



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων

Τομέας Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Προσομοίωση του Δημαρχείου Ελευσίνας με το πρόγραμμα DesignBuilder και επιλογή του βέλτιστου σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας»

Του Φοιτητή

Κριεκούκη Χρήστου

Επιβλέπων

Καρέλλας Σωτήριος, Αναπληρωτής Καθηγητής,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2015

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ενεργειακή μελέτη του Δημαρχείου Ελευσίνας και η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας. Για να πραγματοποιηθεί η συγκριμένη μελέτη κρίνεται απαραίτητο το κτίριο να προσομοιωθεί σε κατάλληλο λογισμικό προσομοίωσης. Στα λογισμικά προσομοίωσης κατασκευάζοντας ένα μοντέλο παρέχεται η δυνατότητα να προσδιοριστεί η συμπεριφορά του σε διάφορες τροποποιήσεις σχετικά με τον τρόπο ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου ή ακόμα και στα δομικά χαρακτηριστικά του. Στην τρέχουσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται το λογισμικό DesignBuilder. Μέσω της ενεργειακής προσομοίωσης προσδιορίζονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Έπειτα από τον συγκεκριμένο προσδιορισμό δύναται να εξεταστούν διάφορα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας και να επιλεγεί το βέλτιστο. Η χρονική διάρκεια της ενεργειακής μελέτης ισούται με ένα ολόκληρο έτος επομένως προσδιορίζονται οι ψυκτικές και θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Πέρα από τις προαναφερθείσες ανάγκες στο κτίριο υφίστανται καταναλώσεις ρεύματος από τον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό αλλά και από την χρήση ηλεκτρονικών συσκευών. Για να εξεταστεί η αξιοπιστία του μοντέλου που κατασκευάστηκε στο DesignBuilder συγκρίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τις καταναλώσεις ρεύματος 12 μηνών από λογαριασμούς της ΔΕΗ. Όταν η απόκλισή μεταξύ τους είναι αρκετά μικρή θεωρείται ότι το μοντέλο ακολουθεί πιστά το υφιστάμενο κτίριο. Επομένως, όποιες ενεργειακές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται μεταξύ των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας, αναμένονται να προκύψουν και αν τα συγκεκριμένα σενάρια εφαρμοστούν στο υφιστάμενο κτίριο. Τα σενάρια που εξετάζονται αφορούν την εγκατάσταση νέων και πιο αποδοτικών αντλιών θερμότητας και την τοποθέτηση παραθύρων PVC. Επιπλέον, χρησιμοποιείται η τεχνολογία LED στον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό όπως επίσης η ταινία SIGA TAPE που βελτιώνει της αεροστεγανότητα του κτιρίου. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται χρηματοοικονομική αξιολόγηση όλων των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας και η σύγκριση μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό επιλέγεται το βέλτιστο σενάριο με κριτήρια τις ενεργειακές του καταναλώσεις αλλά και το κόστος χρήσης του για την χρονική περίοδο 20 ετών.

Abstract

The purpose of this thesis is the energy investigation of Elefsina's Town Hall and the choice of the optimum energy savings scenarios. In order to conduct the investigation the building is simulated by an equivalent software. By constructing a model in simulation software there is the possibility to determine its behaviour according to several modifications relative to heating and cooling process or its structural specs. The DesignBuilder software is used for this thesis. Throughout the energy simulation the energy needs of the building are determined. When the energy needs are determined, there is the capability to examine the several energy savings scenarios and choose the optimum one. The duration of the energy investigation is one year, consequently, heating and cooling building needs are determined. Except the needs mentioned above, energy consumptions exist to the building from internal and external lighting as well as the use of electronic devices. In order to examine the reliability of the model constructed using DesignBuilder, the results of simulation are compared with the energy consumptions of one year Public Power Company(PPC) bills. When the deviation is pretty short it is considered that the model is closed to the existed building. Consequently, every energy differentiation exists between the energy saving scenarios are expected to occur, if those scenarios apply to the existed building. The examined scenarios concern the installation of new and more efficient heat pumps and the placement of PVC windows. Furthermore, LED technology is used to internal and external lighting as well as the SIGA TAPE which improves the air tightness of the building. Moreover, a financial evaluation of the energy savings scenarios is examined which is followed by their comparison. Using that way, the optimum scenario is being chosen according to the energy consumptions and the usage cost for a twenty year period.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σωτήρη Καρέλλα, για την βοήθεια που μου πρόσφερε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους συναδέλφους Πλάτωνα Πάλλη και Ciaran O'Leary ,όπου χωρίς την βοήθεια τους, η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής δεν θα ήταν δυνατή. Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για όλη την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1.	Δημαρχείο Ελευσίνας.....	9
1.1.	Τεχνική περιγραφή.....	9
1.2.	Οργάνωση των χώρων	11
1.3.	Υλικά κατασκευής.....	16
1.4.	Ιδιότητες υλικών κατασκευής	17
1.4.1.	Εξωτερικοί τοίχοι.....	17
1.4.2.	Εσωτερικοί τοίχοι	21
1.4.3.	Δάπεδα	21
1.4.4.	Οροφή.....	24
1.4.5.	Υαλοπίνακες	26
1.5.	Ψύξη και θέρμανση του κτιρίου	30
1.5.1.	Συστήματα ψύξης και θέρμανσης.....	30
1.5.2.	Συστήματα διανομής ψύξης και θέρμανσης.....	36
1.6.	Λοιπές καταναλώσεις ρεύματος	38
1.6.1.	Ηλεκτρονικές συσκευές.....	38
1.6.2.	Εσωτερικός φωτισμός	38
1.6.3.	Εξωτερικός φωτισμός.....	39
2.	Λογισμικά προσομοίωσης.....	41
2.1.	3DR.KEVAK	41
2.2.	4M-KEVAK	43
2.3.	EnergyPlus	46
2.3.1.	Βασικά χαρακτηριστικά του EnergyPlus	48
2.3.2.	Βασικοί αλγόριθμοι υπολογισμών του EnergyPlus	49
3.	DesignBuilder.....	59
3.1.	Γενικά χαρακτηριστικά του DesignBuilder	59
3.2.	Γενικά θέματα υπολογισμών στο DesignBuilder	64
4.	Προσομοίωση του Δημαρχείου Ελευσίνας στο DesignBuilder και επικύρωση του μοντέλου 67	
4.1.	Μοντελοποίηση του Δημαρχείου Ελευσίνας.....	67
4.1.1.	Κτιριακό κέλυφος	67
4.1.2.	Δομικά υλικά	71
4.1.3.	Σύστημα ψύξης και θέρμανσης.....	75
4.1.4.	Χαρακτηριστικά χρήσης κτιρίου.....	79
4.2.	Επικύρωση (validation) Δημαρχείου Ελευσίνας	82
4.2.1.	Σκοπός και στόχος της επικύρωσης	82

4.2.2.	Σύγκριση αποτελεσμάτων	83
5.	Σενάρια Εξοικονόμησης ενέργειας	86
5.1.	Υφιστάμενη κατάσταση.....	86
5.2.	Μορφές Σεναρίων εξοικονόμησης.....	88
5.3.	Τεχνολογίες μέσων που θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια	90
5.3.1.	Νέες αντλίες θερμότητας	90
5.3.2.	Παράθυρα PVC.....	94
5.3.3.	Τεχνολογία LED.....	96
5.3.4.	Sigma tape	98
5.4.	Χωρίς μόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία	99
5.4.1.	Νέες αντλίες θερμότητας	99
5.4.2.	Νέα παράθυρα PVC.....	101
5.4.3.	Led στον εξωτερικό φωτισμό	104
5.4.4.	Χρήση SIGA TAPE.....	106
5.4.5.	Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.....	107
5.4.6.	Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	109
5.4.7.	Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE	111
5.4.8.	Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	113
5.4.9.	Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE	115
5.4.10.	LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση SIGA TAPE	116
5.4.11.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό 118	118
5.4.12.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE.....	120
5.4.13.	Νέες αντλίες θερμότητας, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό 122	122
5.4.14.	Νέα παράθυρα PVC,χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	124
5.4.15.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό	126
5.4.16.	LED στον εσωτερικό φωτισμό	128
5.4.17.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE, LED στον εξωτερικό φωτισμό και LED στον εσωτερικό φωτισμό	129
5.5.	Τοποθέτηση μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία	131
5.5.1.	Εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους χωρίς περαιτέρω παρέμβαση στο κέλυφος	133
5.5.2.	Νέες αντλίες θερμότητας	136
5.5.3.	Νέα παράθυρα PVC.....	138
5.5.4.	Led στον εξωτερικό φωτισμό	140

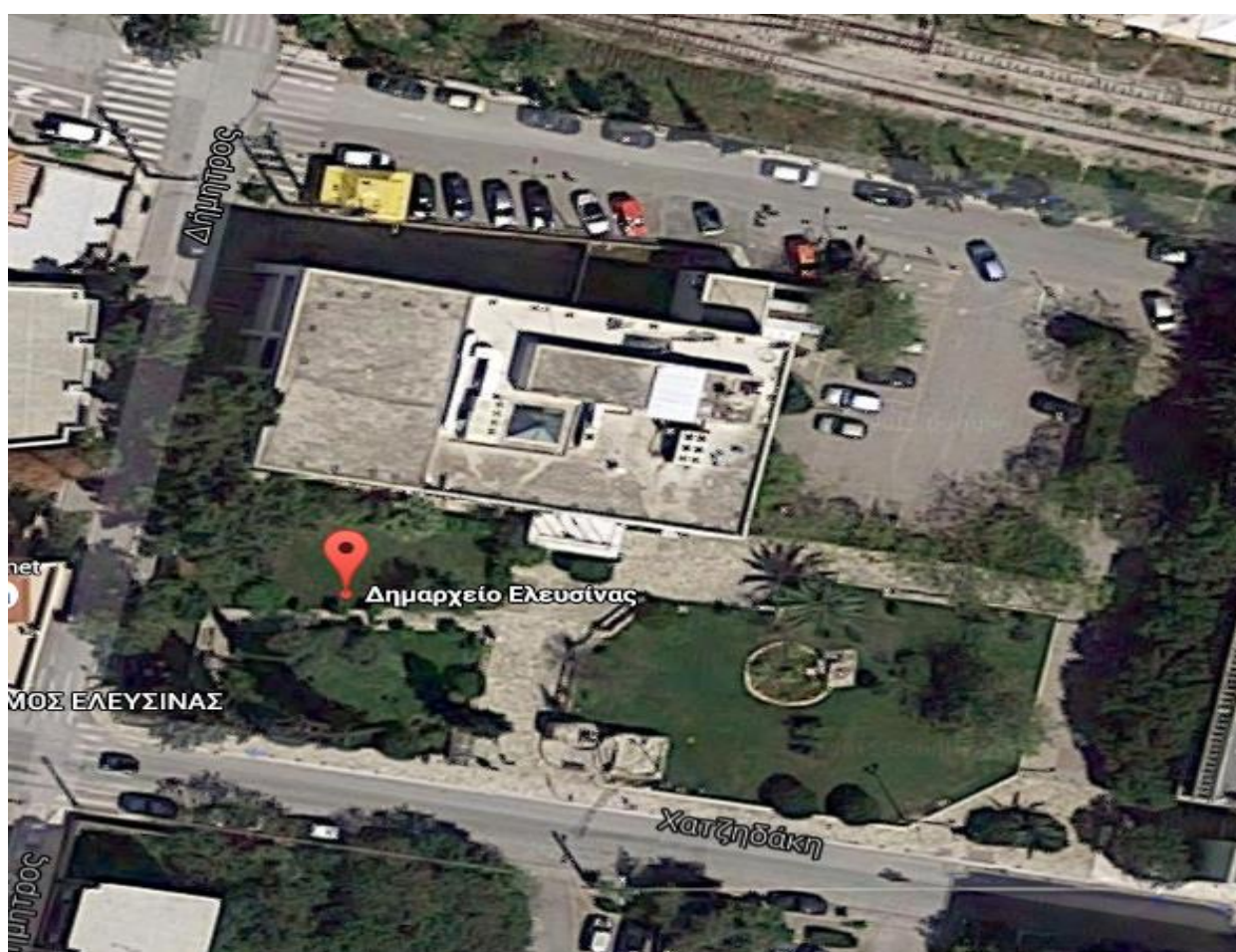
5.5.5.	Χρήση SIGA TAPE.....	141
5.5.6.	Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.....	143
5.5.7.	Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	145
5.5.8.	Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE.....	146
5.5.9.	Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	148
5.5.10.	Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE.....	150
5.5.11.	LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση SIGA TAPE.....	151
5.5.12.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό 153	
5.5.13.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE.....	155
5.5.14.	Νέες αντλίες θερμότητας, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό 157	
5.5.15.	Νέα παράθυρα PVC,χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	159
5.5.16.	Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	161
5.6.	Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	163
5.6.1.	Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία.....	163
5.6.2.	Συνολικές καταναλώσεις σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας.....	169
6.	Οικονομική αξιολόγηση.....	175
6.1.	Ανάλυση βέλτιστου κόστους.....	175
6.2.	Οικονομική αξιολόγηση σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας.....	188
6.2.1.	Νέες αντλίες θερμότητας.....	188
6.2.2.	Νέα παράθυρα PVC.....	190
6.2.3.	LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	192
6.2.4.	Χρήση SIGA TAPE.....	193
6.2.5.	Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.....	195
6.2.6.	Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	197
6.2.7.	Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE.....	198
6.2.8.	Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	200
6.2.9.	Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE.....	201
6.2.10.	LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση ταινίας SIGA TAPE.....	203
6.2.11.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό..	204
6.2.12.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και χρήση της SIGA TAPE.....	206
6.2.13.	6.2.13.Νέες αντλίες θερμότητας,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.....	207
6.2.14.	Νέα παράθυρα PVC,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE...	209

6.2.15.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.....	210
6.2.16.	LED στον εσωτερικό φωτισμό	211
6.2.17.	6.2.17.Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, χρήση της SIGA TAPE και LED στον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό.....	213
6.3.	Εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους του Δημαρχείου της Ελευσίνας. ..	214
6.3.1.	Εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης χωρίς περαιτέρω παρέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου	214
6.3.2.	Νέες αντλίες θερμότητας	215
6.3.3.	Νέα παράθυρα PVC.....	218
6.3.4.	LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	219
6.3.5.	Χρήση SIGA TAPE.....	221
6.3.6.	Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.....	223
6.3.7.	Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	225
6.3.8.	Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE	226
6.3.9.	Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό.....	227
6.3.10.	Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE	229
6.3.11.	LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση ταινίας SIGA TAPE	230
6.3.12.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό ..	232
6.3.13.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και χρήση της SIGA TAPE.	233
6.3.14.	Νέες αντλίες θερμότητας,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.	235
6.3.15.	Νέα παράθυρα PVC,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE...	236
6.3.16.	Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, LED στον	238
	εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.	238
6.4.	Σύνοψη αποτελεσμάτων	239
7.	Αναφορές	255

1. Δημαρχείο Ελευσίνας

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται εκτενώς τα χαρακτηριστικά του Δημαρχείου της Ελευσίνας (εικόνα 1.1), το οποίο αποτελεί το υπό μελέτη κτίριο στην παρούσα διπλωματική εργασία. Αναλυτικά θα παρουσιαστούν χαρακτηριστικά όπως οι διαστάσεις του κτιρίου, τα δομικά υλικά και η θερμομόνωση που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος, θα γίνει αναφορά στον τρόπο θέρμανσης και ψύξης όπως επίσης και στον τρόπο διανομής της θερμότητας στους χώρους του οικοδομήματος.

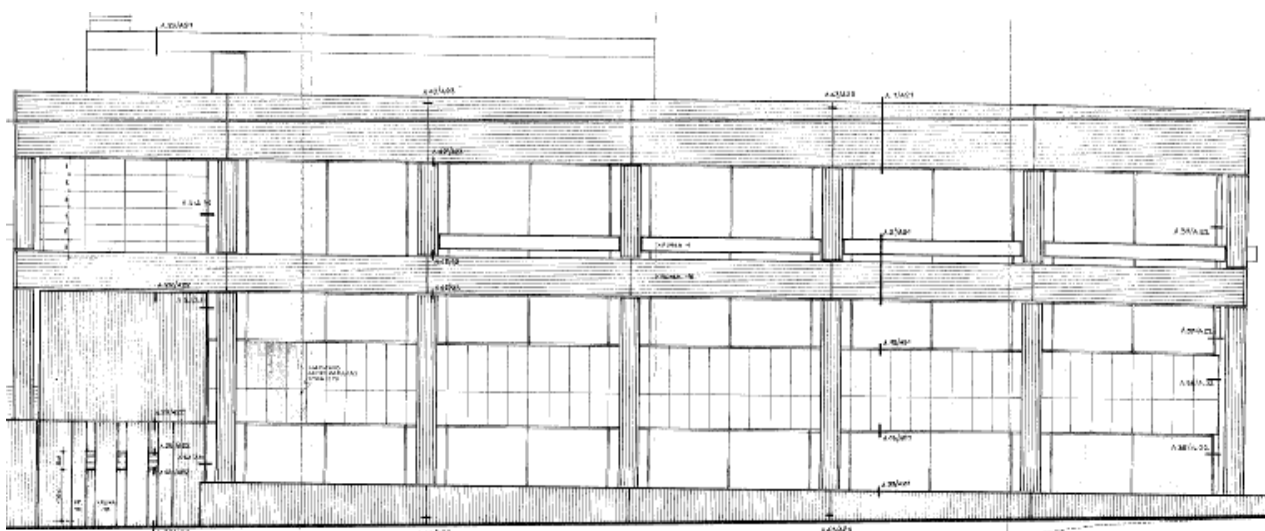
1.1.Τεχνική περιγραφή



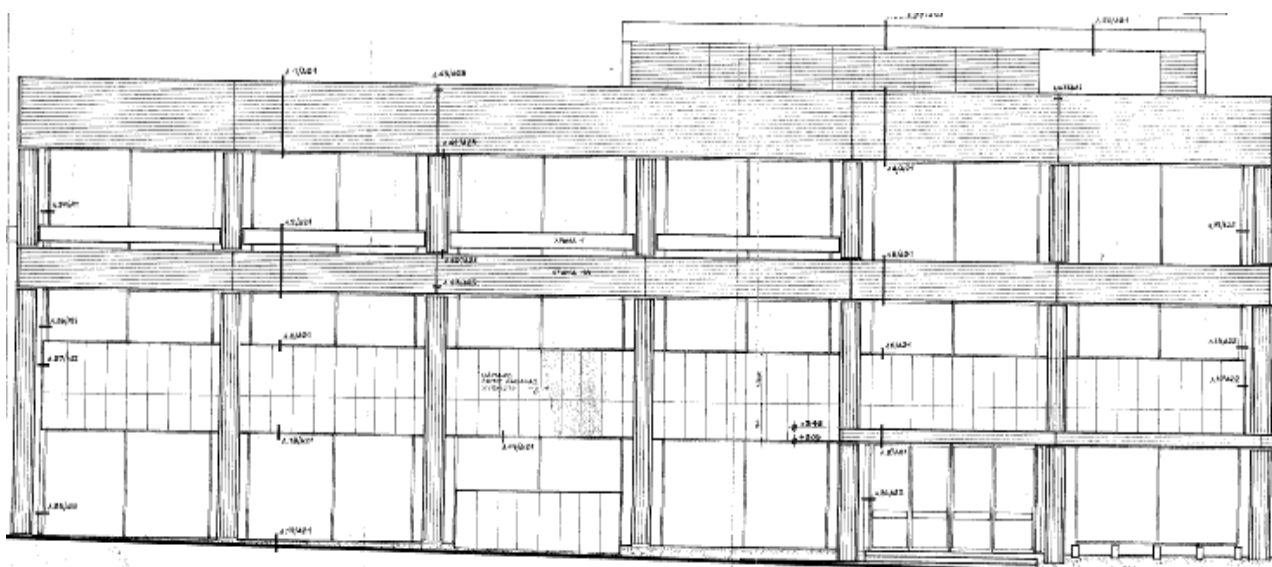
Εικόνα 1.1: Κτίριο Δημαρχείου Ελευσίνας

Το συγκρότημα του Δημαρχείου Ελευσίνας κατασκευάστηκε σε οικόπεδο εμβαδού 3499,50 τετραγωνικών μέτρων, που καταλαμβάνει όλο το οικοδομικό τετράγωνο Ι24 του Δήμου Ελευσίνας και περικλείεται από τους δρόμους Δήμητρας, Χατζιδάκη, Νικολαΐδου και τις σιδηροδρομικές γραμμές.

Το σύστημα οικοδόμησης είναι συνεχές, επειδή όμως το οικόπεδο είναι ολόκληρο οικοδομικό τετράγωνο, παρέχεται ελευθερία στη σύνθεση των όγκων του κτιρίου. Επομένως, κατασκευάστηκε κτίριο τριών ορόφων με ύψος 11,90 μέτρων με συνολικό εμβαδόν 1794,48 τετραγωνικών μέτρων και υπόγειο εμβαδού 590 τετραγωνικών μέτρων. Το κτίριο αποτελείται από 385,21 m² ανοιγμάτων και από 788,21 m² τοιχοποιίας. Ακολουθούν οι εικόνες 1.2 και 1.3 που απεικονίζουν τη βόρεια και τη νότια όψη του κτιρίου.



Εικόνα 1.2: Βόρεια όψη

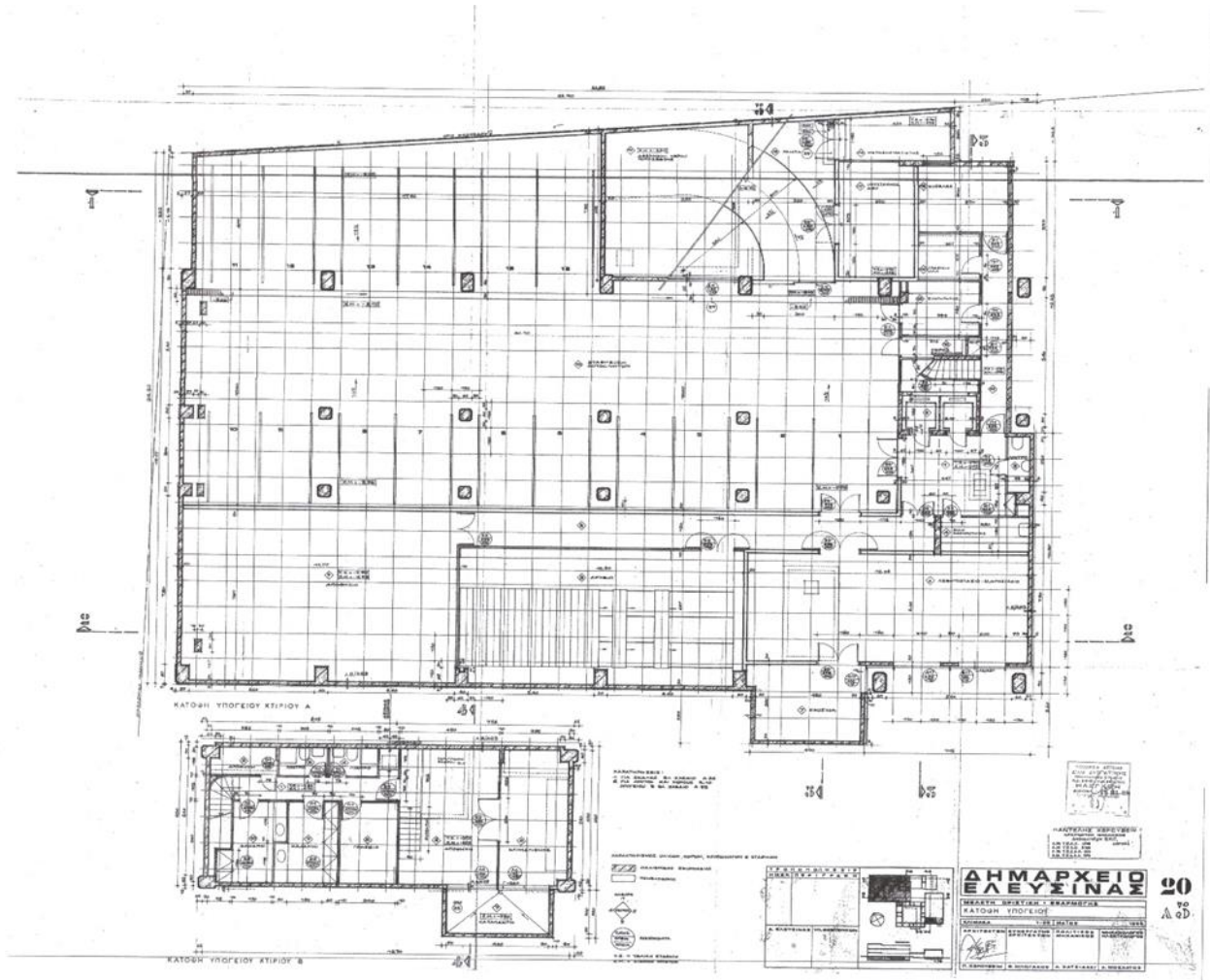


Εικόνα 1.3: Νότια όψη

1.2. Οργάνωση των χώρων

- Υπόγειο (590m²)

Καταλαμβάνει όλο το χώρο του Δημαρχείου και επιπλέον το χώρο κάτω από τη ράμπα αυτοκινήτων. Η πρόσβαση πραγματοποιείται με τους δύο ανελκυστήρες του κτιρίου, μια βοηθητική σκάλα, που βρίσκεται πίσω απ' αυτούς, και από την ράμπα αυτοκινήτων. Έπεται η εικόνα 1.4 όπου παρουσιάζεται η κάτοψη του υπογείου.



Εικόνα 1.4: Κάτοψη υπογείου

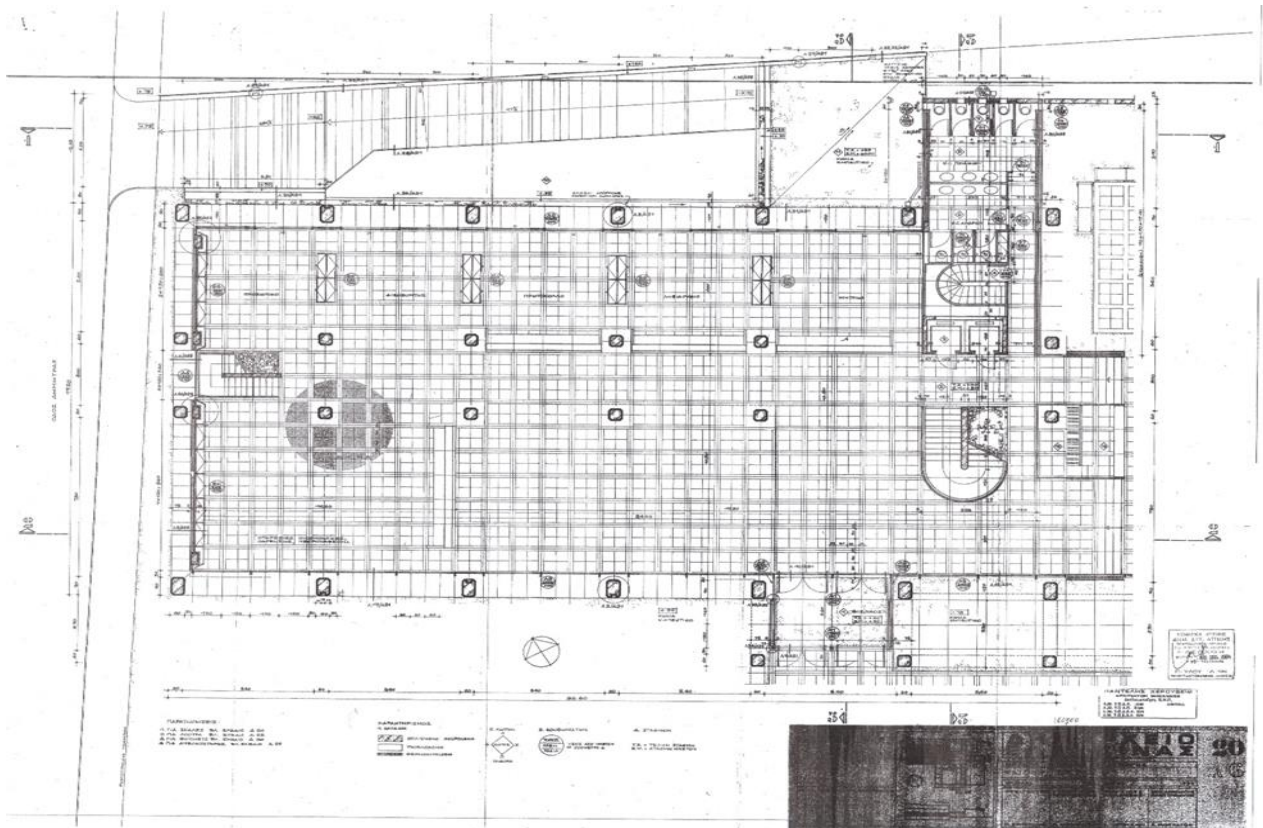
Στον πίνακα 1.1 αναφέρονται τα εμβαδά των εσωτερικών χώρων του υπογείου.

Πίνακας 1.1:Εμβαδά χώρων υπογείου

Περιγραφή χρήσης	Επιφάνεια (m ²)
Αποθήκη γενικής χρήσης	92,63
Αποθήκη ειδών καθαριότητας	5,70
Αποθήκη γραφικής ύλης	5,60
Χώρο συντηρητή	8,35
Χώρος σκουπιδιών	2,60
Μπάνιο	2,37
Χώρος αρχείου	77,12
Λεβητοστάσιο	60,25
Χώρος καυσίμων	15,30
Υποσταθμός ΔΕΗ	16,50
Χώρος μετασχηματιστή	21,54
Δεξαμενή πυρόσβεσης	60,00
Χώρος στάθμευσης	222,00

- Ισόγειο (607,21 m²)

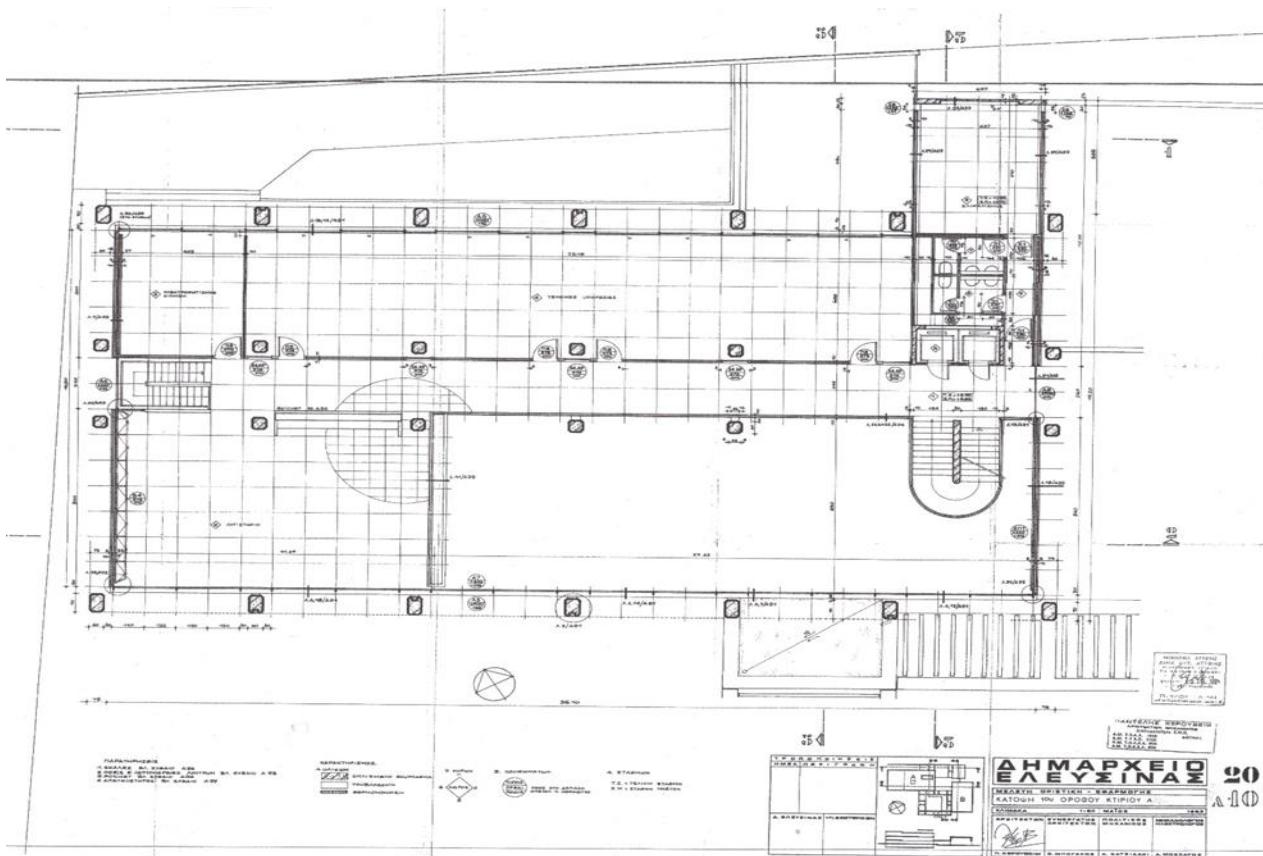
Περιλαμβάνει την κεντρική είσοδο του κτιρίου επιφάνειας 17 m² και τις διοικητικές και οικονομικές υπηρεσίες του Δήμου, επιφάνειας 288 m², που διαχωρίζονται από το χώρο διακίνησης του κοινού επιφάνειας 248 m² με γυψοσανίδα τύπου GUICHTS. Επίσης, αποτελείται από την κεντρική σκάλα προς τους ορόφους, τη βοηθητική σκάλα που οδηγεί στον πρώτο όροφο, τους ανελκυστήρες, τον διάδρομο που καταλήγει σε σκάλα η οποία καταλήγει στο υπόγειο και στις τουαλέτες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εικόνα 1.5 που απεικονίζει την κάτοψη του ισόγειου.



Εικόνα 1.5: Κάτοψη ισογείου

- Α όροφος (608 m²)

Ο Α όροφος αποτελείται κατά κύριο λόγο από το λογιστήριο και τις τεχνικές υπηρεσίες. Ακολουθεί η εικόνα 1.6 που απεικονίζει την ακριβή κάτοψη του πρώτου ορόφου:



Εικόνα 1.6: Κάτοψη Α ορόφου

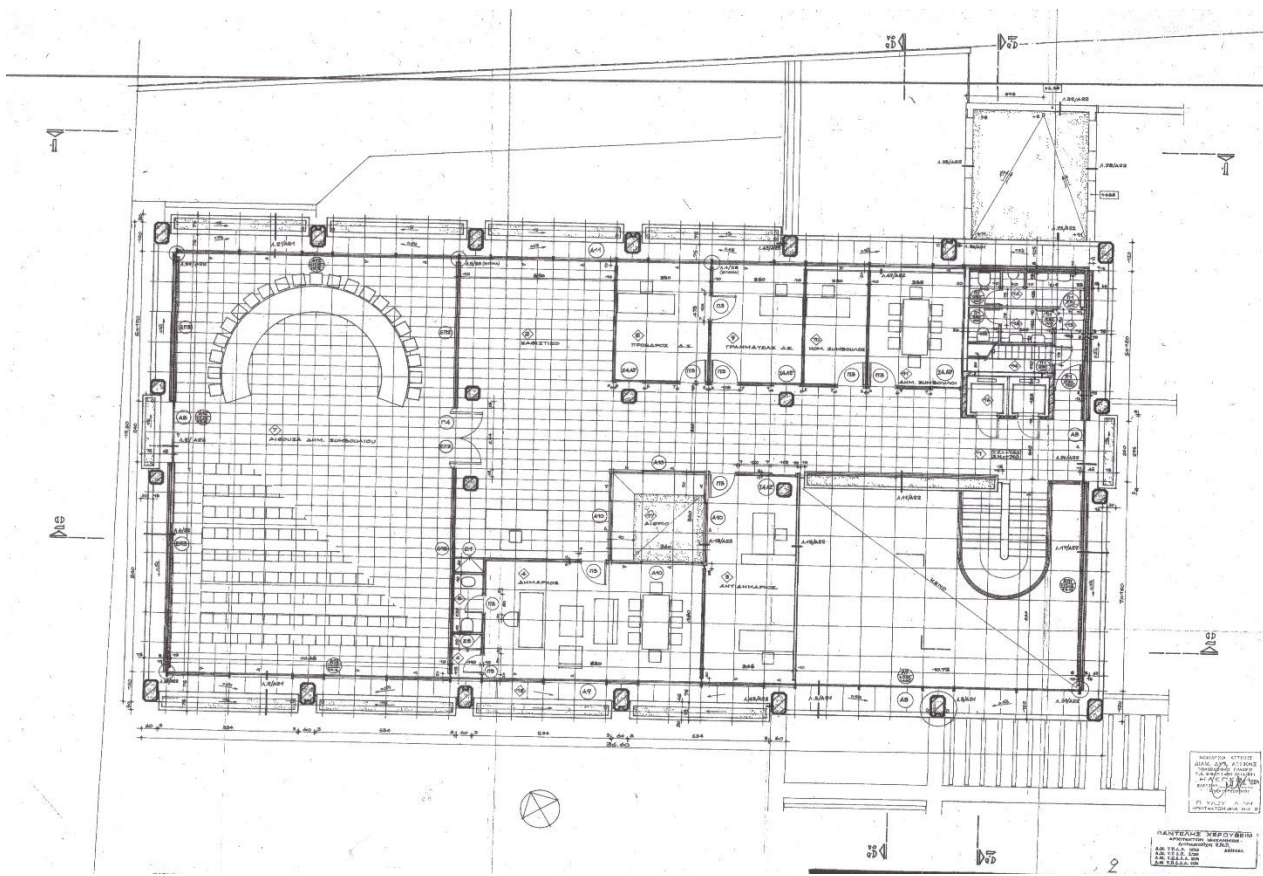
Στον πίνακα 1.2 αναγράφονται τα εμβαδά των εσωτερικών χώρων του Α ορόφου.

Πίνακας 1.2:Εμβαδά χώρων Α ορόφου

Περιγραφή χρήσης	Επιφάνεια (m ²)
Λογιστήριο	100,00
Γραφείο κίνησης	14,22
Γραφείο ηλεκτροφωτισμού	13,00
Τεχνικές υπηρεσίες	148,05
Τουαλέτα	8,64
Κλιματιστική μονάδα	28,49

- Β όροφος (579,27 m²)

Περιλαμβάνει τα γραφεία της δημοτικής αρχής και την αίθουσα δημοτικού συμβουλίου. Στη συνέχεια η εικόνα 1.7 αποτυπώνει την κάτοψη του Β ορόφου.



Εικόνα 1.7: Κάτοψη Β ορόφου

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται αναφορά των εμβαδών των εσωτερικών χώρων του Β ορόφου:

Πίνακας 1.3:Εμβαδά χώρων Β ορόφου

Περιγραφή χρήσης	Επιφάνεια (m ²)
Γραφείο Δημάρχου	39,84
Γραφείο αντιδημάρχου	28,80
Γραφείου προέδρου δημοτικού συμβουλίου	33,24
Γραφείο νομικού συμβούλου	10,92
Γραφείο δημοτικών συμβούλων	17,00
Τηλεφωνικό κέντρο	70,21
Αίθουσα δημοτικού συμβουλίου	178,92

1.3.Υλικά κατασκευής

- **Υπόγειο**

Τα εσωτερικά των χώρων κατασκευάστηκαν με τουβλοδομές δρομικές ή μπατικές, που σοβαντίστηκαν με τριφτά επιχρίσματα τριών στρώσεων. Οι οροφές, τα υποστρώματα του χώρου στάθμευσης καθώς και τα στοιχεία της ράμπας παρέμειναν ανεπίχρηστα. Τα τοιχία του υπογείου είναι μονωμένα εξωτερικά και έχει χρησιμοποιηθεί στεγνωτική μεμβράνη η οποία προστατεύεται από τα χρώματα επιχώσεων με τσιμεντοκονία. Στα δάπεδα έχουν στρωθεί μωσαϊκά πλακάκια διαστάσεων 30x30 εκατοστών, εκτός από το χώρο στάθμευσης και τη ράμπα.

- **Ισόγειο**

Με δρομικές τουβλοδομές έγινε η κατασκευή των εσωτερικών χωρισμάτων των χώρων της τουαλέτας, της βοηθητικής σκάλας και του εξωτερικού τοίχου προς την οδό Δήμητρος. Με δύο δρομικές τουβλοδομές με κενό ενδιάμεσα για την τοποθέτηση υαλοβάμβακα κατασκευάστηκαν οι εξωτερικοί τοίχοι της τουαλέτας και της εισόδου. Όλοι οι εσωτερικοί τοίχοι είναι σοβαντισμένοι με τριφτά επιχρίσματα.

Στο δάπεδο στρώθηκε μετό αφού πρώτα χρησιμοποιήθηκε υαλοβάμβακας 2 εκατοστών στην επιφάνεια του δαπέδου που βρίσκεται πάνω από μη θερμαινόμενους χώρους του υπογείου. Τέλος, έχει τοποθετηθεί ψευδοροφή τύπου LYXALON σ' όλη την οροφή.

- **Α όροφος**

Δρομικές τουβλοδομές χρησιμοποιήθηκαν στα χωρίσματα της τουαλέτας και στους εξωτερικούς τοίχους οι οποίοι καλύπτονται εσωτερικά με ερμάρια και στο ενδιάμεσο κενό τοποθετήθηκε υαλοβάμβακας. Οι υπόλοιποι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάστηκαν με δυο δρομικά τούβλα με υαλοβάμβακα ενδιάμεσα. Τέλος, έχει τοποθετηθεί ψευδοροφή τύπου LYXALON σ' όλη την οροφή.

- **Β όροφος**

Επιλέχθηκαν τα ίδια υλικά και ο ίδιος τρόπος κατασκευής με τον Α όροφο.

1.4.Ιδιότητες υλικών κατασκευής

Βάση της αρχιτεκτονικής μελέτης του 1984 και ύστερα από επικοινωνία που πραγματοποιήθηκε με την κατασκευάστρια εταιρία, τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής περιγράφονται όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια. Σε αυτό το σημείο, κρίνεται αναγκαίο να αναφερθεί πως παρατηρήθηκαν κατά την επιτόπια αυτοψία αρκετές διαφορές του υφιστάμενου κτιρίου με το κτίριο που αναπαρίσταται στην αρχική αρχιτεκτονική μελέτη. Οι συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις προσδιορίστηκαν στο κεφάλαιο 4 οπού πραγματοποιήθηκε μοντελοποίηση του κτιρίου.

1.4.1. Εξωτερικοί τοίχοι

Στους εξωτερικούς τοίχους εφαρμόστηκαν δύο τρόποι κατασκευής. Ως επί το πλείστον, έχουν χρησιμοποιηθεί πέντε στρώσεις υλικών. Στους εναπομείναντες τοίχους εφαρμόστηκαν τέσσερις στρώσεις υλικών.

1^{ος} Τρόπος κατασκευής

1. Εξωτερικό επίχρισμα
2. Τουβλοδομή
3. Υαλοβάμβακας
4. Τουβλοδομή
5. Εσωτερικό επίχρισμα

2^{ος} Τρόπος κατασκευής

1. Εξωτερικό επίχρισμα
2. Τουβλοδομή
3. Υαλοβάμβακας
4. Εσωτερικό επίχρισμα

Τα παραπάνω υλικά χαρακτηρίζονται από τέσσερεις φυσικές ιδιότητες όσον αφορά τη μετάδοση της θερμότητας:

- Πυκνότητα ρ (kg/m^3)
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)
- Ειδική θερμοχωρητικότητα C_p (J/kgK)
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών μ (ξηρό/υγρό)

Ακολουθούν αναλυτικές περιγραφές του κάθε υλικού κατασκευής.

Επίχρισμα



Εικόνα 1.8: Εφαρμογή σοβά

Συνιστά το μίγμα τεσσάρων υλικών: τσιμεντοκονίαμα, ασβεστοκονίαμα, γύψος και άμμος. Τα επιχρίσματα (εικόνα 1.8) προσφέρουν προστασία στο φέροντα οργανισμό (σκελετό) αλλά και στην τοιχοποιία από τουβλοδομή (κοινά τούβλα). Ακόμη, προστατεύουν τους τοίχους από τις καιρικές συνθήκες (νερό, ηλιακή ακτινοβολία) αλλά και από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Ακολουθεί ο πίνακας 1.4 με τις φυσικές ιδιότητες που αφορούν την μεταφορά θερμότητας δι' αυτού του επιχρίσματος βάση Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 [1].

Πίνακας 1.4: Θερμοφυσικές ιδιότητες επιχρίσματος

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	μ (ξηρό)
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	25-35

Τουβλοδομή



Εικόνα 1.9: Εφαρμογή τουβλοδομής

Το τούβλο ή ο πλίνθος (εικόνα 1.9) είναι ένας τεχνητός λίθος με διάφορες διαστάσεις και σχήματα που χρησιμοποιείται, από τους αρχαίους χρόνους αλλά και σήμερα, στην οικοδομική. Τα τούβλα κατασκευάζονται από άργιλο κυρίως αλλά και άλλα υλικά. Για την κατασκευή τους ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: αρχικά η πρώτη ύλη καθαρίζεται και ζυμώνεται με το νερό από ειδικούς κυλίνδρους. Στη συνέχεια, εισάγεται σε καλούπια ή πρέσες όπου μορφοποιείται σε διάφορα σχήματα. Στο τελικό στάδιο κατασκευής, ψήνεται στον ήλιο ή σε καμίνια ή σε ηλεκτρικούς θαλάμους. [2]

Ακολουθεί ο πίνακας 1.5 με τις φυσικές ιδιότητες που αφορούν την μεταφορά θερμότητας δι' αυτού του τούβλου βάσει Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 [1].

Πίνακας 1.5: Θερμοφυσικές ιδιότητες τούβλου

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	μ (ξηρό)
Τούβλο	1900	0,78	1000	10-25

Υαλοβάμβακας



Εικόνα 1.10: Ρολό υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας (εικόνα 1.10) είναι μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ λεπτές ίνες γυαλιού. Χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό υλικό για πολλά πολυμερή προϊόντα, δημιουργώντας σύνθετα υλικά γνωστά ως «πολυμερή ενισχυμένα με ίνες» (fiber-reinforced polymers FRP) ή «πλαστικά ενισχυμένα με γυαλί» (glass-reinforced plastic GRP). Πέρα από την θερμική μόνωση που παρέχει, είναι κατάλληλο και για εφαρμογές ηχομόνωσης και πυροπροστασίας. [2]

Έπεται πίνακας 1.6 όπου αναφέρονται οι φυσικές ιδιότητες που αφορούν την μεταφορά θερμότητας δι' αυτού του υαλοβάμβακα βάση Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 [1].

Πίνακας 1.6: Θερμοφυσικές ιδιότητες υαλοβάμβακα

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	μ (ξηρό)
Υαλοβάμβακας	13-50	0,035-0,041	840	1,0-1,5

1.4.2. Εσωτερικοί τοίχοι

Στους εσωτερικούς τοίχους εφαρμόστηκαν δύο τρόποι κατασκευής. Τα περισσότερα χωρίσματα αποτελούνται από γυψοσανίδα τύπου GUICHET με χρήση υαλοβάμβακα εσωτερικά τους. Στους εναπομείναντες τοίχους εφαρμόστηκαν τρεις στρώσεις υλικών οι οποίες αναφέρονται ως εξής:

1. Επίχρισμα
2. Τουβλοδομή
3. Επίχρισμα

Τα υλικά κατασκευής παραμένουν τα ίδια με τους εξωτερικούς τοίχους. Επομένως, οι θερμοφυσικές ιδιότητες παραμένουν ίδιες, όπως αναλύονται στην ενότητα 1.4.1 και παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών περιγράφονται στους πίνακες 1.4 (σελίδα 17), 1.5 (σελίδα 18) και 1.6 (σελίδα 19)

1.4.3. Δάπεδα

Στα δάπεδα παρατηρήθηκαν δύο μέθοδοι κατασκευής, του ισόγειου που εμπεριέχει εσωτερική μόνωση ενώ των δυο υπολοίπων ορόφων παρέμειναν χωρίς μόνωση. Βασική αιτία για αυτή την διαφοροποίηση αποτελεί το γεγονός ότι το ισόγειο έρχεται σε επαφή με το υπόγειο το οποίο αποτελεί μη θερμαινόμενος χώρος. Στην συνέχεια αναφέρονται τα επιμέρους υλικά της καθέμιας μεθόδου κατασκευής.

Δυο στρώματα υλικών

1. Οπλισμένο σκυρόδεμα
2. Μάρμαρο Καβάλας

Τρία στρώματα υλικών

1. Οπλισμένο σκυρόδεμα
2. Πλάκες υαλοβάμβακας
3. Μάρμαρο Καβάλας

Ακολουθούν αναλυτικές περιγραφές του κάθε υλικού κατασκευής.

Οπλισμένο σκυρόδεμα



Εικόνα 1.11: Τρόπος δημιουργίας δαπέδου

Το σκυρόδεμα είναι ένα μείγμα αδρανών υλικών (χαλίκια), τσιμέντου και νερού που μετά από χημική αντίδραση μετατρέπεται σε στερεό σώμα. Έχει πολλά πλεονεκτήματα στις κατασκευές, όπως η ευκολία που έχει να παίρνει σχήμα με καλούπια, η μεγάλη θλιπτική αντοχή του, η αντοχή στο χρόνο, η αντοχή στη φωτιά και το σχετικά μικρό κόστος. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα είναι και η σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή του που έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Το κυριότερο μειονέκτημα του σκυροδέματος είναι η πολύ μικρή αντοχή του σε εφελκυσμό. [2]

Ακολουθεί ο πίνακας 1.7 με τις φυσικές ιδιότητες που αφορούν την μεταφορά θερμότητας δι' αυτού του οπλισμένου σκυροδέματος βάση Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 [1].

Πίνακας 1.7: Θερμοφυσικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	μ (ξηρό)
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	2,5	1000	130

Μάρμαρο Καβάλας



Εικόνα 1.12: Δάπεδο με μάρμαρο Καβάλας

Πρόκειται για το πιο γνωστό είδος μάρμαρου (εικόνα 1.12) που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα επειδή συνδυάζει την πολύ καλή τιμή αγοράς με την εξίσου καλή ποιότητα που παρέχει.

Ακολουθεί πίνακας όπου παρουσιάζονται οι φυσικές ιδιότητες που αφορούν την μεταφορά θερμότητας δι' αυτού του μάρμαρο βάση Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 [1].

Πίνακας 1.8: Θερμοφυσικές ιδιότητες μάρμαρου

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	μ (ξηρό)
Μάρμαρο	2800	3,5	1000	10000

Πλάκες υαλοβάμβακα



Εικόνα 1.13: Πλάκες υαλοβάμβακα

Η μόνη διαφορά που παρουσιάζει με τον υαλοβάμβακα που χρησιμοποιήθηκε για τους τοίχους είναι ότι παρέχεται σε πλάκες (εικόνα 1.13) για την εφαρμογή σε δάπεδα. Οι θερμοφυσικές του ιδιότητες παραμένουν ίδιες.

1.4.4. Οροφή

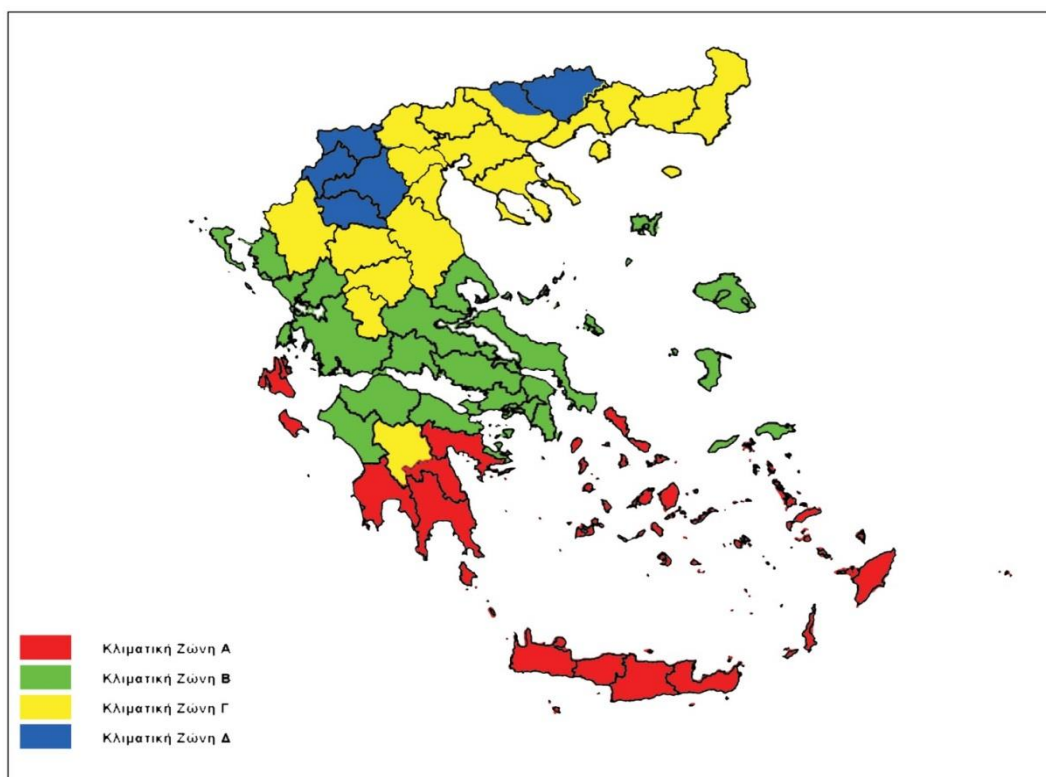
Αναφορικά με την ταράτσα δεν εντοπίστηκε κάποια πληροφορία σχετικά με την κατασκευή της. Ύστερα από επίβλεψη της ταράτσας, παρατηρήθηκε η χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης, γνωστή και ως roofmate, και η επίστρωση μιας στρώσης από πλακάκια. Επειδή η μελέτη του κτιρίου πραγματοποιήθηκε το 1984, θα πρέπει να τηρεί το Κανονισμό θερμομόνωσης Κτίριων του 1979 [3]. Επομένως, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας θα θεωρηθεί ίση με το νόμμερο που προτείνει το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4] (Πίνακας 1.9), αφού η οροφή είναι μονωμένη.

Πίνακας 1.9: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979) για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979)		
	A	B	Γ
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές, πυλωτές).	0,50	0,50	0,50
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	0,70	0,70	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	3,00	1,90	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους .	3,00	1,90	0,70

Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης (εικόνα 1.14). Οι τέσσερις κλιματικές ζώνες παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Εικόνα 1.14: Κλιματικές ζώνες

Ο δήμος Ελευσίνας ανήκει στην κλιματική ζώνη Β επομένως σαν συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής θα χρησιμοποιηθεί το $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, σύμφωνα με τον πίνακα 1.9.

1.4.5. Υαλοπίνακες



Εικόνα 1.15: Δημαρχείο Ελευσίνας

Το υφιστάμενο κτίριο (εικόνα 1.15) έχει κατασκευαστεί με συνολική επιφάνεια κουφωμάτων $385,21 \text{ m}^2$. Σ' όλο το κτίριο τοποθετήθηκαν διπλά κρύσταλλα Ευρωπαϊκής προέλευσης. Για τα μεγάλα ανοίγματα χρησιμοποιήθηκαν δυο κρύσταλλα των 6 χιλιοστών με 10 χιλιοστά κενό ενδιάμεσα και για τα μικρότερα κρύσταλλα των 5 χιλιοστών με 12 χιλιοστά κενό, έτσι ώστε το συνολικό πάχος να είναι το ίδιο. Στις πόρτες και στα γυάλινα χωρίσματα των γραφείων έγινε χρήση μονού κρύσταλλου εγχώριας προέλευσης πάχους 5 χιλιοστών. Όλα τα κουφώματα είναι χωρίς θερμοδιακοπή.

Θερμοδιακοπή

Το προφίλ των κουφωμάτων αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή αποτελείται μόνο από αλουμίνιο όπως φαίνεται στην εικόνα 1.16.



Εικόνα 1.16: Κούφωμα χωρίς θερμοδιακοπή

Το αλουμίνιο ως μέταλλο είναι καλός αγωγός της θερμότητας. Επιτρέπει την μεταφορά θερμότητας από το σπίτι μας προς το περιβάλλον και αντίστροφα, με αποτέλεσμα να υπάρχει θερμική απώλεια και κατά συνέπεια, μεγαλύτερη κατανάλωση χρημάτων και ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος, δημιουργήθηκαν τα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή. Ουσιαστικά η θερμοδιακοπή είναι ένα κομμάτι πολυαμίδιο, που εφαρμόζεται ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό προφίλ του κουφώματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.17.



Εικόνα 1.17: Κούφωμα με θερμοδιακοπή

Το πολυαμίδιο είναι ένα είδος πλαστικού PVC, που σε αντίθεση με το αλουμίνιο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και συνεπώς, μειώνει δραστικά την θερμική διαπερατότητα του κουφώματος.

Τα πλεονεκτήματα των κουφωμάτων αλουμινίου με θερμοδιακοπή αναφέρονται συνοπτικά ως εξής:

- Συνεισφέρουν στην σημαντική βελτίωση και αναβάθμιση των θερμομονωτικών ιδιοτήτων του κουφώματος.
- Οι ηχομονωτικές και μηχανικές ιδιότητες των κουφωμάτων έχουν αυξημένη απόδοση με την τοποθέτηση θερμοδιακοπής.
- Η θερμοδιακοπή αποτρέπει την συσσώρευση και υγραποίηση των υδρατμών, που αργά ή γρήγορα οδηγούν στη δημιουργία μούχλας στους τοίχους.
- Με την θερμοδιακοπή γίνεται δραστική μείωση της μεταφοράς θερμότητας από το εσωτερικό του σπιτιού στο εξωτερικό και αντίστροφα, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται το κόστος θέρμανσης και δροσισμού, ενώ ταυτόχρονα προστατεύουμε και το περιβάλλον, δαπανώντας λιγότερη ενέργεια. Έχει υπολογιστεί πως και μόνο από τη θερμοδιακοπή εξοικονομείται έως και 5% της ενεργείας που καταναλώνει το κτίριο. [5]

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος στα κτίρια χρησιμοποιούνται οι σχέσεις που εμπεριέχονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4].

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος υπολογίζεται από την σχέση:

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

όπου:

U_w [W/(m²·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

U_f [W/(m²·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

U_g [W/(m²·K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

A_f [m²]: η επιφάνεια του υαλοπίνακα,

l_g [m]: το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),

Ψ_g [W/(m·K)]: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

A_w [m²]: το εμβαδό επιφάνειας του κουφώματος.

Όλα τα παραπάνω μεγέθη προσδιορίζονται από το μέγεθος των κουφωμάτων και τους πίνακες 1.10, 1.11 και 1.12 που περιλαμβάνονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4].

Πίνακας 1.10: Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων

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

Πίνακας 1.11: Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων

Τύπος πλαισίου	U_f (W/(m ² 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 1.12: Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα

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

1.5. Ψύξη και θέρμανση του κτιρίου

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται αναφορά στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και την ψύξη του Δημαρχείου Ελευσίνας. Ακόμα θα πραγματοποιηθεί αναλυτική περιγραφή του τρόπου διανομής της θερμότητας εντός του κτιρίου. Όσον αναφορά την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) χρησιμοποιείται ένα boiler του οποίου το ωράριο λειτουργίας δεν είναι σταθερό και κυμαίνεται από καθόλου έως μία ώρα μερικές μέρες του χειμώνα. Το πρόγραμμα λειτουργίας των μηχανημάτων παραμένει σταθερό όλο το έτος και περιλαμβάνει 8 ώρες λειτουργίας τις καθημερινές από τις 7:00 έως τις 15:00.

1.5.1. Συστήματα ψύξης και θέρμανσης

Για τη θέρμανση και την ψύξη του Δημαρχείου της Ελευσίνας χρησιμοποιούνται τέσσερις αντλίες θερμότητας. Δυο από αυτές αποτελούν αντλίες θερμότητας αέρος νερού και εξυπηρετούν το ισόγειο, τα γραφεία του πρώτου ορόφου και τον δεύτερο όροφο. Οι άλλες δύο είναι αντλίες θερμότητας αέρος αέρος και καθορίζουν την θερμοκρασία στον διάδρομο του πρώτου ορόφου και της αίθουσας δημοτικού συμβουλίου που βρίσκεται στον δεύτερο όροφο.

Σε όλους τους κοινόχρηστους χώρους πραγματοποιείται θέρμανση και ψύξη μέσω αεραγωγών. Για να συμβεί η συγκεκριμένη διαδικασία λειτουργεί μια κεντρική κλιματιστική μονάδα (Κ.Κ.Μ), η οποία εισάγει αέρα περιβάλλοντος και περνώντας τον μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας, στον οποίο διέρχεται το νερό της αντλίας αέρος νερού, στη συνέχεια τον κατευθύνει στους χώρους. Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να τονιστεί πως σημαντική τροχοπέδη που παρουσιάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι η έλλειψη των χαρακτηριστικών των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για τη ψύξη και τη θέρμανση του κτιρίου. Ακολουθούν οι εικόνες 1.18, 1.19, 1.21 και 1.22 που παρουσιάζουν τις υφιστάμενες αντλίες θερμότητας του δημαρχείου:



Εικόνα 1.18: Αντλία θερμότητας αέρος νερού Δημαρχείου Ελευσίνας



Εικόνα 1.19: Αντλία θερμότητας αέρος νερού Δημαρχείου Ελευσίνας



Εικόνα 1.20: Αντλία θερμότητας αέρος αέρος Δημαρχείου Ελευσίνας

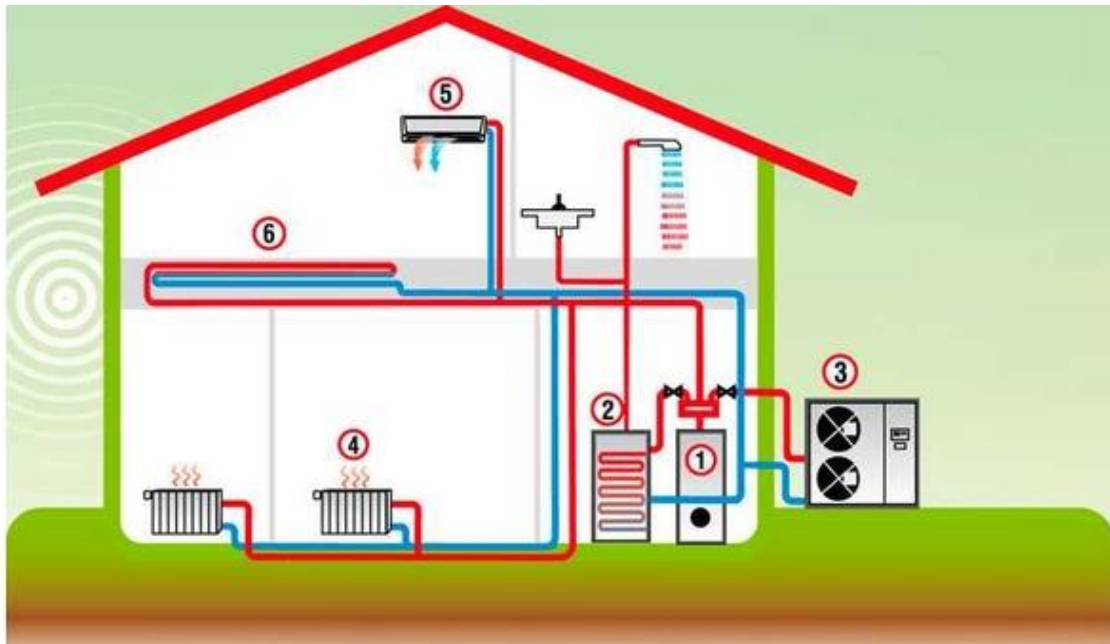


Εικόνα 1.21: Αντλία θερμότητας αέρος αέρος Δημαρχείου Ελευσίνας

Αντλία θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος κλιματισμού, καθώς μεταφέρουν θερμότητα από το ένα περιβάλλον στο άλλο μέσω του ψυκτικού μέσου. Οι αντλίες θερμότητας είναι επίσης μια οικονομική λύση θέρμανσης. Οι δε αντλίες θερμότητας πηγής αέρα ανήκουν στην κατηγορία των συστημάτων παραγωγής θερμότητας από ανανεώσιμες πηγές.

Στη λειτουργία ψύξης, οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν τη θερμότητα από το δωμάτιο ή τον εσωτερικό χώρο στον αέρα του περιβάλλοντος, ψύχοντας έτσι τον εσωτερικό χώρο. Στην αντίστροφη λειτουργία, οι αντλίες θερμότητας αντλούν τη λανθάνουσα θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος (ακόμα κι όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) και τη μεταφέρουν στο εσωτερικό για τη θέρμανση του χώρου. Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας αναπαρίσταται στην εικόνα 1.22.



Εικόνα 1.22: Απεικόνιση λειτουργίας της αντλίας θερμότητας αέρος νερού

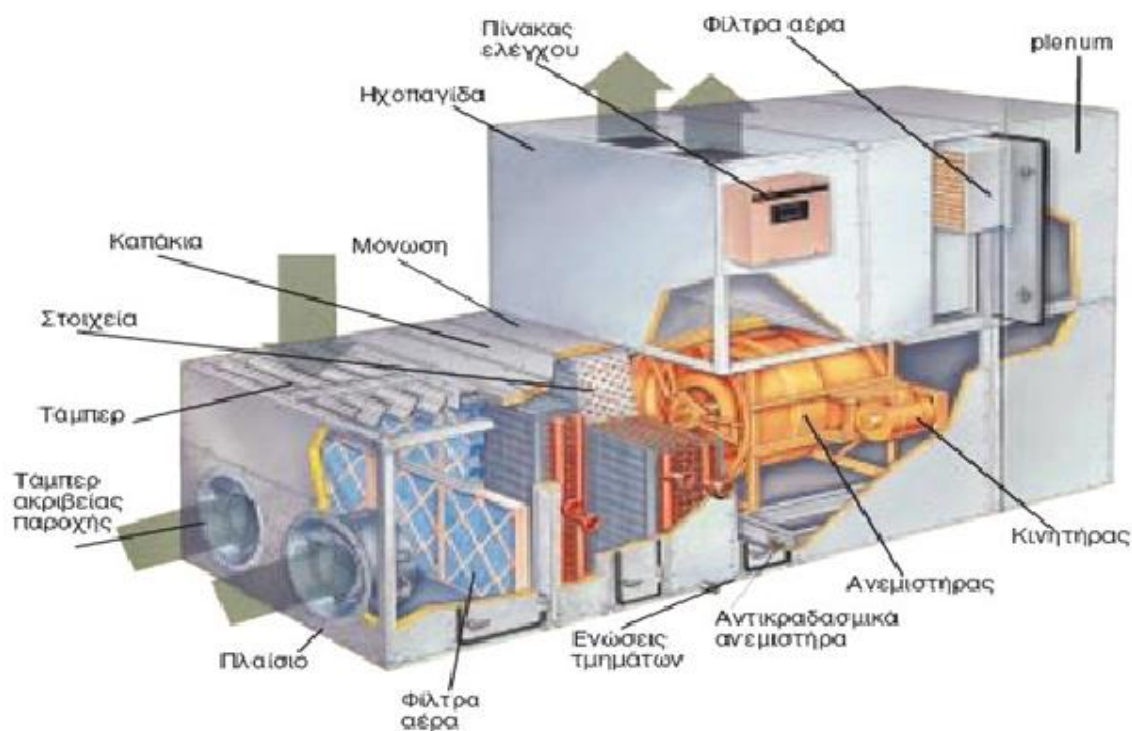
Η αποδοτικότητα των αντλιών θερμότητας φθάνει το 300%. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας κατά τη λειτουργία της, παράγονται τρεις ή περισσότερες μονάδες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο.

Επειδή οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν αντλώντας τη διαθέσιμη θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος, είναι πολύ πιο αποδοτικές και από τα πλέον αποδοτικά συστήματα θέρμανσης ορυκτών καυσίμων. Οι δε αντλίες θερμότητας με τεχνολογία inverter είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για όλα τα είδη θέρμανσης εσωτερικού χώρου.

Οι ολοκληρωμένες λύσεις αντλίας θερμότητας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου παρουσιάζουν ως επιπλέον πλεονέκτημα τη μικρότερη αρχική επένδυση, καθώς και την απλούστερη λειτουργία και συντήρηση. [6]

Κεντρική κλιματιστική μονάδα

Εκτός από την κατηγορία των αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων - Split Units, τα οποία προορίζονται να καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού μικρών χώρων - δωματίων, υπάρχει και η κατηγορία των κλιματιστικών μηχανημάτων, τα οποία προορίζονται να καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού μεγαλύτερων χώρων, όπως αίθουσες, καταστήματα, τράπεζες αλλά και τις ανάγκες ολόκληρων κτιρίων, όπως κτίρια κατοικιών, γραφείων, βιομηχανιών, εμπορικών κτιρίων, νοσοκομείων, εκπαιδευτηρίων κλπ. Τα συγκεκριμένα μηχανήματα που απεικονίζονται στην εικόνα 1.23. εξυπηρετούν εγκαταστάσεις Ημικεντρικού ή Κεντρικού κλιματισμού και για τον λόγο αυτό φέρουν τις αντίστοιχες ονομασίες.



Εικόνα 1.23: Κεντρική κλιματιστική μονάδα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μηχανήματα, με τα οποία οι εγκαταστάσεις κλιματισμού μπορούν να δημιουργούν, να ελέγχουν και να διατηρούν σε ικανοποιητικά επίπεδα όλους τους παράγοντες, οι οποίοι διαμορφώνουν τις συνθήκες άνεσης, που πρέπει να έχουν οι κλιματιζόμενοι χώροι. Οι συνθήκες άνεσης επηρεάζονται από την θερμοκρασία, την υγρασία, την καθαρότητα του αέρα και την ανανέωσή του, την ταχύτητα και την κατανομή του αέρα στο χώρο.

Τα μηχανήματα ημικεντρικού κλιματισμού επιλέγονται συνήθως για να καλύψουν τις ανάγκες μεσαίων χώρων (από 100m² έως 500m²) και πολλές φορές καλύπτουν ανάγκες κλιματισμού έτοιμων χώρων αφού η τοποθέτηση - εγκατάσταση τους αλλά και οι οικοδομικές επεμβάσεις που απαιτούνται είναι σχετικά περιορισμένης κλίμακας. Αντιθέτως, τα μηχανήματα κεντρικού κλιματισμού καλύπτουν ανάγκες κλιματισμού μεγάλων χώρων και κτιρίων και ως εκ τούτου απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις, σημαντικές οικοδομικές επεμβάσεις και προβλέψεις στις οικοδομές. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα να επιλέγονται από κατασκευής των κτιρίων και να τοποθετούνται, σύμφωνα με τις αντίστοιχες μελέτες, κατά τα στάδια ανέγερσης των κτιρίων.

Αναντίρρητα, πολλές φορές, για λόγους ευελιξίας των εγκαταστάσεων κλιματισμού, οικονομικότερης λειτουργίας και ανεξαρτητής λειτουργίας, σε πολλές εφαρμογές επιλέγονται μηχανήματα ημικεντρικού κλιματισμού, για να καλύψουν ανάγκες μεγάλων χώρων ή κτιρίων. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχουν πολλά μηχανήματα ημικεντρικού κλιματισμού, που εξυπηρετούν αντίστοιχες περιοχές/ζώνες κλιματισμού. [7]

1.5.2. Συστήματα διανομής ψύξης και θέρμανσης

Στο δημαρχείο της Ελευσίνας έχουν εγκατασταθεί τερματικά τύπου fan coil σε όλα τα γραφεία ενώ σε όλους τους κοινόχρηστους χώρους η θερμότητα μεταφέρεται μέσω αεραγωγών.

Σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coils)

Το σύστημα Σωμάτων Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας - (Fan Coils) που παρουσιάζεται στην εικόνα 1.23 συνιστά ένα σύστημα από εσωτερικές μονάδες που μεταφέρει την θερμότητα ή την ψύξη στους διάφορους χώρους μέσω της τροφοδοσίας τους με νερό κατάλληλης θερμοκρασίας. Σε κτίρια προσωρινής διαμονής, όπως και σε χώρους συνάθροισης κοινού, τα Σώματα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας (Fan Coils) αποτελούν μια καλή και αξιόπιστη λύση. Θεωρούνται η βέλτιστη λύση για υφιστάμενα κτίρια όπου απαιτείται ένας πιο αποδοτικός τρόπος ψύξης από τις τοπικές κλιματιστικές μονάδες, χωρίς να πραγματοποιηθεί εκτεταμένη ανακατασκευή του κτιρίου.

Ως πλεονεκτήματα της λειτουργίας των συστημάτων Σωμάτων Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας - (Fan Coils) καταγράφονται τα εξής:

- Μικρότερο κόστος
- Αποτελεσματικότητα, καθώς ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη στην άμεση ζήτηση
- Προσφέρει άνεση και δίνει τη δυνατότητα της εφαρμογής ενός βοηθητικού συστήματος αερισμού



Εικόνα 1.23: Fan coil της εταιρίας Galletti [13]

Τα fan coils τροφοδοτούν νερό στο στοιχείο τους, σε χαμηλότερη θερμοκρασία, περίπου 50 βαθμοί, και με τη βοήθεια του ανεμιστήρα διανέμουν τη θερμότητα στο χώρο σε αντίθεση με τα απλά σώματα που το κάνουν με συναγωγή χωρίς βεβιασμένη ροή. Πέρα από αυτή τη διαφορά, υπάρχει το πλεονέκτημα ότι με την αντλία θερμότητας πραγματοποιείται και ψύξη με ένα σύστημα. Υπάρχουν διάφορες κατασκευαστικές μορφές των τερματικών μονάδων ανάλογα με τον χώρο και την αρχιτεκτονική ή τη διακοσμητική άποψη. Ένα πλεονέκτημα επίσης αποτελεί η αντλία θερμότητας που συνήθως επιλέγεται και για θέρμανση πλέον, καθώς θεωρείται πιο οικονομική σε σχέση με το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο. Θέμα θορύβου δεν υφίσταται διότι όλα τα νέα fan coils στη μικρή ταχύτητα δεν παράγουν παρά ελάχιστο θόρυβο. [8]

1.6. Λοιπές καταναλώσεις ρεύματος

1.6.1. Ηλεκτρονικές συσκευές

Για τις ανάγκες των υπηρεσιών του Δημαρχείου της Ελευσίνας σε όλα τα γραφεία έχουν εγκατασταθεί ηλεκτρονικοί υπολογιστές και πολυμηχάνηματα. Σαν ωράριο λειτουργίας θεωρείται το ωράριο εργασίας του προσωπικού το οποίο έχει μέση διάρκεια 9 ώρες καθημερινά. Στο κτίριο υπάρχουν πενήντα πέντε ηλεκτρονικοί υπολογιστές και πενήντα τέσσερα πολυμηχάνηματα.

1.6.2. Εσωτερικός φωτισμός

Στο κτίριο υπάρχουν εκατό επτά φώτα οροφής, όπως φαίνονται στην εικόνα 1.24, που περιέχει το καθένα 4 λάμπες φθορίου 60 cm, η οποία έχει ισχύ 18watt.



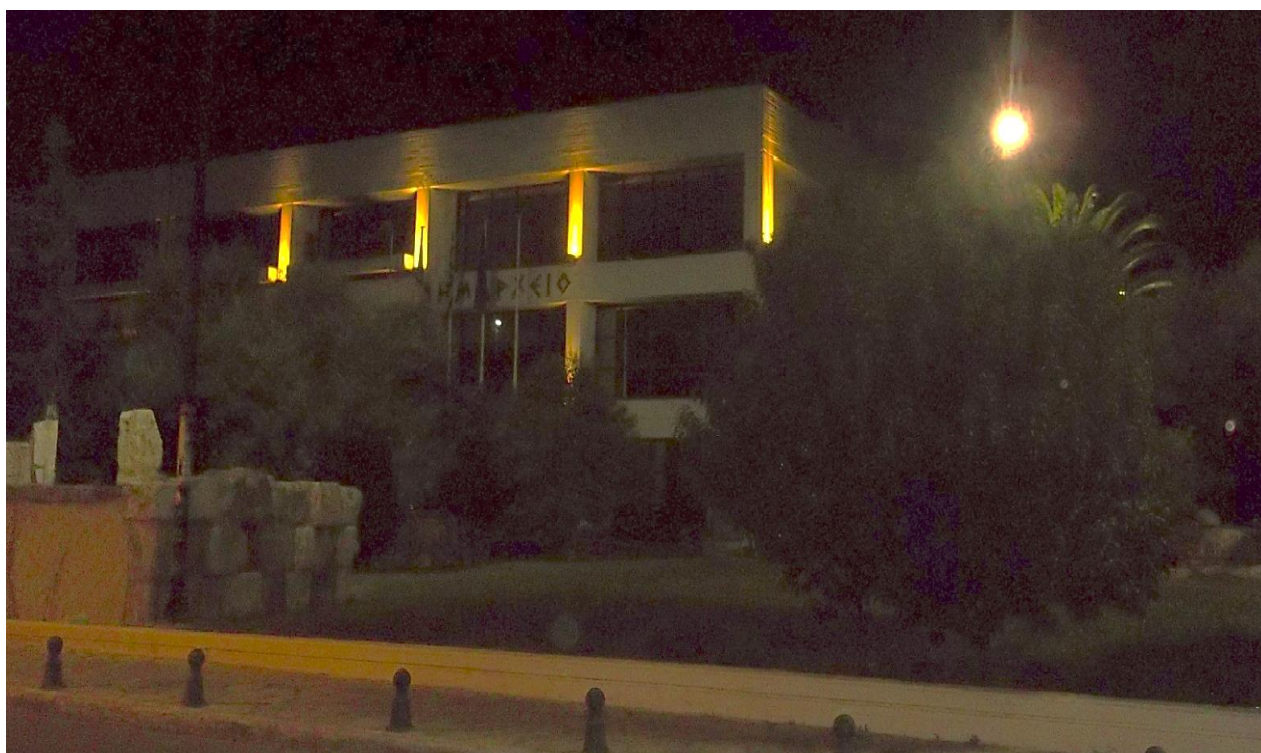
Εικόνα 1.24: Φωτιστικό οροφής

1.6.3. Εξωτερικός φωτισμός

Για τις ανάγκες φωτισμού τις νυχτερινές ώρες έχουν εγκατασταθεί τα παρακάτω φωτιστικά στοιχεία όπως εμφανίζονται στον πίνακα 1.13.. Το ωράριο λειτουργίας τους ελέγχεται με την χρήση εξωτερικό αισθητήρα φωτισμού και εξαρτάται από την ανατολή και δύση του ηλίου. Ενδεικτικά ο νυχτερινός φωτισμός του κτιρίου απεικονίζεται στις εικόνες 1.25 και 1.26.

Πίνακας 1.13: Υφιστάμενες εγκατεστημένες ισχύεις

Μορφή	Κατανάλωση (W)	Πλήθος	Συνολική κατανάλωση (W)
Προβολέας	400	17	6800
Προβολέας	80	22	1760
Κολώνα	1000	3	3000
Κολώνα	375	4	1500
Κολώνα	150	9	1350
Κολώνα	70	9	630



Εικόνα 1.25: Νυχτερινός φωτισμός Δημαρχείου Ελευσίνας



Εικόνα 1.26: Νυχτερινός φωτισμός Δημαρχείου Ελευσίνας

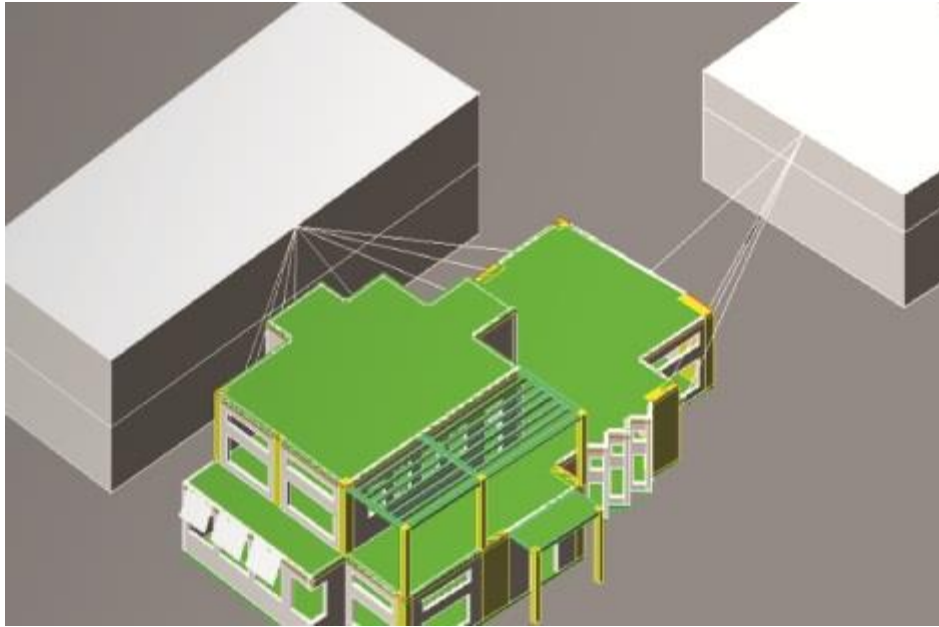
2. Λογισμικά προσομοίωσης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορα λογισμικά προσομοίωσης που υπάρχουν στην αγορά με τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματά τους. Ακόμα γίνεται αναλυτική περιγραφή του λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση του Δημαρχείου της Ελευσίνας .

2.1. 3DR.KENAK

Το πρόγραμμα χωρίζεται σε δυο τμήματα. Το λογισμικό 3DR.KENAK.Επιθεώρηση χρησιμοποιείται στην εκπόνηση μιας ενεργειακής επιθεώρησης και το 3DR.KENAK.Full στην εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης. Το πρόγραμμα αποτελεί επέκταση του AutoCAD σε όλες τις εκδόσεις από το 2000 έως το 2012 32bit ή 64bit (ή progeCAD για τους μή-κατόχους AutoCAD). Επομένως, ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να αξιοποιήσει όλα τα εύχρηστα σχεδιαστικά εργαλεία του AutoCAD: lines, dimensions, xref, move, copy, layers κλπ.

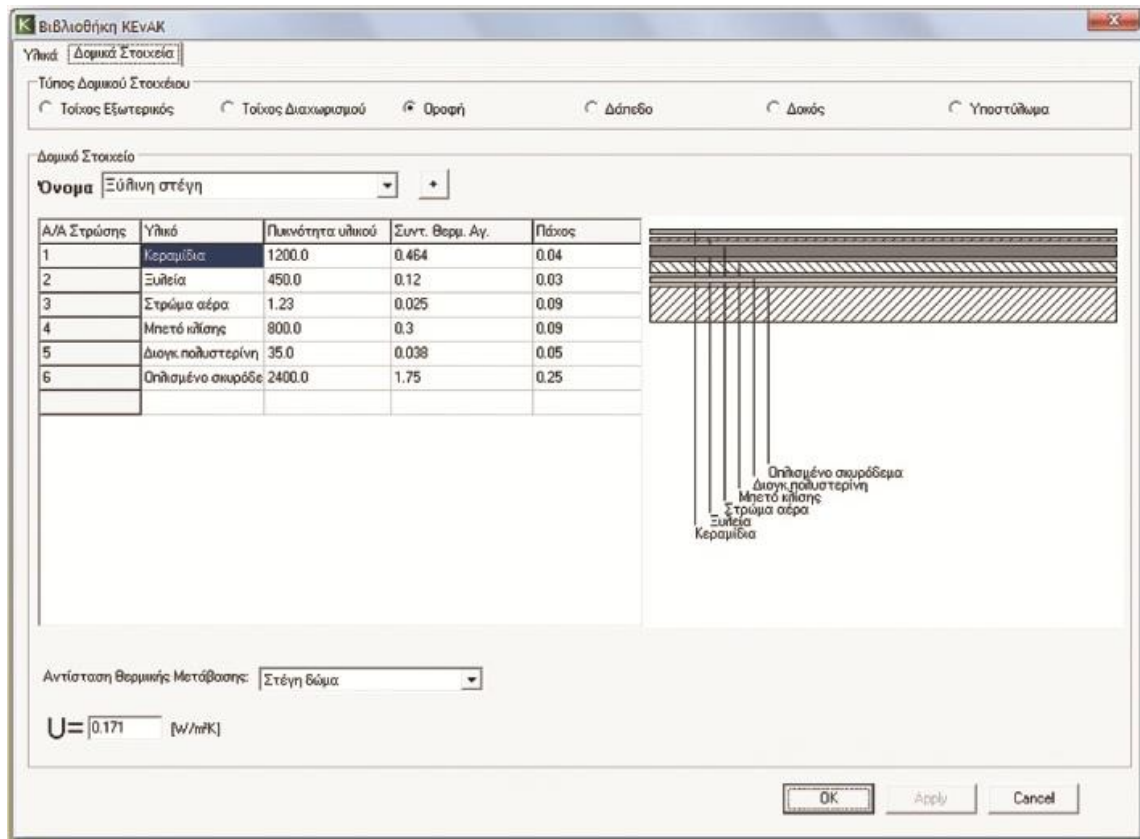
Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί επιπλέον εργαλειοθήκες για την περιγραφή του κελύφους του κτιρίου και συγκεκριμένα για διατομές - υλικά, τοίχους, ανοίγματα, σκιάσεις όλων των τύπων, χώροι, ζώνες, πλάκες κλπ. Μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής του κελύφους, ο μελετητής συνεχίζει στο υπολογιστικό τμήμα του προγράμματος, το οποίο είναι πανομοιότυπο με το TEE-KENAK και εγκεκριμένο για τη σύνδεσή του με τον υπολογιστικό πυρήνα του TEE-KENAK από το ΥΠΕΚΑ. Όλοι οι απαιτούμενοι υπολογισμοί (σκιάσεις, επιφάνειες, όγκοι κλπ) πραγματοποιούνται αυτόματα από το σχεδιαστικό περιβάλλον προς το υπολογιστικό. Ακολούθως, ο μελετητής δύναται να εισαγάγει στοιχεία για τα συστήματα, να εκτελέσει υπολογισμούς, έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας, ενεργειακή κατάταξη και παράγει αναλυτικό τεύχος υπολογισμών με βάση το πρότυπο παράδειγμα του TEE. Τέλος, στην περίπτωση της ενεργειακής μελέτης, το πρόγραμμα παράγει αυτόματα όλα τα απαιτούμενα σχέδια, ηλιακό διάγραμμα κλπ. Ακολουθεί παράδειγμα του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος (εικόνα 2.1):



Εικόνα 2.1: Γραφικό περιβάλλον 3DR.KENAK

Το 3DR.KENAK προσφέρει:

- Πλήρης συμβατότητα με όλες τις εκδόσεις AutoCAD (από 2002 έως και 2012, 32bit και 64 bit) για εύκολη εισαγωγή δεδομένων και ελαχιστοποίηση χρόνου υπολογισμών και παραγωγής σχεδίων.
- Το πλέον εύχρηστο λογισμικό της αγοράς με πανομοιότυπο interface υπολογισμών με TEE KENAK (συμβατό με νέα έκδοση 1.29.1.19).
- Από το σχεδιαστικό περιβάλλον αναπαράγονται αυτόματα οι τιμές που θα δίνονταν χειροκίνητα ή με XLS.
- Αναγνωρίστηκε ως το πλέον εύχρηστο και αξιόπιστο λογισμικό επιθεωρήσεων από μηχανικούς και καθηγητές ενεργειακών επιθεωρητών.
- Παρέχει διαρκής ανάπτυξη νέων δυνατοτήτων.
- Εξάγει μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας.
- Παράγει πλήρες τεύχος υπολογισμών για πολεοδομία και ΥΠΕΚΑ
- Χαρακτηρίζεται από την χαμηλότερη τιμή της αγοράς (τόσο για την απόκτηση του όσο και για την υποστήριξη/συντήρηση του). [9]



Εικόνα 2.2: Περιβάλλον 3DR. ΚΕνΑΚ

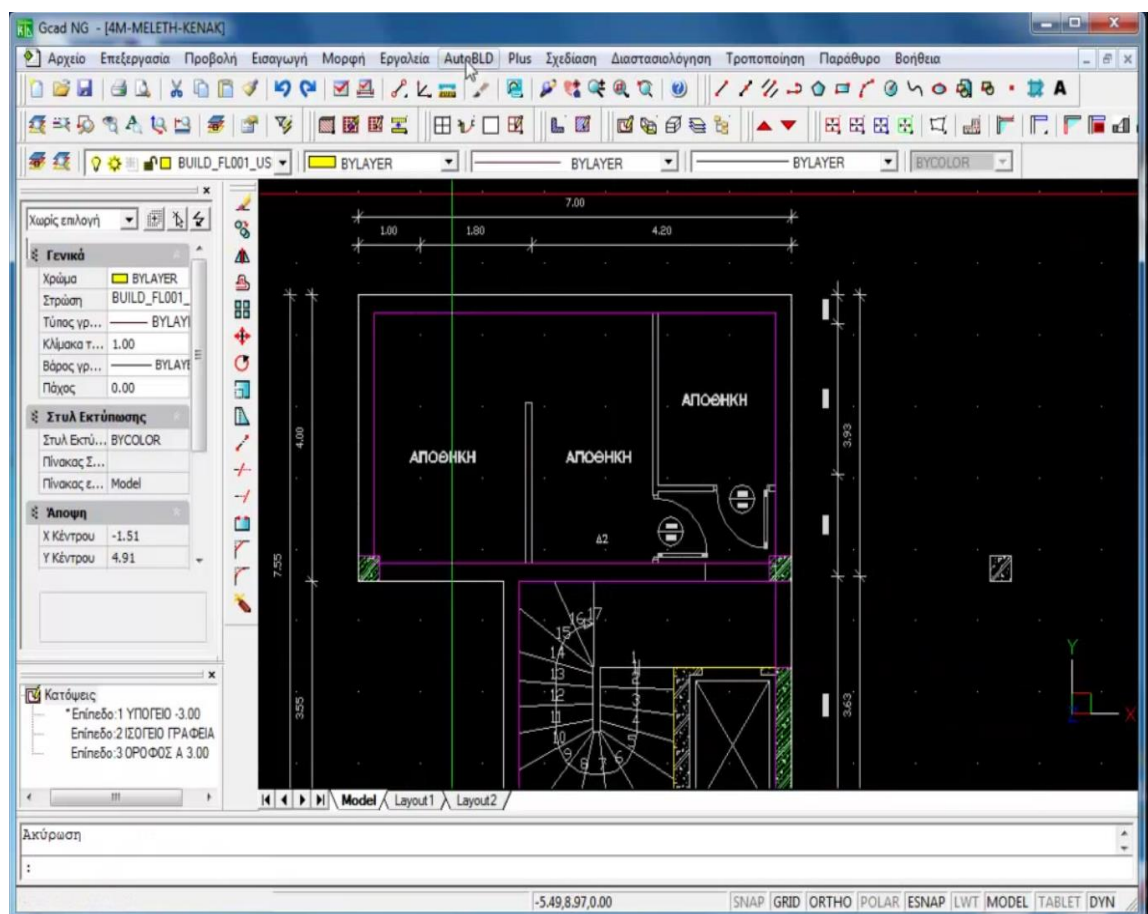
2.2. 4M-ΚΕνΑΚ

Το πακέτο προγραμμάτων 4M-KENAK συνιστά μια έγκυρη και ολοκληρωμένη λύση στο ενεργειακό λογισμικό, η οποία καλύπτει ολόκληρο το φάσμα των αναγκών στις μελέτες ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής πιστοποίησης κτιρίων. Στην πλήρη του έκταση, το Ολοκληρωμένο Λογισμικό 4M-KENAK απαρτίζεται από δύο Υποσυστήματα- Συνιστώσες (Components), το Υπολογιστικό και το Σχεδιαστικό. Σε ότι αφορά στο Υπολογιστικό Τμήμα, αυτό αποτελείται από τα δύο παρακάτω προγράμματα:

1. Πρόγραμμα Ενεργειακής Επιθεώρησης 4M-KENAK: Βασισμένο στην Μηνιαία Μέθοδο EN ISO13790:2008, εκτελεί όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς και παράγει μεταξύ άλλων τα απαιτούμενα έντυπα επιθεώρησης και ενεργειακής πιστοποίησης του υπό μελέτη κτιρίου.

2. Πρόγραμμα Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης 4M-KENAK: Βασισμένο στην Ωριαία Μέθοδο EN ISO13790:2008, πραγματοποιεί τους υπολογισμούς ενεργειακής ανάλυσης και παράγει το τεύχος της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου.

Το πρώτο πρόγραμμα απευθύνεται κυρίως στους Ενεργειακούς Επιθεωρητές ενώ το δεύτερο στους Μελετητές, καθώς η «Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης» προβλέπεται να αντικαταστήσει την «Μελέτη Θερμομόνωσης». Και τα δύο προγράμματα ακολουθούν κατά γράμμα το σχέδιο του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), όπως ακριβώς αυτό δημοσιεύτηκε από την Τεχνική Επιτροπή KENAK του ΚΑΠΕ (σύμφωνα με το Νόμο 3661 /2008 και την Οδηγία 2002/91/ΕΚ). Εξάλλου, έχει ιδιαίτερη σημασία το γεγονός ότι στηρίζονται στη σχολαστική εφαρμογή του νέου ISO 13790:2008 και όχι σε απλουστευτικές του εκδοχές. Ακολουθεί παράδειγμα του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος (εικόνα 2.2):



Εικόνα 2.3: Περιβάλλον 4M- KENAK

Γενικά Χαρακτηριστικά

Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ολοκληρωμένου πακέτου 4M-KENAK συνιστούν τα εξής:

- Έξυπνος σχεδιασμός και φιλικό περιβάλλον για τον χρήστη: το πακέτο σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πολύ εύκολο στην εκμάθηση και χρήση του, παρέχοντας στον χρήστη πλήρη έλεγχο στα δεδομένα και άμεση εποπτεία στα αποτελέσματα.
- Αξιοπιστία και ακρίβεια υπολογισμών σε όλο τους το εύρος: ολοκληρωμένη ανάλυση των ενεργειακών ροών και λεπτομερής υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης, και στη συνέχεια και της κατανάλωσης (με τις αντίστοιχες εκπομπές καυσαερίων) με βάση τα ενεργειακά συστήματα που θα επιλεγούν.
- Πλούσια και έγκυρη βάση δεδομένων: το πακέτο ενσωματώνει τα δεδομένα πλούσιων βιβλιοθηκών, τόσο σε ότι αφορά δομικά υλικά, δομικά στοιχεία και τεχνολογίες, όσο και ως προς κλιματολογικά και μετεωρολογικά δεδομένα.
- Μεθοδολογικό υπόβαθρο βασισμένο στα σύγχρονα ευρωπαϊκά δεδομένα: αναλυτική εφαρμογή του EN ISO13760:2008, ως προς τις αποδόσεις των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.

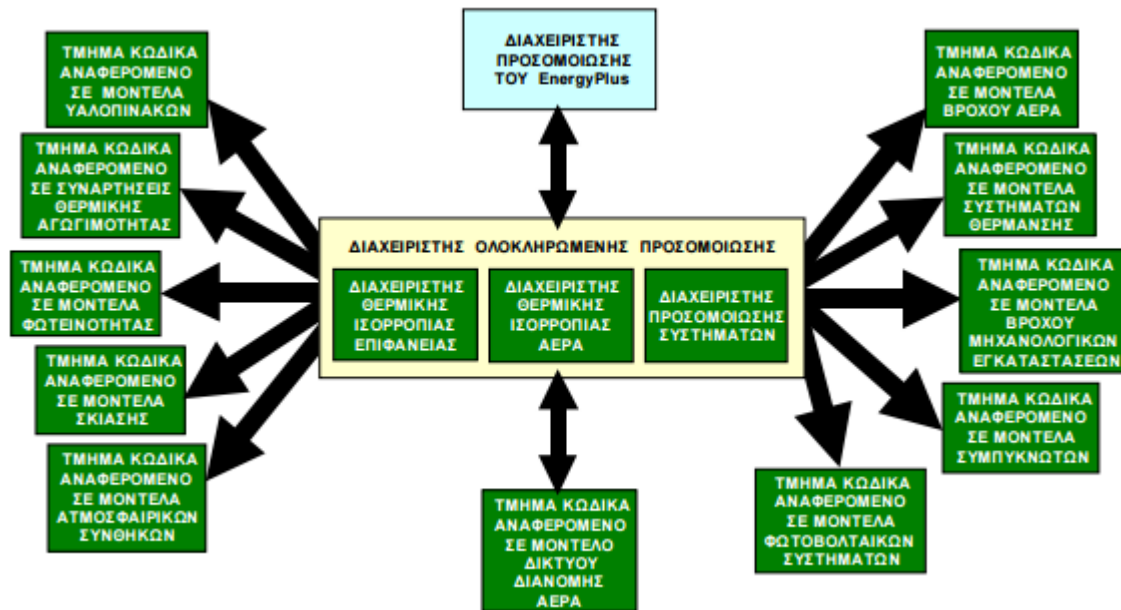
Πλεονεκτήματα

- Κάλυψη όλων των αναγκών μελέτης ενεργειακής απόδοσης & ενεργειακής επιθεώρησης - πιστοποίησης κτιρίων.
- Αμφίδρομη επικοινωνία με το πρόγραμμα ενεργειακών επιθεωρήσεων TEE για τη σύνδεση της ενεργειακής μελέτης με την επιθεώρηση.
- Ολοκληρωμένη μεθοδολογία ενεργειακής ανάλυσης (στο πλαίσιο των Ν.3661/2008, ΦΕΚ 407B 9/4/2010, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., Κτίριο Αναφοράς κλπ).
- Ταυτόχρονη επίλυση του συνολικού κτιρίου και των ανεξάρτητων ιδιοκτησιών για την εξασφάλιση ενεργειακού πιστοποιητικού κατά την επιθεώρηση κάποιας από τις ιδιοκτησίες.
- Πραγματοποίηση όλων των υπολογισμών της μελέτης ενεργειακής απόδοσης (που αντικαθιστά την "μελέτη θερμομόνωσης") και εξαγωγή τεύχους μελέτης έτοιμου για υποβολή.

- Ενεργειακές επιθεωρήσεις σε συνεργασία με πρόγραμμα ενεργειακών επιθεωρήσεων TEE, στέλνοντας έτοιμες-υπολογισμένες όσες παραμέτρους απαιτούν ειδικό υπολογισμό, για σημαντική εξοικονόμηση χρόνου.
- Πλούσια βάση δεδομένων ενεργειακών υλικών σε συνεργασία με τους προμηθευτές υλικών.
- Εύκολη σύγκριση και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων βέλτιστου σχεδιασμού.
- Προτάσεις παρεμβάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (τόσο σε νέα όσο και σε παλιά κτίρια).
- Αυτόματη παραγωγή όλων των σχετικών εντύπων.
- Εύρεση της βέλτιστης θέσης τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών στο δώμα ή τη στέγη του κτιρίου (σκιάσεις για επιλεγμένες ημερομηνίες, θεώρηση εμποδίων, εύρεση ελάχιστης απόστασης μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών κλπ). [10]

2.3. EnergyPlus

Το EnergyPlus[11] είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης το οποίο αναλύει ενεργειακά τον κτιριακό χώρο. Το EnergyPlus υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου καθώς επίσης τα θερμικά και ψυκτικά φορτία τα οποία απαιτούνται ώστε να καλυφθούν οι θερμικές και ψυκτικές του απαιτήσεις. Επιπλέον, υπολογίζει και άλλες παραμέτρους οι οποίες είναι απαραίτητες για να επιβεβαιώσουν ό,τι η προσομοίωση ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, δηλαδή το πως ένα αληθινό κτίριο συμπεριφέρεται υπό πραγματικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα τα οποία παράγει αποτελούν για τον χρήστη του λογισμικού αυτού μία αξιόλογη συμβουλή, όσον αφορά τις αποφάσεις που θα πάρει, ώστε να βελτιώσει ενεργειακά έναν κτιριακό χώρο αποτρέποντας την άσκοπη σπατάλη ενέργειας γι' αυτόν. Στην εικόνα 2.4 αναπαρίσταται η δομή του EnergyPlus[11]



Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση της δομής του EnergyPlus

Αν και είναι σημαντικό να κατανοηθεί τι είναι το EnergyPlus[11], είναι επίσης αναγκαίο να κατανοηθεί και τι δεν είναι αυτό.

- Το EnergyPlus δεν αποτελεί περιβάλλον διεπαφής χρήστη (user interface). Αντιθέτως αποτελεί μια μηχανή προσομοίωσης γύρω από την οποία ένα τέτοιο περιβάλλον θα συνεργασθεί μαζί της για να υπάρχει η επικοινωνία χρηστή-μηχανής. Αν και τα δεδομένα που δέχεται και παράγει βρίσκονται σε μορφή ASCII, η οποία όμως είναι αποκρυπτογραφημένη και επομένως κατανοητή από τον χρήστη, είναι καλύτερα η διαχείριση αυτών να πραγματοποιείται μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη (GUI-Graphical User Interface). Επομένως, αυτή η προσέγγιση μέσω ενός GUI δίνει την δυνατότητα στον επαγγελματία χρήστη να εκμεταλλευτεί τους πόρους του προγράμματος και να τους συνθέτει όπως θέλει αυτός προσαρμόζοντας με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα στα "μέτρα του" και γενικότερα στις απαιτήσεις του.
- Το EnergyPlus δεν είναι εργαλείο ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής. Παράγει όμως αποτελέσματα τα οποία μπορούν να διοχετευτούν σε προγράμματα όπου ασχολούνται με την ανάλυση κόστους κύκλου ζωής και ανταποκρίνονται πιο γρήγορα στις αλλαγές του ρυθμού και της μεθοδολογίας τις οποίες θέτει μια υπηρεσία ενός κράτους, μια ομοσπονδία κ.λπ.

- Και τέλος, το EnergyPlus δεν αντικαθιστά τον αρχιτέκτονα ή τον μηχανικό. Δεν ελέγχει εάν τα δεδομένα, κατά της διάρκειας εισαγωγής αυτών, πληρούν κάποιες προϋποθέσεις ή βρίσκονται ανάμεσα σε κάποια όρια, και γενικότερα δεν ελέγχει τον ορθό τρόπο εισαγωγής αυτών. Αν και μερικά προγράμματα υποδεικνύουν στον χρήστη πώς θα εισάγει τα δεδομένα ή για τυχόν λάθη που κάνει κατά τη διάρκεια εισαγωγής αυτών, το EnergyPlus είναι της φιλοσοφίας "ότι δώσεις θα πάρεις". Οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί θα αποτελούν αξιόλογους συντελεστές σε κάθε διαδικασία μοντελοποίησης.

2.3.1. Βασικά χαρακτηριστικά του EnergyPlus

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της ενεργειακής προσομοίωσης που εκτελεί το πρόγραμμα προσομοίωσης DesignBuilder και κατ' επέκταση το EnergyPlus:

- Υπό-ωριαία χρονικά βήματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος με μεταβλητά χρονικά βήματα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC.
- Αρχεία καιρικών συνθηκών, εισόδου και εξόδου που περιλαμβάνουν ωριαίες ή υπό-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες και τυπικές αλλά και εκθέσεις αποτελεσμάτων οριζόμενες από τον χρήστη.
- Τεχνική λύση με βάση την θερμική ισορροπία για τον προσδιορισμό θερμικών φορτίων που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό των επιδράσεων της ακτινοβολίας και της συναγωγής και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια κατά τη διάρκεια κάθε χρονικού βήματος.
- Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας μέσω δομικών στοιχείων όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα, κλπ. χρησιμοποιώντας συναρτήσεις αγωγιμότητας.
- Μοντελοποίηση μετάδοσης της θερμότητας στο έδαφος με τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους πεπερασμένων διαφορών και απλοποιημένων αναλυτικών τεχνικών.

- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που λογίζεται για την προσρόφιση και εκρόφιση της υγρασίας, είτε ως ένταξη στρώση με στρώση στην συνάρτηση αγωγιμότητας ή ως ένα αποτελεσματικό μοντέλο διείσδυσης βάθους υγρασίας.
- Ανισότροπο μοντέλο ατμόσφαιρας για βελτιωμένο υπολογισμό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.
- Σύνθετους υπολογισμούς κουφωμάτων που επιτρέπουν τον κατάλληλο υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τους υαλοπίνακες των παραθύρων. [12]

2.3.2. Βασικοί αλγόριθμοι υπολογισμών του EnergyPlus

Συνάρτηση μεταφοράς αγωγιμότητας

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

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

όπου q είναι η ροή θερμότητας, T είναι η θερμοκρασία, το i συμβολίζει το εσωτερικό του δομικού στοιχείου, το o συμβολίζει το εξωτερικό του δομικού στοιχείου, το t αντιπροσωπεύει το τρέχον χρονικό βήμα και X και Y είναι οι συντελεστές απόκρισης.

Η βασική μορφή της λύσης της συνάρτησης μεταφοράς αγωγιμότητας είναι η:

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

για την εσωτερική ροή θερμότητας και:

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

Για την εξωτερική ροή θερμότητας. Όπου:

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

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

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

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

T_i = θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας.

T_o = θερμοκρασία εξωτερικής επιφάνειας.

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

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

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

$$\begin{aligned}\frac{d[x]}{dt} &= [A][x] + [B][u] \\ [y] &= [C][x] + [D][u]\end{aligned}$$

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

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} T_1 \\ T_0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} q_i'' \\ q_o'' \end{bmatrix} = [C] \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} + [D] \begin{bmatrix} T_1 \\ T_0 \end{bmatrix}$$

όπου $T_1, T_2, \dots, T_{n-1}, T_n$ είναι οι πεπερασμένες διαφορές κομβικών θερμοκρασιών, n είναι ο αριθμός των κόμβων, T_i και T_o είναι οι εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και q''_i και q''_o είναι οι ροές θερμότητας.

Θερμική ισορροπία εξωτερικών επιφανειών

Η θερμική ισορροπία στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

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

όπου:

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

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

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

q''_{ko} = ροή θερμικής αγωγιμότητας εντός του τοίχου.

Θερμική ισορροπία εσωτερικών επιφανειών

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

- 1) αγωγιμότητα μέσω του δομικού στοιχείου,
- 2) συναγωγή του αέρα,
- 3) απορρόφηση και αντανάκλαση μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας και
- 4) ανταλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.

Η θερμική ισορροπία των εσωτερικών επιφανειών ορίζεται ως:

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

όπου:

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

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

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

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

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

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

Ακούσιος αερισμός

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

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

Όπου:

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

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

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

T_{zone} = είναι η θερμοκρασία του χώρου.

T_{odb} = είναι η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του περιβάλλοντος.

A, B, C, D = σταθερές.

Εκούσιος αερισμός

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

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

Όπου:

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

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

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

T_{zone} = είναι η θερμοκρασία του χώρου.

T_{odb} = είναι η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του περιβάλλοντος.

A, B, C, D = σταθερές.

Υπολογισμός σκίασης

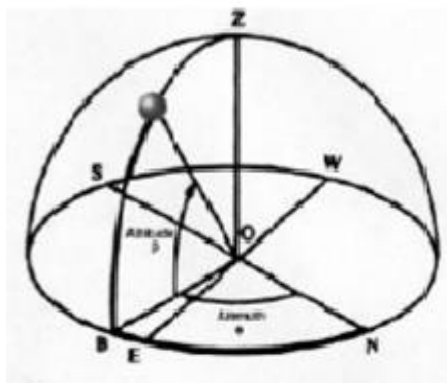
Κατά την αξιολόγηση των ηλιακών κερδών θερμότητας σε κτίρια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πόσο από κάθε μέρος του κτιρίου είναι σκιασμένο και πόσο είναι εκτεθειμένο στο άμεσο ηλιακό φως. Ο αλγόριθμος της σκίασης βασίζεται σε μεθόδους μετασχηματισμού συντεταγμένων.

Η τρέχουσα ηλιακή θέση περιγράφεται από τρία συνημίτονα κατεύθυνσης που είναι βολικά για τον καθορισμό της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια κτιρίου. Το κλασματικό έτος υπολογίζεται σε ακτίνια: $\gamma = 2\pi/366(\text{day_of_year})$.

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

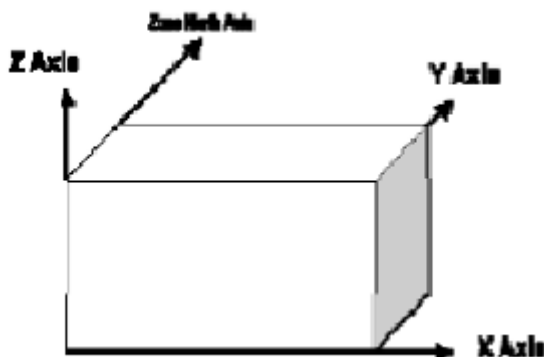
Ωριαία γωνία = $(15(12 - (\text{Time Value} + \text{Equation Of Time})) + (\text{TimeZoneMeridian} - \text{Longitude}))$

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



Εικόνα 2.5: Αναπαράσταση ηλιακής θέσης

Οι υπολογισμοί της σκίασης πρώτα απαιτούν να περιγράψουν γεωμετρικά οι επιφάνειες των κτιρίων. Οι επιφάνειες περιγράφονται από τις συντεταγμένες των κορυφών τους, σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Αυτό το δεξιόστροφο σύστημα συντεταγμένων έχει τον X-άξονα ανατολικά, τον Y-άξονα βόρεια και τον Z-άξονα προς τα πάνω όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6:



Εικόνα 2.6: Σύστημα συντεταγμένων EnergyPlus

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

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

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

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

$$X' = X - X_{S0}$$

$$Y' = Y - Y_{S0}$$

$$Z' = Z - Z_{S0}$$

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

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

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

Οι εκφράσεις στην εξίσωση είναι τα συνημίτονα κατεύθυνση της επιφάνειας:

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

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

$$CW_3 = \cos \varphi$$

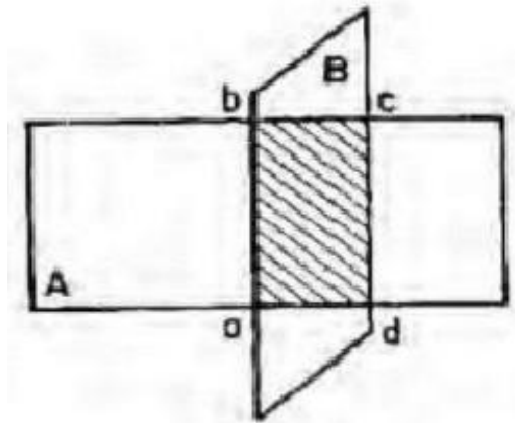
Το συνημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του δίνεται από συνημίτονα κατεύθυνσης του ήλιου:

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

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

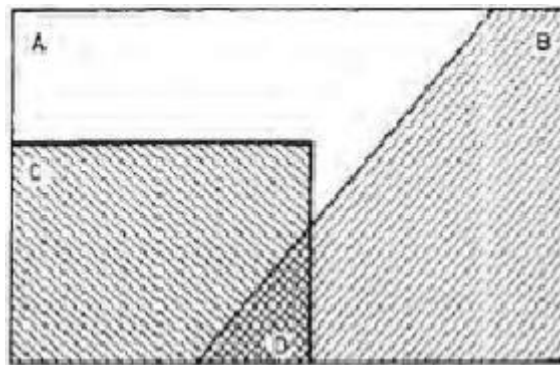
Μετά τη μετατροπή των σκιών πάνω στο επίπεδο της ασκίαστης επιφάνειας, η βασική δουλειά του αλγορίθμου σκίασης είναι να προσδιορίσει την έκταση των επικαλύψεων μεταξύ των πολυγώνων που αναπαριστούν τις σκιές και των πολύγωνων που αναπαριστούν τις ασκίαστες επιφάνειες.

Μόλις καθοριστούν οι κορυφές, πρέπει να ταξινομηθούν με τη φορά του ρολογιού για την περιοχή που υπολογίζεται. Λαμβάνοντας υπόψη ένα κλειστό, επίπεδο πολύγωνο με n διαδοχικές κορυφές $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots, (x_n, y_n)$, η περιοχή διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7: Επικαλυπτόμενες επιφάνειες

Εάν δύο σκιές επικαλύπτουν την ίδια επιφάνεια, μπορούν επίσης να επικαλύπτονται μεταξύ τους, όπως στην εικόνα 2.8 που ακολουθεί. Οι περιοχές αυτής της επικάλυψης μπορούν να υπολογιστούν. Η ολική επιφάνεια που δεν σκιάζεται μπορεί να εκφραστεί ως το άθροισμα όλων των περιοχών των πολυγώνων αφού δοθεί κατάλληλη ένδειξη για κάθε περιοχή.



Εικόνα 2.8: Πολλαπλές επικαλύψεις σκίασης

Ηλιακά κέρδη

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

$$Q_{SO} = \alpha \left(I_b \cos \theta \frac{S_S}{S} + I_S F_{SS} + I_g F_{Sg} \right)$$

όπου:

α = ηλιακή απορρόφηση της επιφάνειας.

S = εμβαδόν επιφάνειας.

S_S = εμβαδόν ασκίαστης επιφάνειας.

I_b = ένταση της άμεσης δέσμης ακτινοβολίας.

I_S = ένταση της διάχυτης ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα.

I_g = ένταση της διάχυτης ακτινοβολίας από το έδαφος.

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

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

Κλιματικά δεδομένα

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

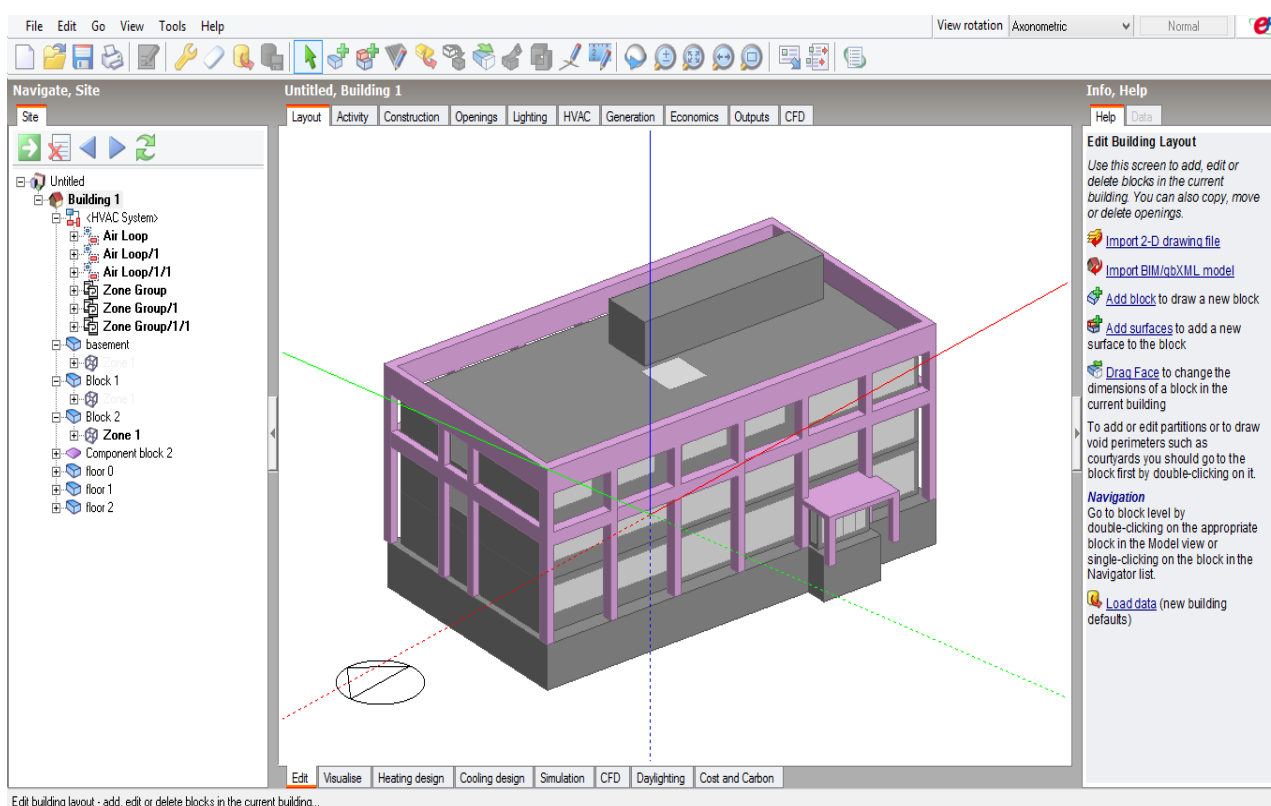
Περιέχουν επίσης πληροφορίες για διάφορες παραμέτρους της εξεταζόμενης περιοχής, όπως για την ωριαία θερμοκρασία, την ωριαία υγρασία, την ωριαία ταχύτητα, τη διεύθυνση ΕΜΘΠΜ 39 του ανέμου, την ωριαία ατμοσφαιρική πίεση και την ωριαία ηλιακή ακτινοβολία.

Τα κλιματικά αρχεία που είναι διαθέσιμα για την χώρα μας είναι της μορφής IWEC (International Weather for Energy Calculation) και είναι το αποτέλεσμα του ASHRAE Research Project 1015 που εκτελέστηκε από την ASHRAE Technical Committee 4.2. Η δημιουργία των αρχείων IWEC πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Πρώτα, συλλέχθηκαν κλιματικά δεδομένα 18 ετών από το National Climatic Data Center, Asheville, NC. Έπειτα τα δεδομένα αυτά επεξεργάστηκαν και προέκυψαν δώδεκα τυπικοί μετεωρολογικοί μήνες μέσω των οποίων δημιουργήθηκαν τα κλιματικά αρχεία IWEC. [12]

3. DesignBuilder

3.1. Γενικά χαρακτηριστικά του DesignBuilder

Το DesignBuilder (εικόνα 3.1) αποτελεί ένα λογισμικό προσομοίωσης για κτίρια με ένα περιβάλλον πολύ φιλικό προς τον χρήστη. Ο προγραμματισμός του έγινε βάση της λογικής το ότι ο χρήστης θα εισάγει όλες τις πληροφορίες του κτιρίου και δίνοντας του τη δυνατότητα να διαφοροποιήσει ακόμα και την πιο μικρή λεπτομέρεια πάνω στο κτίριο. Το πρόγραμμα συνεργάζεται με το EnergyPlus με σκοπό να πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς του. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που έχει κερδίσει ένα σημαντικό μερίδιο μηχανικών στην Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει γιατί το περιβάλλον εργασίας είναι εξαιρετικά φιλικό προς το χρήστη αλλά το βασικότερο προτέρημά του αποτελεί το μικρό χρονικό βήμα που δύναται να χρησιμοποιηθεί και που μπορεί να φτάσει έως τη μισή ώρα. Αυτό αυξάνει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων με αποτέλεσμα να συνιστά ένα από τα πιο ανερχόμενα προγράμματα που χρησιμοποιούνται στην ελληνική αγορά.



Εικόνα 3.1: Περιβάλλον του DesignBuilder

Αρχικά ο χρήστης ορίζει την τοποθεσία του κτιρίου και αυτόματα το πρόγραμμα κατεβάζει το αρχείο του καιρού της περιοχής. Στη συνέχεια, ο χρήστης καλείται να σχεδιάσει το κτίριο με κάθε λεπτομέρεια και να ορίσει τα δομικά χαρακτηριστικά των τοίχων και των παραθύρων. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.1, στο πρόγραμμα υπάρχουν δύο γραμμές εργαλείων. Η γραμμή πάνω από το κτίριο αναφέρεται στην εισαγωγή δεδομένων ενώ η κάτω πραγματοποιεί εξαγωγή αποτελεσμάτων βάση των δεδομένων που έχει εισάγει ο χρήστης.

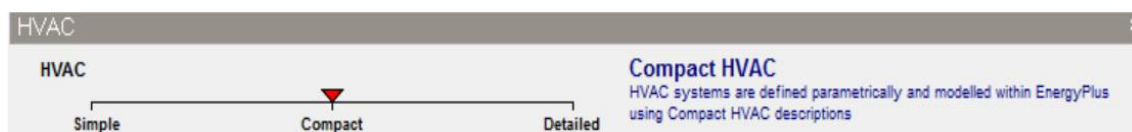
Η γραμμή εργαλείων εισαγωγής διαθέτει τις εξής επιλογές:

- **Activity:** ο χρήστης εισάγει δεδομένα σχετικά με το προφίλ δραστηριότητας του κτιρίου, παραδειγματικά αναφέρεται κτίριο γραφείων ή νοσοκομειακό κτίριο. Επιπρόσθετα, εισάγονται δεδομένα σχετικά με την πληρότητα του κτιρίου σε ανθρώπους και το βασικότερο όλων ορίζονται οι θερμοκρασίες των θερμοστατών (θέρμανσης και ψύξης). Τέλος, σε αυτή την καρτέλα ορίζονται οι ηλεκτρικές συσκευές που υπάρχουν στο κτίριο καθώς και το πρόγραμμα λειτουργίας τους.
- **Construction:** ο χρήστης εισάγει δεδομένα του κτιριακού κελύφους. Συγκεκριμένα ορίζονται τα δομικά υλικά (και τα στρώματα layer by layer) κάθε τοίχου εσωτερικού ή εξωτερικού, οροφών, δαπέδων καθώς σκεπών αν και εφόσον υπάρχουν. Ορίζεται ακόμη η αεροστεγανότητα του κτιρίου.
- **Openings:** ο χρήστης εισάγει τα δεδομένα των «ανοιγμάτων» του κτιρίου, δηλαδή τα υλικά των υαλοπινάκων (διπλό ή μονό γυαλί) και των κουφωμάτων (για παράδειγμα αλουμίνιο ή ξύλο, ύπαρξη ή όχι θερμοδιακοπής) αλλά και των πορτών ή των αεραγωγών αν και εφόσον υπάρχουν.
- **Lighting:** ο χρήστης εισάγει τα δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος φωτισμού του κτιρίου καθώς και το πρόγραμμα λειτουργίας του.
- **HVAC:** ο χρήστης εισάγει δεδομένα σχετικά με το σύστημα θέρμανσης και ψύξης, το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και την ύπαρξη φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο κτίριο.

Στο πρόγραμμα δίνεται η δυνατότητα όλα τα παραπάνω να οριστούν μέχρι και ανά δωμάτιο με σκοπό να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα.

HVAC

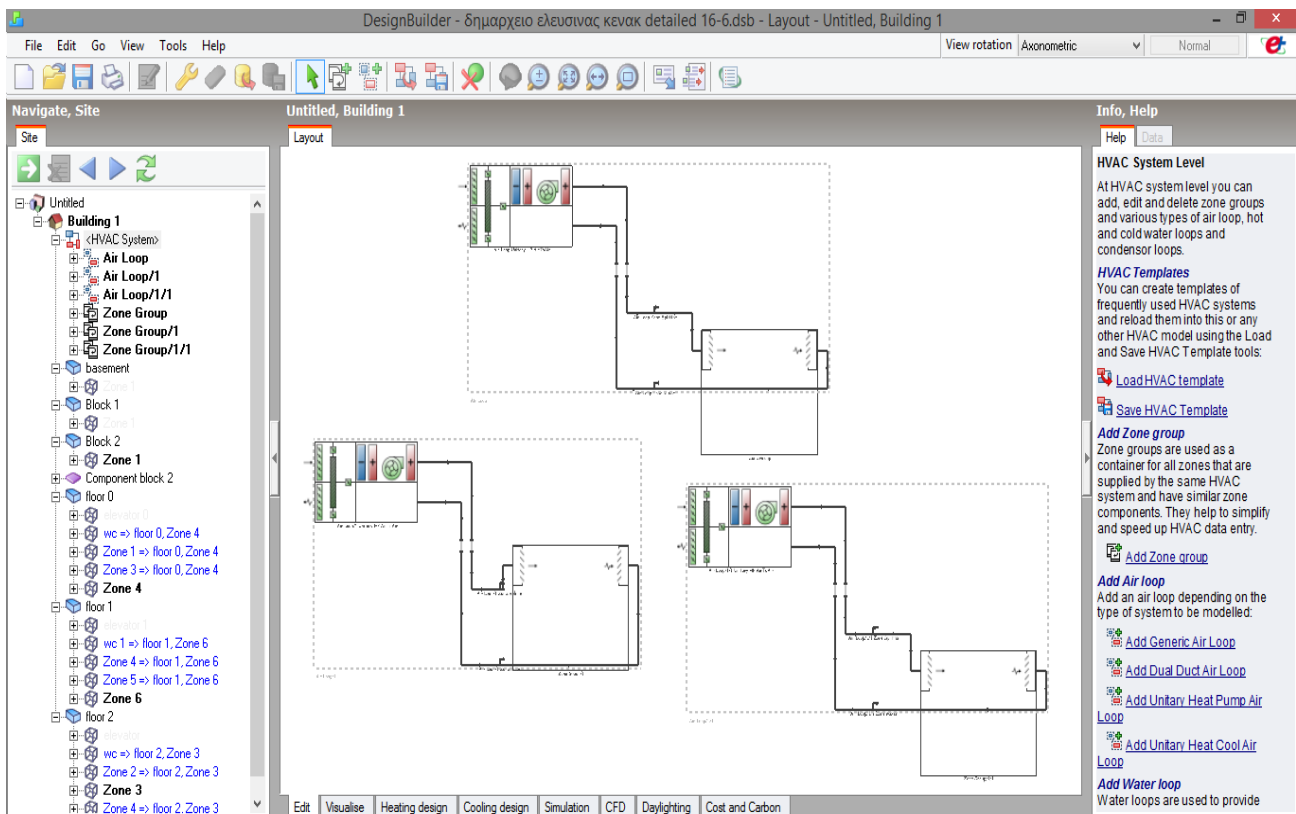
Το πρόγραμμα προσφέρει δυο επιλογές για το HVAC. Η πρώτη και πιο απλή ορίζεται από την πάνω γραμμή εντολών όπως απεικονίζεται στην εικόνα 3.1 και αποτελεί ένα ρεαλιστικό τρόπο προσέγγισης της ψύξης και της θέρμανσης ενός κτιρίου έχοντας όμως μικρή απόκλιση από την πραγματικότητα. Χρησιμοποιείται κατά βάση όταν τον μηχανικό τον ενδιαφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό οι απώλειες του κελύφους και όχι τόσο οι καταναλώσεις για ψύξη και θέρμανση.



Εικόνα 3.2: Παρεχόμενες επιλογές HVAC στο DesignBuilder

Όταν σημείο επικέντρωσης για τον μηχανικό συνιστά η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και έχει ως σκοπό να συγκρίνει διάφορα σενάρια για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών, τότε στην εικόνα 3.2 θα πρέπει να γίνει χρήση της επιλογής Detailed.

Με την χρήση του Detailed HVAC, ο χρήστης ορίζει όλες τις λεπτομέρειες του συστήματος που χρησιμοποιείται όπως τα δωμάτια που θερμαίνει, το σημείο που υπάρχει ο θερμοστάτης και τα χαρακτηριστικά του μηχανήματος (πχ βαθμός απόδοσης). Στην εικόνα 3.3 αναπαρίσταται ένα σύστημα ψύξης και θέρμανσης με την χρήση τριών αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος.



Εικόνα 3.3: Περιβάλλον Detailed HVAC

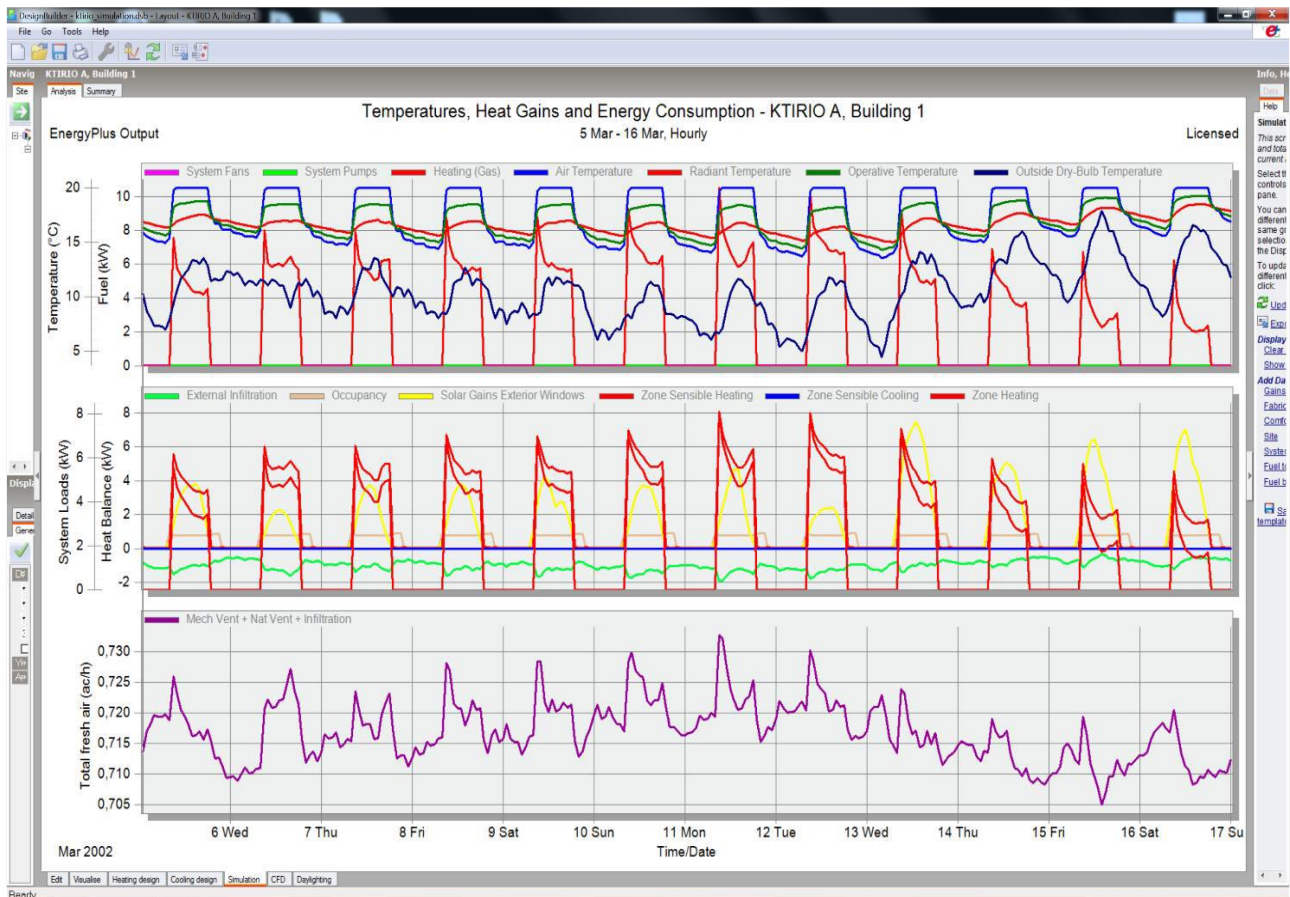
Όπως διαφαίνεται το συγκεκριμένο περιβάλλον παρέχει τεράστια ευελιξία για την επεξεργασία συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, αερισμού και ηλιακών στο υπό μελέτη κτίριο.

Αναφορικά με την εξαγωγή δεδομένων-αποτελεσμάτων, το DesignBuilder διαθέτει για τον χρήστη την γραμμή εργαλείων στο κάτω μέρος της οθόνης όπως απεικονίζεται στην εικόνα 3.3 και περιέχει:

- Visualise: όπου επιτρέπεται να δει ο χρήστης το κτίριό του σαν ολότητα σε τρισδιάστατη μορφή. Επίσης, δύναται να παρατηρήσει την σκίαση του κτιρίου καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας που προέρχεται από το ίδιο το κτίριο ή και από γειτνιάζοντα οικοδομήματα.

- Heating Design: όπου το πρόγραμμα εκτελεί έναν steady-state υπολογισμό μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου. Για τη δεδομένη θερμοκρασία θερμοστάτη (επιθυμητή εσωτερική) εμφανίζει το απαιτούμενο θερμικό φορτίο που θα χρειαστεί να καλύψει το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου (ώστε να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία). Το συγκεκριμένο φορτίο αναγράφεται τόσο για ολόκληρο το κτίριο όσο και για κάθε χώρο ξεχωριστά.
- Cooling Design: όπου με την προαναφερθείσα λογική το πρόγραμμα εμφανίζει αυτή τη φορά το ψυκτικό απαιτούμενο φορτίο για το κτίριο ή και για κάθε χώρο ξεχωριστά.
- Simulation: πρόκειται για το πιο ενδιαφέρον κομμάτι της όλης μελέτης καθώς σε αυτό συμβαίνει η προσομοίωση. Ο χρήστης επιλέγει χρονικά όρια εκτέλεσης της προσομοίωσης και τι αποτελέσματα επιθυμεί να εξάγει. Επίσης, ορίζει το χρονικό βήμα το οποίο τον εξυπηρετεί (δηλαδή ουσιαστικά όσο μικρότερο χρονικό βήμα, τόσο μεγαλύτερο χρόνο αναμονής για την προσομοίωση, αλλά και μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα).

Τα δεδομένα εξόδου δίδονται είτε σε μορφή διαγραμμάτων, είτε σε μορφή πινάκων. Τα δεδομένα δύναται να παρουσιαστούν από μηνιαίο βήμα έως ωριαίο. Ένα παράδειγμα εξαγωγής δεδομένων διαγραμματικά ακολουθεί στην εικόνα 3.4.



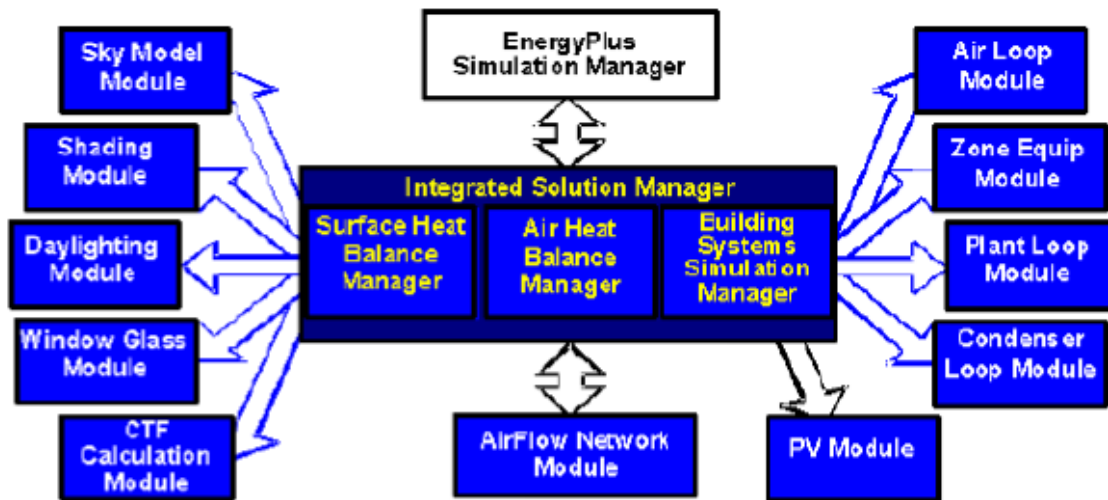
Εικόνα 3.4: Δεδομένα εξόδου σε μορφή διαγραμμάτων

3.2. Γενικά θέματα υπολογισμών στο DesignBuilder

Όπως αναφέρθηκε το λογισμικό DesignBuilder λειτουργεί με εργαλείο υπολογισμών το EnergyPlus. Το προσομοιωτικό πρόγραμμα EnergyPlus αποτελείται από πολλές προγραμματιστικές ενότητες που συνεργάζονται για τον υπολογισμό της ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση και την ψύξη ενός κτιρίου που μπορεί να χρησιμοποιεί μια ποικιλία ενεργειακών συστημάτων και εγκαταστάσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσομοίωση του κτιρίου και των συναφών συστημάτων ενέργειας, όταν αυτά είναι εκτεθειμένα σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Με βάση την περιγραφή της κατασκευής και άλλων συναφών μηχανικών συστημάτων του κτιρίου, το προσομοιωτικό πρόγραμμα EnergyPlus υπολογίζει τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης για τη διατήρηση των θερμικών ορίων ελέγχου και την ενεργειακή κατανάλωση του εξοπλισμού των ενεργειακών εγκαταστάσεων.

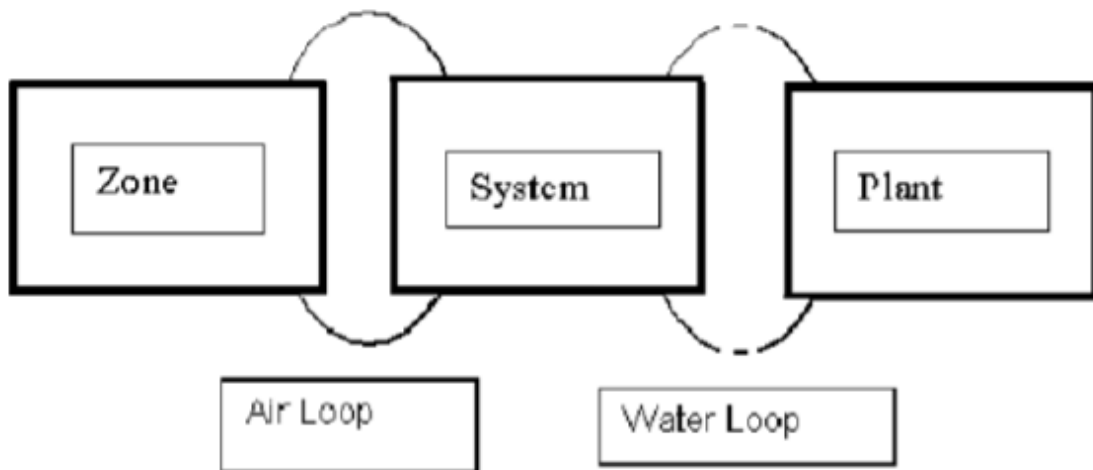
Ο πυρήνας της προσομοίωσης βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές της θερμικής ισορροπίας. Αποδεικνύεται ότι το μοντέλο αυτό είναι σχετικά απλό σε σύγκριση με την οργάνωση των δεδομένων και τον έλεγχο που απαιτείται για την προσομοίωση των πολλών συνδυασμών των διαφόρων τύπων συστημάτων, ρυθμίσεων για τις ενεργειακές πηγές, χρονοδιαγραμμάτων και περιβαλλόντων χώρων. Η εικόνα 3.5 που ακολουθεί παρουσιάζει αυτή τη συνολική οργάνωση σε σχηματική μορφή.

Η προσομοίωση που εκτελεί το προσομοιωτικό πρόγραμμα EnergyPlus απαρτίζεται από αλληλοεπιδρώμενες ενότητες. Το συγκεκριμένο γνώρισμα σημαίνει ότι τα δεδομένα που πρέπει να υπολογιστούν και για τα τρία βασικά μέρη, το κτίριο, το σύστημα και τις μονάδες παραγωγής ενέργειας, οφείλουν να υπολογίζονται ταυτόχρονα. Στα προγράμματα που πραγματοποιούν ίδιο μοντέλο προσομοίωσης όπως το BLAST ή το DOE-2, οι θερμικές ζώνες του κτιρίου, τα συστήματα διαχείρισης και ο εξοπλισμός των κεντρικών εγκαταστάσεων προσομοιώνονται διαδοχικά με καμία ανάδραση από το ένα στο άλλο. Η διαδοχική λύση ξεκινά με μια θερμική ισορροπία ζώνης που αναπροσαρμόζει τους όρους της ζώνης και καθορίζει τα φορτία θέρμανσης και ψύξης σε όλα τα χρονικά βήματα. Αυτές οι πληροφορίες τροφοδοτούνται στην προσομοίωση του συστήματος διαχείρισης του αερισμού για τον προσδιορισμό της απόκρισης του συστήματος, αλλά αυτή η απόκριση δεν επηρεάζει τις συνθήκες της ζώνης. Ομοίως, τα στοιχεία του συστήματος διαχείρισης του αερισμού τροφοδοτούνται στην προσομοίωση των μονάδων παραγωγής ενέργειας χωρίς ανάδραση. Η συγκεκριμένη τεχνική προσομοίωσης λειτουργεί ικανοποιητικά όταν η απόκριση του συστήματος είναι μια ορθά καθορισμένη συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα του κλιματιζόμενου χώρου.



Εικόνα 3.5: Πυρήνας διαχείρισης προσομοίωσης στο EnergyPlus

Για να πραγματοποιηθεί προσομοίωση που είναι φυσικά ρεαλιστική, τα στοιχεία είναι αναγκαίο να συνδέονται με έναν συνδυασμό ταυτόχρονης λύσης. Το σύνολο του προγράμματος μπορεί να αναπαρασταθεί ως μια σειρά από λειτουργικά στοιχεία που συνδέονται με loops όπως φαίνεται στην εικόνα 3.6 που ακολουθεί. Στο προσομοιωτικό πρόγραμμα EnergyPlus, όλα τα στοιχεία ενσωματώνονται και ελέγχονται από τον διαχειριστή της προσομοίωσης (Integrated Solution Manager). [12]



Εικόνα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση του συνδυασμού ταυτόχρονης λύσης

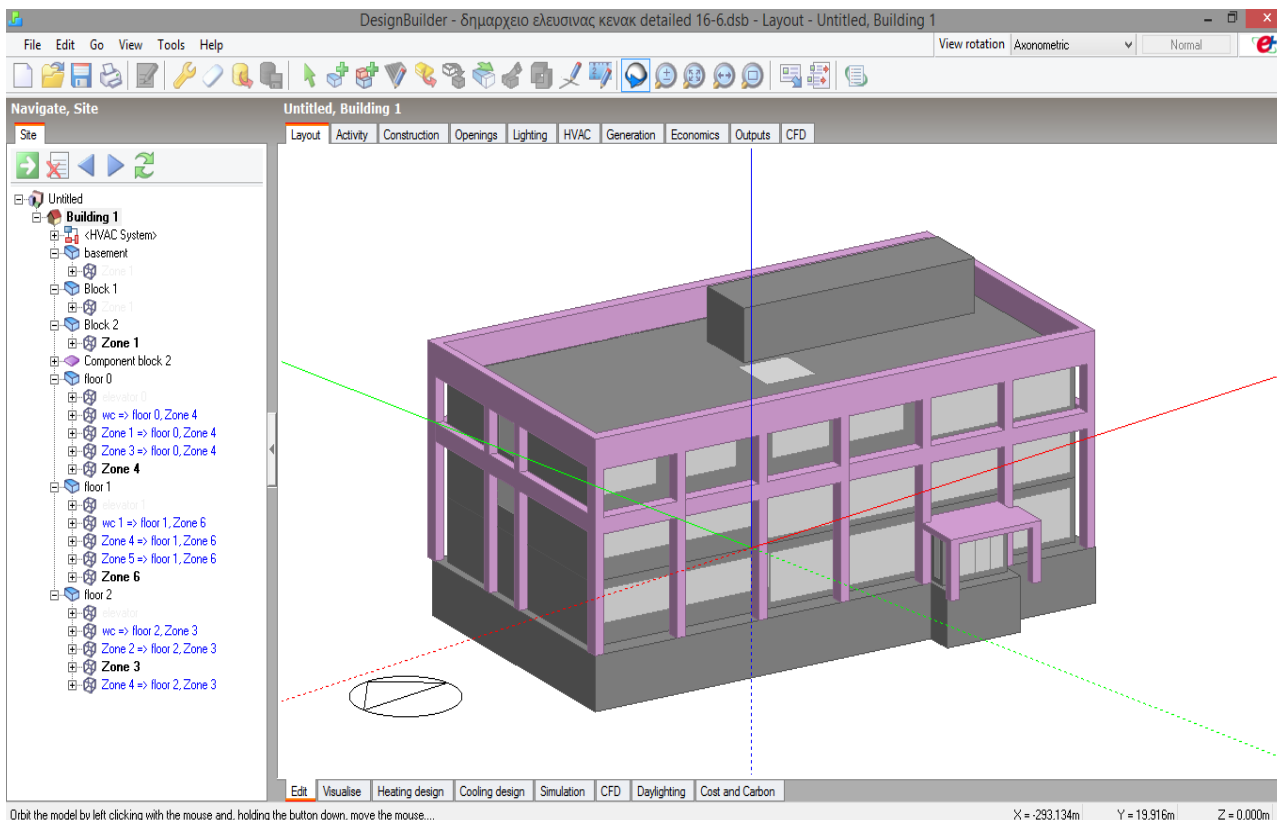
4. Προσομοίωση του Δημαρχείου Ελευσίνας στο DesignBuilder και επικύρωση του μοντέλου

Στο παρόν κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζεται η μοντελοποίηση του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σύγκριση με τους λογαριασμούς ρεύματος της δημόσιας επιχείρησης ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) για ένα ολόκληρο έτος. Με τον τρόπο αυτό επιβεβαιώνεται το ότι το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

4.1. Μοντελοποίηση του Δημαρχείου Ελευσίνας

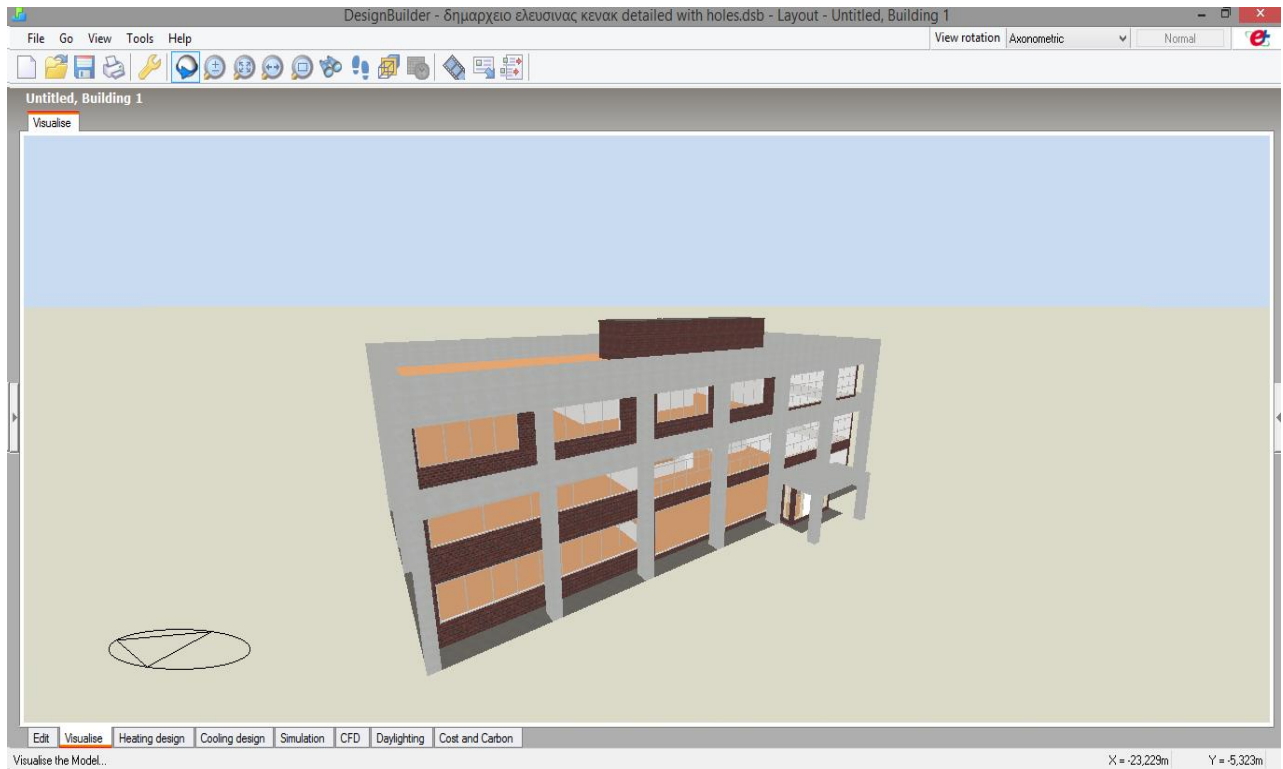
4.1.1. Κτιριακό κέλυφος

Με τη χρήση των αρχιτεκτονικών σχεδίων του κτιρίου πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του κτιρίου, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 4.1.

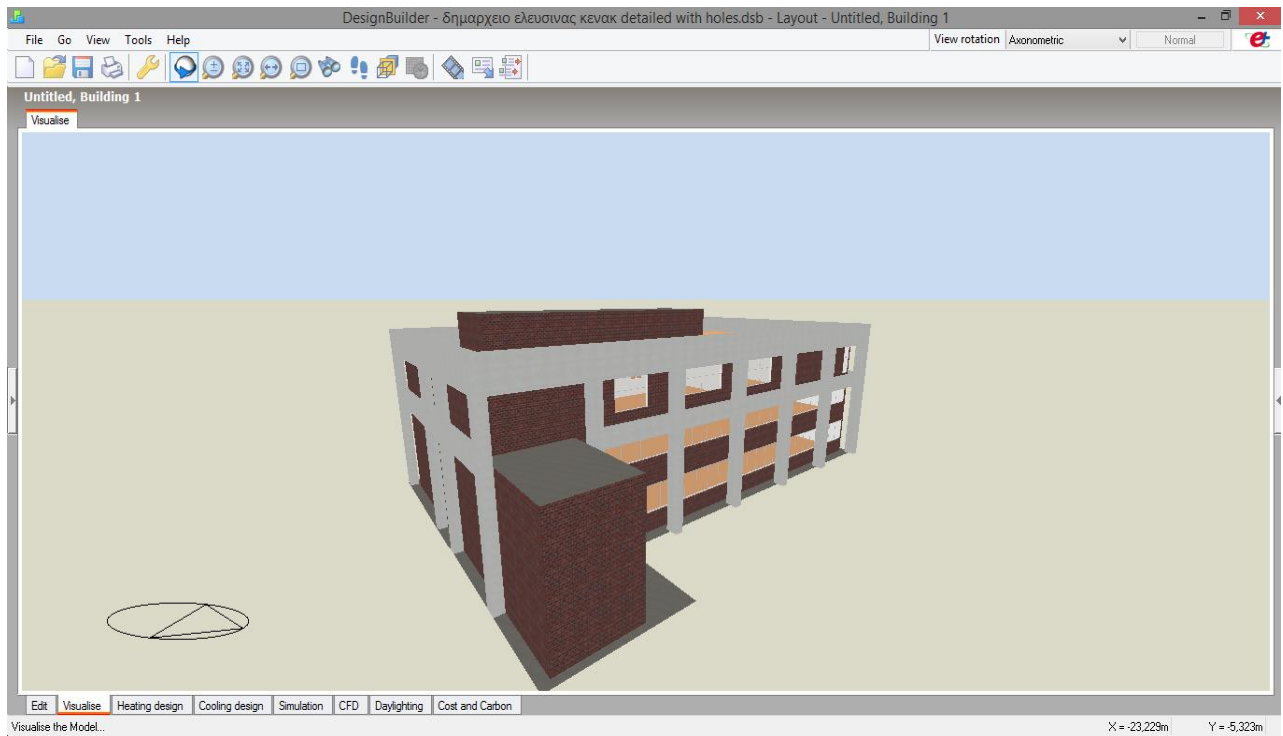


Εικόνα 4.1: Νότια όψη Δημαρχείο Ελευσίνας

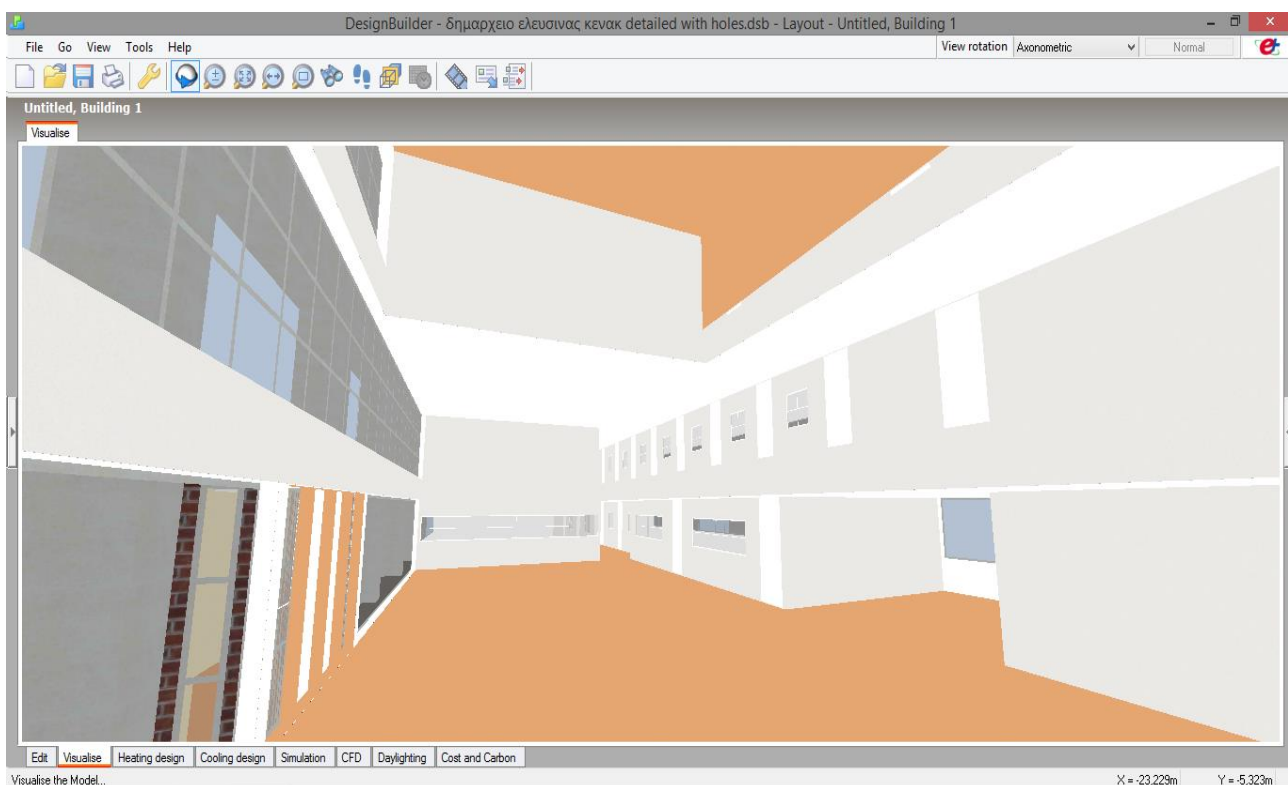
Στην εικόνα 4.1 αναπαρίστανται με μωβ οι εξωτερικές κολόνες του κτιρίου, με σκούρο γκρι οι επιφάνειες των τοίχων και με ανοιχτό γκρι τα παράθυρα. Το πρόγραμμα προσφέρει και την επιλογή Visualise για μεγαλύτερη ευκρίνεια. Οι εικόνα 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 και 4.6 είναι αποτέλεσμα της επεξεργασίας με την επιλογή Visualise του προγράμματος DesignBuilder.



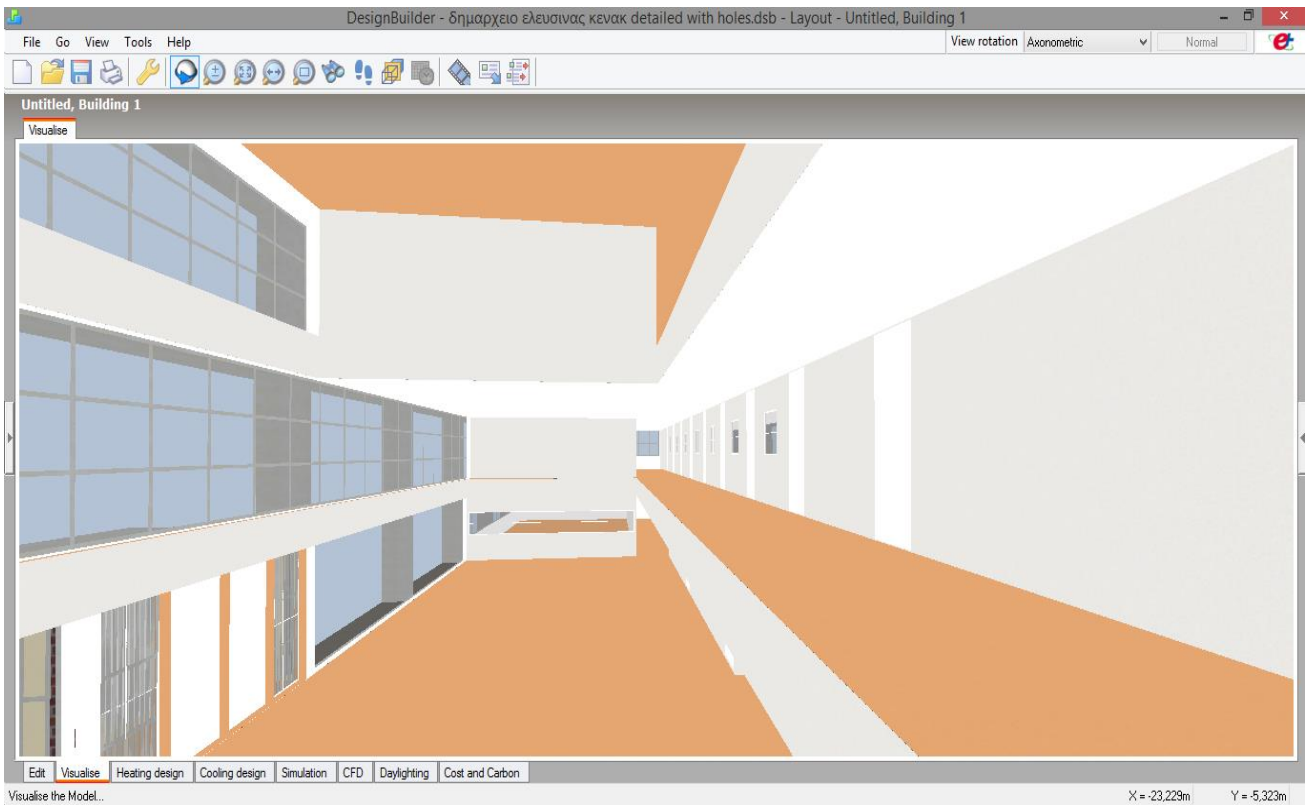
Εικόνα 4.2: Νότια όψη Δημαρχείο Ελευσίνας



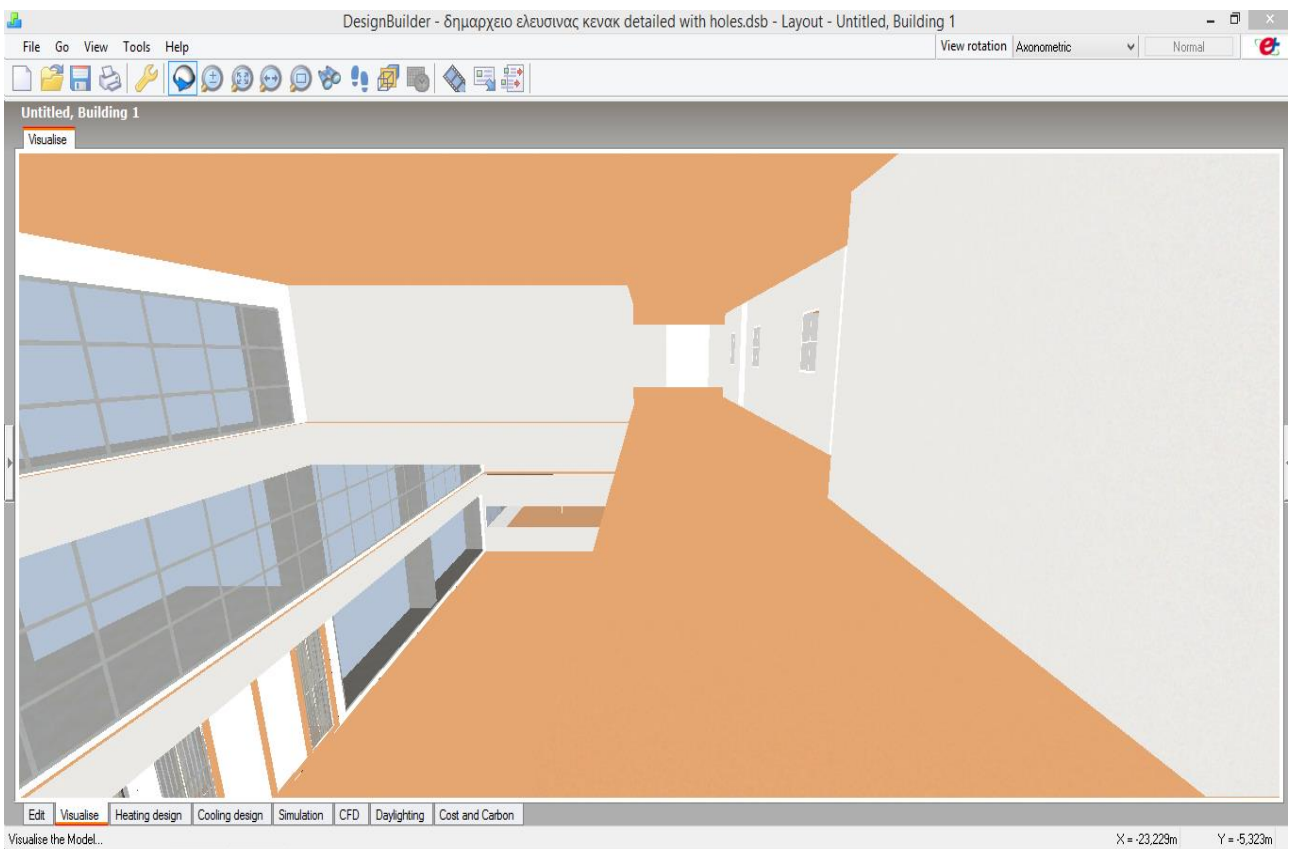
Εικόνα 4.3: Βόρεια όψη Δημαρχείο Ελευσίνας



Εικόνα 4.4: Κοινόχρηστος χώρος (ισόγειο)



Εικόνα 4.5: Α όροφος



Εικόνα 4.6: Β όροφος

4.1.2. Δομικά υλικά

Τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών επιλέγονται κατά την σχεδίαση του κτιρίου. Στο πρόγραμμα περιέχεται μια λίστα από δομικά υλικά (τούβλα, σοβάδες, πλακάκια, τζάμια κτλ) παρέχοντας στον χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την κατασκευή του κτιρίου. Στο κεφάλαιο 1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε περιγραφή των δομικών υλικών και στο παρόν θα παρουσιαστεί η μοντελοποίησή τους με τις ιδιότητες τους.

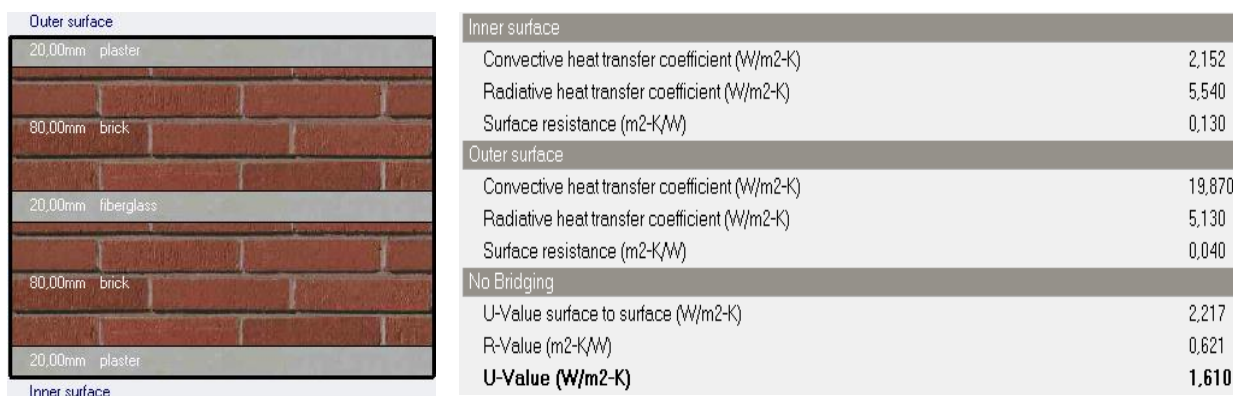
Εξωτερικοί τοίχοι

Στους εξωτερικούς τοίχους εφαρμόστηκαν δύο τρόποι κατασκευής. Ως επί το πλείστον έχουν χρησιμοποιηθεί πέντε στρώσεις υλικών. Στους εναπομείναντες τοίχους εφαρμόστηκαν τέσσερις στρώσεις υλικών. Ακολουθούν οι πίνακες 4.1 και 4.2 με τις ιδιότητές τους σχετικά με τη μεταφορά θερμότητας των υλικών αυτών και έπειτα η μοντελοποίησή τους (εικόνες 4.7 και 4.8) στο λογισμικό DesignBuilder ανάλογα με τον κάθε τρόπο κατασκευής.

1^{ος} Τρόπος κατασκευής

Πίνακας 4.1: Επιλογή υλικών στο DesignBuilder

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	Πάχος (mm)
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20
Τούβλο	1900	0,78	1000	80
Υαλοβάμβακας	50	0,041	840	20
Τούβλο	1900	0,78	1000	80
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20

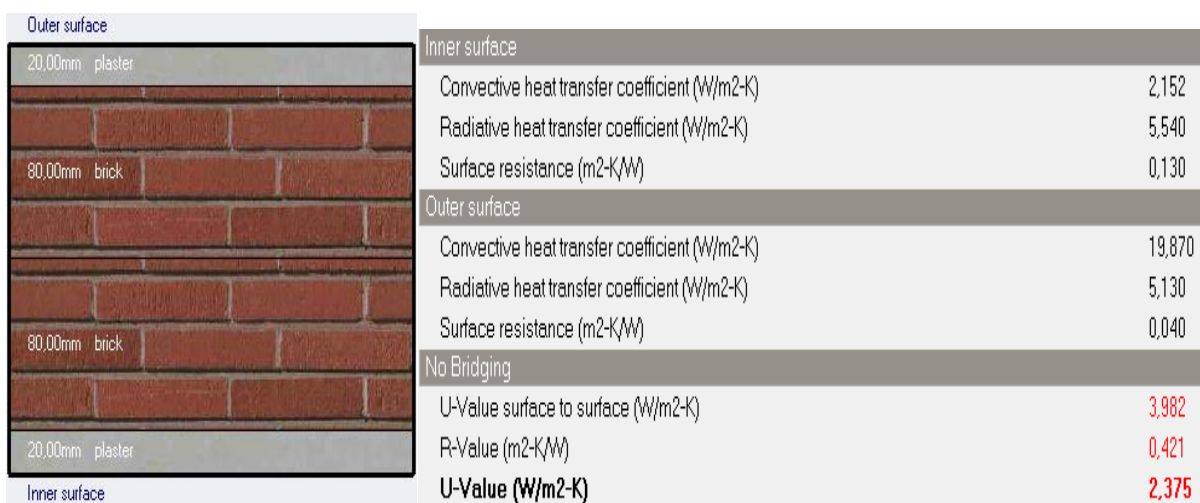


Εικόνα 4.7: Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά τοιχοποιίας με μόνωση

2^{ος} Τρόπος κατασκευής

Πίνακας 4.2: Επιλογή υλικών στο DesignBuilder

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	Πάχος (mm)
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20
Τούβλο	1900	0,78	1000	80
Τούβλο	1900	0,78	1000	80
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20



The image shows a software interface for a wall construction assembly. On the left, a vertical stack of layers is shown: 20,00mm plaster (outer surface), 80,00mm brick, 80,00mm brick, 80,00mm brick, 20,00mm plaster (inner surface). On the right, a table lists the thermal properties for the assembly.

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
Surface resistance (m ² -K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3,982
R-Value (m ² -K/W)	0,421
U-Value (W/m²-K)	2,375

Εικόνα 4.8: Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά τοιχοποιίας χωρίς μόνωση

Εσωτερικοί τοίχοι

Στους εσωτερικούς τοίχους εφαρμόστηκαν δύο μέθοδοι κατασκευής. Τα περισσότερα χωρίσματα αποτελούνται από γυψοσανίδα τύπου GUICHET με χρήση υαλοβάμβακα εσωτερικά τους. Στους εναπομείναντες τοίχους εφαρμοστήκαν τρεις στρώσεις υλικών (πίνακας 4.3) και μοντελοποιούνται όπως διαφαίνεται στην εικόνα 4.9.

Πίνακας 4.3: Επιλογή υλικών στο DesignBuilder

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	Πάχος (mm)
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20
Τούβλο	1900	0,78	1000	80
Επίχρισμα	1800	0,87	1000	20

Outer surface	Inner surface	
20,00mm plaster	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2,152
	Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
	Surface resistance (m ² -K/W)	0,130
80,00mm brick	Outer surface	
	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
	Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
	Surface resistance (m ² -K/W)	0,040
20,00mm plaster	No Bridging	
	U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6,732
	R-Value (m ² -K/W)	0,319
Inner surface	U-Value (W/m ² -K)	3,139

Εικόνα 4.9: Υπολογιζόμενα χαρακτηριστικά εσωτερικής τοιχοποιίας

Οροφή/δάπεδα

Για την οροφή και τα δάπεδα υπάρχει απόκλιση μεταξύ της μελέτης κατασκευής και την κατασκευή. Ακολουθεί η μοντελοποίηση κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4] (με χρήση των δεδομένων που αναγράφονται στον πίνακα 4.4):

Πίνακας 4.4: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979) για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979)		
	A	B	Γ
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές, πυλωτές).	0,50	0,50	0,50
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	0,70	0,70	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	3,00	1,90	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους .	3,00	1,90	0,70

$$U_{\text{ταράτσας}} = 0,5 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{\text{δαπέδου πρώτου ορόφου}} = 1,9 \frac{W}{m^2 K}$$

Υαλοπίνακες

Στον συγκεκριμένο τομέα υφίσταται σημαντική διαφορά μεταξύ της μελέτης που πραγματοποιήθηκε το 1984 και της κατασκευής που έγινε το 1996. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη μοντελοποίηση κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4] (με χρήση των δεδομένων που αναγράφονται στον πίνακα 4.5):

Πίνακας 4.5: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων $U_{v,F}$ [$W/(m^2K)$]

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[%]	[$W/(m^2K)$]	[$W/(m^2K)$]	[$W/(m^2K)$]	[$W/(m^2K)$]	[$W/(m^2K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0

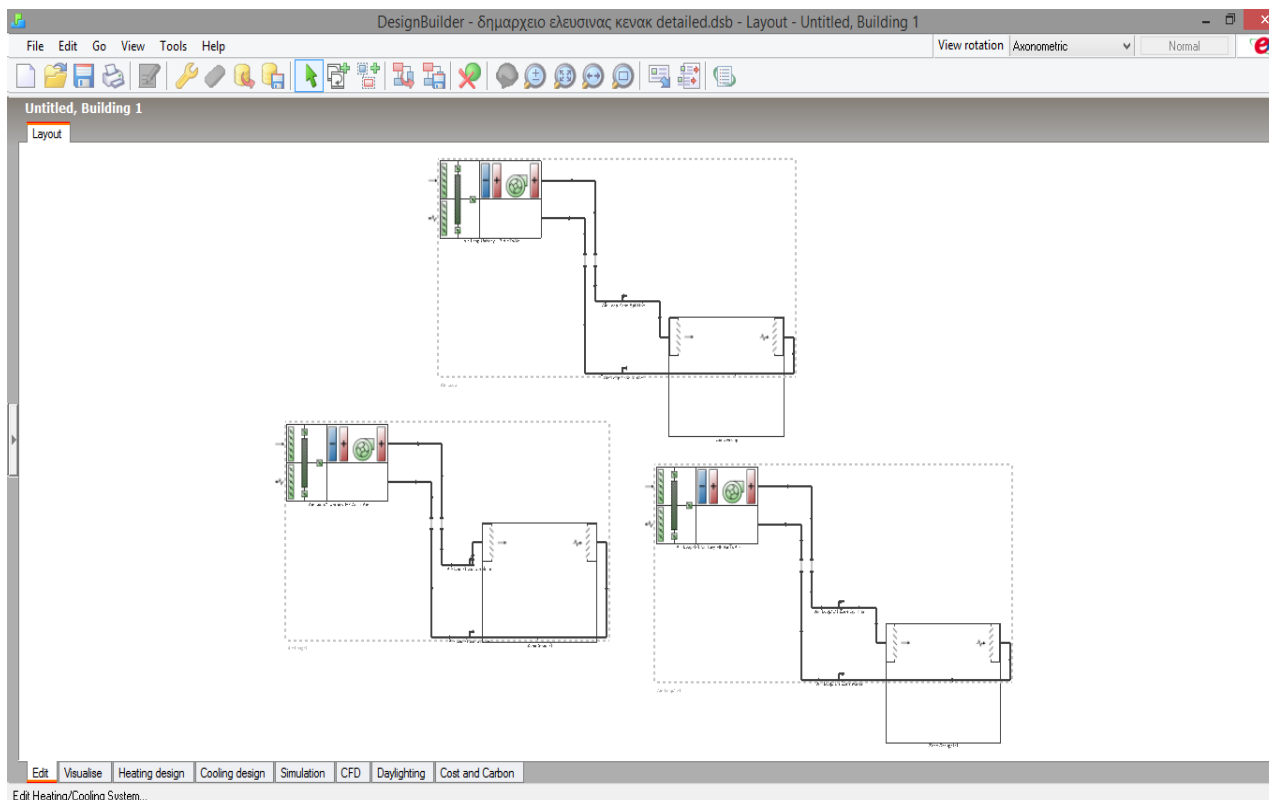
Ακολουθεί η εικόνα 4.10 όπου απεικονίζεται η μοντελοποίησή τους στο πρόγραμμα DesignBuilder:

Simple Definition	
Total solar transmission (SHGC)	0,871
Light transmission	0,901
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K)	3.400

Εικόνα 4.10: Χαρακτηριστικά παραθύρων Δημαρχείου Ελευσίνας

4.1.3. Σύστημα ψύξης και θέρμανσης

Για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών του Δημαρχείου Ελευσίνας χρησιμοποιούνται 4 αντλίες θερμότητας. Κάθε ένας από τους τρεις ορόφους διαθέτει την δική του αντλία και η τέταρτη αντλία θερμότητας εξυπηρετεί την αίθουσα δημοτικού συμβουλίου η οποία όμως θερμαίνεται και ψύχεται και από την αντλία που εξυπηρετεί τις ανάγκες του τρίτου ορόφου. Το βασικό εμπόδιο που παρατηρήθηκε στο DesignBuilder είναι η έλλειψη της αντλίας θερμότητας αέρος νερού. Για να ξεπεραστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, χρησιμοποιήθηκαν αντλίες αέρος αέρος όπου οι καταναλώσεις των ανεμιστήρων που επιλέγει το πρόγραμμα για να εισάγει τον αέρα στους χώρους ισούνται με τις καταναλώσεις των fan coils που υπάρχουν μέσα στο κτίριο. Ακολουθεί η μοντελοποίηση στο DesignBuilder στην εικόνα 4.11:



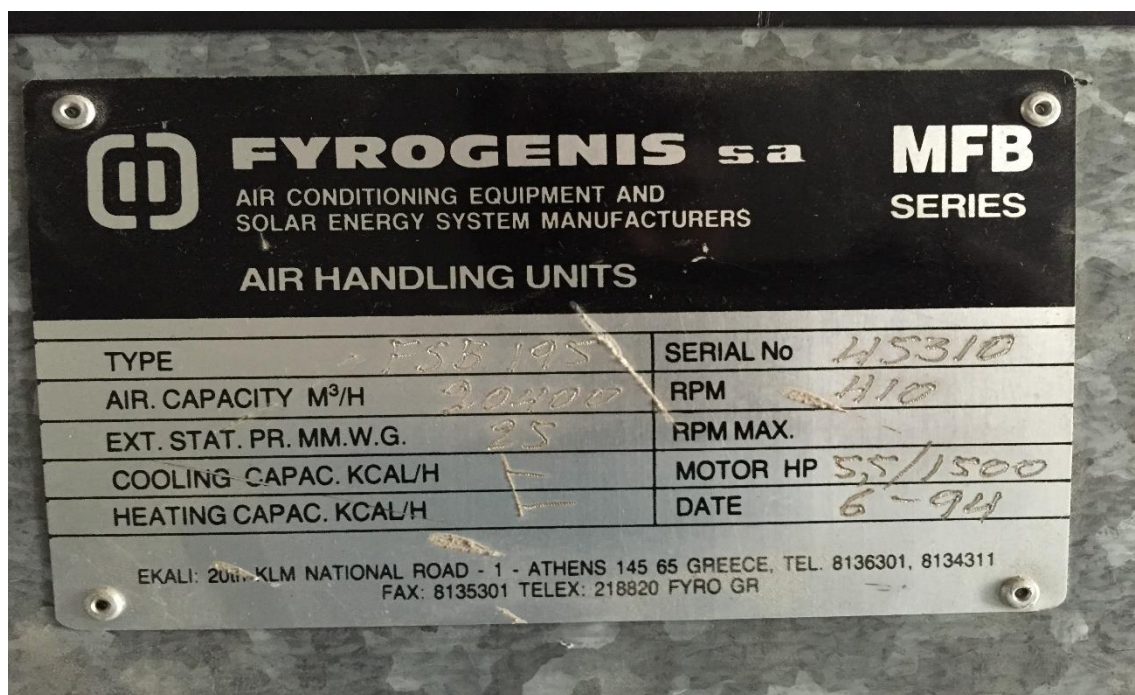
Εικόνα 4.11: Μοντελοποίηση detailed HVAC στο Δημαρχείο Ελευσίνας

Στην εικόνα 4.11 υπάρχουν τρεις αντλίες θερμότητας αέρος αέρος, μια για κάθε όροφο. Για κάθε αντλία έχει οριστεί και το σημείο που είναι τοποθετημένος ο θερμοστάτης, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.12 για την αντλία θερμότητας του πρώτου ορόφου.

Unitary heat pump Data	
General Outdoor Air System	
General	
Title	Air Loop Unitary HP AirToAir
Operation	
Supply Air Flow Rates	
Design (m3/s)	2,800
Cooling operation (m3/s)	2,800
Heating operation (m3/s)	2,800
When no heating or cooling is needed (m3/s)	Autosize
Supply Fan	
Fan type	3-On/Off
Supply fan placement	2-Draw through
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Continuous
Extract Fan	
Thermostat Location	
Controlling zone or thermostat location	Floor0:Zone4

Εικόνα 4.12: Χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας στο detailed HVAC

Στο πεδίο που ασχολείται με τη παροχή του αέρα στον χώρο και στις τρεις αντλίες θερμότητας χρησιμοποιήθηκε το ποσοτικό δεδομένο 2,8 m³/h. Η ποσότητα αυτή είναι το σύνολο του αέρα που διακινεί η κεντρική κλιματιστική μονάδα (KKM) και το σύνολο των fan coils. Με την αναφερόμενη διαδικασία εισάγονται στο πρόγραμμα και οι καταναλώσεις των fan coils αλλά και της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (KKM). Έπεται η εικόνα 4.13 με τα χαρακτηριστικά της KKM:



Εικόνα 4.13: Χαρακτηριστικά KKM Δημαρχείου Ελευσίνας

Μία δυσκολία που παρατηρήθηκε είναι η έλλειψη των χαρακτηριστικών των εγκατεστημένων μηχανημάτων, όπως ο βαθμός απόδοσης τους, γνωστό ως coefficient of performance (COP), και οι θερμικές τους ικανότητες. Τα αναφερόμενα δεδομένα επιλέχθηκαν κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4] και προσαρμόστηκαν ύστερα από επίβλεψη της κατάστασης των μηχανημάτων και με βασικό κριτήριο τους λογαριασμούς της ΔΕΗ από την στιγμή που όλες οι υπόλοιπες καταναλώσεις είναι καταγεγραμμένες μέσα στο DesignBuilder. Ακολουθούν οι εικόνες 4.14 και 4.15 με τα χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας:

DX cooling coil Data	
DX Cooling Coil	
General	
Name	Air Loop Unitary HP AirToAir DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Rated COP	1,500
Rated air flow rate (m3/s)	2,800
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s))	773,300

Εικόνα 4.14: Χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας για ψύξη

DX heating coil Data	
DX Heating Coil	
General	
Title	Air Loop Unitary HP AirToAir DX Heati
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Rated air flow (m3/s)	2,800
Rated COP	1,600

Εικόνα 4.15: Χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας για θέρμανση

Πρόγραμμα λειτουργίας

Τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου λειτουργούν τις καθημερινές από τις 7:00 έως τις 15:30. Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί ότι τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Οκτώβριο, Νοέμβριο δεν πραγματοποιείται ταυτόχρονα ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Το πρόγραμμα λειτουργίας έχει οριστεί έτσι ώστε ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία το σύστημα παρέχει ψύξη ή θέρμανση στο κτίριο.

Οι εικόνες 4.16 και 4.17 αναπαριστούν τα προγράμματα λειτουργίας όπως εμφανίζονται στο DesignBuilder:

Profiles							
Month	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Feb	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Mar	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Apr	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
May	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Jun	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jul	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Aug	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Sep	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Oct	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Nov	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Dec	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off

Εικόνα 4.16: Πρόγραμμα λειτουργίας αντλίας θερμότητας για θέρμανση

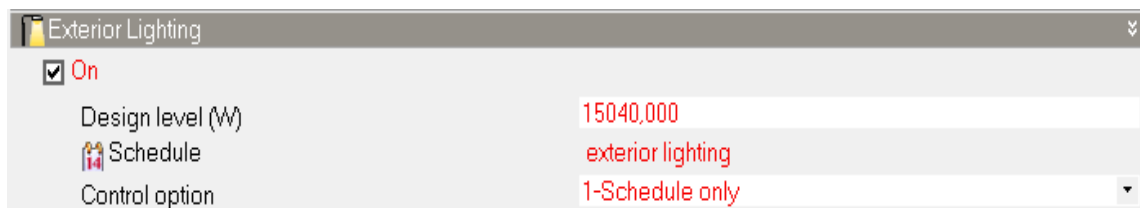
Profiles							
Month	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Feb	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Mar	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Apr	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
May	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Jun	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Jul	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Aug	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Sep	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Oct	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Nov	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	7:00 to 15:30	Off	Off
Dec	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off

Εικόνα 4.17: Πρόγραμμα λειτουργίας αντλίας θερμότητας για ψύξη

4.1.4. Χαρακτηριστικά χρήσης κτιρίου

Εξωτερικός φωτισμός (exterior lighting)

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το κτίριο διαθέτει ένα σύνολο εξωτερικών φώτων για τις ανάγκες φωτισμού του δημαρχείου αλλά και των δρόμων. Το πρόγραμμα λειτουργίας εξαρτάται από την ανατολή και τη δύση του ηλίου καθώς υπάρχει εξωτερικός αισθητήρας φωτισμού. Ακολουθούν οι εικόνες 4.18 και 4.19 με την μοντελοποίησή τους εντός του DesignBuilder, καθώς επίσης και του προγράμματος λειτουργίας:



Εικόνα 4.18: Εξωτερικός φωτισμός Δημαρχείου Ελευσίνας

Profiles							
Month	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	18:00-7:30	18:00-7:30	18:00-7:30	18:00-7:30	18:00-7:30	18:00-7:30	18:00-7:30
Feb	18:00-7:00	18:00-7:00	18:00-7:00	18:00-7:00	18:00-7:00	18:00-7:00	18:00-7:00
Mar	18:30-6:30	18:30-6:30	18:30-6:30	18:30-6:30	18:30-6:30	18:30-6:30	18:30-6:30
Apr	20:00-6:30	20:00-6:30	20:00-6:30	20:00-6:30	20:00-6:30	20:00-6:30	20:00-6:30
May	20:30-6:15	20:30-6:15	20:30-6:15	20:30-6:15	20:30-6:15	20:30-6:15	20:30-6:15
Jun	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00
Jul	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00	20:45-6:00
Aug	20:30-6:30	20:30-6:30	20:30-6:30	20:30-6:30	20:30-6:30	20:30-6:30	20:30-6:30
Sep	19:30-7:00	19:30-7:00	19:30-7:00	19:30-7:00	19:30-7:00	19:30-7:00	19:30-7:00
Oct	18:30-7:30	18:30-7:30	18:30-7:30	18:30-7:30	18:30-7:30	18:30-7:30	18:30-7:30
Nov	17:15-7:00	17:15-7:00	17:15-7:00	17:15-7:00	17:15-7:00	17:15-7:00	17:15-7:00
Dec	17:15-7:30	17:15-7:30	17:15-7:30	17:15-7:30	17:15-7:30	17:15-7:30	17:15-7:30

Εικόνα 4.19: Πρόγραμμα λειτουργίας εξωτερικού φωτισμού

Εσωτερικός φωτισμός (interior lighting)

Στην ενότητα που έπεται, ορίζονται οι ανάγκες εσωτερικού φωτισμού που έχει το Δημαρχείο της Ελευσίνας. Το ηλεκτρικό φορτίο επηρεάζει την ψύξη και την θέρμανση. Επομένως πραγματοποιήθηκε καταγραφή λαμπτήρων ανά όροφο (πίνακας 4.6) με στόχο κάθε αντλία θερμότητας να επηρεάζεται διαφορετικά. Ακολούθως η μοντελοποίηση να προσομοιάζει σε ικανοποιητικό βαθμό την υπάρχουσα κατάσταση.

Πίνακας 4.6: Ισχύς φωτισμού ανά όροφο

Όροφος	Φωτισμός (W/m ²)
0	5
1	4
2	4

Πληρότητα (Occupancy)

Στο σημείο αυτό ορίζεται πόσα άτομα παρευρίσκονται στον χώρο καθημερινά. Η πληρότητα επηρεάζει το ψυκτικό και θερμικό φορτίο που έχει ανάγκη κάθε όροφος. Ύστερα από την καταγραφή του ανθρώπινου δυναμικού που χρησιμοποιούν τον χώρο ανά όροφο η πληρότητα μοντελοποιείται όπως εμφανίζεται στον πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7: Πληρότητα ανά όροφο

Όροφος	Πληρότητα (άτομα/ m ²)
0	0,08
1	0,06
2	0,03

Ηλεκτρονικές συσκευές

Στη συνέχεια ορίζονται οι καταναλώσεις που πραγματοποιούνται από την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, πολυμηχανημάτων και ψυγείων. Έπειτα από καταγραφή (πίνακας 4.8) που πραγματοποιήθηκε τα αριθμητικά δεδομένα διαφοροποιούνται σε κάθε όροφο ως εξής :

Πίνακας 4.8: Ισχύς ηλεκτρονικών συσκευών ανά όροφο

Όροφος	Ηλεκτρονικές συσκευές (W/m ²)
0	6
1	5
2	4

Η πληρότητα όπως επίσης, ο εσωτερικός φωτισμός και οι ηλεκτρονικές συσκευές ακολουθούν το ίδιο πρόγραμμα χρήσης όπως εμφανίζεται στην εικόνα 4.20.

Profiles							
Month	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Feb	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Mar	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Apr	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
May	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Jun	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Jul	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Aug	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Sep	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Oct	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Nov	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off
Dec	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	7:00-16:00	Off	Off

Εικόνα 4.20: Πρόγραμμα λειτουργίας εσωτερικού φωτισμού ,πληρότητας και ηλεκτρονικών συσκευών

Αεροστεγανότητα (Airtightness)

Η ελάχιστη αναγκαία ποσότητα νωπού αέρα για τον άνθρωπο ανέρχεται σε $1,8 \frac{m^3}{h}$. Για να απομακρυνθούν επιβλαβείς ουσίες και οσμές οι ανάγκες αυξάνονται σε $30 \frac{m^3}{h}$ ανά άτομο. Για την απομάκρυνση της υγρασίας χρειάζονται ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες, ανάλογα με την περίπτωση. Ο αριθμός των εναλλαγών αέρα δίνει την εναλλαγή του αέρα σε έναν χώρο σαν πολλαπλάσιο του όγκου του χώρου ανά ώρα. Η τιμή αυτή δίνεται σε $\frac{\text{εναλλαγές}}{h}$. Στο Δημαρχείο της Ελευσίνας υφίσταται μόνο φυσικός αερισμός. Η τιμή αυτή στα κτίρια της Ελλάδας υπερβαίνει το μέγιστο νούμερο που επιτρέπεται να χρησιμοποιήσει ο χρήστης του DesignBuilder. Με αυτό τον τρόπο, η αεροστεγανότητα του κτιρίου ορίζεται στις $5 \frac{\text{εναλλαγές}}{h}$.

4.2. Επικύρωση (validation) Δημαρχείου Ελευσίνας

4.2.1. Σκοπός και στόχος της επικύρωσης

Η επικύρωση του μοντέλου πραγματοποιείται με σκοπό την επιβεβαίωσή του ως ρεαλιστικό μοντέλο που ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Σκοπός της επικύρωσης συνιστά η διερεύνησή του κατά πόσο τα αποτελέσματα των καταναλώσεων του κτιρίου ακολουθούν τους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Η συγκεκριμένη διερεύνηση αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Εφόσον τα αποτελέσματα του προγράμματος προσεγγίζουν τους λογαριασμούς αυτόματα αυτό σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά του μοντέλου έχουν εισαχθεί ορθά στο DesignBuilder.

Για να πραγματοποιηθεί η προαναφερθείσα διαδικασία, εξετάστηκαν πάνω από 100 προσομοιώσεις στο DesignBuilder τροποποιώντας χαρακτηριστικά του κτιρίου, όπως η θερμοπερατότητα των κουφωμάτων/τοιχών, οι βαθμοί απόδοσης των αντλιών θερμότητας και η αεροστεγανότητα του κτιρίου. Ακολουθώντας τη συγκεκριμένη μεθοδολογία, εντοπίστηκε ο κατάλληλος συνδυασμός μεγεθών που αντιπροσωπεύουν την υφιστάμενη κατασκευή του Δημαρχείου της Ελευσίνας.

Η διαπίστωση αυτή επιφέρει ως αποτέλεσμα το μοντέλο να θεωρείται αξιόπιστο και δύναται να χρησιμοποιηθεί για τα σενάρια εξοικονόμησης που θα μελετηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Εν ολίγοις οι τροποποιήσεις στις καταναλώσεις που θα παρατηρηθούν στα σενάρια εξοικονόμησης αναμένονται να υπάρξουν και στην πραγματικότητα. Όλες οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με την δυνατότητα του simulation που παρέχει το DesignBuilder.

4.2.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Ο πίνακας 4.9 περιλαμβάνει τους λογαριασμούς της ΔΕΗ που αντιπροσωπεύουν το έτος 2014 :

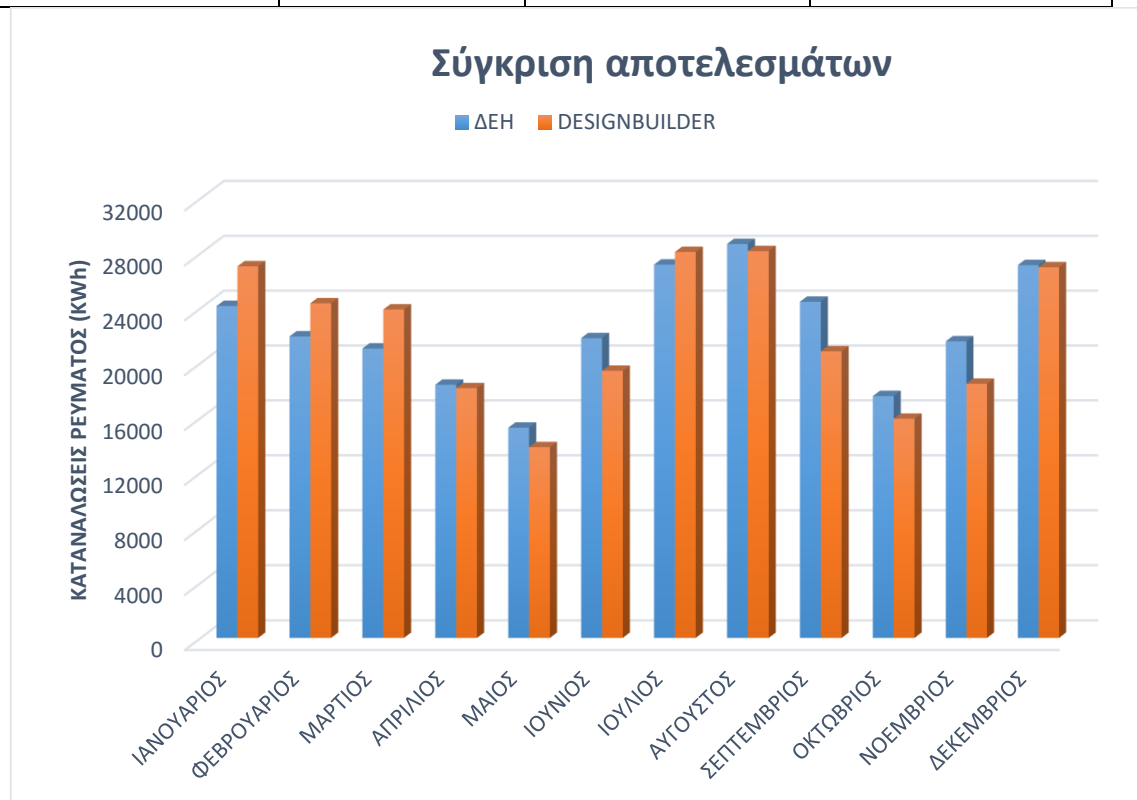
Πίνακας 4.9: Καταναλώσεις ρεύματος ανά μήνα σύμφωνα με τους λογαριασμούς της ΔΕΗ

ΜΗΝΑΣ	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ (KWH)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ (KWH)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWH)
Ιανουάριος	14.186,2	9.965,4	24.151,6
Φεβρουάριος	13.658,8	8.275,2	21.934,0
Μάρτιος	11.403,0	9.642,0	21.045,0
Απρίλιος	10.212,4	8.199,2	18.411,6
Μάϊος	7.815,6	7.467,6	15.280,2
Ιούνιος	13.644,8	8.160,2	21.805,0
Ιούλιος	19.108,0	8.058,2	27.166,2
Αύγουστος	18.021,2	10.648,0	28.669,2
Σεπτέμβριος	16.548,4	7.911,8	24.460,2
Οκτώβριος	9.913,8	7.669,0	17.582,8
Νοέμβριος	12.588,8	8.982,8	21.571,6
Δεκέμβριος	15.808,2	11.326,4	27.134,6

Με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, όπως περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 4.1 οι αποκλίσεις με τους λογαριασμούς περιγράφονται με τον πίνακα 4.10 και το διάγραμμα 4.1.

Πίνακας 4.10: Μηνιαίες αποκλίσεις μεταξύ της ΔΕΗ και των αποτελεσμάτων του προγράμματος DesignBuilder

ΜΗΝΑΣ	ΔΕΗ (KWH)	DESIGNBUILDER (KWH)	ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Ιανουάριος	24151,6	27044,1	11%
Φεβρουάριος	21934	24346,29	10%
Μάρτιος	21045	23895,34	12%
Απρίλιος	18411,6	18159,17	-1%
Μάιος	15280,2	13859,29	-10%
Ιούνιος	21805	19427,17	-12%
Ιούλιος	27166	28089,19	3%
Αύγουστος	28669,2	28150,9	-2%
Σεπτέμβριος	24460,2	20845,72	-17%
Οκτώβριος	17582,8	15932,97	-10%
Νοέμβριος	21571,6	18481,27	-17%
Δεκέμβριος	27134,6	26972,62	-1%
Συνολική κατανάλωση	269211,8	265204,03	-2%



Διάγραμμα 4.1: Σχηματική απεικόνιση των αποκλίσεων που αφορούν την μηνιαία κατανάλωση ρεύματος μεταξύ της ΔΕΗ και του προγράμματος DesignBuilder

Με απόκλιση 2% στη συνολική κατανάλωση ρεύματος η προσομοίωση του κτιρίου θεωρείται επιτυχής. Παρατηρείται απόκλιση 17% σε δύο μήνες, ποσοστό που εμπίπτει στα φυσιολογικά πλαίσια μιας ενεργειακής μελέτης. Το ποσοστό αυτό πιθανότητα οφείλεται στην τέταρτη αντλία θερμότητας που το πρόγραμμα λειτουργίας της είναι άγνωστο γιατί εξαρτάται από την ποσότητα των δημοτικών συμβουλίων που πραγματοποιούνται κάθε μήνα. Ακόμη μία αιτία στην οποία μπορεί να οφείλεται η απόκλιση 17% αποτελεί η πραγματοποίηση εκδηλώσεων που λαμβάνουν χώρα σε τακτά χρονικά διαστήματα στο προαύλιο χώρο του δημαρχείου. Επομένως, το μοντέλο θεωρείται αξιόπιστο ώστε να χρησιμοποιηθεί για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας του Δημαρχείου Ελευσίνας. Επομένως, στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο θα ακολουθήσουν οι βελτιωτικές κινήσεις αναβάθμισης ή και αντικατάστασης του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, μέσω του προσομοιωμένου μοντέλου στο λογισμικό DesignBuilder. Τα αποτελέσματα της μελέτης που έπεται θεωρούνται επίσης αξιόπιστα, εφόσον έχει επιβεβαιωθεί ότι το προσομοιωμένο μοντέλο λειτουργεί ορθά και προσεγγίζει τα δεδομένα της πραγματικής κατάστασης μέσω της διαδικασίας του validation.

5. Σενάρια Εξοικονόμησης ενέργειας

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η ενεργειακή μελέτη για τα σενάρια εξοικονόμησης για την χρονική περίοδο ενός έτους μέσω του λογισμικού προσομοίωσης μοντέλου στο DesignBuilder. Στα σενάρια που θα εξεταστούν πραγματοποιούνται τροποποιήσεις στα συστήματα ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου αλλά και στο εξωτερικό κέλυφος. Τα σενάρια έχουν σαν στόχο τη βελτιστοποίηση των καταναλώσεων με κριτήριο πάντα τη βιωσιμότητα της επένδυσης, γεγονός που θα αποτελέσει αντικείμενο μελέτης του παρόντος κεφαλαίου. Απαραίτητο κρίνεται να γίνει περιγραφή της υφιστάμενης μορφής του Δημαρχείου Ελευσίνας από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας.

5.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Με τον όρο υφιστάμενη κατάσταση ορίζεται η μορφή του κτιρίου όπως υφίσταται αυτή την στιγμή, δηλαδή χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί βελτίωση του κελύφους του ή άλλου χαρακτηριστικού που επηρεάζει τις ενεργειακές καταναλώσεις του Δημαρχείου Ελευσίνας. Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου περιεγράφηκαν λεπτομερειακά στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Συνοψίζοντας τα κύρια χαρακτηριστικά το κτίριο αποτελείται από 385,21 τετραγωνικά μέτρα παραθύρων και 788,46 τετραγωνικά μέτρα τοιχοποιίας, γεγονός που σημαίνει ότι αρκετά σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή μελέτη θα διαδραματίσει η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα παράθυρα κατασκευάστηκαν με χρήση διπλού τζαμιού αλλά χωρίς την ύπαρξη θερμοδιακοπής στα κουφώματα τους. Στους περισσότερους τοίχους έχει εφαρμοστεί μόνωση αλλά όχι καλής ποιότητας και επαρκούς πάχους δημιουργώντας συνεπώς την ανάγκη για τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης. Αναφορικά με τις τέσσερις αντλίες θερμότητας, τα χαρακτηριστικά τους (ονομαστική ισχύς και βαθμός απόδοσης) είναι άγνωστα και προσδιορίστηκαν κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 [4] με σταθερό προσανατολιστικό άξονα την κατάστασή τους ύστερα από επιτόπια παρατήρηση που έλαβε χώρα.

Το πρόγραμμα λειτουργίας των τριών μηχανημάτων έχει οριστεί στις 7:00-15:30 καθημερινά, εκτός από τα Σαββατοκύριακα. Τέλος, παρατηρούνται μεγάλες καταναλώσεις από τον εξωτερικό και εσωτερικό φωτισμό αλλά επίσης και από τις ηλεκτρικές συσκευές.

Στα πρώτα στάδια της ενεργειακής μελέτης πραγματοποιείται η προσομοίωση της λειτουργίας των αντλιών θερμότητας αλλά και της χρήσης του κτιρίου (φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές) κατά την χρήση ενός ολόκληρου ημερολογιακού έτους. Θεωρείται δόκιμο να πραγματοποιηθεί αυτή η προσομοίωση ώστε να προκύψει κατηγοριοποίηση των μορφών καταναλώσεων ρεύματος. Με την συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση των καταναλώσεων πραγματοποιείται ένας έλεγχος για να εξεταστεί αν η τροποποίηση κάποιου δεδομένου του κτιρίου επηρέασε των σωστή κατηγορία. Παραδειγματικά αν εγκατασταθούν φωτιστικά στοιχεία LED στον εξωτερικό φωτισμό αναμένεται να τροποποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας μόνο στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (πίνακας 5.1) για την περίοδο ενός έτους για την τρέχουσα κατάσταση του Δημαρχείου Ελευσίνας.

Πίνακας 5.1: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	27044,1
Φεβρουάριος	24346,29
Μάρτιος	23895,34
Απρίλιος	18159,17
Μάϊος	13859,29
Ιούνιος	19427,17
Ιούλιος	28089,19
Αύγουστος	28150,9
Σεπτέμβριος	20845,72
Οκτώβριος	15932,97
Νοέμβριος	18481,27
Δεκέμβριος	26972,62
Συνολική κατανάλωση	265204,03

Οπότε για την υφιστάμενη κατάσταση η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στις 265.204,03 kWh, τιμή που κρίνεται αρκετά υψηλή. Για πιο αποτελεσματική παρακολούθηση των καταναλώσεων υπάρχει η ανάγκη κατηγοριοποίησης που ακολουθεί στον πίνακα 5.2:

Πίνακας 5.2: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)
Θέρμανση	73037,14
Ψύξη	60643,08
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38
Συνολική κατανάλωση	265204,03

Στις λοιπές καταναλώσεις περιλαμβάνονται οι καταναλώσεις των fan coils και της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (KKM) που χρησιμοποιείται για τους κοινόχρηστους χώρους.

5.2. Μορφές Σεναρίων εξοικονόμησης

Στα σενάρια που επιλέχθηκαν θα πραγματοποιηθεί παρέμβαση στις αντλίες θερμότητας, στα παράθυρα, στον εξωτερικό φωτισμό καθώς επίσης θα γίνει χρήση ταινίας, γνωστή ως SIGA TAPE, που επηρεάζει την αεροστεγανότητα του κτιρίου. Όλα τα παραπάνω θα μελετηθούν και συνδυαστικά με ή και χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης στους τοίχους. Τέλος, θα εξεταστούν δύο παρεμβάσεις στον εσωτερικό φωτισμό χωρίς την ύπαρξη εξωτερικής μόνωσης. Επομένως, υπάρχουν 33 σενάρια που θα εξεταστούν όπως περιγράφονται παρακάτω:

ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

1. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
2. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC
3. LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
4. ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
5. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC
6. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
7. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
8. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
9. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
10. LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
11. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
12. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
13. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟΣ+ SIGA TAPE
14. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
15. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
16. LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
17. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE+ LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

18. ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ
19. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
20. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC
21. LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
22. ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
23. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC
24. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
25. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
26. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
27. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
28. LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
29. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ
30. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
31. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟΣ+ SIGA TAPE
32. ΝΕΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE
33. ΝΕΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΠΑΡΑΘΥΡΑ PVC + LED ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ + ΧΡΗΣΗ SIGA TAPE

5.3. Τεχνολογίες μέσω των οποίων θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια

5.3.1. Νέες αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας που θα αντικαταστήσουν τα υφιστάμενα μηχανήματα είναι της ιταλικής εταιρίας Galletti. Ακολουθεί η εικόνα 5.1 με την εξωτερική μορφή.



MPE

4 kW - 76 kW

Εικόνα 5.1: Αντλίες θερμότητας Galletti

Η σειρά MPE της εταιρίας έχει εύρος ονομαστικής ισχύος από 4kW έως 76 kW, χαρακτηριστικό που βοηθάει στην ενεργειακή μελέτη εξαιτίας των διαφόρων θερμικών και ψυκτικών αναγκών που πρέπει να καλυφθούν σε όλα τα σενάρια εξοικονόμησης. Ακολουθούν πίνακες 5.3 και 5.4 με τα χαρακτηριστικά τους:

Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας Galletti [13]

MPE-H		032	035	040	054	066
Power supply	V-ph-Hz	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50
Cooling capacity	kW	30,89	34,30	38,88	52,00	62,80
MPE HB Cooling power input	kW	10,06	11,51	12,77	17,80	24,10
EER		3,07	2,98	3,04	2,92	2,60
ESEER		3,56	3,54	3,61	3,50	3,20
MPE HP - HS Cooling power input	kW	10,61	12,06	13,32	18,70	25,00
Heating capacity	kW	35,58	39,28	45,17	60,80	75,30
MPE HB Heating power input	kW	10,42	11,57	13,14	18,30	23,10
COP		3,41	3,39	3,44	3,32	3,26
MPE HP - HS Heating power input	kW	10,97	12,12	13,69	19,20	24,00
Maximum power input	kW	18,9	21,8	22,4	22,70	23,30

Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας Galletti [13]

MPE-H		T30	T34	T40	T45	T54	T61	T69	T76
Power supply	V-ph-Hz	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50
Cooling capacity	kW	29,40	33,37	38,78	43,66	53,5	60,7	68,5	74,6
MPE HB Cooling power input	kW	10,43	12,59	13,64	16,38	18,30	21,20	23,60	27,50
EER		2,82	2,65	2,84	2,67	2,91	2,86	2,9	2,71
ESEER		4,09	4,03	4,06	3,96	4,01	3,99	4,16	4,15
MPE HP - HS Cooling power input	kW	10,98	13,14	14,19	16,93	19,6	22,5	24,9	28,8
Heating capacity	kW	34,51	39,41	46,49	52,72	59,90	67,50	77,00	84,76
MPE HB Heating power input	kW	10,86	12,80	13,97	16,26	18,50	21,50	23,40	26,82
COP		3,18	3,08	3,33	3,24	3,24	3,14	3,29	3,16

Η διαφορά μεταξύ των αντλιών που το όνομα του μοντέλου τους αρχίζει από το 0 με τις αντλίες που το όνομα τους αρχίζει από T είναι ότι οι δεύτερες λειτουργούν με την χρήση δυο συμπιεστών. Η διαφοροποίηση υφίσταται με σκοπό όταν ο αέρας του κτιρίου έχει φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία να απενεργοποιείται ο ένας συμπιεστής και να δουλεύει ο άλλος για να πραγματοποιεί την συντήρηση της θερμοκρασίας στα επίπεδα που ορίζονται από τον θερμοστάτη. Ως πλεονέκτημα της προαναφερθείσας λειτουργίας συνιστά η μικρότερη κατανάλωση ρεύματος αλλά από την άλλη μεριά, η τιμή αγοράς των συγκεκριμένων αντλιών είναι υψηλότερη από εκείνων με έναν συμπιεστή.

Βασικός λόγος που επιβάλλεται να εξεταστούν σενάρια αλλαγής αντλιών θερμότητας είναι οι αρκετά μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης που έχουν αυτά τα μηχανήματα σε σχέση με τα υφιστάμενα που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Οι βαθμοί απόδοσης ορίζονται σαν EER και COP.

EER/COP

Βαθμός απόδοσης σε λειτουργία θέρμανσης

Ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο ονομάζεται ειδικός βαθμός απόδοσης της αντλίας (COP, coefficient of performance).

Βαθμός απόδοσης σε λειτουργία ψύξης

Ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο, ονομάζεται βαθμός ενεργειακής απόδοσης της αντλίας (EER, energy efficiency ratio).

Τόσο ο ειδικός βαθμός απόδοσης COP όσο και ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης EER εξαρτώνται:

- από τη θερμοκρασία της "πηγής",
- από τη θερμοκρασία του "αποδέκτη",
- από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας και
- από τις ιδιότητες του εργαζόμενου μέσου.

Ακόμη, μεταβάλλονται διαρκώς, αφού τόσο η θερμοκρασία του ψυχρού (περιβάλλοντος στη θέρμανση - χώρου στην ψύξη) όσο και η θερμοκρασία θερμού (χώρου στη θέρμανση - περιβάλλοντος στην ψύξη) δεν είναι σταθερές, αλλά διαρκώς διαφοροποιούνται.

Για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των αντλιών θερμότητας έχει καθιερωθεί η μέτρηση του COP και του EER σε τυποποιημένες συνθήκες (συνθήκες Eurovent) που είναι:

Θέρμανση

Θερμοκρασία θερμού = 20 °C και θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 7 °C / 6 °C WB (ψυχρού)

Ψύξη

Θερμοκρασία θερμού = 27 °C και θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 35 °C / 6 °C WB (ψυχρού)

Οι βαθμοί απόδοσης σε συνθήκες Eurovent χαρακτηρίζουν την ποιότητα κατασκευής μιας αντλίας θερμότητας, αφού ο υπολογισμός τους αναφέρεται στις ίδιες συνθήκες για όλες τις αντλίες .

Επειδή όμως σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας οι θερμοκρασίες δεν ισούνται με τις θερμοκρασίες που καθορίζονται στο πρότυπο Eurovent, ορίζουμε και τον μέσο ή ετήσιο ειδικό βαθμό απόδοσης SCOP (για την θέρμανση) και τον μέσο ή ετήσιο βαθμό ενεργειακής απόδοσης SEER (για λειτουργία ψύξης) οι οποίοι είναι στην ουσία οι μέσοι βαθμοί απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας σε ετήσια λειτουργία. Αυτοί οι βαθμοί αποτελούν το καλύτερο κριτήριο αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας.

Στις σύγχρονες αντλίες θερμότητας παρατηρούνται τιμές COP και EER μεγαλύτερες του 3.0, γεγονός που τις κατατάσσει στις συσκευές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών. Τιμή COP (ή EER) ίση με 3.0 σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ενέργειας που καταναλώνει μια αντλία θερμότητας, μεταφέρει (αποδίδει) τρεις (3) μονάδες ενέργειας. [2]

5.3.2. Παράθυρα PVC

Τα κουφώματα pvc, που είναι γνωστά και ως πλαστικά κουφώματα ή πιο σωστά διατυπωμένα ως συνθετικά κουφώματα, είναι τα κουφώματα που χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στη χώρα μας, παρόλο που αναμφισβήτητα ακόμα πιο διαδεδομένα είναι τα κουφώματα αλουμινίου. Ο κύριος λόγος είναι οικονομικός, καθώς τα κουφώματα pvc μπορούν να είναι περίπου 20% πιο οικονομικά σε σχέση με τα κουφώματα αλουμινίου, ενώ παράλληλα δεν υπολείπονται στα περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Εκτός αυτού έχουν ένα σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα, ότι τα κουφώματα pvc βοηθούν και στη θερμομόνωση του σπιτιού. Αυτό συμβαίνει διότι το πλαστικό όπως είναι ευρέως γνωστό είναι κακός αγωγός της θερμότητας, συγκριτικά με τα κουφώματα αλουμινίου που δεν διαθέτουν καθόλου θερμομονωτικές ιδιότητες.

Το PVC είναι η ονομασία για το πολιβινιλοχλωρίδιο, που σε αντίθεση με τα περισσότερα πλαστικά, αποτελείται μόνο κατά 43% από πετρέλαιο, ενώ το υπόλοιπο 57% είναι το κοινό μαγειρικό άλας. Το PVC αποτελεί μία εντελώς νέα σύνθεση η οποία έχει αντιγραφεί από την φύση και είναι εξελιγμένο από το απλό πλαστικό που παρασκευάζεται από το καουτσούκ.

Πλεονεκτήματα

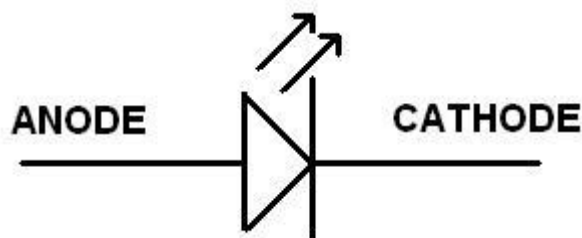
- Το πρώτο πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει τα κουφώματα pvc, είναι το κόστος τους, και βέβαια πάντα σε αναλογία με την ποιότητα. Τα κουφώματα pvc δηλαδή δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση μια δεύτερη φθηνή λύση, αλλά μια οικονομική λύση μεν, εξίσου ποιοτική με τις υπόλοιπες. Μάλιστα σύμφωνα με τις μέσες τιμές της αγοράς, το κόστος για τα κουφώματα pvc είναι φθηνότερο 20% (ίσως και περισσότερο) σε σχέση με τις υπόλοιπες επιλογές, δηλαδή τα κουφώματα αλουμινίου και τα ξύλινα κουφώματα.

- Άλλο ένα σημαντικό όφελος που προσφέρουν τα πλαστικά κουφώματα - τα κουφώματα pvc - είναι η αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα, η οποία πηγάζει από το γεγονός ότι το πλαστικό είναι κακός αγωγός της θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι αν επιλεγθεί κουφώματα pvc δεν θα υπάρχει μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του σπιτιού και αντίστροφα, κάτι που συνεπάγεται εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας.
- Η ασφάλεια είναι ένα ακόμα χαρακτηριστικό για τα πιο σύγχρονα κουφώματα pvc. Πιο συγκεκριμένα παλαιότερα αποτελούσε σημαντικό μειονέκτημα, καθώς σε καμία περίπτωση τα πλαστικά κουφώματα pvc δεν μπορούν να συγκριθούν με τη στιβαρότητα των κουφωμάτων αλουμινίου. Όμως τα τελευταία χρόνια στα περισσότερα κουφώματα pvc τοποθετείται πλέον ένα εσωτερικό προφίλ αλουμινίου, που προσδίδει μεγάλη ασφάλεια.
- Η ηχομόνωση είναι ακόμα ένα πλεονέκτημα για τα κουφώματα pvc, καθώς το πλαστικό εκτός από κακός αγωγός της θερμότητας όπως καταγράφηκε παραπάνω, δεν επιτρέπει και τη μετάδοση του ήχου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με μελέτες, τα κουφώματα pvc μειώνουν την ένταση των εξωτερικών θορύβων κατά 70%.
- Άλλο ένα πλεονέκτημα που χαρακτηρίζουν τα κουφώματα pvc αποτελεί η μεγάλη ευκολία στην τοποθέτησή τους. Σύμφωνα με τους ειδικούς η εφαρμογή των κουφωμάτων pvc είναι τέλεια και οφείλεται στη μικρή σκληρότητα του υλικού, που το κάνει πιο εύκολα διαχειρίσιμο από τα συνεργεία.
- Τα σύγχρονα κουφώματα pvc χαρακτηρίζονται από υψηλή αντίσταση στη βροχή και στους δυνατούς ανέμους, ενώ λόγω αυτής της στεγανότητας δεν “ιδρώνει” εσωτερικά το προφίλ (δεν γίνεται δηλαδή συγκέντρωση υδρατμών), γεγονός που συμβαίνει στο εσωτερικό των κουφωμάτων αλουμινίου.
- Τα κουφώματα pvc χαρακτηρίζονται από ελάχιστο κόστος συντήρησης και ταυτόχρονα μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα πλαστικά κουφώματα δεν χρειάζονται βάψιμο και γενικά συντήρηση, παρά μόνο έναν περιοδικό καθαρισμό κυρίως για λόγους αισθητικής, όπως άλλωστε και τα κουφώματα αλουμινίου. Εκτός αυτού όμως δεν σαπίζουν (όπως τα ξύλινα κουφώματα), δεν στρεβλώνουν και δεν σκουριάζουν, ακόμα και σε παραθαλάσσιες περιοχές.

- Τέλος τα κουφώματα pnc αποτελούν και αυτά εν μέρει οικολογικά υλικά, καθώς το pnc μπορεί να ανακυκλωθεί έως και επτά φορές μέχρι να αχρηστευθεί, ενώ τα προφίλ από τα κουφώματα pnc έχουν την ιδιότητα να σβήνουν μόνα τους σε περίπτωση πυρκαγιάς, όταν δεν υπάρχει αναφλεκτική πηγή. [5]

5.3.3. Τεχνολογία LED

LED (Light Emmiting Diode) ονομάζεται μια Δίοδος Εκπομπής Φωτός και πρόκειται για έναν ημιαγωγό, ο οποίος όταν του παρέχεται ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης, εκπέμπει φως στενού φάσματος. Το χρώμα φωτισμού εξαρτάται από τη χημική σύσταση του ημιαγωγίμου υλικού που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι ορατό, υπεριώδες ή υπέρυθρο.



Οι πρώτες εφαρμογές του LED ήταν ως ένδειξη λειτουργίας διαφόρων συσκευών, όπως εργαστηριακά εξαρτήματα και μηχανήματα κι αργότερα τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, τηλέφωνα, υπολογιστές τσέπης, ακόμα και σε ρολόγια. Το φως που παρήγαγαν τα συγκεκριμένα για αυτή την εφαρμογή LEDs, δεν ήταν ικανό να φωτίσει παρά μόνο να "ενημερώσει" τότε μια συσκευή ήταν ενεργοποιημένη ή όχι.

Πλεονεκτήματα

Μεγάλη διάρκεια ζωής - Οι λάμπες LED έχουν διάρκεια ζωής από 50.000 έως 80.000 ώρες

- Ο μέσος όρος ζωής στις λάμπες πυρακτώσεως είναι 1.000 -1.200 ώρες
- Ο μέσος όρος ζωής στις λάμπες φθορίου είναι 6.000 -15.000 ώρες

Μεγαλύτερη αντοχή στις αυξομειώσεις τάσης - Λειτουργούν από 85V έως 265V

- Το δίκτυο ηλεκτροδότησης δεν τροφοδοτεί σταθερή τάση 230V, παρουσιάζει αυξομειώσεις. Μπορεί λοιπόν να κάνει υπέρταση - βύθιση και να πέσει κάτω από τα επιτρεπτά όρια ή το αντίστροφο, με αποτέλεσμα ευαίσθητες συσκευές, λάμπες φθορίου και λάμπες οικονομίας να "καίγονται".
- Οι λάμπες LED μπορούν να λειτουργήσουν σε τάση από 8,5 έως 25 V με μετασχηματιστή και από 110 έως 265 V, που σημαίνει ότι δεν "καίγονται" όταν υπάρχουν μεταπτώσεις στο δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Εκπέμπουν πολύ λιγότερη θερμότητα

- Η θερμότητα η οποία παράγεται από μία λάμπα αποτελεί στην ουσία απώλειες.
- Η λάμπα πυρακτώσεως μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε πολύ μεγάλο ποσοστό σε θερμότητα και όχι σε φως.
- Τα LED, μετατρέπουν σε πολύ μεγάλο ποσοστό την ενέργεια που τους παρέχεται σε φως έχοντας μικρότερες απώλειες.
- Λόγω της λιγότερης θερμότητας που εκπέμπουν βοηθούν και στην αποτελεσματικότερη απόδοση των κλιματιστικών.

Διατηρούν μέχρι τέλος το 100% της απόδοσής τους

- Οι λάμπες LED εκπέμπουν από την αρχή το 100% της φωτεινότητας τους.
- Οι λάμπες LED, διατηρούν μέχρι τέλος την απόδοση φωτισμού που είχαν από την πρώτη μέρα λειτουργίας τους (μέγιστη απώλεια 1%).
- Οι παραδοσιακοί λαμπτήρες σταδιακά μειώνουν την απόδοσή τους παρέχοντας χαμηλή ποιότητας φωτισμού, χαρακτηριστικό που οδηγεί στην πρόωρη αντικατάστασή τους.

Καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια

- Οι λάμπες LED, καταναλώνουν περίπου το 1/10 της κατανάλωσης των λαμπτήρων πυρακτώσεως και το 1/5 των λαμπτήρων φθορίου.

Φιλικό για την υγεία και το περιβάλλον

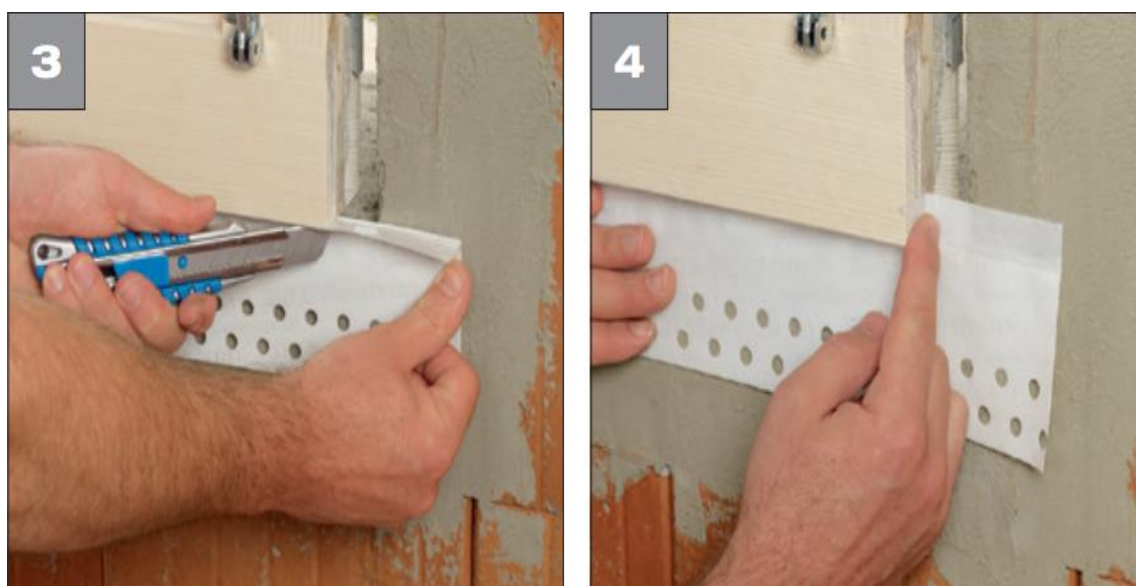
- Έχει αποδειχτεί ότι οι ενεργειακές λάμπες είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αφού περιέχουν υδράργυρο, κάδμιο κι εκπέμπουν ακτινοβολία

Είναι αντιαεκρηκτικοί

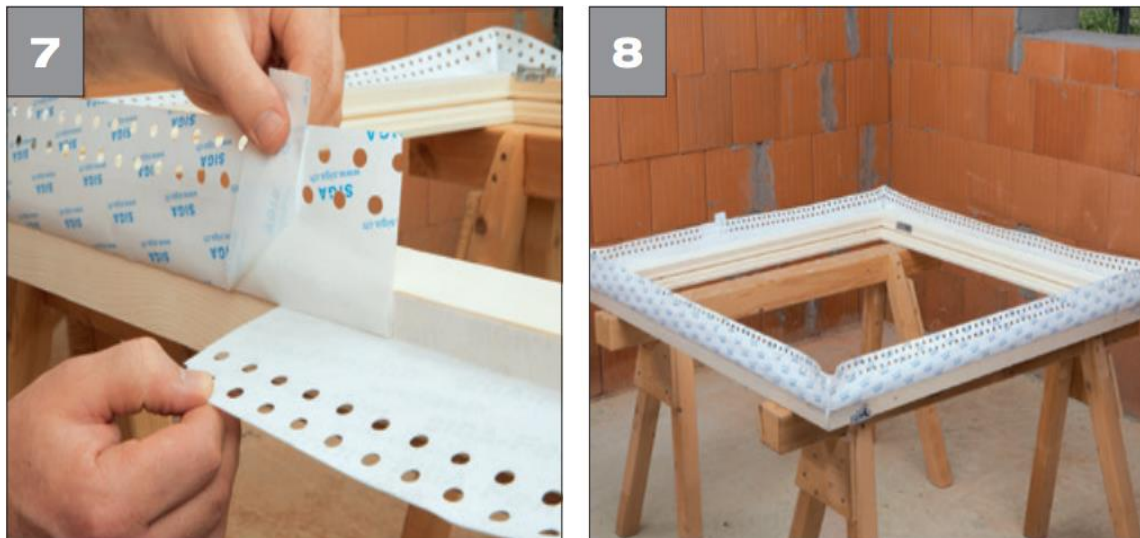
- Οι λαμπτήρες LED είναι αντιαεκρηκτικοί και αυτό γιατί οι πλακέτες τους δεν εκρήγνυνται.
- Τα volt των λαμπτήρων LED είναι πολύ χαμηλά και συνεπώς δεν εντοπίζεται κίνδυνος έκρηξης. Αλλά ακόμα και στις περιπτώσεις που μπορεί να είναι παραπάνω, υπάρχει πλακέτα που τα προστατεύει από έκρηξη (μέχρι 275V).
- Ακόμα και να δημιουργηθεί σπινθήρας δε βγαίνει προς τα έξω, διότι δεν υπάρχει αέριο για να διαδοθεί η φλόγα.
- Επιπλέον, η πλακέτα των λαμπτήρων LED είναι καλυμμένη από υλικό το οποίο έχει την ιδιότητα να μη μεταδίδει φλόγα προς τα έξω σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. [14] [15]

5.3.4. Siga tape

Η χρήση της συγκεκριμένης ταινίας αποσκοπεί στην βελτίωση της αεροστεγανότητας του κτιρίου. Σαν τεχνολογία είναι γνωστή αρκετά χρόνια στην Ευρώπη και τα τελευταία χρόνια εισέρχεται και στην ελληνική αγορά. Σαν βασικό γνώρισμα αποτελεί η πολύ καλή σχέση ενεργειακής εξοικονόμησης και δαπάνης που χρειάζεται για να τοποθετηθεί σε ένα κτίριο. Ακολουθούν οι εικόνες 5.2 και 5.3 από εφαρμογή που έχει πραγματοποιηθεί:



Εικόνα 5.2: Εφαρμογή SIGA TAPE



Εικόνα 5.3: Εφαρμογή SIGA TAPE

5.4. Χωρίς μόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα 15 σενάρια που αφορούν το Δημαρχείο της Ελευσίνας χωρίς εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης. Ακολουθεί λεπτομερειακή περιγραφή κάθε μορφής παρέμβασης και οι επιπτώσεις που έχει στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.

5.4.1. Νέες αντλίες θερμότητας

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1, οι εγκατεστημένες αντλίες θερμότητας υπολείπονται σε χαρακτηριστικά εξαιτίας τόσο της παλαιάς τεχνολογίας που διαθέτουν, διαπίστωση αναμενόμενη καθώς έχουν κατασκευασθεί το 1998, όσο και της κακής συντήρησης που έχει πραγματοποιηθεί τόσα χρόνια. Επομένως κρίνεται αναγκαίο να εξεταστεί από πλευράς καταναλώσεων η τοποθέτηση καινούργιων αντλιών θερμότητας. Η αντικατάστασή τους θα οδηγήσει σε μικρότερες καταναλώσεις ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου. Όμως κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι σίγουρα συμφέρει από οικονομικής άποψης, ενδεχόμενο που θα μελετηθεί στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Συνεπώς επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T69 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας

Μοντέλο	MPE-H T69
Ψυκτική ικανότητα	68,5 kW
EER	2,9
Θερμική ικανότητα	77 kW
COP	3,29

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,1	19285,92	-28,69%
Φεβρουάριος	24346,29	17144,35	-29,58%
Μάρτιος	23895,34	17174,83	-28,12%
Απρίλιος	18159,17	14189,49	-21,86%
Μάιος	13859,29	12188,12	-12,06%
Ιούνιος	19427,17	14530,01	-25,21%
Ιούλιος	28089,19	19229,73	-31,54%
Αύγουστος	28150,9	19218,61	-31,73%
Σεπτέμβριος	20845,72	15834,75	-24,04%
Οκτώβριος	15932,97	14040,87	-11,88%
Νοέμβριος	18481,27	15047,48	-18,58%
Δεκέμβριος	26972,62	19364,89	-28,21%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	197249,05	-25,62%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	35130,39	-51,90%
Ψύξη	60643,08	30703	-49,37%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23596,22	-0,47%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	197246,04	-25,62%

Συμπερασματικά εμφανίστηκε μείωση των καταναλώσεων σε ψύξη και θέρμανση σε ποσοστό 50% ποσοστό αναμενόμενο εξαιτίας των αυξημένων βαθμών απόδοσης των νέων μηχανημάτων.

5.4.2. Νέα παράθυρα PVC

Με την εγκατάσταση καινούργιων παραθύρων τροποποιείται η αεροστεγανότητα του Δημαρχείου Ελευσίνας, πέρα από τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων. Η μεταβολή αυτή συμβαίνει διότι δίνεται περισσότερη λεπτομέρεια στην επανατοποθέτησή τους και γιατί τα νέας τεχνολογίας παράθυρα έχουν σχεδόν εκμηδενίσει τις απώλειες λόγω μεταφοράς αέρα διαμέσου των χαραμιάδων τους. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν κατά 50%, από τις 5 στις 2,5, γιατί τα παλαιά παράθυρα θεωρούνται ο βασικός λόγος για τις εναλλαγές αέρα στο κτίριο.

Το προφίλ θα είναι της Γερμανικής εταιρείας Schueco SI 82 με $U_f = 1,00$ W/m^2K . Οι υαλοπίνακες θα είναι ενεργειακοί τριπλοί της ευρωπαϊκής εταιρίας Pilkington με $U_g = 0,7$ W/m^2K . Το σφράγισμα γίνεται με Butil και θειόκολλα (ψυχρή κόλλα) και τα πηγάκια που θα χρησιμοποιηθούν εσωτερικά περιέχουν πυριτικά άλατα 3* Armstrong. Βάση όλων των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών και του εμβαδού του κουφώματος πάνω στο παράθυρο παρουσιάζονται τα εξής γνωρίσματα στον πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Ιδιότητες παράθυρου PVC

Συντελεστής ηλιακού κέρδους (SHGC)	0,55
Οπτική διαπερατότητα (VLT)	0,60
Συντελεστής θερμοπερατότητας (U value)	0,954

Συντελεστής ηλιακού κέρδους (SHGC)

Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους (SHGC) ορίζεται ως ο δείκτης της ικανότητας του γυαλιού να αποκόπτει τα θερμικά κέρδη από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0 και το 1. Όσο χαμηλότερη είναι λοιπόν η τιμή του συντελεστή ηλιακού κέρδους, τόσο πιο ικανοποιητικά μονωμένο είναι το τζάμι, έναντι στη θερμική ακτινοβολία.

Οπτική διαπερατότητα (VLT)

Αποτελεί τον δείκτη που μας υποδηλώνει το ποσοστό του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που διαπερνά μια επιφάνεια. Το ορατό φάσμα εκπέμπεται σε μήκη κύματος από 380nm – 780nm. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του δείκτη αυτού, τόσο περισσότερο ηλιακό φως, διαπερνά την επιφάνεια του τζαμιού.

Συντελεστής θερμοπερατότητας (U value)

Συνοψίζω την ποσότητα θερμότητας που διέρχεται μέσα σε μια ώρα, από μια επιφάνεια εμβαδού $1m^2$, υπό σταθερή θερμική κατάσταση, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα ή του υγρού που εφάπτεται εκατέρωθεν της επιφάνειας είναι $1^\circ C$. Μονάδα μέτρησης είναι το W/m^2K . Πρακτικά, όσο πιο μικρές είναι οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου αυτού. [16]

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.9: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,1	22506,7	-16,78%
Φεβρουάριος	24346,3	20799,7	-14,57%
Μάρτιος	23895,3	19818,2	-17,06%
Απρίλιος	18159,2	15136,8	-16,64%
Μάιος	13859,3	12963,5	-6,46%
Ιούνιος	19427,2	17316,8	-10,86%
Ιούλιος	28089,2	24795,5	-11,73%
Αύγουστος	28150,9	24935,4	-11,42%
Σεπτέμβριος	20845,7	18748	-10,06%
Οκτώβριος	15933	14739,1	-7,49%
Νοέμβριος	18481,3	15506,9	-16,09%
Δεκέμβριος	26972,6	22774,4	-15,56%
Συνολική κατανάλωση	265204	230041	-13,26%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	48511,62	-33,58%
Ψύξη	60643,08	49342,15	-18,64%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24370,39	2,80%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	230040,6	-13,26%

5.4.3. Led στον εξωτερικό φωτισμό

Κατά την ενεργειακή μελέτη του Δημαρχείου της Ελευσίνας παρατηρήθηκαν υψηλές καταναλώσεις ρεύματος για τον φωτισμό του κτιρίου και του περιμετρικού χώρου του. Αυτό οδήγησε στην αναγκαιότητα υλοποίησης ενός σεναρίου εξοικονόμησης που γίνεται χρήση της τεχνολογίας LED αντί για τα φώτα πυρακτώσεως που υπάρχουν αυτή την στιγμή στο κτίριο. Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει ικανοποιητική σχέση εξοικονόμησης ενέργειας με το κόστος που χρειάζεται για την μετατροπή αυτή, διαπίστωση που θα αποδειχθεί και στο παρακάτω κεφάλαιο που θα εξεταστούν όλα τα σενάρια από οικονομικής άποψης.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Κρίνεται αναγκαίο να γίνει υπενθύμιση σε αυτό το σημείο πως τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	21766,81	-19,51%
Φεβρουάριος	24346,29	19756,25	-18,85%
Μάρτιος	23895,34	19204,42	-19,63%
Απρίλιος	18159,17	14187,02	-21,87%
Μάιος	13859,29	10145,65	-26,80%
Ιούνιος	19427,17	15833,32	-18,50%
Ιούλιος	28089,19	24375,54	-13,22%
Αύγουστος	28150,90	24241,80	-13,89%
Σεπτέμβριος	20845,72	16495,27	-20,87%
Οκτώβριος	15932,97	10851,14	-31,90%
Νοέμβριος	18481,27	13185,07	-28,66%
Δεκέμβριος	26972,62	21304,42	-21,01%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	211346,71	-20,31%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	73037,14	0,00%
Ψύξη	60643,08	60643,08	0,00%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23707,38	0,00%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	211346,72	-20,31%

Παρατηρείται μια πολύ μεγάλη μείωση την καταναλισκόμενη ενέργειας για τον εξωτερικό φωτισμό σε ποσοστό περίπου 84%, αναμενόμενη μεταβολή βάση και των δυνατοτήτων που πηγάζουν από την τεχνολογία LED.

5.4.4. Χρήση SIGA TAPE

Με την εφαρμογή της συγκεκριμένης ταινίας πραγματοποιείται μείωση των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα μέσα στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Η βελτίωση δεν προσεγγίζει τα επίπεδα της εξοικονόμησης που προκύπτουν από ενδεχόμενη αντικατάσταση παραθύρων γιατί διορθώνει μόνο τις περιμετρικές απώλειες στα κουφώματα. Η αεροστεγανότητα θα περιοριστεί από τις 5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα στις 4,2. Σαν διαφορά μοιάζει μικρή αλλά μειώνει τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου για ψύξη και θέρμανση με ταυτόχρονα αρκετά μικρό κόστος για την τοποθέτηση της SIGA TAPE.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	25915,56	-4,17%
Φεβρουάριος	24346,29	23506,12	-3,45%
Μάρτιος	23895,34	22801,39	-4,58%
Απρίλιος	18159,17	17280,64	-4,84%
Μάιος	13859,29	13720,60	-1,00%
Ιούνιος	19427,17	19158,96	-1,38%
Ιούλιος	28089,19	27627,45	-1,64%
Αύγουστος	28150,90	27706,96	-1,58%
Σεπτέμβριος	20845,72	20632,16	-1,02%
Οκτώβριος	15932,97	15658,57	-1,72%
Νοέμβριος	18481,27	17602,59	-4,75%
Δεκέμβριος	26972,62	25951,69	-3,79%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	257562,69	-2,88%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.14.

Πίνακας 5.14: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	66307,75	-9,21%
Ψύξη	60643,08	59423,63	-2,01%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24014,86	1,30%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	257562,67	-2,88%

5.4.5. Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC

Στο σενάριο που ακολουθεί θα εξεταστεί ο συνδυασμός καινούργιων παραθύρων με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Ακολουθείται η παραπάνω στρατηγική καθώς αν πραγματοποιηθεί διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας προτού εφαρμοστούν οι βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανήματα θα είναι υπερδιαστασιολογημένα με ότι συνέπειες θα έχει αυτό στους βαθμούς απόδοσης τους και κατά συνέπεια στην κατανάλωση ρεύματος. Επομένως πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση των καινούργιων παραθύρων PVC και στη συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 2, όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 2,5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T45 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.15.

Πίνακας 5.15: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας

	MPE-H T45
Ψυκτική ικανότητα	43,66 kW
EER	2,67
Θερμική ικανότητα	52,72 kW
COP	3,24

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.16.

Πίνακας 5.16: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,1	17292,82	-36,06%
Φεβρουάριος	24346,29	15633,64	-35,79%
Μάρτιος	23895,34	15365,42	-35,70%
Απρίλιος	18159,17	12800,11	-29,51%
Μάιος	13859,29	11846,89	-14,52%
Ιούνιος	19427,17	13834,59	-28,79%
Ιούλιος	28089,19	18285,3	-34,90%
Αύγουστος	28150,9	18331,84	-34,88%
Σεπτέμβριος	20845,72	15152,34	-27,31%
Οκτώβριος	15932,97	13558,92	-14,90%
Νοέμβριος	18481,27	13657,74	-26,10%
Δεκέμβριος	26972,62	17538,88	-34,98%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	183298,49	-30,88%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.17.

Πίνακας 5.17: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	23898,17	-67,28%
Ψύξη	60643,08	27296,9	-54,99%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24286,99	2,44%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	183298,5	-30,88%

5.4.6. Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Το παρόν σενάριο είναι το ίδιο με το σενάριο 1 με την προσθήκη της τεχνολογίας LED στα φώτα που χρησιμοποιούνται για τον εξωτερικό φωτισμό. Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Επομένως επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T69 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.5 της σελίδας 96.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.18.

Πίνακας 5.18: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,1	14008,63	-48,20%
Φεβρουάριος	24346,29	12554,31	-48,43%
Μάρτιος	23895,34	12483,91	-47,76%
Απρίλιος	18159,17	10214,34	-43,75%
Μάιος	13859,29	8474,47	-38,85%
Ιούνιος	19427,17	10936,16	-43,71%
Ιούλιος	28089,19	15516,09	-44,76%
Αύγουστος	28150,9	15309,51	-45,62%
Σεπτέμβριος	20845,72	11484,30	-44,91%
Οκτώβριος	15932,97	8959,04	-43,77%
Νοέμβριος	18481,27	9751,28	-47,24%
Δεκέμβριος	26972,62	13696,70	-49,22%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	143388,74	-45,93%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.19.

Πίνακας 5.19: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	35130,39	-51,90%
Ψύξη	60643,08	30703	-49,37%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,1	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,5	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23596,22	-0,47%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	143388,73	-45,93%

5.4.7. Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE

Στο παρόν σενάριο θα εξεταστεί ο συνδυασμός της χρήσης SIGA TAPE με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Ακολουθείται η παραπάνω στρατηγική καθώς αν πραγματοποιηθεί διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας προτού εφαρμοστούν οι βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανήματα θα είναι υπερδιαστασιολογημένα με ότι συνέπειες θα έχει αυτό στους βαθμούς απόδοσης τους και κατά συνέπεια στην κατανάλωση ρεύματος. Επομένως πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση της SIGA TAPE και στην συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 4 όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 4,2 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T69 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.5 της σελίδας 96.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.20.

Πίνακας 5.20: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	18788,38	-30,53%
Φεβρουάριος	24346,29	16782,36	-31,07%
Μάρτιος	23895,34	16689,65	-30,16%
Απρίλιος	18159,17	13779,16	-24,12%
Μάϊος	13859,29	12125,64	-12,51%
Ιούνιος	19427,17	14407,96	-25,84%
Ιούλιος	28089,19	19021,02	-32,28%
Αύγουστος	28150,90	19017,03	-32,45%
Σεπτέμβριος	20845,72	15736,70	-24,51%
Οκτώβριος	15932,97	13908,71	-12,70%
Νοέμβριος	18481,27	14635,07	-20,81%
Δεκέμβριος	26972,62	18920,54	-29,85%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	193812,22	-26,92%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.21.

Πίνακας 5.21: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	31961,29	-56,24%
Ψύξη	60643,08	30123,49	-50,33%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23910,99	0,86%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	193812,20	-26,92%

5.4.8. Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο σενάριο αυτό εξετάζονται δυο τροποποιήσεις που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους επομένως δεν υπάρχει κάποια προϋπόθεση για το ποια αλλαγή θα πραγματοποιηθεί πρώτα. Εν ολίγοις είναι σαν να τρέχουν το σενάριο 2 και το σενάριο 3 ταυτόχρονα το καθένα με τα χαρακτηριστικά που περιεγράφηκαν. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν κατά 50% από τις 5 στις 2,5 γιατί τα παλαιά παράθυρα θεωρούνται ο βασικός λόγος για τις εναλλαγές αέρα στο κτίριο.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά του πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.22: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	17229,19	-36,29%
Φεβρουάριος	24346,29	16209,69	-33,42%
Μάρτιος	23895,34	15127,23	-36,69%
Απρίλιος	18159,17	11164,69	-38,52%
Μάιος	13859,29	9249,83	-33,26%
Ιούνιος	19427,17	13722,92	-29,36%
Ιούλιος	28089,19	21081,81	-24,95%
Αύγουστος	28150,90	21026,25	-25,31%
Σεπτέμβριος	20845,72	14397,57	-30,93%
Οκτώβριος	15932,97	9657,27	-39,39%
Νοέμβριος	18481,27	10210,65	-44,75%
Δεκέμβριος	26972,62	17106,19	-36,58%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	176183,29	-33,57%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	48511,62	-33,58%
Ψύξη	60643,08	49342,15	-18,64%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24370,39	2,80%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	176183,28	-33,57%

5.4.9. Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν κεφάλαιο είναι το βέλτιστο σενάριο από πλευράς αεροστεγανότητας στο Δημαρχείο της Ελευσίνας στα σενάρια που δεν προβλέπουν εξωτερική μόνωση του κελύφους του κτιρίου. Αυτό πηγάζει από την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω μεταφορά θερμότητας διαμέσου των χαραμάδων των νέων κουφωμάτων αλλά και λόγω της τοποθέτησης της SIGA TAPE περιμετρικά του παραθύρου PVC. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 2.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά του πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	21023,92	-22,26%
Φεβρουάριος	24346,29	19537,09	-19,75%
Μάρτιος	23895,34	18544,27	-22,39%
Απρίλιος	18159,17	14312,79	-21,18%
Μάϊος	13859,29	12981,67	-6,33%
Ιούνιος	19427,17	16880,91	-13,11%
Ιούλιος	28089,19	23934,56	-14,79%
Αύγουστος	28150,90	24080,35	-14,46%
Σεπτέμβριος	20845,72	18344,27	-12,00%
Οκτώβριος	15932,97	14723,19	-7,59%
Νοέμβριος	18481,27	14736,10	-20,26%
Δεκέμβριος	26972,62	21378,60	-20,74%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	220477,72	-16,86%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.25.

Πίνακας 5.25: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	41446,80	-43,25%
Ψύξη	60643,08	47539,48	-21,61%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23675,00	-0,14%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	220477,71	-16,86%

5.4.10. LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση SIGA TAPE

Στο σενάριο αυτό εξετάζονται δυο τροποποιήσεις που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους επομένως δεν υπάρχει κάποια προϋπόθεση για το ποια αλλαγή θα πραγματοποιηθεί πρώτα. Εν ολίγοις είναι σαν να τρέχουν το σενάριο 3 και το σενάριο 4 ταυτόχρονα το καθένα με τα χαρακτηριστικά που επιγραφθήκαν. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 4,2.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.26.

Πίνακας 5.26: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	20638,28	-23,69%
Φεβρουάριος	24346,29	18916,08	-22,30%
Μάρτιος	23895,34	18110,47	-24,21%
Απρίλιος	18159,17	13308,49	-26,71%
Μάιος	13859,29	10006,96	-27,80%
Ιούνιος	19427,17	15565,10	-19,88%
Ιούλιος	28089,19	23913,80	-14,86%
Αύγουστος	28150,90	23797,87	-15,46%
Σεπτέμβριος	20845,72	16281,71	-21,89%
Οκτώβριος	15932,97	10576,74	-33,62%
Νοέμβριος	18481,27	12306,36	-33,41%
Δεκέμβριος	26972,62	20283,50	-24,80%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	203705,36	-23,19%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.27.

Πίνακας 5.27: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	66307,75	-9,21%
Ψύξη	60643,08	59423,63	-2,01%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24014,86	1,30%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	203705,36	-23,19%

5.4.11. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί ο συνδυασμός καινούργιων παραθύρων με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Ακολουθείται η παραπάνω στρατηγική καθώς αν πραγματοποιηθεί διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας προτού εφαρμοστούν οι βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανήματα θα είναι υπερδιαστασιολογημένα με ότι συνέπειες θα έχει αυτό στους βαθμούς απόδοσης τους και κατά συνέπεια στην κατανάλωση ρεύματος. Επομένως πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση των καινούργιων παραθύρων PVC και στην συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 2 όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 2,5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Επομένως επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T45 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.15 (σελίδα 105).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.28.

Πίνακας 5.28: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	12015,54	-55,57%
Φεβρουάριος	24346,29	11043,60	-54,64%
Μάρτιος	23895,34	10674,50	-55,33%
Απρίλιος	18159,17	8827,96	-51,39%
Μάϊος	13859,29	8133,24	-41,32%
Ιούνιος	19427,17	10240,74	-47,29%
Ιούλιος	28089,19	14571,66	-48,12%
Αύγουστος	28150,90	14422,74	-48,77%
Σεπτέμβριος	20845,72	10801,89	-48,18%
Οκτώβριος	15932,97	8477,09	-46,80%
Νοέμβριος	18481,27	8361,54	-54,76%
Δεκέμβριος	26972,62	11870,68	-55,99%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	129441,18	-51,19%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.29.

Πίνακας 5.29: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	23898,17	-67,28%
Ψύξη	60643,08	27296,90	-54,99%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24286,99	2,44%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	129441,18	-51,19%

5.4.12. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν κεφάλαιο είναι το βέλτιστο σενάριο από πλευράς αεροστεγανότητας στο Δημαρχείο της Ελευσίνας και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το σενάριο 9. Αυτό πηγάζει από την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω μεταφορά θερμότητας διαμέσου των χαραμιάδων των νέων κουφωμάτων αλλά και λόγω της τοποθέτησης της SIGA TAPE περιμετρικά του παραθύρου PVC. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 2.

Η διαφοροποίηση του από το σενάριο 9 έγκειται στην ύπαρξη νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας πράγμα που χαρακτηρίζει το σενάριο αυτό και βέλτιστο από πλευράς καταναλώσεων ρεύματος για ψύξη και θέρμανση. Για να μην τοποθετηθούν υπερδιαστασιολογημένες αντλίες θερμότητας πρώτα ελέγχονται οι ανάγκες κάθε ορόφου για ψύξη και θέρμανση από το σενάριο 9 και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο αντλίας θερμότητας.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T45 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.15 (σελίδα 105).

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά του πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.30.

Πίνακας 5.30: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	16545,40	-38,82%
Φεβρουάριος	24346,29	15003,83	-38,37%
Μάρτιος	23895,34	14719,32	-38,40%
Απρίλιος	18159,17	12383,89	-31,80%
Μάιος	13859,29	11854,10	-14,47%
Ιούνιος	19427,17	13556,88	-30,22%
Ιούλιος	28089,19	17778,37	-36,71%
Αύγουστος	28150,90	17836,48	-36,64%
Σεπτέμβριος	20845,72	14883,57	-28,60%
Οκτώβριος	15932,97	13544,89	-14,99%
Νοέμβριος	18481,27	13262,23	-28,24%
Δεκέμβριος	26972,62	16842,40	-37,56%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	178211,36	-32,80%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.31.

Πίνακας 5.31: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	20460,99	-71,99%
Ψύξη	60643,08	26327,19	-56,59%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23606,75	-0,42%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	178211,36	-32,80%

5.4.13. Νέες αντλίες θερμότητας, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Παρόμοιο με το σενάριο 7 με την μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιείται η τεχνολογία LED για τον εξωτερικό φωτισμό. Τα χαρακτηριστικά παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 7 όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 4,2 εναλλαγές αέρα ανά ώρα. Για να μην τοποθετηθούν υπερδιαστασιολογημένες αντλίες θερμότητας πρώτα ελέγχονται οι ανάγκες κάθε ορόφου για ψύξη και θέρμανση από το σενάριο 7 και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο αντλίας θερμότητας. Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T69 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5 (σελίδα 96).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.32.

Πίνακας 5.32: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	13511,09	-50,04%
Φεβρουάριος	24346,29	12192,32	-49,92%
Μάρτιος	23895,34	11998,73	-49,79%
Απρίλιος	18159,17	9807,01	-45,99%
Μάιος	13859,29	8411,99	-39,30%
Ιούνιος	19427,17	10814,11	-44,34%
Ιούλιος	28089,19	15307,37	-45,50%
Αύγουστος	28150,90	15107,93	-46,33%
Σεπτέμβριος	20845,72	11386,25	-45,38%
Οκτώβριος	15932,97	8826,88	-44,60%
Νοέμβριος	18481,27	9338,87	-49,47%
Δεκέμβριος	26972,62	13252,34	-50,87%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	139954,89	-47,23%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 33.

Πίνακας 5.33: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	31961,29	-56,24%
Ψύξη	60643,08	30123,49	-50,33%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23910,99	0,86%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	139954,89	-47,23%

5.4.14. Νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Με τον συνδυασμό των καινούργιων παραθύρων και της SIGA TAPE παρατηρείται το βέλτιστο αποτέλεσμα όσον αναφορά την αεροστεγανότητα του κτιρίου για τα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εξωτερική μόνωση στο κέλυφος του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Στο σενάριο αυτό μειώνεται περαιτέρω η κατανάλωση ρεύματος έχοντας χρησιμοποιήσει την τεχνολογία LED στον εξωτερικό φωτισμό. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 2.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά του πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.34.

Πίνακας 5.34: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	15746,63	-41,77%
Φεβρουάριος	24346,29	14947,05	-38,61%
Μάρτιος	23895,34	13853,35	-42,02%
Απρίλιος	18159,17	10340,64	-43,06%
Μάιος	13859,29	9268,02	-33,13%
Ιούνιος	19427,17	13287,06	-31,61%
Ιούλιος	28089,19	20220,92	-28,01%
Αύγουστος	28150,90	20171,25	-28,35%
Σεπτέμβριος	20845,72	13993,82	-32,87%
Οκτώβριος	15932,97	9641,36	-39,49%
Νοέμβριος	18481,27	9439,90	-48,92%
Δεκέμβριος	26972,62	15710,40	-41,75%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	166620,40	-37,17%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.35.

Πίνακας 5.35: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	41446,80	-43,25%
Ψύξη	60643,08	47539,48	-21,61%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23675,00	-0,14%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	166620,40	-37,17%

5.4.15. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Αποτελεί το βέλτιστο σενάρια από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας αφού συνδυάζονται όλες οι βελτιώσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Προς αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης των αντλιών θερμότητας πρώτα εφαρμόζονται οι άλλες τρεις βελτιώσεις και στην συνέχεια επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο για τις αντλίες θερμότητας.

Με τον συνδυασμό των καινούργιων παραθύρων και της SIGA TAPE παρατηρείται το βέλτιστο αποτέλεσμα όσον αναφορά την αεροστεγανότητα του κτιρίου για τα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εξωτερική μόνωση στο κέλυφος του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 2.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά του πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T45 T45 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.15 (σελίδα 105).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.36.

Πίνακας 5.36: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	11268,12	-58,33%
Φεβρουάριος	24346,29	10413,79	-57,23%
Μάρτιος	23895,34	10028,40	-58,03%
Απρίλιος	18159,17	8411,74	-53,68%
Μάιος	13859,29	8140,46	-41,26%
Ιούνιος	19427,17	9963,03	-48,72%
Ιούλιος	28089,19	14064,72	-49,93%
Αύγουστος	28150,90	13927,38	-50,53%
Σεπτέμβριος	20845,72	10533,12	-49,47%
Οκτώβριος	15932,97	8463,06	-46,88%
Νοέμβριος	18481,27	7966,03	-56,90%
Δεκέμβριος	26972,62	11174,20	-58,57%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	124354,05	-53,11%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.37.

Πίνακας 5.37: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	20460,99	-71,99%
Ψύξη	60643,08	26327,19	-56,59%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	18288,06	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23606,75	-0,42%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	124354,05	-53,11%

5.4.16. LED στον εσωτερικό φωτισμό

Στα παραπάνω σενάρια εμφανίστηκαν υψηλές καταναλώσεις ρεύματος για τον εσωτερικό φωτισμό του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Στο κτίριο υπάρχουν 107 φωτιστικά στοιχεία που περιέχουν 4 λάμπες φθορίου με ισχύ 18W η κάθε μία. Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 7704 W ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED ισούται με 4494 W.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.38.

Πίνακας 5.38: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,1	26409,09	-2,35%
Φεβρουάριος	24346,29	23711,28	-2,61%
Μάρτιος	23895,34	23260,33	-2,66%
Απρίλιος	18159,17	17524,16	-3,50%
Μάιος	13859,29	13224,28	-4,58%
Ιούνιος	19427,17	18792,16	-3,27%
Ιούλιος	28089,19	27454,18	-2,26%
Αύγουστος	28150,9	27515,89	-2,26%
Σεπτέμβριος	20845,72	20210,71	-3,05%
Οκτώβριος	15932,97	15297,96	-3,99%
Νοέμβριος	18481,27	17846,26	-3,44%
Δεκέμβριος	26972,62	26337,61	-2,35%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	257583,97	-2,87%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.39.

Πίνακας 5.39: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	73037,14	0,00%
Ψύξη	60643,08	60643,08	0,00%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	10668,04	-41,67%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23707,38	0,00%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	257584,01	-2,87%

5.4.17. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE, LED στον εξωτερικό φωτισμό και LED στον εσωτερικό φωτισμό

Το παρόν σενάριο αποτελεί το βέλτιστο από πλευράς καταναλώσεων γιατί συνδυάζει όλα τα σενάρια εξοικονόμησης που έχουν εξεταστεί για το Δημαρχείο της Ελευσίνας στα σενάρια που δεν περιλαμβάνουν την εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Ακολουθείται η παραπάνω στρατηγική καθώς αν πραγματοποιηθεί διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας προτού εφαρμοστούν οι βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανήματα θα είναι υπερδιαστασιολογημένα με ότι συνέπειες θα έχει αυτό στους βαθμούς απόδοσης τους και κατά συνέπεια στην κατανάλωση ρεύματος.

Με τον συνδυασμό των καινούργιων παραθύρων και της SIGA TAPE παρατηρείται το βέλτιστο αποτέλεσμα όσον αφορά την αεροστεγανότητα του κτιρίου για τα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εξωτερική μόνωση στο κέλυφος του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 5 στις 2.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T45 T45 με τα βασικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται στον πίνακα 5.15 (σελίδα 105).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 7704 W ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED ισούται με 4494 W.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.40.

Πίνακας 5.40: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	10633,11	-60,68%
Φεβρουάριος	24346,29	9778,78	-59,83%
Μάρτιος	23895,34	9393,39	-60,69%
Απρίλιος	18159,17	7776,73	-57,17%
Μάϊος	13859,29	7505,45	-45,85%
Ιούνιος	19427,17	9328,02	-51,98%
Ιούλιος	28089,19	13429,71	-52,19%
Αύγουστος	28150,90	13292,37	-52,78%
Σεπτέμβριος	20845,72	9898,11	-52,52%
Οκτώβριος	15932,97	7828,05	-50,87%
Νοέμβριος	18481,27	7331,02	-60,33%
Δεκέμβριος	26972,62	10539,19	-60,93%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	116733,99	-55,98%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.41.

Πίνακας 5.41: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

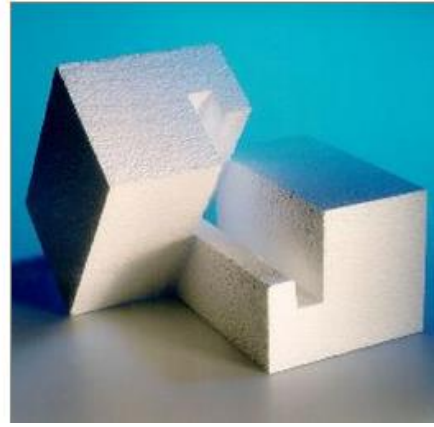
	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	20460,99	-71,99%
Ψύξη	60643,08	26327,19	-56,59%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	10668,04	-41,67%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	25292,53	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	23606,75	-0,42%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	116734,03	-55,98%

5.5. Τοποθέτηση μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία

Στο παρόν κεφάλαιο θα προσομοιωθούν τα 15 σενάρια του κεφαλαίου 5.4 με την διαφορά ότι το κτίριο θα έχει μονωθεί εξωτερικά με την χρήση θερμομονωτικών πλακών γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης. Με την εφαρμογή αυτή θα υπάρξει μείωση των ενεργειακών αναγκών του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Επίσης θα παρουσιαστεί και το σενάριο με την χρήση μόνο εξωτερικής μόνωσης.

Διογκωμένη πολυστερίνη

Διογκωμένη πολυστερίνη (εικόνα 5.4) ή εν συντομία EPS (Expanded Polystyrene), είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου και αποτελείται κατά 98% από αέρα. Το συγκεκριμένο υλικό όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Η διαστολή επιτυγχάνεται λόγω των μικρών ποσοτήτων πεντανίου αερίου που απελευθερώνονται μέσα στο πολυστυρόλιο κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Δεν περιέχει αέρια του θερμοκηπίου, όπως τα αντίστοιχα αφρώδη υλικά της αγοράς.



Εικόνα 5.4: Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης

Τα πλεονεκτήματα που απολαμβάνει ο χρήστης από την εφαρμογή της διογκωμένης πολυστερίνης είναι πολυάριθμα. Τα κυριότερα παρατίθενται στη συνέχεια:

- Άριστη θερμομόνωση: αποτελείται κατά 98% από αέρα (80%N₂, 20%O₂), εγκλωβισμένο σε κλειστές ερμητικές κυψέλες, γεγονός που το καθιστά άριστο θερμομονωτικό υλικό.
- Αποδεδειγμένη ακουστική μόνωση: απορροφά τον ήχο, τόσο τον ήχο προσκρούσεως στα πλωτά δάπεδα όσο και τον ήχο των τοίχων που μεταφέρεται δι' αέρος. Η ιδιότητα αυτή αυξάνεται σημαντικά έπειτα από ειδική κατεργασία.
- Ανθεκτικό στην υγρασία: αντιστέκεται στην φθορά που μπορεί να προκαλέσει το νερό ακόμη και αν βρίσκεται βυθισμένο σε αυτό για πάνω από 50 χρόνια, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο για πλωτές κατασκευές.
- Διάρκεια εφ' όρου ζωής: δεν γερνάει, δεν αποσυντίθεται, δεν αποδομείται, κατά συνέπεια μπορεί να χρησιμοποιείται για πάντα.
- Ευέλικτες μηχανικές ιδιότητες: η ευέλικτη διαδικασία παραγωγής του καθιστά τις μηχανικές ιδιότητες του EPS εύκολα προσαρμόσιμες σε οποιαδήποτε ιδιάζουσα ή πολύπλοκη εφαρμογή.
- Πολλαπλή χρησιμότητα: μπορεί να κατασκευαστεί σε οποιοδήποτε σχήμα ή μέγεθος και συνδυάζεται κατασκευαστικά με μια ευρεία ποικιλία υλικών.
- Οικονομικά συμφέρον: προσφέρει την καλύτερη αναλογία τιμής/ απόδοσης συγκρινόμενο με οποιοδήποτε άλλο θερμομονωτικό υλικό.

- Επιβράδυνση σε περίπτωση πυρκαγιάς: υπάρχουν δύο ειδών: το «κλασικό» και το «αυτοσβενύμενο», το οποίο και περιέχει επιβραδυντικά στοιχεία σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Ανακυκλούμενο: ανακυκλώνεται με διάφορους τρόπους και συνεπώς δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.
- Φιλικό προς το περιβάλλον: έχει τον αποδοτικότερο κύκλο ζωής από όλα τα θερμομονωτικά υλικά και χρησιμοποιεί την λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή και την ανακύκλωσή του. [17]

5.5.1. Εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους χωρίς περαιτέρω παρέμβαση στο κέλυφος

Στο τρέχον σενάριο γίνεται χρήση μόνο της εξωτερικής μόνωσης αφήνοντας τα άλλα χαρακτηριστικά του κτιρίου αναλλοίωτα. Το σενάριο αυτό αποτελεί την βάση για τα επόμενα σενάρια γιατί η εφαρμογή της εξωτερικής μόνωσης θεωρείται δεδομένη στα υπόλοιπα 15 σενάρια. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν λόγω της εξωτερικής μόνωσης από τις 5 στις 4,4.

Το σύστημα που χρησιμοποιείται για την μόνωση παρουσιάζεται ως εξής:

- Στεγάνωση λεπτομερειών με ελαστομερές στεγανωτικό, υαλόπλεγμα και πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης υψηλής πυκνότητας.
- Συγκολλητικό υλικό.
- Θερμομονωτικές πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης κατάλληλης ωρίμανσης, περιορισμένης αναφλεξιμότητας πάχους 10cm και με συντελεστή $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελική επικάλυψη αντιρρηγματικού οργανικής βάσης, έτοιμου προς χρήση σοβά, ιδιαίτερα ελαστικός.

Μοντελοποίηση στο DesignBuilder

Ακολουθεί ο πίνακας 5.41 με τις ιδιότητες του σχετικά με την μεταφορά θερμότητας των υλικών αυτών και ύστερα η μοντελοποίησή τους στο λογισμικό DesignBuilder στην εικόνα 5.5.

Μορφή 1

Πίνακας 5.41: Επιλογή υλικών στο DesignBuilder

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	C_p (J/kgK)	Πάχος (mm)
επίχρισμα	1800	0,87	1000	20
τούβλο	1900	0,78	1000	80
Υαλοβάμβακας	50	0,041	840	20
τούβλο	1900	0,78	1000	80
EPS	15	0,032	1400	100
επίχρισμα	1800	0,87	1000	20

The screenshot shows a wall construction model on the left and its thermal properties on the right. The wall consists of several layers: 20,00mm plaster, 80,00mm brick, 20,00mm fiberglass, 80,00mm brick, and 100,00mm EPS. The thermal properties are listed in a table on the right.

Property	Value
inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² K)	5,540
Surface resistance (m ² K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² K)	5,130
Surface resistance (m ² K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² K)	0,280
R-Value (m ² K/W)	3,746
U-Value (W/m ² K)	0,267

Εικόνα 5.5: Μοντελοποίηση στο DesignBuilder

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.42.

Πίνακας 5.42: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	24668,14	-8,79%
Φεβρουάριος	24346,29	22512,29	-7,53%
Μάρτιος	23895,34	21662,89	-9,34%
Απρίλιος	18159,17	16607,47	-8,54%
Μάιος	13859,29	13751,53	-0,78%
Ιούνιος	19427,17	18971,27	-2,35%
Ιούλιος	28089,19	27189,73	-3,20%
Αύγουστος	28150,90	27348,73	-2,85%
Σεπτέμβριος	20845,72	20537,91	-1,48%
Οκτώβριος	15932,97	15757,32	-1,10%
Νοέμβριος	18481,27	16804,26	-9,07%
Δεκέμβριος	26972,62	24850,90	-7,87%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	250662,44	-5,48%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.43.

Πίνακας 5.43: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	60312,87	-17,42%
Ψύξη	60643,08	59145,34	-2,47%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24191,37	2,04%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	250662,44	-5,48%

Παρατηρείται μια αναμενόμενη μείωση στην κατανάλωση ρεύματος που αφορά την θέρμανση αλλά αυτή η μείωση δεν ακολουθεί και την αντίστοιχη κατανάλωση για ψύξη. Εξαρχής αυτή η διαφοροποίηση φαίνεται μη φυσιολογική αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι η νότια πλευρά, η οποία δέχεται όλη την ηλιακή ακτινοβολία, αποτελείται κατά 68% από παράθυρα τότε η διαφορά αυτή παρουσιάζεται λογική.

5.5.2. Νέες αντλίες θερμότητας

Όπως προγράφηκε στο κεφάλαιο 1 οι εγκατεστημένες αντλίες θερμότητας υπολείπονται σε χαρακτηριστικά εξαιτίας τόσο της παλαιάς τεχνολογίας που διαθέτουν, πράγμα λογικό μιας και είναι κατασκευές του 1998, όσο και της κακής συντήρησης που έχει πραγματοποιηθεί τόσα χρόνια. Συνεπώς κρίνεται αναγκαίο να εξεταστεί από πλευράς καταναλώσεων η τοποθέτηση καινούργιων αντλιών θερμότητας. Η αντικατάστασή τους θα οδηγήσει σε μικρότερες καταναλώσεις ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου χωρίς αυτό να σημαίνει ότι συμφέρει από οικονομικής άποψης. Η διαφορά από το κεφάλαιο 5.4 είναι η ύπαρξη εξωτερικής μόνωσης στους τοίχους. Επομένως, πρώτα προσομοιώνεται το κτίριο με την εξωτερική μόνωση και ύστερα επιλέγεται η αντλία θερμότητας με σκοπό να αποφευχθεί η επιλογή υπερδιαστασιολογημένης αντλίας θερμότητας.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T54 με τα βασικά χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.44.

Πίνακας 5.44: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας

Μοντέλο	MPE-H T54
Ψυκτική ικανότητα	53,5 kW
EER	2,91
Θερμική ικανότητα	59,90 kW
COP	3,24

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.45.

Πίνακας 5.45: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	18273,20	-32,43%
Φεβρουάριος	24346,29	16393,86	-32,66%
Μάρτιος	23895,34	16214,35	-32,14%
Απρίλιος	18159,17	13470,37	-25,82%
Μάιος	13859,29	12111,27	-12,61%
Ιούνιος	19427,17	14269,47	-26,55%
Ιούλιος	28089,19	18751,94	-33,24%
Αύγουστος	28150,90	18786,79	-33,26%
Σεπτέμβριος	20845,72	15638,64	-24,98%
Οκτώβριος	15932,97	13931,73	-12,56%
Νοέμβριος	18481,27	14257,19	-22,86%
Δεκέμβριος	26972,62	18473,78	-31,51%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	190572,59	-28,14%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.46.

Πίνακας 5.46: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	29561,36	-59,53%
Ψύξη	60643,08	29901,24	-50,69%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24097,13	1,64%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	190572,59	-28,14%

5.5.3. Νέα παράθυρα PVC

Με την εγκατάσταση καινούργιων παραθύρων τροποποιείται η αεροστεγανότητα του Δημαρχείου Ελευσίνας, πέρα από τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων. Η μεταβολή αυτή συμβαίνει διότι δίνεται περισσότερη λεπτομέρεια στην επανατοποθέτησή τους και γιατί τα νέας τεχνολογίας παράθυρα έχουν σχεδόν εκμηδενίσει τις απώλειες λόγω μεταφοράς αέρα διαμέσου των χαραμάδων τους. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 2 γιατί τα παλαιά παράθυρα θεωρούνται ο βασικός λόγος για τις εναλλαγές αέρα στο κτίριο.

Το προφίλ θα είναι της Γερμανικής εταιρείας Schueco SI 82 με $U_f = 1,00$ W/m^2K . Οι υαλοπίνακες θα είναι ενεργειακοί τριπλοί της ευρωπαϊκής εταιρείας Pilkington με $U_g = 0,7$ W/m^2K . Το σφράγισμα γίνεται με Butil και θειόκολλα (ψυχρή κόλλα) και τα πηγάκια που θα χρησιμοποιηθούν εσωτερικά περιέχουν πυριτικά άλατα 3* Armstrong. Βάση όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών και του εμβαδού του κουφώματος πάνω στο παράθυρο παρουσιάζονται τα γνωρίσματα στον πίνακα 5.8 9 (σελίδα 96).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.47.

Πίνακας 5.47: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	18972,76	-29,85%
Φεβρουάριος	24346,29	17668,10	-27,43%
Μάρτιος	23895,34	16781,14	-29,77%
Απρίλιος	18159,17	13283,70	-26,85%
Μάιος	13859,29	12467,27	-10,04%
Ιούνιος	19427,17	15982,17	-17,73%
Ιούλιος	28089,19	22563,21	-19,67%
Αύγουστος	28150,90	22804,74	-18,99%
Σεπτέμβριος	20845,72	17539,78	-15,86%
Οκτώβριος	15932,97	14388,81	-9,69%
Νοέμβριος	18481,27	13691,06	-25,92%
Δεκέμβριος	26972,62	19392,97	-28,10%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	205535,71	-22,50%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.48.

Πίνακας 5.48: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	33640,24	-53,94%
Ψύξη	60643,08	44576,62	-26,49%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	20305,99	-14,35%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	205535,71	-22,50%

5.5.4. Led στον εξωτερικό φωτισμό

Κατά την ενεργειακή μελέτη του Δημαρχείου της Ελευσίνας παρατηρήθηκαν υψηλές καταναλώσεις ρεύματος για τον φωτισμό του κτιρίου και του περιμετρικού χώρου του. Η συγκεκριμένη διαπίστωση οδήγησε στην αναγκαιότητα υλοποίησης ενός σεναρίου εξοικονόμησης όπου γίνεται χρήση της τεχνολογίας LED αντί για τα φώτα πυρακτώσεως που υπάρχουν αυτή την στιγμή στο κτίριο. Η τεχνολογία αυτή έχει ικανοποιητική σχέση εξοικονόμησης ενέργειας με το κόστος που χρειάζεται για την μετατροπή, γεγονός που θα αποδειχθεί και στο παρακάτω κεφάλαιο που θα εξεταστούν όλα τα σενάρια από οικονομικής άποψης.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση, τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα. Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.49.

Πίνακας 5.49: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	19390,86	-28,30%
Φεβρουάριος	24346,29	17922,25	-26,39%
Μάρτιος	23895,34	16971,97	-28,97%
Απρίλιος	18159,17	12635,32	-30,42%
Μάιος	13859,29	10037,89	-27,57%
Ιούνιος	19427,17	15377,42	-20,85%
Ιούλιος	28089,19	23476,09	-16,42%
Αύγουστος	28150,90	23439,63	-16,74%
Σεπτέμβριος	20845,72	16187,46	-22,35%
Οκτώβριος	15932,97	10675,49	-33,00%
Νοέμβριος	18481,27	11508,06	-37,73%
Δεκέμβριος	26972,62	19182,68	-28,88%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	196805,12	-25,79%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.50.

Πίνακας 5.50: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	60312,86	-17,42%
Ψύξη	60643,08	59145,34	-2,47%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24191,37	2,04%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	196805,12	-25,79%

Παρατηρείται μια πολύ μεγάλη μείωση την καταναλισκόμενης ενέργειας για τον εξωτερικό φωτισμό σε ποσοστό περίπου 84%, αναμενόμενο αριθμητικό δεδομένο βάση και των δυνατοτήτων που πηγάζουν από την τεχνολογία LED.

5.5.5. Χρήση SIGA TAPE

Με την εφαρμογή της συγκεκριμένης ταινίας πραγματοποιείται μείωση των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα μέσα στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Η βελτίωση αυτή δεν φτάνει στα επίπεδα της αντικατάστασης παραθύρων γιατί διορθώνει μόνο τις περιμετρικές απώλειες στα κουφώματα. Η αεροστεγανότητα θα περιοριστεί από τις 4,4 εναλλαγές αέρα ανά ώρα στις 3,7. Σαν διαφορά μπορεί να μοιάζει μικρή αλλά μειώνει τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου για ψύξη και θέρμανση με ταυτόχρονα αρκετά μικρό κόστος για την τοποθέτηση της.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.51.

Πίνακας 5.51: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	23688,55	-12,41%
Φεβρουάριος	24346,29	21719,69	-10,79%
Μάρτιος	23895,34	20765,60	-13,10%
Απρίλιος	18159,17	15979,46	-12,00%
Μάιος	13859,29	13715,42	-1,04%
Ιούνιος	19427,17	18782,04	-3,32%
Ιούλιος	28089,19	26803,77	-4,58%
Αύγουστος	28150,90	26978,30	-4,17%
Σεπτέμβριος	20845,72	20397,10	-2,15%
Οκτώβριος	15932,97	15676,00	-1,61%
Νοέμβριος	18481,27	16196,44	-12,36%
Δεκέμβριος	26972,62	23952,58	-11,20%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	244654,95	-7,75%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.52.

Πίνακας 5.52: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	55007,47	-24,69%
Ψύξη	60643,08	58288,42	-3,88%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24346,20	2,69%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	244654,95	-7,75%

5.5.6. Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC

Στο ακόλουθο σενάριο θα εξεταστεί ο συνδυασμός καινούργιων παραθύρων με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Ακολουθείται η παραπάνω στρατηγική καθώς αν πραγματοποιηθεί διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας προτού εφαρμοστούν οι βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανήματα θα είναι υπερδιαστασιολογημένα με ότι συνέπειες θα έχει αυτό στους βαθμούς απόδοσης τους και κατά συνέπεια στην κατανάλωση ρεύματος. Επομένως, πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση των καινούργιων παραθύρων PVC και στην συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 18 (κεφάλαιο 5.5.3) όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 2 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Συνεπώς, επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 035 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.53.

Πίνακας 5.53: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας

Μοντέλο	MPE-H 035
Ψυκτική ικανότητα	34,3 kW
EER	2,98
Θερμική ικανότητα	39,28 kW
COP	3,39

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.54.

Πίνακας 5.54: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	15205,33	-43,78%
Φεβρουάριος	24346,29	13788,95	-43,36%
Μάρτιος	23895,34	13554,82	-43,27%
Απρίλιος	18159,17	11607,56	-36,08%
Μάιος	13859,29	11246,58	-18,85%
Ιούνιος	19427,17	12518,60	-35,56%
Ιούλιος	28089,19	16181,26	-42,39%
Αύγουστος	28150,90	16292,37	-42,12%
Σεπτέμβριος	20845,72	13865,69	-33,48%
Οκτώβριος	15932,97	13019,95	-18,28%
Νοέμβριος	18481,27	12514,64	-32,28%
Δεκέμβριος	26972,62	15543,81	-42,37%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	165339,56	-37,66%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.55.

Πίνακας 5.55: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	15904,26	-78,22%
Ψύξη	60643,08	22145,74	-63,48%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	20276,70	-14,47%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	165339,56	-37,66%

5.5.7. Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Το παρόν σενάριο είναι το ίδιο με το σενάριο 17 (κεφάλαιο 5.5.2) με την προσθήκη της τεχνολογίας LED στα φώτα που χρησιμοποιούνται για τον εξωτερικό φωτισμό. Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H T54 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.44 (σελίδα 132).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.56.

Πίνακας 5.56: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	12995,92	-51,95%
Φεβρουάριος	24346,29	11803,82	-51,52%
Μάρτιος	23895,34	11523,43	-51,78%
Απρίλιος	18159,17	9498,22	-47,69%
Μάιος	13859,29	8397,63	-39,41%
Ιούνιος	19427,17	10675,62	-45,05%
Ιούλιος	28089,19	15038,29	-46,46%
Αύγουστος	28150,90	14877,69	-47,15%
Σεπτέμβριος	20845,72	11288,19	-45,85%
Οκτώβριος	15932,97	8849,90	-44,46%
Νοέμβριος	18481,27	8960,99	-51,51%
Δεκέμβριος	26972,62	12805,58	-52,52%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	136715,28	-48,45%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.57.

Πίνακας 5.57: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	29561,36	-59,53%
Ψύξη	60643,08	29901,24	-50,69%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24097,13	1,64%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	136715,28	-48,45%

5.5.8. Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί ο συνδυασμός της χρήσης SIGA TAPE με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε σενάρια αυτού του τύπου αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Επομένως πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση της SIGA TAPE και στην συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά του κελύφους παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 20 (κεφάλαιο 5.5.5) όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 3,7 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Άρα επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 054 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.58.

Πίνακας 5.58: Χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας

Μοντέλο	MPE-H 054
Ψυκτική ικανότητα	52,00 kW
EER	2,92
Θερμική ικανότητα	60,80 kW
COP	3,32

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.59.

Πίνακας 5.59: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	17685,39	-34,61%
Φεβρουάριος	24346,29	15904,17	-34,68%
Μάρτιος	23895,34	15674,94	-34,40%
Απρίλιος	18159,17	13108,13	-27,82%
Μάιος	13859,29	12083,60	-12,81%
Ιούνιος	19427,17	14164,06	-27,09%
Ιούλιος	28089,19	18541,58	-33,99%
Αύγουστος	28150,90	18585,18	-33,98%
Σεπτέμβριος	20845,72	15555,56	-25,38%
Οκτώβριος	15932,97	13880,53	-12,88%
Νοέμβριος	18481,27	13910,96	-24,73%
Δεκέμβριος	26972,62	17926,16	-33,54%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	187020,26	-29,48%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.60.

Πίνακας 5.60: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	26362,43	-63,91%
Ψύξη	60643,08	29390,26	-51,54%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24254,73	2,31%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	187020,28	-29,48%

5.5.9. Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο σενάριο αυτό εξετάζονται δυο τροποποιήσεις που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους επομένως δεν υπάρχει κάποια προϋπόθεση για το ποια αλλαγή θα πραγματοποιηθεί πρώτα. Εν ολίγοις είναι σαν να τρέχουν το σενάριο 18 (κεφάλαιο 5.5.3) και το σενάριο 19 (κεφάλαιο 5.5.4) ταυτόχρονα το καθένα με τα χαρακτηριστικά που περιεγράφηκαν . Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 2 γιατί τα παλαιά παράθυρα θεωρούνται ο βασικός λόγος για τις εναλλαγές αέρα στο κτίριο.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.61.

Πίνακας 5.61: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	13695,47	-49,36%
Φεβρουάριος	24346,29	13078,06	-46,28%
Μάρτιος	23895,34	12090,22	-49,40%
Απρίλιος	18159,17	9311,55	-48,72%
Μάϊος	13859,29	8753,63	-36,84%
Ιούνιος	19427,17	12388,32	-36,23%
Ιούλιος	28089,19	18849,56	-32,89%
Αύγουστος	28150,90	18895,64	-32,88%
Σεπτέμβριος	20845,72	13189,33	-36,73%
Οκτώβριος	15932,97	9306,98	-41,59%
Νοέμβριος	18481,27	8394,86	-54,58%
Δεκέμβριος	26972,62	13724,78	-49,12%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	151678,40	-42,81%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.62.

Πίνακας 5.62: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	33640,24	-53,94%
Ψύξη	60643,08	44576,62	-26,49%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	20305,99	-14,35%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	151678,40	-42,81%

5.5.10. Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν κεφάλαιο είναι το βέλτιστο σενάριο από πλευράς αεροστεγανότητας στο Δημαρχείο της Ελευσίνας ανάμεσα στα σενάρια που προβλέπουν εξωτερική μόνωση του κελύφους του κτιρίου. Αυτό πηγάζει από την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω μεταφορά θερμότητας διαμέσου των χαραμάδων των νέων κουφωμάτων αλλά και λόγω της τοποθέτησης της SIGA TAPE περιμετρικά του παραθύρου PVC. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 1,7.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.63.

Πίνακας 5.63: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	17799,09	-34,18%
Φεβρουάριος	24346,29	16609,57	-31,78%
Μάρτιος	23895,34	15769,04	-34,01%
Απρίλιος	18159,17	12562,75	-30,82%
Μάϊος	13859,29	12140,86	-12,40%
Ιούνιος	19427,17	15492,44	-20,25%
Ιούλιος	28089,19	21802,83	-22,38%
Αύγουστος	28150,90	22038,29	-21,71%
Σεπτέμβριος	20845,72	17084,90	-18,04%
Οκτώβριος	15932,97	14095,84	-11,53%
Νοέμβριος	18481,27	13075,88	-29,25%
Δεκέμβριος	26972,62	18255,57	-32,32%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	196727,06	-25,82%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.64.

Πίνακας 5.64: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	29210,42	-60,01%
Ψύξη	60643,08	42903,26	-29,25%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	17600,52	-25,76%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	196727,06	-25,82%

5.5.11. LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση SIGA TAPE

Στο σενάριο που έπεται εξετάζονται δυο τροποποιήσεις που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους επομένως δεν υπάρχει κάποια προϋπόθεση για το ποια αλλαγή θα πραγματοποιηθεί πρώτα. Εν ολίγοις είναι σαν να τρέχουν το σενάριο 19 (κεφάλαιο 5.5.4) και το σενάριο 20 (κεφάλαιο 5.5.5) ταυτόχρονα το καθένα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 3,7.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.65.

Πίνακας 5.65: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	18411,26	-31,92%
Φεβρουάριος	24346,29	17129,65	-29,64%
Μάρτιος	23895,34	16074,68	-32,73%
Απρίλιος	18159,17	12007,31	-33,88%
Μάιος	13859,29	10001,77	-27,83%
Ιούνιος	19427,17	15188,20	-21,82%
Ιούλιος	28089,19	23090,13	-17,80%
Αύγουστος	28150,90	23069,21	-18,05%
Σεπτέμβριος	20845,72	16046,65	-23,02%
Οκτώβριος	15932,97	10594,17	-33,51%
Νοέμβριος	18481,27	10900,24	-41,02%
Δεκέμβριος	26972,62	18284,38	-32,21%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	190797,65	-28,06%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.65.

Πίνακας 5.65: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	55007,50	-24,69%
Ψύξη	60643,08	58288,40	-3,88%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24346,20	2,69%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	190797,65	-28,06%

5.5.12. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί ο συνδυασμός καινούργιων παραθύρων με νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας. Η λογική που ακολουθείται σε τέτοια σενάρια αποσκοπεί πρώτα στην βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κελύφους και στη συνέχεια στην εγκατάσταση νέων μηχανήματων που εξυπηρετούν την ψύξη και την θέρμανση. Επομένως πρώτα εφαρμόζεται η εγκατάσταση των καινούργιων παραθύρων PVC και στην συνέχεια ελέγχονται οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση κάθε ορόφου. Τα χαρακτηριστικά των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 18 (κεφάλαιο 5.5.3) όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 2 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 035 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.53 (σελίδα 139).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.66.

Πίνακας 5.66: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	9928,04	-63,29%
Φεβρουάριος	24346,29	9198,91	-62,22%
Μάρτιος	23895,34	8863,90	-62,91%
Απρίλιος	18159,17	7635,41	-57,95%
Μάιος	13859,29	7532,94	-45,65%
Ιούνιος	19427,17	8924,75	-54,06%
Ιούλιος	28089,19	12467,61	-55,61%
Αύγουστος	28150,90	12383,26	-56,01%
Σεπτέμβριος	20845,72	9515,24	-54,35%
Οκτώβριος	15932,97	7938,12	-50,18%
Νοέμβριος	18481,27	7218,44	-60,94%
Δεκέμβριος	26972,62	9875,63	-63,39%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	111482,25	-57,96%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.67.

Πίνακας 5.67: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	15904,30	-78,22%
Ψύξη	60643,08	22145,70	-63,48%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	20276,70	-14,47%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	111482,25	-57,96%

5.5.13. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν κεφάλαιο είναι το βέλτιστο σενάριο από πλευράς αεροστεγανότητας στο Δημαρχείο της Ελευσίνας και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το σενάριο 25 (κεφάλαιο 5.5.8). Αυτό πηγάζει από την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω μεταφορά θερμότητας διαμέσου των χαραμάδων των νέων κουφωμάτων αλλά και λόγω της τοποθέτησης της SIGA TAPE περιμετρικά του παραθύρου PVC. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 1,7.

Η διαφοροποίηση του από το σενάριο 25 έγκειται στην ύπαρξη νέας τεχνολογίας αντλίες θερμότητας πράγμα που χαρακτηρίζει το σενάριο αυτό και βέλτιστο από πλευράς καταναλώσεων ρεύματος για ψύξη και θέρμανση. Για να μην τοποθετηθούν υπερδιαστασιοποιημένες αντλίες θερμότητας πρώτα ελέγχονται οι ανάγκες κάθε ορόφου για ψύξη και θέρμανση από το σενάριο 25 και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο αντλίας θερμότητας.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Συνεπώς επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 035 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.53 (σελίδα 139).

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 98).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.68.

Πίνακας 5.68: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	14531,98	-46,27%
Φεβρουάριος	24346,29	13194,07	-45,81%
Μάρτιος	23895,34	12963,55	-45,75%
Απρίλιος	18159,17	11124,94	-38,74%
Μάιος	13859,29	10937,28	-21,08%
Ιούνιος	19427,17	12182,49	-37,29%
Ιούλιος	28089,19	15735,31	-43,98%
Αύγουστος	28150,90	15850,30	-43,70%
Σεπτέμβριος	20845,72	13542,91	-35,03%
Οκτώβριος	15932,97	12729,39	-20,11%
Νοέμβριος	18481,27	12079,55	-34,64%
Δεκέμβριος	26972,62	14896,97	-44,77%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	159768,74	-39,76%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.69.

Πίνακας 5.69: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	13824,98	-81,07%
Ψύξη	60643,08	21334,92	-64,82%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	64235,84	0,00%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	17595,98	-25,78%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	159768,74	-39,76%

5.5.14. Νέες αντλίες θερμότητας, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Παρόμοιο με το σενάριο 23(κεφάλαιο 5.5.8) με την μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιείται η τεχνολογία LED για τον εξωτερικό φωτισμό. Τα χαρακτηριστικά παραμένουν τα ίδια με το σενάριο 23 όπως επίσης ίδια παραμένει και η αεροστεγανότητα, δηλαδή 3,7 εναλλαγές αέρα ανά ώρα. Για να μην τοποθετηθούν υπερδιαστασιολογημένες αντλίες θερμότητας πρώτα ελέγχονται οι ανάγκες κάθε ορόφου για ψύξη και θέρμανση από το σενάριο 23 και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο αντλίας θερμότητας. Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 054 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.58 (σελίδα 143).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.70.

Πίνακας 5.70: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	12408,11	-54,12%
Φεβρουάριος	24346,29	11314,13	-53,53%
Μάρτιος	23895,34	10984,02	-54,03%
Απρίλιος	18159,17	9135,98	-49,69%
Μάιος	13859,29	8369,95	-39,61%
Ιούνιος	19427,17	10570,21	-45,59%
Ιούλιος	28089,19	14827,94	-47,21%
Αύγουστος	28150,90	14676,08	-47,87%
Σεπτέμβριος	20845,72	11205,11	-46,25%
Οκτώβριος	15932,97	8798,70	-44,78%
Νοέμβριος	18481,27	8614,76	-53,39%
Δεκέμβριος	26972,62	12257,96	-54,55%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	133162,95	-49,79%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.71.

Πίνακας 5.71: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	26362,40	-63,91%
Ψύξη	60643,08	29390,30	-51,54%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	24254,70	2,31%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	133162,95	-49,79%

5.5.15. Νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Με τον συνδυασμό των καινούργιων παραθύρων και της SIGA TAPE παρατηρείται το βέλτιστο αποτέλεσμα αναφορικά με την αεροστεγανότητα του κτιρίου για τα σενάρια που εμπεριέχουν εξωτερική μόνωση στο κέλυφος του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Στο σενάριο αυτό μειώνεται περαιτέρω η κατανάλωση ρεύματος έχοντας χρησιμοποιήσει την τεχνολογία LED στον εξωτερικό φωτισμό. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 1,7.

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1 έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 96).

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.72.

Πίνακας 5.72: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	12521,80	-53,70%
Φεβρουάριος	24346,29	12019,53	-50,63%
Μάρτιος	23895,34	11078,12	-53,64%
Απρίλιος	18159,17	8590,59	-52,69%
Μάιος	13859,29	8427,22	-39,19%
Ιούνιος	19427,17	11898,59	-38,75%
Ιούλιος	28089,19	18089,19	-35,60%
Αύγουστος	28150,90	18129,19	-35,60%
Σεπτέμβριος	20845,72	12734,45	-38,91%
Οκτώβριος	15932,97	9014,01	-43,43%
Νοέμβριος	18481,27	7779,67	-57,91%
Δεκέμβριος	26972,62	12587,39	-53,33%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	142869,75	-46,13%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.73.

Πίνακας 5.73: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	29210,40	-60,01%
Ψύξη	60643,08	42903,30	-29,25%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	17600,50	-25,76%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	142869,75	-46,13%

5.5.16. Νέες αντλίες θερμότητας, νέα παράθυρα PVC, χρήση SIGA TAPE και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Αποτελεί το βέλτιστο σενάρια από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας αφού συνδυάζονται όλες οι βελτιώσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Προς αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης των αντλιών θερμότητας πρώτα εφαρμόζονται οι άλλες τρεις βελτιώσεις και στη συνέχεια επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο για τις αντλίες θερμότητας.

Με τον συνδυασμό των καινούργιων παραθύρων και της SIGA TAPE παρατηρείται το βέλτιστο αποτέλεσμα όσον αναφορά την αεροστεγανότητα του κτιρίου για τα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εξωτερική μόνωση στο κέλυφος του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Η μείωση στις εναλλαγές αέρα ανά ώρα θα μειωθούν από τις 4,4 στις 1,7.

Τα καινούργια παράθυρα PVC βάση και της περιγραφής που πραγματοποιήθηκε στο σενάριο 1(κεφάλαιο 5.4.1) έχουν τα χαρακτηριστικά στον πίνακα 5.8 (σελίδα 96).

Η επιλογή των αντλιών πραγματοποιήθηκε από τον κατάλογο της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] με βασικό κριτήριο την κάλυψη των ψυκτικών και θερμικών αναγκών του κάθε ορόφου. Επομένως επιλέχθηκαν τρεις MPE-H 035 με τα βασικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.53 (σελίδα 139).

Η ισχύς των εγκατεστημένων φώτων ανέρχεται σε 15040 Watt ενώ με την χρήση φωτιστικών στοιχείων LED μειώνεται κατά μεγάλο ποσοστό και ισούται με 2430 Watt. Προς υπενθύμιση τα φώτα αυτά λειτουργούν από την δύση έως την ανατολή του ηλίου για όλη την εβδομάδα.

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά μήνα περιγράφεται στον πίνακα 5.74.

Πίνακας 5.74: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Ιανουάριος	27044,10	9254,70	-65,78%
Φεβρουάριος	24346,29	8604,03	-64,66%
Μάρτιος	23895,34	8272,63	-65,38%
Απρίλιος	18159,17	7152,79	-60,61%
Μάιος	13859,29	7223,64	-47,88%
Ιούνιος	19427,17	8588,64	-55,79%
Ιούλιος	28089,19	12021,67	-57,20%
Αύγουστος	28150,90	11941,20	-57,58%
Σεπτέμβριος	20845,72	9192,46	-55,90%
Οκτώβριος	15932,97	7647,56	-52,00%
Νοέμβριος	18481,27	6783,35	-63,30%
Δεκέμβριος	26972,62	9228,78	-65,78%
Συνολική κατανάλωση	265204,03	105911,45	-60,06%

Η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος ανά κατηγορία περιγράφεται στον πίνακα 5.75.

Πίνακας 5.75: Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
Θέρμανση	73037,14	13825,00	-81,07%
Ψύξη	60643,08	21334,90	-64,82%
Εσωτερικός φωτισμός	18288,10	17950,72	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64235,85	10378,53	-83,84%
Ηλεκτρικές /ηλεκτρονικές συσκευές	25292,50	24826,30	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707,38	17596,00	-25,78%
Συνολική κατανάλωση	265204,05	105911,45	-60,06%

5.6. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στην παρούσα παράγραφο θα πραγματοποιηθεί συγκεντρωτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την κατανάλωση ενέργεια όλων των σεναρίων που μελετήθηκαν στην παράγραφο 5.5. Η παρουσίαση θα καταγραφεί με δυο μορφές, η πρώτη θα περιλαμβάνει τους πίνακες που περιέχουν τις καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία και η δεύτερη θα περιέχει πίνακες και διαγράμματα στα οποία θα προσδιορίζεται η συνολική κατανάλωση κάθε σεναρίου. Και στις δύο μορφές παρουσίασης οι καταναλώσεις ενέργειας αφορούν την χρήση του Δημαρχείου της Ελευσίνας για ένα έτος. Με την συγκεκριμένη διαδικασία θα υπάρξει άμεση σύγκριση των καταναλώσεων ενέργειας μεταξύ των σεναρίων εξοικονόμησης.

5.6.1. Καταναλώσεις ενέργειας ανά κατηγορία

Με την συγκεκριμένη μορφή παρουσίασης θα καταγραφούν οι καταναλώσεις ενέργεια που υφίστανται στο Δημαρχείο της Ελευσίνας ανά κατηγορία. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας αποτελεί η αναγκαιότητα εμφάνισης του κατά πόσο κάθε σενάριο επηρεάζει την κάθε κατηγορία κατανάλωσης ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται ένας δεύτερος έλεγχος της αξιοπιστίας του προσομοιωτικού προγράμματος DesignBuilder γιατί ο χρήστης δύναται να παρατηρήσει τις διαφοροποιήσεις της κατανάλωσης ενέργειας ανά κατηγορία. Για παράδειγμα όταν χρήστης τροποποιήσει τον τρόπο με τον οποίο θερμαίνεται το κτίριο έχει την δυνατότητα να ελέγξει αν η διαφοροποίηση στην κατανάλωση ενέργειας προέρχεται από την κατηγορία ‘Θέρμανση’.

Στο κεφάλαιο 5 εξετάστηκαν 33 σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας, 17 χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης στο κτίριο και 16 με την χρήση εξωτερικής μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Ακολουθούν οι πίνακες 5.76, 5.77, 5.78 και 5.79 σε οριζόντια διάταξη όπου:

PUMP: Νέες αντλίες θερμότητας,

PVC: Νέα παράθυρα PVC,

LED: Χρήση τεχνολογίας LED στον εξωτερικό φωτισμό,

LED2: Χρήση τεχνολογίας LED στον εσωτερικό φωτισμό,

SIGA TAPE: Χρήση της ταινίας SIGA TAPE περιμετρικά των παραθύρων.

Σε κάθε κατηγορία η πάνω γραμμή αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας σε KWh και η δεύτερη στην ποσοστιαία μεταβολή σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατανάλωση.

Πίνακας 5.76: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων χωρίς εξωτερική μόνωση

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	1 PUMP	2 PVC	3 LED	4 SIGA TAPE	5 PUMP +PVC	6 PUMP + LED	7 PUMP + SIGA TAPE	8 PVC+ LED	9 PVC+ SIGA TAPE
Θέρμανση	73037	35130	48512	73037	66308	23898	35130	31961	48512	41447
		-51,90%	-33,58%	0,00%	-9,21%	-67,28%	-51,90%	-56,24%	-33,58%	-43,25%
Ψύξη	60643	30703	49342	60643	59424	27297	30703	30123	49342	47539
		-49,37%	-18,64%	0,00%	-2,01%	-54,99%	-49,37%	-50,33%	-18,64%	-21,61%
Εσωτερικός φωτισμός	18288	18288	18288	18288	18288	18288	18288	18288	18288	18288
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Εξωτερικός φωτισμός	64236	64236	64236	10379	64236	64236	10379	64236	10379	64236
		0,00%	0,00%	-83,84%	0,00%	0,00%	-83,84%	0,00%	-83,84%	0,00%
Ηλεκτρικές/ ηλεκτρονικές συσκευές	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707	23596	24370	23707	24015	24287	23596	23911	24370	23675
		-0,47%	2,80%	0,00%	1,30%	2,44%	-0,47%	0,86%	2,80%	-0,14%
Συνολική κατανάλωση (KWh)	265204	197245	230040	211346	257563	183297	143387	193811	176182	220477
		-25,6%	-13,3%	-20,3%	-2,9%	-30,9%	-45,9%	-26,9%	-33,6%	-16,9%

Πίνακας 5.77: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων χωρίς εξωτερική μόνωση

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	10 LED+SIGA TAPE	11 PUMP +PVC+ LED	12 PUMP +PVC+ SIGA	13 PUMP + LED+ SIGA	14 PVC+ LED+ SIGA	15 PUMP + PVC+ LED+ SIGA	16 LED2	17 PUMP +PVC+ LED+SIGA+ LED2
Θέρμανση	73037	66308	23898	20461	31961	41447	20461	73037	20461
		-9,21%	-67,28%	-71,99%	-56,24%	-43,25%	-71,99%	0,00%	-71,99%
Ψύξη	60643	59424	27297	26327	30123	47539	26327	60643	26327
		-2,01%	-54,99%	-56,59%	-50,33%	-21,61%	-56,59%	0,00%	-56,59%
Εσωτερικός φωτισμός	18288	18288	18288	18288	18288	18288	18288	10668	10668
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-41,67%	-41,67%
Εξωτερικός φωτισμός	64236	10379	10379	64236	10379	10379	10379	64236	10379
		-83,84%	-83,84%	0,00%	-83,84%	-83,84%	-83,84%	0,00%	-83,84%
Ηλεκτρικές/ ηλεκτρονικές συσκευές	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293	25293
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Λοιπές καταναλώσεις	23707	24015	24287	23607	23911	23675	23607	23707	23607
		1,30%	2,44%	-0,42%	0,86%	-0,14%	-0,42%	0,00%	-0,42%
Συνολική κατανάλωση (KWh)	265204	203704	129439	178210	139953	166619	124352	257584	116731
		-23,2%	-51,2%	-32,8%	-47,2%	-37,2%	-53,1%	-2,9%	-56,0%

Πίνακας 5.78: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων με εξωτερική μόνωση

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	18 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ	19 PUMP	20 PVC	21 LED	22 SIGA TAPE	23 PUMP +PVC	24 PUMP + LED	25 PUMP + SIGA TAPE
Θέρμανση	73037	60313	29561	33630	60313	55007	15904	29561	26362
		-17,42%	-59,53%	-53,95%	-17,42%	-24,69%	-78,22%	-59,53%	-63,91%
Ψύξη	60643	59145	29901	44577	59145	58288	22146	29901	29390
		-2,47%	-50,69%	-26,49%	-2,47%	-3,88%	-63,48%	-50,69%	-51,54%
Εσωτερικός φωτισμός	18288	17951	17951	17951	17951	17951	17951	17951	17951
		-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64236	64236	64236	64236	10379	64236	64236	10379	64236
		0,00%	0,00%	0,00%	-83,84%	0,00%	0,00%	-83,84%	0,00%
Ηλεκτρικές/ ηλεκτρονικές συσκευές	25293	24826	24826	24826	24826	24826	24826	24826	24826
		-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707	24191	24097	20306	24191	24346	20277	24097	24255
		2,04%	1,64%	-14,35%	2,04%	2,69%	-14,47%	1,64%	2,31%
Συνολική κατανάλωση (KWh)	265204	250662	190571	205525	196804	244655	165338	136713	187019
		-5,5%	-28,1%	-22,5%	-25,8%	-7,7%	-37,7%	-48,4%	-29,5%

Πίνακας 5.79: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων με εξωτερική μόνωση

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	26 PVC+ LED	27 PVC+ SIGA TAPE	28 LED+SIGA TAPE	29 PUMP +PVC+LED	30 PUMP +PVC+SIGA	31 PUMP + LED+SIGA	32 PVC+ LED+SIGA	33 PUMP +PVC+LED+ SIGA
Θέρμανση	73037	33630	29210	55008	15904	13825	26362	29210	13825
		-53,95%	-60,01%	-24,69%	-78,22%	-81,07%	-63,91%	-60,01%	-81,07%
Ψύξη	60643	44577	42903	58288	22146	21335	29390	42903	21335
		-26,49%	-29,25%	-3,88%	-63,48%	-64,82%	-51,54%	-29,25%	-64,82%
Εσωτερικός φωτισμός	18288	17951	17951	17951	17951	17951	17951	17951	17951
		-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%
Εξωτερικός φωτισμός	64236	10379	64236	10379	10379	64236	10379	10379	10379
		-83,84%	0,00%	-83,84%	-83,84%	0,00%	-83,84%	-83,84%	-83,84%
Ηλεκτρικές/ ηλεκτρονικές συσκευές	25293	24826	24826	24826	24826	24826	24826	24826	24826
		-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%	-1,84%
Λοιπές καταναλώσεις	23707	20306	17601	24346	20277	17596	24255	17601	17596
			-25,76%	2,69%	-14,47%	-25,78%	2,31%	-25,76%	-25,78%
Συνολική κατανάλωση (KWh)	265204		196726	190796	111480	159767	133161	142868	105909
			-25,8%	-28,1%	-58,0%	-39,8%	-49,8%	-46,1%	-60,1%

5.6.2. Συνολικές καταναλώσεις σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας

Η συγκεκριμένη παράγραφος χρησιμεύει για την σύγκριση των 33 σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για κατηγοριοποίησης της εξοικονόμησης. Εν ολίγοις το κατά πόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση για την χρήση ενός ολόκληρου έτους.

Ακολουθούν οι πίνακες 5.80, 5.81, 5.82 και 5.83 και τα διαγράμματα 5.1, 5.2, 5.3 που απεικονίζουν τα μείωση της κατανάλωσης ενέργειας όπου:

PUMP: Νέες αντλίες θερμότητας,

PVC: Νέα παράθυρα PVC,

LED: Χρήση τεχνολογίας LED στον εξωτερικό φωτισμό,

LED2: Χρήση τεχνολογίας LED στον εσωτερικό φωτισμό,

SIGA TAPE: Χρήση της ταινίας SIGA TAPE περιμετρικά των παραθύρων.

Για καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων η κατανάλωση ενέργειας εμφανίζεται ανηγμένη ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (KWh/m²).

Πίνακας 5.80: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων χωρίς εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε KWh/m²

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	1 PUMP	2 PVC	3 LED	4 SIGA TAPE	5 PUMP +PVC	6 PUMP + LED	7 PUMP + SIGA TAPE	8 PVC+ LED	9 PVC+ SIGA TAPE
Συνολική κατανάλωση (KWh/m ²)	147,79	109,92	128,19	117,78	143,53	102,15	79,90	108,00	98,18	122,86
		-25,6%	-13,3%	-20,3%	-2,9%	-30,9%	-45,9%	-26,9%	-33,6%	-16,9%

Πίνακας 5.81: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων χωρίς εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε KWh/m²

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	10 LED+SIGA TAPE	11 PUMP +PVC+ LED	12 PUMP +PVC+ SIGA	13 PUMP + LED+ SIGA	14 PVC+ LED+ SIGA	15 PUMP + PVC+ LED+ SIGA	16 LED2	17 PUMP+PVC+ LED+SIGA+ LED2
Συνολική κατανάλωση (KWh/m ²)	147,79	113,52	72,13	99,31	77,99	92,85	69,30	143,54	65,05
		-23,2%	-51,2%	-32,8%	-47,2%	-37,2%	-53,1%	-2,9%	-56,0%

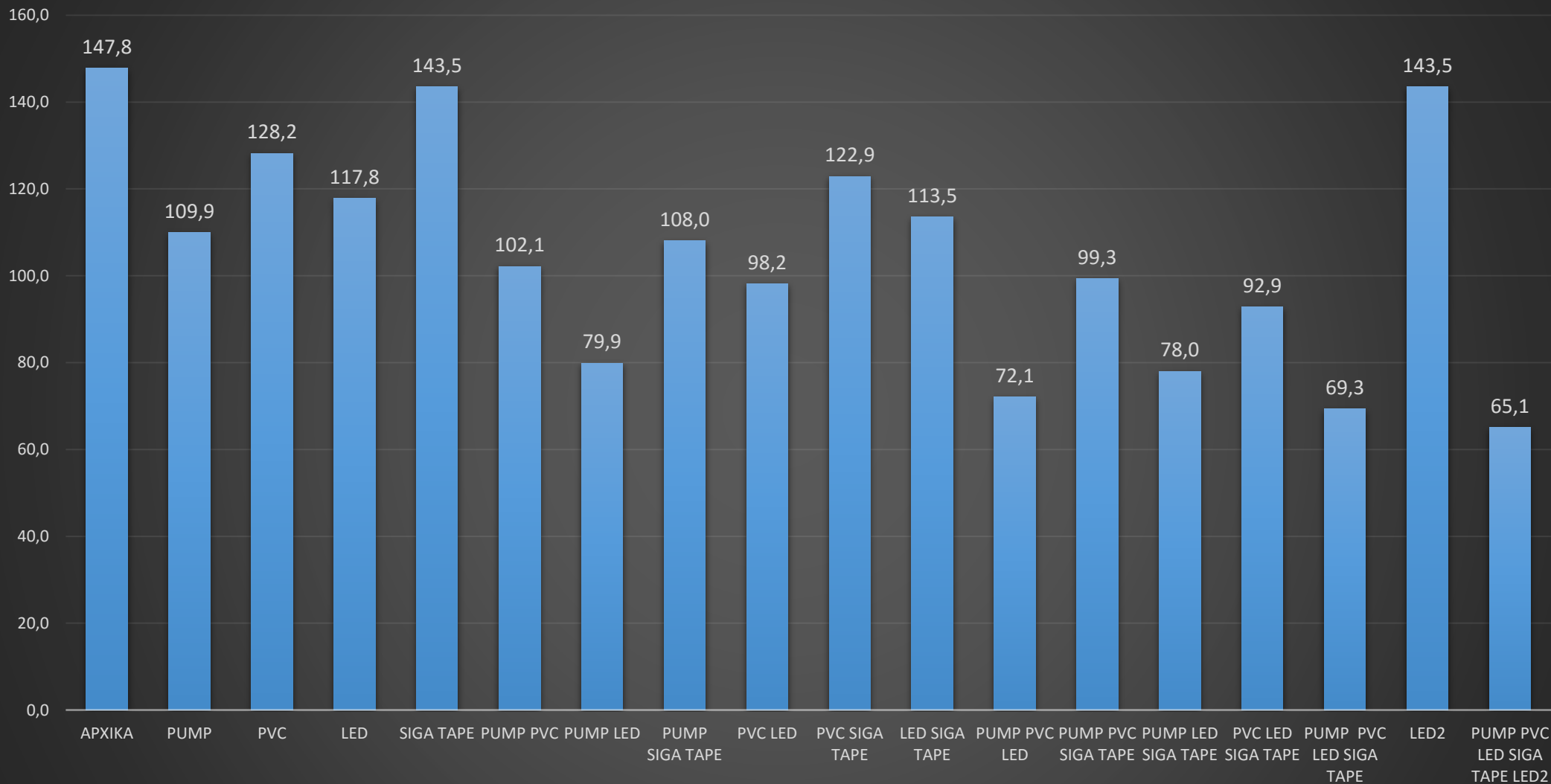
Πίνακας 5.82: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων με εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε KWh/m²

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	18 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ	19 PUMP	20 PVC	21 LED	22 SIGA TAPE	23 PUMP +PVC	24 PUMP + LED	25 PUMP + SIGA TAPE
Συνολική κατανάλωση (KWh/m²)	147,79	139,68	106,19	114,53	109,67	136,33	92,13	76,18	104,21
		-5,5%	-28,1%	-22,5%	-25,8%	-7,7%	-37,7%	-48,4%	-29,5%

Πίνακας 5.83: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων με εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε KWh/m²

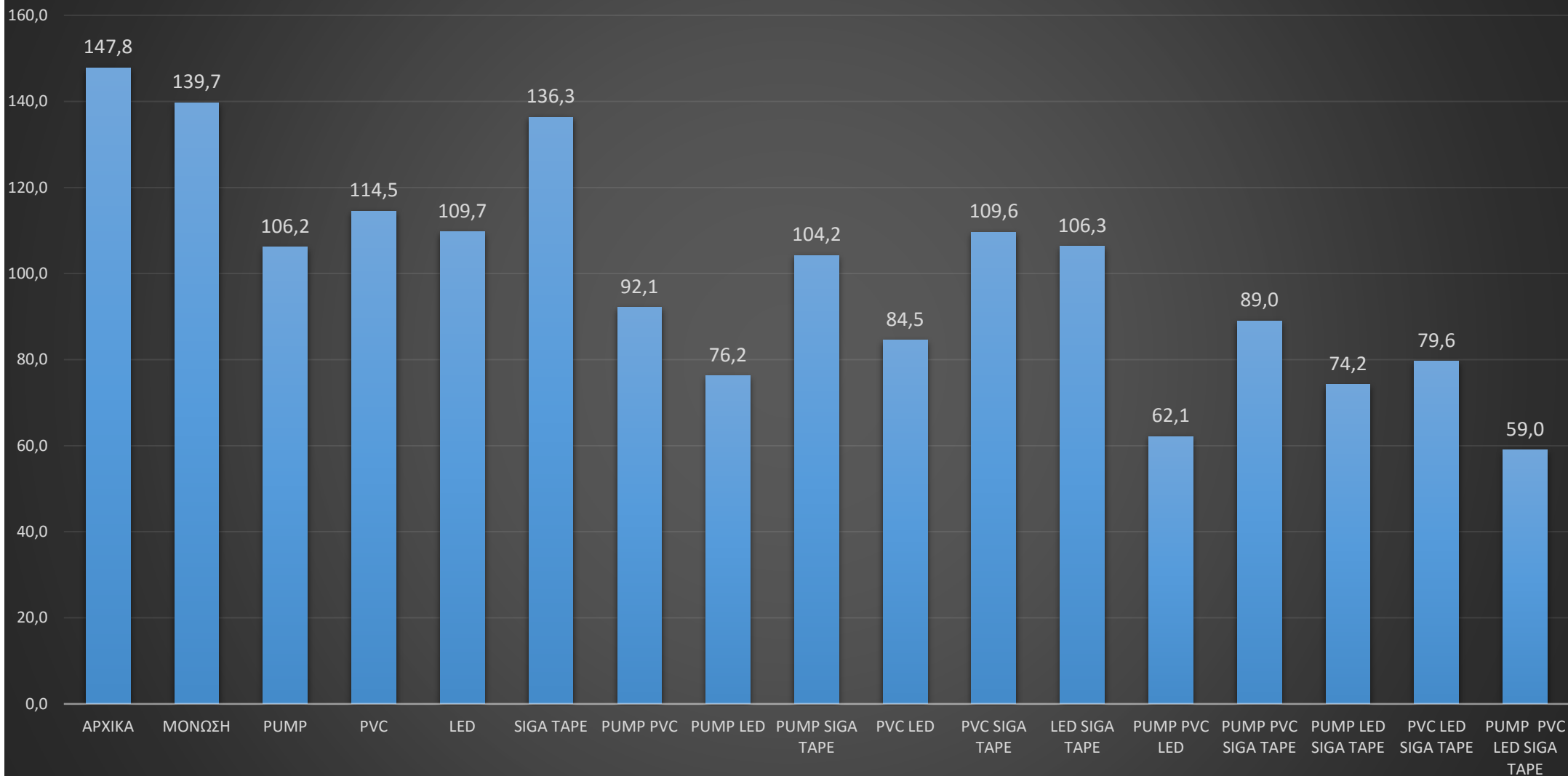
	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	26 PVC+ LED	27 PVC+ SIGA TAPE	28 LED+SIGA TAPE	29 PUMP +PVC+LED	30 PUMP +PVC+SIGA	31 PUMP + LED+SIGA	32 PVC+ LED+SIGA	33 PUMP +PVC+LED+ SIGA
Συνολική κατανάλωση (KWh/m²)	147,79	84,51	109,62	106,32	62,12	89,03	74,20	79,61	59,01
		-42,8%	-25,8%	-28,1%	-58,0%	-39,8%	-49,8%	-46,1%	-60,1%

Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m²)



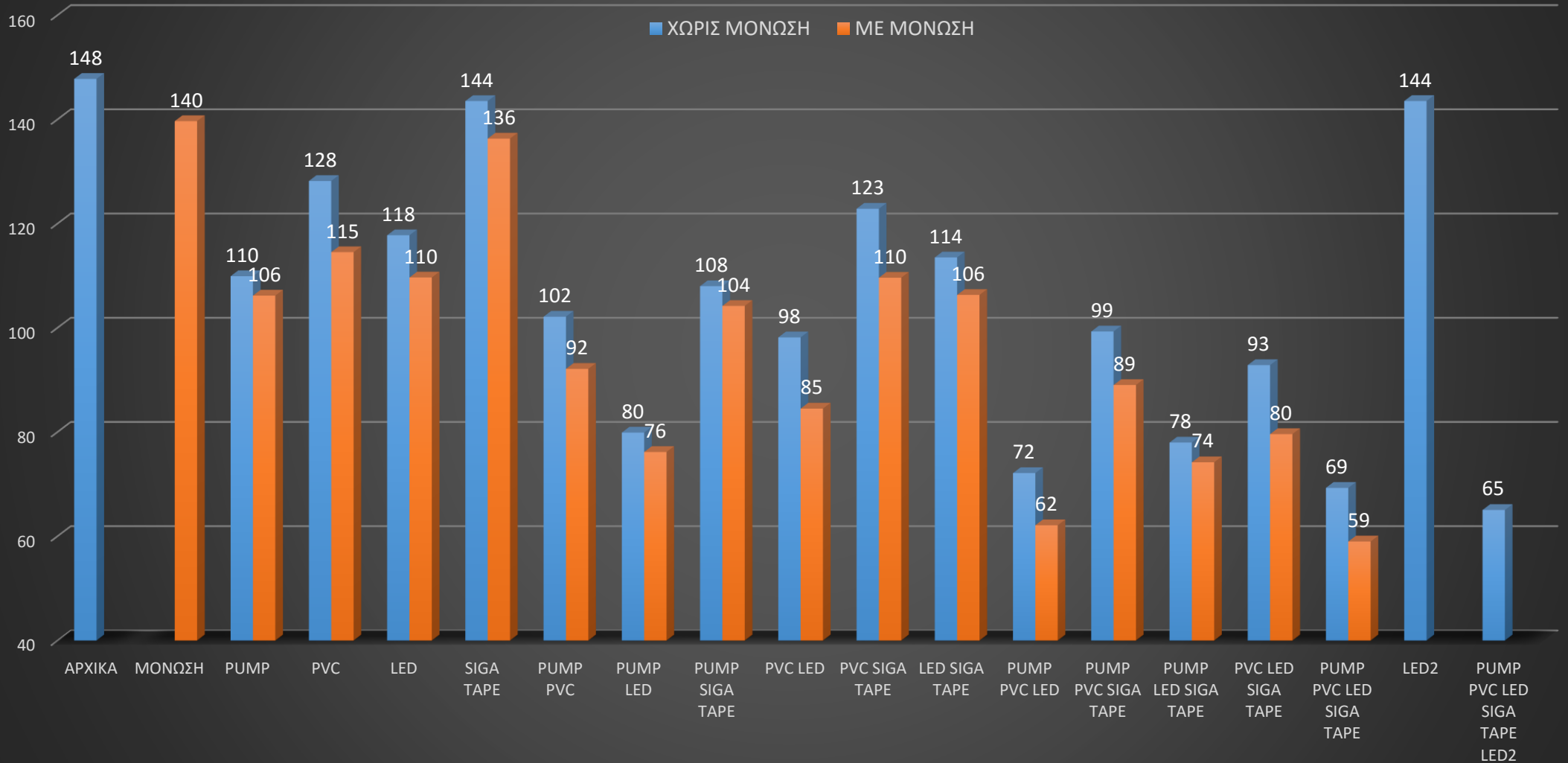
Διάγραμμα 5.1: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων χωρίς εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε kWh/m²

Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m²)



Διάγραμμα 5.2: Καταναλώσεις ενέργειας σεναρίων με εξωτερική μόνωση εκφρασμένο σε kWh/m²

Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m²)



Διάγραμμα 5.3: Καταναλώσεις ενέργειας όλων των σεναρίων εκφρασμένο σε kWh/m²

6. Οικονομική αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα παρουσιαστεί η οικονομική αξιολόγηση όλων των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας που εξετάστηκαν στον κεφάλαιο 5. Αποτελεί το τελευταίο κομμάτι της διπλωματικής εργασίας και μετά βεβαιότητας το πιο σημαντικό διότι θα πραγματοποιηθεί άμεση σύγκριση του κόστους των επεμβάσεων σε βάθος χρόνου. Με την συγκεκριμένη διαδικασία θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το κατά πόσο είναι συμφέρουσα μια επένδυση με κριτήριο πάντα την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου από πλευράς οικονομικής εξοικονόμησης. Η ανάλυση που θα διεξαχθεί βρίσκεται σε απόλυτη συμφωνία με την οδηγία αριθ. 244/1012 [18], η οποία καθορίζει την μεθοδολογία για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενέργειας του Δημαρχείου της Ελευσίνας. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως ‘Ανάλυση βέλτιστου κόστους’ ή ‘Cost-optimun analysis’ και προσφέρει καθαρή εικόνα του ποια βελτιωτική κίνηση είναι συμφέρουσα πάντα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.

6.1. Ανάλυση βέλτιστου κόστους

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους από χρηματοοικονομική άποψη κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας υπήρξε αναγκαιότητα λεπτομερειακής μελέτης του 244/2012 [18] και του 2012/C 115/01 [19]: Κατευθυντήριες γραμμές [19] που συνοδεύουν τον 244/2012. Το συνολικό κόστος των κτιρίων και των δομικών στοιχείων υπολογίζεται ως το άθροισμα των διαφόρων κατηγοριών κόστους στα οποία εφαρμόζεται το προεξοφλητικό επιτόκιο με τη βοήθεια συντελεστή προεξόφλησης ώστε να εκφραστεί η αξία κατά το έτος έναρξης και της υπολειμματικής αξίας ανηγμένης με το προεξοφλητικό επιτόκιο, ως εξής

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

Όπου:

τ : η περίοδος υπολογισμού.

$C_g(\tau)$: το συνολικό κόστος (ως προς το έτος έναρξης τ_0) κατά την περίοδο υπολογισμού.

C_I : το αρχικό κόστος επένδυσης για το μέτρο ή σύνολο μέτρων j .

$C_{a,i}(j)$: το ετήσιο κόστος του μέτρου ή συνόλου μέτρων j κατά τη διάρκεια του έτους i .

$V_{f,\tau}(j)$: η υπολειμματική αξία του μέτρου ή συνόλου μέτρων j στο τέλος της περιόδου υπολογισμού (που έχει αναχθεί στο έτος έναρξης τ_0).

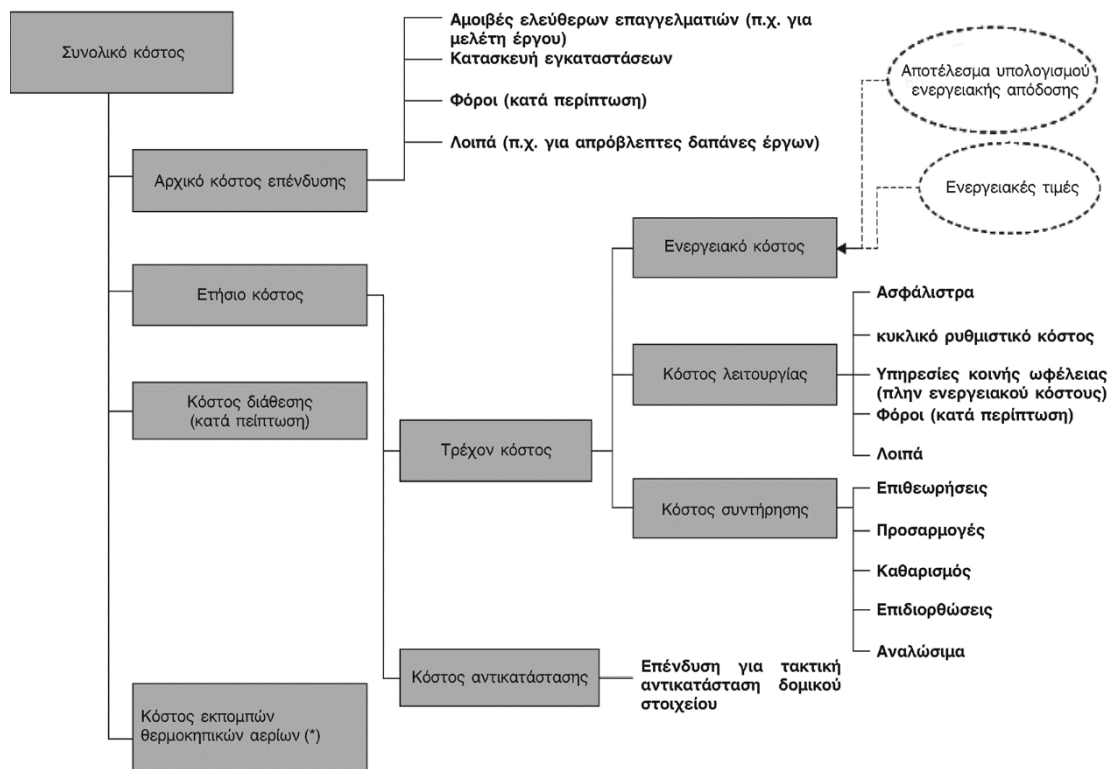
$R_d(i)$: ο συντελεστής προεξόφλησης για το έτος i με βάση το προεξοφλητικό επιτόκιο r ο οποίος υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + \frac{r}{100}} \right)^p$$

Όπου p ο αριθμός των ετών από την έναρξη της περιόδου υπολογισμού και r το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο.

Κατηγοριοποίηση κόστους

Η κατηγοριοποίηση του κόστους για τον υπολογισμό των βέλτιστου κόστους επιπέδων για τις ελάχιστες απαιτήσεις βασίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15459 [20]. Διαφέρει ελαφρώς από τα συστήματα κατηγοριοποίησης του κόστους που χρησιμοποιούνται συνήθως για την εκτίμηση του κόστους κύκλου ζωής. Στο σχήμα 6.1 συνοψίζονται οι κατηγορίες κόστους που πρέπει να εφαρμόζονται.



Εικόνα 6.1: Κατηγοριοποίηση κόστους σύμφωνα με το πλαίσιο μεθοδολογίας

Οι διάφορες κατηγορίες κόστους έχουν συγκεντρωθεί, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.1, και αφορούν όλων των ειδών τις εφαρμογές που αφορούν κτίρια. Η προαναφερθείσα ένδειξη, σημαίνει ότι στην παρούσα μελέτη δεν περιέχονται και κατ' επέκταση δεν θα εξεταστούν κάποιες κατηγορίες κόστους.

Αρχικό κόστος επένδυσης

Περιλαμβάνει τα κόστη οποιασδήποτε αγοράς συμβεί για κάποια βελτιωτική κίνηση, όπως για παράδειγμα η αγορά μιας αντλίας θερμότητας, η εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης. Στη συγκεκριμένη την κατηγορία συμπεριλαμβάνεται επίσης και το κόστος εγκατάστασης του εκάστοτε συστήματος. Στις προαναφερθείσες τιμές συμπεριλαμβάνεται και ο φόρος προστιθέμενης αξίας Φ.Π.Α. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι κόστος για τη μελέτη του έργου δεν συμπεριλαμβάνεται καθώς η παρούσα διπλωματική αφορά την μελέτη αυτή κάθε αυτή.

Ετήσιο κόστος

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται το τρέχον κόστος και το κόστος αντικατάστασης:

- Το κόστος αντικατάστασης αφορά τα σενάρια που περιλαμβάνουν αντικατάσταση των φώτων με φώτα τεχνολογίας LED. Το παραπάνω γεγονός συμβαίνει διότι η διάρκεια ζωής των υλικών αυτών είναι μικρότερη από την χρονική περίοδο που θα μελετηθεί η επένδυση και επομένως χρήζουν ανάγκης αντικατάστασης.
- Το τρέχον κόστος συμπεριλαμβάνει με την σειρά του αρχικά το ενεργειακό κόστος, όπου είναι το κόστος αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Δεύτερον, περιλαμβάνει το λειτουργικό κόστος (ασφάλιστρα, κυκλικό ρυθμιστικό κόστος), όπου στην παρούσα μελέτη είναι ανούσιο να εξεταστεί. Τέλος, περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης των συστημάτων και εξαρτημάτων με ότι αυτό συνεπάγεται. Το συγκεκριμένο κόστος εκφράζεται σε καθαρή παρούσα αξία σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης.

Το τρέχον κόστος προσδιορίστηκε και με τον παρακάτω τύπο προς επιβεβαίωση του αποτελέσματος.

$$PV = C * \left[\frac{1}{r - g} - \frac{1}{r - g} * \left(\frac{1 + g}{1 + r} \right)^t \right]$$

Όπου:

PV = καθαρή παρούσα αξία.

C = αρχικό κόστος για την κατανάλωση ρεύματος.

r = προεξοφλητικό επιτόκιο.

g = επιτόκιο επι της τιμής του ρεύματος.

t = χρονική περίοδος της οικονομικής μελέτης.

Κόστος διάθεσης

Η κατηγορία αυτή αναφέρεται στο κόστος αποδόμησης-απομάκρυνσης των συστημάτων θέρμανσης ή της εξωτερικής θερμομόνωσης που τοποθετήθηκαν, στο πέρας της διάρκειας ζωής τους. Το προαναφερθέν κόστος στην πλειονότητα των εφαρμογών εκφράζεται ως ποσοστό επί του αρχικού κεφαλαίου.

Κόστος εκπομπών θερμοκηπίων αερίων

Η συγκεκριμένη κατηγορία κόστους αυτή σύμφωνα με τον κανονισμό 244/2012 [18] οφείλει να συμπεριληφθεί στο συνολικό κόστος μόνο όταν η ανάλυση γίνεται σε μακροοικονομικό επίπεδο. Στην παρούσα μελέτη, η ανάλυση προφανώς γίνεται σε χρηματοοικονομικό επίπεδο, οπότε συμπερασματικά το κόστος αυτό δεν θα ληφθεί υπόψιν.

Διευκρινήσεις και παραδοχές σχετικά με τα κόστη:

Προεξοφλητικό επιτόκιο

Το προεξοφλητικό επιτόκιο σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές [19] του 244/2012 επιλέγεται 4%, καθώς διατυπώνει αμιγώς εμπορική, βραχυπρόθεσμη προσέγγιση για την εκτίμηση επενδύσεων, όπως ακριβώς συμβαίνει στην παρούσα ανάλυση. Στη χρηματοοικονομική ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί θα επιλεγθεί το 8% σαν προεξοφλητικό επιτόκιο και στη συνέχεια θα συγκριθεί με το 4% για να παρατηρηθούν οι διαφορές που θα προκύψουν.

Περίοδος υπολογισμού

Όσον αφορά τα έτη της περιόδου υπολογισμού, επιλέγεται σύμφωνα με τον κανονισμό 244/2012 [18] διάρκεια 20 έτη, εφόσον το Δημαρχείο της Ελευσίνας δεν αποτελεί κτίριο οικιστικής χρήσης αλλά επαγγελματικής.

Ενεργειακό κόστος ρεύματος

Στο δημαρχείο της Ελευσίνας η ΔΕΗ παρέχει ρεύμα με το τιμολόγιο μέσης τάσης. Αυτό σημαίνει η τιμή της KWh δεν παραμένει σταθερή για κάθε μήνα αλλά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι δεν είναι γνωστοί. Παραδειγματικά αναφέρεται πως εξαρτάται από την μέγιστη στιγμιαία ισχύ που θα ζητηθεί από το κτίριο κάθε μέρα. Επομένως, με βάση τον πίνακα 6.1 θα πραγματοποιηθεί προσδιορισμός της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ο πίνακας 6.1 απεικονίζει τις καταναλώσεις ρεύματος για το έτος 2014, σύμφωνα με τους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Το ρεύμα κατηγοριοποιείται σε δύο κατηγορίες, το ενδιάμεσο και το ελάχιστο. Η διαχωρισμός που μόλις αναφέρθηκε δεν δύναται να πραγματοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επομένως θα πραγματοποιηθεί προσδιορισμός του ποσοστού της κάθε κατηγορίας επί του συνολικού ρεύματος. Εκφράζοντας την ενδιάμεση κατανάλωση ως ποσοστό επί του συνολικού για τους 12 μήνες και στη συνέχεια υπολογίζοντας το μέσο όρο τους, το ενδιάμεσο ρεύμα αποτελεί το 59,85% επί της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος.

Πίνακας 6.1: Καταναλώσεις ρεύματος Δημαρχείου Ελευσίνας για το έτος 2014

ΜΗΝΑΣ	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ (KWH)	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΕΥΡΩ/KWH	ΕΛΑΧΙΣΤΟ (KWH)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΕΥΡΩ/KWH	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWH)
Ιανουάριος	14.186,20	0,168696	9.965,40	0,05062	24.151,60
Φεβρουάριος	13.658,80	0,158736	8.275,20	0,05062	21.934,00
Μάρτιος	11.403,00	0,182532	9.642,00	0,05062	21.045,00
Απρίλιος	10.212,40	0,177731	8.199,20	0,05062	18.411,60
Μάιος	7.815,60	0,185741	7.467,60	0,05062	15.280,20
Ιούνιος	13.644,80	0,174296	8.160,20	0,05062	21.805,00
Ιούλιος	19.108,00	0,170787	8.058,20	0,05062	27.166,20
Αύγουστος	18.021,20	0,175998	10.648,00	0,05062	28.669,20
Σεπτέμβριος	16.548,40	0,164149	7.911,80	0,05062	24.460,20
Οκτώβριος	9.913,80	0,166154	7.669,00	0,05062	17.582,80
Νοέμβριος	12.588,80	0,18357	8.982,80	0,05062	21.571,60
Δεκέμβριος	15.808,20	0,178406	11.326,40	0,05062	27.134,60
	59,85%	0,173899667	40,15%	0,05062	

Σύμφωνα με τους λογαριασμούς της ΔΕΗ κάθε μήνα, το 59,85% της κατανάλωσης χρεώνεται με μία μέση τιμή των 0,173899667 €/KWh ενώ το υπόλοιπο 40,15% χρεώνεται με την σταθερή τιμή των 0,05062 €/KWh. Άρα πολλαπλασιάζοντας τα ποσοστά με τις αντίστοιχες τιμές του ρεύματος παράγεται η τελική τιμή εκφρασμένη σε €/KWh:

$$\text{Τιμή Ηλεκτρικού Ρεύματος} = 0,124407572 \text{ €/KWh}$$

Η οικονομική ανάλυση που θα ακολουθήσει έχει χρονική διάρκεια 20 χρόνων. Επομένως, κρίνεται αναγκαίο να προσδιοριστεί η αύξηση της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Για να υπολογιστεί η συγκεκριμένη αύξηση έγινε χρήση των κατευθυντήριων γραμμών 2012/C 115/01 [19] που συνοδεύουν τον κανονισμό 244/2012. Στον πίνακα 6.2 εκτιμάται η εξέλιξη των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 6.2: Εκτιμώμενη μακροπρόθεσμη εξέλιξη των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας μετά από φόρους, σε ευρώ/MWh (έτος αναφοράς 2009)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Μέσος όρος	96	104	110	127	140	146	144
Βιομηχανία	59	71	77	92	101	104	98
Υπηρεσίες	123	124	124	139	152	159	159
Νοικοκυριά	127	133	144	164	180	191	192

Το Δημαρχείο της Ελευσίνας ανήκει στην κατηγορία υπηρεσίες και το έτος βάσης της επένδυσης ορίζεται στο έτος 2015. Βάση του πίνακα 6.2 δημιουργήθηκε ο πίνακας 6.3 που προσδιορίζει το προεξοφλητικό επιτόκιο ανά πενταετία. Για την πενταετία 2030-2035 θα χρησιμοποιηθεί το επιτόκιο που υφίσταται στην προηγούμενη πενταετία. Ακολουθεί ένα αναλυτικό παράδειγμα για τον τρόπο υπολογισμού του επιτοκίου για την πρώτη πενταετία. Ομοίως προσδιορίζεται και για τις επόμενες πενταετίες.

$$139 * \left(\frac{1}{1 + \frac{r}{100}} \right)^5 = 125 \rightarrow \frac{1}{1 + \frac{r}{100}} = \sqrt[5]{\frac{125}{139}} \rightarrow r = 2,31$$

Πίνακας 6.3: Επιτόκιο για την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος ανά πενταετία

Έτος	Χρονική διαφορά από το έτος αναγωγής	Τιμή (€/MWh)	Επιτόκιο
2010	1	124	
2015	6	139	2,31
2020	11	152	2
2025	16	159	1,65
2030	21	159	1,25

Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας περιγράφονται στον πίνακα 6.4 σύμφωνα πάντα με τα επιτόκια του πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.4: Τιμή αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος ανά Kwh

Έτος	Τιμή αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος (€/Kwh)
1	0,126896
2	0,129434
3	0,132022
4	0,134663
5	0,137356
6	0,139622
7	0,141926
8	0,144268
9	0,146648
10	0,149068
11	0,150931
12	0,152818
13	0,154728
14	0,156662
15	0,158621
16	0,160603
17	0,162611
18	0,164644
19	0,166702
20	0,168785

Υπολειμματική αξία

Υπολειμματική αξία έχουν τόσο τα συστήματα θέρμανσης, όσο και τα δομικά υλικά όπως η θερμομόνωση και τα παράθυρα. Παρόλα αυτά για τα συστήματα θέρμανσης δεν λαμβάνεται υπόψιν η συγκεκριμένη αξία, καθώς η διάρκεια ζωής των συστημάτων (περίπου 20 χρόνια) συμπίπτει με τη διάρκεια υπολογισμού. Όπως επίσης για τα φωτιστικά τύπου LED και για της ταινίας SIGA TAPE, δεν υφίσταται υπολειμματική αξία επειδή το προσδόκιμο ζωής τους είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της διάρκειας επένδυσης (20 χρόνια). Επομένως, για την τοποθέτηση θερμομόνωσης ενδιαφέρει ιδιαίτερα η διάρκεια ζωής της κάθε μόνωσης. Αυτή φαίνεται στον πίνακα 6.5 [21].

Πίνακας 6.5: Διάρκεια ζωής διάφορων θερμομονώσεων [21]

Υλικά	Πυκνότητα ρ [kg/m ³]	Συντελεστής αγωγιμότητας λ [W/m ² K]	Ωφέλιμη διάρκεια ζωής [έτη]	Χρήση
Διογκωμένη Πολυστερίνη	15 - 30	0,4	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Εξηλασμένη πολυστερίνη	25 - 35	0,28 – 0,32	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία,
Σκληρές πλάκες πολυουρεθάνης	30 - 35	0,25 – 0,30	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία,
Αφρός πολυουρεθάνης	35 - 50	0,30 – 0,35	30 - 50	Σε όλα τα στοιχεία και ειδικότερα σε αυτά καμπύλης γεωμετρίας
Υαλοβάμβακας	18 - 40	0,35 – 0,5	30 – 50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για θερμομόνωση - ηχομόνωση
Πετροβάμβακας	30 - 150	0,35 – 0,5	30 – 50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, βιομηχανικές εγκαταστάσεις θερμομόνωση - ηχομόνωση
Ξυλόμαλλο	360 - 570	0,90	75 - 100	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για εξωτερική θερμομόνωση, φέρουσες κατασκευές
Σύνθετες Πλάκες Ξυλόμαλλου πολυστερίνης κ Ξυλόμαλλου πετροβάμβακα		0,40 – 0,45	50 - 75	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για εξωτερική θερμομόνωση, φέρουσες κατασκευές
Φελλός	120 – 200	0,45 – 0,55	50 - 80	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Αφρώδες γυαλί	100 – 150	0,45 – 0,5	50 - 80	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για χώρους που δέχονται αυξημένα φορτία, Parking και Parking βαρέων οχημάτων

Ο πίνακας 6.5 παρουσιάζει την διάρκεια ζωής μόνο των μονώσεων και όχι όλων των υλικών σύνθεσης της εξωτερικής θερμομόνωσης (κόλλα, μόνωση, πλέγμα στήριξης, αρχική πάστα σοβά, τελική στρώση επιχρίσματος). Όμως με την προσθήκη υλικών η συνολική διάρκεια ζωής της σύνθεσης μειώνεται, καθώς αυξάνεται ο κίνδυνος για την καταστροφή κάποιου επιμέρους δομικού υλικού. Η διάρκεια ζωής που επιλέγεται για τη τοποθέτηση των θερμομονώσεων είναι:

Διάρκεια ζωής θερμομόνωσης = 40 έτη

Για τη διάρκεια ζωής των παραθύρων πραγματοποιήθηκε η χρήση του πίνακα 6.6 από το CEN/TC 228 N565 [20] . Η διάρκεια ζωής που επιλέγεται για τη τοποθέτηση των παραθύρων είναι:

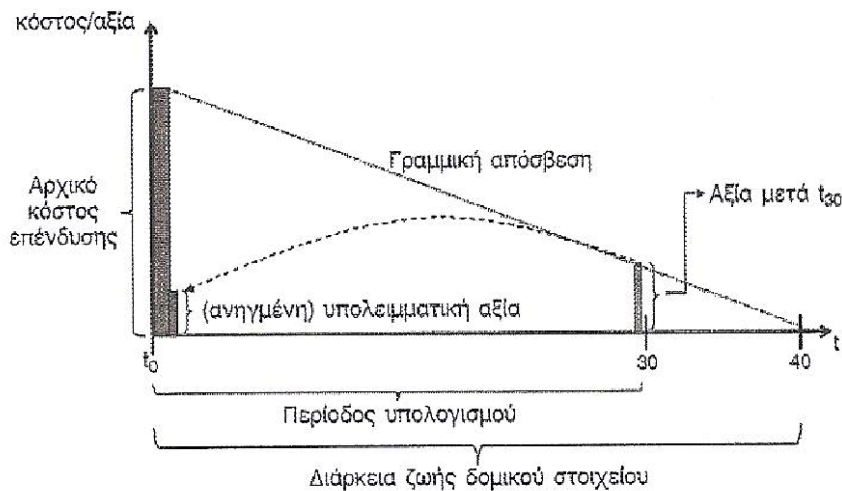
Διάρκεια ζωής παραθύρων = 30 έτη

Πίνακας 6.6: Διάρκεια ζωής διάφορων δοκιμών υλικών

Building construction		Identification	Number of units	Total cost including VAT	Lifespan
	Walls	Concrete Bricks	89	3083	Building
		External cover	89	1558	Building
		Insulation TH 38 8+1	89	1720	Building
	Glazing and doors	Insulating windows 4/12/4	12,8	2451	30

Επομένως για τον υπολογισμό της υπολειμματικής αξίας αφενός είναι αναγκαία η γνώση της διάρκειας ζωής της θερμομόνωσης και των παραθύρων και αφετέρου πρέπει γίνει η παραδοχή γραμμικής απόσβεσης, όπως ορίζεται ο κανονισμός 244/2012 [18]. Συγκεκριμένα ορίζεται το εξής:

Έστω διάρκεια υπολογισμών 30 έτη και διάρκεια ζωής του δομικού υλικού 40 χρόνια, δηλαδή μεγαλύτερη από την περίοδο υπολογισμού. Τότε για την υπολειμματική αξία του δομικού ισχύουν τα εξής όπως φαίνονται και στο διάγραμμα 6.1.



Διάγραμμα 6.1: Υπολογισμός υπολειμματικής αξίας δομικού υλικού με διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από την περίοδο υπολογισμού του κτιρίου

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.1, η διάρκεια ζωής του δομικού είναι 40 έτη, ενώ η περίοδος υπολογισμού 30. Άρα θεωρώντας γραμμική απόσβεση, η υπολειμματική αξία του δομικού μετά από 30 έτη είναι το 25 % του αρχικού κόστους επένδυσης (προκύπτει από ομοιότητα τριγώνων εφόσον θεωρείται γραμμική απόσβεση). Ανάγοντας την τιμή αυτή στην αρχή της περιόδου μέσω του συντελεστή προεξόφλησης, προκύπτει η υπολειμματική αξία του δομικού υλικού στην αρχή της επένδυσης.

Ακολουθώντας με το ίδιο σκεπτικό και για τα δεδομένα της παρούσας μελέτης όπου:

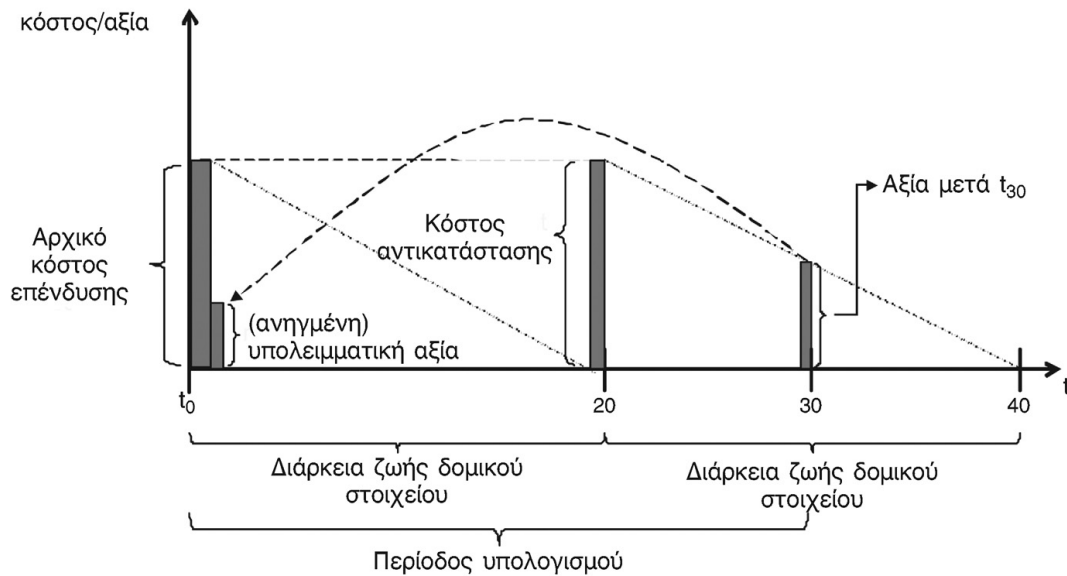
- Περίοδος υπολογισμού 20 έτη
- Διάρκεια ζωής θερμομονώσεων 40 έτη
- Διάρκεια ζωής παραθύρων = 30 έτη

Υπολογίζεται (πάλι με ομοιότητα τριγώνων εφόσον θεωρείται γραμμική απόσβεση):

Υπολειμματική αξία θερμομόνωσης = 50 % αρχικής επένδυσης

Υπολειμματική αξία παραθύρων = 33,3% αρχικής επένδυσης

Για τα υλικά των οποίων η διάρκεια ζωής τους είναι μικρότερη από την διάρκεια της περιόδου υπολογισμού η υπολειμματική αξία υπολογίζεται όπως εμφανίζεται στο διάγραμμα 6.2.

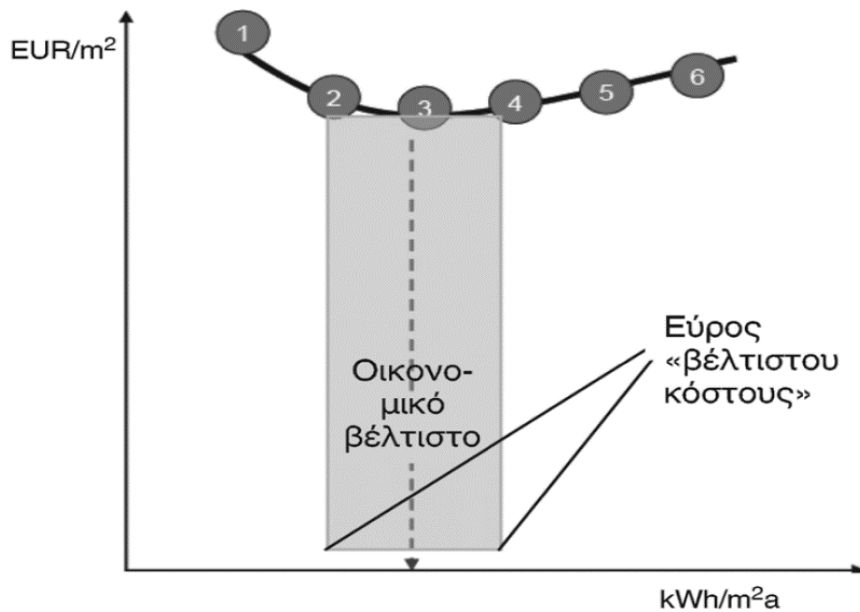


Διάγραμμα 6.2: Υπολογισμός υπολειμματικής αξίας δομικού υλικού με διάρκεια ζωής μικρότερη από την περίοδο υπολογισμού του κτιρίου

Αφού υπολογιστεί το κόστος αυτό, το επόμενο βήμα είναι να εκφραστεί σε παρούσα αξία μέσω του συντελεστή προεξόφλησης. Το κόστος αυτό όπως φαίνεται και στην έκφραση του συνολικού κόστους στην αρχή της παραγράφου αφαιρείται από το αρχικό κόστος επένδυσης.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης των σεναρίων εξοικονόμησης πρέπει να έχουν συγκεκριμένη μορφή ώστε να συγκριθεί άμεσα το κατά πόσο μια λύση είναι συμφέρουσα έναντι μιας άλλης. Οι δυο βασικοί παράμετροι είναι η κατανάλωση ενέργειας και το συνολικό κόστος. Σύμφωνα με τον κανονισμό 244/2012 [18], τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής μελέτης πρέπει να εκφράζονται διαγραμματικά και να έχουν την εξής μορφή όπως στο διάγραμμα 6.3.



Διάγραμμα 6.3: Διάγραμμα υπολογισμού βέλτιστου κόστους κατά 244/2012

Όπου στον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανηγμένη ανά τετραγωνικό μέτρο ωφέλιμης επιφάνειας (θερμαινόμενης) του κτιρίου ανά έτος και στον κατακόρυφο άξονα απεικονίζεται το συνολικό κόστος κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ανηγμένο και αυτό ανά τετραγωνικό μέτρο ωφέλιμης επιφάνειας. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η μορφή της καμπύλης διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την σύγκριση όλων των μέτρων (ή δεσμών μέτρων). Προφανώς στα σημεία που η καμπύλη παρουσιάζει ελάχιστο, θα βρίσκεται το οικονομικό βέλτιστο σενάριο όπου είναι και το ζητούμενο.

Κόστος διάθεσης

Το κόστος διάθεσης (disposal cost) υπολογίζεται τόσο για τα συστήματα θέρμανσης, όσο και για τα δομικά υλικά (τοποθέτηση θερμομόνωσης, παράθυρα PVC), και εκφράζεται ως ποσοστό της αρχικής επένδυσης. Το ποσοστό επί της αρχικής επένδυσης συνήθως φτάνει μέχρι και το 30 %. Στην παρούσα μελέτη τα κόστη διάθεσης και σε συνεργασία με την εταιρία ΘΕΡΜΟΓΚΑΖ Α.Ε [22] και Tsitsos [13]., όπου εκτελεί συχνότατα τέτοιου είδους έργα, επιλέχθηκαν τα εξής ποσοστά επί της αρχικής επένδυσης για τα εν λόγω κόστη διάθεσης:

Κόστος διάθεσης αντλιών θερμότητας = 15% αρχικής επένδυσης

Κόστος διάθεσης θερμομόνωσης = 20% αρχικής επένδυσης

Κόστος διάθεσης παραθύρων = 20% αρχικής επένδυσης

Αφού υπολογιστούν αυτά τα κόστη που μόλις αναφέρθηκαν, το επόμενο βήμα είναι να εκφραστούν σε παρούσα αξία μέσω του συντελεστή προεξόφλησης. Αυτά τα κόστη, όπως φαίνεται και στην έκφραση του συνολικού κόστους στην αρχή της παραγράφου, προστίθεται στο αρχικό κόστος επένδυσης.

6.2. Οικονομική αξιολόγηση σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας

Με την οικονομική μέθοδο που περιεγράφηκε λεπτομερώς στην παράγραφο 6.1 θα δειξαχθεί οικονομική αξιολόγηση των 33 σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας και θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματά τους. Για τον προσδιορισμό του κόστους της κάθε επένδυσης πραγματοποιήθηκε χρήση οικονομικών προσφορών για τα παράθυρα (εταιρία Ergon [23]), για την μόνωση (εταιρία artdourios [24]), για τις αντλίες (εταιρία Tsitsos [13]) καθώς και διαφόρων ιστοσελίδων, όπως αναγράφονται στην βιβλιογραφία.

Κρίνεται αναγκαίο να υπενθυμιστεί στο σημείο αυτό ότι, τα πρώτα 17 σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας δεν εμπεριέχουν τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους του Δημαρχείου της Ελευσίνας.

6.2.1. Νέες αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.7 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 6.7: Εξοπλισμός σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο Galletti 2015

Μοντέλο	MPE-H T69
Ψυκτική ικανότητα	68,5 kW
Θερμική ικανότητα	77 kW
Τιμή καταλόγου	21500 € (+ΦΠΑ)

Σε συνεργασία με την τεχνική εταιρία ‘Tsitsos [13]’ που πραγματοποιεί τέτοιου είδους έργα ορίστηκε το ποσοστό της έκπτωσης στο 45% στις τιμές καταλόγου. Επειδή στο κτίριο που μελετάται στην παρούσα εργασία χρειάζονται τρεις αντλίες θερμότητας, εμφανίζεται ακόμα μία έκπτωση 5% στην ήδη μειωμένη τιμή. Στο αρχικό κόστος επένδυσης η τιμή αγοράς του εξοπλισμού εισέρχεται αφού πρώτα έχει προστεθεί το ΦΠΑ 23%.

$$\text{Κόστος εξοπλισμού: } 3 * 0,55 * 21500 * 0,95 * 1,23 = \mathbf{41452,54 \text{ €}}$$

Για την εγκατάσταση των αντλιών θερμότητας το κόστος ορίστηκε στα 500 € ανά αντλία όπως επίσης και το κόστος συντήρησης στα 100 € ανά αντλία θερμότητας. Το τελευταίο κόστος αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης.

Το κόστος διάθεσης για τα προαναφερθέντα συστήματα ορίζεται στο 15% της αρχικής επένδυσης και ύστερα αναπροσαρμόζεται σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Τέλος, υπολειμματική αξία δεν υφίσταται διότι το προσδόκιμο ζωής των αντλιών θερμότητας ισούται με την χρονική διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης δηλαδή τα 20 χρόνια.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.8 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **197.246,04 KWh** και ο πίνακας 6.9 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.8: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	23453,4
2	22145,29
3	20910,23
4	19744,14
5	18643,16
6	17543,9
7	16509,49
8	15536,12
9	14620,18
10	13758,27
11	12896,77
12	12089,23
13	11332,28
14	10622,73
15	9957,631
16	9334,185
17	8749,785
18	8201,985
19	7688,492
20	7207,156
Συνολικό κόστος	280.944,44

Πίνακας 6.9: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Κόστος εξοπλισμού	41452,50
Κόστος εγκατάστασης	1500,00
Κόστος διάθεσης	1334,03
Μεταβλητό κόστος	280944,44
Υπολειμματική αξία	-0,00
Συνολικό κόστος	325.230,98€

6.2.2. Νέα παράθυρα PVC

Ο προσδιορισμός του κόστους των κουφωμάτων PVC πραγματοποιήθηκε βάση προσφοράς της εταιρίας 'Ergon [24]'. Το κόστος αγοράς ισούται με 243,1 €/m² με το ΦΠΑ αφού πρώτα έχει πραγματοποιηθεί μια έκπτωση της τάξεως του 15%. Το Δημαρχείο της Ελευσίνας αποτελείται από 385,21 m² παράθυρα προσδιορίζοντας επομένως το κόστος αγοράς στα 93644,55 €.

Το κόστος διάθεσης ορίζεται στο 20% της αρχικής επένδυσης και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Η υπολειμματική αξία ισούται με το 33,3% της αρχικής επένδυσης επειδή το προσδόκιμο ζωής των κουφωμάτων είναι 30 χρόνια, δηλαδή 10 χρόνια παραπάνω από την χρονική διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης. Η αξία συγκεκριμένη αξία, αφού πρώτα αναπροσαρμοστεί με τον συντελεστή προεξόφλησης, αφαιρείται από το συνολικό κόστος.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.10 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **230.040,59 KWh** και ο πίνακας 6.11 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.10: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	27028,90654
2	25527,30063
3	24109,11726
4	22769,72185
5	21504,73731
6	20240,3384
7	19050,28147
8	17930,19547
9	16875,96639
10	15883,72207
11	14890,98944
12	13960,3026
13	13087,78369
14	12269,79721
15	11502,93488
16	10784,00145
17	10110,00136
18	9478,126274
19	8885,743382
20	8330,384421
Συνολικό κόστος	324.220,35

Πίνακας 6.11: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Κόστος εξοπλισμού	93644,60
Κόστος εγκατάστασης	5200,00
Κόστος διάθεσης	4018,25
Μεταβλητό κόστος	324220,35
Υπολειμματική αξία	-6630,12
Συνολικό κόστος	420.453,04 €

6.2.3. LED στον εξωτερικό φωτισμό

Για το κόστος αγοράς των εξωτερικών φώτων έγινε χρήση διαφόρων ιστοσελίδων, όπως προσδιορίζονται στην βιβλιογραφία. Τα φωτιστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν έχουν προσδόκιμο ζωής 50000 ώρες λειτουργίας που αντιστοιχεί σε 10 χρόνια. Η συγκεκριμένη χρονική διάρκεια είναι μικρότερη από την περίοδο της εικοσαετίας οδηγώντας επομένως στην αναγκαστική επαναγορά ύστερα από 10 χρόνια. Άρα, στον εντέκατο χρόνο του μεταβλητού κόστους θα προστεθεί και το κόστος αγοράς μαζί με το κόστος τοποθέτησης προσαρμοσμένο πάντα σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Η περιγραφόμενη διαδικασία εξηγεί και το παράδοξο του πίνακα 6.12 που παρόλο το μεταβλητό κόστος από έτος σε έτος μειώνεται από το δέκατο έτος στο εντέκατο αυξάνεται.

Κόστος διάθεσης στα φωτιστικά στοιχεία δεν υφίσταται όπως επίσης δεν υπάρχει υπολειμματική αξία διότι το τέλος της διάρκειας ζωής της δεύτερης παρτίδας φωτιστικών στοιχείων συμπίπτει με το τέλος της χρονικής διάρκειας της οικονομικής μελέτης

Ακολουθεί ο πίνακας 6.12 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **211.346,67 KWh** και ο πίνακας 6.13 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.12: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	24832,44
2	23452,86
3	22149,92
4	20919,37
5	19757,18
6	18595,53
7	17502,18
8	16473,12
9	15504,56
10	14592,95
11	15952,34
12	12825,84
13	12024,22
14	11272,71
15	10568,16
16	9907,653
17	9288,424
18	8707,898
19	8163,654
20	7653,426
Συνολικό κόστος	300.144,43

Πίνακας 6.13: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Κόστος εξοπλισμού	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	400,00
Κόστος διάθεσης	0,00
Μεταβλητό κόστος	300144,43
Υπολειμματική αξία	-0,00
Συνολικό κόστος	305.440,63 €

6.2.4. Χρήση SIGA TAPE

Στον τρέχον σενάριο μελετάται η τοποθέτηση της ταινία SIGA TAPE περιμετρικά των αλουμινίων. Η συγκεκριμένη ταινία είναι το μοντέλο wiglun 20_40 της Ελβετικής εταιρίας SIGA. Η ταινία παράγεται σε ρολλά μήκους 25 μέτρων με κόστος 23,88€ ανά ρολό αφού πρώτα έχει εισαχθεί μία έκπτωση της τάξεως του 20% στην τιμή καταλόγου.

Το δημαρχείο της Ελευσίνας έχει περίμετρο κουφωμάτων 466,07 m επόμενος χρειάζονται 19 ρολλά για να καλυφθεί το συγκεκριμένο μήκος με κόστος 567,15 € περιλαμβανομένου ΦΠΑ. Το κοστοβόρο στην όλη διαδικασία αποτελεί η τοποθέτησή της με κόστος που ανέρχεται στα 4000,00 €.

Η εταιρία SIGA έχει εργαστηριακά παραδείγματα που η διάρκεια ζωής της ταινίας ξεπερνάει τα 20 χρόνια χωρίς να αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά της. Στις οικονομικές αξιολογήσεις που θα ακολουθήσουν θεωρείται το προσδόκιμο ζωής της ταινίας 20 χρόνια, δεδομένο που οδηγεί σε υπολειμματική αξία ίση με το 0. Το κόστος διάθεσης θεωρείται μηδέν.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.14 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **257.562,67 KWh** και ο πίνακας 6.15 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.14: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	30262,63
2	28581,38
3	26993,52
4	25493,88
5	24077,55
6	22661,88
7	21329,45
8	20075,36
9	18895
10	17784,04
11	16672,54
12	15630,51
13	14653,6
14	13737,75
15	12879,14
16	12074,19
17	11319,56
18	10612,08
19	9948,83
20	9327,028
Συνολικό κόστος	363.009,93

Πίνακας 6.15: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Κόστος εξοπλισμού	453,72
Κόστος εγκατάστασης	4000,00
Κόστος διάθεσης	0,00
Μεταβλητό κόστος	363009,93
Υπολειμματική αξία	-0,00
Συνολικό κόστος	367.463,65 €

6.2.5. Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.

Το παρόν σενάριο συνδυάζει δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Αρχικά τοποθετούνται κουφώματα PVC και στη συνέχεια εγκαθίστανται και 3 νέες αντλίες θερμότητας. Τα κόστη των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο στο κεφάλαιο 6.2.3. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για τις αντλίες θερμότητας καθώς διαφοροποιείται το μοντέλο τους. Οι εκπτώσεις στους εξοπλισμούς και ο τρόπος υπολογισμού των διαφόρων κοστών (διάθεσης και συντήρησης) ορίστηκαν στα κεφάλαια 6.2.3 και 6.2.1.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.16 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Μοντέλο	MPE-H T45
Ψυκτική ικανότητα	43,66 kW
Θερμική ικανότητα	52,72 kW
Τιμή καταλόγου	17612 € (+ΦΠΑ)

Πίνακας 6.16: Εξοπλισμός σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο Galletti 2015

Ακολουθεί ο πίνακας 6.17 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **183.298,49 KWh** και ο πίνακας 6.18 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.17: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	21814,57
2	20597,5
3	19448,43
4	18363,56
5	17339,27
6	16316,67
7	15354,42
8	14448,96
9	13596,94
10	12795,2
11	11993,89
12	11242,78
13	10538,73
14	9878,784
15	9260,178
16	8680,322
17	8136,788
18	7627,301
19	7149,725
20	6702,063
Συνολικό κόστος	261.286,10

Πίνακας 6.18: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	93644,60
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00
Κόστος διάθεσης	1092,80	4018,25
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12
Μεταβλητό κόστος	261286,10	
Συνολικό κόστος	394.068,02 €	

6.2.6. Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Το συγκεκριμένο σενάριο συνδυάζει δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Αποτελεί ένα συνδυασμό του κεφαλαίου 6.2.1 και του 6.2.3. Τα κόστη παραμένουν όπως περιεγράφηκαν στα συγκεκριμένα κεφάλαια. Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί ότι στο 11^ο έτος της οικονομικής μελέτης θα επανεγκατασταθούν τα φωτιστικά στοιχεία τύπου LED διότι το προσδόκιμο ζωής τους είναι 10 χρόνια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.7 (σελίδα 184) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.19 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **143.388,73 KWh** και ο πίνακας 6.20 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.19: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	17125,41746
2	16168,86135
3	15265,82828
4	14413,31653
5	13608,49322
6	12805,24488
7	12049,45563
8	11338,31794
9	10669,19061
10	10039,58891
11	11681,95569
12	8820,860469
13	8268,177822
14	7750,139979
15	7264,574074
16	6809,443605
17	6382,839872
18	5982,973946
19	5608,169154
20	5256,854026
Συνολικό κόστος	207.309,70

Πίνακας 6.20: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	LED
Κόστος εξοπλισμού	41452,50	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1334,03	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	207309,70	
Συνολικό κόστος	256.892,44 €	

6.2.7. Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE

Στο παρόν σενάριο εξοικονόμησης χρησιμοποιείται η αεροστεγανωτική ταινία SIGA TAPE και στη συνέχεια, σύμφωνα με τις ανάγκες του κτιρίου, επιλέγονται οι αντλίες θερμότητας. Τα κόστη των δύο συγκεκριμένων σεναρίων περιγράφηκαν λεπτομερώς στα κεφάλαια 6.2.1 και 6.2.4.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6. 7 (σελίδα 184) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.21 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **193.812,20 KWh** και ο πίνακας 6.22 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.21: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	23049,92
2	21764,23
3	20550,34
4	19404,24
5	18322,15
6	17241,75
7	16225,11
8	15268,46
9	14368,26
10	13521,16
11	12674,48
12	11880,84
13	11136,91
14	10439,57
15	9785,918
16	9173,204
17	8598,865
18	8060,497
19	7555,847
20	7082,802
Συνολικό κόστος	276.104,55

Πίνακας 6.22: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	41452,5	453,72
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	4000,00
Κόστος διάθεσης	1334,04	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	276104,55	
Συνολικό κόστος	324.844,81 €	

6.2.8. Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο τρέχον σενάριο εξετάζονται δύο σενάρια που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα είναι σαν να εξετάζονται τα κεφάλαια 6.2.2 και 6.2.3 ταυτόχρονα. Επομένως, τα κόστη που ορίστηκαν στα προαναφερθέντα κεφάλαια παραμένουν ίδια. Στο μεταβλητό κόστος από το 10^ο στο 11^ο έτος παρατηρείται αύξηση του ποσού παρόλο που αναμενόταν μείωση. Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση οφείλεται στην ανάγκη επανατοποθέτησης καινούργιων φωτιστικών στοιχείων LED.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.23 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **176.183,28 KWh** και ο πίνακας 6.24 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.23: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	20700,8
2	19550,76
3	18464,61
4	17438,8
5	16469,97
6	15501,6
7	14590,16
8	13732,32
9	12924,91
10	12164,97
11	13676,11
12	10691,87
13	10023,63
14	9397,15
15	8809,828
16	8259,213
17	7743,013
18	7259,074
19	6805,382
20	6380,046
Συνολικό κόστος	250.584,20

Πίνακας 6.24: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	PVC	LED
Κόστος εξοπλισμού	93644,60	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	5200,00	400,00
Κόστος διάθεσης	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	250584,20	
Συνολικό κόστος	352.113,14 €	

6.2.9. Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν σενάριο αποτελεί συνδυασμό των σεναρίων που περιγράφονται στα κεφάλαια 6.2.2 και 6.2.4. Συνεπώς, τα διάφορα κόστη του κάθε σεναρίου παραμένουν ίδια με συγκεκριμένα κεφάλαια. Η μόνη διαφοροποίηση έγκειται στο κόστος τοποθέτησης διότι όταν τοποθετηθούν τα PVC μπορεί να εισαχθεί και η ταινία SIGA TAPE με πολύ μικρότερο κόστος.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.25 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **220.477,71 kWh** και ο πίνακας 6.26 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.25: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	25905,29
2	24466,11
3	23106,88
4	21823,17
5	20610,77
6	19398,93
7	18258,35
8	17184,82
9	16174,42
10	15223,42
11	14271,96
12	13379,96
13	12543,71
14	11759,73
15	11024,75
16	10335,7
17	9689,72
18	9084,113
19	8516,355
20	7984,083
Συνολικό κόστος	310.742,23

Πίνακας 6.26: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	PVC	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	93644,60	453,72
Κόστος εγκατάστασης	5200,00	800,00
Κόστος διάθεσης	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	310742,23	
Συνολικό κόστος	408.228,69 €	

6.2.10. LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση ταινίας SIGA TAPE

Στο τρέχον σενάριο εξετάζονται δύο σενάρια που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Πιο σαφώς διατυπωμένα, είναι σαν να εξετάζονται τα κεφάλαια 6.2.3 και 6.2.4 ταυτόχρονα. Επομένως, τα κόστη που ορίστηκαν σε αυτά τα κεφάλαια παραμένουν ίδια. Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί ότι στο 11^ο έτος της οικονομικής μελέτης θα επανεγκατασταθούν τα φωτιστικά στοιχεία τύπου LED διότι το προσδόκιμο ζωής τους είναι 10 χρόνια.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.27 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **203.705,36 KWh** και ο πίνακας 6.28 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.27: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	23934,53
2	22604,83
3	21349,01
4	20162,95
5	19042,79
6	17923,14
7	16869,33
8	15877,48
9	14943,94
10	14065,29
11	15457,66
12	12362,07
13	11589,44
14	10865,1
15	10186,03
16	9549,406
17	8952,569
18	8393,033
19	7868,468
20	7376,689
Συνολικό κόστος	289.373,78

Πίνακας 6.28: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	LED	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	4896,20	453,72
Κόστος εγκατάστασης	400,00	4000,00
Κόστος διάθεσης	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	289373,78	
Συνολικό κόστος	299.123,70 €	

6.2.11. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο τρέχον σενάριο εφαρμόζονται πρώτα η τροποποίηση των PVC και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο της αντλίας θερμότητας ενώ η χρήση LED δεν επηρεάζει τις άλλες 2 βελτιώσεις. Εν ολίγοις, είναι σαν να υφίστανται ταυτόχρονα τα σενάρια 6.2.5 και 6.2.3. Τα κόστη τους περιγράφονται λεπτομερειακά στα συγκεκριμένα κεφάλαια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.16 (σελίδα 191) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.29 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **129.441,18 KWh** και ο πίνακας 6.30 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.29: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	15486,58
2	14621,07
3	13804,03
4	13032,73
5	12304,6
6	11578,02
7	10894,39
8	10251,16
9	9645,956
10	9076,516
11	10779,08
12	7974,41
13	7474,631
14	7006,189
15	6567,12
16	6155,581
17	5769,843
18	5408,29
19	5069,403
20	4751,761
Συνολικό κόστος	187.651,36

Πίνακας 6.30: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	LED
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	93644,60	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1092,79	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	187651,36		
Συνολικό κόστος	325.729,49 €		

6.2.12. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και χρήση της SIGA TAPE.

Το συγκεκριμένο σενάριο περιλαμβάνει τρεις παρεμβάσεις στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Αρχικά τοποθετούνται τα νέα παράθυρα PVC μαζί με την SIGA TAPE περιμετρικά τους και στη συνέχεια επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο για τις αντλίες θερμότητας που εξυπηρετεί τις θερμικές και ψυχτικές ανάγκες του νέου κελύφους. Επειδή η SIGA TAPE τοποθετείται μαζί με τα παράθυρα, το κόστος τοποθέτησης είναι αρκετά μικρότερο.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti και στον πίνακα 6.16 (σελίδα 191) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.31 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **178211,36 KWh** και ο πίνακας 6.32 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.31: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	21216,86
2	20033,01
3	18915,3
4	17860,04
5	16863,73
6	15869,09
7	14933,15
8	14052,47
9	13223,76
10	12443,96
11	11664,6
12	10934,07
13	10249,32
14	9607,456
15	9005,808
16	8441,85
17	7913,221
18	7417,707
19	6953,231
20	6517,849
Συνολικό κόστος	254.116,47

Πίνακας 6.32: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	93644,60	453,70
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	800,00
Κόστος διάθεσης	1092,79	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	254116,47		
Συνολικό κόστος	388.152,11 €		

6.2.13. 6.2.13.Νέες αντλίες θερμότητας,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.

Από τα σενάρια με τρεις παρεμβάσεις το παρόν έχει τις βέλτιστες ενεργειακές ανάγκες. Αποτελεί ένα συνδυασμό των σεναρίων που περιγράφονται στο κεφάλαιο 6.2.7 και 6.2.3.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.16 (σελίδα 191) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.33 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **139.954,89 KWh** και ο πίνακας 6.3 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.33: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	16721,94
2	15787,8
3	14905,93
4	14073,42
5	13287,48
6	12503,1
7	11765,08
8	11070,66
9	10417,27
10	9802,48
11	11459,67
12	8612,464
13	8072,806
14	7566,979
15	7092,861
16	6648,462
17	6231,92
18	5841,487
19	5475,525
20	5132,5
Συνολικό κόστος	202.469,82

Πίνακας 6.34: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	SIGA TAPE	LED
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	453,72	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	4000,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1334,03	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	202469,82		
Συνολικό κόστος	256.506,27 €		

6.2.14. Νέα παράθυρα PVC,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE

Το τρέχον σενάριο τμηματοποιείται σε 2 σενάρια τα οποία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Τα PVC τοποθετούνται ταυτόχρονα με την SIGA TAPE με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων για την τοποθέτησή τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.35 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **166.620,40 KWh** και ο πίνακας 6.36 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.35: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	19577,19
2	18489,57
3	17462,37
4	16492,24
5	15576
6	14660,19
7	13798,23
8	12986,94
9	12223,36
10	11504,67
11	13057,08
12	10111,53
13	9479,556
14	8887,084
15	8331,641
16	7810,913
17	7322,731
18	6865,061
19	6435,994
20	6033,745
Συνολικό κόστος	237.106,09

Πίνακας 6.36: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	LED	PVC	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	4896,20	93644,60	453,72
Κόστος εγκατάστασης	400,00	5200,00	800,00
Κόστος διάθεσης	0,00	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	237106,09		
Συνολικό κόστος	339.888,74 €		

6.2.15. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.

Αποτελεί το μοναδικό σενάριο που εξετάζονται 4 μορφές παρέμβασης στα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους. Αρχικά εγκαθίστανται τα PVC και η SIGA TAPE και έπειτα επιλέγεται η κατάλληλη αντλία σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες του κτιρίου.

Τα LED στον εξωτερικό φωτισμό τοποθετούνται στην αρχή της επένδυσης και κατά ανάγκη επανατοποθετούνται στις αρχές του εντέκατου λόγω του προσδόκιμου ζωής τους που ισούται με 10 χρόνια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.16 (σελίδα 191) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.37 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **124.354,05 KWh** και ο πίνακας 6.38 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.37: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	14888,88
2	14056,58
3	13270,89
4	12529,21
5	11829,06
6	11130,44
7	10473,12
8	9854,664
9	9272,77
10	8725,273
11	10449,78
12	7665,7
13	7185,215
14	6734,862
15	6312,751
16	5917,109
17	5546,276
18	5198,696
19	4872,908
20	4567,547
Συνολικό κόστος	180.481,73

Πίνακας 6.38: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	LED	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	93644,60	4896,20	453,72
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	400,00	800,00
Κόστος διάθεσης	1334,03	4018,25	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	180481,73			
Συνολικό κόστος	319.813,58 €			

6.2.16. LED στον εσωτερικό φωτισμό

Εξαιτίας της μεγάλης μείωσης της κατανάλωσης ρεύματος που παρατηρήθηκε με την χρήση LED στον εξωτερικό φωτισμό, υπήρξε ανάγκη δημιουργίας ενός σεναρίου με την χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στον εσωτερικό φωτισμό.

Έπεται ο πίνακας 6.39 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **257.584,01 KWh** και ο πίνακας 6.40 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το παρόν σενάριο.

Πίνακας 6.39: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	30265,1
2	28583,71
3	26995,72
4	25495,96
5	24079,52
6	22663,73
7	21331,19
8	20076,99
9	18896,54
10	17785,49
11	16673,9
12	15631,78
13	14654,79
14	13738,87
15	12880,19
16	12075,18
17	11320,48
18	10612,95
19	9949,641
20	9327,788
Συνολικό κόστος	363.039,52

Πίνακας 6.40: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	LED στον εσωτερικό φωτισμό
Κόστος εξοπλισμού	7605,56
Κόστος εγκατάστασης	700,00
Κόστος διάθεσης	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00
Μεταβλητό κόστος	363039,52
Συνολικό κόστος	371.345,08 €

6.2.17. 6.2.17.Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, χρήση της SIGA TAPE και LED στον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό.

Αποτελεί το βέλτιστο σενάριο από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας. Συνοπτικά είναι ένας συνδυασμός του σεναρίου που περιγράφεται στο κεφάλαιο 6.2.15 και του σεναρίου στο κεφάλαιο 6.2.16.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.16 (σελίδα 191) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.41 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **116.734,03 KWh** και ο πίνακας 6.42 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.41: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	14132,1
2	13339,26
3	12591,05
4	11884,93
5	11218,53
6	10554,25
7	9929,362
8	9341,541
9	8788,579
10	8268,404
11	7749,216
12	7262,656
13	6806,672
14	6379,34
15	5978,858
16	5603,537
17	5251,796
18	4922,151
19	4613,213
20	4323,681
Συνολικό κόστος	168.939,13

Πίνακας 6.42: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	LED	LED2	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	33956,40	93644,60	4896,20	7605,56	453,72
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	400,00	700,00	800,00
Κόστος διάθεσης	1092,79	4018,25	0,00	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	168939,13				
Συνολικό κόστος	316.576,53 €				

6.3. Εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους του Δημαρχείου της Ελευσίνας.

Θα πραγματοποιηθεί οικονομική αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων με την προσθήκη εξωτερικής μόνωσης στους τοίχους. Θα εξεταστεί ακόμα ένα σενάριο με την χρήση μόνο εξωτερικής μόνωσης και καμίας από τις παραπάνω παρεμβάσεις που περιεγράφηκαν. Ακολουθούν τα 16 σενάρια που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο 5.5.

6.3.1. Εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης χωρίς περαιτέρω παρέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου

Το κτίριο διαθέτει 788,462 τετραγωνικά μέτρα εξωτερικής τοιχοποιίας τα οποία δύναται να μονωθούν. Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης της διογκωμένης πολυστερίνης ανέρχεται σε 37,8€/m². Όσον αφορά το κόστος διάθεσης ανέρχεται στο 20% της αρχικής επένδυσης και για να προστεθεί στο συνολικό κόστος της επένδυσης αναπροσαρμόζεται σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης.

Το προσδόκιμο ζωής της εξωτερικής μόνωσης ισούται με 40 χρόνια διάρκεια διπλάσια από την χρονική διάρκεια της μελέτης γεγονός που οδηγεί σε υπολειμματική αξία 50% της αρχικής επένδυσης. Στη συνέχεια το συγκεκριμένο νούμερο αναπροσαρμόζεται από τον συντελεστή προεξόφλησης και αφαιρείται από το συνολικό κόστος της επένδυσης.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.43 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **250.662,20 KWh** και ο πίνακας 6.44 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το παρόν σενάριο.

Πίνακας 6.43: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	29451,79
2	27815,58
3	26270,27
4	24810,81
5	23432,43
6	22054,69
7	20757,96
8	19537,47
9	18388,74
10	17307,55
11	16225,83
12	15211,71
13	14260,98
14	13369,67
15	12534,06
16	11750,69
17	11016,27
18	10327,75
19	9682,266
20	9077,125
Συνολικό κόστος	353.283,64

Πίνακας 6.44: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση
Κόστος εξοπλισμού	29803,86
Κόστος εγκατάστασης	0,00
Κόστος διάθεσης	1278,87
Υπολειμματική αξία	-3197,18
Μεταβλητό κόστος	353283,64
Συνολικό κόστος	381.169,19 €

6.3.2. Νέες αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.45 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 6.45: Εξοπλισμός σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο Galletti 2015

Μοντέλο	MPE-H T54
Ψυκτική ικανότητα	53,5 kW
Θερμική ικανότητα	59,9 kW
Τιμή καταλόγου	19800 € (+ΦΠΑ)

Σε συνεργασία με την τεχνική εταιρία ‘Tsitsos [13]’ που πραγματοποιεί τέτοιου είδους έργα ορίστηκε το ποσοστό της έκπτωσης στο 45% στις τιμές καταλόγου. Επειδή στο κτίριο αυτό χρειάζονται τρεις αντλίες θερμότητας εμφανίζεται ακόμα μία έκπτωση 5% στην ήδη μειωμένη τιμή. Στο αρχικό κόστος επένδυσης η τιμή αγοράς του εξοπλισμού εισέρχεται αφού πρώτα έχει προστεθεί το ΦΠΑ 23%.

Κόστος εξοπλισμού: $3 \cdot 0,55 \cdot 19800 \cdot 0,95 \cdot 1,23 = \mathbf{38174,9 \text{ €}}$

Για την εγκατάσταση των αντλιών θερμότητας το κόστος ορίστηκε στα 500 € ανά αντλία όπως επίσης και το κόστος συντήρησης στα 100 € ανά αντλία θερμότητας. Το τελευταίο κόστος αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης.

Το κόστος διάθεσης για τα συγκεκριμένα συστήματα ορίζεται στο 15% της αρχικής επένδυσης και ύστερα αναπροσαρμόζεται σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Τέλος, υπολειμματική αξία δεν υφίσταται διότι το προσδόκιμο ζωής των αντλιών θερμότητας ισούται με την χρονική διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης δηλαδή τα 20 χρόνια.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.46 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **190.571,45 KWh** και ο πίνακας 6.47 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το παρόν σενάριο.

Πίνακας 6.46: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	22669,35
2	21404,80
3	20210,88
4	19083,64
5	18019,36
6	16956,77
7	15956,88
8	15016,00
9	14130,64
10	13297,52
11	12464,82
12	11684,28
13	10952,63
14	10266,81
15	9623,96
16	9021,36
17	8456,52
18	7927,04
19	7430,74
20	6965,51
Συνολικό κόστος	271.539,50

Πίνακας 6.47: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	Μόνωση
Κόστος εξοπλισμού	38174,90	29803,86
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	0,00
Κόστος διάθεσης	1228,55	1278,87
Υπολειμματική αξία	-0,00	-3197,18
Μεταβλητό κόστος	271539,50	
Συνολικό κόστος	340.328,50 €	

6.3.3. Νέα παράθυρα PVC

Ο προσδιορισμός του κόστους των κουφωμάτων PVC πραγματοποιήθηκε βάση προσφοράς της εταιρίας 'Ergon [24]'. Το κόστος αγοράς ισούται με 243,1 €/m² με το ΦΠΑ αφού πρώτα έχει πραγματοποιηθεί μια έκπτωση της τάξεως του 15%. Το Δημαρχείο της Ελευσίνας αποτελείται από 385,21 m² παράθυρα προσδιορίζοντας έτσι το κόστος αγοράς στα 93644,55 €.

Το κόστος διάθεσης ορίζεται στο 20% της αρχικής επένδυσης και αναπροσαρμόζεται ανά έτος σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Η υπολειμματική αξία ισούται με το 33,3% της αρχικής επένδυσης επειδή το προσδόκιμο ζωής των κουφωμάτων είναι 30 χρόνια, δηλαδή 10 χρόνια παραπάνω από την χρονική διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης. Η προαναφερθείσα αξία αφού πρώτα αναπροσαρμοστεί με τον συντελεστή προεξόφλησης αφαιρείται από το συνολικό κόστος.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.48 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **205.524,87 KWh** και ο πίνακας 6.49 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.48: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	24148,49
2	22806,91
3	21539,86
4	20343,20
5	19213,02
6	18083,37
7	17020,13
8	16019,41
9	15077,53
10	14191,03
11	13304,09
12	12472,58
13	11693,05
14	10962,23
15	10277,09
16	9634,77
17	9032,60
18	8468,06
19	7938,81
20	7442,63
Συνολικό κόστος	289.668,85

Πίνακας 6.49: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	PVC
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	93644,60
Κόστος εγκατάστασης	0,00	5200,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	4018,25
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-6630,12
Μεταβλητό κόστος	289668,85	
Συνολικό κόστος	413.787,14 €	

6.3.4. LED στον εξωτερικό φωτισμό

Για το κόστος αγοράς των εξωτερικών φώτων, εντοπίστηκαν πληροφορίες από διάφορες ιστοσελίδες όπως προσδιορίζονται στην βιβλιογραφία. Τα φωτιστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν έχουν προσδόκιμο ζωής 50000 ώρες λειτουργίας που αντιστοιχεί σε 10 χρόνια.

Η συγκεκριμένη χρονική διάρκεια είναι μικρότερη από την περίοδο της εικοσαετίας οδηγώντας έτσι στην αναγκαστική επαναγορά ύστερα από 10 χρόνια. Επομένως, στον εντέκατο χρόνο του μεταβλητού κόστους θα προστεθεί και το κόστος αγοράς μαζί με το κόστος τοποθέτησης προσαρμοσμένο πάντα σύμφωνα με τον συντελεστή προεξόφλησης. Η περιγραφόμενη διαδικασία εξηγεί και το παράδοξο του πίνακα 6.12 που παρόλο το μεταβλητό κόστος από έτος σε έτος μειώνεται από το δέκατο έτος στο εντέκατο αυξάνεται.

Κόστος διάθεσης στα φωτιστικά στοιχεία δεν υφίσταται όπως επίσης δεν υπάρχει υπολειμματική αξία διότι το τέλος της διάρκειας ζωής της δεύτερης παρτίδας φωτιστικών στοιχείων συμπίπτει με το τέλος της χρονικής διάρκειας της οικονομικής μελέτης

Ακολουθεί ο πίνακας 6.50 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **196.804,05 KWh** και ο πίνακας 6.51 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.50: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	23123,81
2	21839,15
3	20625,87
4	19479,98
5	18397,76
6	17316,04
7	16297,92
8	15339,67
9	14437,75
10	13588,86
11	15011,01
12	11943,34
13	11196,88
14	10497,07
15	9841,01
16	9225,94
17	8649,32
18	8108,74
19	7601,94
20	7126,82
Συνολικό κόστος	279.648,90

Πίνακας 6.51: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	LED
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	4896,86
Κόστος εγκατάστασης	0,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	279648,90	
Συνολικό κόστος	312.830,65 €	

6.3.5. Χρήση SIGA TAPE

Στο ακόλουθο σενάριο μελετάται η τοποθέτηση της ταινίας SIGA TAPE περιμετρικά των αλουμινίων. Η συγκεκριμένη ταινία είναι το μοντέλο wíglun 20_40 της Ελβετικής εταιρίας SIGA. Η ταινία παράγεται σε ρολλά μήκους 25 μέτρων με κόστος 23,88€ ανά ρολό αφού πρώτα έχει εισαχθεί μία έκπτωση της τάξεως του 20% στην τιμή καταλόγου.

Το δημαρχείο της Ελευσίνας έχει περίμετρο κουφωμάτων 466,07 m επόμενος χρειάζονται 19 ρολλά για να καλυφθεί το συγκεκριμένο μήκος με κόστος 567,15 € περιλαμβανομένου ΦΠΑ. Το κοστοβόρο στη όλη διαδικασία αποτελεί η τοποθέτηση της με κόστος που ανέρχεται στα 4000,00 €.

Η εταιρία SIGA έχει εργαστηριακά παραδείγματα που η διάρκεια ζωής της ταινίας ξεπερνάει τα 20 χρόνια χωρίς να αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά της. Στις οικονομικές αξιολογήσεις που θα ακολουθήσουν θεωρείται το προσδόκιμο ζωής της ταινίας 20 χρόνια, δεδομένο που οδηγεί σε υπολειμματική αξία ίση με το 0. Το κόστος διάθεσης θεωρείται μηδέν.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.52 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **244.654,63 KWh** και ο πίνακας 6.53 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.52: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	28745,99
2	27148,99
3	25640,72
4	24216,23
5	22870,89
6	21526,16
7	20260,50
8	19069,26
9	17948,06
10	16892,78
11	15836,98
12	14847,17
13	13919,22
14	13049,27
15	12233,69
16	11469,09
17	10752,27
18	10080,25
19	9450,24
20	8859,60
Συνολικό κόστος	344.817,36

Πίνακας 6.53: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	453,72
Κόστος εγκατάστασης	0,00	4000,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	344817,36	
Συνολικό κόστος	377.156,63 €	

6.3.6. Νέες αντλίες θερμότητας και νέα παράθυρα PVC.

Το παρόν σενάριο συνδυάζει δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Αρχικά τοποθετούνται κουφώματα PVC και στην συνέχεια εγκαθίστανται και 3 νέες αντλίες θερμότητας. Τα κόστη των PVC παραμένουν τα ίδια με το σενάριο στο κεφάλαιο 6.2.3. Ωστόσο δεν ισχύει το ίδιο για τις αντλίες θερμότητας διότι διαφοροποιείται το μοντέλο τους. Οι εκπτώσεις στους εξοπλισμούς και ο τρόπος υπολογισμού των διαφόρων κοστών (διάθεσης και συντήρησης) ορίστηκαν στα κεφάλαια 6.2.3 και 6.2.1.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.54 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 6.54: Εξοπλισμός σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο Galletti 2015

Μοντέλο	MPE-H 035
Ψυκτική ικανότητα	34,30 kW
Θερμική ικανότητα	39,28 kW
Τιμή καταλόγου	13300 € (+ΦΠΑ)

Ακολουθεί ο πίνακας 6.55 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **165.338,11 kWh** και ο πίνακας 6.56 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.55: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	19704,57
2	18604,73
3	17566,37
4	16586,05
5	15660,52
6	14736,62
7	13867,27
8	13049,26
9	12279,53
10	11555,25
11	10831,44
12	10152,98
13	9517,04
14	8920,95
15	8362,21
16	7838,48
17	7347,56
18	6887,40
19	6456,07
20	6051,76
Συνολικό κόστος	235.976,05

Πίνακας 6.56: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	Μόνωση
Κόστος εξοπλισμού	25642,70	93644,60	29803,86
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	0,00
Κόστος διάθεσης	825,24	4018,25	1278,87
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-3197,18
Μεταβλητό κόστος	235976,05		
Συνολικό κόστος	388.062,27 €		

6.3.7. Νέες αντλίες θερμότητας και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Το συγκεκριμένο σενάριο συνδυάζει δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Αποτελεί ένα συνδυασμό του κεφαλαίου 6.2.1 και του 6.2.3. Τα κόστη παραμένουν όπως περιεγράφηκαν στα προαναφερθέντα κεφάλαια. Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί ότι στο 11^ο έτος της οικονομικής μελέτης θα επανεγκατασταθούν τα φωτιστικά στοιχεία τύπου LED διότι το προσδόκιμο ζωής τους είναι 10 χρόνια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.45 (σελίδα 212) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.57 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **136.713,30 KWh** και ο πίνακας 6.58 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.57: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	16341,25
2	15428,26
3	14566,37
4	13752,72
5	12984,59
6	12218,03
7	11496,76
8	10818,12
9	10179,58
10	9578,77
11	11249,94
12	8415,84
13	7888,47
14	7394,17
15	6930,85
16	6496,58
17	6089,53
18	5707,99
19	5350,37
20	5015,17
Συνολικό κόστος	197.903,35

Πίνακας 6.58: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	Μόνωση	LED
Κόστος εξοπλισμού	38174,90	29803,86	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	0,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1228,55	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	197903,35		
Συνολικό κόστος	271.988,56 €		

6.3.8. Νέες αντλίες θερμότητας και χρήση της SIGA TAPE

Στο παρόν σενάριο εξοικονόμησης χρησιμοποιείται η αεροστεγανωτική ταινία SIGA TAPE και στη συνέχεια σύμφωνα με τις ανάγκες του κτιρίου επιλέγονται οι αντλίες θερμότητας. Τα κόστη των δύο αυτών σεναρίων περιεγράφηκαν λεπτομερώς στα κεφάλαια 6.2.1 και 6.2.4.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.59 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Μοντέλο	MPE-H 054
Ψυκτική ικανότητα	52,0 kW
Θερμική ικανότητα	60,8 kW
Τιμή καταλόγου	18380 € (+ΦΠΑ)

Πίνακας 6.59: Εξοπλισμός σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο Galletti 2015

Έπεται ο πίνακας 6.60 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **187.019,09 KWh** και ο πίνακας 6.61 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.60: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	22251,89
2	21010,53
3	19838,51
4	18731,96
5	17687,21
6	16644,15
7	15662,65
8	14739,07
9	13869,99
10	13052,19
11	12234,82
12	11468,66
13	10750,49
14	10077,31
15	9446,29
16	8854,80
17	8300,37
18	7780,65
19	7293,49
20	6836,85
Συνολικό κόστος	266.531,89

Πίνακας 6.61: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	Μόνωση	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	35437,10	29803,86	453,72
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	0,00	4000,00
Κόστος διάθεσης	1140,44	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	266531,89		
Συνολικό κόστος	336.948,71+ €		

6.3.9. Νέα παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο τρέχον σενάριο εξετάζονται δύο σενάρια που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα είναι σαν να εξετάζονται τα κεφάλαια 6.2.2 και 6.2.3 ταυτόχρονα. Επομένως, τα κόστη που ορίστηκαν σε αυτά τα κεφάλαια παραμένουν ίδια.

Στο μεταβλητό κόστος από το 10^ο στο 11^ο έτος παρατηρείται αύξηση του ποσού παρόλο που αναμενόταν μείωση. Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση οφείλεται στην ανάγκη επανατοποθέτησης καινούργιων φωτιστικών στοιχείων LED.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.62 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **151.667,19 KWh** και ο πίνακας 6.63 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.62: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	17820,51
2	16830,48
3	15895,45
4	15012,37
5	14178,35
6	13344,72
7	12560,10
8	11821,61
9	11126,54
10	10472,34
11	12089,27
12	9204,21
13	8628,94
14	8089,64
15	7584,03
16	7110,03
17	6665,65
18	6249,05
19	5858,49
20	5492,33
Συνολικό κόστος	216.034,11

Πίνακας 6.63: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	PVC	LED
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	93644,60	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	0,00	5200,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	216034,11		
Συνολικό κόστος	345.448,60 €		

6.3.10. Νέα παράθυρα PVC και χρήση SIGA TAPE

Το παρόν σενάριο αποτελεί συνδυασμό των σεναρίων που περιγράφονται στα κεφάλαια 6.2.2 και 6.2.4. Επομένως, τα διάφορα κόστη του κάθε σεναρίου παραμένουν ίδια με συγκεκριμένα κεφάλαια. Η μόνη διαφοροποίηση έγκειται στο κόστος τοποθέτησης διότι όταν τοποθετηθούν τα PVC μπορεί να εισαχθεί και η ταινία SIGA TAPE με πολύ μικρότερο κόστος.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.64 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **196.726,13 KWh** και ο πίνακας 6.65 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.64: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	23114,64
2	21830,50
3	20617,69
4	19472,26
5	18390,47
6	17309,18
7	16291,46
8	15333,59
9	14432,03
10	13583,48
11	12734,51
12	11938,60
13	11192,44
14	10492,91
15	9837,11
16	9222,29
17	8645,89
18	8105,53
19	7598,93
20	7124,00
Συνολικό κόστος	277.267,52

Πίνακας 6.65: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	PVC	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	93644,60	453,72
Κόστος εγκατάστασης	0,00	5200,00	800,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	4018,25	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-6630,12	-0,00
Μεταβλητό κόστος	277267,52		
Συνολικό κόστος	402.639,52 €		

6.3.11. LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση ταινίας SIGA TAPE

Στο επόμενο σενάριο εξετάζονται δύο σενάρια που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Με απλά λόγια είναι σαν να εξετάζονται τα κεφάλαια 6.2.3 και 6.2.4 ταυτόχρονα. Επομένως, τα κόστη που ορίστηκαν σε αυτά τα κεφάλαια παραμένουν ίδια. . Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί ότι στο 11^ο έτος της οικονομικής μελέτης θα επανεγκατασταθούν τα φωτιστικά στοιχεία τύπου LED διότι το προσδόκιμο ζωής τους είναι 10 χρόνια.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.66 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **190.796,49 KWh** και ο πίνακας 6.67 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.66: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	22418,01
2	21172,56
3	19996,31
4	18885,40
5	17836,22
6	16787,51
7	15800,47
8	14871,46
9	13997,07
10	13174,10
11	14622,17
12	11578,80
13	10855,12
14	10176,68
15	9540,63
16	8944,34
17	8385,32
18	7861,24
19	7369,91
20	6909,29
Συνολικό κόστος	271.182,62

Πίνακας 6.67: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	SIGA TAPE	LED
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	453,72	4896,20
Κόστος εγκατάστασης	0,00	4000,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	271182,62		
Συνολικό κόστος	308.818,09 €		

6.3.12. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και LED στον εξωτερικό φωτισμό

Στο τρέχον σενάριο εφαρμόζονται πρώτα η τροποποίηση των PVC και ύστερα επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο της αντλίας θερμότητας ενώ η χρήση LED δεν επηρεάζει τις άλλες 2 βελτιώσεις. Εν ολίγοις είναι σαν να διαδραματίζονται ταυτόχρονα τα σενάρια 6.2.5 και 6.2.3. Τα κόστη τους περιγράφονται λεπτομερειακά στα συγκεκριμένα κεφάλαια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.54 (σελίδα 219)σε αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.68 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **111.479,96 KWh** και ο πίνακας 6.69 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.68: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	13376,47
2	12628,19
3	11921,86
4	11255,13
5	10625,76
6	9997,88
7	9407,16
8	8851,38
9	8328,47
10	7836,50
11	9616,56
12	6884,55
13	6452,88
14	6048,30
15	5669,10
16	5313,69
17	4980,57
18	4668,34
19	4375,70
20	4101,42
Συνολικό κόστος	162.339,90

Πίνακας 6.69: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	Μόνωση	LED
Κόστος εξοπλισμού	25642,70	93644,60	29803,86	4896,86
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	0,00	400,00
Κόστος διάθεσης	825,24	4018,25	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	162339,90			
Συνολικό κόστος	319.722,32 €			

6.3.13. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC και χρήση της SIGA TAPE.

Το συγκεκριμένο σενάριο περιλαμβάνει τρεις παρεμβάσεις στο Δημαρχείο της Ελευσίνας. Αρχικά τοποθετούνται τα νέα παράθυρα PVC μαζί με την SIGA TAPE περιμετρικά τους και στη συνέχεια επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο για τις αντλίες θερμότητας που εξυπηρετεί τις θερμικές και ψυχτικές ανάγκες του νέου κελύφους. Επειδή η SIGA TAPE τοποθετείται μαζί με τα παράθυρα το κόστος τοποθέτησης είναι αρκετά μικρότερο.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.54 (σελίδα 219) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.70 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **159.767,24 KWh** και ο πίνακας 6.71 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.70: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	19050,00
2	17986,53
3	16982,51
4	16034,63
5	15139,73
6	14246,45
7	13405,93
8	12615,03
9	11870,84
10	11170,58
11	10470,81
12	9814,90
13	9200,09
14	8623,81
15	8083,64
16	7577,32
17	7102,72
18	6657,86
19	6240,88
20	5850,02
Συνολικό κόστος	228.124,27

Πίνακας 6.71: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	SIGA TAPE	Μόνωση
Κόστος εξοπλισμού	25642,70	93644,60	453,72	29803,86
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	800,00	0,00
Κόστος διάθεσης	825,24	4018,25	0,00	1278,87
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00	-3197,18
Μεταβλητό κόστος	228124,27			
Συνολικό κόστος	381.464,21 €			

6.3.14. Νέες αντλίες θερμότητας,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.

Από τα σενάρια με τρεις παρεμβάσεις το παρόν έχει τις βέλτιστες ενεργειακές ανάγκες. Αποτελεί ένα συνδυασμό των σεναρίων που περιγράφονται στο κεφάλαιο 6.2.7 και 6.2.3.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti [13] και στον πίνακα 6.59 (σελίδα 222) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.72 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **133.160,92 KWh** και ο πίνακας 6.73 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.72: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	15923,90
2	15034,10
3	14194,11
4	13401,14
5	12652,54
6	11905,50
7	11202,61
8	10541,27
9	9919,00
10	9333,51
11	11020,01
12	8200,28
13	7686,39
14	7204,71
15	6753,23
16	6330,06
17	5933,42
18	5561,64
19	5213,17
20	4886,54
Συνολικό κόστος	192.897,15

Πίνακας 6.73: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	Μόνωση	SIGA TAPE	LED
Κόστος εξοπλισμού	35437,1	29803,86	453,72	4896,86
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	0,00	4000,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1140,44	1278,87	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-3197,18	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	192897,15			
Συνολικό κόστος	268.610,17 €			

6.3.15. Νέα παράθυρα PVC,LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE

Το τρέχον σενάριο τμηματοποιείται σε 2 σενάρια τα οποία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Τα PVC τοποθετούνται ταυτόχρονα με την SIGA TAPE με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων για την τοποθέτησή τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.74 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **142.867,98 KWh** και ο πίνακας 6.75 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο.

Πίνακας 6.74: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	16786,66
2	15854,07
3	14973,29
4	14141,44
5	13355,80
6	12570,53
7	11831,43
8	11135,78
9	10481,04
10	9864,80
11	11519,69
12	8670,23
13	8128,34
14	7620,32
15	7144,05
16	6697,55
17	6278,95
18	5886,52
19	5518,61
20	5173,70
Συνολικό κόστος	203.632,78

Πίνακας 6.75: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Μόνωση	PVC	SIGA TAPE	LED
Κόστος εξοπλισμού	29803,86	93644,60	453,72	4896,86
Κόστος εγκατάστασης	0,00	5200,00	800,00	400,00
Κόστος διάθεσης	1278,87	4018,25	0,00	0,00
Υπολειμματική αξία	-3197,18	-6630,12	-0,00	-0,00
Μεταβλητό κόστος	203632,78			
Συνολικό κόστος	334.300,96 €			

6.3.16. Νέες αντλίες θερμότητας, παράθυρα PVC, LED στον εξωτερικό φωτισμό και χρήση της SIGA TAPE.

Αποτελεί το μοναδικό σενάριο που εξετάζονται 4 μορφές παρέμβασης στα σενάρια που δεν εμπεριέχουν εφαρμογή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους. Αρχικά εγκαθίστανται τα PVC και η SIGA TAPE και έπειτα επιλέγεται η κατάλληλη αντλία σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες του κτιρίου. Τα LED στον εξωτερικό φωτισμό τοποθετούνται στην αρχή της επένδυσης και κατά ανάγκη επανατοποθετούνται στις αρχές του εντέκατου λόγω του προσδόκιμου ζωής του που ισούται με 10 χρόνια.

Οι αντλίες θερμότητας που επιλέχθηκαν είναι της Ιταλικής εταιρίας Galletti και στον πίνακα 6.54 (σελίδα 219) αναγράφονται τα χαρακτηριστικά τους.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.76 με όλα τα μεταβλητά κόστη για το τρέχον σενάριο για συνολική κατανάλωση ρεύματος **105.909,12 KWh** και ο πίνακας 6.77 με όλα τα κόστη που προσδιορίζουν το τρέχον σενάριο .

Πίνακας 6.76: Μεταβλητό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Έτος	Καθαρή παρούσα αξία (€)
1	12721,90
2	12009,98
3	11338,00
4	10703,70
5	10104,97
6	9507,71
7	8945,81
8	8417,15
9	7919,78
10	7451,83
11	9255,93
12	6546,46
13	6135,93
14	5751,16
15	5390,53
16	5052,53
17	4735,73
18	4438,81
19	4160,51
20	3899,68
Συνολικό κόστος	154.488,12

Πίνακας 6.77: Συνολικό κόστος σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

	Pump	PVC	LED	Μόνωση	SIGA TAPE
Κόστος εξοπλισμού	25642,70	93644,60	4896,86	29803,86	453,72
Κόστος εγκατάστασης	1500,00	5200,00	400,00	0,00	800,00
Κόστος διάθεσης	825,24	4018,25	0,00	1278,87	0,00
Υπολειμματική αξία	-0,00	-6630,12	-0,00	-3197,18	-0,00
Μεταβλητό κόστος	154488,12				
Συνολικό κόστος	313.124,26 €				

6.4. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Για την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου από οικονομικής σκοπιάς κρίνεται αναγκαία η σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους. Στο διάγραμμα 6.4 παρουσιάζονται τα σενάρια που δεν εμπεριέχουν μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του πίνακα 6.78. Στο διάγραμμα 6.4 ο κάθετος άξονας αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος (€/m²) και ο οριζόντιος της κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²). Η πρωτογενής ενέργεια προσδιορίζεται πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση του κτιρίου με το 2,9.

Στους πίνακες 6.78 και 6.79 οι παρεμβάσεις προσδιορίζονται ως εξής:

ΑΝΤΛΙΕΣ: Νέες αντλίες θερμότητας,

PVC: Νέα παράθυρα PVC,

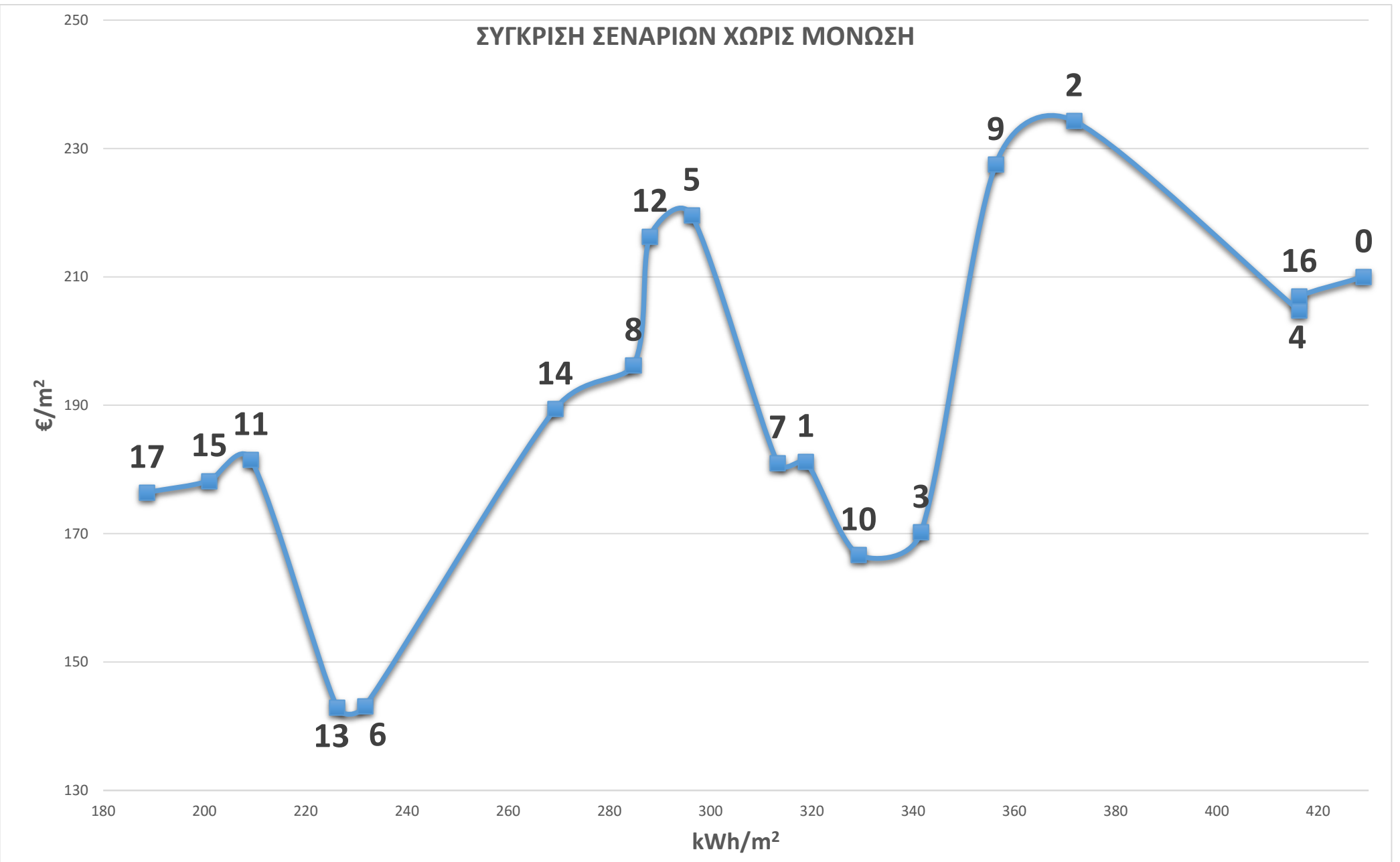
LED: Χρήση τεχνολογίας LED στον εξωτερικό φωτισμό,

LED2: Χρήση τεχνολογίας LED στον εσωτερικό φωτισμό,

SIGA TAPE: Χρήση της ταινίας SIGA TAPE περιμετρικά των παραθύρων.

Πίνακας 6.78: Σύνοψη οικονομικών αποτελεσμάτων

	Σενάριο	Euro (€)	€/m ²	KWh	KWh/m ²
0	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	376725,00	209,94	265204	428,59
1	ΑΝΤΛΙΕΣ	325230,98	181,23	197246	318,76
2	PVC	420453,04	234,30	230041	371,76
3	LED	305440,63	170,21	211347	341,55
4	SIGA TAPE	367463,65	204,77	257563	416,23
5	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC	394068,02	219,60	183298	296,22
6	ΑΝΤΛΙΕΣ +LED	256892,44	143,15	143389	231,72
7	ΑΝΤΛΙΕΣ +SIGA TAPE	324844,81	181,02	193812	313,21
8	PVC+LED	352113,14	196,22	176183	284,72
9	PVC+SIGA TAPE	408228,69	227,49	220478	356,30
10	LED+SIGA TAPE	299123,70	166,69	203705	329,20
11	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+LED	325729,49	181,51	129441	209,18
12	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+SIGA	388152,11	216,30	178211	288,00
13	ΑΝΤΛΙΕΣ +LED+SIGA	256506,27	142,94	139955	226,17
14	PVC+LED+SIGA	339888,74	189,40	166620	269,26
15	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+SIGA+LED	319813,58	178,22	124354	200,96
16	LED2(ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ)	371345,08	206,93	257584	416,27
17	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+SIGA+LED+LED2	316576,53	176,41	116731	188,64



Διάγραμμα 6.4: Σύνοψη οικονομικών αποτελεσμάτων σεναρίων χωρίς μόνωση

Συμπεράσματα

- Όπως διαφαίνεται και στο διάγραμμα 6.4 τα σενάρια 13 και 6 αποτελούν τα βέλτιστα από οικονομικής πλευράς. Και τα δύο εμπεριέχουν την τοποθέτηση νέων αντλιών θερμότητας και την αγορά νέων φωτιστικών στοιχείων τεχνολογίας LED. Η μοναδική διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι στο σενάριο 13 πραγματοποιείται και χρήση της ταινίας SIGA TAPE που βελτιώνει την αεροστεγανότητα του κτιρίου και κατ' επέκταση μειώνει τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση. Η συγκεκριμένη διαφορά συνιστά και την αιτία που το σενάριο 13 χαρακτηρίζεται ως το βέλτιστο σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας.

- Άλλο ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα συνιστά το σενάριο 2 το οποίο εμφανίζεται ως το χείριστο από οικονομικής σκοπιάς. Το συγκεκριμένο γεγονός συμβαίνει διότι η αγορά των νέων ανοιγμάτων PVC έχει αρκετά μεγάλο κόστος με μικρή βελτίωση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

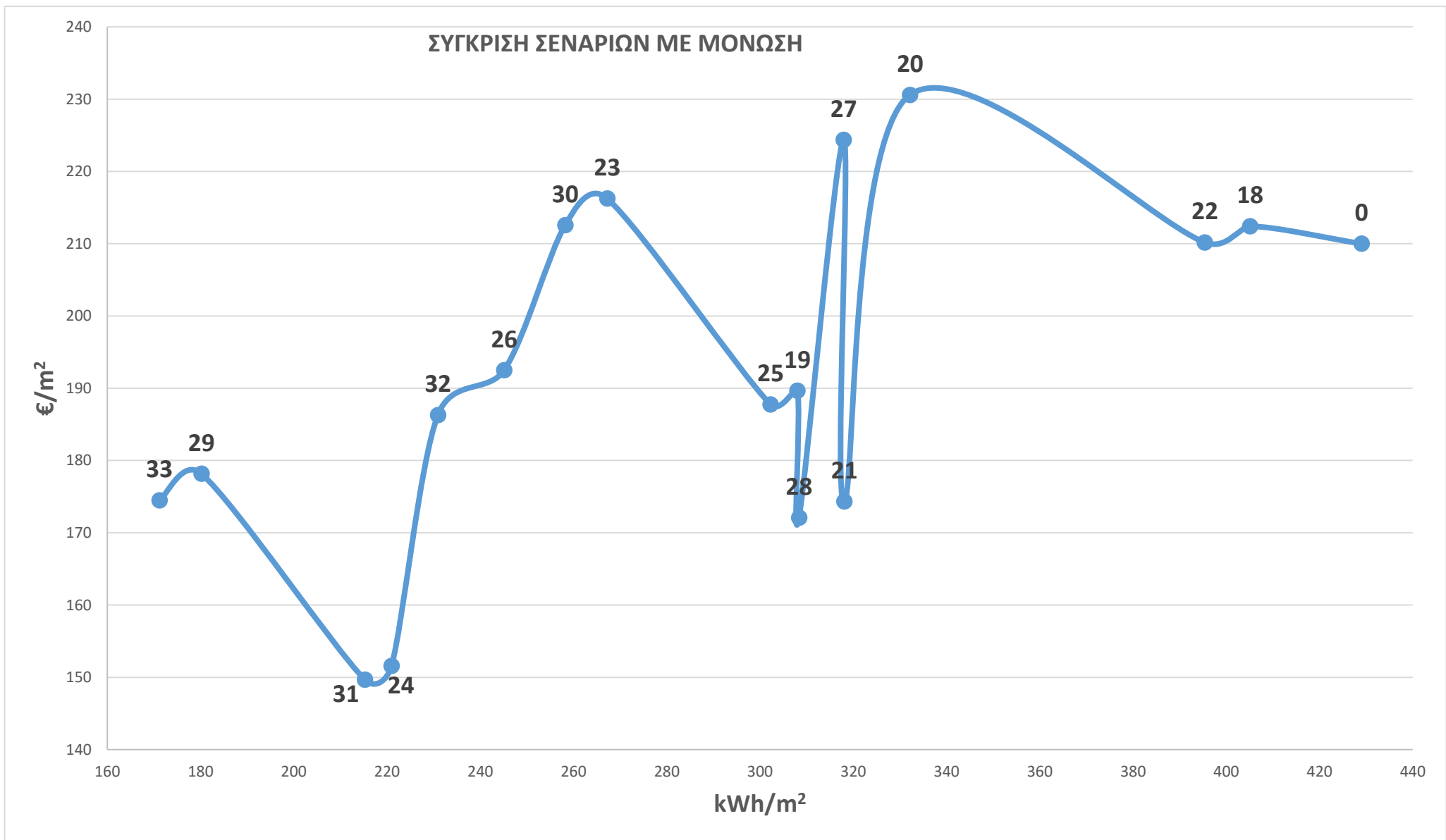
- Στο 0 προσδιορίζεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου επομένως όποια σενάρια είναι πάνω από το 0 στον κάθετο άξονα είναι μη βιώσιμα από οικονομικής σκοπιάς. Τα συγκεκριμένα σενάρια είναι τα σενάρια 2,9,5,12 και σαν κύρια παρέμβαση στο κτίριο αποτελούν τα ανοίγματα PVC. Το συγκριμένο αποτέλεσμα δηλώνει ότι το κέρδος που πηγάζει από την εξοικονόμηση ενέργειας για την χρήση του κτιρίου για 20 χρόνια δεν υπερκαλύπτει την αρχική επένδυση που είναι απαραίτητη για το κάθε σενάριο.

Σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας με μόνωση

Στο διάγραμμα 6.5 παρουσιάζονται τα σενάρια που εμπεριέχουν μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους με τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του πίνακα 6.79.

Πίνακας 6.79: Σύνοψη οικονομικών αποτελεσμάτων

	Σενάριο	Euro (€)	€/m ²	KWh	KWh/m ²
0	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	376725,00	209,94	265204,00	428,59
18	ΜΟΝΩΣΗ	381169,19	212,41	250662,00	405,09
19	ΑΝΤΛΙΕΣ+ΜΟΝΩΣΗ	340328,50	189,65	190573,00	307,98
20	PVC+ΜΟΝΩΣΗ	413787,14	230,59	205526,00	332,14
21	LED+ΜΟΝΩΣΗ	312830,65	174,33	196805,00	318,05
22	SIGA TAPE+ΜΟΝΩΣΗ	377156,63	210,18	244655,00	395,38
23	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+ΜΟΝΩΣΗ	388062,27	216,25	165340,00	267,20
24	ΑΝΤΛΙΕΣ +LED+ΜΟΝΩΣΗ	271988,56	151,57	136715,00	220,94
25	ΑΝΤΛΙΕΣ +SIGA TAPE+ΜΟΝΩΣΗ	336948,71	187,77	187020,00	302,24
26	PVC+LED+ΜΟΝΩΣΗ	345448,60	192,51	151669,00	245,11
27	PVC+SIGA TAPE+ΜΟΝΩΣΗ	402639,52	224,38	196727,00	317,92
28	LED+SIGA TAPE+ΜΟΝΩΣΗ	308818,09	172,09	190798,00	308,34
29	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+LED+ΜΟΝΩΣΗ	319722,32	178,17	111482,00	180,16
30	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+SIGA+ΜΟΝΩΣΗ	381464,21	212,58	159769,00	258,20
31	ΑΝΤΛΙΕΣ +LED+SIGA+ΜΟΝΩΣΗ	268610,17	149,69	133163,00	215,20
32	PVC+LED+SIGA+ΜΟΝΩΣΗ	334300,98	186,29	142870,00	230,89
33	ΑΝΤΛΙΕΣ +PVC+SIGA+LED+ΜΟΝΩΣΗ	313124,26	174,49	105911,00	171,16



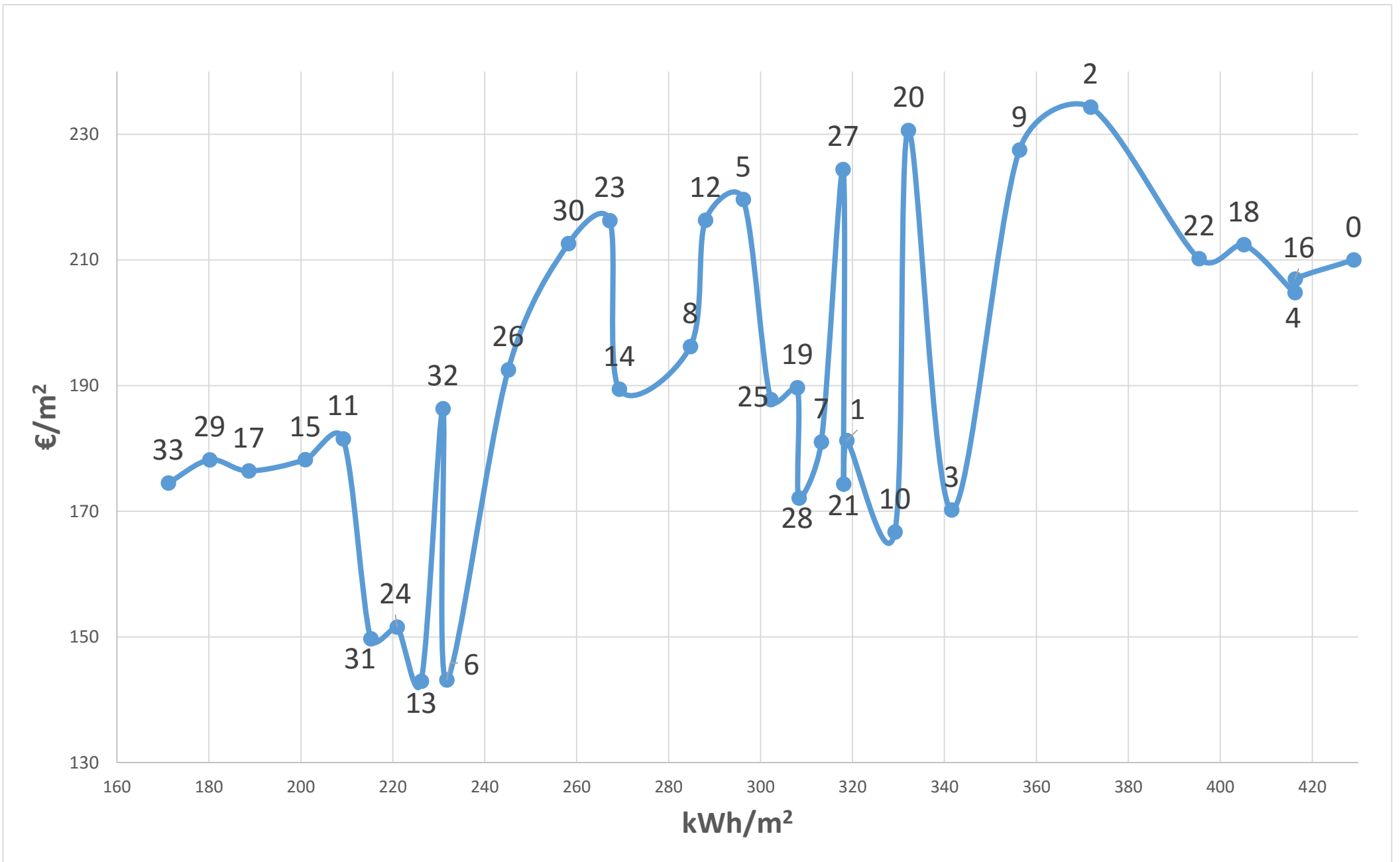
Διάγραμμα 6.5: Σύνοψη οικονομικών αποτελεσμάτων

Συμπεράσματα

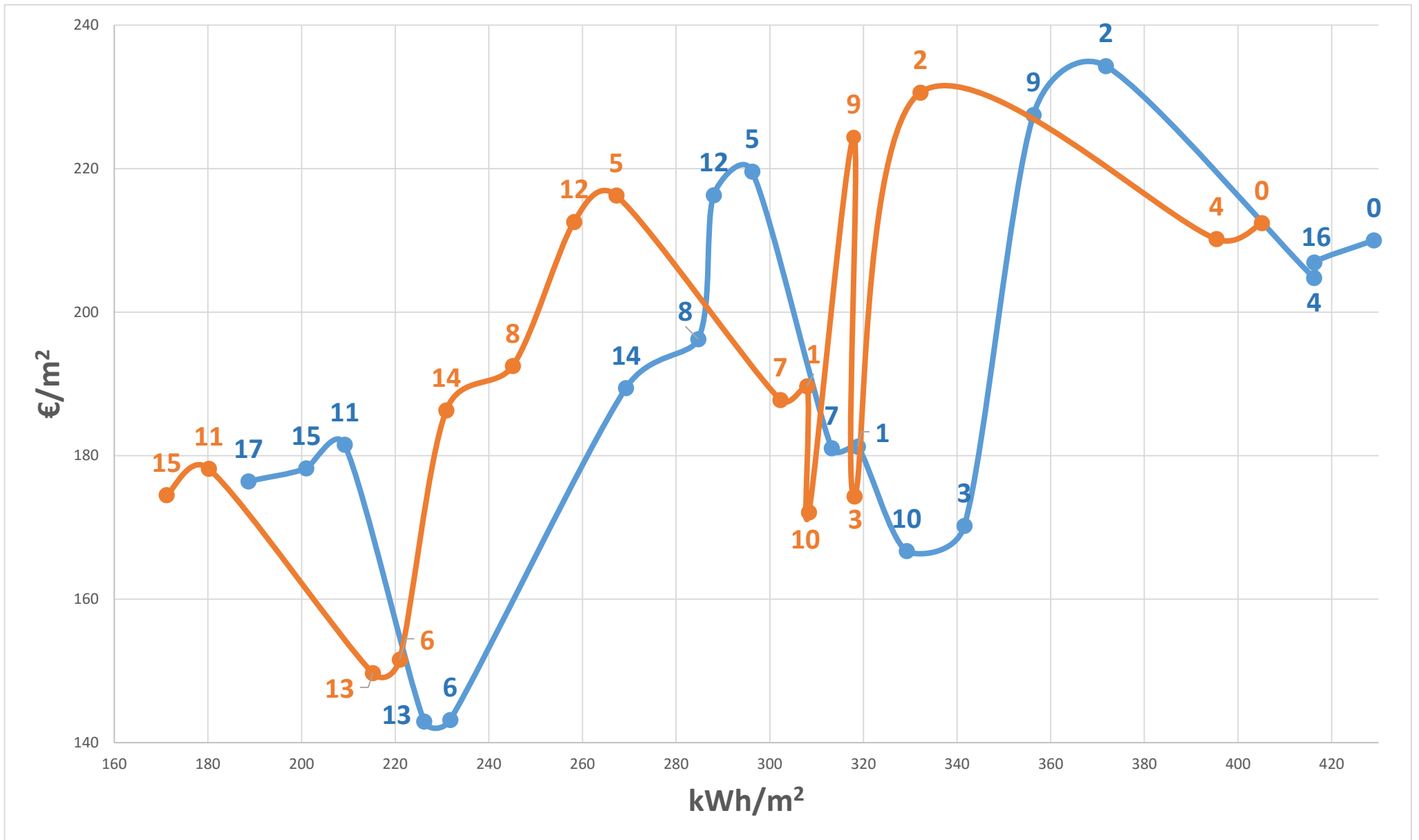
- Η μορφή του διαγράμματος 6.5 είναι παρόμοια με την μορφή του διαγράμματος 6.4. Χαρακτηρίζεται ως ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα διότι σε όλα τα σενάρια πραγματοποιήθηκε χρήση εξωτερικής μόνωσης και όλες οι υπόλοιπες παρεμβάσεις παρέμειναν ίδιες. Το βέλτιστο σενάριο από οικονομικής σκοπιάς και από πλευράς καταναλώσεων ενέργειας αποτελεί το 31. Το σενάριο 31 είναι το ίδιο με το βέλτιστο σενάριο (13) από τα σενάρια που δεν περιλαμβάνουν εξωτερική μόνωση με μοναδική διαφορά την ύπαρξη μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία.
- Το παραπάνω διάγραμμα επιβεβαιώνει την μικρή αποτελεσματικότητα των παραθύρων PVC διότι τα τέσσερα σενάρια (23,27,20,30) είναι πιο ψηλά στο κάθετο άξονα από το σημείο 0 που περιγράφει την υφιστάμενη κατάσταση. Βασικός λόγος το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί το πολύ μεγάλο κόστος για την αγορά των παραθύρων PVC.
- Το σενάριο 18 που περιγράφει την μόνωση έχει πιο μεγάλο κόστος (€/m²) από το σενάριο 0 που περιλαμβάνει την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου. Επομένως, η τοποθέτηση μόνωσης χωρίς περαιτέρω παρέμβαση δεν είναι συμφέρουσα επιλογή.

Με στόχο της επιλογή του βέλτιστου από τα 33 σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας κρίνεται απαραίτητη η συνένωση των δύο καμπυλών από τα διαγράμματα 6.4 και 6.5. Με τον συγκεκριμένο τρόπο θα δημιουργηθεί το διάγραμμα 6.6 στο οποίο θα είναι εμφανές ποιο σενάριο αποτελεί το καλύτερο προς υλοποίηση.

Για να καταστεί σαφές το κατά πόσο συμφέρει ή όχι η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης είναι αναγκαίο οι δύο καμπύλες των διαγραμμάτων 6.4 και 6.5 να αναπαρασταθούν στο ίδιο διάγραμμα (διάγραμμα 6.6) . Για να είναι εφικτή η πραγματοποίηση άμεσης σύγκρισης μεταξύ των σεναρίων τα 15 κοινά σενάρια που εξετάζονται και στην οικονομική μελέτη με την μόνωση αλλά και χωρίς την μόνωση θα παρουσιάζονται με τον ίδιο αριθμό. Η μόνη διαφορά είναι το ότι τα πορτοκαλί σενάρια εξετάζουν και την τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης.



Διάγραμμα 6.5: Σύγκριση των 33 σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας



Διάγραμμα 6.6: Σύγκριση σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας

Συμπεράσματα

- Στο διάγραμμα 6.5 γίνεται εμφανές το ότι το βέλτιστο σενάριο είναι το 13 στο οποίο τοποθετούνται νέες αντλίες θερμότητας, led στον εξωτερικό φωτισμό και γίνεται χρήση της SIGA TAPE. Ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα διότι οι καινούργιες αντλίες είναι αρκετά αποδοτικότερες ειδικά σε συνδυασμό με την SIGA TAPE που αυξάνει την αεροστεγανότητα του κτιρίου. Επιπλέον, η χρήση της τεχνολογίας LED είχε σαν αποτέλεσμα την ραγδαία μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος με σχετικά μικρό κόστος επένδυσης.
- Το διάγραμμα 6.5 επιβεβαιώνει την αρνητική επίδραση που έχει η εισαγωγή των PVC στα σενάρια. Η πληροφορία αυτή προκύπτει από την ύπαρξη των παραθύρων PVC στα σενάρια 30,23,12,5,27,20,9,2 τα οποία είναι πιο πάνω στον κάθετο άξονα από το σημείο 0 που περιγράφει την υφιστάμενη κατάσταση.
- Στο διάγραμμα 6.6 παρουσιάζεται ξεκάθαρα ότι στα σενάρια που περιλαμβάνονται όλες οι παρεμβάσεις εκτός των παραθύρων PVC η εφαρμογή μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία χειροτερεύει το σενάριο. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά οφείλεται στη χαμηλή επίδραση, στις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου, που παρουσιάζουν τα PVC πάντα σε σχέση με τον κόστος της επένδυσης.
- Όσον αφορά τα σενάρια που εμπεριέχουν την εγκατάσταση των παραθύρων PVC παρατηρείται ότι με την εφαρμογή της μόνωσης βελτιώνονται τα οικονομικά δεδομένα της επένδυσης. Αυτό πηγάζει από την μετατόπιση των σεναρίων 2,5,8,9,11,12,14,15 προς τα κάτω και αριστερά στο διάγραμμα. Βασική αιτία αυτής της μεταβολής αποτελεί η αυξημένη αεροστεγανότητα του κτιρίου από την ύπαρξη εξωτερικής μόνωσης και παραθύρων PVC.

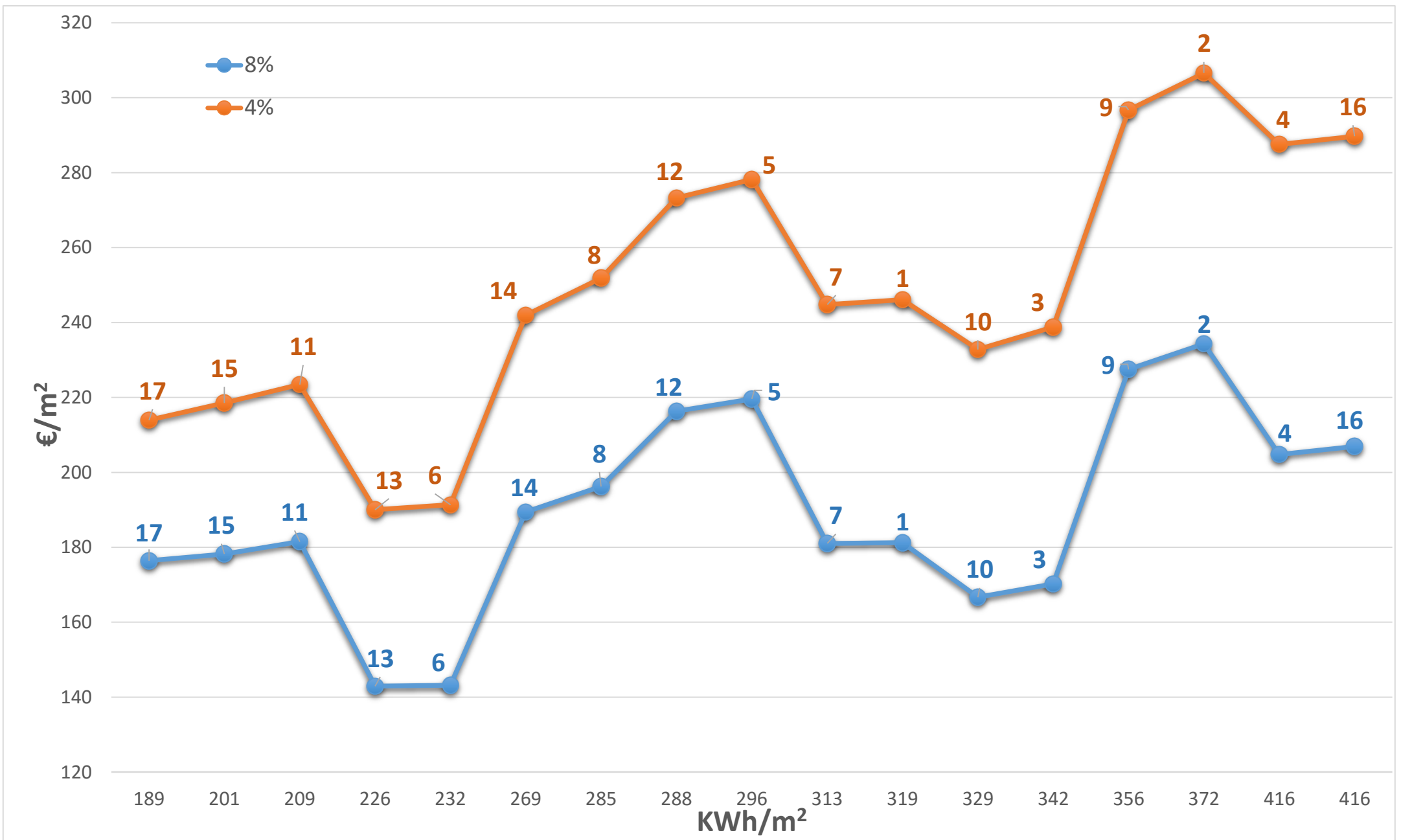
Προσδιορισμός επίδρασης του προεξοφλητικού επιτοκίου

Ανάλογο με την μορφή της οικονομικής ανάλυσης επιλέγεται το κατάλληλο επιτόκιο. Η ανάλυση που προηγήθηκε ήταν χρηματοοικονομική και γι' αυτό επιλέχθηκε ένα επιτόκιο 8% διότι το επιτόκιο στην συγκεκριμένη μορφή προσδιορίζεται από το επιτόκιο των τραπεζών. Για να εξεταστεί η επίδραση του επιτοκίου θα πραγματοποιηθεί νέα οικονομική ανάλυση με ένα μικρότερο προεξοφλητικό επιτόκιο της τάξεως του 4%.

Ακολουθεί ο πίνακας 6.80 με τις διαφορές που προκύπτουν στις οικονομικές αναλύσεις για τα 2 συγκεκριμένα επιτόκια στα 17 πρώτα σενάρια που δεν περιλαμβάνουν εξωτερική μόνωση. Η διαφοροποίηση που προκύπτει μεταξύ των 2 επιτοκίων αναπαρίσταται και στο διάγραμμα 6.7.

Πίνακας 6.80: Διαφοροποίηση των οικονομικών αποτελεσμάτων εξαιτίας του επιτοκίου

Σενάριο	Κατανάλωση ενέργειας (KWh)	Συνολικό κόστος επένδυσης (€/m ²) (4%)	Συνολικό κόστος επένδυσης (€/m ²) (8%)	Διαφορά μεταξύ των 2 επιτοκίων (€/m ²)
16	257584	290	207	83
4	257563	288	205	83
2	230041	307	234	72
9	220478	297	227	69
3	211347	239	170	69
10	203705	233	167	66
1	197246	246	181	65
7	193812	245	181	64
5	183298	278	220	59
12	178211	273	216	57
8	176183	252	196	56
14	166620	242	189	53
6	143389	191	143	48
13	139955	190	143	47
11	129441	223	182	42
15	124354	219	178	40
17	116731	214	176	38



Διάγραμμα 6.7: Διαφοροποίηση των οικονομικών αποτελεσμάτων εξαιτίας του επιτοκίου

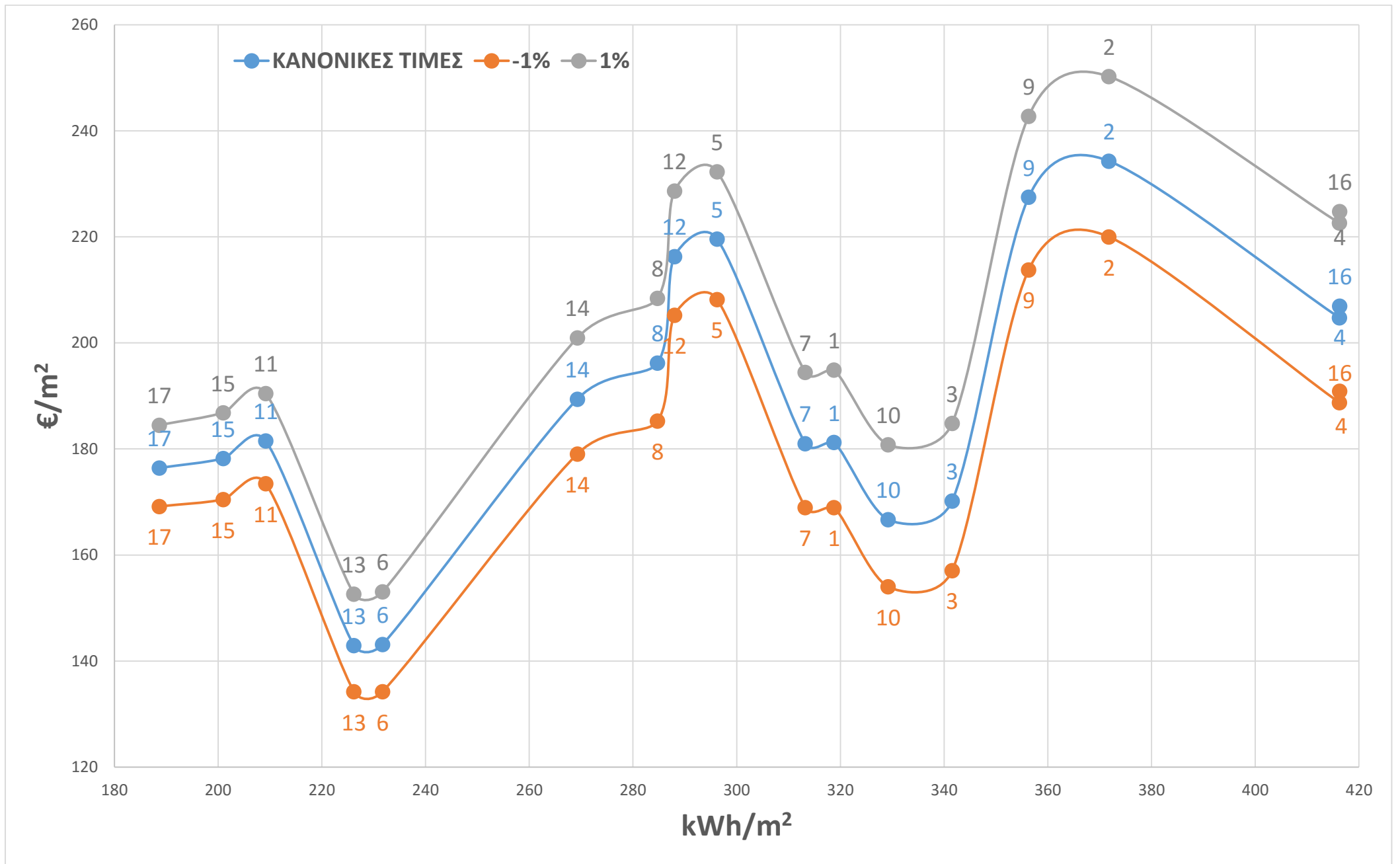
- Το κύριο συμπέρασμα που πηγάζει από την παραπάνω σύγκριση αποτελεί το ότι μία μείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου οδηγεί σε χειροτέρευση των οικονομικών μεγεθών. Αυτή είναι η αιτία που η καμπύλη στο διάγραμμα 6.7 μετατοπίστηκε προς τα πάνω. Βασικός λόγος αποτελεί το ότι το μελλοντικό κόστος για να το φέρεις στο παρόν το διαιρείς με το προεξοφλητικό επιτόκιο [δηλαδή με τον όρο $(1+R)$] επομένως όσο μεγαλύτερο είναι το επιτόκιο τόσο μικρότερη η καθαρή παρούσα αξία.
- Ο πίνακας 6.80 είναι ταξινομημένος κατά φθίνουσα σειρά βάση της διαφοράς που έχει το συνολικό κόστος επένδυσης για τα δυο αυτά επιτόκια. Παρατηρώντας όμως τον πίνακα καθώς ταξινομήθηκε η διαφορά αυτή αυτόματα ταξινομήθηκαν σε φθίνουσα σειρά και οι καταναλώσεις ενέργειας. Επομένως, σαν συμπέρασμα παρατηρήθηκε ότι όσο μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας έχει ένα σενάριο τόσο περισσότερο επηρεάζεται από την αυξομείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου.

Προσδιορισμός επίδρασης της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος

Για να εξεταστεί η επίδραση της τιμής αγοράς ρεύματος στην οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων πραγματοποιήθηκε οικονομική ανάλυση κάθε σεναρίου με διαφορετικές τιμές ενεργειακού κόστους. Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίστηκαν στο κεφάλαιο 6.1 και αναπαρίστανται στον πίνακα 6.81 αυξημένες και μειωμένες κατά 1% ανά έτος. Στην συνέχεια με τις συγκεκριμένες τιμές πραγματοποιήθηκε η οικονομική αξιολόγηση για τα 17 σενάρια εξοικονόμησης χωρίς εξωτερική μόνωση με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης που έχει η αυξομείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος. Η οικονομική ανάλυση παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6.8.

Πίνακας 6.81: Διαφοροποίηση της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος

Τιμή ηλεκτρικού ρεύματος (+1%)	Τιμή ηλεκτρικού ρεύματος	Τιμή ηλεκτρικού ρεύματος (-1%)
0,128	0,127	0,126
0,132	0,129	0,127
0,136	0,132	0,128
0,140	0,135	0,129
0,144	0,137	0,131
0,148	0,140	0,132
0,152	0,142	0,132
0,156	0,144	0,133
0,160	0,147	0,134
0,164	0,149	0,135
0,168	0,151	0,135
0,172	0,153	0,136
0,176	0,155	0,136
0,180	0,157	0,136
0,184	0,159	0,137
0,188	0,161	0,137
0,192	0,163	0,137
0,196	0,165	0,138
0,201	0,167	0,138
0,205	0,169	0,138



Διάγραμμα 6.8: Διαφοροποίηση των οικονομικών αποτελεσμάτων εξαιτίας της τιμής του ρεύματος

- Όπως ήταν αναμενόμενο η μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος βελτιώνει τα οικονομικά δεδομένα όλων των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας καθώς μειώνει το κόστος χρήσης το κτιρίου για κάθε έτος. Αντίθετα, η αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος χειροτερεύει τα οικονομικά δεδομένα και μετατοπίζει την καμπύλη προς τα πάνω στο διάγραμμα 6.8.
- Όπως και με την μεταβολή του προεξοφλητικού επιτοκίου η μεταβολή της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος επηρεάζει περισσότερο τα σενάρια τα οποία έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο Δημαρχείο της Ελευσίνας πραγματοποιήθηκε χρηματοοικονομική ανάλυση 33 σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας. Απ' όλες τις παρεμβάσεις που μελετήθηκε τα παράθυρα PVC και η μόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία δεν αποτελούν οικονομικά συμφέρουσα επιλογή. Οι δύο κύριες παρεμβάσεις που κρίνονται αναγκαίες να πραγματοποιηθούν στο υφιστάμενο κτίριο είναι η χρήση της τεχνολογίας LED στον εξωτερικό φωτισμό καθώς επίσης και η εγκατάσταση καινούργιων αντλιών θερμότητας. Ειδικότερα για τον εξωτερικό φωτισμό η εξοικονόμηση ενέργειας που προέρχεται από τα LED υπερκαλύπτει σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα το κόστος αγοράς τους. Βασική αιτία της αναγκαιότητας εγκατάστασης νέων φωτιστικών στοιχείων LED αποτελεί το πρόγραμμα λειτουργίας τους το οποίο περιλαμβάνει πάνω από 8 ώρες χρήση καθημερινά. Τέλος, με την παρέμβαση νέων αντλιών θερμότητας διπλασιάζεται ο βαθμός απόδοσης των αντλιών για την ψύξη και την θέρμανση επομένως μειώνονται κατά 50% οι θερμικές και ψυχτικές καταναλώσεις του Δημαρχείου Ελευσίνας.

7. Αναφορές

[1] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων, Αθήνα, Νοέμβριος 2014

[2] www.wikipedia.org

[3] Κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων του 1979 (http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/362d_79.1317112513734.pdf)

[4] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Αθήνα, Ιούλιος 2010

[5] Πληροφορίες σχετικά με την θερμομόνωση (<http://www.koufomata-myconstructor.gr/koufomata/thermodiakopi>)

[6] Αρχή λειτουργίας αντλιών θερμότητας (<http://www.daikin.gr/about-daikin/leading-technologies/heat-pump/>)

[7] Πληροφορίες σχετικά με τις Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (www.thermoydraulikos.gr)

[8] Αρχή λειτουργίας fan coils (www.zeon.com.gr)

[9] Πρόγραμμα προσομοίωσης 3dr (www.3dr.eu)

[10]] Πρόγραμμα προσομοίωσης 4m (www.4m.gr)

[11] Προεστάκης Εμμανουήλ, πτυχιακή εργασία: Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου και αξιολόγηση σεναρίων μείωσης των ενεργειακών του απαιτήσεων με το λογισμικό EnergyPlus, Χανιά 2008

[12] Κανελλόπουλος Σ. Ιωάννης, διπλωματική εργασίας: Τεχνοοικονομική αξιολόγηση του Συστήματος Κεντρικής Θέρμανσης και Δυνητικών Επεμβάσεων στο Κτίριο 'Ο' της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

[13] Χαρακτηριστικά Αντλιών θερμότητας της εταιρίας Galletti (www.tsitsos.gr)

- [14] Τιμές και πληροφορίες για τα φωτιστικά στοιχεία LED (www.poweryacht.gr)
- [15] Τιμές και πληροφορίες για τα φωτιστικά στοιχεία LED (www.bigsolarled.com)
- [16] Πληροφορίες σχετικά με τα παράθυρα PVC (www.paneth.gr)
- [17] Διογκωμένη Πολυστερίνη (www.epshellas.gr)
- [18] Κατ' εξουσιοδότηση κανονισμός (ΕΕ), αριθ. 244/2012 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων, Αθήνα, 21/3/2012
- [19] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κατευθυντήριες Γραμμές (2012/C 115/01) που συνοδεύουν τον κατ' εξουσιοδότηση κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 244/2012 της Επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων, Αθήνα, 19/4/2012
- [20] EN 15459, CEN/TC 228: Energy performance of buildings- Economic evaluation procedure for energy systems in buildings, 08/2006
- [21] Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος, Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Θερμική προστασία κτιρίων: Σύγχρονα υλικά και προοπτικές της αγοράς
- [22] ΘΕΡΜΟΓΚΑΖ Α.Ε. (www.thermogaz.gr)
- [23] Τιμές παραθύρων PVC (www.ergon.com.gr)
- [24] Τιμές μόνωσης EPS (www.ardourios.gr)