



ΠΑΝΕΜΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ**



ΚΑΝΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ , ΑΜ: 51204447

ΑΘΗΝΑ 2022

## Τριμελής εξεταστική επιτροπή

A/A	Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
1	Καββαδίας Κοσμάς	
2	Παπαποστόλου Χριστιάνα	
3	Ζαφειράκης Δημήτριος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η..... ΚΑΝΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
του..... ΙΩΑΝΝΗ....., με αριθμό μητρώου ..... 51204447.....  
φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του  
Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Κοσμά Καββαδία για την εμπιστοσύνη του, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να δουλέψω το συγκεκριμένο θέμα εργασίας. Ακόμα για την υπομονή που έδειξε στις αλλαγές που προέκυψαν αλλά και για τις συμβουλές του σε όλη την πορεία της εργασίας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους του ανθρώπους που με βοήθησαν από την αρχή των ακαδημαϊκών μου χρόνων μέχρι και το τέλος αυτών, και πάνω από όλα την οικογένεια μου που πίστεψε σε εμένα. Τέλος να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν να πραγματοποιήσω μια αξιοπρεπή μελέτη στην εργασία μου, για να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

## Περίληψη :

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων και στο πώς αυτά μπορούν εξοικονομήσουν ενέργεια με τις κατάλληλες παρεμβάσεις. Με τον τρόπο αυτό, γίνονται πιο φιλικά προς το περιβάλλον καθώς μειώνονται και οι εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα αλλά και πιο οικονομικά βιώσιμα για τον χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, αναζητάει την βέλτιστη επιλογή εξοικονόμησης ενέργειας για υφιστάμενα κτήρια. Αυτό γίνεται με αφορμή την παγκόσμια ενεργειακή κρίση και ακρίβεια που έχει κάνει αισθητή την παρουσία της τα τελευταία χρόνια. Αρχικά εξετάζονται τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που είναι εφικτή η εγκατάσταση τους σε κτήρια, και το πώς αυτές επηρεάζουν την συμπεριφορά του κτηρίου ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Το υπό μελέτη κτήριο που επιλέχθηκε είναι σχολείο, κτήριο τριτογενούς τομέα και εντάσσοντας τις τεχνολογίες εξοικονόμησης σε αυτό συγκρίνεται η ενεργειακή του αποδοτικότητα. Η εργασία ασχολείται περισσότερο με το πρακτικό κομμάτι της μελέτης καθώς βασίζεται στις τεχνικές οδηγίες του Κ.Εν.Α.Κ. Για την πραγματοποίηση της σύγκρισης αυτής χρησιμοποιείτε το πρόγραμμα PHPP όπου μελετάει κατασκευές παθητικών κτηρίων. Για κάθε εγκατάσταση τεχνολογίας που πραγματοποιείται αναφέρεται και το κόστος επένδυσης και η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει ετησίως. Με τον τρόπο αυτό θα βρεθεί η βέλτιστη επιλογή εγκατάστασης διότι θα είναι γνωστός ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης. Η εργασία είναι αρκετά επεξηγηματική για να καταλάβει κανείς τον τρόπο και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για το τελικό αποτέλεσμα. Τέλος αφού εγκατασταθούν οι κατάλληλες τεχνολογίες εξοικονόμησης θα εξεταστεί αν μπορεί να πληροί τα κριτήρια για να πιστοποιηθεί ως παθητικό κτήριο.

## Λέξεις κλειδιά:

εξοικονόμηση ενέργειας, κτήριο, κόστος, απόσβεση, βέλτιστη επιλογή

## Abstract:

This bachelor's thesis contribution of building's energy consumption and how they can save energy with suitable intervention. In that way, the buildings are more ecofriendly because they reduce the air pollution and also, they are cheaper for the user. Especially it researches optimal choice for energy save about existing buildings. This happening because of the global energy crisis and the price increases that make their presence felt in recent years. First of all, we explain saving energy technologies whose can installed in existing buildings, and how it influences the building's behavior according to the weather conditions. The under study building that was selected is a school, a tertiary sector building and when we install the energy save technologies, we can compare the energy efficiency. The bachelor thesis deal more with the practical piece of the study because it is counting on technical instructions of the K.En.A.K. To do this compare between the existing building we use the program PHPP, a program that is used for certificate passive buildings. For every energy save technology that we installed, it reports the cost and the energy save that it provides to the building per year. So, after all, it will appear the optimal choice of the energy technologies because we will know the depreciation time. The bachelor thesis is enough explanatory for everyone to understand the method that we follow for the correct result. At last, when we installed the optimal energy technologies also it will examined if the building can certificated as passive.

## Keywords:

energy saving, building, cost, depreciation, optimal choice

## Εισαγωγή – Σκοπός Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην εξοικονόμηση ενέργειας των κτηρίων και τα μέσα τεχνολογίας που επιτρέπουν την επίτευξη αυτή. Αρχικά, ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις καταναλώσεις ενέργειας για τις ανάγκες των κτηρίων είναι η αρχιτεκτονική σχεδίασή του. Σύμφωνα με την διαμόρφωση του κάθε κτηρίου, δημιουργούνται οι ανάλογες ανάγκες από το φυσικό περιβάλλον, πιο συγκεκριμένα κατευθύνσεις ανοιγμάτων, εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού. Στην συνέχεια, τα μέσα και οι τεχνολογίες που αναλύονται στην εργασία, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας των υφιστάμενων κτηρίων. Οι τεχνολογίες εστιάζουν στην ορθή διαχείριση της καταναλωτικής ενέργειας και στην διατήρηση των εσωτερικών θερμοκρασιών. Πρακτικά, μειώνεται η ζήτηση των αναγκών του κτηρίου και παράλληλα η καλύτερη διαχείριση της ήδη παραγόμενης ενέργειας. Η εργασία παρουσιάζει τις τεχνολογίες αυτές και μέσω της έρευνας αγοράς πραγματοποιείται μία τεχνοοικονομική μελέτη για την βέλτιστη επιλογή προς εγκατάσταση στο εξεταζόμενο κτήριο. Να σημειωθεί πως η έρευνα και τα αποτελέσματα των οικονομικών στοιχείων γίνεται σύμφωνα με τις εν λόγο επικρατούσες τιμές της αγοράς. Ο σκοπός της εργασίας είναι να γίνει αντιληπτή η παγκόσμια ενεργειακή κρίση και η ανάγκη για τα κτήρια να μειώσουν δραστικά την ενέργεια που καταναλώνουν. Οι ΑΠΕ συμβάλλουν δραστικά στην εξομάλυνση του παγκόσμιου φορτίου ζήτησης ενέργειας. Για τον λόγο αυτό πρέπει να αξιοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό από τους χρήστες του δικτύου. Τέλος, οι κατάλληλοι συνδυασμοί τεχνολογιών εξοικονόμησης θα μπορέσουν να ανακουφίσουν τους χρήστες από τα απρόοπτα ποσά οφειλόμενης ενέργειας στους παρόχους.

## Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	iii
Περίληψη : .....	iv
Abstract: .....	v
Εισαγωγή – Σκοπός Εργασίας.....	vi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	1
1.1 Ενεργειακή απόδοση κτηρίων στην Ελλάδα.....	1
1.2 Ενεργειακή κρίση – φτώχεια .....	6
1.2.1 Αιτίες ενεργειακής κρίσης .....	6
1.2.2 Επιπτώσεις ενεργειακής κρίσης .....	7
1.3 Νομοθεσίες και κανονισμοί Ε.Ε .....	9
1.4 Χρήση Α.Π.Ε και υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας.....	11
1.4.1 Ηλιακή ενέργεια .....	14
1.4.2 Αιολική ενέργεια .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	16
2.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια .....	16
2.1.1 Τεχνολογίες με εφαρμογή σε Υφιστάμενα Κτήρια .....	16
2.1.2 Τεχνολογίες με εφαρμογή σε Νεόδμητα Κτήρια .....	17
2.2 Θωράκιση κελύφους – Μόνωση Κτηρίου .....	18
2.2.2 Παθητική Τοιχοποιία.....	20
2.2.3 Φυτεμένο Δώμα .....	23
2.2.4 Κουφώματα – Στεγάνωση Ανοιγμάτων.....	24
2.3 Κεντρική Μονάδα Θέρμανσης – Ψύξης .....	29
2.3.1 Ηλιακή Θέρμανση - Ψύξης .....	31
2.3.2 Γεωθερμία .....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	33
3.1 Εισαγωγή .....	33
3.1.1 Χαρακτηριστικά Κτηρίου .....	34
3.1.2 Κλίμα - Έδαφος .....	35
3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΩΝΟΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	38
3.2.1 Επιφάνειες Αδιαφανών Στοιχείων .....	41



3.2.2 Επιφάνειες Ανοιγμάτων Διαφανών Στοιχείων .....	43
3.3 Αερισμός Κτηρίου.....	51
3.4 ΦΟΡΤΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	54
3.5 ΧΡΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	59
3.6 Αποτελέσματα μελέτης περίπτωσης κτηρίου .....	65
4 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.....	66
4.1 Θερμομόνωση κελύφους .....	66
4.1.1 Μόνωση Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων .....	67
4.1.2 Μόνωση Διαφανών Δομικών Στοιχείων .....	77
4.2 Αλλαγή Συστημάτων Λειτουργίας Κτηρίου.....	82
5 Αποτελέσματα Σεναρίων Εξοικονόμησης .....	98
5. 1 Συμπεράσματα Μεμονωμένων Σεναρίων.....	101
5.2 Επιλογή Βέλτιστης Επένδυσης .....	103
5.3 Συμπεράσματα εργασίας .....	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ .....	106
Βιβλιογραφία .....	106
Παράρτημα Α : Μέτρηση δομικών στοιχείων Κτηρίου.....	109

## Ευρετήριο Σχημάτων, Πινάκων, Γραφημάτων

ΣΧΗΜΑ 1.1: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	1
ΣΧΗΜΑ 1.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΜΟΡΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ .....	4
ΓΡΑΦΗΜΑ 1.1 :ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2014 .....	2
ΓΡΑΦΗΜΑ 1.2:ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ (2011-2019).....	3
ΓΡΑΦΗΜΑ 1.3:ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2011 – 2019 .....	4
ΓΡΑΦΗΜΑ 1.4: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΙΜΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΤΟΥΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΕΤΟΣ 2021-2022 [28].....	7
ΓΡΑΦΗΜΑ 1.5: ΤΙΜΕΣ ΒΑΡΕΛΙΟΥ ΜΑΖΟΥΤ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΑΝΑ ΕΤΟΣ [4].....	8
ΓΡΑΦΗΜΑ 1. 6:ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΤΡΩΟ ΓΙΑ ΤΟ 2021.....	12
ΓΡΑΦΗΜΑ 1. 7:ΠΑΡΟΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ(ΜW) ΑΝΑ ΤΡΙΜΗΝΟ ΓΙΑ ΤΟ 2021 .....	13
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.Ι: ΝΕΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΟ 2021.....	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΙΙ:ΠΑΡΟΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ(ΜW) ΓΙΑ ΤΟ 2021 .....	13
ΣΧΗΜΑ 2.1:ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ .....	18
ΣΧΗΜΑ 2.2:ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΓΡΑΦΙΤΟΥΧΑ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ .....	19
ΣΧΗΜΑ 2. 3:ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ .....	19
ΣΧΗΜΑ 2.4:ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ [12].....	20
ΣΧΗΜΑ 2.5:ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ .....	21
ΣΧΗΜΑ 2.6:ΤΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΙΘΡΙΟΥ .....	22
ΣΧΗΜΑ 2. 7:ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ ΟΡΟΦΗΣ [12] .....	23
ΣΧΗΜΑ 2.8:ΘΕΡΜΟΔΙΑΚΟΠΗ ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟΥ .....	25
ΣΧΗΜΑ 2.9:ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΑΣΤΙΧΟΥ ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ [36].....	26
ΣΧΗΜΑ 2.10:ΕΙΔΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ.....	26
ΣΧΗΜΑ 2.11:ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΙ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΦΥΣΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ.....	27
ΣΧΗΜΑ 2.12:ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ ΛΟΓΟ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ [15] .....	27
ΣΧΗΜΑ 2.13:ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ [14].....	28
ΣΧΗΜΑ 2.14:ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ [24].....	29
ΣΧΗΜΑ 2. 15:ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ ΧΩΡΟΥ [24] .....	30
ΣΧΗΜΑ 2. 16:ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΗΣΗΣ [24] .....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ι: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $U_F$ .....	25
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ [32] .....	33
ΣΧΗΜΑ 3.2:ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ, ΕΜΒΑΔΟ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	34
ΣΧΗΜΑ 3.3 ΚΑΤΟΨΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ .....	39
ΣΧΗΜΑ 3.4 ΠΡΟΨΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ.....	40
ΣΧΗΜΑ 3.5:ΠΛΑΓΙΑ ΔΕΞΙΑ ΌΨΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ .....	40
ΣΧΗΜΑ 3.6: ΠΙΣΩ ΌΨΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ .....	40
ΣΧΗΜΑ 3.7: ΠΛΑΓΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΌΨΗ ΔΥΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ .....	41
ΣΧΗΜΑ 3. 8: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ [11] .....	42
ΣΧΗΜΑ 3. 9: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΟΧΙΑΚΟΥ Β.Α ΛΕΒΗΤΑ.....	54
ΣΧΗΜΑ 3. 10: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΠΕΡΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ .....	54
ΣΧΗΜΑ 3. 11:ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	55

ΣΧΗΜΑ 3. 12 : Π.Ε.Α ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	65
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 1: ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	36
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 2: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ / ΚΕΡΔΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ .....	47
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 3: ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ .....	50
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 4:ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	57
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 5:ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΕΡΔΗ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	58
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. 6:ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2020, 2021, 2022 .....	60
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.7:ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. I:ΧΡΗΣΤΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. II:ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. III:ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ [25] .....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.IV: ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.V:ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.VI:ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΙΜΩΝ $R_i$ , $R_a$ .....	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.VII: ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. VIII:ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ.....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. IX:ΤΙΜΕΣ G ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. X:ΤΙΜΕΣ UG ΚΑΙ G ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XI:ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ .....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XII: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ .....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XIII:ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ UW ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XIV:ΣΥΝΟΨΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ.....	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XV:ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ .....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XVI:ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $U_M$ .....	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XVII:ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ $U_M$ .....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XVIII: ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XIX: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΝΕΜΩΝ .....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XX: ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΨΥΞΗΣ .....	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXI:ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXII:ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ .....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.XXIII:ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΕΡΔΗ ΑΝΑ ΜΗΝΑ .....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXIV:ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXV:ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXVI:ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΧΩΡΩΝ .....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXVII:ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXVIII:ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΑ 2022 .....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. XXIX: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	64
ΣΧΗΜΑ 4. 1:ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ .....	67
ΣΧΗΜΑ 4. 2: Π.Ε.Α ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 .....	69
ΣΧΗΜΑ 4. 3: ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ [27] .....	71
ΣΧΗΜΑ 4. 4: ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ.....	72
ΣΧΗΜΑ 4. 5: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΣΙΔΑΣ.....	74
ΣΧΗΜΑ 4. 6: ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΣΙΔΑΣ .....	74

ΣΧΗΜΑ 4. 7: Π.Ε.Α ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	81
ΣΧΗΜΑ 4. 8: ΚΑΤΟΨΗ 1 <sup>ΟΥ</sup> ΟΡΟΦΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	82
ΣΧΗΜΑ 4. 9: ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ [30] .....	83
ΣΧΗΜΑ 4. 10: ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	84
ΣΧΗΜΑ 4. 11: ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ [35] .....	86
ΣΧΗΜΑ 4. 12: Π.Ε.Α ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ .....	87
ΣΧΗΜΑ 4. 13: Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ [38] .....	89
ΣΧΗΜΑ 4. 14 : Π.Ε.Α Φ/Β ΜΟΝΑΔΑΣ .....	91
ΣΧΗΜΑ 4. 15: ΚΑΤΟΨΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ .....	93
ΣΧΗΜΑ 4. 16: ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ [37] .....	93
ΣΧΗΜΑ 4. 17: ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ TERRA SW MAX H140 [37] .....	94
ΣΧΗΜΑ 4. 18: Π.Ε.Α ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΕΩΘΕΝΑΛΛΑΚΤΗ .....	95
ΣΧΗΜΑ 4. 19: ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ [34] .....	96
ΣΧΗΜΑ 4. 20: Π.Ε.Α ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	97
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. 1: ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ / ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	79
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. 2: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ/ ΚΕΡΔΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	80
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. 3 : ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β .....	90
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. 4: ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. I: ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ .....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. II: ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. III: ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΟΝΩΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ .....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. IV: ΚΟΣΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ .....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. V: ΠΛΗΡΩΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ .....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. VI: ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΟΡΟΦΗΣ .....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. VII: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΟΡΟΦΗΣ .....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. VIII: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΚΙΑΣΗΣ .....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. IX: ΤΥΠΟΙ ΠΕΡΣΙΔΩΝ .....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. X: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ .....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XI: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XII: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XIII: ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΠΕΡΣΙΔΩΝ .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XIV : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΣΚΙΑΣΗΣ .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XV: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XVI: ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ .....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XVII : ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ/ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XVIII: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ/ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ .....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XIX: ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XX: ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XXI: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XXII: ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β .....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. XXIII : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΘΕΝΑΛΛΑΚΤΗ .....	95
ΓΡΑΦΗΜΑ 5. 1 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....	99
ΓΡΑΦΗΜΑ 5. 2: ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ .....	100

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. I: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ .....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. II: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ .....	100
ΣΧΗΜΑ 5. 1: ΠΕΑ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ .....	104
1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ .....	109
2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ .....	110
3 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ .....	110
4 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ .....	110
5 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΎΨΟΥΣ ΟΡΟΦΟΥ .....	111
6 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΎΨΟΥΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ .....	112
7 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΟΛΙΚΟΥ ΎΨΟΥΣ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	113
8 ΚΑΤΟΨΗ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	114
9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ .....	114
10 ΚΑΤΟΨΗ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	115
11 ΠΡΟΟΨΗ ΚΤΗΡΙΟΥ .....	115
12 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	116
ΕΙΚΟΝΑ 13 : ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΠΙΣΩ ΌΨΗ .....	119
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΔΥΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΠΛΑΓΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΌΨΗ .....	120
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΠΡΟΟΨΗ .....	121
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΠΛΑΓΙΑ ΔΕΞΙΑ ΌΨΗ .....	122

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## 1.1 Ενεργειακή απόδοση κτηρίων στην Ελλάδα

Ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε κτηρίου (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό) προκύπτει η ενεργειακή του απόδοση. Πόση ενέργεια καταναλώνει, δηλαδή, για να παρέχει στον χρήστη τις ανάγκες του. Πιο συγκεκριμένα, μετριέται σε kWh/m<sup>2</sup> (πρωτογενούς ενέργειας). Με αυτό τον τρόπο προκύπτει η ενεργειακή κλάση του κτηρίου, άρα το ΠΕΑ (σχ.1.1).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ		
Κατηγορία	Όριο κατηγορίας	Όριο κατηγορίας
<b>A+</b>	$EP \leq 0,33 R_R$	$T \leq 0,33$
<b>A</b>	$0,33 R_R < EP \leq 0,50 R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
<b>B+</b>	$0,50 R_R < EP \leq 0,75 R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
<b>B</b>	$0,75 R_R < EP \leq 1,00 R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
<b>Γ</b>	$1,00 R_R < EP \leq 1,41 R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
<b>Δ</b>	$1,41 R_R < EP \leq 1,82 R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
<b>E</b>	$1,82 R_R < EP \leq 2,27 R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
<b>Z</b>	$2,27 R_R < EP \leq 2,73 R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
<b>H</b>	$2,73 R_R < EP$	$2,73 < T$

Σχήμα 1.1: Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης

Όπου:

- $R_R$ : είναι η υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας)
- $EP$ : είναι η υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου.
- Ο λόγος  $T$ : είναι το πηλίκο την υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.

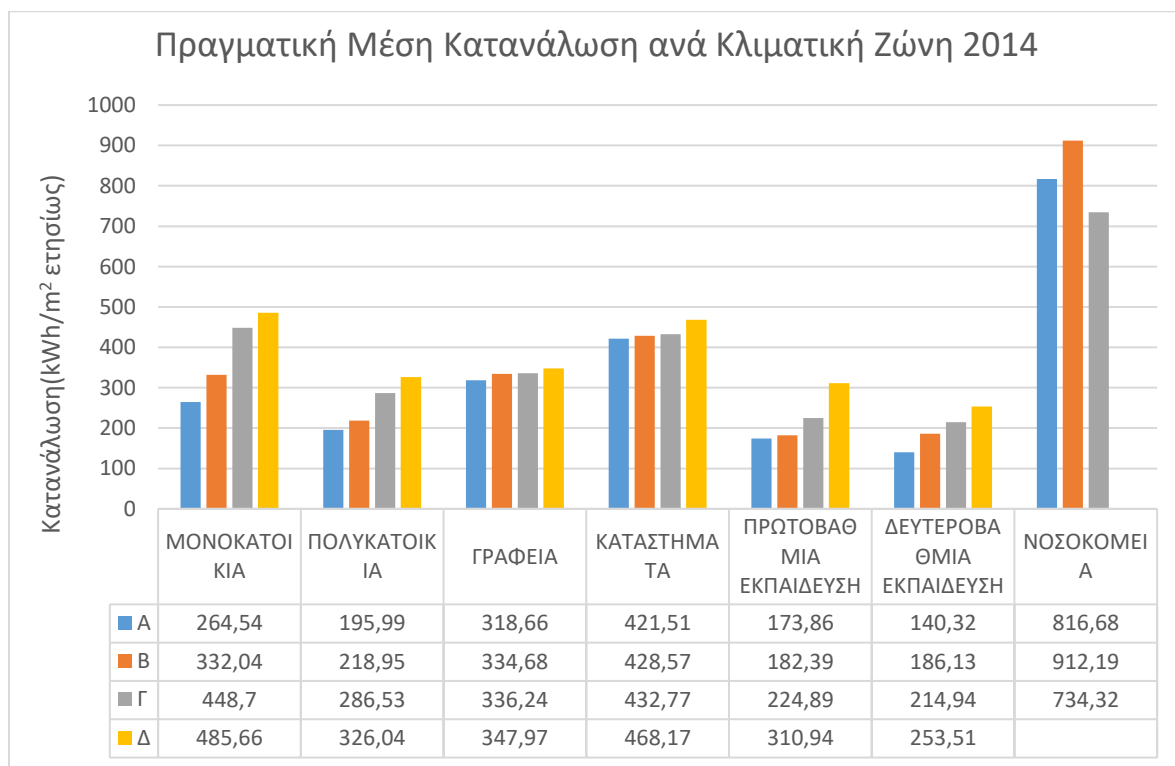
$$T = EP/R_R$$

Με αυτό τον τρόπο, κάθε κτήριο αποκτά μια χαρακτηριστική τιμή  $T$  και χαρακτηρίζεται από την ενεργειακή κλάση που αντιστοιχεί στην τιμή αυτή. Έτσι, αποκτά μία ταυτότητα, η οποία είναι άκρως σημαντική για την αξία του κτηρίου και την βιωσιμότητα του. Στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας είναι να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες και να ελέγχεται η ενέργεια που καταναλώνει το κάθε κτήριο.

Σύμφωνα με την στατιστική έρευνα του υπουργείου περιβάλλοντος και ενέργειας, κατά το έτος 2019 εκδόθηκαν 315.804 πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. Θα παρουσιαστούν οι κατανομές των κτηρίων ανά ενεργειακή κλάση συνολικά για τα έτη 2011-2019. Με αυτό τον τρόπο

διαπιστώνεται ότι σε βάθος χρόνου τα κτήρια πραγματοποιούν ενεργειακές αναβαθμίσεις προσφέροντας εξοικονόμηση. Σε αυτές τις αναβαθμίσεις βοηθάνε τα ετήσια προγράμματα εξοικονομώ – αυτονομώ.

Μετά από μακροχρόνιες έρευνες του υπουργείου περιβάλλοντος και ενέργειας που αφορά την μακροπρόθεσμη στρατηγική για την κινητοποίηση, ενεργειακή αναβάθμιση και ανακαίνιση των κτηρίων (άρθρο 4, οδηγία 27/2012/ΕΕ) παρατηρήθηκε σοβαρή αύξηση κατανάλωσης ενέργειας από το 2012 και έπειτα, συγκριτικά με την δεκαετία του 1990. Πιο αναλυτικά, το 2012 οι οικίες είχαν αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 64.8%, συγκριτικά με το 1990. Ενώ τα κτήρια του τριτογενούς τομέα έχουν τριπλάσια αύξηση, φτάνοντας τα 2,234 Μtoe. Στην έρευνα έχουν συμβάλει τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων που εξετάζονται πανελλαδικά και το κτηριακό απόθεμα. Προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



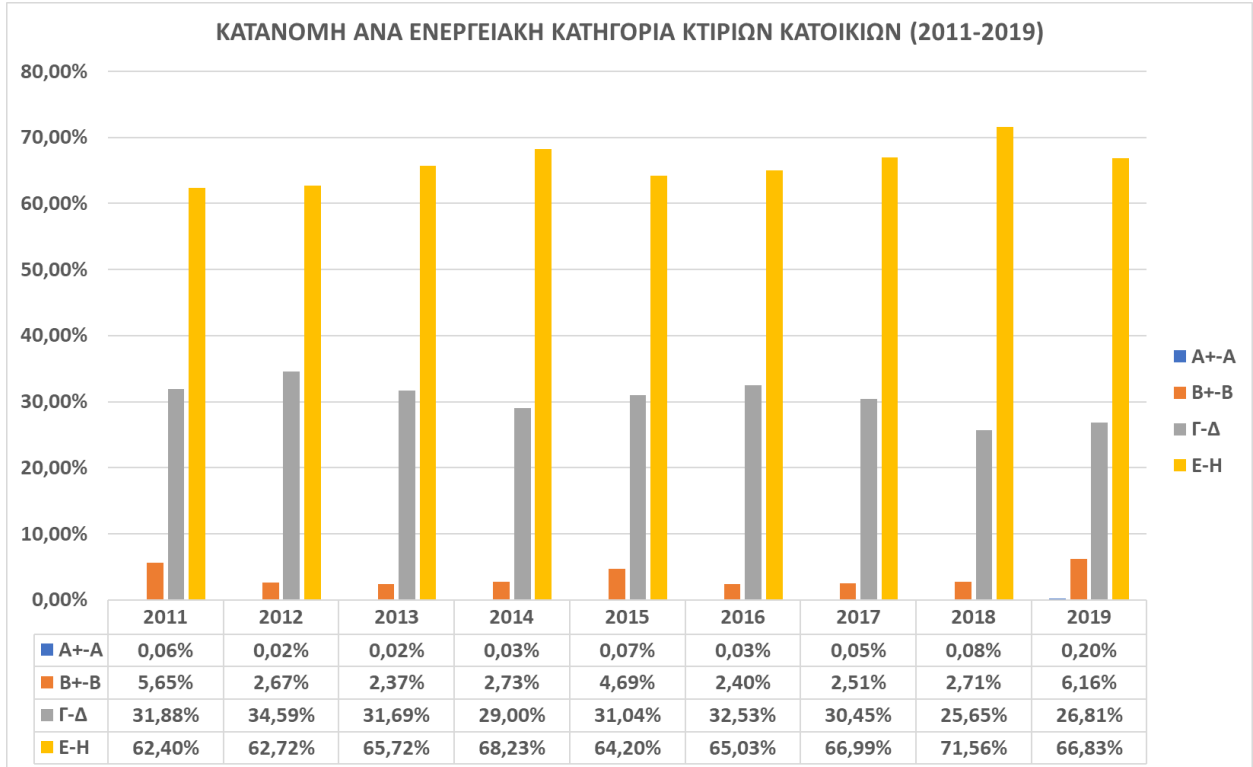
Γράφημα 1.1 :Μέση κατανάλωση κτηρίου ανά χρήση κτηρίου και κλιματική ζώνη για την περίοδο 2014

Στο γράφημα παρατηρείται ότι στη κλιματική ζώνη Δ η οποία είναι η ψυχρότερη όλα τα κτήρια διαφορετικής χρήσης καταναλώνουν πιο πολύ ενέργεια με εξαίρεση τα νοσοκομεία. Τα πιο ενεργοβόρα κτήρια είναι οι μονοκατοικίες και τα καταστήματα, όπου η κατανάλωση τους φτάνει τα (485,66 kWh/m<sup>2</sup>) . Γενικότερα όμως παρόμοιες είναι οι καταναλώσεις ενέργειας για τα γραφεία και τα καταστήματα για όλες τις κλιματικές ζώνες, αντίθετα για τα σχολεία και τις κατοικίες υπάρχει μεγάλη ζήτηση ενέργειας στις πιο ψυχρές ζώνες και ο λόγος είναι η ανάγκη για θέρμανση την χειμερινή περίοδο. Από την άλλη μεριά μεγάλη ζήτηση έχουν τα νοσοκομεία για την ζώνες Α

και Β που είναι θερμότερες και έχουν ανάγκη για ψύξη . Τέλος η μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β και αφορά τα νοσοκομεία με τιμή 912,19 kWh/m<sup>2</sup>. [1]

Σύμφωνα με το κτηριακό απόθεμα της Ελλάδας η εξέλιξη από το 2011 έως και το 2019 σύμφωνα με τα ΠΕΑ που έχουν εκδοθεί παρουσιάζεται στο γράφημα 2.

Για τα κτήρια κατοικιών :



Γράφημα 1.2:Κατανομή ανά ενεργειακή κατηγορία κτηρίων (2011-2019)

Παρατηρείται πως το πιο μεγάλο ποσοστό 71,56% των κατοικιών ανήκει στην ενεργειακή κατηγορίες E-H και καταγράφηκε την χρονιά του 2018. Γενικότερα οι κατηγορίες E-H είναι σταθερά υψηλές και αυτό γιατί αναφέρεται σε υφιστάμενα κτήρια που δεν έχουν πραγματοποιήσει κάποια μέθοδο εξοικονόμησης. Οι κατηγορίες Γ-Δ είναι όλα τα έτη σταθερή στο ποσοστό της, με μια μικρή μείωση την τελευταία διετία, αυτό θεωρείται καλό διότι αυξήθηκε η απόδοση των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα οι B+ , B- το τελευταίο έτος σημείωσαν αύξηση 3,45% σημαντική πρόοδο για τα κτήρια των κατοικιών. Συγκριτικά με όλα τα έτη που πραγματοποιήθηκε η στατιστική έρευνα, τα κτήρια με ενεργειακή κατηγορία A+ , A- ξεκινάνε μια ανοδική πορεία από την χρονιά 2015 και έπειτα. Αυτό δεν είναι αντιληπτό από το γράφημα αλλά από το πίνακα των δεδομένων. Συμπερασματικά είναι αντιληπτό πως με την πάροδο των χρόνων τα κτήρια των κατοικιών είναι πιο ενεργειακά αποδοτικά. Σε αυτή την βελτίωση συμβάλλουν και τα προγράμματα εξοικονομώ κατοίκων, όπου ωθούν τους κατοίκους να κάνουν παρεμβάσεις στα σπίτια τους για να εξοικονομούν χρήματα.

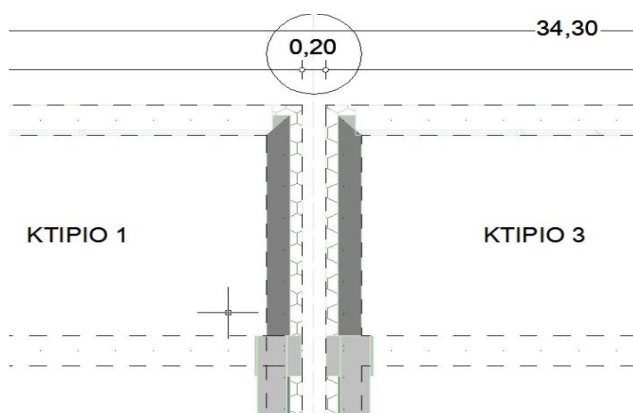


### Μέση Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας Κτιρίων Κατοικιών Χρονικής Περιόδου 2011-2019



Γράφημα 1.3: Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 2011 – 2019

Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας παρατηρείται στα κτήρια των μονοκατοικιών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην καλύτερη κατανομή της ενέργειας για τις συνολικές ανάγκες όλων των διαμερισμάτων στα κτήρια των πολυκατοικιών. Στατιστικά δηλαδή, το κάθε κτίσμα υπερβαίνει τις τιμές των καταναλώσεων συγκριτικά με την μαζικότητα των κτισμάτων των πολυκατοικιών. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι τα μαζικά κτίσματα συμπεριφέρονται καλύτερα ενεργειακά κατά την χρήση τους, εξαιτίας της όμορης επαφής τους (κτήρια που έχουν μεσοτοιχία). Στην περίπτωση των πολυκατοικιών είναι τα διαμερίσματα που την αποτελούν.



Σχήμα 1.2 Παράδειγμα όμορων κτηρίων

Στη συνέχεια, θα εξεταστούν τα κτήρια δημόσιας χρήσης, βάση των δήμων και των περιφερειών. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται, έχουν ερευνηθεί από το υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργεια, είναι τα εξής:

- ✚ Έτος κατασκευής
- ✚ Μερικώς ή ριζικώς ανακαινισμένα κτήρια
- ✚ Χρήση / κενό
- ✚ Κενά κτήρια που χρήζουν ολικής επισκευής
- ✚ Μνημεία, διατηρητέα, παραδοσιακά
- ✚ Ύπαρξη Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) και ενεργειακή κλάση κτηρίου
- ✚ Συνολική επιφάνεια δαπέδου
- ✚ Αριθμός μόνιμων χρηστών σε ημερήσια βάση ανά κτήριο
- ✚ Ιδιοκτησιακό καθεστώς
- ✚ Μέσος αριθμός επισκεπτών σε ημερήσια βάση ανά κτήριο
- ✚ Συνολική ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας [1]

## 1.2 Ενεργειακή κρίση – φτώχεια

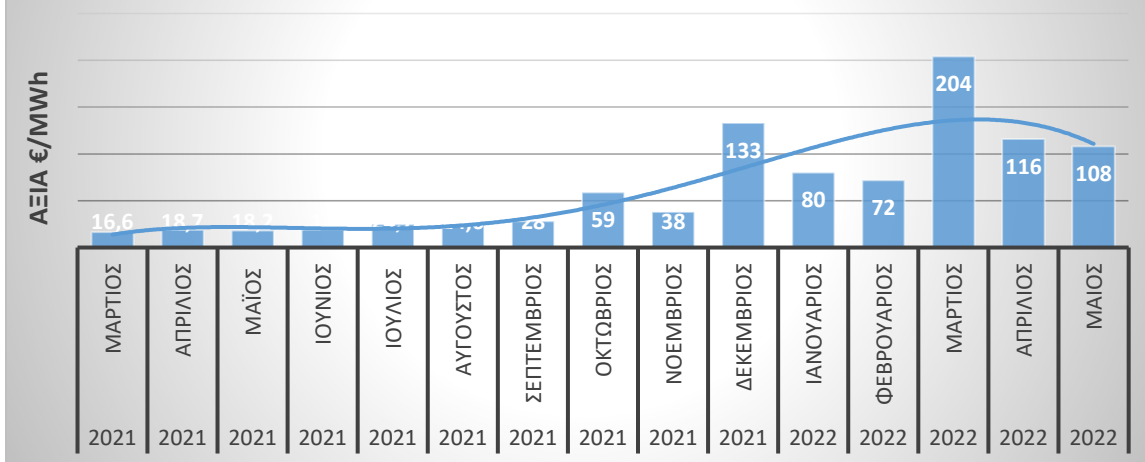
Η ενεργειακή κρίση στην εποχή μας οφείλεται στην οικονομική κρίση που βιώνει ο κόσμος τα τελευταία χρόνια. Με την πάροδο του χρόνου και την αύξηση του πληθυσμού, παρατηρείται παράλληλα και η ποσοτική αύξηση της ενέργειας που χρειάζονται τα κτήρια. Πολύ σημαντικός παράγοντας στην κατάσταση αυτή είναι οι παλιές κατασκευές κτηρίων πριν από τις δεκαετίες 1970 – 1980. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μετά το πέρας του χρόνου, να μειώνονται οι ιδιότητες των υλικών κατασκευής ως προς την θερμοπερατότητά τους και να τα καθιστά πολύ ενεργοβόρα ως κτήρια. Η ενεργειακή φτώχεια είναι μια διεθνώς αναγνωρισμένη έννοια, η οποία δεν γίνεται εύκολα κατανοητή αν κάποιος δεν την έχει ζήσει ή δεν ανήκει σε περιοχές που την βιώνουν. Πιο συγκεκριμένα ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας υπολογίζει πως το 1,3 με 2,6 δις των ανθρώπων παγκοσμίως ζει σε συνθήκες ενεργειακής φτώχειας, έχει δηλαδή αδυναμία στην πρόσβαση σε βασικές ενεργειακές υπηρεσίες (ψύξη, θέρμανση, ηλεκτρισμός). Ο πλανήτης βρίσκεται εν μέσω μιας ταχείας παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης. Οι τιμές του φυσικού αερίου στην Ασία και την Ευρώπη έχουν φτάσει σε επίπεδα-ρεκόρ. Οι τιμές του πετρελαίου έχουν εκτοξευθεί, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξήσεις σε όλους τους κλάδους.

### 1.2.1 Αιτίες ενεργειακής κρίσης

Μία από τις βασικότερες αιτίες της ενεργειακής κρίσης είναι η απελευθέρωση της συσσωρευμένης ζήτησης που συνόδευσε την πρόσφατη «επαναλειτουργία» της παγκόσμιας οικονομίας. Η πανδημία Covid-19 προκάλεσε μια παύση στην ζήτηση της ενέργειας από τους καταναλωτές, καθώς η οικονομία και η παγκόσμια αγορά έμειναν στάσιμες για αρκετό διάστημα. Η οικονομική επιβράδυνση οδήγησε σε κατάρρευση της ζήτησης ενέργειας το 2020, με τις τιμές του πετρελαίου να καταγράφουν ιστορικό χαμηλό κόστος αγοράς ανά βαρέλι. Πιο συγκεκριμένα τον Μάρτιο του 2020 η τιμή του πετρελαίου έφτασε τα 20 δολάρια το βαρέλι. Αυτή η τεχνητή μείωση της ζήτησης διορθώθηκε, μόλις η οικονομία άρχισε πάλι να λειτουργεί και να μπαίνει σε κανονικούς ρυθμούς. Μια ακόμα αιτία είναι η κλιματική αλλαγή, που κάνει τις συνθήκες ζωής πιο απαιτητικές. Οι βαρύτεροι χειμώνες και τα θερμότερα καλοκαίρια απαιτούν επιπρόσθετη ενέργεια για την σωματική άνεση των ατόμων μέσα στα κτήρια. Σε παγκόσμιο επίπεδο, πιο συγκεκριμένα το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε έναν «δεύτερο χειμώνα», εξαιτίας των θυελλωδών ανέμων στην Αρκτική και στο φαινόμενο “Λα Νίνια”, που διήρκεσε μέχρι το τέλος της άνοιξης του 2021. Ο ακατάπαυστος χειμώνας αύξησε τη ζήτηση ενέργειας, οδηγώντας σε πρωτόγνωρα χαμηλά επίπεδα την αποθήκευση φυσικού αερίου για την χειμερινή εποχή του έτους 2022 σε ατομικό επίπεδο.[2]

Εκτός από την πανδημία, καθοριστικό ρόλο στην ακρίβεια του φυσικού αερίου προς την Ευρώπη συμβάλλει ο πόλεμος μεταξύ της Ρωσίας και της Ουκρανίας. Η Ρωσία τροφοδοτεί την υπόλοιπη Ευρώπη με φυσικό αέριο, του οποίου η αξία της MWh πριν την εισβολή ήταν 88,3 €. Σήμερα η MWh 23/3/2022 έχει φτάσει τα 204€, ενώ πέρυσι την ίδια εποχή είχε 16,6 €/MWh. Συμπερασματικά, έχει αυξηθεί κατά 1.200%.

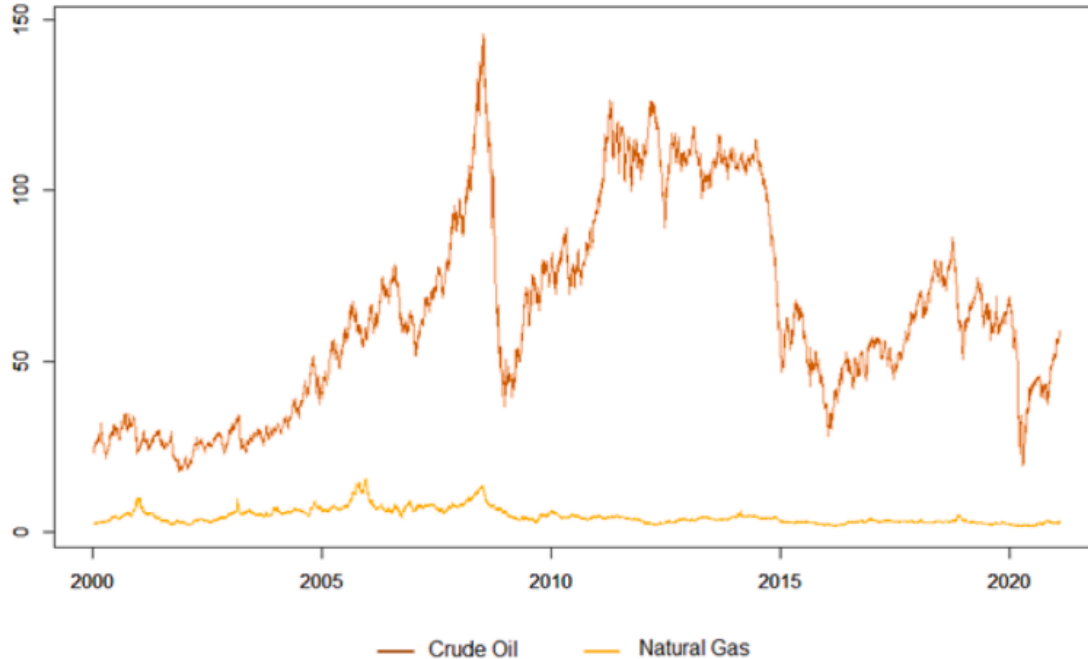
## ΑΞΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΤΡΙΜΗΝΟ €/MWh



Γράφημα 1.4: Εξέλιξη τιμής φυσικού αερίου τους τελευταίο έτος 2021-2022 [28]

### 1.2.2 Επιπτώσεις ενεργειακής κρίσης

Αν εξεταστεί το θέμα της ενεργειακής κρίσης από την οπτική των αιτιών που την προκάλεσαν, είναι δυνατό να εντοπιστούν τρεις βασικοί παράγοντες που επηρέασαν την προσφορά της ενέργειας. Αρχικά η κατάρρευση της ζήτησης ενέργειας -που προκλήθηκε από την πανδημία- οδηγώντας πολλές εταιρείες ενέργειας να μειώσουν την παραγωγή τους κατά τη διάρκεια του 2020. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα αποθήκευσης, συντήρησης και εφοδιαστικές ελλείψεις. Για παράδειγμα, η Νορβηγία παρείχε περιορισμένη παροχή φυσικού αερίου στην Ευρώπη εξαιτίας προβλημάτων συντήρησης. Έπειτα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως η αιολική και η υδροηλεκτρική, υπολειπούν. Στην Ευρώπη σημειώθηκε σημαντική μείωση στην παραγωγή αιολικής ενέργειας εξαιτίας αυτού που ονομάστηκε «καλοκαίρι χωρίς ανέμους». Τέλος, οι βασικοί προμηθευτές ενέργειας, κυρίως η Ρωσία, δεν κάλυψαν τις ελλείψεις παροχής φυσικού αερίου στην αγορά. Αυτή η κίνηση μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη εγχώρια ζήτηση και στο γεγονός ότι η Μόσχα χρησιμοποιεί ως μοχλό στη στάση της για να επιταχύνει την έγκριση του αγωγού Nord Stream 2. Επιπλέον, το σχιστολιθικό πετρέλαιο των ΗΠΑ δεν ανέκαμψε τόσο γρήγορα όσο εκτίμησαν ορισμένοι αναλυτές. [3]



Γράφημα 1.5: Τιμές βαρελιού μαζούτ και φυσικού αερίου ανά έτος [4]

Για την μελλοντική αγορά ενέργειας οι αναλυτές είναι διχασμένοι για το εάν αυτή πρόκειται να είναι μία επαναλαμβανόμενη κρίση. Μία θέση εκτιμά ότι η ζήτηση φυσικού αερίου θα ξεπεράσει την προσφορά και στο μέλλον, αναπαράγοντας τις συνθήκες της τρέχουσας κρίσης. Σύμφωνα με αυτή την οπτική, η ζήτηση φυσικού αερίου θα συνεχίσει να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς καθώς γίνεται η μετάβαση στην ανανεώσιμη ενέργεια. Το φυσικό αέριο είναι λιγότερο ρυπογόνο από τα άλλα ορυκτά καύσιμα και είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί ως μεταβατικό καύσιμο. Η παροχή φυσικού αερίου δεν θα αυξηθεί εξίσου γρήγορα καθώς οι μακροπρόθεσμες επενδυτικές προοπτικές για αέριο είναι αβέβαιες. Αυτή η ανισορροπία της αγοράς θα δημιουργήσει μία ενισχυμένη αγορά φυσικού αερίου που με τη σειρά της θα προκαλέσει εκ νέου την τρέχουσα ενεργειακή κρίση. Η άλλη θέση υποστηρίζει ότι η κρίση βασίζεται σε ιδιαίτερες συνθήκες και δεν θα επαναληφθεί. Αυτή η οπτική εκτιμά ότι η παροχή φυσικού αερίου θα αυξηθεί με το άνοιγμα περισσότερων τερματικών σταθμών LNG, η υπολειτουργία της ανανεώσιμης ενέργειας δεν θα συνεχιστεί και οι καιρικές συνθήκες θα είναι πιο ευνοϊκές τα επόμενα χρόνια. [3]

Μία θεσμική προσπάθεια αντιμετώπισης της ενεργειακής κρίσης που ανακοινώθηκε είναι η «επιχείρηση θερμοστάτης». Η επιχείρηση αυτή αφορά την Ευρώπη ως μια άμεση αντίδραση στο πρόβλημα. Θέτει όριο τους 25°C εντός των κτηρίων για την καλοκαιρινή περίοδο και προβλέπει τους 19°C για την χειμερινή. Οι νέοι κανόνες για τα κλιματιστικά θα τεθούν σε εφαρμογή την 1η Μαΐου και θα παραμείνουν σε ισχύ έως τις 31 Μαρτίου του 2023. Θα εξεταστεί λοιπόν η μελέτη εφαρμογής σε δημόσιο κτήριο. Τα μέτρα αυτά θα συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση 2 έως 4 δις κυβικών μέτρων φυσικού αερίου τον χρόνο. Περίπου το 57% του ενεργειακού κόστους για τα δημόσια κτήρια προκύπτει από τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και για τον λόγο αυτό αναζητούνται νέες πηγές για παροχή φυσικού αερίου στην Ευρώπη. [5]

### 1.3 Νομοθεσίες και κανονισμοί Ε.Ε

Το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν την οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Με την οδηγία αυτή επιχειρείται να δοθεί σημαντική ώθηση τόσο των νέων όσο και των υφιστάμενων κτηρίων γεγονός που σηματοδοτεί τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζεται η αρχιτεκτονική και η οικοδομική πρακτική μέχρι σήμερα.

Οι στόχοι της οδηγίας, βάση των εξωτερικών συνθηκών και την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων είναι:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, πιο συγκεκριμένα λιγότερη ζήτηση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών.
- Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) , χρήση ηλιακής ενέργειας για θέρμανση , φυσικό φωτισμό , παραγωγή ΖΝΧ.
- Μείωση εκπομπών αέριων ρύπων, που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την μόλυνση του περιβάλλοντος
- Θωράκιση των κτηριακών κελυφών με την χρήση φιλικών υλικών προς το περιβάλλον, δηλαδή δεν χρειάζεται μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή τους αλλά και να μην εκπέμπουν τοξικές ουσίες .
- Τα νέα κτήρια κατασκευών να τηρούν τα νέα πρότυπα που έχουν τεθεί για τα κράτη μέλη

Από την άλλη μεριά οι απαιτήσεις που καθορίζει η οδηγία είναι :

- Το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. (υπολογισμός θερμικών φορτίων, εγκατάσταση θέρμανσης ψύξης και παροχή ΖΝΧ
- Την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.
- Την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφιστάμενων κτηρίων στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση
- Την ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων
- Την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων
- Την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων κλιματισμού [6]

Η νομοθεσία (ΕΕ) 2018/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου έχει ως στόχο την ενίσχυση της απόδοσης των κτηρίων για την εξοικονόμηση ενέργειας. Με τρόπους και προγράμματα ενισχύει την ιδιοκτησία να μετατρέψει τα κτήρια σε πιο έξυπνα και θωρακισμένα έναντι των καιρικών συνθηκών. Επιπρόσθετα ενισχύει την ένταξη όλο και περισσότερων Α.Π.Ε στην καθημερινότητα των κτηρίων, για να μπορεί να εξισορροπηθεί η ζήτηση της ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο θα μειωθεί αρκετά η ζήτηση ενέργειας από τον κτηριακό πληθυσμό, χωρίς να χάνει την αποδοτικότητα του το κτήριο, αλλά αντίθετα να την αυξάνει. [7]

Στην Ελλάδα από το 2010 έχει τεθεί η νομοθεσία Ν.3661/08 και η χρήση του Κ.Εν.Α.Κ που εντάσσουν την επιθεώρηση των κτηρίων ως προς την ενεργειακή τους απόδοση σε όλα τα τμήματα ενός κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μία διαδικασία που ακολουθείται για την μέτρηση ποσότητας κατανάλωσης ενέργειας ώστε να αξιολογηθούν οι πιο οικονομικά αποδοτικές δυνατότητες εξοικονόμησης. Με αυτό τον τρόπο είναι προφανές πως η ενεργειακή

επιθεώρηση «θέτει» στόχους διαχείρισης ενέργειας στα κτήρια, για να μπορούν να πιστοποιηθούν με την ανάλογη ενεργειακή κλάση.

Εξέταση μελέτης στις περιπτώσεις :

- Αρχιτεκτονικής , περιβάλλοντος χώρου (υπολογισμός θέρμανσης, ψύξης , παροχή Z.X.N και φωτισμό)
- Λεβητοστασίων , κλιματισμό κτηρίου ( απόδοση εγκαταστάσεων ) [8]

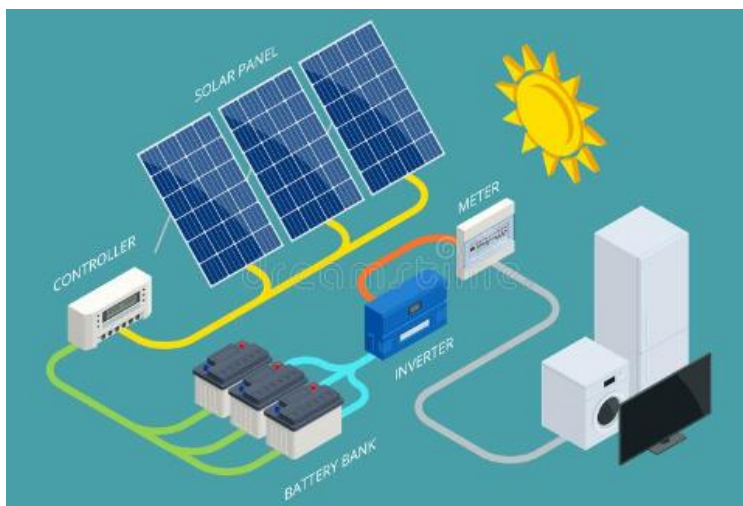
Σημειώνεται πως κάθε μέρα οποιαδήποτε νομοθεσία μπορεί να αλλάξει και για τον λόγο αυτό πρέπει να ενημερώνεται το κοινό. Όπως επίσης και οι μηχανικοί πριν προβούν σε οποιαδήποτε μελέτη για κάποιο κτήριο να ενημερώνονται σχετικά με τις νομοθεσίες που επικρατούν εκείνη την χρονική περίοδο σε εξέλιξη.

#### 1.4 Χρήση Α.Π.Ε και υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας

Η μεγάλη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας που έχει ως αντιστοιχία και την αυξανόμενη επιδείνωση της ατμοσφαιρική ρύπανσης καθιστούν αναγκαία την παρέμβαση των ανανεώσιμων πηγών στην καθημερινότητα μας. Η ακρίβεια της πρωτογενούς ενέργειας για την τροφοδοσία των κτηρίων έχει στρέψει τους χρήστες να κοιτούν την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Ελλάδα, μία χώρα με μεγάλη παροχή ηλιακής ενέργειας, ενισχύει την ζήτηση των κτηρίων για την εγκατάσταση Φ/Β που θα τους επιτρέπουν την μεγαλύτερη δυνατή ενεργειακή αυτονομία. Με τον τρόπο αυτό οι ανανεώσιμες πηγές καλούνται να καλύψουν όλες τις ανάγκες ζήτησης ( ηλεκτρισμό, ψύξη, θέρμανση, παροχή ΖΝΧ ). Βέβαια υπάρχουν και ημέρες με συννεφιά, όπως και ημέρες χωρίς υψηλό αιολικό δυναμικό, για τις περιπτώσεις εγκατάστασης αιολικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας, που δημιουργούν ελλείμματα. Για αυτές τις περιπτώσεις υπάρχουν τα υβριδικά συστήματα εγκαταστάσεων.

Τα υβριδικά συστήματα (σχήμα1.7) έχουν ως σκοπό να λειτουργούν σε μόνιμη βάση και να παρέχουν στο κάθε κτήριο τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Στην πράξη αντικαθιστούν την τροφοδοσία από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιώντας τις ΑΠΕ εξυπηρετούν τα φορτία κατανάλωσης. Για τις ημέρες που υπάρχει έλλειμμα ηλιακής και αιολικής ενέργειας, διαθέτουν συσσωρευτές και εφεδρική γεννήτρια καυσίμου για να μην σταματήσει η παροχή ενέργειας στο κτήριο.



Σχήμα 1.3:Εγκατάσταση Υβριδικού συστήματος

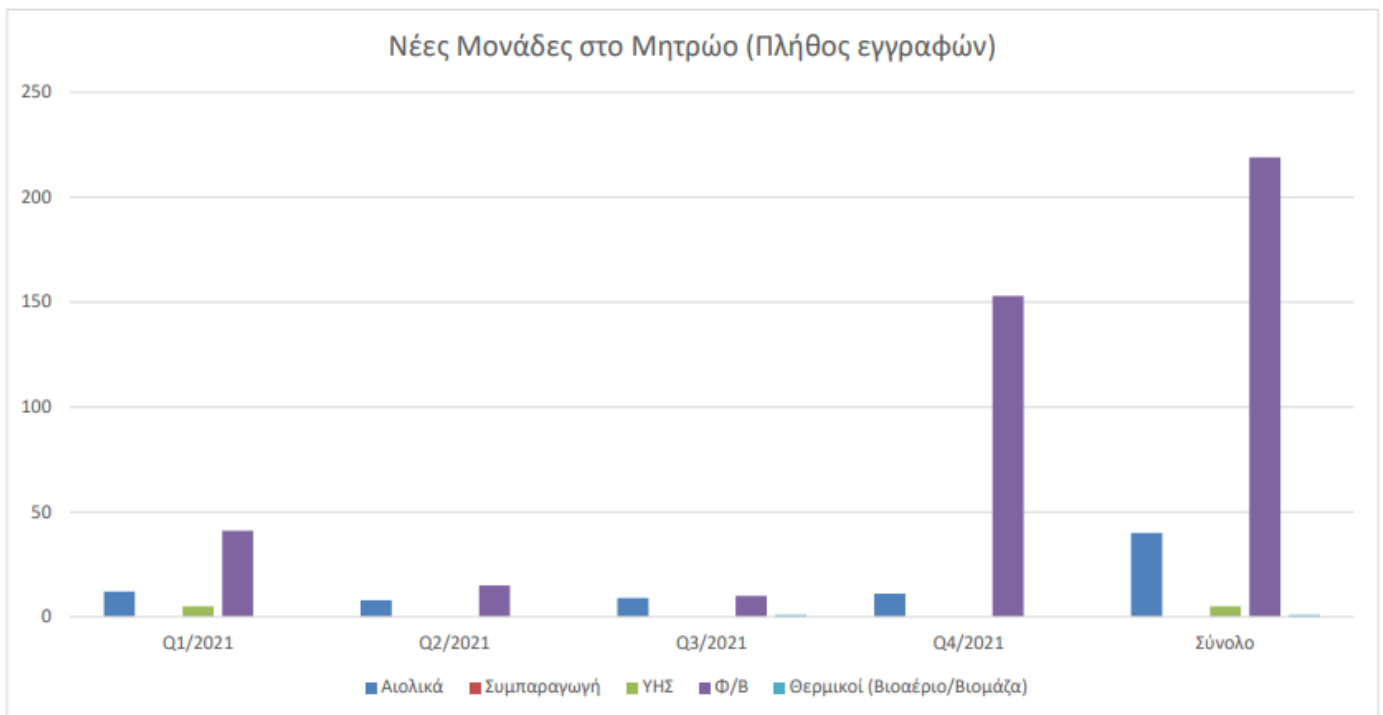
Σύμφωνα με τα στοιχεία που έχει δημοσιεύσει η Eurostat, το 2022 το μερίδιο της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ έφτασε το 22%. Ποσοστό που έχει ξεπεράσει κατά 2 ποσοστιαίες μονάδες (pp) τους στόχους που ορίζει η οδηγία 2009/28/EK για τις ανανεώσιμες πηγές. Αυτό το επίτευγμα προβλέπει βάσεις για την πορεία της ΕΕ στην κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Στατιστικά σημειώνεται πως η χώρα μας βρίσκεται πολύ κοντά στο στόχο της οδηγίας καθώς έχει φτάσει το 21,7% παρόλο που πρόκειται για προσωρινές μετρήσεις και στοιχεία. [9]



Παραδείγματα από όσα αναφέρθηκαν υπάρχουν καθημερινά σε κτήρια της χώρας μας, όπου όλο και περισσότεροι πολίτες εγκαθιστούν Φ/Β πάνελ για να εξομαλύνουν το φορτίο κατανάλωσης. Τέλος, δεν αναφέρθηκε η προσφορά ενέργειας στο δίκτυο της χώρας από τα υδροηλεκτρικά φράγματα. Ίσως να μην είναι τόσο γνωστά τα υδροηλεκτρικά φράγματα της χώρας μας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να δοθεί περισσότερη προσοχή και σε αυτά, διότι συμβάλλουν στην παροχή ενέργειας στο δίκτυο.

Πίνακας 1.1: Νέες Μονάδες ΑΠΕ για το 2021

Νέες Μονάδες Παραγωγής στο μητρώο εγκαταστάσεων (εγγραφές/τρίμηνο)	Αιολικά	Συμπαραγωγή	ΥΗΣ	Φ/Β	Θερμικοί (Βιοαέριο/Βιομάζα)	Σύνολο
Q1/2021	12	0	5	41	0	58
Q2/2021	8	0	0	15	0	23
Q3/2021	9	0	0	10	1	20
Q4/2021	11	0	0	153	0	164
<b>Σύνολο</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>219</b>	<b>1</b>	<b>265</b>

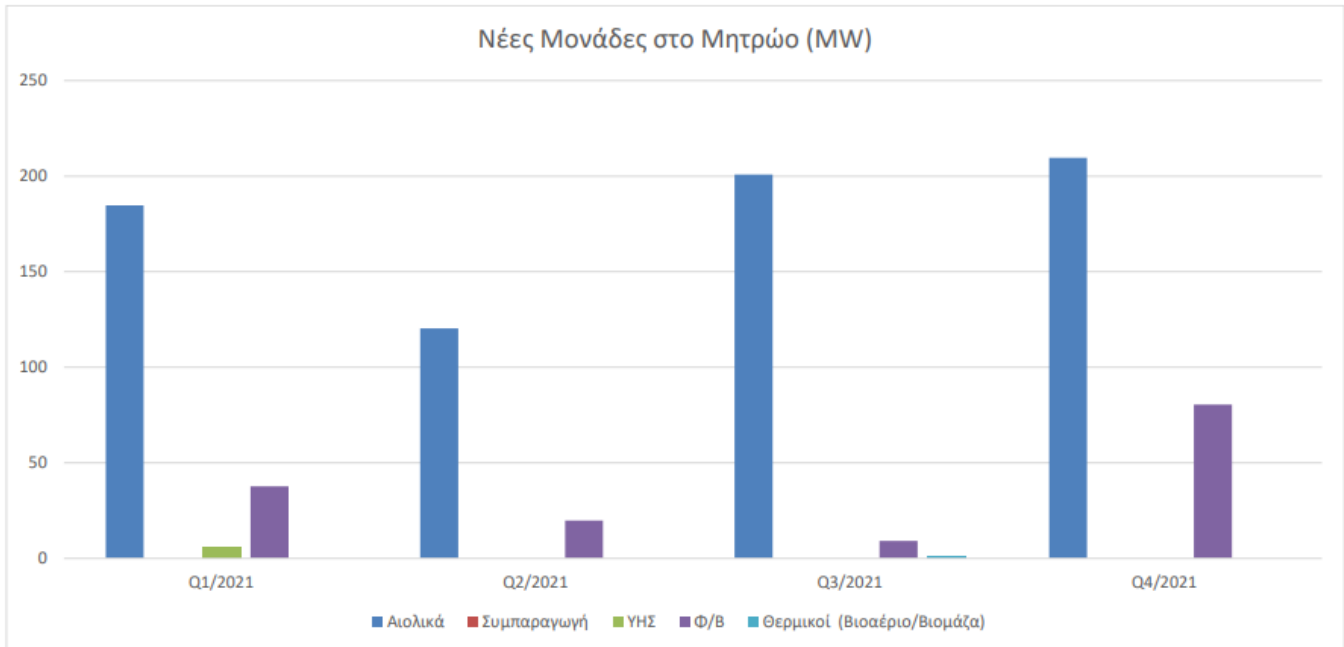


Γράφημα 1. 6: Μονάδες Μητρώο για το 2021

Όπως προαναφέρθηκε όλο και περισσότερες κτήρια εντάσσονται και χρησιμοποιούν ΑΠΕ για να εξισορροπούν το φορτίο που καταναλώνουν. Στο πίνακα 1.Ι και κατ' αντιστοιχία στο γράφημα είναι εμφανές το πόσο μεγάλη είναι η αύξηση των ΑΠΕ μονάδων. Συνεπώς αυτή η αύξηση των μονάδων προσφέρει και την αντιστοιχη ενέργεια στο δίκτυο που φαίνεται αντιστοιχα στο πίνακα 1.ΙΙ

Πίνακας 1. ΙΙ: Παροχή ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ(MW) για το 2021

Νέες Μονάδες Παραγωγής στο μητρώο εγκαταστάσεων (MW/τρίμηνο)	Αιολικά	Συμπαρογωγή	ΥΗΣ	Φ/Β	Θερμικοί (Βιοαέριο/Βιομάζα)	Σύνολο
Q1/2021	184,7	0	5,746	37,747	0	228,193
Q2/2021	120,3	0	0	19,777	0	140,077
Q3/2021	200,87	0	0	9,21	0,998	211,078
Q4/2021	209,6	0	0	80,452	0	290,051
<b>Σύνολο</b>	<b>715,47</b>	<b>0</b>	<b>5,746</b>	<b>147,186</b>	<b>0,998</b>	<b>869,4</b>



Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά τρίμηνο οι Α/Γ παράγουν το μεγαλύτερο φορτίο MW στο δίκτυο. Πράγμα που τις αναδεικνύει ως πιο ενεργειακά παραγόμενες μονάδες, καθώς ανά κάθε μέτρηση παρουσιάζουν μια ανοδική πορεία και έχουν συνολικά 715,47MW από τα συνολικά 869,4MW. Στην δεύτερη θέση είναι τα Φ/Β τα 147,186MW, ενώ οι υπόλοιπες μονάδες παραγωγής έχουν 5,746MW ΥΗΣ και 0,998MW. Αυτό συμβαίνει διότι όλο και περισσότερο αυξάνονται οι εγκαταστάσεις των Φ/Β και Α/Γ πανελλαδικά. [10]

### 1.4.1 Ηλιακή ενέργεια

Ανάλογα με την κάθε κλιματική ζώνη διαμορφώνεται και το δυναμικό της στις ανανεώσιμες πηγές. Όσο πιο κοντά είναι στον ισημερινό μια περιοχή τόσο περισσότερη και η κάθετη ακτινοβολία που δέχεται. Έχοντας εξοπλίσει σχεδόν όλα τα κτήρια της Ελλάδας με ηλιακούς θερμοσίφωνες, έφτασε η ώρα να μεταβεί ο κόσμος στο ίδιο σκεπτικό και για τα Φ/Β πάνελ. Μέχρι τώρα είχε δημιουργηθεί η εντύπωση πως τα Φ/Β πάνελ είναι μια περίπλοκη διαδικασία με μεγάλο κόστος και ότι αργεί να πραγματοποιηθεί η απόσβεση των χρημάτων. Με τα σημερινά επιδοτούμενα προγράμματα ενέργειας επιχειρείται η ώθηση των πολιτών στο να παράγουν την ενέργεια που θα καταναλώνουν. Έτσι θα μειώνεται η ζήτηση ενέργειας από το δίκτυο και η κάθε στέγη θα μπορεί να είναι μια μικρή μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια έχει πολλαπλές χρήσεις για τα κτήρια: παροχή ZNX, ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση και ψύξη των χώρων. Όσο η τεχνολογία προχωρά τόσο πιο αποδοτικά γίνονται και τα συστήματα εγκατάστασης.

Στην περίπτωση της ηλιακής θέρμανσης, η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται είναι μια μέθοδος χρήσης της ηλιακής ενέργειας σε εγκαταστάσεις θέρμανσης. Στις εφαρμογές οικιακής θέρμανσης, ο τρόπος μεταφοράς θερμότητας είναι το νερό, το οποίο θερμαίνεται από ένα σύστημα καύσης πετρελαίου ή αερίου ή αντλίας θερμότητας και κυκλοφορεί σε καλοριφέρ ή ενδοδαπέδια θέρμανση. Ανάλογα με την εγκατάσταση, το ζεστό νερό μπορεί να θερμανθεί σε μεγάλο βαθμό με ηλιακή ενέργεια, με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου υπάρχει έντονο ηλιακό φως ακόμα και τον χειμώνα, η εφαρμογή ηλιακής θερμικής είναι πολύ αποτελεσματική. Ακόμη και στις σκανδιναβικές χώρες όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή της Ελλάδας, η εφαρμογή των ηλιακών θερμικών εγκαταστάσεων έχει αναπτυχθεί καλά με μεγάλη επιτυχία. Βασική αρχή ενός ηλιακού θερμικού συστήματος είναι ότι εγκαθίσταται και λειτουργεί με τη χρήση άλλων καυσίμων για θέρμανση χωρίς να την καταργεί. Ο βαθμός συνεισφοράς για την μείωση της χρήσης των καυσίμων είναι ανάλογη της εγκατάστασης και αντιστρόφως ανάλογη της γεωγραφικής θέσης. [11]

#### Ηλιακή Ψύξη:

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης αποτελούνται από ψήκτρες, όπου χρησιμοποιούν ζεστό νερό μεταξύ 70 – 110 °C για να παράγουν κρύο νερό 7-10 °C που είναι η θερμοκρασία ψύξης. Τους καλοκαιρινούς μήνες το ζεστό νερό μπορεί εκτός από ZNX να χρησιμοποιηθεί και για τον κλιματισμό των κτηρίων.

Χρησιμοποιούν φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία και έχουν μικρότερο αντίκτυπο στο κλίμα από τα παραδοσιακά συστήματα κλιματισμού. Για κάθε 25 τετραγωνικά μέτρα ηλιακών πάνελ που εγκαθίστανται, μπορούν να εξοικονομηθούν περισσότερες από 1.500 kWh ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο κατά την περίοδο ψύξης. Το ηλιακό σύστημα κλιματισμού που χρησιμοποιείται μπορεί να χωριστεί σε κλειστό σύστημα και ανοιχτό σύστημα. Τα πιο κοινά κλειστά συστήματα σήμερα είναι οι ψύκτες που παρέχουν κρύο νερό είτε χρησιμοποιείται σε μια κεντρική μονάδα κλιματισμού για την παροχή πλήρως κλιματιζόμενου αέρα είτε διανέμεται μέσω ενός δικτύου κρύου νερού σε καθορισμένες περιοχές για την ενεργοποίηση τοπικών μονάδων δωματίου. Το

ανοιχτό σύστημα επιτυγχάνει πλήρη κλιματισμό παρέχοντας δροσερό και στεγνό αέρα σύμφωνα με τις επιθυμητές συνθήκες άνεσης. Το ψυκτικό είναι πάντα νερό σε άμεση επαφή με τον αέρα.[11]

#### 1.4.2 Αιολική ενέργεια

Η ενέργεια που παράγεται από τα αιολικά συστήματα μπορεί να αξιοποιηθεί με την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ ή με την κάλυψη των αναγκών των κτηρίων. Τα μικρά συστήματα αιολικής ενέργειας (σχ.10) μπορούν να συνδυαστούν με άλλα ενεργειακά αποδοτικά συστήματα για τη δημιουργία ενεργειακά αποδοτικών κατοικιών. Σε ορισμένα νησιά του Αιγαίου, ορισμένα νοικοκυριά έχουν επιτύχει ηλεκτρική αυτονομία. Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν αποτελεσματικά ακόμη και σε σχετικά χαμηλές ταχύτητες ανέμου με μέση ταχύτητα 5 m/sec. Όσον αφορά τα ενεργειακά αποδοτικά σπίτια, ένα σύστημα 3-4 kW είναι αρκετό για κάθε κιλοβατώρα που χρησιμοποιούμε. [11]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια

Με τον όρο εξοικονόμηση ενέργειας εννοείται η μείωση της ποσότητας ενέργειας που χρησιμοποιεί το κάθε κτήριο. Όσο λιγότερη ενέργεια χρησιμοποιεί, τόσο περισσότερα είναι και τα οφέλη, διότι έτσι εξοικονομούνται χρήματα και προστατεύεται περισσότερο το περιβάλλον. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτηρίου, αλλά και με τη χρήση ενεργειακών αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων που μέσω της υψηλής αποδοτικότητας τους προσφέρουν καλύτερη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής τους. Έτσι η συσσώρευση μαζικών ενεργεοβόρων κτηρίων θα μειώνεται σταδιακά στον χρόνο.

Για να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί ο κατάλληλος σχεδιασμός του κελύφους και να ληφθούν υπόψιν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του κτηρίου. Επίσης να επιλεγθούν ποιες τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη απόδοση του. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός το μέτρο που χρησιμοποιείται είναι η ενέργεια kWh/m<sup>2</sup> πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνει το κτήριο. Προσθέτοντας συστήματα εξοικονόμησης μετριέται πόση λιγότερη ενέργεια ξοδεύεται και δηλώνεται η ετήσια εξοικονόμηση.

#### 2.1.1 Τεχνολογίες με εφαρμογή σε Υφιστάμενα Κτήρια

Στα ήδη υπάρχοντα κτήρια χαμηλής ενεργειακής κλάσης στόχος είναι σταδιακά να οδηγηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβεί με την καλύτερη διαχείριση της ενέργειας. Ελάττωση της ενέργειας που καταναλώνεται για την θέρμανση και την ψύξη με την χρήση προηγμένων και υψηλής απόδοσης μονωτικών υλικών κατασκευής κατά την ανακαίνιση των κτηρίων. Έχοντας τον πλήρη έλεγχο και ενημέρωση του κτηρίου μπορούν να τροποποιηθούν οι ανάγκες του κάθε χώρου ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη – κατοίκου. Η ενέργεια μπορεί επίσης να αποθηκευτεί με την αναβάθμιση του εξοπλισμού θέρμανσης και ψύξης, όπως λέβητες τελευταίας τεχνολογίας. Άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, όπως οι λέβητες βιομάζας και ηλιακά συστήματα θέρμανσης μειώνουν τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. [13]

Ο περιορισμός στα υφιστάμενα κτήρια είναι πως έχουν σχεδιαστεί με ένα συγκεκριμένο τρόπο και οποιαδήποτε παρέμβαση πραγματοποιηθεί σε αυτό είναι πρακτικά περιορισμένη. Είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν τεχνολογίες εξοικονόμησης για παράδειγμα εκμετάλλευση γεωθερμίας. Ο χώρος περιορίζει το εύρος των παρεμβάσεων μόνο στις πρακτικά εφαρμόσιμες. Τροποποιήσεις στις διαρρυθμίσεις του χώρου των κτηρίων επιβάλλει αλλαγές στα αρχικά σχέδια του κτηρίου για να είναι πολεοδομικά νόμιμα. Πρακτικά αυτό επιβαρύνει τους κατοίκους να προβούν σε επιλογές εξοικονόμησης που αλλάζουν την διαμόρφωση του κτηρίου για παράδειγμα τοίχοι Trombe.

### 2.1.2 Τεχνολογίες με εφαρμογή σε Νεόδμητα Κτήρια

Πλέον από το 2022, δεν εκδίδεται άδεια κτήσεως σε κατοικίες που συνυπολογίζουν για κεντρική θέρμανση καυστήρα πετρελαίου. Από αυτό το μέτρο και στην συνέχεια είναι κατανοητό πως τα νέα κτήρια θα θέτουν μια βάση για την αλλαγή των μέχρι τώρα δεδομένων. Στα νέα κτήρια επιβάλλεται να είναι μονωμένα για να αποφεύγονται οι απώλειες περιμετρικά του κελύφους, επιπρόσθετα να χρησιμοποιούν συστήματα αυτοματισμών για διαχείριση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Με αυτό τον τρόπο διαχειρίζονται με καλύτερο ποσοστό την ενέργεια που επενδύεται σε ψύξη – θέρμανση.

Με τον πλήρη έλεγχο ακόμη και απομακρυσμένο μπορεί ο χρήστης να εκμεταλλεύεται τις καιρικές συνθήκες ως προς όφελος του κτηρίου. Ο φυσικός δροσισμός της νύχτας για παράδειγμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες βοηθάει την εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού. Όπως επίσης αποβάλλει τα υψηλά θερμικά φορτία που δέχεται το κτίσμα κατά την διάρκεια της ημέρας και την θερμοχωρητικότητα των υλικών.

## 2.2 Θωράκιση κελύφους – Μόνωση Κτηρίου

Μια εγκατάσταση επιτυχημένης μόνωσης σε ένα υφιστάμενο κτήριο είναι μια πολύπλοκη εργασία τόσο στην μελέτη όσο και στην τεχνική εγκατάσταση. Πολλοί είναι οι παράγοντες που πρέπει να συνυπολογιστούν για τον ολοκληρωμένο τελικό αποτέλεσμα. Ο τεχνίτης που θα πραγματοποιήσει την εγκατάσταση θα πρέπει να ακολουθεί σωστή μεθοδολογία. Η πολυπλοκότητα των ίδιων των κτηρίων σε επίπεδο σχεδιασμού, κατασκευής και χρήσης, αλλά και η ταυτόχρονη εξέλιξη υλικών και δομικών στοιχείων οδηγεί τον σύγχρονο μελετητή να υλοποιεί τις σχεδιάστηκες του προτάσεις με μεγάλους βαθμούς ελευθερίας όμως καλό είναι πάντα να υπολογίζονται τα δύσβατα σημεία, όπως τα πάχη που μπορεί να τοποθετήσει κοντά σε ανοίγματα, τα οποία δεν πρέπει να επιβαρύνουν την στατικότητα του κτηρίου .

Συμπερασματικά είναι κατανοητό ότι τα σύγχρονα μονωτικά υλικά που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να προσφέρουν καλύτερη απόδοση και με περισσότερη εξοικονόμηση τόσο ενέργειας όσο και όγκου λόγω του πάχους τους.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ελληνική αγορά είναι :

- Διογκωμένη πολυστερίνη όπου,

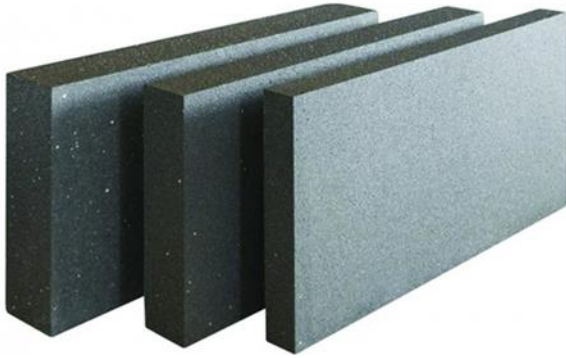
εξασφαλίζει τη φυσική θερμομόνωση με τη δημιουργία ενδιάμεσων ζωνών μηδενικής μεταφοράς θερμότητας, αποτελείται από κλειστές κυψελίδες αέρα σε ποσοστό 98%. Γίνεται χρήση σε τοιχοποιίες, υπόγεια, οροφές, ενδοδαπέδια θέρμανση, στέγες και προσόψεις κτηρίων. Τιμή  $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$



Σχήμα 2.1: Διογκωμένη Πολυστερίνη

- Διογκωμένη Γραφιτούχα Πολυστερίνη όπου,

είναι η εξέλιξη του παραπάνω υλικού καθώς καλύπτει όλες τις προηγούμενες εφαρμογές και απαιτήσεις. Περιέχει μικροσκοπικά μόρια γραφίτη που εμποδίζουν τη μετάδοση της θερμότητας μέσω της ακτινοβολίας και εξασφαλίζουν έως και 20% περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας. Περιέχει ποσοστό γραφίτη για αυτό και το πιο γκριζο χρώμα. Γίνεται χρήση ίδια με της διογκωμένης απλώς λόγω της προσθήκης του γραφίτη αλλάζει η πυκνότητα του υλικού και μπορεί να πετύχει καλά αποτελέσματα όπου υπάρχει περιορισμός χώρου. Τιμή  $\lambda=0,030 \text{ W/mK}$ . Τιμή για πάχος 5mm από 14€/m<sup>2</sup> έως 21€/m<sup>2</sup>



Σχήμα 2.2: Διογκωμένη γραφιτούχα πολυστερίνη

➤ Εξηλασμένη Πολυστερίνη

Είναι ελαφρύ υλικό με κλειστές κυψέλες χωρίς να απορροφά νερό, άρα ιδανικό για χρήση σε περιοχή με υψηλή θερμοκρασία. Επίσης μας είναι γνώριμο με την πρώτη ματιά διότι συναντάτε σε πολλές οικοδομές να περιφράζει τα υποστυλώματα περιμετρικά. Η τιμή αγοράς ανάλογα με το πάχος επιλογής ξεκινά από 10€/m<sup>2</sup> και φτάνει τα 18 €/m<sup>2</sup>. [16]



Σχήμα 2. 3: Εξηλασμένη Πολυστερίνη

Τα νέα θερμομονωτικά υλικά βοηθούν το κάθε κτήριο να διατηρεί την θερμοκρασία που παράγεται από τα συστήματα θέρμανσης ή ψύξης. Ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών, μικρή επιρροή της εσωτερικής θερμοκρασίας από την εξωτερική είναι οι λόγοι που το ποσοστό εξοικονόμησης φτάνει πάνω από το 50% με μειονέκτημα το μεγάλο κόστος εγκατάστασης. Συμπερασματικά, είναι κατανοητό πως μόνωση σημαίνει ότι προστατεύω – διατηρώ την παραγόμενη θέρμανση – ψύξη. [17]

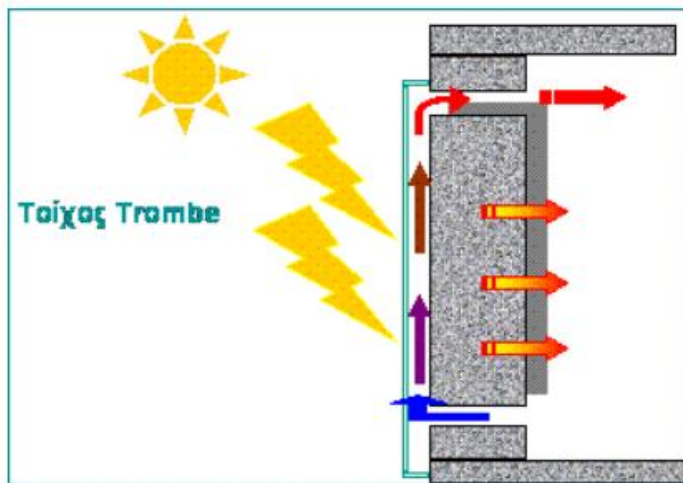


## 2.2.2 Παθητική Τοιχοποιία

### Τοίχοι Trombe

Οι τοίχοι Trombe ή αλλιώς ηλιακοί τοίχοι αποτελούνται συνήθως από συνδυαζόμενες τοιχοποιίες με υαλοστάσιο τοποθετημένο εξωτερικά και σε απόσταση 5-15cm και ανήκουν στα παθητικά συστήματα. Οι επιλογές για τον εξοπλισμό του κάθε τοίχου ποικίλουν ανάλογα με τις ανάγκες του κτηρίου και τον τρόπο χρήσης του. Για παράδειγμα ο τοίχος μπορεί να είναι είτε θερμομονωμένος, είτε να έχει υψηλή θερμική μάζα. Επίσης εξοπλίζεται με υαλοπίνακες (μονούς ή διπλούς) που μπορούν να έχουν μια ανάκληση ώστε να δημιουργείται και μια ροή αέρα. Πρακτικά οι τοίχοι συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την μεταδίδουν ως θερμότητα στους χώρους του κτηρίου. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης 10-40% και για περιοχές και με πιο ήπιο κλίμα τα ποσοστά μπορούν να ανέβουν κι άλλο.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ο τοίχος είναι συνήθως υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα (σκυρόδεμα, συμπαγή τούβλα), το πάχος του μπορεί να είναι από 30-40 εκατοστά, βαμμένος με σκούρα χρώματα για να απορροφάει αρκετή ηλιακή ενέργεια και να την μεταδίδει με αγωγή στα υπόλοιπα τμήματα του κτηρίου.



Σχήμα 2.4: Λειτουργία Τοίχου Trombe [12]

Οι θυρίδες στο άνω και κάτω μέρος που φαίνεται στην εικόνα, στην διάρκεια του χειμώνα παραμένουν ανοιχτές. Με αυτό τον τρόπο η θερμική ενέργεια που συσσωρεύεται στα διάκενα (μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου) μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από τις θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου στον εσωτερικό χώρο. Από την άλλη μεριά λόγω του ότι ο ψυχρός αέρας μένει στο χαμηλότερο επίπεδο του τοίχου θερμαίνεται και ανέρχεται προς τα πάνω δημιουργώντας έτσι μια συνεχή ροή αέρα στον χώρο. Επιπρόσθετα για τις μέρες χωρίς ηλιοφάνεια και πιο ψυχρές, οι θυρίδες στο επάνω μέρος κλείνουν για να μην εξέρχεται ο θερμός αέρας προς τον ψυχρό μέσω των υαλοπινάκων. Για τον λόγο αυτόν συνιστάται η εγκατάσταση διπλών

υαλοπινάκων για την μείωση των απωλειών. Τέλος για τις μέρες με υψηλή ακτινοβολία, πρέπει να εξοπλίζονται με συστήματα σκίασης για την αποφυγή υπερθέρμανσης του χώρου. [12]

#### Θερμοσιφωνικοί Τοίχοι:

Η κατασκευή αυτή συγκλίνει με το σύστημα κατασκευής και λειτουργίας του τοίχου Trombe, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι ο θερμοσιφωνικός τοίχος απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης. Η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών. Το θερμοσιφωνικό πάνελ συνήθως στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο αποτελείται από μία μεταλλική απορροφητική πλάκα, ώστε να έχει μεγαλύτερη απόδοση.

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών. Το θερμοσιφωνικό πάνελ συνήθως φέρει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο μεταλλική απορροφητική πλάκα για μεγαλύτερη απόδοση.



Σχήμα 2.5:Θερμοσιφωνικοί Τοίχοι

Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη (γυάλινη επιφάνεια) μετατρέπεται σε θερμική. Στη συνέχεια, μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων στο άνω τμήμα του πάνελ. Θυρίδες στο κατώτερο τμήμα επιτρέπουν την εισροή αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πάνελ. Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο η λειτουργία του αντιστρέφεται. Ανοίγματα στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς τον εξωτερικό χώρο. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα το δροσισμό του κτηρίου.

### Ηλιακοί χώροι Θερμοκήπιο:

Είναι χώροι που αποτελούνται κυρίως από γυάλινες επιφάνειες που ενσωματώνονται στο υπόλοιπο κτηριακό κέλυφος. Η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από το νότιο παράθυρο του θερμοκηπίου και μετατρέπεται σε θερμότητα, μέρος της οποίας μεταφέρεται απευθείας στον χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του χώρου και το άλλο μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία (θερμική μάζα) και καθυστερεί. Με τον καιρό η θερμική ενέργεια που συσσωρεύεται στον ηλιακό χώρο μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτηρίου μέσω παραθύρων ή ανοιγμάτων σε κοινά δομικά στοιχεία. Για τη μείωση της απώλειας θερμότητας το χειμώνα, συνιστάται η προστασία των υαλοπινάκων τη νύχτα, εκτός εάν το τμήμα του κελύφους του κτηρίου που έρχεται σε επαφή με τον ηλιακό χώρο είναι μονωμένο. Ειδικά σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα, προτείνεται η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων στον ηλιακό χώρο, καθώς και η θερμομόνωση της τοιχοποιίας.

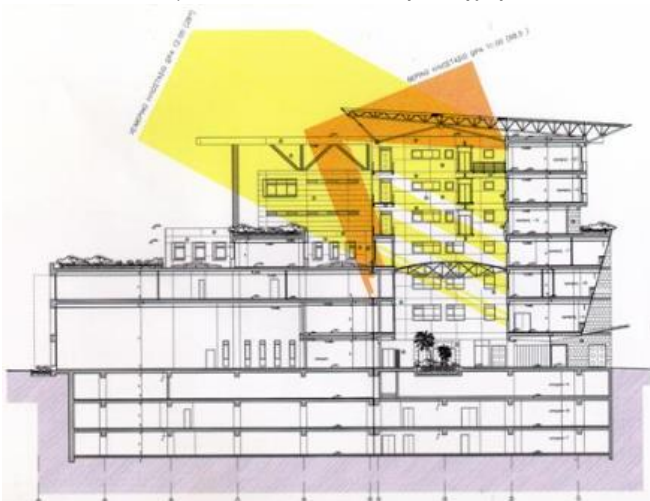
### Ηλιακά Αίθρια:

Ο χώρος του αίθριου του καλυμμένου με γυαλί κτηρίου είναι ένα άλλο σύστημα έμμεσης ηλιακής απολαβής, το Daylight Atrium. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τα τζάμια της οροφής, συσσωρεύεται μέσα στο αίθριο, εν μέρει μεταφέρεται στο κτήριο ή στο περιβάλλον εσωτερικό του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων και εν μέρει αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία.

Το χειμώνα, η ηλιακή βεράντα λειτουργεί επίσης ως μέρος για να ζεσταθεί. Ωστόσο, το καλοκαίρι, για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση, το αίθριο χρειάζεται αερισμό μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρη σκίαση. Ανάλογα με τη γεωμετρία του αίθριου και τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα τοίχων και δαπέδων, οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων γύρω από τα αίθρια ή στην οροφή), επηρεάζεται και το επίπεδο φωτισμού του δωματίου.

Η συνεισφορά του στα κτήρια :

- Επιτρέπουν να εισέρχεται η ακτινοβολία στις κεντρικές ζώνες του κτηρίου
- Παρέχουν επαρκή φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας
- Η παροχή φωτός συμβάλει από το ουρανό και από επάλληλες ανακλάσεις και δεν θαμπώνουν τον εσωτερικό χώρο



Σχήμα 2.6: Τομή Ενεργειακού Σχεδιασμού Ηλιακού Αίθριου

### 2.2.3 Φυτεμένο Δώμα

Το φυτεμένο δώμα παρουσιάζεται όλο και περισσότερο την τελευταία δεκαετία, κυρίως σε νέες κατασκευές κτηρίων αλλά και σε μετατροπή της κάθε υφιστάμενης. Τα φυτεμένα δώματα χαρακτηρίζονται ως πράσινη στέγη για τα κτήρια και ορίζονται ως η οριζόντια επιστέγαση του κτηρίου που καλύπτεται με χώμα που αναπτύσσονται φυτά. Η τεχνολογία αυτή εντάσσει την το εργαλείο της λεγόμενης βιώσιμης αρχιτεκτονικής στα κτήρια που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Όπως κάθε τεχνολογίας εγκατάστασης εξοικονόμησης που έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της έτσι και αυτή με επιπρόσθετη την τακτική φροντίδα και συντήρηση.

Για να μπορεί να διαμορφωθεί μια υφιστάμενη ταράτσα σε φυτευτή θα πρέπει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις:

- α. Είναι στατικά επαρκής να δεχθεί τα πρόσθετα φορτία του χώματος και των φυτεύσεων.
- β. Έχει καλή υδατοστεγανότητα και υγρομόνωση ώστε να εξασφαλίζει την προστασία της κατασκευής από τα νερά και τις υψηλές τιμές υγρασίας που συνδέονται με την ανάπτυξη και συντήρηση των φυτεύσεων.
- γ. Είναι ανθεκτικός σε βιολογικούς και χημικούς παράγοντες που συνδέονται με την ανάπτυξη και συντήρηση των φυτεύσεων (π.χ. ρίζες, ζώφια, φυτοφάρμακα).



Σχήμα 2. 7:Φυτεμένο Δώμα Οροφής [12]

Η μεθοδολογία εγκατάστασης αποτελείται από τα μονωτικά υλικά, την κλίση για τις ρήσεις των υδάτων, την υγρομόνωση και τέλος τα αποστραγγιστικά στρώματα και το χώμα φύτευσης. Οι ιδιότητες που προσφέρουν τέτοιες εγκαταστάσεις οροφών είναι η καλή μόνωση-ηχομόνωση, αυξάνουν την θερμική μάζα του κτηρίου ενώ μειώνουν τους κινδύνους πλημμύρας. Επιπρόσθετα μπορούν να αποβάλλουν ευκολότερα την θερμότητα, προστατεύουν από την υψηλή ακτινοβολία και προσφέρουν ένα δροσιστικό και υγιεινό περιβάλλον στα κέντρα των πόλεων.

Εμβαθύνοντας στις ιδιότητες των φυτεμάτων παρατηρείται πως η θερμομονωτική ικανότητα του χώματος δεν είναι μεγάλη. Καθώς ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ανάλογα με τα ποσοστά υγρασίας είναι μεταξύ 0,3 έως 1,5 W/mK [18]

#### 2.2.4 Κουφώματα – Στεγάνωση Ανοιγμάτων

Όπως και με την μόνωση έτσι και τα κουφώματα δεν είναι μια απλή διαδικασία εγκατάστασης. Πρέπει να υπολογιστούν αρκετοί παράγοντες που θα επηρεάζουν τον κάθε χώρο με την τοποθέτηση ενός παραθύρου ή πόρτας. Συχνά στις εγκαταστάσεις δεν πραγματοποιείται η σωστή διαδικασία τοποθέτησης με αποτέλεσμα ένα πολύ καλό και ακριβό κούφωμα να μην αποδίδει όπως ορίζει ο κατασκευαστής του. Λάθος τοποθέτηση σημαίνει πρακτικά λάθος εκτίμηση παραμέτρων του κτηρίου πιο συγκεκριμένα :

- Λάθος επιλογή και θέση των υλικών στεγάνωσης
- Λάθος τακάρισμα
- Λάθος επιλογή βυσμάτων
- Λάθος θέσης στερέωσης των βυσμάτων. [19]

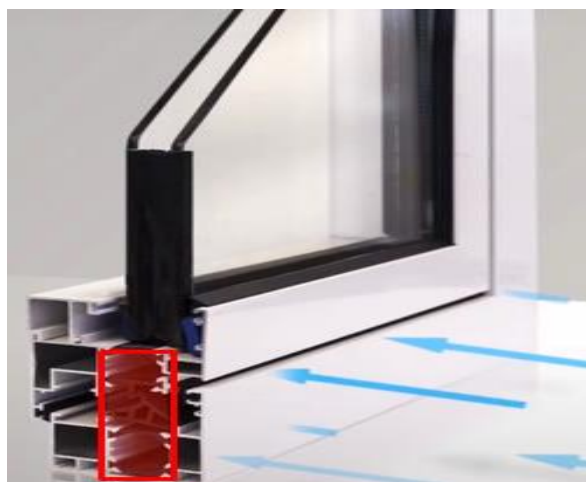
Κάθε κτήριο έχει ανοίγματα περιμετρικά της τοιχοποιίας του, είτε είναι παράθυρα είτε είναι πόρτες. Για να εξασφαλιστεί η μείωση των απωλειών λόγω του αερισμού πρέπει το κτήριο να εξοπλιστεί με σύγχρονα κουφώματα που θα μηδενίσουν την εισροή αέρα μέσα στο κτήριο. Οι απώλειες που υπάρχουν σε κάθε άνοιγμα υπολογίζονται από την σχέση

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

Όπου:

- $U_w$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $U_f$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $U_g$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων) [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $A_f$  το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος [m<sup>2</sup>]
- $A_g$  το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος [m<sup>2</sup>]
- $l_g$  το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα) [m]
- $\Psi_g$  ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος. [W/(m·K)] [20]

Οι απώλειες λόγω αερισμού φτάνουν το 25-40% και είναι από τα σημαντικότερα σημεία που πρέπει να γίνει έλεγχος και να υπάρχει η πλήρης αεροστεγάνωση στο χώρο. Τα πλαίσια των υαλοπινάκων ανάλογα με τον υλικό κατασκευής τους έχουν την δική του θερμική αντίσταση ως προς την εξωτερική θερμοκρασία. Επίσης θα πρέπει να ελεγχθεί για το αν τα πλαίσια παραμένουν σε καλή κατάσταση ( πχ. Ξύλινα ) και να έχουν εγκατασταθεί σωστά χωρίς να υπάρχουν διάκενα για την εισροή αέρα. Τα κουφώματα με θερμοδιακοπή διαθέτουν στο εσωτερικό του πλαισίου πλαστικό το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και είναι συνήθως πολυαμίδιο. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται η εσωτερική θερμότητα να διαφεύγει από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω.

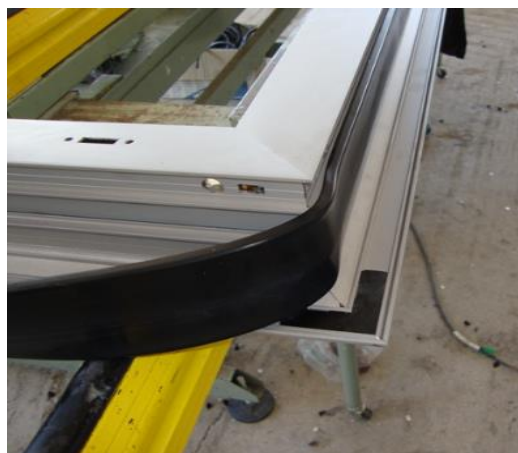


Σχήμα 2.8:Θερμοδιακοπή πολυαμιδίου

Πίνακας 2. 1: Συντελεστής Θερμοπερατότητας  $U_f$

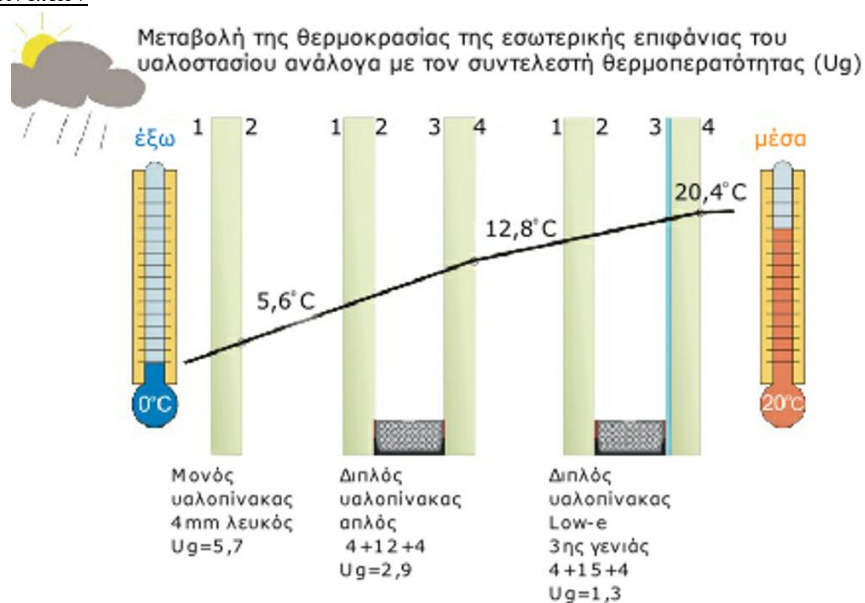
Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Μεταλλικό πλαισίο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαισίο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Το πιο σημαντικό ρόλο στα κουφώματα έχει ο υαλοπίνακας που θα τοποθετηθεί, τα νέα υαλοστάσια μπορούν να απωθούν την ακτινοβολία του ήλιου από το εσωτερικό του χώρου. Μικρές λεπτομέρειες που κάνουν την διαφορά στην εγκατάσταση των κουφωμάτων είναι η καλή στεγάνωση περιμετρικά του κουφώματος με την χρήση ειδικών ταινιών πριν την εγκατάσταση.



Σχήμα 2.9: Τοποθέτηση Λάστιχου Αεροστεγανότητας [36]

### Είδη Υαλοπινάκων

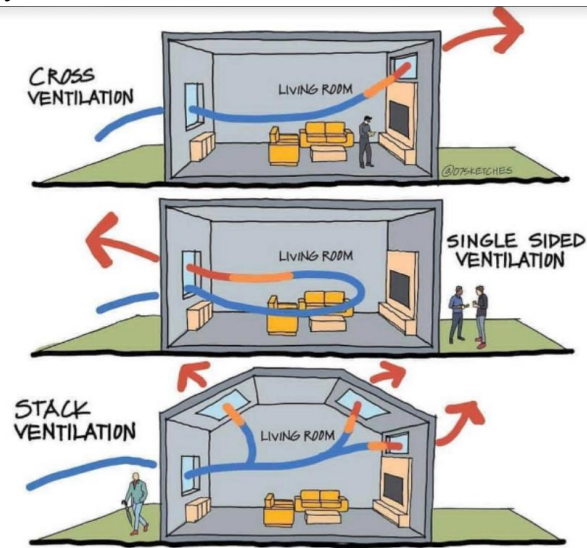


Σχήμα 2.10: Είδη Υαλοπινάκων

Όπως φαίνεται στην σχήμα 2.10 παρατηρείται η θερμοκρασιακή διαφορά που μπορούν να προσφέρουν οι υαλοπίνακες. Να τονιστεί πως η Τρίτη περίπτωση της διπλής υάλωσης περιέχει ανακλαστική ικανότητα της ακτινοβολίας και για το λόγο αυτό έχει την υψηλότερη τιμή  $U_g$ . Γενικότερα τα ενεργειακά τζάμια έχουν βελτιώσει την άνεση στο χώρο επειδή προσφέρουν πολύ καλύτερη θερμομόνωση συγκριτικά με τους απλούς υαλοπίνακες. Επιπρόσθετα έχουν μειώσει το φαινόμενο της υγραποίησης στο εσωτερικό των τζαμιών και προσφέρουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας καθώς συγκρατούν σταθερά επίπεδα εσωτερικής θερμοκρασίας άρα μείωση χρήσης θέρμανσης – κλιματισμού. Τέλος έχουν υψηλή διαπερατότητα στο φυσικό φως και καλύτερη ηχομονωτική [21]

Γενικότερα τα κουφώματα ποικίλουν σε επιλογές εγκατάστασης ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου και τον προσανατολισμό του. Και πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία που να

εκμεταλλεύονται το φως της ημέρας και δημιουργούν σωστές ροές ανανέωσης του εσωτερικού αέρα με το άνοιγμα τους.



Σχήμα 2.11:Εξαερισμοί Χώρων Με φυσικά ανοίγματα

### Θερμογέφυρες- Thermal Bridge

Οι τεχνολογίες και τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση του κελύφους του κτηρίου, έχουν ως σκοπό την ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών.

Με τον όρο θερμογέφυρα εννοούμε όλα τα σημεία μέσα στο κτηριακό περίβλημα στα οποία η θερμική αντίσταση είναι μειωμένη συγκριτικά με την υπόλοιπη σε όλο το κέλυφος. Πρακτικά, οι θερμογέφυρες εμφανίζονται στο θερμικό φάκελο του κτηρίου ως θερμικός αδύναμα σημεία ή ως σημεία διακοπής του κελύφους. Στα σημεία αυτά υπάρχει μεγαλύτερη ροή θερμότητας, σε σχέση με το υπόλοιπο κέλυφος του κτηρίου, η οποία πρέπει να υπολογιστεί, αφενός για να ληφθεί υπ' όψιν στην ενεργειακή μελέτη του κτηρίου και αφετέρου για την αποφυγή πιθανής υγρασίας και εμφάνισης μούχλας (σχ.2.12)



Σχήμα 2.12:Υγραποίηση Σημείου Λόγο Θερμογέφυρας και κακού αερισμού [15]

Η μόνωση του κελύφους είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επιρροής της συμπεριφοράς του κτηρίου ως προς τις καιρικές συνθήκες. Οι αλλαγές τις εξωτερικής θερμοκρασίας, η υγρασία και η ακτινοβολία επηρεάζουν την εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου. Για τον λόγο αυτό μίγματα νέων μονωτικών υλικών έρχονται να καλύψουν αυτήν την διαφορά



θερμοκρασίας με σκοπό την διατήρηση της εσωτερική θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα. Επίσης η εξωτερική θερμομόνωση συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών, αρκεί να δομηθεί επαρκώς στα δύσβατα σημεία του κτηρίου. Η κακή εγκατάσταση σε βάθος χρόνου θα αποδειχθεί μάταιη και δεν θα γίνει απόσβεση χρημάτων σε καμία περίπτωση. Τα κουφώματα που τοποθετούνται στα ανοίγματα του κτηρίου έχουν καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση μιας θερμογέφυρας. Καθώς τα ανοιχτά σημεία του κτηρίου είναι και τα πιο ευάλωτα για να σχηματιστεί θερμογέφυρα κουφωμάτων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ενεργειακά κουφώματα διπλών υαλοπινάκων για την ελαχιστοποίηση του φαινομένου αυτού.

Υπάρχουν δυο είδη θερμογεφυρών:

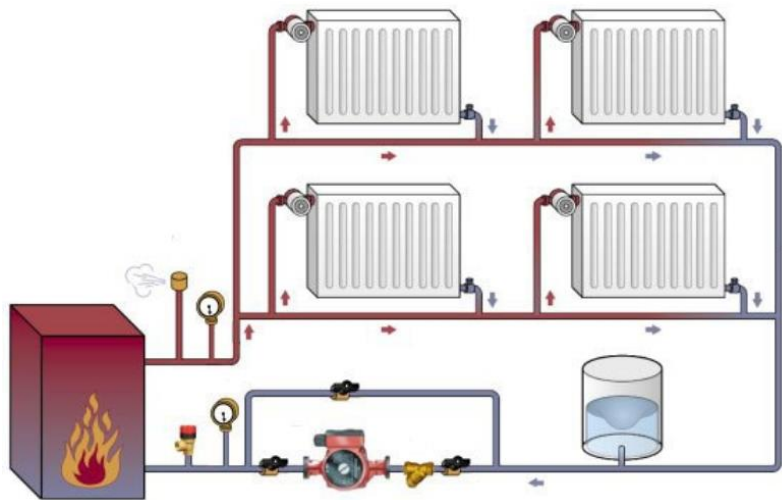
- **Κατασκευαστικές:** Οφείλονται σε διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης και η έντασή της εξαρτάται από το δημιουργούμενο άλμα της ασυνέχειας.
- **Γεωμετρικές:** Οφείλονται στη γεωμετρία του κτηρίου, χωρίς να υπάρχει διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης και η έντασή της εξαρτάται από τη διαφορά μεγέθους της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας. [15]



Σχήμα 2.13:Ανίχνευση Σημείων Θερμογεφυρών [14]

### 2.3 Κεντρική Μονάδα Θέρμανσης – Ψύξης

Ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι μία εγκατάσταση που αποτελείται από το σύνολο όλων των συσκευών που υπάρχουν στο κτήριο και προσφέρουν θερμότητα σε αυτό. Οι συσκευές αυτές (λέβητες) αξιοποιούν την χημική ενέργεια των καυσίμων και την μετατρέπουν σε θερμότητα που μοιράζεται σε όλο το κτήριο από βοηθητικές συσκευές (σώματα θέρμανσης). Πιο συγκεκριμένα μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης αποτελείται από σωληνώσεις, σώματα, θερμοστάτες, κυκλοφορητές και το θερμαντικό μέσο (νερό) που απελευθερώνει τα ποσά θερμότητας του στους χώρους των κτηρίων. [23]



Σχήμα 2.14:Κεντρικό σύστημα θέρμανσης [24]

Για να πετύχει η εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων στις κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης, πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος έλεγχος όλης της εγκατάστασης. Η συντήρηση του λέβητα και η εξαέρωση στα σώματα είναι καλό να συμβαίνει ώστε να αποδίδετε η μέγιστη θερμότητα στους χώρους του σπιτιού. Με τον τρόπο αυτό δεν μειώνεται ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και δεν καταναλώνεται περισσότερο καύσιμο για την παραγωγή θερμότητας.

Οι τεχνολογίες που βοηθούν για να υπάρχει καλύτερος έλεγχος των κεντρικών θερμάνσεων είναι:

- Οι θερμοστάτες χώρων,

όπου σκοπό έχουν να διατηρούν σταθερή την θερμοκρασία του χώρου δίνοντας την εντολή στο σύστημα θέρμανσης να φτάνει μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Με αυτόν τον τρόπο σταματούν την περιττή λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης.



Σχήμα 2. 15:Θερμοστάτης χώρου [24]

- Οι θερμοστατικοί διακόπτες – βάνες,

Όπου στην πραγματικότητα ανάλογα με τις ανάγκες και τις απώλειες του κάθε δωματίου ρυθμίζονται έτσι ώστε να υπάρχει θερμοκρασιακή ισορροπία σε όλο το κτήριο. Μπορεί να ελαχιστοποιήσει την απόδοση κάποιου σώματος εάν ο χώρος μπορεί να διατηρεί την θερμοκρασία του.

- Οι θεμιδομετρητές ροής ,

Όπου είναι ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες και μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε διαμερίσματα πολυκατοικιών που διαθέτουν αυτόνομη θέρμανση. Οι θεμιδομετρητές νερού μετρούν με απόλυτη ακρίβεια την ενέργεια που καταναλώνεται τόσο σε συστήματα θέρμανσης όσο και σε συστήματα ψύξης με νερό, μετρώντας τον όγκο του νερού που διέρχεται από αυτούς καθώς και την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της προσαγωγής και της επιστροφής του νερού από τα θερμαντικά σώματα.



Σχήμα 2. 16:Θερμιδομετρητής [24]

Κάθε υφιστάμενη κατοικία μπορεί να πραγματοποιήσει εξοικονόμηση ενέργειας συνολικά σε όλες τις εγκαταστάσεις της φτάνοντας και το 30%. Κάνοντας καλύτερη διαχείριση της ενέργειας που ξοδεύει στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, κλιματισμού μπορούν να εξοικονομηθούν χρήματα.

Η εξοικονόμηση αυτή γίνεται αισθητή κυρίως στον ετήσιο απολογισμό μιας χειμερινής ή καλοκαιρινής περιόδου. Το ποσοστό εξοικονόμησης ποικίλει ανάλογα με το είδος του κτηρίου ( δημοσίου τομέα, κατοικία ) και την χρήση που γίνεται σε αυτό. Τέλος πραγματοποιώντας την ορθότερη διαχείριση ενέργειας στο κτήριο η εξοικονόμηση που γίνεται μπορεί να επενδυθεί σε μια τεχνολογία εξοικονόμησης όπου θα πολλαπλασιάσει τα χρήματα εξοικονόμησης ανά έτος.

Παρά τις διατάξεις που τοποθετούνται στην κεντρική θέρμανση για να επιτευχθεί εξοικονόμηση, δεν παύει να είναι μια από τις αποδοτικότερες διατάξεις που χρησιμοποιούνται στα κτήρια. Για τον λόγο αυτό ακόμα και οι καινούριες εγκαταστάσεις παροχής θερμικού μέσου για τα κτήρια, συνδέονται με το ήδη υπάρχον δίκτυο διανομής και επιτυγχάνεται η μεταφορά θερμότητας στους χώρους.

### 2.3.1 Ηλιακή Θέρμανση - Ψύξης

Τα ηλιακά συστήματα είναι διατάξεις όπου έχουν ως σκοπό την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα. Γενικότερα η έννοια αυτής της μετατροπής ποικίλει ανάλογα με την κάθε διάταξη διότι οι περισσότερες διατάξεις παρουσιάζουν αρκετά κοινά σημεία. Για παράδειγμα η λειτουργία ενός ηλιακού θερμοσίφωνα διαφέρει με την λειτουργία ενός ηλιακού μαγειρείου, αλλά το αποτέλεσμα είναι κοινό. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από τους ηλιακούς συλλέκτες όπου συλλέγουν την θερμότητα, τα συστήματα αποθήκευσης και φορτίου αλλά και το βοηθητικό σύστημα παραγωγής θερμότητας.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα ανάλογα με τον μηχανισμό που χρησιμοποιούν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα ενεργητικά και τα παθητικά συστήματα. Στα ενεργητικά συστήματα η ενέργεια αποθηκεύεται εκτός των ηλιακών συλλεκτών και για αυτό χρησιμοποιούνται εξωτερικά μέσα για τον κύκλο λειτουργίας (αντλίες, κυκλοφορητές). Έτσι η θερμότητα των συλλεκτών μεταφέρεται στην αποθήκευση και έπειτα προς κατανάλωση. Τέλος λόγω των περισσότερων συνεργαζόμενων μέσων η πολυπλοκότητα στην λειτουργία δυσκολεύει, όμως η παραγόμενη θερμότητα είναι πιο ελεγχόμενη.

Τα παθητικά συστήματα δεν χρησιμοποιούν βοηθητικές διατάξεις (αντλίες) διότι οι συλλέκτες είναι τοποθετημένοι στα σημεία όπου απαιτείται η θερμότητα. Η κυκλοφορία γίνεται με φυσικό τρόπο (αγωγή, μεταφορά) και για τον λόγο αυτό πρέπει σχεδιαστικά να λειτουργεί ορθά καθώς δεν είναι πλήρως ελεγχόμενη η ροή θερμότητας.

### 2.3.2 Γεωθερμία

Η γεωθερμία είναι μία Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς εκμεταλλεύεται την ανεξάντλητη ενέργεια που περικλείεται στους γεωλογικούς σχηματισμούς, είναι το πιο σύγχρονο και αποδοτικό σύστημα θέρμανσης/ψύξης αυτή τη στιγμή στον κόσμο , εγγυάται σταθερές υψηλές αποδόσεις ,εντυπωσιακή εξοικονόμηση και πλήρη ανεξάρτηση από ορυκτά καύσιμα

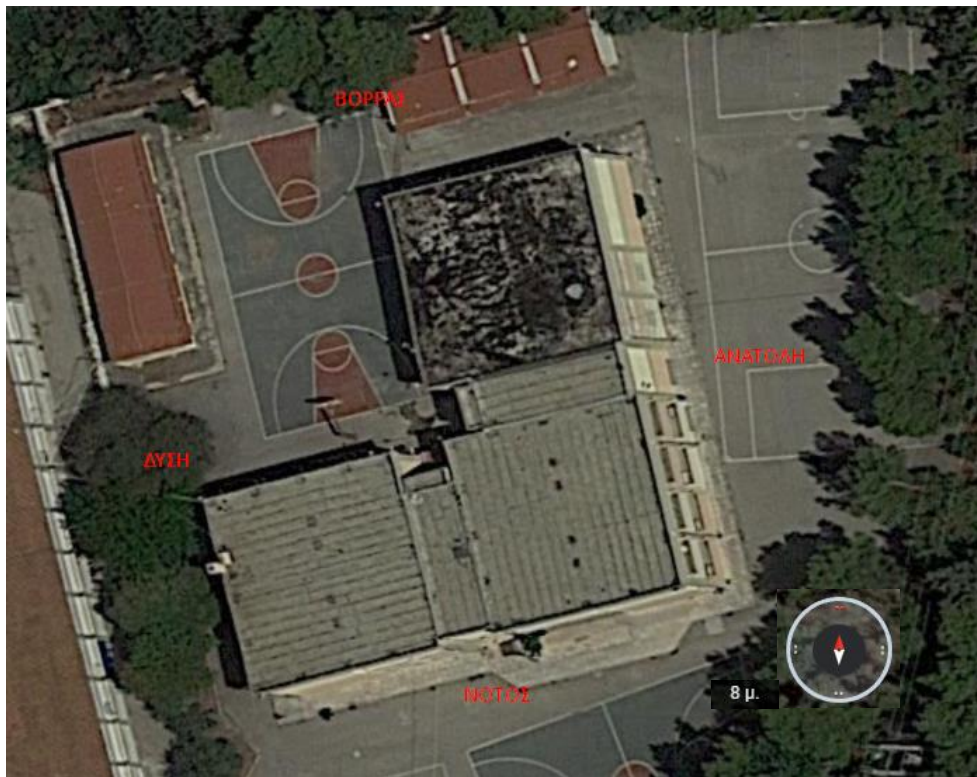
Αποτελεί επιτακτική ανάγκη η στροφή μας από τη χρήση των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης σε νέα συστήματα που προφέρουν εξοικονόμηση και μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Σύμφωνα και με τις νέες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή πολιτική, στόχος είναι η απεξάρτηση από ορυκτά καύσιμα και η ένταξη συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των κτηρίων. Αλλωστε και από την Εθνική Νομοθεσία και το Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας επιβάλλεται η σταδιακή κατάργηση συμβατικών συστημάτων θέρμανσης κτηρίων και η αντικατάστασή τους με σύγχρονα και αποδοτικά συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

### 3.1 Εισαγωγή

Το κτήριο το οποίο θα μελετηθεί ως προς τις ενεργειακές του ανάγκες είναι κατασκευής το 1981 με προσανατολισμό όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1. Η μεγαλύτερη επιφάνεια του κτηρίου είναι στην Ανατολή. Η περιοχή που βρίσκεται είναι αραιοκατοικημένη συγκριτικά με τον κέντρο της πόλης και με χαμηλά κτήρια, ενώ τα περιμετρικά δέντρα προσθέτουν προστασία από πλευρικούς ανέμους και σκιά από τον ήλιο. Το υψόμετρο στην τοποθεσία είναι 8m (σχ.3.1) ψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ το γεωγραφικό πλάτος  $37,9^\circ$  και μήκος  $23,7^\circ$ . Πληροφορίες όπως τα γεωγραφικά πλάτη και προσανατολισμοί έγιναν με την βοήθεια του Google Earth.



Σχήμα 3.1: Προσανατολισμός Κτηρίου [32]

Πρόκειται για ένα κτήριο  $1805\text{m}^2$  ωφέλιμης επιφάνειας συνυπολογισμένο των δύο πατωμάτων και συνολικού ύψους 7,5m εικόνα 7 παράρτημα Α και σύμφωνα με την οικοδομική άδεια. Η περίμετρος του κτηρίου είναι 148m μέτρα, ενώ το εμβαδό του πατώματος  $948\text{m}^2$  όπως φαίνεται στο σχήμα 32. Το ύψος του δεν θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερο καθώς βρίσκεται πολύ κοντά στον αερολιμένα Ελευσίνας και είναι απαγορευτικό.



Σχήμα 3.2:Περίμετρος, Εμβαδό Κτηρίου

### 3.1.1 Χαρακτηριστικά Κτηρίου

Το κτήριο είναι ένα σχολικό συγκρότημα το οποίο χρησιμοποιείται για δευτεροβάθμια εκπαίδευση και κατατάσσεται στην κατηγορία του τριτογενούς τομέα. Για να είναι πιο ακριβέστεροι οι υπολογισμοί για τους χρήστες του κτηρίου, πραγματοποιήθηκε ιστορική αναδρομή των μαθητών ανά έτος. Ο αριθμός των ατόμων που χρησιμοποιούν το κτήριο προέκυψε χρησιμοποιώντας ιστορικά στοιχεία από το 2015 μέχρι και σήμερα, ώστε να υπάρχει μια καλύτερη προσέγγιση εξαιτίας των αυξομειώσεων που σημειώθηκαν από έτος σε έτος. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των ετήσιων ιστορικών τιμών.

$$\text{Μ.Ο χρηστών} = \frac{233+247+217+214+236+252+228}{7} = 232 \text{ χρήστες}$$

Πίνακας 3. 1:Χρήστες Κτηρίου

ΧΡΗΣΤΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ		
ΕΤΟΣ	ΑΤΟΜΑ	Μ.Ο
2015 - 2016	233	232
2016 - 2017	247	
2017 - 2018	217	
2018 - 2019	214	
2019 - 2020	236	
2020 - 2021	252	
2021 - 2022	228	

Οι συνολικές επιφάνειες των δομικών που έγιναν στο χώρο του κτηρίου εικόνα 1 έως 10 παράρτημα Α. Υπολογίστηκε ο συνολικός όγκος της οικοδομής και η συνολική εξωτερική επιφάνεια.

Πίνακας 3. II:Επιφάνειες Δομικών Στοιχείων

Ειδικά στοιχεία	m <sup>2</sup>
Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων F <sub>w</sub> (αδιαφανή)	935,83
Επιφάνεια ανοιγμάτων F <sub>f</sub>	210,39
Ποσοστό ανοιγμάτων	18 %
Επιφάνεια οροφής F <sub>d</sub>	947
Επιφάνεια δαπέδου ισογείου ή οροφής υπογείου F <sub>G</sub>	936,06
Επιφάνεια οροφής πυλωτής	0
Ολική εξωτερική επιφάνεια οικοδομής	3018,34
Όγκος οικοδομής m <sup>3</sup>	7109,2
Όγκος αέρα θέρμανσης/ψύξης και των 2 ορόφων m <sup>3</sup>	2540

Το σύνολο των επιφανειών F είναι το άθροισμα των επιφανειών των τοίχων, ανοιγμάτων, οροφής δαπέδου και πυλωτής εάν υπάρχει. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται ο λόγος A/V όπου στην συνέχεια θα συμβάλει στην επιλογή της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής U<sub>m</sub> βάση της κλιματικής ζώνης που βρίσκεται το κτήριο.

### 3.1.2 Κλίμα - Έδαφος

Διαστασιολογώντας το κτήριο θα πρέπει να οριστεί και το περιβάλλον στο οποίο είναι χτισμένο, όπου αποτελείται από το κλίμα και τις ιδιότητες του εδάφους. Η περιοχή που βρίσκεται το κτήριο είναι η Ελευσίνα, μια παραλιακή περιοχή του Νομού Αττικής με έδρα την Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής. Λόγω της παραθαλάσσιας περιοχής υπάρχει αρκετή υγρασία τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στο έδαφος. Επίσης το περιβαλλοντικό κλίμα και ο αέρας είναι μολυσμένο λόγω των βιομηχανιών που υπάρχουν, πράγμα που επηρεάζει άμεσα τις συνθήκες διαβίωσης και τα υλικά εξοπλισμούς του κτηρίου. Οι κλιματικές οριακές συνθήκες έχουν καθοριστικό ρόλο στην απαίτηση ωφέλιμης ενέργειας καθώς και στο φορτίο θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου. Η κλιματική ζώνη σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 είναι η Β, όπου είναι σχετικά θερμή. Για την πραγματοποίηση των υπολογιστικών πράξεων και των τελικών συμπερασμάτων της ενεργειακή απόδοσης του κτηρίου θα χρησιμοποιηθεί το υπολογιστικό πρόγραμμα PHPP. Όπου χρησιμοποιείται για μελέτες παθητικών κατασκευών πιο συγκεκριμένα κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

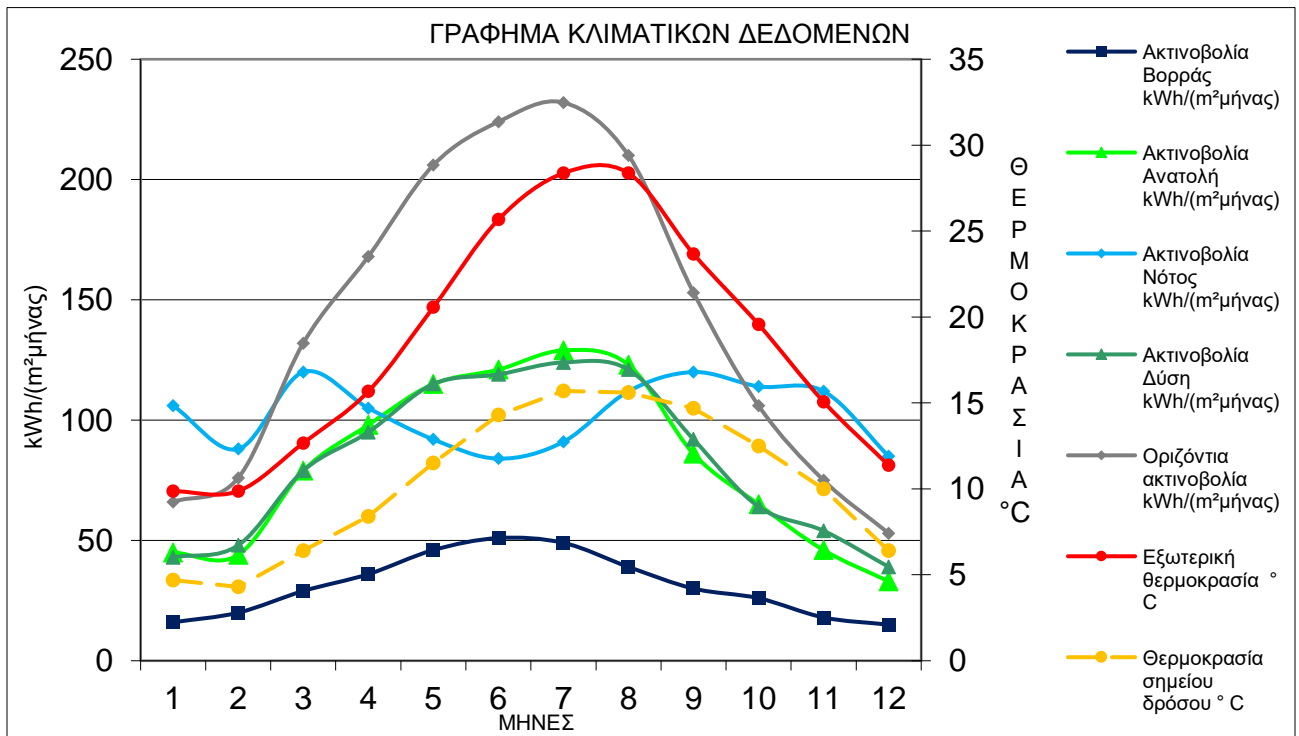
Για να υπολογιστούν τα κλιματικά δεδομένα πρέπει να συμπεριληφθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τους υπολογισμούς για το κτήριο. Πιο συγκεκριμένα οι θερμοκρασίες εδάφους, ουρανού και σημείου δρόσου ενώ αντίστοιχα παρουσιάζεται και η ακτινοβολία από όλες τις



κατευθύνσεις (Βορρά , Νότο). Παράμετροι που επηρεάζουν άμεσα την συμπεριφορά του κτηρίου αλλά και την σχεδίαση του, τόσο αρχιτεκτονικά όσο και μηχανολογικά.

Πίνακας 3. III:Κλιματικά Δεδομένα Περιοχής [25]

Μήνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ημέρες	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Εξωτερική θερμοκρασία ° C	9,9	9,9	12,7	15,7	20,6	25,7	28,4	28,4	23,7	19,6	15,1	11,4
Ακτινοβολία Βορράς kWh/(m <sup>2</sup> μήνας)	16	20	29	36	46	51	49	39	30	26	18	15
Ακτινοβολία Ανατολή kWh/(m <sup>2</sup> μήνας)	45	44	79	98	115	121	129	123	86	65	46	33
Ακτινοβολία Νότος kWh/(m <sup>2</sup> μήνας)	106	88	120	105	92	84	91	112	120	114	112	85
Ακτινοβολία Δύση kWh/(m <sup>2</sup> μήνας)	43	48	79	95	115	119	124	121	92	64	54	39
Οριζόντια ακτινοβολία kWh/(m <sup>2</sup> μήνας)	66	76	132	168	206	224	232	210	153	106	75	53
Θερμοκρασία σημείου δρόσου ° C	4,7	4,3	6,4	8,4	11,5	14,3	15,7	15,6	14,7	12,5	10,0	6,4
Θερμοκρασία εδάφους ° C	19,3	19,2	19,2	19,4	19,8	24,1	24,4	24,6	24,5	20,3	20,0	19,6
Σχόλιο:	Πηγή: Meteonorm V7 (Hellenkion, new period). Δεδομένα φορτίων από PHL.											



Γράφημα 3. 1: Κλιματικά Δεδομένα Περιοχής

Σύμφωνα με το διάγραμμα η ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο παρουσιάζει υψηλές τιμές από Μάιο έως Αύγουστο, περίοδος όπου μπορεί να παρουσιαστεί σημαντική αύξηση θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου.. Οι καμπύλες ακτινοβολίας Ανατολής και Δύσης έχουν

την ίδια μεταβολή και τέλος η εξωτερική θερμοκρασία που επηρεάζεται από τις τιμές της ακτινοβολίας σημειώνει μέγιστη τιμή μεταξύ Ιουλίου και Αύγουστο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και από την τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 (κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών), που περιέχει κλιματικά δεδομένα χρονολογίας 2012 και έχει μικρότερο εύρος τιμών με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μεγαλύτερη απόκλιση στο τελικό μας αποτέλεσμα. [26]

Το είδος του εδάφους επιλέγεται ανάλογα με το αν υπάρχει υπόγειο η θερμαινόμενος χώρος ή εδαφόπλακα. Υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας λόγω του εδάφους, όπου πρακτικά είναι λίγες λόγω της μονωτικής ικανότητας του εδάφους.

Ανάλογα με το τύπο του εδάφους επιλέγεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και θερμοχωρητικότητας όγκου. Ο λεπτομερής υπολογισμός της θερμοπερατότητας του εδάφους παρουσιάζεται παρακάτω στους υπολογισμούς.

Πίνακας 3.IV: Θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα εδάφους

Τύπος εδάφους	Θερμική αγωγιμότητα $\lambda$ [W/(mK)]	Θερμοχωρητικότητα όγκου $\rho_c$ [MJ/m <sup>3</sup> K]
Ιλύς / Άργυλος	1,5	3,0
Τύφρη	0,4	3,0
Ξηρά άμμος / χαλίκι	1,5	1,5
Υγρή άμμος / χαλίκι, υγρασία	2,0	2,0
Κορεσμένη άργιλος	3,0	3,0
Βράχος	3,5	2,0

Λόγω της παραθαλάσσιας περιοχής και ότι το κτήριο βρίσκεται μόλις 1,1 χιλιόμετρο απόσταση από την θάλασσα, χαρακτηρίζεται η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους  $\lambda = 2$  W/(mK) και η θερμοχωρητικότητα  $\rho_c = 2$  MJ/(m<sup>3</sup>K). Πρακτικά αυτά τα χαρακτηριστικά του εδάφους μπορούν να αξιοποιηθούν με την χρήση γεωθερμίας. Χαρακτηρίζοντας με τον τρόπο αυτό το έδαφος υπολογίζονται οι μέσες τιμές θερμοκρασίας του εδάφους. Στους υπολογισμούς αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι εξωτερικές μέσες θερμοκρασίες καθώς και οι παράγοντες λόγω ηλιακής ακτινοβολίας.

Πίνακας 3.V: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εδάφους

Μήνας	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Μέση τιμή
Χειμώνας °C	19,3	19,2	19,4	19,8	20,2	20,4	20,6	20,5	20,3	20,0	19,6	19,9
Καλοκαίρι °C	23,3	23,2	23,4	23,8	24,1	24,4	24,6	24,5	24,3	23,9	23,6	23,9

### 3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΩΝΟΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σε αυτή την ενότητα υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών (U) και διαφανών (U<sub>w</sub>) δομικών στοιχείων που αποτελείται το κτήριο. Στην συνέχεια θα υπολογιστεί ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου U<sub>m</sub>, όπου πρέπει να είναι μικρότερος από την επιτρεπόμενη τιμή κτηρίου αναφοράς ανάλογα με την κλιματική ζώνη.

Η κάθε τιμή U για το κάθε δομικό στοιχείο υπολογίζεται από τη σχέση :

$$U = \frac{1}{R_{ολ}} U_m \leq U_{m,max}$$

Όπου:

U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, [W/(m<sup>2</sup>·K)]

R<sub>ολ</sub> : η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο, [m<sup>2</sup>·K/W]

Στην περίπτωση που το U<sub>m</sub> > U<sub>m,max</sub> τότε το κτήριο χρειάζεται βελτίωση στα αδιαφανή και διαφανή στοιχεία καθώς θα μειωθούν οι θερμογέφυρες.

$$R_{ολ} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a$$

Όπου:

R<sub>i</sub> : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R<sub>a</sub> : η αντίσταση θερμικής μμετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Πίνακας 3.VI:Επιλογή τιμών R<sub>i</sub>, R<sub>a</sub>

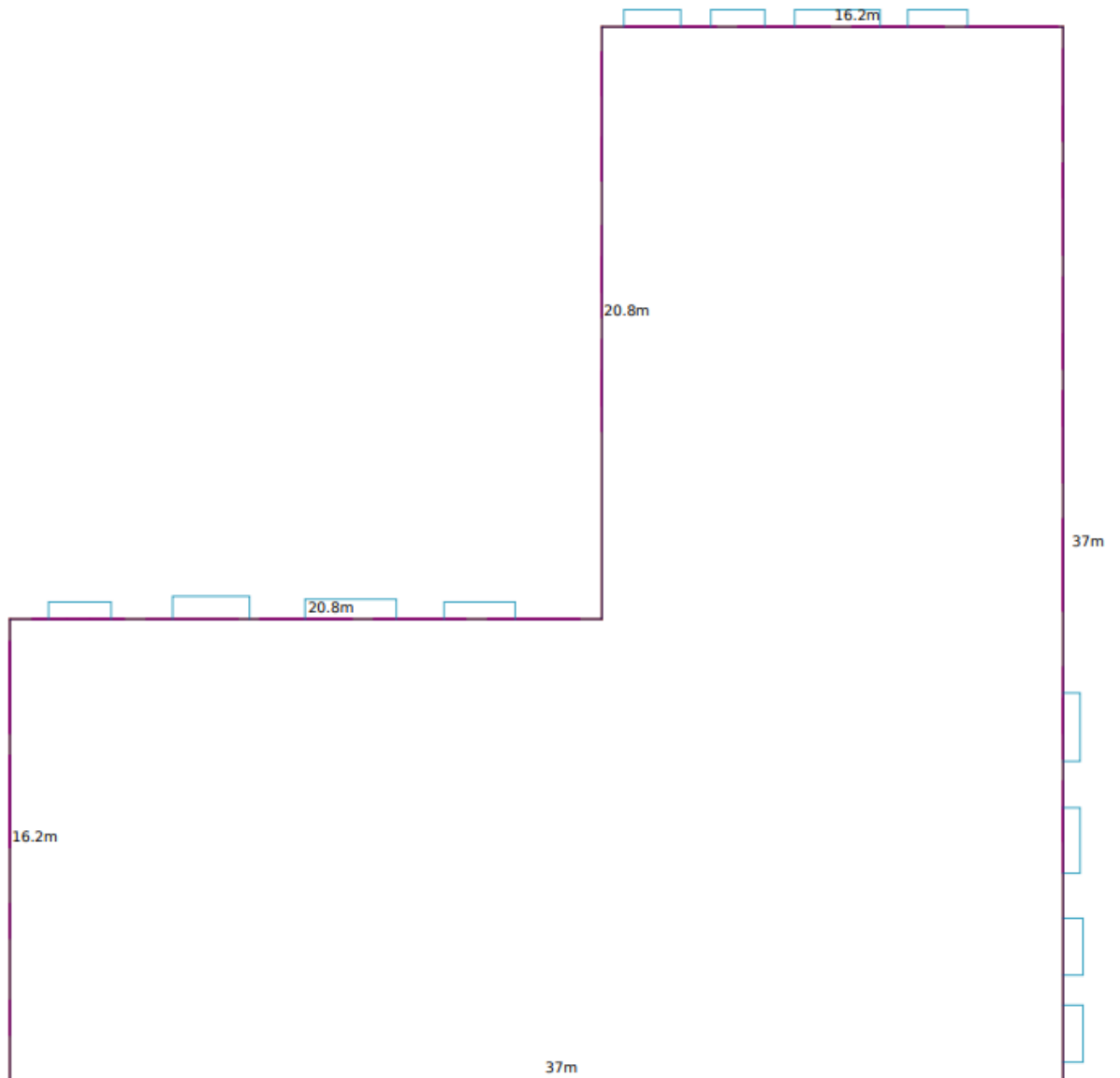
Δομικό στοιχείο	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ·K/W]	Σε επαφή με	R <sub>a</sub> [m <sup>2</sup> ·K/W]
ΟΡΟΦΗ	0,17	Εξωτερικό Αέρα	0,04
ΤΟΙΧΟΣ	0,13	Έδαφος	0,00
ΔΑΠΕΔΟ	0,1	Αεριζόμενο Χώρο	0,17

Όλες οι τιμές λ των υλικών έχουν ληφθεί από τον πίνακα 1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017. Για κάθε δομικό στοιχείο υπολογίζεται με τι έρχεται σε επαφή ( έδαφος, εξωτερικός αέρας) αλλά και τον προσανατολισμό του ( οροφή, τοίχο, δάπεδο).

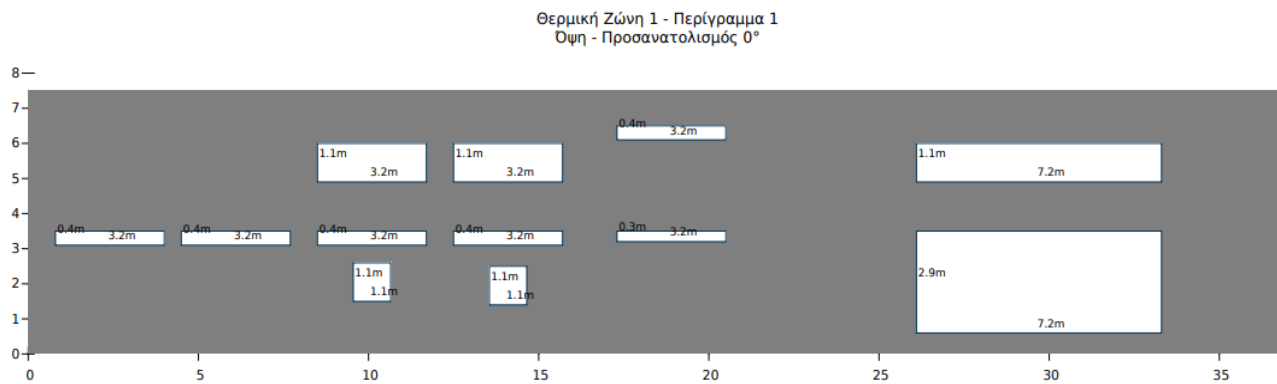
Λόγο του μη ακριβέστερου υπολογισμού των τμημάτων επιφανειών της τοιχοποιίας και της οροφής κατά την αυτοψία στο κτήριο. Επειδή το κτίριο είναι κατασκευής του 1981, θεωρώ πως οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας είναι σύμφωνες με τους πίνακες της οδηγίας. Πιο συγκεκριμένα από τους πίνακες 3.5α και 3.5β και 3.7 της ΤΟΤΕΕ\_20701-1\_2017.Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για την τοιχοποιία, όπου είναι υπέρ μπατική επιχρισμένη και από τις δύο όψεις είναι 2,20W/(m<sup>2</sup>K). Για το συντελεστή φέροντος οργανισμού σκυροδέματος πάχος μικρότερο των 80cm 3,40 W/(m<sup>2</sup>K). Τέλος για συμβατική κατασκευή επιστέγασης συμβατικού δώματος ο συντελεστής είναι 3,05 W/(m<sup>2</sup>K), λόγω ότι το κτήριο είναι κατασκευής του 1981 και μετά δεν

λαμβάνονται επιπρόσθετες τιμές θερμογεφυρών μεταξύ των δομικών στοιχείων, ισχύουν οι τιμές των πινάκων 3.5. Οι όψεις του κτιρίου φαίνονται στα σχήματα..

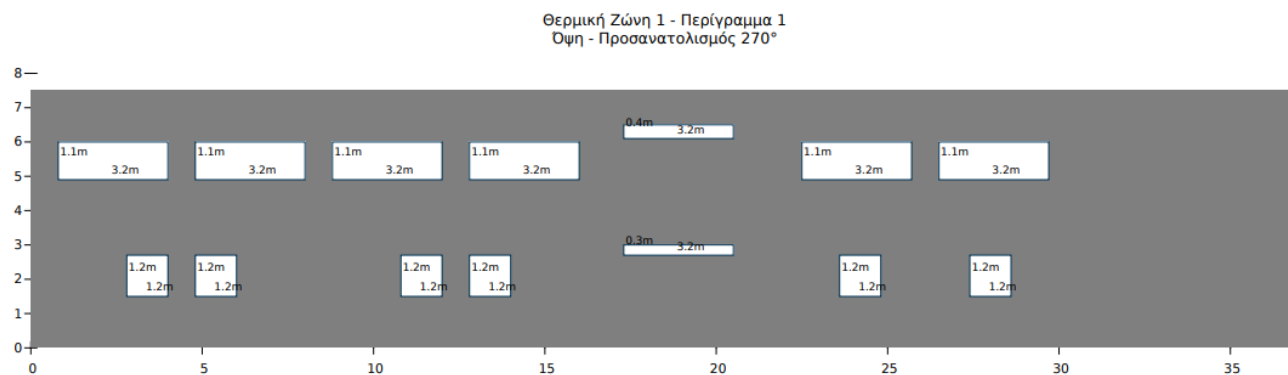
Θερμική Ζώνη 1 (902.5τμ)  
Κάτοψη - Περίγραμμα 1



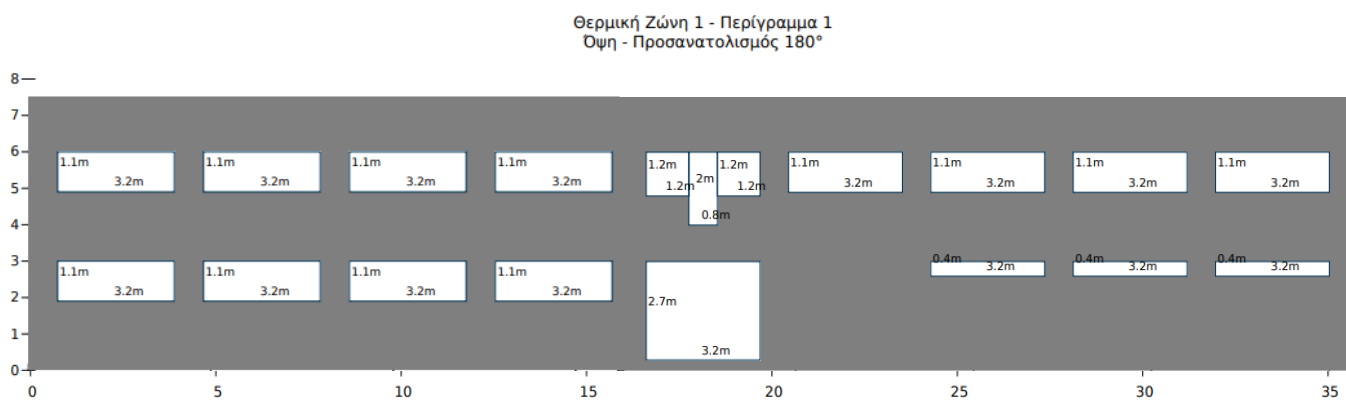
Σχήμα 3.3 Κάτοψη Κελύφους



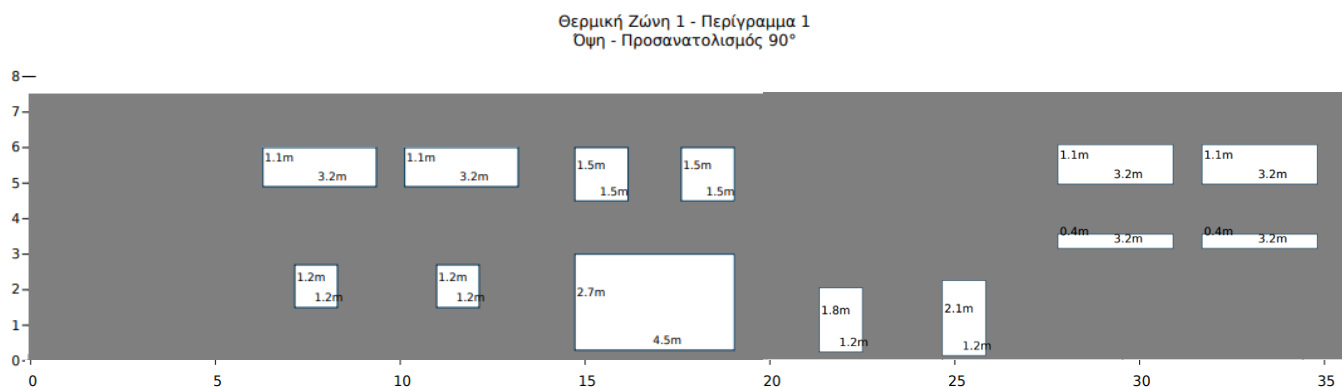
Σχήμα 3.4 Πρόοψη Κτηρίου Νότια Πλευρά



Σχήμα 3.5: Πλάγια Δεξιά Όψη Ανατολική Πλευρά



Σχήμα 3.6: Πίσω Όψη Βόρεια Πλευρά



Σχήμα 3.7: Πλάγια Αριστερή Όψη Δυτική Πλευρά

Η θερμομονωτική επάρκεια των δομικών στοιχείων προκύπτει από το σύνολο των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων. Στο τέλος της διαδικασίας συγκρίνεται το υφιστάμενο κτήριο με το κτήριο αναφοράς, όπου και πρέπει να μην ξεπερνά τις οριακές τιμές.

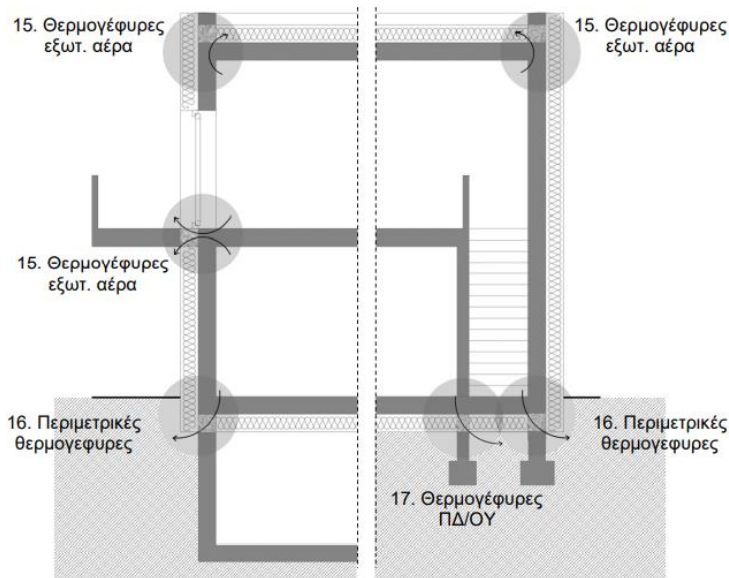
### 3.2.1 Επιφάνειες Αδιαφανών Στοιχείων

Τα αδιαφανή στοιχεία που έχει το κτήριο είναι η τοιχοποιία, τα υποστυλώματα, περιμετρικά δοκάρια. Οι επιφάνειες αυτές αποτελούν το σύνολο του κτηριακού κελύφους, για αυτό το λόγο η επιλογή των στοιχείων που τοποθετούνται διαμορφώνουν την διαφορά θερμοκρασίας του εξωτερικού με του εσωτερικού χώρου.

Πίνακας 3.VII: Επιφάνειες Δομικών Στοιχείων

Περιγραφή δομικού στοιχείου	Ποσότητα	Μήκος [m]	Πλάτος [m]	Αναιρούμενη Επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]	Επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]
ΠΡΟΒΟΛΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	1	36,64	36,84	428,49	921,2
ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	2	36,20	36,75	428,00	1804,7
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΠΟΡΤΑ	1	3,60	2,40		8,6
ΝΟΤΙΑ ΠΟΡΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ	1	2,30	2,40	0,00	5,5
Δ.ΠΟΡΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ/ ΕΞΟΔΟΥ	1	3,60	2,40	0,00	8,6
Β.ΠΟΡΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ	1	3,60	2,40	0,00	8,6
ΠΟΡΤΑ ΔΥΤΙΚΑ ΕΞΟΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	1	1,65	2,10	0,00	3,5
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	1	37,36	7,66	54,00	187,7
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ	1	37,56	7,66	39,61	203,5
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	1	37,36	7,66	67,88	152,7
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	1	37,36	7,66	48,90	192,7
ΟΡΟΦΗ	1	37,36	36,84	428,49	947,9
ΔΑΠΕΔΟ	2	36,64	36,84	428,49	1842,6

Τα τετραγωνικά μέτρα που υπολογίζονται για τον κάθε τύπο δομικού στοιχείου θα βοηθήσουν στους υπολογισμούς των παρεμβάσεων του επόμενου κεφαλαίου. Επίσης θα πρέπει να οριστεί σε πιο τμήμα ανήκει η κάθε επιφάνεια του κτηρίου, για να μπορούν να υπολογιστούν οι απώλειες από κάθε κατεύθυνση. Τι απόκλιση έχει από τον Βορρά αλλά και την γωνία κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Κάθε πλευρά του κτηρίου συμπεριφέρεται διαφορετικά και παρουσιάζει διαφορετικές απώλειες ανάλογα και με το ποσοστό των ανοιγμάτων που έχει. Η αναφορά για την κάθε πλευρά του κτηρίου πραγματοποιείται για τον συνυπολογισμό του παράγοντα των θερμογεφυρών (Thermal Bridge). Ένας όρος ο οποίος δεν είναι εύκολα υπολογίσιμος και αρκετές φορές υπολογίζεται προσεγγιστικά. Λόγω της παλαιότητας της κατασκευής του κτηρίου (1981) οι τιμές των θερμογεφυρών των δομικών στοιχείων είναι συνυπολογισμένες στις τιμές που λήφθηκαν από τους πίνακες 3.5.



Σχήμα 3. 8: Εμφάνιση Περιμετρικών Θερμογεφυρών Στο Κέλυφος [11]

### 3.2.2 Επιφάνειες Ανοιγμάτων Διαφανών Στοιχείων

Τα διαφανή στοιχεία παρουσιάζουν γενικότερα τις περισσότερες απώλειες στα κτήρια εξαιτίας τις ελαχιστοποίησης των δομικών υλικών στα σημεία τους. Μετά από αρκετές επισκέψεις στο υπό μελέτη κτήριο, έγινε καταγραφή όλων των ειδών κουφωμάτων/πορτών. Είναι άκρως σημαντικό να προβληθούν όλες τις επιφάνειες που αποτελείται το κτήριο σε οριζόντια θέση αλλά και στην κάθετη προβολή του προς το έδαφος. Είναι πολύ σημαντικό ζήτημα να συνυπολογίζονται οι απώλειες για κάθε προσανατολισμό, διότι διαφοροποιούνται κάθε φορά. Για παράδειγμα τα βορεινά κουφώματα θα έχουν περισσότερες απώλειες σε σχέση με τα ανοίγματα των άλλων κατευθύνσεων. Στο κτήριο υπάρχουν αρκετές θύρες εισόδου εξόδου μεταλλικές όπου δεν υπάρχει καθόλου αεροστεγανότητα και πρακτικά επιβαρύνουν το φορτίο ζήτησης για την θέρμανση του χώρου.

Καταγράφονται όλες τις περιμετρικές επιφάνειες του κτηρίου ξεκινώντας από τις θύρες εισόδου/εξόδου για ισόγειο και 1<sup>ο</sup> όροφο. Στην συνέχεια τις τοιχοποιίες προς όλες τις κατευθύνσεις (Βορράς, Νότος) αφαιρώντας το εμβαδό όλων των ανοιγμάτων από αυτές για να προκύψει η τελική επιφάνεια. Να σημειωθεί πως οι επιφάνειες των ανοιγμάτων θα παρουσιαστούν στην ενότητα των κουφωμάτων, όπου θα αναλυθούν πιο λεπτομερώς (πλαίσιο, υαλοπίνακες). Έτσι προκύπτουν τα αποτελέσματα των τελικών επιφανειών του κτηρίου.

Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθούν οι επιφάνειες των ανοιγμάτων. Μέσα σε αυτά είναι τα κουφώματα, όπου θα τα υπολογιστούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U_w$  τους. Το κτήριο διαθέτει 2 είδη κουφωμάτων :

- 1) Σιδερένιου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα
- 2) Αλουμινένιου πλαισίου με διπλό υαλοπίνακα

Για να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος  $U_w$ , πρέπει αρχικά να επιλεγθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα  $U_g$  και τιμές  $g$ .

$$U_w = \frac{(A_f * U_f) + (A_g * U_g) + (I_g * \Psi_g)}{A_w}$$

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 του 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 ( $A_w = A_f + A_g$ )



Πίνακας 3. VIII: Συντελεστής Θερμοπερατότητας Υαλοπίνακα

Τύπος υαλοπίνακα	$U_g$
	$[W/(m^2.K)]$
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 ( $\epsilon = 0,10$ )	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	1,80
Υαλότουβλα	3,50

Αντίστοιχα οι τιμές g επιλέγονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 σελίδα 83.

Πίνακας 3. IX: Τιμές g Διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας

Τύπος υαλοπίνακα	g	$g_{gl}$
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68
Υαλότουβλα	0,30	0,27

Πίνακας 3. X: Τιμές  $U_g$  και g κουφωμάτων

Περιγραφή	Τιμή-g	Τιμή- $U_g$
	ΠΙΝ3.17	$W/(m^2K)$
ΜΟΝΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	0,85	5,70
ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	0,75	3,30
ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΘΥΡΩΝ	0,02	7,00

Πίνακας 3. XI: Θερμογέφυρες πλαισίου

Περιγραφή	Τιμή- $U_f$				Πλάτος πλαισίου			
	αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω	αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω
	$W/(m^2K)$	$W/(m^2K)$	$W/(m^2K)$	$W/(m^2K)$	m	m	m	m
Σιδερένιο πλαίσιο	7,00	7,00	7,00	7,00	0,065	0,065	0,065	0,065
Αλουμινένιο πλαίσιο	7,00	7,00	7,00	7,00	0,085	0,085	0,085	0,085

Και στις δύο περιπτώσεις τα πλαίσια των κουφωμάτων δεν διαθέτουν κάποια θερμομονωτική προστασία ή θερμοδιακοπή.

Πίνακας 3. XII: Συντελεστή Θερμοπερατότητας Πλαισίου

Τύπος πλαισίου	$U_f$ [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 3. XIII: Συντελεστές Θερμοπερατότητας  $U_w$  κουφωμάτων

Προσανατολισμός επιφάνειας κουφωμάτων	Ολική ακτινοβολία (κύριοι προσανατολισμοί) kWh/(m <sup>2</sup> a)	Μη κατακόρυφη πρόσπτωση ακτινοβολίας 0,85	Αναλογία υαλοπίνακα	Τιμή-g	Μειωτικός συντελεστής ακτινοβολήσης	Επιφάνεια κουφώματος m <sup>2</sup>	Τιμή-U κουφώματος W/(m <sup>2</sup> K)	Επιφάνεια υαλοπίνακα m <sup>2</sup>	Μέση ολική ακτινοβολία kWh/(m <sup>2</sup> a)
Βορράς	56	0,85	0,81	0,80	0,49	76,36	5,03	61,69	56
Ανατολή	139	0,85	0,79	0,76	0,48	44,80	4,27	35,36	139
Νότος	287	0,85	0,81	0,84	0,49	44,68	5,62	36,13	287
Δύση	144	0,85	0,86	0,82	0,52	44,70	5,25	38,33	144
Συνολική ή μέση τιμή για όλα τα κουφώματα.				0,81	0,49	210,54	5,04	171,51	851,59

Στον συνοπτικό πίνακα παρουσιάζονται όλες οι τιμές  $U_w$  των κουφωμάτων καθώς και επιπρόσθετα στοιχεία για τα ανοίγματα. Η κατεύθυνση του κάθε ανοίγματος, η συνολική επιφάνεια όπως και ο μειωτικός συντελεστής ακτινοβολίας. Εφόσον έχει διαμορφωθεί το προφίλ του κάθε κουφώματος αναλύοντας όλες τις πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων. Θα πρέπει να δηλωθεί και η ποσότητα και οι διαστάσεις τους. Όπως επίσης και ο προσανατολισμός διότι έχει μεγάλη διαφορά ένα βορεινό παράθυρο με ένα νότιο, διαφορετικές οι απώλειες της κάθε πλευράς. Επιπρόσθετα τι υαλοπίνακα και πλαίσιο διαθέτει και την σύντομη περιγραφή του, έτσι προκύπτει ο πίνακας όπου έχουν καταγραφεί λεπτομερώς όλα τα κουφώματα με τις διαστάσεις τους την τοποθέτηση τους αλλά και το είδος τους.

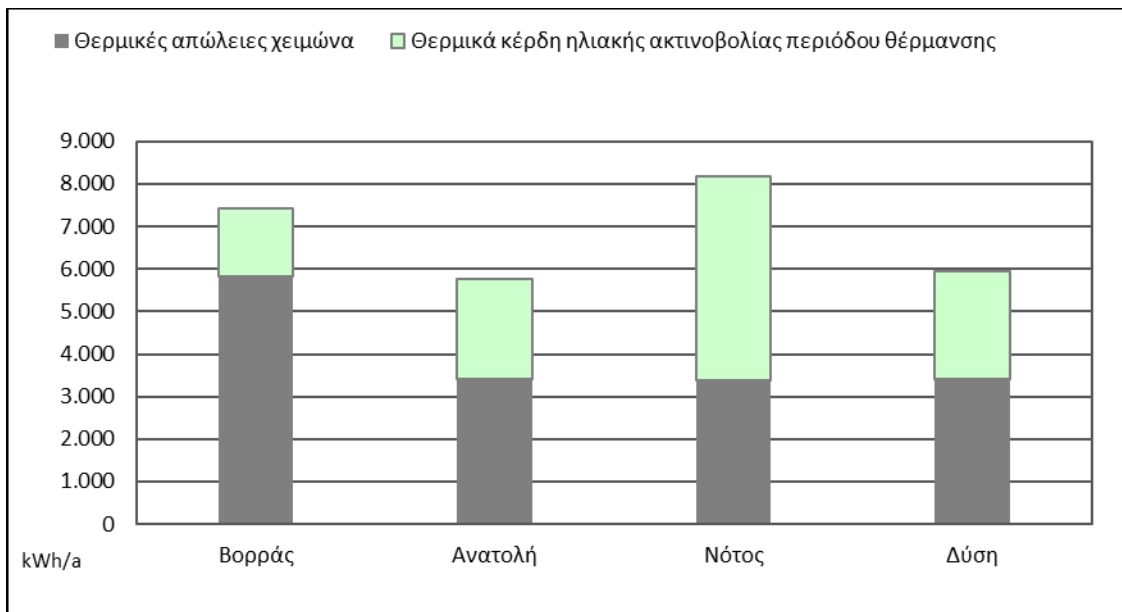
Πίνακας 3. XIV:Σύνοψη Κουφωμάτων

Ποσότητες	Περιγραφή	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία απόκλισης από το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός	Πλάτος	Ύψος	Τοποθετημένο σε	Υαλοπίνακες	Πλαίσιο
		ο	ο		m	m			
4	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ	270	90	Δύση	3,200	1,100	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	270	90	Δύση	2,750	2,750	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΜΟΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	270	90	Δύση	1,250	1,250	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΜΟΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	270	90	Δύση	1,750	1,750	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΘΥΡΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	270	90	Δύση	0,700	1,900	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	270	90	Δύση	2,300	2,400	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΘΥΡΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	270	90	Δύση	3,600	0,400	8-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΔΥΣΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
12	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ	0	90	Βορράς	3,200	1,100	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	02ud-Αλουμινένιο πλαίσιο
1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	0	90	Βορράς	2,750	2,750	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΜΟΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΟΡΟΦΟΥ	0	90	Βορράς	1,200	1,200	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΘΥΡΑ ΟΡΟΦΟΥ	0	90	Βορράς	0,800	1,900	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	0	90	Βορράς	0,700	2,400	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΘΥΡΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	0	90	Βορράς	1,000	2,400	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
4	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	0	90	Βορράς	3,600	0,400	7-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΒΟΡΑΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
6	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ ΟΡΟΦΟΥ	90	90	Ανατολή	3,200	1,100	6-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	02ud-Αλουμινένιο πλαίσιο
6	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	90	90	Ανατολή	3,200	1,100	6-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	02ud-Αλουμινένιο πλαίσιο
1	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	90	90	Ανατολή	3,650	0,400	6-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	90	90	Ανατολή	3,650	0,300	6-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
4	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	180	90	Νότος	3,200	0,400	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	180	90	Νότος	1,750	1,750	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ ΟΡΟΦΟΥ	180	90	Νότος	3,200	1,100	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	02ud-Αλουμινένιο πλαίσιο
1	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	180	90	Νότος	3,650	0,300	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	180	90	Νότος	3,650	0,400	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ ΟΡΟΦΟΥ	180	90	Νότος	7,200	1,100	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	02ud-ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	02ud-Αλουμινένιο πλαίσιο
1	ΜΗ ΑΝΟΙΓΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	180	90	Νότος	7,200	0,300	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
2	ΑΝΟΙΓΜΑ ΔΙΠΛΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ	180	90	Νότος	2,600	2,400	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο
1	ΘΥΡΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ	180	90	Νότος	2,000	2,400	5-ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΝΟΤΟΣ	92ud-Μονή υάλωση	01ud-Σιδερένιο πλαίσιο

Στον πίνακα έχουν καταγραφεί όλα τα κουφώματα του κτηρίου, έχουν μετρηθεί στον χώρο του σχολείου για να μπορέσουν οι τιμές να είναι έγκυρες, παράρτημα Α εικόνα 9. Ο υπολογισμός βασίζεται στην τετραγωνική επιφάνεια του κουφώματος συνυπολογισμένου του πλαισίου συνάρτηση της τοποθεσίας και προκύπτει η αναλογία του κουφώματος σε ποσοστό. Τα κουφώματα είναι άκρος σημαντικό να δηλώνονται σε ποια κατεύθυνση είναι τοποθετημένα για να διαμορφώνονται οι ανάλογες απώλειες. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον πίνακα των απωλειών ανοιγμάτων, και οι αναλυτικές απώλειες διακρίνονται και στο γράφημα 3.2.

Πίνακας 3. XV:Απώλειες Ανοιγμάτων

Προσανατολισμός	Θερμικές απώλειες χειμώνα	Θερμικά κέρδη ηλιακής ακτινοβολίας περιόδου θέρμανσης
	kWh/a	kWh/a
<b>Βορράς</b>	<b>9231</b>	<b>1677</b>
<b>Ανατολή</b>	<b>4595</b>	<b>2251</b>
<b>Νότος</b>	<b>6105</b>	<b>5273</b>
<b>Δύση</b>	<b>5645</b>	<b>2766</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>25511</b>	<b>11967</b>



Γράφημα 3. 2: Θερμικές απώλειες / Κέρδη ανοιγμάτων

Οι περισσότερες απώλειες σημειώνονται στα βορεινά ανοίγματα, αυτό είναι φυσιολογικό καθώς είναι η ψυχρότερη μεριά του κτηρίου και η πιο εκτεθειμένη σε πλευρικούς ανέμους. Οι απώλειες αυτές κατά την χειμερινή περίοδο φτάνουν τις 9231 kWh/a. Ενώ η Νότια πλευρά όπου βρίσκεται και η είσοδος του σχολείου (εικόνα 11 παράρτημα Α) έχει 6105 kWh/a απώλειες. Αλλά ταυτόχρονα παρουσιάζει τα περισσότερα κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που συμβάλει μέσω των ανοιγμάτων. Με αυτό τον τρόπο εντοπίζονται οι χώροι με τις περισσότερες ανάγκες για προστασία ή απαίτηση θέρμανσης αλλά και αλλαγής κουφωμάτων. Όσο αφορά τα κέρδη εξαιτίας της ακτινοβολίας την μεγαλύτερη τιμή την έχει η νότια πλευρά, καθώς έχει την μεγαλύτερη μέση ακτινοβολία 287 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Για όλες τις τιμές λ των δομικών στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017. Η μελέτη και ο υπολογισμός των δομικών στοιχείων βασίζεται στις τιμές συντελεστών που δίνει η τεχνική οδηγία, ενώ τα πάχη μετρήθηκαν στο χώρο του κτηρίου.

Για να υπολογιστεί ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου χρησιμοποιήθηκε την σχέση 2.23 από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 σελίδα 49.

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b_j + \sum_{i=1}^v I_i \cdot \Psi_i \cdot b_{\theta\gamma}}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

- $U_m$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου,
- $n$  [-] το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου,
- $v$  [-] το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας  $A_j$  του κελύφους,
  - $A_j$  [m<sup>2</sup>] το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου,
  - $U_m$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου  $j$  του κελύφους του κτηρίου,
  - $I_j$  [m] το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
  - $\Psi_j$  [W/(m·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
  - $b_j$  [-] μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου),
  - $b_{\theta\gamma}$  [-] μειωτικός συντελεστής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας ( $\Psi$ ) σε κάθε θέση θερμογέφυρας (όπως αναλύεται στις διευκρινίσεις της § 2.4. για κάθε τύπο δομικού στοιχείου)

Υπολογίζετε το άθροισμα των επιφανειών του κάθε δομικού στοιχείου επί τον συντελεστή θερμοπερατότητας και τον μειωτικό συντελεστή  $b_j$  που είναι 0,75 για κάθε στοιχείο που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Η τιμή αυτή αθροίζεται με το γινόμενο του μήκους των θερμογεφυρών με τις τιμές της κάθε θερμογέφυρας και τον μειωτικό συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi$  που είναι και αυτός 1 σύμφωνα με Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017.

Πίνακας 3. XVI: Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	$A_j$ (m <sup>2</sup> )	$U_j$ W/(m <sup>2</sup> K)	$b_j$	$A_j \cdot U_j \cdot b_j$
ΤΟΙΧΟΣ	935,9	2,20	0,75	1549,2
ΟΡΟΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ	947,9	3,05	0,75	2168,3
ΔΑΠΕΔΟ	947,9	2,75	0,75	1955,1
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	210,39	5,04	0,75	795,2

- $\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b_j = 6467,8$
- $\sum_{j=1}^n A_j = 3042,1$

$$U_m = \frac{6467,8}{3042,1} \Rightarrow U_m = 2,12 < 1,02 \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$$

Άρα η μέση τιμή θερμοπερατότητας του κτηρίου είναι  $U_m = 2,12 \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$ , βάση αυτής της τιμής και του λόγου  $A/V = 0,42$  θα εκλεχθεί η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας. Πρακτικά το υφιστάμενο κτήριο ξεπερνά κατά πολύ τις οριακές τιμές του κτηρίου αναφοράς. Για τον έλεγχο αυτό θα επαληθεύεται η τιμή από τον πίνακα 3.4β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017.

Πίνακας 3. XVII: Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή  $U_m$

Λόγος A/V [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Πίνακας 3. XVIII: Επιφάνειες Δομικών Στοιχείων

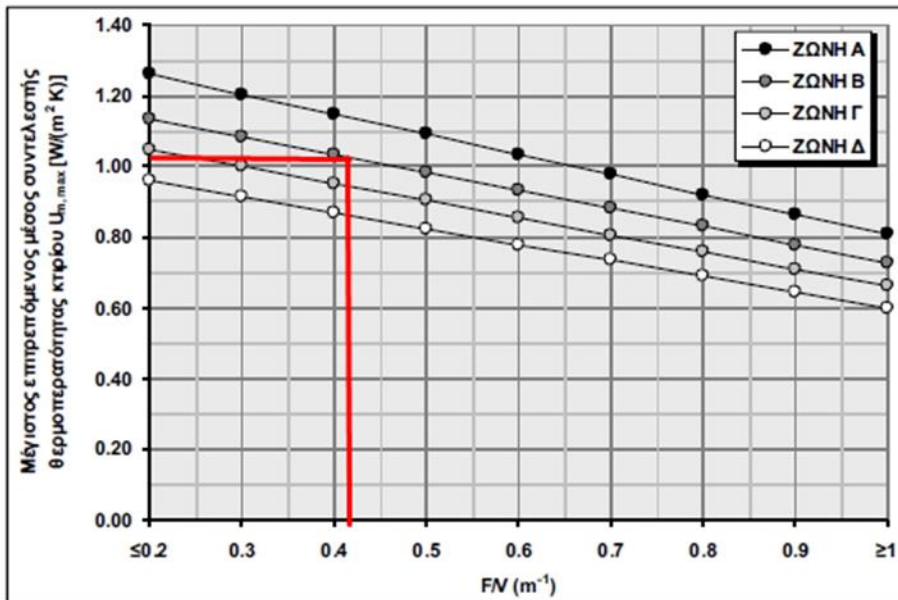
Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων Fw	935,83
Επιφάνεια ανοιγμάτων Ff	210,39
Επιφάνεια οροφής Fd	936,06
Επιφάνεια δαπέδου ισογείου ή οροφής υπογείου FG	936,06
Επιφάνεια οροφής πυλωτής FDL	0

Άθροισμα F επιφανειών => F = 3.018,34 m<sup>2</sup>

Ο λόγος A/V υπολογίζεται από την σχέση:

$$A/V = \frac{F}{\text{ΌΓΚΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ}} \Rightarrow A/V = \frac{3018,4}{7109,2} \Rightarrow A/V = 0,42$$

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας υπερβαίνει κατά πολύ την επιτρεπόμενη τιμή για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη, αυτό καθιστά το κτήριο θερμομονωτικά ανεπαρκή και χρειάζεται παρεμβάσεις στο κέλυφος του. Η αναμενόμενη ενεργειακή κατηγορία είναι κατώτερη από το κτήριο αναφοράς.



Γράφημα 3. 3: Μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ανα Κλιματική Ζώνη

Τα συμπεράσματα που προαναφέρθηκαν επιβεβαιώνονται και στο γράφημα καθώς η επιτρεπόμενη τιμή για την κλιματική ζώνη που βρίσκεται το κτήριο είναι περίπου 1,02 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

### 3.3 Αερισμός Κτηρίου

Ο αερισμός είναι ένα σημαντικό κομμάτι σε μία μελέτη, διότι επηρεάζεται εύκολα από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα τα άτομα που υπάρχουν μέσα σε ένα κτήριο εκπέμπουν μια θερμότητα και παράλληλα μία υγρασία (εισπνοή-εκπνοή). Στην περίπτωση του σχολείου που εξετάζεται είναι ιδιαίτερα δύσκολο, καθώς τα άτομα τα οποία υπάρχουν δεν είναι όλες τις ώρες χρήσης του κτηρίου μέσα σε αυτό. Πολλά από αυτά βρίσκονται σε εξωτερικού χώρους και δεν επηρεάζουν κάπως την λειτουργία του κτηρίου. Για να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες η μελέτη, θα υπολογιστεί τις ώρες που βρίσκονται στις αίθουσες οι μαθητές και τις ώρες που βρίσκονται εκτός κτηρίου.

Το κτήριο που εξετάζεται δεν διαθέτει κάποιο σύστημα αερισμού ή εξαερισμού στους χώρους, παρά μόνο παράθυρα. Ο αέρας που θα υπάρχει μέσα στο κτήριο εισέρχεται είτε μέσω των ανοιχτών παραθύρων είτε μέσω των αρμών μεταξύ των παλαιών μεταλλικών πλαισίων. Λόγω ότι το κτήριο χρησιμοποιείται και σε χειμερινή και σε θερινή περίοδο είναι φυσιολογικό να υπάρχουν λιγότεροι μαθητές σε αυτό κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων. Έτσι πραγματοποιήθηκε επίσκεψη τρεις φορές των χειμώνα και τρεις το καλοκαίρι, με αυτόν τον τρόπο θεωρούμε ότι το 95% των ατόμων βρίσκεται εκτός του κτηρίου το καλοκαίρι ενώ τον χειμώνα μόλις το 12% βρίσκεται εκτός. Αυτό καθιστά την ανανέωση του εσωτερικού αέρα πιο άμεση εξαιτίας της συσσώρευσης των μαθητών στις αίθουσες και στους διαδρόμους.

Η περίμετρος του κτηρίου δεν περιβάλλεται από κάποια άλλα κτήρια η κάποια κοντινά πλευρικά εμπόδια. Μόνο κάποια δέντρα που υπάρχουν σε συγκεκριμένα σημεία, αλλά δεν συμβάλλουν στην μερική προστασία από πλευρικούς ανέμους.

Πίνακας 3. XIX: Συντελεστές Προστασίας Ανέμων

Συντελεστές προστασίας από άνεμο e και f		
Συντελεστής e για κλάση προστασίας από άνεμο	Αρκετές πλευρές εκτεθειμένες	Μία πλευρά εκτεθειμένη
Καμία προστασία	0,10	0,03
Μέτρια προστασία	0,07	0,02
Υψηλή προστασία	0,04	0,01
Συντελεστής f	15	20

Το εμβαδόν και ο όγκος του αέρα που υπάρχει στο κτήριο είναι το βασικότερο ζήτημα στην κατηγορία υπολογισμών του αερισμού. Διότι έτσι κρίνονται τα ποσοστά υγρασίας που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα καθώς και η συχνότητα υπερθέρμανσης των χώρων αλλά και η ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Η ανανέωση των χώρων από φρέσκο αέρα είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα τόσο υγείας μετά την εποχή της πανδημίας, αλλά και για την καλύτερη λειτουργία των υλικών του κτηρίου. Οι εναλλαγές του αέρα στους εσωτερικούς χώρους δεν πρέπει να είναι χαμηλότερες των τιμών 0,6 l/h διότι η εκπνοή των σωματιδίων των ατόμων προκαλούν την ύπαρξη διοξειδίου στην ατμόσφαιρα. Ο παράγοντας αυτός σημειώνεται για τους υπολογισμούς σεναρίου αλλαγής κουφωμάτων υψηλής αεροστεγανότητας, αλλά και για τα συστήματα παθητικού αερισμού.

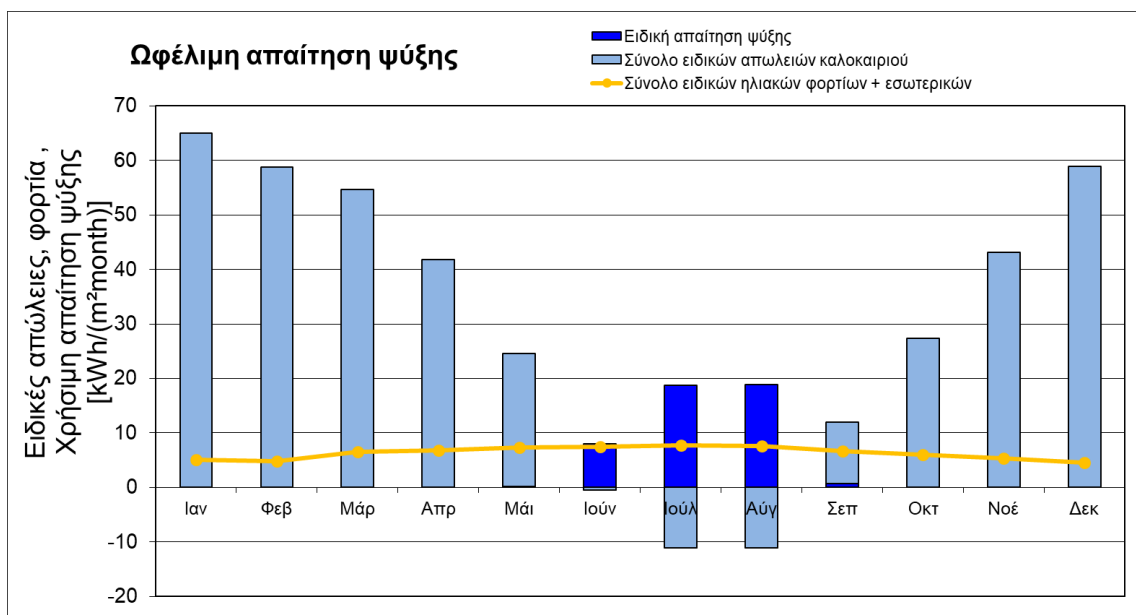


## Θερινός αερισμός

Οι αλλαγές από το χειμερινό στο θερινό κλίμα αλλάζουν ριζικά οι διατάξεις και οι συμπεριφορές του κτηρίου. Πρέπει το κτήριο να συμβαδίζει με τις ανάλογες αλλαγές θερμοκρασιών και να αξιοποιεί τα ψυκτικά κέρδη του. Σύμφωνα με το όγκο του κτηρίου επιλέγεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1 σελίδα 139 η τιμή 7g/kg εσωτερική υγρασίας από την Κ.Κ.Μ που είναι η υγρασία του προσαγόμενου αέρα. Ο ρυθμός εναλλαγή αέρα πρέπει να αυξηθεί κατά 50% σε σχέση με τον χειμερινό για την αποφυγή υπερθέρμανσης του εσωτερικού αέρα. Για την ψύξη του εσωτερικού του κτηρίου πρέπει να υπολογιστούν οι απώλειες μεταφοράς  $Q_T$ , των θερμικών απωλειών αερισμού  $Q_N$  και στην συνέχεια το σύνολο αυτών.

Πίνακας 3. XX: Μηνιαίες Τιμές Ωφέλιμης Ψύξης

	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ	Έτος	
Βαθμώρες - Εξωτερικά	11,3	10,2	9,2	6,8	3,5	-0,2	-2,2	-2,1	1,2	4,2	7,2	10,2	59	kKh
Βαθμώρες - Έδαφος	4,2	3,9	4,3	4,0	3,9	0,6	0,4	0,3	3,2	3,5	3,6	4,0	36	kKh
Απώλειες - Εξωτερικά	114073	102988	93187	68563	34290	-3593	-23843	-23716	10696	41541	72713	102798	589697	kWh
Απώλειες - Έδαφος	20508	18990	20839	19355	18733	3033	2053	1537	15451	16805	17489	19427	174220	kWh
Απώλειες θερινού αερισμού	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Σύνολο ειδικών απωλειών καλοκαιριού	74,6	67,6	63,2	48,7	29,4	-0,3	-12,1	-12,3	14,5	32,3	50,0	67,7	423,3	kWh/m <sup>2</sup>
Ηλιακό φορτίο Βορράς	569	711	1031	1280	1636	1813	1742	1387	1067	924	640	533	13334	kWh
Ηλιακό φορτίο Ανατολή	1028	1005	1804	2238	2626	2763	2946	2809	1964	1484	1050	754	22470	kWh
Ηλιακό φορτίο Νότος	2747	2281	3110	2721	2384	2177	2358	2902	3110	2954	2902	2203	31850	kWh
Ηλιακό φορτίο Δύση	1162	1298	2136	2568	3109	3217	3352	3271	2487	1730	1460	1054	26844	kWh
Ηλιακό φορτίο Οριζ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακό φορτίο Αδιαφανή	1973	1984	3177	3659	4199	4403	4594	4418	3493	2704	2173	1598	38373	kWh
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	3760	3396	3760	3638	3760	3638	3760	3760	3638	3760	3638	3760	44266	kWh
Σύνολο ειδικών ηλιακών φορτίων + εσωτ	6,2	5,9	8,3	8,9	9,8	10,0	10,4	10,3	8,7	7,5	6,6	5,5	98,2	kWh/m <sup>2</sup>
Συντελεστής αξιοποίησης απωλειών	8%	9%	13%	18%	32%	100%	100%	100%	54%	23%	13%	8%	10%	
Απαιτήση ωφέλιμης ενέργειας ψύξης	10	10	44	112	550	18571	40541	40726	1766	173	35	8	102545	kWh
Ειδική απαίτηση ψύξης	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>10,3</b>	<b>22,5</b>	<b>22,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>56,8</b>	kWh/m <sup>2</sup>
Ειδική απαίτηση αφύγρανσης	<b>111,8</b>	<b>100,2</b>	<b>115,7</b>	<b>117,0</b>	<b>130,3</b>	<b>135,9</b>	<b>146,6</b>	<b>145,7</b>	<b>137,4</b>	<b>133,7</b>	<b>121,5</b>	<b>115,7</b>	<b>1511,6</b>	kWh/m <sup>2</sup>
Αναλογία αισθητής	0%	0%	0%	0%	0%	7%	13%	13%	1%	0%	0%	0%	4%	



Γράφημα 1 : Ωφέλιμη Απαίτηση Ψύξης

Παρατηρείται πώς η ειδική απαίτηση ψύξης ξεκινάει με μικρή τιμή  $0,1 \text{ kWh/m}^2$  τον Μάιο και σταματάει τον μήνα Σεπτέμβριο με τιμή  $0,7 \text{ kWh/m}^2$ . Η μέγιστη τιμή σημειώνετε τον Αύγουστο με  $18,8 \text{ kWh/m}^2$ , όλη η ροή της ζήτησης ψύξης είναι λογική σύμφωνα με τα φυσικά δεδομένα για τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι τιμές των ειδικών απωλειών σημειώνουν αρνητική τιμή κατά τους μήνες Ιούνιο μέχρι Αύγουστο, όπου και την περίοδο εκείνη το κτήριο απαιτεί ψύξη. Να τονιστεί πως το κτήριο τους μήνες Ιούλιο -Αύγουστο παραμένει κλειστό λόγω των καλοκαιρινών διακοπών. Για τον λόγο αυτό δεν θα εξεταστεί κάποιο σενάριο αλλαγή ή εγκατάστασης κεντρικής μονάδας ψύξης των χώρων. Για το λόγο αυτό αναλύεται περισσότερο η απαίτηση θέρμανσης του κτηρίου.

### 3.4 ΦΟΡΤΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η κεντρική θέρμανση του κτηρίου αποτελείται από κεντρικό λέβητα πετρελαίου ισχύος 200 kW με βαθμό απόδοσης 85%. Συνυπολογίζοντας τις βοηθητικές μονάδες για τις συνολικές καταναλώσεις όλου του δικτύου προκύπτει ότι:

**Υπολογισμός εποχιακού Β.Α. του λέβητα**  
Πραγματική θερμική ισχύς  $P_m$   kW  
Τύπος Λέβητα:   
Πραγματικός Β.Α. μονάδας  $\eta_{gm}$ :   
Συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό  $\eta_{g0}$    
**Εποχιακός Β.Α.  $\eta_{sK\Theta}$**

Σχήμα 3. 9: Υπολογισμός εποχιακού Β.Α. λέβητα

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης υπολογίζεται από την σχέση:

$$\eta_{sK\Theta} = \eta_{gm} * \eta_{g0}$$

Για τον συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης προκύπτει ότι

**Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης  $\eta_{g1}$**   
Πραγματική θερμική ισχύς  $P_m$   kW  
Περίμετρος  m Κέλυφος  m<sup>2</sup> Ο λέβητας καλύπτει και ανάγκες ZNX   
Ύψος  m  $U_m$   W/m<sup>2</sup>K Εμβαδόν(m<sup>2</sup>):   
Δάπεδο  m<sup>2</sup>  $\Delta T_{\text{αέρα}}$   °C Άτομα:  Ημερήσιο φορτίο  lt/μέρα  
Οροφή  m<sup>2</sup> -  $\Delta T_{\text{νερού}}$   °C  
Εμβαδό  m<sup>2</sup>  $V_{\text{αέρα}}$   m<sup>3</sup>/h  
Θεωρητική ισχύς για θέρμανση  $P_{gen}$ :  kW Θεωρητική ισχύς για ZNX  $P_{znx}$   kW  
**Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης  $\eta_{g1}$**

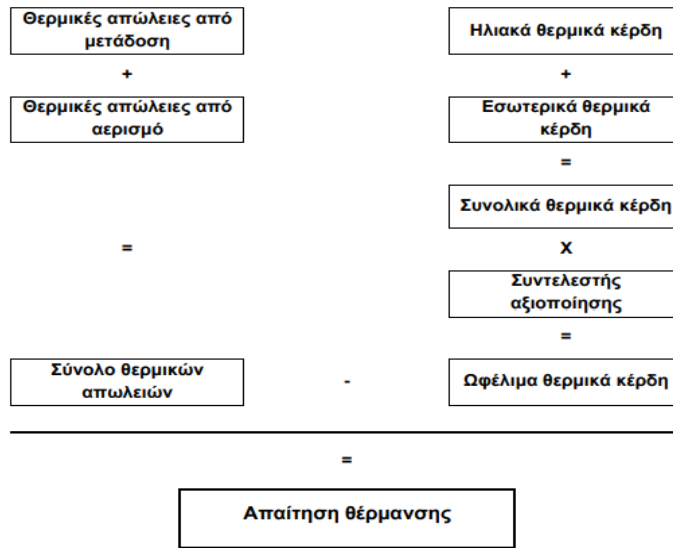
Σχήμα 3. 10: Συντελεστής Υπερδιαστασιολόγησης λέβητα

Ο λέβητας του κτηρίου συντηρείται στην ώρα που πρέπει και για αυτό δεν προκύπτουν επιπλέον απώλειες λόγω κακής συντήρησης και κατάστασης του συστήματος.

Θερμικές απώλειες μετάδοσης  $Q_T$

- Θερμικές απώλειες αερισμού  $Q_v$
- Συνολικές θερμικές απώλειες  $Q_L$

Μια πλήρη εικόνα της διαδικασίας υπολογισμού παρουσιάζεται στο σχήμα 33.



Σχήμα 3. 11:Ενεργειακό ισοζύγιο απαιτούμενης θέρμανσης

Πίνακας 3. ΧΧΙ:Θερμικές απώλειες λόγω μετάδοσης

Δομικό στοιχείο	Θερμοκρασιακή ζώνη	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Τιμή-U W/(m <sup>2</sup> K)	Μην. μειωτ. συντελ.	G <sub>i</sub> kWh/a	=	kWh/a	Ανά m <sup>2</sup> κλιματιζόμενης επιφάνειας	
Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	A	725,9	1,779	1,00	34	=	43782	24,26	
Εξωτερικός τοίχος - Έδαφος	B			1,00		=			
Στέγη/Οροφή - Εξωτ. αέρας	A	947,9	2,108	1,00	34	=	67725	37,53	
Πλάκα δαπέδου / Οροφή υπογείου	B	1842,7	2,613	1,00	2	=	10608	5,88	
	A			1,00		=			
	X			0,00		=			
Κουφώματα	A	210,5	5,038	1,00	34	=	35958	19,92	
Εξωτερική πόρτα	A	34,9	5,848	1,00	34	=	6920	3,83	
Εξωτερική ΘΓ (μήκος/m)	A	18,4	0,072	1,00	34	=	45	0,02	
Περιμετρική ΘΓ (μήκος/m)	P	0,8	0,100	1,00	2	=	0	0,00	
ΘΓ Εδάφους (μήκος/m)	B	13,9	0,821	1,00	2	=	25	0,01	
							Σύνολο	165063	91,5

Θερμικές απώλειες μετάδοσης Q<sub>T</sub>

Πίνακας 3. XXII:Θερμικές Απώλειες Αερισμού

				$A_{TFA}$ m <sup>2</sup>	Καθαρό ύψος δωματίου m	=	m <sup>3</sup>		
			Πραγματικός όγκος αέρα $V_V$	1805	3,00	=	5414		
	$n_{V,system}$ 1/h	$h^*_{SHX}$		$h_{HR}$	$n_{V,Res}$ 1/h	=	$n_{V,eqi,fractiion}$ 1/h		
Πραγματικός ρυθμός εναλλαγής αέρα Εξωτ. αέρας $n_{V,e}$	0,494	0%		0,00	0,033	=	0,528		
Πραγματικός ρυθμός εναλλαγής αέρα Έδαφος $n_{V,g}$	0,494	0%		0,00		=	0,000		
	$V_V$ m <sup>3</sup>	$n_{V,eqi,fractiion}$ 1/h		$c_{Air}$ Wh/(m <sup>3</sup> K)	$G_t$ kKh/a	=	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Απώλειες αερισμού Εξωτ. αέρας $Q_V$	5414	0,528		0,33	34	=	32436	18,0	
Απώλειες αερισμού Έδαφος $Q_{V,e}$	5414	0,000		0,33	3	=	0	0,0	
Θερμικές απώλειες αερισμού $Q_V$							Σύνολο	32436	18,0

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτηρίου υπολογίζονται από το άθροισμα των θερμικών απωλειών και του αερισμού έχουμε :

$$Q_T + Q_V = 127839 + 32436 = 160275 \text{ kWh/a}$$

Από την άλλη μεριά τα διαθέσιμα κέρδη για την θέρμανση αποτελούνται από τα εσωτερικά και τα ηλιακά κέρδη. Το άθροισμα αυτών είναι τα θερμικά κέρδη  $Q_G$  του κτηρίου με τιμή:

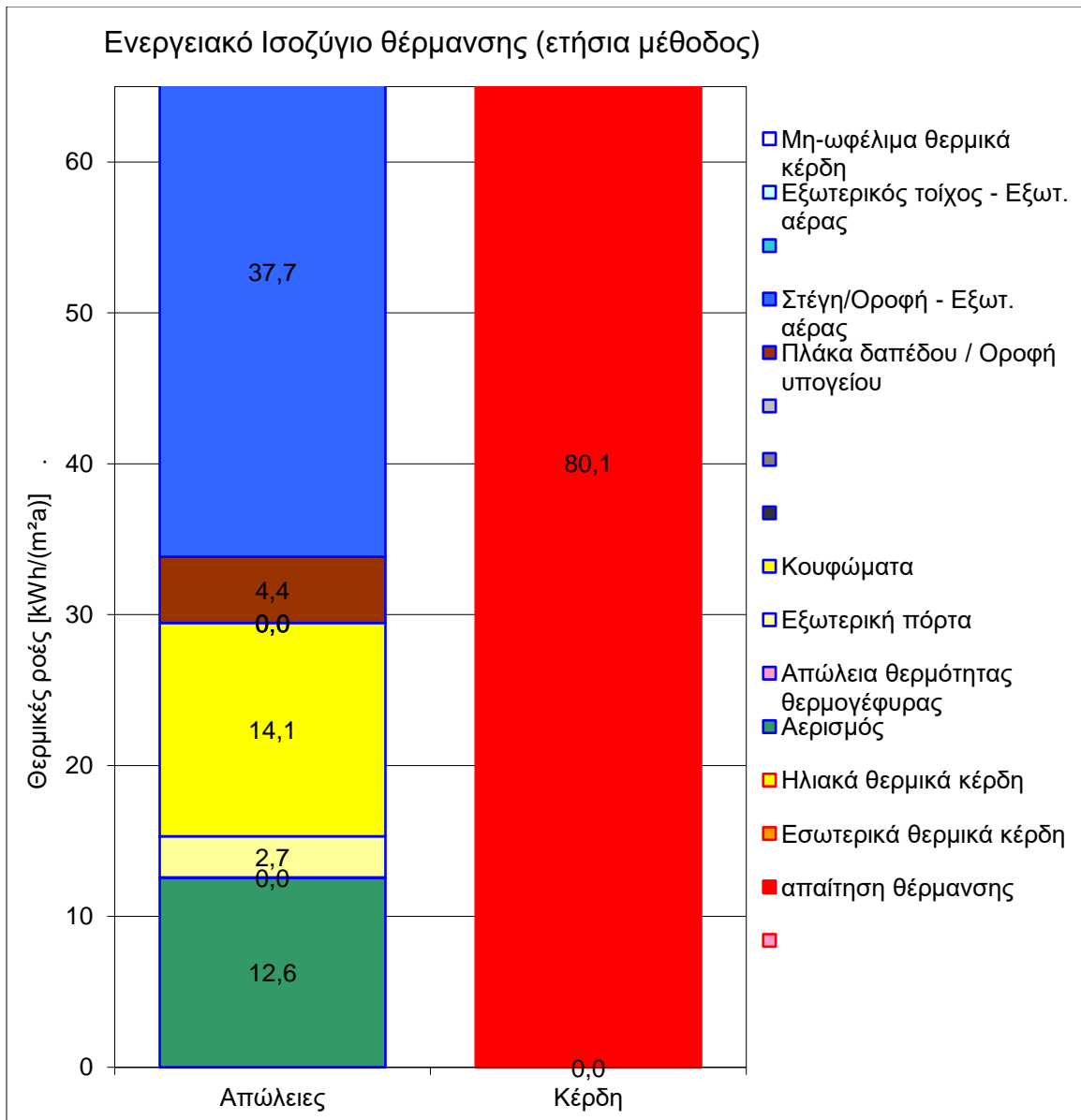
$$Q_S + Q_I = 35944 + 25710 = 61654 \text{ kWh/a}$$

Πρέπει όμως να συνυπολογιστεί στο αποτέλεσμα αυτό και ο συντελεστής αξιοποίησης των θερμικών κερδών. Όπου ορίζεται ως το κλάσμα των συνολικών θερμικών κερδών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση χώρων. Ο συντελεστής αξιοποίησης των συνολικών θερμικών κερδών υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$\eta_G = \frac{1 - \left(\frac{Q_F}{Q_V}\right)}{1 - \left(\frac{Q_F}{Q_V}\right)}$$

- $Q_G = Q_F \cdot \eta_G$  (Συνολικά θερμικά κέρδη x Συντελεστής αξιοποίησης των θερμικών κερδών)
- $Q_H = Q_L - Q_G$  (Απώλειες – Οφέλη)

Τέλος η ετήσια απαίτηση θέρμανσης προκύπτει με το να αφαιρεθεί από τις συνολικές απώλειες  $Q_L$  τα συνολικά θερμικά κέρδη.

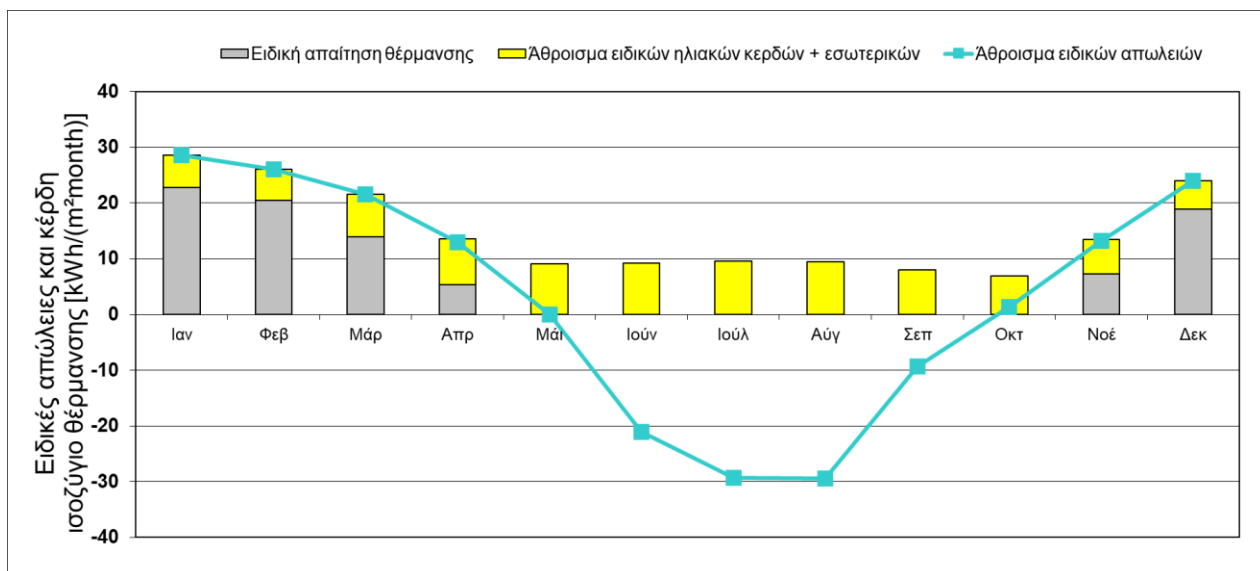


Γράφημα 3. 4:Ενεργειακό Ισοζύγιο Θέρμανσης

Στις δύο ράβδους του γραφήματος παρουσιάζονται οι απώλειες και τα κέρδη για την ετήσια θέρμανση. Να σημειωθεί πως οι περισσότερες απώλειες παρουσιάζονται από τους τοίχους που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Άρα θα χρειαστεί αναβάθμιση του κελύφους για την μείωση των απωλειών. Επίσης στην δεύτερη θέση των απωλειών βρίσκεται η οροφή του κτηρίου. Οι αμέσως μεγαλύτερες απώλειες προκύπτουν από τον αερισμό του κτηρίου και τα κουφώματα. Συμπερασματικά υπάρχει μια πλήρη εικόνα για το υφιστάμενο κτήριο, γνωρίζοντας που παρουσιάζονται τα σημεία που αδύναμη η θερμική προστασία αλλά και που μπορεί να αλλαχθεί η διάταξη της παρούσας υφιστάμενης κατάστασης με ανάλογες παρεμβάσεις.

Πίνακας 3.XXIII:Απώλειες και Κέρδη Ανά Μήνα

	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ	Έτος	
Βαθμώρες - Εξωτερικά	7,6	6,9	5,6	3,3	-0,1	-3,7	-5,8	-5,7	-2,3	0,6	3,7	6,5	17	kKh
Βαθμώρες - Έδαφος	0,5	0,6	0,6	0,4	0,2	-3,0	-3,3	-3,4	-0,4	-0,2	0,0	0,3	-8	kKh
Απώλειες - Εξωτερικά	48983	44168	35967	21375	-704	-23561	-36882	-36673	-14808	3602	23776	41869	107113	kWh
Απώλειες - Έδαφος	2554	2774	2885	1981	780	-14341	-15900	-16417	-1923	-1149	114	1474	-37169	kWh
Άθροισμα ειδικών απωλειών	28,6	26,0	21,5	12,9	0,0	-21,0	-29,2	-29,4	-9,3	1,4	13,2	24,0	38,8	kWh/m <sup>2</sup>
Ηλιακά κέρδη - Βορράς	481	601	871	1082	1382	1532	1472	1172	901	781	541	451	11267	kWh
Ηλιακά κέρδη - Ανατολή	728	712	1278	1585	1860	1957	2087	1990	1391	1051	744	534	15917	kWh
Ηλιακά κέρδη - Νότος	1946	1615	2203	1927	1689	1542	1670	2056	2203	2093	2056	1560	22560	kWh
Ηλιακά κέρδη - Δύση	823	919	1513	1819	2202	2279	2374	2317	1762	1226	1034	747	19014	kWh
Ηλιακά κέρδη - Οριζόντια	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακά κέρδη - Ασίαφαης	2734	2685	4249	4802	5427	5645	5904	5758	4623	3652	2990	2208	50678	kWh
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	3760	3396	3760	3638	3760	3638	3760	3760	3638	3760	3638	3760	44266	kWh
Άθροισμα ειδικών ηλιακών κερδών + εσωτ	5,8	5,5	7,7	8,2	9,0	9,2	9,6	9,4	8,0	7,0	6,1	5,1	90,7	kWh/m <sup>2</sup>
Συντελεστής αξιοποίησης	100%	100%	99%	93%	0%	100%	100%	100%	100%	20%	97%	100%	-55%	
Ετήσια απαίτηση θέρμανσης	41085	37034	25154	9580	0	0	0	0	0	4	13200	34104	160161	kWh
Ειδική απαίτηση θέρμανσης	22,8	20,5	13,9	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	18,9	88,7	kWh/m <sup>2</sup>



Γράφημα 3. 5:Ειδικές Απώλειες και Κέρδη Ισοζυγίου Θέρμανσης

Από τον πίνακα απωλειών κερδών προκύπτει το γράφημα 3.5, η ειδική απαίτηση θέρμανσης φαίνεται για τα διαστήματα από Νοέμβριο έως Απρίλιο. Οι μεταβάσεις των τιμών της ειδικής απαίτησης θέρμανσης από το Μάιο μέχρι και το Οκτώβριο, είναι αναλογικά σωστές διότι είναι η θερινή περίοδος και δεν απαιτείται κάποιο φορτίο για την θέρμανση του κτηρίου. Οι τιμές των ηλιακών κερδών σημειώνουν την μεγαλύτερη τιμή τους τον Ιούλιο 9,6 kWh/m<sup>2</sup> ενώ για όλη την περίοδο του καλοκαιριού οι τιμές παραμένουν υψηλές.

### 3.5 ΧΡΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

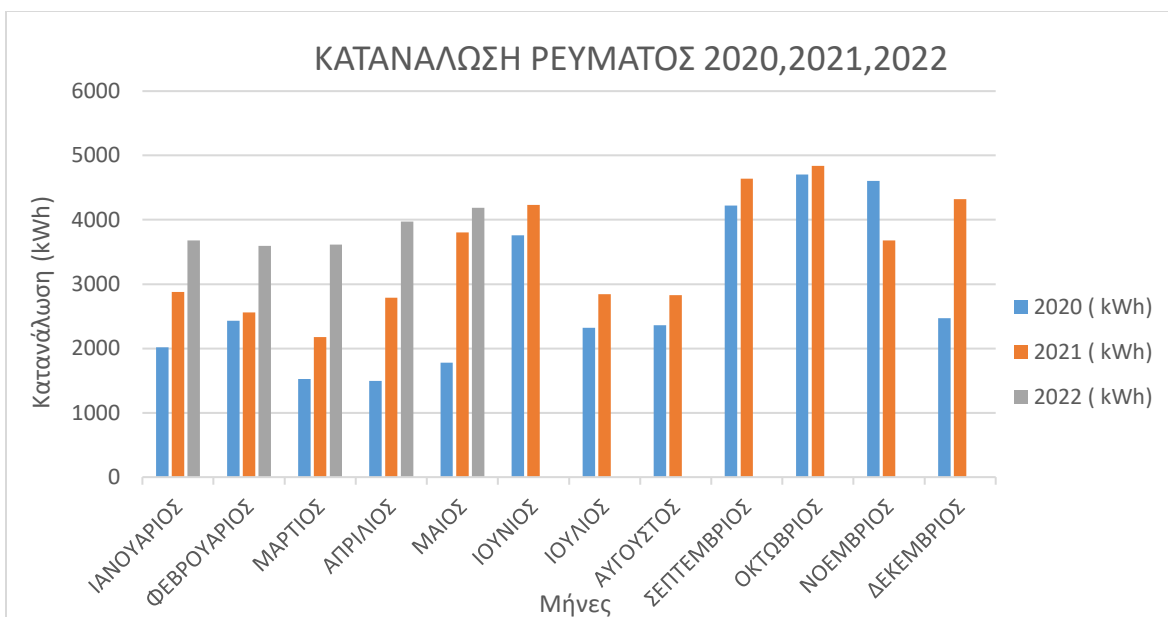
Για την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιήθηκε καταμέτρηση των συσκευών χρήσης στο χώρο του σχολείου. Λαμπτήρες στις αίθουσες και στους διαδρόμους, μέτρηση κατανάλωσης των κλιματιστικών που υπάρχουν μόνο στα γραφεία. Επιπρόσθετα έγινε ιστορική αναδρομή στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας για την σημείωση των καταναλώσεων σε ετήσια βάση και σύγκριση με τα οικονομικά αποτελέσματα. Να τονιστεί πως το κτήριο δεν ήταν σε πλήρη χρήση από το Μάρτιο του 2020 έως το Μάιο του 2021 όπου άνοιξε για λίγα μαθήματα και για τις τελικές εξετάσεις. Έτσι αναμενόμενο είναι πως οι τιμές για τους μήνες που ήταν κλειστό το σχολείο να συμπίπτουν με τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι τιμές των καταναλώσεων για την χρονιά του 2022, όπου περιλαμβάνει το εύρος Ιανουαρίου έως Μαΐου. Διαμορφώνεται η χρήση του κτηρίου ανά τα άτομα που είναι σε αυτό και κατά συνέπεια οι ώρες χρήσεις.

Πίνακας 3. XXIV:Καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Μήνα

ΜΗΝΕΣ	2020 ( kWh)	2021 ( kWh)	2022 ( kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2016	2880	3680
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2432,4	2560	3593,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	1523,2	2176	3612,40
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1495,02	2790	3973,64
ΜΑΙΟΣ	1780,3	3805	4185,54
ΙΟΥΝΙΟΣ	3757,6	4230,2	
ΙΟΥΛΙΟΣ	2320	2841,8	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2360	2826	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4220,6	4640	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4706	4840	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	4606	3680	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2468,76	4320	

Για να μπορέσουν να συγκριθούν οι τιμές που υπολογίζονται για την κατανάλωση του σχολείου θα υπολογιστεί μόνο η χρονιά του 2022, καθώς οι προηγούμενες δεν ολοκλήρωσαν την πλήρη λειτουργία τους λόγω της καραντίνας. Με δεδομένα τις τιμές αυτές προκύπτει το γράφημα 3.6. Οι μόνοι κύκλοι λειτουργίας του σχολείου που πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα χρόνου που εξετάζεται είναι από το προσωπικό των καθηγητών. Αλλά και πάλι δεν είναι αξιόπιστες οι τιμές καθώς το κτήριο δεν λειτουργεί κανονικά. Προσεγγιστικά οι υπολογισμοί σύμφωνα με τα στοιχεία που λήφθηκαν από του λογαριασμούς κατανάλωσης είναι ότι κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση το σχολείο καταναλώνει περίπου 40.000 kWh που αντιστοιχούν σε περίπου 35.850€ λειτουργικού κόστους.





Γράφημα 3. 6: Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας 2020, 2021, 2022

Όπως φαίνεται και στο γράφημα τα διαστήματα των μηνών Μάρτιο έως Αύγουστο του 2020 είναι περίπου ίδιες οι καταναλώσεις, εκτός του Ιουνίου όπου πραγματοποιήθηκαν οι τελικές εξετάσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί το σχολείο ήταν κλειστό όπως και του καλοκαιρινούς μήνες. Διαμορφώνοντας το προφίλ χρήσης σύμφωνα με τα ωράρια λειτουργίας του σχολείου πίνακας 45, προκύπτει ότι οι ώρες χρήσης την ημέρα είναι 15 και οι ημέρες λειτουργίας των τάξεων 200 σε σχέση με τα γραφεία που είναι 250. Επιπρόσθετα για το έτος 2020 οι τιμές που σημειώθηκαν δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις πραγματικές συνθήκες διότι το σχολείο παρέμεινε κλειστό λόγω της πανδημίας. Για αυτό και η αύξηση της κατανάλωσης για το έτος 2022 όπου και μπήκε σε κανονικούς ρυθμούς λειτουργίας το σχολείο.

Πίνακας 3. ΧΧV:Χρήση Κατανάλωσης Ρεύματος

Σενάριο χρήσης	Έναρξη χρήσης [h]	Λήξη χρήσης [h]	Ώρες χρήσης ανά ημέρα [h/d]	Ημέρες χρήσης ανά έτος [d/a]	Ώρες χρήσης ανά έτος [h/a]	Ώρες χρήσης ανά έτος κατά τη διάρκεια της ημέρας [h/a]	Ώρες χρήσης ανά έτος κατά τη διάρκεια της νύχτας [h/a]	Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα για θέρμ	Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα για αερισμό	Στάθμη φωτισμού [lux]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (0.8 ή 0.0 m)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (0.8 ή 0.0 m)	Σχετική απουσία	Συντελεστής μερικής χρήσης της περιόδου λειτουργίας του	Μέσος βαθμός χρήσης [m <sup>2</sup> /Ατομ.]
<b>ΑΤΟΜΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>1988</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>500,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>
<b>ΑΤΟΜΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>500,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>
<b>ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>1988</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>500,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>
<b>ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15,0</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250,0</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>500,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>
<b>ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>200,0</b>	<b>1600</b>	<b>1590</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>300,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,25</b>	<b>0,90</b>	<b>2,00</b>
<b>ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>200,0</b>	<b>1400</b>	<b>604</b>	<b>796</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>300,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,25</b>	<b>0,90</b>	<b>2,00</b>
<b>ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>1988</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>200,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>4,00</b>
<b>ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>200,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>1988</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>200,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>200,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΩΙΝΟΥ</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>1988</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>500</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,00</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>
<b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΡΑΔΥΝΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>500</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,00</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>
<b>ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>500</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,50</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>
<b>ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΟΡΟΦΟΥ</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>1750</b>	<b>755</b>	<b>995</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>500</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,50</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>

Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιεί το υφιστάμενο κτήριο δεν περιλαμβάνει ZNX, υπάρχει μόνο χρήση νερού απευθείας από το δίκτυο, όλες οι παράμετροι ZNX είναι μηδενικοί. Πολύ σημαντική ανάγκη του κτηρίου εκτός από την ψύξη – θέρμανση είναι ο φωτισμός. Ο φωτισμός είναι μια κατηγορία που μπορεί να αντικατασταθεί με άλλες παραμέτρους για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά πρέπει να οριστεί η χρήση των χώρων σύμφωνα με τον βαθμό χρήσης από τα άτομα. Στην συνέχεια ο προσανατολισμός του κάθε χώρου για να μπορεί να υπολογιστεί η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Οι πιο πολλές ανάγκες για φωτισμό είναι στο ωράριο του βραδινού σχολείου καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός. Εφόσον είναι γνωστή η κατεύθυνση του κάθε χώρου πρέπει να υπολογιστεί και η γεωμετρία έτσι ώστε να υπολογιστεί η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Στην συνέχεια επιλέγεται ο τύπος λαμπτήρων που θα φωτίζουν τους χώρους.

Πίνακας 3. XXVI: Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού Χώρων

Φωτισμός / κτίρια τριτογενούς τομέα	Καθαρή επιφάνεια εδάφους	Κατηγορία δωματίου	Ελάχιστη στάθμη φωτισμού	Απόκλιση από τον Βορρά	Προσανατολισμός	Μετάδοση φωτός υαλοπίνακα	Υπάρχει κούφωμα;	Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού
Δωμάτιο / Ζώνη	m <sup>2</sup>		Lux	Μοίρες		-	[x]	
ΓΡΑΦΕΙΑ ΑΤΟΜΙΚΑ	33,7	1-ΑΤΟΜΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΩΙΝΟΥ	500	180	Νότος	92%	x	Μέτρια
ΓΡΑΦΕΙΑ ΑΤΟΜΙΚΑ	29,6	2-ΧΡΗΣΗ ΒΡΑΔΥΝΟΥ ΩΡΑΡΙΟΥ	500	0	Βορράς	82%	x	Καλή
ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ	48,6	3-ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΩΙΝΟΥ	500	180	Νότος	92%	x	Καλή
ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ	90,8	4-ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΒΡΑΔΥΝΟΥ	500	0	Βορράς	82%	x	Καλή
ΑΙΘΟΥΣΑ 4	39,8	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	0	Βορράς	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 7	20,3	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	90	Ανατολή	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 8	37,7	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	0	Βορράς	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 9	36,4	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	0	Βορράς	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 10	39,4	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	270	Δύση	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 11	38,7	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	90	Ανατολή	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 12	38,7	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	180	Νότος	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 13	38,7	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	180	Νότος	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 14	22,4	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	180	Νότος	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 15	38,3	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	180	Νότος	78%	x	Μέτρια
ΑΙΘΟΥΣΑ 16	40,1	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	0	Βορράς	78%	x	Καλή
ΑΙΘΟΥΣΑ 17	38,2	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	0	Βορράς	78%	x	Μέτρια
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ	37,4	5-ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΡΩΙΝΟΥ	300	180	Νότος	78%	x	Λίγη
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	65,0	13-ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	500	315	Δύση	62%	x	Μέτρια
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	80,0	14-ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	500	225	Νότος	62%	x	Καλή

Σύμφωνα με την κατεύθυνση του κάθε χώρου (γωνία μεταξύ Βορρά) και ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου προκύπτει η φωτεινότητα που χρειάζεται ο κάθε χώρος και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Ο διαθέσιμος εξοπλισμός των λαμπτήρων είναι led ράβδοι τύπου φθορίου με κατανάλωση ισχύς 18 watts. Ανάλογα με τα τετραγωνικά του κάθε δωματίου και την μέτρηση των λαμπτήρων στους χώρους βλέπε Παράρτημα Α εικόνα 3 και 4 υπολογίζονται τα Watt/m<sup>2</sup>.

Σύμφωνα με τα ωράρια λειτουργίας του φωτισμού που είναι 15 προκύπτουν τα αποτελέσματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας kWh/a καθώς και οι απαιτήσεις ενέργειας από ΑΠΕ και πρωτογενή ενέργεια. Τα αποτελέσματα για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο έχουν υπολογιστεί με βάση την χρήση των ηλεκτρονικών συσκευών και όχι σύμφωνα με τις συσκευές αναφοράς.

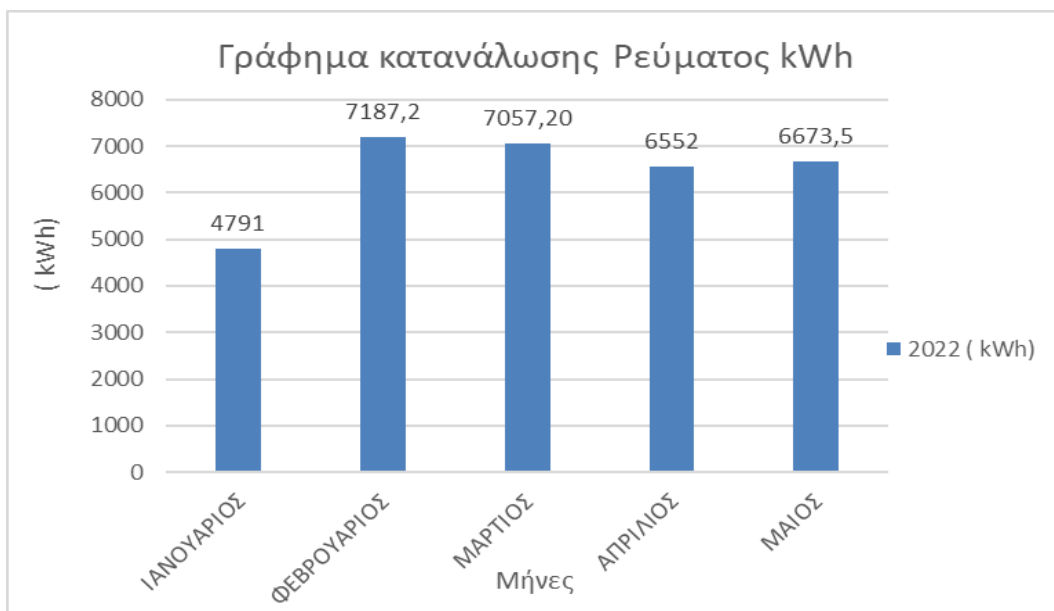
Πίνακας 3. XXVII:Υπολογιζόμενη Κατανάλωση Φωτισμού

Φωτισμός / κτίρια τριτογενούς τομέα	Καθαρή επιφάνεια εδάφους	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (τυπική)	Έλεγχος φωτισμού	Ωρες χρήσης ανά έτος	Ωρες φωτισμού πλήρους φορτίου	Απαίτηση ΠΕ Αν.	Απαίτηση ΠΕ
Δωμάτιο / Ζώνη	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>		h/a	h/a	kWh/a	kWh/a
ΓΡΑΦΕΙΑ ΑΤΟΜΙΚΑ	33,7	3,2	Χειροκίνητα	2000	12	1,56	3,37
ΓΡΑΦΕΙΑ ΑΤΟΜΙΚΑ	29,6	3,6	Χειροκίνητα	1750	13	1,68	3,65
ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ	48,6	11,9	Χειροκίνητα	2000	13	8,99	19,47
ΟΜΑΔΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ	90,8	8,7	Χειροκίνητα	1750	13	12,36	26,77
ΑΙΘΟΥΣΑ 4	39,8	5,4	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 7	20,3	10,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 8	37,7	5,7	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 9	36,4	5,9	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 10	39,4	5,5	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 11	38,7	5,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 12	38,7	5,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 13	38,7	5,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 14	22,4	9,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 15	38,3	5,6	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 16	40,1	5,4	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΑΙΘΟΥΣΑ 17	38,2	5,7	Χειροκίνητα	1600	13	3,37	7,30
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ	37,4	8,7	Χειροκίνητα	1600	13	5,05	10,95
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	80,0	12,4	Χειροκίνητα	1750	13	15,44	33,46
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	65,0	10,5	Χειροκίνητα	1750	13	10,67	23,12

Για να μπορέσει να γίνει η επαλήθευση για την χρήση του ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο, συγκρίνεται η συνολική τιμή κατανάλωσης που βρέθηκε την πραγματική κατανάλωση που φαίνονται στους λογαριασμούς Εικόνα 13 Παράρτημα Α. Για την μέχρι τώρα λειτουργία έχουμε τα εξής δεδομένα:

Πίνακας 3. XXVIII:Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας και Αξία 2022

ΜΗΝΕΣ	2022 ( kWh)	2022 ΑΞΙΑ kWh/ €
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3680	373,81
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7187,2	730,08
ΜΑΡΤΙΟΣ	6109,12	620,56
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6552	665,55
ΜΑΙΟΣ	4185,54	425,17



Γράφημα 3.7: Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας

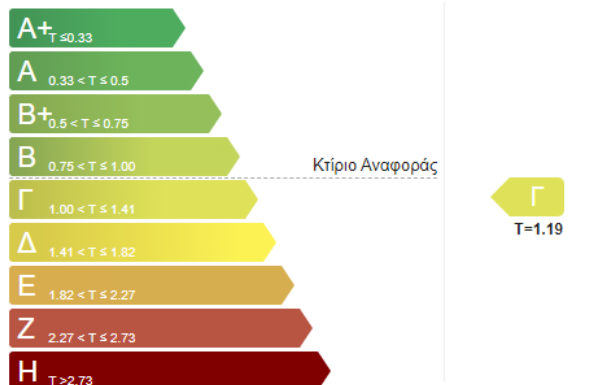
Στο γράφημα παρατηρείτε η μειωμένη κατανάλωση κατά το μήνα Ιανουάριο καθώς σχεδόν το πρώτο δεκαήμερο είναι κλειστό το σχολείο λόγω Χριστουγέννων. Επίσης κατά τον μήνα Μάιο δείχνει να αυξάνεται και να συνεχίζει να αυξάνεται η κατανάλωση λόγω της καθημερινής χρήσης των κλιματιστικών. Αυτό εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας του κτηρίου και της θερμοχωρητικότητας που εξακολουθεί να υπάρχει. Η αξία σε € για τα kWh είναι χωρίς να συμπεριληφθούν οι πρόσθετες χρεώσεις των δήμων και λοιπά έξοδα.

Πίνακας 3. XXIX: Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας

Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας [kWh/a]	Απαίτηση ΠΕ Αν.	Απαίτηση ΠΕ
33925 kWh/a	40710 kWh/a	88204 kWh/a
19 kWh/(m <sup>2</sup> a)	23kWh/(m <sup>2</sup> a)	49 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### 3.6 Αποτελέσματα μελέτης περίπτωσης κτηρίου

Τα ενεργειακά αποτελέσματα για την μελέτη περίπτωσης για να παρουσιαστούν όπως σε ένα ΠΕΑ θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακα 1.2 της ΤΟΤΕΕ-20701-1-2017. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια για οποιαδήποτε χρήση στο κτήριο. Όπως επίσης και οι ελκυσόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας στην ατμόσφαιρα.



Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)
Θέρμανση	62.7	91.7
Ψύξη	13.9	13.0
ZNX	0.0	0.0
Φωτισμός	43.4	38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7
Κατάταξη	-	Γ
T=EP/R <sub>R</sub>		1.19

Σχήμα 3. 12 : Π.Ε.Α Υφιστάμενου Κτηρίου

Το κτήριο λόγω της ανεπαρκούς θερμομόνωσης στο κέλυφος δημιουργούνται θερμογέφυρες μεγαλύτερης ροής θερμότητας από την εξωτερική προς την εσωτερική πλευρά. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται προσεγγιστικά ανάλογα με την χρήση του κτηρίου. Σύμφωνα με τις ώρες χρήσης ανά έτος διαχωρίζεται η συνολική χρήση ενέργειας kWh/m<sup>2</sup>, όπως φαίνεται και στον. Όλοι οι χώροι καταναλώνουν ενέργεια για φωτισμό, ενώ όλα τα γραφεία χρησιμοποιούν και συσκευές (υπολογιστές, εκτυπωτές και κλιματιστικά). Με περισσότερη χρήση θερμού αέρα από τα κλιματιστικά. Τονίζεται πως κλιματιστικά διαθέτουν μόνο τα γραφεία του σχολείου. Τέλος η υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου είναι:

$$T = \frac{EP}{RR} = \frac{142,7}{120} \Rightarrow T=1,19$$

Άρα το κτήριο είναι ενεργειακής κατηγορίας Γ όπως φαίνεται στον στο σχήμα 3.12 και το ετήσιο λειτουργικό κόστος ανέρχεται στα 9.932€ για θέρμανση και 35.850€ για ηλεκτρισμό περίπου.

## 4 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν περιπτώσεις εγκαταστάσεων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και επένδυσης σε συστήματα που αλλάζουν τις καταναλώσεις του κτηρίου σε σχέση πάντα με τις απαιτήσεις του. Τα σενάρια που προτείνονται αφορούν κυρίως την θέρμανση του κτηρίου, διότι τους καλοκαιρινούς μήνες παραμένει κλειστό. Οπότε δεν εξετάζονται ενδεχόμενα παραγωγής ψύξης στο χώρο μόνο με μεθόδους φυσικού δροσισμού για τις πιο θερμές ημέρες. Επίσης με το ενδεχόμενο της μόνωσης του κτηρίου μειώνεται κατά πολύ η θερμοχωρητικότητα του με αποτέλεσμα να μην συγκρατείται θερμότητα στα δομικά στοιχεία του. Τέλος σενάριο αντικατάστασης λαμπτήρων και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού δεν θα εξεταστεί καθώς όλοι οι λαμπτήρες είναι πρόσφατα αλλαγμένοι και είναι τύπου led χαμηλής κατανάλωσης. Η μόνη πρόταση που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί είναι η αλλαγή συσκευών χρήσης (εκτυπωτές, κλιματιστικά) βάση του προγράμματος του υπουργείου «αλλάζω συσκευή».

Η χρηματοοικονομική ανάλυση όλων των σεναρίων προκύπτει από την σχέση:

$\text{Χρόνος απόσβεσης επένδυσης (έτη)} = \text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης} + \text{Κόστος Συντήρησης} - \text{Λειτουργικό κόστος}$ . Στον τύπο αυτό συνυπολογίζεται η αξία του κάθε καυσίμου για κάθε έτος καθώς και η αξίες των παρεμβάσεων σύμφωνα με τον ετήσιο πληθωρισμό.

Για να μπορεί να είναι να αξιολογηθεί μια επένδυση προσιτή θα πρέπει το λειτουργικό κόστος να είναι πολύ μικρότερο σχετικά με το αρχικό κόστος λειτουργίας της υφιστάμενης κατάστασης. Τα έτη αποπληρωμής του κάθε σεναρίου δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 10 έτη, καθώς έτσι δεν προσεγγίζει τον ιδιοκτήτη του κτηρίου να προβεί σε μια διαδικασία παρέμβασης στο κτήριο.

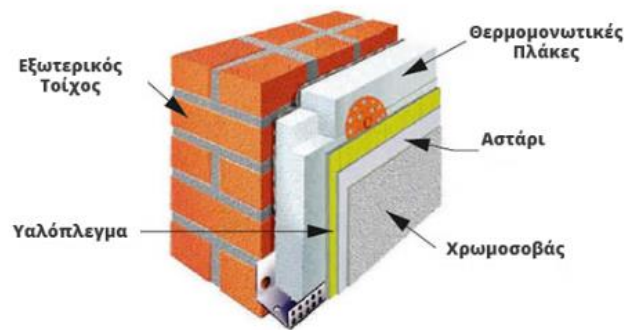
### 4.1 Θερμομόνωση κελύφους

Η ενίσχυση του κελύφους στο κάθε κτήριο είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εξοικονόμησης καθώς διατηρεί την θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου σταθερή. Οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται στα σενάρια της μόνωσης ποικίλουν όσο αφορά τα θερμομονωτικά υλικά. Το κρίσιμο σημείο όμως στην περίπτωση αυτή είναι η τεχνική εφαρμογή αυτών περιμετρικά του κελύφους. Διότι σημαντικά σημεία περιμετρικά του κτηρίου δημιουργούν διαδρόμους (θερμογέφυρες), όπου αυξάνεται η ροή μεταφοράς της θερμότητας από το κτήριο.

#### 4.1.1 Μόνωση Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων

##### 1<sup>ο</sup> Σενάριο Τοιχοποιίας:

Για την πραγματοποίηση της θερμομόνωσης στο κτήριο θα εξεταστεί σε όλη την περιμετρική τοιχοποιία και την οροφή του κτηρίου. Η συνολική επιφάνεια της περιμετρικής τοιχοποιίας είναι 935,83 m<sup>2</sup>, ενώ για την οροφή έχουμε 947,85 m<sup>2</sup>. Το κάθε κόστος είναι διαφορετικό διότι είναι διαφορετικές οι εργασίες που θα πραγματοποιηθούν και διαφορετικά τα υλικά στην κάθε περίπτωση. Η μόνη αλλαγή που θα πραγματοποιηθεί είναι η διαφοροποίηση των τιμών U των δομικών στοιχείων, θα προστεθεί το πάχος η τιμή λ του υλικού επιλογής. Η μεθοδολογία εγκατάστασης της μόνωσης στον υφιστάμενο τοίχο φαίνεται στο σχήμα 4.1



Σχήμα 4. 1:Στρώσεις Υλικών Τοιχοποιίας

Τα υλικά των στρώσεων μεθοδολογικά παραμένουν σχεδόν ίδια ανάλογα με την επιλογή του θερμομονωτικού υλικού που επιλέγεται. Για παράδειγμα, το αστάρι, τα υαλοπλέγματα και οι χρωμοσοβάδες παραμένουν ίδιοι για τις περισσότερες εφαρμογές. Μετά από έρευνα αγοράς και ζήτηση προσφορών για υλικά και εργασία σε εταιρίες μόνωσης και εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια επιλέχθηκε η πιο οικονομική σε σύγκριση με την ποιότητα.

Πίνακας 4. 1:Υλικά κάλυψης τοιχοποιίας

Υλικό	Διάσταση (mm)	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή / m <sup>2</sup>
Γραφιτούχα Πολυστερίνη	1000x500x50	m <sup>2</sup>	8,25
Υλικό επικόλλησης	-	kg/m <sup>2</sup>	1,61
Υαλόπλεγμα	1x50	m <sup>2</sup>	1,87
Βύσματα στερέωσης	70 mm	τεμάχιο	1,55
Βασικό επίχρισμα	-	kg/m <sup>2</sup>	2,3
Αστάρι πρόσφυσης	Συσκευασία 10lt	lt/m <sup>2</sup>	2,32
Τελικό επίχρισμα λευκού σοβά	Συσκευασία 18kgr	kg/m <sup>2</sup>	4,1
Σύνολο			22

[27]



Το συνολικό κόστος συνυπολογίζοντας την αύξηση των τιμών κατά 15% πάνω, υπολογίζοντας τα βύσματα στερέωσης βάση των τετραγωνικών των τοίχων θα προκύψει,

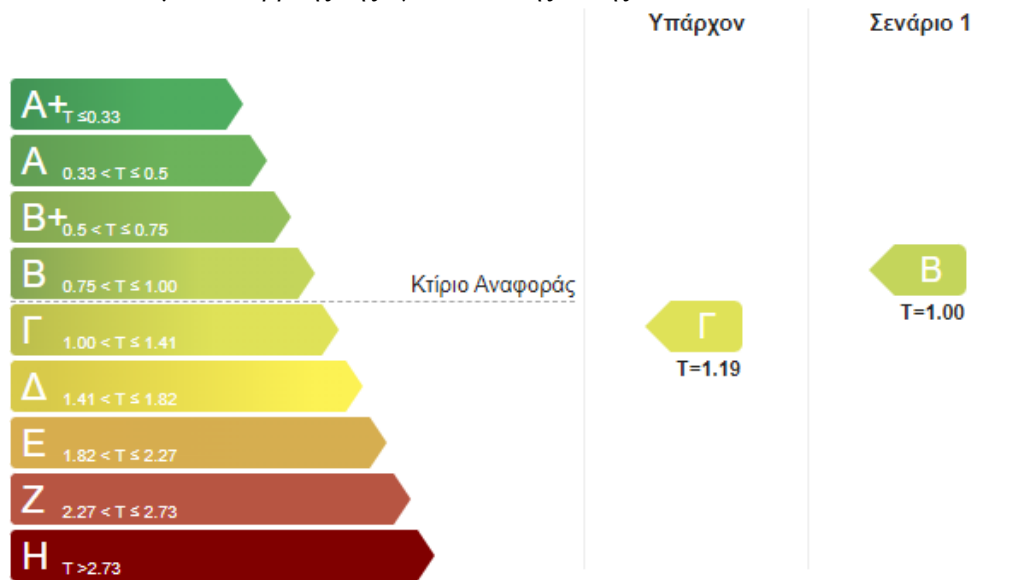
Πίνακας 4. II: Κόστος Υλικών και Εγκατάστασης

Υλικό	Κόστος €/m <sup>2</sup>
Πλάκες Πολυστερίνης	8,25 €/m <sup>2</sup>
Υλικό επικόλλησης	1,61€/m <sup>2</sup>
Υαλόπλεγμα	1,87€/m <sup>2</sup>
Βύσματα στερέωσης (5τμ)	1,55€/m <sup>2</sup>
Βασικό επίχρισμα	2,3€/m <sup>2</sup>
Αστάρι πρόσφυσης	2,32€/m <sup>2</sup>
Τελικό επίχρισμα λευκού σοβά	4,1€/m <sup>2</sup>
Εργασία	18€/m <sup>2</sup>

Συνολικός κόστος επένδυσης τοιχοποιίας ανά τετραγωνικό μέτρο 22€/m<sup>2</sup> + 18€/m<sup>2</sup> , εφόσον το κόστος για το κάθε τετραγωνικό είναι γνωστό πολλαπλασιάζεται με τα συνολικά τετραγωνικά καθαρής περιμετρικής τοιχοποιίας.

**Άρα το κόστος είναι (22+18)\* 935,83 m<sup>2</sup>=37.433,2 €**

Τα αποτελέσματα επιρροής της εγκατάστασής αυτής είναι :



Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 Σενάριο 1
Θέρμανση	62.7	91.8	66.8
Ψύξη	13.9	13.0	14.8
ZNX	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	43.4	38.0	38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7	119.5
Κατάταξη	-	Γ	B
T=EP/R <sub>R</sub>		1.19	1.00

Σχήμα 4. 2: Π.Ε.Α Σεναρίου 1

Είναι άμεσα αποδοτική η χρήση της μόνωσης στην τοιχοποιία και το πόσο επηρεάζει την συμπεριφορά του κτηρίου. Από τα 91,8 kWh/(m<sup>2</sup>a) έχει φτάσει τα 66,8 kWh/(m<sup>2</sup>a), στην ετήσια αναλογία είναι μια μεγάλη τιμή εξοικονόμησης καθώς το κτήριο χρησιμοποιείται περισσότερο την χειμερινή περίοδο. Η κατανάλωση για την θέρμανση έχει φτάσει σχεδόν την τιμή του κτηρίου αναφοράς, έχοντας κάνει παρέμβαση μόνο στην τοιχοποιία του κτηρίου. Αρκετές απώλειες παραμένουν από την οροφή του κτηρίου, άρα θα πρέπει να γίνει μια συνολική μόνωση σε ολόκληρο το κτήριο. Το λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση είναι 8.005,1 €, με εκτιμώμενο έτος αποπληρωμής 20 έτη.

## 2° Σενάριο Οροφή

Επίσης θα εφαρμοστεί η πλήρη μόνωση του κτηρίου συνεχίζοντας με την οροφή, όπου η διάταξη των υλικών παραμένει ίδια με της τοιχοποιία. Επιπρόσθετα όμως θα είναι τα ασφαλτόπανα, τα υδρομονωτικά και το ελαφρομεπτόν κλίσης για την αποβολή υδάτων.

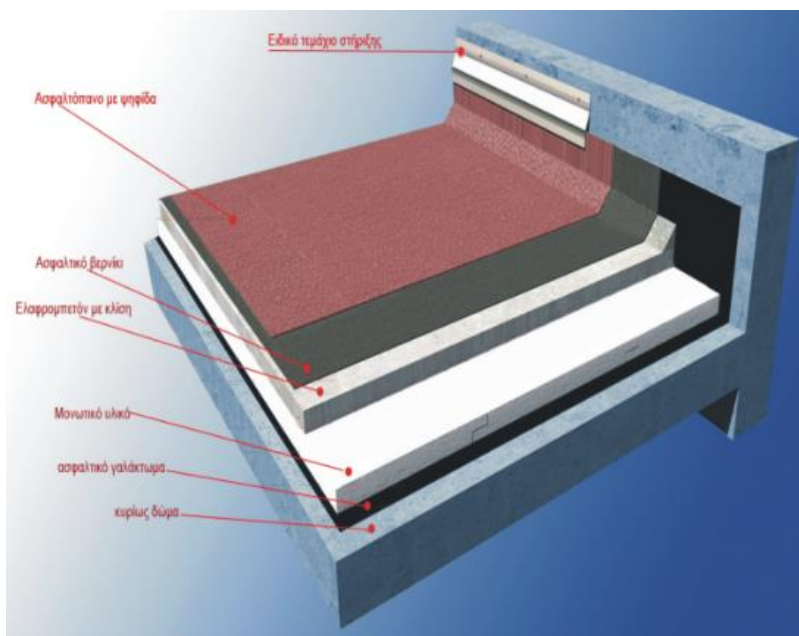
Πίνακας 4. III: Διάταξη Μόνωσης Οροφής

Υλικό	Διάσταση (mm)	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή / m <sup>2</sup>
Γραφιτούχα Πολυστερίνη	1000x500x50	m <sup>2</sup>	8,25
Υλικό επικόλλησης	-	kgr	1,61
Υαλόπλεγμα	1x50m	m <sup>2</sup>	1,74
Βασικό επίχρισμα	-	kgr	4,59
Εποξειδικό αστάρι νερού		kgr	2,40
Αστάρι πρόσφυσης	Συσκευασία 10lt	lt/m <sup>2</sup>	3,16
Ασφαλτόπανα	1x50m	kgr/m <sup>2</sup>	8,25
Σύνολο			30

Συνοπτικά οι καινούριες τιμές μετά τις αυξήσεις της αγοράς είναι +15%

Πίνακας 4. IV: Κόστη Εγκατάστασης Οροφής

Υλικό	Κόστος €/m <sup>2</sup>
Πλάκες Πολυστερίνης	8,25 €/m <sup>2</sup>
Υλικό επικόλλησης	1,61€/m <sup>2</sup>
Υαλόπλεγμα	1,87€/m <sup>2</sup>
Βύσματα στερέωσης (5τμ)	1,55€/m <sup>2</sup>
Βασικό επίχρισμα	2,3€/m <sup>2</sup>
Αστάρι πρόσφυσης	2,32€/m <sup>2</sup>
Ασφαλτόπανο	8,25€/m <sup>2</sup>
Εργασία	18€/m <sup>2</sup>



Σχήμα 4. 3: Στρώσεις Μόνωσης Οροφής [27]

Συνολικός κόστος επένδυσης οροφής ανά τετραγωνικό μέτρο  $30\text{€/m}^2 + 20\text{€/m}^2$  , εφόσον το κόστος για το κάθε τετραγωνικό είναι γνωστό πολλαπλασιάζεται με τα συνολικά τετραγωνικά καθαρής επιφάνειας της οροφής.

**Άρα το κόστος είναι  $50 * 947,85 \text{ m}^2 = 47.392,5 \text{ €}$**

Τα αποτελέσματα επιρροής της εγκατάστασής μεμονωμένης μόνωσης οροφής είναι  $55 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  πρωτογενούς ενέργειας και το λειτουργικό κόστος διαμορφώνεται στα  $5.937,6 \text{ €/έτος}$ , με εκτιμώμενο έτος αποπληρωμής τα 12 έτη.

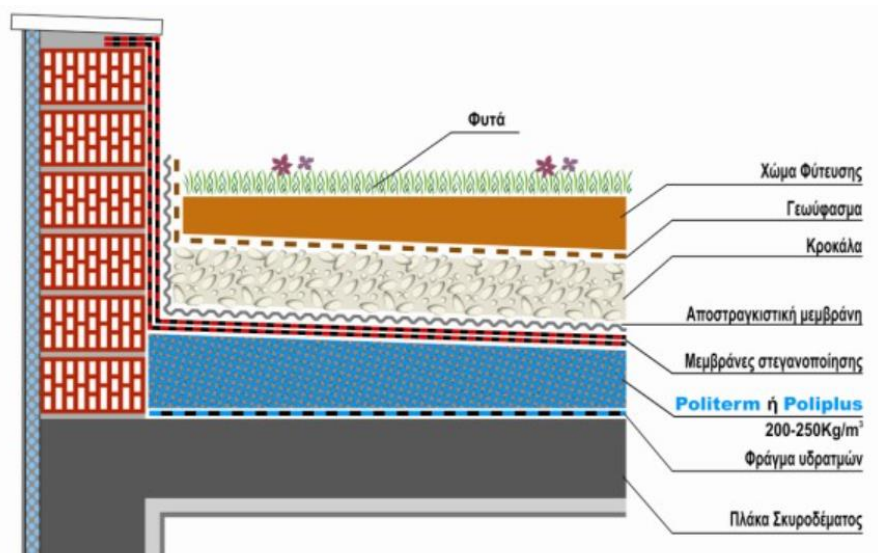
Πίνακας 4. V: Πλήρως μονωμένο Κτήριο

	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	$\text{m}^2$	<b>1804,7</b>
<b>Θέρμανση χώρου</b>	Απαίτηση θέρμανσης	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	<b>55</b>
	Φορτίο θέρμανσης	$\text{W}/\text{m}^2$	<b>33</b>

Η τεχνολογία της μόνωσης θωρακίζει το κτήριο και προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας διότι η που ισούται κατά  $37 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$  πρωτογενούς ενέργειας. Είναι λοιπόν από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους εξοικονόμησης αλλά με κόστος επένδυσης αρκετά υψηλό. Η αποπληρωμή θα πραγματοποιηθεί περίπου το 12<sup>ο</sup> έτος. Για την πλήρη μόνωση του κτηρίου θα χρειαστεί συνολικά  $84.825,7 \text{ €}$  και συνολική εξοικονόμηση  $62,2 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$  πρωτογενούς ενέργειας. Σχεδόν το 40% της αρχικής τιμής, με μεγάλο αρχικό κόστος αλλά επίσης μεγάλη απόσβεση ανά έτος.

### 3<sup>ο</sup> Σενάριο Φύτεμα Δώματος

Τέλος, υπάρχει εναλλαγή μόνωσης της οροφής με φυτεύματα, μια τεχνολογία που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια να υπάρχει στις νέες κατασκευές. Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται λίγο πιο λεπτομερώς η μόνωση της ταράτσας δίνοντας έμφαση και στην εμφάνιση αλλά και στις ιδιότητες που έχει. Για παράδειγμα την γρήγορη απορρόφηση του νερού της βροχής και την εκμετάλλευση θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων. Παράλληλα διαμορφώνει την οροφή ως ένα χώρο πιο προσβάσιμο και πιο βιώσιμο για το σχολείο.



Σχήμα 4. 4: Στρώσεις Μόνωσης Φυτεμένου Δώματος

Στην περίπτωση αυτή της εγκατάστασης αλλάζει η μεθοδολογία των στρώσεων των υλικών στην οροφή. Διότι εξαιτίας της απορροφηκότητας του χώματος συγκρατείτε περισσότερο υγρασία στην επιφάνεια την οροφής. Για αυτό χρησιμοποιούνται οι αποστραγγιστικές και στεγανοποιητικές μεμβράνες, για να μην υπάρχει εισροή υγρασίας στο κτήριο.

Πίνακας 4. VI: Θερμοπερατότητα Φυτεμένου Δώματος Οροφής

Τμήμα Επιφάνειας	$\lambda$ [W/(mK)]	Πάχος [mm]				
Εσωτερικό επίχρισμα	0,350	15	Ri=0,17 m <sup>2</sup> K/W]	Ra=0,04 m <sup>2</sup> K/W]	Συνολικό πάχος = 53,3cm	U= 0,365 W/(m <sup>2</sup> K)
Πλάκα	0,580	300				
Φράγμα Υδρατμών	0,100	20				
Μόνωση	0,031	50				
Μεμβράνη στεγάνωσης	0,170	3				
Αποστραγγιστική μεμβράνη	0,100	5				
Κροκάλα	1,300	60				
Χώμα	2,000	80				

Συνολικού Πάχους 53,3cm

Συντελεστής θερμοπερατότητας U= 0,365W/(m<sup>2</sup>K)

Το κόστος στην προκειμένη περίπτωση ανέρχεται στα 49 €/m<sup>2</sup>, συνυπολογίζεται η ακρίβεια των υλικών εγκατάστασης.

**Άρα το κόστος είναι : 55€\*947,85 m<sup>2</sup> = 52.131,8 €**

Πίνακας 4. VII: Αποτελέσματα Κατανάλωσης Ενέργειας Φυτεμένου Δώματος Οροφής

	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	m <sup>2</sup>	<b>1804,7</b>
<b>Θέρμανση χώρου</b>	Απαίτηση θέρμανσης	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>52</b>
	Φορτίο θέρμανσης	W/m <sup>2</sup>	<b>32</b>

Προσφέρει εξοικονόμηση 40 kWh/m<sup>2</sup>a πρωτογενούς ενέργειας για την θέρμανση του κτηρίου. Η διαφορά με το προηγούμενο σενάριο μόνωσης της ταράτσας είναι ότι αλλάζει η λειτουργία χρήσης της και η όψη γενικότερα του σχολείου. Το λειτουργικό κόστος υπολογίζεται στα 4.948€ με εκτιμώμενο χρόνο απόσβεσης τα 10 έτη.

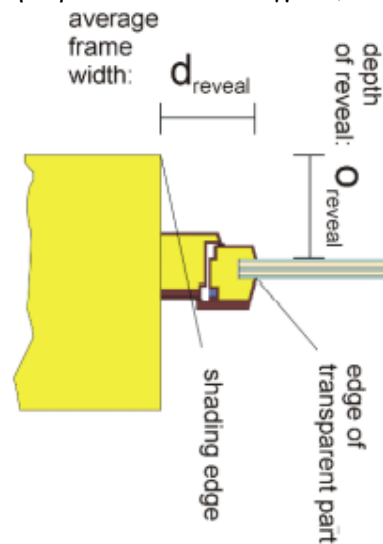
#### 4° Σενάριο Τοποθέτηση Συστημάτων Σκίασης

Στο σενάριο αυτό θα εγκατασταθούν περσίδες σκίασης για τα ανοίγματα του κτηρίου, υπολογίζοντας πως οι πλευρές που έχουν περισσότερο ανάγκη για σκίαση κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Γνωρίζοντας από το πίνακα των κλιματικών δεδομένων, τα ετήσια κέρδη θέρμανσης θα γίνουν οι κατάλληλες τοποθετήσεις σκίασης. Το σενάριο των συστημάτων σκίασης απευθύνεται κατά κύριο λόγο στις ημέρες με υψηλή ακτινοβολία για την αποφυγή υπερθέρμανσης των αιθουσών. Η χρονική περίοδος χρήσης του σεναρίου θα γίνει χρήσιμη κατά του μήνες Απρίλιο έως αρχές Ιουνίου και για Σεπτέμβριο έως Νοέμβριο. Όπου και το σχολείο λειτουργεί κανονικά πριν κλείσει για τις διακοπές του καλοκαιριού. Θα τοποθετηθούν περσίδες 45° σε όλες τις πλευρές εκτός των βορεινών κουφωμάτων. Ο σκοπός του σεναρίου είναι να μειώσει την πιθανότητα υπερθέρμανσης του εσωτερικού χώρου χωρίς να απορρίπτει τα ηλιακά κέρδη τις ηλιόλουστες μέρες.

Πίνακας 4. VIII: Εγκατάσταση Συστήματος Σκίασης

Ύψος αντικειμένου σκίασης	Οριζόντια απόσταση	Βάθος πλευρικής προεξοχής κουφώματος	Απόσταση από αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα έως πλευρική	Βάθος οριζόντιας προεξοχής	Απόσταση από άνω αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα έως οριζόντια	Πρόσθετος μειωτικός συντελεστής για σκίαση το γειωμένα	Πρόσθετος μειωτικός συντελεστής για σκίαση το καλοκαίρι	Μειωτικός συντελεστής z για προσωρινή ηλιακή προστασία	Ρυθμιζόμεν η /
h <sub>Hori</sub> [m]	d <sub>Hori</sub> [m]	o <sub>Reveal</sub> [m]	d <sub>Reveal</sub> [m]	o <sub>over</sub> [m]	d <sub>over</sub> [m]	Γ <sub>other,w</sub> [%]	Γ <sub>other,s</sub> [%]	z [%]	
0,30	0,30	0,20	0,120	1,00	0,43	100%	100%	12%	x
1,02	0,30	0,20	0,120	1,00	1,09	100%	100%	12%	x
0,19	0,30	0,20	0,120	1,00	0,33	100%	100%	12%	x
1,02	0,30	0,20	0,120	1,00	1,09	100%	100%	12%	x
2,50	0,30	0,20	0,120	1,00	2,43	100%	100%	12%	x
2,50	0,30	0,20	0,120	1,00	2,43	100%	100%	12%	x
1,13	0,30	0,20	0,120	1,00	1,19	100%	100%	12%	x
0,19	0,30	0,20	0,120	1,00	0,33	100%	100%	12%	x
1,02	0,30	0,20	0,120	1,00	1,09	100%	100%	12%	x
1,18	0,30	0,20	0,120	1,00	1,23	100%	100%	12%	x
2,88	0,30	0,20	0,120	1,00	2,78	100%	100%	12%	x
1,07	0,30	0,20	0,120	1,00	1,13	100%	100%	12%	x
0,30	0,30	0,20	0,120	1,00	0,43	100%	100%	12%	x
1,13	0,30	0,20	0,120	1,00	1,19	100%	100%	12%	x
2,61	0,30	0,20	0,120	1,00	2,53	100%	100%	12%	x

Η μεθοδολογία εισαγωγής δεδομένων έγινε χρήση του πίνακα 3.22 της TOTEE20701-1\_2017 και υπολογιστικά βάση της οδηγίας (Passive House Institute, 2016) . Το ύψος του αντικειμένου είναι ίσο με το ύψος του υαλοπίνακα συνυπολογίζοντας ένα 10% λόγο κατασκευαστικής εγκατάστασης. Παραδειγματικός υπολογισμός:  $h_{\text{Hor}} = 0,93 * 10\% \Rightarrow h_{\text{Hor}} = 1,02 \text{ m}$ . Η οριζόντια απόσταση  $d_{\text{hor}}$  είναι η απόσταση που θα έχει η περσίδα από το άνοιγμα 0,30m.



Σχήμα 4. 5: Τοποθέτηση Περσίδας

Στο σχήμα φαίνονται οι διαστάσεις των πλευρικών προεξοχών,  $O_{\text{Reveal}}$  βάθος πλευρικής προεξοχής και  $d_{\text{Reveal}}$  απόσταση από αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα έως την πλευρική προεξοχή. Στην προκυμμένη περίπτωση είναι σταθερό  $O_{\text{Reveal}} = 0,20\text{m}$  και  $d_{\text{Reveal}} = 0,12\text{m}$  σταθερές τιμές. Οι τιμές υπολογισμού  $O_{\text{over}}$  σύμφωνα με την οδηγία TOTEE20701-1\_2017 και τον πίνακα 3.20 σελίδα 89 λαμβάνεται ως 1.



Σχήμα 4. 6: Σκαρίφημα Τοποθέτησης Περσίδας

Επιπρόσθετα για την τιμή  $d_{\text{over}}$  είναι η απόσταση της προεξοχής από την άνω άκρη του υαλοπίνακα, τυπικά το ύψος από το πρέκι του κουφώματος προσθέτοντας το πλάτος του πλαισίου του κουφώματος. Άρα στο ύψος του υαλοπίνακα προστίθεται το πλαίσιο του κουφώματος και προκύπτει η τιμή  $d_{\text{over}}$ .

Πίνακας 4. IX: Τύποι Περσιδών

Τύπος συστήματος σκίασης	Μονωμένος τριπλός υαλοπίνακας		Μονωμένος διπλός υαλοπίνακας	
	Εξωτερική θέση	Εσωτερική θέση	Εξωτερική θέση	Εσωτερική θέση
Περσίδες, κάθετα λάμελα	0.06	0.7	0.07	0.6
Περσίδες, λάμελα 45°	0.1	0.75	0.12	0.65
Ρολά περσιδών / τέντες, λευκό	0.24	0.6	0.25	0.5
Ρολά περσιδών / τέντες, γκρι	0.12	0.8	0.14	0.75
Μεμβράνη	-	0.6	-	0.5

Η τιμή του συντελεστή αυτού συμπίπτει με την τιμή του πίνακα 3.22 από την τεχνική οδηγία TOTEE20701-1\_2017 .

Πίνακας 4. X: Συντελεστές Σκίασης

Τύπος περσιδών	Γωνία $\delta$	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
			N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
Σταθερές οριζόντιες	30°	θέρμανσης	0,65	0,65	0,64	0,64	0,65
		ψύξης	0,51	0,57	0,61	0,62	0,64
Σταθερές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,36	0,39	0,44	0,45	0,49
Κινητές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,03	0,07	0,12	0,23	0,41

Οι συντελεστές υπολογισμούς  $\Gamma_{other,w}$  [%] λαμβάνεται υπόψιν ως 100% αν δεν παρεμποδίζει κάποιο κάγκελο μπαλκονιού ή δέντρο στην σκίαση κατά την χειμερινή περίοδο . Την ίδια τιμή θα έχει και ο συντελεστής  $\Gamma_{other,s}$  [%] όπου είναι για το καλοκαίρι και αναφέρεται κυρίως σε φυλλοβόλα δέντρα που λιγοστεύει η σκίαση του την θερινή περίοδο. Τέλος για τον προσωρινό συντελεστή  $z$  λαμβάνεται από τον πίνακα της οδηγία [26]:



Πίνακας 4. XI: Αποτελέσματα Τοποθέτησης

Μειωτικοί συντελεστές για σκίαση το χειμώνα				Μειωτικοί συντελεστές για σκίαση το καλοκαίρι				
Οριζόντας	Πλευρική προεξοχή	Οριζόντια προεξοχή	Συνολικά για την περίοδο θέρμανσης	Οριζόντας	Πλευρική προεξοχή	Οριζόντια προεξοχή	Συνολικά για την περίοδο ψύξης	Συνολικά για το φορτίο ψύξης
$r_H$ [%]	$r_R$ [%]	$r_O$ [%]	$r_S$ [%]	$r_H$ [%]	$r_R$ [%]	$r_O$ [%]	$r_{S,1}$ [%]	$r_{S,2}$ [%]
50%	97%	66%	32%	79%	96%	28%	6%	4%
14%	99%	86%	12%	50%	98%	61%	9%	6%
71%	97%	57%	39%	86%	96%	25%	6%	4%
22%	95%	83%	17%	25%	98%	86%	6%	4%
10%	96%	94%	9%	31%	95%	89%	8%	5%
10%	96%	94%	9%	31%	94%	89%	8%	5%
13%	93%	87%	11%	47%	92%	65%	8%	6%
71%	99%	57%	40%	86%	98%	25%	6%	4%
14%	97%	86%	12%	50%	96%	61%	9%	6%
21%	89%	85%	16%	24%	96%	89%	6%	4%
19%	95%	93%	17%	21%	98%	97%	6%	4%
21%	96%	83%	17%	25%	99%	87%	6%	4%
48%	95%	60%	28%	55%	98%	55%	9%	6%
21%	91%	84%	16%	24%	97%	88%	6%	4%
19%	83%	92%	15%	21%	94%	97%	6%	4%

Οι υπολογισμοί βασίζονται στο γεωγραφικό που είναι 37,9°

Πίνακας 4. XII: Υφιστάμενη Κατάσταση

Προσανατολισμός	Υαλοπίνακας επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]	Μειωτικός συντελεστής χειμώνα $r_v$	Μειωτικός συντελεστής ψύξης $r_{v,1}$	Μειωτικός συντελεστής φορτίου ψύξης $r_{v,2}$	Ηλιακό φορτίο [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>υαλοπίνακα</sub> Χ)]
Βορράς	50,93	75%	100%	100%	246
Ανατολή	36,63	75%	100%	100%	631
Νότος	36,31	75%	100%	100%	735
Δύση	30,16	75%	100%	100%	714

Πίνακας 4. XIII: Παρέμβαση Περιδίων

Προσανατολισμός	Υαλοπίνακας επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]	Μειωτικός συντελεστής χειμώνα $r_v$	Μειωτικός συντελεστής ψύξης $r_{v,1}$	Μειωτικός συντελεστής φορτίου ψύξης $r_{v,2}$	Ηλιακό φορτίο [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>υαλοπίνακα</sub> Χ)]
Βορράς	50,93	75%	100%	100%	246
Ανατολή	36,63	17%	6%	4%	40
Νότος	36,31	15%	8%	6%	58
Δύση	30,16	17%	6%	4%	45

Οι μειωτικοί συντελεστές σκίασης για Ανατολή , Νότο και Δύση έχουν αυξηθεί περίπου 20% ενώ το ηλιακό φορτίο έχει αυξηθεί για όλες τις κατευθύνσεις. Το ηλιακό φορτίο κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης λαμβάνεται ως κριτήριο μεθοδολογίας δομικού στοιχείου.

Τέλος επηρεάζει την τιμή της απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας θέρμανσης καθώς δεν εκμεταλλεύεται τα ηλιακά κέρδη το κτήριο. Ενώ έχει μειωθεί η απαίτηση ψύξης και αφύγρανσης.

Πίνακας 4. XIV : Αποτελέσματα Σεναρίου Σκίασης

	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	m <sup>2</sup>	<b>1804,7</b>
<b>Θέρμανση χώρου</b>	Απαιτήση θέρμανσης	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>98</b>
	Φορτίο θέρμανσης	W/m <sup>2</sup>	<b>52</b>
<b>Ψύξη χώρου</b>	Απαιτήση ψύξης και αφύγρανσης	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>1563</b>

Κόστος περσίδων 300€/m<sup>2</sup> Βάση έρευνα αγοράς εταιριών , Νίκος Σπαθάκης.

Συνολικό κόστος για εγκατάσταση για την επιφάνεια των ανοιγμάτων σε όλες τις κατευθύνσεις εκτός του βορρά είναι :

$$\text{Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων } 84\text{m}^2 * 300\text{€} = 25.200\text{€}$$

Ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης για το υφιστάμενο κέλυφος είναι 34, ξεπερνάει τις ρεαλιστικές τιμές καθώς το λειτουργικό κόστος παραμένει σχεδόν ίδιο με την μόνη διαφορά ότι η ζήτηση για ψύξη του χώρου είναι λιγότερη. Αυτό καθιστά το σενάριο ως μη προσεγγιστικό για να εφαρμοστεί στο κτήριο.

#### 4.1.2 Μόνωση Διαφανών Δομικών Στοιχείων

##### 5° Σενάριο Αλλαγή Κουφωμάτων Μονών Υαλοπινάκων με Σιδερένιο πλαίσιο

Συνεχίζοντας να εξετάζονται τα σενάρια για την θωράκιση του κελύφους θα αλλαχθούν τα κουφώματα από τα οποία προκύπτουν και οι περισσότερες απώλειες. Το κτήριο διαθέτει δύο είδη κουφωμάτων στην μελέτη περίπτωσης, τα μεταλλικού πλαισίου με μονό υαλοπίνακα και τα αλουμινένιου πλαισίου με διπλό υαλοπίνακα. Ως προτεραιότητα είναι να αντικατασταθούν τα πλαίσια με τους μονούς υαλοπίνακες καθώς από αυτά προκύπτουν οι περισσότερες απώλειες. Οι επιλογές που θα γίνουν είναι από τον πίνακα 10 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2 2017 , οι αλλαγές που θα γίνουν είναι μόνο στις τιμές των  $U_f$  ,  $U_g$  ,  $g$ .

Πίνακας 4. XV: Τυπικές τιμές Συντελεστή Θερμοπερατότητας

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Μεταλλικό πλαίσιο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Τιμή  $U_f = 1,0 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$

Στην συνέχεια επιλέγεται η αλλαγή των υαλοπινάκων από μονούς σε διπλούς με χαμηλή ικανότητα επίστρωσης από τον πίνακα:

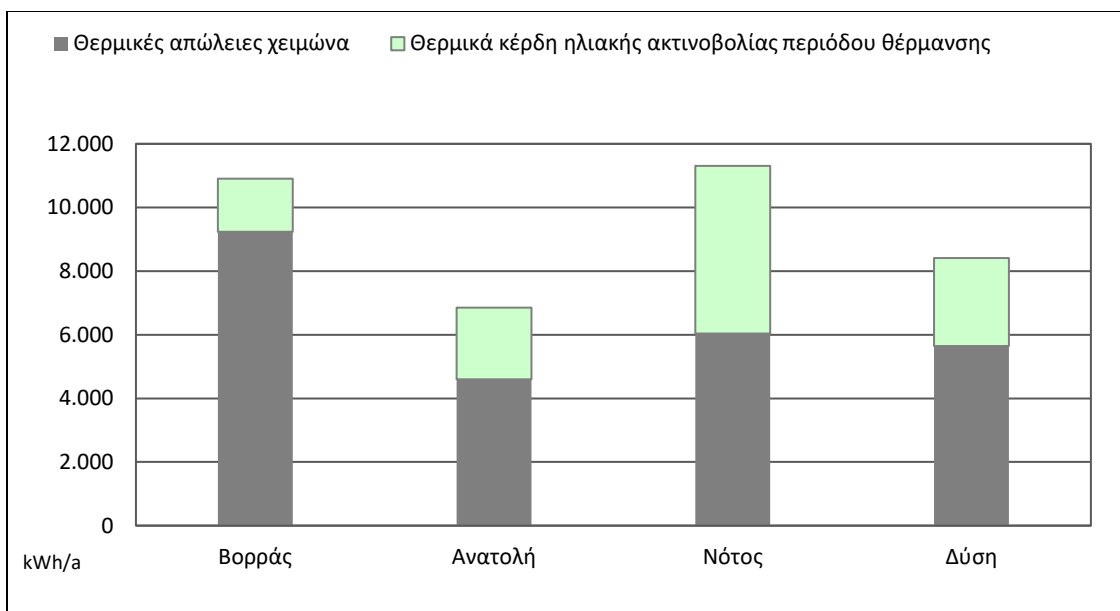
Πίνακας 4. XVI: Τύπος Υαλοπίνακας

Τύπος υαλοπίνακα	g	g <sub>gl</sub>
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68
Υαλότουβλα	0,30	0,27

Τέλος η τιμή  $U_g$  για τον τύπο του υαλοπίνακα επιλέχθηκε από τον πίνακα 3.8 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε20701-1 2017

Τύπος υαλοπίνακα	$U_g$
	[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 ( $\epsilon = 0,10$ )	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	1,80
Υαλότουβλα	3,50

Οι τιμές που προκύπτουν από την αλλαγή των συγκεκριμένων κουφωμάτων διαφέρουν κατά πολύ σε σύγκριση με τις προηγούμενες τιμές. Να τονιστεί πως οι απώλειες λόγω των θερμογεφυρών έχουν μειωθεί κατά πολύ και αυτό συμβάλει στο τελικό αποτέλεσμα. Αλλάζονται τα κουφώματα, μόνο τα σιδερένια με μονό υαλοπίνακα προκύπτουν τα αποτελέσματα συγκριτικά των απωλειών από το παρακάτω διάγραμμα:

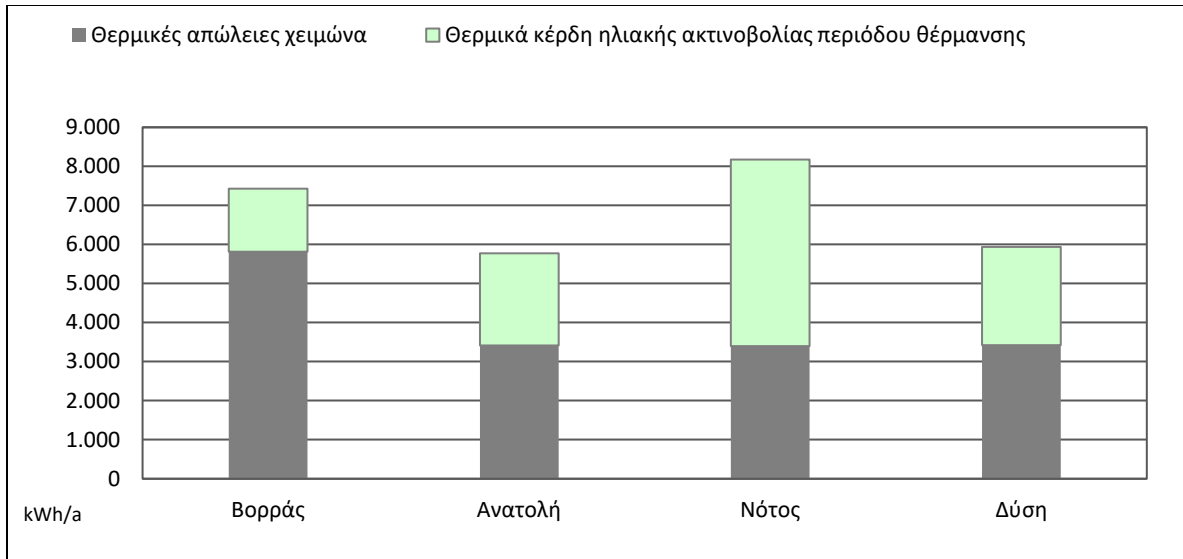


Γράφημα 4. 1:Θερμικών απωλειών / ηλιακών κερδών πριν την αλλαγή κουφωμάτων

Πίνακας 4. XVII : Θερμικές Απώλειες/Θερμικά Κέρδη

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	Θερμικές απώλειες χειμώνα	Θερμικά κέρδη ηλιακής ακτινοβολίας περιόδου θέρμανσης
	kWh/a	kWh/a
Βορράς	<b>9231</b>	<b>1677</b>
Ανατολή	<b>4598</b>	<b>2251</b>
Νότος	<b>6037</b>	<b>5273</b>
Δύση	<b>5645</b>	<b>2766</b>
ΣΥΝΟΛΟ	<b>25511</b>	<b>11967</b>

Οι περισσότερες απώλειες υπάρχουν στα Βόρεια κουφώματα εξαιτίας της κατεύθυνσης αυτής, στην συνέχεια τα περισσότερα ηλιακά κέρδη είναι στην κατεύθυνση του Νότου. Φυσιολογική αναλογία, βάση των κλιματικών δεδομένων που επικρατούν στην κλιματική ζώνη που εξετάζεται.



Γράφημα 4. 2: Θερμικές Απώλειες/ Κέρδη Αλλαγής Κουφωμάτων

Πίνακας 4. XVIII: Θερμικές Απώλειες/Θερμικά Κέρδη Παρέμβασης

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	Θερμικές απώλειες χειμώνα	Θερμικά κέρδη ηλιακής ακτινοβολίας περιόδου θέρμανσης
	kWh/a	kWh/a
Βορράς	<b>5818</b>	<b>1613</b>
Ανατολή	<b>3413</b>	<b>2356</b>
Νότος	<b>3393</b>	<b>4777</b>
Δύση	<b>3425</b>	<b>2515</b>
ΣΥΝΟΛΟ	<b>16048</b>	<b>11261</b>

Μείωση κατά περίπου 1800 kWh/a από τις βόρειες επιφάνειες του κτηρίου, εκεί που παρουσιάζονται και οι περισσότερες απώλειες εξαιτίας του βορεινού σημείου. Ίσως να μπορούσαν τα αποτελέσματα να είναι μεγαλύτερα βάση των κουφωμάτων που τοποθετήθηκαν. Να τονιστεί όμως, πως τα περισσότερα κουφώματα στην βορεινή πλευρά είναι ήδη τα διπλά αλουμινίου, του υφιστάμενου κτηρίου. Παρατηρείται επίσης πως τα ηλιακά κέρδη μειώνονται λόγω των ενεργειακών υαλοπινάκων που δεν επιτρέπουν την μεγάλη ποσότητα ακτινοβολίας να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου.

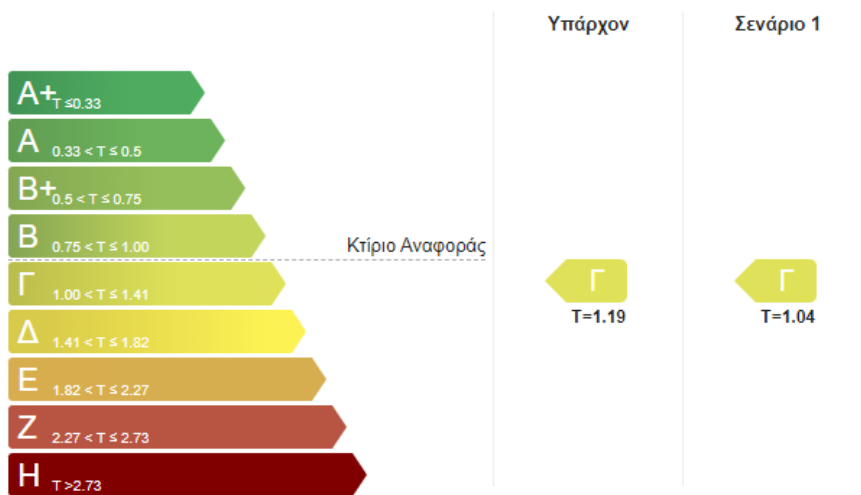
Συμπερασματικά οι θερμικές απώλειες μειώνονται 9.463 kWh/a ενώ τα θερμικά κέρδη μειώνονται 706 kWh/a, πράγμα που δεν θα ιδανικά να συμβεί. Η απαίτηση θέρμανσης είναι 73,3 kWh/m<sup>2</sup>a. Η ετήσια απαίτηση θέρμανσης μειώνεται κατά 18,5 kWh/m<sup>2</sup>a πρωτογενούς ενέργειας ενώ η ψύξη παραμένει σταθερή. Ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης στην προκειμένη περίπτωση λόγω των πολλών τετραγωνικών μέτρων αλλά και της μεγάλης αξίας των κουφωμάτων ανέρχεται περίπου στα 33 έτη. Αριθμός πολύ μεγάλος και αποθαρρύνει την επιλογή του σεναρίου αλλαγής

όλων των κουφωμάτων. Ο μόνος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι διότι το σενάριο εξετάζεται μεμονωμένα και οι απώλειες λόγω των δομικών στοιχείων παραμένουν σταθερές.

Πίνακας 4. XIX: Ανάλυση Οικονομικών στοιχείων Κουφωμάτων

#### Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1
Λειτουργικό κόστος (€)	7334.8	9932.0	8456.9
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			49654.5
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			18.1
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			12.7
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			3.0
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			4.3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			33.7



#### Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

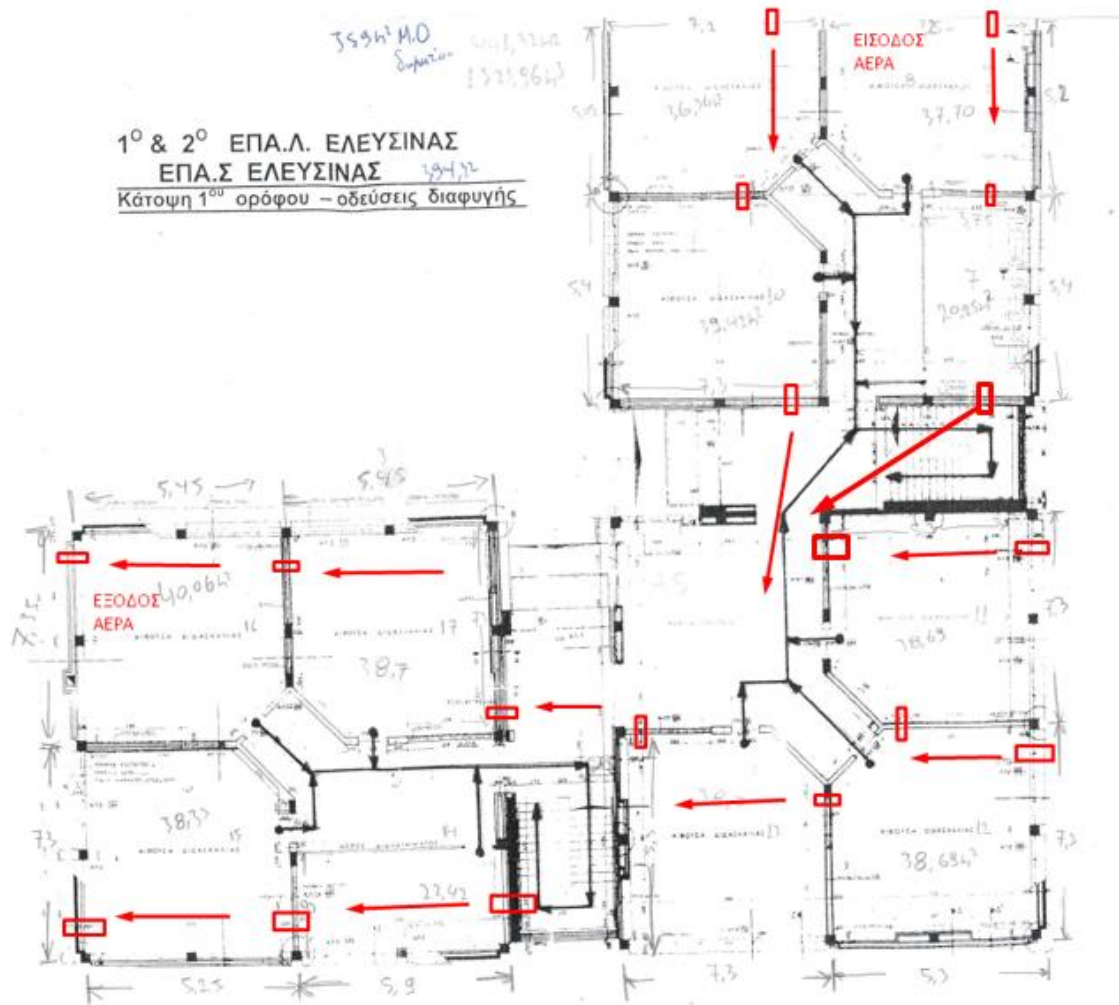
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 ΑΛΛΑΓΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ
Θέρμανση	62.7	91.8	73.3
Ψύξη	13.9	13.0	13.4
ZNX	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	43.4	38.0	38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7	124.6
Κατάταξη	-	Γ	Γ
T=EP/R <sub>R</sub>		1.19	1.04

Σχήμα 4. 7: Π.Ε.Α Σεναρίου Κουφωμάτων

## 4.2 Αλλαγή Συστημάτων Λειτουργίας Κτηρίου

### Σενάριο 6° Εγκατάσταση συστημάτων αερισμού με ανάκτηση θερμότητας

Τα συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας είναι πλήρως απαραίτητα για τον χώρο που συσσωρεύονται πολλά άτομα. Ειδικά μετά την εποχή covid-19 όπου ήταν απαραίτητα ανοιχτά τα παράθυρα στις τάξεις. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την αλλαγή του εσωτερικού αέρα με φρέσκο φιλτραρισμένο και με μικρή θερμοκρασιακή διαφορά με τον εσωτερικό. Για να υπάρχει μια ροή του αέρα στο κτήριο και παράλληλα στις σχολικές αίθουσες για τοποθετηθούν μεταξύ των αιθουσών και των εξωτερικό τοίχων, πιο συγκεκριμένα:



Σχήμα 4. 8: Κάτοψη 1<sup>ου</sup> Ορόφου Κτηρίου

Η ροή του αέρα μπορεί να καθοριστεί από το χρήστη, στην κάτοψη του 1<sup>ου</sup> ορόφου φαίνεται η ροή που θα ακολουθεί ο αέρας για την εισαγωγή και την εξαγωγή. Πρώτα πραγματοποιείται εξαγωγή του αέρα για 90 sec. Ο κεραμικός εναλλάκτης διατηρεί την θερμοκρασία του αέρα εξαγωγή και στην συνέχεια κατά την εισαγωγή μεταδίδει την θερμοκρασία αυτή στον αέρα εισαγωγής. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η θερμοκρασιακή διαφορά του εξωτερικού με τον

εσωτερικό αέρα, άρα και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης του αέρα. Η εισαγωγή του αέρα γίνεται στο 1<sup>ο</sup> όροφο είναι από τον Βορράς και η εξαγωγή γίνεται στην Δυτική μεριά. Ενώ του ισόγειου είναι από τ

Σύμφωνα με το όγκο αέρα της κάθε αίθουσας προκύπτει ένας μέσος όρος

$$\frac{(39,36 + 37,7 + 39,42 + 20,25 + 38,69 + 38,69 + 38,7 + 22,42 + 38,7 + 38,33 + 40,1)^3}{11}$$

=>Μέσος όρος όγκου δωματίου = 34,04 m<sup>2</sup> \* 3m το ύψος του δωματίου 102,1m<sup>3</sup>

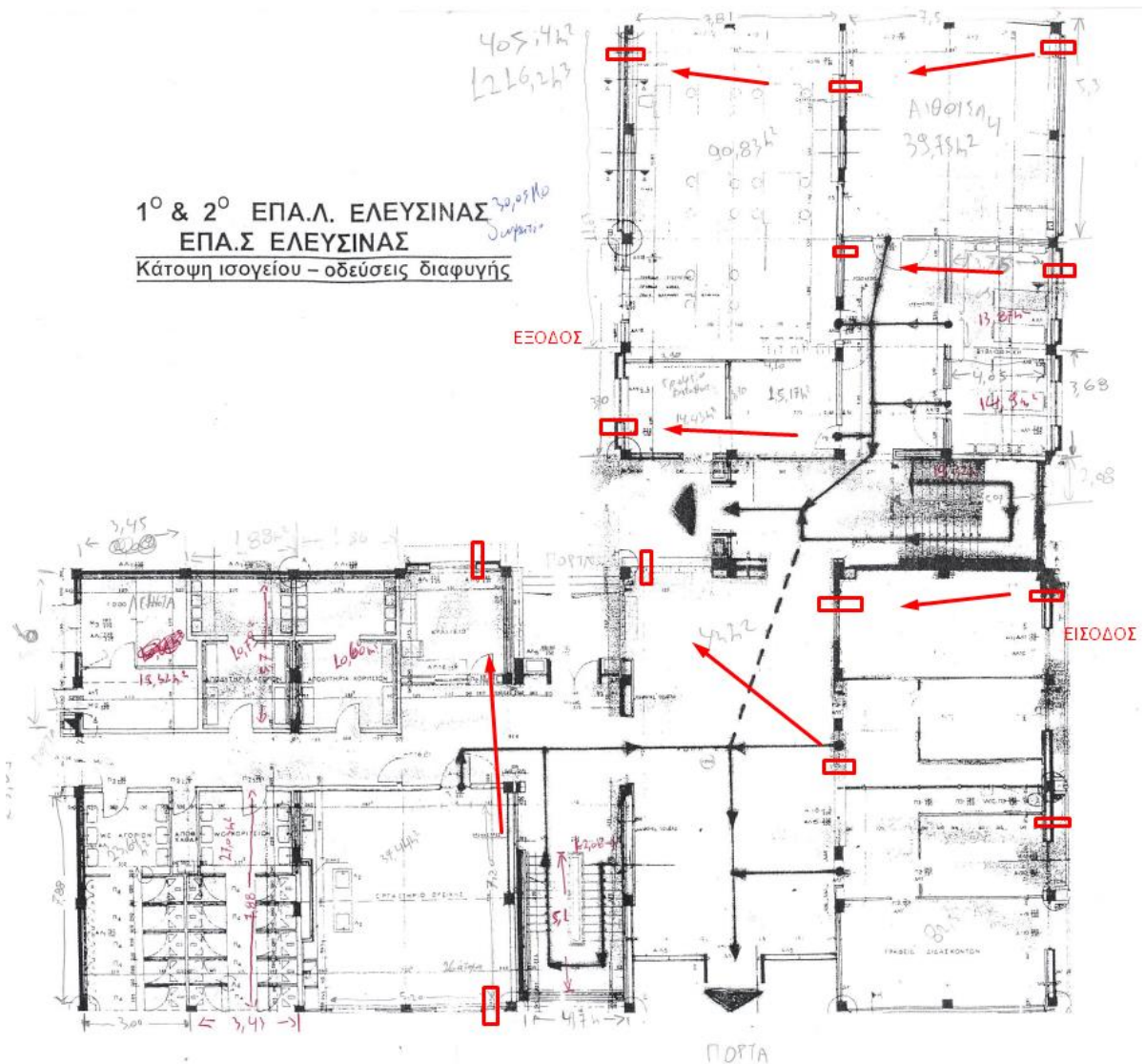
Σύμφωνα με την ανάγκη του όγκου του αέρα και το εμβαδό των αιθουσών επιλέγεται από τον τιμοκατάλογο τα συστήματα ECOCOMFORT SAT 160.



Σχήμα 4. 9: Σύστημα Αερισμού Με Ανάκτηση Θερμότητας [30]

Η διάμετρος των οπών στους τοίχους θα είναι Φ160 για να μπορεί να παρέχει την ονομαστική τιμή των χαρακτηριστικών. Για την εγκατάσταση όλου του 1<sup>ου</sup> ορόφου, όπου και βρίσκονται όλες οι αίθουσες διδασκαλίας θα χρειαστούν 18 συστήματα. Επίσης και για το ισόγειο θα τοποθετηθούν 13 συστήματα, οι χώροι που δεν έχουν τοποθετηθεί είναι τουαλέτες που διαθέτουν δικά τους εξαεριστικά και αποθήκες λεβητοστασίου. Για να μπορούν να λειτουργούν παθητικά τα μικρά συστήματα αέρα θα πρέπει να υπάρχει καλή αεροστεγανότητα των χώρων. Πρακτικά θα πρέπει να το σενάριο αυτό να ενταχθεί μαζί με την αλλαγή των κουφωμάτων για να υπάρχει ομαλή λειτουργία.





Σχήμα 4. 10: Κάτοψη Ισογείου Κτηρίου

Το συνολικό κόστος επένδυσης αυτής της τεχνολογίας συμπεριλαμβάνει το κόστος εγκατάστασης αλλά και το κόστος συντήρησης για την αλλαγή των φίλτρων ανά 3 μήνες.

- Ισόγειο 13 + 1<sup>ο</sup> όροφο 18 = 31 \* (242,4 +15% αύξηση τιμών) => 266,64\*31= 8.265,84€ κόστος αγοράς.
- Κόστος εγκατάστασης – εργασίας 36,2€ η κάθε οπή 36,2 \* 31 => 1.122,2 € κόστος εργασίας.
- Κόστος συντήρησης φίλτρων και τυχών βλάβης ανεμιστήρα: 10,8€ +15% αύξηση= 334,8 € κόστος συντήρησης + 22€ κόστος ανεμιστήρα για 2 αλλαγές το χρόνο. Άρα 44 € για 2 αλλαγές στους 9 μήνες χρήσης.

Πίνακας 4. XX: Κόστος Επένδυσης Συστήματος Αερισμού

ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	8.265,84 €
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΝΑ ΤΡΙΜΗΝΟ	378,80 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1.122,20 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	9.766,84 €

Τα αποτελέσματα μετά την εγκατάσταση των συστημάτων θα είναι :

- Αλλαγή τύπου αερισμού κτηρίου από μόνο μέσω παραθύρων σε ισορροπημένο.
- Απόδοση ανάκτησης θερμότητας-Ψύξης στο κτήριο, άρα και μείωση απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης
- Εναλλαγή μέσου ρυθμού αέρα (1/h)

Επιπρόσθετα οι καταναλώσεις του ρεύματος συνυπολογίζονται στην αξιολόγηση της εγκατάστασης 31\*2 ανεμιστήρες με την ισχύ του κάθε ανεμιστήρα. Πιο αναλυτικά είναι  $62*12\text{watt} = 744\text{watt}$

Πίνακας 4. XXI: Αποτελέσματα Παρέμβασης Αερισμού

	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	m <sup>2</sup>	<b>1804,7</b>
<b>Θέρμανση χώρου</b>	Απαιτήση θέρμανσης	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>85</b>
	Φορτίο θέρμανσης	W/m <sup>2</sup>	<b>27</b>

Συμπερασματικά εξοικονομεί το κτήριο 7 W/m<sup>2</sup> ετήσια θέρμανση, ενώ τα κόστη είναι λειτουργικό κόστος 9.169,3 € το κόστος συντήρησης ανά έτος. Με εκτιμώμενο χρόνο αποπληρωμής τα 12 έτη.

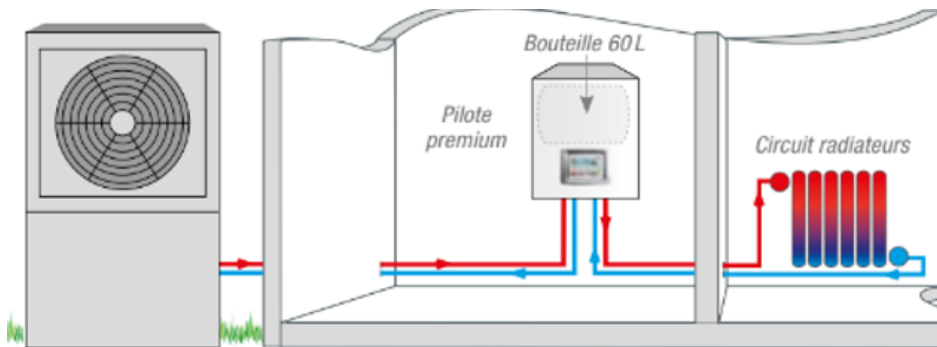
**Άρα το λειτουργικό κόστος είναι 9.169,3 €**

## Σενάριο 7<sup>ο</sup> Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για την χρήση καλοριφέρ και ZNX

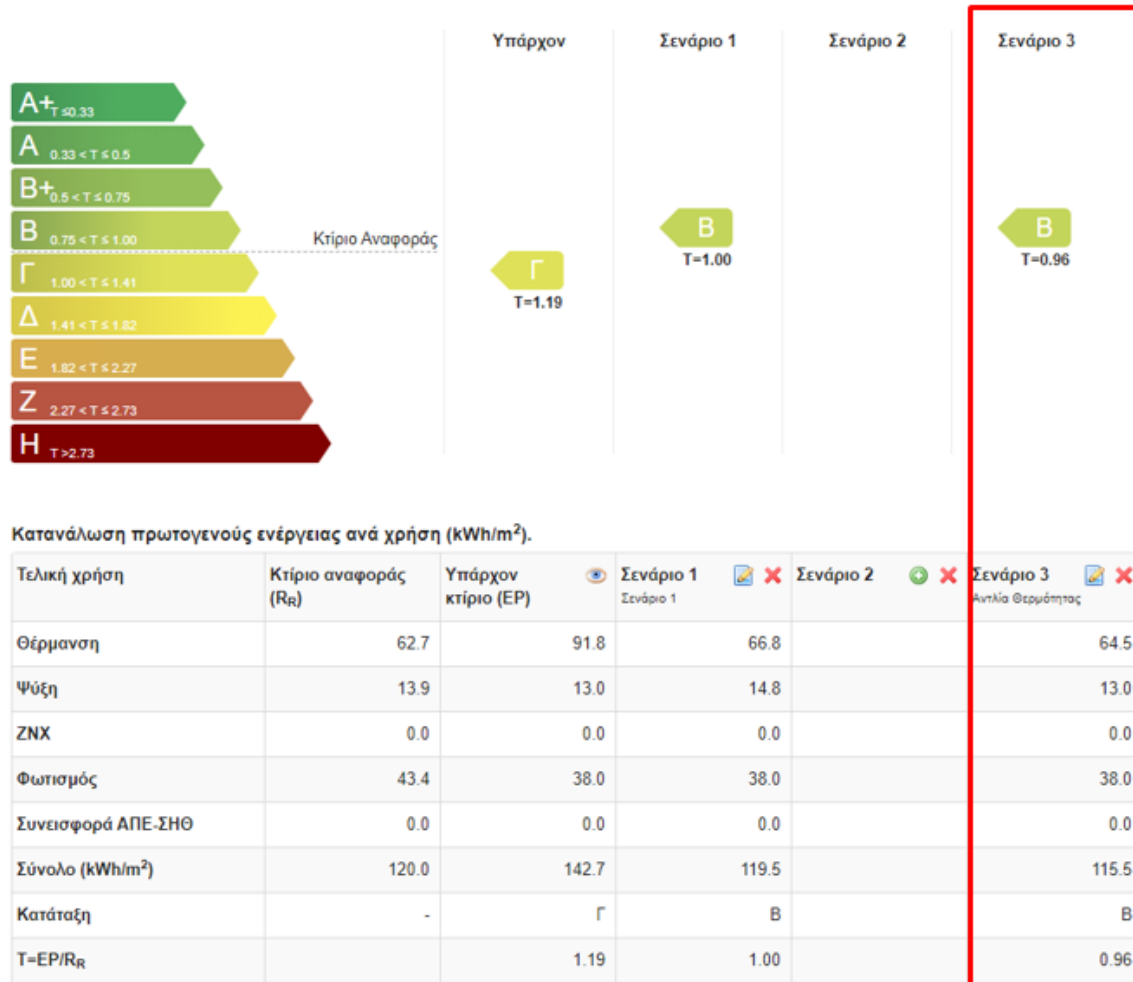
Η αντλία θερμότητα που χρησιμοποιείται για το σενάριο εγκατάστασης είναι αερόψυκτη και λειτουργεί και για θέρμανση και την ψύξη, όπως επίσης και για την παροχή ZNX. Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύς του συστήματος αντλίας θερμότητας σύμφωνα με τις διαστάσεις του κελύφους του κτηρίου και την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία.

Υπολογισμός $P_{gen}$	
Περίμετρος	148 m
Ύψος	7.5 m
Δάπεδο	947 m <sup>2</sup>
Οροφή	947 m <sup>2</sup>
Κέλυφος	3004.00 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν	1805 m <sup>2</sup>
$U_m$	1.38 W/m <sup>2</sup> K
$\Delta T_{αέρα}$	20 °C
$V_{αέρα}$	19855.00 m <sup>3</sup> /h
Θεωρητική ισχύς για θέρμανση $P_{gen}$	
256.732 kw	

Το υφιστάμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα παροχής ZNX , με την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας θα παρέχεται ZNX σε όλο το κτήριο. Η διάταξη του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα, όπου γίνεται η σύνδεση με τα υπάρχοντα θερμαντικά σώματα. Με την επιλογή του σεναρίου αντλίας θερμότητας παύει να είναι σε ισχύ η θέρμανση του χώρου με βάση το πετρέλαιο. Η ειδική κατανάλωση αλλάζει καθώς πλέον μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας παρέχεται το ζεστό νερό στο κύκλωμα και ZNX.



Σχήμα 4. 11: Διάταξη Εγκατάστασης Αντλίας Θερμότητας [35]



Σχήμα 4. 12: Π.Ε.Α Σεναρίου Αντλίας Θερμότητας

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από τα 91,8 kWh/m<sup>2</sup>a πέφτει στα 64,5 kWh/m<sup>2</sup>a, με αποτέλεσμα το κτήριο να ανεβαίνει και πάλι στην κατηγορία του κτηρίου αναφοράς B. Το λειτουργικό κόστος έχει διαμορφωθεί στα 3.827,7€ / έτος ενώ το κόστος εγκατάστασης είναι 28.000€. Ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης είναι τα 9 έτη καθώς συνυπολογίζεται και το ετήσιο κόστος συντήρησης του συστήματος όπου ανέρχεται στα 420 €. Σημειώνεται πως στο σενάριο αυτό γίνεται χρήση ηλεκτρικής ενέργειας πράγμα το οποίο δεν έχει σταθερό κόστος και υπολογίζεται με βάση τις τιμές που ισχύουν την συγκεκριμένη περίοδο. Αυτό μπορεί να καθορίζει μελλοντικά την επένδυση ασύμφορη διότι η αξία της κιλοβατώρας μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ.

## 8° Σενάριο Τοποθέτηση Φ/Β μονάδας για παροχή ηλεκτρική ενέργειας

Για την τοποθέτηση Φ/Β στην οροφή του κτηρίου θα πρέπει να υπολογιστή η γωνία κλίσης που θα έχουν αλλά και ο προσανατολισμός τους. Σύμφωνα με τη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και τον πίνακα 5.9 για την περιοχή της Αθήνας.

Στην συνέχεια δηλώνεται που θα τοποθετηθεί η εγκατάσταση των πάνελ, στην οροφή και όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των Φ/Β είναι:

Πίνακας δεδομένων Φ/Β συστήματος

Τύπος	Συν. Α (-)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ισχύς (KW)	γ (deg)	β (deg)	F <sub>s</sub> (-)	Σύνδεση με συμψηφισμό	Κόστος €/m <sup>2</sup>
Λεπτού υμένα μικρομορφικό μ	0.150	170.00	40.00	90°	38	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	190.00

Electrical data (STC)			
NU-JC415			
Maximum power	P <sub>max</sub>	415	W <sub>p</sub>
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub>	38.08	V
Short-circuit current	I <sub>sc</sub>	13.87	A
Voltage at point of maximum power	V <sub>mpp</sub>	31.49	V
Current at point of maximum power	I <sub>mp</sub>	13.18	A
Module efficiency	η <sub>m</sub>	21.25	%

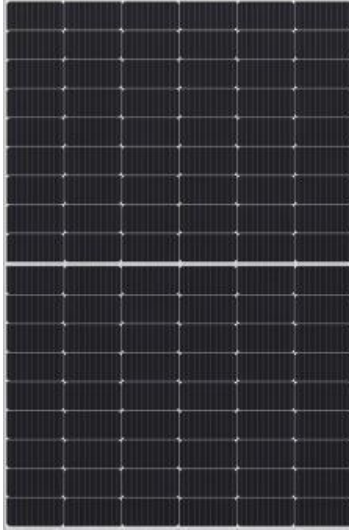
[38]

Τα Φ/Β είναι μάρκας SHARP με τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά, το πλήθος τοποθέτησης στην ταράτσα του σχολείου όπου καλύπτει περίπου 170m<sup>2</sup> και αποτελείται από περίπου 55 πλαίσια Υψηλή ισχύς έως 415W

- Απόδοση μονάδας έως 18,4%
- Τεχνολογία πολλαπλών διαύλων BBM για καλύτερο αποτέλεσμα παγίδευσης φωτός

Υψηλή αξιοπιστία

- Ελαχιστοποιημένες μικρο-ρωγμές με καινοτόμο
- Εξασφαλισμένη αντίσταση PID
- Ανθεκτικό σε σκληρά περιβάλλοντα όπως αλάτι, αμμωνία, άμμο, υψηλή περιοχές θερμοκρασίας και υψηλής υγρασίας
- Μηχανική απόδοση έως 5400 Pa θετικό φορτίο και 2400 Pa αρνητικό φορτίο Υψηλή απόδοση ενέργειας [31]

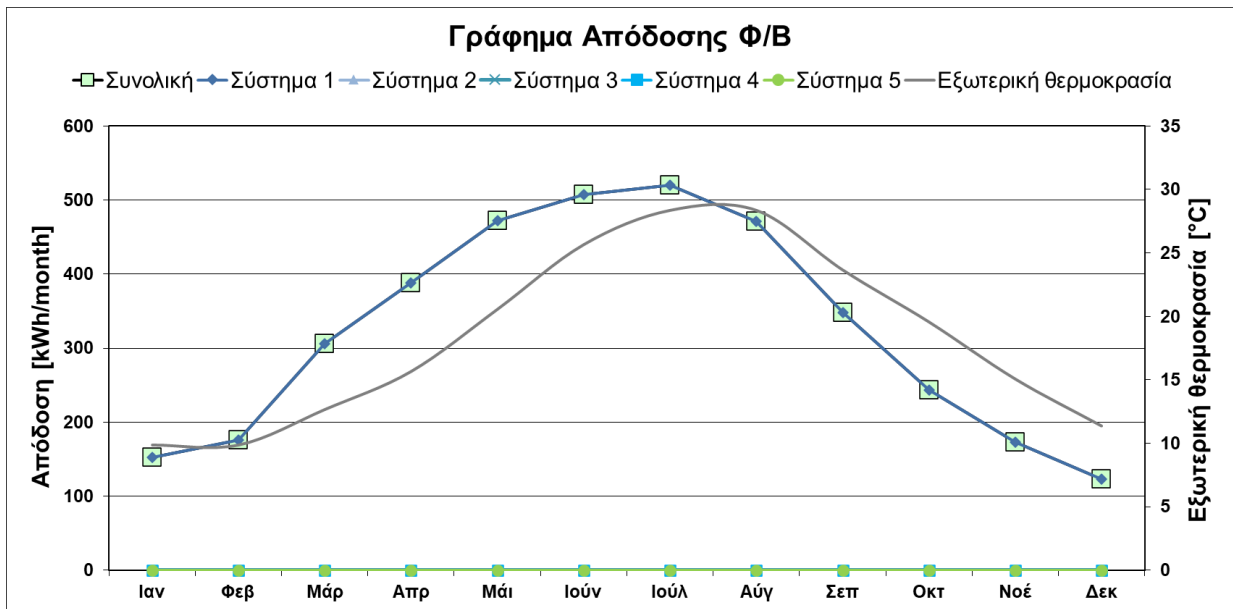


Σχήμα 4. 13: Φ/Β Εγκατάστασης [38]

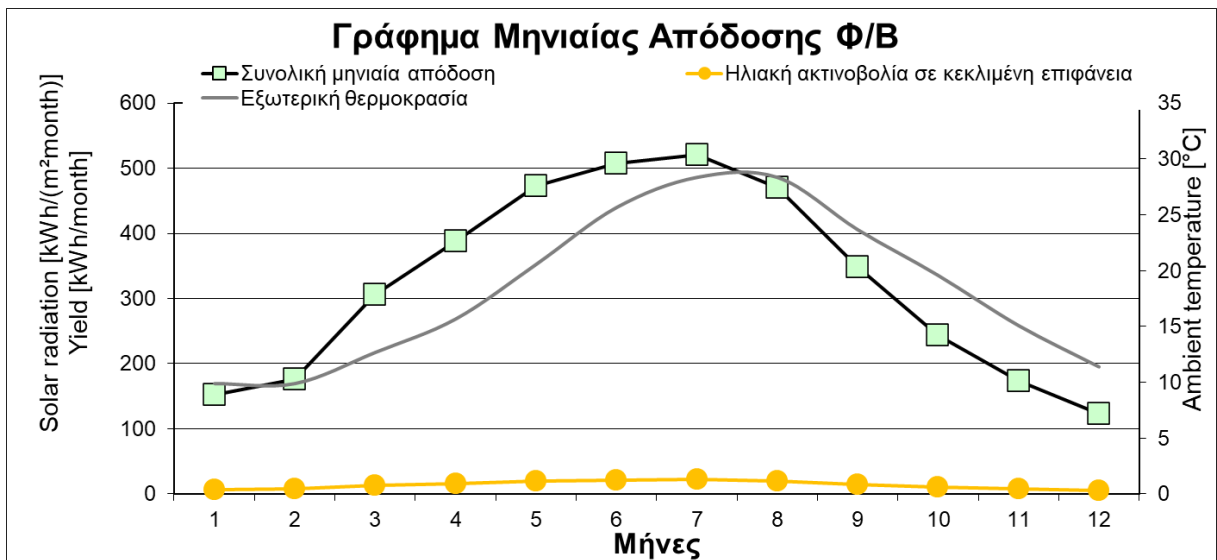
Συμπερασματικά η ετήσια απόδοση των Φ/Β πάνελ στην ζήτηση του κτηρίου είναι 3880kWh/a .  
 Κατά αντιστοιχία η ακτινοβολία στην κεκλιμένη επιφάνεια της εγκατάστασης kWh/(m<sup>2</sup>\*Month)  
 ενώ η συνολική μηνιαία απόδοση είναι kWh/month:

Πίνακας 4. XXII: Μηνιαία Απόδοση Φ/Β

	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν		
Ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια	6	7	13	16	20	21		
Εξωτερική θερμοκρασία	10	10	13	16	21	26		
Συνολική μηνιαία απόδοση	153	176	305	388	472	507		
Απώλειες λόγω σκίασης	16	19	32	41	50	54		
	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ		Έτος
	22	20	15	10	7	5	kWh/(m <sup>2</sup> month)	163,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	28	28	24	20	15	11	°C	18,4 °C
	520	471	348	244	173	123	kWh/month	3880,0 kWh/a
	55	50	37	26	18	13	kWh/month	409,7 kWh/a



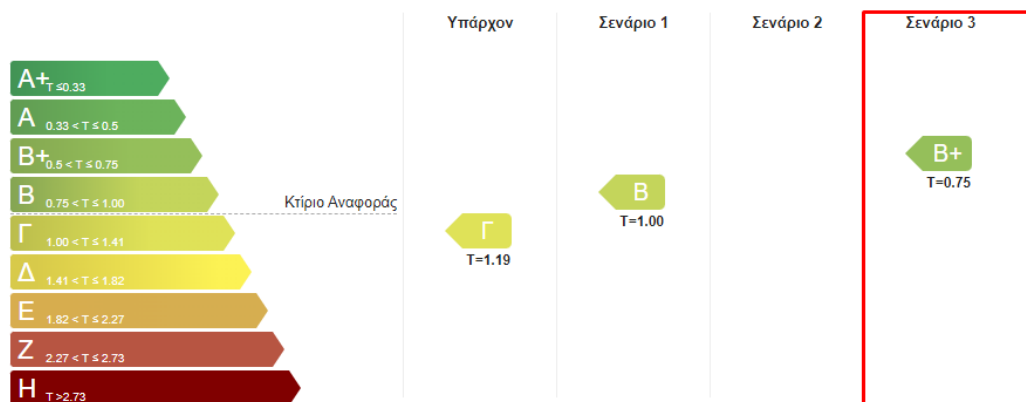
Γράφημα 4. 3 : Απόδοση Φ/Β



Γράφημα 4. 4: Μηνιαία Απόδοση Φ/Β

Είναι φυσιολογική η εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας, καθώς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες διακρίνεται υψηλότερη ηλιακή ακτινοβολία και παράλληλα απόδοση. Αντίστοιχα και η εξωτερική θερμοκρασία σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές, ποσά ανάλογα . Να σημειωθεί πως από τον Φεβρουάριο η καμπύλη απόδοσης της ενέργειας ξεπερνάει την θερμοκρασία έως και τον τα τέλη Ιουλίου. Από την άλλη μεριά Αρχές Αυγούστου ξεκινάει να αυξάνεται καθώς σημειώνει και την μεγαλύτερη τιμές της. Τέλος η ηλιακή ακτινοβολία που προσκρούει στην κεκλιμένη επιφάνεια σημειώνει χαμηλές τιμές , που μπορεί να οφείλονται στην μη σωστή τοποθέτηση του Φ/Β.

**Συνολικό κόστος επένδυσης : 32.000€**



Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3 Φ/Β ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓ...
Θέρμανση	62.7	91.8	66.8		91.8
Ψύξη	13.9	13.0	14.8		13.0
ZNX	0.0	0.0	0.0		0.0
Φωτισμός	43.4	38.0	38.0		38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0		53.1
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7	119.5		89.6
Κατάταξη	-	Γ	B		B+
T=EP/R <sub>R</sub>		1.19	1.00		0.75

Σχήμα 4. 14 : Π.Ε.Α Φ/Β Μονάδας

Το λειτουργικό κόστος μετά την εγκατάσταση διαμορφώνεται στα 32.000€ καθώς δεν έχει τροποποιηθεί άλλο σύστημα λειτουργίας για την θέρμανση, η ετήσια εξοικονόμηση είναι 3.850€ Ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης είναι περίπου τα 9 έτη, το κτήριο έχει ανέβει 2 ενεργειακές κατηγορίες και κατατάσσεται στην B+. Το ποσοστό της ετήσιας απόδοσης της επένδυσης είναι περίπου 22%, ενώ η κάλυψη της κατανάλωσης είναι 98%.



## 9° Σενάριο Εγκατάστασης Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

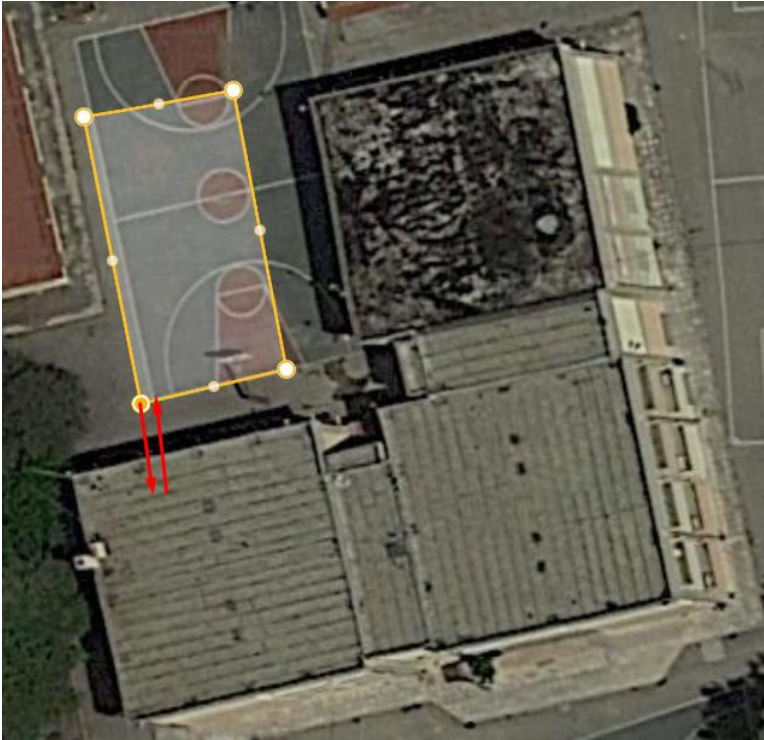
Για την εγκατάσταση την γεωθερμικής αντλίας θα πραγματοποιηθεί εκσκαφή στο προαύλιο χώρο του σχολείου κοντά στο λεβητοστάσιο. Με τον τρόπο αυτό θα είναι πιο εύκολη η εγκατάσταση του όλου κυκλώματος. Αντικαθιστώντας τον λέβητα πετρελαίου την εγκατάστασης του κτηρίου, δεν αλλάζει η ζήτηση την ενέργειας του κτηρίου. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται ενέργεια λόγω της ειδικής κατανάλωσης πλέον, διότι άλλη η κατανάλωση που έχει ένας καυστήρας πετρελαίου και άλλη μια γεωθερμική αντλία. Η συνεισφορά μιας ανανεώσιμης πηγής όπως η γεωθερμία μπορεί να προσφέρει στο κτήριο τεράστια εξοικονόμηση στην ειδική κατανάλωση, καθώς η υφιστάμενη κατάσταση θα παραμείνει ίδια. Εφόσον έχει οροθετηθεί η τοποθεσία και το βάθος σκαψίματος, διαμορφώνεται η εγκατάσταση της μονάδας γεωθερμικής αντλίας και των σωληνώσεων στο προαύλιο. [33]

Το σύστημα της εγκατάστασης αποτελείται από:

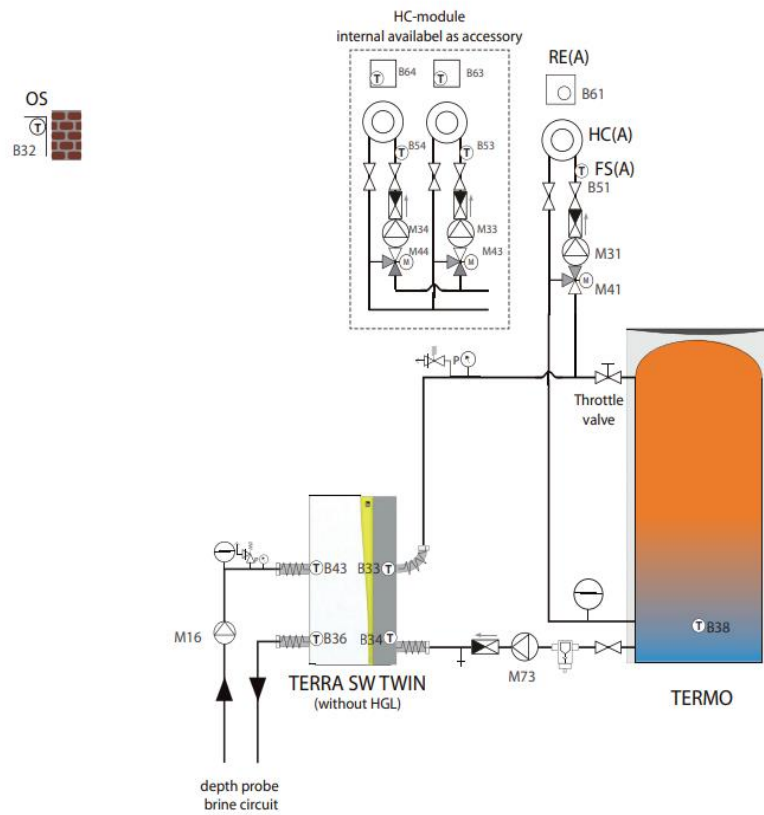
- Αντλία Θερμότητας TERRA SW Max H 140
- Αισθητήρας χώρου
- Τρίοδο Μίξερ DN80
- Μαγνητικός διαχωριστής σωματιδίων DN80
- Απαερωτής DN80
- Κυκλοφορητής [2 τεμ.]
- Μπόιλερ Θέρμανσης 2.000 lt
- Κυκλοφορητής για γεωεναλλάκτη
- Κατασκευή γεωεναλλάκτη [2500m x 40€/m]
- Εργασίες εγκατάστασης, υδραυλικός και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SCOP	B. κάλυψης
1	Γεωθερμική Α.Θ. με οριζόντιο εν	Ηλεκτρισμός	220.00	1.000	6.50	1.00

Λόγο της υψηλής απαίτησης θέρμανσης του κτηρίου δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί οριζόντια εγκατάσταση γεωεναλλάκτη. Για τον λόγο αυτό θα εξεταστεί το σενάριο εγκάρσιας εγκατάστασης γεωεναλλάκτη, σενάριο που ανεβάζει κατά πολύ το κόστος επένδυσης. Ο κλειστός βρόχος ισχύει στην εγκατάσταση αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλενίου που επιτρέπουν στην γεωθερμική ενέργεια του εδάφους να μεταφερθεί προς την αντλία θερμότητας. Το ρευστό που χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις για την μεταφορά αυτή είναι διάλυμα νερού / γλυκόλης, από εγκατάσταση σε εγκατάσταση μπορεί να διαφέρει. Περιεκτικότητα γλυκόλης 30-35%.



Σχήμα 4. 15:Κάτοψη Εκσκαφής Γεωθερμίας



Σχήμα 4. 16:Διάταξη σωληνώσεων Γεωθερμίας [37]

Η αντλία θερμότητας που χρησιμοποιείτε για την εγκατάσταση του κτηρίου είναι Αυστριακής κατασκευής iDM TERRA SW Max H 140 ικανή για την θέρμανση του χώρου καθώς έχει υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας. Τέλος έχει δυνατότητα ψύξης αλλά και παροχής ZNX.



*Σχήμα 4. 17: Αντλίας Θερμότητας TERRA SW MAX H140 [37]*



Σχήμα 4. 18: Π.Ε.Α Αντλίας Θερμότητας Γεωεναλλάκτη

Το κόστος για την πραγματοποίηση της εγκατάστασης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι αρκετά υψηλό διότι απαιτεί νέο σύγχρονο μηχανισμό αντλίας. Αλλά επίσης και διαμόρφωση του χώρου τοποθέτησης του γεωεναλλάκτη. Ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης συσχετισμένος με το κόστος επένδυση είναι αρκετά πιο σύντομος περίπου στα 11 έτη. Το λειτουργικό κόστος έχει πέσει στα 4.602€. Η διαφορά της ειδικής κατανάλωσης της εγκατάστασης συγκριτικά με τον πετρέλαιο προσφέρει γρήγορο χρόνο απόσβεσης παρά το γεγονός ότι το κέλυφος παραμένει ίδιο.

Πίνακας 4. XXIII : Οικονομική Ανάλυση Γεωεναλλάκτη

#### Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
Λειτουργικό κόστος (€)	7334.8	9932.0	8456.9	4602.0
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			56748.0	60000.0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			18.1	55.7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			12.7	39.0
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			3.5	1.2
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			4.3	10.4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			38.5	11.3

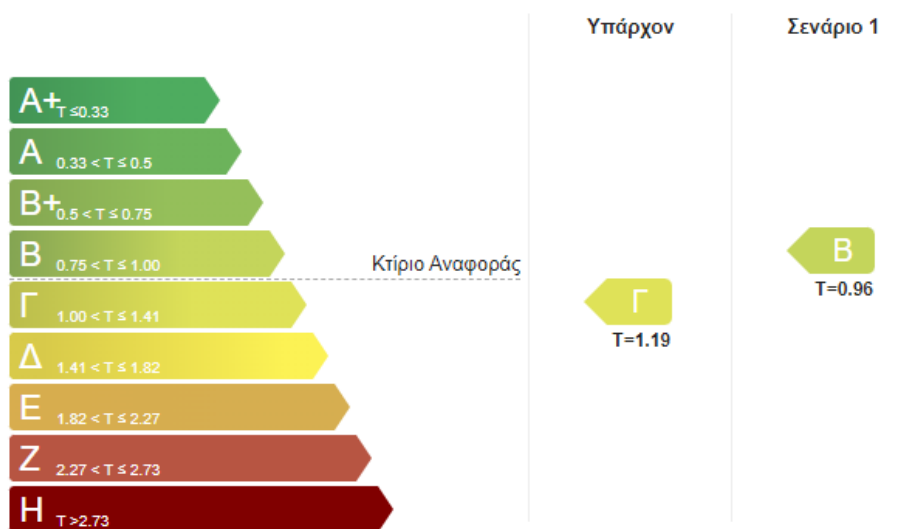
## 10<sup>ο</sup> Σενάριο Εγκατάστασης Ηλιακής Θέρμανσης Μέσω Συλλεκτών

Η λειτουργία της ηλιακής θέρμανσης βασίζεται στην αρχή λειτουργίας των ηλιακών θερμοσιφώνων. Για το ίδιο λόγο το κύκλωμα θα αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, που συνδέονται με τον μπόιλερ ( δοχείο αδράνειας) όπου αποθηκεύεται το νερό κυκλοφορίας των σωμάτων. Το κύκλωμα μπορεί να είναι και συνδεδεμένο με το συμβατικό κύκλωμα θέρμανσης του λέβητα πετρελαίου. Με τον τρόπο αυτό γίνεται και υβριδικό το κεντρικό σύστημα θέρμανσης του κτηρίου.



Σχήμα 4. 19: Διάταξη κυκλώματος Ηλιακής Θέρμανσης [34]

Για την εγκατάσταση που θα εφαρμοστεί στο κτήριο τοποθετήθηκαν 20 ηλιακοί επιλεκτικοί συλλέκτες με συνολική επιφάνεια 56m<sup>2</sup>. Συνολικό κόστος αγοράς 290€ / συλλέκτη. Δοχείο αδράνειας (μπόιλερ) 630€. Κόστος εγκατάστασης κυκλώματος, συνδεσμολογίας και κυκλοφορητή 750€. Ετήσια συντήρηση κυκλώματος και τυχόν βλάβες συλλεκτών 320€.



**Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).**

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχων κτίριο (EP)	Σενάριο 1 ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ
Θέρμανση	62.7	91.8	62.9
Ψύξη	13.9	13.0	14.8
ZNX	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	43.4	38.0	38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7	115.6
Κατάταξη	-	Γ	B
T=EP/R <sub>R</sub>	-	1.19	0.96

Σχήμα 4. 20: Π.Ε.Α Ηλιακής Θέρμανσης

Η κατανάλωση της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης έχει μειωθεί κατά 28,9 kWh/m<sup>2</sup>a, ενώ ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης είναι περίπου τα 21 έτη. Το λειτουργικό κόστος είναι 7.688,4€ σε σύγκριση με του κτηρίου αναφοράς 9.932€. Η διαφορά μεταξύ του νέου και παλιού κόστους λειτουργίας δεν είναι τόσο μεγάλη όσο στο σενάριο του γεωεναλλάκτη και αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν αρκετές μέρες χωρίς μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία.

## 5 Αποτελέσματα Σεναρίων Εξοικονόμησης

Για να υπολογιστούν οι χρηματοροές για το κάθε σενάριο επένδυσης θα πρέπει να υπάρχει η σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με την νέα. Δεν αρκεί μόνο αυτό, καθώς στις υπολογιζόμενες τιμές πρέπει να ληφθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η διάρκεια του Χρηματοδοτικού Σχεδίου (έτη)
- Ο Γενικός πληθωρισμός (%)
- Ο πληθωρισμός στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας (%)

Το συνολικό κόστος επένδυσης συμπεριλαμβάνει το κόστος σχεδιασμού, προμήθειας υλικών, εγκατάστασης και τυχών βλαβών.

Κόστος Επένδυσης = Κόστος σχεδιασμού + Προμήθειας Υλικών + Εγκατάστασης + Βλάβες

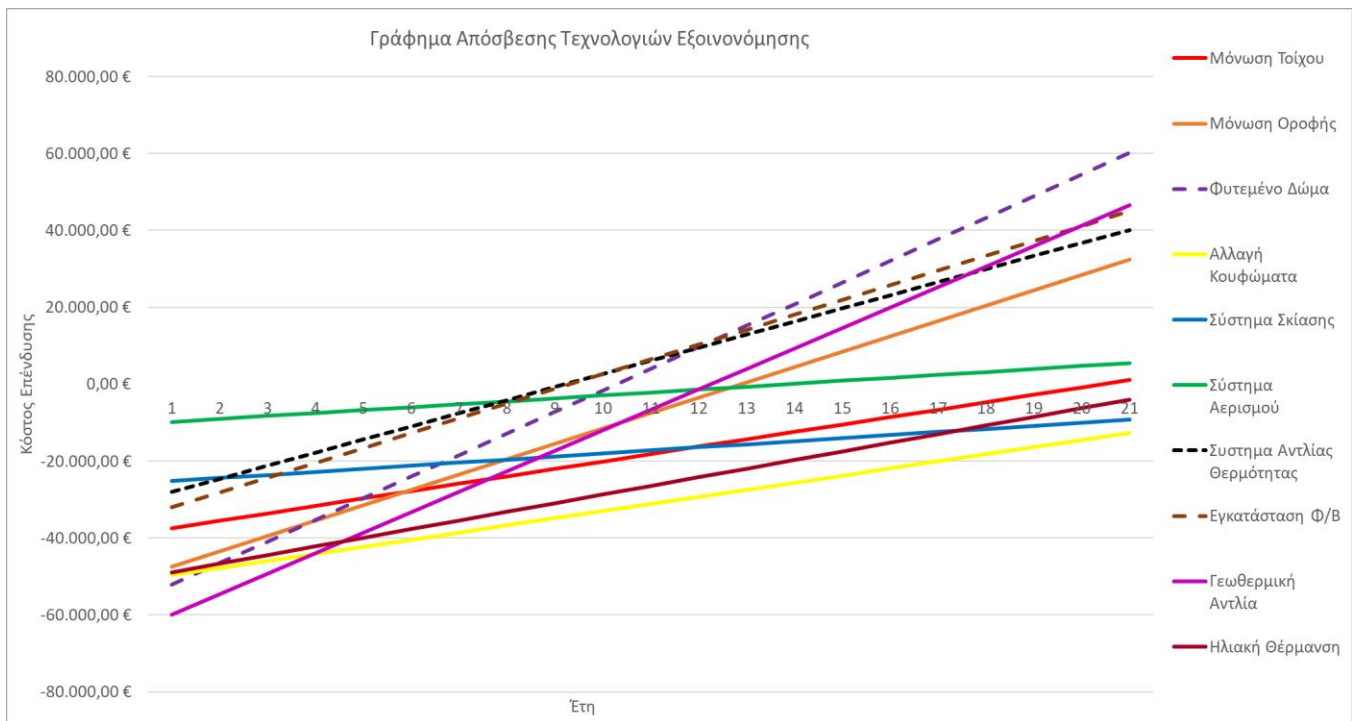
Οπότε για την κάθε χρηματοροή ισχύει ο τύπος:

$$F_j = \text{Έσοδα} - \text{Έξοδα}$$

Όπου έσοδα τα χρήματα που εξοικονομούνται ανά έτος, έξοδα τα πλέον έξοδα λειτουργίας μετά την παρέμβαση και οι φόροι όπου είναι ο Φ.Π.Α προστιθέμενος στο κεφάλαιο αρχικής επένδυσης. Ο χρόνος απόσβεσης προκύπτει από την κατανομή του αρχικού κόστους αγοράς των στοιχείων αυτών σε όλο το χρόνο ζωής τους με την αντίστοιχη επιβάρυνση του λειτουργικού κόστους. Τα αποτελέσματα είναι συγκεντρωμένα σε ένα συνοπτικό πίνακα για κάθε σενάριο αντίστοιχα.

Πίνακας 5. 1: Λειτουργικά Κόστη Παρεμβάσεων

Σενάριο	Λειτουργικό Κόστος Υφιστάμενου Κτηρίου	Λειτουργικό Κόστος Σεναρίου	Χρόνος απόσβεσης (έτη)
Μόνωση Τοίχου	9.932,00 €	8.005,10 €	20
Μόνωση Οροφής	9.932,00 €	5.937,60 €	10
Φυτεμένο Δώμα	9.932,00 €	5.632,70 €	12
Αλλαγή Κουφώματα	9.932,00 €	8.456,90 €	27
Σύστημα Σκίασης	9.932,00 €	10.000,00 €	34
Σύστημα Αερισμού	9.932,00 €	7.591,30 €	12
Αντλία Θερμότητας	9.932,00 €	3.827,70 €	9
Εγκατάσταση Φ/Β	35.850 €	3.850 €	9
Γεωθερμική Αντλία	9.932,00 €	4.602,00 €	12
Ηλιακή Θέρμανση	9.932,00 €	7.688,40 €	21



Γράφημα 5. 1 Απόσβεση Μεμονωμένων Σεναρίων

Στο γράφημα απόσβεσης των σεναρίων παρατηρείται πως το σενάριο των κουφωμάτων δεν αγγίζει το τελικό αποτέλεσμα απόσβεσης καθώς είναι τόσο μεγάλο το κόστος και η ποσότητα των ανοιγμάτων που τα χρόνια απόσβεσης φτάνουν τα 27. Όσο αφορά το σενάριο των συστημάτων σκίασης, όπου δεν προσφέρει εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση του χώρου παρά μόνο στην ψύξη. Αυτό γιατί απορρίπτει τα θερμικά ηλιακά κέρδη με αποτέλεσμα να παραμένει ψυχρότερο το κτήριο. Η πιο προσιτή γραφικά επένδυση φαίνεται να είναι το φυτεμένο δώμα της οροφής καθώς αλλάζει όλη την μορφή του κτηρίου και στα 10 χρόνια θα έχει μηδενιστεί το κόστος της επένδυσης. Επίσης τα συστήματα αερισμού δεν προσφέρουν παραγωγής θέρμανσης

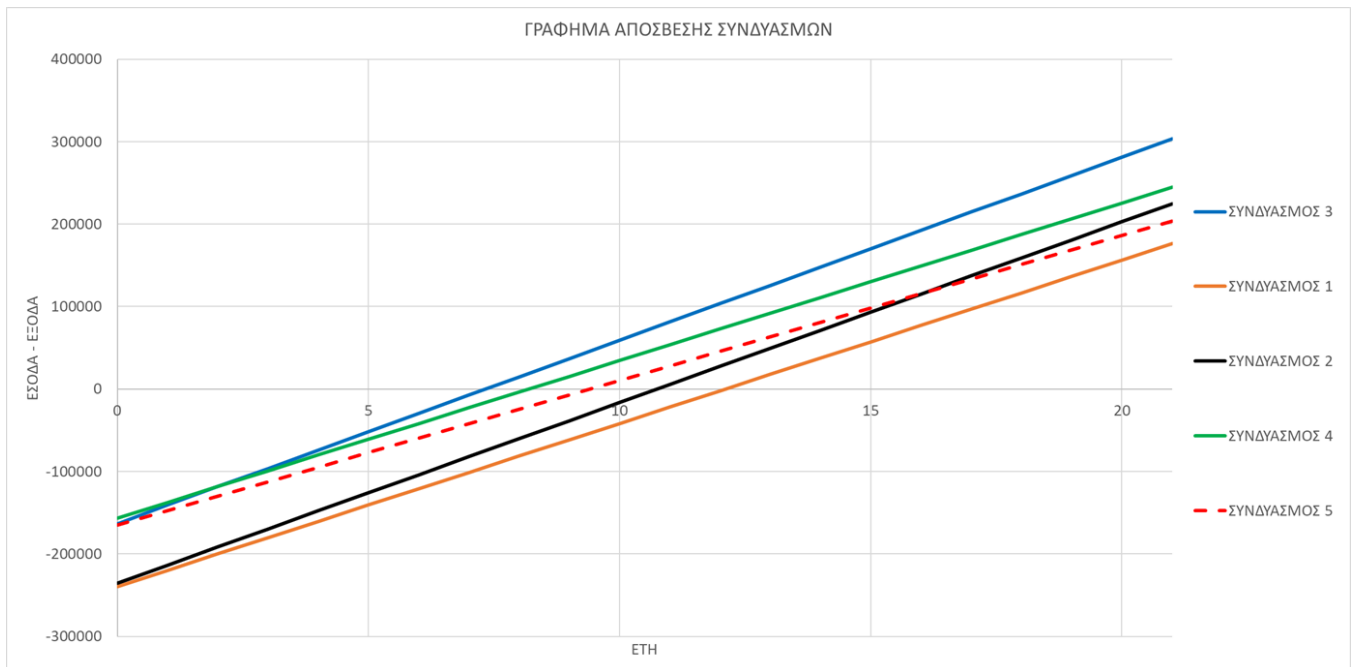


στους χώρους αλλά καλύτερη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας και εναλλαγές φρέσκου αέρα που καθιστά και πιο υγιεινό το εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας αν και με το μεγαλύτερο κόστος επένδυσης παρουσιάζει σύντομο χρόνο απόσβεσης. Η απόδοση παραμένει σταθερή σε βάθος χρόνου διότι χρησιμοποιείται η πηγή της γεωθερμικής ενέργειας που καλύπτει τις ανάγκες του κτηρίου για την θέρμανση του. Τέλος η ηλιακή θέρμανση παρόλο που χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση του χώρου υπάρχουν αρκετές ημέρες που δεν επαρκεί.

Για την εύρεση της βέλτιστης επιλογής των τεχνολογιών έγιναν κάποιο συνδυασμοί μεταξύ των τεχνολογιών και εξετάστηκε πως συμπεριφέρονται αυτοί στο κτήριο.

Πίνακας 5. II: Συνδυασμοί Τεχνολογιών

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 4	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 5
ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ	ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ	ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ	ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ	ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ
ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	Φ/Β ΜΟΝΑΔΑ	ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	-
Φ/Β ΜΟΝΑΔΑ	Φ/Β ΜΟΝΑΔΑ	-	-	-
ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	-	-	-	-



Γράφημα 5. 2: Απόσβεσης Συνδυασμών

## 5. 1 Συμπεράσματα Μεμονωμένων Σεναρίων

Τα αποτελέσματα για το 1<sup>ο</sup> σενάριο μόνωσης τοίχου

Συμπερασματικά, είναι αντιληπτό πως για να μπορέσει να υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας σε οποιοδήποτε κτήριο. Θα πρέπει πρώτα να ελαχιστοποιηθούν οποιεσδήποτε απώλειες με την θωράκισή του κτηρίου και στην συνέχεια να διαμορφωθεί το νέο σύστημα θέρμανσης ή ψύξης. Με αυτό τον τρόπο θα μπορέσει να υπολογιστεί η νέα απαιτούμενη ανάγκη του κτηρίου και να εγκατασταθεί η ανάλογη τεχνολογία παροχής θέρμανσης ψύξης. Η μόνωση της τοιχοποιίας μηδενίζει το κόστος επένδυσης περίπου στα 5,5 χρόνια. Ο χρόνος αυτός είναι πάρα πολύ καλός συγκριτικά με το κόστος επένδυσης και ως αποτέλεσμα ότι δεν χρειάζεται κάποιο ετήσιο κόστος συντήρησης που να μειώνει τον χρόνο απόσβεσης.

Για το 2<sup>ο</sup> σενάριο μόνωσης της οροφής του κτηρίου το κόστος είναι πιο μεγάλο και για τον λόγο αυτό παρατείνεται κατά 2 χρόνια πιο πολύ η απόσβεση της επένδυσης. Το κόστος είναι μεγαλύτερο διότι είναι περισσότερα τα υλικά κάλυψης και πιο απαιτητικά καθώς από εκεί προκύπτουν οι περισσότερες απώλειες.

Για το 3<sup>ο</sup> σενάριο που εξετάστηκε μια παραλλαγή της μόνωσης της οροφής όπου θα προσφέρει περισσότερη αισθητική στο κτήριο και θα φαίνεται πιο «πράσινο». Το κόστος ανεβαίνει πιο πολύ και πρακτικά δεν θα ήταν μια από τις επιλογές που θα προτιμηθεί, εκτός αν ενδιαφέρει τον χρήστη να έχει περισσότερο πρόσβαση στην οροφή και να διαμορφωθεί καλύτερα ο χώρος.

Για το 4<sup>ο</sup> σενάριο και τα συστήματα σκίασης που έχουν τοποθετηθεί για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων. Απορρίπτουν τα ηλιακά κέρδη του χειμώνα με αποτέλεσμα να χρειάζεται περισσότερη ενέργεια θέρμανσης το κτήριο. Λόγο ότι το κτήριο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες παραμένει κλειστό δεν θα προτιμηθεί η εγκατάστασή τους. Εστιάζεται μόνο η επιλογή εξοικονόμησης κυρίως για την χειμερινή περίοδο, όπου και έχει ανάγκη το κτήριο.

Για το 5<sup>ο</sup> σενάριο, όπου αλλάχθηκαν μόνο τα παλιά και σε κακή κατάσταση μεταλλικά κουφώματα για να μπορέσεις το κόστος να παραμείνει σχετικά χαμηλά. Διότι τα κουφώματα με τις ανατιμήσεις των τιμών έχουν εκτοξευθεί στα ύψη. Παρόλα αυτά τα έτη απόσβεσης της επένδυσης παραμένει σε υψηλό επίπεδο.

Για το σενάριο 6<sup>ο</sup> και τα συστήματα αερισμού με ανάκτησης θερμότητας, επιτυγχάνεται η εισπνοή και η εκπνοή του κτηρίου για όλη την λειτουργία χρήσης του. Είναι άκρως σημαντικό να μπορεί να υπάρχει εναλλαγή του αέρα στο κτήριο με πολύ μικρή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξαγωγής και εισαγωγής. Η αρχιτεκτονική των αιθουσών βοηθάει στην ροή κυκλοφορίας του αέρα καθώς είναι η μία αίθουσα δίπλα στην άλλη. Ανεξάρτητα από όποια τεχνολογία εξοικονόμησης χρησιμοποιηθεί στο κτήριο, τα συστήματα αερισμού θεωρούνται απαραίτητα για οποιαδήποτε κατοικία. Συμπερασματικά δηλαδή είναι μια από τις τεχνολογίες που θα εφαρμοστού στον κτήριο, με σχετικά χαμηλό κόστος και χρόνο απόσβεσης μόλις το 3<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας του.

Για το 7<sup>ο</sup> σενάριο και την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, πραγματοποιείται αλλαγή στην βασική θέρμανση του κτηρίου. Διότι πλέον χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και όχι πετρέλαιο.

Το αρχικό κόστος είναι σχετικά υψηλό καθώς γίνεται καινούρια εγκατάσταση διαφορετικής κεντρικής θέρμανσης από την συμβατική. Με τον χρόνο απόσβεσης να γίνεται στο 5<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας. Καταργείται η κατανάλωση πετρελαίου και προσθέτετε ένα ποσοστό επιβάρυνσης στην ηλεκτρική κατανάλωση. Η ειδική κατανάλωση της αντλίας δεν προκαλεί σημαντική αύξηση στην τελική ισχύ κατανάλωσης.

Για το 8<sup>ο</sup> σενάριο εγκατάστασης Φ/Β για την παροχή ηλεκτρική ενέργειας στο κτήριο, η εξομάλυνση που γίνεται μέσω της ηλιακής ενέργειας στον τελικό λογαριασμό εξοικονομεί 85% της ενέργειας φωτισμού. Αυτό οδηγεί στην πολύ γρήγορη απόσβεση των χρημάτων επένδυσης, διότι για τα ωράρια που χρησιμοποιείται ο φωτισμός παρέχονται εξολοκλήρου από την Φ/Β μονάδα.

Για το 9<sup>ο</sup> σενάριο εγκατάστασης γεωθερμικής αντλίας, όπου ξεκινάει με μεγάλο κόστος επένδυσης διότι περιλαμβάνει διαμόρφωση του χώρου για την εγκατάσταση σωληνώσεων. Και σε αυτό το σενάριο καταργείται το καύσιμο του πετρελαίου ως μέσω θέρμανσης. Γίνεται εκμετάλλευση μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κόστος για την θέρμανση των χώρων. Είτε μέσω της κεντρική θέρμανσης είτε μέσω χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας των κλιματιστικών. Ο χρόνος απόσβεσης ολοκληρώνεται στο 5<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας και θεωρείται αρκετά καλός σύμφωνα με το αρχικό κόστος και την διαδικασία εγκατάστασης. Άρα είναι αρκετά προσιτό για την εγκατάσταση του στο κτήριο.

Για το 10<sup>ο</sup> σενάριο εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών για την θέρμανση του χώρου, για μια ακόμη φορά γίνεται παρέμβαση συμβατικό κύκλωμα θέρμανσης. Οι μονάδα ηλιακών συλλεκτών παρέχει την θέρμανση στο νερό κυκλοφορίας των σωμάτων και ως ZNX. Η εγκατάσταση του κυκλώματος γίνεται υβριδική καθώς θα υπάρχουν και αρκετές ημέρες με χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία. Για τον λόγο αυτό ο λέβητας πετρελαίου θα παρέχει την θέρμανση στο κτήριο για τις ημέρες αυτές. Ο υπολογισμός για το κόστος και την απόσβεση την επένδυσης υπολογίστηκε με βάση τα κλιματικά δεδομένα ηλιοφάνειας της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010. Για το λόγο αυτό, επειδή εξακολουθεί να γίνεται σημαντική χρήση των κλιματιστικών και του πετρελαίου τις ημέρες αυτές. Ο χρόνος απόσβεσης φτάνει το 9<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας με αποτέλεσμα να αποθαρρύνει τον χρήστη να επενδύσει σε μια τέτοια τεχνολογία.

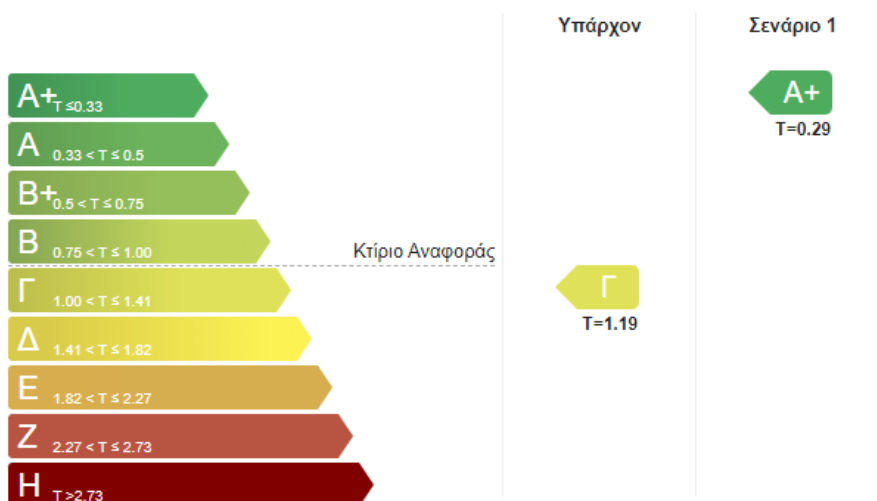
Είναι άκρως σημαντικό να αναφερθεί πως για τις εγκαταστάσεις τροποποιήσεις την κεντρικής θέρμανσης, χρησιμοποιείτε το ήδη υπάρχον κύκλωμα θέρμανσης με τα σώματα. Για τον λόγο αυτό το κόστος μειώνεται πάρα πολύ για όλες τις επενδύσεις τεχνολογίας.

## 5.2 Επιλογή Βέλτιστης Επένδυσης

Για να προκύψει η βέλτιστη επιλογή από τους συνδυασμούς που εξετάστηκαν θα πρέπει αρχικά να προκύψει ο πιο σύντομος χρόνος απόσβεσης. Το κριτήριο αυτό είναι άκρως σημαντικό για να μπορέσει να γίνει η επιλογή αυτή. Σε δεύτερο χρόνο η πρακτικότητα των συνδυασμών, για παράδειγμα η χρησιμοποίηση των ΑΠΕ υποδηλώνει μια σταθερή κατανάλωση για το κτήριο ενώ πχ τεχνολογίες που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια καθορίζονται ως μη σταθερές διότι οι τιμές στην διάρκεια του χρόνου μεταβάλλονται. Όπως φαίνεται και στο γράφημα απόσβεσης συνδυασμών ο συνδυασμός 3 έχει το μικρότερο χρόνο απόσβεσης μόλις τα 8 έτη με συνολικό κόστος επένδυσης 163.331,8€ και το λειτουργικό κόστος για την θέρμανση είναι 407,4€ ενώ για την ηλεκτροδότηση είναι 32.000€. Η βέλτιστη επιλογή τεχνολογιών στο κτήριο όπου προτείνεται παρόλο που δεν επαρκεί για να πιστοποιηθεί ως παθητικό ( $<15\text{kW/a}^2$ ) είναι:

- Μόνωση Τοιχοποιίας
- Φυτεμένο Δώμα
- Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας
- Συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας
- Φ/Β μονάδα παραγωγής

Όπου και το κτήριο κατατάσσεται πλέον στην A+ κατηγορία με ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας  $34,5 \text{ kWh/m}^2$ . Όλα τα χρήματα επένδυσης θα δοθούν από τα επενδυτικά ταμεία του Δήμου για τα σχολικά συγκροτήματα, άρα δεν υπάρχει κάποιο επιτόκιο που να προσμετράτε στους χρόνους απόσβεσης.



**Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).**

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 Σενάριο 1
Θέρμανση	62.7	91.8	44.5
Ψύξη	13.9	13.0	12.7
ZNX	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	43.4	38.0	38.0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	60.8
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	120.0	142.7	34.5
Κατάταξη	-	Γ	A+
$T=EP/R_R$		1.19	0.29

Σχήμα 5. 1: ΠΕΑ Βέλτιστης Επιλογής

### 5.3 Συμπεράσματα εργασίας

Τα συμπεράσματα μέσα από όλη την εργασία είναι πως υπάρχουν πολλοί τρόποι και μέσα που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα κτήριο για να εξοικονομηθεί ενέργεια να μειωθούν τα έξοδα λειτουργίας του και σε σύντομο χρονικό διάστημα να γίνει η απόσβεση των χρημάτων. Άρα αν εφαρμοστεί σωστός συνδυασμός θα υπάρχει σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και μικρότερο χρόνο απόσβεσης από την εφαρμογή ενός μόνο συνδυασμού. Στην προκειμένη περίπτωση τα χρήματα που θα ξόδευε το κτήριο για τις ανάγκες θέρμανσης του μπορούν να αξιοποιηθούν στην αναβάθμιση του εξοπλισμού του σχολείου (smart boards, προτζέκτορες, νέα θρανία, εκτυπωτές, υπολογιστές). Οι ρύποι που θα εκπέμπονται στο περιβάλλον είναι πολύ λιγότεροι, πράγμα που είναι πολύ σημαντικό για την περιοχή της Ελευσίνας ως μια βιομηχανική περιοχή με ανθυγιεινό περιβάλλον. Τα συμπεράσματα είναι μόνο θετικά και ενθαρρυντικά για την πραγματοποίηση των παρεμβάσεων στο κτήριο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

### Βιβλιογραφία

1. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2015). Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια. <https://ypen.gov.gr/>
2. Σοφοκλέους Ιν (2021). Παγκόσμια ενεργειακή κρίση: Αιτίες και προοπτικές για Ευρώπη και Ελλάδα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.sofokleousin.gr/pagkosmia-energeiaki-krisi-aities-kai-prooptikes-gia-eyropi-kai-e>
3. Παπαδής, Θ. (2022, 3 Ιουνίου). Κρίση σοκ στην ενέργεια: Αύξηση 1.200% στο φυσικό αέριο και 500% στην ηλεκτρική ενέργεια σε ένα χρόνο. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [https://www.imerisia.gr/oikonomia/37033\\_krisi-sok-stin-energeia-ayxisi-1200-sto-fysiko-aerio-kai-500-sto-reyma-se-ena-hrono](https://www.imerisia.gr/oikonomia/37033_krisi-sok-stin-energeia-ayxisi-1200-sto-fysiko-aerio-kai-500-sto-reyma-se-ena-hrono)
4. Ikram, J. (2021) Volatility Spillovers between Stock and Energy Markets during Crises: A Comparative Assessment between the 2008 Global Financial Crisis and the Covid-19 Pandemic Crisis. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612321003664>
5. Παπούλια, Ε. (2022, 23 Απριλίου). Ενεργειακή κρίση στην Ευρώπη: «Επιχείρηση θερμοστάτης» στην Ιταλία. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.alphafreepress.gr/2022/04/23/kosmos/energeiaki-krisi-stin-eyropi-epixeirisi-thermostatis-stin-italia/>
6. Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε (2018, 21 Νοεμβρίου). Νομοθετικές Πράξεις, έκδοση στην ελληνική. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2018:295:FULL&from=ES>
7. Κουντατζής, Σ. (2021 6 Οκτωβρίου). Σχέδιο νόμου, ενσωμάτωση οδηγιών. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/2f026f42-950c-4efc-b950-340c4fb76a24/11746627.pdf>
8. Τεχνικό Επιμελητήριο, Ελλάδος. (2017). Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηριακού Τομέα (Κ.Εν.Α.Κ),(ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ). Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>
9. Οικονομικός Ταχυδρόμος(2021 19 Ιανουαρίου) Μια «ανάσα» από τον στόχο της ΕΕ για τις ΑΠΕ η Ελλάδα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.ot.gr/2022/01/19/green/ape/mia-anasa-apo-ton-stoxo-tis-ee-gia-tis-ape-i-ellada/>
10. Διαχείριση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγύηση Προέλευσης (2000). Στατιστικά στοιχεία περιόδου 1-1-2021 έως 31-12-2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.dapeep.gr/wp-content/uploads/DESDEAT/2022/6/%CE%95%CE%A4%CE%97%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%99%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%91%202021.pdf? t=1654239277>
11. Διέξοδος Τεχνική (2007). Ενεργειακή Εξοικονόμηση. Σύγχρονες τεχνολογικές προτάσεις. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.diexodos-techniki.gr/>

12. *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμηση Ενέργειας. Αθήνα (1987). Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)*
13. *ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας(1970).Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://www.sem-lab.gr/el/>*
14. *Stock photography (2000). Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://www.dreamstime.com/>*
15. *Παλλαντζάς, Δ.(2019, 2 Ιουνίου). Θερμογέφυρες: μια σημαντική παράμετρος στον ενεργειακό σχεδιασμό κτηρίων. B2Green 2. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://www.b2green.gr/el/post/69730/thermogefyres-mia-simantiki-parametros-ston-energeiako-schediasmo-ktirion>*
16. *Krimatoglou Group (2019). Θερμογραφία, αλλάζει μια για πάντα την παραδοσιακή αντίληψη για τις εργασίες μόνωσης. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://kgreen.gr/blog/%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%BB%CF%8D%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/thermografia-allazei-thn-antilipsi-gia-tis-ergasies-monoshs/>*
17. *Θερμοπλαστική (1970). Θερμομονωτικά υλικά σύγχρονων απαιτήσεων. Καβάλα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : [https://thermoplastiki.gr/thermomonwtika-ulika/?tm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=search\\_thermomonosi&utm\\_content=dynamic&gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19ig-3J\\_WxNoR-nkcQyHUn2QPI3ih8UnG-KXkBOlBs5gmqLF1xL63xPTBoC7ncQAvD\\_BwE](https://thermoplastiki.gr/thermomonwtika-ulika/?tm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_thermomonosi&utm_content=dynamic&gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19ig-3J_WxNoR-nkcQyHUn2QPI3ih8UnG-KXkBOlBs5gmqLF1xL63xPTBoC7ncQAvD_BwE)*
18. *Παπαμανώλης, Ν. (2013). ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ ΜΙΑ ΔΥΣΚΟΛΗ ΑΠΟΦΑΣΗ. Blogger. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : [http://taratsokipos.blogspot.com/2013/08/blog-post\\_6305.html](http://taratsokipos.blogspot.com/2013/08/blog-post_6305.html)*
19. *Πανελλήνια Ομοσπονδία Βιοτεχνιών Αλουμινίου Σιδήρου (1998). Τεχνική οδηγία τοποθέτησης κουφωμάτων. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://povas.gr/library#c-tab3-5>*
20. *Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας(2017). ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)*
21. *Παπαβασιλείου Κουφώματα (2022). Ενεργειακοί βαλοπίνακες. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.papavasiliou.com.gr/>*
22. *Lunos Greece (2019). Συστήματα αερισμού. Πρέβεζα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://lunos.gr/products/>*
23. *Ελληνική Στατιστική Αρχή (2013). Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>*
24. *Παλιογιάννης, Μηχανολόγοι Μηχανικοί (2002). Ιστιαία. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://paliogiannis.gr/>*
25. *Meteonorm V7 (2010). Κλιματικά δεδομένα περιοχής. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://meteonorm.com/en/>*
26. *Passive House Institute Manual, Εργαλείο σχεδιασμού. (1998-2016) Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [https://passipedia.org/planning/calculating\\_energy\\_efficiency/phpp\\_-\\_the\\_passive\\_house\\_planning\\_package](https://passipedia.org/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package)*



27. Φραγκουλάκης Μονωτικά (1974), Τιμές αγοράς υλικών. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://fragoulakis.gr/>
28. ICE MARKETS EXPERT CALENDAR, Στατιστικά στοιχεία τιμών φυσικού αερίου. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas->
29. *Engineering\_informer*, (2018). *Icons*.
30. *Aerismos*, Αθήνα 2020 Τιμές Προϊόντων Αερισμού. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.aerismos.gr/>
31. *Τεχνοματ*, Αθήνα 1994 Πληροφορίες Φ/Β. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.technomat-shop.com/el/products/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%BB-vertex-580-600w-bifacial>
32. Google Earth, Προσανατολισμό και γεωγραφικά στοιχεία , Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://earth.google.com/web/@38.0495753,23.54725835,8.52351765a,174.08423701d,35y,1.46765839h,0t,0r>
33. Γιώργος Χαλός (2017) Το πρώτο σπίτι στην Οιχαλία με γεωθερμική ενέργεια είναι γεγονός Προσανατολισμό και γεωγραφικά στοιχεία , Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://oichalialive.gr/%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC/>
34. *Heating Solutions* (2020). Εφαρμογές συστημάτων θέρμανσης – Δροσισμού. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <http://www.heatingsolutions.gr/home>
35. *THINKCLIMA* (2022) ΑΦΟΙ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΙΔΗ Ο.Ε. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://thinkclima.gr/>  
<https://www.koronidis-krystalla.gr/news/5-nea-energiaka-tzamia.html> τιμές υαλοπινάκως
36. *Fenestral Κουφώματα Αλουμινίου*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://fenestral.gr/>
37. *Geoenergia365* (2003). *Γεωενέργεια Ι.Κ.Ε.* Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://geothermia365.com/>
38. *Υπολογισμός εγκατάστασης Φ/Β Solaire* (2010). Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : <https://www.solaire.gr/>

## Παράρτημα Α : Μέτρηση δομικών στοιχείων Κτηρίου

Οι μετρήσεις έγιναν με την βοήθεια ηλεκτρικού μέτρου για να είναι πιο ακριβής οι μετρήσεις των δομικών στοιχείων. Μικρότερης κλίμακας δομικά στοιχεία έγιναν με την χρήση αναλογικού μέτρου.



1 Μέτρηση Τοιχοποιίας



*2 Απώλειες Αερισμού Ανοιγμάτων*



*3 Καταμέτρηση Λαμπτήρων*



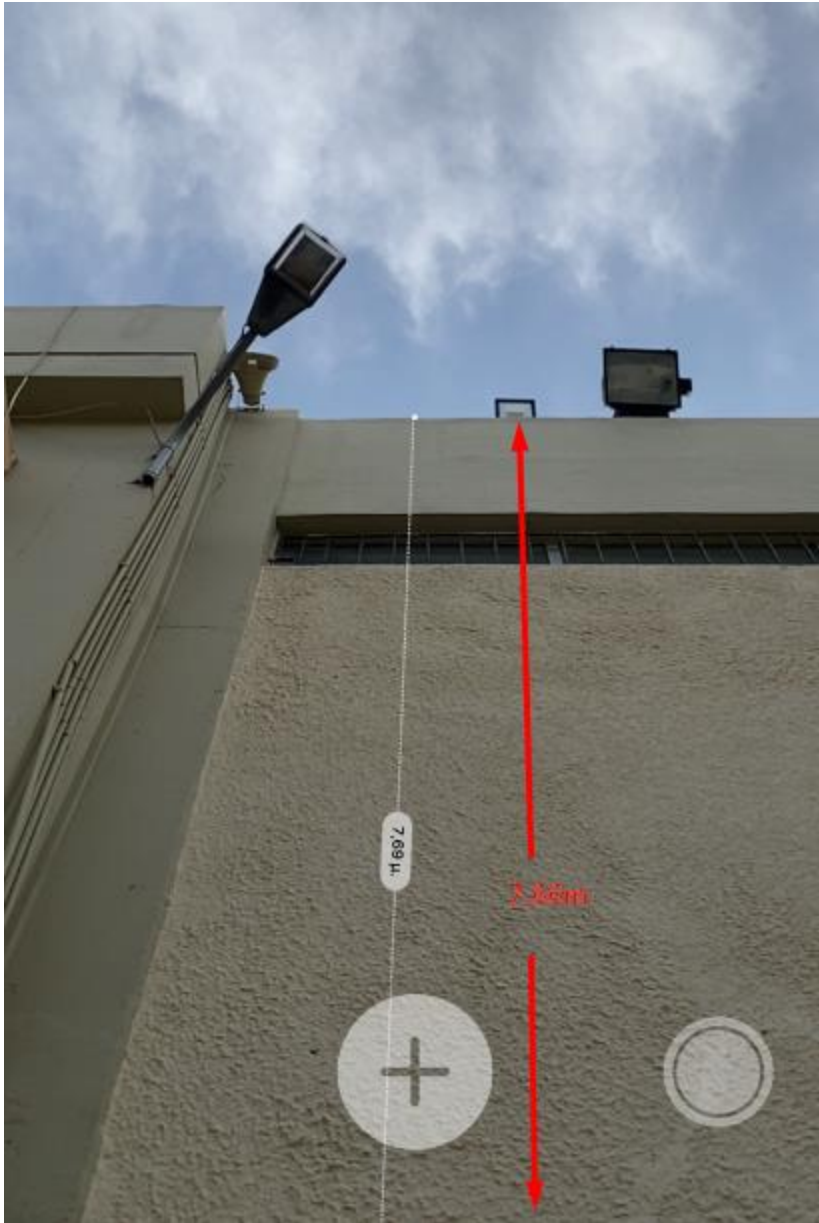
*4 Καταμέτρηση Λαμπτήρων Αιθουσών*



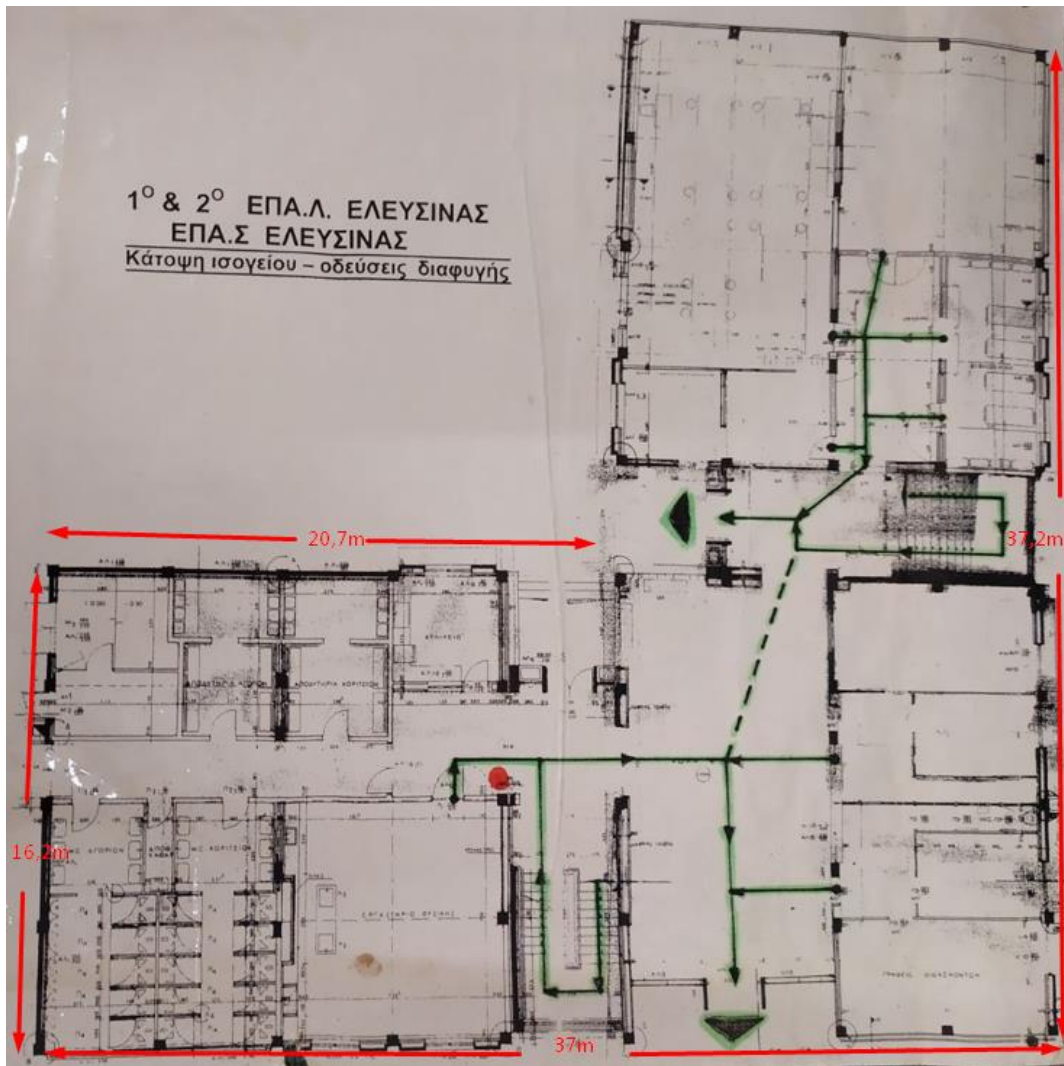
5 Καταμέτρηση Ύψους Ορόφου



6 Καταμέτρηση Ύψους Ισογείου



7 Καταμέτρηση Ολικού ύψους Κτηρίου



8 Κάτοψη Κτηρίου



9 Μέτρηση Ανοιγμάτων



10 Κάτοψη Κτηρίου



11 Πρόοψη Κτηρίου



ΔΕΗ Α.Ε.  
Βαλκωνιάς 30, 104 32 Αθήνα,  
Τ.Φ.Μ. 090000045, Δ.Ο.Υ. Φ.Α.Ε. ΑΘΗΝΩΝ  
ει.gr



Ιωδικός ηλεκτρονικής πληρωμής

IF80907738000300008222901



00046735,00 7

### Εκκαθαριστικός λογαριασμός

Τιμολόγιο: G22 Επαγγελματικό

Διεύθυνση αιτητού: ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ 1  
192 00 ΕΛΕΥΣΙΝΑ

Επόμενη καταμέτρηση: 24/02/2022

Αριθμός παροχής: 7 05039704-011

Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ

Ρυθμιζόμενες χρεώσεις

Εναντι Κατανάλωσης

Διάφορα - Δήμος - ΕΡΤ

ΦΠΑ

Προηγούμενο Ανεξόφλητο Ποσό

Αγνοήστε το εάν έχει πληρωθεί

Συνολικό ποσό πληρωμής

ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΠΕΛΑΤΩΝ ΔΕΗ

800 900 1000 (ΔΩΡΕΑΝ)

ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ  
ΗΡ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 108 192 00

ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΔΕΔΔΗΕ

800 400 4000 (ΔΩΡΕΑΝ)

Πληροφορίες | Βλάβες |  
Καταμέτρηση

005772

1ο-2ο ΕΠΑΛ κ Ε.Κ. ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ  
ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ 1  
192 00 ΕΛΕΥΣΙΝΑ

5

Συνολική έκπτωση  
στο λογαριασμό

Η συνολική έκπτωση  
στο λογαριασμό  
περιλαμβάνει τις  
επιδότησεις από το  
κράτος και τις  
εκπτώσεις από τη ΔΕΗ

ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

ΕΞΟΦΛΗΣΗ ΕΩΣ

23/02/2022



Σκανάρετε  
για άμεση εξόφληση

Η κατανάλωσή σας

Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	3680 kWh
Περίοδος Κατανάλωσης	01/01/2022 - 31/01/2022
Ημέρες	31
Ημ/νια Έκδοσης	02/02/2022
Α/Α Λογαριασμού	1283486222

**ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ!** Έχετε οφειλές από προηγούμενους λογαριασμούς και παρακαλούμε για την άμεση εξόφλησή τους. Η κοινοποίηση της εντολής διακοπής προς το Διαχειριστή Δικτύου έχει ήδη πραγματοποιηθεί με προηγούμενο λογαριασμό σας.

Για οποιοδήποτε θέμα σχετικά με τον λογαριασμό σας  
καλέστε στο 800 900 1000 (ΔΩΡΕΑΝ).

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΕΙΓΜΑ 2020 ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΗ ΑΕ** (πηγή ΔΑΠΕΕΠ 22.07.2021)

**Πρωτογενής Παραγωγή & Εισαγωγή**

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 28,76% | Λιγνίτης 10,92% | Φυσικό Αέριο 40,04%

Πετρέλαιο 7,33% | Λοιπά Ορυκτά Καύσιμα 8,53% | Πυρηνική Ενέργεια 4,42%

**Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**

Εκπομπές CO<sub>2</sub> (gr CO<sub>2</sub>/kWh) 468,26 | Ραδιενεργά Απόβλητα (mgRW/kWh) 0,16



Μια ανάσα από το μέλλον.

**GreenPass**

Η νέα, πράσινη υπηρεσία από τη ΔΕΗ που εγγυάται πως όση ενέργεια καταναλώνεις στο σπίτι σου, τόσο παράγεται για εμένα από ανανεώσιμες πηγές.

12 Ενδεικτικός Λογαριασμός Κατανάλωσης Ενέργειας

## ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ) 1ο & 2ο ΕΠΑΛ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ, ΓΕΛΑΣ 1 19200 , ΕΛΕΥΣΙΝΑ

Αρ. Πρωτοκόλλου:	106434/2022	Αρ. Ασφαλείας:	M8LXR-NW0Y7-64JDE-P
Ημερομηνία Έκδοσης:	07/04/2022	Ημερομηνία Ισχύος:	07/04/2032

\* Ελέγξτε την εγκυρότητα του ΠΕΑ: <https://www.buildingcert.gr/checkCert.view>

Τίτλος Κτηριακής Μονάδας:	
Χρήση:	Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης
Κλιματική Ζώνη:	B
Συνολική Επιφάνεια:	1830.03
Ωφέλιμη Επιφάνεια:	1804.77



Ενεργειακή κατηγορία:	Υφιστάμενη	Δυναμική
Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:		
EP ≤ 0,33 R <sub>R</sub> A+		
0,33 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 R <sub>R</sub> A		A
0,50 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 R <sub>R</sub> B+		
0,75 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 R <sub>R</sub> B	B	
1,00 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 R <sub>R</sub> Γ		
1,41 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 R <sub>R</sub> Δ		
1,82 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 R <sub>R</sub> E		
2,27 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 R <sub>R</sub> Z		
2,73 R <sub>R</sub> < EP H		

\* Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τη βέλτιστη (1η) σύσταση

Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας*	
Κτηρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:	73.6
Επιθεωρούμενου κτηρίου [kWh/m <sup>2</sup> ]:	70.2

Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτηρίου:	
Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:	0.0
Θερμικής ενέργειας (καύσιμα) [kWh/m <sup>2</sup> ]:	0.0
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:	0.0

Ετήσιες εκπομπές CO2 επιθεωρούμενου κτηρίου	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m <sup>2</sup> ]:	21.1
Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m <sup>2</sup> ]:	0.0

Θερμική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Οπτική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Ακουστική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Ποιότητα εσωτερικού αέρα <input checked="" type="checkbox"/>
---	--	---	--

\* Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών που συνδέονται με τη χρήση του ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.

Σχήμα 1 ΠΕΑ Κτηρίου

## ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)

Αρ. Πρωτοκόλλου: 106434/2022      Αρ. Ασφαλείας: M8LXR-NW0Y7-64JDE-P

### Υπολογιζόμενη ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά τελική χρήση [kWh/m<sup>2</sup>]

	Θέρμανση	Ψύξη	ZNX	Φωτισμός
Κτήριο αναφοράς	3.6	5.5	0.0	---
Επιθεωρούμενο κτήριο	12.6	4.3	0.0	---

### Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας ανα Πηγή Ενέργειας & Τελική Χρήση [kWh/m<sup>2</sup>]

Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	ZNX	Φωτισμός	Συνολική	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου [%]
Ηλεκτρική	4.4	4.3	0.0	6.7	15.4	39.35
Πετρέλαιο	23.3	0.0	0.0	0.0	23.3	59.61
Φυσικό Αέριο	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Άλλα Ορυκτά Καύσιμα	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ηλιακή	---	---	---	---	0.0	0
Βιομάζα	---	---	---	---	0.0	0
Γεωθερμία	---	---	---	---	0.0	0
Άλλη ΑΠΕ	---	---	---	---	0.0	0
<b>Σύνολο</b>	<b>27.7</b>	<b>4.3</b>	<b>0</b>	<b>6.7</b>	<b>38.7</b>	<b>100.0</b>

Χρησιμοποιήστε το ΠΕΑ για να:

- \*σ συγκρίνετε την ενεργειακή απόδοση κτηρίων ίδιας χρήσης βάσει της κατάταξής τους σε ενεργειακή κατηγορία,
- \*πληροφορηθείτε για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων μέσω παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

### ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

1. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων συνολικής ισχύος 40 kw (Net Metering)
2. Αντικατάσταση λέβητα & εγκατάσταση διατάξεων ελέγχου/αυτοματισμού κατ. Β (KENAK)
3. Τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος & αντικατάσταση κουφωμάτων βάσει KENAK

Σύσταση	Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας			Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής [έτη]	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	Ενεργειακή κατηγορία
		[kWh/m <sup>2</sup> ]	[%]	[€/kWh]			
1.	55440.0	34.8	49.5	0.9	17.32	10.34	A
2.	125000.0	16.0	22.8	4.3	54.09	4.1	B+
3.	133904.8	14.4	20.6	5.1	55.73	3.37	B

Οι συστάσεις είναι ιεραρχημένες σε σχέση με το κόστος – ενεργειακό όφελος που προκύπτει. Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επιμέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και την περίοδο αποπληρωμής.

\* Η απλή περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

<b>Όνοματεπώνυμο Ενεργειακού Επιθεωρητή:</b>  <b>ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΘΩΜΑΣ</b>	<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; color: blue;"> <b>ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Γ ΘΩΜΑΣ</b>                  ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ                  ΔΙΔΑΚΤΩΡ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ                  ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ                  ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘ. ΜΗΤΡΩΟΥ 114684                  Μ. ΜΠΟΤΣΑΡΗ 81 - Τ.Κ. 54644 - ΘΕΣ ΝΙΚΗ             </div>
<b>A.M. Ενεργειακού Επιθεωρητή: 9913</b>	

Σχήμα 2 ΠΕΑ Κτηρίου



Εικόνα 13 : Βόρεια Πλευρά Πίσω Όψη



Εικόνα 14: Δυτική Πλευρά Πλάγια Αριστερή Όψη



Εικόνα 15: Νότια Πλευρά Πρόοψη



Εικόνα 16: Ανατολική Πλευρά Πλάγια Δεξιά Όψη