή τους στο πρόγραμμα του DesignBuilder.

Calculated Values	
Total solar transmission (SHGC)	0.497
Direct solar transmission	0.373
Light transmission	0.505
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m <sup>2</sup> -K)	2.785
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2.665</b>

Εικόνα 4.3 Χαρακτηριστικά παραθύρων με διπλό υαλοπίνακα

### Ενδοδαπέδια θέρμανση

Η ενδοδαπέδια θέρμανση, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια, έχει ως βασικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα συστήματα συμβατικής θέρμανσης, την εξοικονόμηση χώρου, την ελευθερία στις αρχιτεκτονικές εφαρμογές και στη διακόσμηση (διότι δεν τοποθετούνται θερμαντικά σώματα στο χώρο) και την οικονομική της λειτουργία.

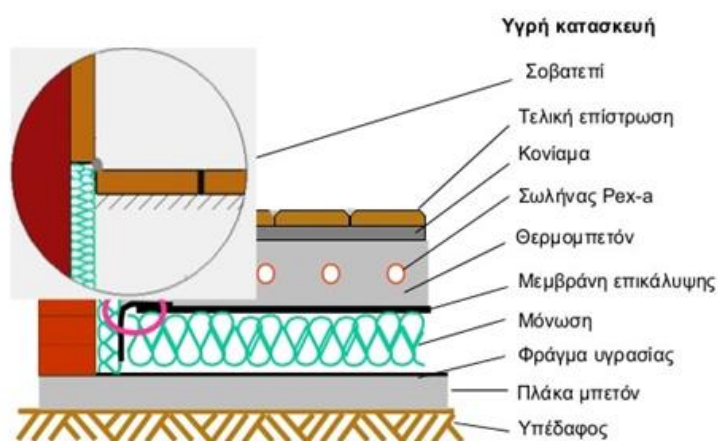
Οι βασικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι όμοιες με αυτές των συμβατικών συστημάτων: καυστήρας, λέβητας, κυκλοφορητής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ). Όμως τελικοί αποδέκτες του ζεστού νερού αντί για τα σώματα καλοριφέρ είναι το δάπεδο, το οποίο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Τοποθετείται θερμομόνωση κάτω από το δάπεδο και απλώνεται πάνω της ένα σύστημα σωλήνων που μεταφέρουν ζεστό νερό. Το δάπεδο θερμαίνεται σταδιακά και

<sup>22</sup> <https://www.ktirio.gr/>

ακτινοβολεί τη θερμότητα στον αέρα. Έτσι επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση του αέρα, από κάτω προς τα πάνω.<sup>23</sup>

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο από ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης. Ωστόσο, η απόσβεση γίνεται αρκετά γρήγορα, διότι το κόστος λειτουργίας της είναι χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος των καλοριφέρ.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι ο χώρος θερμαίνεται ομοιόμορφα<sup>24</sup> και σε σταθερή θερμοκρασία χωρίς ρεύματα αέρα όπως γίνεται με άλλους τρόπους θέρμανσης (όπως καλοριφέρ, fan coils, κ.λ.π.). Επίσης δεν ξηραίνει τον αέρα του χώρου. Επειδή οι άνθρωποι κρυώνουν πρώτα από τα άκρα, ιδίως τα πόδια. Με την ενδοδαπέδια θέρμανση η υψηλότερη θερμοκρασία χώρου παρέχεται ακριβώς στο επιθυμητό σημείο, δηλαδή στα πόδια μας, ενώ η χαμηλή θερμοκρασία στην οροφή, όπου η θερμότητα δεν μας χρησιμεύει, εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας. Όπως είναι ευνόητο, αποτελεί ιδανική επιλογή σε περιπτώσεις, όπως μεγάλοι ψηλοτάβανοι χώροι ή ημιυπαίθριοι χώροι.



Εικόνα 4.4 Τομή ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Το κυριότερο ίσως μειονέκτημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι το σύστημα μεγάλης αδράνειας. Αδράνεια σημαίνει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εντολής του θερμοστάτη μέχρι να φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία ο χώρος. Χρειάζεται, δηλαδή, περισσότερος χρόνος για να εκτελέσει το σύστημα τις διάφορες εντολές που του δίνουμε (on-off, μεταβολές θερμοκρασίας).

Το σύστημα αυτό είναι λοιπόν προτιμητέο, ώστε να είναι αποδοτικό, για περιπτώσεις όπου η θέρμανση λειτουργεί αρκετές ώρες ημερησίως. Εάν οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι λιγότερες από 5-6 ώρες ημερησίως, πιθανόν η ενδοδαπέδια θέρμανση να μην είναι το κατάλληλο σύστημα.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> S.Sattari B.Farhanieh «A parametric study on radiant floor heating system performance»  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.09.009>,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148105002624>

<sup>24</sup> Barbara Larwa Silvia Cesari Michele Bottarelli "Study on thermal performance of a PCM enhanced hydronic radiant floor heating system»,

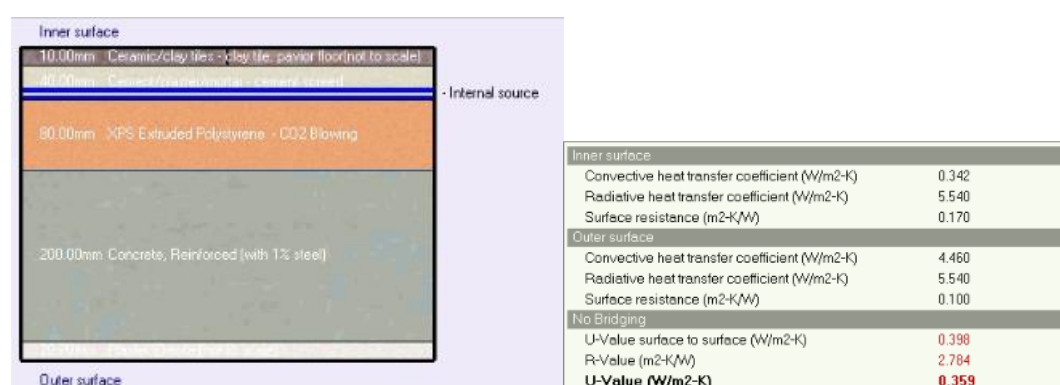
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221004941>

<sup>25</sup> <https://thermansipress.gr/thermansipress/>

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να θεωρηθεί και ότι δεν ενδείκνυται στην ενδοδαπέδια η τοποθέτηση χαλιών, μοκετών κλπ. στο δάπεδο καθώς, όπως είναι λογικό, θα περιορίζει την απόδοση.

Στα κυκλώματα των σωληνώσεων υπάρχουν συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής με βάνες για τη ρύθμιση της παροχής νερού, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή της θέρμανσης. Για την καλύτερη λειτουργία ενδοδαπέδιας θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου ή φυσικού αερίου χρειάζεται μία τρίοδη βάνα, ώστε να εξασφαλίζεται ότι το νερό που θα κυκλοφορεί στα κυκλώματά της δεν θα ξεπεράσει ποτέ τους 45°C.

Στην παρούσα εργασία για το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού ορίστηκε 40 °C. Στην εικόνα 4.5 απεικονίζεται η μοντελοποίησή της στο πρόγραμμα του DesignBuilder.



Εικόνα 4.5 Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά ενδοδαπέδιας θέρμανσης

## Αντλία θερμότητας

Μία αντλία θερμότητας αέρα-νερού λειτουργεί απορροφώντας θερμική ενέργεια από το περιβάλλον.<sup>26</sup> Η λανθάνουσα θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος αντλείται ακόμα και σε πολύ χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του εσωτερικού χώρου.

Η αντλία θερμότητας (heat pump) επιτρέπει τη μεταφορά ενέργειας με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής, δηλαδή από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας σε έναν χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας.

Τοποθετείται εξωτερικά του κτιρίου και χρησιμοποιεί τη θερμική ενέργεια του αέρα. Η αντλία αποτελείται κυρίως από ένα συμπιεστή, μία βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένα εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή).

Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τα ψυγεία, χρησιμοποιώντας έναν κύκλο συμπίεσης ατμού. Ειδικότερα: Ο εξωτερικός αέρας με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα ωθείται στην αντλία θερμότητας όπου βρίσκεται ο εξατμιστής. Ο εξατμιστής είναι συνδεδεμένος σε ένα

<sup>26</sup> <https://thermoplanart.gr>

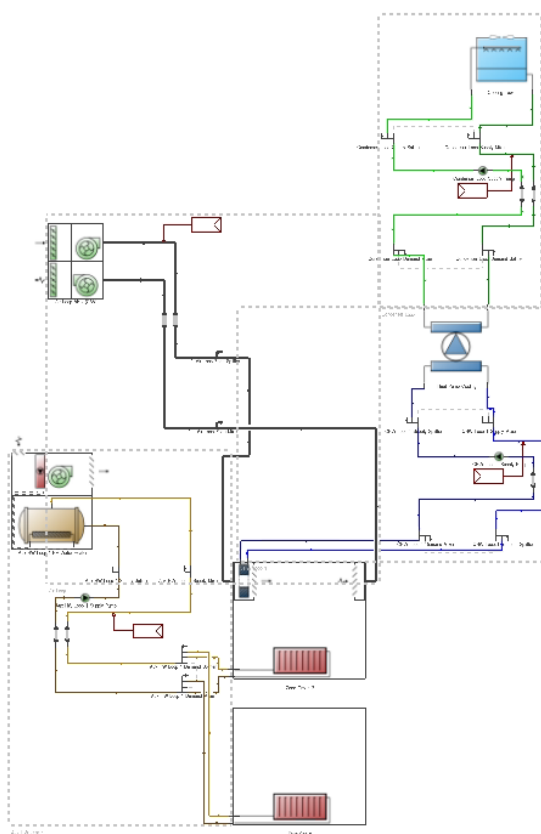
κλειστό σύστημα. Μέσα σε αυτό εμπεριέχεται το ψυκτικό μέσο που μετατρέπεται σε αέριο όταν ο εξωτερικός αέρας διοχετεύεται στον εξατμιστή.

Έπειτα, με τη βοήθεια του συμπιεστή, το αέριο φτάνει σε υψηλή θερμοκρασία που πορεύεται να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου. Το ψυκτικό μέσο, μέσω του συμπυκνωτή, επανέρχεται σε υγρή μορφή. Ο αυτός κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η θερμότητα από την αντλία μπορεί να τροφοδοτήσει το ενδοδαπέδιο σύστημα, τα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ) και το ζεστό νερό χρήσης. Η ίδια αντλία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μονάδα το καλοκαίρι.

Η αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας φθάνει το 300%.<sup>27</sup> Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (αέρας) και επίσης απαιτεί απλούστερη συντήρηση. Ο συμπιεστής της αντλίας διαθέτει έλεγχο inverter, έτσι η αντλία θερμότητας καταναλώνει μόνο την απαιτούμενη ενέργεια, καθιστώντας το σύστημα ακόμα πιο οικονομικό.<sup>28</sup>

Στην παρούσα εργασία για την περίπτωση θέρμανσης με αντλία θερμότητας αέρα-νερού και καλοριφέρ, η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού ορίστηκε στους 55 °C. Για την περίπτωση θέρμανσης με αντλία θερμότητας αέρα-νερού και ενδοδαπέδια θέρμανση, η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού ορίστηκε στους 40°C, όπως προαναφέραμε.



Εικόνα 4.6 Σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας αέρα-νερού και σύστημα ψύξης

<sup>27</sup> <https://daikin.gr>

<sup>28</sup> <https://thermansipress.gr>

## Ηλιακός θερμοσίφωνας

Πρόκειται για ένα απλό και αποδοτικό σύστημα θέρμανσης νερού με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

Ειδικά σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως η Ελλάδα και τα άλλα Μεσογειακά κράτη<sup>29</sup> η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αξιοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό. Τα βασικά πελονεκτήματα είναι η οικονομία, αλλά και η συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος, με την μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς την μείωση έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ο χρόνος απόσβεσης της δαπάνης στην Ελλάδα για μια κατοικία τετραμελούς οικογένειας, έχει υπολογισθεί σε 5 -7 χρόνια.<sup>30</sup>

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένας ηλιακός θερμοσίφωνας είναι:

- Οι ηλιακοί συλλέκτες (ή καθρέπτες), δηλαδή η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας, που αποτελείται από τέσσερα μέρη: α) την πλάκα συλλογής ακτινοβολίας, β) τους σωλήνες νερού, γ) την κάλυψη (κρύσταλλο) της πλάκας απορρόφησης και δ) το θερμικά μονωμένο πλαίσιο όπου στερεώνονται τα υπόλοιπα εξαρτήματα. Η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στην μαύρη απορροφητική πλάκα και την θερμαίνει. Η πλάκα εκπέμπει θερμική ακτινοβολία, το δε τζάμι που την καλύπτει είναι σχεδόν αδιαφανές. Έτσι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) παγιδεύεται ανάμεσα στην πλάκα και το τζάμι, με αποτέλεσμα τη θέρμανση του νερού που κυκλοφορεί στους σωλήνες που βρίσκονται σε επαφή με αυτή στο πίσω μέρος της.
- Η δεξαμενή αποθήκευσης νερού χρήσης από χάλυβα ή και από χαλκό (ή με κάποια επίστρωση όπως εμαγιέ για αποφυγή ηλεκτρολύσεων), με συνήθη χωρητικότητα που 100 - 200 λίτρα για οικιακή χρήση και εξωτερική μόνωση από πολυουρεθάνη.<sup>31</sup> Συνήθως έχει ενσωματωμένη μια ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη και στα συστήματα κλειστού κυκλώματος έχει επιπλέον ενσωματωμένο εναλλάκτη.
- Το δίκτυο σωληνώσεων νερού.
- Το ανόδιο, δηλαδή μια ράβδος μαγνησίου (Φ22Χ30mm) για την καθοδική προστασία από ηλεκτρόλυση.
- Ορισμένα εξαρτήματα ελέγχου όπως βαλβίδα υπερπίεσης και αυτόματα εξαεριστικά.

Η αρχή λειτουργίας του ηλιακού θερμοσίφωνα είναι η εξής: Βασίζεται στην εκμετάλλευση της φυσικής τάσης του αραιότερου ρευστού να κινηθεί ψηλότερα από ένα πυκνότερο ρευστό και αξιοποιείται για να κινητοποιήσει τη ροή του ρευστού μέσω του συλλέκτη στον ηλιακό θερμοσίφωνα. Η διαφορά πυκνότητας δημιουργείται μέσα στο συλλέκτη, όπου το ρευστό παραλαμβάνει θερμότητα. Το νερό που θερμαίνεται ανυψώνεται προς το δοχείο, και το ψυχρότερο μετατοπίζεται προς τη βάση του συλλέκτη και δημιουργείται έτσι ένας

<sup>29</sup> Η Ελλάδα αποτελεί ιδανική τοποθεσία για χρήση ηλιακών θερμοσιφώνων, λόγω της παρατεταμένης ηλιοφάνειας -περίπου 3000 ώρες το χρόνο. Στο Ισραήλ η τοποθέτησή τους έχει γίνει υποχρεωτική στις νέες οικοδομές.

<sup>30</sup> <https://anastasiadisbros.gr/ypostiriksi/syxnes-erotiseis-gia-iliako-thermosifona>

<sup>31</sup> Ένας ηλιακός θερμοσίφωνας με δεξαμενή 100 λίτρων και επιλεκτική συλλεκτική επιφάνεια 2 τ.μ αποδίδει κατά μέσο όρο περίπου 150 λίτρα ζεστού νερού χρήσης σε θερμοκρασία 35-40 βαθμών της κλίμακας Κελσίου, <https://www.thermosifones.gr/iliakoi-thermosifones.php>.

βρόχος φυσικής κυκλοφορίας, ο θερμοσιφωνικός βρόχος.<sup>32</sup> Επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) συνεχής ροή του θερμαινόμενου μέσου, από το θερμότερο σημείο (ηλιακοί συλλέκτες) προς το ψυχρότερο (δεξαμενή νερού), μέχρις ότου τα δύο σημεία αποκτήσουν παρόμοιες θερμοκρασίες.<sup>33</sup> Για το λόγο αυτό η δεξαμενή αποθήκευσης είναι πάντα ψηλότερα από τους ηλιακούς συλλέκτες, ώστε το ψυχρότερο σημείο να βρίσκεται ψηλότερα από το θερμότερο.

Για την καλύτερη απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα, έχει σημασία το σημείο εγκατάστασής του. Πρέπει να μην έχει σκίαση και να μην απέχει πολύ από την υδραυλική σύνδεση. Η θέση με τη μέγιστη ηλιοφάνεια είναι ο νότος, η δε προτιμητέα κλίση του πρέπει να είναι 20-50 μοίρες.

Διακρίνουμε δύο είδη ηλιακών θερμοσιφώνων ανάλογα με το θερμαινόμενο μέσο:

- Ανοικτού κυκλώματος οι οποίοι ζεσταίνουν το νερό απευθείας (το θερμαινόμενο μέσο σε αυτούς είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε) και
- Κλειστού κυκλώματος οι οποίοι χρησιμοποιούν εναλλάκτη θερμότητας για τη θέρμανση του νερού, οπότε έχουμε έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα)

Οι ανοικτού κυκλώματος ηλιακοί θερμοσίφωνες επιτρέπουν την ταχύτερη θέρμανση και είναι πιο οικονομικοί, παρουσιάζουν όμως προβλήματα στις χαμηλές θερμοκρασίες (παγετό), γιατί αντίθετα από τους κλειστού κυκλώματος δεν δέχονται αντιψυκτικά. Επίσης οι ανοικτού κυκλώματος είναι πιο εύκολο να βουλώσουν σε περιοχές με σκληρό νερό, σε αντίθεση με τη διάταξη κλειστού κυκλώματος.

Επιπλέον διακρίνουμε τα ακόλουθα είδη ηλιακών θερμοσιφώνων, ανάλογα με τις ενεργειακές πηγές τους:

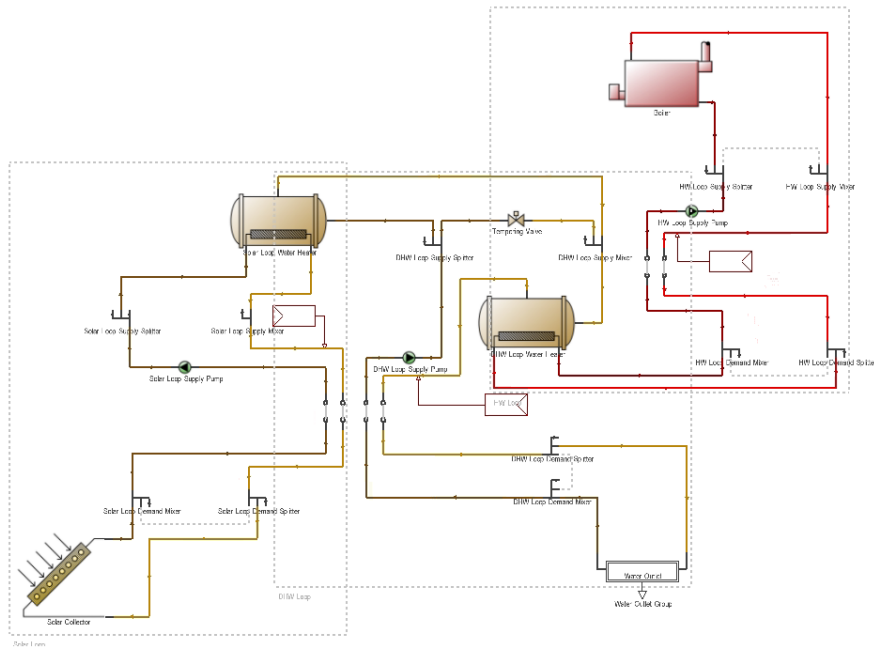
- Διπλής ενέργειας: Οι οποίοι λειτουργούν είτε με ηλιακή είτε με ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. όταν υπάρχει νέφωση οπότε η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί).
- Τριπλής ενέργειας: Οι οποίοι μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιήσουν ως θερμαντικό μέσο το ζεστό νερό που παράγεται από τον λέβητα του καλοριφέρ. Για την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα τριπλής ενέργειας, προϋπόθεση είναι η ύπαρξη κατάλληλης υποδομής στο κτίριο, ήτοι ξεχωριστών σωληνώσεων (π.χ. ανά διαμέρισμα) που να συνδέουν το λεβητοστάσιο με το σημείο εγκατάστασης του ηλιακού θερμοσίφωνα στην ταράτσα.

Στην παρούσα εργασία για τοποθετήθηκε ηλιακός θερμοσίφωνα με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup> και με ηλεκτρικό μπόιλερ για την περίπτωση που δεν καλύπτονται οι ανάγκες για ΖΝΧ, μέσω του ηλιακού θερμοσίφωνα, λόγω παρατεταμένης κακοκαιρίας.

---

<sup>32</sup> D. Yogi Goswami, Ηλιακή Ενέργεια για Μηχανικούς, επιστημονική επιμέλεια Χρ. Τζιβανίδης, Εκδόσεις Τζιόλα 2021, σελ.320επ.

<sup>33</sup> <https://www.thermosifones.gr/iliakoi-thermosifones.php>



Εικόνα 4.7 Ηλιακός θερμοσίφωνας

#### 4.1.1. Υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 1)

Αρχικά θα υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας στο ήδη υφιστάμενο κτίριο, χωρίς παρεμβάσεις στο κέλυφος ή στο σύστημα θέρμανσης και το σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης. Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου έχουν αναλυθεί στα κεφάλαια 2 και 3 της παρούσας εργασίας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση που ανέρχεται σε 20322,76 kWh και κρίνεται αρκετά υψηλή.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	396,47	2885,48	3281,95
Φεβρουάριος	362,86	3623,38	3986,24
Μάρτιος	395,65	2960,44	3356,09
Απρίλιος	375,66	0	375,66
Μάιος	399,22	0	399,22
Ιούνιος	666,77	0	666,77
Ιούλιος	962,33	0	962,33
Αύγουστος	946,78	0	946,78
Σεπτέμβριος	600,56	0	600,56
Οκτώβριος	394,42	155,29	549,71
Νοέμβριος	384,61	1408,32	1792,93
Δεκέμβριος	392,78	3011,74	3404,52
<b>Σύνολο</b>	<b>6278,11</b>	<b>14044,65</b>	<b>20322,76</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	14348,08
Ψύξη	1547,55
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1678,94
Λοιπές καταναλώσεις	1164,67
<b>Σύνολο</b>	<b>20322,76</b>

#### 4.1.2. Σενάριο 2

Στο υπό εξέταση σενάριο αντικαθιστούμε το σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, καθώς και οι εξωτερικοί τοίχοι στους οποίους δεν υπάρχει μόνωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας που ανέρχεται σε 19892,84 kWh. Παρατηρούμε μία μικρή μείωση των καταναλώσεων, της τάξης του 2,1%, που οφείλεται κυρίως στην αλλαγή των υαλοπινάκων.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	400,52	2800,97	3201,49
Φεβρουάριος	366,62	3511,27	3877,89
Μάρτιος	399,87	2885,37	3285,24
Απρίλιος	379,79	0	379,79
Μάιος	401,93	0	401,93
Ιούνιος	657,42	0	657,42
Ιούλιος	942,93	0	942,93
Αύγουστος	931,34	0	931,34
Σεπτέμβριος	588,2	0	588,2
Οκτώβριος	398,64	160,21	558,85
Νοέμβριος	388,59	1366,76	1755,35
Δεκέμβριος	396,88	2915,53	3312,41
<b>Σύνολο</b>	<b>6252,73</b>	<b>13640,1</b>	<b>19892,84</b>



Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	13943,49
Ψύξη	1476,29
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1165,67
<b>Σύνολο</b>	<b>19892,83</b>

#### 4.1.3. Σενάριο 3

Στο υπό εξέταση σενάριο τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, ενώ τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή όπως στο υφιστάμενο κτίριο (Σενάριο 1).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας που ανέρχεται σε 13845,22 kWh. Παρατηρούμε ότι η τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους επηρεάζει σημαντικά την ετήσια κατανάλωση ενέργειας, η οποία σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση μειώνεται κατά 31,9 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	391,79	1673,18	2064,97
Φεβρουάριος	358,6	2054,295	2412,895
Μάρτιος	390,93	1640,065	2030,995
Απρίλιος	371,25	0	371,25
Μάιος	394,01	0	394,01
Ιούνιος	615,37	0	615,37
Ιούλιος	851,57	0	851,57
Αύγουστος	854,35	0	854,35
Σεπτέμβριος	548,41	0	548,41
Οκτώβριος	389,65	54,88	444,53
Νοέμβριος	379,74	765,12	1144,86
Δεκέμβριος	388,19	1723,82	2112,01
<b>Σύνολο</b>	<b>5933,86</b>	<b>7911,36</b>	<b>13845,22</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	8214,75
Ψύξη	1273,18
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1133,35
<b>Σύνολο</b>	<b>13845,20</b>

#### 4.1.4. Σενάριο 4

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 3, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε μία μικρή μείωση των καταναλώσεων που συνολικά ανέρχονται σε 13265,44 kWh, σε σύγκριση με το Σενάριο 3, που οφείλεται στην αλλαγή των υαλοπινάκων. Ωστόσο σε σύγκριση με την

υφιστάμενη κατάσταση παρατηρείται σημαντική μείωση της τάξης του 34,7 % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	392,06	1583,36	1975,42
Φεβρουάριος	358,81	1942,1	2300,91
Μάρτιος	391,17	1572,11	1963,28
Απρίλιος	371,4	0	371,4
Μάιος	390,73	0	390,73
Ιούνιος	587,03	0	587,03
Ιούλιος	811,79	0	811,79
Αύγουστος	821,41	0	821,41
Σεπτέμβριος	528,41	0	528,41
Οκτώβριος	389,64	52,58	442,22
Νοέμβριος	379,79	686,74	1066,53
Δεκέμβριος	388,42	1617,89	2006,31
<b>Σύνολο</b>	<b>5810,66</b>	<b>7454,78</b>	<b>13265,44</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	7758,18
Ψύξη	1155,59
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1127,77
<b>Σύνολο</b>	<b>13265,46</b>

#### 4.1.5. Σενάριο 5

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως και στο Σενάριο 3, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης και θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή. Αυτό που αλλάζει είναι το πάχος της μόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS στους εξωτερικούς τοίχους από 5 σε 8 cm.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας που ανέρχεται σε 12950,97 kWh. Παρατηρούμε μία σημαντική μείωση κατά 36,3 % των καταναλώσεων, συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι η αύξηση του πάχους της μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους σε σχέση με το Σενάριο 3, από 5 cm σε 8 cm, οδηγεί σε μια μείωση 6,5 % της ετήσιας κατανάλωσης σε σχέση με εκείνη του Σεναρίου 3.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	386,55	1515,13	1901,68
Φεβρουάριος	353,8	1866,23	2220,03
Μάρτιος	385,65	1483,58	1869,23
Απρίλιος	366,21	0	366,21
Μάιος	388,73	0	388,73
Ιούνιος	601,59	0	601,59
Ιούλιος	828,11	0	828,11
Αύγουστος	833,04	0	833,04
Σεπτέμβριος	536,08	0	536,08
Οκτώβριος	384,34	45,2	429,54
Νοέμβριος	374,56	662,18	1036,74
Δεκέμβριος	382,99	1557	1939,99
<b>Σύνολο</b>	<b>5821,65</b>	<b>7129,32</b>	<b>12950,97</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	7432,71
Ψύξη	1225,88
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1118,1
<b>Σύνολο</b>	<b>12950,97</b>

#### 4.1.6. Σενάριο 6

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 5, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 8 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε μία ακόμα μείωση των καταναλώσεων, σε σχέση με το Σενάριο 5, που συνολικά ανέρχονται σε 12356,53 kWh. Συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση παρατηρείται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας κατά 39,2 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	386,86	1423,69	1810,55
Φεβρουάριος	354,05	1741,85	2095,9
Μάρτιος	385,92	1403,58	1789,5
Απρίλιος	366,39	0	366,39
Μάιος	385,3	0	385,3
Ιούνιος	572,5	0	572,5
Ιούλιος	786,17	0	786,17
Αύγουστος	797,34	0	797,34
Σεπτέμβριος	515,63	0	515,63
Οκτώβριος	384,33	41,83	426,16
Νοέμβριος	374,61	604,03	978,64
Δεκέμβριος	383,25	1449,2	1832,45
<b>Σύνολο</b>	<b>5692,35</b>	<b>6664,18</b>	<b>12356,53</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	6967,58
Ψύξη	1102,38
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1112,29
<b>Σύνολο</b>	<b>12356,53</b>

#### 4.1.7. Σενάριο 7

Στο υπό εξέταση σενάριο το σύστημα ψύξης, όπως και οι υαλοπίνακες (μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή) παραμένουν ίδια με το υφιστάμενο κτίριο και μόνωση δεν υπάρχει. Η διαφορά σε σχέση με το Σενάριο 1 είναι ότι τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και το σύστημα θέρμανσης είναι διαφορετικό ως προς τα τερατικά, δηλαδή αποτελείται από λέβητα πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση (αντί για καλοριφέρ).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία μικρή μείωση των καταναλώσεων, της τάξης του 1,4 %, που συνολικά ανέρχονται σε 20047,69 kWh.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	401,53	3000,43	3401,96
Φεβρουάριος	367,45	3112,14	3479,59
Μάρτιος	400,77	2621,17	3021,94
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	411,4	0	411,4
Ιούνιος	718,18	0	718,18
Ιούλιος	1018,07	0	1018,07
Αύγουστος	997,42	0	997,42
Σεπτέμβριος	655,42	0	655,42
Οκτώβριος	399,05	240,7	639,75
Νοέμβριος	389,62	1714,19	2103,81
Δεκέμβριος	397,23	2825,27	3222,5
<b>Σύνολο</b>	<b>6533,79</b>	<b>13513,90</b>	<b>20047,69</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	13817,29
Ψύξη	1737,73
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1185,3
<b>Σύνολο</b>	<b>20047,70</b>

#### 4.1.8. Σενάριο 8

Στο υπό εξέταση σενάριο, σε σύγκριση με το Σενάριο 7, αντικαθιστούμε μόνο τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια. Το σύστημα ζεστού νερού χρήσης αποτελείται και πάλι από ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα ίδια, καθώς και οι εξωτερικοί τοίχοι στους οποίους δεν υπάρχει μόνωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σχέση με το Σενάριο 7 μία μικρή μείωση των καταναλώσεων που συνολικά ανέρχονται σε 19441,39 kWh. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην διπλών υαλοπινάκων και κουφωμάτων με θερμοδιακοπή. Σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση η μείωση που παρατηρείται είναι 4,3 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	401,55	2894,1	3295,65
Φεβρουάριος	367,42	2988,56	3355,98
Μάρτιος	400,78	2527,22	2928
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	406,94	0	406,94
Ιούνιος	699,25	0	699,25
Ιούλιος	997,77	0	997,77
Αύγουστος	979,88	0	979,88
Σεπτέμβριος	637,29	0	637,29
Οκτώβριος	399,04	226,26	625,3
Νοέμβριος	389,6	1637,26	2026,86
Δεκέμβριος	397,21	2713,61	3110,82
<b>Σύνολο</b>	<b>6454,38</b>	<b>12987,01</b>	<b>19441,39</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	13290,39
Ψύξη	1663,49
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1180,11
<b>Σύνολο</b>	<b>19441,37</b>

#### 4.1.9. Σενάριο 9

Στο υπό εξέταση σενάριο τοποθετούμε μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση) και το σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, όπως στο Σενάριο 7.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων κατά 31,7% που συνολικά ανέρχονται σε 13889,35 kWh.



	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	392,68	1789,59	2182,27
Φεβρουάριος	358,98	1773,92	2132,9
Μάρτιος	391,61	1480,7	1872,31
Απρίλιος	369,24	0	369,24
Μάιος	403,38	0	403,38
Ιούνιος	676,55	0	676,55
Ιούλιος	935,31	0	935,31
Αύγουστος	925,2	0	925,2
Σεπτέμβριος	610,68	0	610,68
Οκτώβριος	389,93	88,29	478,22
Νοέμβριος	380,63	923,27	1303,9
Δεκέμβριος	388,19	1611,2	1999,39
<b>Σύνολο</b>	<b>6222,38</b>	<b>7666,97</b>	<b>13889,35</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	7970,35
Ψύξη	1544,39
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1150,69
<b>Σύνολο</b>	<b>13889,35</b>

#### 4.1.10. Σενάριο 10

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 9, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία εξίσου σημαντική μείωση των καταναλώσεων, όπως και στο σενάριο 9, κατά 35,3 % που συνολικά ανέρχονται σε 13155,42 kWh.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	392,85	1666,68	2059,53
Φεβρουάριος	359,06	1629,85	1988,91
Μάρτιος	391,73	1375,28	1767,01
Απρίλιος	369,24	0	369,24
Μάιος	397,84	0	397,84
Ιούνιος	645,6	0	645,6
Ιούλιος	893,16	0	893,16
Αύγουστος	893,06	0	893,06
Σεπτέμβριος	585,7	0	585,7
Οκτώβριος	389,92	76,5	466,42
Νοέμβριος	380,62	836,85	1217,47
Δεκέμβριος	388,26	1483,22	1871,48
<b>Σύνολο</b>	<b>6087,04</b>	<b>7068,38</b>	<b>13155,42</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	7371,76
Ψύξη	1415,9
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1143,82
<b>Σύνολο</b>	<b>13155,40</b>

#### 4.1.11. Σενάριο 11

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως και στο Σενάριο 9, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης και θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή. Αυτό που αλλάζει είναι το πάχος της μόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS στους εξωτερικούς τοίχους, από 5 σε 8 cm.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία μεγαλύτερη μείωση των καταναλώσεων, σε σχέση με το

Σενάριο 10, που συνολικά ανέρχονται σε 12985,02 kWh. Η μείωση της ετήσιας κατανάλωσης συγκριτικά με το Σενάριο 1 είναι 36,1 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	387,42	1622,12	2009,54
Φεβρουάριος	354,12	1595,61	1949,73
Μάρτιος	386,27	1323,6	1709,87
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	398,51	0	398,51
Ιούνιος	662,63	0	662,63
Ιούλιος	909,53	0	909,53
Αύγουστος	903,73	0	903,73
Σεπτέμβριος	596,36	0	596,36
Οκτώβριος	384,59	70,65	455,24
Νοέμβριος	375,42	819,2	1194,62
Δεκέμβριος	382,93	1448,1	1831,03
<b>Σύνολο</b>	<b>6105,74</b>	<b>6879,28</b>	<b>12985,02</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	7182,67
Ψύξη	1492,67
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1135,39
<b>Σύνολο</b>	<b>12985,01</b>

#### 4.1.12. Σενάριο 12

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 11, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 8 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε

σύγκριση με το Σενάριο 1 ότι οι ετήσιες καταναλώσεις, που συνολικά ανέρχονται σε 12251,88 kWh, είναι κατά 39,7 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	387,62	1495,32	1882,94
Φεβρουάριος	354,21	1450,79	1805
Μάρτιος	386,42	1218,22	1604,64
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	392,91	0	392,91
Ιούνιος	632,95	0	632,95
Ιούλιος	869,61	0	869,61
Αύγουστος	872,65	0	872,65
Σεπτέμβριος	574,18	0	574,18
Οκτώβριος	384,57	59,62	444,19
Νοέμβριος	375,41	732,22	1107,63
Δεκέμβριος	383,03	1317,92	1700,95
<b>Σύνολο</b>	<b>5977,79</b>	<b>6274,09</b>	<b>12251,88</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	6577,47
Ψύξη	1371,42
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1128,71
<b>Σύνολο</b>	<b>12251,88</b>

#### 4.1.13. Σενάριο 13

Στο υπό εξέταση σενάριο το σύστημα ψύξης παραμένει το ίδιο και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μόνωση δεν υπάρχει, όπως στο υφιστάμενο κτίριο (Σενάριο 1). Η διαφορά σε σχέση με το Σενάριο 1 είναι ότι τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και το σύστημα θέρμανσης είναι διαφορετικό, δηλαδή αποτελείται από αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε

σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων που συνολικά ανέρχονται σε 11608,67 kWh. Η ποσοστιαία μείωση των καταναλώσεων σε σχέση με το Σενάριο 1 είναι 42,9 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1615,08	0	1615,08
Φεβρουάριος	1693,75	0	1693,75
Μάρτιος	1417,08	0	1417,08
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	404,33	0	404,33
Ιούνιος	675,66	0	675,66
Ιούλιος	965,36	0	965,36
Αύγουστος	949,08	0	949,08
Σεπτέμβριος	604,25	0	604,25
Οκτώβριος	425,89	0	425,89
Νοέμβριος	942,57	0	942,57
Δεκέμβριος	1537,97	0	1537,97
<b>Σύνολο</b>	<b>11608,67</b>	<b>0</b>	<b>11608,67</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	5130,17
Ψύξη	1548,54
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1622,59
<b>Σύνολο</b>	<b>11608,68</b>

#### 4.1.14. Σενάριο 14

Στο υπό εξέταση σενάριο, σε σύγκριση με το Σενάριο 13, αντικαθιστούμε μόνο τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια. Το σύστημα ζεστού νερού χρήσης αποτελείται και πάλι από ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, καθώς και οι εξωτερικοί τοίχοι στους οποίους δεν υπάρχει μόνωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων, κατά 43,8 %, που συνολικά ανέρχονται σε 11411,58 kWh.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1593,16	0	1593,16
Φεβρουάριος	1657,27	0	1657,27
Μάρτιος	1401,67	0	1401,67
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	401,3	0	401,3
Ιούνιος	657,41	0	657,41
Ιούλιος	942,93	0	942,93
Αύγουστος	931,34	0	931,34
Σεπτέμβριος	588,2	0	588,2
Οκτώβριος	420,27	0	420,27
Νοέμβριος	927,85	0	927,85
Δεκέμβριος	1512,53	0	1512,53
<b>Σύνολο</b>	<b>11411,58</b>	<b>0</b>	<b>11411,58</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	5021,51
Ψύξη	1475,88
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1606,82
<b>Σύνολο</b>	<b>11411,59</b>

#### 4.1.15. Σενάριο 15

Στο υπό εξέταση σενάριο τοποθετούμε μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ) και το σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, όπως στο Σενάριο 13.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας, η οποία ανέρχεται σε 9363,32 kWh. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία μεγάλη μείωση των καταναλώσεων κατά 53,9 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1221,39	0	1221,39
Φεβρουάριος	1218,11	0	1218,11
Μάρτιος	1048,46	0	1048,46
Απρίλιος	369,24	0	369,24
Μάιος	393,58	0	393,58
Ιούνιος	615,37	0	615,37
Ιούλιος	851,57	0	851,57
Αύγουστος	854,35	0	854,35
Σεπτέμβριος	548,41	0	548,41
Οκτώβριος	396,18	0	396,18
Νοέμβριος	712,03	0	712,03
Δεκέμβριος	1134,63	0	1134,63
<b>Σύνολο</b>	<b>9363,32</b>	<b>0</b>	<b>9363,32</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	3448,66
Ψύξη	1272,91
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1417,84
<b>Σύνολο</b>	<b>9363,33</b>

#### 4.1.16. Σενάριο 16

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 15, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας, η οποία ανέρχεται σε 9056,78 kWh. Η ετήσια κατανάλωση μειώνεται σε σχέση με το Σενάριο 15 κατά ένα μικρό ποσοστό, αλλά μειώνεται κατά ένα σημαντικό ποσοστό (55,4 %) ως προς το Σενάριο 1.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1181,09	0	1181,09
Φεβρουάριος	1175,46	0	1175,46
Μάρτιος	1019,54	0	1019,54
Απρίλιος	369,24	0	369,24
Μάιος	390,39	0	390,39
Ιούνιος	587,02	0	587,02
Ιούλιος	811,79	0	811,79
Αύγουστος	821,41	0	821,41
Σεπτέμβριος	528,41	0	528,41
Οκτώβριος	395,66	0	395,66
Νοέμβριος	687,13	0	687,13
Δεκέμβριος	1089,64	0	1089,64
<b>Σύνολο</b>	<b>9056,78</b>	<b>0</b>	<b>9056,78</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	3282,97
Ψύξη	1155,41
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1394,48
<b>Σύνολο</b>	<b>9056,78</b>

#### 4.1.17. Σενάριο 17

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως και στο Σενάριο 15, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης και θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή. Αυτό που αλλάζει είναι το πάχος της μόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS στους εξωτερικούς τοίχους, από 5 σε 8 cm.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 16 μία πολύ μικρή μείωση των καταναλώσεων που συνολικά



ανέρχονται σε 8969,97 kWh. Συγκριτικά με την ετήσια κατανάλωση του Σεναρίου 1 υπάρχει μείωση κατά 55,9%.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1152,1	0	1152,1
Φεβρουάριος	1150,03	0	1150,03
Μάρτιος	984,44	0	984,44
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	388,35	0	388,35
Ιούνιος	601,59	0	601,59
Ιούλιος	828,11	0	828,11
Αύγουστος	833,04	0	833,04
Σεπτέμβριος	536,08	0	536,08
Οκτώβριος	390,3	0	390,3
Νοέμβριος	672,89	0	672,89
Δεκέμβριος	1068,81	0	1068,81
<b>Σύνολο</b>	<b>8969,97</b>	<b>0,0</b>	<b>8969,97</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	3192,85
Ψύξη	1225,63
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1377,21
<b>Σύνολο</b>	<b>8969,97</b>

#### 4.1.18. Σενάριο 18

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 17, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους 8 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ) παραμένουν τα ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε μία

ακόμα μεγαλύτερη μείωση των καταναλώσεων σε σύγκριση με τα προηγούμενα Σενάρια που συνολικά ανέρχονται σε 8655,67 kWh. Η μείωση των καταναλώσεων σε σχέση με το Σενάριο 1 είναι 57,4 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1117,34	0	1117,34
Φεβρουάριος	1097,33	0	1097,33
Μάρτιος	956,15	0	956,15
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	385	0	385
Ιούνιος	572,51	0	572,51
Ιούλιος	786,17	0	786,17
Αύγουστος	797,34	0	797,34
Σεπτέμβριος	515,63	0	515,63
Οκτώβριος	389,88	0	389,88
Νοέμβριος	647,93	0	647,93
Δεκέμβριος	1026,16	0	1026,16
<b>Σύνολο</b>	<b>8655,67</b>	<b>0</b>	<b>8655,67</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

#### Κατανάλωση (kWh)

Θέρμανση	3025,82
Ψύξη	1102,23
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1353,34
<b>Σύνολο</b>	<b>8655,67</b>

#### 4.1.19. Σενάριο 19

Στο υπό εξέταση σενάριο το σύστημα ψύξης παραμένει το ίδιο και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μόνωση δεν υπάρχει, όπως στο υφιστάμενο κτίριο. (Σενάριο 1) Η διαφορά σε σχέση με το Σενάριο 1 είναι ότι τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και το σύστημα θέρμανσης είναι διαφορετικό, δηλαδή αποτελείται από αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας, η οποία ανέρχεται σε 10080,22 kWh. Παρατηρούμε ότι παρόλο που υπάρχει μείωση σε σύγκριση με το Σενάριο 1 κατά 50,4 %, η κατανάλωση είναι λίγο μεγαλύτερη από τα Σενάρια 15 έως 18, καθώς ενώ έχουμε καλύτερο σύστημα θέρμανσης, υπάρχει απουσία μόνωσης αλλά και μονά τζάμια και κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1206,41	0	1206,41
Φεβρουάριος	1296,01	0	1296,01
Μάρτιος	1041,03	0	1041,03
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	412,26	0	412,26
Ιούνιος	718,25	0	718,25
Ιούλιος	1018,07	0	1018,07
Αύγουστος	997,42	0	997,42
Σεπτέμβριος	655,42	0	655,42
Οκτώβριος	459,3	0	459,3
Νοέμβριος	761,56	0	761,56
Δεκέμβριος	1136,84	0	1136,84
<b>Σύνολο</b>	<b>10080,22</b>	<b>0</b>	<b>10080,22</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	3483,45
Ψύξη	1738,6
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1550,79
<b>Σύνολο</b>	<b>10080,22</b>

#### 4.1.20. Σενάριο 20

Στο υπό εξέταση σενάριο, σε σύγκριση με το Σενάριο 19, αντικαθιστούμε μόνο τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια. Το σύστημα ζεστού νερού χρήσης αποτελείται και πάλι από ηλιακό θερμοσίφωνα (με

επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα ίδια, καθώς και οι εξωτερικοί τοίχοι στους οποίους δεν υπάρχει μόνωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων, κατά 51,3 %, που συνολικά ανέρχονται σε 9902,84 kWh.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1174,37	0	1174,37
Φεβρουάριος	1288,85	0	1288,85
Μάρτιος	1012,37	0	1012,37
Απρίλιος	377,65	0	377,65
Μάιος	407,75	0	407,75
Ιούνιος	699,31	0	699,31
Ιούλιος	997,77	0	997,77
Αύγουστος	979,88	0	979,88
Σεπτέμβριος	637,29	0	637,29
Οκτώβριος	458,8	0	458,8
Νοέμβριος	776,6	0	776,6
Δεκέμβριος	1092,2	0	1092,2
<b>Σύνολο</b>	<b>9902,84</b>	<b>0</b>	<b>9902,84</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	3396,48
Ψύξη	1664,3
Εσωτερικός φωτισμός	1583,52
Ηλεκτρικές συσκευές	1723,86
Λοιπές καταναλώσεις	1534,69
<b>Σύνολο</b>	<b>9902,85</b>

#### 4.1.21. Σενάριο 21

Στο υπό εξέταση σενάριο τοποθετούμε μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση) και το σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό

θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, όπως στο Σενάριο 19.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων, που συνολικά ανέρχονται σε 8870,34 kWh, κατά 56,4 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1010,37	0	1010,37
Φεβρουάριος	1025,9	0	1025,9
Μάρτιος	875,36	0	875,36
Απρίλιος	369,23	0	369,23
Μάιος	403,98	0	403,98
Ιούνιος	676,57	0	676,57
Ιούλιος	935,31	0	935,31
Αύγουστος	925,2	0	925,2
Σεπτέμβριος	610,68	0	610,68
Οκτώβριος	424,04	0	424,04
Νοέμβριος	667,33	0	667,33
Δεκέμβριος	946,37	0	946,37
<b>Σύνολο</b>	<b>8870,34</b>	<b>0</b>	<b>8870,34</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	2684,23
Ψύξη	1544,97
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1417,23
<b>Σύνολο</b>	<b>8870,35</b>

#### 4.1.22. Σενάριο 22

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 21, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους 5 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα

ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία σημαντική μείωση των καταναλώσεων, κατά 57,9 %, που συνολικά ανέρχονται σε 8546,78 kWh.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	981,97	0	981,97
Φεβρουάριος	986,91	0	986,91
Μάρτιος	839,4	0	839,4
Απρίλιος	369,23	0	369,23
Μάιος	398,3	0	398,3
Ιούνιος	645,59	0	645,59
Ιούλιος	893,16	0	893,16
Αύγουστος	893,06	0	893,06
Σεπτέμβριος	585,71	0	585,71
Οκτώβριος	421,61	0	421,61
Νοέμβριος	634,16	0	634,16
Δεκέμβριος	897,68	0	897,68
<b>Σύνολο</b>	<b>8546,78</b>	<b>0</b>	<b>8546,78</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων. (kWh/m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	2517,51
Ψύξη	1416,34
Εσωτερικός φωτισμός	1542,54
Ηλεκτρικές συσκευές	1681,38
Λοιπές καταναλώσεις	1389
<b>Σύνολο</b>	<b>8546,77</b>

#### 4.1.23. Σενάριο 23

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως και στο Σενάριο 21, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>), το σύστημα ψύξης και θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα ίδια και τα τζάμια παραμένουν μονά με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή. Αυτό

που αλλάζει είναι το πάχος της μόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS στους εξωτερικούς τοίχους, από 5 σε 8 cm.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας που ανέρχεται σε 8621,61 kWh. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μία μείωση των καταναλώσεων κατά 57,6 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	1003,03	0	1003,03
Φεβρουάριος	971,63	0	971,63
Μάρτιος	840,58	0	840,58
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	399,12	0	399,12
Ιούνιος	662,62	0	662,62
Ιούλιος	909,53	0	909,53
Αύγουστος	903,72	0	903,72
Σεπτέμβριος	596,36	0	596,36
Οκτώβριος	419,08	0	419,08
Νοέμβριος	648,94	0	648,94
Δεκέμβριος	902,77	0	902,77
<b>Σύνολο</b>	<b>8621,61</b>	<b>0</b>	<b>8621,61</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	2566,53
Ψύξη	1493,23
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1387,57
<b>Σύνολο</b>	<b>8621,61</b>

#### 4.1.24. Σενάριο 24

Στο υπό εξέταση σενάριο, όπως στο Σενάριο 23, τοποθετούμε σύστημα ζεστού νερού χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα (με επιφάνεια συλλεκτών 4 m<sup>2</sup>) και μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους 8 cm στους εξωτερικούς τοίχους. Το σύστημα ψύξης, θέρμανσης (αντλία θερμότητας αέρα-νερού με ενδοδαπέδια θέρμανση) παραμένουν τα

ίδια, όμως η διαφορά είναι ότι αντικαθιστούμε τους υαλοπίνακες και τοποθετούμε κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλά τζάμια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του κτιρίου για το σενάριο αυτό, καθώς και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε σε σύγκριση με το Σενάριο 1 μεγάλη μείωση των καταναλώσεων, που συνολικά ανέρχονται σε 8323,97 kWh, κατά 59 %.

	Ηλεκτρικό ρεύμα (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)	Κατανάλωση (kWh)
Ιανουάριος	960,57	0	960,57
Φεβρουάριος	933,88	0	933,88
Μάρτιος	809,75	0	809,75
Απρίλιος	364,23	0	364,23
Μάιος	393,31	0	393,31
Ιούνιος	632,94	0	632,94
Ιούλιος	869,61	0	869,61
Αύγουστος	872,65	0	872,65
Σεπτέμβριος	574,18	0	574,18
Οκτώβριος	413,5	0	413,5
Νοέμβριος	626,55	0	626,55
Δεκέμβριος	872,8	0	872,8
<b>Σύνολο</b>	<b>8323,97</b>	<b>0</b>	<b>8323,97</b>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η κατανομή των ετήσιων καταναλώσεων.

Κατανάλωση (kWh)	
Θέρμανση	2416,37
Ψύξη	1371,81
Εσωτερικός φωτισμός	1518,17
Ηλεκτρικές συσκευές	1656,11
Λοιπές καταναλώσεις	1361,51
<b>Σύνολο</b>	<b>8323,97</b>



## 4.2. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων καταναλώσεων

Ακολουθεί παρουσίαση των προαναφερόμενων αποτελεσμάτων ενεργειακών καταναλώσεων για τα 24 υπό εξέταση σενάρια, σε συνοπτική συγκεντρωτική μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Έτσι γίνεται εύκολα αντιληπτό κατά πόσο η κάθε παράμετρος επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας.

Για να είναι πιο εύληπτη η σύγκριση των σεναρίων, θα γίνει η παρουσίαση με διαχωρισμό ανάλογα με τον τύπο υαλοπινάκων (μονοί ή διπλοί) και εν συνεχεία θα παρουσιαστούν τα συνολικά αποτελέσματα με ομαδοποίηση αναλόγως με το πάχος της μόνωσης (5εκ ή 8εκ).

Τέλος γίνεται και συνολική παρουσίαση των σεναρίων με αριθμητική σειρά (1-24), για τα οποία ισχύει:

- Για τα σενάρια από 1 έως 6 το σύστημα θέρμανσης είναι λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ.
- Για τα σενάρια από 7 έως 12 το σύστημα θέρμανσης είναι λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση.
- Για τα σενάρια από 13 έως 18 το σύστημα θέρμανσης είναι αντλία θερμότητας αέρος-νερού με καλοριφέρ.
- Τέλος, για τα σενάρια από 19 έως 24 το σύστημα θέρμανσης είναι αντλία θερμότητας με ενδοδαπέδια θέρμανση.

Όπως παρατηρούμε από τους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν, υπάρχει μία μικρή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με την αλλαγή από μονούς σε διπλούς υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή. Επιπλέον, διαπιστώνουμε ότι υπάρχει σημαντική μείωση της κατανάλωσης με την εφαρμογή θερμομόνωσης πάχους 5 εκ. και ακόμα μεγαλύτερη με θερμομόνωση πάχους 8 εκ. Επίσης παρατηρούμε ότι το σύστημα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση είναι το σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου και καλοριφέρ. Ακολουθεί ο λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση, που παρουσιάζει μία μικρή μείωση κατανάλωσης σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη περίπτωση. Ακόμα μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση παρουσιάζουν τα σενάρια θέρμανσης με αντλία θερμότητας αέρα-νερού. Τα σενάρια με αντλία θερμότητας και ενδοδαπέδια παρουσιάζουν μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση, σε σχέση με τα σενάρια θέρμανσης με αντλία θερμότητας και καλοριφέρ.

Επομένως, συμπεραίνουμε ότι καθαρά από πλευράς κατανάλωσης πιο συμφέρον είναι το σενάριο 24, που περιλαμβάνει διπλούς υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 8 εκ. , αντλία θερμότητας με ενδοδαπέδια θέρμανση και ηλιακό θερμοσίφωνο για ZNX.

Η κατανάλωση βάσει του συγκεκριμένου σεναρίου είναι 8.323,97 kWh ή αλλιώς 48,4kW/τ.μ., το οποίο αντιστοιχεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση ποσοστού 59%.

Πίνακας 4.1 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με μονούς υαλοπίνακες

**Αριθμός σεναρίων**

	1 (Υφιστάμενη Κατάσταση)	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
<i>Ετήσια κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>)</i>	118,2	80,5	75,3	116,6	80,8	75,5	67,5	54,4	52,2	58,6	51,6	50,1
<i>Ετήσια μείωση κατανάλωσης ως προς την υφιστάμενη κατάσταση (%)</i>		-31,9%	-36,3%	-1,4%	-31,7%	-36,1%	-42,9%	-53,9%	-55,9%	-50,4%	-56,4%	-57,6%

Πίνακας 4.2 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με διπλούς υαλοπίνακες

Αριθμός σεναρίων

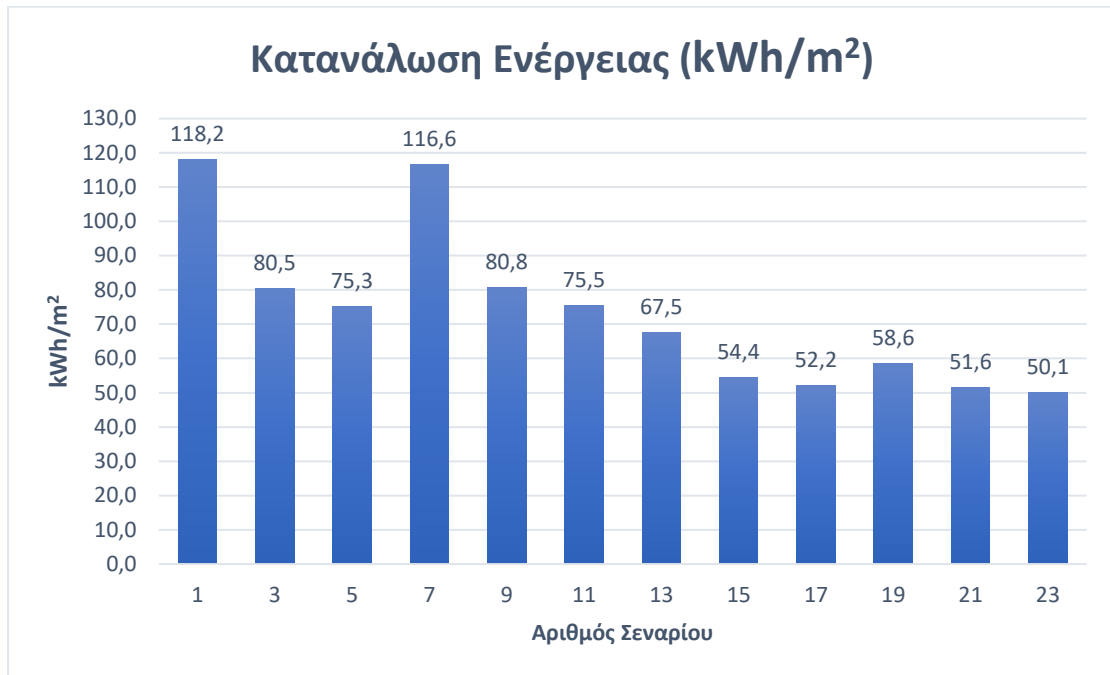
	1 (Υφιστάμενη Κατάσταση)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<i>Ετήσια κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>)</i>	118,2	115,7	77,1	71,8	113,0	76,5	71,2	66,3	52,7	50,3	57,6	49,7	48,4
<i>Ετήσια μείωση κατανάλωσης ως προς την υφιστάμενη κατάσταση (%)</i>		-2,1%	-34,7%	-39,2%	-4,3%	-35,3%	-39,7%	-43,8%	-55,4%	-57,4%	-51,3%	-57,9%	-59,0%

Πίνακας 4.3 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων με διαχωρισμό ως προς την μόνωση

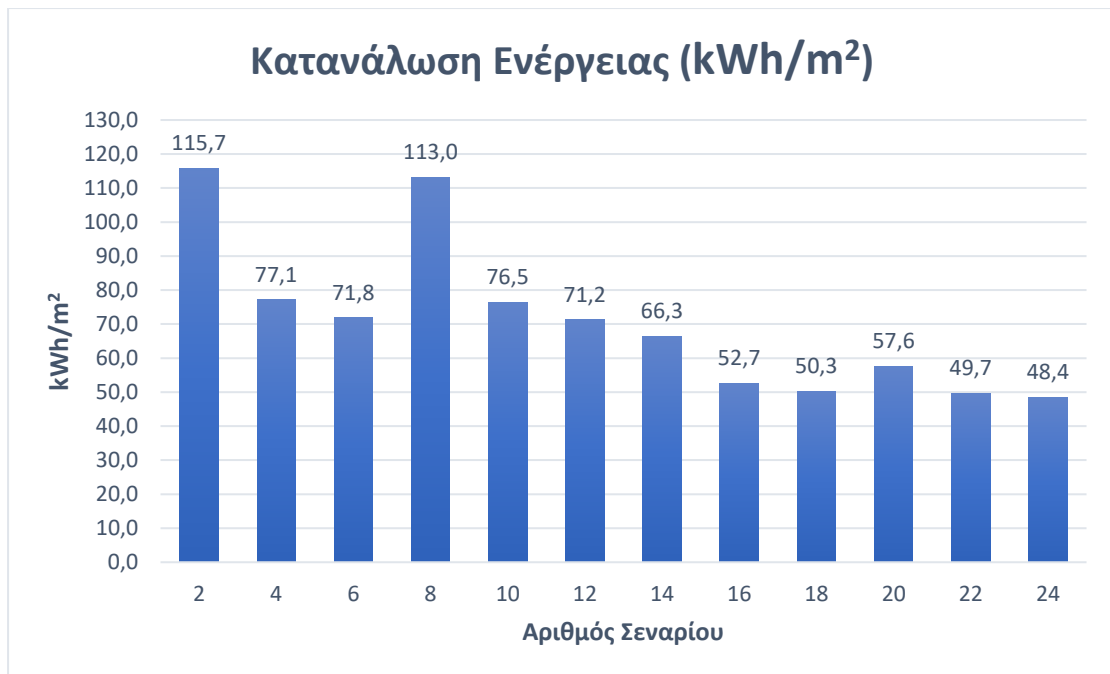
	Αριθμός Σεναρίου	Ετήσια κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσια μείωση κατανάλωσης ως προς την υφιστάμενη κατάσταση (%)
<i>Χωρίς μόνωση</i>	1 (Υφιστάμενη κατάσταση)	118,2	
	2	115,7	-2,1%
	7	116,6	-1,4%
	8	113,0	-4,3%
	13	67,5	-42,9%
	14	66,3	-43,8%
	19	58,6	-50,4%
	20	57,6	-51,3%
<i>5 cm μόνωση</i>	3	80,5	-31,9%
	4	77,1	-34,7%
	9	80,8	-31,7%
	10	76,5	-35,3%
	15	54,4	-53,9%
	16	52,7	-55,4%
	21	51,6	-56,4%
	22	49,7	-57,9%
<i>8 cm μόνωση</i>	5	75,3	-36,3%
	6	71,8	-39,2%
	11	75,5	-36,1%
	12	71,2	-39,7%
	17	52,2	-55,9%
	18	50,3	-57,4%
	23	50,1	-57,6%
	24	48,4	-59,0%

Πίνακας 4.4 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων

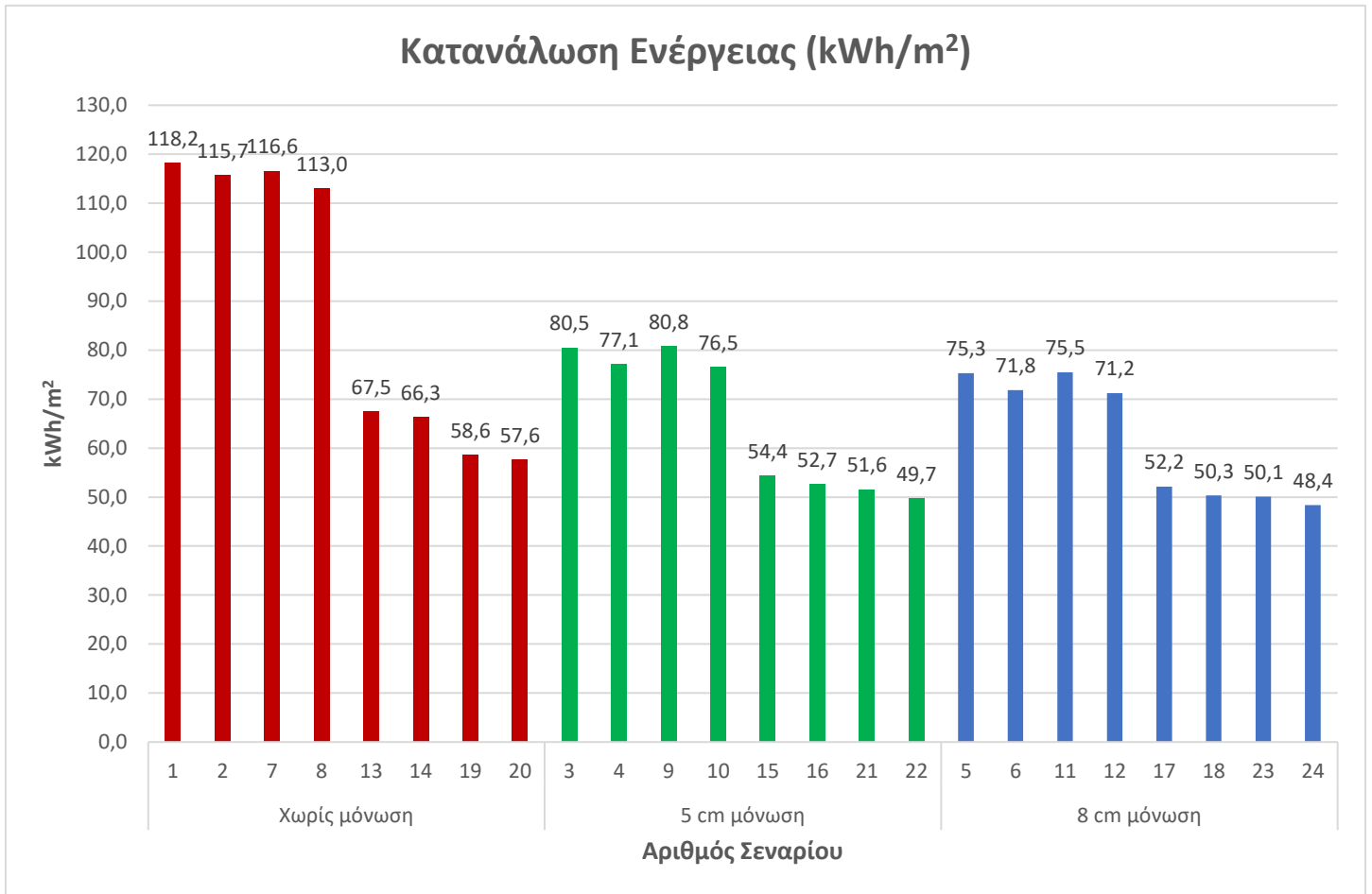
<b>Αριθμός Σεναρίου</b>	<b>Ετήσια κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ετήσια μείωση κατανάλωσης ως προς την υφιστάμενη κατάσταση (%)</b>
1	118,2	
2	115,7	-2,1%
3	80,5	-31,9%
4	77,1	-34,7%
5	75,3	-36,3%
6	71,8	-39,2%
7	116,6	-1,4%
8	113,0	-4,3%
9	80,8	-31,7%
10	76,5	-35,3%
11	75,5	-36,1%
12	71,2	-39,7%
13	67,5	-42,9%
14	66,3	-43,8%
15	54,4	-53,9%
16	52,7	-55,4%
17	52,2	-55,9%
18	50,3	-57,4%
19	58,6	-50,4%
20	57,6	-51,3%
21	51,6	-56,4%
22	49,7	-57,9%
23	50,1	-57,6%
24	48,4	-59,0%



Διάγραμμα 4.1 Καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με μονούς υαλοπίνακες σε kWh/m<sup>2</sup>

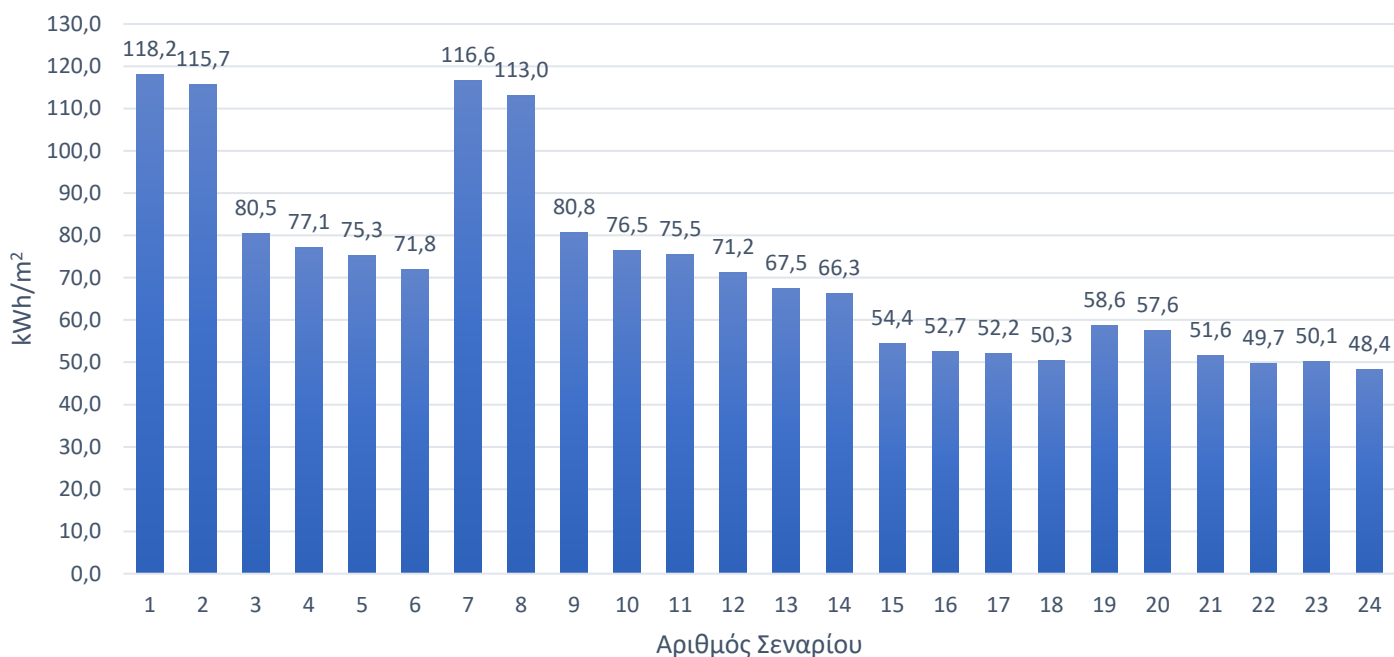


Διάγραμμα 4.2 Καταναλώσεις ενέργειας των σεναρίων με διπλούς υαλοπίνακες σε kWh/m<sup>2</sup>



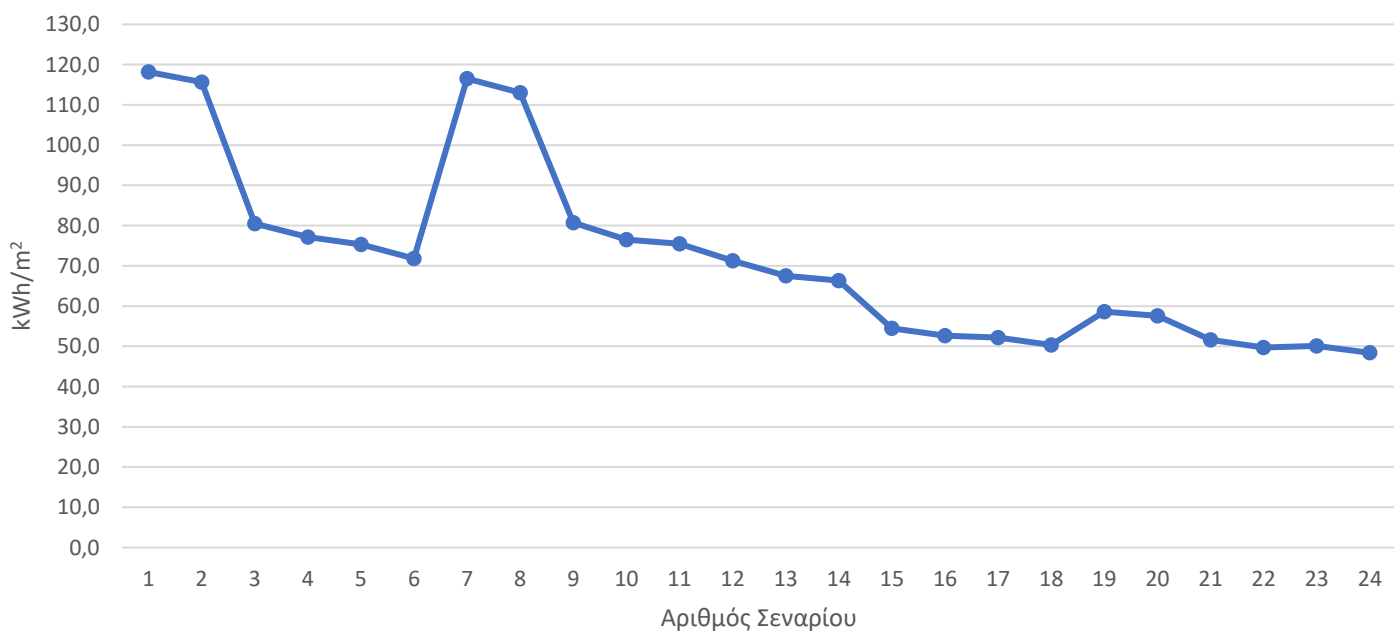
Διάγραμμα 4.3 Καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων με βάση την μόνωση σε kWh/m<sup>2</sup>

### Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>)



Διάγραμμα 4.5 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων σε kWh/m<sup>2</sup>

### Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>)



Διάγραμμα 4.4 Ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων σε kWh/m<sup>2</sup>



## Κεφάλαιο 5 Οικονομική ανάλυση

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθεται η οικονομική ανάλυση όλων των προαναφερόμενων σεναρίων (Κεφάλαιο 4). Θα εκτεθεί αναλυτικά η σύγκριση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας των εξεταζομένων επεμβάσεων στο κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης σε βάθος δεκαπενταετίας.

Με τον τρόπο αυτό θα προκύψουν συμπεράσματα για πιο είναι το πιο συμφέρον οικονομικά από τα σενάρια. Η οικονομική αξιολόγηση του υπό εξέταση κτιρίου και των σεναρίων επεμβάσεων σε αυτό, θα γίνει σύμφωνα με την μεθοδολογία LCCA με βάση την οποία αναλύεται ο οικονομικός κύκλος ζωής (LCCA) για την επίτευξη σύγκρισης διαφορετικών επενδύσεων. Με την ανάλυση αυτή το συνολικό κόστος κάθε επενδύσεων συμπεριλαμβανομένων των εξόδων που γίνονται κατά την χρονική διάρκεια της μελέτης. Ο οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης υπολογίζεται με την χρήση της παρακάτω σχέσης:

$$LCCA = I + Repl - Res + E + OM\&R$$

LCCA: Τελικό κόστος κύκλου ζωής

I: Αρχική επένδυση

Repl: Κόστος αντικατάστασης κεφαλαίου σε όρους παρούσας αξίας

Res: Υπολειμματική αξία σε όρους παρούσας αξίας (τιμή μεταπώλησης, πώληση ως scap κλπ) μείον το κόστος διάθεσης (καταστροφής, ανακύκλωσης κλπ)

E: Ενεργειακά κόστη σε όρους παρούσας αξίας

OM&R: Κόστος συντήρησης και επισκευής σε όρους παρούσας αξίας

Το κόστος αντικατάστασης, η υπολειμματική αξία, το κόστος διάθεσης, τα ενεργειακά κόστη και το κόστος συντήρησης μετατρέπονται σε όρους παρούσας αξίας μέσω του τύπου:

$$PV = \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

PV: Παρούσα αξία

r: Προεξοφλητικό επιτόκιο

$F_t$ : Χρηματικό ποσό το έτος t

### Περίοδος υπολογισμού

Σύμφωνα με τον προαναφερόμενο Κανονισμό ΕΕ επιλέγεται διάρκεια 20 ετών ως περίοδος υπολογισμού, για κτίρια επαγγελματικής χρήσης. Στην παρούσα οικονομική ανάλυση για κτίριο οικιστικής χρήσης στην Παλλήνη Αττικής επιλέγεται περίοδος υπολογισμού διάρκειας 15 ετών.

### Προεξοφλητικό επιτόκιο

Ως προεξοφλητικό επιτόκιο, σύμφωνα με τις Κατευθυντήριες Γραμμές του ως άνω Κανονισμού ΕΕ επιλέγεται 4%.

### Αρχική επένδυση

Η αρχική επένδυση συμπεριλαμβάνει το κόστος οποιασδήποτε αγοράς εξοπλισμού για διαφοροποίηση στο κέλυφος ή τις εγκαταστάσεις του κτιρίου, όπως η εφαρμογή θερμομόνωσης ή η αγορά αντλίας θερμότητας, συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης κλπ. Επίσης συμπεριλαμβάνεται και το κόστος εγκατάστασης του κάθε συστήματος, καθώς και ο Φ.Π.Α. Δεν συμπεριλαμβάνεται το κόστος μελέτης του έργου.

### Κόστος αντικατάστασης κεφαλαίου

Στην παρούσα εργασία το κόστος αντικατάστασης κεφαλαίου για την περίοδο υπολογισμού (15 έτη) είναι μηδενικό.

### Υπολειμματική αξία

Υπολειμματική Αξία (Salvage value / Residual value) είναι η καθαρή ρευστοποιήσιμη αξία ενός αποσβέσιμου παγίου περιουσιακού στοιχείου, που υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί στο τέλος της ωφέλιμης διάρκειας ζωής του.<sup>34</sup> Τέτοια αξία έχουν τα συστήματα θέρμανσης όπως και τα δομικά υλικά, όπως η θερμομόνωση και τα κουφώματα και οι υαλοπίνακες.

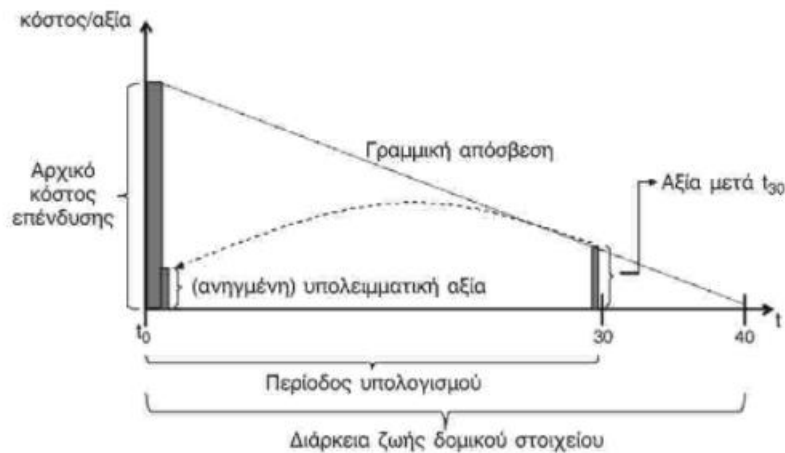
Η υπολειμματική αξία υπολογίζεται με βάση τα παραπάνω δεδομένα ως προς τη διάρκεια ζωής των υλικών και σύμφωνα με την παραδοχή γραμμικής απόσβεσης του Κανονισμού ΕΕ 244/2012, που εκδόθηκε προς συμπλήρωση της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με αυτά καθορίστηκε το συγκριτικό μεθοδολογικό πλαίσιο υπολογισμού και η σύγκριση των υπολογισμένων επιπέδων βέλτιστου κόστους με τις υφιστάμενες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης (άρ.3-5, «Ανάλυση βέλτιστου Κόστους» ή «Cost-optimum analysis»).

Με δεδομένη τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των προαναφερόμενων, στο προηγούμενο κεφάλαιο, δομικών υλικών από τη διάρκεια υπολογισμού, η υπολειμματική αξία στην αρχή της επένδυσης υπολογίζεται θεωρώντας τη γραμμική απόσβεση με βάση την ομοιότητα τριγώνων, ανάγοντας την τιμή αυτή στην αρχή της περιόδου δια του συντελεστή προεξόφλησης, όπως στο παρακάτω διάγραμμα:<sup>36</sup>

<sup>34</sup> <https://euretirio.com/ypoleimmatiki-axia-salvage-residual-value>.

<sup>35</sup> Κατ'εξουσιοδότηση Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 244/2012 της επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0018:0036:EL:PDF>

<sup>36</sup> Κατευθυντήριες Γραμμές Κανονισμού ΕΕ 244/2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=OJ:C:2012:115:FULL&from=BG>



Διάγραμμα 5.1 Υπολογισμός της υπολειμματικής αξίας δομικού στοιχείου με μακρύτερη διάρκεια ζωής από την περίοδο υπολογισμού

### Κόστος διάθεσης

Πρόκειται για το κόστος κατεδάφισης παλαιού δομικού στοιχείου και διάθεσης των υλικών, το κόστος παροπλισμού, αποσυναρμολόγησης και απομάκρυνσης λ.χ. των παλαιών συστημάτων θέρμανσης.

### Ενεργειακά κόστη

Τα ενεργειακά κόστη θα υπολογιστούν με βάση την μέση τιμή ρεύματος και πετρελαίου.

Η μέση τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος για την τρέχουσα χρονική περίοδο ανέρχεται σε 0,11058€/kWh.

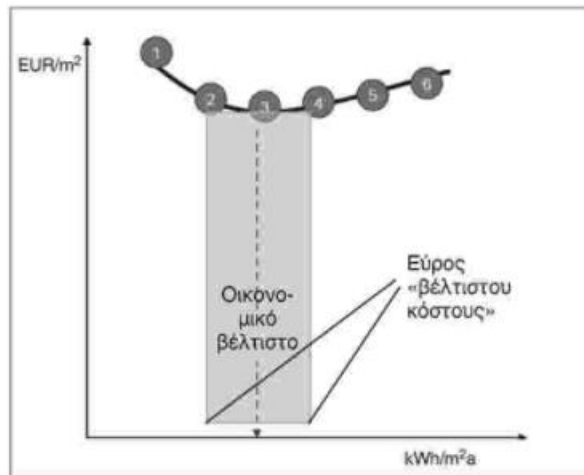
Το πετρέλαιο έχει θερμικό δυναμικό 11,9 kWh/lit. Αυτό σημαίνει ότι ιδανικά 1lit πετρελαίου αποδίδει 11,9 kWh θερμικής ενέργειας. Ωστόσο, η τελική αποδιδόμενη θερμική ενέργεια εξαρτάται από το βαθμό απόδοσης του καυστήρα. Θεωρώντας, για παράδειγμα, βαθμό απόδοσης 90%, για κάθε kWh θέρμανσης, απαιτούνται:  $1/(11,9 \times 0,9) = 0,093$  lit πετρελαίου.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι φέτος (περίοδος 2021-2022) το μέσο κόστος για το πετρέλαιο θέρμανσης υπολογίζεται να διακυμανθεί γύρω από τα 0,9€/lit, και έτσι το κόστος για κάθε κιλοβατώρα θερμικής ενέργειας με πετρέλαιο υπολογίζεται στα  $0,093 \times 0,9€ = 0,09524€/kWh$ .

### Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης των υπό εξέταση σεναρίων συγκρίνονται και παρουσιάζονται με μορφή γραφήματος για την άμεση διαπίστωση αν μια λύση είναι πιο συμφέρουσα από μια άλλη.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας και του συνολικού κόστους των διαφορετικών μέτρων/παραλλαγών που εξετάστηκαν στο κτίριο αναφοράς μπορούν να σχεδιαστούν γραφικές παραστάσεις: άξονας τετμημένων: kWh πρωτογενούς ενέργειας/m<sup>2</sup> ωφέλιμης επιφάνειας δαπέδου/έτος και το συνολικό κόστος και άξονας τεταγμένων: €/m<sup>2</sup> ωφέλιμης επιφάνειας δαπέδου των διαφόρων σεναρίων. Μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ειδική καμπύλη κόστους, που διευκολύνει την σύγκριση όλων των μετρήσεων. Στα ελάχιστα σημεία της καμπύλης αυτής παρουσιάζεται το οικονομικά βέλτιστο σενάριο.



Διάγραμμα 5.2 Διάγραμμα υπολογισμού βέλτιστου κόστους σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΕ 244/2012

## 5.1. Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων από οικονομική σκοπιά

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο χρηματοοικονομικής ανάλυσης κόστους κύκλου ζωής (LCCA) κάναμε σύγκριση των 24 σεναρίων, για να εντοπισθεί το οικονομικά βέλτιστο και εν συνεχεία εξετάστηκαν δύο επιπλέον σενάρια, τα οποία αφορούν στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στη στέγη για εξοικονόμηση ενέργειας στο καλύτερο οικονομικά σενάριο και στο καλύτερο σενάριο από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας, για να διαπιστωθεί αν αξίζει μια τέτοια επένδυση.

### 5.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση (Σενάριο 1)

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN<sup>37</sup> 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλεκτρικό boiler για ZNX με κόστος αγοράς 520,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής του ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<sup>37</sup> Το κόστος καθορίστηκε με βάση την οικονομική προσφορά της εταιρείας Α. ΦΟΗ Α.Ε.

ΕΤΟΣ	1
0	2.031,82 €
1	2.083,48 €
2	2.003,35 €
3	1.926,29 €
4	1.852,21 €
5	1.780,97 €
6	1.712,47 €
7	1.646,60 €
8	1.739,24 €
9	1.522,38 €
10	1.463,83 €
11	1.407,52 €
12	1.353,39 €
13	1.301,34 €
14	1.251,28 €
15	1.203,16 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>26.279,32 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>26.279,32 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	11.539,00 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.353,80 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	14.892,80 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.504,06 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>40.194,03 €</b>

### 5.1.2. Σενάριο 2

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται

επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή<sup>38</sup> για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

ΕΤΟΣ	2
0	1.990,48 €
1	2.043,74 €
2	1.965,13 €
3	1.889,55 €
4	1.816,87 €
5	1.746,99 €
6	1.679,80 €
7	1.615,19 €
8	1.781,82 €
9	1.493,34 €
10	1.435,90 €
11	1.380,67 €
12	1.327,57 €
13	1.276,51 €
14	1.227,41 €
15	1.180,21 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>25.851,20 €</b>

<sup>38</sup> Το κόστος καθορίστηκε με βάση την οικονομική προσφορά της εταιρείας palmetall

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>25.851,20 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	13.742,00 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.638,40 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	17.380,40 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>41.703,60 €</b>

### 5.1.3. Σενάριο 3

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFLAME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.



- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS<sup>39</sup> πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>40</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>3</b>
<b>0</b>	1.409,63 €
<b>1</b>	1.485,22 €
<b>2</b>	1.428,10 €
<b>3</b>	1.373,17 €
<b>4</b>	1.320,36 €
<b>5</b>	1.269,57 €
<b>6</b>	1.220,74 €
<b>7</b>	1.173,79 €
<b>8</b>	1.284,61 €
<b>9</b>	1.085,24 €
<b>10</b>	1.043,50 €
<b>11</b>	1.003,36 €
<b>12</b>	964,77 €
<b>13</b>	927,66 €
<b>14</b>	891,98 €
<b>15</b>	857,68 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.739,38 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>18.739,38 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	13.238,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.567,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	16.806,34 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.660,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>34.411,30 €</b>

#### 5.1.4. Σενάριο 4

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<sup>39</sup> Το κόστος καθορίστηκε με βάση την οικονομική προσφορά της εταιρείας fibran A.E.

<sup>40</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφάνειας 213,88 τ.μ.<sup>41</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

---

<sup>41</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ' όψιν φύρα 4%.

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>4</b>
<b>0</b>	1.352,52 €
<b>1</b>	1.430,31 €
<b>2</b>	1.375,30 €
<b>3</b>	1.322,40 €
<b>4</b>	1.271,54 €
<b>5</b>	1.222,63 €
<b>6</b>	1.175,61 €
<b>7</b>	1.130,39 €
<b>8</b>	1.315,67 €
<b>9</b>	1.045,11 €
<b>10</b>	1.004,92 €
<b>11</b>	966,27 €
<b>12</b>	929,10 €
<b>13</b>	893,37 €
<b>14</b>	859,01 €
<b>15</b>	825,97 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.120,12 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>18.120,12 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	14.661,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.852,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	18.513,94 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>35.106,06 €</b>

#### 5.1.5. Σενάριο 5

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFLLAME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας

οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>42</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	5
0	1.322,74 €
1	1.401,67 €
2	1.347,76 €
3	1.295,93 €
4	1.246,08 €
5	1.198,16 €
6	1.152,07 €
7	1.107,76 €
8	1.221,12 €
9	1.024,19 €
10	984,80 €
11	946,92 €
12	910,50 €
13	875,48 €
14	841,81 €
15	809,43 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.686,43 €</b>

<sup>42</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>17.686,43 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	13.801,87 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.567,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	17.369,55 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.660,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>33.921,57 €</b>

#### 5.1.6. Σενάριο 6

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς.

Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>43</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	6
0	1.264,14 €
1	1.345,33 €
2	1.293,59 €
3	1.243,83 €
4	1.195,99 €
5	1.149,99 €
6	1.105,76 €
7	1.063,23 €
8	1.251,09 €
9	983,02 €
10	945,21 €
11	908,86 €
12	873,90 €
13	840,29 €
14	807,97 €
15	776,89 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.049,12 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>17.049,12 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	15.224,87 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.852,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	19.077,15 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>34.598,27 €</b>

#### 5.1.7. Σενάριο 7

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFLAME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και

<sup>43</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

ΕΤΟΣ	7
0	2.009,54 €
1	2.062,06 €
2	1.982,75 €
3	1.906,49 €
4	1.833,17 €
5	1.762,66 €
6	1.694,86 €
7	1.629,68 €
8	1.722,96 €
9	1.506,73 €
10	1.448,78 €
11	1.393,06 €
12	1.339,48 €
13	1.287,96 €
14	1.238,42 €
15	1.190,79 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>26.009,39 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>26.009,39 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	16.839,00 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.493,80 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	23.332,80 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.660,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>48.121,19 €</b>

#### 5.1.8. Σενάριο 8

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.



<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>8</b>
<b>0</b>	1.950,58 €
<b>1</b>	2.005,37 €
<b>2</b>	1.928,24 €
<b>3</b>	1.854,08 €
<b>4</b>	1.782,77 €
<b>5</b>	1.714,20 €
<b>6</b>	1.648,27 €
<b>7</b>	1.584,87 €
<b>8</b>	1.752,67 €
<b>9</b>	1.465,30 €
<b>10</b>	1.408,95 €
<b>11</b>	1.354,76 €
<b>12</b>	1.302,65 €
<b>13</b>	1.252,55 €
<b>14</b>	1.204,37 €
<b>15</b>	1.158,05 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>25.367,66 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>25.367,66 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	18.262,00 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.778,40 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	25.040,40 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>48.793,48 €</b>

#### 5.1.9. Σενάριο 9

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFLLAME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και

αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>44</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	9
0	1.418,26 €
1	1.493,52 €
2	1.436,07 €
3	1.380,84 €
4	1.327,73 €
5	1.276,67 €
6	1.227,56 €
7	1.180,35 €
8	1.290,92 €
9	1.091,30 €
10	1.049,33 €
11	1.008,97 €
12	970,16 €
13	932,85 €
14	896,97 €
15	862,47 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.843,95 €</b>

<sup>44</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>18.843,95 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	17.758,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.707,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	24.466,34 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.660,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>42.089,29 €</b>

#### 5.1.10. Σενάριο 10

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>45</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	10
0	1.346,28 €
1	1.424,31 €
2	1.369,53 €
3	1.316,86 €
4	1.266,21 €
5	1.217,51 €
6	1.170,68 €
7	1.125,65 €
8	1.311,11 €
9	1.040,73 €
10	1.000,70 €
11	962,21 €
12	925,21 €
13	889,62 €
14	855,40 €
15	822,50 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.044,52 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>18.044,52 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	19.181,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.992,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	26.173,94 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>42.603,88 €</b>

#### 5.1.11. Σενάριο 11

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<sup>45</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>46</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	11
0	1.330,34 €
1	1.408,98 €
2	1.354,79 €
3	1.302,68 €
4	1.252,58 €
5	1.204,40 €
6	1.158,08 €
7	1.113,54 €
8	1.226,68 €
9	1.029,53 €
10	989,93 €
11	951,86 €
12	915,25 €
13	880,05 €
14	846,20 €
15	813,65 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.778,55 €</b>

<sup>46</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>17.778,55 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	18.321,87 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.707,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	25.029,55 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.660,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>41.587,10 €</b>

#### 5.1.12. Σενάριο 12

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Λέβητας συμπύκνωσης VIESSMANN 40 kW με πίνακα Vitotronic 200 KO2B με καυστήρα πετρελαίου VITOFROME, με κόστος αγοράς 7.526,80€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 70,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>47</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	12
0	1.258,56 €
1	1.339,96 €
2	1.288,42 €
3	1.238,87 €
4	1.191,22 €
5	1.145,40 €
6	1.101,35 €
7	1.058,99 €
8	1.247,01 €
9	979,09 €
10	941,44 €
11	905,23 €
12	870,41 €
13	836,93 €
14	804,74 €
15	773,79 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>16.981,41 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>16.981,41 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	19.744,87 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.992,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	26.737,15 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.088,19 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>42.103,97 €</b>

#### 5.1.13. Σενάριο 13

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V<sup>48</sup> για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<sup>47</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<sup>48</sup> Το κόστος καθορίστηκε με βάση την οικονομική προσφορά της εταιρείας Α. ΦΟΗ Α.Ε.

- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

ΕΤΟΣ	13
0	1.283,69 €
1	1.392,97 €
2	1.339,39 €
3	1.287,88 €
4	1.238,34 €
5	1.190,71 €
6	1.144,92 €
7	1.100,88 €
8	1.214,51 €
9	1.017,83 €
10	978,68 €
11	941,04 €
12	904,85 €
13	870,04 €
14	836,58 €
15	804,40 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.546,71 €</b>



<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>17.546,71 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	14.133,12 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.353,80 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	17.486,92 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>33.681,06 €</b>

#### 5.1.14. Σενάριο 14

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς.

Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>14</b>
<b>0</b>	1.261,89 €
<b>1</b>	1.372,01 €
<b>2</b>	1.319,24 €
<b>3</b>	1.268,50 €
<b>4</b>	1.219,71 €
<b>5</b>	1.172,80 €
<b>6</b>	1.127,69 €
<b>7</b>	1.084,32 €
<b>8</b>	1.271,37 €
<b>9</b>	1.002,52 €
<b>10</b>	963,96 €
<b>11</b>	926,88 €
<b>12</b>	891,23 €
<b>13</b>	856,95 €
<b>14</b>	823,99 €
<b>15</b>	792,30 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.355,39 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>17.355,39 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	15.556,12 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.638,40 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	19.194,52 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>34.803,75 €</b>

#### 5.1.15. Σενάριο 15

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι

15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>49</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	15
0	1.035,40 €
1	1.154,23 €
2	1.109,83 €
3	1.067,15 €
4	1.026,10 €
5	986,64 €
6	948,69 €
7	912,20 €
8	1.033,08 €
9	843,38 €
10	810,94 €
11	779,75 €
12	749,76 €
13	720,93 €
14	693,20 €
15	666,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14.537,83 €</b>

<sup>49</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ' όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>14.537,83 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	15.052,79 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.567,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	18.620,46 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>31.805,72 €</b>

#### 5.1.16. Σενάριο 16

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς.

Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>50</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	16
0	1.001,50 €
1	1.121,63 €
2	1.078,49 €
3	1.037,01 €
4	997,13 €
5	958,78 €
6	921,90 €
7	886,44 €
8	1.081,10 €
9	819,57 €
10	788,04 €
11	757,74 €
12	728,59 €
13	700,57 €
14	673,62 €
15	647,72 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14.199,83 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>14.199,83 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	16.475,79 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.852,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	20.328,06 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>32.781,74 €</b>

#### 5.1.17. Σενάριο 17

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας

<sup>50</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους  $d=8\text{cm}$  μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφάνειας 213,88 τ.μ.<sup>51</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

---

<sup>51</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ' όψιν φύρα 4%.

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>17</b>
<b>0</b>	991,90 €
<b>1</b>	1.112,40 €
<b>2</b>	1.069,62 €
<b>3</b>	1.028,48 €
<b>4</b>	988,92 €
<b>5</b>	950,89 €
<b>6</b>	914,31 €
<b>7</b>	879,15 €
<b>8</b>	1.001,30 €
<b>9</b>	812,82 €
<b>10</b>	781,56 €
<b>11</b>	751,50 €
<b>12</b>	722,60 €
<b>13</b>	694,80 €
<b>14</b>	668,08 €
<b>15</b>	642,39 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14.010,72 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>14.010,72 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	15.615,99 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.567,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	19.183,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	525,97 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>31.841,81 €</b>

#### 5.1.18. Σενάριο 18

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας

οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>52</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	18
0	957,14 €
1	1.078,98 €
2	1.037,49 €
3	997,58 €
4	959,21 €
5	922,32 €
6	886,85 €
7	852,74 €
8	1.048,69 €
9	788,40 €
10	758,08 €
11	728,92 €
12	700,89 €
13	673,93 €
14	648,01 €
15	623,09 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13.662,33 €</b>

<sup>52</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.



<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>13.662,33 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	17.038,99 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	3.852,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	20.891,27 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	560,19 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>32.807,44 €</b>

#### 5.1.19. Σενάριο 19

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

ΕΤΟΣ		19
	0	1.114,67 €
	1	1.201,61 €
	2	1.155,39 €
	3	1.110,95 €
	4	1.068,22 €
	5	1.027,14 €
	6	987,63 €
	7	949,65 €
	8	1.069,09 €
	9	878,00 €
	10	844,23 €
	11	811,76 €
	12	780,54 €
	13	750,52 €
	14	721,65 €
	15	693,90 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>15.164,96 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>15.164,96 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	18.653,12 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.493,80 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	25.146,92 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>38.872,72 €</b>

#### 5.1.20. Σενάριο 20

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και

αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

ΕΤΟΣ	20
0	1.095,06 €
1	1.182,75 €
2	1.137,26 €
3	1.093,52 €
4	1.051,46 €
5	1.011,02 €
6	972,13 €
7	934,74 €
8	1.127,54 €
9	864,22 €
10	830,98 €
11	799,02 €
12	768,29 €
13	738,74 €
14	710,33 €
15	683,01 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>15.000,05 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>15.000,05 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	20.076,12 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.778,40 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	26.854,52 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>40.021,83 €</b>

#### 5.1.21. Σενάριο 21

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>53</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

---

<sup>53</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>21</b>
<b>0</b>	980,88 €
<b>1</b>	1.072,96 €
<b>2</b>	1.031,70 €
<b>3</b>	992,02 €
<b>4</b>	953,86 €
<b>5</b>	917,17 €
<b>6</b>	881,90 €
<b>7</b>	847,98 €
<b>8</b>	971,33 €
<b>9</b>	784,00 €
<b>10</b>	753,85 €
<b>11</b>	724,86 €
<b>12</b>	696,98 €
<b>13</b>	670,17 €
<b>14</b>	644,39 €
<b>15</b>	619,61 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13.543,66 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>13.543,66 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	19.572,79 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.707,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	26.280,46 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>38.384,96 €</b>

#### 5.1.22. Σενάριο 22

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και

αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>54</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	22
0	945,10 €
1	1.038,56 €
2	998,62 €
3	960,21 €
4	923,28 €
5	887,77 €
6	853,62 €
7	820,79 €
8	1.017,97 €
9	758,87 €
10	729,68 €
11	701,61 €
12	674,63 €
13	648,68 €
14	623,73 €
15	599,74 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13.182,86 €</b>

<sup>54</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>13.182,86 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	20.995,79 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.992,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	27.988,06 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>39.338,18 €</b>

### 5.1.23. Σενάριο 23

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>55</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	23
0	953,38 €
1	1.046,52 €
2	1.006,27 €
3	967,56 €
4	930,35 €
5	894,57 €
6	860,16 €
7	827,08 €
8	951,23 €
9	764,68 €
10	735,27 €
11	706,99 €
12	679,80 €
13	653,65 €
14	628,51 €
15	604,34 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13.210,35 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>13.210,35 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	20.135,99 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.707,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	26.843,67 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	439,39 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	1.878,54 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>38.614,86 €</b>

#### 5.1.24. Σενάριο 24

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

<sup>55</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.



- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη ΧΡS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφανείας 213,88 τ.μ.<sup>56</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

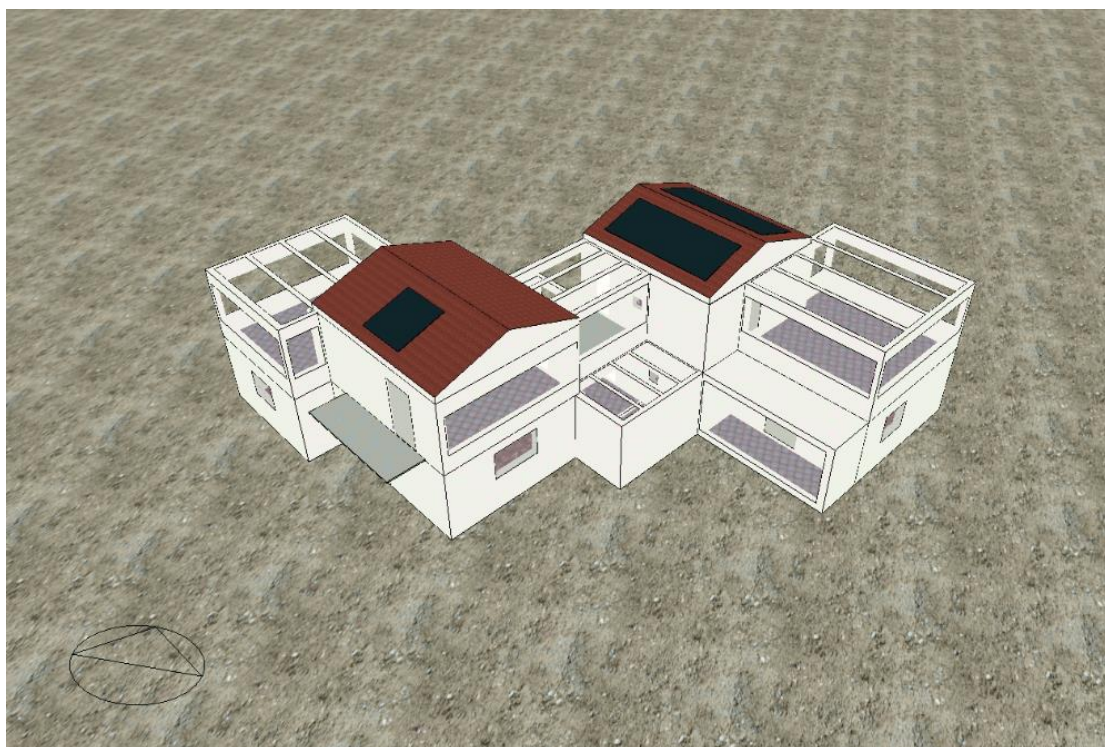
ΕΤΟΣ	24
0	920,46 €
1	1.014,87 €
2	975,84 €
3	938,30 €
4	902,22 €
5	867,51 €
6	834,15 €
7	802,07 €
8	999,97 €
9	741,56 €
10	713,03 €
11	685,61 €
312	659,24 €
13	633,88 €
14	609,50 €
15	586,06 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>12.884,28 €</b>

<sup>56</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ' όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>12.884,28 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	21.558,99 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	6.992,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	28.551,27 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	473,61 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	2.306,35 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>39.602,81 €</b>

## 5.2. Φωτοβολταϊκό σύστημα

Μετά τη μελέτη των 24 παραπάνω σεναρίων, έγινε μια περαιτέρω ενεργειακή και οικονομική αξιολόγηση, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο συμφέρει ή όχι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ επιφανείας 20 τ.μ. στη στέγη. Για την αξιολόγηση αυτή εξετάστηκε τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στο βέλτιστο οικονομικά σενάριο (Σενάριο 15) και στο βέλτιστο ενεργειακά σενάριο (Σενάριο 24). Αυτά εμφανίζονται παρακάτω, ως Σενάριο 25 και Σενάριο 26.



Εικόνα 5.1 Εφαρμογή φωτοβολταϊκών στο υπό μελέτη κτίριο

### 5.2.1 Σενάριο 25

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με

δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- 12 σώματα καλοριφέρ με κόστος αγοράς 125,00€/τεμάχιο επομένως συνολικά 1.500,00€ και κόστος εγκατάστασης 25,00€/τεμάχιο και συνολικά 300,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 30,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τεμάχιο δηλαδή συνολικά 180,00€. Η υπολειμματική αξία δεν υφίσταται επειδή η διάρκεια ζωής τους ισούται με τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής ανάλυσης (15 έτη). Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ΖΝΧ με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Φωτοβολταϊκό σύστημα 5kW με κόστος 1150,00€/kW και συνολικό κόστος 5750,00€ και κόστος εγκατάστασης 250,00€/kW. και συνολικά 1250,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 250,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 30 χρόνια (δηλ. 15 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 50% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μονά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 140,00€/τ.μ. και συνολικά 1.992,20€ και κόστος εγκατάστασης 60,00€/τ.μ. και συνολικά 853,80€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 15,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 213,45€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 15,00€/τ.μ. δηλαδή 213,45€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=5cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφάνειας 213,88 τ.μ.<sup>57</sup> με κόστος αγοράς 4,30€/τ.μ. και συνολικά 919,67€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

---

<sup>57</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ' όψιν φύρα 4%.

ΕΤΟΣ	25
0	577,77 €
1	954,58 €
2	917,87 €
3	882,57 €
4	848,62 €
5	815,98 €
6	784,60 €
7	754,42 €
8	881,37 €
9	697,50 €
10	670,68 €
11	644,88 €
12	620,08 €
13	596,23 €
14	573,30 €
15	551,25 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>11.771,69 €</b>

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>11.771,69 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	20.802,79 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	4.817,68 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	25.620,46 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	766,48 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	3.261,47 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>34.897,16 €</b>

### 5.2.2. Σενάριο 26

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν εγκατεστημένα τα ακόλουθα:

- Αντλία θερμότητας αέρος/νερού THERMA V για θέρμανση 16 kW με εσωτερική μονάδα HN1616.NK3 και εξωτερική μονάδα HU163.U33, με κόστος αγοράς 9.340,92€ και κόστος εγκατάστασης 2.000,00€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 100,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση για επιφάνεια πατώματος 172 τ.μ. με κόστος αγοράς 35,00€/τ.μ. επομένως συνολικά 6.020,00€ και κόστος εγκατάστασης 20,00€/τ.μ. και συνολικά 3.440,00€. Το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό. Το κόστος διάθεσης είναι επίσης μηδενικό, όπως και η υπολειμματική αξία.
- Ηλιακός θερμοσίφωνας για ZNX με κόστος αγοράς 1.300,00€ και κόστος εγκατάστασης 200,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 35,00€/έτος και

αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 200,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 20 χρόνια (δηλ. 5 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 25% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.

- Φωτοβολταϊκό σύστημα 5kW με κόστος 1150,00€/kW και συνολικό κόστος 5750,00€ και κόστος εγκατάστασης 250,00€/kW. και συνολικά 1250,00€. Το κόστος συντήρησης είναι 250,00€/έτος και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 500,00€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής του είναι 30 χρόνια (δηλ. 15 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 50% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Διπλά τζάμια με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή για παράθυρα συνολικής επιφάνειας 14,23 τ.μ. με κόστος αγοράς 240,00€/τ.μ. και συνολικά 3.415,20€ και κόστος εγκατάστασης 80,00€/τ.μ. και συνολικά 1.138,40€. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 22,00€/τ.μ./8 έτη δηλαδή 313,06€ κάθε 8 έτη και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος διάθεσης είναι 20,00€/τ.μ. δηλαδή 284,60€. Η υπολειμματική αξία με δεδομένο ότι το κόστος ζωής τους είναι 40 χρόνια (δηλ. 25 χρόνια παραπάνω από τη χρονική διάρκεια της παρούσας οικονομικής μελέτης) ισούται με το 63% της αξίας αγοράς. Το κόστος διάθεσης και η υπολειμματική αξία αναπροσαρμόζονται επίσης σύμφωνα με το συντελεστή προεξόφλησης.
- Μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη XPS πάχους d=8cm μέσα στους εξωτερικούς τοίχους επιφάνειας 213,88 τ.μ.<sup>58</sup> με κόστος αγοράς 6,90€/τ.μ. και συνολικά 1.482,87€ και κόστος εγκατάστασης 1,00€/τ.μ. και συνολικά 213,88€.

ΕΤΟΣ	26
0	462,83 €
1	844,07 €
2	811,61 €
3	780,39 €
4	750,38 €
5	721,52 €
6	693,77 €
7	667,08 €
8	870,18 €
9	616,76 €
10	593,03 €
11	570,22 €
12	548,29 €
13	527,20 €
14	506,93 €
15	487,43 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10.451,69 €</b>

<sup>58</sup> Για τον υπολογισμό αυτό ελήφθη υπ'όψιν φύρα 4%.

<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>10.451,69 €</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	27.308,99 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	8.242,28 €
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ</b>	35.551,27 €
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</b>	714,12 €
<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	3.689,27 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCCA)</b>	<b>43.027,81 €</b>

### 5.3. Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων οικονομικής ανάλυσης

Ακολουθεί παρουσίαση των προαναφερόμενων αποτελεσμάτων οικονομικής ανάλυσης για τα 24 υπό εξέταση σενάρια, σε συνοπτική συγκεντρωτική μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν, στον οριζόντιο άξονα παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια σε kWh/m<sup>2</sup> και στον κατακόρυφο άξονα το κόστος κύκλου ζωής σε €/m<sup>2</sup>. Η πρωτογενής ενέργεια προσδιορίζεται πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του κτιρίου με συντελεστή 2,9 και την κατανάλωση πετρελαίου με συντελεστή 1,1, βάσει των συντελεστών του Κ.Εν.Α.Κ περί μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια.<sup>59</sup>

Τα τέσσερα πρώτα διαγράμματα, που ακολουθούν, παρουσιάζουν αντίστοιχα το κόστος κύκλου ζωής:

1. Για τα σενάρια από 1 έως 6 (όπου το σύστημα θέρμανσης είναι λέβητας πετρελαίου με καλοριφέρ)
2. Για τα σενάρια από 7 έως 12 (όπου το σύστημα θέρμανσης είναι λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση)
3. Για τα σενάρια από 13 έως 18 (όπου το σύστημα θέρμανσης είναι αντλία θερμότητας αέρος-νερού με καλοριφέρ)
4. Τέλος, για τα σενάρια από 19 έως 24 (όπου το σύστημα θέρμανσης είναι αντλία θερμότητας με ενδοδαπέδια θέρμανση).

Το 5<sup>ο</sup> διάγραμμα παρουσιάζει τα σενάρια 15 και 24, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα σενάρια, στα οποία έχουν τοποθετηθεί και φωτοβολταϊκά (δηλαδή τα σενάρια 25 και 26).

Στο 6<sup>ο</sup> διάγραμμα παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα και για τα 26 σενάρια.

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα και τα διαγράμματα που ακολουθούν, σε καμία από τις περιπτώσεις που ακολουθούν δεν συμφέρει οικονομικά η τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων. Αυτό οφείλεται στο ότι η συνολική επιφάνεια υαλοπινάκων στο υπό μελέτη κτίριο είναι μικρή και επομένως η μείωση της συνολικής κατανάλωσης με την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων και κουφωμάτων με θερμοδιακοπή δεν αντισταθμίζει τη διαφορά κόστους για τη συγκεκριμένη επένδυση στο χρονικό διάστημα 15 ετών της παρούσας μελέτης.

<sup>59</sup> Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017

Όσον αφορά στη μόνωση η απουσία της και στα 24 σενάρια είναι αισθητά η λιγότερα συμφέρουσα. Παρατηρούμε ότι στα σενάρια 1-12 συμφέρει περισσότερο η τοποθέτηση μόνωσης 8 εκ. σε σχέση με τη μόνωση 5 εκ. σε αντίθεση με τα σενάρια 5-13 στα οποία συμφέρει περισσότερο η τοποθέτηση μόνωσης πάχους 5 εκ. έναντι εκείνης πάχους 8 εκ. Η παραπάνω διαφοροποίηση στα αποτελέσματα των αντίστοιχων σεναρίων μεταξύ μόνωσης πάχους 5 και 8 εκ. αντίστοιχα, οφείλεται στο ότι η μείωση της κατανάλωσης που προκύπτει από την τοποθέτηση μόνωσης μεγαλύτερου πάχους στα σενάρια με λέβητα είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη που προκύπτει στα σενάρια με αντλία θερμότητας.

Όσον αφορά στην επίδραση του συστήματος θέρμανσης στην οικονομική αξιολόγηση, το σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας και καλοριφέρ είναι το πιο συμφέρον από οικονομικής πλευράς, καθώς τα σενάρια που το περιλαμβάνουν (σενάρια 13-18) έχουν το χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής. Το λιγότερο συμφέρον σύστημα θέρμανσης από οικονομική σκοπιά είναι εκείνο με λέβητα πετρελαίου και ενδοδαπέδια θέρμανση. Παρατηρούμε ότι η τοποθέτηση ενδοδαπέδιας δεν συμφέρει οικονομικά ούτε στην περίπτωση λέβητα πετρελαίου ούτε στην περίπτωση αντλίας σε σύγκριση με την τοποθέτηση σωμάτων καλοριφέρ, για το χρονικό διάστημα των 15 ετών, καθώς είναι μια πολύ ακριβή επένδυση και οι μειώσεις στην κατανάλωση δεν είναι ικανοποιητικές.

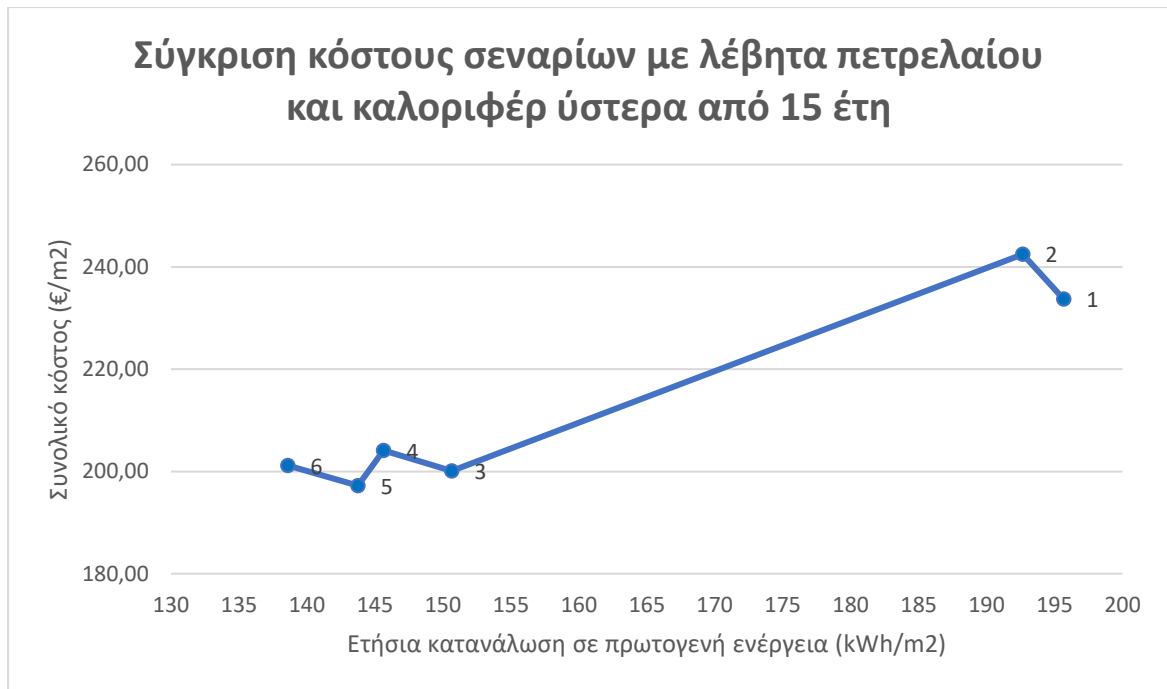
Τέλος, όσον αφορά στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στη στέγη, διαπιστώνουμε στο σενάριο 25 υπάρχει μείωση της κατανάλωσης κατά 44%, αλλά το συνολικό κόστος κύκλου ζωής αυξάνεται κατά 10% και άρα δεν είναι συμφέρουσα λύση από οικονομικής άποψης. Στο σενάριο 26 παρατηρούμε ότι η αύξηση του κύκλου ζωής είναι 9%, η δε κατανάλωση παρουσιάζει μείωση 50%. Συνεπώς για το δεκαπενταετές χρονικό διάστημα της παρούσας μελέτης η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Συμπερασματικά, από όλα τα 26 εξετασθέντα σε σύνολο σενάρια, πιο συμφέρον από οικονομική σκοπιά είναι το σενάριο 15, το οποίο έχει κόστος κύκλου ζωής 31.805,72€, ήτοι 184,92€/τ.μ., το οποίο περιλαμβάνει μονούς υαλοπίνακες πάχους 6 χιλ., μόνωση εξωτερικών τοίχων πάχους 5 εκ., αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ και ηλιακό θερμοσίφωνα για ζεστό νερό χρήσης.

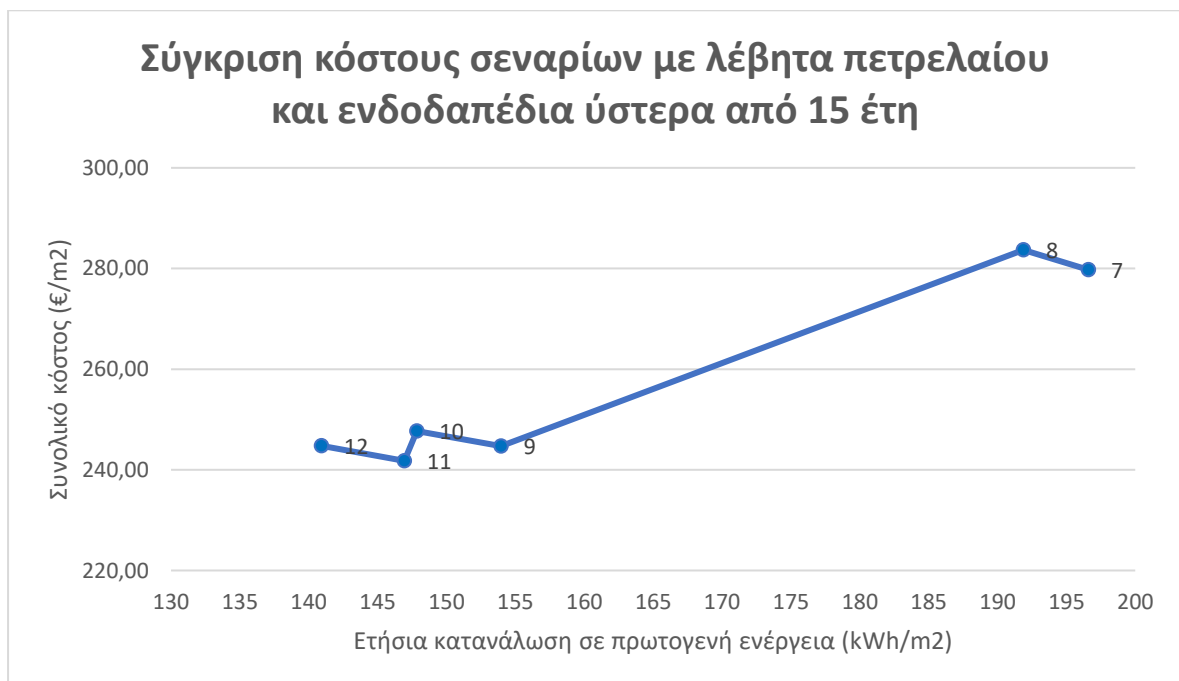
Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Αριθμός Σεναρίου	Ετήσια κατανάλωση (kWh)	Ετήσια κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια (kWh)	Ετήσια κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Συνολικό κόστος (€)	Συνολικό κόστος (€/m <sup>2</sup> )
1	20322,8	33655,634	195,7	40.194,03 €	233,69 €
2	19892,8	33137,038	192,7	41.703,60 €	242,46 €
3	13845,2	25910,69	150,6	34.411,30 €	200,07 €
4	13265,4	25051,172	145,6	35.106,06 €	204,10 €
5	12951,0	24725,037	143,8	33.921,57 €	197,22 €
6	12356,5	23838,413	138,6	34.598,27 €	201,15 €
7	20047,7	33813,281	196,6	48.121,19 €	279,77 €
8	19441,4	33003,413	191,9	48.793,48 €	283,68 €
9	13889,4	26478,569	153,9	42.089,29 €	244,71 €
10	13155,4	25427,634	147,8	42.603,88 €	247,70 €
11	12985,0	25273,854	146,9	41.587,10 €	241,79 €
12	12251,9	24237,09	140,9	42.103,97 €	244,79 €
13	11608,7	33665,143	195,7	33.681,06 €	195,82 €
14	11411,6	33093,582	192,4	34.803,75 €	202,35 €
15	9363,3	27153,628	157,9	31.805,72 €	184,92 €
16	9056,8	26264,662	152,7	32.781,74 €	190,59 €
17	8970,0	26012,913	151,2	31.841,81 €	185,13 €
18	8655,7	25101,443	145,9	32.807,44 €	190,74 €
19	10080,2	29232,638	170,0	38.872,72 €	226,00 €
20	9902,8	28718,236	167,0	40.021,83 €	232,69 €
21	8870,3	25723,986	149,6	38.384,96 €	223,17 €
22	8546,8	24785,662	144,1	39.338,18 €	228,71 €
23	8621,6	25002,669	145,4	38.614,86 €	224,50 €
24	8324,0	24139,513	140,3	39.602,81 €	230,25 €
25	5224,9	15152,123	88,1	34.897,16 €	202,89 €
26	4185,5	12138,008	70,6	43.027,81 €	250,16 €

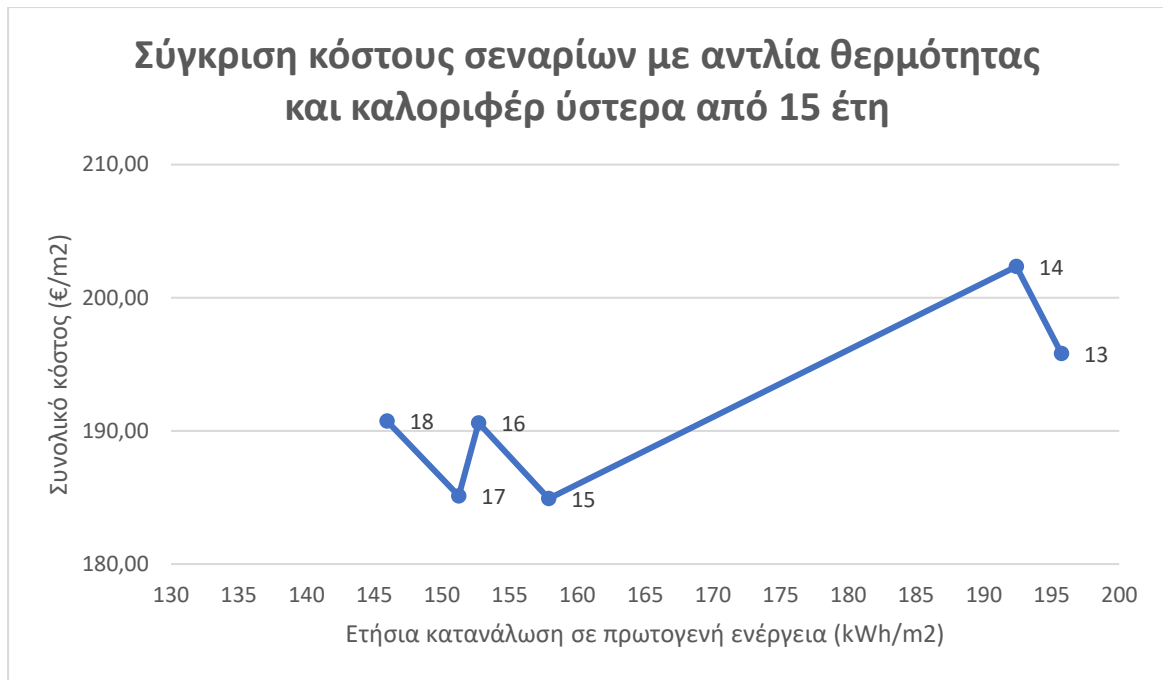




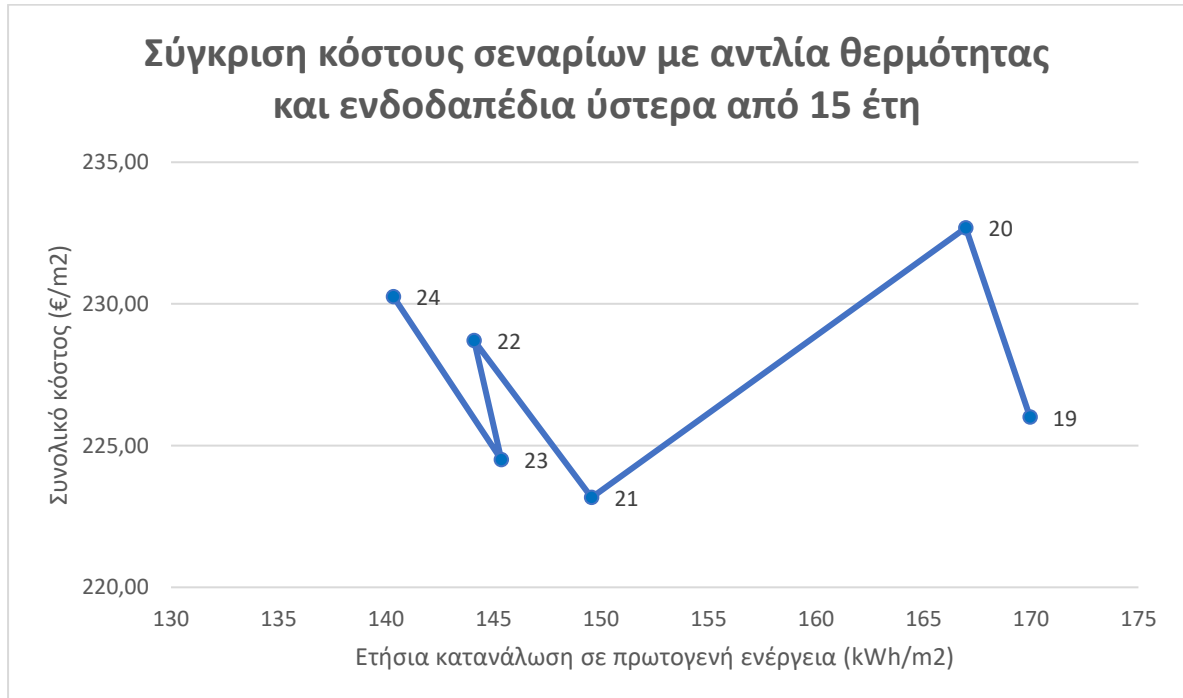
Διάγραμμα 5.3 Σύγκριση κόστους σεναρίων με λέβητα πετρελαίου και καλοριφέρ ύστερα από 15 έτη



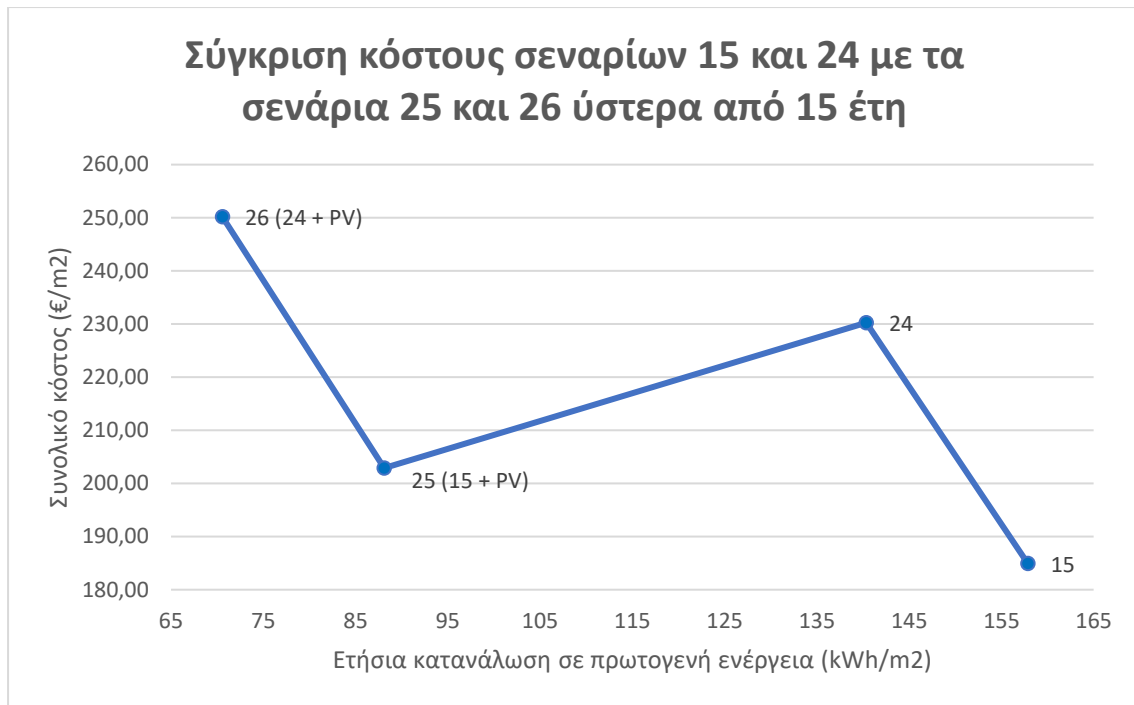
Διάγραμμα 5.4 Σύγκριση κόστους σεναρίων με λέβητα πετρελαίου και ενδοδαπέδια ύστερα από 15 έτη



Διάγραμμα 5.5 Σύγκριση κόστους σεναρίων με αντλία θερμότητας και καλοριφέρ ύστερα από 15 έτη



Διάγραμμα 5.6 Σύγκριση κόστους σεναρίων με αντλία θερμότητας και ενδοδαπέδια ύστερα από 15 έτη



Διάγραμμα 5.8 Σύγκριση κόστους σεναρίων 15 και 24 με τα σενάρια 25 και 26 ύστερα από 15 έτη



Διάγραμμα 5.7 Σύγκριση κόστους όλων των σεναρίων ύστερα από 15 έτη

## Κεφάλαιο 6 Τελικά συνοπτικά συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος DesignBuilder, διάφορα σενάρια αναφορικά με το υπό μελέτη κτίριο κατοικιών στην Παιανία Αττικής. Πραγματοποιήθηκε παραμετρική ανάλυση και αξιολογήθηκε τόσο από ενεργειακής όσο και από οικονομικής άποψης κάθε σενάριο.

Με την συγκριτική επισκόπηση των αποτελεσμάτων, στα οποία έγινε εκτενής παρουσίαση στα προηγούμενα κεφάλαια, διαπιστώθηκαν συνοπτικά τα ακόλουθα:

Από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης, πιο συμφέρον είναι το σενάριο 24, που περιλαμβάνει διπλούς υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, μόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 8 εκ., αντλία θερμότητας με ενδοδαπέδια θέρμανση και ηλιακό θερμοσίφωνο για ZNX. Η κατανάλωση βάσει του συγκεκριμένου σεναρίου είναι 8.323,97 kWh ή αλλιώς 48,4kW/ τ.μ., το οποίο αντιστοιχεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση ποσοστού 59%.

Από οικονομική σκοπιά από τα 26 συνολικά εξετασθέντα σενάρια, πιο συμφέρον είναι το σενάριο 15, το οποίο έχει κόστος κύκλου ζωής 31.805,72€, ήτοι 184,92€/τ.μ., το οποίο περιλαμβάνει μονούς υαλοπίνακες και κουφώματα αλουμινίου, μόνωση εξωτερικών τοίχων πάχους 5 εκ., αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ και ηλιακό θερμοσίφωνα για ZNX.

Τα σενάρια με σύστημα θέρμανσης με αντλία και καλοριφέρ αποτελούν τα βέλτιστα από οικονομικής πλευράς και από αυτά το καλύτερο οικονομικά σενάριο είναι, όπως προαναφέρθηκε, το σενάριο 15. Τα καλύτερα συνδυαστικά σενάρια, προκειμένου να εξασφαλίσει κανείς όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής σε διάρκεια 15 ετών και όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, είναι τα σενάρια 17 και 18.

Το σενάριο 17 περιλαμβάνει μονούς υαλοπίνακες και κουφώματα αλουμινίου, μόνωση εξωτερικών τοίχων πάχους 8 εκ., αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ και ηλιακό θερμοσίφωνα για ZNX. Έχει συνολικό κόστος κύκλου ζωής 31.841,81€, ήτοι 185,13 €/τ.μ και αποτελεί το 2<sup>ο</sup> καλύτερο οικονομικά σενάριο, σε σύγκριση με το σενάριο 15, αλλά με πολύ μικρή διαφορά, ίση με 0,1%, ποσοστό αμελητέο. Παραλλήλως, το σενάριο 17 από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης είναι μεν στην 6<sup>η</sup> θέση, αλλά με μικρή αύξηση στην κατανάλωση (7,2%) σε σχέση με το σενάριο 24, που είναι το καλύτερο ενεργειακά σενάριο.

Το σενάριο 18, περιλαμβάνει διπλούς υαλοπίνακες και κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, μόνωση εξωτερικών τοίχων πάχους 8 εκ., αντλία θερμότητας αέρα-νερού με καλοριφέρ και ηλιακό θερμοσίφωνα για ZNX. Έχει συνολικό κόστος κύκλου ζωής 32.807,44€, ήτοι 190,74€/τ.μ και αποτελεί το 4<sup>ο</sup> καλύτερο οικονομικά σενάριο, σε σύγκριση με το σενάριο 15, αλλά με μικρή διαφορά, ίση με 3%. Παραλλήλως, το σενάριο 18 από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης είναι μεν στην 4<sup>η</sup> θέση, αλλά με μικρή αύξηση στην κατανάλωση (μόλις 3,8%) σε σχέση με το σενάριο 24, που είναι το καλύτερο ενεργειακά σενάριο.

Το σενάριο 17 πιθανότατα θα ήταν η καλύτερη προτεινόμενη συνδυαστική λύση, δηλαδή τόσο από οικονομικής όσο και από ενεργειακής σκοπιάς, διότι είναι ελάχιστα ακριβότερο, αλλά αποδοτικότερο ενεργειακά, σε σχέση με το σενάριο 15.

## Κεφάλαιο 7 Πηγές

- D. Yogi Goswami, Ηλιακή Ενέργεια για Μηχανικούς, επιστημονική επιμέλεια Χρ. Τζιβανίδης, Εκδόσεις Τζιόλα 2021
- Diego Ibarra|Christoph Reinhart, Harvard Graduate School of Design, DesignBuilder//EnergyPlus Tutorial #1, EnergyModellingl\_GettingStarted.pdf, διαθέσιμο στον ιστότοπο <https://docplayer.net/18781729-Diego-ibarra-christoph-reinhart-harvard-graduate-school-of-design.html>
- S.Sattari B.Farhanieh «A parametric study on radiant floor heating system performance» <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.09.009>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014810500262>
- Barbara Larwa Silvia Cesari Michele Bottarelli “Study on thermal performance of a PCM enhanced hydronic radiant floor heating system», <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221004941>
- Ashfaqe Ahmed Chowdhury, ... M.M.K. Khan «Parametric Analysis of Thermal Comfort and Energy Efficiency in Building in Subtropical Climate», in Thermofluid Modeling for Energy Efficiency Applications, 2016 <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energyplus>
- Dan-Teodor Bălănescu Vlad-Mario Homutescu “Study on condensing boiler technology potential accounting various fuels”, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.246>
- Yu-Jin Hwang and Jae-Weon Jeong, Energy Saving Potential of Radiant Floor Heating Assisted by an Air Source Heat Pump in Residential Buildings, <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/5/1321/pdf>, 2021
- Fabio Fantozzi, Caterina Gargari, Massimo Rovai and Giacomo Salvadori, Energy Upgrading of Residential Building Stock: Use of Life Cycle Cost Analysis to Assess Interventions on Social Housing in Italy, Sustainability, <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/5/1452>, 2019
- Cristina Escribá Molina, final project, HEAT GAINS, HEATING AND COOLING IN NORDIC HOUSING, [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16054/final\\_Escriba\\_Molina\\_Cristina\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16054/final_Escriba_Molina_Cristina_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y), 2015
- Ιωάννη Κανελλόπουλου, Διπλωματική εργασία, «Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση του Συστήματος Κεντρικής Θέρμανσης και Δυνητικών Ενεργειακών Επεμβάσεων στο Κτίριο ‘Ο’ της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.», 2014
- Μάριος Γερασιμόπουλος, Διπλωματική εργασία, «Σύγκριση Συστημάτων Θέρμανσης σε Κτίριο Κατοικιών στη Θεσσαλονίκη Ενεργειακές Απαιτήσεις και Κόστος Λειτουργίας», <https://docplayer.gr/3176429-Diplomatiki-ergasia-sygkrisi-systimaton-thermansis-se-ktirio-katoikion-sti-thessaloniki-energeiakes-apaitiseis-kai-kostos-leitoyrgias.html>
- Χρήστος Κριεκούκης, Διπλωματική εργασία «Προσομοίωση του Δημαρχείου Ελευσίνας με το πρόγραμμα DesignBuilder και επιλογή του βέλτιστου σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας», 2015
- Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC), paper n.8, Dec.2004, Airtightness of buildings, [www.aivc.org](http://www.aivc.org)
- ΤΕΕ Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Εκπαιδευτικό Υλικό «Σχεδιασμός εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης κτιρίων», σελ. 17, <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/thermansis/THE2-Systimata%20Thermansis-final.pdf>

- Εγχειρίδιο χρήστη DesignBuilder διαθέσιμο στον ιστότοπο  
[http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder\\_2.1\\_Users-Manual\\_Ltr.pdf](http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf)
- [https://energyplus.net/assets/nrel\\_custom/pdfs/pdfs\\_v9.5.0/EngineeringReference.pdf/](https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.5.0/EngineeringReference.pdf/)
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΟΔΗΓΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ – ΑΥΤΟΝΟΜΩ», Ιανουάριος 2021
- [https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/Odhgos\\_energeiakwn\\_elegxwn\\_Part1.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/Odhgos_energeiakwn_elegxwn_Part1.pdf)
- Κατ'εξουσιοδότηση Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 244/2012 της επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0018:0036:EL:PDF>
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κατευθυντήριες Γραμμές (2012/C 115/01) που συνοδεύουν τον κατ'εξουσιοδότηση κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 244/2012 της Επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων, Αθήνα, 19/4/2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=OJ:C:2012:115:FULL&from=BG>
- 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 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2017)
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2017)
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ (2014)
- [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
- <https://euretirio.com/ypoleimmatiki-axia-salvage-residual-value>
- [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_thermansia.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermansia.htm)
- <https://www.ktirio.gr/>
- <https://thermansipress.gr/thermansia/>
- <https://thermoplanart.gr>
- <https://daikin.gr>
- <https://thermansipress.gr>
- <https://anastasiadisbros.gr/ypostiriksi/syxnes-erotiseis-gia-iliako-thermosifona>
- <https://www.thermosifones.gr/iliakoi-thermosifones.php>
- <https://euretirio.com/ypoleimmatiki-axia-salvage-residual-value>