



**«Απόκριση ζήτησης σε βιομηχανικό κτίριο σχεδόν
μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με χρήση Γενετικών
Αλγορίθμων»**

Συντάκτης :

Σηφάκης Νικόλαος

Τριμελής Επιτροπή:

**Κολοκοτσά Διονυσία
Τσούτσος Θεοχάρης
Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος**

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια διπλωματική διατριβή που υποβάλλεται για την εκπλήρωση των σπουδών και την απόκτηση του διπλώματος Μηχανικού Περιβάλλοντος

της σχολής

«Μηχανικών Περιβάλλοντος»
του
«Πολυτεχνείου Κρήτης»

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κολοκοτσά Διονυσία

Χανιά
Μάϊος, 2017

« Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτή, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης .

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα .

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

Δήλωση του συγγραφικού δικαιώματος

Εγώ, ο Σηφάκης Νικόλαος, δηλώνω ότι η παρούσα διπλωματική διατριβή με τίτλο «Απόκριση ζήτησης σε βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με χρήση Γενετικών Αλγόριθμων» και η δουλειά που παρουσιάζεται στην εν λόγω διατριβή, είναι εξολοκλήρου δική μου.

Επιβεβαιώνω ότι :

- Η παρούσα δουλειά έγινε εξολοκλήρου στα πλαίσια των προπτυχιακών μου σπουδών για το δίπλωμα στην Μηχανική Περιβάλλοντος στο Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Οποιοδήποτε απόσπασμα της παρούσας διατριβής έχει υποβληθεί παλαιότερα σε κάποια άλλη εργασία ή σε κάποια άλλη δουλειά, γι' αυτό ή για κάποιο άλλο Πανεπιστήμιο, η πηγή του δηλώνεται με επαρκή σαφήνεια.
- Υπάρχει συνεχής αναφορά σε δουλειές άλλων, από τις οποίες αντλήθηκαν πληροφορίες ή χρειάστηκε να τις συμβουλευτώ.
- Όπου αναφέρεται δουλειά άλλων, υπάρχει πάντα η πηγή. Εκτός από αυτές τις αναφορές, η δουλειά στην παρούσα διπλωματική διατριβή είναι εξολοκλήρου δική μου.
- Η παρούσα διπλωματική διατριβή είναι δική μου δουλειά σε συνεργασία με άλλους. Στα αποσπάσματα της διατριβής που εκπονήθηκαν από άλλους, γίνεται σαφής αναφορά κι η δουλειά τους αναγνωρίζεται.
- Όλες οι βασικές πηγές βοήθειας, έχουν αναγνωριστεί και παρουσιαστεί με σαφήνεια κι ακρίβεια.

“Shoot for the moon. Even if you miss, you'll land among the stars.”

-Norman Vincent Peale

Technical University of Crete

«Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος»
«Πολυτεχνείο Κρήτης»

Προπτυχιακός φοιτητής

« Απόκριση ζήτησης σε βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής
κατανάλωσης με χρήση Γενετικών Αλγόριθμων»

του

Σηφάκη Νικόλαου

Ευχαριστίες

Προτού γίνει λόγος για οποιοδήποτε ερευνητικό ή επιστημονικό ζήτημα στο παρόν κείμενο, οφείλω να αναγνωρίσω την πολύτιμη βοήθεια ορισμένων ανθρώπων, χωρίς την αρωγή των οποίων δε θα είχε καταστεί δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής διατριβής.

Πρωτίστως, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και την υλική υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην επιβλέπουσα Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κολοκοτσά Διονυσία, υπεύθυνη του Εργαστηρίου Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας, τόσο για την παροχή της δυνατότητας ενασχόλησης κι εκπόνησης έρευνας πάνω σε ένα τόσο ενδιαφέρον επιστημονικό πεδίο όσο και για την περισσή όρεξη, την απaráμιλλη βοήθεια και την άριστη συνεργασία.

Επιπλέον, οφείλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον υποψήφιο Διδάκτορα Νικόλαο Καμπέλη, για την αφεγάδιαστη συνεργασία, τον απaráμιλλο ζήλο και διάθεση που έδειξε, την πολύτιμη και πρόθυμη βοήθειά του, την συνεχή υποστήριξη του σε οτιδήποτε χρειαζόμουν, την αδιάκοπη καθοδήγησή του σε κάθε μου βήμα καθώς και την υπομονή του.

Ευχαριστώ, ακόμα θερμά τον Καθηγητή Τσούτσο Θεοχάρη, υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, στον Τομέα της Περιβαλλοντικής Διαχείρισης τόσο για την στήριξη όσο και για την πολύτιμη καθοδήγηση του, καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στα Χανιά, καθώς κι επειδή διετέλεσε μέλος της τριμελούς επιτροπής για την παρούσα διπλωματική διατριβή.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ θα πρέπει να δοθεί στον Καθηγητή Καλαϊτζάκη Κωνσταντίνο, υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, που διετέλεσε μέλος της τριμελούς επιτροπής για την παρούσα διπλωματική διατριβή.

Επιπροσθέτως, θα πρέπει να ευχαριστήσω τον κ. Καρατζά Γεώργιο, κοσμήτορα της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος και υπεύθυνο του Εργαστηρίου Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, για την στήριξη και την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους φίλους μου τόσο για την στήριξη και την βοήθεια τους αλλά και το γεγονός ότι στάθηκαν αλληλέγγυοι όλα αυτά τα χρόνια, κάνοντας το έργο αυτό ευκολότερο και περισσότερο ευχάριστο.

Περίληψη

Μια από τις κυριότερες προκλήσεις που η σύγχρονη κοινωνία καλείται να αντιμετωπίσει, περιλαμβάνει τόσο την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας όσο και την βέλτιστη δυνατή ενεργειακή διαχείριση. Στον τομέα των κτιρίων, παρουσιάζεται μια τεράστια δυνατότητα για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας καθώς και την ορθολογικότερη κατανάλωση της ενέργειας, δίχως να επηρεάζεται αρνητικά η άνεση των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν, είτε είναι οικίες, είτε εμπορικά είτε βιομηχανικά κτίρια. Συνεπώς, για την λειτουργία των συστημάτων HVAC, που ρυθμίζουν, σε μεγάλο βαθμό, τις ενεργειακές απαιτήσεις/καταναλώσεις, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ενεργειακή τιμολόγηση, οι καθημερινές ρουτίνες των χρηστών των εκάστοτε κτιρίων, η θερμική άνεση αυτών καθώς και οι διάφοροι περιορισμοί που προκύπτουν.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, η τεχνική της απόκρισης ζήτησης, προσφέρει την δυνατότητα μετασχηματισμού του προφίλ(κατανομής) της κατανάλωσης ισχύος μεμονωμένων κτιρίων ή ακόμα κι ευρύτερων περιοχών με σκοπό την μείωση του κόστους. Αυτό οφείλεται, εν μέρει, στη δυνατότητα της τεχνικής της Απόκρισης Ζήτησης να ελαχιστοποιεί τις επενδύσεις. Το γεγονός αυτό, είναι απαραίτητο για τον εκσυγχρονισμό των ενεργειακών δικτύων, μέσω της ενσωμάτωσης μεγαλύτερης ευελιξίας και προηγμένων τεχνικών ελέγχου. Η διανεμημένη διαχείριση των ενεργειακών πόρων (DER) και η πολιτική διαχείρισης με έμφαση στην πλευρά της ζήτησης (DSM) κερδίζει βαθμιαία την προσοχή παγκοσμίως ως πολύτιμο επενδυτικό αγαθό, καθώς επιτυγχάνει τη μείωση των μέγιστων φορτίων και την διατήρηση της ισορροπίας μέσα στα δίκτυα.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, εξετάζεται η δυνατότητα για βελτιστοποίηση, μέσω της τεχνικής της Απόκρισης Ζήτησης, του συστήματος HVAC σε ένα βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ανκόνα, της Ιταλίας. Η ανάλυση αυτή περιλαμβάνει ένα επικυρωμένο θερμικό μοντέλο του υπό εξέταση κτιρίου, ένα μοντέλο ενεργειακού κόστους για την περιοχή της Ανκόνα, καθώς και την μεθοδολογία για την εξεύρεση του βέλτιστου σεναρίου θερμοκρασιακής διαχείρισης του συστήματος HVAC προκαλώντας την βέλτιστη δυνατή προθέρμανση ή πρόψυξη του κτιρίου. Το εγχείρημα της προθέρμανσης και της πρόψυξης του κτιρίου ελέγχεται σε ωριαία βάση σύμφωνα με τη δυναμική κατάσταση των εξωτερικών κλιματολογικών συνθηκών του κτιρίου, καθώς και σύμφωνα με τους τυποποιημένους εσωτερικούς όρους άνεσης. Η βελτιστοποίηση στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους της ενέργειας χρησιμοποιώντας Γενετικούς Αλγορίθμους (GA) σύμφωνα με το τρέχον σχέδιο τιμολόγησης. Οι εν λόγω Γενετικοί Αλγόριθμοι (GA), εφαρμόστηκαν με την υποστήριξη του λογισμικού MATLAB και του λογισμικού EnergyPlus. Οι μεταβλητές των Γενετικών Αλγορίθμων, αντιπροσωπεύουν τις θερμοκρασιακές τιμές που καλείται να επιτύχει στο εσωτερικό του κτιρίου το σύστημα HVAC κατά τις 8 πρώτες ώρες της ημέρας, δηλαδή τις ώρες πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται λεπτομερώς και αναλύονται σε μία προσπάθεια να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της αναπτυγμένης προσέγγισης και των πιθανών εφαρμογών στα τρέχοντα σχέδια τιμολόγησης.

Τέλος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το επίπεδο αποτελεσματικότητας της υπό εξέταση μεθόδου, εξαρτάται τόσο από την γεωγραφική θέση της υπό εξέταση περιοχής όσο κι από την τιμολόγηση της ενέργειας. Προβλέπεται ότι, καθώς οι αγορές γίνονται ανοικτές και δυναμικότερες, η δυνατότητα εφαρμογής τέτοιων τεχνικών θα παρουσιάσει αύξηση παράλληλα με τη βαθμιαία εφαρμογή κι ενσωμάτωση της τεχνικής Απόκρισης Ζήτησης.

Abstract

One of the primary challenges that modern society must confront, involves the decreasing of energy consumption and efficient energy utilization. A tremendous potential to increase energy efficiency and energy conservation exists in buildings while the comfort of the buildings' occupants is not compromised. As a consequence, the operation of HVAC systems, that regulate energy demand/consumption, must take into account energy tariff, daily routines, thermal comfort and various constraints.

In this direction, Demand Response offers the possibility of altering the profile of power consumption of individual buildings or building districts for economic return. This is partly due to the potential of wide scale DR in minimizing investments, otherwise necessary for modernizing the power grid, through enabling flexibility and advanced grid management options. Distributed Energy Resources (DER) and Demand Side Management (DSM) are gradually gaining attention as a valuable asset for reducing peak loads, maintaining grid balance, managing the volatility and high energy rejection associated with renewable technologies (i.e. wind, solar) thus increasing grid overall efficiency.

In this Diploma thesis, the potential for Demand Response (DR) optimization of the HVAC system in a Smart Near Zero Energy Industrial Building in Ancona, Italy is investigated. The analysis involves a validated thermal building model, the model of energy cost and a methodology to establish the HVAC optimum preconditioning set point curve. Preheating and precooling is explored on hourly basis according to the dynamic state of the building, varying external climatic conditions and standard indoor comfort conditions. Optimization aims at minimization of the cost of energy using a Genetic Algorithm (GA) configuration under the current pricing scheme. These algorithms were implemented with the support of MATLAB and Energy Plus software. The GA variables represent the discrete state of the HVAC hourly set points for 8 hours prior to the working hours of the building. Results are thoroughly presented and analyzed in an attempt to evaluate the effectiveness of the developed approach and potential applications in current pricing schemes.

It is concluded that the effectiveness level of the examined method, depends on the location of the building and energy pricing schemes. It is envisaged that as markets become open and more dynamic the potential of such techniques will increase in parallel with gradual Demand Response implementation.

Πίνακας Περιεχομένων

Δήλωση του συγγραφικού δικαιώματος.....	iii
Ευχαριστίες.....	vi
Περίληψη.....	vii
Πίνακας Περιεχομένων	x
Περιεχόμενα Διαγραμμάτων	1
Περιεχόμενα Εικόνων.....	5
Περιεχόμενα Πινάκων.....	7
1. Εισαγωγή	8
1.1 Γενική ιδέα.....	8
1.1.1 Κανονιστικό πλαίσιο ΕΕ για ενεργειακή απόδοση κτιρίων	9
1.1.2 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων.....	11
1.1.2 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.....	12
1.1.3 Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων	14
1.1.4 Απόκριση Ζήτησης.....	15
1.1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	16
1.1.6 Χρήση Αλγορίθμων και Γενετικών Αλγορίθμων	17
1.2 Σκοπός κι επιμέρους στόχοι.....	20
1.3 Δομή επόμενων κεφαλαίων	21
2. Κριτική Βιβλιογραφίας	22
3. Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης.....	30
3.1 Leaf Lab & Leaf Community.....	30
3.1.1 Κέλυφος του κτιρίου Leaf Lab.....	31
3.1.2 Συστήματα κτιρίου Leaf Lab	32
3.2 Επιδόσεις συστημάτων του κτιρίου Leaf Lab	34
3.3 Επαλήθευση ορθής λειτουργίας συστημάτων του κτιρίου Leaf Lab	36
4. Σχηματισμός του Προβλήματος – Μεθοδολογία	38
4.1 Κενά στις υπάρχουσες προσεγγίσεις	38
4.2 Πρόβλημα βελτιστοποίησης (Μαθηματική προσέγγιση)	38

4.2.1 Μοντέλο κόστους : Απαραίτητες Μεταβλητές	38
4.2.2 Μοντέλο κόστους : Αντικειμενική Συνάρτηση	39
4.3 Περιγραφή συστήματος που αναπτύχθηκε	40
4.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία	40
4.3.2 Εισαγωγικά στοιχεία προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση και την προσομοίωση του μοντέλου του κτιρίου Leaf Lab	42
4.3.3 Εισαγωγικά στοιχεία λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την διασύνδεση όλων των προγραμμάτων	46
4.3.4 Εισαγωγικά στοιχεία προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τους μαθηματικούς υπολογισμούς του μοντέλου	47
4.3.5 Παραμετροποίηση προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν	49
5.Αποτελέσματα.....	64
5.1 Επεξήγηση Σεναρίων	64
5.2 Παρουσίαση ημερήσιων αποτελεσμάτων	69
5.2.1 1η Ιανουαρίου (Ανκόνα)	69
5.2.2 9η Ιουλίου (Ανκόνα)	89
5.2.3 21η Ιουλίου (Χανιά)	108
5.2.4 12η Ιανουαρίου(Βίλνιους)	126
5.3 Συγκριτικά ημερήσια αποτελέσματα.....	145
5.3.1 Αποτελέσματα περιόδου θέρμανσης (Ιανουάριος).....	147
5.3.2 Αποτελέσματα περιόδου ψύξης (Ιούλιος)	200
5.4 Βέλτιστα ποσοστά μειώσεων	254
5.4.1 Παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων.....	254
5.4.2 Σχολιασμός συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων	256
6.Συμπεράσματα.....	257
6.1 Ανάλυση Συμπερασμάτων.....	257
6.2 Προτάσεις για το μέλλον.....	259
7.Βιβλιογραφία.....	260
8.Παράρτημα	263
8.1 Παράρτημα Α – Συγκριτικά Αποτελέσματα.....	263
8.2 Παράρτημα Β– Διαγράμματα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου.....	299

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 87. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 19/01.....	163
Διάγραμμα 88.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01	165
Διάγραμμα 89.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 01/01	166
Διάγραμμα 90.Διακύμανση κόστους για την 01/01	167
Διάγραμμα 91.Συνολικό κόστος για την 01/01	168
Διάγραμμα 92. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01.....	169
Διάγραμμα 93.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 15/01	171
Διάγραμμα 94.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/01	172
Διάγραμμα 95.Διακύμανση κόστους για την 15/01	173
Διάγραμμα 96.Συνολικό κόστος για την 15/01	174
Διάγραμμα 97. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/01.....	175
Διάγραμμα 98.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 27/01	177
Διάγραμμα 99.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 27/01	178
Διάγραμμα 100.Διακύμανση κόστους για την 27/01	179
Διάγραμμα 101.Συνολικό κόστος για την 27/01	180
Διάγραμμα 102. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 27/01.....	181
Διάγραμμα 103.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01	183
Διάγραμμα 104.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 01/01	184
Διάγραμμα 105.Διακύμανση κόστους για την 01/01	185
Διάγραμμα 106.Συνολικό κόστος για την 01/01	186
Διάγραμμα 107. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01.....	187
Διάγραμμα 108.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 11/01	189
Διάγραμμα 109.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 11/01	190
Διάγραμμα 110.Διακύμανση κόστους για την 11/01	191
Διάγραμμα 111. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/01.....	192
Διάγραμμα 112.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01	194
Διάγραμμα 113.Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 12/01	195
Διάγραμμα 114.Διακύμανση κόστους για την 12/01	196
Διάγραμμα 115.Συνολικό κόστος για την 12/01	197
Διάγραμμα 116. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 12/01.....	198
Διάγραμμα 117. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07....	200
Διάγραμμα 118. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 09/07.....	201
Διάγραμμα 119. Διακύμανση κόστους για την 09/07	202
Διάγραμμα 120. Συνολικό κόστος για την 09/07	203
Διάγραμμα 121. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 09/07.....	204
Διάγραμμα 122. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 13/07....	206
Διάγραμμα 123. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 13/07	207
Διάγραμμα 124. Διακύμανση κόστους για την 13/07	208
Διάγραμμα 125. Συνολικό κόστος για την 13/07	209
Διάγραμμα 126. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 13/07.....	210
Διάγραμμα 127. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07....	212
Διάγραμμα 128. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07	213
Διάγραμμα 129. Διακύμανση κόστους για την 15/07	214
Διάγραμμα 130. Συνολικό κόστος για την 15/07	215

Διάγραμμα 131. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07.....	216
Διάγραμμα 132. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 11/07....	218
Διάγραμμα 133. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 11/07	219
Διάγραμμα 134. Διακύμανση κόστους για την 11/07	220
Διάγραμμα 135. Συνολικό κόστος για την 11/07	221
Διάγραμμα 136. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/07.....	222
Διάγραμμα 137. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07....	224
Διάγραμμα 138. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07	225
Διάγραμμα 139. Διακύμανση κόστους για την 15/07	226
Διάγραμμα 140. Συνολικό κόστος για την 15/07	227
Διάγραμμα 141. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07.....	228
Διάγραμμα 142. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07....	230
Διάγραμμα 143. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 21/07	231
Διάγραμμα 144. Διακύμανση κόστους για την 21/07	232
Διάγραμμα 145. Συνολικό κόστος για την 21/07	233
Διάγραμμα 146. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07.....	234
Διάγραμμα 147. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 12/07....	236
Διάγραμμα 148. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 12/07	237
Διάγραμμα 149. Διακύμανση κόστους για την 12/07	238
Διάγραμμα 150. Συνολικό κόστος για την 12/07	239
Διάγραμμα 151. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 12/07.....	240
Διάγραμμα 152. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07....	242
Διάγραμμα 153. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07	243
Διάγραμμα 154. Διακύμανση κόστους για την 15/07	244
Διάγραμμα 155. Συνολικό κόστος για την 15/07	245
Διάγραμμα 156. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07.....	246
Διάγραμμα 157. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07....	248
Διάγραμμα 158. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 21/07	249
Διάγραμμα 159. Διακύμανση κόστους για την 21/07	250
Διάγραμμα 160. Συνολικό κόστος για την 21/07	251
Διάγραμμα 161. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07.....	252

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1. Τυπικό Διάγραμμα ροής Γενετικού Αλγόριθμου[14]	19
Εικόνα 2. Απεικόνιση κτιρίου LeafLab	31
Εικόνα 3. Κτίριο LeafLab.....	33
Εικόνα 4. Παραγωγή ενέργειας από Φ-Β Συστήματα για το 2015.....	35
Εικόνα 5. Συγκριτικό διάγραμμα θερμοκρασιών για τον χώρο '1 st floor East Orientation Office'	36
Εικόνα 6. Συγκριτικό διάγραμμα θερμοκρασιών για τον χώρο 'Ground Floor Reception'	36
Εικόνα 7. Συγκριτικό διάγραμμα μετρούμενης και προσομοιούμενης κατανάλωσης ενέργειας	37
Εικόνα 8.Τυπικό παράδειγμα αλγορίθμου	41
Εικόνα 9.Αρχική σελίδα IDF-Editor	43
Εικόνα 10.Μοντέλο σχεδιασμένο στο Google SketchUP	44
Εικόνα 11.Αρχική σελίδα λογισμικού OpenStudio	45
Εικόνα 12.Περιβάλλον λογισμικού BCVTB	47
Εικόνα 13.Αρχική σελίδα λογισμικού MATLAB	47
Εικόνα 14.Αρχική σελίδα λογισμικού Simulink.....	48
Εικόνα 15.Καρτέλα βιβλιοθήκης Simulink	49
Εικόνα 16. Αρχική σελίδα λογισμικού OpenStudio	49
Εικόνα 17. Φάκελος αποτελεσμάτων λογισμικού OpenStudio	50
Εικόνα 18. Αρχική σελίδα λογισμικού IDF-Editor	51
Εικόνα 19. Καρτέλα ExternalInterface του λογισμικού IDF-Editor	52
Εικόνα 20. Καρτέλα ExternalInterface:Schedules του λογισμικού IDF-Editor	53
Εικόνα 21. Καρτέλα Output:Variable του λογισμικού IDF-Editor	54
Εικόνα 22. Καρτέλα Output:Meter του λογισμικού IDF-Editor	55
Εικόνα 23. Αρχείο variables.cfg για το λογισμικό BCVTB	56
Εικόνα 24. Αντικειμενική συνάρτηση γενετικού αλγορίθμου.....	57
Εικόνα 25. Συνάρτηση αλλαγής θερμ/ακών setpoint στο αρχείο IDF για θέρμανση	58
Εικόνα 26 Συνάρτηση αλλαγής θερμοκρασιακών setpoint στο αρχείο IDF για ψύξη.....	58
Εικόνα 27. Συνάρτηση del για διαγραφή περιπτών αρχείων	59
Εικόνα 28. Συνάρτηση εκτέλεσης λογισμικού energyplus.....	60
Εικόνα 29. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος πρώτο	61
Εικόνα 30. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος δεύτερο	61
Εικόνα 31. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος τρίτο	62
Εικόνα 32. Γενετικός αλγόριθμος για θέρμανση	62
Εικόνα 33. Γενετικός αλγόριθμος για ψύξη	62
Εικόνα 34. Διαγραμματική απεικόνιση αποτελεσμάτων γενετικού αλγορίθμου	63
Εικόνα 35.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 1ου σεναρίου για θέρμανση.....	64
Εικόνα 36. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 1ου σεναρίου για ψύξη	65
Εικόνα 37.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 2ου σεναρίου για θέρμανση.....	65
Εικόνα 38.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 2ου σεναρίου για ψύξη	66
Εικόνα 39.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 3ου σεναρίου για θέρμανση.....	67
Εικόνα 40.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 3ου σεναρίου για ψύξη	67

Εικόνα 41. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 4ου σεναρίου για θέρμανση	68
Εικόνα 42. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 4ου σεναρίου για ψύξη	68
Εικόνα 43. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 01/01	84
Εικόνα 44. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 01/01	87
Εικόνα 45. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 09/07	103
Εικόνα 46. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 09/07	106
Εικόνα 47. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 21/07	122
Εικόνα 48. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 21/07	125
Εικόνα 49. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 12/01	140
Εικόνα 50. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 12/01	143

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος HVAC	32
Πίνακας 2. Setpoints Συστήματος κλιματισμού	32
Πίνακας 3. Καταναλώσεις MyLeaf.....	34
Πίνακας 4. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01	152
Πίνακας 5. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/01	158
Πίνακας 6. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 19/01	164
Πίνακας 7. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01	170
Πίνακας 8. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/01	176
Πίνακας 9. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 27/01	182
Πίνακας 10. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01	188
Πίνακας 11. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 11/01	193
Πίνακας 12. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 12/01	199
Πίνακας 13. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 09/07	205
Πίνακας 14. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 13/07	211
Πίνακας 15. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07	217
Πίνακας 16. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 11/07	223
Πίνακας 17. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07	229
Πίνακας 18. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 21/07	235
Πίνακας 19. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 12/07	241
Πίνακας 20. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07	247
Πίνακας 21. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 21/07	253
Πίνακας 22. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης κόστους μεταξύ 1 ^{ου} και 5 ^{ου} σεναρίου	254
Πίνακας 23. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ 1 ^{ου} και 5 ^{ου} σεναρίου	254
Πίνακας 24. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης κόστους μεταξύ 4 ^{ου} και 5 ^{ου} σεναρίου	255
Πίνακας 25. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ 4 ^{ου} και 5 ^{ου} σεναρίου	255

1^ο Κεφάλαιο

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική ιδέα

Στις μέρες μας, όπου η ενέργεια είναι ένα άκρως απαραίτητο αγαθό και οι συμβατικές πηγές ενέργειας υπόκεινται σε μη βιώσιμη εκμετάλλευση, η επέκταση της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας καθώς και η μείωση των ενεργειακών αναγκών του πληθυσμού έχουν καταστεί επιτακτικές ανάγκες. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται από κτίρια, πάσης φύσεως, παγκοσμίως, αυξάνεται ετησίως, με διακυμάνσεις ανάλογα την γεωγραφική περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά των κτιρίων και των εγκατεστημένων συστημάτων, την κουλτούρα, το κοινωνικό ή μορφωτικό επίπεδο, τις οικονομικές συνθήκες κλπ. Η συνεχής αύξηση της ανάγκης για όλο και περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, έχει προκαλέσει στα δίκτυα ηλεκτροδότησης ισχυρές πιέσεις με σκοπό τη διατήρηση της ισορροπίας τους. Η ζήτηση και προσφορά πρέπει να βρίσκονται χρονικά σε ισορροπία κι αυτό αποτελεί μια εξαιρετικά κρίσιμη απαίτηση. Οποιαδήποτε ανισορροπία θα μπορούσε να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες στην αξιοπιστία και την ποιότητα της παροχής ενέργειας, όπως διακοπές ηλεκτροδότησης, αυξομειώσεις τάσης κ.ο.κ. .

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Κτιριακής Απόδοσης (BPIE), περισσότερα από το 40% των υφιστάμενων κτιρίων έχουν κατασκευασθεί πριν το 1960, οπότε οι στόχοι και κανονισμοί που συνδέονταν με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ήταν πολύ ελαστικοί και περιορισμένοι. Το περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και οι αντίστοιχες μειώσεις των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε αυτά τα κτίρια κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα. [1]

Τα κτίρια ευθύνονται για το 36% των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ. Ενώ τα νέα κτίρια χρειάζονται, γενικά, τρία έως πέντε λίτρα λιγότερο πετρέλαιο θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο, ανά έτος, σε σχέση με τα παλαιότερα κτίρια, στα οποία καταναλώνονται περίπου 25 λίτρα κατά μέσο όρο. Ορισμένα κτίρια απαιτούν ακόμη και 60 λίτρα. Επί του παρόντος, περίπου το 35% των κτιρίων της ΕΕ είναι άνω των 50 ετών. Με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, θα μπορούσαμε να μειώσουμε τη συνολική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ κατά 5% έως 6% και τις εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5%. [2]

Από την πλευρά της ζήτησης, τα κτίρια μπορούν να συνεισφέρουν σε πολύ σημαντικό βαθμό στη διατήρηση αυτής της ισορροπίας αφού καταναλώνουν περισσότερη από το 40% της ολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Προς αυτή την κατεύθυνση, μία αποτελεσματική προοπτική για τη διατήρηση της ενεργειακής ισορροπίας και την αύξηση της διείσδυσης καταναεμημένων πηγών ενέργειας στο δίκτυο είναι μέσω της απόκρισης ζήτησης. [3]

Απόκριση ζήτησης ορίζεται η ορθολογική διαχείριση ενέργειας ως αποτέλεσμα της άμεσης σε ζωντανό χρόνο επικοινωνίας του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίου με τον διαχειριστή του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό δίδεται η δυνατότητα στον διαχειριστή του δικτύου να προβαίνει στις απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες σε συνεργασία με τους καταναλωτές σε περιπτώσεις που το δίκτυο βρίσκεται σε οριακές συνθήκες λειτουργίας ώστε να αποφευχθούν ζημιές, απώλεια τάσης κλπ. Ως εκ τούτου, η τεχνολογική ενσωμάτωση και υλοποίηση τεχνικών απόκρισης ζήτησης δημιουργεί νέους διαθέσιμους πόρους στο δίκτυο διανομής της ενέργειας δημιουργώντας τις προϋποθέσεις νέων οριζόντων για διεύρυνση της συμμετοχή των καταναλωτών στις αγορές ενέργειας και αναδιοργάνωση των αγορών ενέργειας προς ένα πιο διαφανές και ανοικτό παραγωγικό μοντέλο. [4]

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας βάσει της οποίας γίνεται χρήση γενετικών αλγορίθμων για τη μείωση του ενεργειακού κόστους των βιομηχανικών κτιρίων (η οποία μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί και σε άλλες κατηγορίες κτιρίων). Στην προκειμένη περίπτωση η αρχιτεκτονική του γενετικού αλγορίθμου καθορίζει τη βέλτιστη λειτουργία του θερμοστάτη χώρου ανά ώρα για το χρονικό διάστημα πριν τη λειτουργία του κτιρίου σε καθημερινή βάση λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο μη δυναμικό καθεστώς τιμολόγησης της ενέργειας. Στόχος είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η βελτιστοποίηση βάσει γενετικών αλγορίθμων στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αποθήκευση ενέργειας στη θερμική μάζα του κτιρίου κατά τις ώρες μη αιχμής και τη μείωση του συνολικού ενεργειακού κόστους. Παράλληλα γίνεται αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο καθώς αποτελεί βασικό περιβαλλοντικό δείκτη όσον αφορά τη λειτουργία ενός κτιρίου.

1.1.1 Κανονιστικό πλαίσιο ΕΕ για ενεργειακή απόδοση κτιρίων

Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων του 2010 και η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση του 2012, αποτελούν το βασικό κανονιστικό πλαίσιο της ΕΕ, όταν πρόκειται για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Την 30ή Νοεμβρίου 2016, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε μια ενημέρωση για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων για να βοηθήσει την προώθηση της χρήσης των έξυπνων τεχνολογιών σε κτίρια καθώς και τον εξορθολογισμό των υφιστάμενων κανόνων. Η Επιτροπή δημοσίευσε επίσης μια νέα βάση δεδομένων για την παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε όλη την Ευρώπη.

Σύμφωνα με την υφιστάμενη οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων :

- Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης πρέπει να περιλαμβάνονται σε όλες τις περιπτώσεις για την πώληση ή μίσθωση κτιρίων.
- Οι χώρες της ΕΕ οφείλουν να θεσπίσουν συστήματα ελέγχου για τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού ή να θέσουν σε εφαρμογή μέτρα ισοδύναμου αποτελέσματος.
- Οι χώρες της ΕΕ απαιτείται να καθορίσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια, για τη ριζική ανακαίνιση των κτιρίων και για την

αντικατάσταση ή την μετασκευή των δομικών στοιχείων (συστήματα θέρμανσης και ψύξης, οροφές, τοίχους, κλπ.).

- Οι χώρες της ΕΕ έχουν την υποχρέωση να καταρτίσουν καταλόγους εθνικών οικονομικών μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 ενώ για τα δημόσια κτίρια η ίδια υποχρέωση θα πρέπει να έχει υλοποιηθεί ως τις 31 Δεκεμβρίου 2018.

Σύμφωνα με την οδηγία για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων :

- Οι χώρες της ΕΕ θα πρέπει να κάνουν ανακαινίσεις σχετιζόμενες με την ενεργειακή απόδοση σε τουλάχιστον το 3% των κτιρίων που ανήκουν και χρησιμοποιούνται από την κεντρική κυβέρνηση.
- Οι κράτη-μέλη της ΕΕ πρέπει να αγοράζουν μόνο κτίρια τα οποία είναι υψηλής ενεργειακής απόδοσης.
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να θεσπίσουν μακροπρόθεσμες εθνικές στρατηγικές για την ανακαίνιση των κτιρίων που μπορούν να συμπεριληφθούν στο σχέδιο δράσης της Εθνικής Επιτροπής Ενέργειας.

Η οδηγία περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (OEEK), ύστερα από την αναδιατύπωσή της, ορίζει ότι όλα τα νέα κτίρια που θα κατασκευαστούν στην ΕΕ μετά το 2020 θα πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEBs).

Για τα υφιστάμενα κτίρια, τα κράτη μέλη (ΚΜ) είναι υπεύθυνα για την εκπόνηση εθνικών σχεδίων για την αύξηση του αριθμού των nZEBs. Έτσι, τα κράτη μέλη θα πρέπει να εκπονήσουν εθνικούς κανόνες και να καταρτίσουν εθνικά σχέδια δράσης για την αύξηση του αριθμού των nZEBs, συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών και των μέτρων για την προώθηση της ανακαίνισης του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος σε nZEB.

Παρότι δεν καθορίζεται με σαφήνεια τι είναι τα nZEB σύμφωνα με το Άρθρο 2 (1α) παρέχεται ως ποιοτικός ορισμός ότι : «κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB) είναι ένα κτίριο που έχει μια πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει, σε πολύ σημαντικό βαθμό, να καλύπτεται από ενέργεια προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν είτε στον χώρο είτε κοντά σε αυτόν. »

Στο πλαίσιο αυτό, καθορίζεται με σαφήνεια ο ρόλος του δημόσιου τομέα ως πρωτοπόρος, με ένα δεσμευτικό στόχο, αλλά δεν δίνει κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τον τρόπο συμμετοχής του ιδιωτικού τομέα.

1.1.2 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των χρηστών. Η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων και στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτίρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, και συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού.[5]

Οι δράσεις αυτές έχουν ως κριτήρια :

- Την οικονομική αποδοτικότητα και αύξηση του κέρδους των διαφόρων φορέων διαχείρισης κτιρίων από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
- Την διατήρηση ή βελτίωση της ασφάλειας και ποιότητας ζωής και παροχής υπηρεσιών στα κτίρια
- Την διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος
- Τον έλεγχο του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους και όχι απλά της καταναλισκόμενης ποσότητας καυσίμων.

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα την ανάλυση, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση. Βασικά εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης (Ε.Δ.) ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πρέπει να περιλαμβάνει :

- Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης
- Μελέτες τεchnοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π.χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κ.α.)
- Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.
- Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων-αναφορών, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς τον φορέα διοίκησης-διαχείρισης

- Έλεγχος της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτιρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος Ε.Δ. και σχετικά με την συμμετοχή του σε αυτό.
- Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του.
- Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων.
- Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους

Η αντικατάσταση ολόκληρων συστημάτων είναι η πιο δαπανηρή δράση και θα πρέπει να αποφεύγεται (εκτός εάν είναι απολύτως απαραίτητη), καθώς πέρα από το κόστος που συνεπάγεται, μπορούν να ανακύψουν και άλλα προβλήματα.[6]

1.1.2 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να διαφέρει πολύ μεταξύ των διαφόρων περιοχών και κατηγοριών των κτιρίων. Τα τρία τέταρτα της καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, κλιματισμό, εξαερισμό, και φωτισμό. Μια σημαντική ανακαίνιση που θα επιτυγχάνει να μετατρέψει το κτίριο σε ένα nZEB θα επιφέρει τεράστια μείωση σε σχέση με τις λειτουργικές δαπάνες για το εκάστοτε κτίριο, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία του. Τα εν λόγω κτίρια ονομάζονται και «έξυπνα κτίρια», για λόγους που περιγράφονται παρακάτω.

Η πρόκληση για την αρχιτεκτονική της νέας χιλιετίας επικεντρώνεται σε πολλούς βασικούς τομείς της έρευνας σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας οικοδόμησης, από το σχεδιασμό μέχρι την ολοκλήρωση και την τελική διάθεσή του κτιρίου. Ο τελικός στόχος είναι να κατασκευαστεί ένα έξυπνο κτίριο, δηλαδή ένα κτίριο σχεδιασμένο ή ανακαινισμένο με ευφυΐα (έξυπνο σχεδιασμό), που χρησιμοποιεί τις καλύτερες τυπολογικές (έξυπνη γεωμετρία) και τεχνολογικές λύσεις, τόσο όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος (Smart envelope) καθώς και τον εξοπλισμό (Smart systems). Τα παραπάνω, είναι σε θέση να αλληλοεπιδράσουν με έξυπνο τρόπο με το περιβάλλον και τους χρήστες ώστε να παρέχουν, με πολύ χαμηλή χρήση των φυσικών πόρων ένα προσιτό, ασφαλές, άνετο και υγιεινό δομημένο περιβάλλον. [7][8]

Επομένως, το κέλυφος του κτιρίου παίζει καθοριστικό ρόλο και τα τελευταία χρόνια έχει υποστεί μια ενδελεχή επανεξέταση τόσο των χαρακτηριστικών του όσο και των αναγκών των χρηστών, ώστε να βρεθούν τεχνολογικές λύσεις που μπορούν να εγγυηθούν τη συνεχή προσαρμογή των περιβαλλοντικών ροών από και προς το κτίριο σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες κι άλλους παράγοντες. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα «φίλτρων» και «εμποδίων» που ρυθμίζουν τη ροή της θερμότητας, την ηλιακή ακτινοβολία, τον εξαερισμό, καθώς και την μετατροπή της ακτινοβολίας σε ενέργεια (θερμική και ηλεκτρική), απαραίτητο στοιχείο για το κτίριο. [9]

Ο τελικός στόχος είναι να παρέχεται ένα έξυπνο κέλυφος, ικανό όχι μόνο προσφέρει καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με ένα παραδοσιακό κτίριο, αλλά και την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών (Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αξιοποίηση φωτός, καθαρισμό του αέρα, κλπ.) και την προσαρμογή των χαρακτηριστικών του ως συνάρτηση των δυναμικών εξωτερικών συνθηκών.[10]

Χάρη στην πρόοδο στον τομέα της επιστήμης υλικών και των νανοεπιστημών, οι τεχνολογικές λύσεις που είναι διαθέσιμες σήμερα επιτρέπουν ως ένα βαθμό την εκπλήρωση αυτής της πρόκλησης και την λήψη αποτελεσματικής δράσης, με περισσότερο από ικανοποιητικά αποτελέσματα, ακόμη και όσον αφορά ανακαίνιση ιστορικών κτιρίων που υπόκεινται σε αρχιτεκτονικούς περιορισμούς.

Προηγμένα μονωτικά υλικά) μπορούν να προσφέρουν υψηλή θερμική μόνωση με πολύ μικρό πάχος, τα οποία σε συνδυασμό με καινοτόμα τζάμια και ολοκληρωμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρέχουν αξιόλογες νέες δυνατότητες στους τομείς του σχεδιασμού και της ανακαίνισης του κτιριακού κελύφους.

Τυπικά παραδείγματα είναι τα πάνελ κενής μόνωσης (VIPs), τα νανοπορώδη μονωτικά υλικά (EME), όπως αεροτζέλ καθώς και τα διαφανή μονωτικά υλικά (TIMS) που συνδυάζουν μετάδοση του φωτός και θερμική αντίσταση σε μερικά εκατοστά πάχους. Επίσης, περιλαμβάνονται οι ειδικές επιστρώσεις που αντανakλούν την υπέρυθρη ηλιακή ακτινοβολία (ψυχρές στέγες), και διάφορα εξαρτήματα και συσκευές, τα λεγόμενα "έξυπνα υλικά". Αυτά είναι σε θέση να τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά τους ανάλογα με τις διαφορετικές συνθήκες που επιβάλλονται από τους χρήστες, όπως υλικά αλλαγής φάσης (PCMS), χρωμογόνα υλικά και φωτοκαταλυτικά και οργανικά φωτοβολταϊκά υλικά.

1.1.3 Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων

Το BMS (Building Management Systems) είναι ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια, για να εποπτεύει και να ελέγχει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, όπως:

- Ψύξη
- Θέρμανση
- Εξαερισμό
- Φωτισμό
- Συστήματα Ενέργειας

Το BMS αποτελείται από Software και Hardware και χρησιμοποιεί ανοιχτά πρωτόκολλα όπως BACnet, Lon, Modbus. Με τις προδιαγραφές λειτουργίας και εγκατάστασης, το κλασικό BMS προσφέρει - μέσω του ηλεκτρονικού εξοπλισμού του και του προγράμματος SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) - ένα πλήθος δυνατοτήτων, ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Καταγραφή αναλογικών ή ψηφιακών μεγεθών συναρτήσει του χρόνου (trending)
- Χρονομέτρηση λειτουργίας μηχανών και προσδιορισμός χρόνων συντήρησης
- Ανάλυση της εξέλιξης βλαβών χρονικά, αναλύοντας την αλληλουχία των συμβάντων που οδήγησαν στη βλάβη
- Εξακρίβωση της αναγνώρισης (acknowledge) των βλαβών σε συνάρτηση με κρίσιμες βλάβες και τον καταμερισμό ευθυνών

Το BMS συνήθως χρησιμοποιείται σε μεγάλα κτίρια. Η βασική λειτουργία του είναι να διαχειρίζεται την περιβάλλον θερμοκρασία, το επίπεδο CO₂ και την υγρασία ενός κτιρίου. Τα περισσότερα BMS συστήματα ελέγχουν την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης, διαχειρίζονται τα συστήματα που διανέμουν τον αέρα παντού μέσα στο κτίριο και τοπικά ελέγχουν τη μίξη θερμού και ψυχρού αέρα για να επιτύχουν την κατάλληλη θερμοκρασία κάθε χώρου. Επίσης ελέγχουν την στάθμη ανθρώπινης παραγωγής CO₂, αναμιγνύοντας εξωτερικό καθαρό αέρα με τον εσωτερικό του κτιρίου και ανεβάζοντας την στάθμη O₂ χωρίς να υπάρχουν σοβαρές απώλειες Θέρμανσης/Ψύξης.

Κτίρια με Building Management System συνήθως παρουσιάζουν 40% εξοικονόμηση ενέργειας και εφόσον συμπεριληφθεί και ο φωτισμός η εξοικονόμηση μπορεί να αγγίξει και το 70%. Όσον αφορά στο κόστος τέτοιων συστημάτων, υπάρχουν πανάκριβα και "κλειδωμένα" Brand name Συστήματα με ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα διασύνδεσης (connectivity) και πανάκριβο προγράμμα SCADA και Ανοικτά Συστήματα με άπειρη ικανότητα διασύνδεσης και εξαιρετικής ποιότητας - και χαμηλού κόστους - προγράμμα SCADA που οδηγούν σε πολύ φθηνότερες λύσεις. [11]

Συμπερασματικά, ένα BMS προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθολικής εποπτείας, άμεσης ενημέρωσης για βλάβες - ακόμη και βλάβες που πρόκειται να συμβούν στο άμεσο μέλλον.

1.1.4 Απόκριση Ζήτησης

Μια πολύ καλή και καινοτόμα λύση για την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων είναι η εφαρμογή της τεχνικής της απόκρισης της ζήτησης, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Η απόκριση ζήτησης αποτελεί μια αξιολογή αλλά και αναξιοποίητη τεχνική παροχής αξιοπιστίας στα δίκτυα. Σύμφωνα με το τμήμα Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, σαν απόκριση ζήτησης θεωρούνται, «οι αλλαγές που επιτυγχάνονται στην ηλεκτρική χρήση, από τους τελικούς χρήστες, σε σχέση με τα φυσιολογικά καταναλωτικά μοτίβα, σύμφωνα με τις αλλαγές στην τιμολόγηση του ηλεκτρισμού ανάλογα με τον χρόνο ή σύμφωνα με αμοιβές που χρησιμοποιούνται ως κίνητρα ώστε να επιτευχθεί χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση σε χρόνους που οι τιμές είναι σε υψηλά επίπεδα ή όταν η αξιοπιστία του δικτύου βρίσκεται σε κίνδυνο». [12]

Η απόκριση ζήτησης χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, και επικεντρώνεται στην μείωση της κατανάλωσης του δικτύου είτε με τη χρήση κινήτρων είτε με τη χρήση αντικινήτρων (επιβολή πρόσθετων χρεώσεων). Οι υπηρεσίες εγγράφουν τους καταναλωτές σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης και τους προειδοποιούν σε περιόδους αιχμής, ώστε αυτοί να περικόψουν-μειώσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. [13]

Γενικά, η απόκριση ζήτησης θεωρείται ως λύση για τη βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθώντας ενεργά τις μεταβολές της αγοράς και αντιδρώντας ταχύτατα σε διάφορες απρόβλεπτες συνθήκες που μπορεί να προκληθούν.

Λόγω της εισαγωγής των έξυπνων δικτύων, της αυξανόμενης χρήσης της κατανεμημένης παραγωγής και τη συμβολή των τελικών χρηστών στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η απόκριση ζήτησης θεωρείται ως ένα νέο είδος πόρου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας, η χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής στο άμεσο μέλλον εκτιμάται ότι θα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Σε γενικές γραμμές, ένας βιομηχανικός καταναλωτής διαχειρίζεται την ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας με την εφαρμογή κατανεμημένης παραγωγής, με την αποθήκευση ενέργειας, με την μετατόπιση του φορτίου, με την διακοπή των μη κρίσιμων φορτίων όπως ο φωτισμός, ο αερισμός, ή με την προσωρινή διακοπή μιας ή περισσοτέρων παραγωγικών διαδικασιών. [14]

Όταν οι καταναλωτές συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης, υπάρχουν τρεις πιθανές εναλλακτικές με τις οποίες μπορούν να μεταβάλλουν τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας :

- Μείωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης μέσω εφαρμογής στρατηγικών σχετικά με περικοπές στα φορτία.
- Μετατόπιση της κατανάλωσης ενέργειας σε διαφορετική χρονική περίοδο.
- Χρησιμοποιώντας ενέργεια η οποία παράγεται στον χώρο, περιορίζοντας έτσι την εξάρτηση από το κύριο δίκτυο διανομής ενέργειας.

Οι στρατηγικές περικοπής φορτίων μπορούν να επιτευχθούν, για παράδειγμα, με αλλαγές στα επίπεδα φωτισμού, μειώνοντας τις τιμές της επιθυμητής θερμοκρασίας του κλιματιστικού κλπ. Η μείωση της κατανάλωσης ρεύματος μπορεί να επιτευχθεί, αντ' αυτού, μέσω της προ-ψύξης ή προθέρμανσης των κτιρίων και την μετατόπιση του φορτίου από τις περιόδους υψηλού σε άλλες χαμηλότερου κόστους με σημαντικά οφέλη. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορούν επίσης να επωφεληθούν από το χαμηλότερο κόστος ενέργειας με τη χρήση τεχνολογιών αποθήκευσης, προκειμένου να αναβληθούν ορισμένες λειτουργίες παραγωγής και να μεταφερθούν σε περιόδους με χαμηλό κόστος ενέργειας.[15]

1.1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και την μείωση του οικολογικού αποτυπώματος ενός κτιρίου, μπορεί να διαδραματίσει η ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές κινητήριες δυνάμεις της οικονομικής προόδου, αλλά την ίδια στιγμή εξίσου επιζήμιες για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, τείνουν να παρουσιάζουν ένα κυκλικό χαρακτήρα, λόγω των επιπτώσεων του ολιγοπωλίου στην παραγωγή και στην διανομή. Αυτά τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα αντιμετωπίζουν αυξανόμενη πίεση με ίσως την πιο σοβαρή πρόκληση να είναι η μελλοντική χρήση του άνθρακα όπως προδιαγράφεται και από το Πρωτόκολλο του Κυότο.

Το δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τεράστιο, δεδομένου ότι μπορούν να ικανοποιήσουν και να ανταπεξέλθουν πολλές φορές στην ενεργειακή ζήτηση του κόσμου. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η βιομάζα, η αιολική, η ηλιακή, υδροηλεκτρική, γεωθερμική ενέργεια μπορούν να παράσχουν βιώσιμες ενεργειακές υπηρεσίες, που βασίζονται στη χρήση των διαθέσιμων, εγχώριων πόρων.

Στην πραγματικότητα, τα ορυκτά καύσιμα και οι τιμές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και το κοινωνικό και το περιβαλλοντικό κόστος οδεύουν προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Επιπλέον, τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να συνεργάζονται και να γίνεται συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γεγονός που οδηγεί σε παραγωγή ακόμα και περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες περιπτώσεις. Αυτά τα συστήματα μπορούν να μειώσουν δραματικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα, την όξινη βροχή, και την παγκόσμια κλιματική αλλαγή.[16]

1.1.6 Χρήση Αλγορίθμων και Γενετικών Αλγορίθμων

Από την άλλη, για την μοντελοποίηση ενός κτιρίου καθώς και για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης καθίστανται απαραίτητη η χρήση προγραμμάτων. Πρώτα από όλα, είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα πρόγραμμα βασίζει τη λειτουργία του σε αλγόριθμους. Χωρίς τους αλγορίθμους, ένα πρόγραμμα δεν μπορεί να εκτελεστεί και να δώσει αποτελέσματα. Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκαν, όχι μόνο υφιστάμενοι αλγόριθμοι, μέσω προγραμμάτων, αλλά και νέοι, που δημιουργήθηκαν εξ 'αρχής για την εκπλήρωση των ερευνητικών στόχων. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν γενετικοί αλγόριθμοι, για τον υπολογισμό των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ένα πρόγραμμα είναι ένα συγκεκριμένο σύνολο διατεταγμένων εργασιών που εκτελούνται. Στο σύγχρονο υπολογιστή που ο John von Neumann επινόησε το 1945, το πρόγραμμα περιλαμβάνει μια σειρά από οδηγίες που ακολουθεί ο υπολογιστής. Ο υπολογιστής παίρνει μια εντολή και την εκτελεί και στη συνέχεια παίρνει κι εκτελεί την επόμενη εντολή.

Ένας αλγόριθμος, στα μαθηματικά και την επιστήμη των υπολογιστών, είναι ένα αυτοδύναμο σύνολο εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν, για την πραγματοποίηση υπολογισμών κι εργασιών. Ο αλγόριθμος είναι μια αποτελεσματική μέθοδος που μπορεί να εκφραστεί μέσα σε ένα πεπερασμένο ποσό του χώρου και του χρόνου και με μια καλά καθορισμένη επίσημη γλώσσα για τον υπολογισμό μιας συνάρτησης. Ξεκινώντας από μια αρχική κατάσταση και την αρχική είσοδο δεδομένων, οι οδηγίες περιγράφουν έναν υπολογισμό που, όταν εκτελείται, προχωρά μέσα από ένα πεπερασμένο αριθμό σαφώς καθορισμένων διαδοχικών καταστάσεων, και τελικά παράγει «εξόδους» και καταλήγει σε μια τελική κατάσταση. Η μετάβαση από το ένα βήμα στο άλλο, δεν είναι κατ' ανάγκη ντετερμινιστική, καθώς ορισμένοι αλγόριθμοι, γνωστοί ως τυχαίοι, ενσωματώνουν τυχαίες εισόδους.

Οι αλγόριθμοι είναι ζωτικής σημασίας για τους υπολογιστές και τον τρόπο λειτουργίας τους. Πολλά προγράμματα υπολογιστών περιέχουν αλγόριθμους που περιέχουν λεπτομερώς τις συγκεκριμένες οδηγίες που ένας υπολογιστής πρέπει να εκτελεί (με μια συγκεκριμένη σειρά) για την εκτέλεση κάποιου συγκεκριμένου έργου. Έτσι, ένας αλγόριθμος μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε ακολουθία λειτουργιών που μπορεί να προσομοιωθεί με ένα πλήρες σύστημα Turing. [9]

Τυπικά, όταν ένας αλγόριθμος σχετίζεται με την επεξεργασία πληροφοριών, τα δεδομένα που διαβάζονται από μία πηγή εισόδου, γράφονται έπειτα σε μια συσκευή εξόδου, και / ή αποθηκεύονται για περαιτέρω επεξεργασία. Τα αποθηκευμένα δεδομένα θεωρούνται ως μέρος της εσωτερικής κατάστασης του φορέα, που εκτελεί τον αλγόριθμο.

Συνεπώς, οι αλγόριθμοι πρέπει να καθορίζονται με αυστηρότητα, ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν σε όλες τις πιθανές συνθήκες που θα μπορούσαν να προκύψουν. Επειδή ένας αλγόριθμος είναι ένας ακριβής κατάλογος με ακριβή βήματα, η σειρά των υπολογισμών είναι πάντα ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του.

Οι αλγόριθμοι έχουν πλήθος χρήσεων και μία σημαντική από αυτές είναι η βελτιστοποίηση. Βελτιστοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία κάτι γίνεται καλύτερο. Ένας μηχανικός ή επιστήμονας φέρνει στο νου του μια νέα ιδέα και μέσω της βελτιστοποίησης βελτιώνει αυτή την ιδέα, βρίσκοντας την καλύτερη δυνατή λύση. Η βελτιστοποίηση συνίσταται στην προσπάθεια παραλλαγής μιας αρχικής ιδέας χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που προκύπτουν για την βελτίωση της ιδέας αυτής. Ο υπολογιστής είναι το ιδανικότερο εργαλείο για την βελτιστοποίηση, εφόσον η ιδέα ή οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ιδέα μπορούν να εισαχθούν σε ηλεκτρονική μορφή. Έτσι, εισάγονται στον υπολογιστή κάποια δεδομένα κι αυτός δίνει την λύση. Είναι αυτή η μόνη λύση; Πολλές φορές όχι. Είναι όμως και η καλύτερη λύση; Αυτό είναι μια δύσκολη ερώτηση.

Η ορολογία "καλύτερη" λύση συνεπάγεται ότι υπάρχουν περισσότερες από μια δυνατές λύσεις αλλά όχι ίσης αξίας. Ο ορισμός καλύτερος σχετίζεται με τα κριτήρια του προβλήματος, τη μέθοδο της λύσης, τις επιτρεπόμενες ανοχές και τις προτιμήσεις του ατόμου που καλείται να λάβει μια απόφαση.

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (ΓΑ) είναι μια τεχνική βελτιστοποίησης και αναζήτησης με βάση τις αρχές της γενετικής και της φυσικής επιλογής. Ένας ΓΑ επιτρέπει σε έναν πληθυσμό που αποτελείται από πολλά άτομα να εξελίσσεται σύμφωνα με καθορισμένους κανόνες επιλογής μέσω μιας διαδικασίας που μεγιστοποιεί την "καταλληλότητα" (δηλαδή, ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση κόστους). Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τον John Holland (1975) κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και του 1970 και διαδόθηκε τελικά από έναν από τους μαθητές του, τον David Goldberg, ο οποίος ήταν σε θέση να λύσει ένα δύσκολο πρόβλημα που αφορούσε τον έλεγχο της μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω αγωγού για τη διατριβή του (Goldberg, 1989). Η αρχική δουλειά του Holland, συνοψίζεται στο βιβλίο του. Ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να αναπτύξει μια θεωρητική βάση για το φυσικό αέριο μέσω του θεωρήματός του. Το έργο του De Jong, (1975) έδειξε τη χρησιμότητα του ΓΑ για τη συνάρτηση βελτιστοποίησης κι έκανε την πρώτη συντονισμένη προσπάθεια για να βρει βελτιστοποιημένες παραμέτρους Γενετικών Αλγορίθμων. Ο Goldberg συνέβαλε τα μέγιστα με τις επιτυχημένες εφαρμογές του και το εξαιρετικό βιβλίο του (1989).

Από τότε, πολλές εκδοχές του εξελικτικού προγραμματισμού έχουν δοκιμασθεί με διαφορετικούς βαθμούς επιτυχίας.

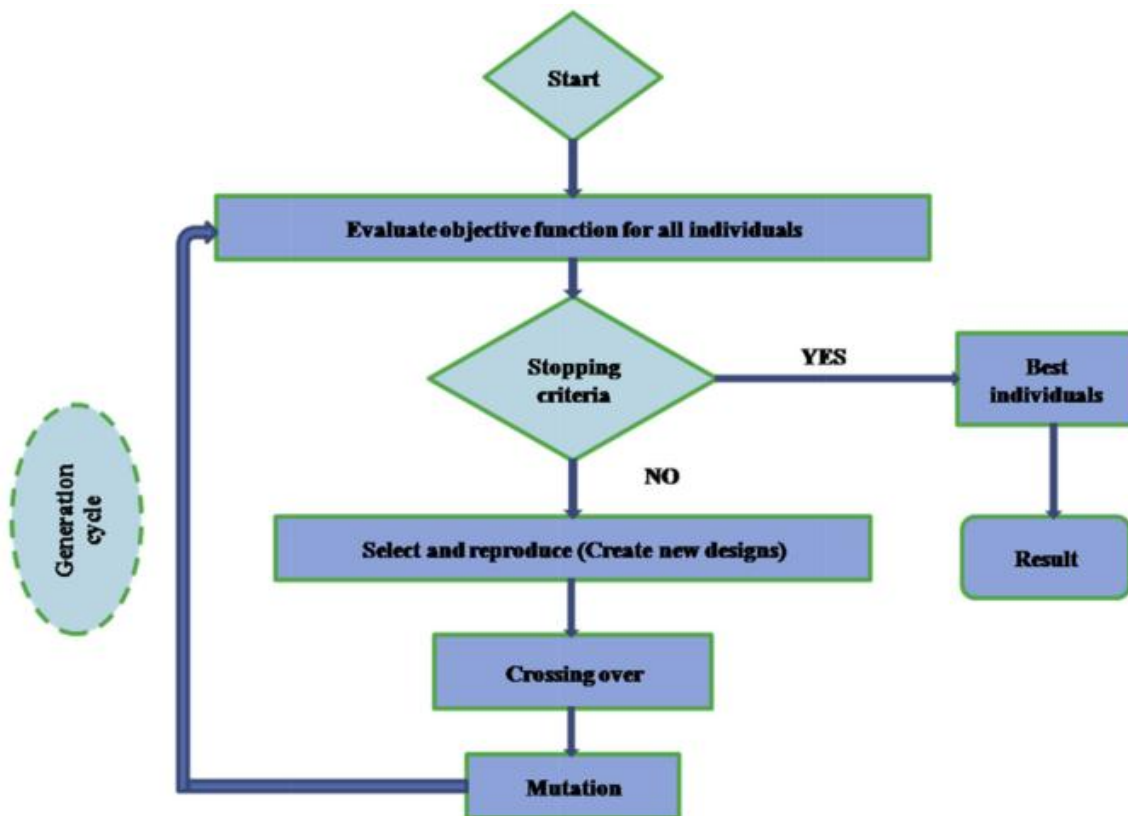
Μερικά από τα πλεονεκτήματα ενός ΓΑ περιλαμβάνουν ότι:

- Προσφέρει δυνατότητες χειρισμού συνεχών ή διακριτών μεταβλητών
- Δεν απαιτεί παράγωγες πληροφορίες,
- Εκπονεί ταυτόχρονες αναζητήσεις μέσα σε μια ευρεία δειγματοληψία της επιφάνειας του κόστους

- Ασχολείται με ένα μεγάλο αριθμό μεταβλητών,
- Είναι κατάλληλη για παράλληλους υπολογιστών,
- Βελτιστοποιεί μεταβλητές με εξαιρετικά πολύπλοκες επιφάνειες κόστους (που μπορούν να ξεφύγουν από ένα τοπικό ελάχιστο),
- Παρέχει μια λίστα με βέλτιστες μεταβλητές κι όχι μόνο μία αποκλειστική λύση,
- Μπορεί να κωδικοποιήσει τις μεταβλητές, έτσι ώστε η βελτιστοποίηση να γίνεται με τις κωδικοποιημένες μεταβλητές, και τέλος
- Λειτουργεί με αριθμητικά δεδομένα, πειραματικά δεδομένα, ή αναλυτικές συναρτήσεις.

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι ενδιαφέροντα και παράγουν εντυπωσιακά αποτελέσματα, όταν οι παραδοσιακές προσεγγίσεις βελτιστοποίησης αποτυγχάνουν παταγωδώς.

Φυσικά, ο ΓΑ δεν είναι ο καλύτερος τρόπος για να λυθούν όλα τα προβλήματα. Επιπλέον, για τα προβλήματα που δεν είναι υπερβολικά δύσκολα, άλλες μέθοδοι μπορούν να βρουν τη λύση τους, πιο γρήγορα από έναν ΓΑ .[17]



Εικόνα 1. Τυπικό Διάγραμμα ροής Γενετικού Αλγόριθμου [18]

1.2 Σκοπός κι επιμέρους στόχοι

Σκοπός της εν λόγω μελέτης είναι η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης Γενετικών Αλγορίθμων με σκοπό την ρύθμιση της βέλτιστης δυνατής λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού (HVAC), με την χρήση πρόψυξης και προθέρμανσης, σε ένα βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Οι επιμέρους στόχοι της μελέτης είναι οι παρακάτω :

- Μελέτη κι ανάλυση της τεχνικής απόκρισης ζήτησης καθώς κι εκτίμηση της εφαρμοσιμότητας της στην περίπτωση της μελέτης βιομηχανικών κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Σχηματισμός και υλοποίηση μοντέλου υπολογισμού ενεργειακού κόστους λειτουργίας για βιομηχανικό κτίριο στην περιοχή της Ανκονα στην Ιταλία.
- Ενσωμάτωση και εισαγωγή του κτιριακού θερμικού μοντέλου στο λογισμικό EnergyPlus (E+) για τους σκοπούς της βελτιστοποίησης του ενεργειακού κόστους λειτουργίας, μέσω γενετικών αλγορίθμων, με τη βοήθεια του λογισμικού MATLAB).
- Αξιολόγηση της βέλτιστης δυνατής μετατόπισης του φορτίου με βάση το παρών σύστημα τιμολόγησης με σκοπό την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού κόστους λειτουργίας.

1.3 Δομή επόμενων κεφαλαίων

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί ως σήμερα στο πλαίσιο της προηγμένης διαχείρισης ενέργειας και τεχνικών ΑΖ. Έτσι, παρουσιάζονται σύντομες περιλήψεις από διάφορες ερευνητικές εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί και παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Στην συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερής παρουσίαση της περίπτωσης που εξετάζεται, με αναλυτικές πληροφορίες για το κτίριο. Περιγράφεται το κέλυφος του κτιρίου, τα συστήματα που χρησιμοποιούνται, το σύστημα κλιματισμού (HVAC), οι αυτοματισμοί του κτιρίου (BEMS) καθώς επίσης οι λεγόμενες «πράσινες τεχνολογίες» που είναι ενσωματωμένες στο κτίριο. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του μαθηματικού προβλήματος και η προγραμματιστική προσέγγιση κατά την διαμόρφωση και επίλυσή του. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται η μαθηματική προσέγγιση, τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν κι οι παραμετροποιήσεις που έγιναν για κάθε λογισμικό. Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρατίθενται τα αποτελέσματα, η συζήτηση επ' αυτών και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις παραπομπές και στο έβδομο παρατίθεται το παράρτημα.

2^ο Κεφάλαιο

2. Κριτική Βιβλιογραφίας

Το συγκεκριμένο εγχείρημα έχει γίνει αρκετές φορές στο παρελθόν κυρίως για άλλα είδη κτιρίων. Τα κτίρια αυτά δεν ήταν μόνο για βιομηχανική χρήση αλλά και σπίτια, καταστήματα και γραφεία. Κάθε κτίριο, πρέπει να αντιμετωπίζεται με έναν πολύ μοναδικό τρόπο, έτσι ώστε κάθε μεμονωμένο έργο είναι πολύ μοναδικό, με πολλές ιδιαιτερότητες.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε κάποιες από αυτές τις προσπάθειες, με σύντομο τρόπο. Κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις θα παρουσιαστεί σε όχι περισσότερο από δύο παραγράφους, με επαρκείς λεπτομέρειες, ώστε να είναι τόσο κατανοητές κι εύκολες στην ανάγνωση.

Τέλος, είναι αρκετά σημαντικό να αναφερθεί ότι αυτές οι προσπάθειες είναι έγκριτες και αποτελούν επιλογή δημοσιεύσεων από επιστημονικά περιοδικά, τα οποία μελετήθηκαν ενδελεχώς, τόσο για την βαθύτερη κατανόηση του εγχειρήματος που καλούμαστε να φέρουμε εις πέρας αλλά και για απόκτηση γενικότερων γνώσεων στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Αρχικά, μια πολύ σημαντική δουλειά έχει γίνει από το Πανεπιστήμιο του Hong Kong, η οποία, προτείνει μια ισχυρή τεχνική απόκρισης ζήτησης σχετικά με τα εμπορικά κτίρια, κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας πρόβλεψης φορτίου που χρησιμοποιήθηκε σε ένα πολυώροφο εμπορικό κτίριο στο Χονγκ Κονγκ. Καταρχάς, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι λίγες μελέτες σχετικά με την απόκριση ζήτησης έχουν λάβει συστηματικά υπόψη τις επιπτώσεις της αβεβαιότητας πρόβλεψης φορτίου, οι οποίες μπορούν να αποτρέψουν την επίτευξη των στόχων της εκάστοτε μελέτης. Εφόσον το έξυπνο δίκτυο μπορεί να προσφέρει ένα αποτελεσματικά βιώσιμο, οικονομικό και ασφαλή εφοδιασμό ηλεκτρικής ενέργειας, αντιπροσωπεύει τη μελλοντική τάση ανάπτυξης των δικτύων. Λαμβάνοντας υπόψη τις ευρείες εφαρμογές των έξυπνων δικτύων στο μέλλον, η τεχνική απόκρισης ζήτησης στην μελέτη αναπτύσσεται κάτω από δυναμική τιμολόγηση, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στα ευφυή δίκτυα.

Στην προαναφερθείσα μελέτη, εισάγεται η βασική ιδέα μιας ισχυρής τεχνικής απόκρισης ζήτησης, η οποία αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη. Στη συνέχεια, περιγράφονται το κεντρικό σύστημα κλιματισμού και το εγκατεστημένο σύστημα θερμικής αποθήκευσης καθώς και οι στρατηγικές ελέγχου του δικτύου. Έπειτα, ακολουθούν η μελέτη περίπτωσης, η συζήτηση και η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τέλος, τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν τις σημαντικές επιπτώσεις που επιφέρει η αβεβαιότητα στην πρόβλεψη φορτίου στο αναμενόμενο ημερήσιο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.^[19]

Η επιτροπή Έρευνας κι Ανάλυσης Φορτίων(AEIC) ανέλαβε την συγγραφή ενός εγχειριδίου, το οποίο είχε ως πρωταρχικό στόχο την τυποποίηση της ορολογίας που χρησιμοποιείται τόσο για τις τεχνικές απόκρισης ζήτησης καθώς όσο και στις μετρήσεις και την επαλήθευση αυτών όπως εφαρμόζονται στις περιπτώσεις έρευνας φορτίου. Αρχικά, καθορίζονται οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων μεθόδων που χρησιμοποιούνται τόσο για την διαδικασία των μετρήσεων(αξιολόγηση επιπτώσεων) όσο και για τη διαδικασία επαλήθευσης, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης και της εφαρμογής των σημείων αναφοράς. Οι συγγραφείς αποδεικνύουν και συζητούν για πολλές από τις σημαντικότερες τεχνικές απόκρισης ζήτησης που χρησιμοποιούνται σήμερα, αλλά όχι για όλες τις υπάρχον τεχνικές που δύνανται να μειώσουν τη ζήτηση αιχμής. Πρωταρχικά, εξηγούνται σημαντικοί όροι όπως η Διαχείριση Ζήτησης, η ενεργειακή απόδοση και η απόκριση ζήτησης. Επιπλέον, τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης αναλύονται και επεξηγούνται. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν η τιμολόγηση πραγματικού χρόνου κι ο απευθείας έλεγχος φορτίου. Επιπλέον, αναλύεται η τεχνική των ξεχωριστών μετρήσεων και χωρίζεται σε δύο βασικές συνιστώσες ,οι οποίες επεξηγούνται με μερικά παραδείγματα. Στη συνέχεια, επεκτείνονται οι μαζικές μετρήσεις της αγοράς, παρέχοντας παραδείγματα, συμπεριλαμβανομένων αρκετών τεχνικών σύγκρισης και λειτουργικών μελετών. Τέλος, παρατίθεται ένας επίλογος στον οποίο παρουσιάζονται τα χρησιμότερα συμπεράσματα που προέκυψαν.[12]

Το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, από την πλευρά του, διεξήγαγε μία μελέτη, στην οποία κύριος στόχος ήταν να υπολογισθούν οι μειώσεις που μπορούν να επιτευχθούν στα ηλεκτρικά φορτία κατά τη διάρκεια γεγονότων απόκρισης ζήτησης. Το παραπάνω επιτυγχάνεται μέσω της σύγκρισης των παρατηρούμενων φορτίων με υποθέσεις που έγιναν από την χρήση στατιστικών στοιχείων. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία σε πέντε σημεία, την πηγή δεδομένων καιρού, την έκταση των δεδομένων, τις μεθόδους που αναγνωρίζουν πότε χρησιμοποιούνται τα κτίρια, τις μεθόδους για την ευθυγράμμιση των δεδομένων των κτιρίων με τα δεδομένα για την θερμοκρασία και τέλος τις μεθόδους φιλτραρίσματος των διακοπών ρεύματος. Αυτό κατέστη επιτυχές χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα κι αναλύοντας την επίδραση διαφορετικών επιλογών μοντελοποίησης όσον αφορά τις μειώσεις στα φορτία. Για τις ανάγκες της μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για τα ηλεκτρικά φορτία ολόκληρων κτιρίων, ανά δεκαπέντε (15) λεπτά για 38 μεγάλα εμπορικά κτίρια κι εγκαταστάσεις. Χρησιμοποιήθηκε ξεχωριστό μοντέλο για κάθε κτίριο και για κάθε εξεταζόμενη χρονιά, καθώς τα κτίρια αλλάζουν διαχρονικά. Τέλος, για περισσότερο λεπτομερή αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τόσο για 30 όσο και για 60 λεπτά ενώ στο τέλος παρουσιάζεται ένας επίλογος με τα συμπεράσματα της μελέτης και καταλήγει στο γεγονός ότι αν δεν είναι δυνατή μια πλήρη πιστοποίηση, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιου είδους λογισμικό για την επίτευξη της πιστοποίησης.[20]

Μία εξαιρετικά σημαντική δουλειά έχει γίνει από το Πανεπιστήμιο του Hong Kong, η οποία είχε ως στόχο τον προσδιορισμό της αναποτελεσματικότητας και της μη αποδοτικότητας των συμβατικών μεθόδων ελέγχου που χρησιμοποιούνται την ανακούφιση της πίεσης στα ηλεκτρικά δίκτυα, που δημιουργείται από την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων. Έτσι, δημιουργείται ένα νέο σύστημα ελέγχου βασισμένο στην τεχνική απόκρισης ζήτησης με χρήση γενετικών αλγορίθμων, βελτιωμένο όσον αφορά την μείωση του φορτίου αιχμής και της σχετιζόμενης ενέργειας. Βασικός στόχος του εν λόγω συστήματος, ήταν να ελαχιστοποιήσει τα ηλεκτρικά φορτία αιχμής της συστοιχίας κτιρίων, βελτιστοποιώντας τις καταναλώσεις των συστημάτων θερμικής αποθήκευσης. Τρία εμπορικά κτίρια, με διαφορετικές λειτουργίες, χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη, ένα κτίριο γραφείων, ένα εστιατόριο και ένα εμπορικό κέντρο. Αρχικά, περιγράφονται τα ψυκτικά προφίλ κι οι ψυκτικοί παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην μελέτη κι έπειτα ακολουθούν τα αποτελέσματα κι η αξιολόγηση της απόδοσης του προτεινόμενου συστήματος. Τέλος, ακολουθεί η συζήτηση για τα παραπάνω και ο επίλογος με τα συμπεράσματα που προκύπτουν, ένα εκ των οποίων ήταν ότι αυξάνοντας των αριθμών των κτιρίων ο γενετικός αλγόριθμος λειτουργούσε ταχύτερα. [19]

Το πανεπιστήμιο του Texas έχει φέρει εις πέρας ένα πάρα πολύ ενδιαφέρον εγχείρημα, που είχε ως στόχο τον έλεγχο της καθοριστικής τιμής της θερμοκρασίας των συστημάτων HVAC ανάλογα με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό τόσο την μείωση του φορτίου αλλά και τα ενεργειακά κόστη. Η συγκεκριμένη δουλειά παρουσιάζει έναν ελεγκτή απόκρισης ζήτησης επιδεικνύοντας πως μπορεί αυτός να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του συστήματος κλιματισμού ανάλογα με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Για τους στόχους της έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν δυο σπίτια με τρεις διαφορετικές στρατηγικές για τον καθορισμό του καθοριστικού σημείου. Η κύρια περίπτωση παρουσιάζει τα αποτελέσματα για σταθερές τιμές της θερμοκρασίας, η δεύτερη περίπτωση παρουσιάζει τον έλεγχο της θερμοκρασίας ανάλογα με την τιμολόγηση πραγματικού χρόνου της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η Τρίτη περίπτωση με την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την μέθοδο DAM (DayAheadMarket). Τέλος, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι εξαρτώνται τόσο από το μέγεθος του σπιτιού όσο κι από το χρονικό βήμα καθώς κι ότι κάθε είδος τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που το καθιστούν καλύτερο ή χειρότερο για συγκεκριμένες περιπτώσεις.[21]

Το πολυτεχνείο του Yildiz , με την σειρά του, διενήργησε μία μελέτη με στόχο την εξέταση της εφαρμογής των «έξυπνων σπιτιών» με την χρήση διάφορων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πηγών αποθήκευσης αυτής. Εξίσου σημαντικός στόχος της προαναφερθείσας μελέτης ήταν και η αξιολόγηση της συνεισφοράς της πρόγνωσης των ενεργειακών πηγών στην απόδοση των έξυπνων σπιτιών. Για την επίτευξη των παραπάνω, αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος ελέγχου ζήτησης, ο οποίος εξετάζει, το ποσοστό της προώθησης της αποδοτικότητας της ιδέας ενός έξυπνου σπιτιού συνδεδεμένου με το δίκτυο, βάση μετεωρολογικών προβλέψεων. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τις μελέτες προσομοίωσης δείχνουν ότι ένας καλός συμβιβασμός μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της παραγωγής ενέργειας από οικιακές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, επιτυγχάνεται με την χρήση της ελαστικής ζήτησης, καθώς και με την μέθοδο της πρόβλεψης.[22]

Στο Πανεπιστήμιο της Δυτικής Βιρτζίνια, εξετάσθηκε η προώθηση μια δυναμικής προσέγγισης της απόκρισης ζήτησης στο πλαίσιο ενός απομονωμένου έξυπνου μικρο – δικτύου για μια κατοικημένη περιοχή . Χρησιμοποιήθηκε ένα πολυπαραγοντικό σύστημα, το οποίο ήταν σχεδιασμένο για να μπορεί να αλλάξει το φορτίο των πελατών και να διαχειριστεί την φόρτιση των υβριδικών οχημάτων , με σκοπό την μείωση του κόστους και την αποφυγή υπερφόρτωσης κατά τις ώρες αιχμής. Από τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε ότι με τον έλεγχο της φόρτισης των υβριδικών οχημάτων μαζί με τη διαμόρφωση του φορτίου, οι πόροι του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για να ξεπεραστεί η διατήρηση της ζήτησης, σε πραγματικό χρόνο, σύμφωνα με την απρόβλεπτη φύση της πηγής του ανέμου. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μεγιστοποιεί το κέρδος του δικτύου με τη χρήση αιολικής ενέργειας και μειώνει τους λογαριασμούς των πελατών με την διαμόρφωση του φορτίου και τον έλεγχο ή την αναβολή της φόρτισης των υβριδικών οχημάτων. [23]

Επιπρόσθετα, μια ενδιαφέρουσα δουλειά έχει εκπονηθεί από το Πανεπιστήμιο της Βόρειας Καρολίνα με σκοπό την εισαγωγή και χρήση γενετικών αλγορίθμων στο λογισμικό της MATLAB. Αρχικά, εξηγείται τι είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι, η χρησιμότητά τους καθώς και οι διάφορες χρήσεις τους. Στην συνέχεια, επεξηγείται η λειτουργία τους καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν γι' αυτήν. Έπειτα, παρουσιάζονται δυο εναλλακτικές εφαρμογές τους μέσω του λογισμικού της Matlab και συμπεραίνεται από τις δοκιμές ότι η χρήση γενετικών αλγορίθμων για βελτιστοποίηση συνάρτησης, είναι τόσο αποδοτική όσο και αποτελεσματική. Επιπρόσθετα, γίνεται ιδιαίτερη μνεία στην εργαλειοθήκη που διαθέτει το λογισμικό Matlab, σχετικά με τους γενετικούς αλγορίθμους, την χρησιμότητα και την λειτουργικότητά του. Τέλος, επεξηγείται η λειτουργία της παραπάνω εργαλειοθήκης, δίνεται εκπαιδευτικό υλικό καθώς και διάφορα τελικά συμπεράσματα. Πολύ παρόμοια δουλειά έχει εκτελεστεί κι από τους A. J. Chipperfield and P. J. Fleming σχετικά με τους Γενετικούς Αλγορίθμους στο λογισμικό της Matlab.[24]

Το Πανεπιστήμιο της Uppsala και το τμήμα επιστημών μηχανικής, με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση της προοπτικής προγραμμάτων οικιστικής απόκρισης ζήτησης για την κατανομή των ηλεκτρικών φορτίων. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η εκτίμηση του βαθμού απόκρισης σε μία διατίμηση της κατανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, βασισμένη στην απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια και στην περίοδο χρήσης αυτής. Η μελέτη έγινε σε Σουηδικά σπίτια οικογενειών σε μακροπρόθεσμη βάση αλλά και σε διαμερίσματα, περικλύποντας την ζήτηση σε ώρες αιχμής ή μεταφέροντας την σε ώρες χαμηλής τιμολόγησης της ενέργειας. Γίνεται ενδελεχής αναφορά στις κατανομές της τιμολόγησης, στην περίοδο της έρευνας, στον τρόπο απόκτησης των δεδομένων καθώς και στην εκτίμηση της τεχνικής απόκρισης ζήτησης. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις διαφορετικές εφαρμογές, επεξηγώντας κάθε εφαρμογή. Τέλος, παρατίθεται συζήτηση σχετικά με τα αποτελέσματα της μελέτης και εν κατακλείδι παρατίθενται, αρχικά, διάφορα συμπεράσματα για κάθε κατηγορία κι ,εν τέλει, ένα γενικό συμπέρασμα της έρευνας.[25]



Η σημαντικότερη δουλειά από πλευράς απόκρισης ζήτησης, σε μη οικιστικά κτίρια, έχει εκπονηθεί από το Εθνικό Εργαστήριο του Berkeley με σκοπό την εκτίμηση των επιπτώσεων εφαρμογής μια τεχνικής απόκρισης ζήτησης. Το παραπάνω επιτυγχάνεται μέσω της αξιολόγησης των βασικών μοντέλων φορτίου για μη οικιστικά κτίρια στην Καλιφόρνια.

Η συγκεκριμένη δουλειά περιγράφει μια στατιστική ανάλυση της απόδοσης των διαφορετικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του βασικού ηλεκτρικού φορτίου για εμπορικά κτίρια που συμμετέχουν σε ένα πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης απόκρισης (DR), με έμφαση στη σημασία των καιρικών φαινομένων. Εξετάστηκαν επτά βασικά μοντέλα σε ένα δείγμα από τριάντα τρία (33) κτίρια στην Καλιφόρνια. Τα μοντέλα αυτά χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, (α) κατά μέσο όρο μεθόδους, οι οποίες χρησιμοποιούν κάποιο γραμμικό συνδυασμό ωριαίων τιμών φορτίων από προηγούμενες ημέρες για να προβλεφθεί το φορτίο, και (β) μοντέλα βασισμένα σε σαφείς καιρικές συνθήκες, οι οποίες χρησιμοποιούν μια φόρμουλα που βασίζεται στην τοπική ωριαία θερμοκρασία για να προβλεφθεί το φορτίο.

Τα μοντέλα δοκιμάστηκαν και με και χωρίς προσαρμογές το πρωί, οι οποίες χρησιμοποιούσαν δεδομένα από την ημέρα του υπό εξέταση γεγονότος, για να ρυθμιστεί το εκτιμώμενο βασικό προφίλ φορτίου προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Στην μελέτη, παρουσιάζονται διάφορα συμπεράσματα - κλειδιά από την έρευνα καθώς και διάφορες επιπτώσεις από τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τους διαχειριστές των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης καθώς και των υπεύθυνων για την χάραξη πολιτικών σχετικά με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Σε επίπεδο μελέτης, αρχικά γίνεται μια εισαγωγή και παρουσιάζονται τόσο τα αντικείμενα της μελέτης όσο και μια αναλυτική προσέγγιση σε αυτά, κάνοντας μια σύντομη αναφορά σε παλαιότερα παρόμοια εγχειρήματα. Στην συνέχεια, επεξηγείται η διαδικασία που ακολουθείται και παρουσιάζονται τα διάφορα αποτελέσματα που προκύπτουν κάνοντας αναφορά και σε διάφορα διαγνωστικά. Γίνεται ιδιαίτερη μνεία στην ευαισθησία λόγω καιρικών φαινομένων και στα βασικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται, επεξηγώντας το κάθε ένα εξ'αυτών. Τέλος, παρουσιάζονται τα διάφορα αποτελέσματα, ανά κατηγορία, μέσα από μία εκτενή έκθεση με γραφήματα κι επεξηγήσεις χωρίς όμως να παραλείπεται η κατακλείδα με τα σημαντικότερα συμπεράσματα και ιδέες για μελλοντικές δουλειές.[26]

Μία πολύ σημαντική δουλειά, στο κομμάτι της εξέργειας, έχει γίνει από το Πολυτεχνείο του Michigan, η οποία είχε ως στόχο τον προσδιορισμό του αποτελεσματικότερου ελέγχου της εξέργειας των συστημάτων κλιματισμού κτιρίων. Η μελέτη στηρίζεται στο γεγονός ότι η εξέργεια καταστρέφεται ως συνάρτηση των φυσικών παραμέτρων του υπό εξέταση κτιρίου. Έτσι, δημιουργήθηκε μια βέλτιστη τεχνική ελέγχου του προβλήματος για την ελαχιστοποίηση του ρυθμού καταστροφής της εξέργειας. Οι ευεργετικές νέες πτυχές της τεχνικής ελέγχου μέσω πρόβλεψης του μοντέλου βάση της εξέργειας, βελτιστοποιεί την χρήση χαμηλής ποιότητας ενέργειας(εξέργειας) για συστήματα κλιματισμού κι ως εκ τούτου, μειώνεται η μη αναστρέψιμη παραγωγή εντροπίας. Αρχικά, περιγράφεται το υπό εξέταση κτίριο, παρατίθενται ιστορικά δεδομένα γι' αυτό και περιγράφεται η μαθηματική μοντελοποίηση. Στην συνέχεια, γίνεται μια εκτενής αναφορά στον σχεδιασμό του ελεγκτή, παρουσιάζοντας τρία είδη ελεγκτών, εκ των οποίων δυο πρόβλεψης κι ένας συμβατικός, διενεργώντας συγκρίσεις μεταξύ τους. Έπειτα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και γίνεται συζήτηση γι' αυτά, παραθέτοντας συγκρίσιμα στοιχεία και παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε εναλλακτικής. Τέλος, παρατίθενται μια μικρή σύνοψη και τα συμπεράσματα της διενεργηθείσας έρευνας για κάθε εναλλακτική καταλήγοντας σε ένα σφαιρικό συμπέρασμα ότι οι ελεγκτές MPC είναι αποδοτικότεροι από τους τυπικούς «on-off» διακόπτες των συστημάτων κλιματισμού .[27]

Στο Πολυτεχνείο της Λοζάνης, εκπονήθηκε μία μελέτη η οποία έχει ως στόχο την παρουσίαση μίας προσέγγισης για την παροχή υπηρεσιών απόκρισης ζήτησης σε κτίρια. Κάθε κτίριο λαμβάνει ένα κανονικοποιημένο σήμα για την αυξομείωση της ενεργειακής ζήτησής του. Στο εκάστοτε κτίριο μπορεί να υλοποιηθεί οποιαδήποτε στρατηγική για την υλοποίηση της παραπάνω εντολής, κυριότερα αλλάζοντας κάποια «setpoints». Η απόκριση των κτιρίων στο σήμα ελέγχου διαμορφώνεται από μια Γκαουσιανή(Gaussian) διαδικασία, η οποία μπορεί να προβλέψει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των κτιρίων επίσης να παρέχουν ένα μέτρο της αξιοπιστίας του, στην πρόβλεψη. Μια μπαταρία περιλαμβάνεται στο σύστημα για να αντισταθμίσει αυτή την αβεβαιότητα και να βελτιώσει την απόδοση της τεχνικής απόκρισης ζήτησης του συστήματος. Ένας ελεγκτής αναπτύχθηκε για τον βέλτιστο έλεγχο στα κτίρια και στη μπαταρία, διασφαλίζοντας παράλληλα τους λειτουργικά περιορισμούς με μεγάλη επιτυχία. Αναπτύχθηκε επίσης μια μέθοδος για το μέγεθος της μπαταρίας ανάλογα με τα υπό εξέταση κτίρια. Η προσέγγισή επικυρώθηκε από ρεαλιστικές ταυτόχρονες προσομοιώσεις μεταξύ Matlab και EnergyPlus. Στην αρχή, γίνεται μια εισαγωγή και μια παρουσίαση της υπό μελέτη κατάστασης. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται οι Γκαουσιανές διαδικασίες για την πρόβλεψη της ζήτησης σε κτίρια, παραθέτοντας διαφορετικές μεθόδους καθώς και δεδομένα με γνώμονα την μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης κτιρίων με Γκαουσιανές διαδικασίες. Έπειτα, παρουσιάζονται τα μοντέλα που αναπτύσσονται για την εκπόνηση της μελέτης καθώς κι η διαστασιολόγηση της μπαταρίας. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης καθώς και μία παράγραφος με τα συμπεράσματα της διενεργηθείσας μελέτης.[28]

Θα ήταν ιδιαίτερα σημαντικό να προστεθεί και μια γενική περιγραφή των βιβλίων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κι από τα οποία αντλήσαμε πληροφορίες για την περαιτέρω κατανόηση του εγχειρήματος και των δόκιμων όρων του.

Αρχικά, μελετήθηκε το βιβλίο των Randy L. Haupt και Sue Ellen Haupt, με τίτλο «Practical Genetic Algorithms». Το συγκεκριμένο βιβλίο αναλύει τους γενετικούς αλγορίθμους σε στάδια, κι εμβαθύνει όλο και περισσότερο όσο προχωράνε τα κεφάλαια. Το εξαιρετικά σημαντικό περιεχόμενο αυτού του βιβλίου βοήθησε τόσο στην βαθύτερη κατανόηση των γενετικών αλγορίθμων αλλά και στην απόκτηση μιας πιο σύνθετης ιδέας για τη μορφή που έχουν αυτοί κατά τον προγραμματισμό τους.[17]

Στη συνέχεια μελετήθηκε το βιβλίο των Edwin K.P. Chong και Stanislaw H.Zak με τίτλο «AN Introduction TO Optimization» με παρόμοια θεματολογία με το παραπάνω. Συγκεκριμένα, αυτό το βιβλίο χωρίζεται σε τέσσερα μέρη, στο πρώτο γίνεται μια μαθηματική προσέγγιση, στο δεύτερο γίνεται ανάλυση της μεθόδου βελτιστοποίησης χωρίς περιορισμούς, στο τρίτο μέρος γίνεται επεξήγηση του γραμμικού προγραμματισμού, και τέλος στο τέταρτο μέρος γίνεται ανάλυση στην μη-γραμμική βελτιστοποίηση με περιορισμούς.[29]

Ένα άλλο πολύ σημαντικό βοήθημα για την κατανόηση του όρου «απόκριση ζήτησης» ήταν η δουλειά της Johanna L.Mathieu με τίτλο «Modeling, Analysis and Control of Demand Response Resources ». Το συγκεκριμένο βοήθημα είχε ως σκοπό την σφαιρικότερη κατανόηση τόσο του όρου «απόκριση ζήτησης» όσο και της σημασίας της υλοποίησης αυτής της τεχνικής. Αρχικά, στην εισαγωγή δόθηκε τόσο το υπόβαθρο της εν λόγω τεχνικής καθώς κι οι τύποι αυτής. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται μοντέλα και αναπαρίστανται σχηματικά τα φορτία τόσο για εμπορικά κτίρια όσο και το βασικό μοντέλο κι αναλύεται και η μεταβλητότητα των παραμέτρων. Έπειτα, καταλήγει σε κάποια πολύ σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία βοηθούν στην ολοκληρωμένη δημιουργία εμπεριστατωμένης άποψης. Τέλος, παρατίθεται ένα εξαιρετικό παράρτημα με πολύ πλούσιο υλικό για όλους τους όρους που αναφέρονται στα παραπάνω χωρία.[30]

Τέλος, άλλο ένα βοήθημα που χρησιμοποιήθηκε για την περαιτέρω κατανόηση του όρου της «απόκρισης ζήτησης» ήταν το εγχειρίδιο που δημοσίευσε το εργαστήριο της επιτροπής Έρευνας κι Ανάλυσης Φορτίων, AEIC(Association of Edison Illuminating Companies). Σε αυτό, γίνεται αναλυτική περιγραφή των όρων που είναι απαραίτητη η κατανόησή τους για την διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης αλλά και κάθε τεχνικής «απόκρισης ζήτησης». Φάνηκε ιδιαίτερα χρήσιμο στην ολοκληρωμένη κατανόηση του όρου καθώς και στην διασαφήνιση της κάθε εναλλακτικής.[12]

3^ο Κεφάλαιο

3. Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης

3.1 Leaf Lab & Leaf Community

Η εξέλιξη των τεχνολογιών ενέργειας γίνεται σταδιακά όλο και πιο ελκυστική τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Η ενεργειακή παραγωγή και κατανάλωση σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα μπορεί να έχει πολλά οφέλη όσον αφορά την εξοικονόμηση φυσικών πόρων, τη μείωση των εκπομπών CO₂ καθώς και το τελικό κόστος της ενέργειας.

Το Leaf Lab είναι ένα βιομηχανικό κτίριο που βρίσκεται στην «κοινότητα» Leaf (Leaf Community της εταιρείας Loccioni), μία από τις ελάχιστες κοινότητες στην Ευρώπη, οι οποίες είναι βασισμένες στα έξυπνα μικροδίκτυα. Τα κτίρια της «κοινότητας» Leaf, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή Angeli di Rosora της Ανκόνας στην Ιταλία, είναι διασυνδεδεμένα με κατανεμημένες πηγές ενέργειας (distributed energy resources) όπως Φωτοβολταϊκά (PV), συστήματα Γεωθερμίας, μικρά υδροηλεκτρικά και συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Επίσης, σε επίπεδο κοινότητας διατίθενται ηλεκτρικά οχήματα (EV) και σταθμοί φόρτισής τους.

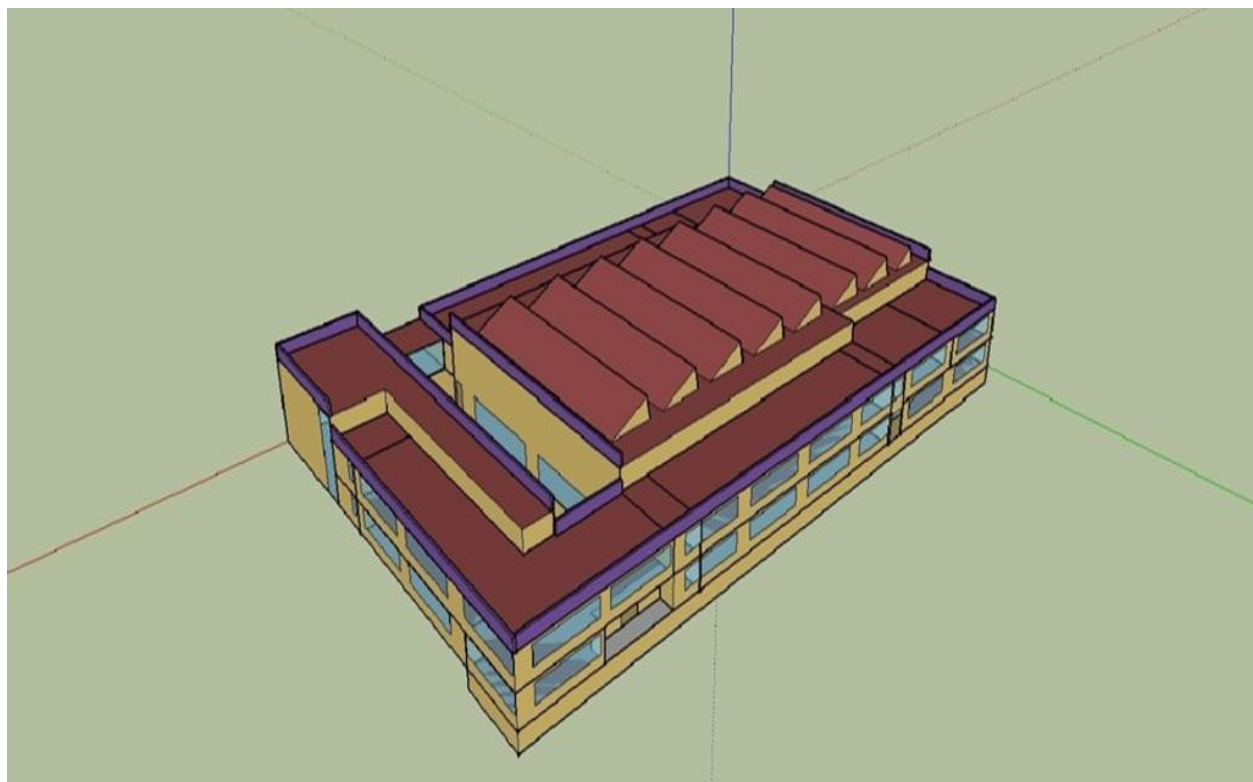
Το Leaf Lab ενσωματώνει την πιο πρόσφατη τεχνολογία καθιστώντας την δομή του, πολύ ανεκτική σε εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Αυτό μειώνει στο ελάχιστο την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης, όσον αφορά τη θέρμανση, την ψύξη, τον αερισμό καθώς και τον φωτισμό.

Το Leaf Lab, έχει σχεδιαστεί με κριτήρια ολοκληρωμένου σχεδιασμού (Integrated Design) επιτυγχάνοντας την ελαχιστοποίηση της καθαρής κατανάλωσης ενέργειας. Με τον όρο καθαρή ενέργεια εννοείται η ενέργεια που εισέρχεται στο μικροδίκτυο αφαιρουμένης της ενέργειας που διοχετεύεται σε αυτό λόγω της παραγωγής από κατανεμημένες πηγές ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από μια ποικιλία μέτρων που συμπεριλαμβάνουν εφαρμογές αποκρινόμενου κτιριακού κελύφους, συστήματα κλιματισμού υψηλής απόδοσης συνδυασμένα με θερμική αποθήκευση ενέργειας, έξυπνο έλεγχο και αυτοματισμούς, συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ολοκληρωμένη διαχείριση ενέργειας.[18]

3.1.1 Κέλυφος του κτιρίου Leaf Lab

Το Leaf Lab, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, είναι ένα βιομηχανικό κτίριο επιφάνειας περίπου 6.000 τ.μ. η αρχιτεκτονική του οποίου χαρακτηρίζεται από βασικές λιτές γραμμές, ακολουθώντας την κυρίαρχη τάση στα σύγχρονα βιομηχανικά κτίρια.

Το κέλυφος του κτιρίου του Leaf Lab αποτελείται από εξαιρετικής μόνωσης τοιχοποιία με U-value της τάξης των $0.226 \text{ W/m}^2\text{K}$ καθώς και διπλά κουφώματα με θερμοδιακοπή και U-value μεταξύ $1,793$ έως $3,194 \text{ W/m}^2\text{K}$.[\[31\]](#)



Εικόνα 2. Απεικόνιση κτιρίου LeafLab

Επιπλέον, το κτίριο συνδιάζει μοντέρνα φουτουριστική αισθητική σε αρμονία με το φυσικό και πολιτισμικό περιβάλλον, έχοντας ορισμένες προσόψεις επενδεδυμένες με πέτρα.

Τέλος, το κτίριο έχει άριστη εργονομία, με αξιοποίηση των κεντρικών χώρων για τις παραγωγικές δραστηριότητες και των περιμετρικών χώρων για την στέγαση των γραφείων και βοηθητικών εγκαταστάσεων.

3.1.2 Συστήματα κτιρίου Leaf Lab

Σύστημα Κλιματισμού (HVAC)

Το σύστημα κλιματισμού (HVAC) που είναι εγκατεστημένο στο Leaf Lab, αποτελείται από αντλίες θερμότητας αέρος-νερού τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται στον Πίνακα 1 καθώς και δίκτυο μηχανικού αερισμού που εκτείνεται σε όλους τους χώρους του κτιρίου.

Μονάδα HVAC [Μοντέλο]	Θερμαντική Δύναμη [kW]	Συντελεστής Θέρμανσης	Ψυκτική Δύναμη [kW]	Συντελεστής Ψύξης
NECS-WN/S 0412	130	4,8	159,2	6,89
NECS-WN/S 0904	286,9	4,19	239,3	6,19
NECS-WN/S 0904	286,9	4,19	239,3	6,19

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος HVAC

Το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί με βάση τα setpoints που ορίζονται από τον χρήστη και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) .

Θερμοκρασία θερμοστάτη χώρου	Βιομηχανικοί χώροι		Γραφεία	
Λειτουργία Ψύξης	24 °C	Για τις ώρες λειτουργίας	26°C	Για τις ώρες λειτουργίας
	30 °C	Εκτός ωρών λειτουργίας	29 °C	Εκτός ωρών λειτουργίας
Λειτουργία Θέρμανσης	24 °C	Για τις ώρες λειτουργίας	25 °C	Για τις ώρες λειτουργίας
	20 °C	Εκτός ωρών λειτουργίας	22 °C	Εκτός ωρών λειτουργίας

Πίνακας 2. Setpoints Συστήματος κλιματισμού

Μία θερμική δεξαμενή νερού με χωρητικότητα αποθήκευσης 400 m³, πλαισιώνει και συνδέεται με το σύστημα HVAC του κτιρίου. Η θερμική αποθήκευση στο Leaf Lab χρησιμοποιείται για τη μείωση της ισχύος αιχμής και για την βελτίωση της απόδοσης του συστήματος HVAC. Αυτό υλοποιείται με τη χρήση της περίσσειας ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά, π.χ. κατά τις μη εργάσιμες ημέρες όπως είναι τα σαββατοκύριακα, οι αργίες κλπ, και τη λειτουργία των αντλιών θερμότητας για την αποθήκευση της θερμικής ή της ψυκτικής ενέργειας στη θερμική δεξαμενή. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος κλιματισμού (HVAC) και την μείωση της ενεργειακής ζήτησης-αιχμής κατά τις εργάσιμες ώρες. [18]

Σύστημα τεχνητού φωτισμού και αυτοματοποιημένα συστήματα σκίασης

Οι εσωτερικοί χώροι του Leaf Lab είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες φωτισμού, διαφορετικούς ανάλογα με την θερμική ζώνη του κτιρίου, που ενεργοποιούνται όταν τα επίπεδα φωτός, λόγω φυσικού φωτισμού, πέσουν κάτω από 500 lux.

Επιπλέον, στην πλειοψηφία των εξωτερικών παραθύρων του κτιρίου, είναι εγκατεστημένα αυτόματα σκίαστρα, τα οποία λειτουργούν ανάλογα με το υψόμετρο του ηλίου. Αυτό επιτρέπει τον φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να επιτυγχάνεται βέλτιστη οπτική άνεση, αποτρέποντας τον υπερβολικά φωτισμό και φαινόμενα θάμβωσης ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Παραγωγή Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Στην οροφή του κτιρίου, υπάρχει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων, συνολικής ισχύος αιχμής 236,5 kWp, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 3. Κτίριο LeafLab

Το εν λόγω σύστημα, παράγει, σύμφωνα με το MyLeaf του έτους 2015, 276.000 kWh ετησίως.

3.2 Επιδόσεις συστημάτων του κτιρίου Leaf Lab

Η κατανάλωση ενέργειας στο Leaf Lab, σύμφωνα με τα στοιχεία του 2015 από το MyLeaf συνοψίζονται στον Πίνακας 3.

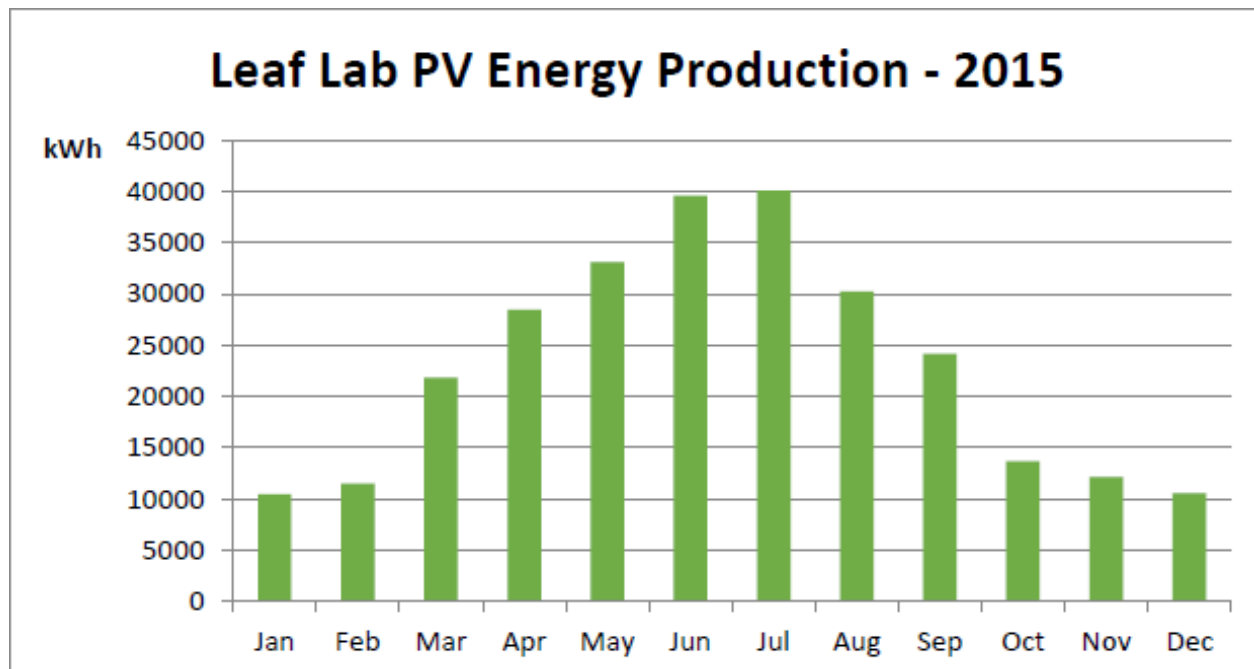
MyLeaf	Φώτα	HVAC	Εξοπλισμός	Συνολικά
Κατανάλωση Ενέργειας [kWh]	35.467,35	227.178,35	297.366,08	560.011,77
Κανονικοποιημένη Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας [kWh/m ²]	5,91	37,86	49,56	93,34
Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας [kWh]	65.969,27	422.551,73	553.100,91	104.1621,9
Κανονικοποιημένη Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας [kWh/m ²]	10,99	70,43	92,18	173,6
%	6,33	40,57	53,10	100

Πίνακας 3. Καταναλώσεις MyLeaf

Όπως είναι αναμενόμενο, σύμφωνα με τα στοιχεία του MyLeaf[31], το μερίδιο της ενέργειας που καταναλώνεται για την παραγωγή δραστηριότητα αυτής της βιομηχανικής μονάδας είναι το υψηλότερο και αντιπροσωπεύει το 53,1% . Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, δεδομένου ότι αποκαλύπτει την πραγματική ενεργειακή απόδοση του Leaf Lab όπως προκύπτει με βάση με τις καταναλώσεις για το σύστημα κλιματισμού HVAC και τον φωτισμό.

Για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας, θεωρήθηκε συντελεστής μετατροπής ίσος με 1,86, σύμφωνα με διεθνή αριθμητικά στοιχεία για το ενεργειακό μίγμα και την αποτελεσματικότητα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της Ιταλίας. [32]

Επιπλέον, σύμφωνα με το MyLeaf, η μηνιαία παραγωγή ενέργειας από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στη στέγη του Leaf Lab, παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Παραγωγή ενέργειας από Φ-Β Συστήματα για το 2015

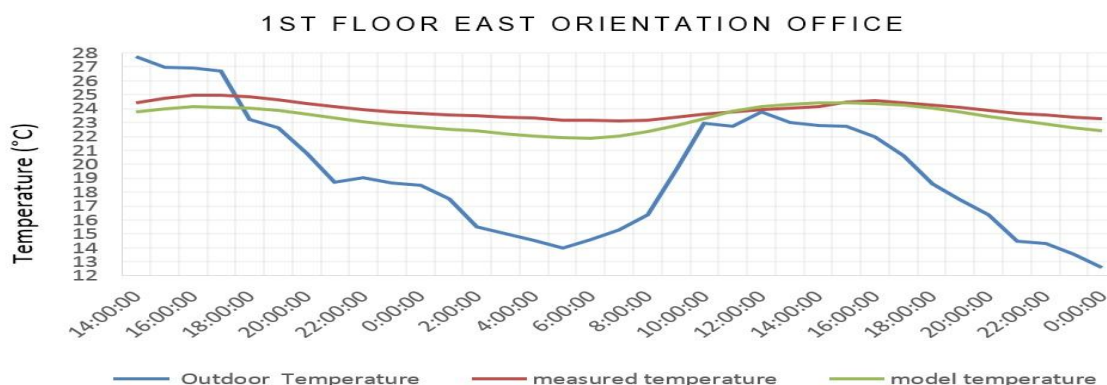
Η συνολική ετήσια ενεργειακή παραγωγή της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών, το 2015, ανήλθε σε 275.942 kWh, που ισοδυναμεί με την παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος 1.166 kWh/ kWp ενώ η κανονικοποιημένη παραγωγή ενέργειας του κτιρίου αντιστοιχεί σε 46 kWh/m² .

Λαμβάνοντας υπόψη την παραγωγή ενέργειας από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση εξάγεται το συμπέρασμα ότι το Leaf Lab είναι ένα βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με συνολική καθαρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 47 kWh/m² και κανονικοποιημένη συνολική καθαρή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 127 kWh/m² . Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι η καθαρή κανονικοποιημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αποκλειστικά για το σύστημα κλιματισμού HVAC και για τα φώτα (εξαιρουμένης της κατανάλωσης ενέργειας λόγω βιομηχανικών διαδικασιών) είναι -2.3kWh/m² , δηλαδή ίση με μία καθαρή κανονικοποιημένη πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας 35kWh/m² . [31]

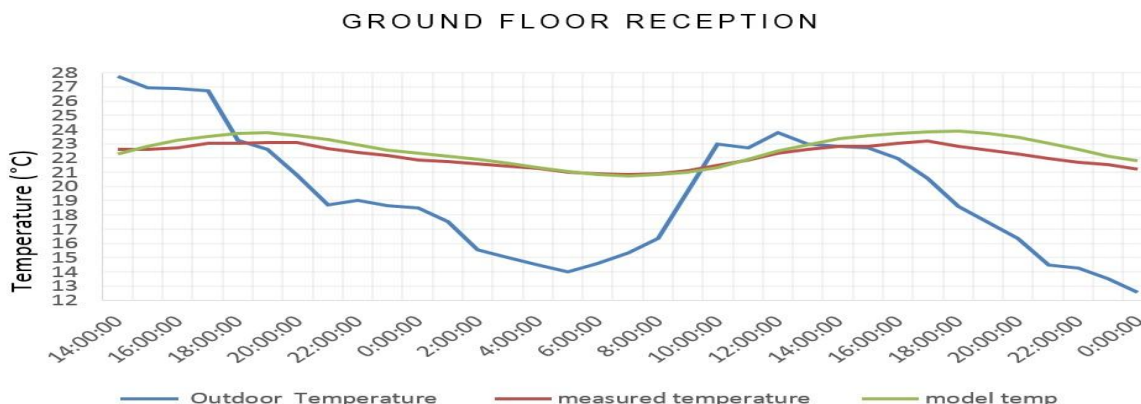
3.3 Επαλήθευση ορθής λειτουργίας συστημάτων του κτιρίου Leaf Lab

Προκειμένου να γίνει επαλήθευση του μοντέλου ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου συλλέγονται μετρητικά δεδομένα, αναλύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία. Η επικύρωση του μοντέλου εκτελείται έπειτα αφενός χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που εγκαθίστανται σε διάφορες ζώνες. Πρόσθετη πληροφορία εξάγεται από τα δεδομένα του MyLeaf, ένα εξειδικευμένο σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης της ενέργειας που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Loccioni, παρέχοντας μια αξιόπιστη και φιλική προς το χρήστη αναπαράσταση, οποιασδήποτε σχετικής με την ενέργεια, ελεγχόμενης παραμέτρου, όπως οι περιβαλλοντικές και εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, η κατανάλωση, η παραγωγή και η αποθήκευση ισχύος κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η ανοικτή αρχιτεκτονική του MyLeaf επιτρέπει την ενσωμάτωση προηγμένων εφαρμογών ενεργειακής διαχείρισης και ελέγχου σε επίπεδο κτιρίου και μικροδικτύου.

Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που αντλήθηκαν από το MyLeaf αφορούν: (α) τη συνολική απαίτηση ισχύος τόσο από το κτίριο όσο κι από το σύστημα κλιματισμού HVAC και (β) την παραγωγή ισχύος από το εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα.^[31]



Εικόνα 5. Συγκριτικό διάγραμμα θερμοκρασιών για τον χώρο '1st floor East Orientation Office'

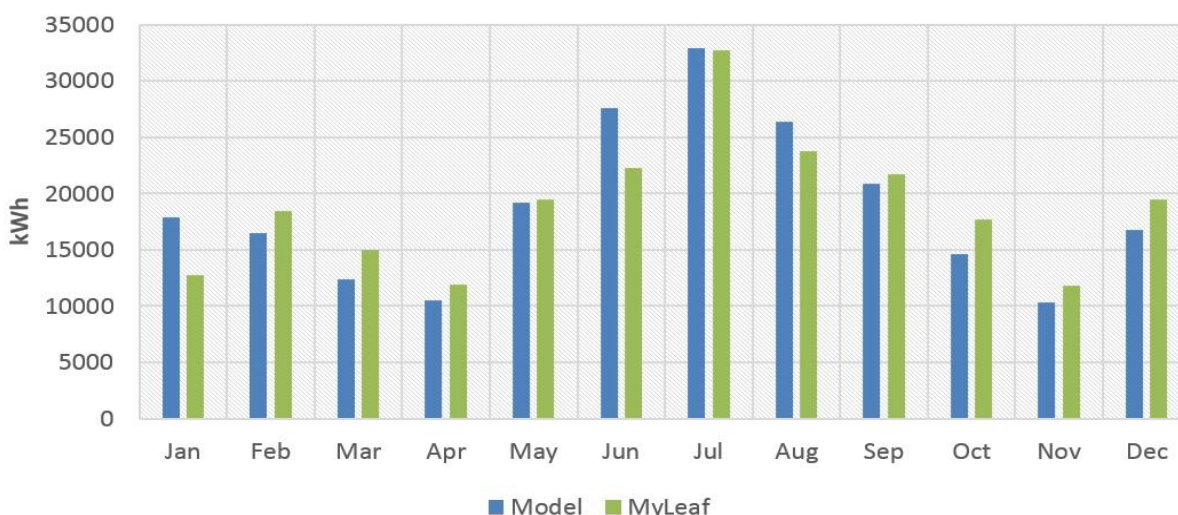


Εικόνα 6. Συγκριτικό διάγραμμα θερμοκρασιών για τον χώρο 'Ground Floor Reception'

Όπως μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί στις παραπάνω εικόνες (Εικόνα 5, Εικόνα 6), η διαφορά μεταξύ της εσωτερικής θερμοκρασία προσομοίωσης σε σχέση με την μετρούμενη είναι λιγότερο από 1K στις περισσότερες των περιπτώσεων. Το ίδιο πράγμα ισχύει για την περιοχή υποδοχής καθώς επίσης και όλα τα δωμάτια που ελέγχονται. Τα παραπάνω αποτελούν ισχυρή ένδειξη της συμφωνίας μεταξύ του μοντέλου ενεργειακής προσομοίωσης του Leaf Lab και των πραγματικών τεχνικών και λειτουργικών προδιαγραφών του κτιρίου.

Μέσα από τη σύγκριση της μετρούμενης και προσομοιούμενης κατανάλωσης ενέργειας όπως φαίνεται στην Εικόνα 7 παρατηρείται ότι η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των διάφορων κατηγοριών είναι 1,4% για τον τεχνητό φωτισμό, 0,6% για HVAC, 0,4% για τον εξοπλισμό (συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών διαδικασιών) και 0,1% συνολικά. Αυτό παρέχει έναν εξαιρετικά θετικό συσχετισμό μεταξύ των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και της πραγματικής συμπεριφοράς του κτιρίου κατά τη διάρκεια της λειτουργικής φάσης του.[31]

Model / Measured (MyLeaf) HVAC Electric Consumption



Εικόνα 7. Συγκριτικό διάγραμμα μετρούμενης και προσομοιωμένης κατανάλωσης ενέργειας

Όπως αναφέρεται και προηγουμένως, το ενεργειακό μερίδιο που καταναλώνεται στην παραγωγή αυτής της βιομηχανικής μονάδας είναι το υψηλότερο μεταξύ των κατηγοριών που αποτελούν το 53,1% του συνολικού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν κάποιος εξετάζει την ενεργειακή ισορροπία (ειδικά λαμβάνοντας υπόψη την ηλεκτρική ενεργειακή παραγωγή από το φωτοβολταϊκό σύστημα, που αντιστοιχεί σε 46 kWh/m²) δεδομένου ότι αποκαλύπτει την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας του κελύφους του κτιρίου, του συστήματος κλιματισμού HVAC και των συστημάτων φωτισμού, που ισοδυναμεί με 43,8 kWh/m².

4^ο Κεφάλαιο

4. Σχηματισμός του Προβλήματος – Μεθοδολογία

4.1 Κενά στις υπάρχουσες προσεγγίσεις

Η σύγχρονη προσέγγιση στον τομέα της ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων, περιλαμβάνει την εφαρμογή διάφορων τεχνικών περιλαμβανομένων των προσομοιώσεων και έξυπνων τεχνικών για την ανάπτυξη αλγορίθμων ελέγχου (γενετικών, ασαφούς λογικής, νευρωνικών δικτύων κ.α.) με την χρήση κατάλληλων μοντέλων (λογισμικών) έτσι ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά των κτιρίων και να υιοθετηθούν νέες στρατηγικές προσέγγισης του σχεδιασμού και της λειτουργίας τους. Επίσης, η χρήση γενετικών αλγορίθμων επιτρέπει τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης σε διάφορα θέματα που παρουσιάζονται σε ένα κτίριο, όπως π.χ. τον έλεγχο διάφορων μεταβλητών του συστήματος κλιματισμού του κτιρίου. Μέχρι τώρα, δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποιο εγχείρημα που να πραγματεύεται την προθέρμανση και πρόψυξη των κτιρίων με την χρήση γενετικών αλγορίθμων και με τον τρόπο που αντιμετωπίζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Έτσι, καλούμαστε να καλύψουμε ένα κενό που υπάρχει στις υφιστάμενες πρακτικές για παρόμοια εγχειρήματα. Η αναζήτηση των βέλτιστων θερμοκρασιακών setpoints για κάθε ώρα της ημέρας, με σκοπό την πρόψυξη και προθέρμανση ενός υπό εξέταση κτιρίου είναι ένα εγχείρημα που δεν έχει πραγματοποιηθεί στο παρελθόν και καλούμαστε να φέρουμε εις πέρας.

4.2 Πρόβλημα βελτιστοποίησης (Μαθηματική προσέγγιση)

Παρακάτω παρουσιάζεται η μαθηματική προσέγγιση του προβλήματος.

4.2.1 Μοντέλο κόστους : Απαραίτητες Μεταβλητές

Για τις ανάγκες της μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μεταβλητές για το ενεργειακό μοντέλο κόστους :

- Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής, δηλαδή από τις 08:00 – 20:00 (E_A , kWh)
- Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας κατά τις ώρες **μη** αιχμής, δηλαδή από τις 20:00 – 08:00 (E_B , kWh)
- Μέγιστη Ημερήσια απαιτούμενη ισχύς (P_{max} , kW)

4.2.2 Μοντέλο κόστους : Αντικειμενική Συνάρτηση

Η αντικειμενική συνάρτηση για το ενεργειακό μοντέλο του κόστους δίνεται από την εξίσωση 1:

$$[\min]f(E, P) = C_{E,t} \quad (1)$$

Το συνολικό κόστος για την ενέργεια, δίνεται από την εξίσωση 2 :

$$C_{E,t} = C_{VAT} \times (C_{E_{cns}} + C_{E_{losses}} + C_{E_{dist}} + C_{P_{max}} + C_{other}) \quad (2)$$

- Το $C_{E_{cns}}$ αφορά το ολικό κόστος των ενεργειακών καταναλώσεων.
- Το $C_{E_{losses}}$ αφορά το ολικό κόστος των ενεργειακών απωλειών.
- Το $C_{E_{dist}}$ αφορά το ολικό κόστος της ενεργειακής διανομής.
- Το $C_{P_{max}}$ αφορά το ολικό κόστος για την μέγιστη απαιτούμενη ισχύς.
- Το C_{other} αφορά διάφορα εποχιακά πάγια (Διαφοροποίηση για χειμώνα και καλοκαίρι)
- Το C_{VAT} αφορά τον φόρο για την ενέργεια που καταναλώνεται κι ισοδυναμεί με 1,1.

Τα $C_{E_{cns}}$, $C_{E_{losses}}$, $C_{E_{dist}}$, $C_{P_{max}}$ υπολογίζονται από τις εξισώσεις 3,4,5 και 6 ενώ το C_{other} παίρνει σταθερές τιμές για τον χειμώνα και το καλοκαίρι .

$$C_{E_{cns}} = E_A C_{E_A} + E_B C_{E_B} \quad (3)$$

$$C_{E_{losses}} = C_{losses} \times (E_A C_{E_A} + E_B C_{E_B}) \quad (4)$$

$$C_{E_{dist}} = (E_A + E_B) \times C_{dist} \quad (5)$$

$$C_{E_{dist}} = (P_{max}) \times C_{P_{MAX}} \quad (6)$$

Για το μοντέλο του κόστους χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω σταθερές :

- $C_{E_A} = 0,0675 \text{ €/kWh}$
- $C_{E_B} = 0,0525 \text{ €/kWh}$
- $C_{losses} = 0,04$
- $C_{E_{dist}} = 0,076 \text{ €/kWh}$
- $C_{P_{MAX}} = 0,081 \text{ €/kW}$
- $C_{other} = 12,587 \text{ €}$ για την θερινή περίοδο
- $C_{other} = 11,475 \text{ €}$ για την χειμερινή περίοδο
- $C_{VAT} = 1,1$

4.3 Περιγραφή συστήματος που αναπτύχθηκε

Για να επιτευχθεί ο σκοπός/στόχος μας και να λάβουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα, ήταν αναγκαίο να χρησιμοποιήσουμε και να παραμετροποιήσουμε κάποια προγράμματα.

Τα εν λόγω προγράμματα, είναι σχετικά τόσο με την μοντελοποίηση κτιρίων και την απεικόνισή τους καθώς και την περαιτέρω προσομοίωσή τους, δίνοντας τις ενεργειακές τους απαιτήσεις με μεγάλη ακρίβεια. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικά προγράμματα με σκοπό την λήψη της βέλτιστης λύσης για τις επιθυμητές μεταβλητές μέσω προγραμματισμού βελτιστοποίησης και χρήση γενετικών αλγορίθμων.

4.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Πρώτα από όλα, είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα πρόγραμμα βασίζει τη λειτουργία του σε αλγόριθμους. Χωρίς τους αλγόριθμους, ένα πρόγραμμα δεν μπορεί να εκτελεστεί και να δώσει κάποια αποτελέσματα. Ως αποτέλεσμα, σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκαν, όχι μόνο υφιστάμενοι αλγόριθμοι, αλλά και νέοι, όπως γενετικοί αλγόριθμοι μέσω προγραμμάτων, για να εκπληρώσουμε τους στόχους μας. Οι νέοι αυτοί γενετικοί αλγόριθμοι τροποποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εκπληρώνουν τους στόχους μας με τη βέλτιστη δυνατή ακρίβεια.[17]

Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ένα πρόγραμμα είναι ένα συγκεκριμένο σύνολο διατεταγμένων εργασιών που καλείται ένας υπολογιστής να εκτελέσει. Στο σύγχρονο υπολογιστή που ο John von Neumann «ανακάλυψε» το 1945, το πρόγραμμα περιλαμβάνει μια σειρά οδηγιών που ακολουθεί ο υπολογιστής. Ο υπολογιστής παίρνει μια εντολή και την εκτελεί και στη συνέχεια παίρνει την επόμενη εντολή και συνεχίζει ώσπου να φτάσει στο πέρας τους. Τα προγράμματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως διαδραστικά ή παρτίδας όσον αφορά το τι τα οδηγεί και πώς αυτά τρέχουν. Ένα διαδραστικό πρόγραμμα λαμβάνει δεδομένα από ένα διαδραστικό χρήστη (ή, ενδεχομένως, από ένα άλλο πρόγραμμα που προσομοιώνει ένα διαδραστικό χρήστη).

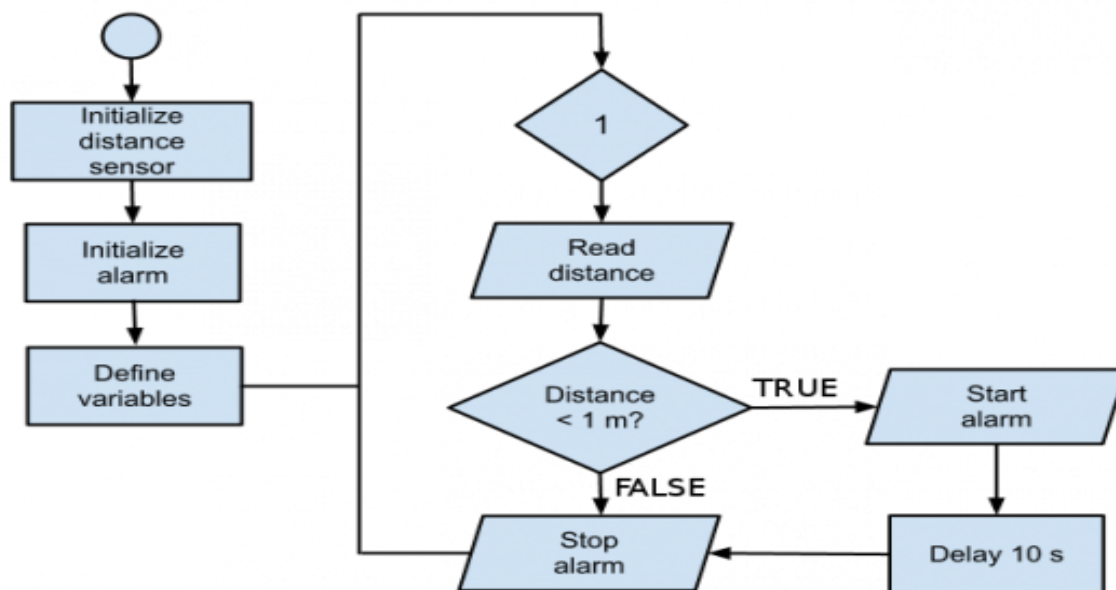
Όταν δημιουργείται ένα πρόγραμμα, χρησιμοποιείται κάποιο είδος γλώσσας προγραμματισμού (γλώσσα του υπολογιστή). Στη συνέχεια, συντάσσεται το αρχικό πρόγραμμα (με ένα ειδικό πρόγραμμα που ονομάζεται συντάκτης της γλώσσας) και το αποτέλεσμα ονομάζεται τελικό πρόγραμμα ή αντικειμενικό πρόγραμμα. Ένα μέρος ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή που εκτελεί ένα καλά καθορισμένο έργο είναι γνωστό ως αλγόριθμος. Μια συλλογή που περιλαμβάνει τα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, τις βιβλιοθήκες και τα συναφή δεδομένα τους, αναφέρεται ως λογισμικό.

Ως αλγόριθμος ορίζεται μια πεπερασμένη σειρά ενεργειών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο, στα μαθηματικά και στην επιστήμη των υπολογιστών, που εκτελούν τον υπολογισμό, την επεξεργασία δεδομένων, ή / και αυτοματοποιημένες εργασίες. Ένας αλγόριθμος είναι μια αποτελεσματική μέθοδος που μπορεί να εκφραστεί μέσα σε ένα πεπερασμένο μερίδιο του χώρου και του χρόνου και σε μια καλά καθορισμένη επίσημη γλώσσα για τον υπολογισμό μιας συνάρτησης.[33]

Αρχίζοντας από μία αρχική κατάσταση και μια αρχική εισαγωγή (μπορεί να είναι κενή), οι οδηγίες περιγράφουν έναν υπολογισμό που, όταν εκτελείται, προχωρά μέσω ενός πεπερασμένου αριθμού καθορισμένων, με σαφήνεια, διαδοχικών καταστάσεων-εντολών, που τελικά παράγει "την έξοδο" και τελικά σταματάει σε μια καθορισμένη τελική κατάσταση. Η μετάβαση από το ένα στάδιο στο επόμενο δεν είναι απαραίτητως αιτιοκρατική; μερικοί αλγόριθμοι, γνωστοί ως τυχαίοι αλγόριθμοι, ενσωματώνουν την τυχαία εισαγωγή. Οι αλγόριθμοι είναι πολύ σημαντικοί στον τρόπο που οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές επεξεργάζονται τα δεδομένα. Πολλά προγράμματα υπολογιστών περιέχουν αλγορίθμους που απαριθμούν τις συγκεκριμένες εντολές που ένας υπολογιστής πρέπει να εκτελέσει (σε μια συγκεκριμένη σειρά) για να εκτελέσει έναν συγκεκριμένο στόχο. Κατά συνέπεια, ένας αλγόριθμος μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε ακολουθία διαδικασιών που μπορεί να προσομοιώσει ένα πλήρες σύστημα Turing. Στην Εικόνα 8, δίνεται ένα τυπικό παράδειγμα αλγορίθμου.

Χαρακτηριστικά, όταν συνδέεται ένας αλγόριθμος με τις πληροφορίες προς επεξεργασία, τα δεδομένα "διαβάζονται" από μια πηγή εισαγωγής, γράφονται σε μια συσκευή εξαγωγής, ή/και αποθηκεύονται για την περαιτέρω επεξεργασία. Τα αποθηκευμένα δεδομένα, θεωρούνται ως τμήμα της εσωτερικής κατάστασης της οντότητας που εκτελεί τον αλγόριθμο. Στην πράξη, η κάθε εντολή αποθηκεύεται σε μια ή περισσότερες δομές δεδομένων. Για κάποια τέτοια υπολογιστική διαδικασία, ο αλγόριθμος πρέπει να καθοριστεί αυστηρά: διευκρινισμένος με έναν τρόπο που θα ισχύει για όλες τις πιθανές περιστάσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν.

Επειδή ένας αλγόριθμος είναι ένας ακριβής κατάλογος ακριβών βημάτων, η διαταγή του υπολογισμού είναι πάντα κρίσιμη για τη λειτουργία του αλγορίθμου. Οι οδηγίες υποτίθεται ότι έχουν απαριθμηθεί ρητά, κι ξεκινάνε "από την κορυφή" και πηγαίνουν "προς τα κάτω, στο κατώτατο σημείο", μια ιδέα που περιγράφεται τυπικότερα από τη ροή του ελέγχου. [17]



Εικόνα 8.Τυπικό παράδειγμα αλγορίθμου

4.3.2 Εισαγωγικά στοιχεία προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση και την προσομοίωση του μοντέλου του κτιρίου Leaf Lab

Προκειμένου να μελετηθεί και να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια, στα οποία υπάρχει ανθρώπινη παρουσία, όπως τα σπίτια, τα καταστήματα, τα εργοστάσια, οι βιομηχανίες κ.λπ., έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μερικά προγράμματα έτσι ώστε να γίνει δυνατή η απεικόνιση των υπό εξέταση χώρων καθώς και η εξέταση διαφορετικών τρόπων ελέγχου.

Αρχικά, σε αυτήν την διατριβή, η απεικόνιση, του κτιρίου που εξετάστηκε, έγινε από το Εργαστήριο Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης χρησιμοποιώντας το λογισμικό Energy Plus. Συγκεκριμένα, η απεικόνιση έγινε χρησιμοποιώντας το λογισμικό Energy Plus 8.5.0, το Open Studio 1.13.0 καθώς και το SketchUP 2016. [18]

***Το αρχείο της προσομοίωσης, παραχωρήθηκε από το εν λόγω εργαστήριο κι έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις για την εξυπηρέτηση των σκοπών της συγκεκριμένης εργασίας.



Το **Energy Plus™** είναι ένα ολόκληρο πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων, το οποίο μηχανικοί, αρχιτέκτονες και ερευνητές χρησιμοποιούν για να μοντελοποιήσουν τη χρήση ενέργειας και νερού των κτιρίων. Η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς ενός κτιρίου με το Energy Plus επιτρέπει στους επαγγελματίες που ασχολούνται με τα κτίρια, να βελτιστοποιήσουν το σχεδιασμό τους ελαχιστοποιώντας τη χρήση ενέργειας-νερού. Το **Energy Plus™** είναι ένα πρόγραμμα που διαβάζει τα δεδομένα που εισάγονται και εξάγει τα αποτελέσματα σε αρχεία κειμένου (. IDF). Παρέχει αρχεία με διάφορες χρησιμότητες ,συμπεριλαμβανομένου του IDF Editor, με σκοπό τη δημιουργία αρχείων εισαγωγής χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα σε μορφή λογιστικού φύλλου(spreadsheet), του EP-Launch, για τη διαχείριση των αρχείων εισαγωγής και παραγωγής και την εκτέλεση των προσομοιώσεων , και του EP-Compare για την γραφική σύγκριση των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων.

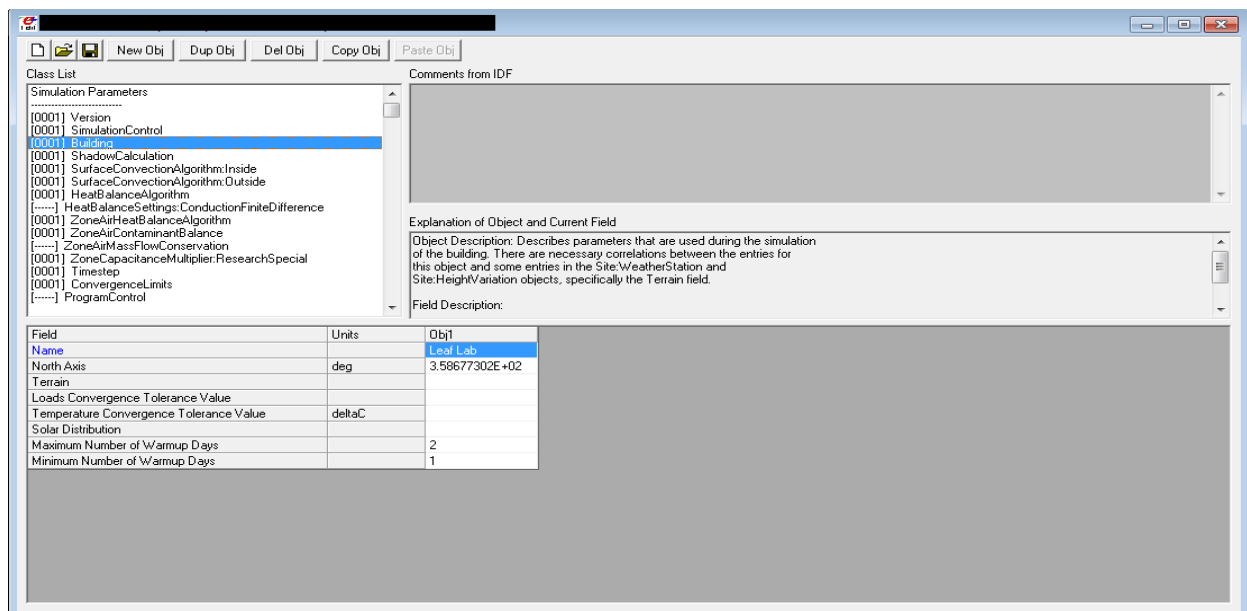
Μερικές από τις δυνατότητες που παρέχει το Energy Plus είναι:

- Χρονικά βήματα (time steps) μικρότερα της μίας ώρας, που καθορίζονται από τον χρήστη και κατά την διάρκεια τους εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος

- Αρχεία καιρού και αρχεία εισόδου-εξόδου (inputs-outputs)
- Λύση που βασίζεται στη θερμική ισορροπία και σχετίζεται με τα θερμικά φορτία του κτιρίου
- Βελτιωμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας μέσω του εδάφους (Improved ground heat transfer modeling)
- Μοντέλα που σχετίζονται με την θερμική άνεση
- Υπολογισμοί που σχετίζονται με την αξιοποίηση του ημερήσιου φωτός
- Υπολογισμοί ατμοσφαιρικών ρύπων όπως CO₂, SO_x, NO_x, CO, αιωρούμενων σωματιδίων και υδρογονανθράκων

Οι παράμετροι εισόδου (inputs) εισάγονται στον **IDF.Editor** του EnergyPlus, όπου προσδιορίζονται βασικά στοιχεία του κτιρίου που είναι απαραίτητα για την προσομοίωση του. Στην συνέχεια πραγματοποιείται η προσομοίωση και δίνονται τα αρχεία εξόδου (outputs), που έχουν ζητηθεί.

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα αρκετά φιλικό προς το χρήστη και ειδικότερα για όσους δεν έχουν μεγάλη εμπειρία με προγράμματα ενεργειακής προσομοίωσης, καθώς με απλό τρόπο στον IDF.Editor μπορούν να προσδιοριστούν οι μεταβλητές που χρειάζονται για την προσομοίωση. Το πρόγραμμα επισημαίνει παράλληλα με τρόπο κατανοητό τυχόν λάθη (errors) ή παραλείψεις (warnings) έτσι ώστε να είναι εφικτή η προσομοίωση. Ακόμα, το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιέχει ένα πολύ λεπτομερή οδηγό χρήσης, όπου περιγράφονται αναλυτικά όλες οι δυνατές επιλογές που έχει ο χρήστης, καθώς διαθέτει δεκάδες διαφορετικές μεταβλητές και ο χρήστης καλείται να χρησιμοποιήσει εκείνες που τον ενδιαφέρουν.[34]

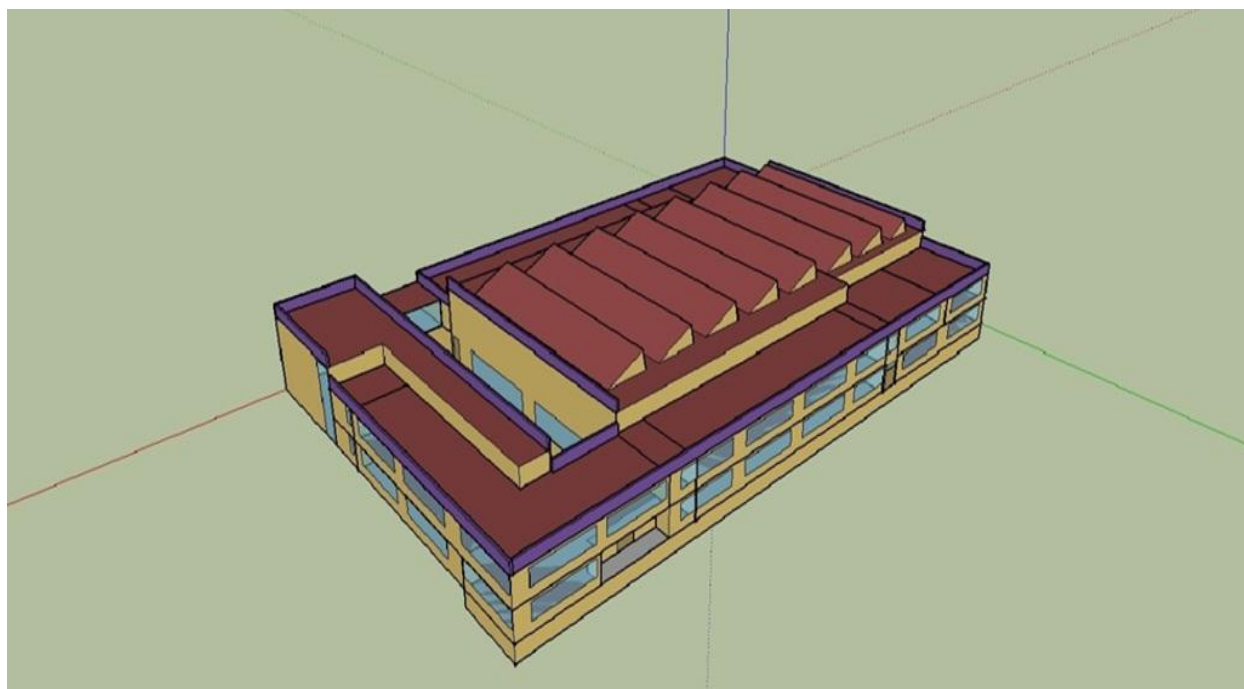


Εικόνα 9. Αρχική σελίδα IDF-Editor

Το **Google SketchUP** είναι ένα τρισδιάστατο λογισμικό σχεδιασμού και μοντελοποίησης, το οποίο είναι εξαιρετικά εύκολο και διασκεδαστικό στη χρήση. Χρησιμοποιείται ευρέως από αρχιτέκτονες, σχεδιαστές, οικοδόμους, κατασκευαστές αλλά και μηχανικούς. Οι παραπάνω, είναι οι άνθρωποι που διαμορφώνουν το φυσικό κόσμο και αξίζουν ποιοτικά εργαλεία για καλύτερα, ακριβέστερα και διαφανή αποτελέσματα.

Το **Google SketchUP** επιτρέπει με απλό και εύκολο τρόπο την σχεδίαση 3D κτιρίων, παρέχοντας πολλές δυνατότητες στους χρήστες του, όπως πληροφορίες για τον προσανατολισμό και την τοποθεσία του κτιρίου, ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα αναλυτικής περιγραφής των διαστάσεων του κτιρίου και των επιμέρους επιφανειών του (τοιχοί, παράθυρα, πόρτες).

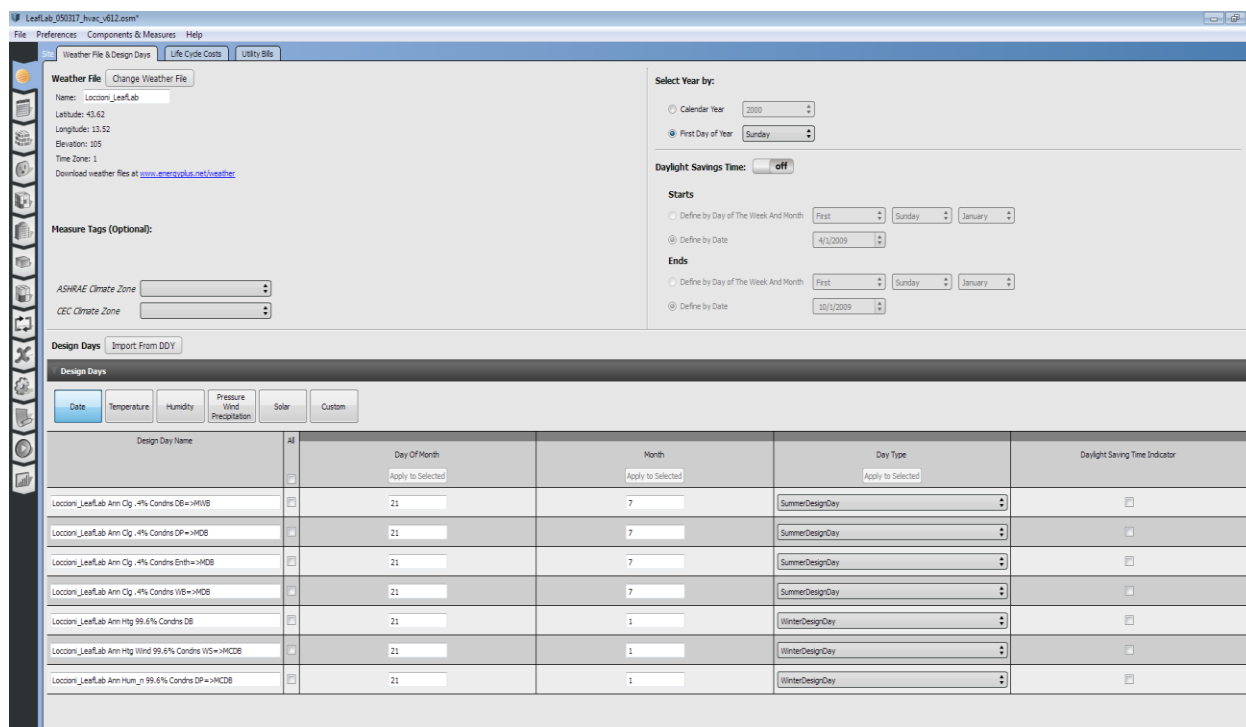
Οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του προγράμματος **Google SketchUP**, είναι το γεγονός ότι διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα σχετικά με το πρόγραμμα προσομοίωσης **EnergyPlus**. Συγκεκριμένα, διαθέτει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο, το **OpenStudio Plug-in**, μέσω του οποίου τα δεδομένα που εισάγονται στο **Google SketchUP** μπορούν να εισαχθούν με τη σειρά τους απευθείας στο **EnergyPlus**, ενώ ανά πάσα στιγμή μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις. Ο χρήστης χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία (π.χ. object info), μπορεί να δει πληροφορίες για οποιοδήποτε αντικείμενο ή επιφάνεια έχει προστεθεί στο κτίριο.[35]



Εικόνα 10.Μοντέλο σχεδιασμένο στο Google SketchUP

Στην Εικόνα 10, απεικονίζεται το υπό εξέταση κτίριο Leaf Lab, όπως σχεδιάστηκε στο λογισμικό **Google SketchUP**.

Το **Open Studio®** είναι μία συλλογή εργαλείων διάφορων λογισμικών που υποστηρίζει εξ' ολοκλήρου την μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας το Energy Plus. Είναι ανοικτού κώδικα λογισμικό, για να διευκολύνεται η ανάπτυξη από την κοινότητά του καθώς κι η επέκταση των δυνατοτήτων του. Το λογισμικό **Open Studio®** περιλαμβάνει γραφικές διεπαφές μαζί με εξοπλισμό για την ανάπτυξη του λογισμικού. Αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του κτιρίου και την κατασκευή όλων των δομικών, ηλεκτρικών και γενικά απαραίτητων στοιχείων του κτιρίου. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, μέσω αυτού δημιουργήθηκε και το απαραίτητο αρχείο για την βάση της υλοποίησης της παρούσας εργασίας. Στην Εικόνα 11, παρουσιάζεται η αρχική καρτέλα του λογισμικού Open Studio® για το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε.[36]



Εικόνα 11. Αρχική σελίδα λογισμικού OpenStudio

Τα προαναφερθέντα προγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση του κτηρίου LeafLab και τη διαδικασία προετοιμασίας των απαραίτητων αρχείων για την προσομοίωση.

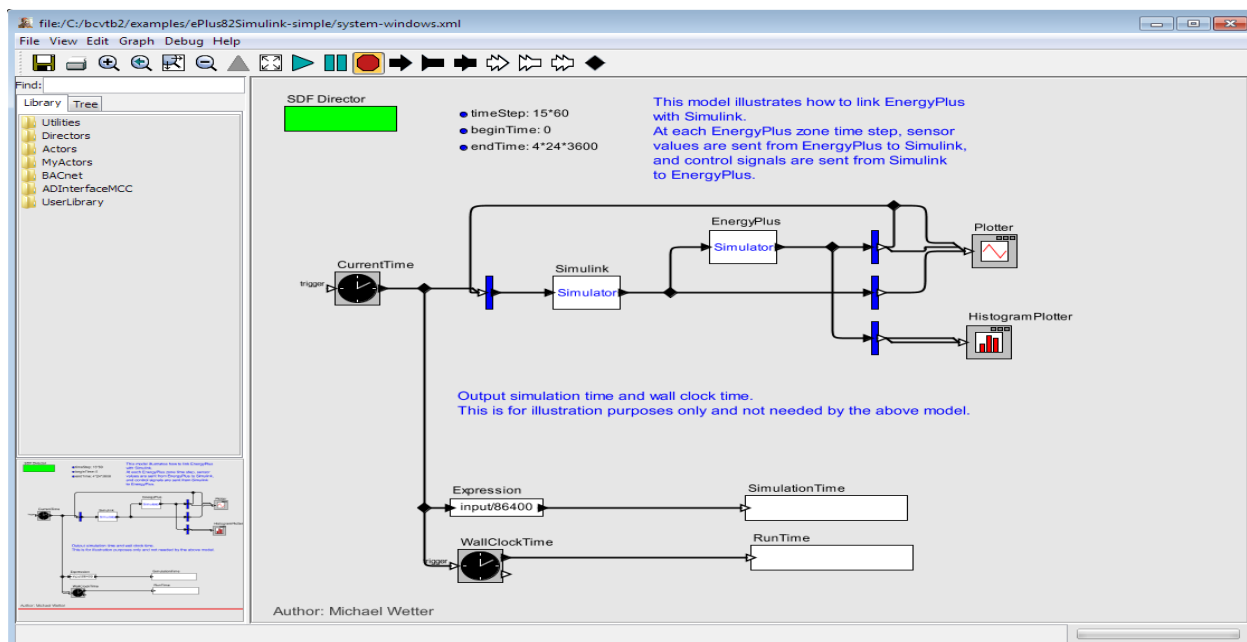
4.3.3 Εισαγωγικά στοιχεία λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την διασύνδεση όλων των προγραμμάτων

Το **BCVTB** είναι ένα πρόγραμμα που δημιουργήθηκε από το Berkeley ώστε να μπορέσουν οι ερευνητές να διασυνδέουν διαφορετικούς προσομοιωτές και να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Επίσης εκτός από επικοινωνία πολλών προσομοιωτών μεταξύ τους μπορούν να προστεθούν και μηχανήματα περιβαλλοντικών μετρήσεων για να συμβάλουν στη ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ο τρόπος επικοινωνίας είναι σύγχρονος και μπορείς να χρησιμοποιήσεις είτε το δικό του ρολόι είτε τον χρόνο που σου παρέχει ο ένας από τους δυο προσομοιωτές. Μερικά από τα προγράμματα που μπορεί να συνδέσει είναι μεταξύ άλλων: το EnergyPlus και το MATLAB/SIMULINK. Οι τυπικές εφαρμογές του BCVTB είναι :

- Η ολοκληρωμένη εκτίμηση της απόδοσης, συστημάτων ενέργειας και ελέγχου κτιρίων.
- Η ανάπτυξη νέων αλγορίθμων ελέγχου
- Η δυνατότητα επαλήθευσης αλγορίθμων ελέγχου πριν την εγκατάστασή τους σε κτίρια.

Στην παρούσα εργασία, το BCVTB χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των προγραμμάτων **EnergyPlus** και **MATLAB** , καθώς τα δύο αυτά προγράμματα δεν μπορούν να «επικοινωνήσουν» μεταξύ τους απ' ευθείας. Αποτελεί το τελευταίο στάδιο πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης και την παραγωγή των αποτελεσμάτων.

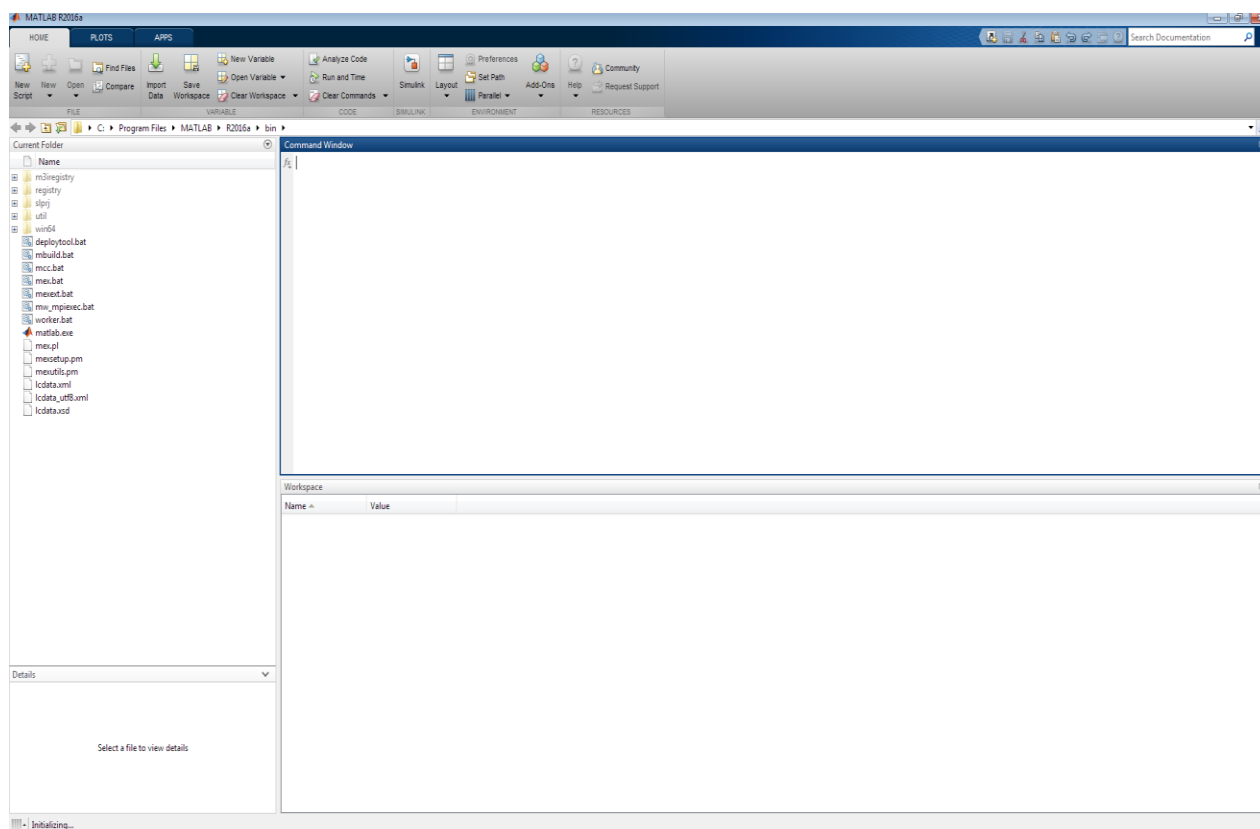
Το περιβάλλον του προγράμματος φαίνεται στην Εικόνα 12, όπου στα αριστερά βρίσκεται μια λίστα που περιέχει μπλοκ με διαφορά χρήσιμα εργαλεία. [37]



Εικόνα 12.Περιβάλλον λογισμικού BCVTB

4.3.4 Εισαγωγικά στοιχεία προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τους μαθηματικούς υπολογισμούς του μοντέλου

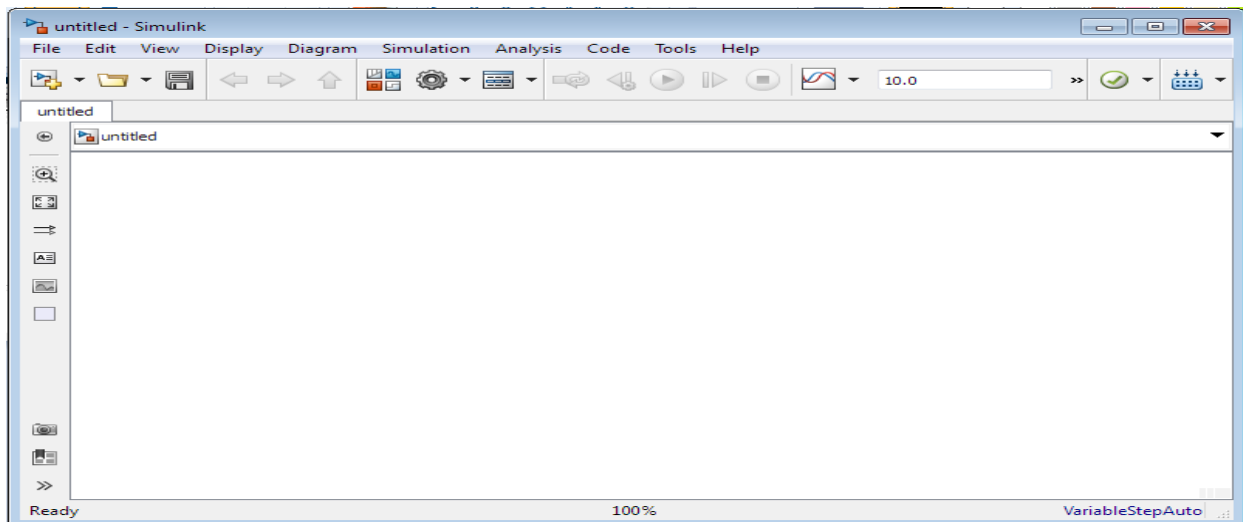
Το **MATLAB®** προέρχεται από το MATrixLABoratory και είναι ένα πολυπαραγοντικό αριθμητικό υπολογιστικό περιβάλλον βασισμένο σε μια τέταρτης γενιάς γλώσσα προγραμματισμού. Πρόκειται για μια ιδιόκτητη γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύσσεται από την MathWorks, ονομάζεται MATLAB κι επιτρέπει τους χειρισμούς-επεξεργασία πινάκων, την γραφική αναπαράσταση συναρτήσεων και διάφορων δεδομένων, την εφαρμογή πλειάδας αλγορίθμων και τη διασύνδεση με διάφορα άλλα προγράμματα που γράφονται σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένου της C, της C++, C#, της JAVA, της FORTRAN και της Python. Αν και η MATLAB προορίζεται πρώτιστα για αριθμητικούς υπολογισμούς, μια προαιρετική εργαλειοθήκη χρησιμοποιεί τη συμβολική μηχανή MuPAD, επιτρέποντας την πρόσβαση σε συμβολικές δυνατότητες υπολογισμού. Ένα πρόσθετο πακέτο, το **Simulink**, δίνει δυνατότητες μοντελοποίησης, προσομοίωσης και ανάλυσης δυναμικών συστημάτων με την χρήση δομικών διαγραμμάτων (blocks). [38]



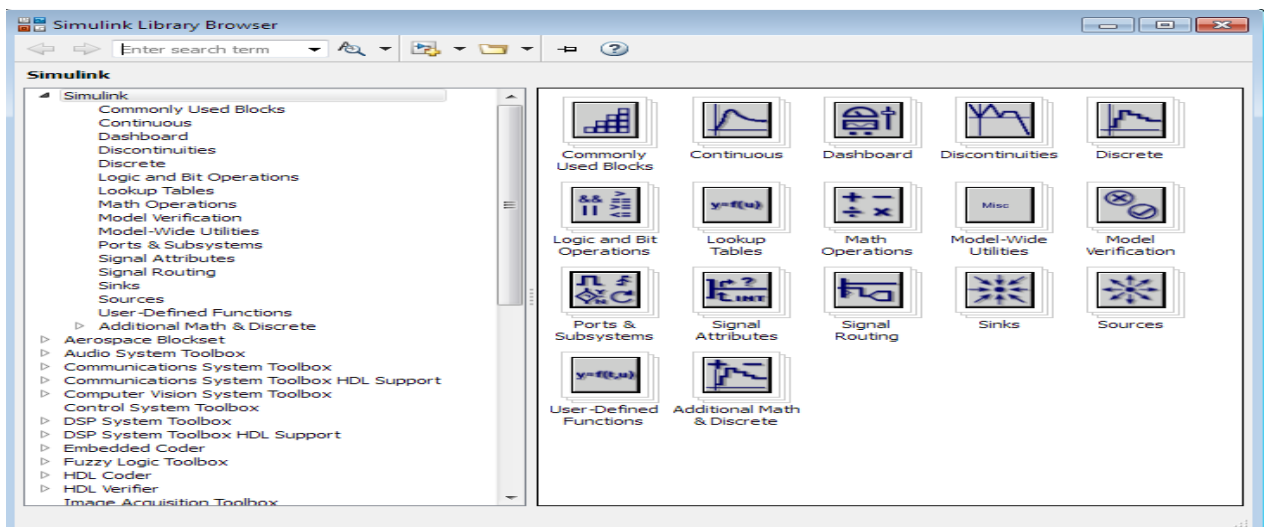
Εικόνα 13.Αρχική σελίδα λογισμικού MATLAB

Στην Εικόνα 13 απεικονίζεται η αρχική καρτέλα του λογισμικού Matlab 2016a.

Το **Simulink®** είναι ένα περιβάλλον αποτελούμενο από διαγράμματα με σκοπό την δυναμική προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο (real-time simulation). Υποστηρίζει την προσομοίωση, την αυτόματη παραγωγή κώδικα, τη συνεχή δοκιμή και την επαλήθευση των ενσωματωμένων συστημάτων. Το Simulink παρέχει έναν γραφικό συντάκτη, εξατομικεύσιμες βιβλιοθήκες, και επιλυτές για τη διαμόρφωση και τη προσομοίωση των δυναμικών συστημάτων. Είναι ενσωματωμένο στο MATLAB®, επιτρέποντας στους χρήστες την ενσωμάτωση αλγορίθμων από την MATLAB και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του στο περιβάλλον της MATLAB για πιθανή περαιτέρω ανάλυση. Παρακάτω απεικονίζεται στην Εικόνα 14, η αρχική καρτέλα του λογισμικού Simulink. Το Simulink, περιλαμβάνει μια περιεκτική βιβλιοθήκη (Library) με επιλογές για γραμμικές (ή μη) αναλύσεις και τα μοντέλα που κατασκευάζονται προκύπτουν με την απλή διαδικασία Drag-and-Drop χρησιμοποιώντας το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή, η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 15.[38]



Εικόνα 14.Αρχική σελίδα λογισμικού Simulink

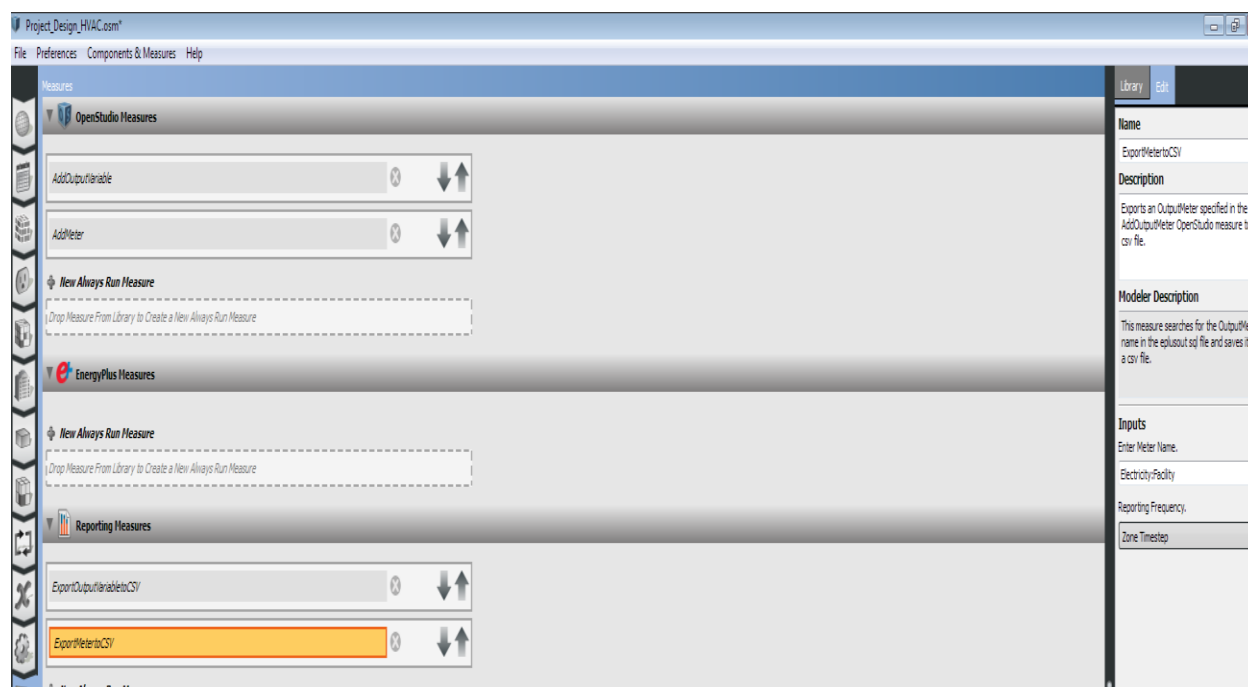


Εικόνα 15.Καρτέλα βιβλιοθήκης Simulink

4.3.5 Παραμετροποίηση προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν

Αρχικά, για τους σκοπούς αυτής της διατριβής, ήταν απαραίτητες κάποιες διαμορφώσεις στο αρχείο IDF που δημιουργήθηκε από την προσομοίωση του υπό εξέταση μοντέλου στο λογισμικό **EnergyPlus**, προκειμένου να είναι έτοιμο το αρχείο να χρησιμοποιηθεί από το λογισμικό **BCVTB**.

Για να εξάγονται αυτόματα τα αρχεία που χρειάζονται για την επίτευξη του σκοπού της συγκεκριμένης διατριβής, θα πρέπει να γίνουν κάποιες ρυθμίσεις στο λογισμικό **OpenStudio**, ώστε να δοθούν οι εντολές αυτόματα στο IDF αρχείο που εξάγεται από την προσομοίωση και θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω. Οι τροποποιήσεις που έγιναν ήταν, να δηλωθεί στην καρτέλα η εντολή να εξάγεται η μεταβλητή "Facility:Electricity" και η μετατροπή της μεταβλητής σε αρχείο .csv για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια. Τα παραπάνω φαίνονται ξεκάθαρα στην Εικόνα 16.

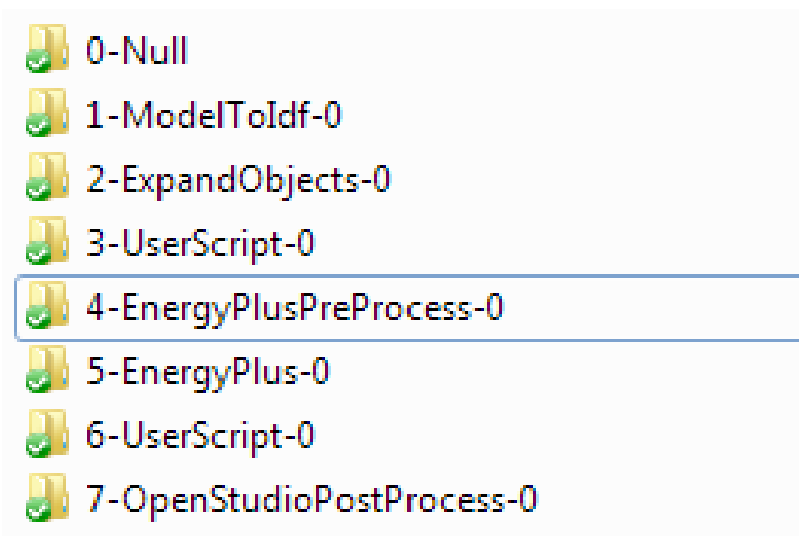


Εικόνα 16. Αρχική σελίδα λογισμικού OpenStudio

Με το παραπάνω εξασφαλίζεται ότι θα λαμβάνουμε σε αρχείο .csv, στο τέλος κάθε προσομοίωσης, τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου κάθε ώρα.

Ένα από τα κρίσιμότερα πλεονεκτήματα του λογισμικού EnergyPlus είναι η παροχή του επεξεργαστή αρχείων **IDF**, του οποίου το περιβάλλον είναι πολύ φιλικό προς το χρήστη και δίνει κατανοητές και ξεκάθαρες εξηγήσεις σε κάθε του επιλογή.

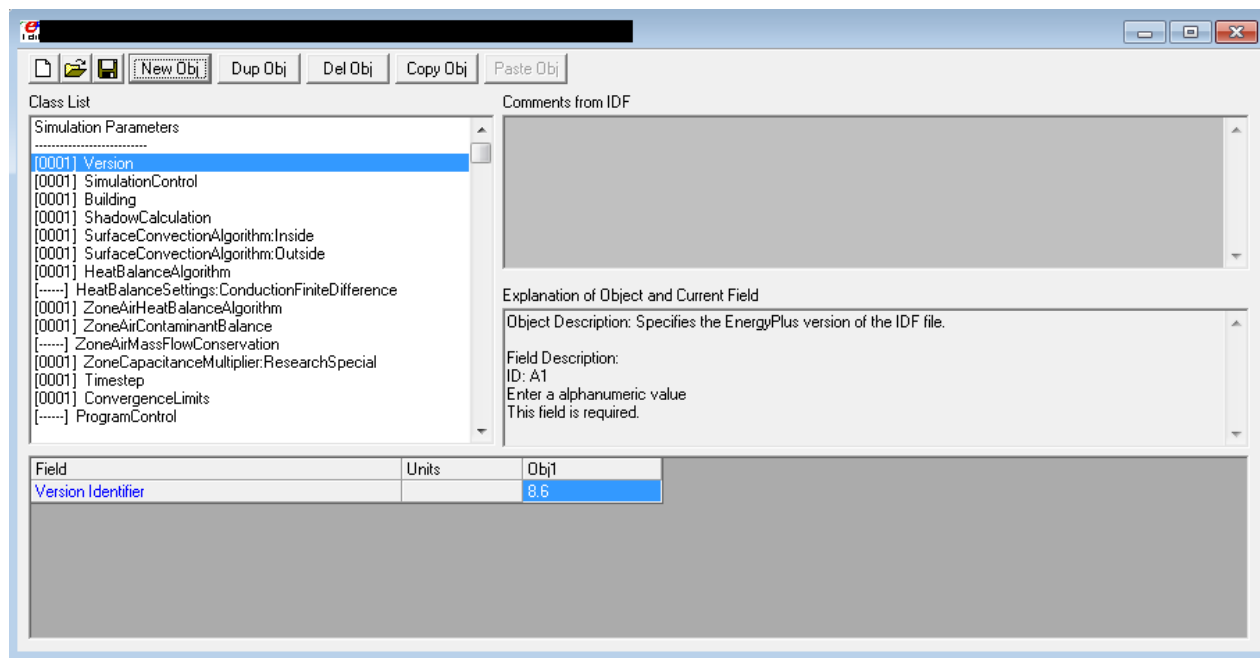
Το πρώτο βήμα ήταν να διενεργηθεί η προσομοίωση με το λογισμικό OpenStudio και να αποκτηθούν τα απαραίτητα αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο. Κατόπιν θα πρέπει να επιλέξουμε για επεξεργασία το αρχείο IDF, που ονομάζεται "out.idf" και βρίσκεται στο φάκελο "4-EnergyPlusPreProcess-0" των αποτελεσμάτων του OpenStudio. Ο προαναφερθέν φάκελος παρουσιάζεται στην Εικόνα 17 παρακάτω.



Εικόνα 17. Φάκελος αποτελεσμάτων λογισμικού OpenStudio

Στην συνέχεια, θα πρέπει να επεξεργαστεί το παραπάνω αρχείο, μέσω του **IDF-Editor**. Για την ομαλή λειτουργία των προγραμμάτων, η επεξεργασία έγινε μέσω του IDF-Editor 8.5.0 που βρίσκεται στον φάκελο του EnergyPlus 8.5.0 καθώς με αυτή την έκδοση συνεργαζόταν βέλτιστα το λογισμικό BCVTB, το οποίο δεν είναι συμβατό με την έκδοση του IDF-Editor 8.6.0.

Αρχικά, ανοίγουμε τον IDF-Editor, κι επιλέγουμε από την καρτέλα των διαθέσιμων επιλογών, το εικονίδιο με τον φάκελο που μας επιτρέπει να ανοίξουμε κάποιο IDF αρχείο, προς επεξεργασία. Το αποτέλεσμα της παραπάνω ενέργειας φαίνεται στην Εικόνα 18 παρακάτω, όπου φαίνεται η αρχική καρτέλα που εμφανίζει το λογισμικό μόλις «φορτώσει» το προς επεξεργασία αρχείο.

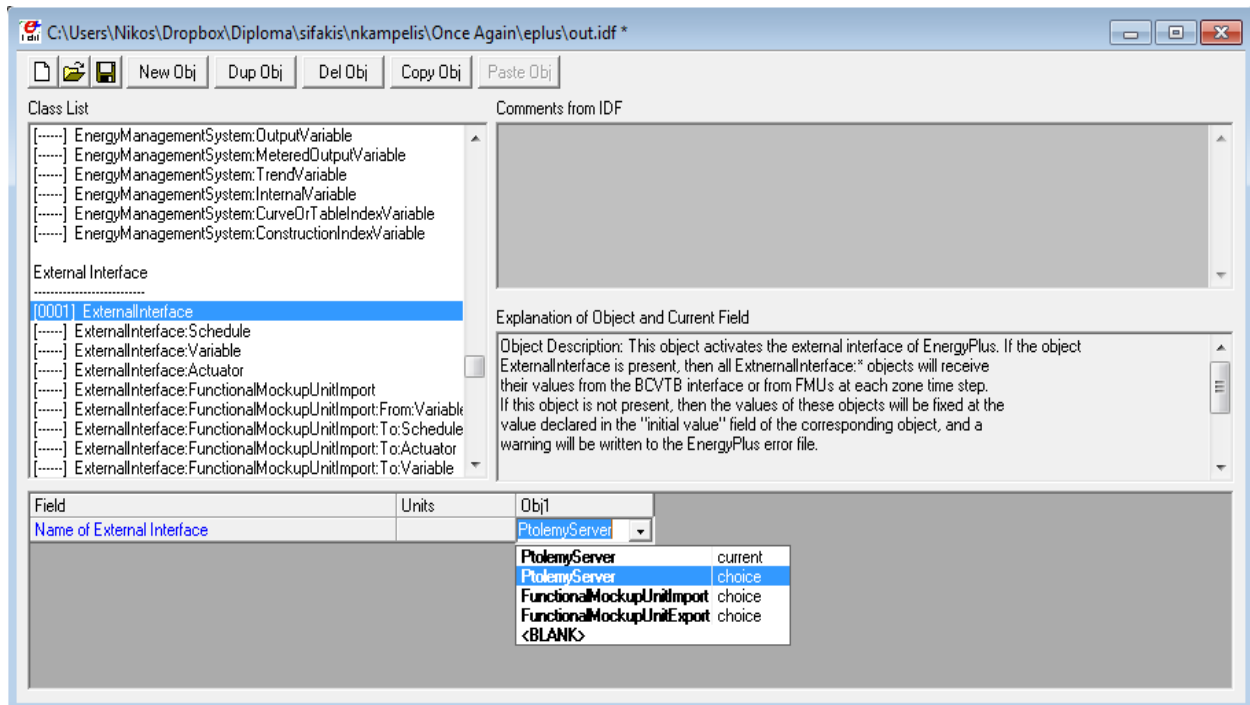


Εικόνα 18. Αρχική σελίδα λογισμικού IDF-Editor

Καταρχήν, έπρεπε να γίνει γνωστό στο αρχείο idf ότι θα ανταλλάσσει τιμές με ένα λογισμικό βασισμένο στο περιβάλλον Ptolemy II ,το BCVTB, το οποίο θα επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία όλων των συμβαλλόμενων προγραμμάτων.

Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά θα πρέπει να πάμε στην καρτέλα "ExternalInterface" στις επιλογές που υπάρχουν αριστερά στον IDF-Editor.

Στην συνέχεια, για να δηλωθεί η επιθυμητή ενέργεια, θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα νέο αντικείμενο, από το εικονίδιο "NewObj". Έτσι, μόλις πατήσουμε στο "NewObj" θα μας δημιουργηθεί ένα νέο "αντικείμενο" στην καρτέλα "ExternalInterface", στο οποίο θα δηλωθεί η μεταβλητή σαν "Ptolemy server" όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 19.



Εικόνα 19. Καρτέλα ExternalInterface του λογισμικού IDF-Editor

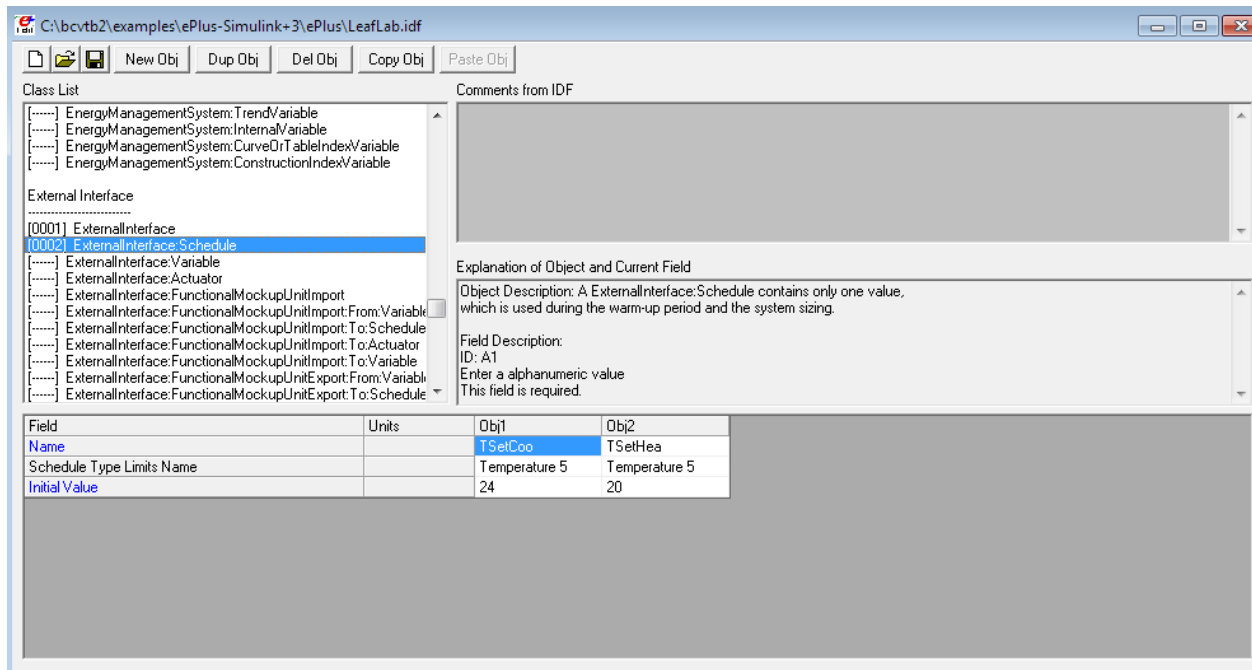
Η παραπάνω ενέργεια εξασφάλισε ότι το αρχείο IDF θα ήταν έτοιμο να χρησιμοποιηθεί από το περιβάλλον του BCVTB, ως αρχείο περιβάλλοντος Ptolemy II, και να επιτραπεί η ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων μεταξύ των δύο λογισμικών.

Έπειτα, επιλέγονται οι παράμετροι που χρειάζονται να στέλνονται από το BCVTB στο EnergyPlus, για την επίτευξη του στόχου μας, και δηλώνονται στην καρτέλα «ExternalInterface:Schedule» του IDF-Editor.

Στην περίπτωση μας, χρειαζόμαστε τα schedules για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου δηλαδή τις μεταβλητές:

- OfficeHtgPoint
- OfficeClgPoint

Έτσι, εφόσον έχουμε επιλέξει τις μεταβλητές που πρέπει να δηλωθούν στο αρχείο IDF, μεταφερόμαστε στην καρτέλα «ExternalInterface:Schedule» του IDF-Editor, όπου εισάγουμε δυο νέα «αντικείμενα» με το κουμπί «NewObj», όπως φαίνεται παρακάτω, στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20. Καρτέλα ExternalInterface:Schedules του λογισμικού IDF-Editor

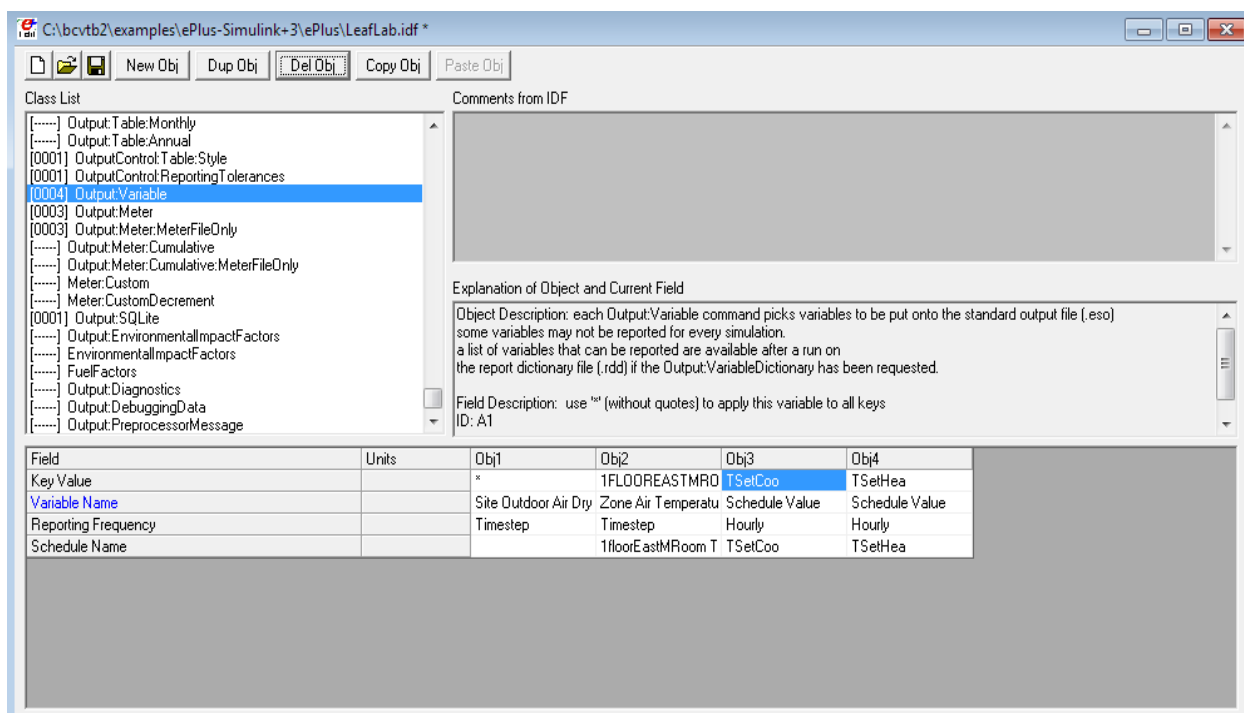
Οι παραπάνω δηλωθείσες μεταβλητές στέλνονται από το αρχείο IDF στο , βασισμένο στο Ptolemy II, λογισμικό BCVTB.

Πρέπει να γίνουν τρεις παρατηρήσεις σχετικά με τους παραπάνω ορισμούς.

- Στην καρτέλα «Name», δηλώνονται τα ονόματα των μεταβλητών όπως είναι ακριβώς δηλωμένα στο αρχείο IDF, για να εξασφαλίζεται η ομαλή και σωστή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των προγραμμάτων.
- Στην καρτέλα «Schedule Type Limits Name», επιλέγεται με προσοχή, ο σωστός τύπος μεταβλητών στον οποίο ανήκουν οι μεταβλητές που έχουμε επιλέξει κι ελέγχεται μέσα από το λογισμικό OpenStudio, όπου αναγράφεται.
- Τέλος, πολύ σημαντική είναι η σειρά με την οποία έχουν δηλωθεί η μεταβλητές για την μετέπειτα παραμετροποίηση καθώς και ο ορισμός των αρχικών τιμών όπως ζητούνται από το πρόγραμμα, καθώς πάνω σε αυτές τις αρχικές τιμές θα στηριχτεί

τόσο η διαστασιολόγηση του προσομοιωμένου συστήματος όσο και η περίοδος «προθέρμανσης», στην οποία στηρίζεται η λειτουργία του λογισμικού EnergyPlus.

Το επόμενο βήμα της παραμετροποίησης του IDF αρχείου για να είναι έτοιμο για χρήση, είναι να δηλωθούν οι μεταβλητές που επιθυμούμε να εξαγάγουμε για δυο διαφορετικές χρήσεις. Η πρώτη χρήση είναι για να μπορούμε να τις ελέγξουμε με την βοήθεια ενός αρχείου που δημιουργείτε κατά την προσομοίωση και το όνομα του αρχείου είναι ίδιο με του idf αλλά τελειώνει σε csv. Ο δεύτερος λόγος και πιο σημαντικός στο πείραμα μας είναι ότι σε αυτό το σημείο εξαγάγουμε και τα δεδομένα που στέλνουμε στο Ptolemy II και στην συνέχεια λαμβάνονται από τον ελεγκτή μας ώστε να υποστούν επεξεργασία. Ο ορισμός των μεταβλητών φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 21.

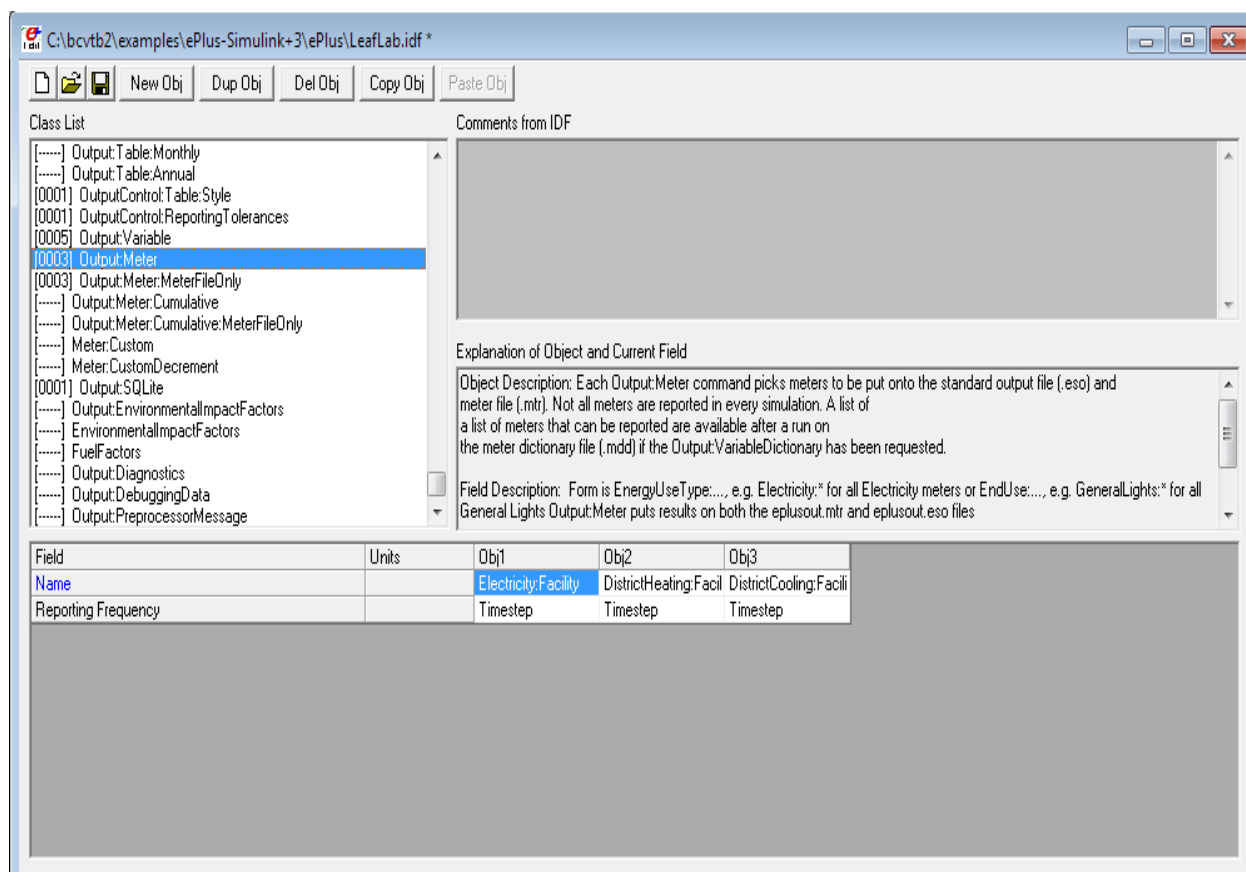


Εικόνα 21. Καρτέλα Output:Variable του λογισμικού IDF-Editor

Πρέπει να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις σχετικά με τους παραπάνω ορισμούς.

- Στην καρτέλα «Key Value», δηλώνονται τα ονόματα των μεταβλητών όπως είναι ακριβώς δηλωμένα στο αρχείο IDF και με την σειρά που έχουν δηλωθεί στην καρτέλα ExternalInterface, για να εξασφαλίζεται η ομαλή και σωστή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των προγραμμάτων.
- Στην καρτέλα «Variable name», πληκτρολογούμε Schedule value, καθώς οι μεταβλητές μας αποτελούν τιμές ενός «χρονοδιαγράμματος», schedule.
- Τέλος, στην συχνότητα αναφοράς, επιλέγουμε την ωριαία, καθώς αυτό μας ενδιαφέρει στην περίπτωση μας.

Επιπλέον θα πρέπει να δηλωθούν οι μεταβλητές που θα δίνονται στο αρχείο xxxMeter.csv και θα δίνουν την ενέργεια, τόσο για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό όσο και για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου και θα διαβάζονται από το δημιουργηθέν πρόγραμμα για τον υπολογισμό του κόστους της εκάστοτε περίπτωσης, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 22.



Εικόνα 22. Καρτέλα Output: Meter του λογισμικού IDF-Editor

Πρέπει να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις σχετικά με τους παραπάνω ορισμούς.

- Στην καρτέλα «Name», πληκτρολογούμε το όνομα της κάθε μεταβλητής όπως την παίρνουμε από το αρχείο .rdd της προσομοίωσης μας.
- Στην καρτέλα Reporting Frequency, δηλαδή συχνότητα αναφοράς, επιλέγουμε την ωριαία ή timestep δηλαδή το βήμα που έχουμε επιλέξει για την προσομοίωσή μας που είναι και το ωριαίο, καθώς αυτό μας ενδιαφέρει στην περίπτωση μας.

Το IDF αρχείο είναι έτοιμο για χρήση με το BCVTB και δεν χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία του.

Για να μπορεί όμως το BCVTB να διαβάσει σωστά τις τιμές από το IDF αρχείο που ετοιμάσαμε παραπάνω, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα αρχείο με το όνομα `variables.cfg`, το οποίο θα δείχνει την αντιστοίχιση των σημάτων μεταξύ τους. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην δήλωση των μεταβλητών με την σωστή σειρά. Το αρχείο που ετοιμάσαμε για την περίπτωση μας, για αυτό τον σκοπό φαίνεται στην Εικόνα 23 που παρουσιάζεται παρακάτω.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE BCVTB-variables SYSTEM "variables.dtd">
<BCVTB-variables>
  <variable source="EnergyPlus">
    <EnergyPlus name="ENVIRONMENT" type="Site Outdoor Air Drybulb Temperature"/>
  </variable>
  <variable source="EnergyPlus">
    <EnergyPlus name="1floorEastMRoom" type="Zone Air Temperature"/>
  </variable>
  <variable source="Ptolemy">
    <EnergyPlus schedule="OfficeHtgPoint"/>
  </variable>
  <variable source="Ptolemy">
    <EnergyPlus schedule="OfficeClgPoint"/>
  </variable>
  <!-- The next two elements receive the schedule value as an output from E+ -->
  <variable source="EnergyPlus">
    <EnergyPlus name="OfficeHtgPoint" type="Schedule Value"/>
  </variable>
  <variable source="EnergyPlus">
    <EnergyPlus name="OfficeClgPoint" type="Schedule Value"/>
  </variable>
</BCVTB-variables>
```

Εικόνα 23 .Αρχείο variables.cfg για το λογισμικό BCVTB

Η αντιμετώπιση του προβλήματος που καλούμαστε να επιλύσουμε δεν καθίστανται δυνατή με την χρήση του BCVTB, καθώς επιφέρει ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ενώ εμείς θέλουμε να τρέχουμε το ένα πρόγραμμα αφού έχει τελειώσει το άλλο. Έτσι, έπρεπε να βρεθεί κάποια άλλη λύση.

Έτσι, επιλέξαμε να δημιουργήσουμε ένα κυρίως πρόγραμμα στην MATLAB κι επιμέρους υποπρογράμματα για την επίτευξη του σκοπού μας.

Αρχικά, δημιουργούμε το κυρίως πρόγραμμα, το οποίο έχει το ρόλο της αντικειμενικής συνάρτησης του γενετικού αλγορίθμου που θα χρησιμοποιήσουμε, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24 παρακάτω, το οποίο αποτελείται από τα εξής υποπρογράμματα :

- Το **New_IDF**, το οποίο δημιουργεί το καινούριο αρχείο IDF που τρέχει το EnergyPlus, σε κάθε επανάληψη, με τα καινούρια θερμοκρασιακά setpoints.
- Το **energy**, το οποίο καλεί το EnergyPlus και τρέχει την προσομοίωση του κτιρίου βάση του νέου δημιουργηθέν IDF αρχείου από το προηγούμενο πρόγραμμα, που περιλαμβάνει τα καινούρια θερμοκρασιακά setpoints που έχει δώσει ο γενετικός και τελικά δίνει το αρχείο xxxMeter.csv.
- Το **tot_cost**, το οποίο υπολογίζει το κόστος βάση της ενέργειας που λαμβάνεται από το αρχείο xxxMeter.csv που έχει προέλθει από την προσομοίωση του προηγούμενου βήματος

```

1  %% Fitness Function
2  function tot_cost=MyFitness(T)
3      New_IDF(T);
4      energy;
5      tot_cost=cost;
6      pinakas_apot=tot_cost;
7      therm=T;
8      therm
9      pinakas_apot
10 end
11
12

```

Εικόνα 24. Αντικειμενική συνάρτηση γενετικού αλγορίθμου

Στην συνέχεια, θα παρουσιαστεί κάθε υποπρόγραμμα καθώς και η χρήση του:

Αρχικά, η «αντικειμενική συνάρτηση» που έχουμε δημιουργήσει, καλεί το υποπρόγραμμα **New_IDF**, το οποίο λαμβάνει το αρχικό IDF που έχουμε δημιουργήσει, όπως περιεγράφηκε παραπάνω, και δημιουργεί ένα καινούριο IDF με τα καινούρια θερμοκρασιακά setpoints, τα οποία δίνει ο γενετικός αλγόριθμος. Η παραπάνω διαδικασία, φαίνεται ξεκάθαρα στις παρακάτω Εικόνα 25(παράδειγμα θέρμανσης) και Εικόνα 26 (παράδειγμα ψύξης).

```

1  function new_values=New_IDF(T)
2  -   A = regexp( fileread('out2.idf'), '\n', 'split');
3  -   A{481} = sprintf('\t%5.2f%s', T(1), ',');
4  -   A{483} = sprintf('\t%5.2f%s', T(2), ',');
5  -   A{485} = sprintf('\t%5.2f%s', T(3), ',');
6  -   A{487} = sprintf('\t%5.2f%s', T(4), ',');
7  -   A{489} = sprintf('\t%5.2f%s', T(5), ',');
8  -   A{491} = sprintf('\t%5.2f%s', T(6), ',');
9  -   A{493} = sprintf('\t%5.2f%s', T(7), ',');
10 -   A{495} = sprintf('\t%5.2f%s', T(8), ',');
11 -   fid = fopen('out2.idf', 'w');
12 -   fprintf(fid, '%s\n', A{:});
13 -   fclose(fid);
14 -   new_values=1;
15 -   end

```

Εικόνα 25. Συνάρτηση αλλαγής θερμ/ακών setpoint στο αρχείο IDF για θέρμανση

```

1  function new_values=New_IDF(T)
2  -   A = regexp( fileread('out2.idf'), '\n', 'split');
3  -   A{534} = sprintf('\t%5.2f%s', T(1), ',');
4  -   A{536} = sprintf('\t%5.2f%s', T(2), ',');
5  -   A{538} = sprintf('\t%5.2f%s', T(3), ',');
6  -   A{540} = sprintf('\t%5.2f%s', T(4), ',');
7  -   A{542} = sprintf('\t%5.2f%s', T(5), ',');
8  -   A{544} = sprintf('\t%5.2f%s', T(6), ',');
9  -   A{546} = sprintf('\t%5.2f%s', T(7), ',');
10 -   A{548} = sprintf('\t%5.2f%s', T(8), ',');
11 -   fid = fopen('out2.idf', 'w');
12 -   fprintf(fid, '%s\n', A{:});
13 -   fclose(fid);
14 -   new_values=1;
15 -   end

```

Εικόνα 26 Συνάρτηση αλλαγής θερμοκρασιακών setpoint στο αρχείο IDF για ψύξη

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, λαμβάνονται οι θερμοκρασιακές τιμές από τον γενετικό αλγόριθμο μέσω της αρχικής συνάρτησης και στην συνέχεια δημιουργείται ένας πίνακας με στοιχεία τις σειρές του αρχικού αρχείου IDF. Έπειτα, οι τιμές της θερμοκρασίας «γράφονται» μέσα στον πίνακα A, που έχει δημιουργηθεί κατά την αρχική «φόρτωση» του κτιρίου και στην συνέχεια στο νέο αρχείο IDF σε συγκεκριμένες σειρές που έχει προεπιλέξει το πρόγραμμα κατά την αρχική δημιουργία του αρχείου.

Στην συνέχεια, καλείται το υποπρόγραμμα **energy**, το οποίο αρχικά καλώντας το υποπρόγραμμα **del**, διαγράφει τα αρχεία τις κάθε προηγούμενης προσομοίωσης για να αποκλειστεί το ενδεχόμενο κάποιου εσφαλμένου αποτελέσματος και φαίνεται παρακάτω πως λειτουργεί στην Εικόνα 27.

```

1  function syhne=del(~)
2  -   delete out2.audit;
3  -   delete out2.bnd;
4  -   delete out2.eio;
5  -   delete out2.epmdet;
6  -   delete out2.epmidf;
7  -   delete out2.eso;
8  -   delete out2.err;
9  -   delete out2.mdd;
10 -   delete out2.mtd;
11 -   delete out2.mtr;
12 -   delete out2.rdd;
13 -   delete out2.rvaudit;
14 -   delete out2.shd;
15 -   delete out2.sql;
16 -   delete out2.rdd;
17 -   delete out2Sqlite.err;
18 -   delete out2.end;
19 -   delete out2.csv;
20 -   delete out2Meter.csv;
21 -   delete out2Table.htm;
22 -   end

```

Εικόνα 27. Συνάρτηση del για διαγραφή περιπτώων αρχείων

Όπως φαίνεται και παραπάνω διαγράφονται όλα αυτά τα αρχεία που προκύπτουν από την κάθε προσομοίωση του energypius, καθώς αν δεν γινόταν αυτό, τα αποτελέσματα που έβγαιναν ήταν εσφαλμένα, καθώς το πρόγραμμα κρατούσε κάποιο είδος μνήμης σε κάθε «πρέξιμο» του.

Έπειτα, καλείται το energyplus με βάση τις ρυθμίσεις που του ορίζουμε και φαίνεται στην Εικόνα 28.

```

1  function energy1 = energy(~)
2  -   cd('C:\EnergyPlusV8-5-0')
3  -   del;
4  -   !energyplus -w Ancona_Falconara-hourEPW.epw -p out2 -s C -x -m -r out2.idf
5  -   end
6

```

Εικόνα 28. Συνάρτηση εκτέλεσης λογισμικού energyplus

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 28 αρχικά το πρόγραμμα αλλάζει τον προορισμό στον φάκελο που είναι τόσο τα αρχεία του προγράμματος όσο και τα αρχεία των υποπρογραμμάτων, του γενετικού αλγορίθμου και του μοντέλου. Στην συνέχεια, τρέχει το υποπρόγραμμα del, όπως περιεγράφηκε παραπάνω, και στην συνέχεια καλείται το energyplus μέσω της εντολής «!» με τις εξής ιδιαιτερότητες :

- -w Προσδιορίζει το όνομα του αρχείου καιρού, το οποίο στην δική μας περίπτωση ονομάζεται «Ancona_Falconara-hourEPW.epw»
- -p Προσδιορίζει ότι όλα τα αρχεία που θα προκύψουν θα έχουν αυτό το όνομα πριν την κατάληξή τους
- -s C Προσδιορίζει ότι τα αρχεία θα είναι σε κεφαλαία
- -x Δίνει στο energyplus την εντολή να τρέξει το plugin “ExpandObjects”
- -m Δίνει στο energyplus την εντολή να τρέξει το plugin “EPMacro”
- -r Δίνει στο energyplus την εντολή να τρέξει το plugin “RunVarsESO”

Τέλος, καλείται το υποπρόγραμμα-συνάρτηση κόστους που έχουμε δημιουργήσει και φαίνεται στις παρακάτω εικόνες(Εικόνα 29,Εικόνα 30,Εικόνα 31).

```
%% Energy cost calculation:
% This script calculates the daily energy costs following the calculation
% rules for LeafLab Building.

%%Variables
% File source: the source is a csv file containing two columns: datetime
% and electricity consumption (60 mins granularity)

function total_costs=cost(~)
[energy, ~, ~] = xlsread('out2Meter.csv');
total_cost=0;
total_cost_energy=0;
total_cost_losses=0;
total_energy_var_costs=0;
total_energy_duty_costs=0;
for i=1:24
    energy(i,1) = energy(i,1) + (energy(i,2)/6.5) + (energy(i,3)/4.5);
end
power=ones(24,1);
for i=1:24
    power(i,1)=energy(i,1)./3600000;
end
```

Εικόνα 29. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος πρώτο

```
total_energy=sum(power);
for i=1:24
    if i>=8 && i<=20
        cost_energy(i)= power(i,1).*0.0675;
    else
        cost_energy(i)= power(i,1).*0.0525;
    end
    total_cost_energy=sum(cost_energy); %First Variable of Cost
end

%%Calculate Losses Costs for both Energy categories.
%%Are meant to be the 4% of Total Energy, either for Peak or NON-Peak hours.
for i=1:24
    if i>=8 && i<=20
        cost_losses(i)= power(i,1).*0.04.*0.0675;
    else
        cost_losses(i)= power(i,1).*0.04.*0.0525;
    end
    total_cost_losses=sum(cost_losses); %Second Variable of Cost
end
```

Εικόνα 30. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος δεύτερο

```
%%Calculate energy and power related costs (distribution charges)

total_energy_var_costs=total_energy*0.076246; %Third variable of Cost

%%Calculate other charges
total_energy_duty_costs=total_energy*0.0125; %Fourth variable of Cost

% Calculate Specific Consumption Tax (SCT)
total_costs=1.1*(total_cost_energy+total_cost_losses +total_energy_var_costs+total_energy_duty_costs+75.44516);
newdata=[total_costs total_cost_energy total_cost_losses total_energy_var_costs total_energy_duty_costs];
csvwrite('LeafCost.csv',newdata);
end
```

Εικόνα 31. Συνάρτηση υπολογισμού κόστους μέρος τρίτο

Οι παραπάνω εικόνες δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται το κόστος για το υπό εξέταση κτίριο

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται ο γενετικός αλγόριθμος τόσο για τους χειμερινούς μήνες (Εικόνα 32) όσο και για τους θερινούς μήνες (Εικόνα 33).

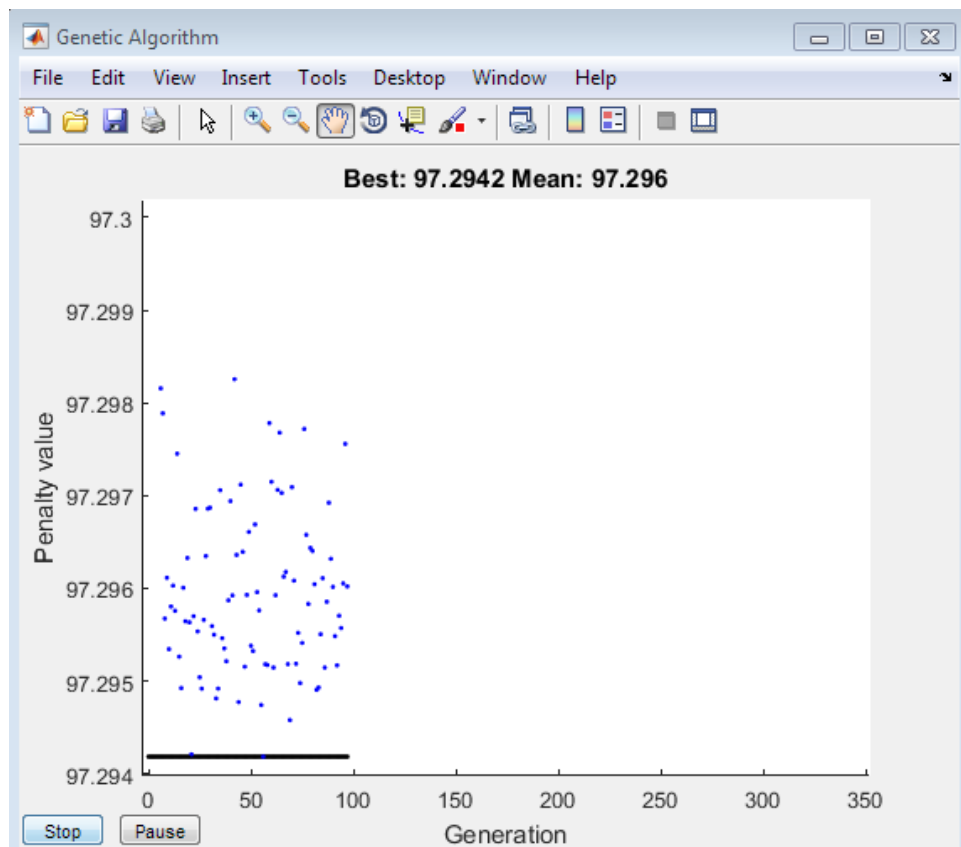
```
1 %% main script/function
2 %% cost minimization
3 clc, clear, close all
4 FitFcn = @MyFitness;
5 opts = optimoptions('ga','PlotFcn',@gaplotbestf,'PopulationSize',75,'MaxStallGenerations',100,'FunctionTolerance',1e-2); % to check ga
6 nvars =8; % number of variables
7 rng(1,'twister') % for reproducibility
8 for i=1:8
9     IntCon(i)=i;
10 end % for integers
11 LB(1:8) = 0; % Lower Bounds
12 UB(1:8)= 20; % Upper Bounds
13 [x,fval,exitflag] = ga(FitFcn,nvars,[],[],[],[],...
14     LB,UB,[],IntCon,opts); % Calls the Genetic Algorithm
15
```

Εικόνα 32. Γενετικός αλγόριθμος για θέρμανση

```
1 %% main script/function
2 %% cost minimization
3 clc, clear, close all
4 FitFcn = @MyFitness;
5 opts = optimoptions('ga','PlotFcn',@gaplotbestf,'PopulationSize',75,'MaxStallGenerations',100,'FunctionTolerance',1e-2); % to check ga
6 nvars =8; % number of variables
7 rng(1,'twister') % for reproducibility
8 for i=1:8
9     IntCon(i)=i;
10 end % for integers
11 LB(1:8) = 24; % Lower Bounds
12 UB(1:8)= 40; % Upper Bounds
13 [x,fval,exitflag] = ga(FitFcn,nvars,[],[],[],[],...
14     LB,UB,[],IntCon,opts); % Calls the Genetic Algorithm
15
```

Εικόνα 33. Γενετικός αλγόριθμος για ψύξη

Τέλος, όσο τρέχει ο γενετικός και δημιουργεί νέες «γενιές», για την παρακολούθησή του, δημιουργείται ένα γράφημα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 34.



Εικόνα 34. Διαγραμματική απεικόνιση αποτελεσμάτων γενετικού αλγορίθμου

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 34, με μπλε χρώμα παρατηρούνται οι μέσες τιμές για κάθε γενιά και με μαύρο χρώμα οι ελάχιστες τιμές, δηλαδή οι βέλτιστες δυνατές.

5^ο Κεφάλαιο

5.Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις του κτιρίου για αντιπροσωπευτικές εξωτερικές συνθήκες. Ειδικότερα επιλέγονται ημερομηνίες εντός του Ιανουαρίου και του Ιουλίου καθώς είναι οι μήνες με τις χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες αντίστοιχα.

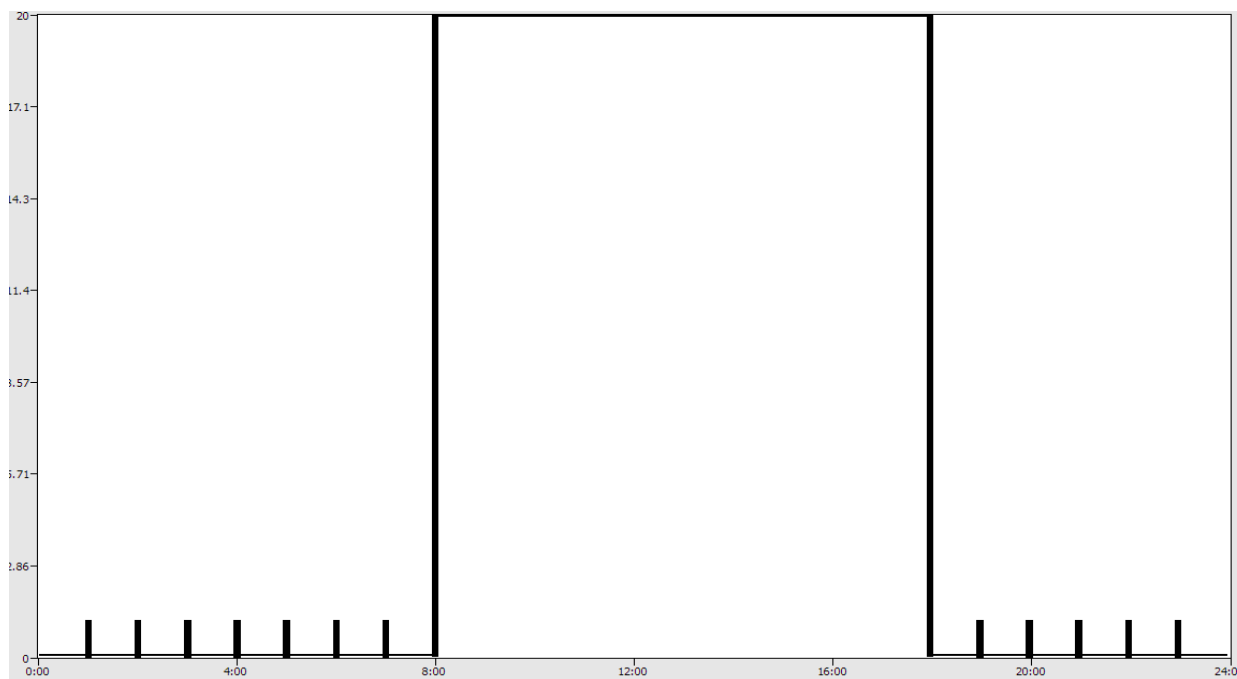
Συγκεκριμένα για τον Ιανουάριο επιλέγεται η 1η ημέρα (Μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία), η 15η ημέρα (Ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία) και η 19η ημέρα του μήνα (Διάμεσος μέσων ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας).

Αντίστοιχα, για τον Ιούλιο, επιλέγεται η 9η ημέρα (Μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία), η 13η ημέρα (Διάμεσος μέσων ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας) και η 15η ημέρα (Ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία) ημέρα του μήνα.

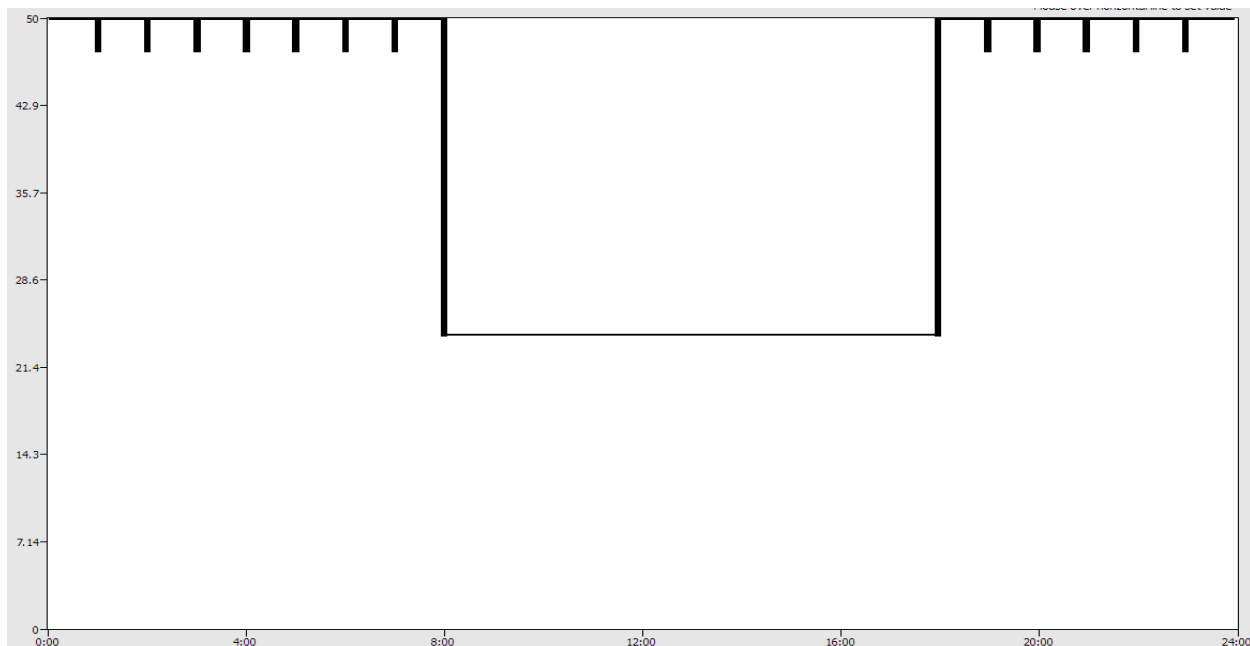
Επίσης, ελέγχουμε 6 πιθανές καταστάσεις ελέγχου των θερμοκρασιακών τιμών του κτιρίου.

5.1 Επεξήγηση Σεναρίων

1ο Σενάριο : Το κτίριο παραμένει ελεύθερο ελέγχου και δεν ελέγχεται η θερμοκρασία του παρά μόνο στις ώρες λειτουργίας του, από τις 08:00-18:00 διάστημα κατά το οποίο η θερμοκρασία θερμοστάτη για θέρμανση καθορίζεται στους 20°C και για ψύξη στους 24 °C, όπως φαίνεται στην Εικόνα 35 και στην Εικόνα 36.

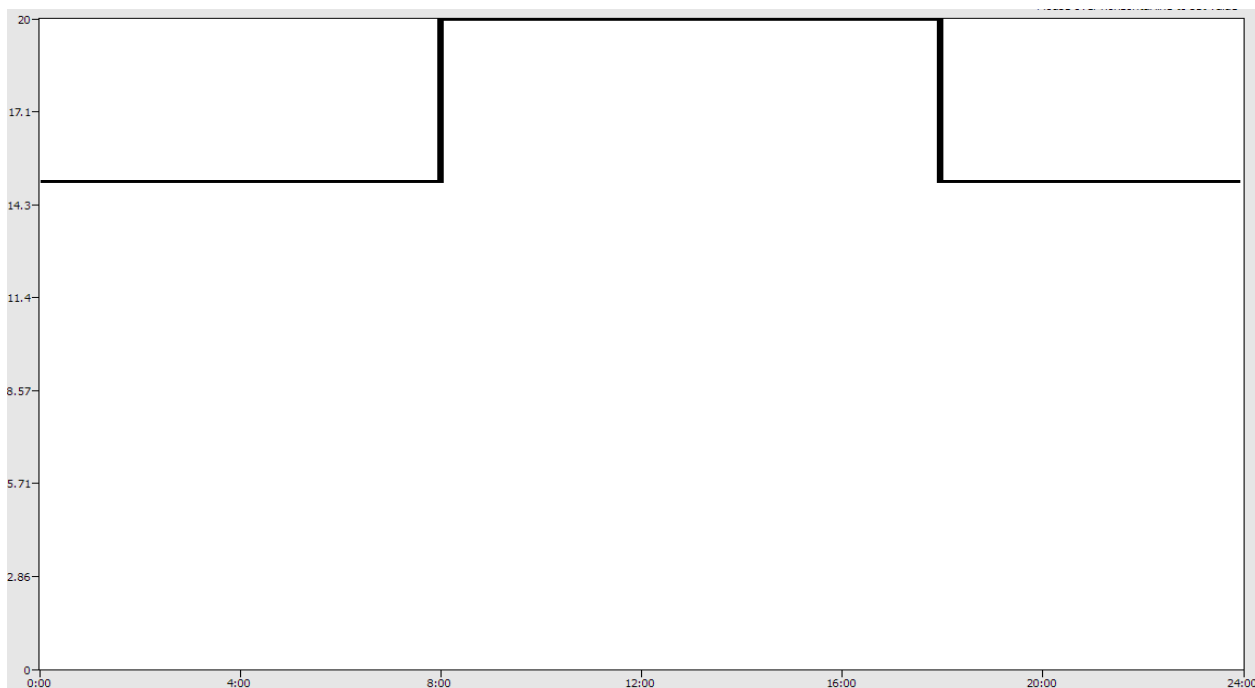


Εικόνα 35.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 1ου σεναρίου για θέρμανση

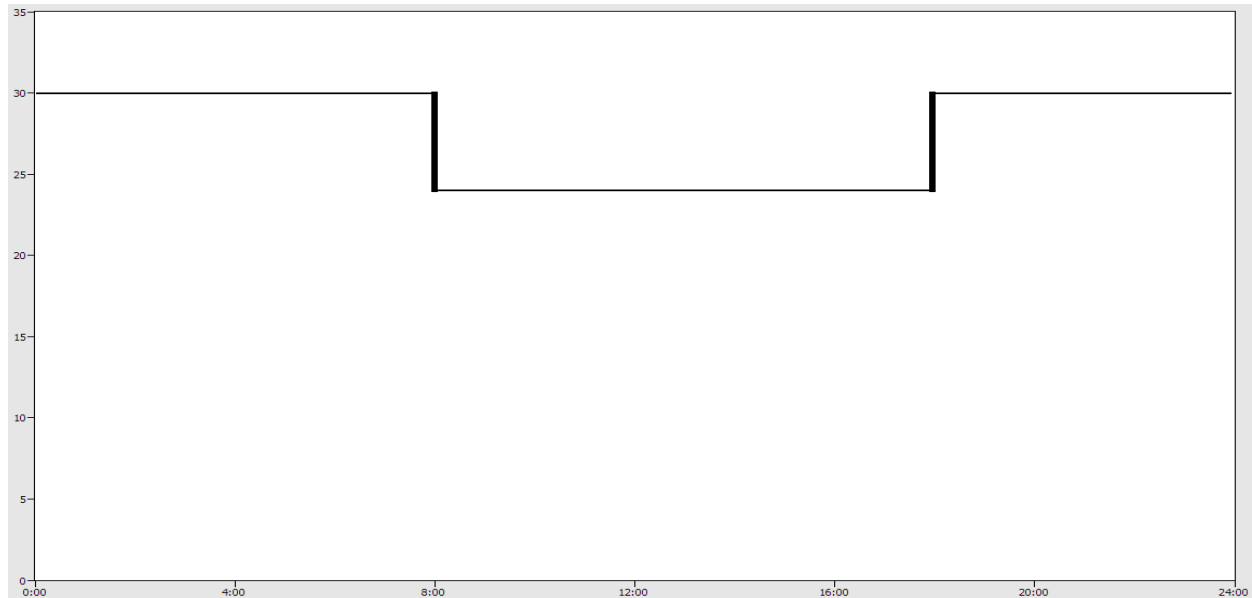


Εικόνα 36. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 1ου σεναρίου για ψύξη

2ο Σενάριο : Το κτίριο ελέγχεται καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου θέτοντας ως κατώτατη θερμοκρασία τους 15 °C για θέρμανση και ως ανώτατη τους 24 βαθμούς για ψύξη για τις ώρες εκτός λειτουργίας. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 37 και στην Εικόνα 38.

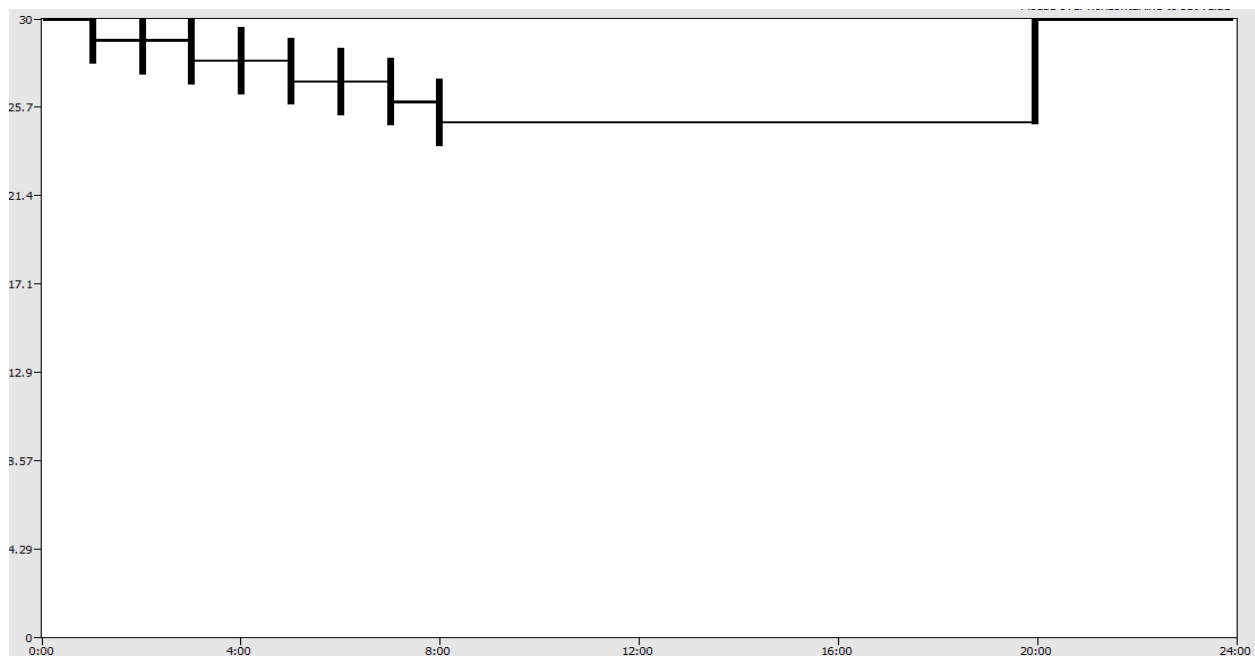


Εικόνα 37.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 2ου σεναρίου για θέρμανση

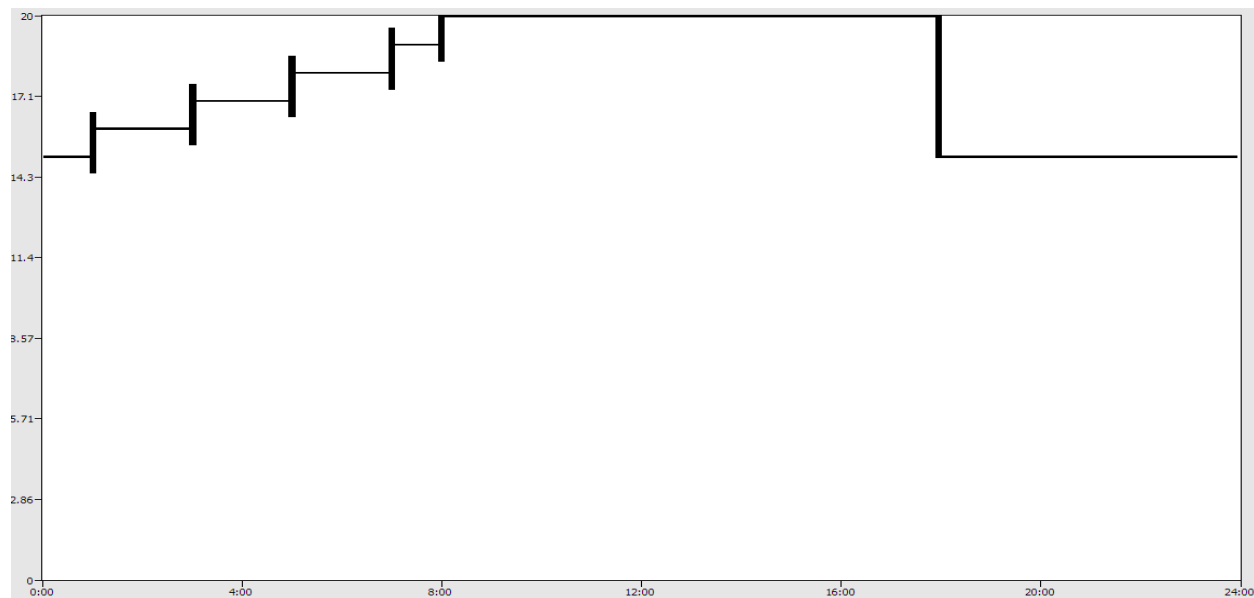


Εικόνα 38. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος Θερμοκρασίας 2ου σεναρίου για ψύξη

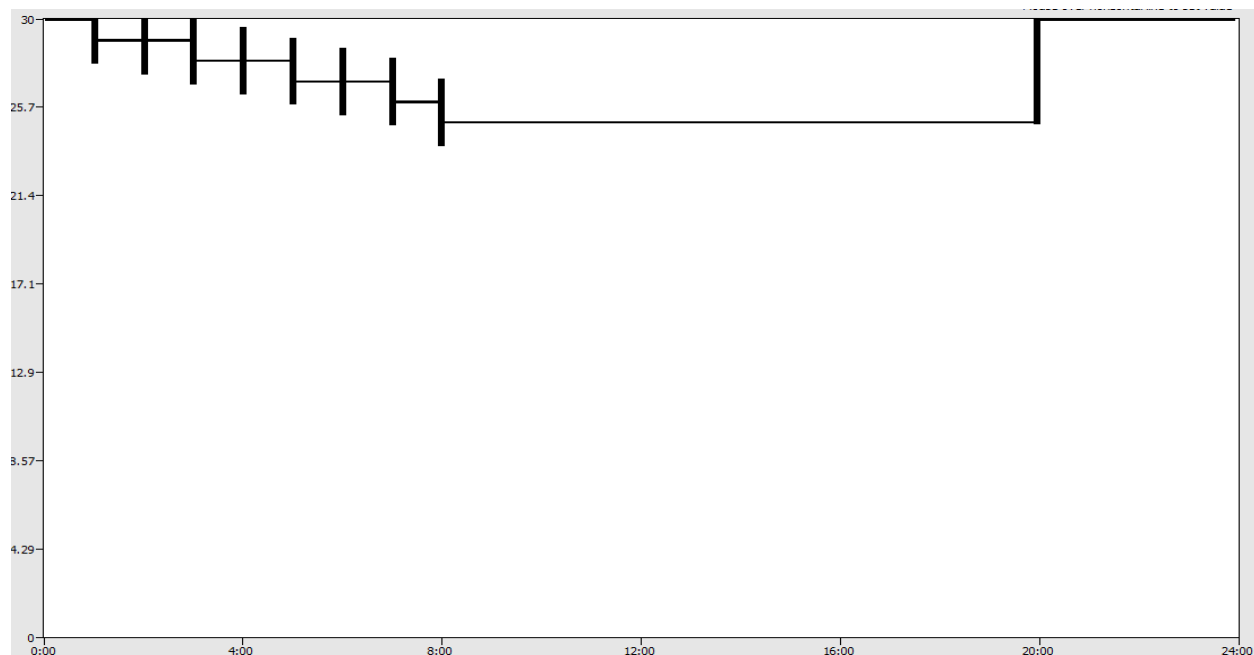
3ο Σενάριο : Κατά τις πρώτες 8 ώρες των ημερών του Ιανουαρίου και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη αυξάνεται προοδευτικά από τους 15°C έως τους 20°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα προθέρμανσης του κτιρίου. Αντίστοιχα για τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη μειώνεται προοδευτικά από τους 30°C μέχρι τους 25°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα πρόψυξης του κτιρίου. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, ενώ για μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15°C για τον χειμώνα και κάτω από 30°C για το καλοκαίρι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 39 και στην



Εικόνα 40 .



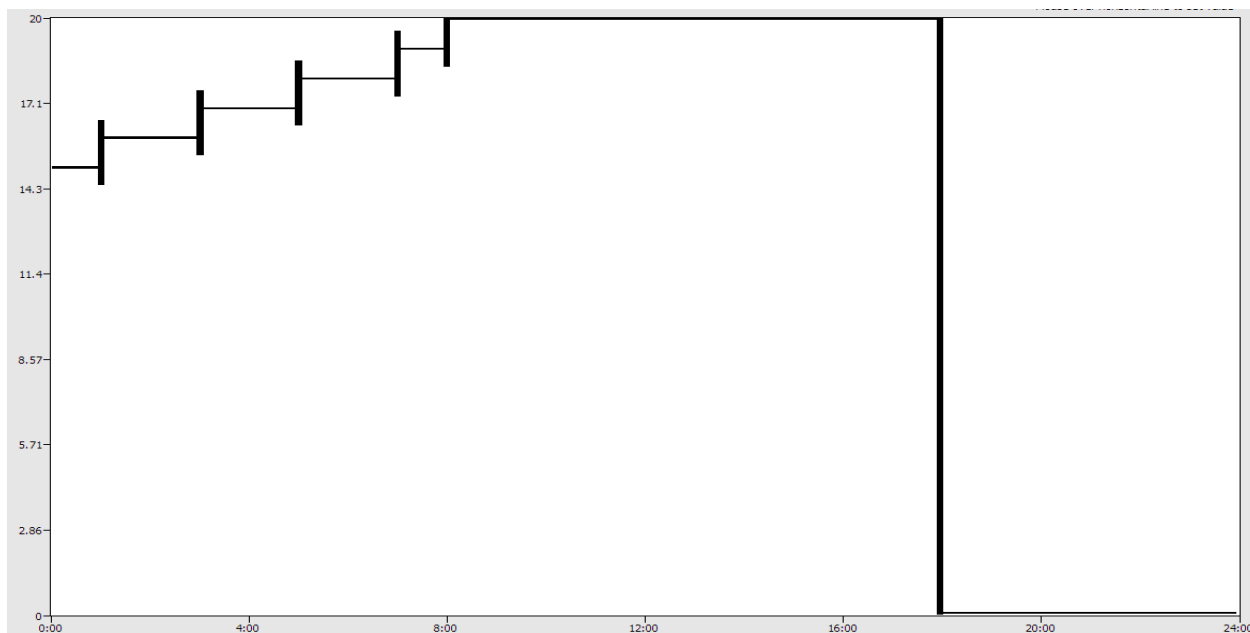
Εικόνα 39.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 3ου σεναρίου για θέρμανση



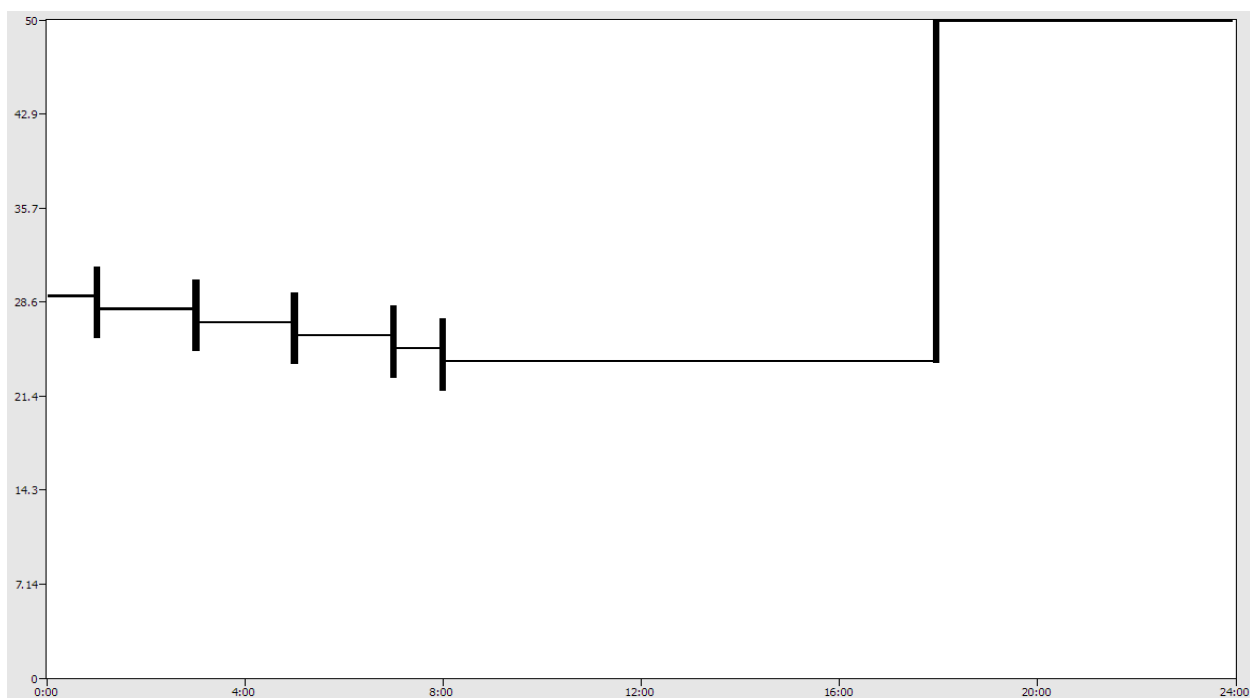
Εικόνα 40.Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 3ου σεναρίου για ψύξη

4ο Σενάριο : Κατά τις πρώτες 8 ώρες των ημερών του Ιανουαρίου και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη αυξάνεται προοδευτικά από τους 15°C έως τους 20°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα προθέρμανσης τους κτιρίου. Αντίστοιχα για τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη μειώνεται προοδευτικά από τους 30°C μέχρι τους 25°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα πρόψυξης τους κτιρίου. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και

24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, ενώ για μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία αφήνεται σε ελευθερία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 41 και στην Εικόνα 42.



Εικόνα 41. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 4ου σεναρίου για θέρμανση



Εικόνα 42. Απεικόνιση χρονοδιαγράμματος θερμοκρασίας 4ου σεναρίου για ψύξη

5ο Σενάριο : Το κτίριο ελέγχεται, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενέργειας με πεδίο τιμών από 0-20°C για θέρμανση και 25-37°C για ψύξη. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα.

6ο Σενάριο : Το κτίριο ελέγχεται, με χρήση γενετικών αλγορίθμων, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενέργειας με πεδίο τιμών από 15-20°C για θέρμανση και 24-30 °C για ψύξη. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C τον χειμώνα ενώ κάτω από 30 °C για το καλοκαίρι.

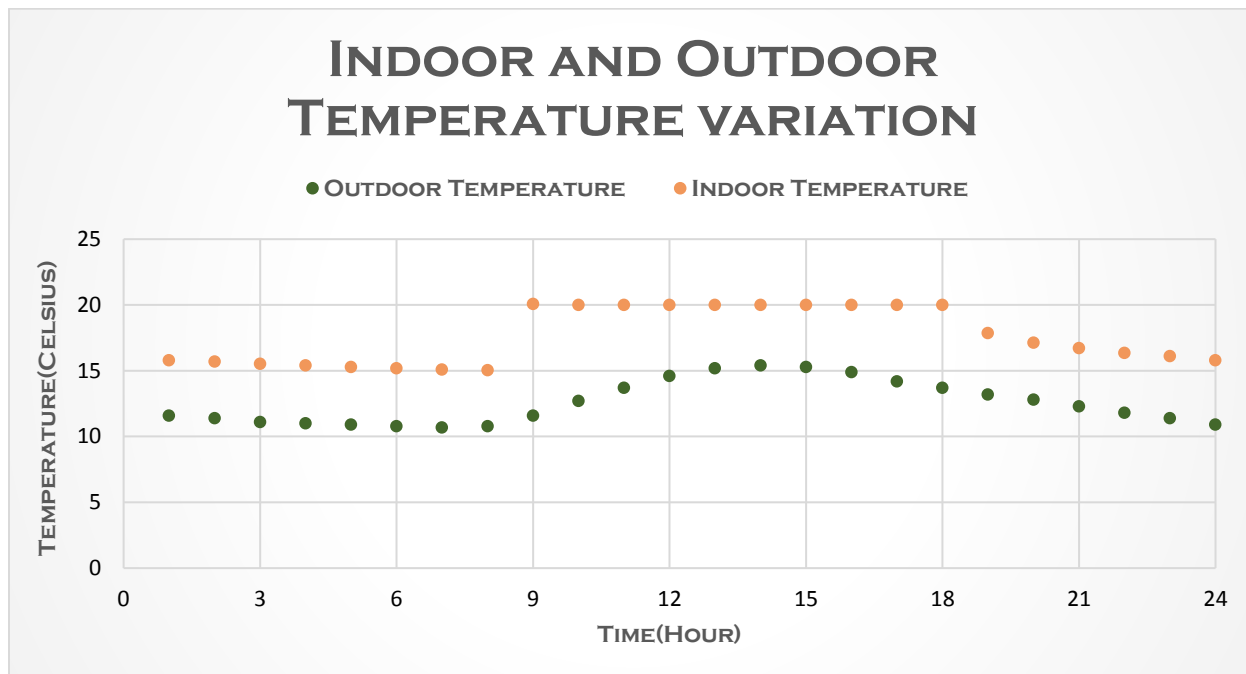
5.2 Παρουσίαση ημερήσιων αποτελεσμάτων

5.2.1 1η Ιανουαρίου (Ανκώνα)

Η 1η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία(12.6 °C) για τον Ιανουάριο.

1^ο Σενάριο

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το 1^ο σενάριο, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, δεν ελέγχεται, παρά μόνο τις ώρες λειτουργίας του.

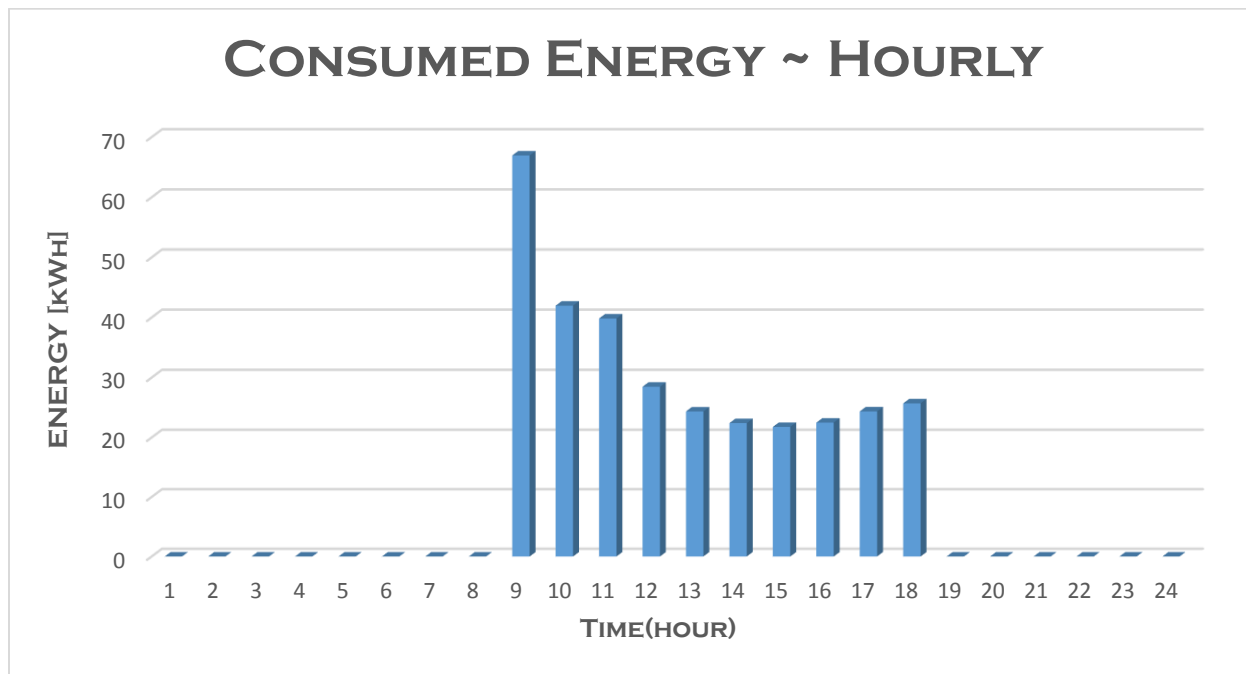


Διάγραμμα 1. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 1, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική ευκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, δεν προβλέπονται πολύ μεγάλες. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο

Διάγραμμα 2 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 2. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο

Διάγραμμα 2, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε 318,45 kWh. Εφόσον το κτίριο αφήνεται ελεύθερο όσον αφορά την θερμοκρασία του εκτός των ωρών λειτουργίας του, η ισχύς που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του, είναι η υψηλότερη, καθώς χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, είναι σε αρκετά μικρότερα επίπεδα παρουσιάζοντας διακυμάνσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 3, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

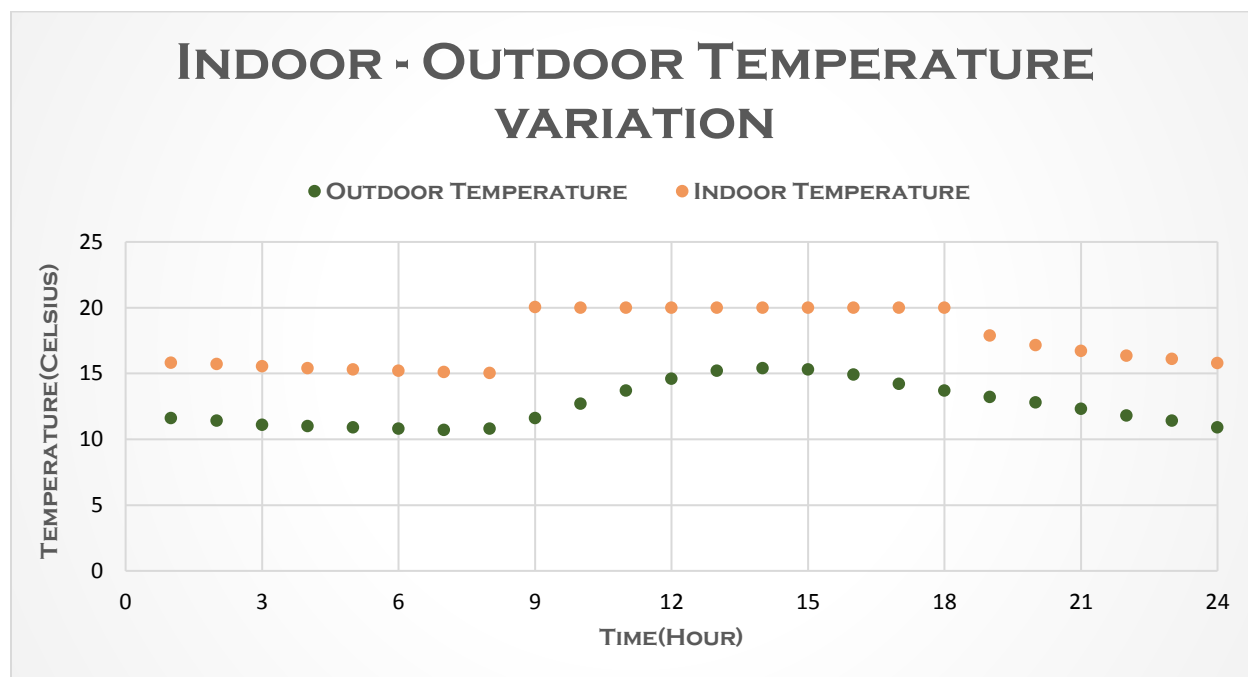


Διάγραμμα 3. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **22,35€** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **69,80 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2^ο Σενάριο

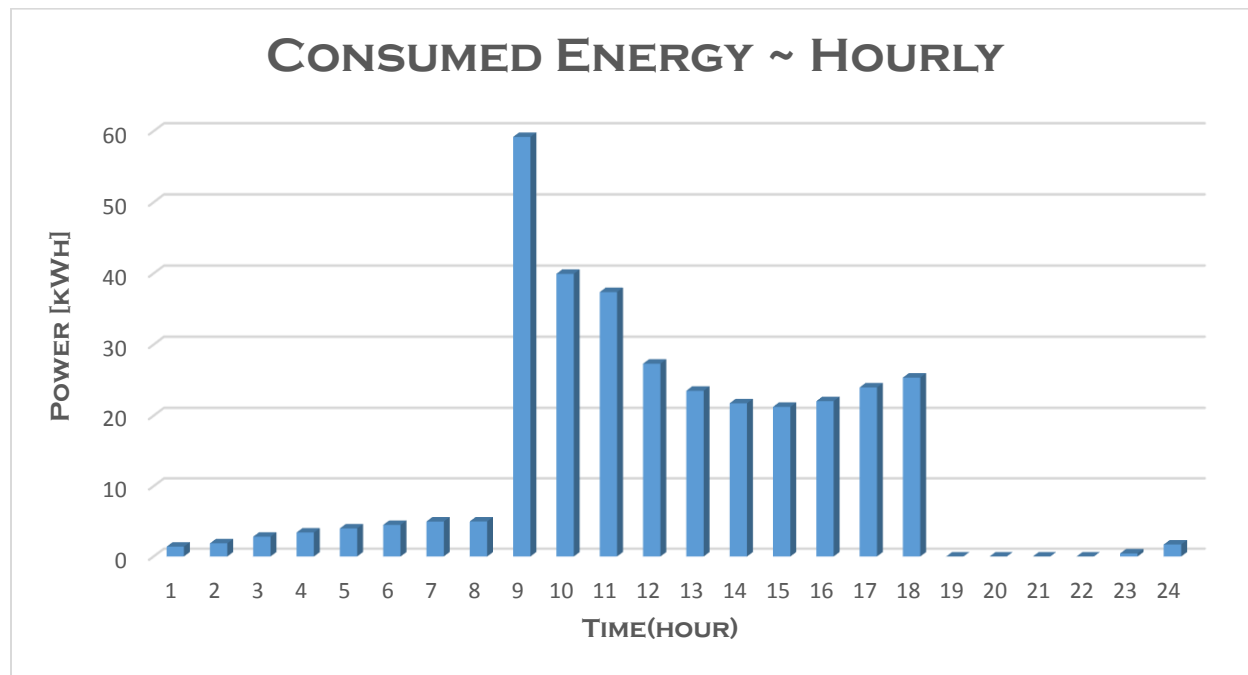
Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1 floorEastMRoom» για το **2ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και διατηρείται συνεχώς πάνω από 15°C.



Διάγραμμα 4. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

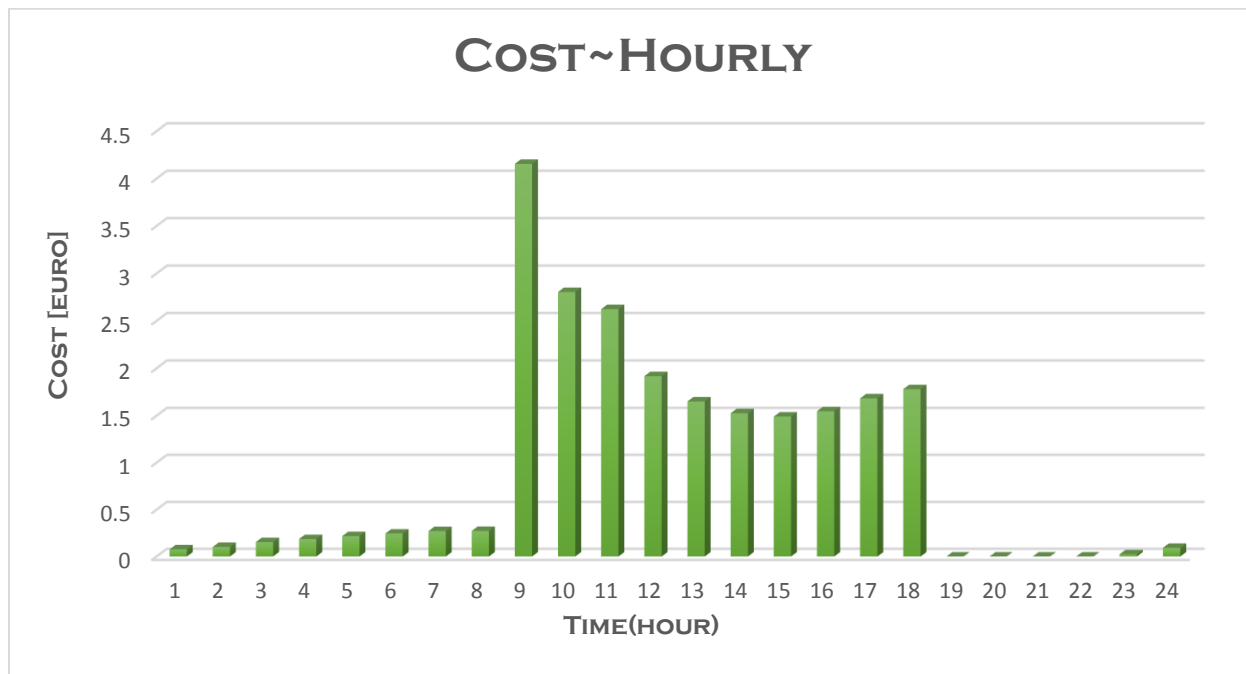
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 4, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική ευκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου και την διατήρηση της θερμοκρασίας αυτού πάνω από 15 °C, και προβλέπονται ελαφρώς μεγαλύτερες από το πρώτο σενάριο, καθώς όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το κτίριο διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας πάνω από 15°C ενώ στο πρώτο σενάριο αφήνεται σε ελευθερία εκτός των ωρών λειτουργίας του. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα Διάγραμμα 5 και Διάγραμμα 6 που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 5. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 5, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **331,69 kWh**. Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, δεν υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις ισχύος για την επίτευξη του σχεδίου καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στην επιθυμητή θερμοκρασία, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, λόγω αποθήκευσης θερμικών φορτίων κι είναι σχετικά μη δαπανηρή η διατήρηση αυτής. Επίσης, παρατηρείται ότι η απαίτηση ισχύος για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την ώρα έναρξης λειτουργίας του κτιρίου είναι σαφώς μικρότερη από το προηγούμενο σενάριο. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, είναι συνολικά σε μεγαλύτερα επίπεδα από το πρώτο σενάριο αλλά η μέγιστη τιμή που παίρνει σε αυτό το σενάριο είναι μικρότερη συγκριτικά με την μέγιστη τιμή που παίρνει στο πρώτο σενάριο. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 6, όπου παρουσιάζεται το κόστος, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το πρώτο σενάριο .

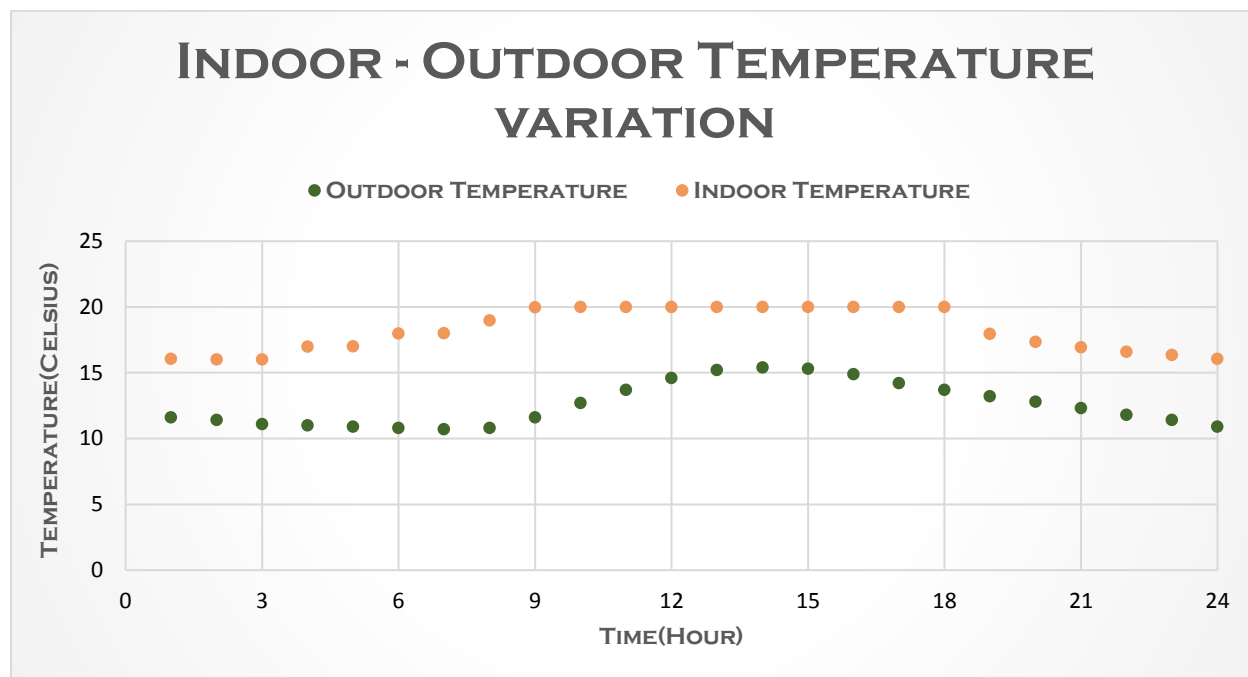


Διάγραμμα 6. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **22,82 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **70,72 €** . Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

3^ο Σενάριο

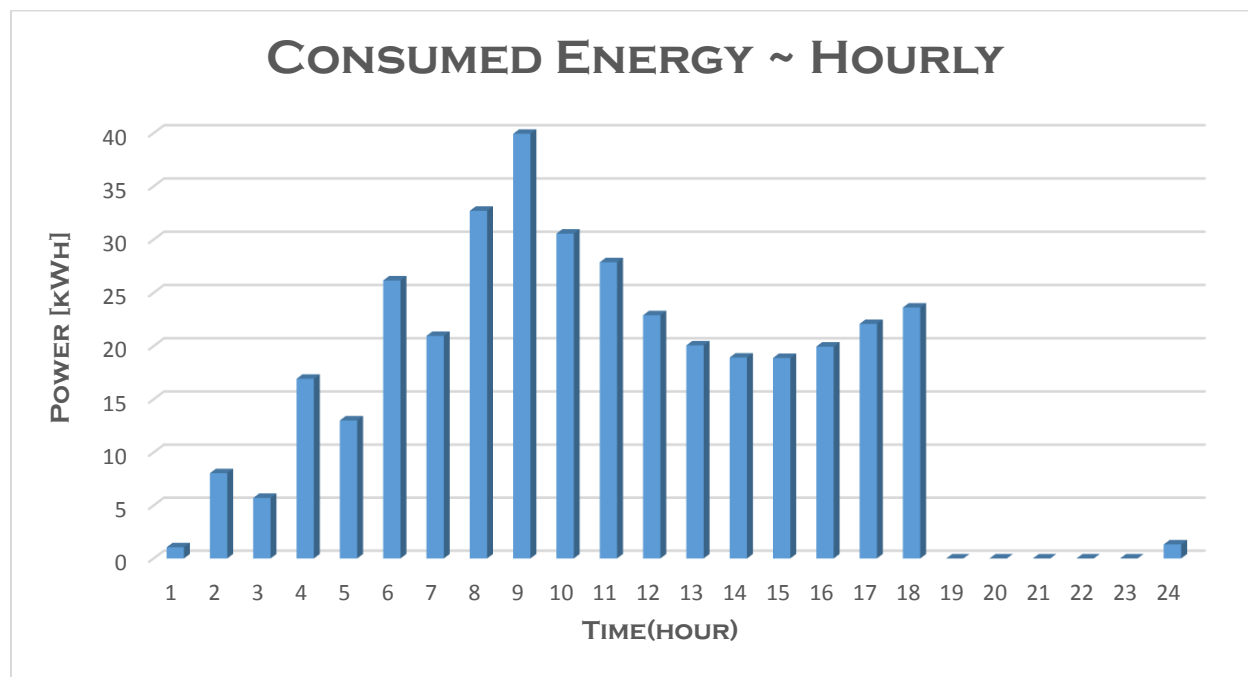
Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **3^ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας κλιμακωτά από 15°C έως και 20°C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και διατηρείται πάνω από 15°C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 7. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

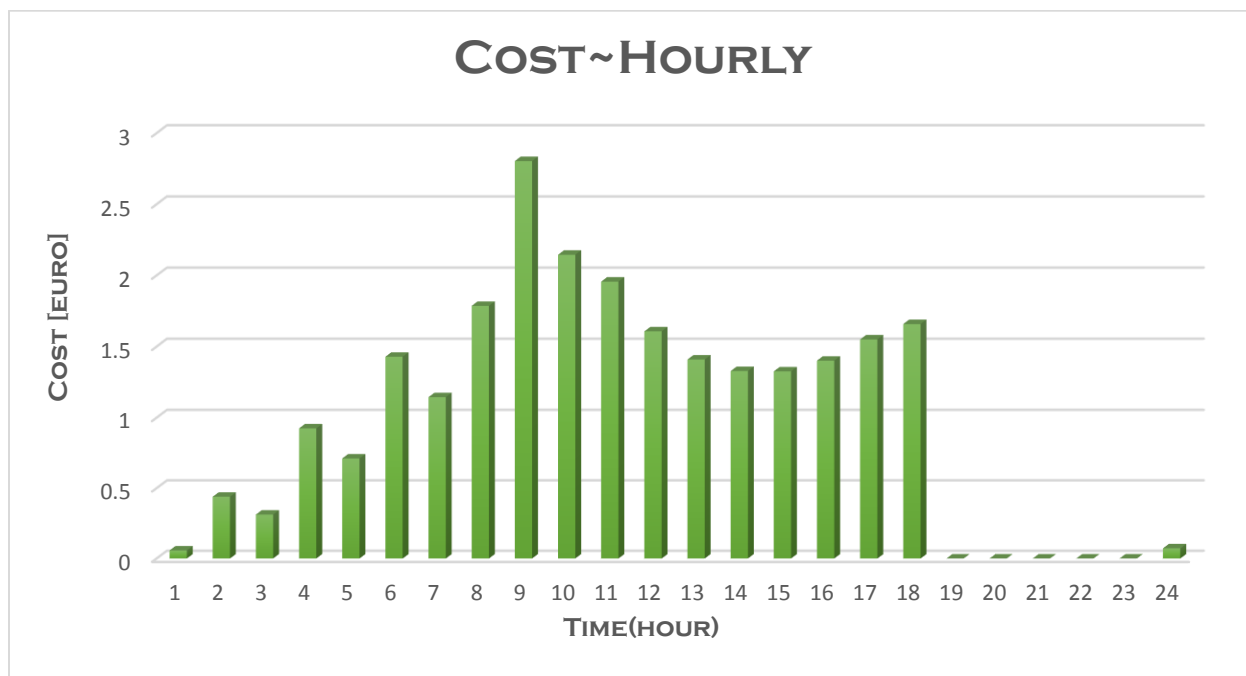
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 7, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική ευκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, την κλιμακωτή αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας από 15 °C έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και την διατήρηση αυτής πάνω από 15°C από το πέρας της λειτουργίας του έως το τέλος της ημέρας, προβλέπονται μεγαλύτερες από το δεύτερο σενάριο και κατ' επέκταση κι από το πρώτο. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 8. Ωριαίες απαιτήσεις ισχύος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 8, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **370,66 kWh**. Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς αυξήσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλες και παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, για την διατήρηση της θερμοκρασίας έπειτα από το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν χρειάζεται παροχή ισχύος παρά μόνο μία πολύ μικρή ποσότητα κατά την τελευταία ώρα της ημέρας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το παρακάτω Διάγραμμα 9, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μεγαλύτερο από τα δυο προηγούμενα σενάρια.

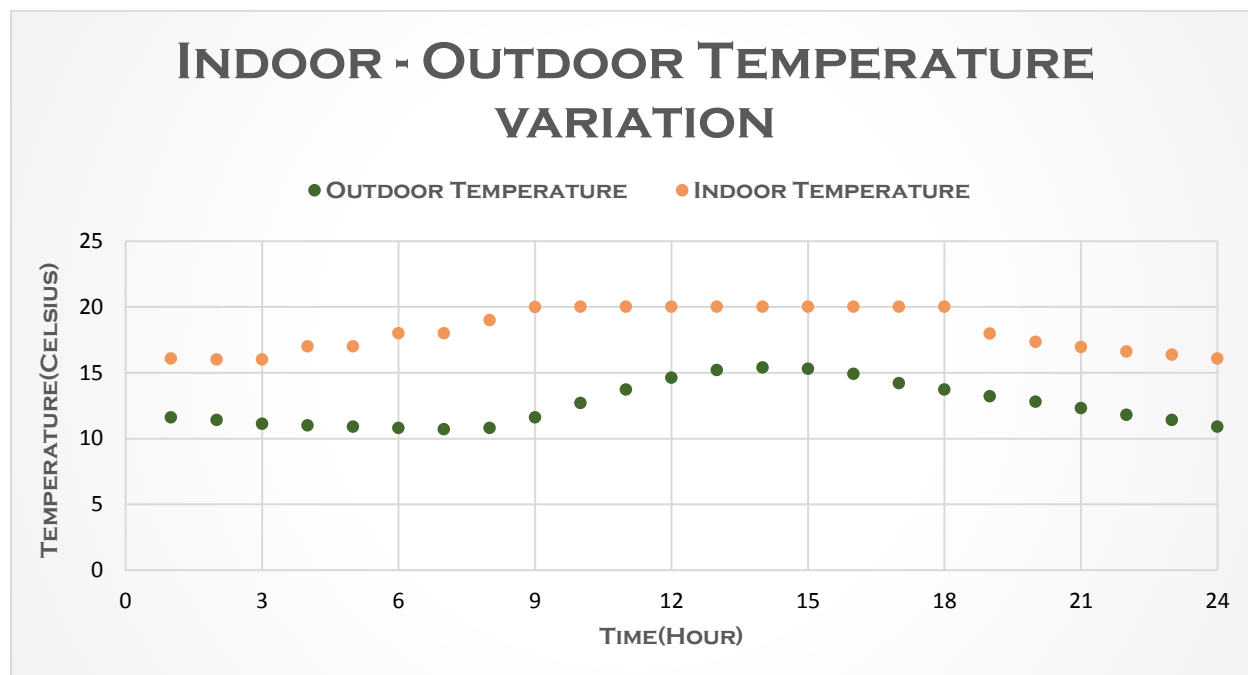


Διάγραμμα 9. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **24,06 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **73,63 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4^ο Σενάριο

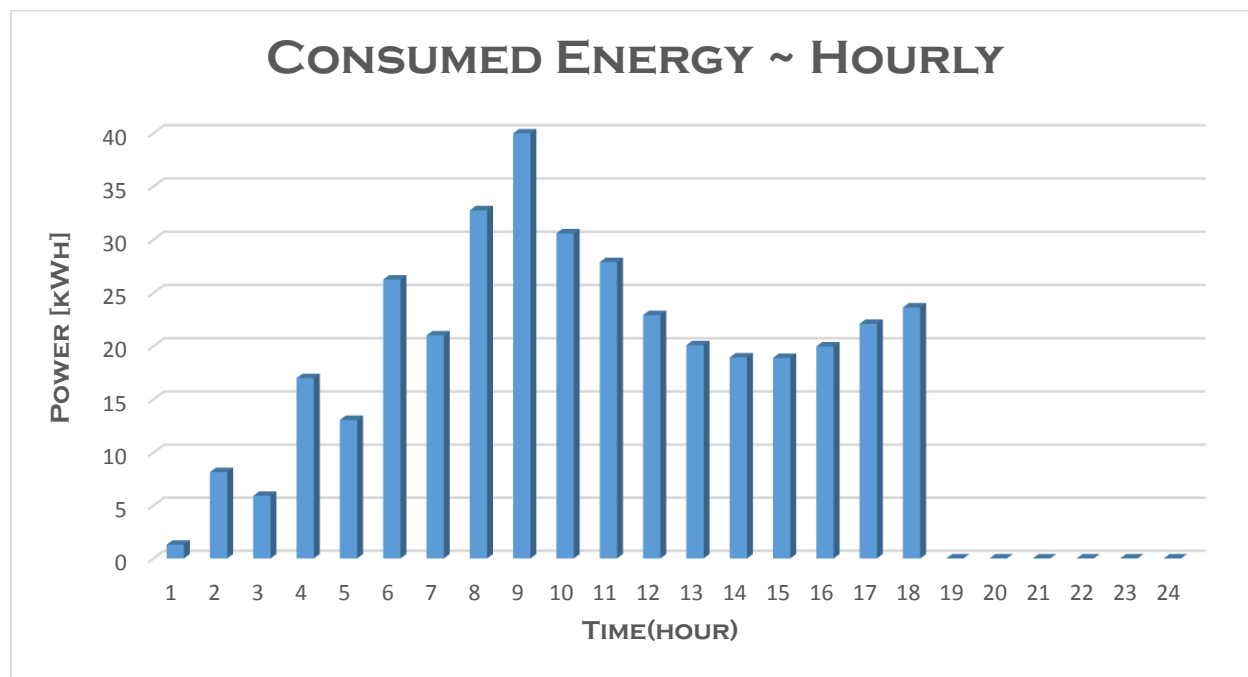
Στο Διάγραμμα 10 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **4ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας κλιμακωτά από 15 °C έως και 20 °C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας κι αφήνεται ελεύθερο μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 10. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

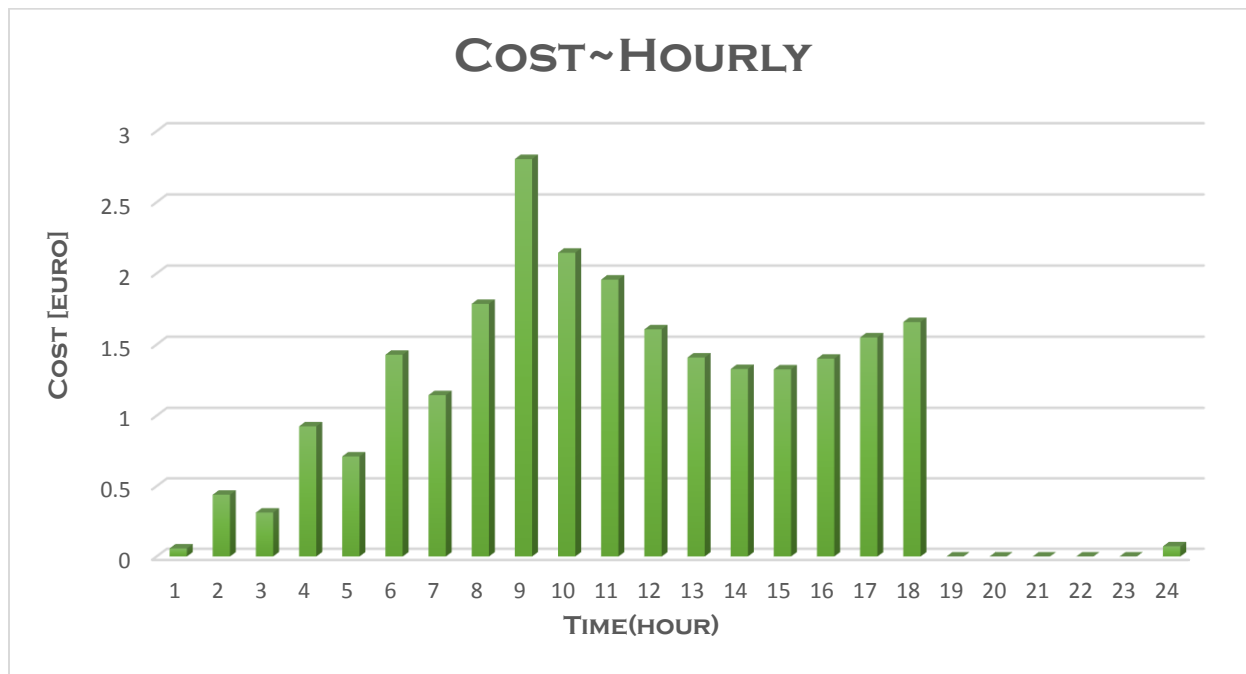
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 10, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική ευκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, την κλιμακωτή αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας από 15 °C έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, προβλέπονται μεγαλύτερες από το δεύτερο σενάριο και κατ' επέκταση κι από το πρώτο αλλά μικρότερες από το τρίτο. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 11 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 11. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 11, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **370,27 kWh**. Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς αυξήσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλες και παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου δεν χρειάζεται παροχή ισχύος καθώς το κτίριο αφήνεται σε σχετική ελευθερία. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το παρακάτω Διάγραμμα 12, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μεγαλύτερο από τα δυο προηγούμενα σενάρια.

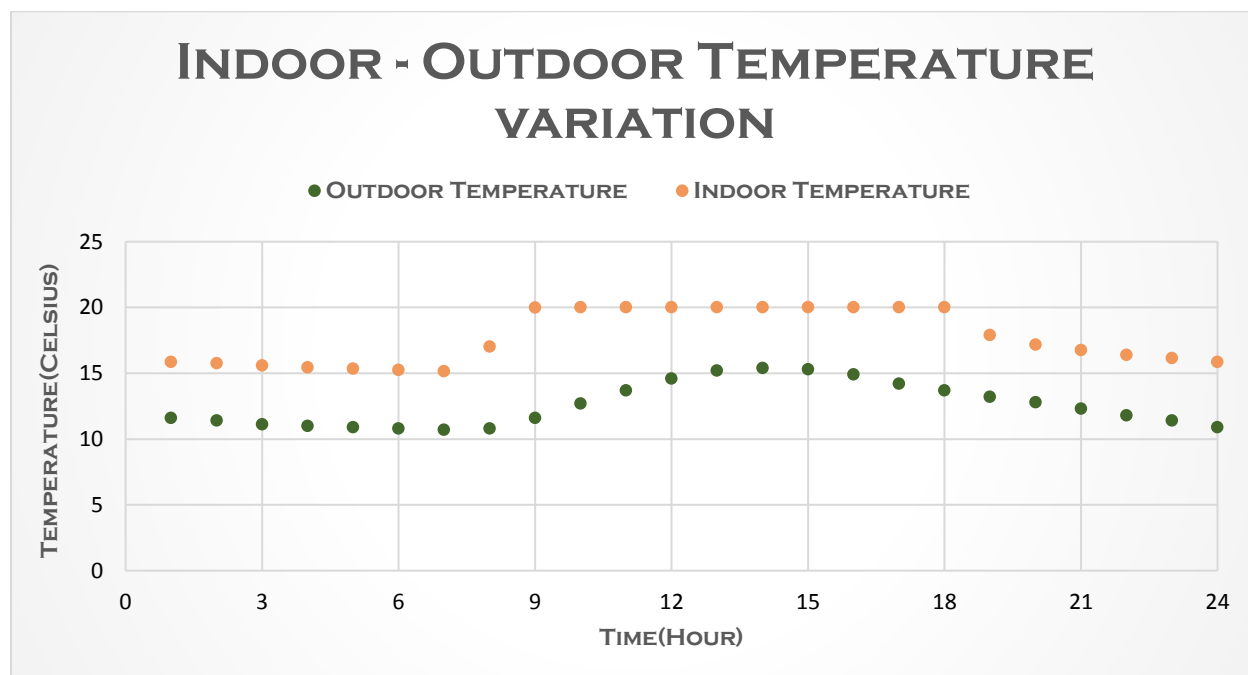


Διάγραμμα 12. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **24,03 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **73,58 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

5^ο Σενάριο

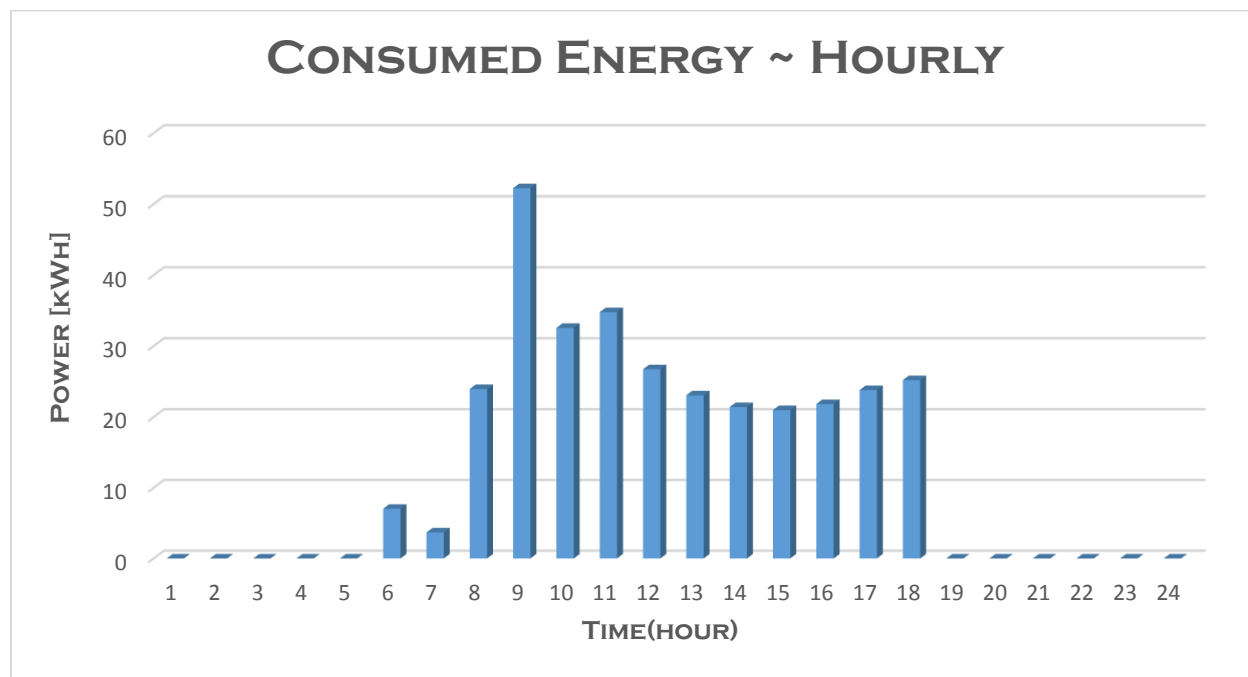
Στο Διάγραμμα 13 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **5ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 0 έως 20 °C, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο παραμένει σε ελευθερία.



Διάγραμμα 13. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 13, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική ευκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου και την επίτευξη των εσωτερικών θερμοκρασιών που επέλεξε ο γενετικός αλγόριθμος, προβλέπονται χαμηλότερες από όλα τα παραπάνω σενάρια επιτυγχάνοντας τη βέλτιστη δυνατή πρόψυξη τόσο όσον αφορά την εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και ενέργειας. Όλα τα παραπάνω επαληθεύονται στην συνέχεια, με την παράθεση των ανάλογων Διαγραμμάτων.

Στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 14. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 14, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **317,29 kWh**. Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, οι ενεργειακές απαιτήσεις που δημιουργούνται κατά τις ώρες ΜΗ αιχμής, οι οποίες δεν είναι ούτε μεγάλες αλλά ούτε και δαπανηρές, προκαλούν την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων κατά τις ώρες αιχμής κι αυτό παρατηρείται αν προσέξουμε την κατανάλωση την πρώτη ώρα λειτουργίας σε αυτό το σενάριο και την συγκρίνουμε με την αντίστοιχη του 1^{ου} σεναρίου. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου, το οποίο οφείλεται στην «προθέρμανση» του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, η θερμοκρασία δεν ελέγχεται μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, κι έτσι δεν υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 15 , όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μικρότερο ακόμα από το πρώτο σενάριο, όπου το κτίριο αφήνεται ελεύθερο.



Διάγραμμα 15. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **21,73 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **67,71 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 43 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

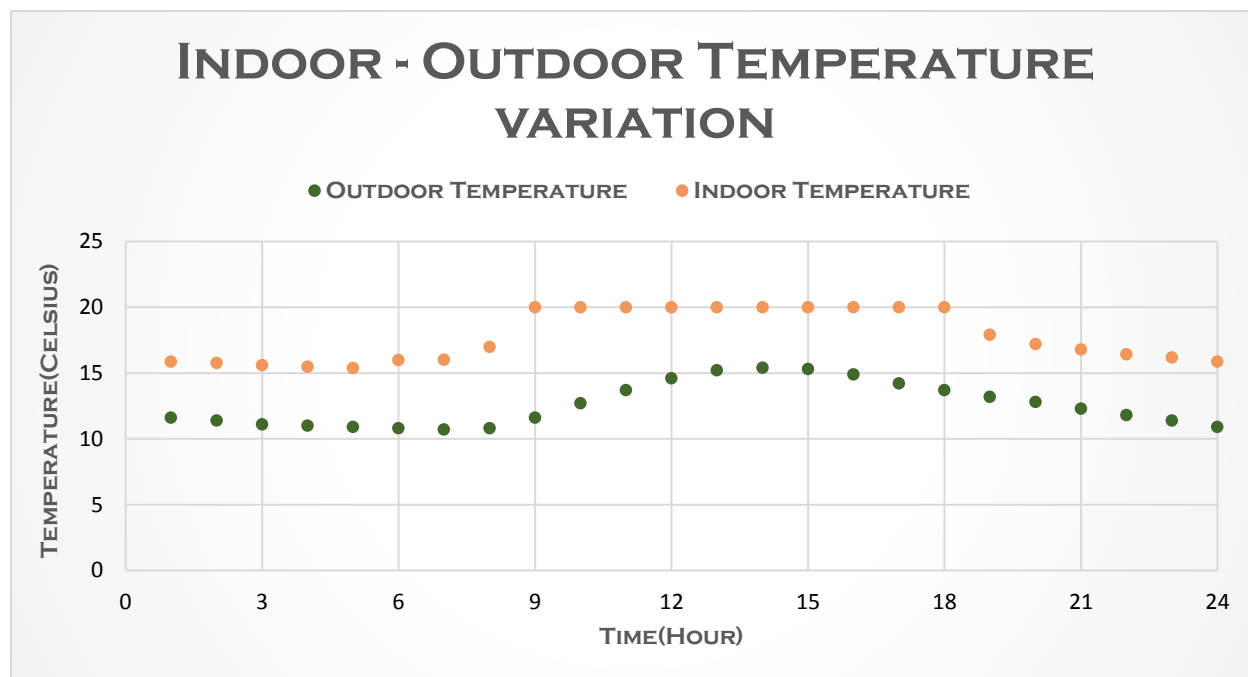
Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
01/01 01:00	11.6	15.8479204	7	50	0	0	0	0	0
01/01 02:00	11.4	15.7485775		50	0	0	0	0	0
01/01 03:00	11.1	15.57508743	3	50	0	0	0	0	0
01/01 04:00	11	15.44490398	3	50	0	0	0	0	0
01/01 05:00	10.9	15.34082818	2	50	0	0	0	0	0
01/01 06:00	10.8	15.24447772	15	50	0	0	1.14E+08	7.034419381	0.384079
01/01 07:00	10.7	15.14333439	15	50	0	0	59731222	3.687112499	0.201316
01/01 08:00	10.8	17.00905786	17	50	0	0	3.88E+08	23.95127215	1.307739
01/01 09:00	11.6	19.99840358	20	24	0	0	8.46E+08	52.24487006	3.66759
01/01 10:00	12.7		20	24	0	0	5.28E+08	32.56938346	2.286371
01/01 11:00	13.7		20	24	0	0	5.63E+08	34.77320039	2.441079
01/01 12:00	14.6		20	24	0	0	4.33E+08	26.73286827	1.876647
01/01 13:00	15.2		20	24	0	0	3.74E+08	23.06461368	1.619136
01/01 14:00	15.4		20	24	0	0	3.47E+08	21.40546898	1.502664
01/01 15:00	15.3		20	24	0	0	3.4E+08	20.98727844	1.473307
01/01 16:00	14.9		20	24	0	0	3.54E+08	21.83358991	1.532718
01/01 17:00	14.2		20	24	0	0	3.86E+08	23.80087933	1.670822
01/01 18:00	13.7		20	24	0	0	4.08E+08	25.20655594	1.7695
01/01 19:00	13.2	17.89255063		50	0	0	0	0	0
01/01 20:00	12.8	17.17087602		50	0	0	0	0	0
01/01 21:00	12.3	16.75697677		50	0	0	0	0	0
01/01 22:00	11.8	16.39154211		50	0	0	0	0	0
01/01 23:00	11.4	16.15034542		50	0	0	0	0	0
01/01 24:00	10.9	15.84205766		50	0	0	0	0	0
TOTAL								317.29151	67.709

Εικόνα 43. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 01/01

6^ο Σενάριο

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να ελεγχθεί άλλο ένα σενάριο, στο οποίο ο γενετικός αλγόριθμος θα ελέγχει το κτίριο κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και θα το διατηρεί σε θερμοκρασία πάνω από 15°C ακόμα και μετά το πέρας της λειτουργίας του.

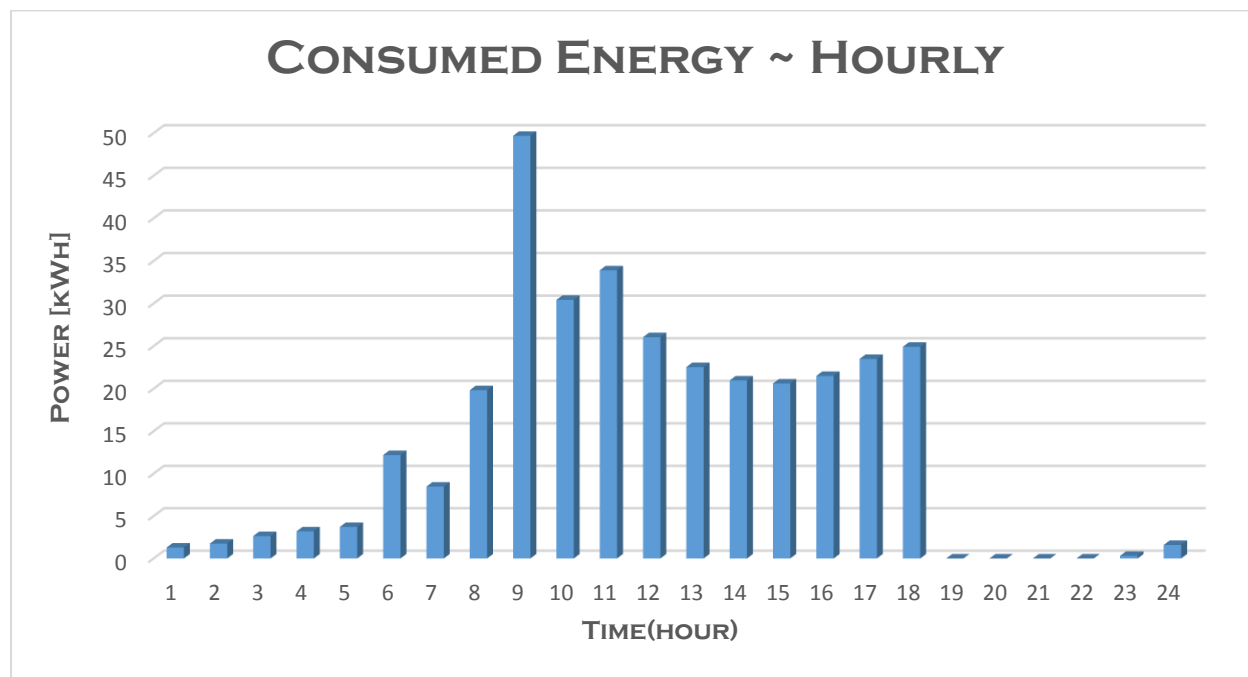
Στο Διάγραμμα 16 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **6ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και παίρνει τιμές από 15 έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες και μετά το πέρας λειτουργίας του διατηρείται πάνω από 15°C.



Διάγραμμα 16. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 16, η εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει άκρως φυσιολογικές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 12,6 °C. Έτσι, καταλήγουμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας είναι σε φυσιολογικά επίπεδα, κι ο γενετικός επιλέγει να αυξήσει την θερμοκρασία του κτιρίου την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας.

Στο Διάγραμμα 17 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 17. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 17, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **329,04 kWh**. Οι απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας πάνω από 15 οC δεν είναι μικρές αλλά με την προθέρμανση μέσω γενετικού αλγορίθμου μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες αιχμής, όπου κι η ενέργεια έχει μεγαλύτερο κόστος. Παρατηρείται ότι ο γενετικός επιλέγει να αυξήσει την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου στα πλαίσια της προθέρμανσης κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας όπου παρουσιάζονται και μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με τις 5 πρώτες ώρες της ημέρας που επιλέγεται να διατηρηθεί η θερμοκρασία πάνω από 15 οC κι όχι να αυξηθεί. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν χρειάζεται ενέργεια για την διατήρηση της θερμοκρασίας πάνω από 15 οC παρά μόνον την τελευταία ώρα της ημέρας. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος αλλά και την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, παρατηρείται ότι η απαίτηση ισχύος για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την ώρα έναρξης λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερη από το αρχικό σενάριο λόγω της προθέρμανσης. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, είναι σε αρκετά μικρότερα επίπεδα σε σχέση με την αρχική, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί κι αποτέλεσμα της «προθέρμανσης» που επιτυγχάνεται μέσω του γενετικού. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το παρακάτω γράφημα Διάγραμμα 18, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος.



Διάγραμμα 18. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **22,24 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **69,022 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 44 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Clg Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
01/01 01:00	11.6	15.87357233	15	50	0	0	20934172	1.292232821	0.070556
01/01 02:00	11.4	15.77443839	15	50	0	0	28371298	1.751314683	0.095622
01/01 03:00	11.1	15.60121784	15	50	0	0	42728145	2.637539829	0.14401
01/01 04:00	11	15.47132618	15	50	0	0	51816905	3.198574397	0.174642
01/01 05:00	10.9	15.36740538	15	50	0	0	60169444	3.714163228	0.202793
01/01 06:00	10.8	15.99696671	16	50	0	0	1.97E+08	12.18655444	0.665386
01/01 07:00	10.7	16	16	50	0	0	1.37E+08	8.473417006	0.462649
01/01 08:00	10.8	16.99025863	17	50	0	0	3.21E+08	19.82249182	1.082308
01/01 09:00	11.6	20.0000561	20	24	0	0	8.05E+08	49.68215816	3.487688
01/01 10:00	12.7	20	20	24	0	0	4.93E+08	30.4244417	2.135796
01/01 11:00	13.7	20	20	24	0	0	5.49E+08	33.89011551	2.379086
01/01 12:00	14.6	20	20	24	0	0	4.22E+08	26.04498259	1.828358
01/01 13:00	15.2	20	20	24	0	0	3.65E+08	22.5358496	1.582017
01/01 14:00	15.4	20	20	24	0	0	3.4E+08	20.96602203	1.471815
01/01 15:00	15.3	20	20	24	0	0	3.34E+08	20.6096861	1.4468
01/01 16:00	14.9	20	20	24	0	0	3.48E+08	21.49387678	1.50887
01/01 17:00	14.2	20	20	24	0	0	3.81E+08	23.48995246	1.648995
01/01 18:00	13.7	20	20	24	0	0	4.04E+08	24.9179157	1.749238
01/01 19:00	13.2	17.90415456	15	50	0	0	0	0	0
01/01 20:00	12.8	17.193208	15	50	0	0	0	0	0
01/01 21:00	12.3	16.78143413	15	50	0	0	0	0	0
01/01 22:00	11.8	16.4188629	15	50	0	0	0	0	0
01/01 23:00	11.4	16.17865911	15	50	0	0	5038462	0.311016166	0.016981
01/01 24:00	10.9	15.87162801	15	50	0	0	25844421	1.595334637	0.087105
TOTAL								329.03764	69.022

Εικόνα 44. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 01/01

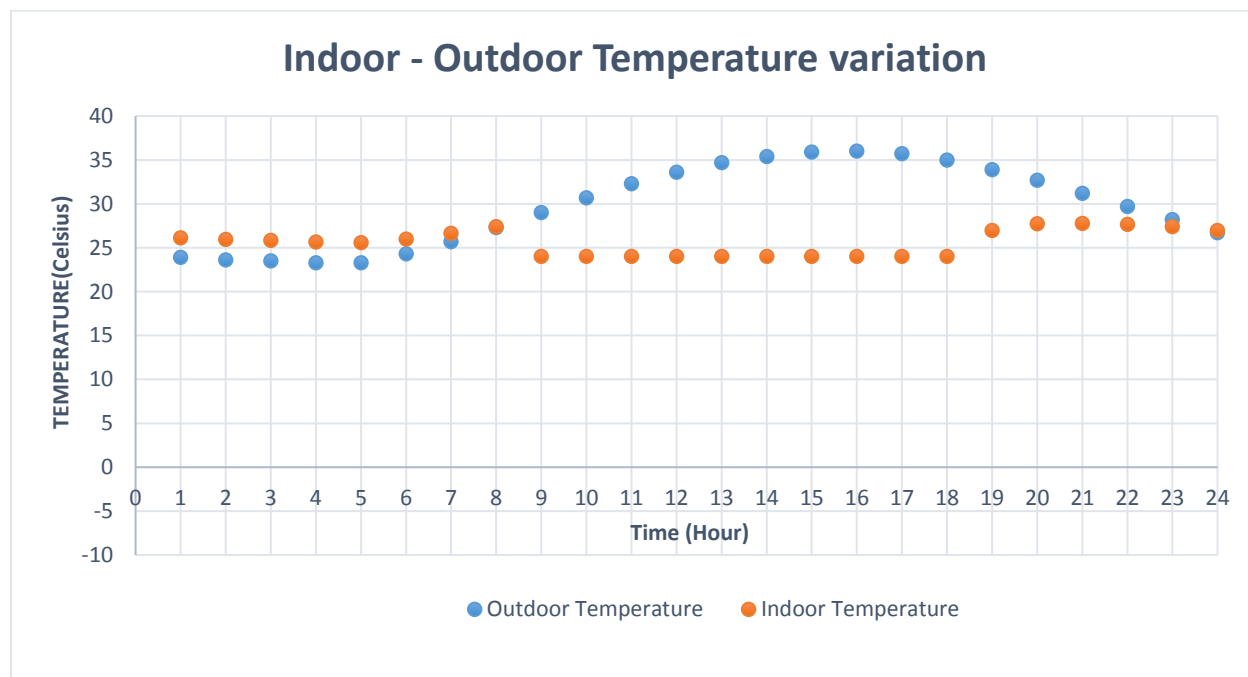
Οι υπόλοιπες υπό εξέταση ημέρες του Ιανουαρίου, δεν παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία, για λόγους συντομίας. Ουσιαστικά, λαμβάνει χώρα η ίδια ακριβώς διαδικασία και για τις άλλες δύο ημέρες του Ιανουαρίου, στις οποίες παρουσιάζεται η μέση κι η ελάχιστη ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία για τον μήνα Ιούλιο στην Ανκόνα της Ιταλίας, όπου βρίσκεται το κτίριο που εξετάζουμε. Πρόκειται για την 15^η Ιουλίου που παρουσιάζει την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (-0,1 °C) καθώς και για την 19^η Ιανουαρίου, η οποία παρουσιάζει με την σειρά της την μέση ημερήσια θερμοκρασία (5,46 °C).

5.2.2 9η Ιουλίου (Ανκόνα)

Η 9η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία (29.8 °C) για τον Ιούλιο.

1^ο Σενάριο

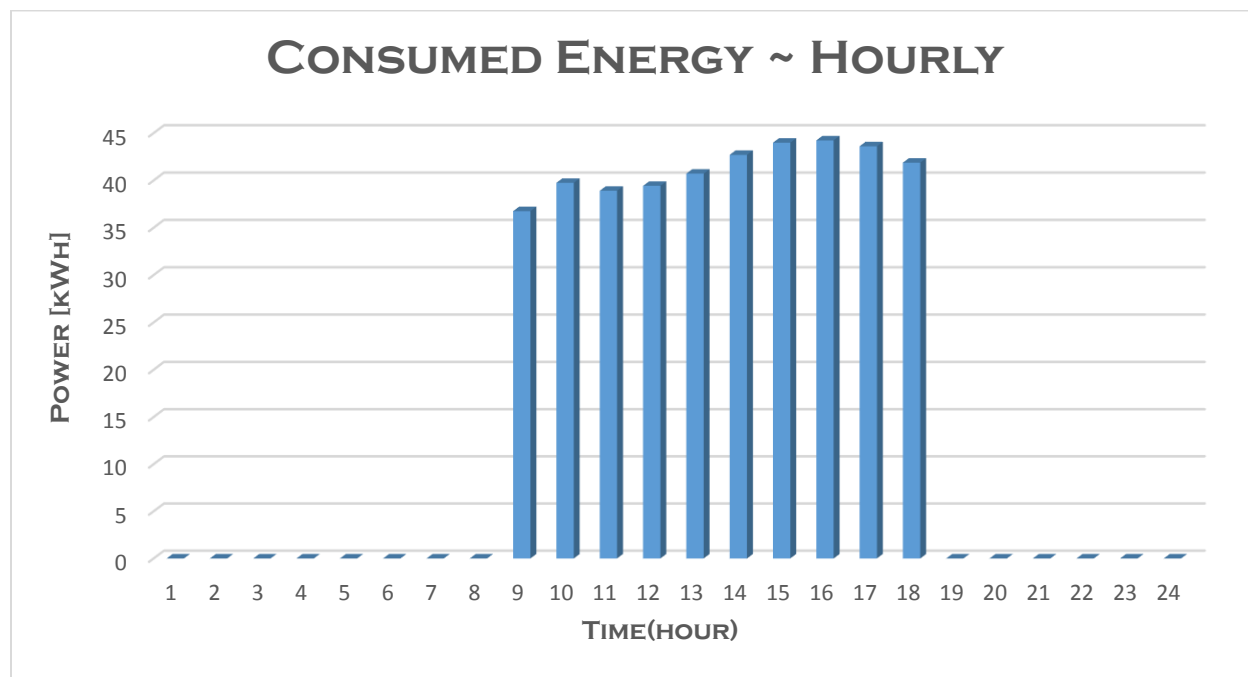
Στο Διάγραμμα 19 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το 1^ο σενάριο, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, δεν ελέγχεται, παρά μόνο τις ώρες λειτουργίας του.



Διάγραμμα 19. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 19, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη κατά τις ώρες λειτουργίας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 20 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 20. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 20, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **411,94 kWh**. Εφόσον το κτίριο αφήνεται σε σχετική ελευθερία όσον αφορά την θερμοκρασία του εκτός των ωρών λειτουργίας του, η ισχύς που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία με μεγαλύτερη απαίτηση την 16^η ώρα της ημέρας. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει ότι τις ώρες που η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη, χρειάζεται και περισσότερη ενέργεια για την ψύξη του κτιρίου. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 21 , όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

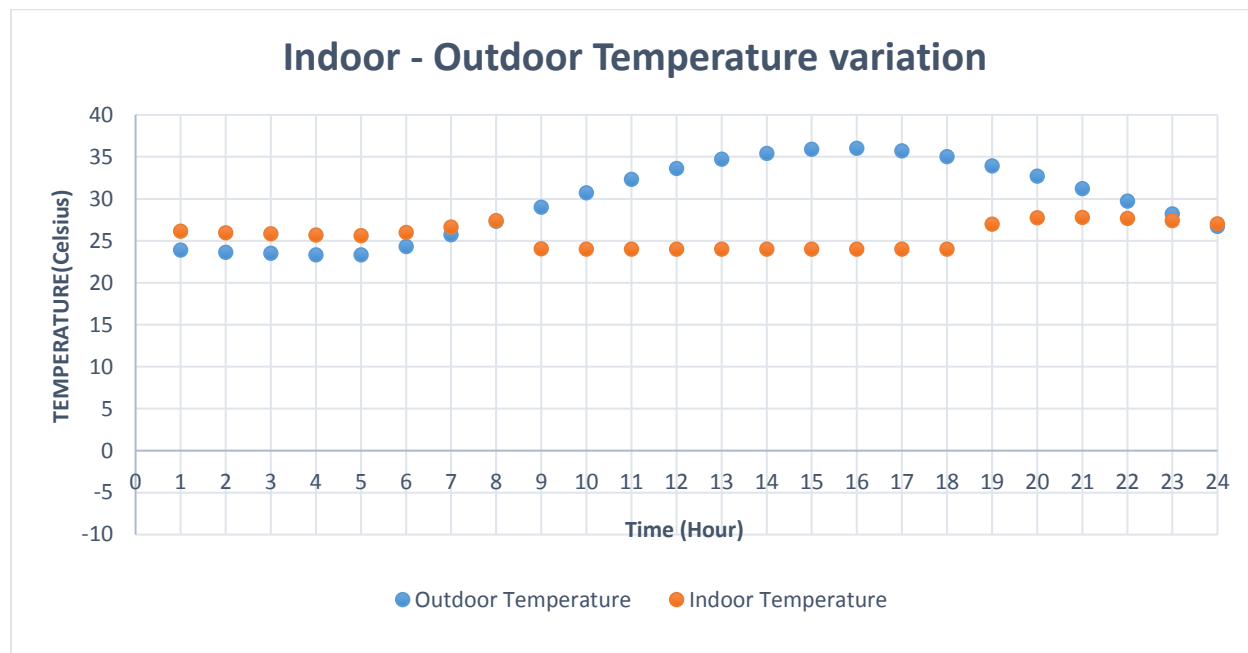


Διάγραμμα 21. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **28,92 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **84,04 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2^ο Σενάριο

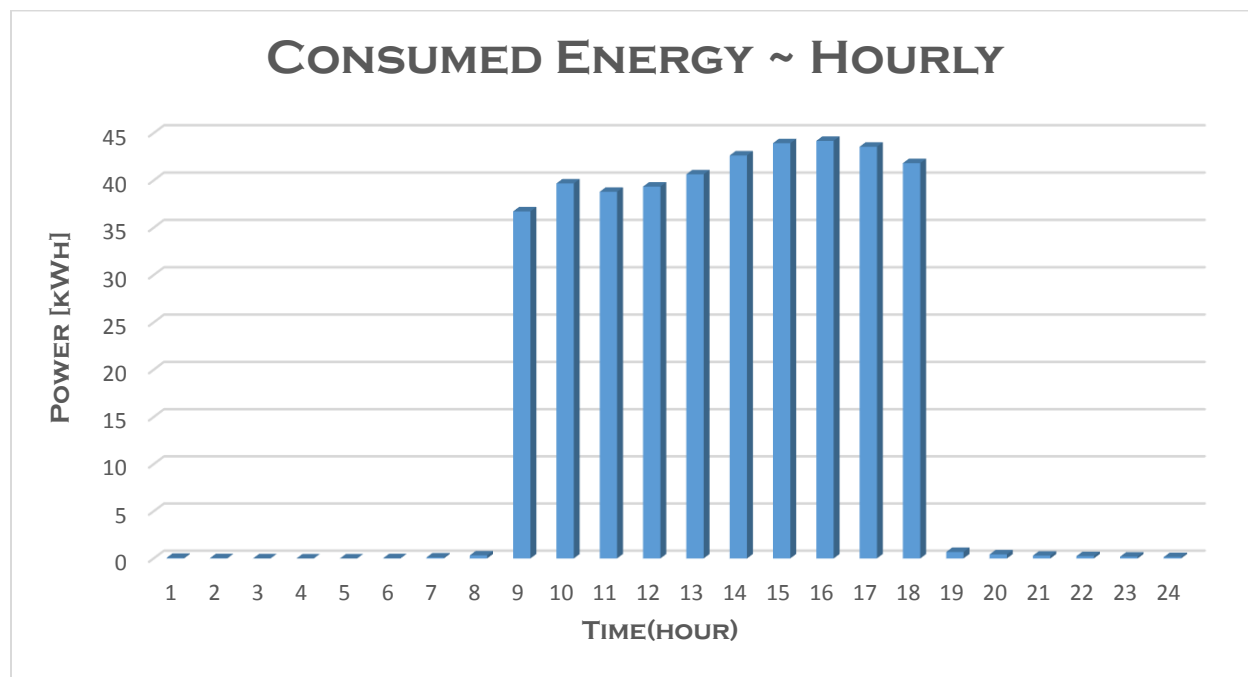
Στο Διάγραμμα 22 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 01/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **2ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και διατηρείται συνεχώς κάτω από 30°C.



Διάγραμμα 22. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 22, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη κατά τις ώρες λειτουργίας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30 °C κατά τις πρώτες 8 και τις 6 τελευταίες ώρες της ημέρας, δεν είναι πολύ μεγάλες καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου δεν παρουσίαζε τιμές μεγαλύτερες των 30 °C. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 23 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 23. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 23, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **413,88 kWh**. Έτσι, δεν υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις ισχύος για την επίτευξη του σχεδίου καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στην επιθυμητή θερμοκρασία, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, λόγω αποθήκευσης θερμικών φορτίων κι η διατήρηση αυτής στα επιθυμητά επίπεδα γίνεται «φυσικά» και δεν θα παρουσιάζονται μεγάλες αυξήσεις στο κόστος. Η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά τις ώρες λειτουργίας, παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει ότι τις ώρες που η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη, χρειάζεται και περισσότερη ισχύς για την ψύξη του κτιρίου, όπως συμβαίνει την 16η ώρα της ημέρας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 24, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

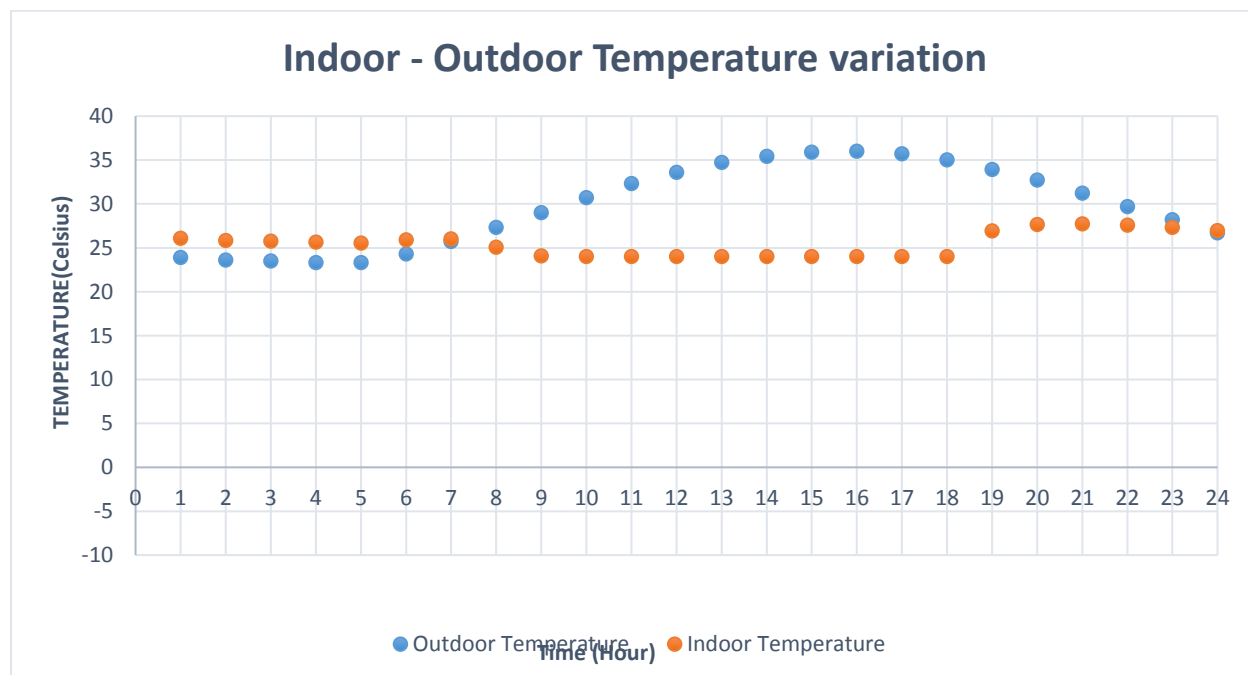


Διάγραμμα 24. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **29,01 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **84,30 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

3^ο Σενάριο

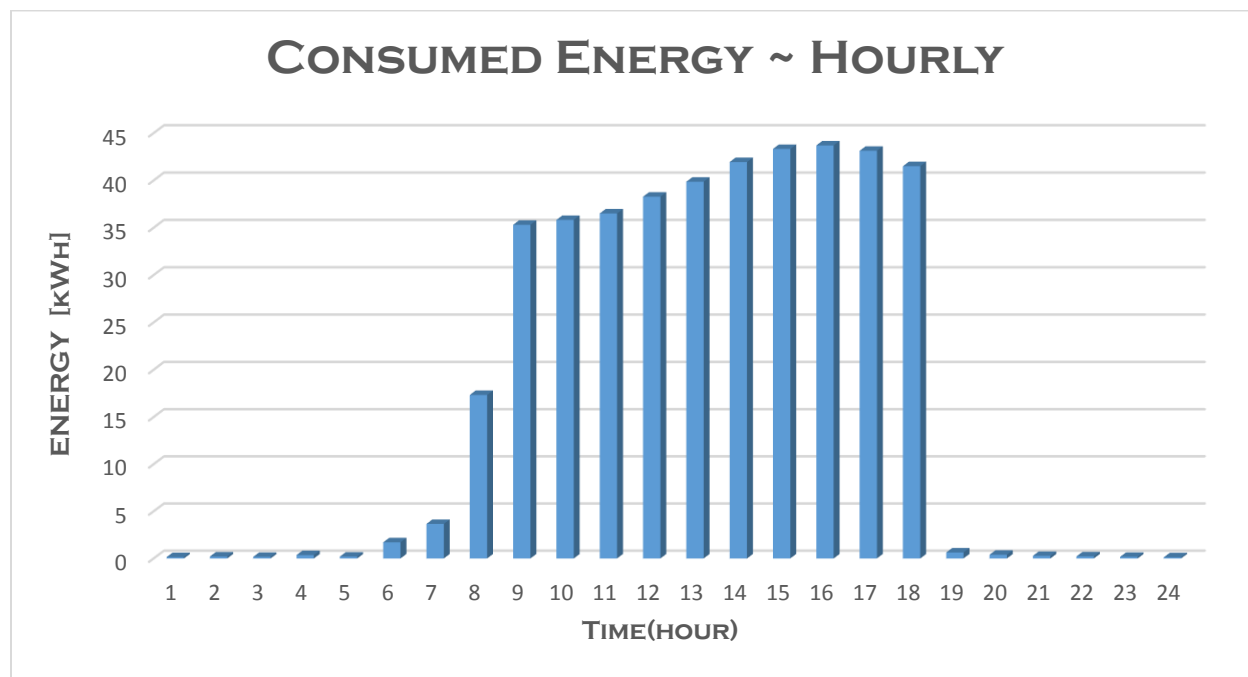
Στο Διάγραμμα 25 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 09/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **4^ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κλιμακωτά από 29 °C έως 25 °C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και διατηρείται κάτω από 30 °C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 25. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 25, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό ενεργειακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κλιμακωτή μείωση της θερμοκρασίας από 29 έως 24 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας καθώς κι η διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30 °C κατά τις 6 τελευταίες ώρες της ημέρας, είναι υπαρκτές αλλά όχι πολύ μεγαλύτερες από τα δύο προηγούμενα σενάρια. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 26 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 26. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 26, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **425 kWh**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς μειώσεις (κλιμακωτές) στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας κι ειδικότερα κατά τις τρεις ώρες πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου, κατά τις οποίες αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, για την διατήρηση της θερμοκρασίας έπειτα από το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν χρειάζεται παροχή ενέργειας καθώς η θερμοκρασία είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα και δεν αυξάνεται δραματικά λόγω των χαρακτηριστικών του κτιρίου. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 27, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

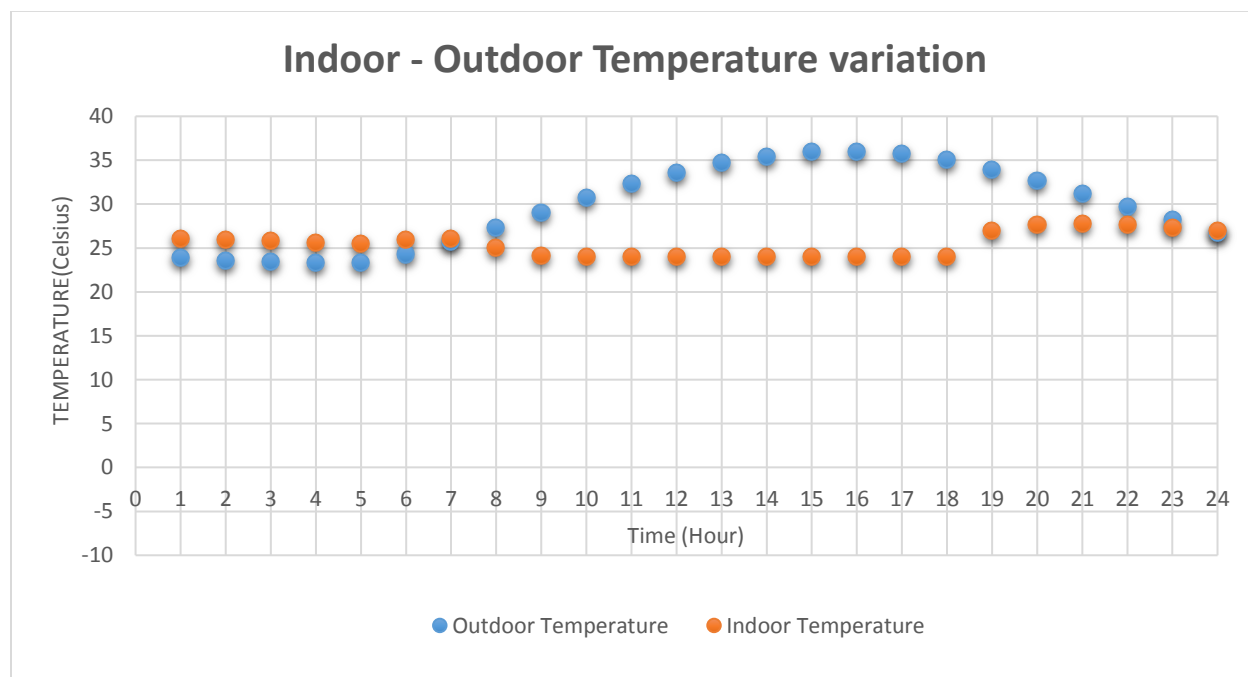


Διάγραμμα 27. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **29,44 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **85,66 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4^ο Σενάριο

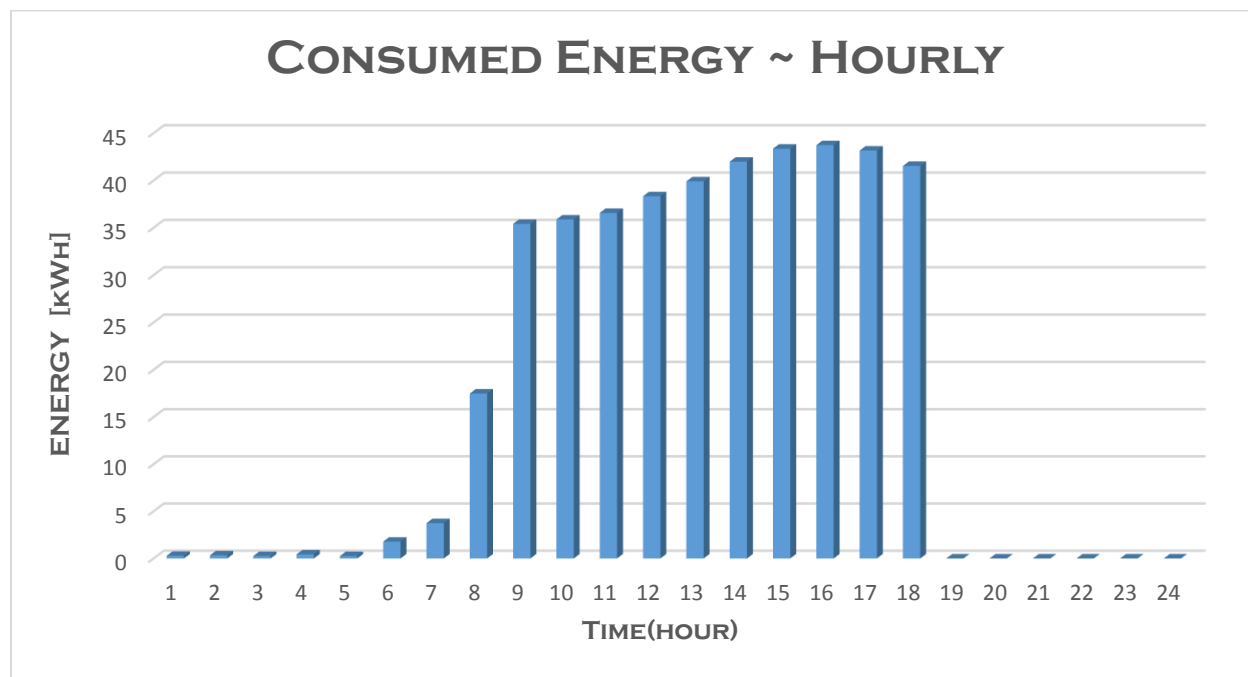
Στο Διάγραμμα 28 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 09/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **3ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κλιμακωτά από 29 °C έως 25 °C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και αφήνεται σε ελευθερία μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 28. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 28, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κλιμακωτή μείωση της θερμοκρασίας από 29 έως 24 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, είναι υπαρκτές αλλά όχι πολύ μεγάλες. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 29 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 29. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 29, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **424,4 kWh**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς μειώσεις (κλιμακωτές) στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας κι ειδικότερα κατά τις τρεις ώρες πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου, κατά τις οποίες αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, εφόσον το κτίριο αφήνεται ελεύθερο μετά το πέρας λειτουργίας του, δεν χρειάζεται παροχή ενέργειας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 30, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

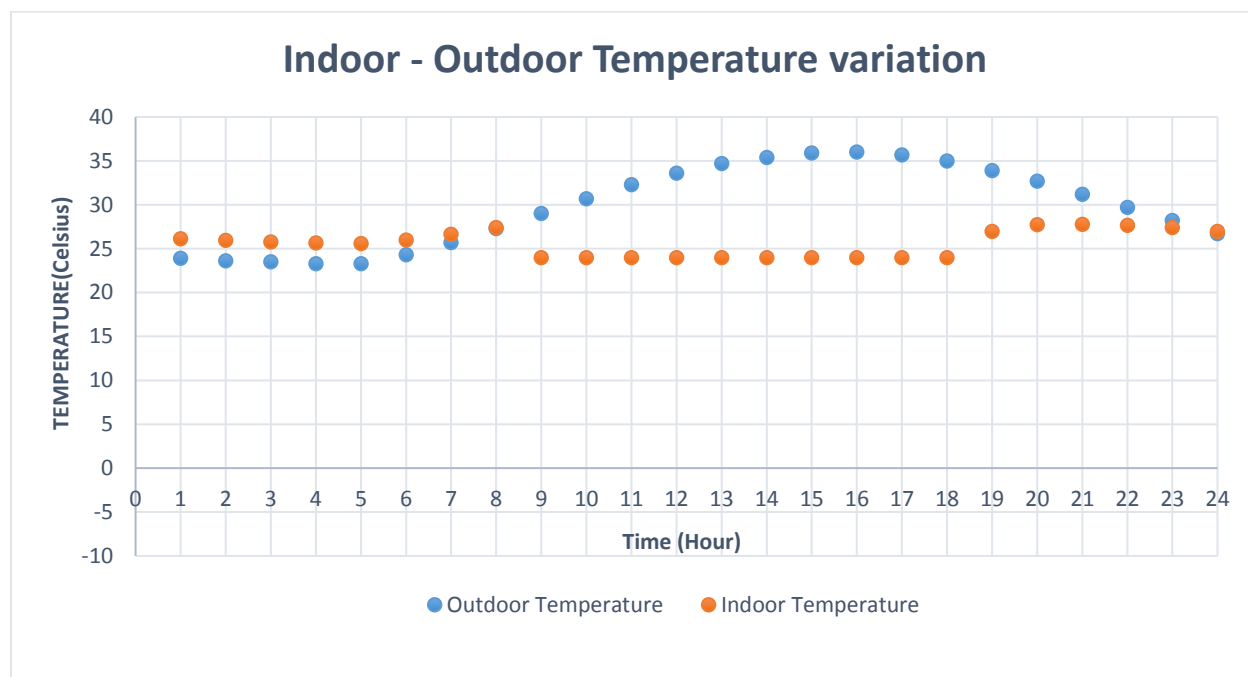


Διάγραμμα 30. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **29,41 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **85,57 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

5^ο Σενάριο

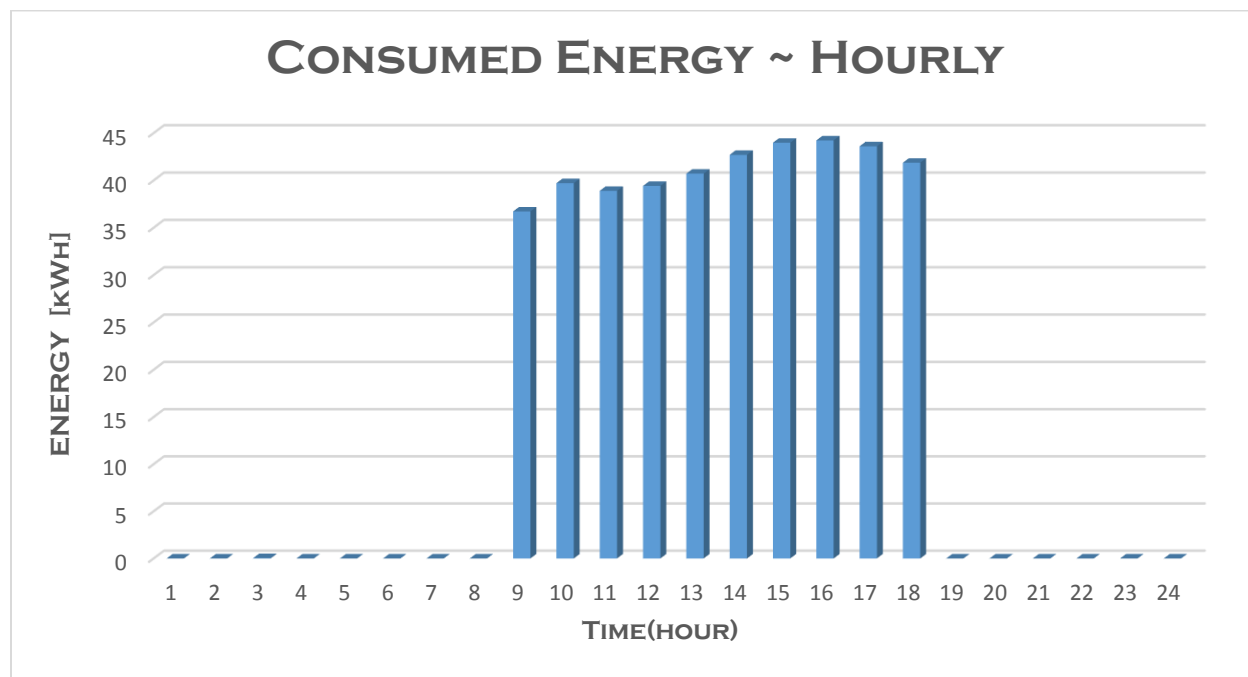
Στο Διάγραμμα 31 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 09/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **5ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 25 έως 40 °C με την χρήση γενετικών αλγορίθμων, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο παραμένει σε ελευθερία.



Διάγραμμα 31. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07

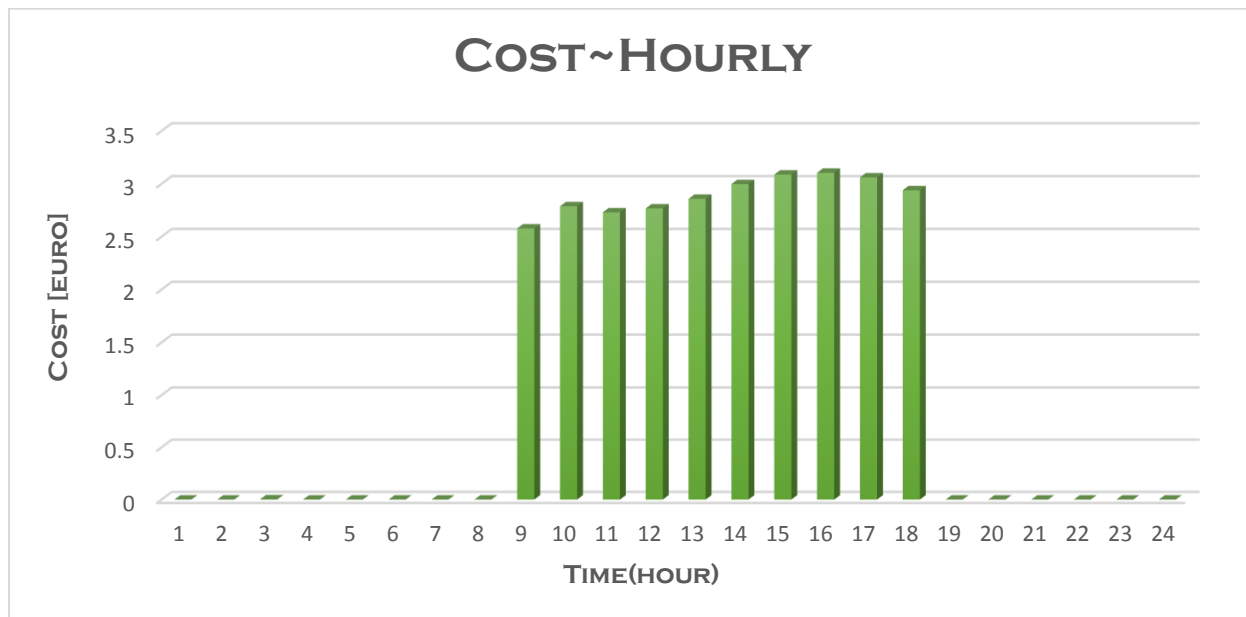
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 31, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Παρατηρείται ότι λόγω της ήδη υπάρχουσας εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου ο γενετικός αλγόριθμος δεν επιλέγει να μειώσει κάποια ώρα την θερμοκρασία. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από το παρακάτω διάγραμμα ισχύος.

Στο Διάγραμμα 32 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 32. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 32, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **411,90kWh**. Εφόσον δεν παρατηρείται ανάγκη «πρόψυξης» του κτιρίου, μέσω του γενετικού αλγορίθμου, κι έτσι οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ίδιες με το αρχικό σενάριο. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας από τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας. Επίσης, όπως παρατηρείται, η θερμοκρασία δεν ελέγχεται μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, κι έτσι δεν υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 33, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.



Διάγραμμα 33. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **28,92€**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **84,03€**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 45, παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

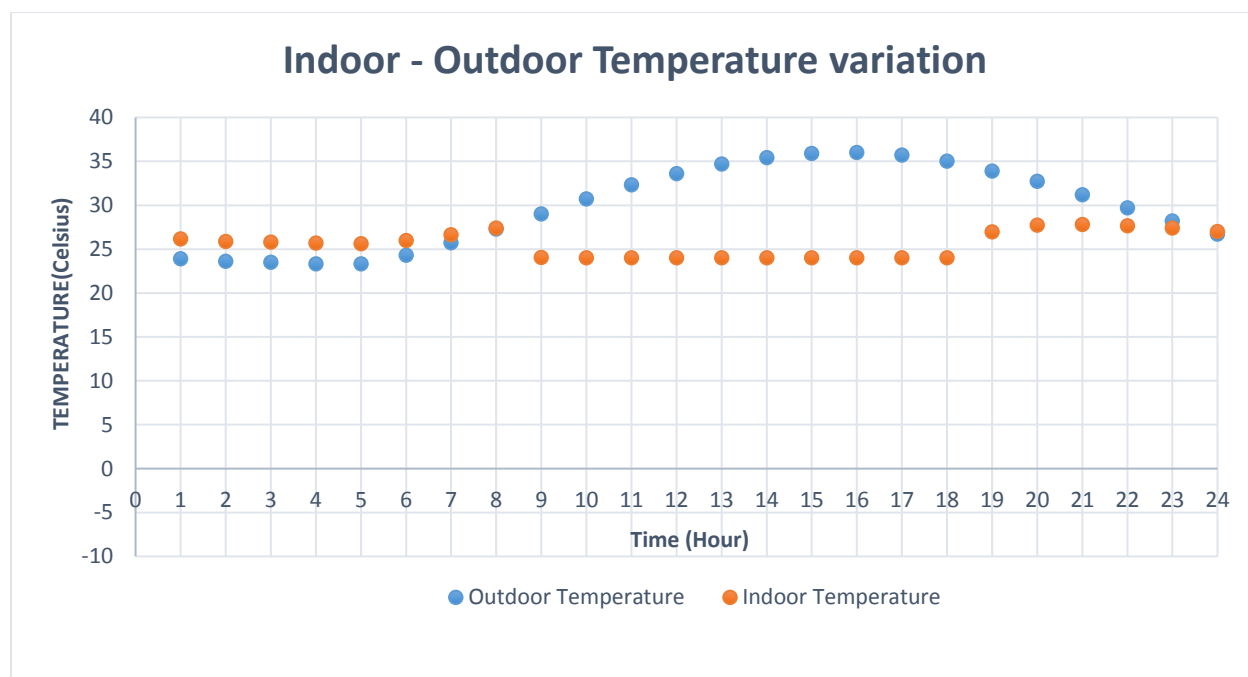
Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
07/09 01:00	23.9	26.13683556		36	0	0	0	0	0
07/09 02:00	23.6	25.95821808		40	0	0	0	0	0
07/09 03:00	23.5	25.78222207		31	0	1068320	0	0.045654683	0.002493
07/09 04:00	23.3	25.66382206		32	0	0	0	0	0
07/09 05:00	23.3	25.60295122		34	0	0	0	0	0
07/09 06:00	24.3	25.97958732		38	0	0	0	0	0
07/09 07:00	25.7	26.63395563		34	0	0	0	0	0
07/09 08:00	27.3	27.40304236		39	0	0	0	0	0
07/09 09:00	29	23.99601951	20	24	0	8.59E+08	0	36.7215556	2.577853
07/09 10:00	30.7	23.99951631	20	24	0	9.29E+08	0	39.71138321	2.787739
07/09 11:00	32.3	23.99994117	20	24	0	9.1E+08	0	38.8957906	2.730485
07/09 12:00	33.6	23.9999956	20	24	0	9.23E+08	0	39.42520825	2.76765
07/09 13:00	34.7	23.99999901	20	24	0	9.53E+08	0	40.72044683	2.858575
07/09 14:00	35.4	23.99999978	20	24	0	9.99E+08	0	42.69975639	2.997523
07/09 15:00	35.9	23.99999995	20	24	0	1.03E+09	0	43.98270991	3.087586
07/09 16:00	36	23.99999999	20	24	0	1.03E+09	0	44.22550012	3.10463
07/09 17:00	35.7	24	20	24	0	1.02E+09	0	43.60453305	3.061038
07/09 18:00	35	24	20	24	0	9.8E+08	0	41.8707989	2.93933
07/09 19:00	33.9	26.96769443		50	0	0	0	0	0
07/09 20:00	32.7	27.72125424		50	0	0	0	0	0
07/09 21:00	31.2	27.78424025		50	0	0	0	0	0
07/09 22:00	29.7	27.66078026		50	0	0	0	0	0
07/09 23:00	28.2	27.39672892		50	0	0	0	0	0
07/09 24:00	26.7	26.97059808		50	0	0	0	0	0
TOTAL								411.90334	84.028

Εικόνα 45. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 09/07

6^ο Σενάριο

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να ελεγχθεί άλλο ένα σενάριο, στο οποίο ο γενετικός αλγόριθμος θα ελέγχει το κτίριο καθ' όλη της ημέρας και θα το διατηρεί σε θερμοκρασία κάτω των 30°C.

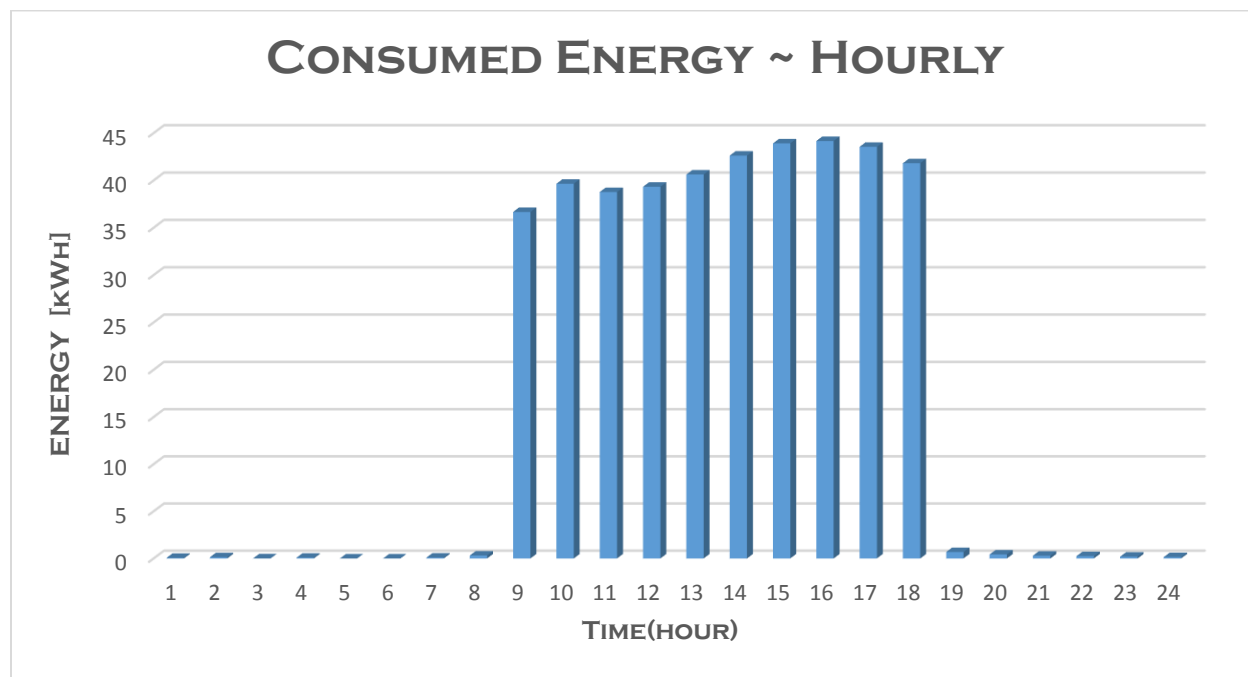
Στο Διάγραμμα 34 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 09/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **6ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 25 έως 40 °C, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο διατηρείται κάτω από 30 °C.



Διάγραμμα 34. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 34, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Παρατηρείται ότι λόγω της ήδη υπάρχουσας εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου ο γενετικός αλγόριθμος δεν επιλέγει να μειώσει κάποια ώρα την θερμοκρασία. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από το παρακάτω διάγραμμα ισχύος.

Στο Διάγραμμα 35 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 35. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 35, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **413,81 kWh**. Παρατηρείται ανάγκη «πρόψυξης» του κτιρίου ορισμένες ώρες της ημέρας (2^η και 8^η), μέσω του γενετικού αλγορίθμου, κι έτσι οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι λίγο μικρότερες από το αρχικό σενάριο. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας από τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας. Επίσης, όπως παρατηρείται, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται μικρές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της διατήρησης της θερμοκρασίας κάτω από 30 °C. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.



Διάγραμμα 36. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **29,01€** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **84,295€**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 46 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
07/09 01:00	23.9	26.14352229		30	0	1496053	0	0.063933902	0.003491
07/09 02:00	23.6	25.86907478		29	0	3085550	0	0.131861116	0.0072
07/09 03:00	23.5	25.7845913		30	0	337334.8	0	0.014416017	0.000787
07/09 04:00	23.3	25.67151527		29	0	1939206	0	0.082872066	0.004525
07/09 05:00	23.3	25.61876566		30	0	0	0	0	0
07/09 06:00	24.3	25.96813388		30	0	182236.7	0	0.007787893	0.000425
07/09 07:00	25.7	26.63011399		30	0	2168814	0	0.09268436	0.005061
07/09 08:00	27.3	27.39655956		30	0	7334304	0	0.31343181	0.017113
07/09 09:00	29	24.03832846	20	24	0	8.58E+08	0	36.66712692	2.574032
07/09 10:00	30.7	24.00465696	20	24	0	9.28E+08	0	39.65214941	2.783581
07/09 11:00	32.3	24.00056617	20	24	0	9.07E+08	0	38.76969454	2.721633
07/09 12:00	33.6	24.00004232	20	24	0	9.2E+08	0	39.3312151	2.761051
07/09 13:00	34.7	24.0000095	20	24	0	9.51E+08	0	40.62976087	2.852209
07/09 14:00	35.4	24.00000214	20	24	0	9.97E+08	0	42.62125923	2.992012
07/09 15:00	35.9	24.00000048	20	24	0	1.03E+09	0	43.91606614	3.082908
07/09 16:00	36	24.00000011	20	24	0	1.03E+09	0	44.16568355	3.100431
07/09 17:00	35.7	24.00000002	20	24	0	1.02E+09	0	43.54813993	3.057079
07/09 18:00	35	24.00000001	20	24	0	9.79E+08	0	41.81747214	2.935587
07/09 19:00	33.9	26.96700588	15	30	0	15961792	0	0.682127875	0.037244
07/09 20:00	32.7	27.7207868	15	30	0	9986592	0	0.426777415	0.023302
07/09 21:00	31.2	27.77791772	15	30	0	6855205	0	0.29295748	0.015995
07/09 22:00	29.7	27.63720704	15	30	0	5777264	0	0.246891631	0.01348
07/09 23:00	28.2	27.39473151	15	30	0	4414287	0	0.188644747	0.0103
07/09 24:00	26.7	26.99760463	15	30	0	3325335	0	0.14210835	0.007759
TOTAL								413.80506	84.295

Εικόνα 46. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 09/07

Οι υπόλοιπες υπό εξέταση ημέρες του Ιουλίου, δεν παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία, για λόγους συντομίας. Ουσιαστικά, λαμβάνει χώρα η ίδια ακριβώς διαδικασία και για τις άλλες δύο ημέρες του Ιουλίου, στις οποίες παρουσιάζεται η μέση κι η ελάχιστη ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία για τον μήνα Ιούλιο στην Ανκόνα της Ιταλίας, όπου βρίσκεται το κτίριο που εξετάζουμε. Πρόκειται για την 13^η Ιουλίου που παρουσιάζει την μέση ημερήσια θερμοκρασία (24,46 °C) καθώς και για την 15^η Ιουλίου, η οποία παρουσιάζει με την σειρά της την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (19,4 °C).

Επίσης, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί η περίπτωση όπου το κτίριο θα βρισκόταν σε κάποια άλλη περιοχή τόσο με θερμότερο κλίμα για να ελεγχθεί η πιθανότητα μεγαλύτερης βελτίωσης μέσω του γενετικού αλγορίθμου για την περίπτωση της πρόψυξης αλλά και με ψυχρότερο κλίμα για τον έλεγχο της πιθανότητας μεγαλύτερης ποσοστιαίας βελτίωσης ακόμα και για την προθέρμανση. Έτσι, επιλέχθηκαν τα Χανιά σαν περιοχή με θερμότερο κλίμα και το Βίλνιους της Λιθουανίας σαν περιοχή με ψυχρότερο κλίμα.

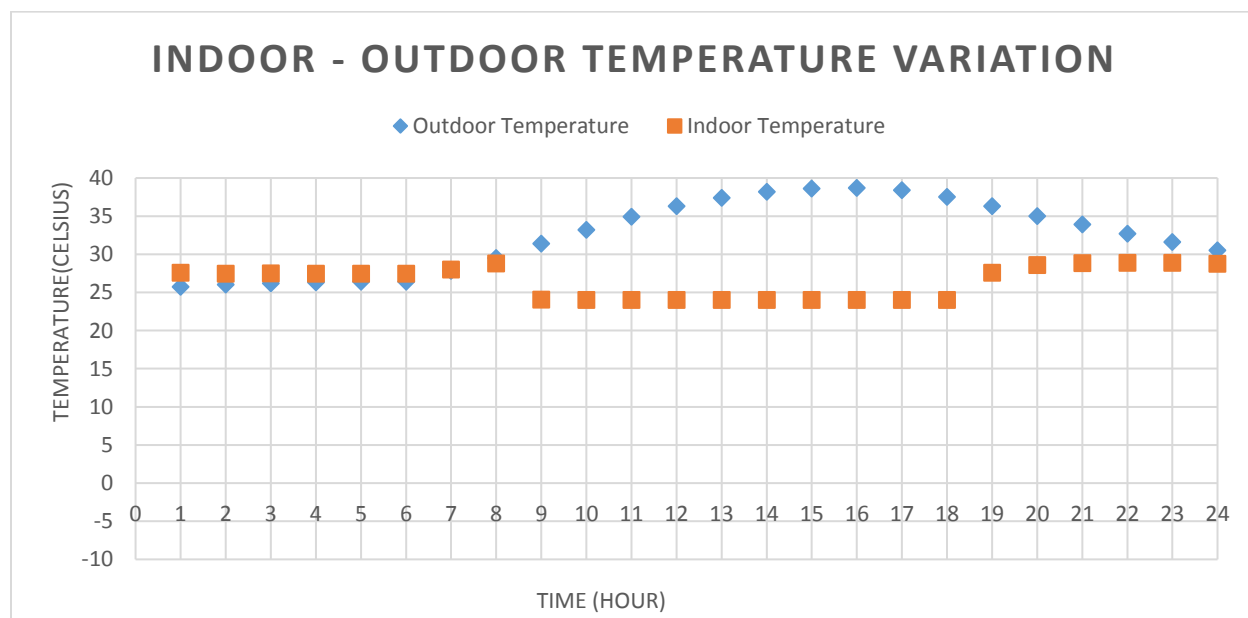
Χανιά (Περιοχή με θερμότερο κλίμα)

5.2.3 21η Ιουλίου (Χανιά)

Η 21η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία (32,5 °C) για τον Ιούλιο.

1^ο Σενάριο

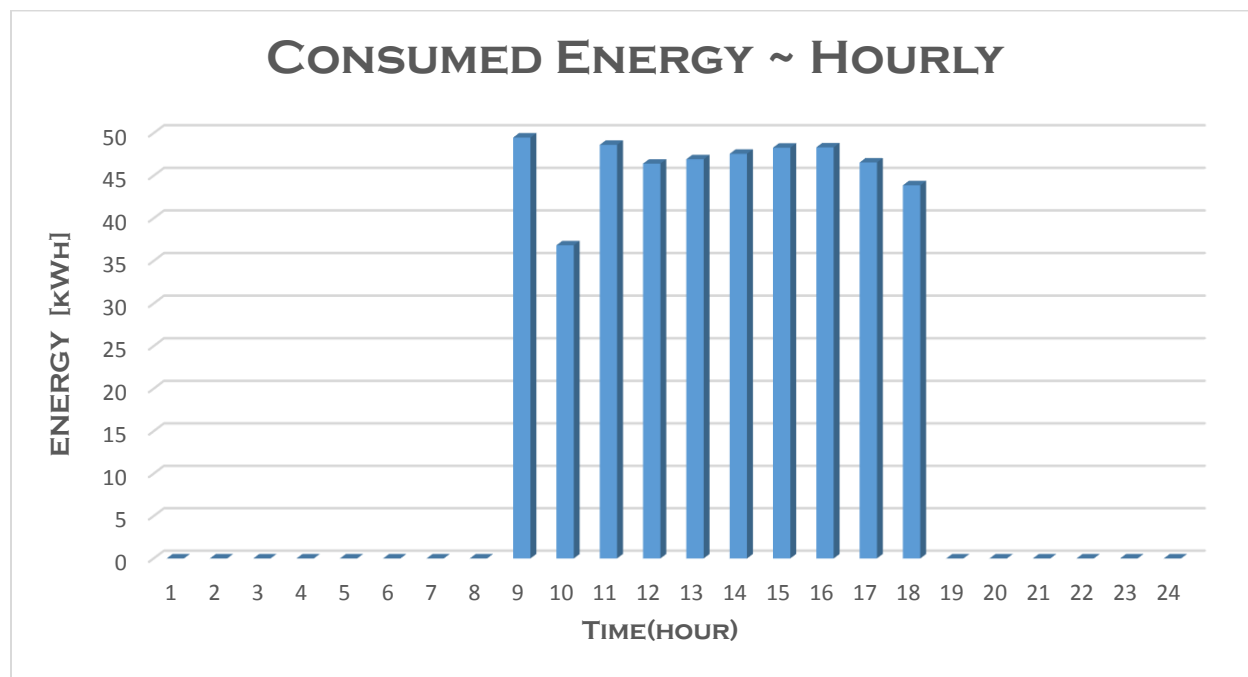
Στο Διάγραμμα 37 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το 1^ο σενάριο, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, δεν ελέγχεται, παρά μόνο τις ώρες λειτουργίας του.



Διάγραμμα 37. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 37, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 32,5 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη κατά τις ώρες λειτουργίας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 38 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 38. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 38, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **462,86 kWh**. Εφόσον το κτίριο αφήνεται σε σχετική ελευθερία όσον αφορά την θερμοκρασία του εκτός των ωρών λειτουργίας του, η ισχύς που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία με μεγαλύτερη απαίτηση την 9η ώρα της ημέρας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 39, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

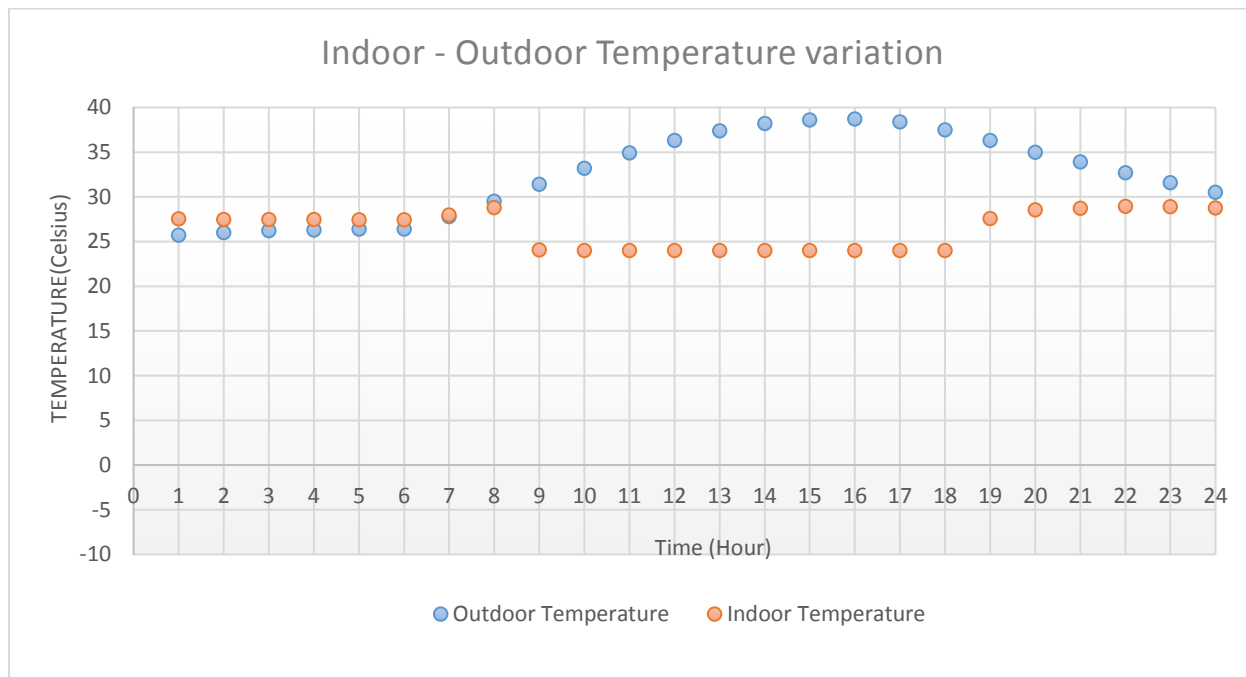


Διάγραμμα 39. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **32,49€** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **92,69 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2^ο Σενάριο

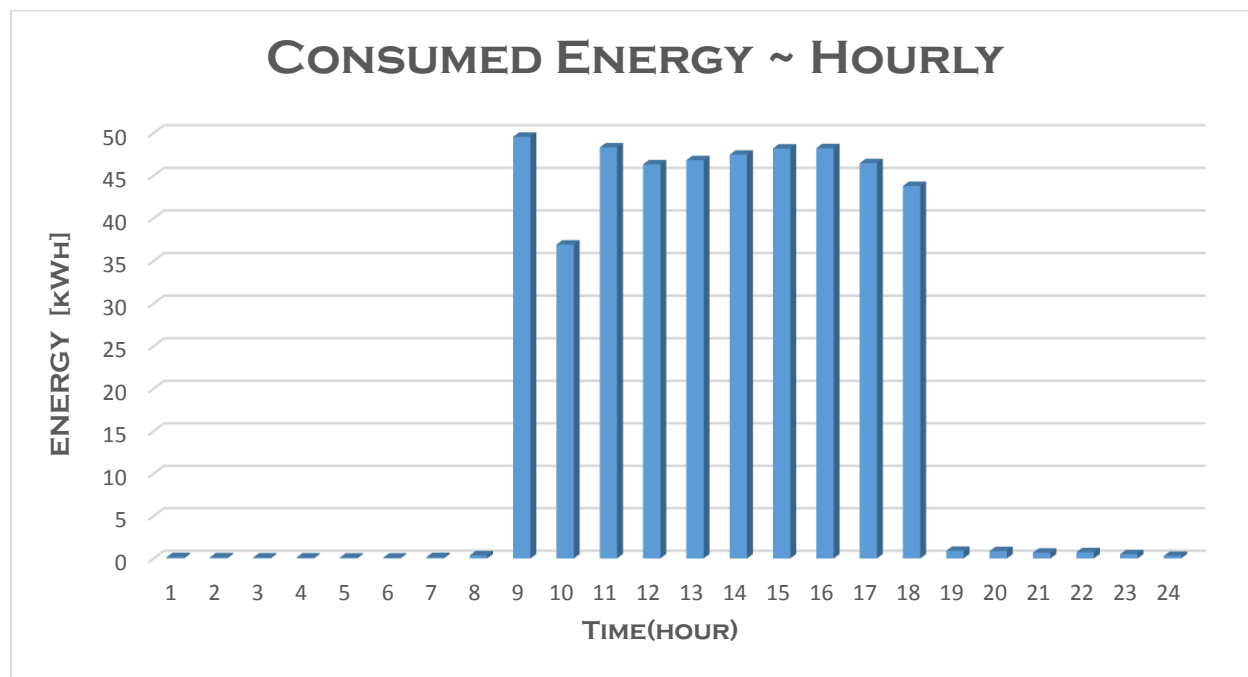
Στο Διάγραμμα 40 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το 2ο σενάριο, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και διατηρείται συνεχώς κάτω από 30°C.



Διάγραμμα 40. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 40, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 32,5 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη κατά τις ώρες λειτουργίας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30 °C κατά τις πρώτες 8 και τις 6 τελευταίες ώρες της ημέρας, δεν είναι πολύ μεγάλες καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου δεν παρουσίαζε τιμές μεγαλύτερες των 30 °C. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 41 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 41. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 41, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **467,29 kWh**. Έτσι, δεν υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις ισχύος για την επίτευξη του σχεδίου καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στην επιθυμητή θερμοκρασία, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, λόγω αποθήκευσης θερμικών φορτίων κι η διατήρηση αυτής στα επιθυμητά επίπεδα γίνεται «φυσικά» και δεν θα παρουσιάζονται μεγάλες αυξήσεις στο κόστος. Η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά τις ώρες λειτουργίας, παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει ότι τις ώρες που η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη, χρειάζεται και περισσότερη ισχύς για την ψύξη του κτιρίου, όπως συμβαίνει την 16η ώρα της ημέρας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 42, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

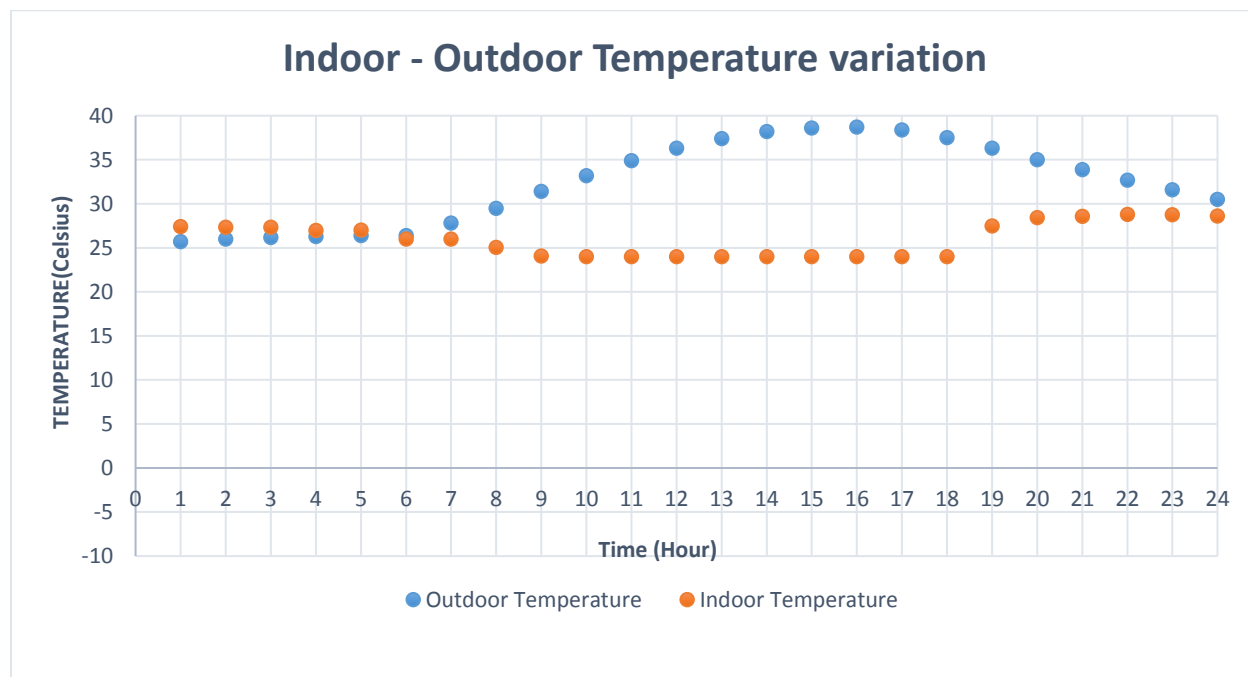


Διάγραμμα 42. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **32,72€** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **93,335 €** . Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

3^ο Σενάριο

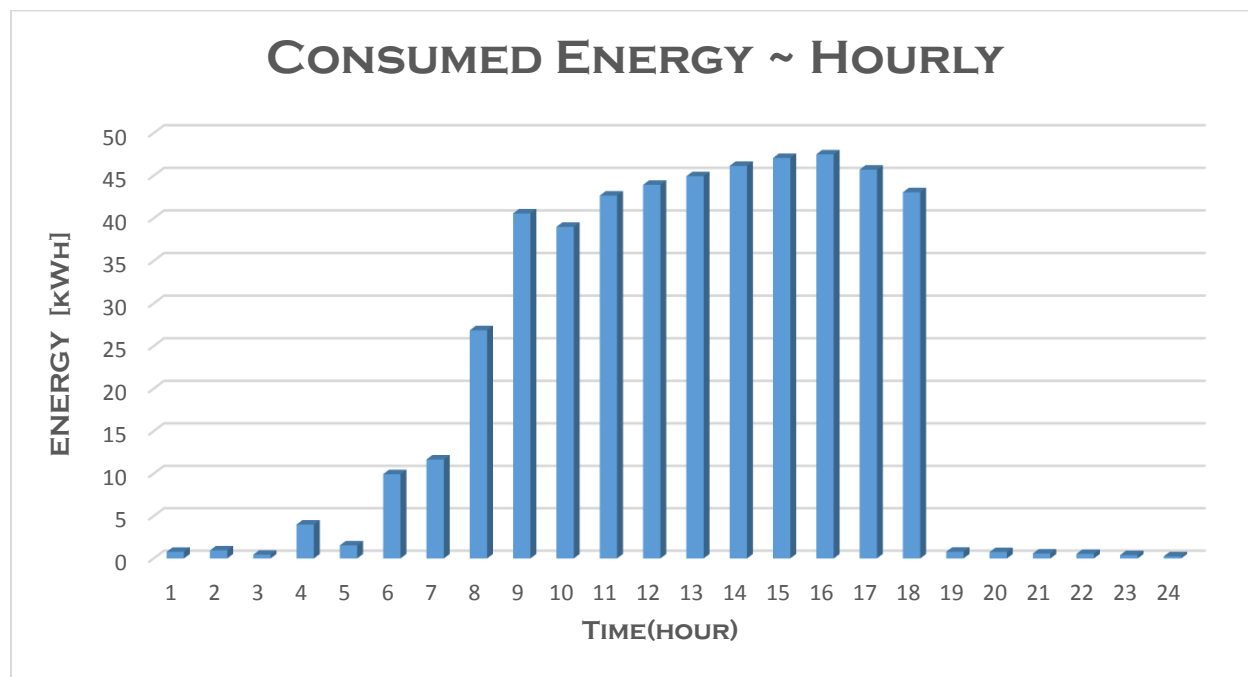
Στο Διάγραμμα 43 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **4^ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κλιμακωτά από 29 °C έως 25 °C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και διατηρείται κάτω από 30 °C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 43. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 21/07

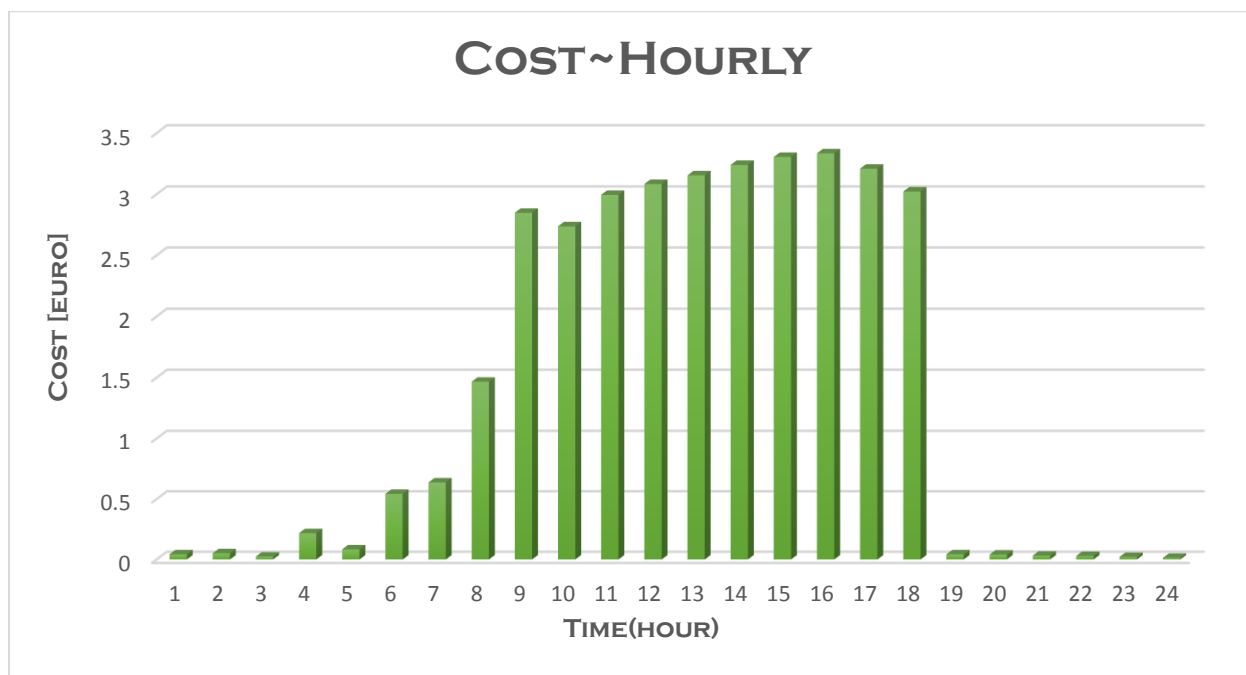
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 43, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 32,5 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό ενεργειακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κλιμακωτή μείωση της θερμοκρασίας από 29 έως 24 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας καθώς κι η διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30 °C κατά τις 6 τελευταίες ώρες της ημέρας, είναι υπαρκτές αλλά όχι πολύ μεγαλύτερες από τα δύο προηγούμενα σενάρια. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 44 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 44. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 44, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **500,10 kWh**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς μειώσεις (κλιμακωτές) στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας κι ειδικότερα κατά τις τρεις ώρες πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου, κατά τις οποίες αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, για την διατήρηση της θερμοκρασίας έπειτα από το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν χρειάζεται παροχή ενέργειας καθώς η θερμοκρασία είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα και δεν αυξάνεται δραματικά λόγω των χαρακτηριστικών του κτιρίου. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 45, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

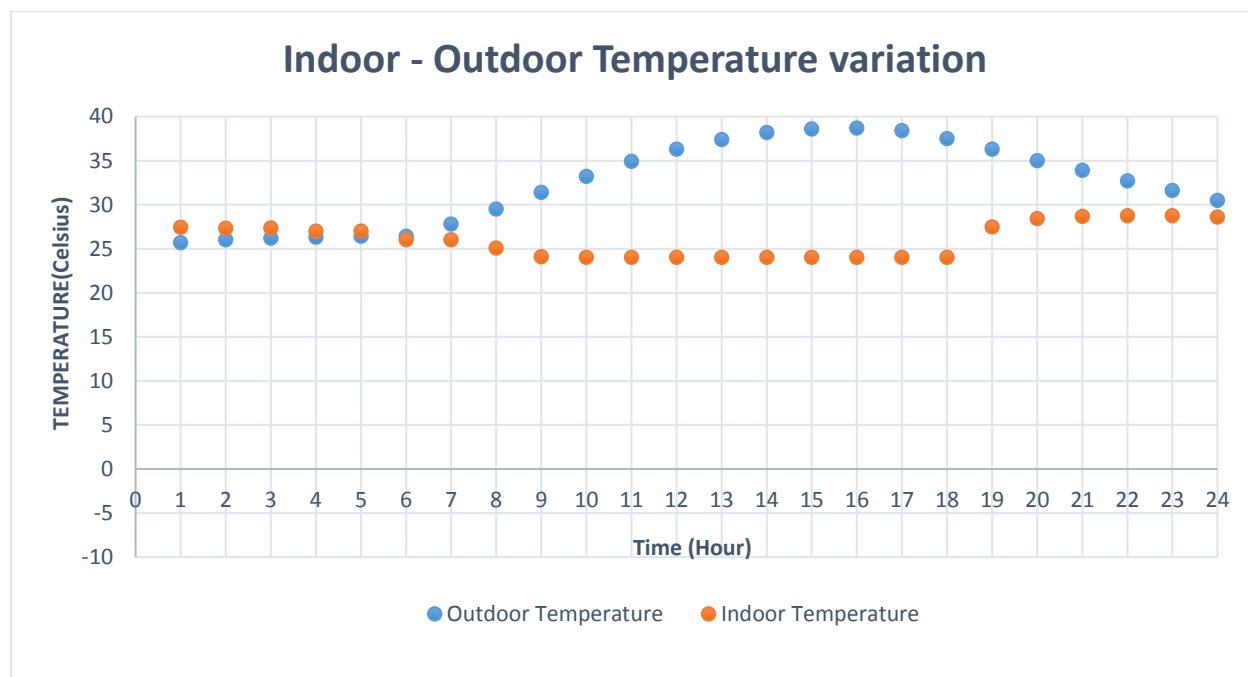


Διάγραμμα 45. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **34,18 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **96,275 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4^ο Σενάριο

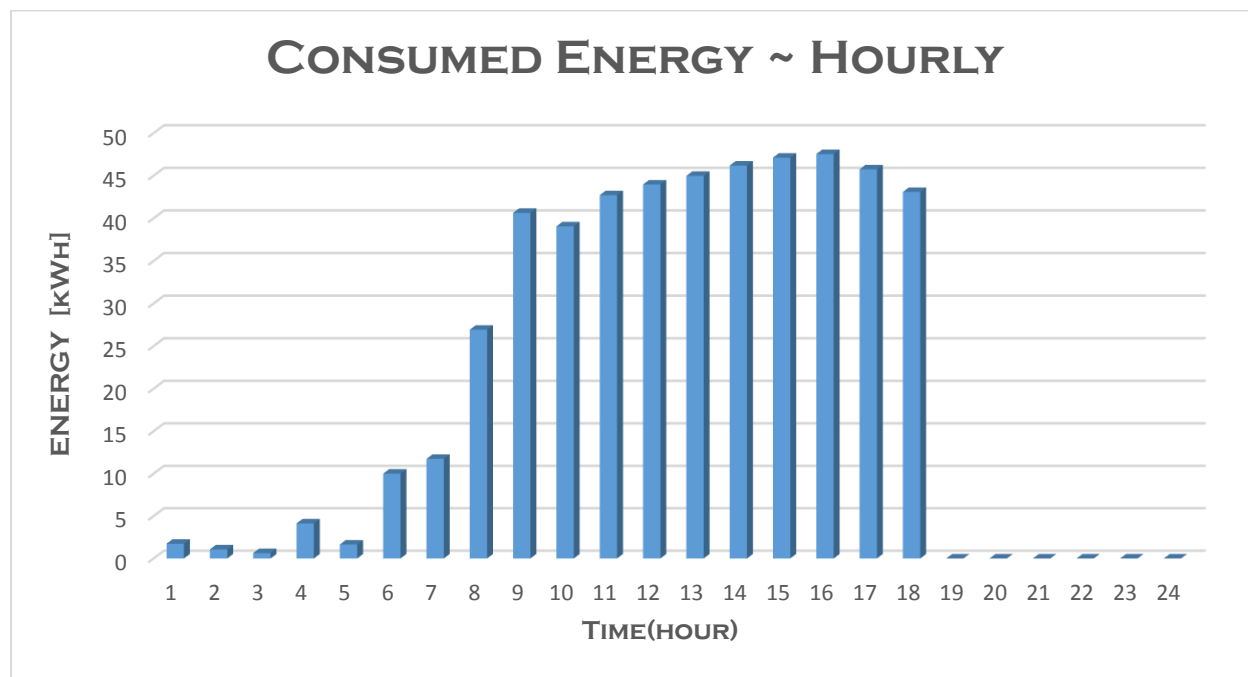
Στο Διάγραμμα 46 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **4ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κλιμακωτά από 29 °C έως 25 °C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και αφήνεται σε ελευθερία μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 46. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 46, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 32,5 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες απαιτούν κάποια ποσά ενέργειας για την επίτευξή τους, τα οποία δεν προβλέπονται πολύ μεγάλα καθώς το θερμοκρασιακό χάσμα που καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού, δεν είναι πολύ μεγάλο. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κλιμακωτή μείωση της θερμοκρασίας από 29 έως 24 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, είναι υπαρκτές αλλά όχι πολύ μεγάλες. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο Διάγραμμα 47 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 47. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 47, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **498,93 kWh**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς μειώσεις (κλιμακωτές) στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας κι ειδικότερα κατά τις τρεις ώρες πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου, κατά τις οποίες αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, εφόσον το κτίριο αφήνεται ελεύθερο μετά το πέρας λειτουργίας του, δεν χρειάζεται παροχή ενέργειας. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 48, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.

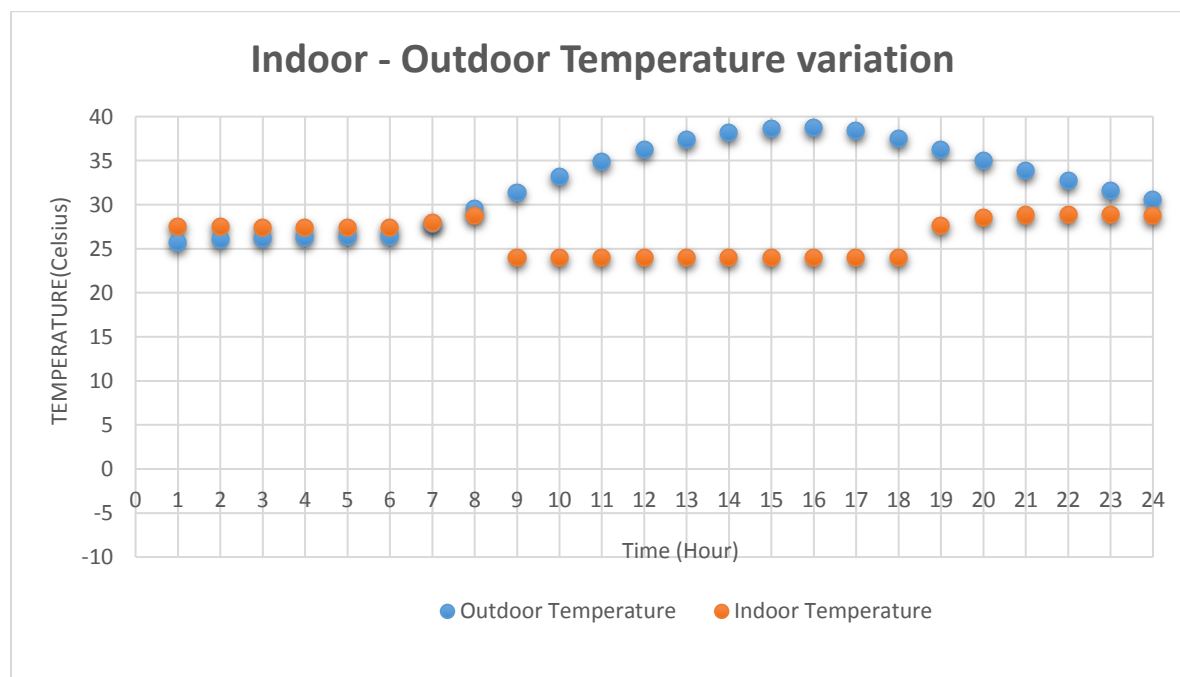


Διάγραμμα 48. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **34,12 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **96,103 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

5^ο Σενάριο

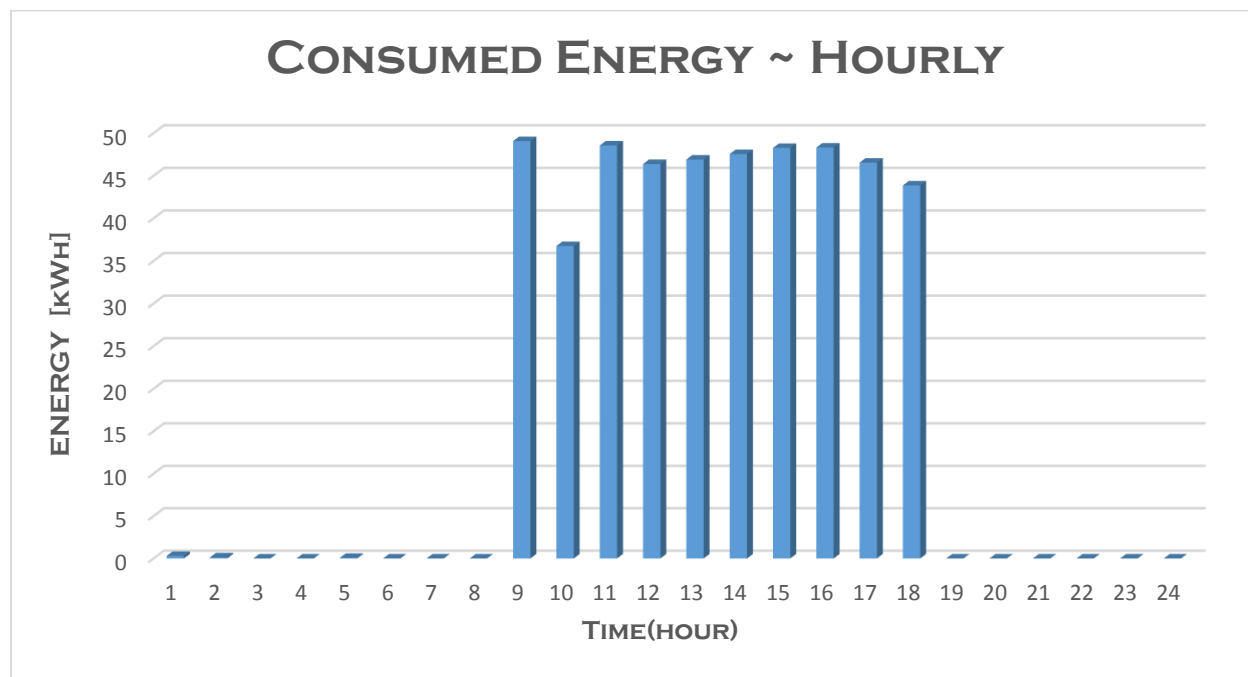
Στο Διάγραμμα 49 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **5ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 25 έως 40 °C με την χρήση γενετικών αλγορίθμων, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο παραμένει σε ελευθερία.



Διάγραμμα 49. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

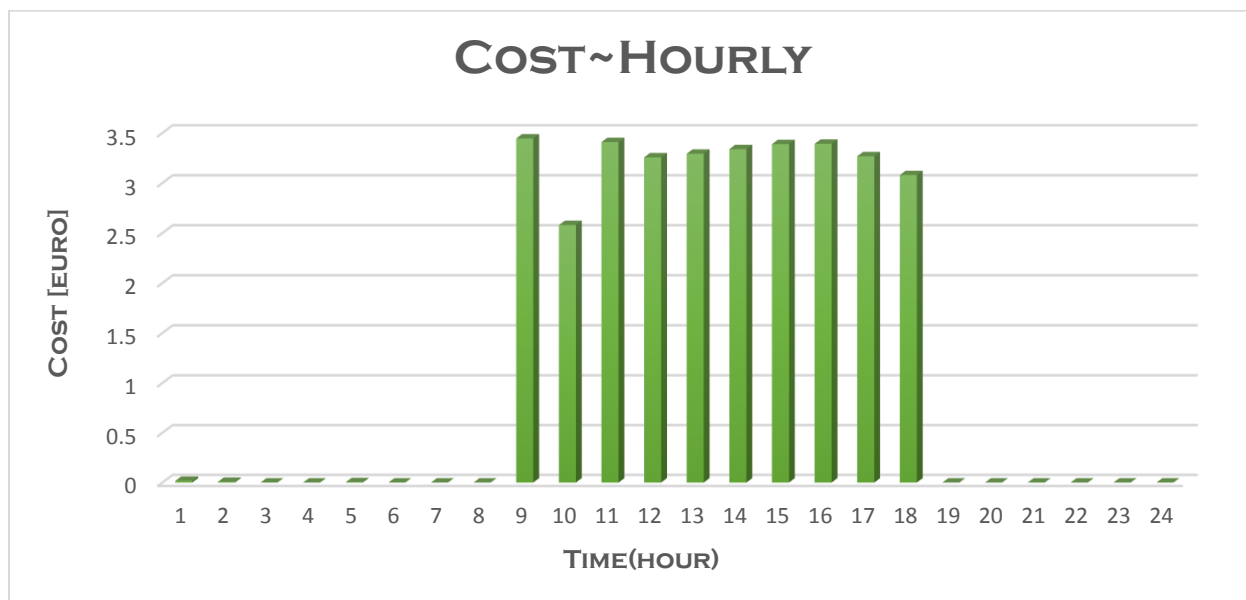
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 49, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 32,5 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Παρατηρείται ότι λόγω της ήδη υπάρχουσας εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου ο γενετικός αλγόριθμος δεν επιλέγει να μειώσει κάποια ώρα την θερμοκρασία. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από το παρακάτω διάγραμμα ισχύος.

Στο Διάγραμμα 50 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 50. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 50, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **462,61 kWh**. Εφόσον δεν παρατηρείται ανάγκη «πρόψυξης» του κτιρίου, μέσω του γενετικού αλγορίθμου, κι έτσι οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ίδιες με το αρχικό σενάριο. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας από τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας. Επίσης, όπως παρατηρείται, η θερμοκρασία δεν ελέγχεται μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, κι έτσι δεν υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 51, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.



Διάγραμμα 51. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **32,44 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **92,606 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 47, παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

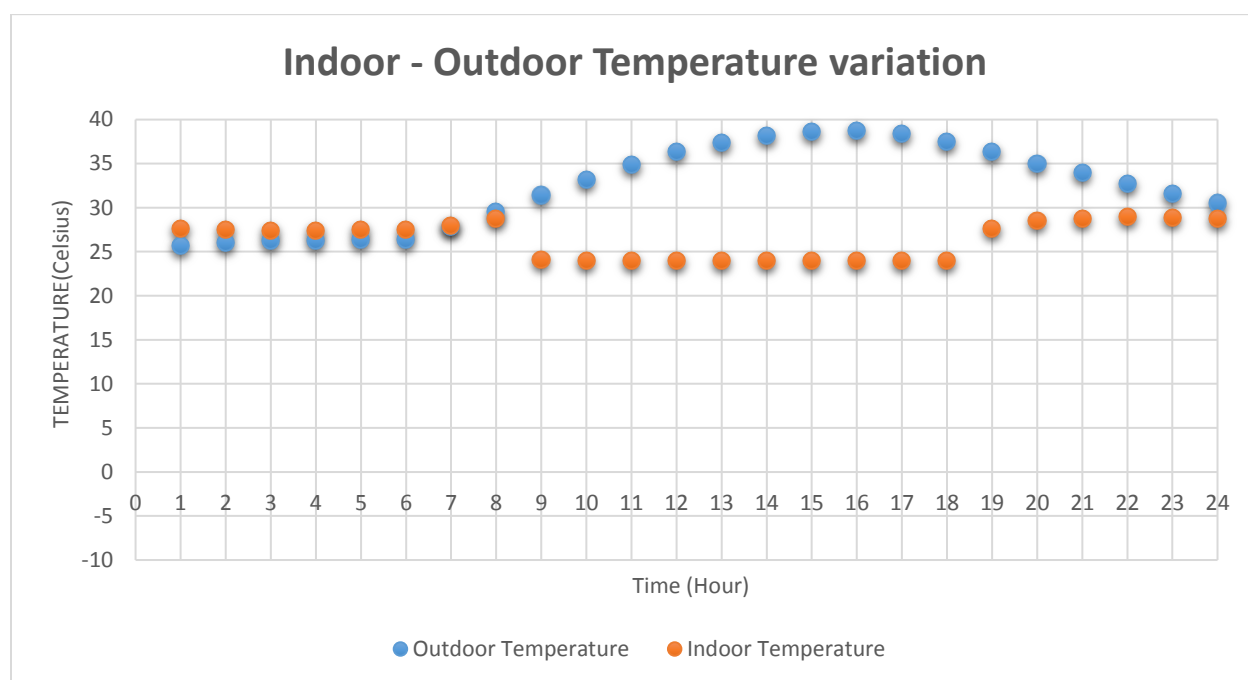
Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
07/21 01:00	25.7	27.54951809		31	0	7057054	0	0.301583504	0.016466
07/21 02:00	26	27.44562474		32	0	3010550	0	0.128655998	0.007025
07/21 03:00	26.2	27.40380274		37	0	0	0	0	0
07/21 04:00	26.3	27.42026863		37	0	0	0	0	0
07/21 05:00	26.4	27.43987816		32	0	1737002	0	0.074230874	0.004053
07/21 06:00	26.4	27.43419229		40	0	0	0	0	0
07/21 07:00	27.8	27.98383023		35	0	0	0	0	0
07/21 08:00	29.5	28.77583277		38	0	0	0	0	0
07/21 09:00	31.4	24.01992993	20	24	0	1.15E+09	0	49.06170169	3.444131
07/21 10:00	33.2	24	20	24	0	8.6E+08	0	36.74024835	2.579165
07/21 11:00	34.9	24	20	24	0	1.14E+09	0	48.54792945	3.408065
07/21 12:00	36.3	24	20	24	0	1.09E+09	0	46.37057996	3.255215
07/21 13:00	37.4	24	20	24	0	1.1E+09	0	46.89346008	3.291921
07/21 14:00	38.2	24	20	24	0	1.11E+09	0	47.54085336	3.337368
07/21 15:00	38.6	24	20	24	0	1.13E+09	0	48.2606809	3.3879
07/21 16:00	38.7	24	20	24	0	1.13E+09	0	48.30384792	3.39093
07/21 17:00	38.4	24	20	24	0	1.09E+09	0	46.53260272	3.266589
07/21 18:00	37.5	24	20	24	0	1.03E+09	0	43.85469056	3.078599
07/21 19:00	36.3	27.56062942		50	0	0	0	0	0
07/21 20:00	35	28.55678437		50	0	0	0	0	0
07/21 21:00	33.9	28.81887692		50	0	0	0	0	0
07/21 22:00	32.7	28.86616189		50	0	0	0	0	0
07/21 23:00	31.6	28.88077456		50	0	0	0	0	0
07/21 24:00	30.5	28.74220211		50	0	0	0	0	0
TOTAL								462.61107	92.606

Εικόνα 47. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 21/07

6^ο Σενάριο

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να ελεγχθεί άλλο ένα σενάριο, στο οποίο ο γενετικός αλγόριθμος θα ελέγχει το κτίριο καθ' όλη της ημέρας και θα το διατηρεί σε θερμοκρασία κάτω των 30°C.

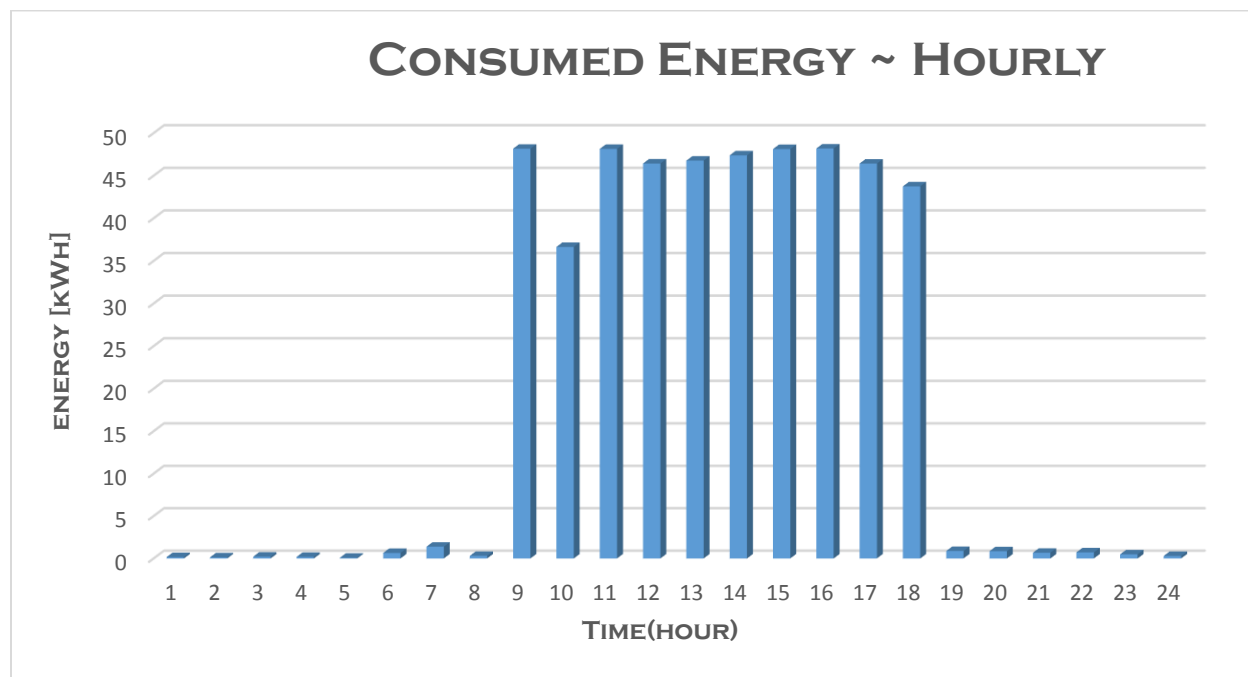
Στο Διάγραμμα 52 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 21/07 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **6ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 25 έως 40 °C, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο διατηρείται κάτω από 30 °C.



Διάγραμμα 52. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

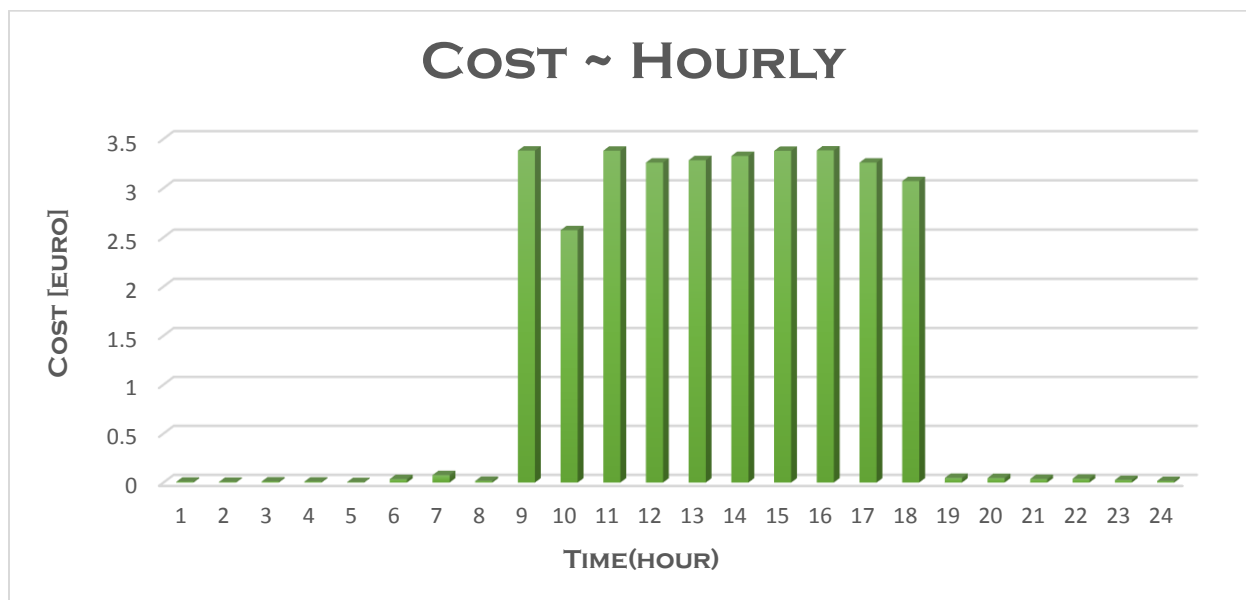
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 52, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή για θερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με 29,8 °C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την επιδιωκόμενη καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Παρατηρείται ότι λόγω της ήδη υπάρχουσας εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου ο γενετικός αλγόριθμος δεν επιλέγει να μειώσει κάποια ώρα την θερμοκρασία. Όλα τα παραπάνω, επαληθεύονται από το παρακάτω διάγραμμα ισχύος.

Στο Διάγραμμα 53 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 53. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 53, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **467,019 kWh**. Εφόσον δεν παρατηρείται ανάγκη «πρόψυξης» του κτιρίου, μέσω του γενετικού αλγορίθμου, κι έτσι οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ίδιες με το αρχικό σενάριο. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας από τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας. Επίσης, όπως παρατηρείται, μετά το πέρας λειτουργίας του κτίριο, παρουσιάζονται μικρές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της διατήρησης της θερμοκρασίας κάτω από 30 οC. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 54, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου το οποίο είναι ανάλογο της απαιτούμενης ισχύος, τόσο της ωριαίας αλλά και της μέγιστης και της συνολικής.



Διάγραμμα 54. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για ψύξη για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **32,675€**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **93,14€**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 48 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

07/21 01:00	25.7	27.55624931		30	0	3610744	0	0.154305297	0.008425
07/21 02:00	26	27.456999		30	0	2992007	0	0.127863555	0.006981
07/21 03:00	26.2	27.40371495		29	0	4867638	0	0.208018713	0.011358
07/21 04:00	26.3	27.41676781		29	0	4278701	0	0.182850483	0.009984
07/21 05:00	26.4	27.43891318		30	0	1981306	0	0.084671212	0.004623
07/21 06:00	26.4	27.43326793		28	0	15100741	0	0.645330791	0.035235
07/21 07:00	27.8	27.90612457		28	0	32484419	0	1.388223022	0.075797
07/21 08:00	29.5	28.75968298		30	0	7121179	0	0.304323906	0.016616
07/21 09:00	31.4	24.07477788	20	24	0	1.13E+09	0	48.16477138	3.381167
07/21 10:00	33.2	24	20	24	0	8.57E+08	0	36.64039136	2.572155
07/21 11:00	34.9	24	20	24	0	1.13E+09	0	48.1441216	3.379717
07/21 12:00	36.3	24	20	24	0	1.09E+09	0	46.42841765	3.259275
07/21 13:00	37.4	24	20	24	0	1.09E+09	0	46.77146256	3.283357
07/21 14:00	38.2	24	20	24	0	1.11E+09	0	47.38718016	3.32658
07/21 15:00	38.6	24	20	24	0	1.13E+09	0	48.12581403	3.378432
07/21 16:00	38.7	24	20	24	0	1.13E+09	0	48.19141969	3.383038
07/21 17:00	38.4	24	20	24	0	1.09E+09	0	46.42379028	3.25895
07/21 18:00	37.5	24	20	24	0	1.02E+09	0	43.7494756	3.071213
07/21 19:00	36.3	27.55947596		30	0	20588046	0	0.87983104	0.048039
07/21 20:00	35	28.55579949		30	0	19965505	0	0.853226708	0.046586
07/21 21:00	33.9	28.71560816		30	0	15622195	0	0.667615168	0.036452
07/21 22:00	32.7	28.93174175		30	0	16821427	0	0.718864405	0.03925
07/21 23:00	31.6	28.90571153		30	0	11309171	0	0.483297886	0.026388
07/21 24:00	30.5	28.74862994		30	0	6880113	0	0.294021915	0.016054
TOTAL								467.01929	93.14

Εικόνα 48. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 21/07

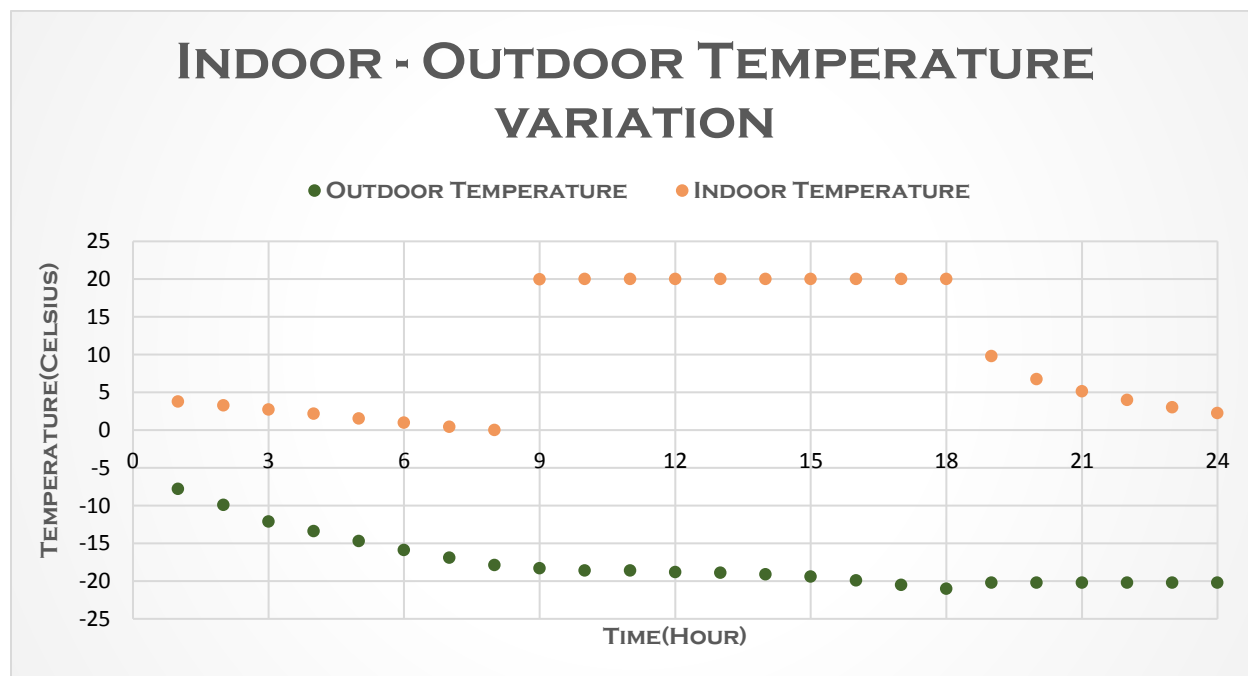
Βίλνιους(Περιοχή με ψυχρότερο κλίμα)

5.2.4 12η Ιανουαρίου(Βίλνιους)

Η 12η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την χαμηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία(-17,6 °C) για τον Ιανουάριο.

1^ο Σενάριο

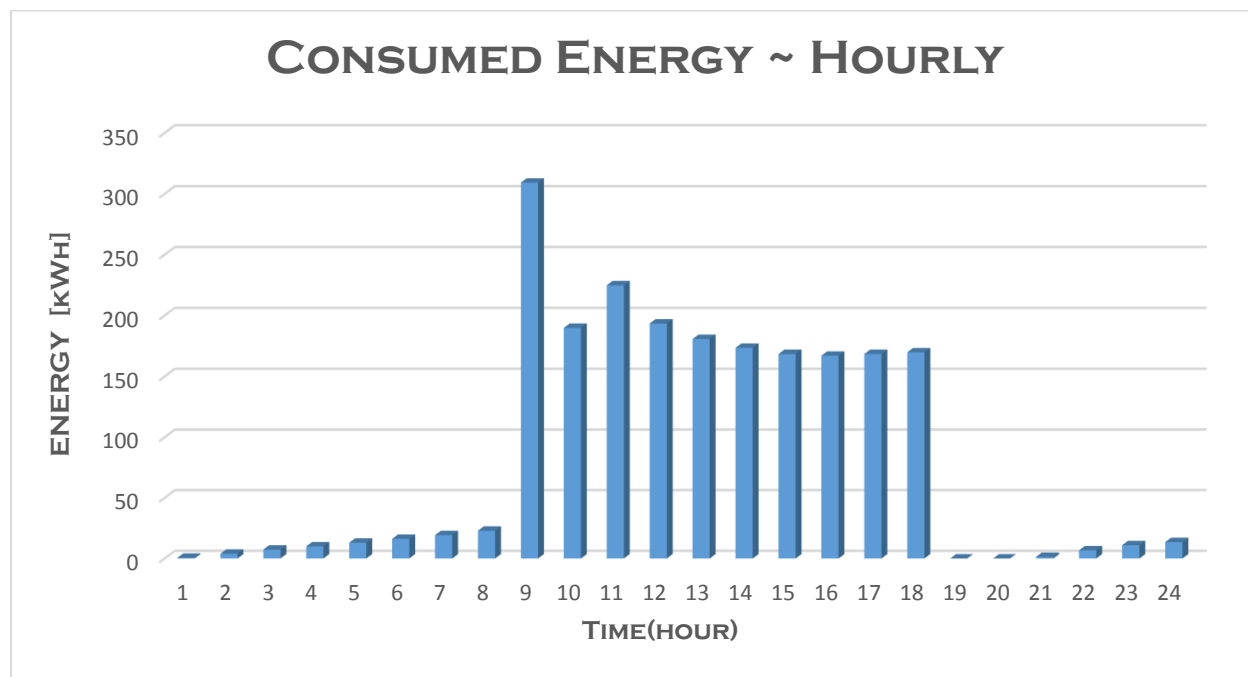
Στο Διάγραμμα 55 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 12/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το 1^ο σενάριο, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, δεν ελέγχεται, παρά μόνο τις ώρες λειτουργίας του.



Διάγραμμα 55. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 55, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με αρκετή δυσκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, προβλέπονται πολύ μεγάλες. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 56 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 56. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 56, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **2071,30 kWh**. Έτσι, εφόσον το κτίριο αφήνεται σε σχετική ελευθερία όσον αφορά την θερμοκρασία του εκτός των ωρών λειτουργίας του, η ισχύς που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του, είναι η υψηλότερη, καθώς χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας, και πόσο μάλλον για την υπό εξέταση ημέρα, όπου παρατηρούνται πολύ χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Έτσι, όπως είναι λογικό, η ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου για θέρμανση είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, γίνεται ολοένα και μικρότερη με τη πάροδο του χρόνου. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 57, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου, το οποίο, όπως φαίνεται, είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος.

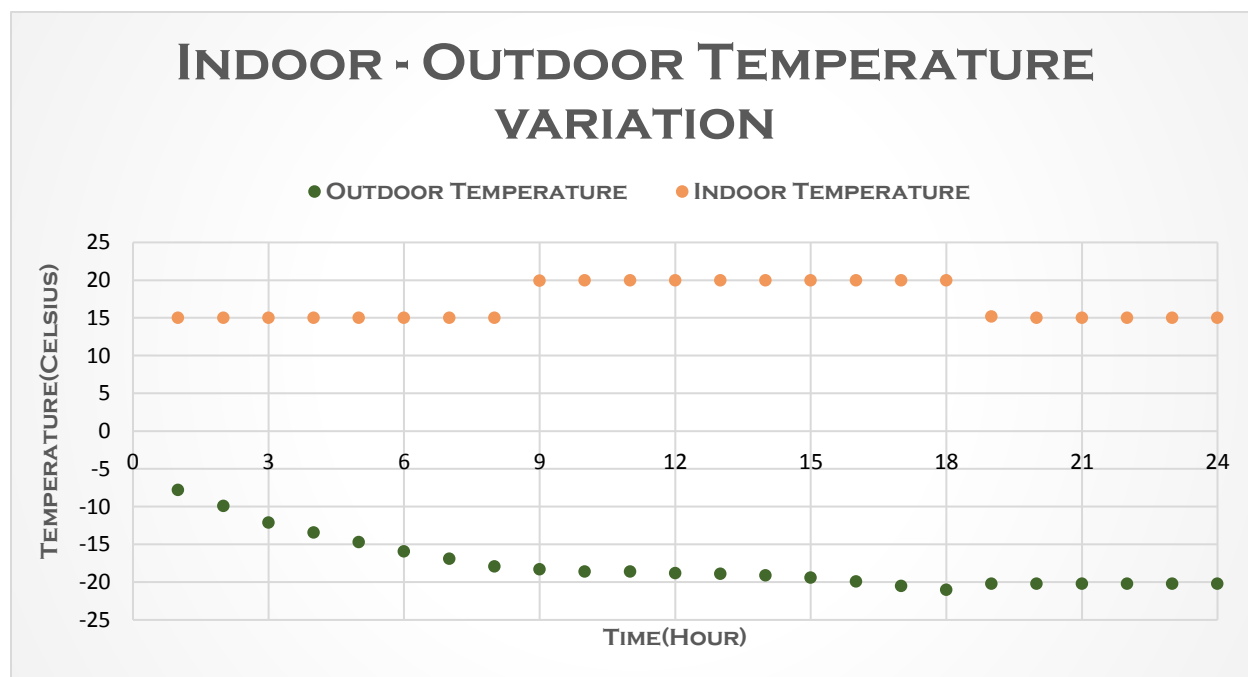


Διάγραμμα 57. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 15/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **143,44 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **371,12 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2^ο Σενάριο

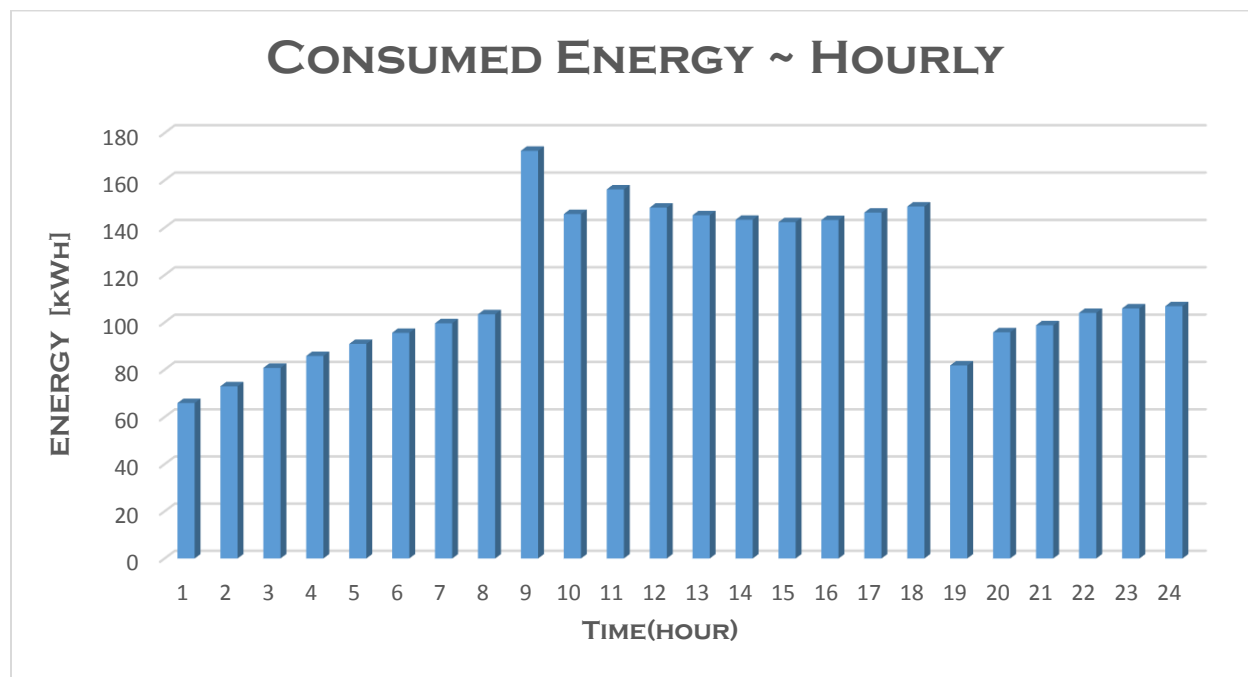
Στο Διάγραμμα 58 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 12/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **2ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και διατηρείται συνεχώς πάνω από 15°C.



Διάγραμμα 58. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

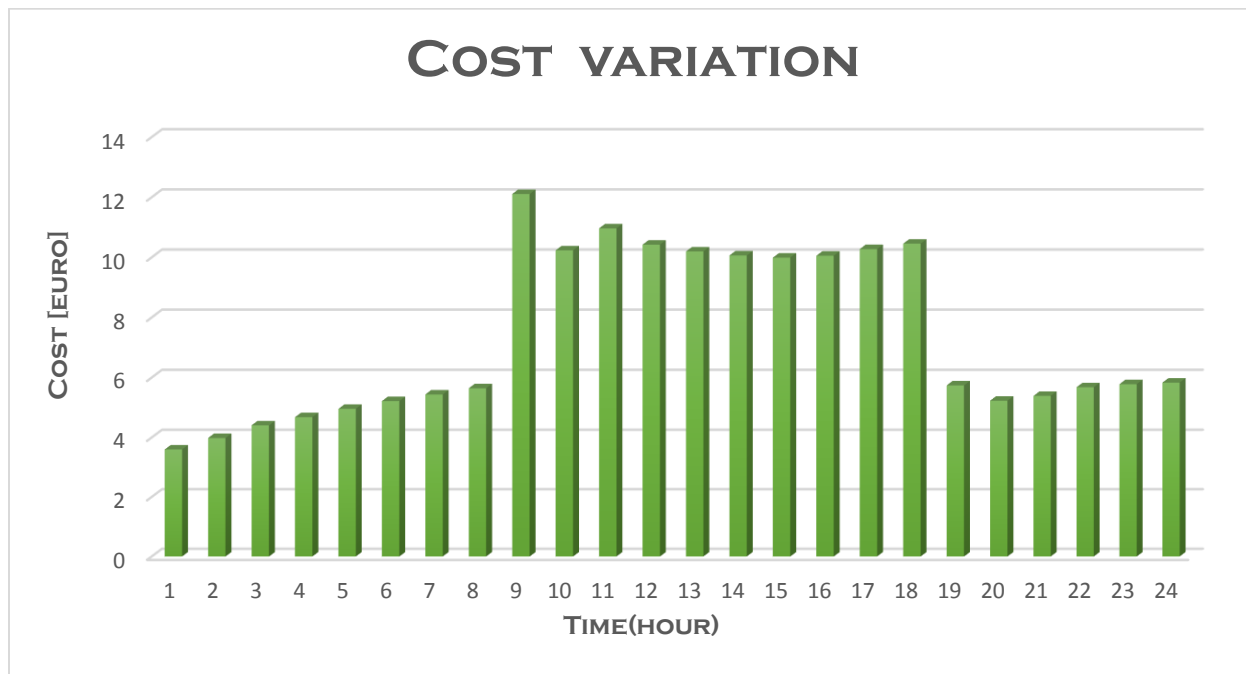
Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 58, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με σχετική δυσκολία και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου και την διατήρηση της θερμοκρασίας αυτού πάνω από 15 °C, προβλέπονται πολύ μεγαλύτερες από το πρώτο σενάριο, καθώς όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το κτίριο διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας πάνω από 15°C ενώ στο πρώτο σενάριο αφήνεται σε ελευθερία εκτός των ωρών λειτουργίας του. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα Διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

Στο Διάγραμμα 59 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 59. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 59, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **1261,28 kWh**. Έτσι, υπάρχουν πολύ μεγάλες απαιτήσεις ισχύος για την επίτευξη του σχεδίου καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου έχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά με την εξωτερική θερμοκρασία. Επίσης, παρατηρείται ότι η απαίτηση ισχύος για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την ώρα έναρξης λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερη από το προηγούμενο σενάριο αλλά οι απαιτήσεις για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας πριν την ώρα λειτουργίας (προθέρμανση κτιρίου) αυξάνονται σε πολύ μεγάλα επίπεδα. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, είναι σε αρκετά μικρότερα επίπεδα σε σχέση με την αρχική παρουσιάζοντας αυξομειώσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 60, όπου παρουσιάζεται το κόστος, το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο από το πρώτο σενάριο .

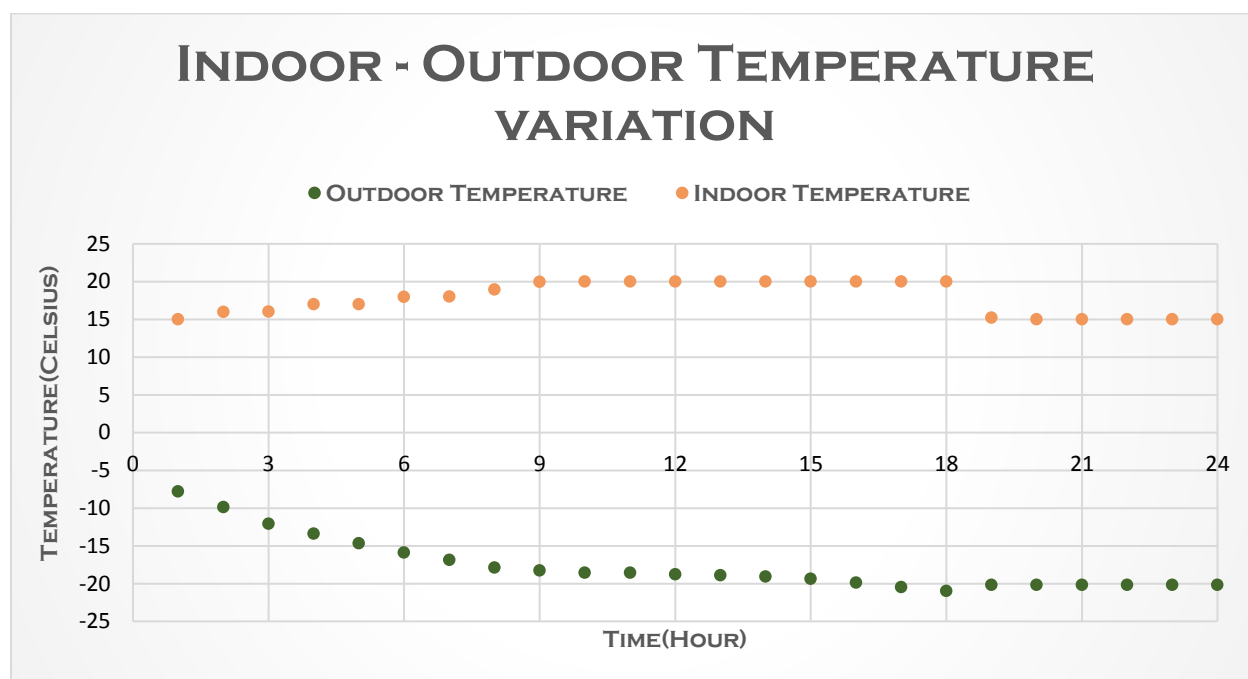


Διάγραμμα 60. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **176,38 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **454,46 €** . Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

3^ο Σενάριο

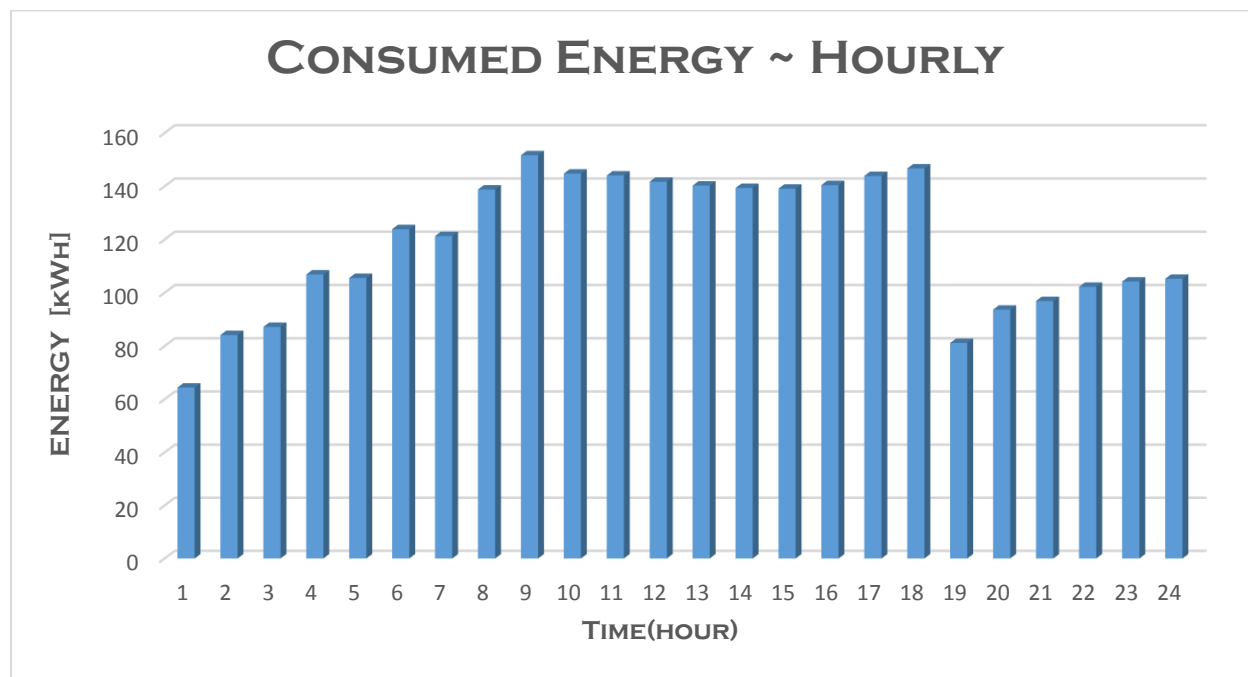
Στο Διάγραμμα 61 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 15/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **3ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας κλιμακωτά από 15°C έως και 20°C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και διατηρείται πάνω από 15°C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 61. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 61, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται αρκετά δύσκολα και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, την κλιμακωτή αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας από 15 °C έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και την διατήρηση αυτής πάνω από 15 °C από το πέρας της λειτουργίας του έως το τέλος της ημέρας, προβλέπονται αρκετά μεγαλύτερες από το δεύτερο σενάριο και κατ' επέκταση κι από το πρώτο, από το οποίο παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα παρακάτω Διαγράμματα.

Στο Διάγραμμα 62 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 62. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 62, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **2847,41 kWh**. Έτσι, οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς αυξήσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλες και παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, για την διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα, έπειτα από το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, χρειάζεται όλο και περισσότερη παροχή ισχύος καθώς μειώνεται κι η εξωτερική θερμοκρασία. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το

, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μεγαλύτερο από το πρώτο σενάριο αλλά μικρότερο από το δεύτερο.

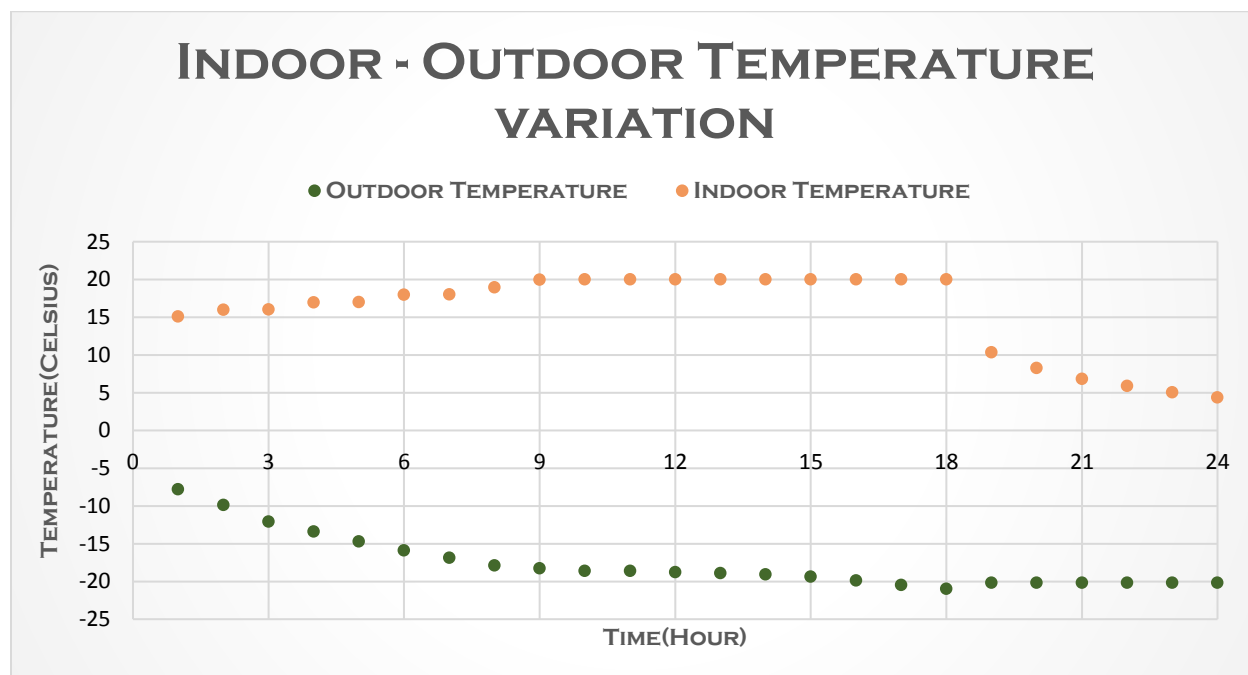


Διάγραμμα 63. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **179,10 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **461,15 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4^ο Σενάριο

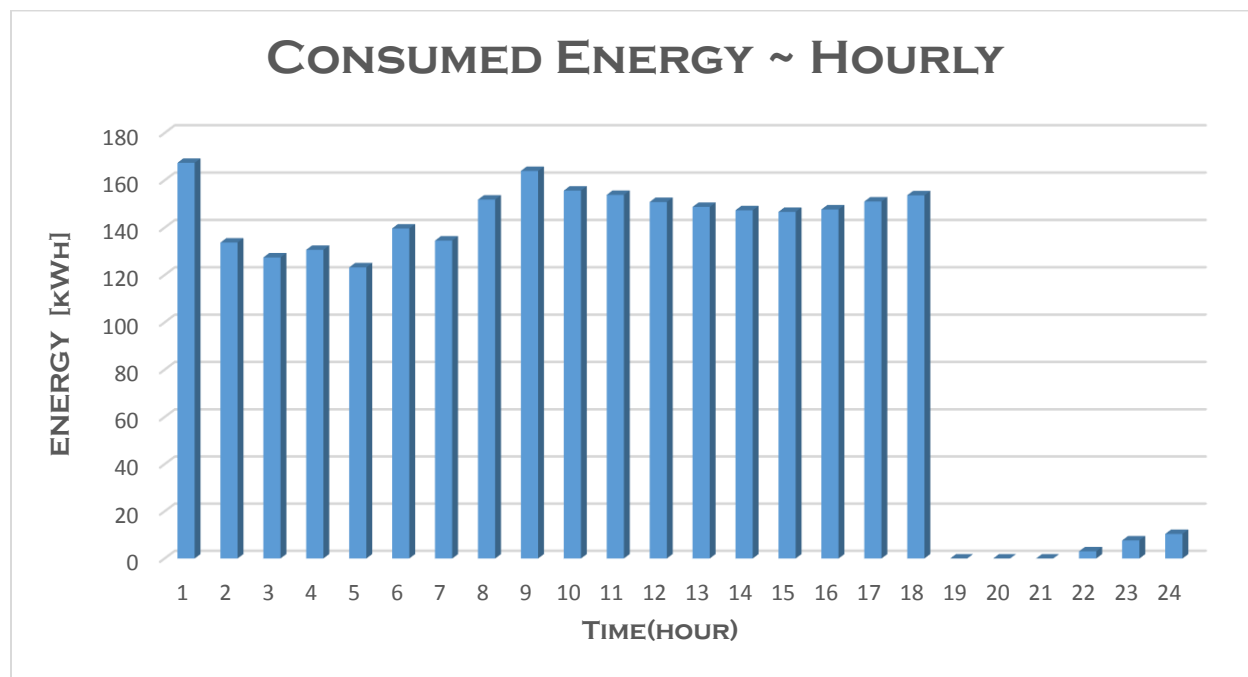
Στο Διάγραμμα 64 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 15/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **4ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας κλιμακωτά από 15°C έως και 20°C τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας κι αφήνεται ελεύθερο μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα.



Διάγραμμα 64. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 64, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται αρκετά δύσκολα και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου, την κλιμακωτή αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας από 15 °C έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, προβλέπονται αρκετά μεγαλύτερες από το δεύτερο σενάριο και κατ' επέκταση κι από το πρώτο, από το οποίο παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση αλλά μικρότερες από το τρίτο. Τα παραπάνω επαληθεύονται από τα παρακάτω Διαγράμματα.

Στο Διάγραμμα 65 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 65. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 65, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **2649,22 kWh**. Έτσι, οι ενεργειακές απαιτήσεις για τις συνεχείς αυξήσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλες και παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ό,τι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, όπως παρατηρείται, έπειτα από το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν χρειάζεται καθόλου ενέργεια καθώς το κτίριο αφήνεται σε ελευθερία όσον αφορά την εσωτερική του θερμοκρασία. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 66, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μεγαλύτερο από το πρώτο σενάριο αλλά μικρότερο από το δεύτερο.

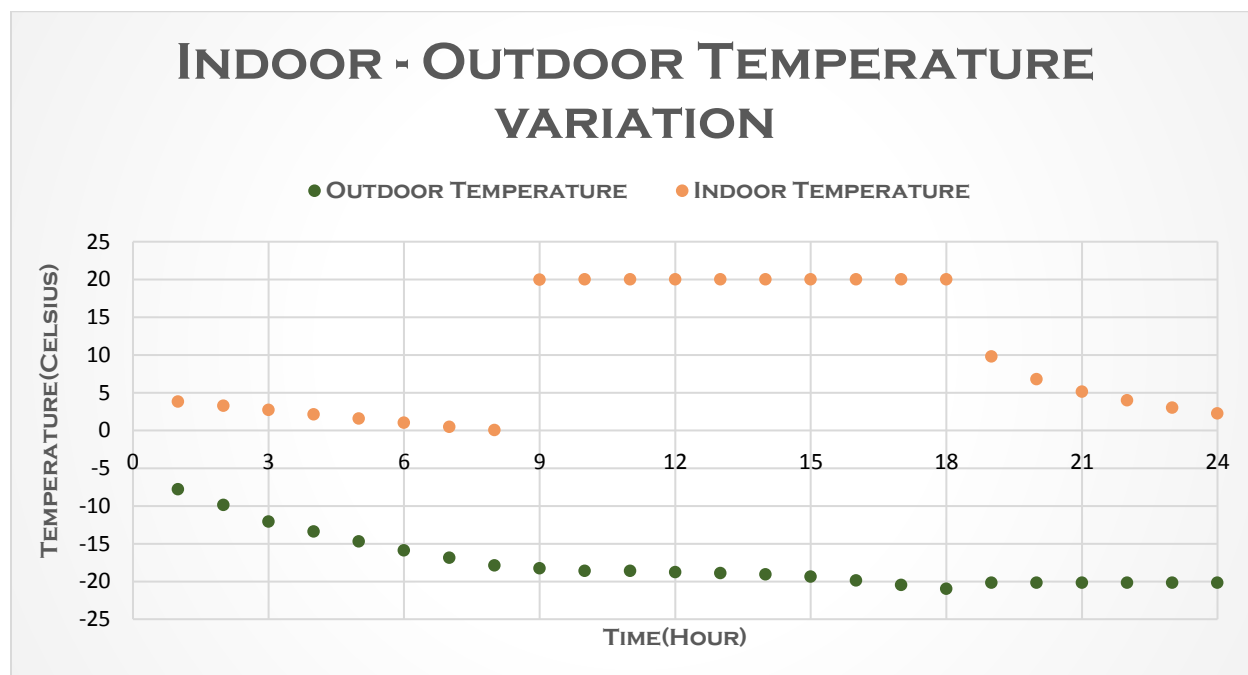


Διάγραμμα 66. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **168,35 €** . Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **434,20 €** . Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

5^ο Σενάριο

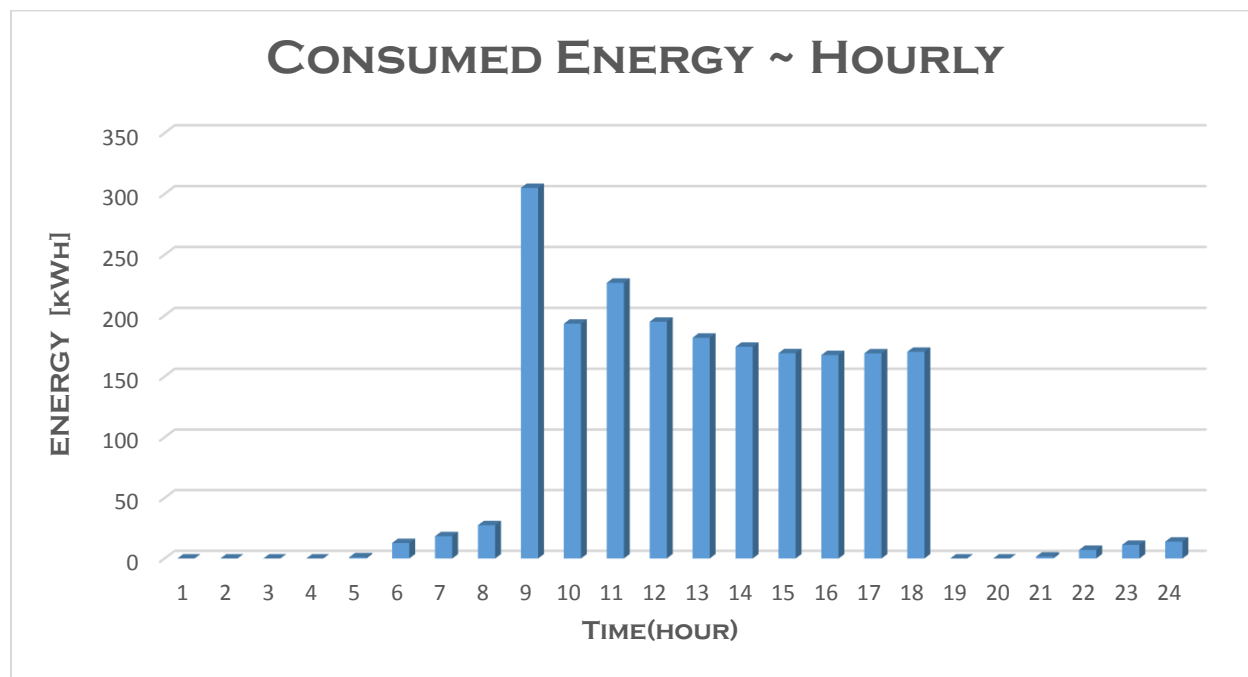
Στο Διάγραμμα 67 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 12/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **5^ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και παίρνει τιμές από 0 έως 20 °C, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου κι έως τα μεσάνυχτα το κτίριο παραμένει σε ελευθερία.



Διάγραμμα 67. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 67, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται δύσκολα και κατ' επέκταση οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση του κτιρίου και την επίτευξη των εσωτερικών θερμοκρασιών που επέλεξε ο γενετικός αλγόριθμος, προβλέπονται χαμηλότερες από όλα τα παραπάνω σενάρια επιτυγχάνοντας τη βέλτιστη δυνατή πρόψυξη τόσο όσον αφορά την εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και ενέργειας, παρουσιάζοντας τεράστια βελτίωση σε σχέση με το 4^ο σενάριο. Όλα τα παραπάνω επαληθεύονται στην συνέχεια, με την παράθεση των ανάλογων Διαγραμμάτων.

Στο Διάγραμμα 68 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 68. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 68, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **2045,746 kWh**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις που δημιουργούνται κατά τις ώρες ΜΗ αιχμής, οι οποίες δεν είναι ούτε μεγάλες αλλά ούτε και δαπανηρές, προκαλούν την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων κατά τις ώρες αιχμής. Κατά την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι χρειάζονται μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας απ' ότι στα προηγούμενα σενάρια καθώς και για την διατήρησή της κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου, το οποίο οφείλεται στην «προθέρμανση» του κτιρίου την 6^η, 7^η και 8^η ώρα της ημέρας. Επίσης, όπως παρατηρείται, η θερμοκρασία δεν ελέγχεται μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, κι έτσι δεν υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το Διάγραμμα 69, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος και μικρότερο ακόμα από το πρώτο σενάριο, όπου το κτίριο αφήνεται ελεύθερο.



Διάγραμμα 69. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **142,15 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **367,18 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 49 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

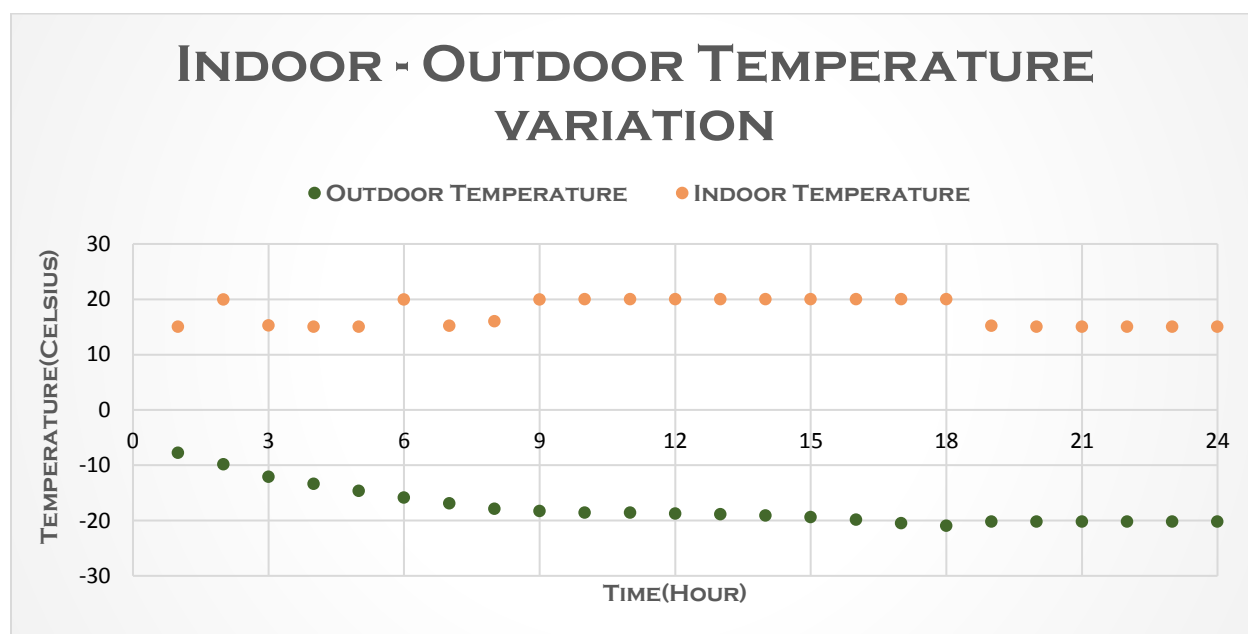
Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
01/12 01:00	-7.8	3.783910531	-2	50	0	0	0	0	0
01/12 02:00	-9.9	3.248364256	-12	50	0	0	0	0	0
01/12 03:00	-12.1	2.7094589	-4	50	0	0	0	0	0
01/12 04:00	-13.4	2.11706008	-10	50	0	0	0	0	0
01/12 05:00	-14.7	1.537680101	-4	50	0	0	16459559	1.016022166	0.055475
01/12 06:00	-15.9	0.991667439	-2	50	0	0	2.07E+08	12.76092939	0.696747
01/12 07:00	-16.9	0.461933751	-1	50	0	0	2.98E+08	18.39399307	1.004312
01/12 08:00	-17.9	2.92E-02		50	0	0	4.45E+08	27.46079764	1.49936
01/12 09:00	-18.3	19.95129314	20	24	0	5881340	4.94E+09	304.8892695	21.40323
01/12 10:00	-18.6	20	20	24	0	0	3.13E+09	193.3493531	13.57312
01/12 11:00	-18.6	20	20	24	0	0	3.68E+09	226.9467913	15.93166
01/12 12:00	-18.8	20	20	24	0	0	3.16E+09	194.9585569	13.68609
01/12 13:00	-18.9	20	20	24	0	0	2.95E+09	181.8276576	12.7643
01/12 14:00	-19.1	20	20	24	0	0	2.82E+09	174.3769955	12.24127
01/12 15:00	-19.4	20	20	24	0	0	2.74E+09	169.1112076	11.87161
01/12 16:00	-19.9	20	20	24	0	0	2.71E+09	167.5809335	11.76418
01/12 17:00	-20.5	20	20	24	0	0	2.74E+09	169.0007194	11.86385
01/12 18:00	-21	20	20	24	0	0	2.76E+09	170.2522748	11.95171
01/12 19:00	-20.2	9.787612613		50	0	0	0	0	0
01/12 20:00	-20.2	6.749255782		50	0	0	0	0	0
01/12 21:00	-20.2	5.114437639		50	0	0	25551181	1.577233386	0.086117
01/12 22:00	-20.2	3.966639494		50	0	0	1.15E+08	7.086006235	0.386896
01/12 23:00	-20.2	3.007380883		50	0	0	1.82E+08	11.2630566	0.614963
01/12 24:00	-20.2	2.235321332		50	0	0	2.25E+08	13.89420056	0.758623
TOTAL								2045.746	367.18

Εικόνα 49. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 12/01

6^ο Σενάριο

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να ελεγχθεί άλλο ένα σενάριο, στο οποίο ο γενετικός αλγόριθμος θα ελέγχει το κτίριο καθ' όλη της ημέρας και θα το διατηρεί σε θερμοκρασία πάνω από 15°C.

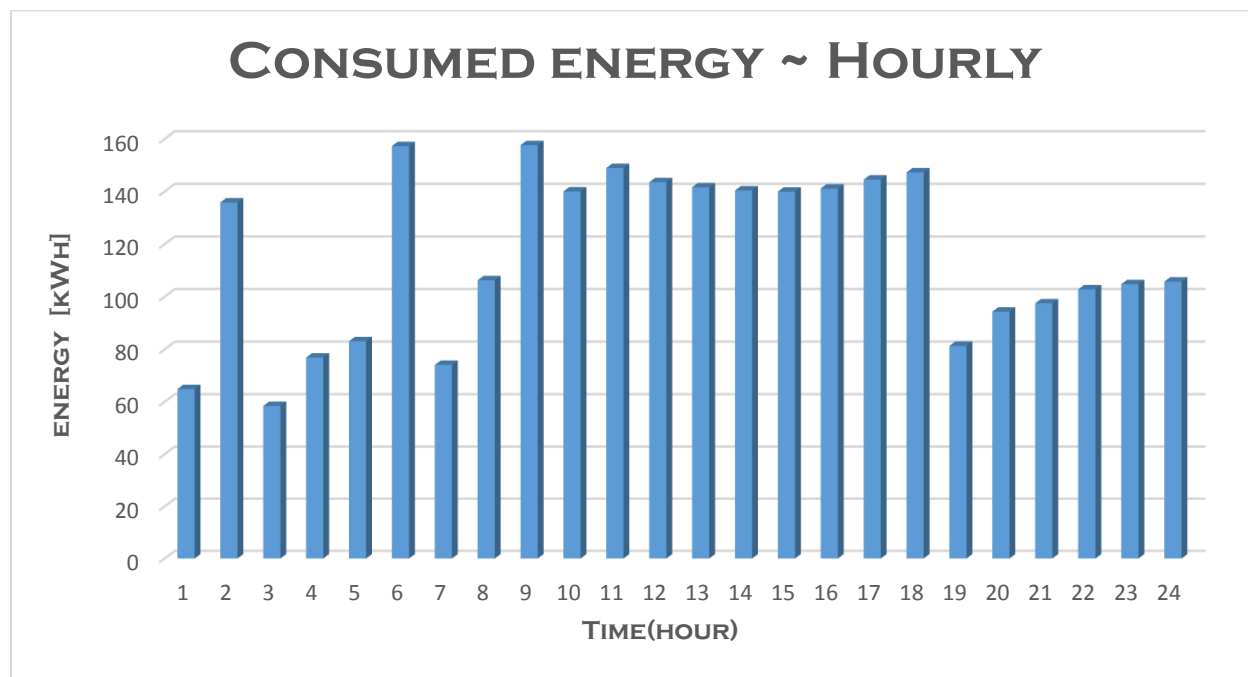
Στο Διάγραμμα 70 παρουσιάζεται τόσο η εξωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για την 12/01 καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο «1floorEastMRoom» για το **6ο σενάριο**, όπου η θερμοκρασία του κτιρίου, ελέγχεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και παίρνει τιμές από 15 έως 20 °C κατά τις πρώτες 8 ώρες και μετά το πέρας λειτουργίας του διατηρείται πάνω από 15°C.



Διάγραμμα 70. Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 70, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για χειμερινό μήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και συγκεκριμένα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές με μέση ημερήσια θερμοκρασιακή τιμή ίση με -17,6 °C. Έτσι, καταλήγουμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας είναι σε φυσιολογικά επίπεδα, κι ο γενετικός επιλέγει να αυξήσει την θερμοκρασία του κτιρίου την 4^η και την 8^η ώρα της ημέρας.

Στο Διάγραμμα 71 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ισχύος για όλο το 24ωρο . Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 71. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 71, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε **2788,605 kWh**. Οι απαιτήσεις για την διατήρηση της θερμοκρασίας πάνω από 15 °C είναι πολύ μεγάλες αλλά με την προθέρμανση μέσω γενετικού αλγορίθμου μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες αιχμής, όπου κι η ενέργεια έχει μεγαλύτερο κόστος. Παρατηρείται ότι ο γενετικός επιλέγει να αυξήσει την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου στα πλαίσια της προθέρμανσης κατά την 2^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας όπου παρουσιάζονται και μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες πρώτες οκτώ ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως 08.00. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για την διατήρηση της θερμοκρασίας πάνω από 15 °C. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος αλλά και την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, παρατηρείται ότι η απαίτηση ισχύος για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την ώρα έναρξης λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερη από το αρχικό σενάριο λόγω της προθέρμανσης. Στην συνέχεια παρατηρείται ότι η ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, για την διατήρηση τη επιθυμητής θερμοκρασίας, είναι σε αρκετά μικρότερα επίπεδα σε σχέση με την αρχική, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί κι αποτέλεσμα της «προθέρμανσης» που επιτυγχάνεται μέσω του γενετικού. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το παρακάτω γράφημα Διάγραμμα 72, όπου παρουσιάζεται το κόστος για κάθε ώρα του κτιρίου κι όπως φαίνεται είναι αναλογικό της απαιτούμενης ισχύος.



Διάγραμμα 72. Ωριαίο απαιτούμενο κόστος κτιρίου για θέρμανση για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος γι' αυτήν την περίπτωση ισοδυναμεί με **176,07 €**. Από την άλλη, το συνολικό ημερήσιο κόστος, μαζί με τα πάγια κλπ. ανέρχεται σε **453,48 €**. Στο αναγραφέν κόστος, συμπεριλαμβάνονται όλα τα πάγια για την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κι επίσης τα σταθερά πάγια για το υπό εξέταση κτίριο, τα οποία έχουν υπολογιστεί βάση μελέτης που έγινε στα τιμολόγια της εταιρίας για την ενεργειακή κατανάλωση κι αφορούν την μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια καθώς και τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην Εικόνα 50 παρουσιάζονται τόσο οι θερμοκρασίες εντός κι εκτός του κτιρίου, όσο και τα θερμοκρασιακά setpoints που έδωσε ο γενετικός ως βέλτιστα αλλά και οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

Date/Time	Outdoor Temp	Indoor Temp	Htg Set	Cig Set	Electricity	Cooling	Heating	Power [kWh]	Cost[€]
01/12 01:00	-7.8	15	15	50	0	0	1.05E+09	64.89684942	3.543368
01/12 02:00	-9.9	19.94612697	20	50	0	0	2.2E+09	135.8699189	7.418498
01/12 03:00	-12.1	15.23082049	15	50	0	0	9.47E+08	58.44326331	3.191002
01/12 04:00	-13.4	15.00645209	15	50	0	0	1.25E+09	76.87057785	4.197134
01/12 05:00	-14.7	15.00002072	15	50	0	0	1.35E+09	83.07334612	4.535805
01/12 06:00	-15.9	19.94329822	20	50	0	0	2.55E+09	157.2955978	8.58834
01/12 07:00	-16.9	15.18793979	15	50	0	0	1.2E+09	74.08115138	4.044831
01/12 08:00	-17.9	15.9649951	16	50	0	0	1.72E+09	106.2785167	5.802807
01/12 09:00	-18.3	19.94715263	20	24	0	0	2.55E+09	157.670749	11.06849
01/12 10:00	-18.6	20	20	24	0	0	2.27E+09	140.0415699	9.830918
01/12 11:00	-18.6	20	20	24	0	0	2.41E+09	148.9729976	10.4579
01/12 12:00	-18.8	20	20	24	0	0	2.33E+09	143.5618033	10.07804
01/12 13:00	-18.9	20	20	24	0	0	2.29E+09	141.6177455	9.941566
01/12 14:00	-19.1	20	20	24	0	0	2.27E+09	140.4171621	9.857285
01/12 15:00	-19.4	20	20	24	0	0	2.27E+09	139.9644136	9.825502
01/12 16:00	-19.9	20	20	24	0	0	2.29E+09	141.1751107	9.910493
01/12 17:00	-20.5	20	20	24	0	0	2.34E+09	144.5621599	10.14826
01/12 18:00	-21	20	20	24	0	0	2.39E+09	147.3061533	10.34089
01/12 19:00	-20.2	15.20573266	15	50	0	0	1.32E+09	81.31921991	5.708609
01/12 20:00	-20.2	15.00290559	15	50	0	0	1.53E+09	94.35158087	5.151596
01/12 21:00	-20.2	15.00000007	15	50	0	0	1.58E+09	97.49296237	5.323116
01/12 22:00	-20.2	15.00000001	15	50	0	0	1.67E+09	102.8083643	5.613337
01/12 23:00	-20.2	15	15	50	0	0	1.7E+09	104.7661122	5.72023
01/12 24:00	-20.2	15	15	50	0	0	1.71E+09	105.7681126	5.774939
TOTAL								2788.6054	453.48

Εικόνα 50. Αποτελέσματα Γενετικού αλγορίθμου για την 12/01

Οι υπόλοιπες ημέρες που εξετάστηκαν τόσο για τα Χανιά όσο και για το Βίλνιους, δεν παρουσιάζονται στην εν λόγω διπλωματική εργασία για λόγους συντομίας. Η λογική με την οποία επελέγησαν οι μέρες και σε αυτήν την περίπτωση ήταν να επιλεγούν οι μέρες με την χαμηλότερη, την μέση και την μεγαλύτερη μέση ημερήσια θερμοκρασία του εκάστοτε μήνα.

5.3 Συγκριτικά ημερήσια αποτελέσματα

Παρακάτω παρατίθενται συγκριτικά διαγράμματα για τα υπό εξέταση σενάρια και ημέρες.

Για τα Διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω, χρειάζεται να δοθούν κάποιες διευκρινήσεις, όπως για τους τίτλους των υπομνημάτων :

- **Αρχικό(Original)** : 1^ο Σενάριο, όπου το κτίριο παραμένει ελεύθερο ελέγχου και δεν ελέγχεται η θερμοκρασία του παρά μόνο στις ώρες λειτουργίας του, από τις 08:00-18:00 διάστημα κατά το οποίο η θερμοκρασία θερμοστάτη για θέρμανση καθορίζεται στους 20°C.
- **Σταθερό(Flat)** : 2^ο Σενάριο, όπου το κτίριο ελέγχεται καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου θέτοντας ως κατώτατη θερμοκρασία τους 15 °C για θέρμανση και ως ανώτατη τους 24 βαθμούς για ψύξη για τις ώρες εκτός λειτουργίας. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα.
- **Κλιμακωτό(Scaling)** : 3^ο Σενάριο, κατά τις πρώτες 8 ώρες των ημερών του Ιανουαρίου και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη αυξάνεται προοδευτικά από τους 15°C έως τους 20°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα προθέρμανσης του κτιρίου. Αντίστοιχα για τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη μειώνεται προοδευτικά από τους 30°C μέχρι τους 25°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα πρόψυξης του κτιρίου. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, ενώ για μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15°C για τον χειμώνα και κάτω από 30°C για το καλοκαίρι.
- **Κλιμακωτό_8ώρες(Scaling_Free)** : 4^ο Σενάριο, όπου κατά τις πρώτες 8 ώρες των ημερών του Ιανουαρίου και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη αυξάνεται προοδευτικά από τους 15°C έως τους 20°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα προθέρμανσης του κτιρίου. Αντίστοιχα για τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 η θερμοκρασία του θερμοστάτη μειώνεται προοδευτικά από τους 30°C μέχρι τους 25°C ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητα πρόψυξης του κτιρίου. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, ενώ για μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία αφήνεται σε ελευθερία.
- **Βελτιστοποιημένο(Optimized)**: 5^ο Σενάριο, όπου το κτίριο ελέγχεται, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενέργειας με πεδίο τιμών από 0-20°C για θέρμανση και 25-37°C για ψύξη. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα.

- **Βελτιστοποιημένο_O15(Optimized_O15)** : 6^ο Σενάριο, όπου το κτίριο ελέγχεται, με χρήση γενετικών αλγορίθμων, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενέργειας με πεδίο τιμών από 15-20°C για θέρμανση και 24-30 °C για ψύξη. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C τον χειμώνα ενώ κάτω από 30 °C για το καλοκαίρι.
- **Βελτιστοποιημένο_U30(Optimized_U30)** : 6^ο Σενάριο, όπου το κτίριο ελέγχεται, με χρήση γενετικών αλγορίθμων, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας και συγκεκριμένα από 00:00-08:00 χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενέργειας με πεδίο τιμών από 15-20°C για θέρμανση και 24-30 °C για ψύξη. Για τις ώρες λειτουργίας ισχύουν οι τιμές θερμοστάτη 20°C και 24°C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C τον χειμώνα ενώ κάτω από 30 °C για το καλοκαίρι.

Όλα τα παραπάνω έχουν αναφερθεί και στην προηγούμενη ενότητα, αλλά αναφέρονται κι εδώ για επεξηγηματικούς λόγους καθώς και για την καλύτερη κι ευκολότερη κατανόηση των διαγραμμάτων που παρουσιάζονται.

5.3.1 Αποτελέσματα περιόδου θέρμανσης (Ιανουάριος)

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά διαγράμματα σχετικά με τις θερμοκρασίες, τις ενεργειακές απαιτήσεις, τη διακύμανση του για τον μήνα Ιανουάριο και για τις τρεις υπό εξέταση περιοχές. Όσον αφορά το κόστος ενέργειας σημειώνεται ότι αυτό αξιολογείται τόσο ως άμεσο κόστος βάσει των σχετικών χρονικών χρεώσεων ανά kWh όσο και συνολικά λαμβάνοντας υπόψη πάγια, φόρους, έμμεσες χρεώσεις κλπ.

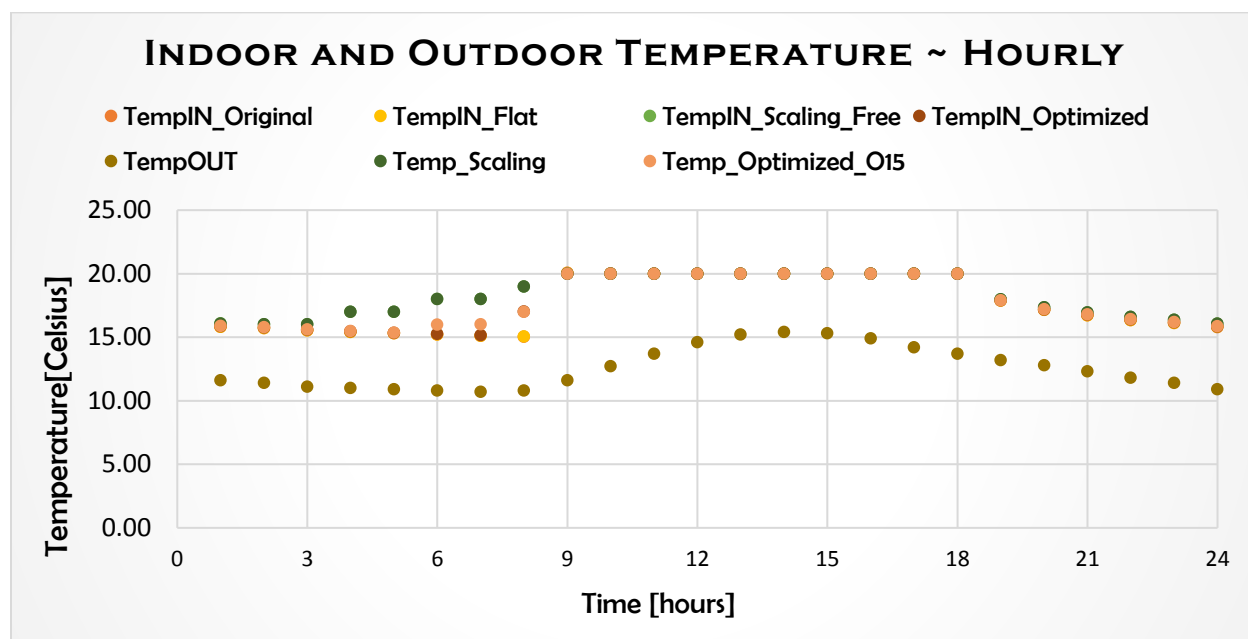
5.3.1.1 Ανκόνα (Ιταλία)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιανουάριο στην Ανκόνα της Ιταλίας παρουσιάζονται παρακάτω.

1^η Ιανουαρίου

Η 1^η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία (12.6 °C) για τον Ιανουάριο.

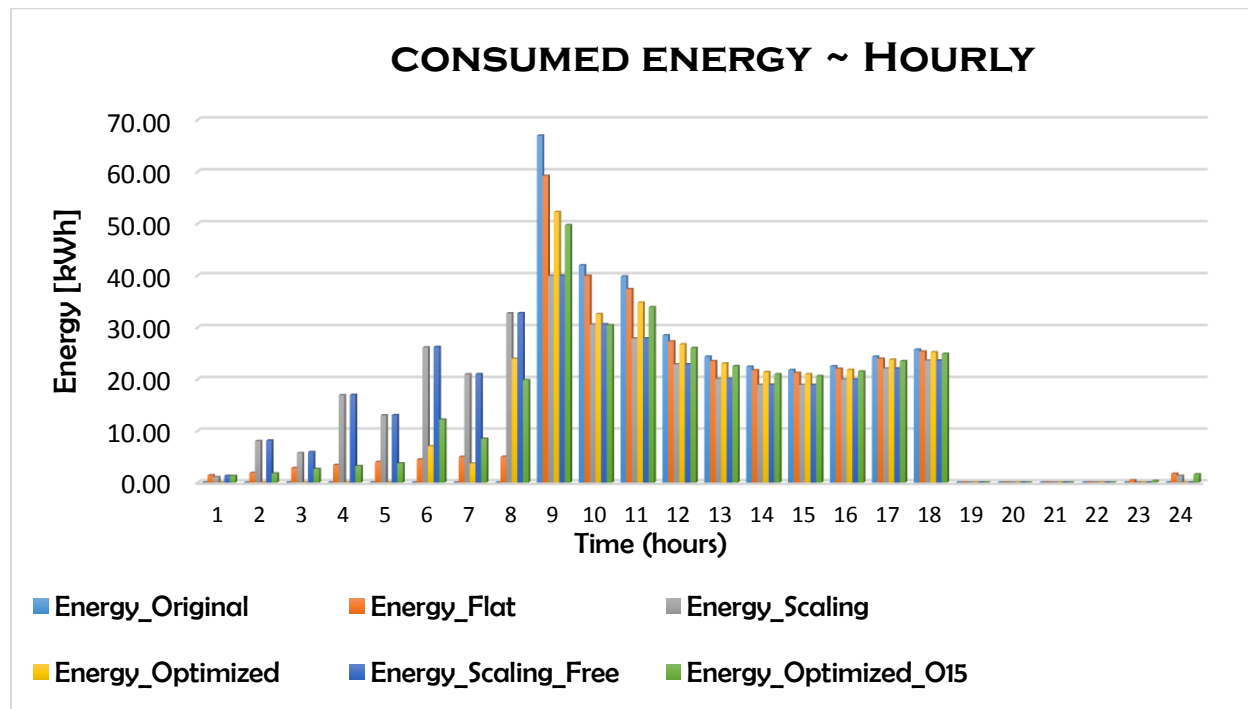
Στο Διάγραμμα 73 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 73.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 73, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάλογα με το υπό εξέταση σενάριο. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Όλες οι άλλες περιπτώσεις παρουσιάζουν σχεδόν ίδιες θερμοκρασιακές τιμές με ελάχιστες διαφοροποιήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι κατά το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized), η θερμοκρασία του κτιρίου λαμβάνει χαμηλότερες τιμές κατά την 6^η και 7^η ώρα της ημέρας ενώ κατά το 2^ο σενάριο (Σταθερό - Flat), η θερμοκρασία λαμβάνει τη χαμηλότερη τιμή κατά την 8^η ώρα της ημέρας, σε σχέση με τα υπόλοιπα υπό εξέταση σενάρια.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 74, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

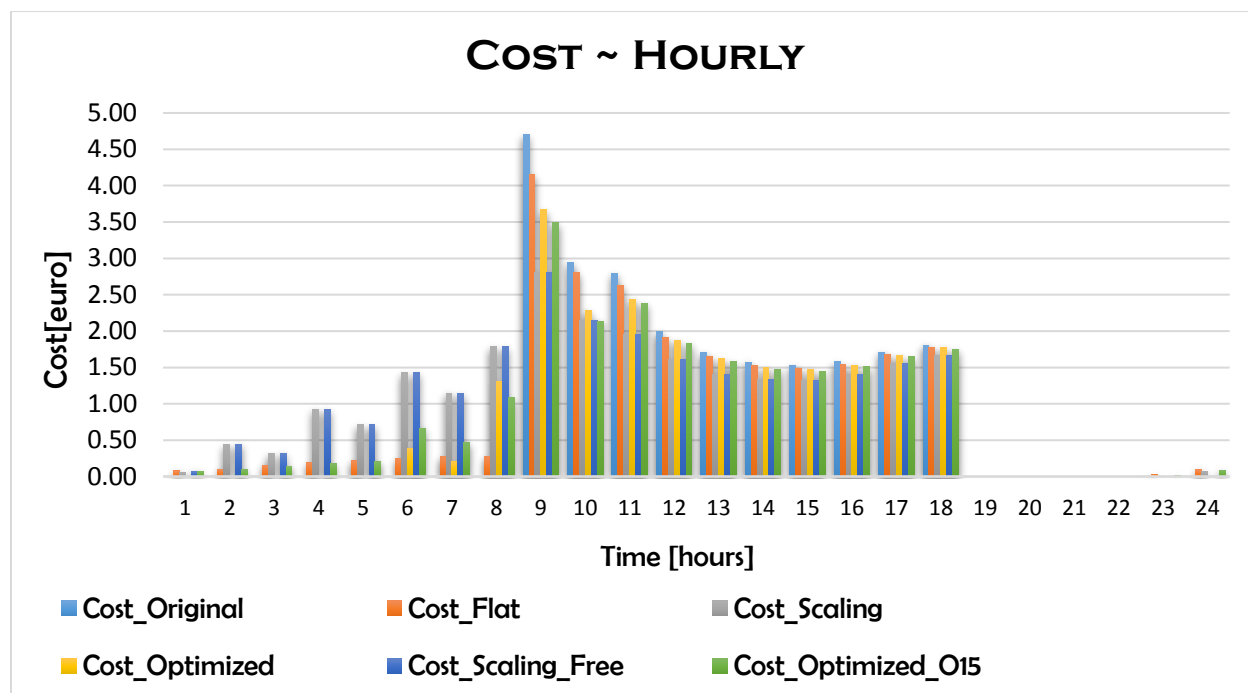


Διάγραμμα 74. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 74, οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού, δηλαδή το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15). Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 2^ο σενάριο (Σταθερό - Flat) καθώς δεν επιτυγχάνεται κάποιου είδους προθέρμανση διατηρώντας την θερμοκρασία πάνω από τους 15 °C χωρίς να την αυξάνει περαιτέρω. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου,

οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι σχεδόν μηδενικές με εξαίρεση την 23^η και την 24^η ώρα της ημέρας όπου παρουσιάζονται πολύ μικρές ενεργειακές απαιτήσεις κατά το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_Ο15 – Optimized_Ο15). Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα διακύμανσης κόστους καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

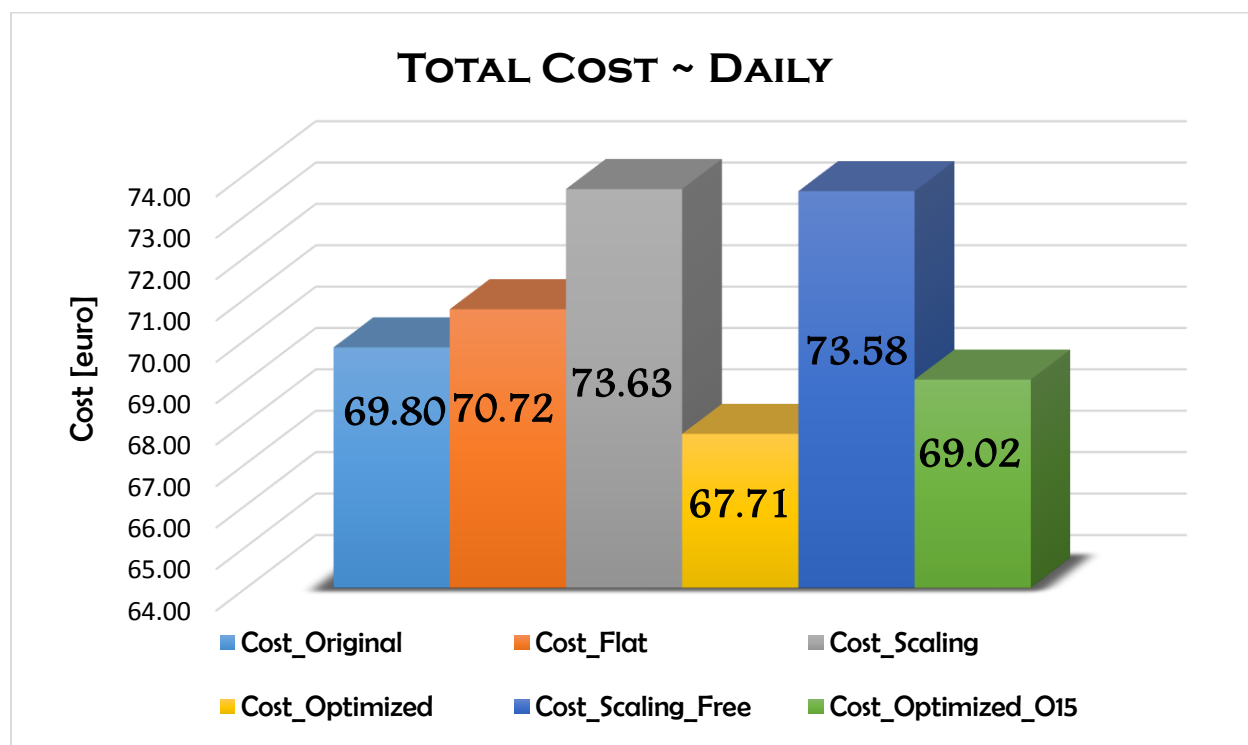
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 75.



Διάγραμμα 75. Διακύμανση κόστους για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 2^ο σενάριο, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μηδενικές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 24^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

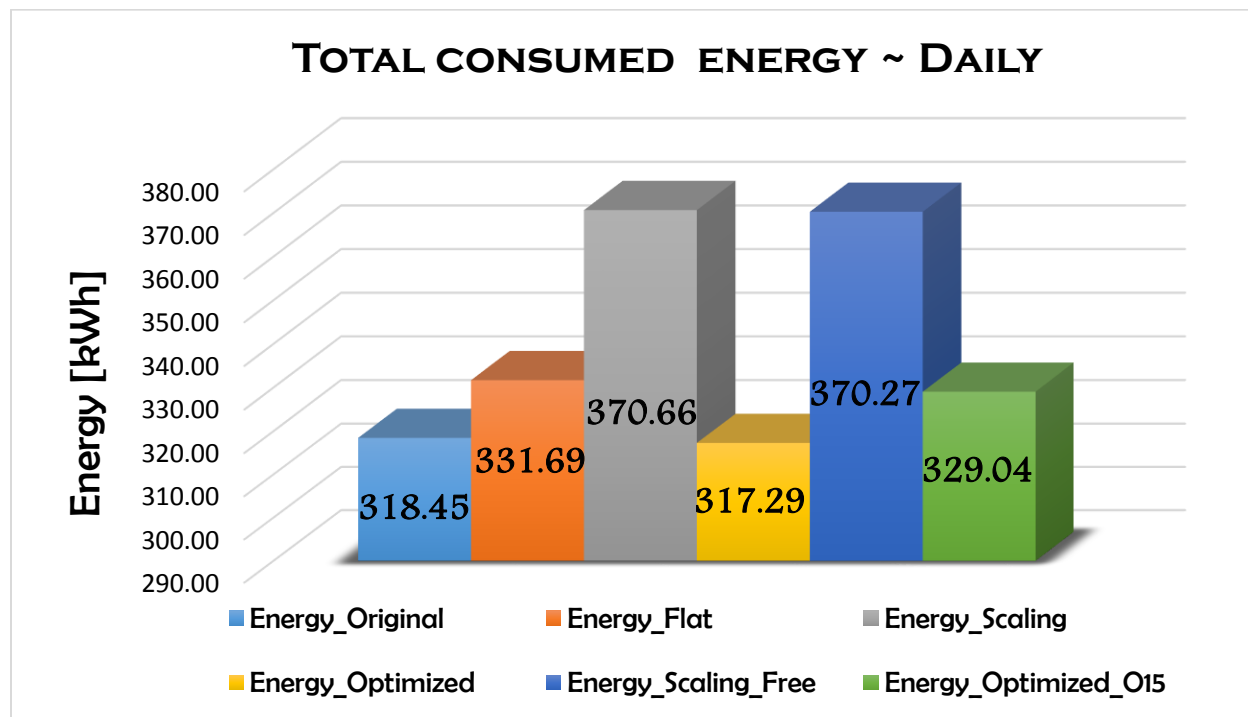
Στο Διάγραμμα 76 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.



Διάγραμμα 76.Συνολικό τελικό κόστος για την 01/01

Στο παραπάνω Διάγραμμα είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται πάνω από 15°C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση 2,09€ ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Στο Διάγραμμα 77 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 77. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) με το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **1,5kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 4 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	3.99	-0.01	14.09	5.20	13.99	5.13
Σταθερό (Flat)	-4.16	-1.32	0.00	0.00	10.51	3.95	10.42	3.88
Κλιμακωτό (Scaling)	-16.40	-5.49	-11.75	-4.11	0.00	0.00	-0.11	-0.07
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-16.27	-5.41	-11.63	-4.04	11.23	6.26	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.36	3.00	4.34	4.26	14.40	8.04	14.31	7.98
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-3.33	1.12	0.80	2.41	11.23	6.26	11.13	6.19

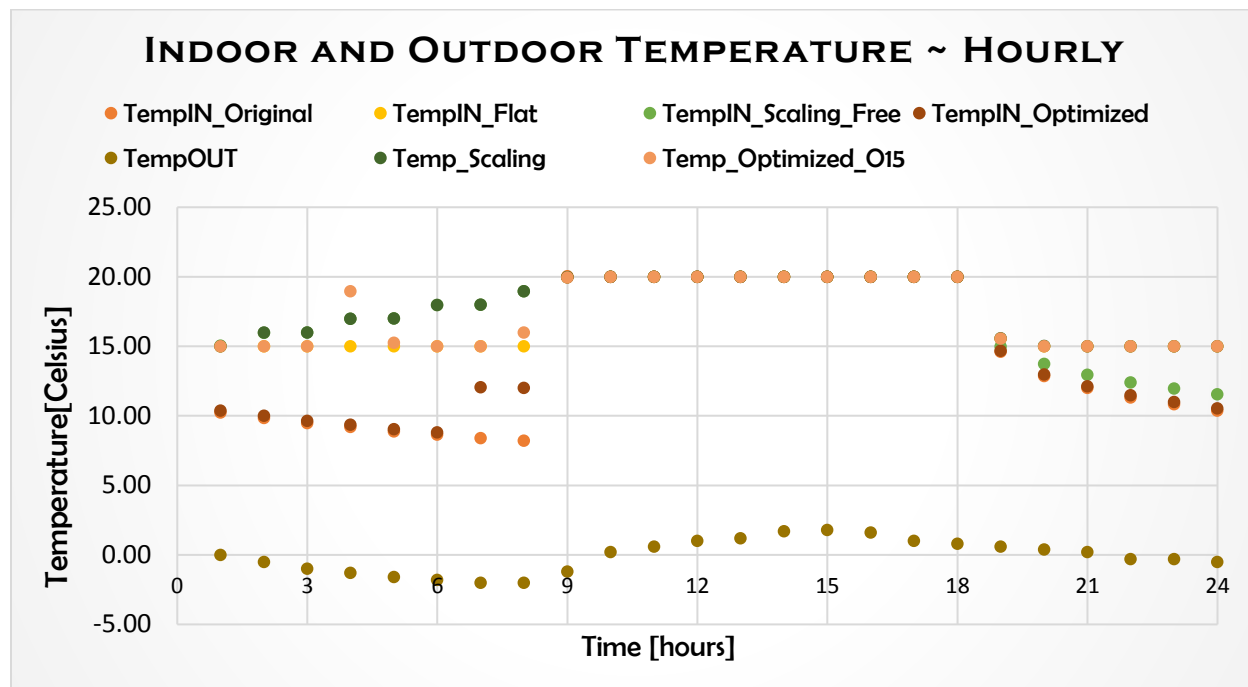
Πίνακας 4. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01

Στον Πίνακα 4, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,36% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **3%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 14,31% όσον αφορά την ενέργεια και **7,98%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

15^η Ιανουαρίου

Η 15η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (-0.1 °C) για τον Ιανουάριο.

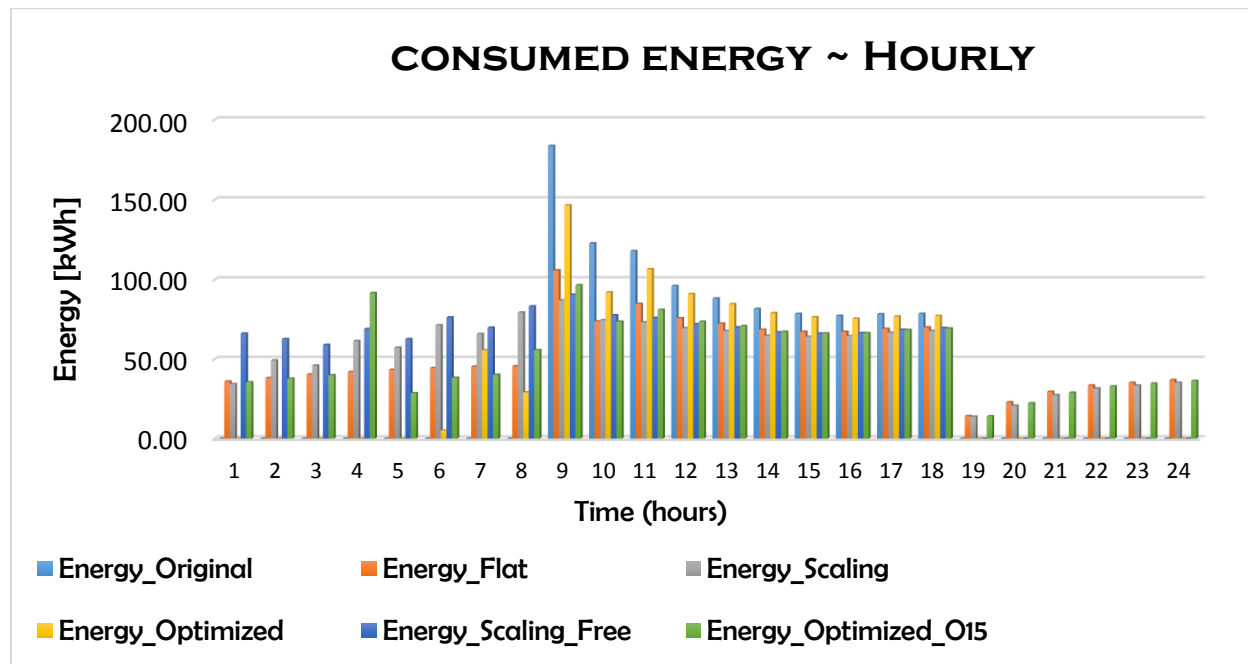
Στο Διάγραμμα 78 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 78.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 15/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 78, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling), της κλιμακωτής αύξησης, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 7^η και 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο σενάριο να παρουσιάζει και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 79, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

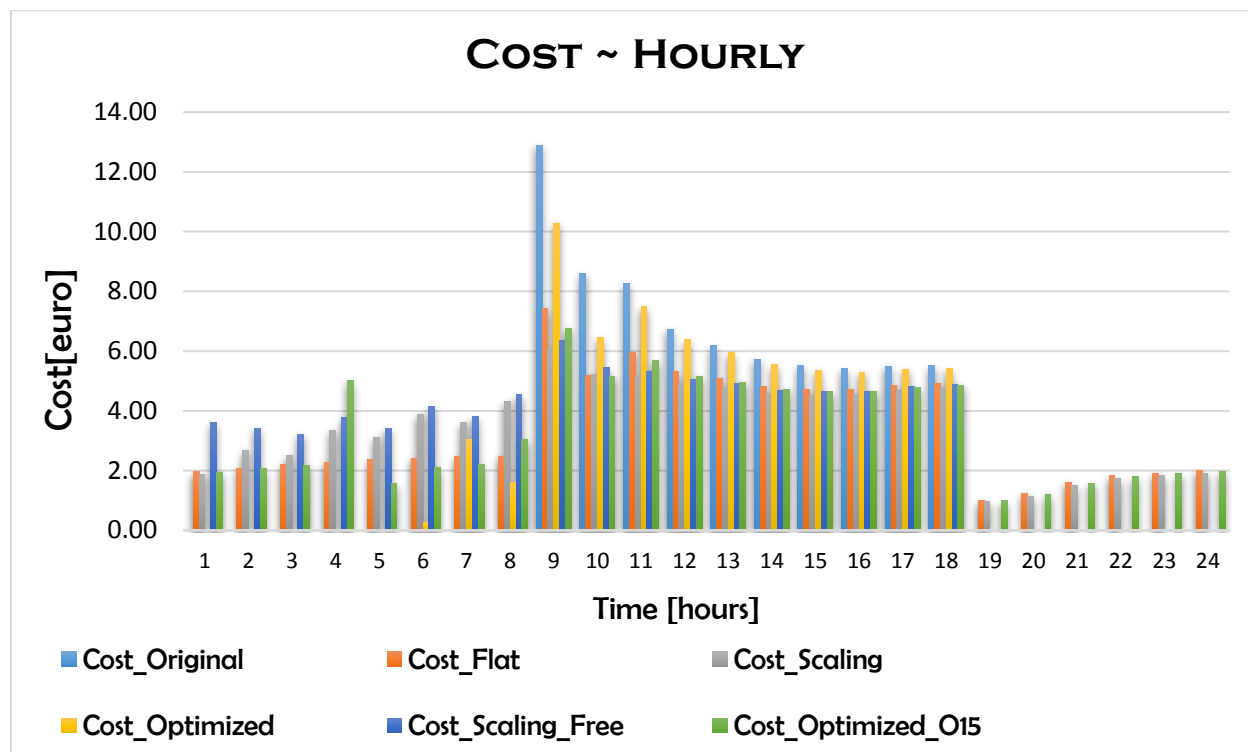


Διάγραμμα 79. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 79, οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν 2^ο (Σταθερό - Flat) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι

αρκετά μεγάλες για το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 80 καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

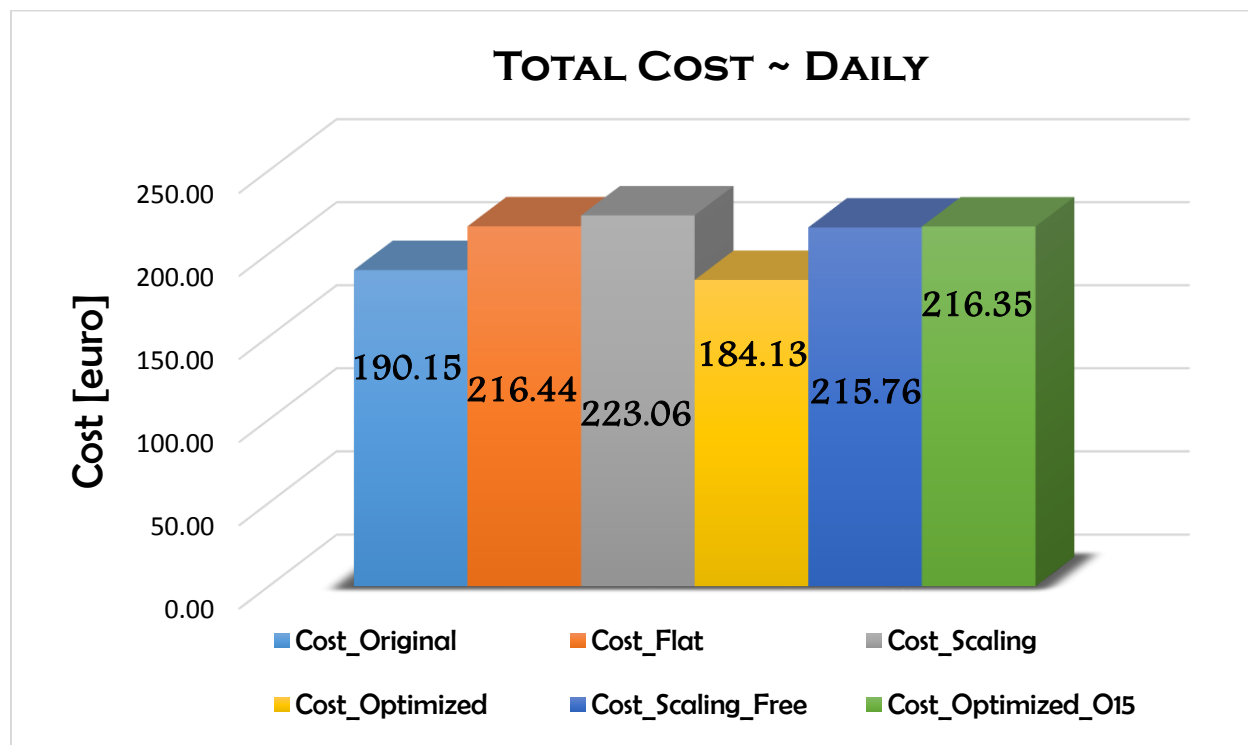
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 80.



Διάγραμμα 80. Διακύμανση κόστους για την 15/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου παρουσιάζεται ενεργειακό κόστος μόνο για τα 3 σενάρια, στα οποία ελέγχεται το κτίριο σε αυτό το χρονικό διάστημα, δηλαδή το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 81 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

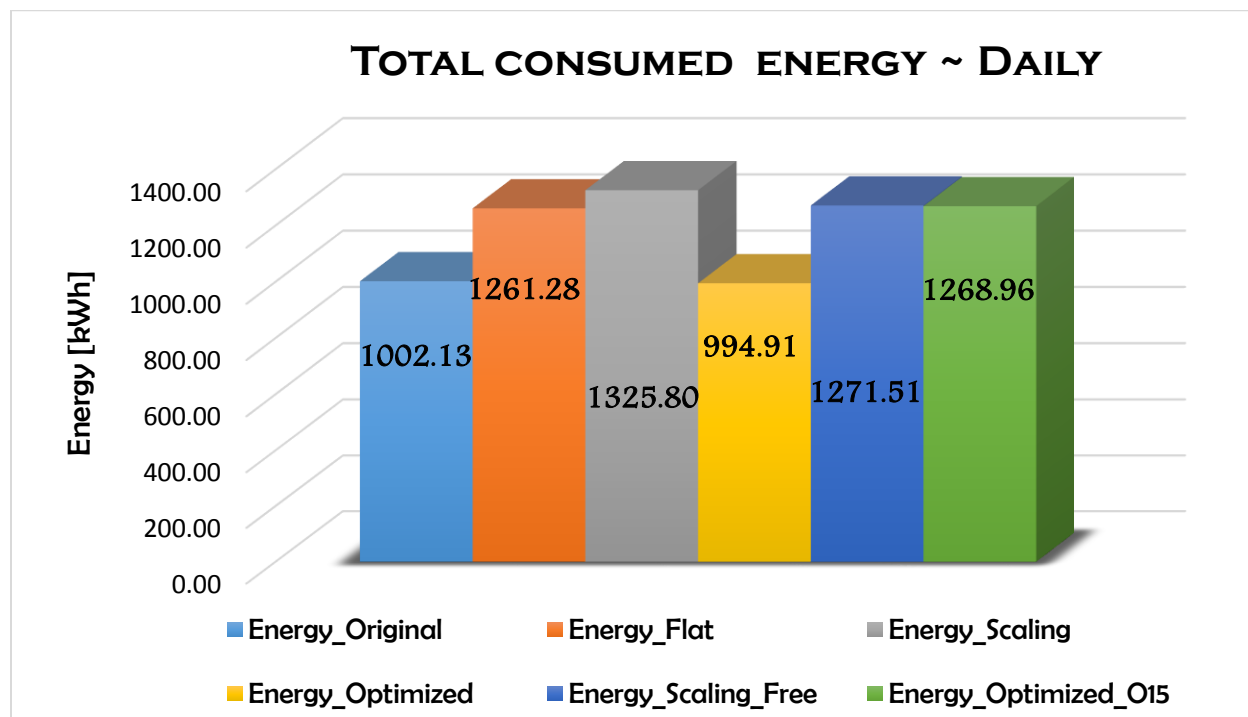


Διάγραμμα 81.Συνολικό κόστος για την 15/01

Στο Διάγραμμα 81 είναι προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος καθώς το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) παρουσιάζει την μικρότερη τιμή συνολικού κόστους. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) καθώς στο δε 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών ενώ στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), εκτός της εμπειρικής/κλιμακωτής προθέρμανσης του κτιρίου, μετά το πέρας λειτουργίας του διατηρείται πάνω από 15°C με αποτέλεσμα να χρειάζονται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας και συνεπώς μεγαλύτερο κόστος. Επίσης, θα ήταν εύλογο να παρατηρήσουμε ότι το κόστος για το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) είναι μικρότερο ακόμα κι από το σενάριο, όπου η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15°C, δηλαδή το 2^ο σενάριο(Σταθερό – Flat), πράγμα που σημαίνει ότι η προθέρμανση του κτιρίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **6,02€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 82 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 15/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 82. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Στην άλλη πλευρά, μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), στα οποία ελέγχεται η θερμοκρασία μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζονται περίπου **7kWh** λιγότερες από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 5 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	20.55	-0.12	24.41	14.76	21.19	11.87
Σταθερό (Flat)	-25.86	-13.83	0.00	0.00	4.87	2.97	0.80	-0.31
Κλιμακωτό (Scaling)	-32.30	-17.31	-5.12	-3.06	0.00	0.00	-4.27	-3.39
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-26.88	-13.47	-0.81	0.31	4.29	3.01	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.72	3.17	21.12	14.93	24.96	17.45	21.75	14.66
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-26.63	-13.78	-0.61	0.04	4.29	3.01	0.20	-0.27

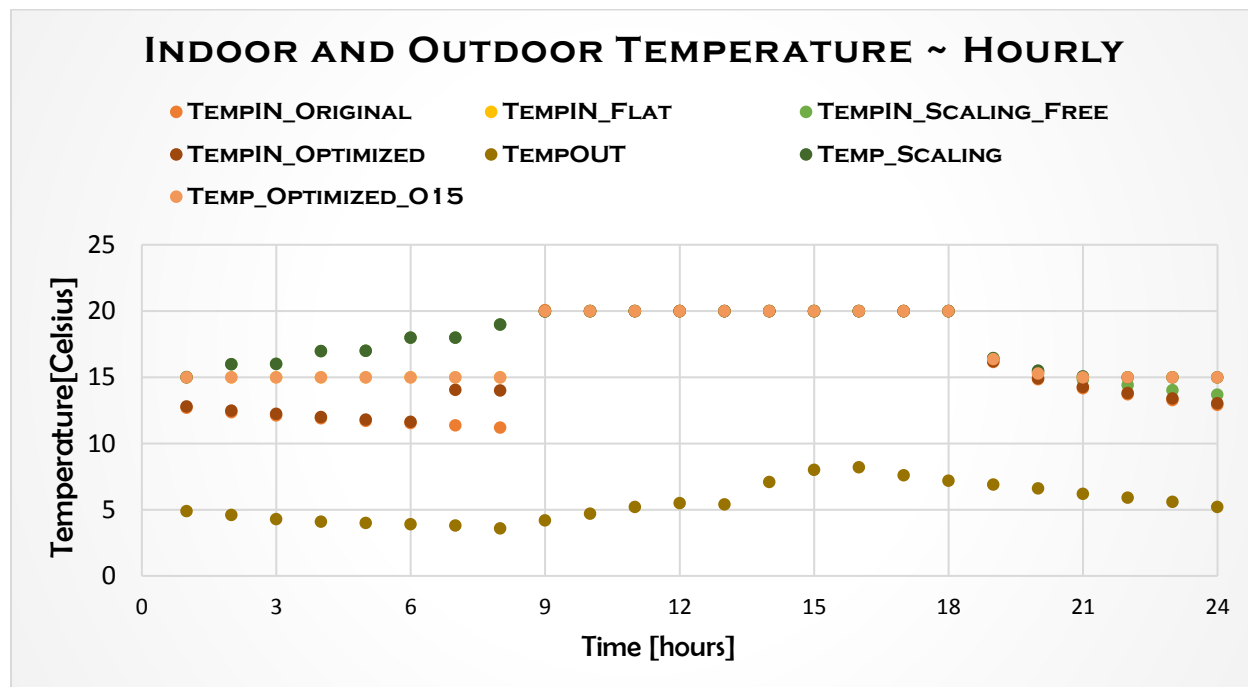
Πίνακας 5. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/01

Στον Πίνακας 5, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,72% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **3,17%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 21,75% όσον αφορά την ενέργεια και **7,98%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού.

19^η Ιανουαρίου

Η 19η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (5.46 °C) για τον Ιανουάριο.

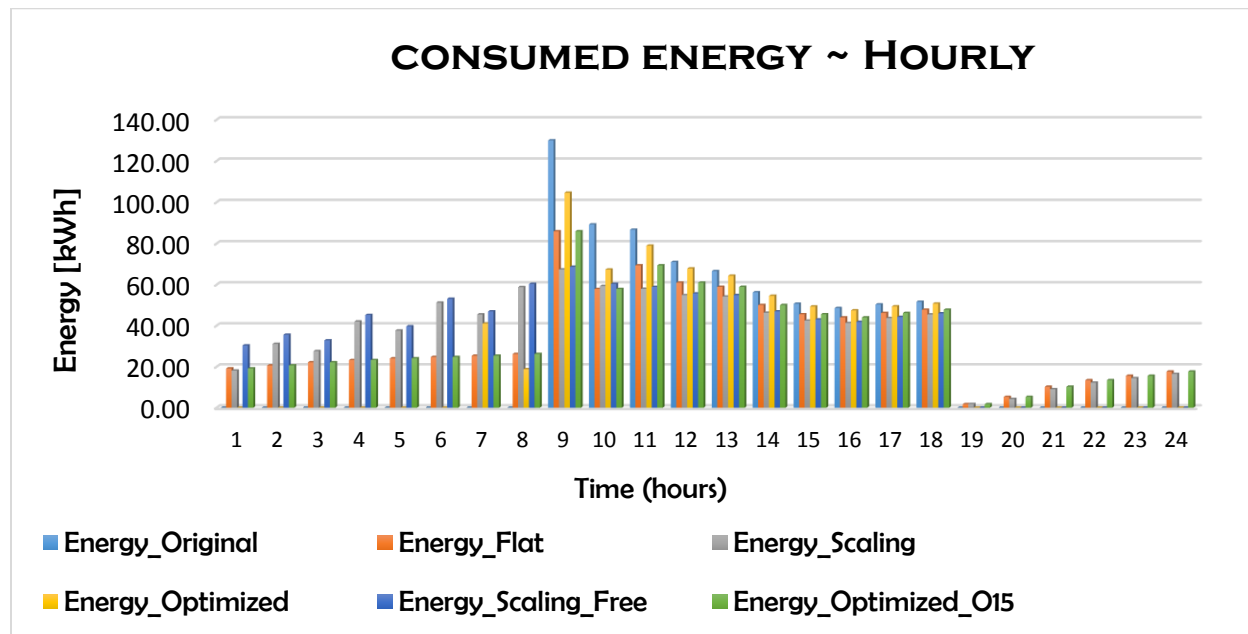
Στο Διάγραμμα 83 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 83.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 19/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 83, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 7^η και 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται μικρές διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) να παρουσιάζει και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 84 , οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

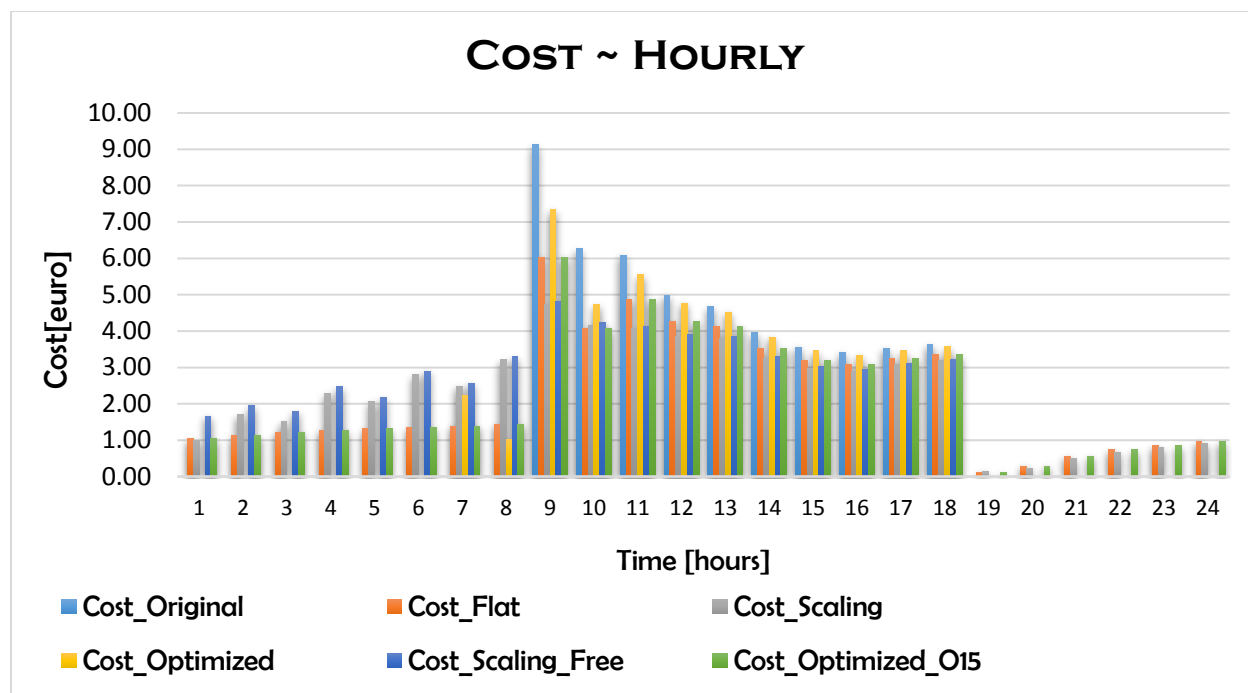


Διάγραμμα 84. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 19/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 84 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν 2^ο (Σταθερό - Flat) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και στο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized). ενώ κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, επιτυγχάνεται προθέρμανση και κατά το 5^ο σενάριο, άρα παρουσιάζεται κατανάλωση ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή

προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι αρκετά μικρές αλλά υπαρκτές για το 2^ο (Σταθερό – Flat), το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο, όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 85 καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

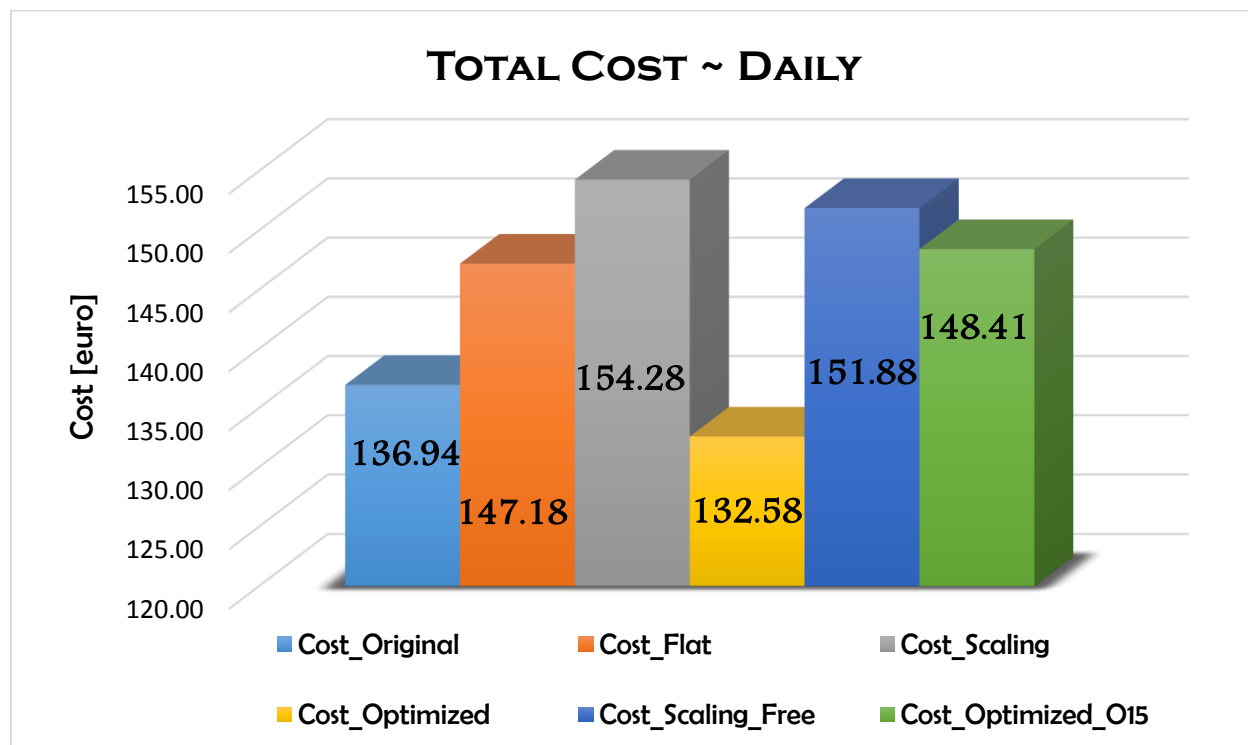
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 85.



Διάγραμμα 85. Διακύμανση κόστους για την 19/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο (Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου παρουσιάζεται ενεργειακό κόστος μόνο για τα 3 σενάρια, στα οποία ελέγχεται το κτίριο σε αυτό το χρονικό διάστημα, δηλαδή το 2^ο (Σταθερό – Flat), το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 86 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

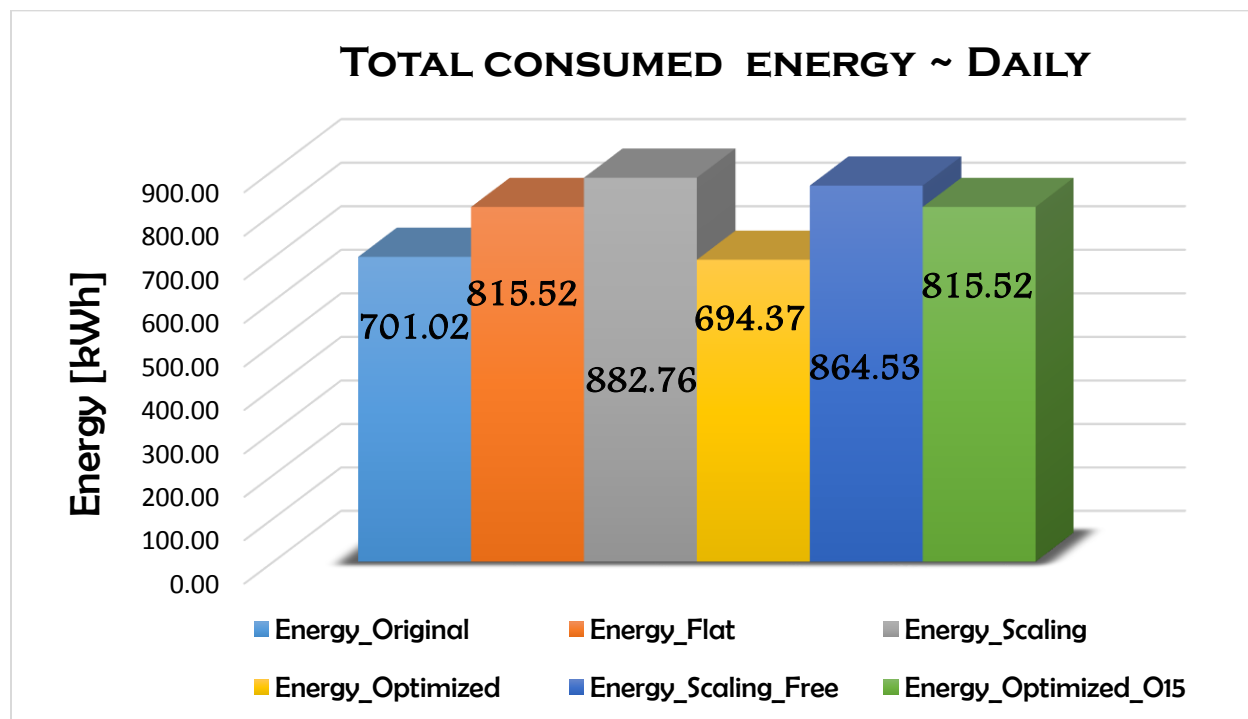


Διάγραμμα 86.Συνολικό κόστος για την 19/01

Στο Διάγραμμα 86 είναι προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος καθώς το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) παρουσιάζει την μικρότερη τιμή συνολικού κόστους. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Επίσης, θα ήταν εύλογο να παρατηρήσουμε ότι το κόστος για το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) είναι μικρότερο ακόμα κι από το σενάριο, όπου η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C, δηλαδή το 2^ο σενάριο(Σταθερό – Flat), πράγμα που σημαίνει ότι η προθέρμανση του κτιρίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **4,36€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 87 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 19/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 87. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 19/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Στην άλλη πλευρά, μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), στα οποία ελέγχεται η θερμοκρασία μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζονται περίπου **7kWh** λιγότερες από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 6 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	14.04	-0.07	20.59	11.24	18.91	9.83
Σταθερό (Flat)	-16.33	-7.48	0.00	0.00	7.62	4.60	5.67	3.09
Κλιμακωτό (Scaling)	-25.93	-12.66	-8.25	-4.82	0.00	0.00	-2.11	-1.58
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-23.33	-10.91	-6.01	-3.19	7.62	3.80	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.95	3.18	14.86	9.92	21.34	14.06	19.68	12.70
Βελτιστοποιημένο_O15 (Optimized_O15)	-16.33	-8.37	0.00	-0.83	7.62	3.80	5.67	2.28

Πίνακας 6. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 19/01

Στον Πίνακα 6, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,95% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **3,18%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 19,68% όσον αφορά την ενέργεια και **12,70%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

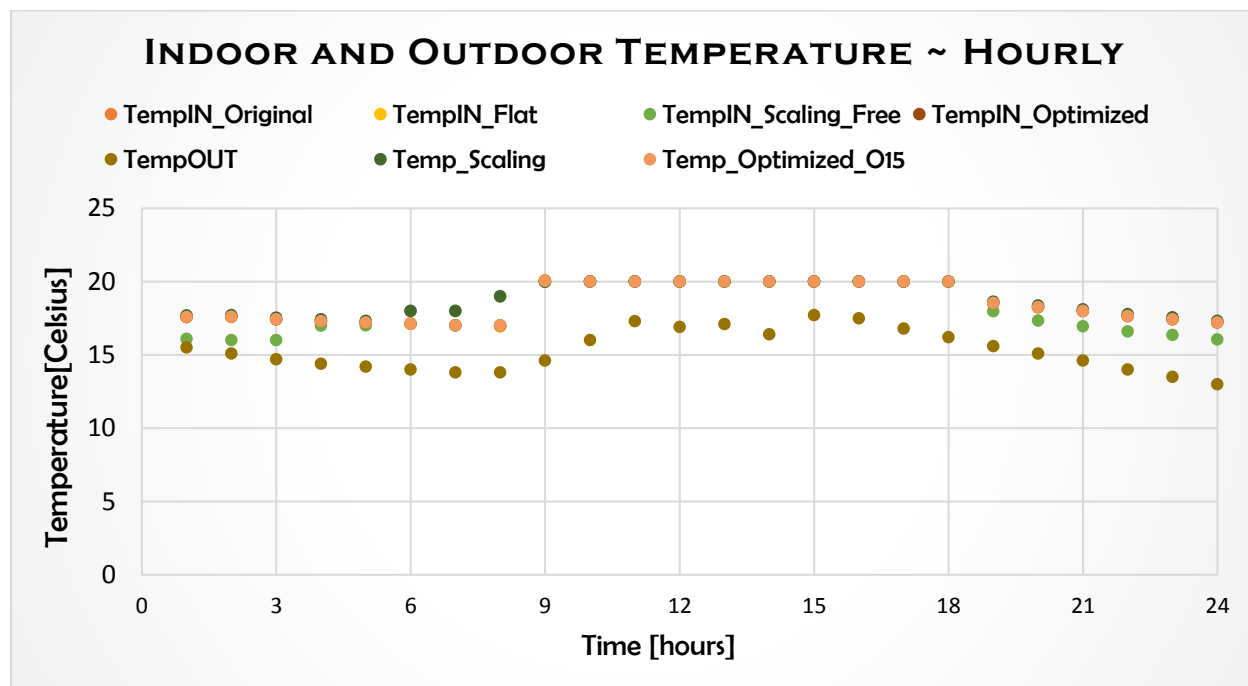
5.3.1.2 Χανιά (Ελλάδα)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιανουάριο στα Χανιά της Ελλάδας παρουσιάζονται παρακάτω.

1^η Ιανουαρίου

Η 1η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία(15.3 °C) για τον Ιανουάριο.

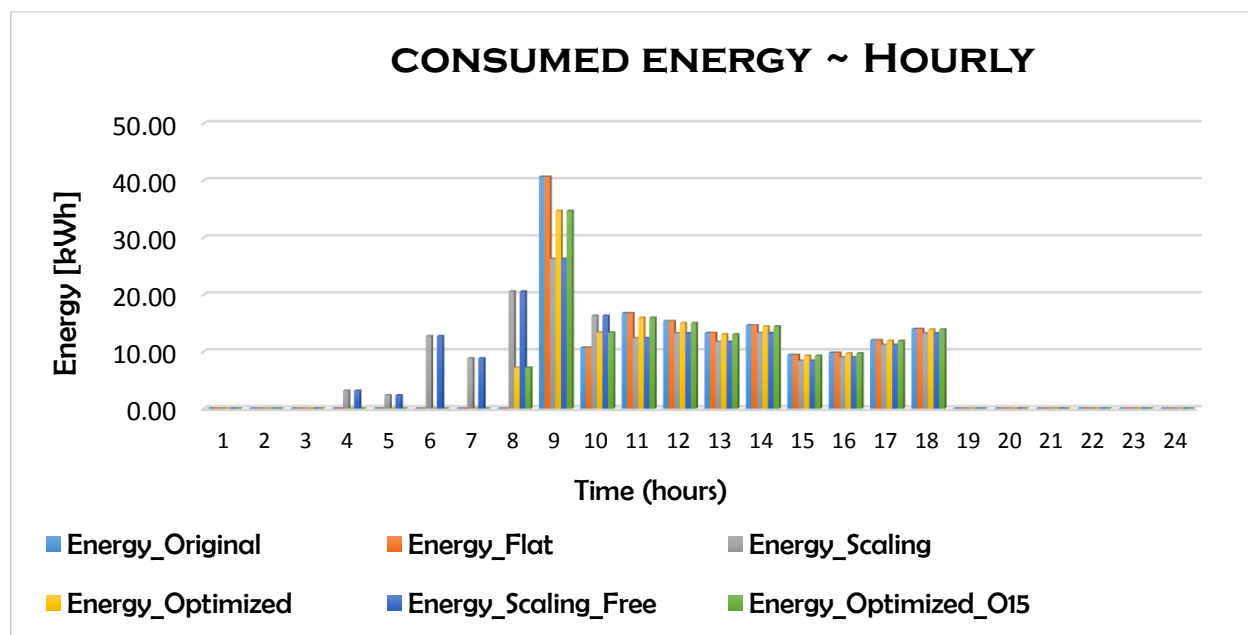
Στο Διάγραμμα 88 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 88.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 88, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει μικρές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια, οι οποίες είναι λογικές αν αναλογιστεί κανείς τι πραγματεύεται το κάθε ένα από αυτά. Έτσι, κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, παρατηρείται ότι οι υψηλότερες θερμοκρασιακές τιμές δίνονται κατά το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) ενώ οι χαμηλότερες κατά το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) . Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου λαμβάνει χαμηλότερες τιμές κατά το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) με μικρή διαφορά από το 1^ο (Αρχικό – Original)και το 5^ο(Βελ/μένο – Optimized), καθώς και στα δύο το κτίριο αφήνεται σε ελευθερία, όσων αφορά τη θερμοκρασία του, μετά το πέρας λειτουργίας του.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 89 , οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

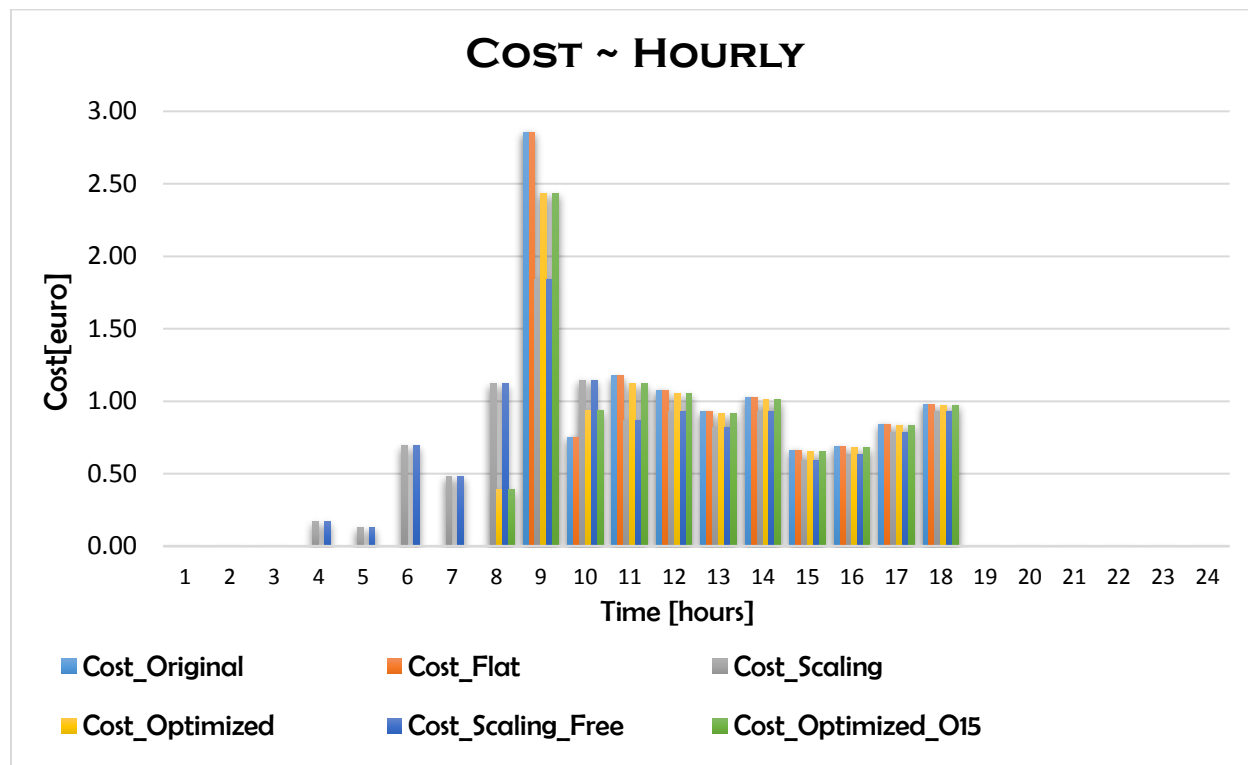


Διάγραμμα 89. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 89 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού, δηλαδή το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) κατά την 8^η ώρα της ημέρας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο και παρουσιάζει την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. όπως και το 2^ο (Σταθερό - Flat) κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου λόγω της ανάγκης απότομης αύξησης της θερμοκρασίας. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν

υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις σε κανένα υπό εξέταση σενάριο καθώς η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται φυσικά στα επιθυμητά επίπεδα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 90 καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

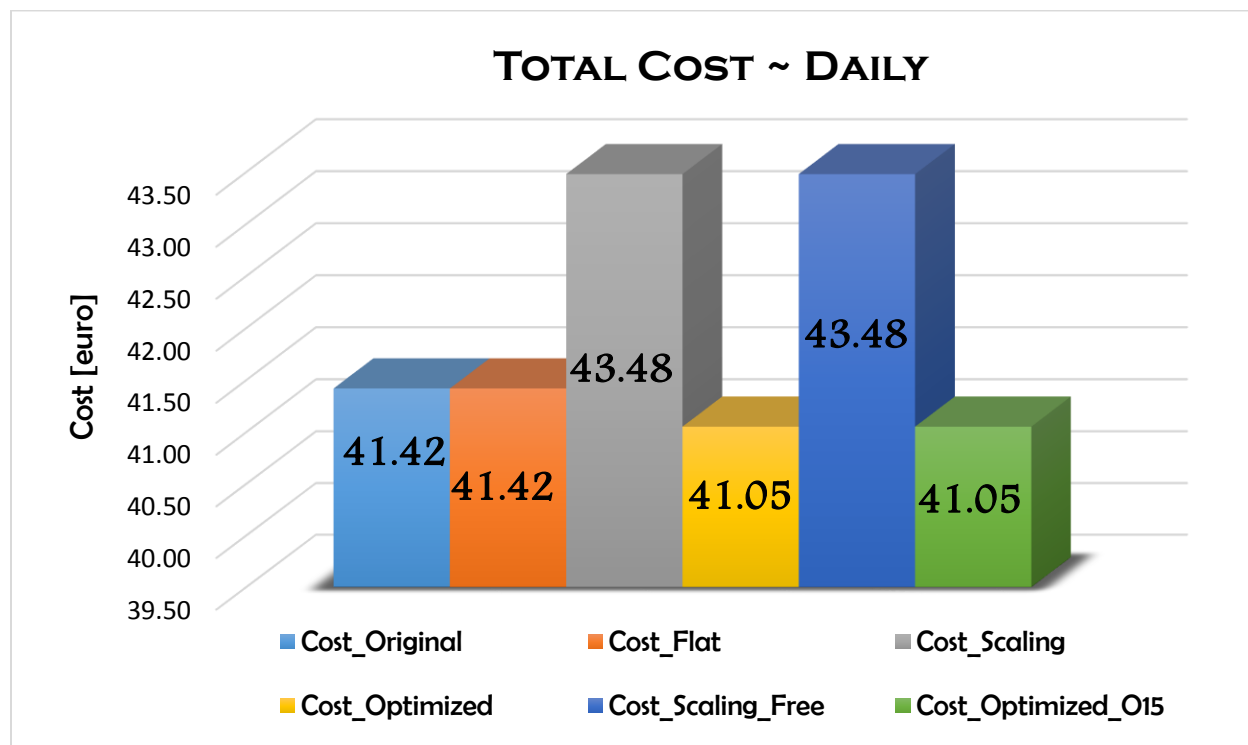
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 90.



Διάγραμμα 90. Διακύμανση κόστους για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο (Αρχικό - Original) και στο 2^ο σενάριο (Σταθερό - Flat), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μηδενικές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος για το υπόλοιπο της ημέρας.

Στο Διάγραμμα 91 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

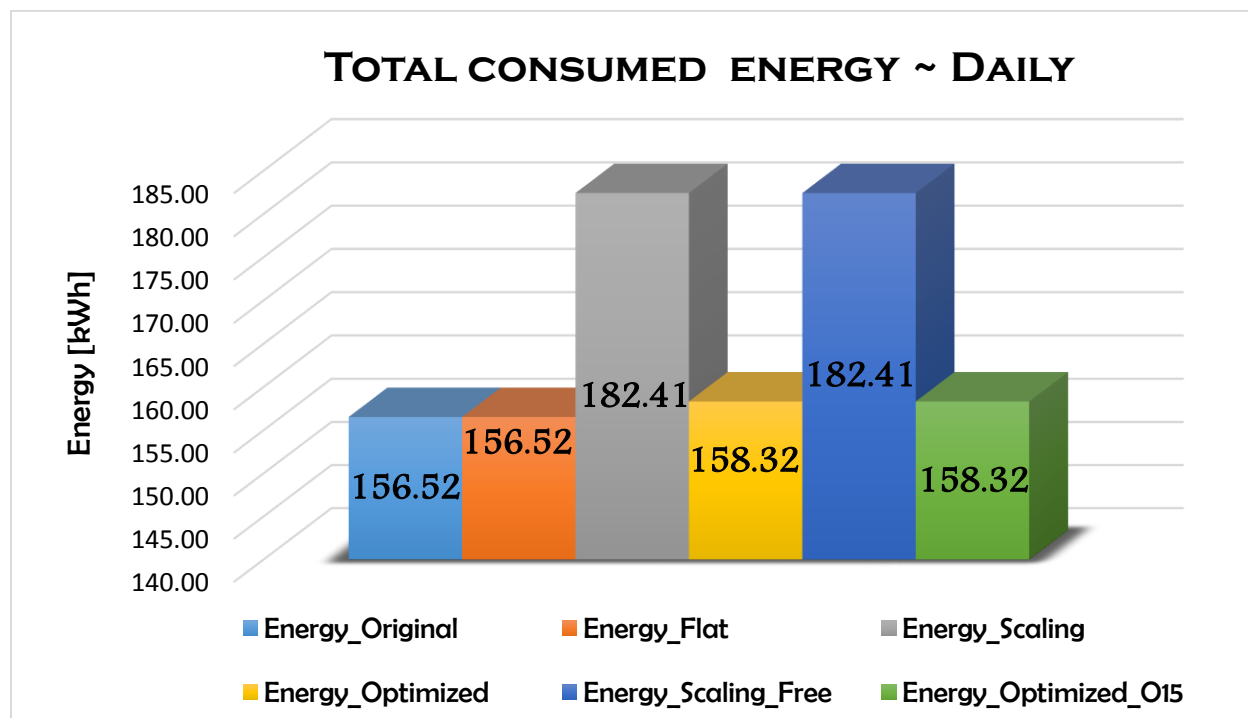


Διάγραμμα 91.Συνολικό κόστος για την 01/01

Στο Διάγραμμα 91 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και όσον αφορά το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται πάνω από 15°C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **1,37€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 92 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 01/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 92. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, σε αυτήν την περίπτωση συμβαίνει κάτι το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί παράλογο, καθώς η καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τα βελτιστοποιημένα σενάρια (5^ο και 6^ο) είναι μεγαλύτερη από το 1^ο (Αρχικό – Original) και το 2^ο σενάριο (Σταθερό – Flat) κι αυτό συμβαίνει καθώς οι ενεργειακές καταναλώσεις αυξάνονται κατά τις ώρες μη αιχμής και μειώνεται κατά τις ώρες αιχμής, προκαλώντας μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις αλλά μικρότερο κόστος, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω. Επίσης, παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις τις παρουσιάζουν τα δύο σενάρια όπου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου. Το γεγονός ότι οι ενεργειακές καταναλώσεις για το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) είναι ίσες, υποδηλώνει ότι δεν απαιτείται ενέργεια για την διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου.

Τέλος, ο Πίνακας 7 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.00	0.00	14.19	4.74	14.19	4.74
Σταθερό (Flat)	0.00	0.00	0.00	0.00	14.19	4.74	14.19	4.74
Κλιμακωτό (Scaling)	-16.53	-4.97	-16.53	-4.97	0.00	0.00	0.00	0.00
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-16.53	-4.97	-16.53	-4.97	13.20	5.58	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	-1.15	0.89	-1.15	0.89	13.20	5.58	13.20	5.58
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-1.15	0.89	-1.15	0.89	13.20	5.58	13.20	5.58

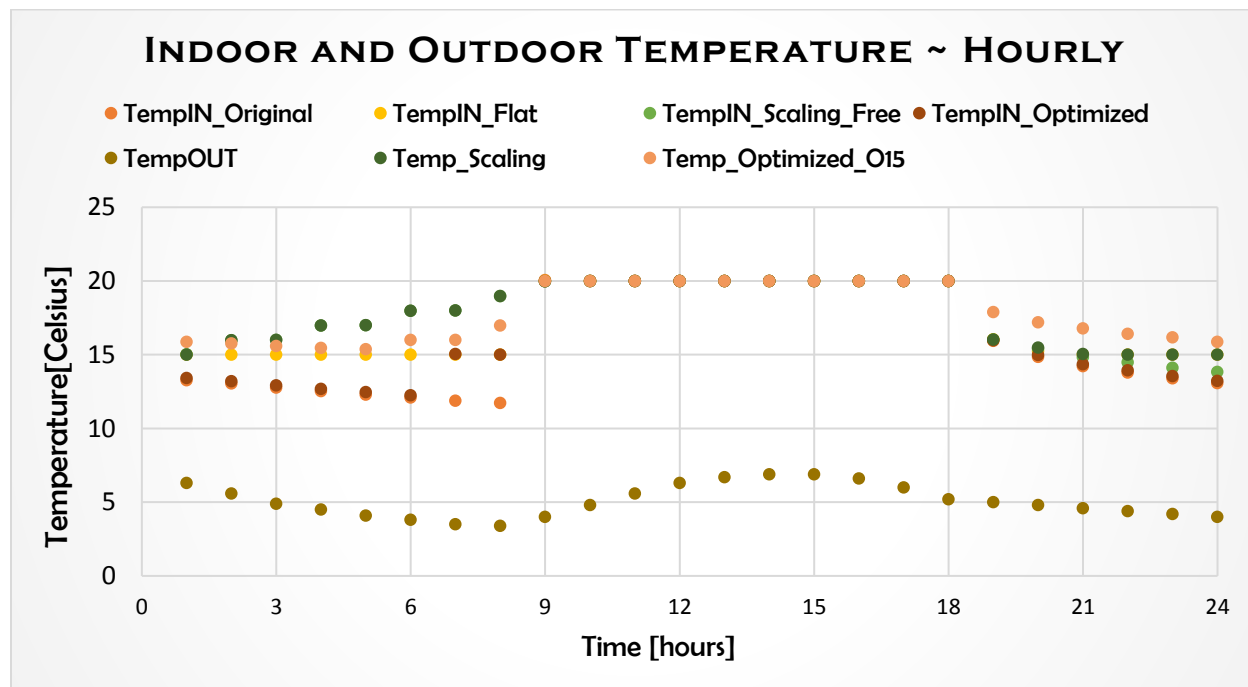
Πίνακας 7. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01

Στον Πίνακας 7, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) χρειάζεται παραπάνω ενέργεια κατά 1,15% από το αρχικό σενάριο αλλά επιτυγχάνει μια μείωση του κόστους της τάξης του **0,89%**. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 13,20% όσον αφορά την ενέργεια και **5,58%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

15^η Ιανουαρίου

Η 15η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (5.1 °C) για τον Ιανουάριο.

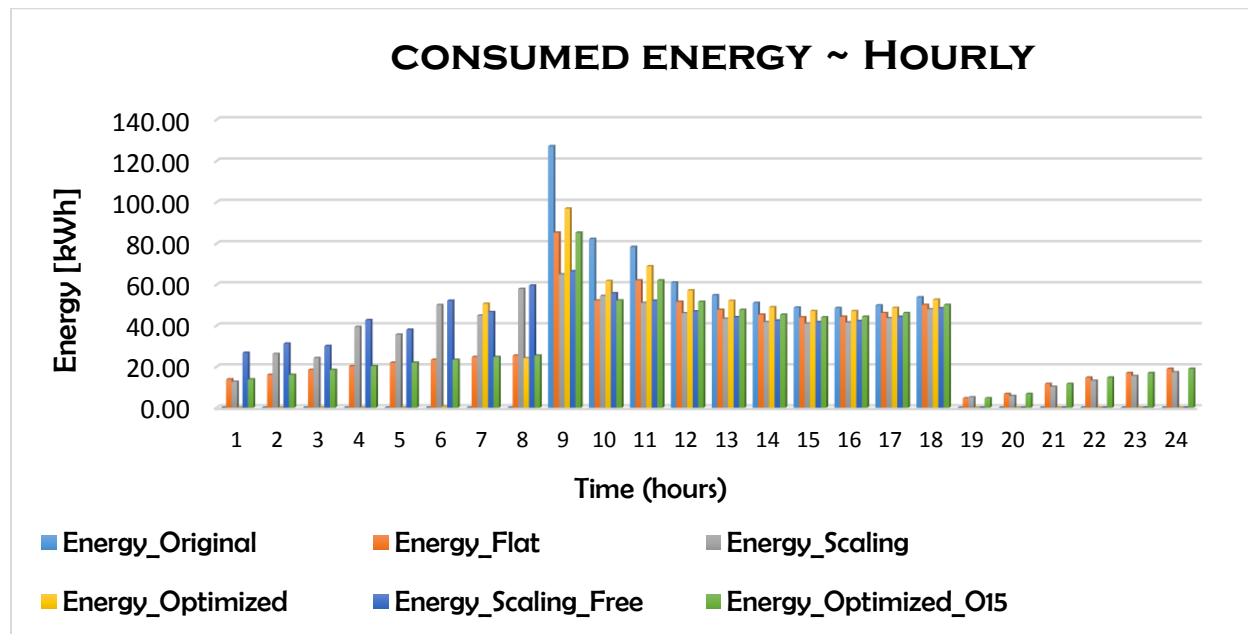
Στο Διάγραμμα 93 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 93.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 15/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 93, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 7^η και 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) να παρουσιάζει και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 94, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

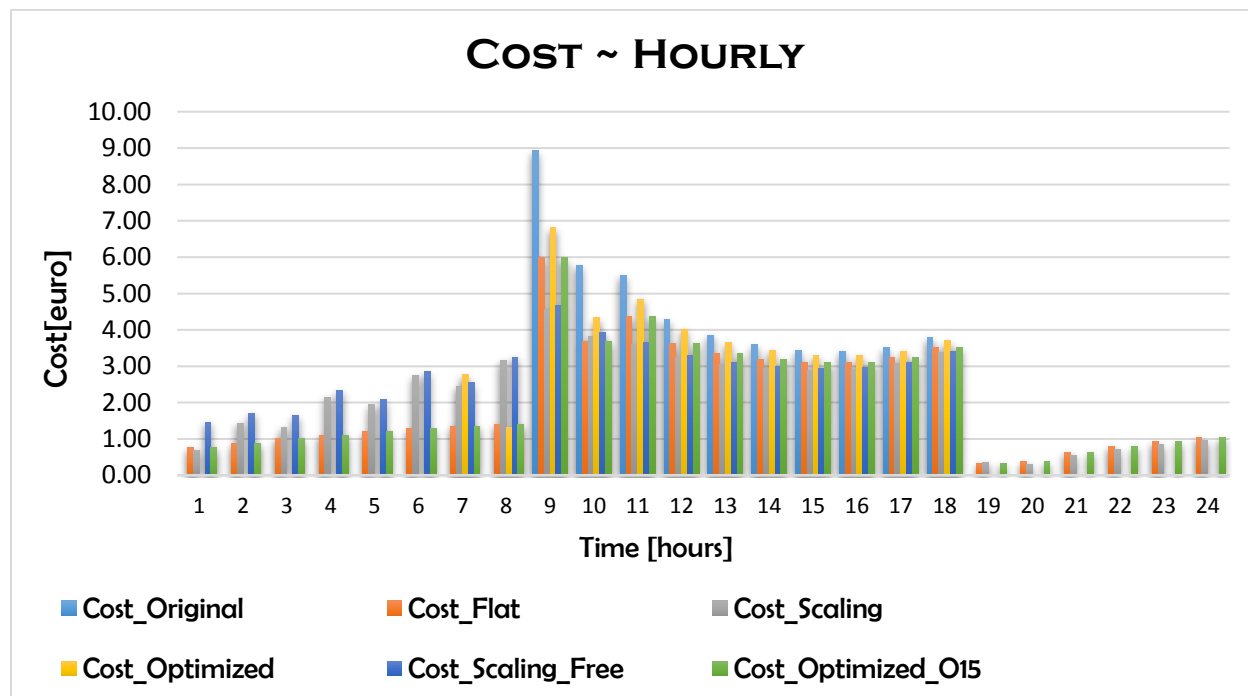


Διάγραμμα 94. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 94 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού, δηλαδή το 2^ο (Σταθερό - Flat) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και στο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized). Μάλιστα, κατά την 7^η ώρα το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized), παρουσιάζει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από τα υπόλοιπα. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized)

επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι αρκετά μεγάλες για το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 95 καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

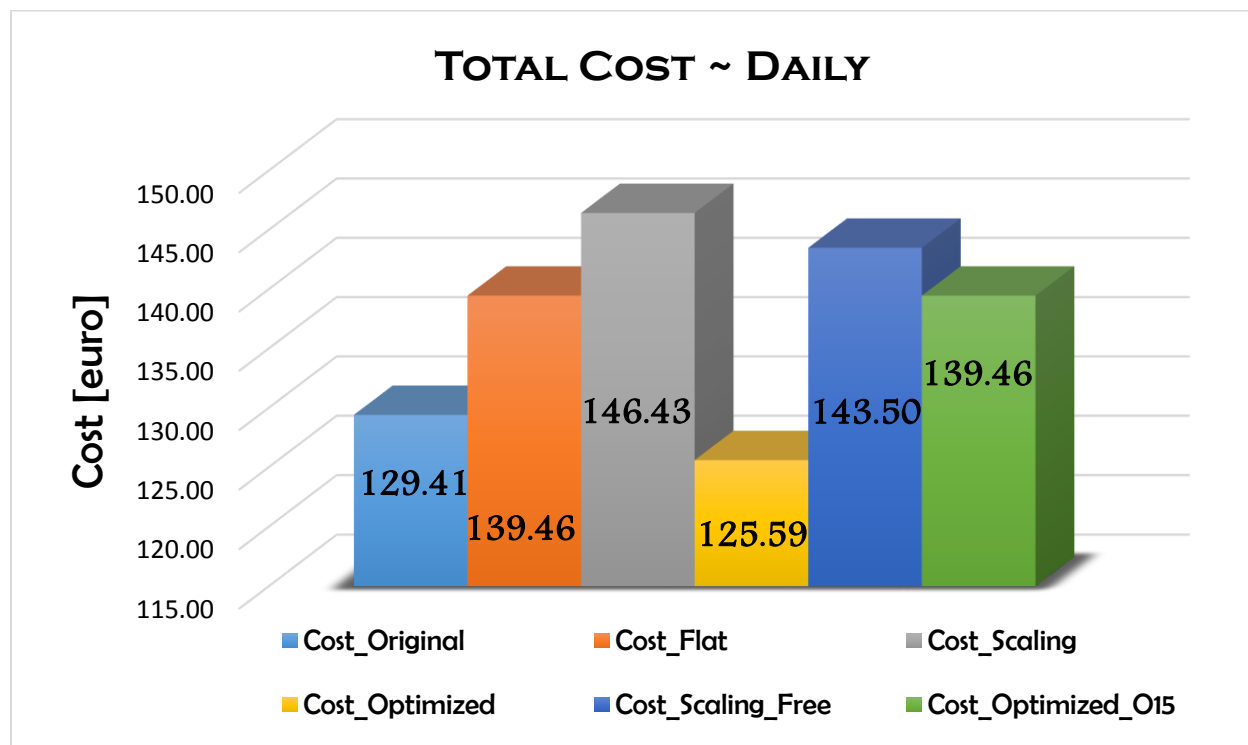
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 95 .



Διάγραμμα 95. Διακύμανση κόστους για την 15/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου . Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου παρουσιάζεται ενεργειακό κόστος μόνο για τα 3 σενάρια, στα οποία ελέγχεται το κτίριο σε αυτό το χρονικό διάστημα, δηλαδή το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 96 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

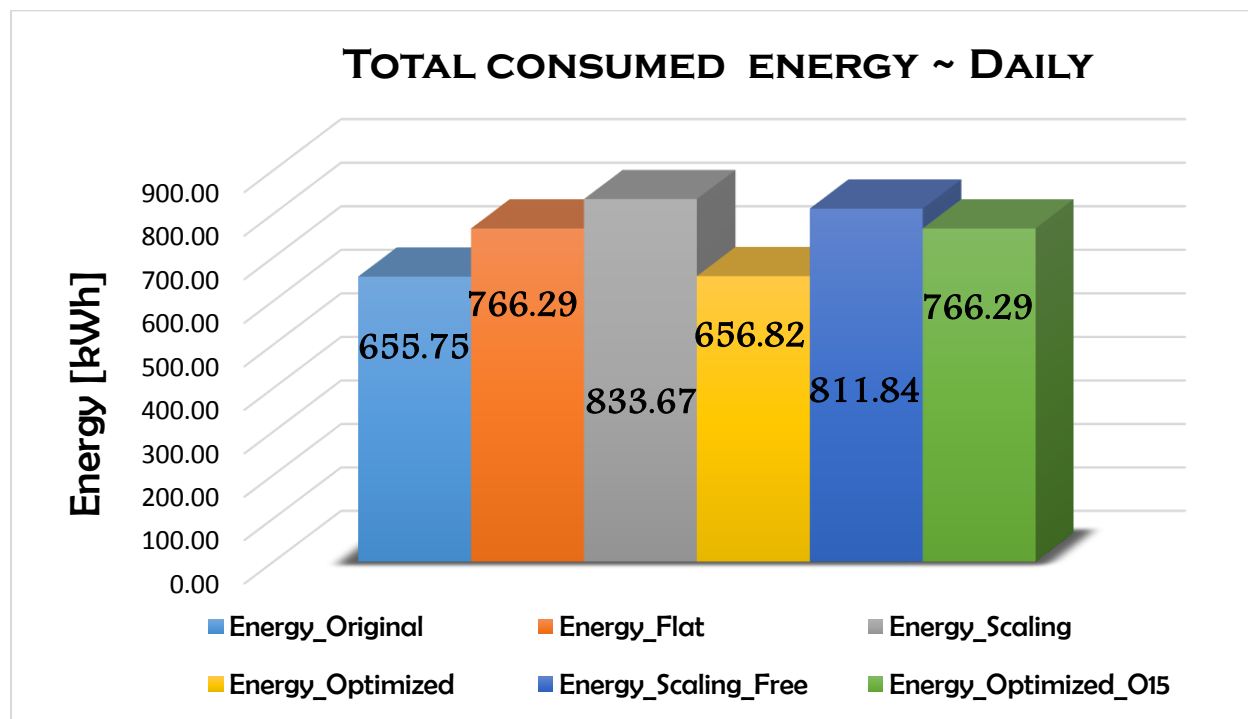


Διάγραμμα 96.Συνολικό κόστος για την 15/01

Στο Διάγραμμα 96 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται πάνω από 15°C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Γίνεται ξεκάθαρο επίσης ότι όταν το κτίριο διατηρείται πάνω από μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, το κόστος είναι ίδιο άρα κι οι ενεργειακές καταναλώσεις, καθώς δεν κρίνεται σκόπιμη η πρόψυξη του κτιρίου. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **3,82€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 97 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 15/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 97. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, σε αυτήν την περίπτωση συμβαίνει κάτι το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί παράλογο, καθώς η καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τα βελτιωμένα σενάρια (5^ο και 6^ο) είναι μεγαλύτερη ή ίση από το 1^ο (Αρχικό – Original) και το 2^ο σενάριο (Σταθερό – Flat) κι αυτό συμβαίνει καθώς οι ενεργειακές καταναλώσεις αυξάνονται κατά τις ώρες μη αιχμής και μειώνεται κατά τις ώρες αιχμής, προκαλώντας μεγαλύτερες ή ίσες ενεργειακές απαιτήσεις αλλά μικρότερο κόστος, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω. Επίσης, παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις τις παρουσιάζουν τα δύο σενάρια όπου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου.

Τέλος, ο Πίνακας 8 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	14.43	-0.07	21.34	11.62	19.23	9.82
Σταθερό (Flat)	-16.86	-7.77	0.00	0.00	8.08	4.76	5.61	2.81
Κλιμακωτό (Scaling)	-27.13	-13.15	-8.79	-5.00	0.00	0.00	-2.69	-2.04
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-23.80	-10.89	-5.94	-2.89	8.08	4.76	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	-0.16	2.95	14.29	9.94	21.21	14.23	19.10	12.48
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-16.86	-7.77	0.00	0.00	8.08	4.76	5.61	2.81

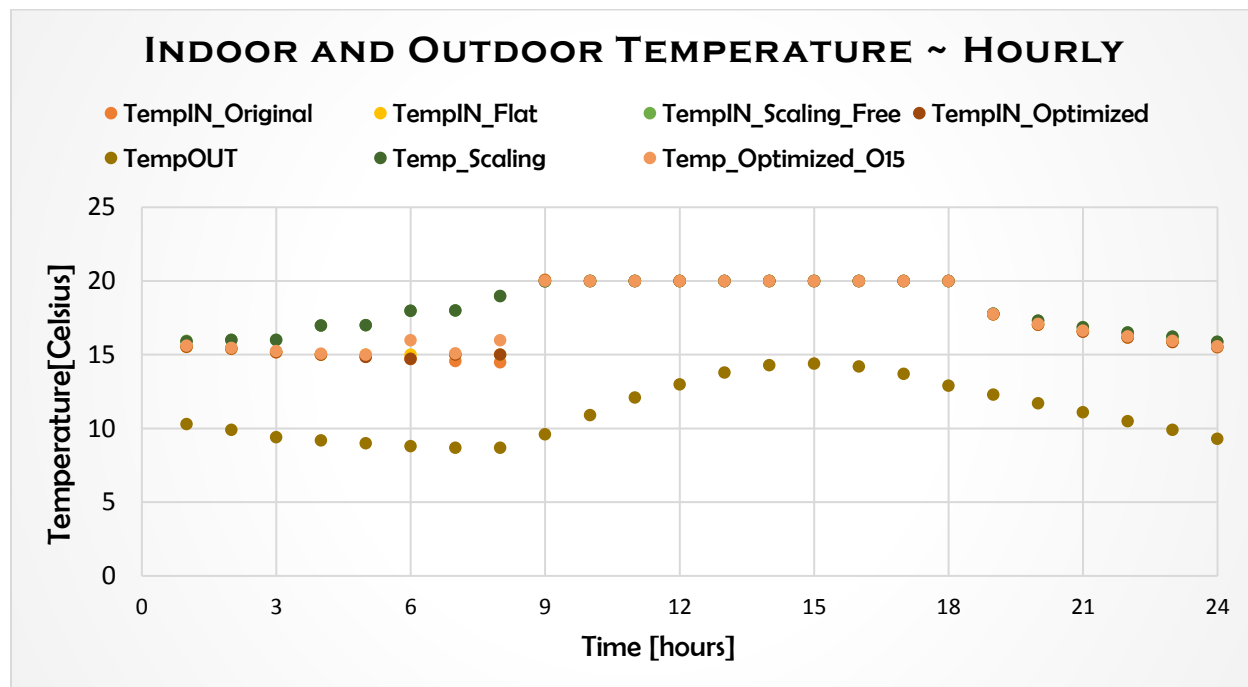
Πίνακας 8. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/01

Στον Πίνακα 8, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,16% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **2,95%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 19,10% όσον αφορά την ενέργεια και **12,48%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

27^η Ιανουαρίου

Η 27η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (11.15 °C) για τον Ιανουάριο.

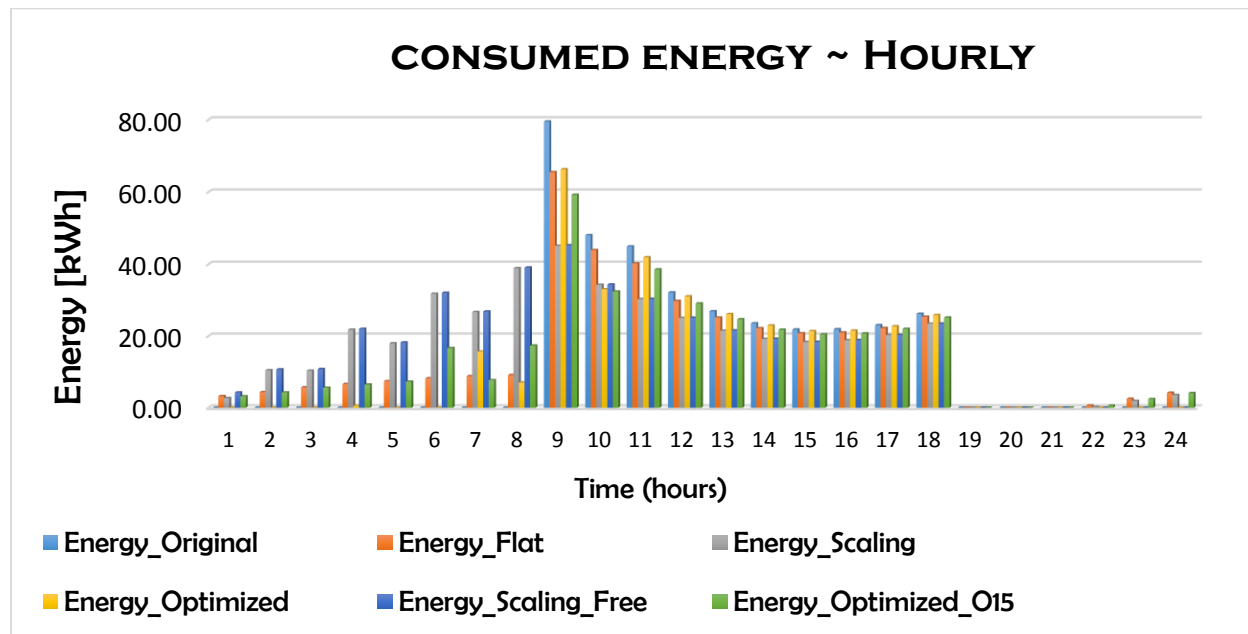
Στο Διάγραμμα 98 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 98.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 27/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 98, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει μικρές έως ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 6^η και την 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται περισσότερο σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται απειροελάχιστες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, καθώς όλα τα σενάρια παίρνουν σχεδόν ίδιες τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 99, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

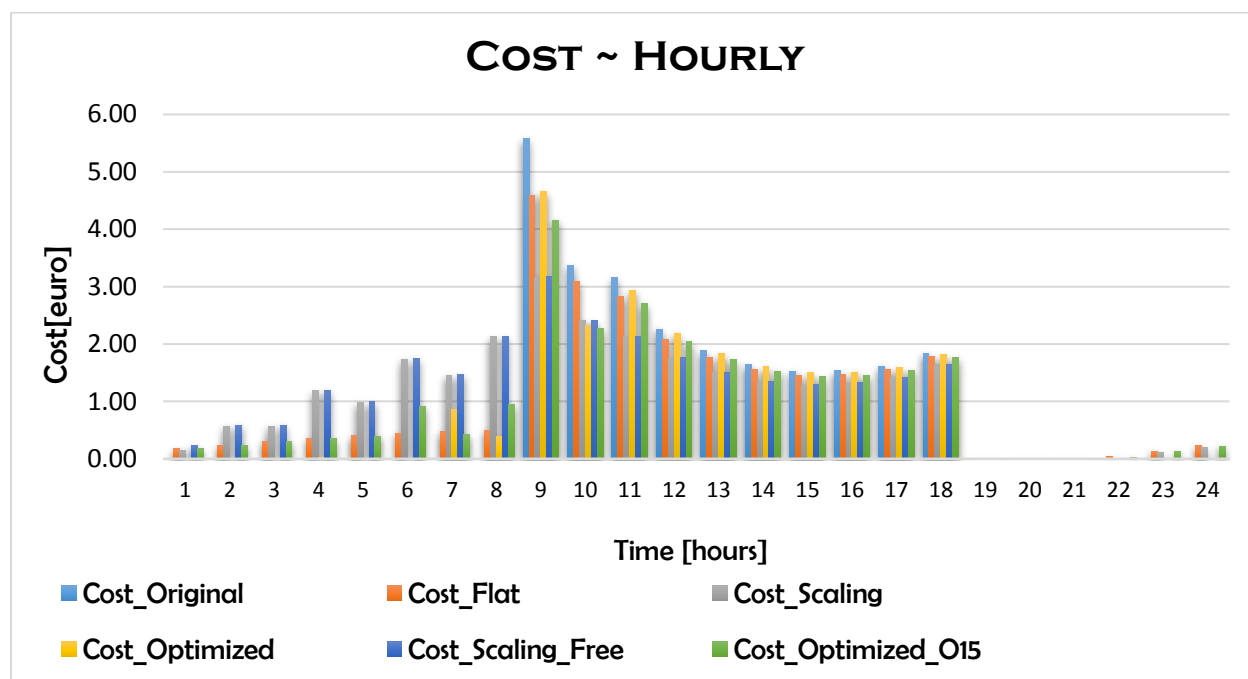


Διάγραμμα 99. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 27/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 99 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού, δηλαδή το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία προθερμαίνουν το κτίριο την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι σχεδόν μηδενικές με εξαίρεση την 22^η, την 23^η και την 24^η ώρα της ημέρας όπου παρουσιάζονται πολύ μικρές

ενεργειακές απαιτήσεις κατά το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_Ο15 – Optimized_Ο15). Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα **100** καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, που ακολουθεί.

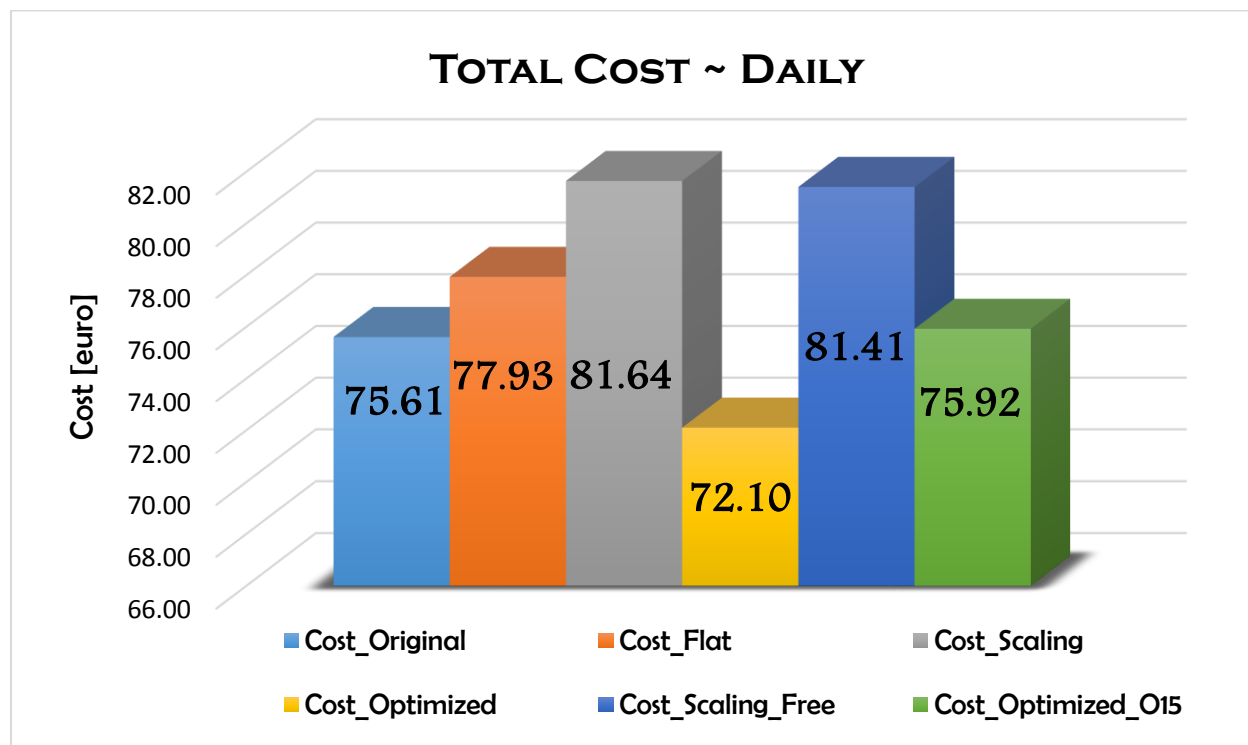
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα **100**.



Διάγραμμα 100. Διακύμανση κόστους για την 27/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 2^ο σενάριο, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μηδενικές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 22^η, την 23^η και την 24^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Στο Διάγραμμα 101 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

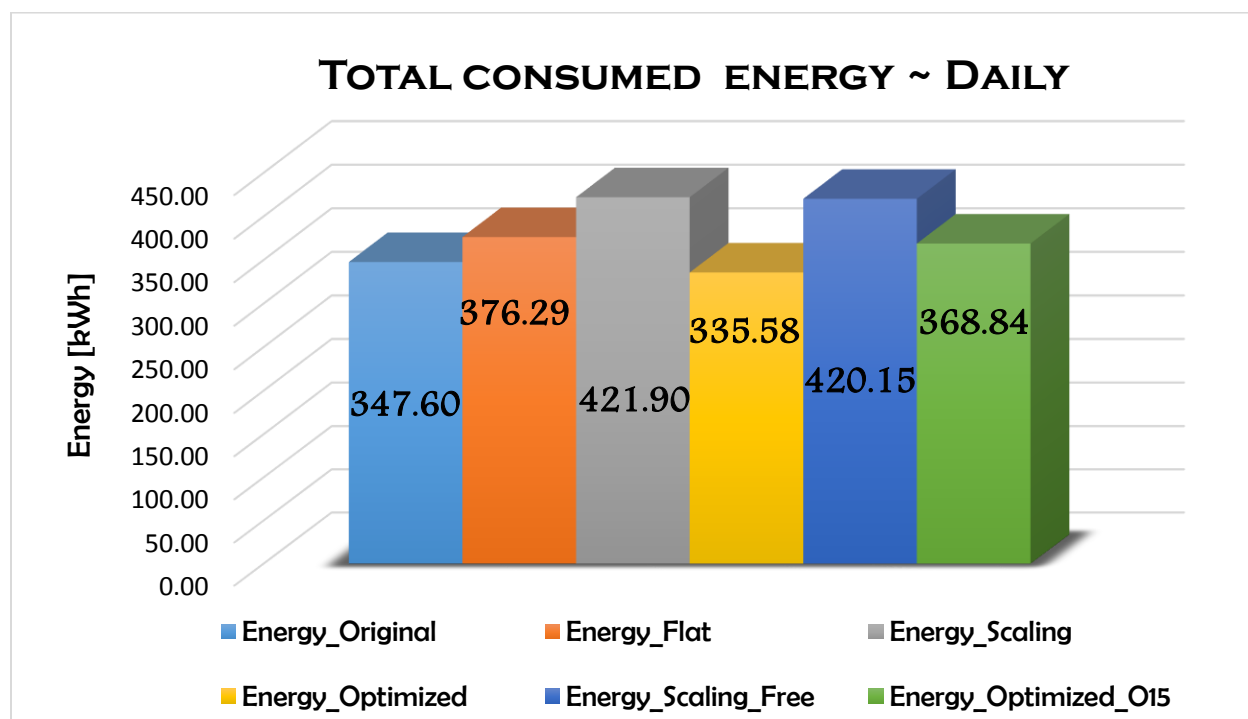


Διάγραμμα 101. Συνολικό κόστος για την 27/01

Στο Διάγραμμα 101 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται πάνω από 15°C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **3,51€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου.

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 102 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 15/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 102. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 27/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) με το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **12kWh** λιγότερες από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 9 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	7.62	-0.03	17.61	7.39	17.27	7.13
Σταθερό (Flat)	-8.25	-3.08	0.00	0.00	10.81	4.54	10.44	4.27
Κλιμακωτό (Scaling)	-21.37	-7.98	-12.12	-4.76	0.00	0.00	-0.42	-0.28
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-20.87	-7.68	-11.65	-4.46	12.58	7.01	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	3.46	4.64	10.82	7.49	20.46	11.69	20.13	11.44
Βελτιστοποιημένο_O15 (Optimized_O15)	-6.11	-0.42	1.98	2.58	12.58	7.01	12.21	6.74

Πίνακας 9. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 27/01

Στον Πίνακα 9, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 3,46% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **4,64%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 20,13% όσον αφορά την ενέργεια και **11,44%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

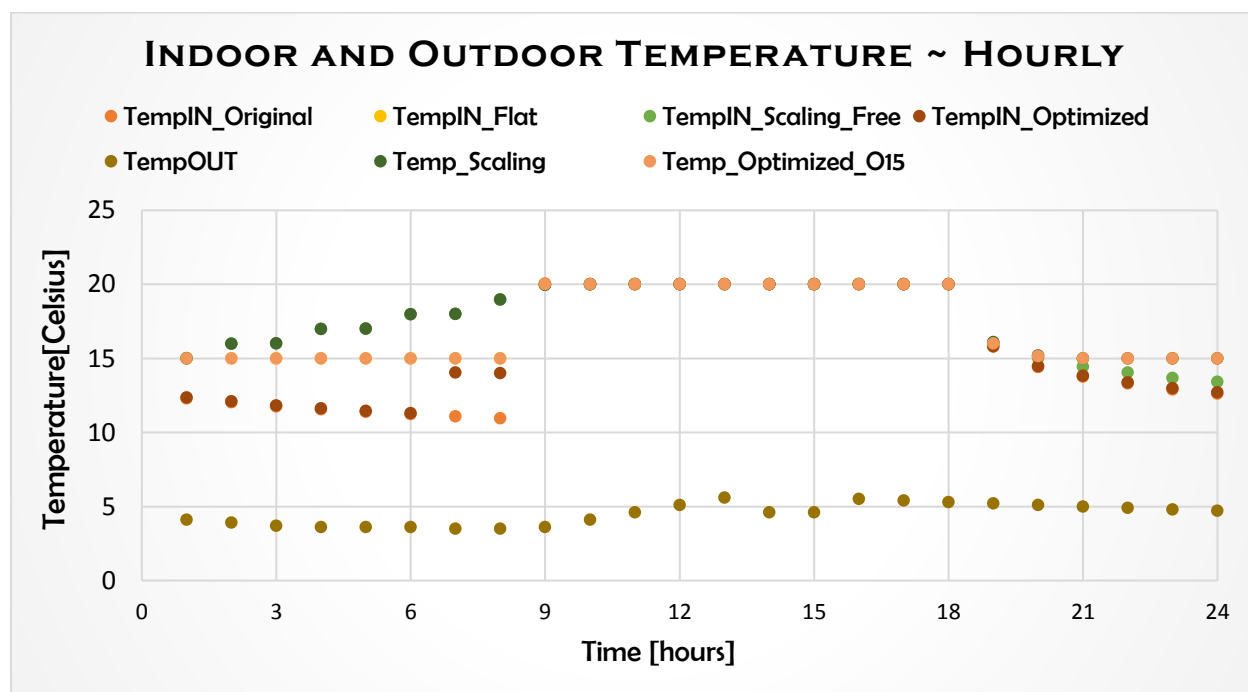
5.3.1.3 Βίλνιους (Λιθουανία)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιανουάριο στο Βίλνιους της Λιθουανίας παρουσιάζονται παρακάτω.

1^η Ιανουαρίου

Η 1η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία (12.6 °C) για τον Ιανουάριο.

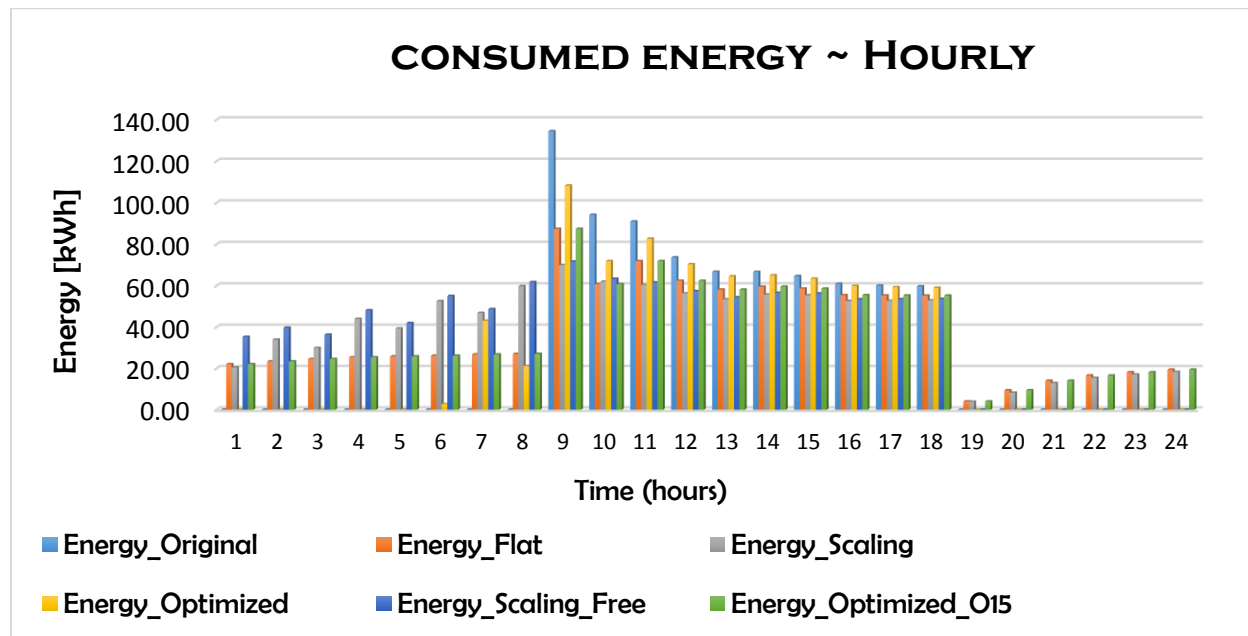
Στο Διάγραμμα 103 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 103.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 01/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 103, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling), της κλιμακωτής αύξησης, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο (Αρχικό - Original) και στο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 7^η και 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) να παρουσιάζει και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 104, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

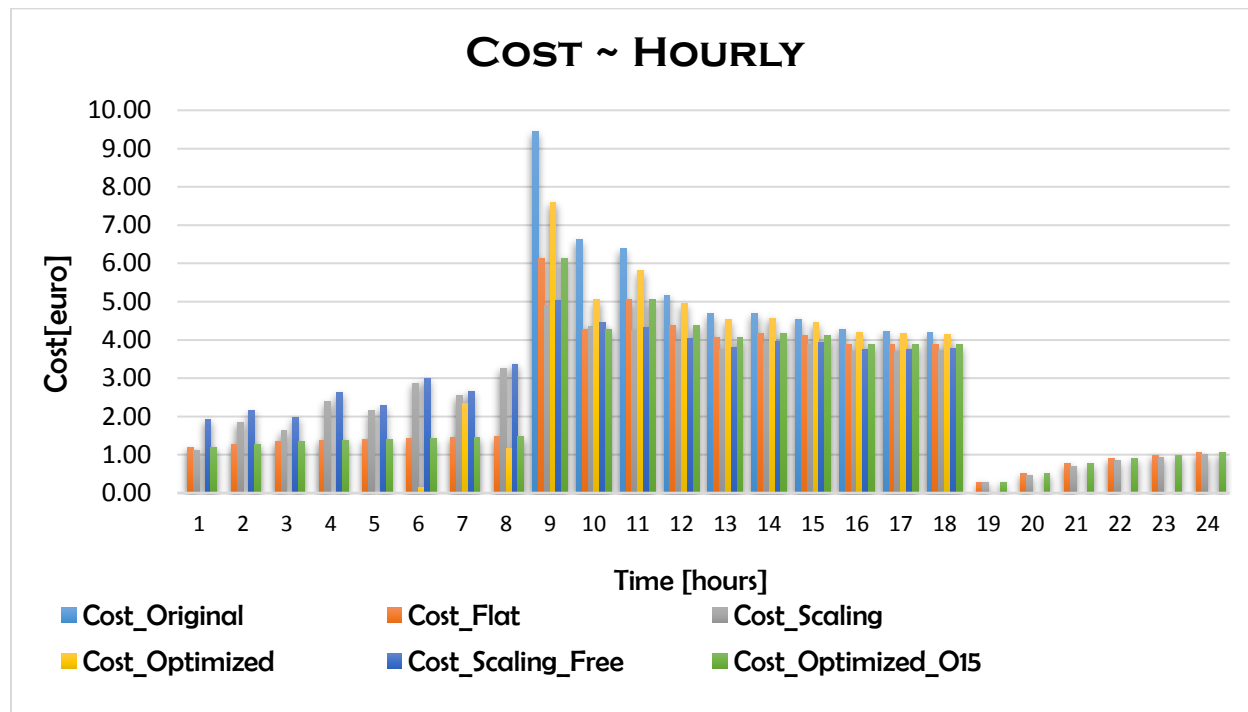


Διάγραμμα 104. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 01/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 104 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού, δηλαδή το 2^ο (Σταθερό - Flat) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και στο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized). Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές

απαιτήσεις είναι αρκετά μεγάλες για το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 105, που ακολουθεί.

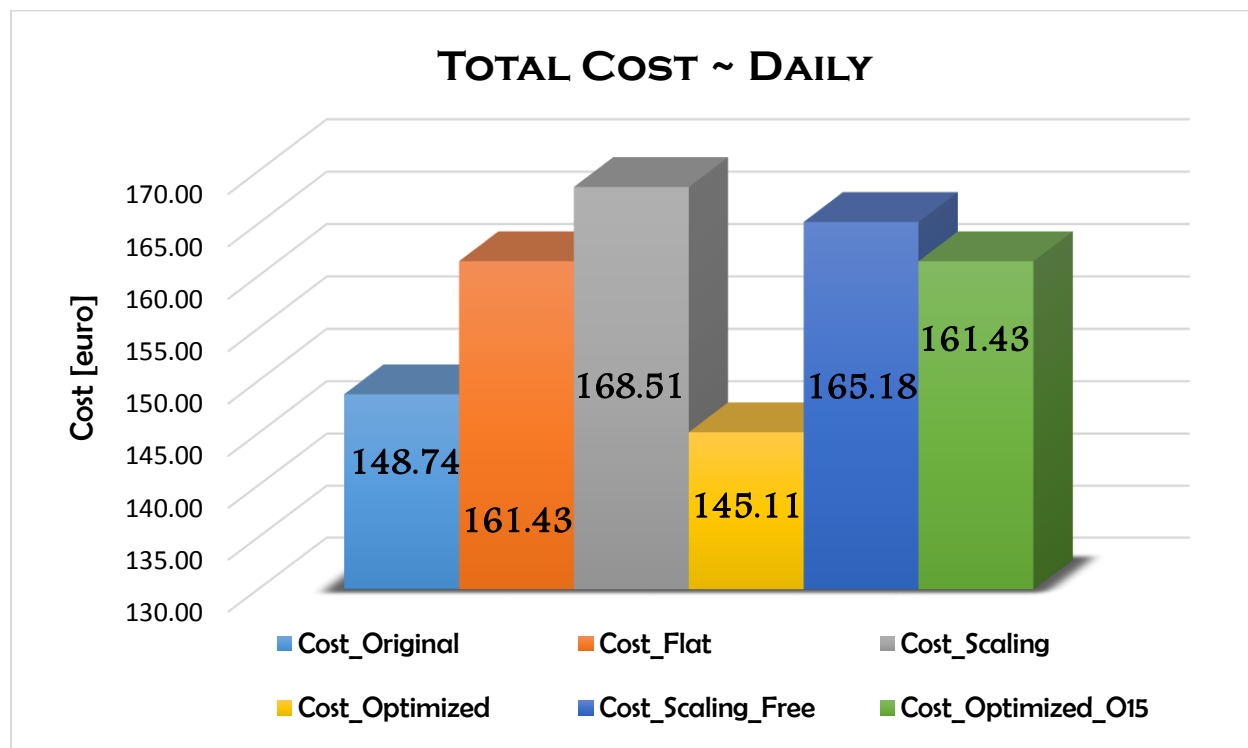
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 105.



Διάγραμμα 105. Διακύμανση κόστους για την 01/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Αυξημένο κόστος κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου παρουσιάζεται ενεργειακό κόστος μόνο για τα 3 σενάρια, στα οποία ελέγχεται το κτίριο σε αυτό το χρονικό διάστημα, δηλαδή το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 106 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

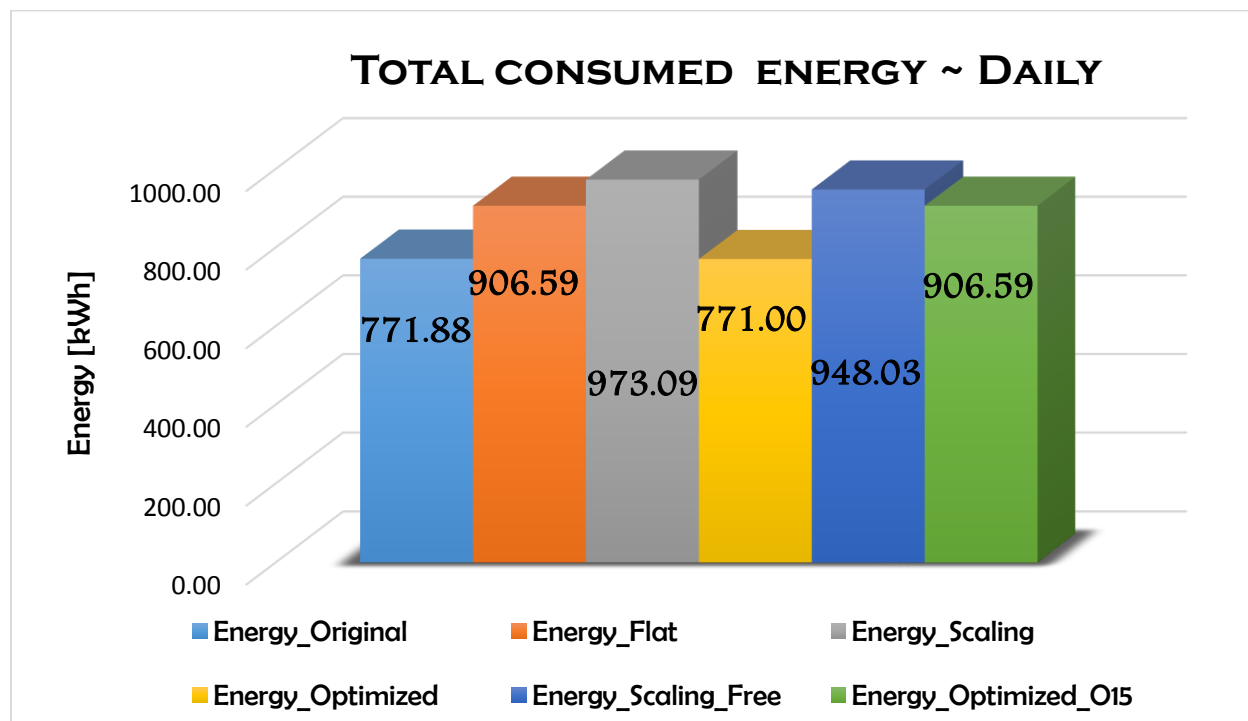


Διάγραμμα 106. Συνολικό κόστος για την 01/01

Στο Διάγραμμα 106 είναι προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος καθώς το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) παρουσιάζει την μικρότερη τιμή συνολικού κόστους. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Επίσης, θα ήταν εύλογο να παρατηρήσουμε ότι το κόστος για το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) είναι μικρότερο ακόμα κι από το σενάριο, όπου η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C, δηλαδή το 2^ο σενάριο (Σταθερό – Flat), πράγμα που σημαίνει ότι η προθέρμανση του κτιρίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **3,63€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 107 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 01/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 107. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Στην άλλη πλευρά, μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), στα οποία ελέγχεται η θερμοκρασία μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **1kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 10 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	14.86	-0.08	20.68	11.74	18.58	9.95
Σταθερό (Flat)	-17.45	-8.53	0.00	0.00	6.83	4.20	4.37	2.27
Κλιμακωτό (Scaling)	-26.07	-13.30	-7.34	-4.39	0.00	0.00	-2.64	-2.02
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-22.82	-11.05	-4.57	-2.32	6.83	4.20	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.11	2.44	14.96	10.11	20.77	13.88	18.67	12.15
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-17.45	-8.53	0.00	0.00	6.83	4.20	4.37	2.27

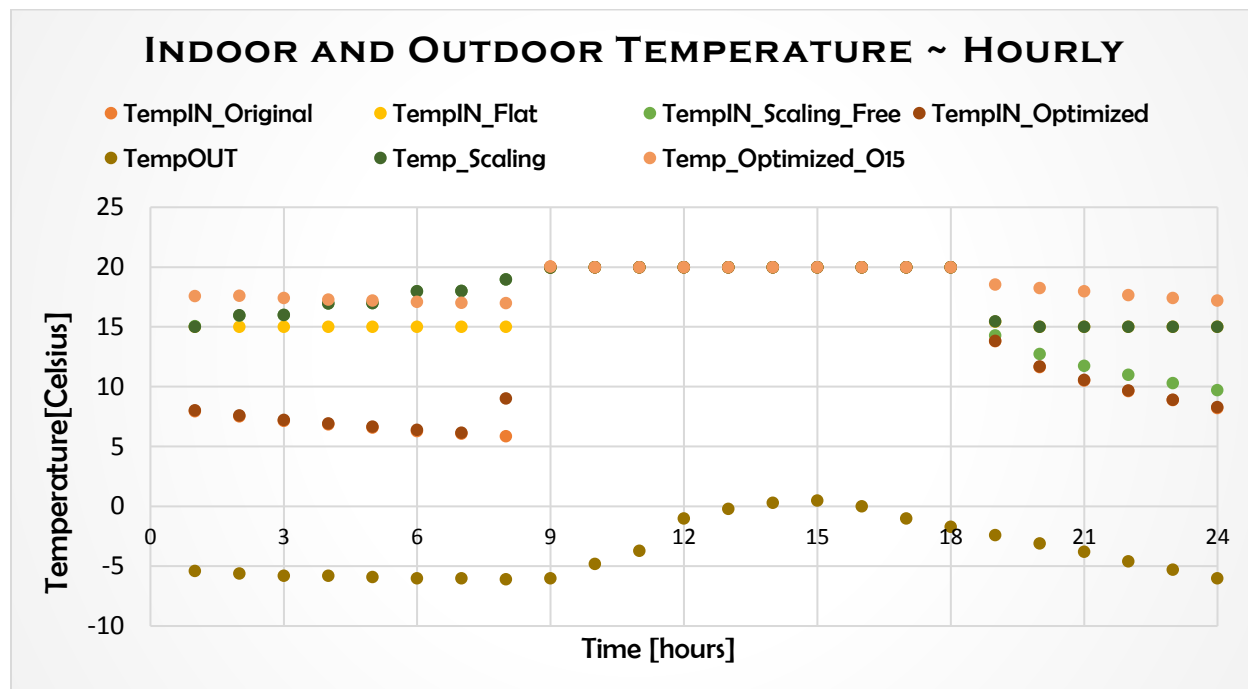
Πίνακας 10. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 01/01

Στον Πίνακα 10, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,11% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **2,44%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 18,67% όσον αφορά την ενέργεια και **12,15%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

11^η Ιανουαρίου

Η 15η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (-3.5°C) για τον Ιανουάριο.

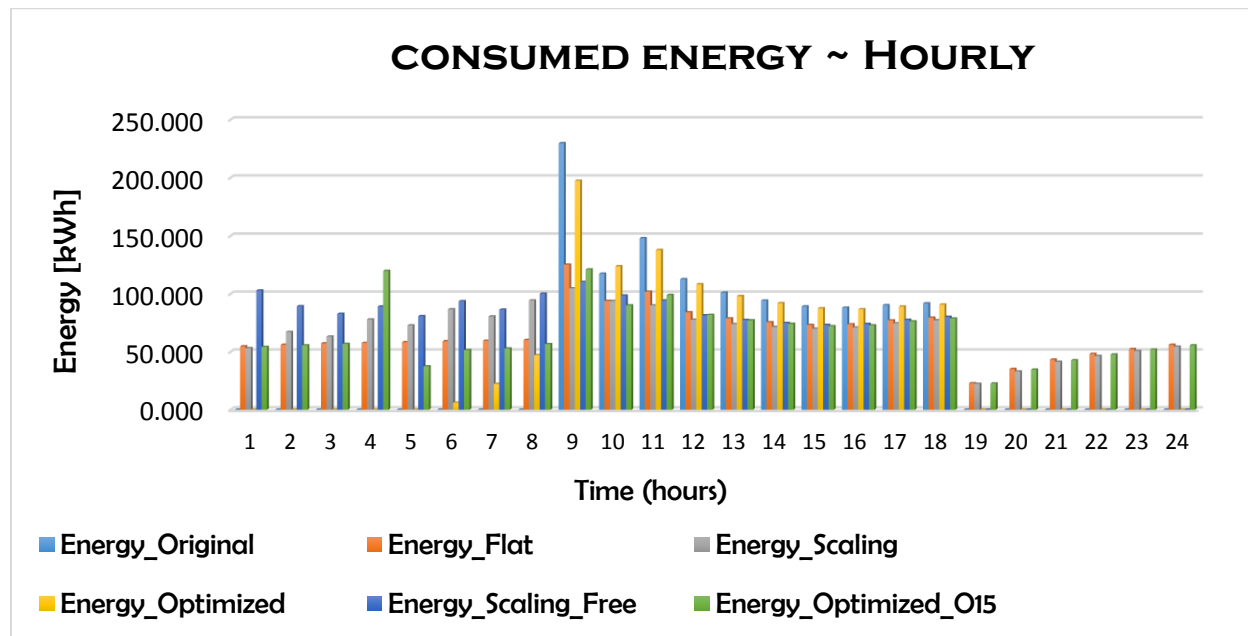
Στο Διάγραμμα 108 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 108.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 11/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 108, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling), της κλιμακωτής αύξησης, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Συγκεκριμένα, κατά την 8^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επιτυγχάνεται προθέρμανση μέσω του γενετικού αλγορίθμου, όπως κρίνεται σκόπιμο. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) να παρουσιάζει και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 109, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

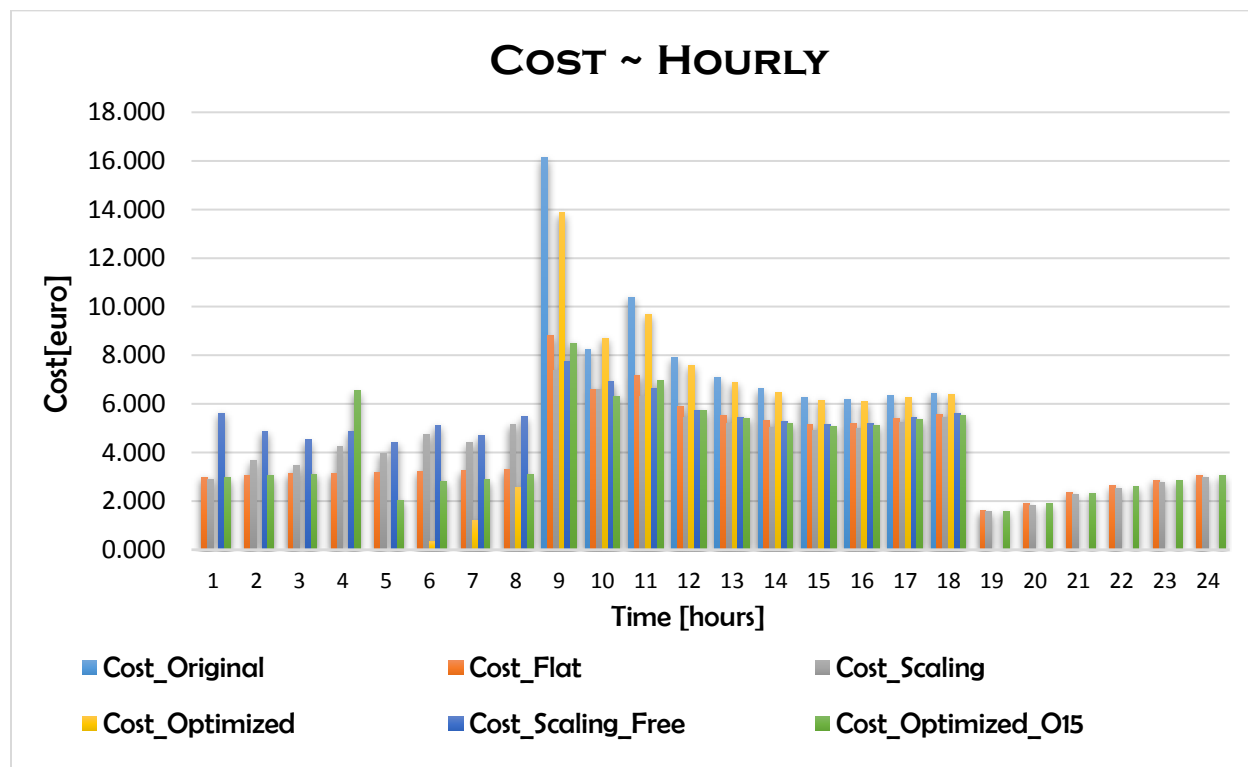


Διάγραμμα 109. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 11/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 109 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) κι ακολουθούν το 2^ο (Σταθερό - Flat) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized). Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι

αρκετά μεγάλες για το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 110, που ακολουθεί.

Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 110 .

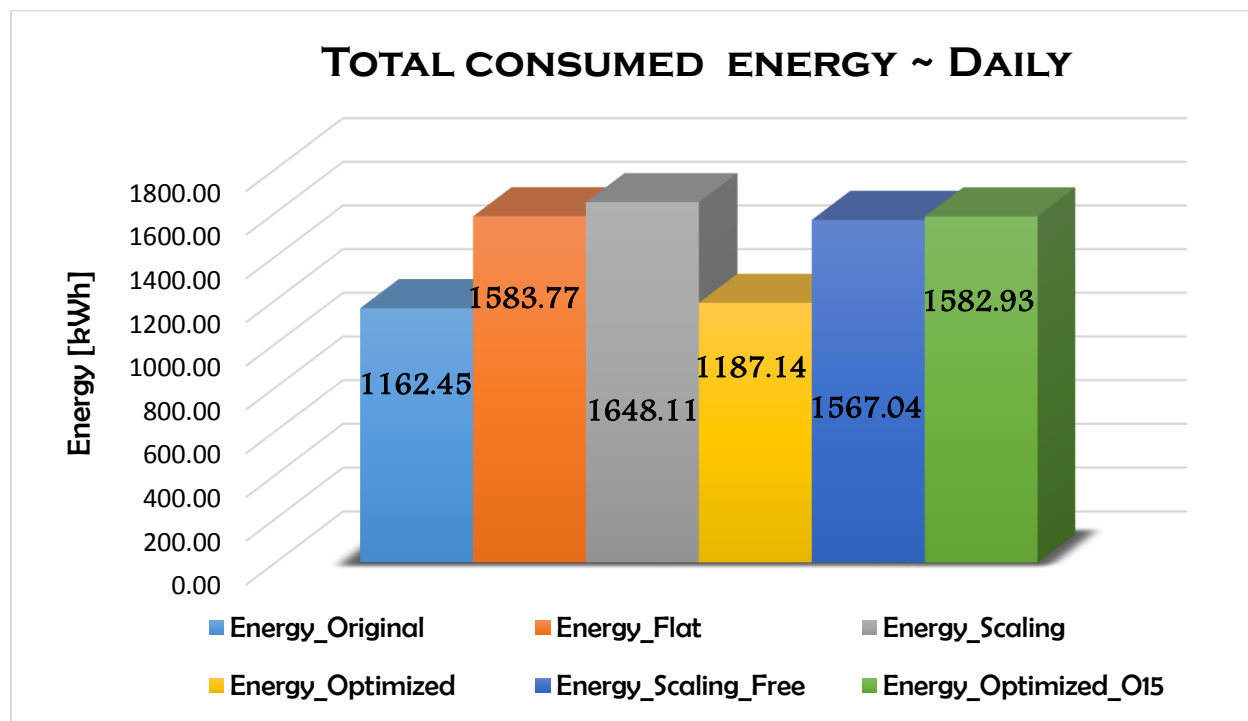


Διάγραμμα 110. Διακύμανση κόστους για την 11/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Επίσης, θα ήταν εύλογο να παρατηρήσουμε ότι το κόστος για το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) είναι μικρότερο ακόμα κι από το σενάριο, όπου η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15 °C, δηλαδή το 2^ο σενάριο(Σταθερό – Flat), πράγμα που σημαίνει ότι η προθέρμανση του κτιρίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,21€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 111 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 15/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 111. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, σε αυτήν την περίπτωση συμβαίνει κάτι το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί παράλογο, καθώς η καταναλισκόμενη ενέργεια κατά το βελτιωμένο 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι μεγαλύτερη από το 1^ο (Αρχικό – Original) κι αυτό συμβαίνει καθώς οι ενεργειακές καταναλώσεις αυξάνονται κατά τις ώρες μη αιχμής και μειώνεται κατά τις ώρες αιχμής, προκαλώντας μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις αλλά μικρότερο κόστος, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως για το άλλο βελτιωμένο σενάριο, (6^ο σενάριο) καθώς παρουσιάζει μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις από το 2^ο αλλά μεγαλύτερες από το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free). Επίσης, παρατηρείται ότι τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις τις παρουσιάζουν το 2^ο και το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) σενάρια όπου στο 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου και στο 2^ο (Σταθερό – Flat) διατηρείται πάνω από 15°C.

Τέλος, ο Πίνακας 11 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	26.60	-0.17	29.47	19.38	25.82	16.02
Σταθερό (Flat)	-36.24	-21.12	0.00	0.00	3.90	2.35	-1.07	-1.71
Κλιμακωτό (Scaling)	-41.78	-24.03	-4.06	-2.40	0.00	0.00	-5.17	-4.16
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-34.81	-19.08	1.06	1.69	3.95	2.65	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	-2.12	0.09	25.04	17.52	27.97	19.45	24.24	16.10
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-36.17	-20.74	0.05	0.31	3.95	2.65	-1.01	-1.40

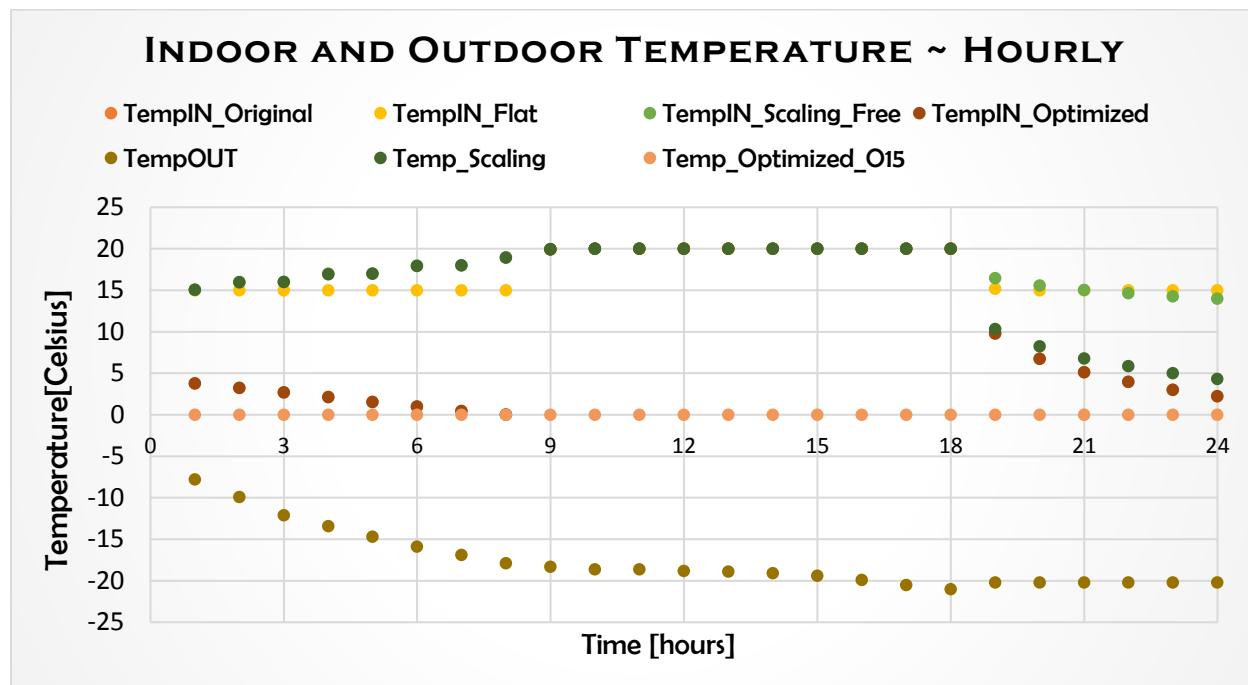
Πίνακας 11. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 11/01

Στον Πίνακα 11, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) χρειάζεται παραπάνω ενέργεια κατά 2,12% από το αρχικό σενάριο αλλά επιτυγχάνει μια μείωση του κόστους της τάξης του **0,09%**. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 24,24% όσον αφορά την ενέργεια και **16,10%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

12^η Ιανουαρίου

Η 12η Ιανουαρίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (-17.6°C) για τον Ιανουάριο.

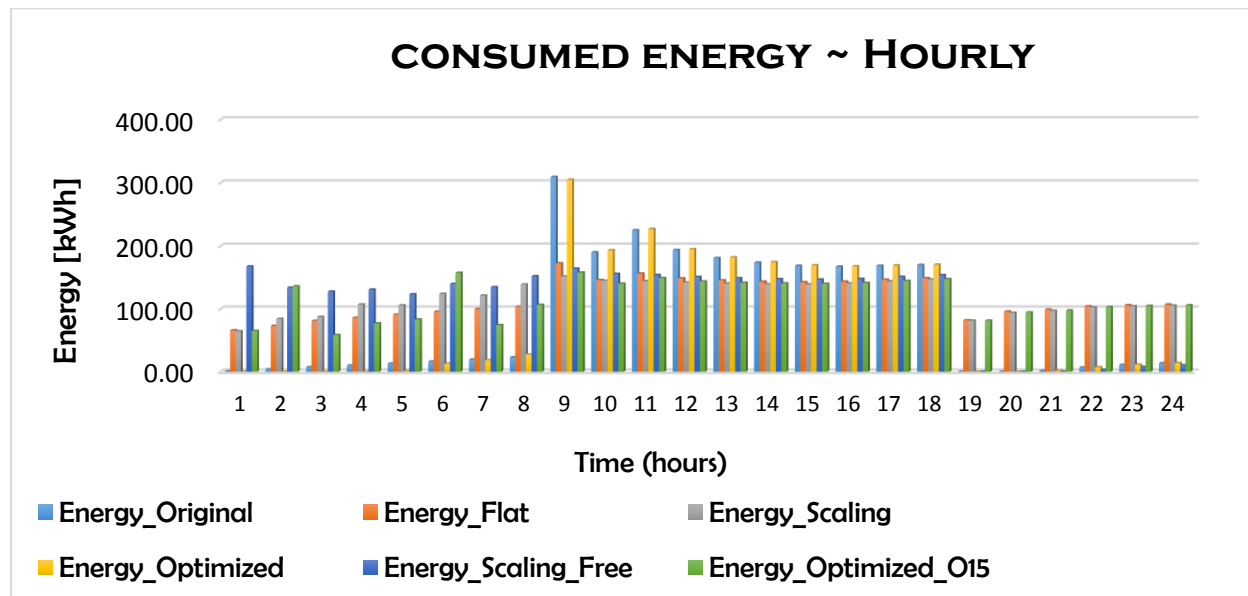
Στο Διάγραμμα 112 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 112.Εσωτερική κι Εξωτερική Θερμοκρασία για την 12/01

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 112, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολλές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο με τις υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου διατηρώντας τη θερμοκρασία πάνω από 15 °C, κι ακολουθεί το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 2^ο σενάριο(Σταθερό – Flat) όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό. Κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές παρουσιάζονται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) και δεν γίνεται προθέρμανση για κάποια ώρα, όσων αφορά το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Όσων αφορά το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), γίνεται προθέρμανση κατά την 2^η και την 5^η ώρα της ημέρας. Μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, παρουσιάζονται κάποιες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, με το 5^ο(Βελ/μένο – Optimized) και το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) να παρουσιάζουν τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές και να ακολουθεί το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling).

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 113, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

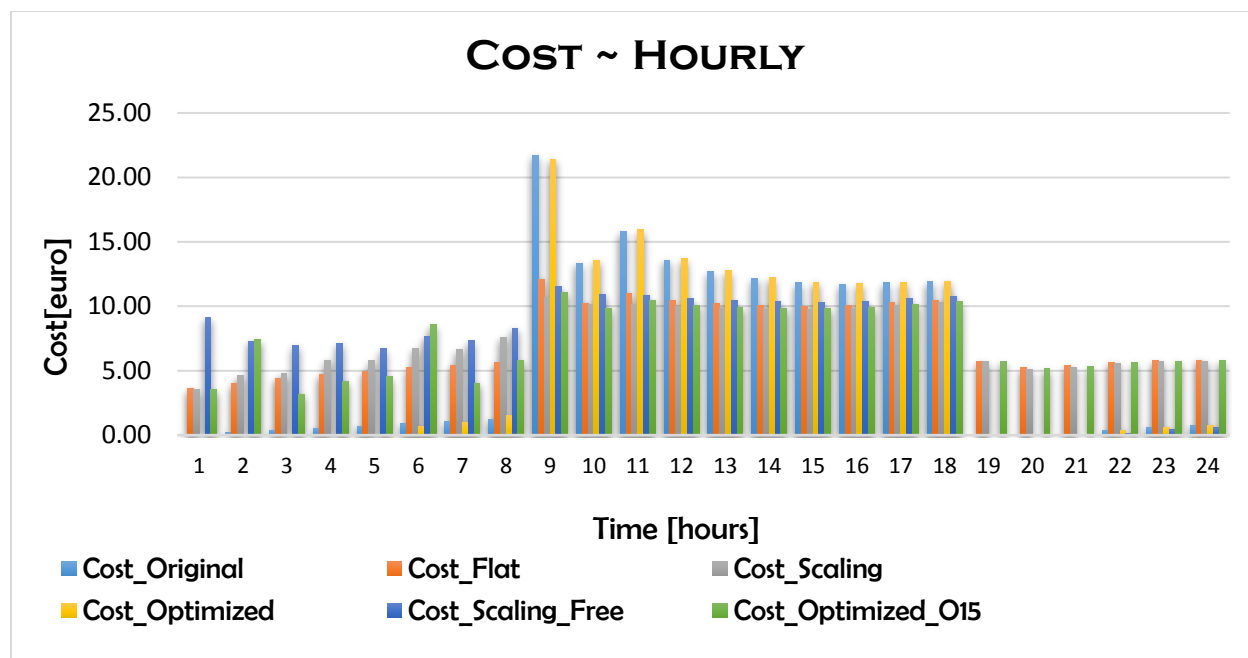


Διάγραμμα 113. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 12/01

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 113, οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) σενάριο, με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) να έχει αρκετά υψηλότερες τιμές κι ακολουθούν το 2^ο(Σταθερό - Flat) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) , τα οποία διατηρούν το κτίριο πάνω από 15 °C. Επίσης, επιτυγχάνεται προθέρμανση του κτιρίου κατά την 6^η, την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας, και παρουσιάζονται ενεργειακές καταναλώσεις και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο - Optimized). Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο σενάριο(Αρχικό - Original), το οποίο παρουσιάζει και την μέγιστη ωριαία τιμή κατανάλωσης ενέργειας κατά την 1^η ώρα λειτουργίας του κτιρίου. Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις κατά τις ώρες λειτουργίας, έχει και το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο - Optimized) επιτυγχάνοντας όμως τη βέλτιστη δυνατή προθέρμανση όσον αφορά το κόστος. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι

αρκετά μεγάλες για το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα ενώ για τις άλλες τρεις περιπτώσεις, υπάρχουν πάρα πολύ μικρές ενεργειακές καταναλώσεις εξαιτίας της πάρα πολύ χαμηλής εξωτερικής θερμοκρασίας. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 114, που ακολουθεί.

Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 114 .

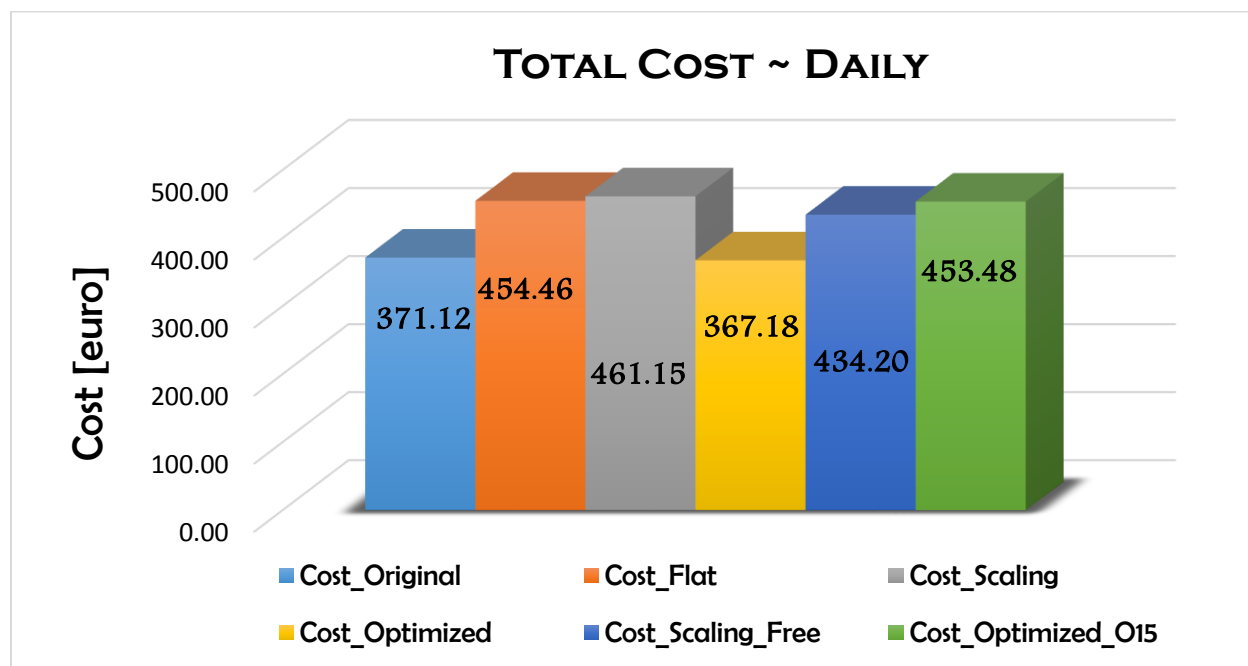


Διάγραμμα 114. Διακύμανση κόστους για την 12/01

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά αλλά και στο 2^ο(Σταθερό – Flat) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) όπου διατηρείται πάνω από 15 °C η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. Αυξημένο κόστος κατά την 6^η , την 7^η και την 8^η ώρα της ημέρας παρουσιάζεται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, βάσει των οποίων επιλέγεται προθέρμανση του κτιρίου . Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized), ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου παρουσιάζεται αρκετά μεγάλο ενεργειακό κόστος μόνο για τα 3 σενάρια, στα οποία ελέγχεται το κτίριο σε αυτό το χρονικό διάστημα, δηλαδή το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) ενώ για τα

υπόλοιπα τρία σενάρια απαιτούνται πολύ μικρές ποσότητες ενέργειας και εμφανίζεται ενεργειακό κόστος κατά την 22^η, την 23^η και 24^η ώρα της ημέρας.

Στο Διάγραμμα 115 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

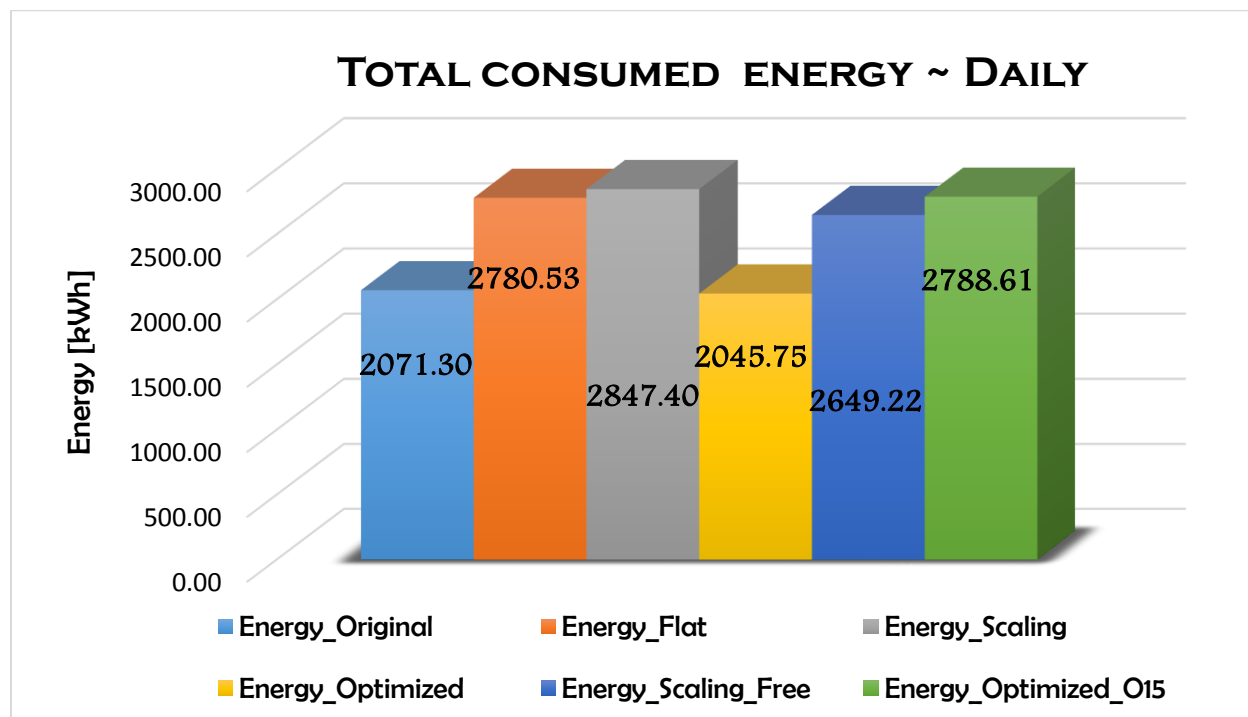


Διάγραμμα 115. Συνολικό κόστος για την 12/01

Στο Διάγραμμα 115 είναι προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος καθώς το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) παρουσιάζει την μικρότερη τιμή συνολικού κόστους. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) καθώς στο δε 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών ενώ στο 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), εκτός της προθέρμανσης του κτιρίου πριν την έναρξη της λειτουργίας του, μετά το πέρας λειτουργίας του διατηρείται πάνω από 15°C με αποτέλεσμα να χρειάζονται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας και συνεπώς μεγαλύτερο κόστος. Επίσης, θα ήταν εύλογο να παρατηρήσουμε ότι το κόστος για το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) είναι μικρότερο ακόμα κι από το σενάριο, όπου η θερμοκρασία διατηρείται πάνω από 15°C, δηλαδή το 2^ο σενάριο (Σταθερό – Flat), πράγμα που σημαίνει ότι η προθέρμανση του κτιρίου έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **3,94€** ημερησίως χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου.

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 116 παρουσιάζεται η ολική ενέργεια που καταναλώνεται για την 15/01 στα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 116. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 12/01

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Στην άλλη πλευρά, μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), στα οποία ελέγχεται η θερμοκρασία μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής αύξησης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζονται περίπου **25kWh** λιγότερες από το αρχικό σενάριο, πράγμα πολύ θετικό.

Τέλος, ο Πίνακας 12 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	25.51	-0.18	27.26	19.52	21.81	14.53
Σταθερό (Flat)	-34.24	-22.46	0.00	0.00	2.35	1.45	-4.96	-4.66
Κλιμακωτό (Scaling)	-37.47	-24.26	-2.41	-1.47	0.00	0.00	-7.48	-6.21
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-27.90	-17.00	4.72	4.46	2.07	1.66	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	1.23	1.06	26.43	19.20	28.15	20.38	22.78	15.44
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-34.63	-22.19	-0.29	0.21	2.07	1.66	-5.26	-4.44

Πίνακας 12. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 12/01

Στον Πίνακα 12, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 1,23% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **1,06%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 22,78% όσον αφορά την ενέργεια και **15,44%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), που ουσιαστικά είναι η σύγκριση μεταξύ του βελτιστοποιημένου σεναρίου προθέρμανσης και του εμπειρικού/κλιμακωτού.

5.3.2 Αποτελέσματα περιόδου ψύξης (Ιούλιος)

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά διαγράμματα σχετικά με τις θερμοκρασίες, τις ενεργειακές απαιτήσεις, τη διακύμανση του για τον μήνα Ιανουάριο και για τις τρεις υπό εξέταση περιοχές. Όσον αφορά το κόστος ενέργειας σημειώνεται ότι αυτό αξιολογείται τόσο ως άμεσο κόστος βάσει των σχετικών χρονικών χρεώσεων ανά kWh όσο και συνολικά λαμβάνοντας υπόψη πάγια, φόρους, έμμεσες χρεώσεις κλπ.

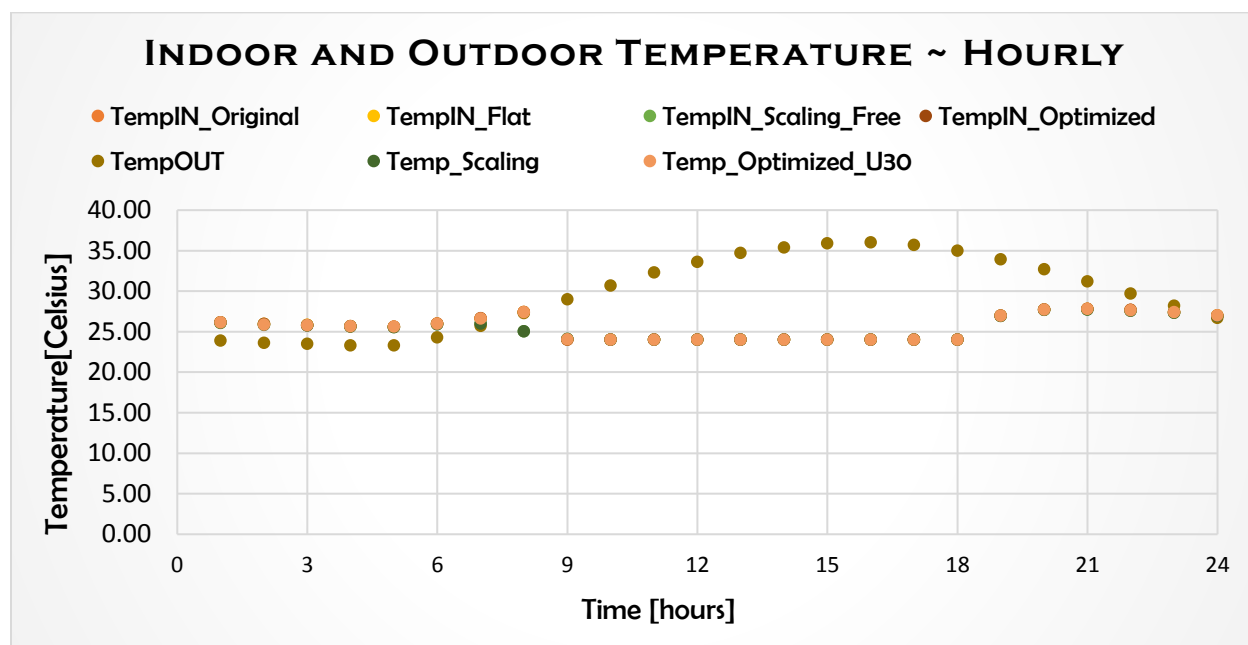
5.2.2.1 Ανκόνα (Ιταλία)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιούλιο στην Ανκόνα της Ιταλίας παρουσιάζονται παρακάτω.

9^η Ιουλίου

Η 9^η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία (29.8 °C) για τον Ιούλιο.

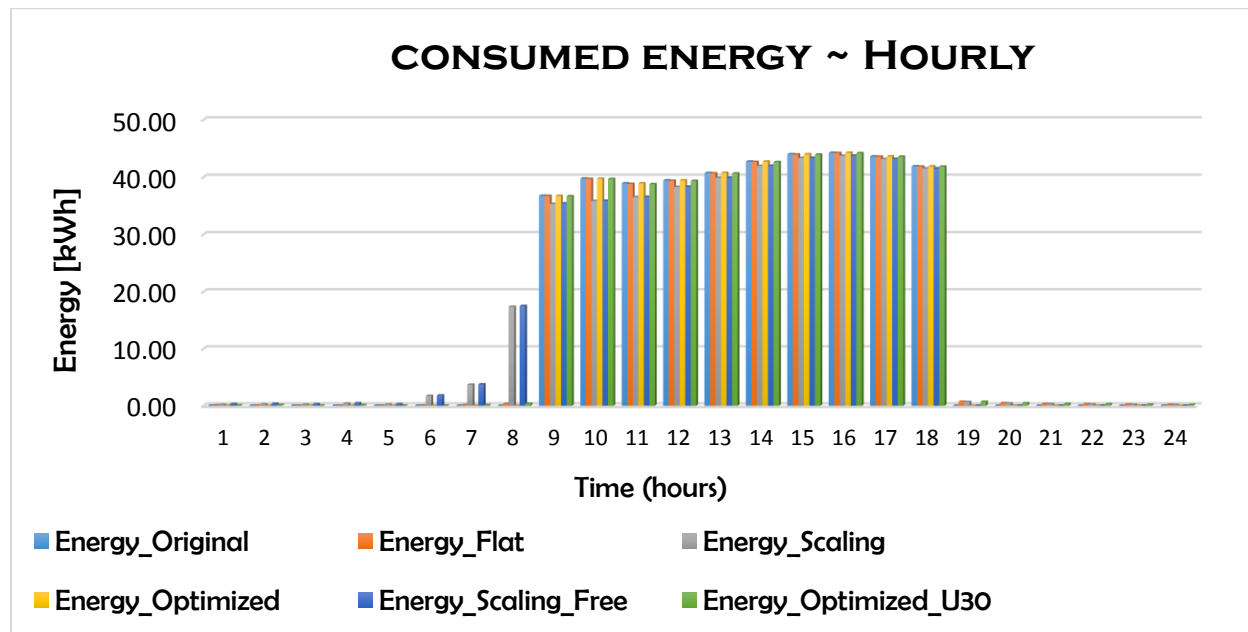
Στο Διάγραμμα 117 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 117. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 117, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία κατά την 8^η ώρα της ημέρας είναι χαμηλότερη από τα υπόλοιπα σενάρια κατά το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) λόγω της εμπειρικής/κλιμακωτής «πρόψυξης» του κτιρίου.

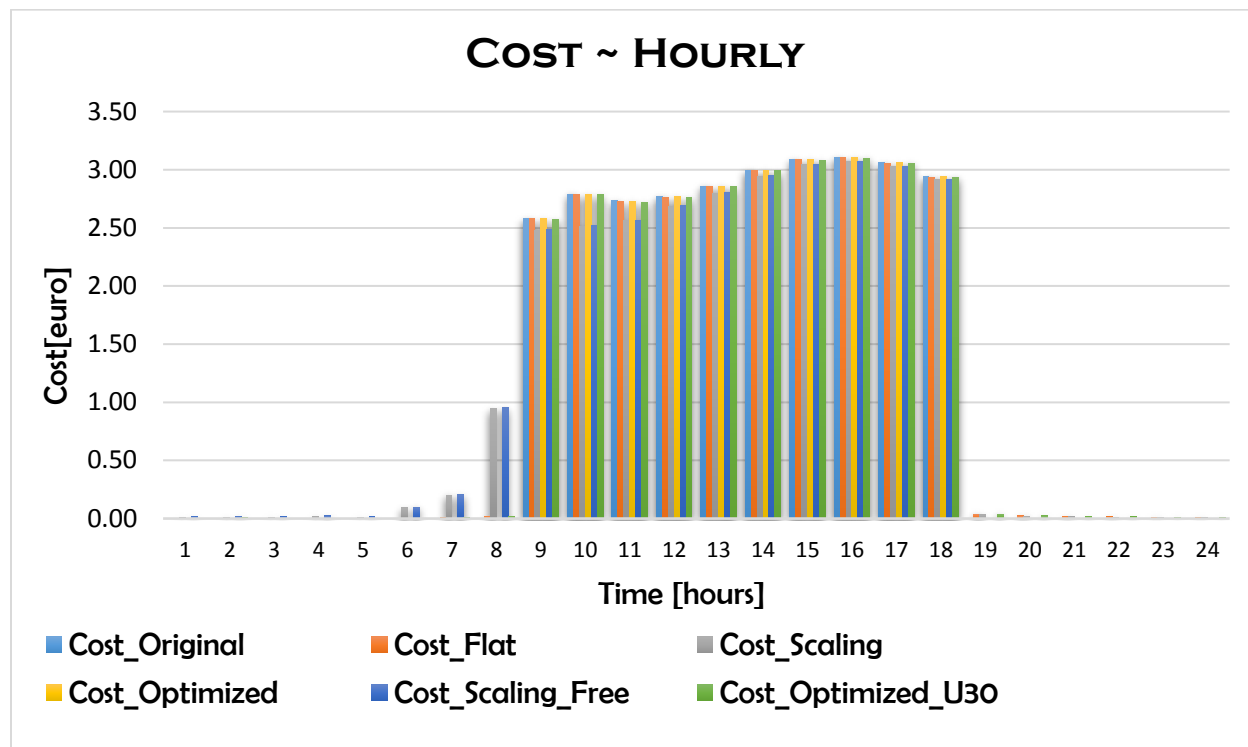
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 118, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 118. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 09/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 118, οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, τις μόνες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, δηλαδή το 1^ο (Αρχικό - Original), το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15). Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η, την 20^η και την 21^η ώρα της ημέρας για το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 119, που ακολουθεί.

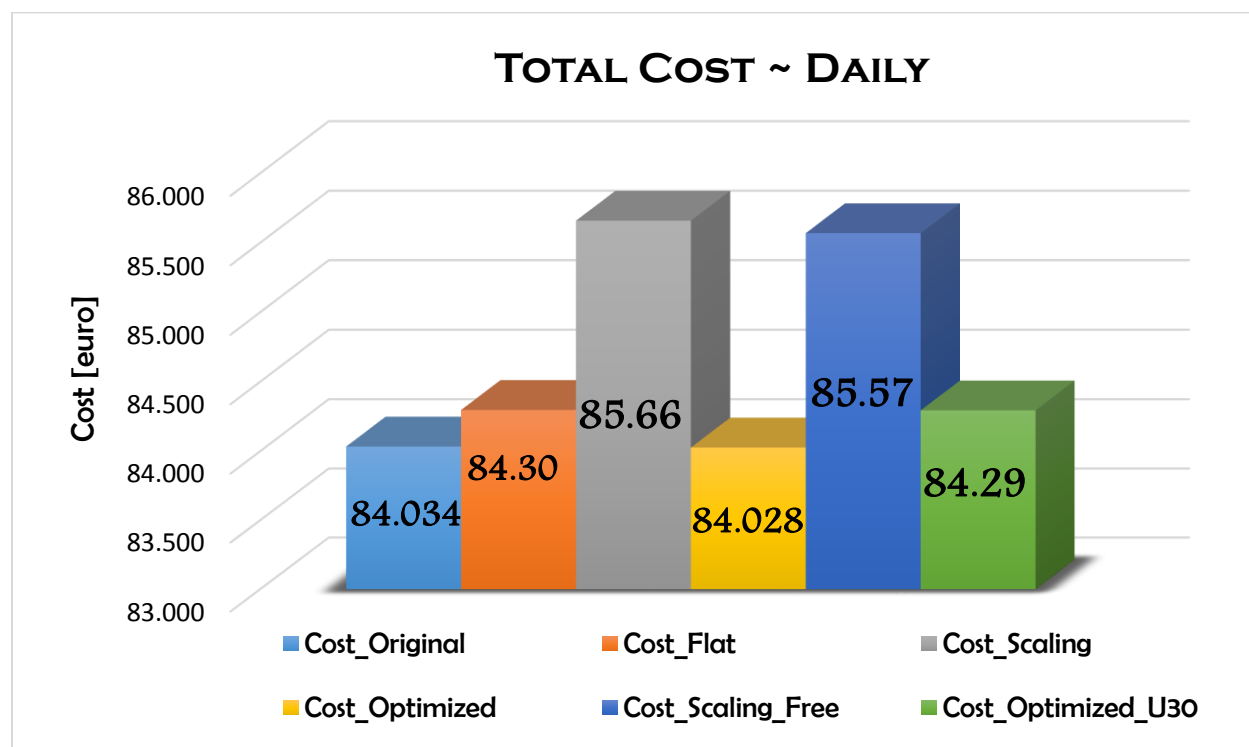
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 119.



Διάγραμμα 119. Διακύμανση κόστους για την 09/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, το υψηλότερο καθώς και το μοναδικό κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, δεν παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική ενεργειακή απαίτηση κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, κι έτσι για την επίτευξη πρόψυξης, δεν προκαλείται αύξηση του κόστους. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), με το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μικρές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 19^η και την 20^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πάρα πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 120 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

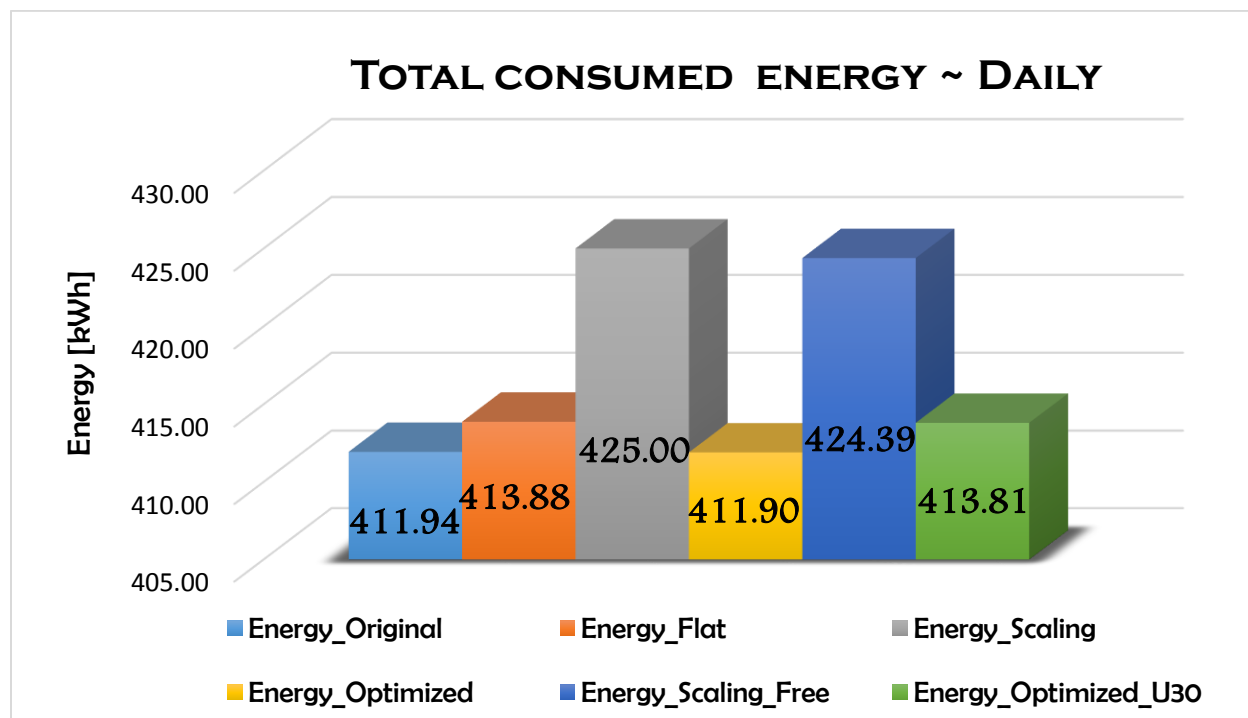


Διάγραμμα 120. Συνολικό κόστος για την 09/07

Στο Διάγραμμα 120 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,06€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **1,275€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου .

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 121 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 121. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 09/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) με το 4^ο (κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **0,5kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο. Η ποσότητα αυτή μπορεί να είναι μικρή σε επίπεδο ημέρας αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μήνας Ιούλιος έχει 31 ημέρες, εξοικονομούνται **15,5kWh** μηνιαία.

Τέλος, ο Πίνακας 13 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.47	0.00	3.07	1.90	2.93	1.79
Σταθερό (Flat)	-0.47	-0.31	0.00	0.00	2.62	1.59	2.48	1.49
Κλιμακωτό (Scaling)	-3.17	-1.93	-2.69	-1.62	0.00	0.00	-0.14	-0.10
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-3.02	-1.83	-2.54	-1.51	2.63	1.59	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.01	0.01	0.48	0.32	3.08	1.90	2.94	1.80
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-0.45	-0.31	0.02	0.00	2.63	1.59	2.49	1.49

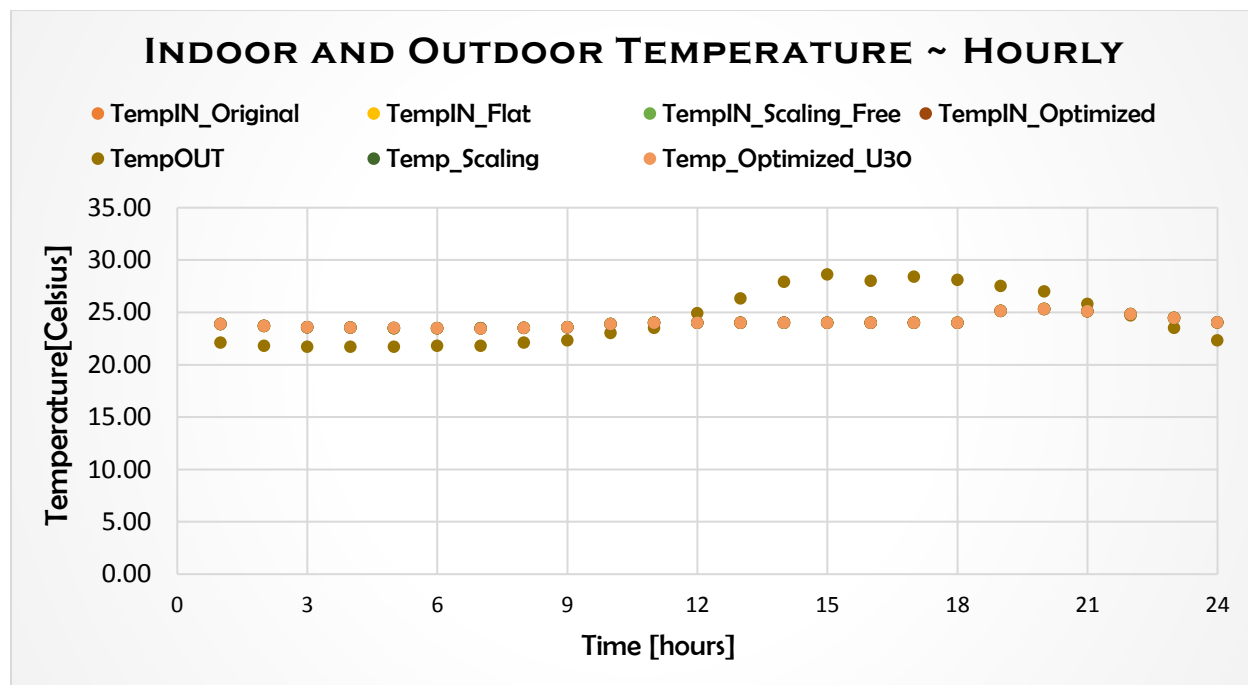
Πίνακας 13. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 09/07

Στον Πίνακα 13, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,01% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του **0,01%** όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 2,94% όσον αφορά την ενέργεια και **1,80%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

13^η Ιουλίου

Η 13^η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (24.46°C) για τον Ιούλιο.

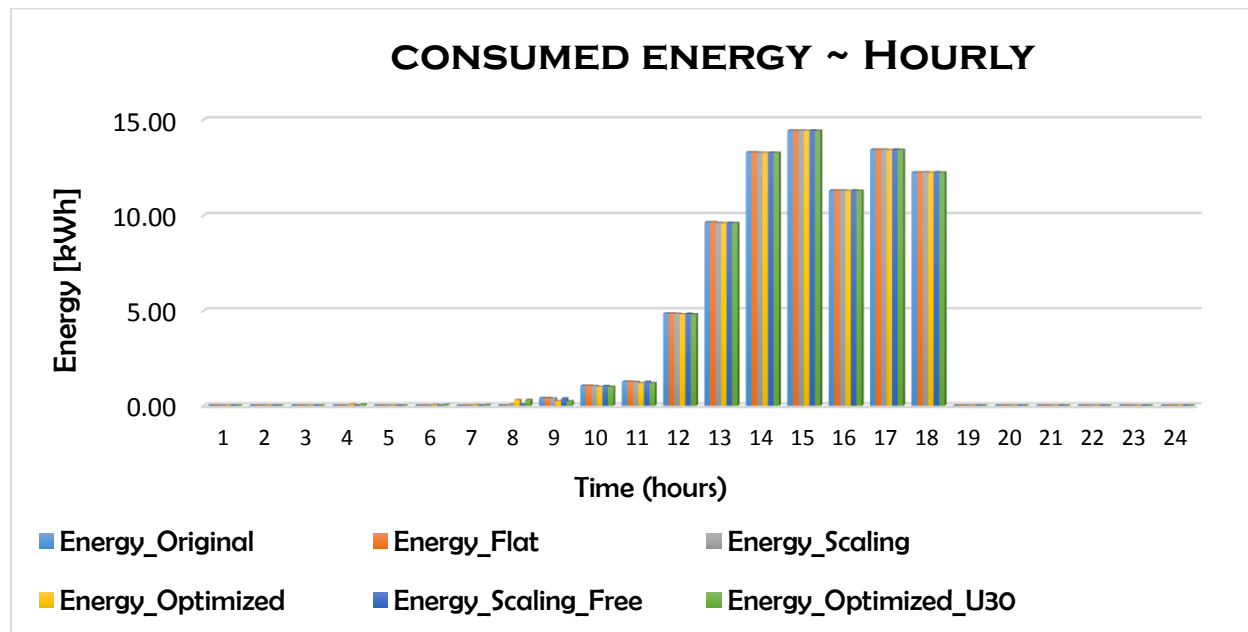
Στο Διάγραμμα 122 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 122. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 13/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 122, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

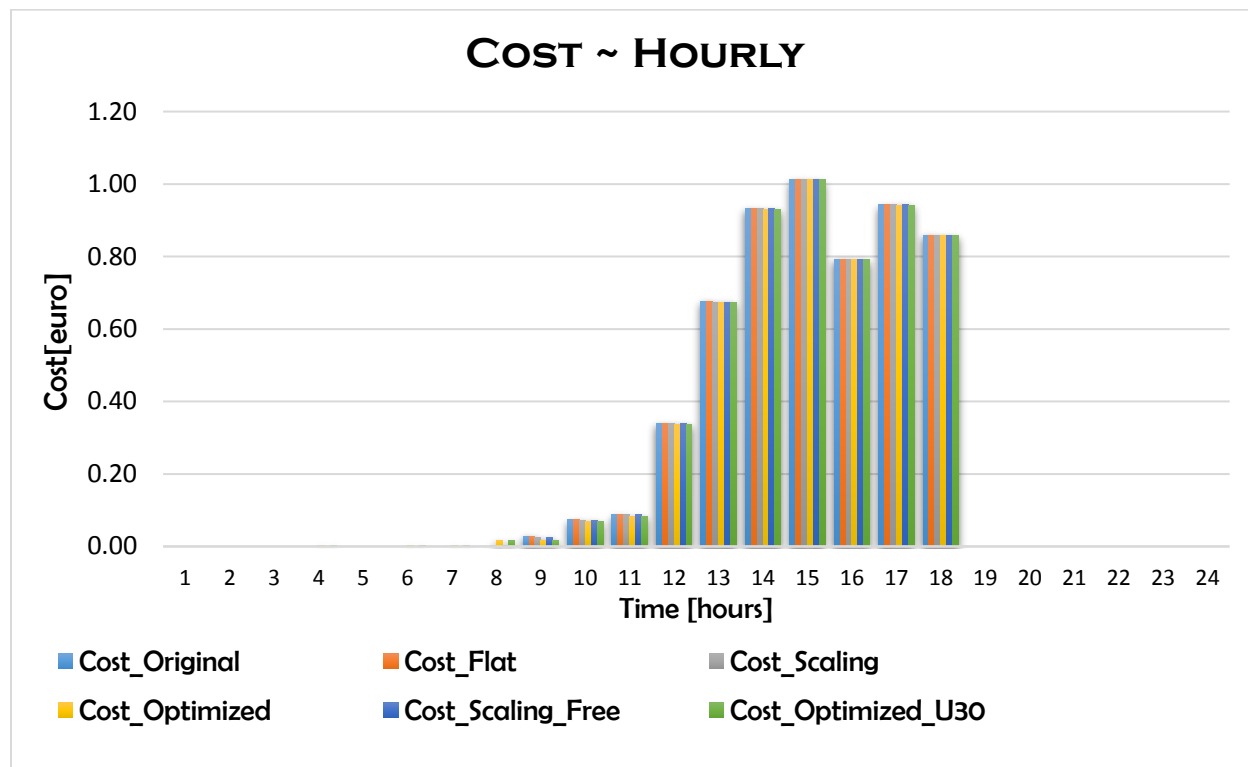
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 123, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 123. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 13/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 123 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν απειροελάχιστες διαφοροποιήσεις σε κάθε περίπτωση. Συγκεκριμένα, οι μόνες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται για τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης με χρήση γενετικών αλγορίθμων, τα οποία επιτυγχάνουν ελαφρά πρόψυξη την 8^η ώρα της ημέρας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρείται ότι οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι ίδιες για κάθε περίπτωση με ελάχιστα μικρότερες τιμές για το 5^ο (Βελ/μένο – Optimized) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) ανά διαστήματα. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, δεν υπάρχουν ενεργειακές απαιτήσεις σε κανένα υπό εξέταση σενάριο καθώς η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται φυσικά στα επιθυμητά επίπεδα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 124, που ακολουθεί.

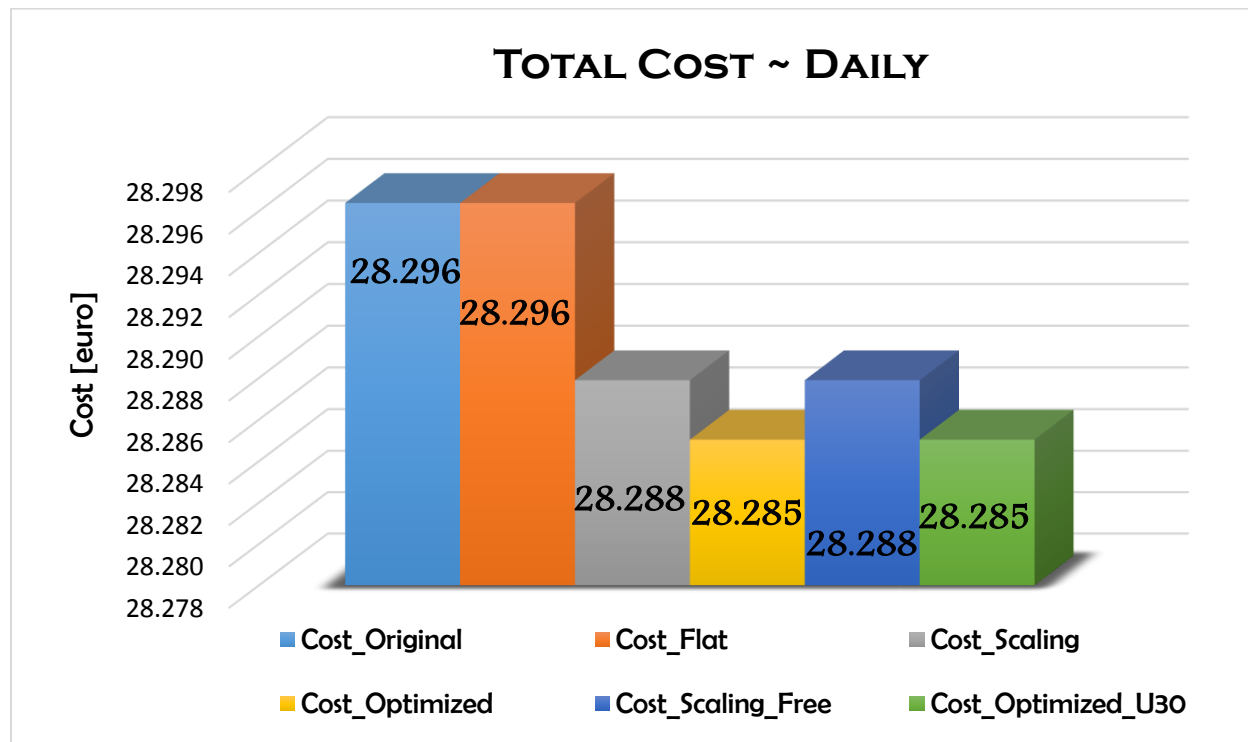
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 124.



Διάγραμμα 124. Διακύμανση κόστους για την 13/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το μοναδικό κόστος που παρουσιάζεται είναι κατά τα δυο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικών αλγορίθμων κατά την 8^η ώρα της ημέρας, όπου γίνεται πρόψυξη του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο(Αρχικό – Original) και το 2^ο(Σταθερό – Flat) σενάριο, με το 5^ο(Βελ/μένο – Optimized) και το 6^ο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μηδαμινές και το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος.

Στο Διάγραμμα 125 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

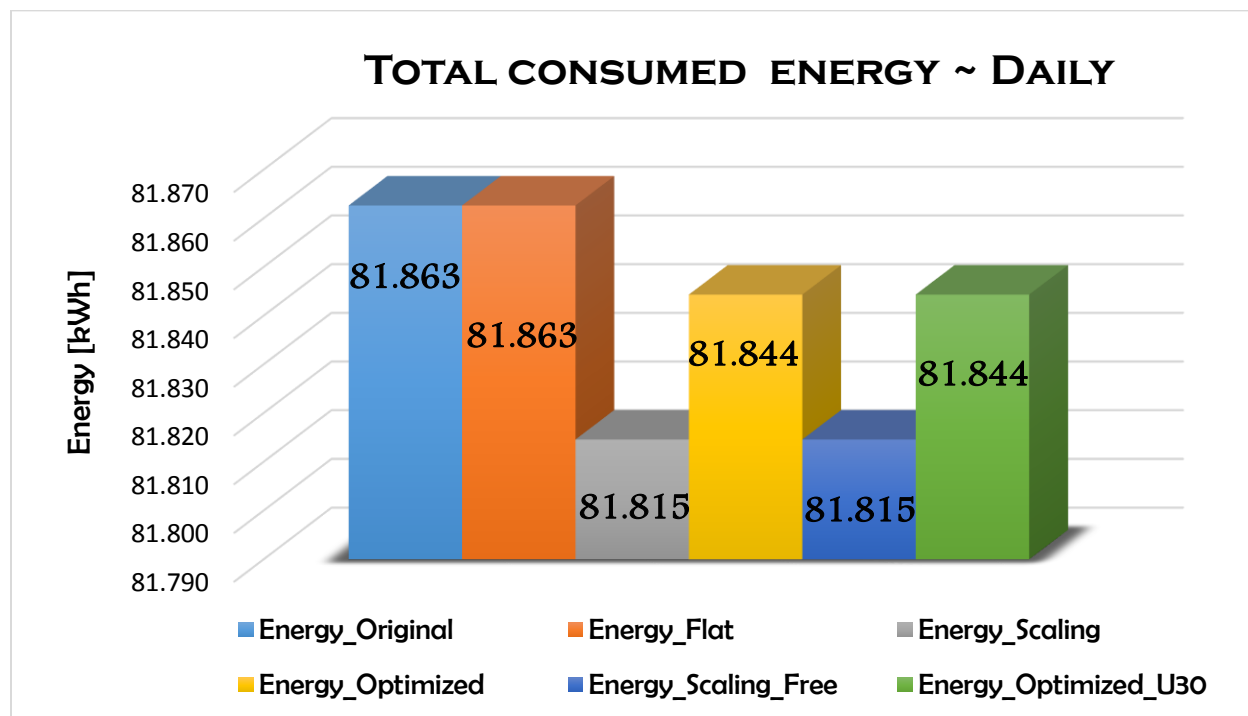


Διάγραμμα 125. Συνολικό κόστος για την 13/07

Στο Διάγραμμα 125 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι μεγαλύτερο κόστος παρουσιάζουν το 1^ο(Αρχικό – Original) και το 2^ο(Σταθερό – Flat) σενάριο καθώς ακόμα και με τα σενάρια εμπειρικής/κλιμακωτής πρόψυξης του κτιρίου, επιτυγχάνεται μείωση του κόστους από το αρχικό και το σενάριο όπου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερά κάτω από 30°C, γεγονός που επιβεβαιώνει την μεγάλη σημασία του εγχειρήματος της πρόψυξης του κτιρίου. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,11€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_Ο15 – Optimized_Ο15) επιτυγχάνει μείωση **0,03€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 126 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 126. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 13/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται. Όμως παρόλο που χρειάζονται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο - Optimized), αυτό επιτυγχάνει χαμηλότερο κόστος από το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free). Αυτό είναι πιθανόν να συμβαίνει λόγω κατανάλωσης περισσότερης ενέργειας κατά τις ώρες μη αιχμής και λιγότερης κατά τις ώρες αιχμής που αυτή κοστίζει περισσότερο. Ουσιαστικά χρειάζονται 0,29 kWh περισσότερες τόσο για το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) όσο και για το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), για να επιτευχθεί μια μικρή μείωση του κόστους, η οποία είναι η βέλτιστη δυνατή καθώς εντοπίστηκε με την χρήση γενετικών αλγορίθμων.

Τέλος, ο Πίνακας 14 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.03	-0.06	-0.03
Σταθερό (Flat)	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.03	-0.06	-0.03
Κλιμακωτό (Scaling)	0.06	0.03	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	0.06	0.03	0.06	0.03	-0.04	0.01	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.02	0.04	0.02	0.04	-0.04	0.01	-0.04	0.01
Βελτιστοποιημένο_O15 (Optimized_O15)	0.02	0.04	0.02	0.04	-0.04	0.01	-0.04	0.01

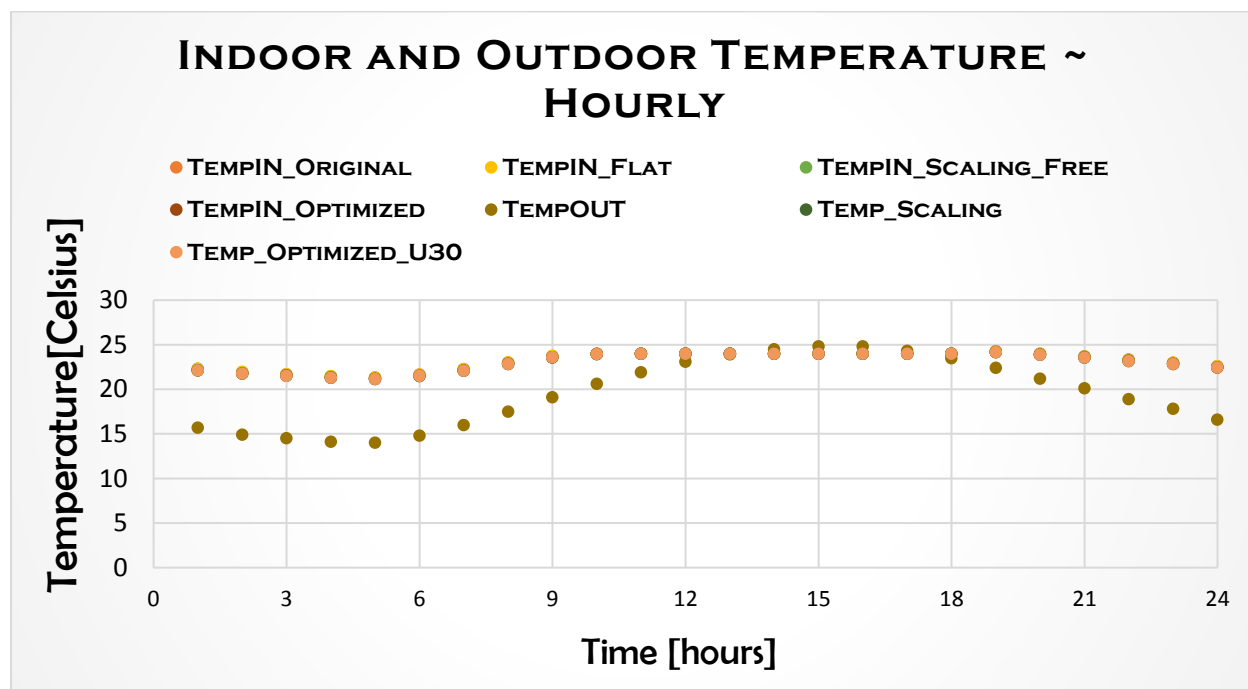
Πίνακας 14. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 13/07

Στον Πίνακας 14, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,02% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 0,04% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) 0,04% περισσότερη ενέργεια από το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) και 0,01% όσον αφορά το κόστος.

15^η Ιουλίου

Η 15η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (19.4°C) για τον Ιούλιο.

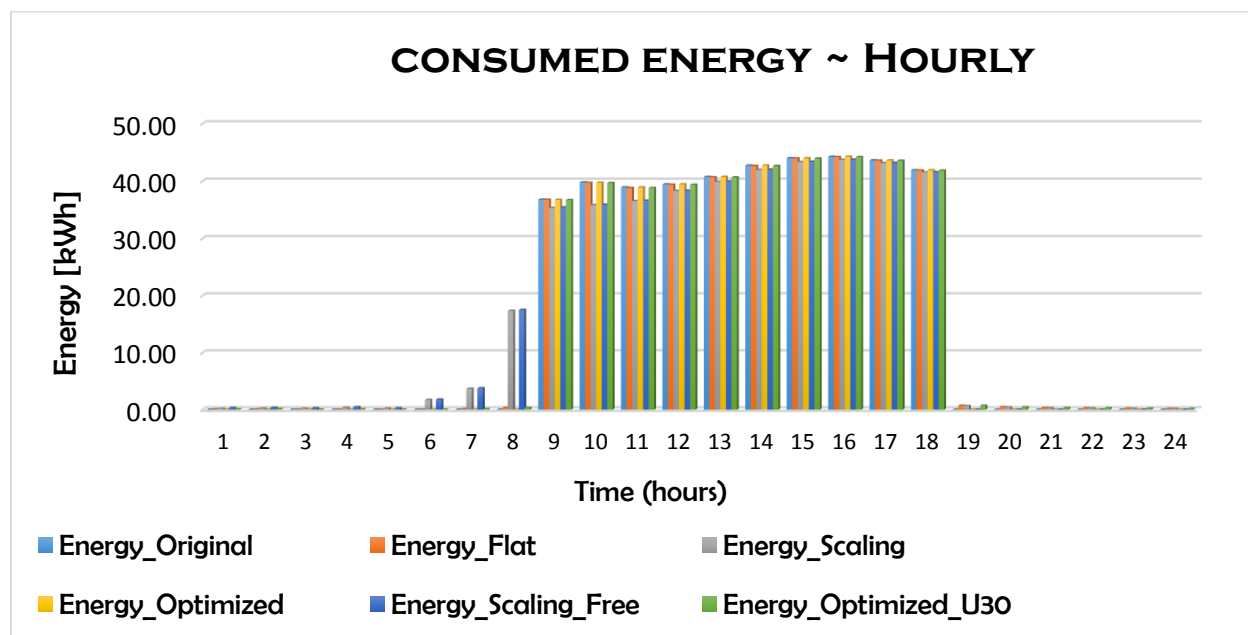
Στο Διάγραμμα 127 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 127. Διακύμανση Εσωτερικής και Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 127, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 128, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

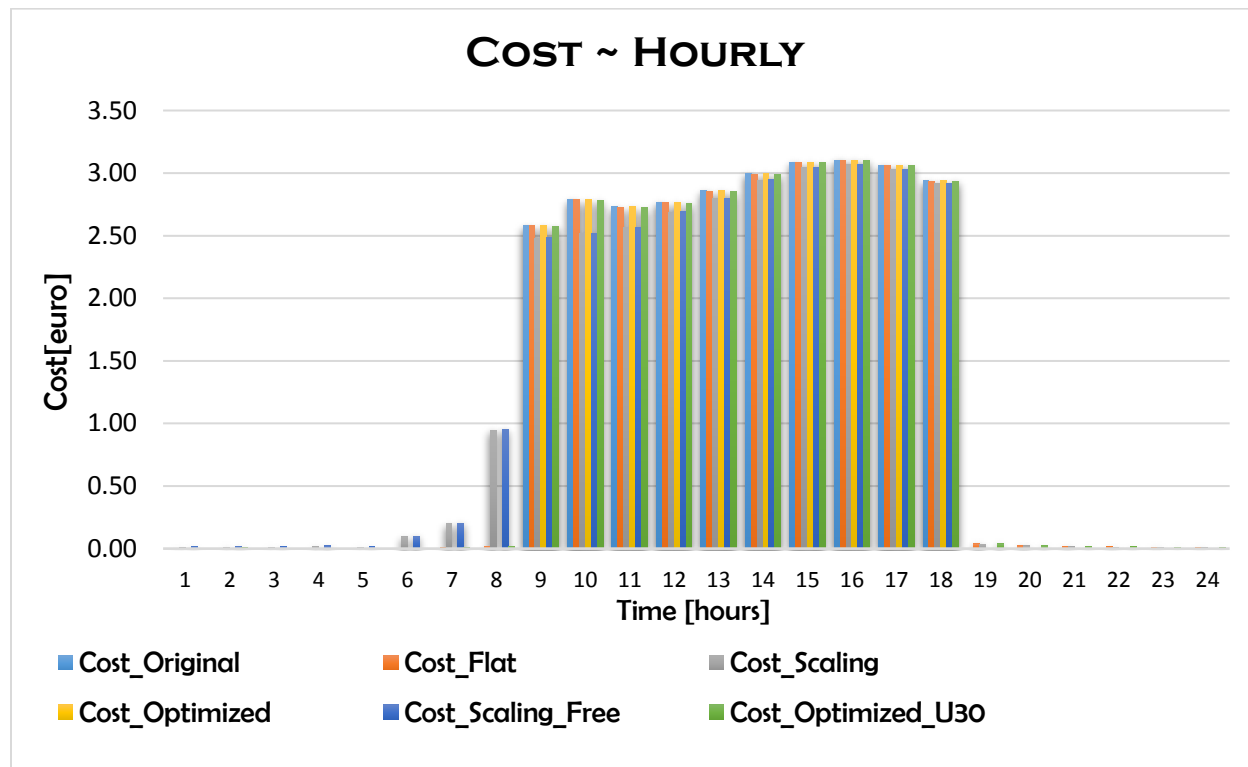


Διάγραμμα 128. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 128 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, δηλαδή το 1^ο (Αρχικό - Original), το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15). Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η, την 20^η και την 21^η ώρα της ημέρας για το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε

αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 129, που ακολουθεί.

Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 129.

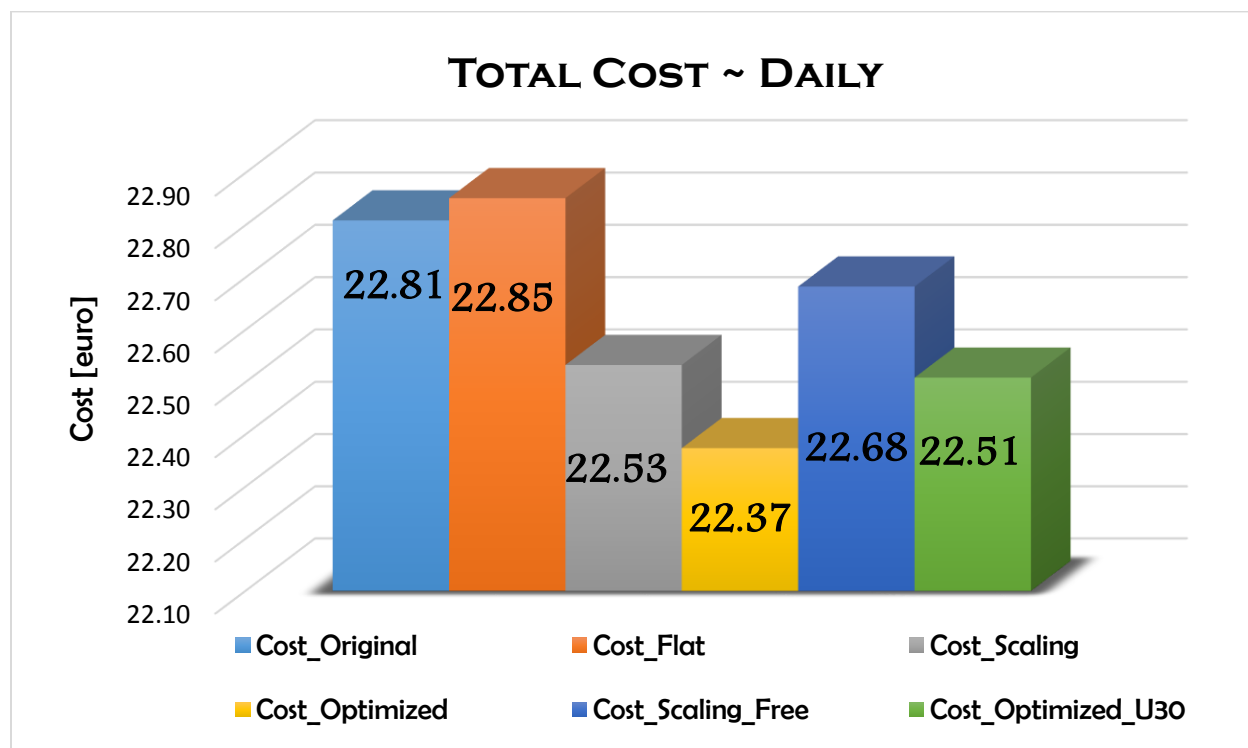


Διάγραμμα 129. Διακύμανση κόστους για την 15/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο καθώς και το μοναδικό κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, δεν παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική ενεργειακή απαίτηση κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, κι έτσι για την επίτευξη πρόψυξης, δεν προκαλείται αύξηση του κόστους. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), με το 2^ο, το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μικρές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 19^η και την 20^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πάρα

πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 130 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

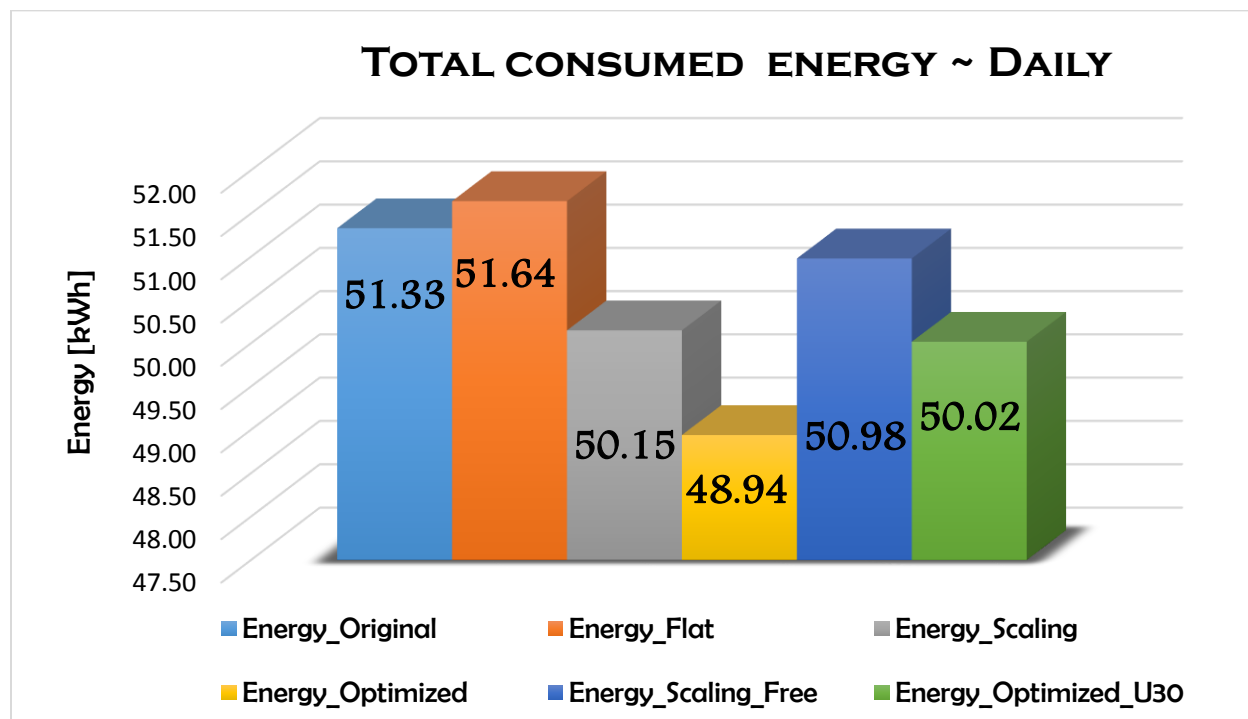


Διάγραμμα 130. Συνολικό κόστος για την 15/07

Στο Διάγραμμα 130 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η προθέρμανση του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,44€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **0,17€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 131 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 131. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 2^ο (Σταθερό – Flat) παρουσιάζει τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **2,39kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο. Η ποσότητα αυτή μπορεί να είναι μικρή σε επίπεδο ημέρας αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μήνας Ιούλιος έχει 31 ημέρες, εξοικονομούνται **74,09kWh** μηνιαία.

Τέλος, ο Πίνακας 15 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.61	0.00	-2.36	-1.23	-0.69	-0.56
Σταθερό (Flat)	-0.61	-0.19	0.00	0.00	-2.98	-1.41	-1.30	-0.74
Κλιμακωτό (Scaling)	2.30	1.21	2.89	1.40	0.00	0.00	1.63	0.66
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	0.68	0.55	1.28	0.74	0.26	0.11	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	4.66	1.91	5.24	2.09	2.41	0.71	4.00	1.36
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	2.56	1.32	3.15	1.50	0.26	0.11	1.89	0.77

Πίνακας 15. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07

Στον Πίνακα 15, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,36% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 3% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 14,31% όσον αφορά την ενέργεια και 7,98% όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

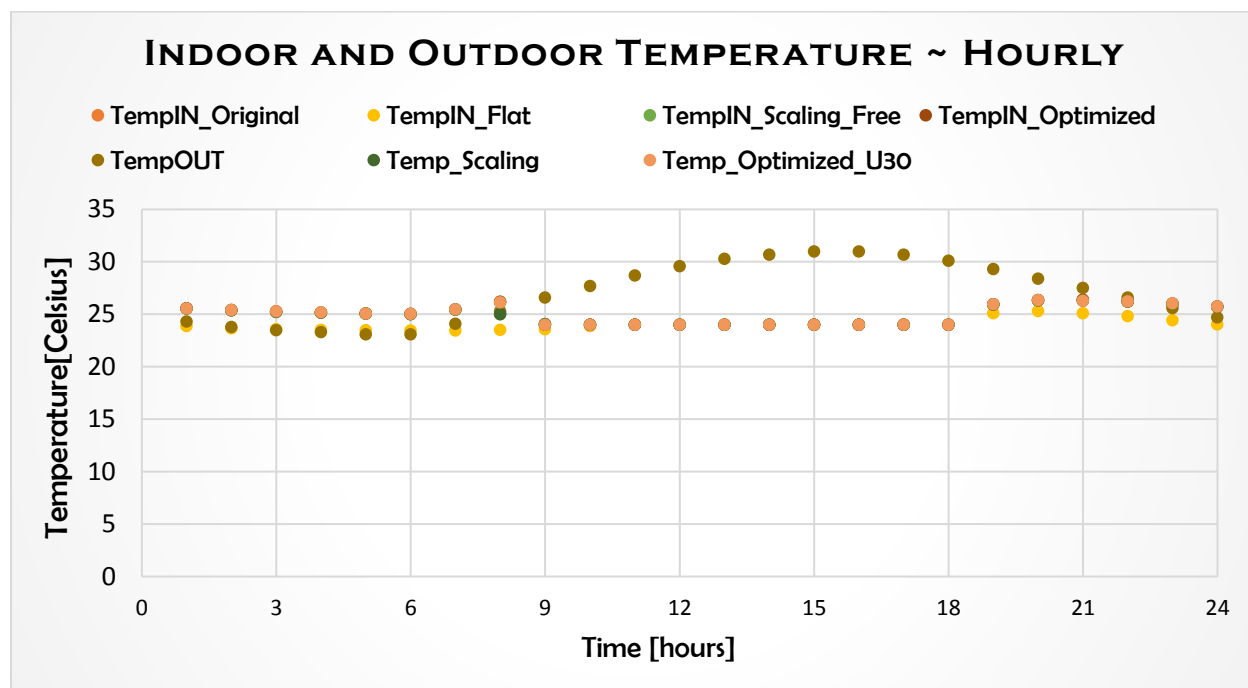
5.2.2.2 Χανιά (Ελλάδα)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιούλιο στα Χανιά της Ελλάδας παρουσιάζονται παρακάτω.

11^η Ιουλίου

Η 11η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (27.09°C) για τον Ιούλιο.

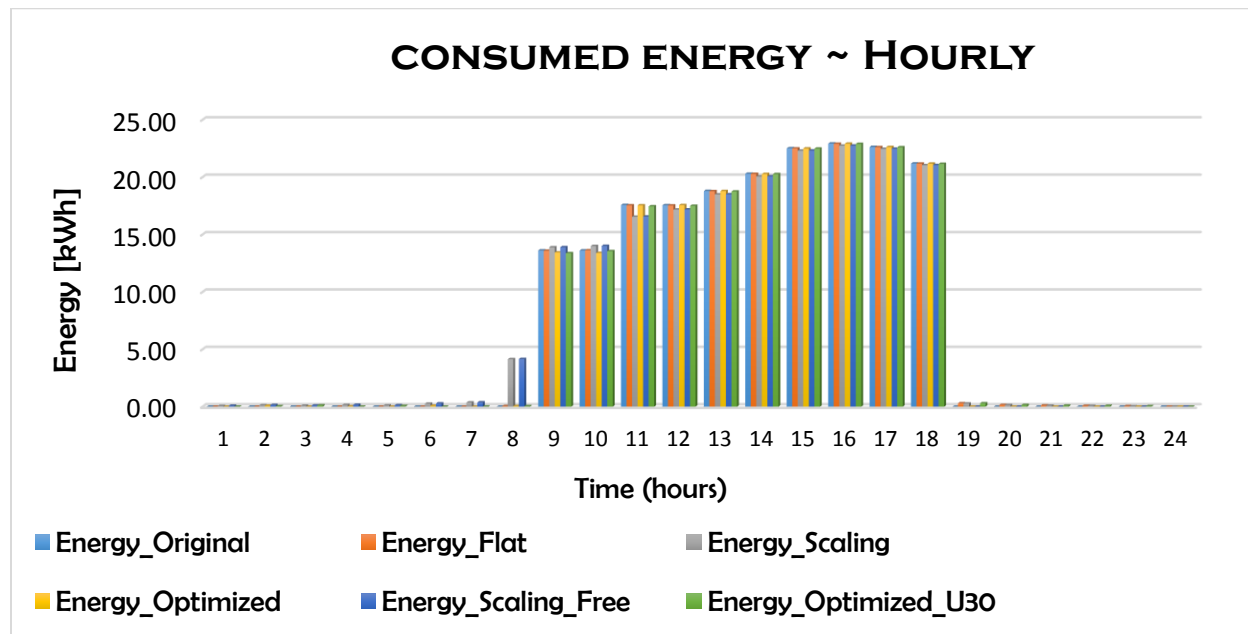
Στο Διάγραμμα 132 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 132. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 11/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 132, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

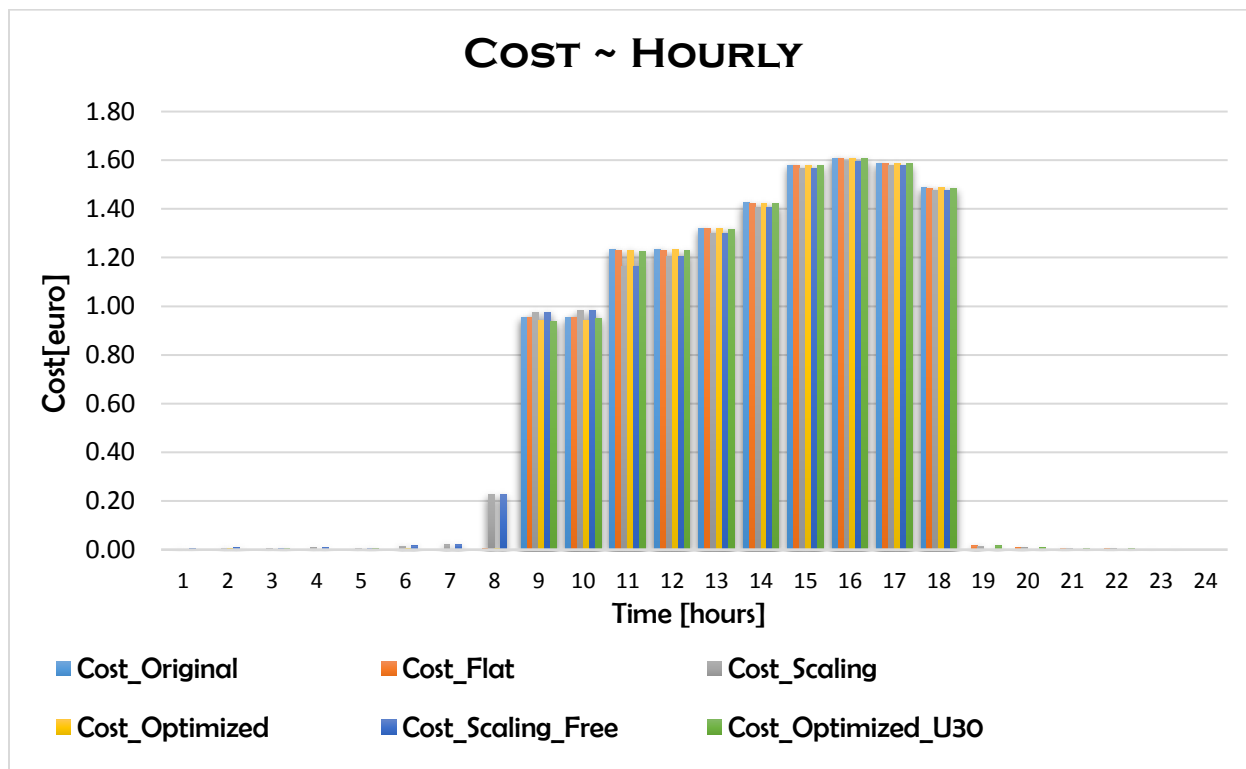
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 133, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 133. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 11/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 133 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν μόνο το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, δηλαδή το 1^ο (Αρχικό - Original), το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15). Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η, την 20^η και την 21^η ώρα της ημέρας για το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 134, που ακολουθεί.

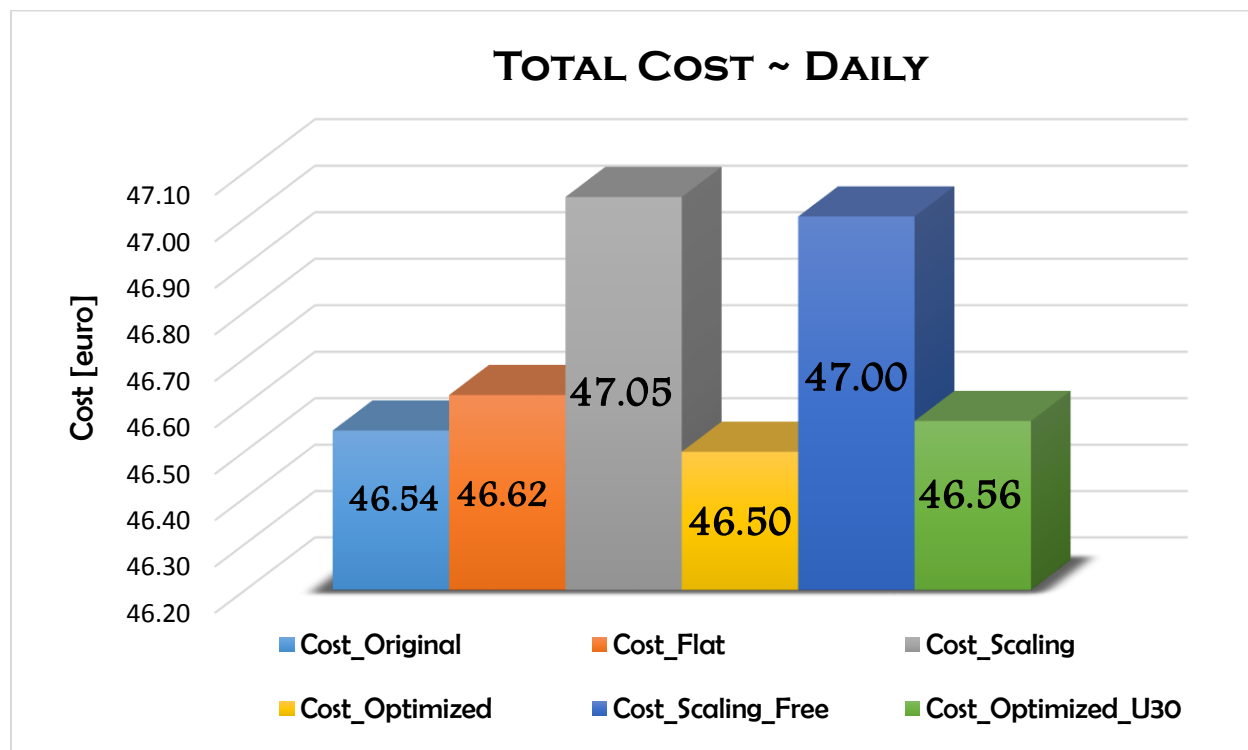
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 134.



Διάγραμμα 134. Διακύμανση κόστους για την 11/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, το υψηλότερο καθώς και το μοναδικό κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, δεν παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική ενεργειακή απαίτηση κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, κι έτσι για την επίτευξη πρόψυξης, δεν προκαλείται αύξηση του κόστους. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), με το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μικρές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 19^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πάρα πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 135 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

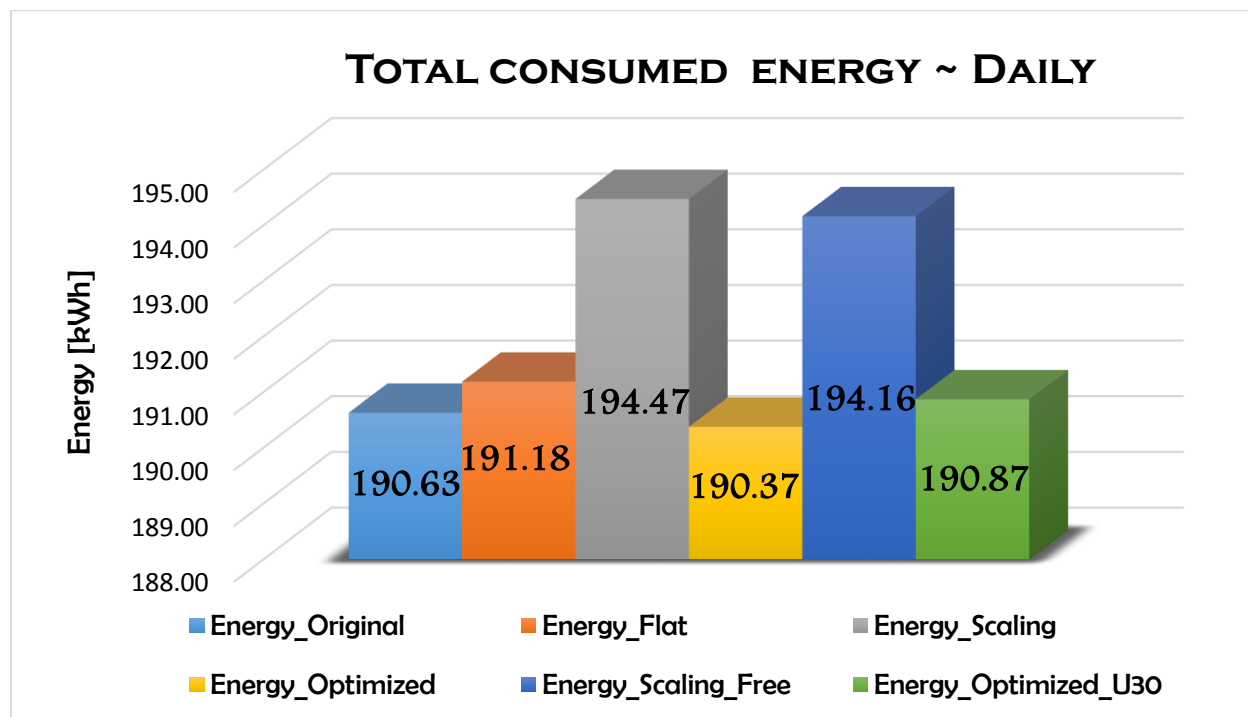


Διάγραμμα 135. Συνολικό κόστος για την 11/07

Στο Διάγραμμα 135 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η πρόψυξη του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο(Βελ/μένο – Optimized) σενάριο καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,46€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **0,44€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 136 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 136. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο (Βελ/μένο – Optimized) σενάριο είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) με το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **0,253kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο. Η ποσότητα αυτή μπορεί να είναι μικρή σε επίπεδο ημέρας αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μήνας Ιούλιος έχει 31 ημέρες, εξοικονομούνται **7,843kWh** μηνιαία.

Τέλος, ο Πίνακας 16 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.29	0.00	1.98	1.07	1.82	0.98
Σταθερό (Flat)	-0.29	-0.16	0.00	0.00	1.69	0.91	1.53	0.82
Κλιμακωτό (Scaling)	-2.02	-1.08	-1.72	-0.91	0.00	0.00	-0.16	-0.09
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-1.85	-0.99	-1.56	-0.82	1.85	1.02	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.13	0.10	0.42	0.26	2.11	1.16	1.95	1.08
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-0.13	-0.04	0.17	0.12	1.85	1.02	1.70	0.94

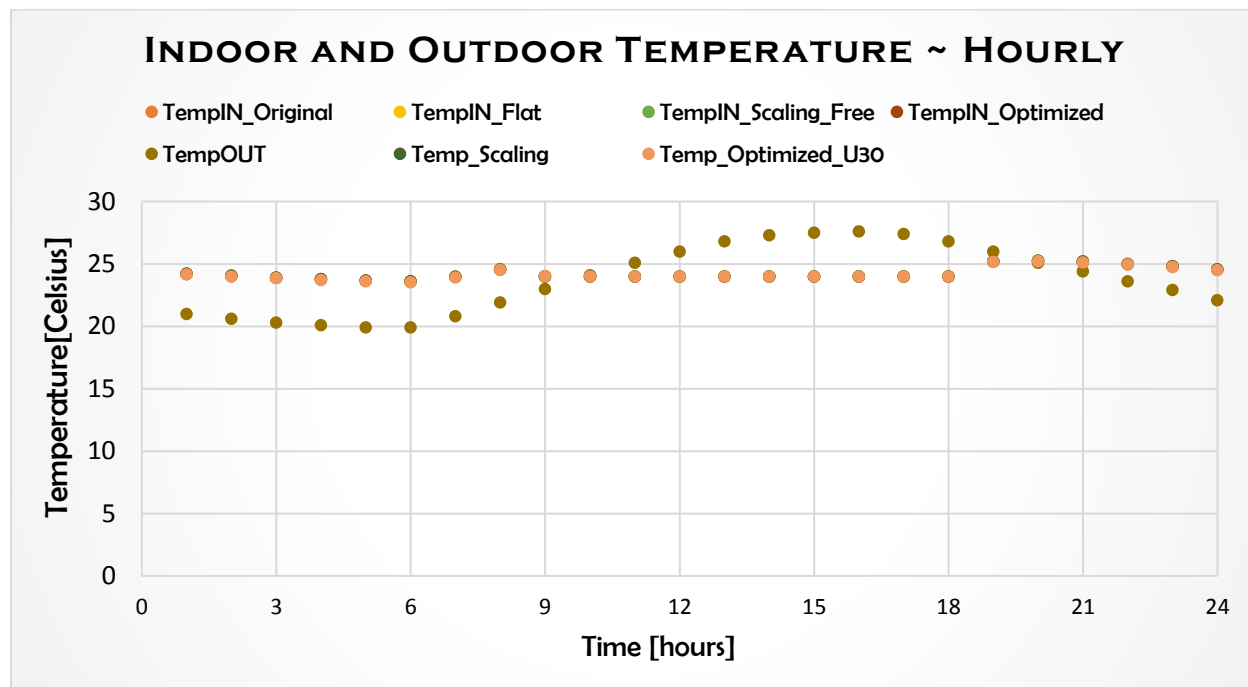
Πίνακας 16. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 11/07

Στον Πίνακα 16, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,13% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 0,10% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 1,95% όσον αφορά την ενέργεια και 1,08% όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

15^η Ιουλίου

Η 15η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (23.8°C) για τον Ιούλιο.

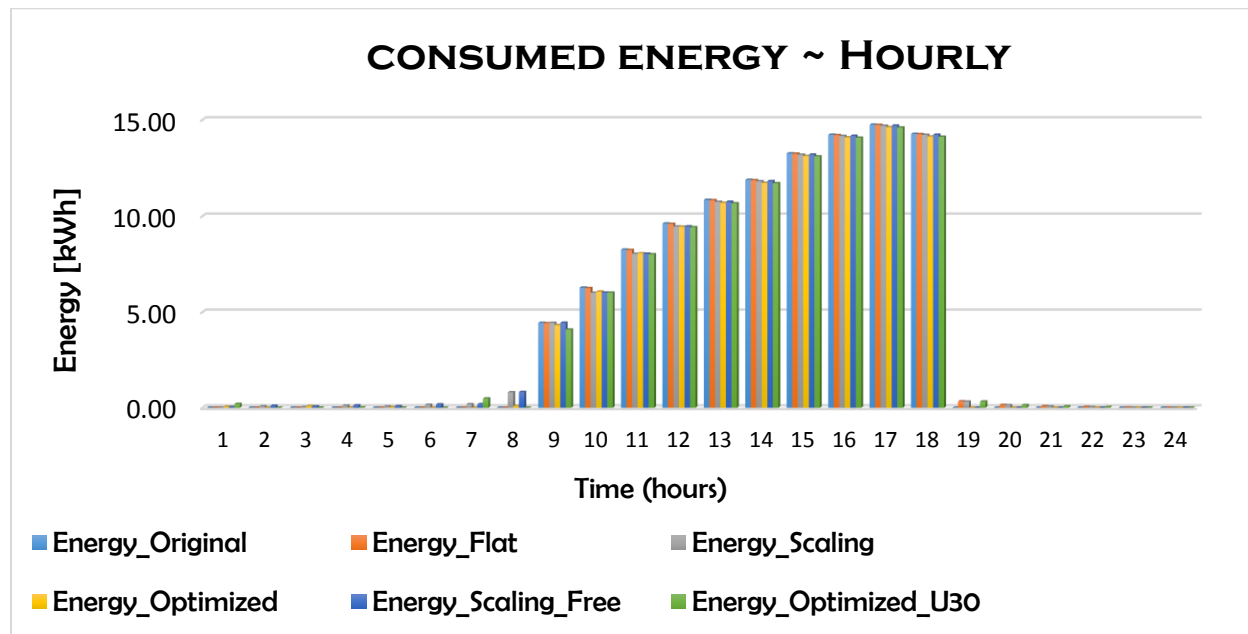
Στο Διάγραμμα 137 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 137. Διακύμανση Εσωτερικής και Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 09/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 137, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

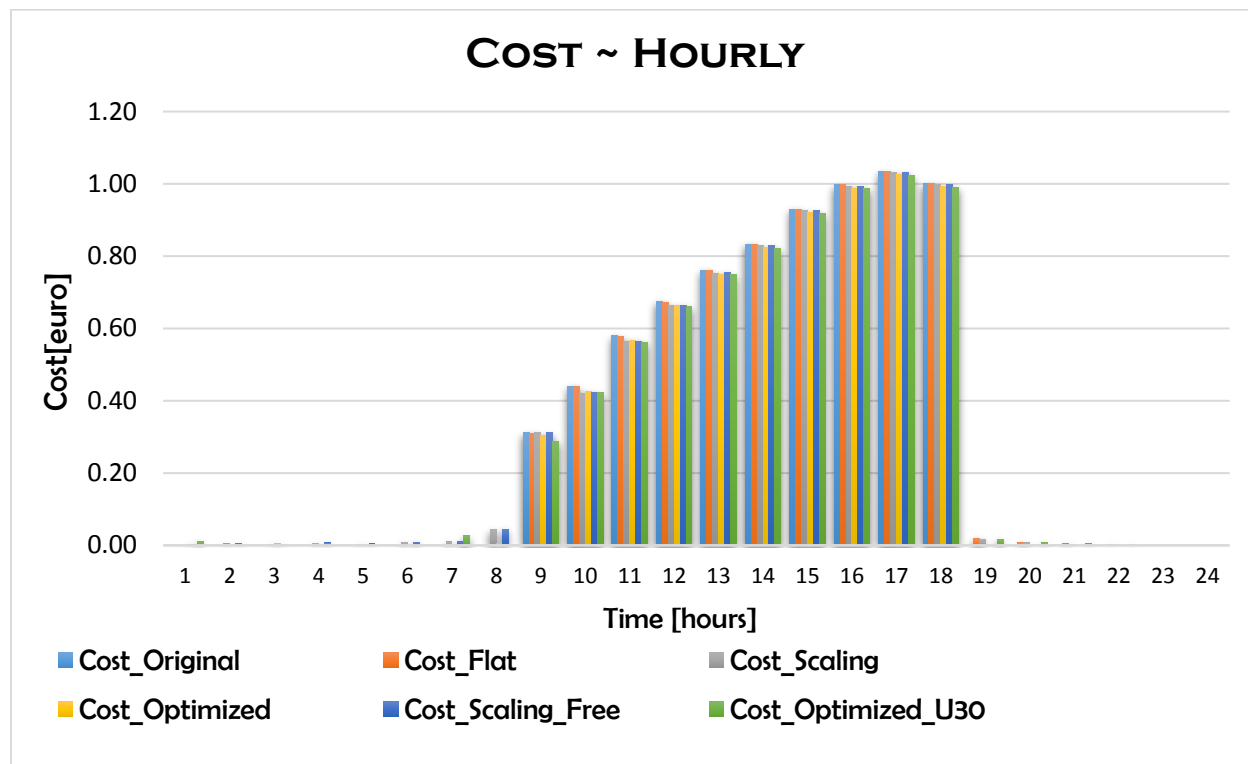
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 138, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 138. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 138 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν μόνο το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, δηλαδή το 1^ο(Αρχικό - Original), το 2^ο(Σταθερό - Flat), το 5^ο(Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η, την 20^η και την 21^η ώρα της ημέρας για το 2^ο(Σταθερό - Flat), το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 139, που ακολουθεί.

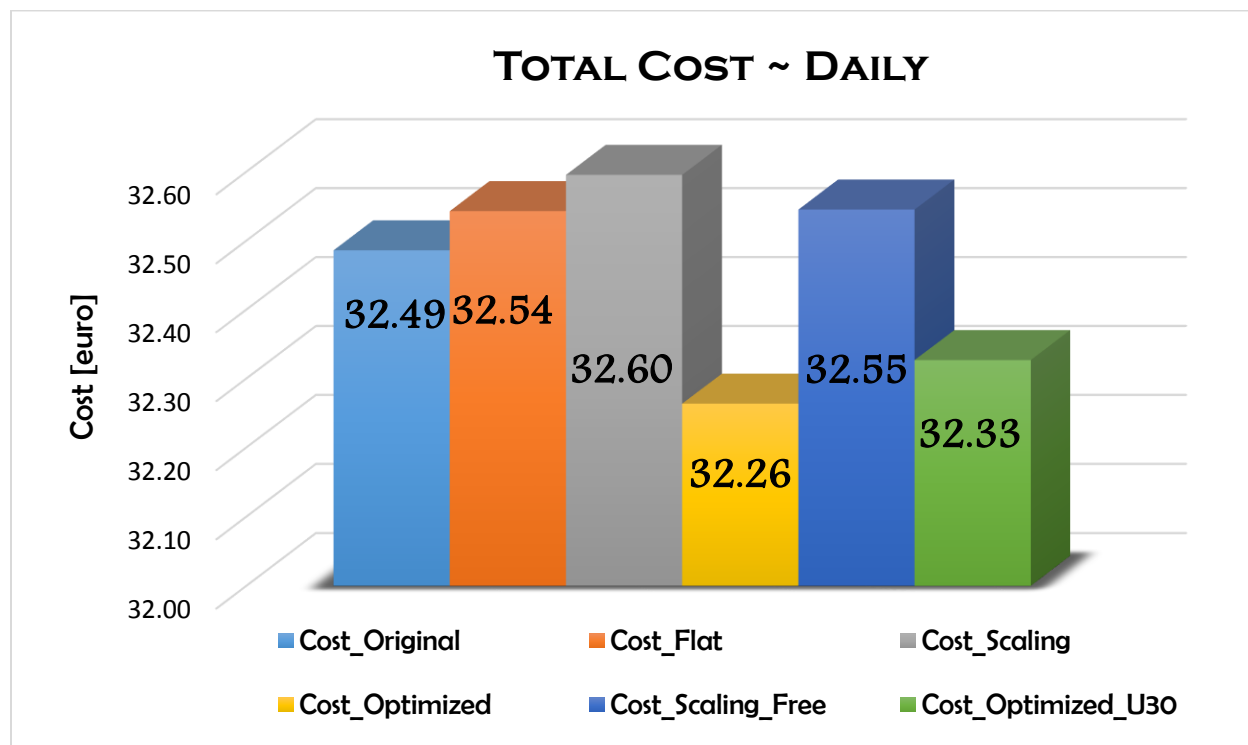
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 139.



Διάγραμμα 139. Διακύμανση κόστους για την 15/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το μοναδικό κόστος που παρουσιάζεται είναι κατά τα δυο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικών αλγορίθμων κατά την 8^η ώρα της ημέρας, όπου γίνεται πρόψυξη του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο (Αρχικό – Original) και το 2^ο σενάριο (Σταθερό – Flat), με το 5^ο (Βελ/μένο – Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μικρές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 19^η και την 20^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πάρα πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο (Σταθερό – Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 140 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

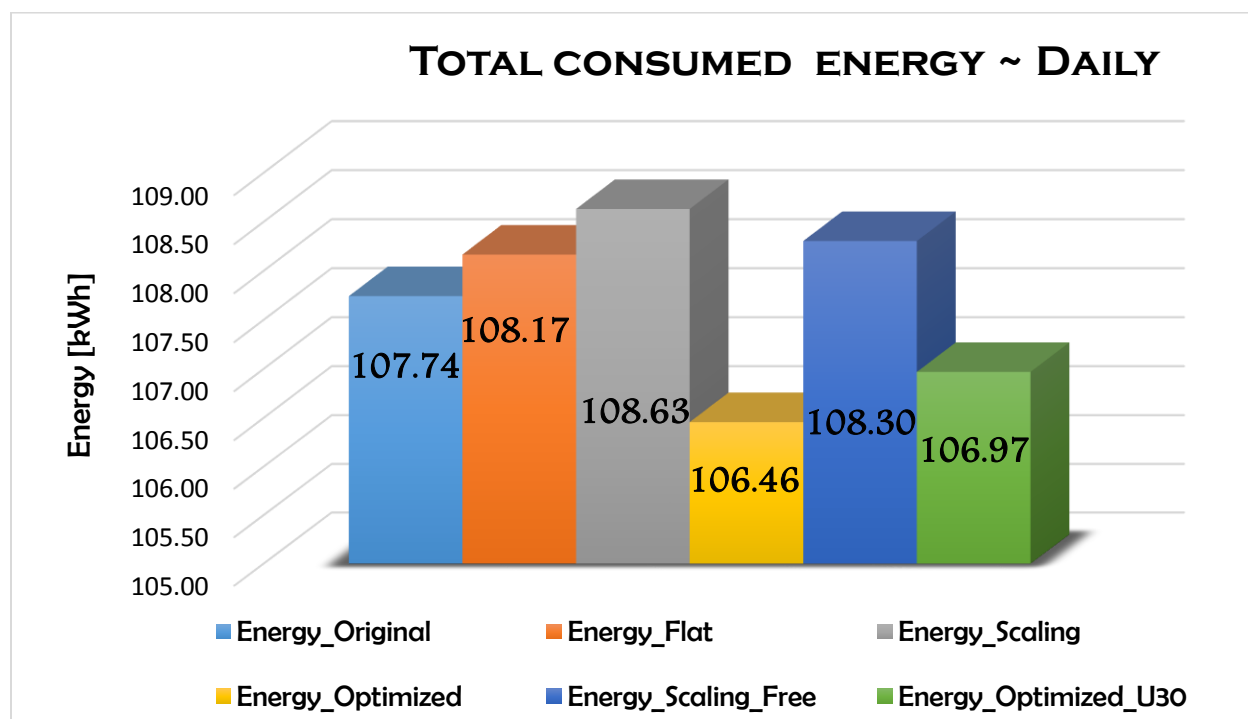


Διάγραμμα 140. Συνολικό κόστος για την 15/07

Στο Διάγραμμα 140 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η πρόψυξη του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,23€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **0,22€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 141 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 141. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) με το 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **1,28kWh** λιγότερες από το αρχικό σενάριο. Η

ποσότητα αυτή μπορεί να είναι μικρή σε επίπεδο ημέρας αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μήνας Ιούλιος έχει 31 ημέρες, εξοικονομούνται **39,68kWh** μηνιαία.

Τέλος, ο Πίνακας 17 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.39	0.00	0.82	0.34	0.52	0.18
Σταθερό (Flat)	-0.39	-0.17	0.00	0.00	0.43	0.16	0.13	0.01
Κλιμακωτό (Scaling)	-0.83	-0.34	-0.43	-0.16	0.00	0.00	-0.30	-0.15
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-0.52	-0.18	-0.13	-0.01	1.53	0.82	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	1.19	0.68	1.58	0.86	2.00	1.02	1.71	0.87
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	0.72	0.49	1.11	0.66	1.53	0.82	1.23	0.67

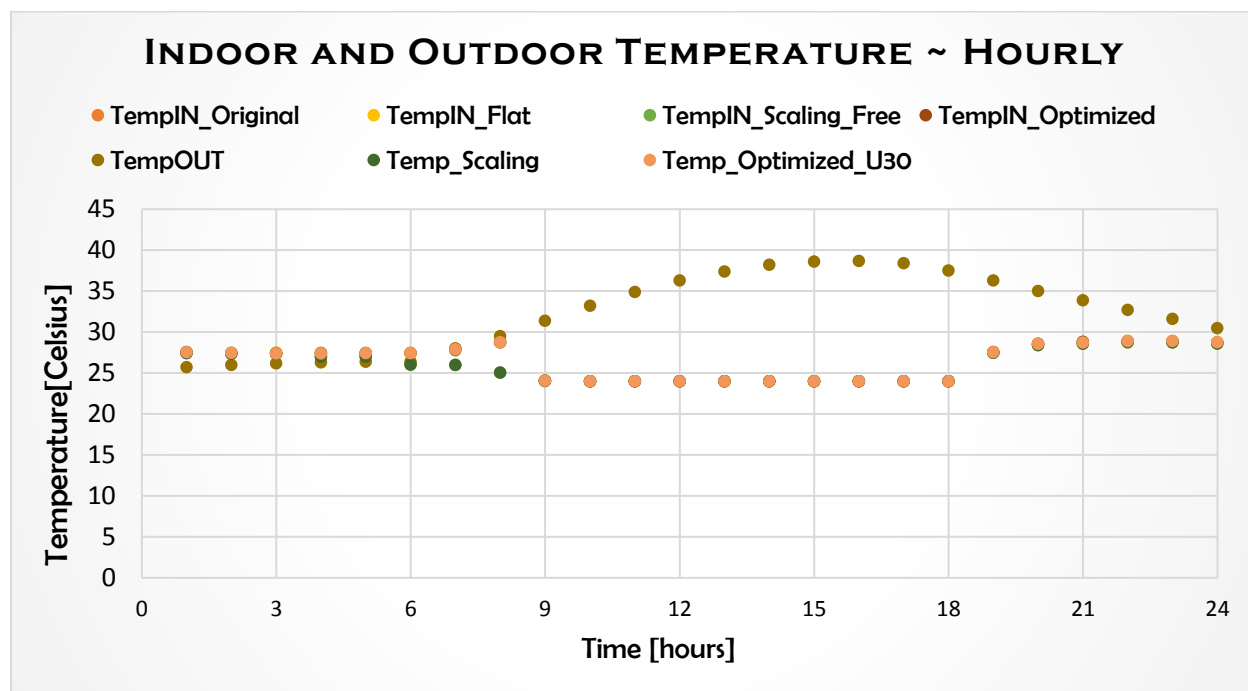
Πίνακας 17. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07

Στον Πίνακας 17, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 1,19% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 0,68% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 1,71% όσον αφορά την ενέργεια και 0,87% όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

21^η Ιουλίου

Η 21η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία (32.5°C) για τον Ιούλιο.

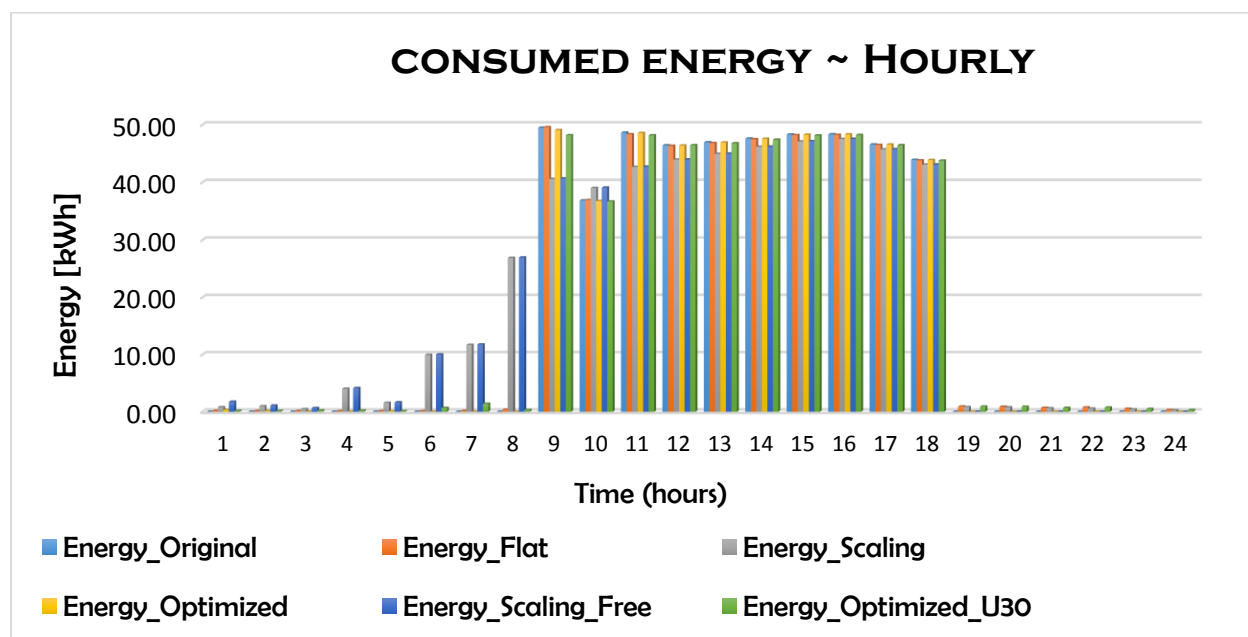
Στο Διάγραμμα 142 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 142. Διακύμανση Εσωτερικής και Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 142, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία κατά την 7^η και 8^η ώρα της ημέρας είναι χαμηλότερη από τα υπόλοιπα σενάρια κατά το 3^ο σενάριο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) λόγω της εμπειρικής/κλιμακωτής «πρόψυξης» του κτιρίου.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 143, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

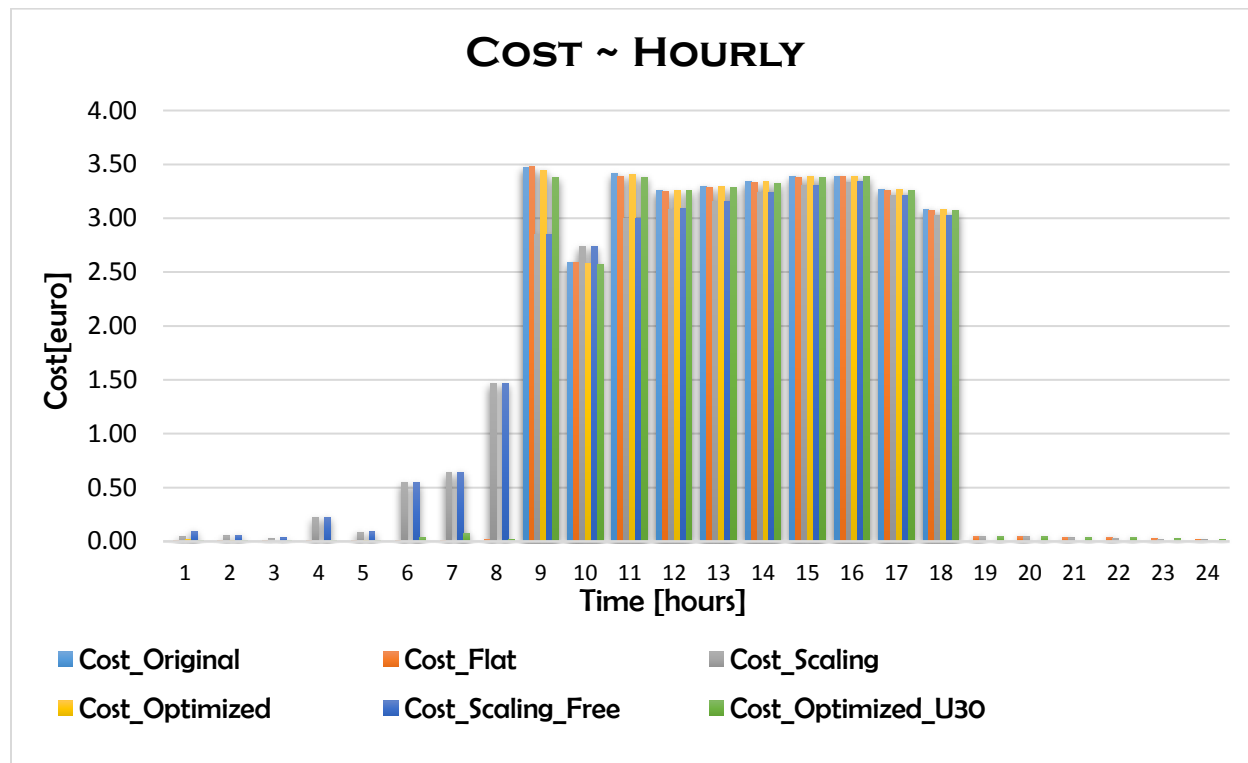


Διάγραμμα 143. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 143 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν μόνο το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, δηλαδή το 1^ο (Αρχικό - Original), το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15). Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15),

όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 144, που ακολουθεί.

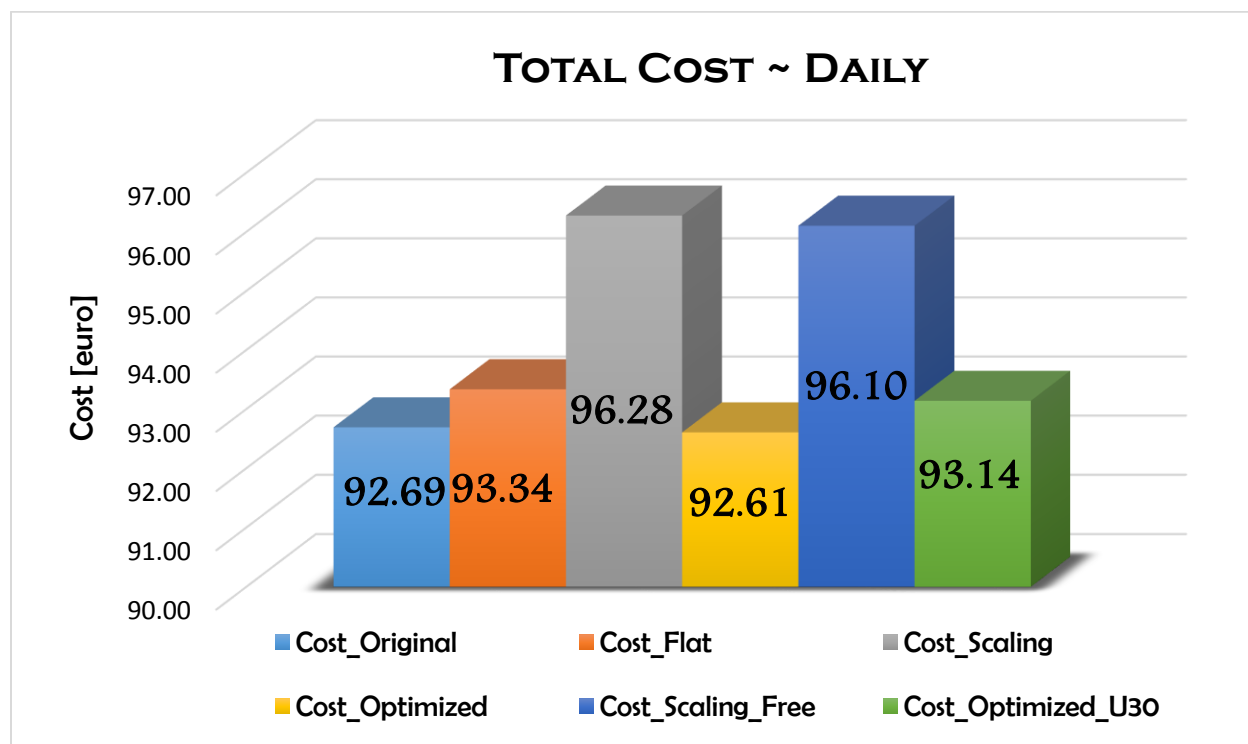
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 144.



Διάγραμμα 144. Διακύμανση κόστους για την 21/07

Όπως παρατηρείται στο Διάγραμμα 144, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας και συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο κόστος παρατηρείται για την περίπτωση της κλιμακωτής «προθέρμανσης» καθώς αυξάνεται πολύ το κόστος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου παρόλο που μειώνονται κατά την διάρκεια λειτουργίας αυτού. Κατά τις πρώτες οκτώ ώρες λειτουργίας του κτιρίου, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, παρατηρείται ότι αυξημένο κόστος παρουσιάζει κι η περίπτωση όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C ενώ στην αρχική περίπτωση και στην περίπτωση της βελτιστοποίησης παρατηρείται ότι το κόστος σε αυτό το διάστημα διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο κόστος το παρουσιάζει η αρχική περίπτωση, έπειτα η βελτιστοποιημένη περίπτωση κι ακολουθούν οι άλλες δύο περιπτώσεις με χαμηλότερα κόστη. Τα παραπάνω επαληθεύονται κι από το παρακάτω γράφημα, όπου παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη για κάθε περίπτωση σε επίπεδο ημέρας.

Στο Διάγραμμα 145 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

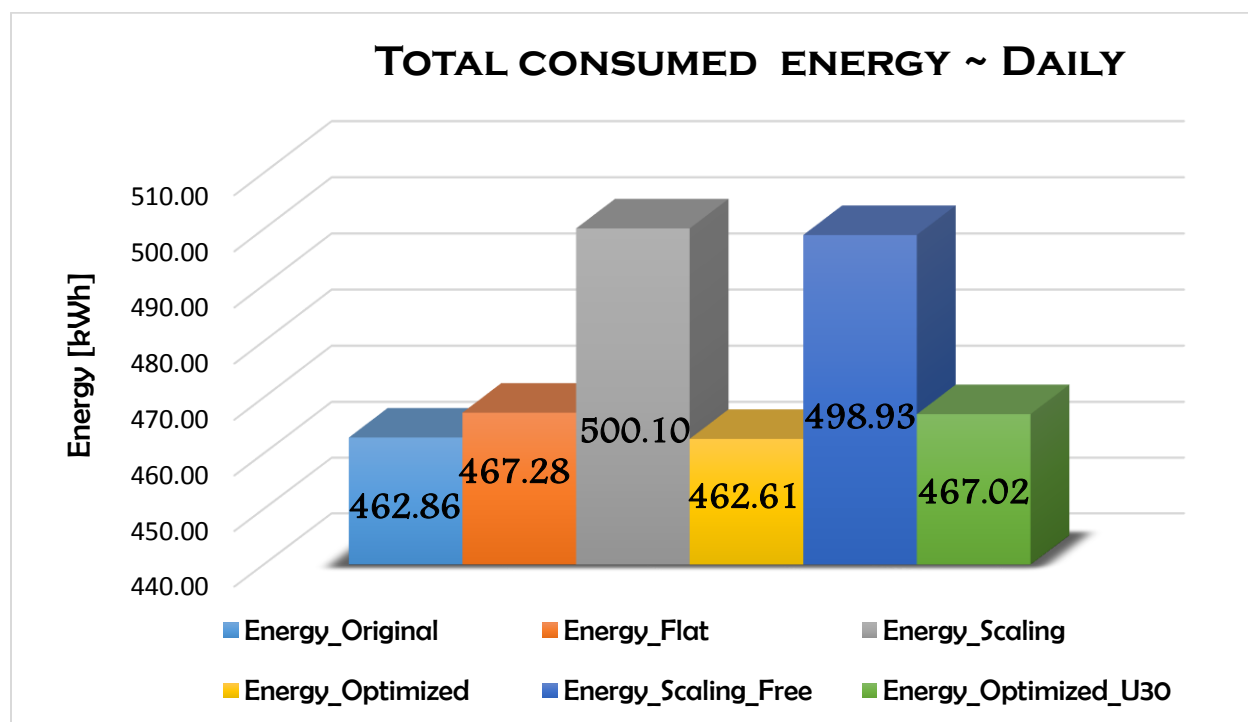


Διάγραμμα 145. Συνολικό κόστος για την 21/07

Στο Διάγραμμα 145, γίνεται ξεκάθαρο ότι η περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης» παρουσιάζει το μεγαλύτερο ημερήσιο κόστος και κρίνεται ασύμφορη. Έπειτα, ακολουθεί η περίπτωση όπου η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C, λόγω των αυξήσεων τις ώρες μη λειτουργίας. Χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει η βελτιστοποιημένη περίπτωση, που επαληθεύει την ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου και πιστοποιεί ότι είναι η βέλτιστη δυνατή περίπτωση.

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 146 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 146. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο (Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) με το 4^ο (κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό.

Τέλος, ο Πίνακας 18 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.95	-0.01	7.45	3.72	7.23	3.55
Σταθερό (Flat)	-0.96	-0.70	0.00	0.00	6.56	3.05	6.34	2.88
Κλιμακωτό (Scaling)	-8.05	-3.87	-7.02	-3.15	0.00	0.00	-0.23	-0.18
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-7.79	-3.68	-6.77	-2.97	6.62	3.26	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.05	0.09	1.00	0.78	7.50	3.81	7.28	3.64
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-0.90	-0.48	0.06	0.21	6.62	3.26	6.40	3.08

Πίνακας 18. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 21/07

Στον Πίνακας 18, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 0,05% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 0,09% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 7,28% όσον αφορά την ενέργεια και 3,64% όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

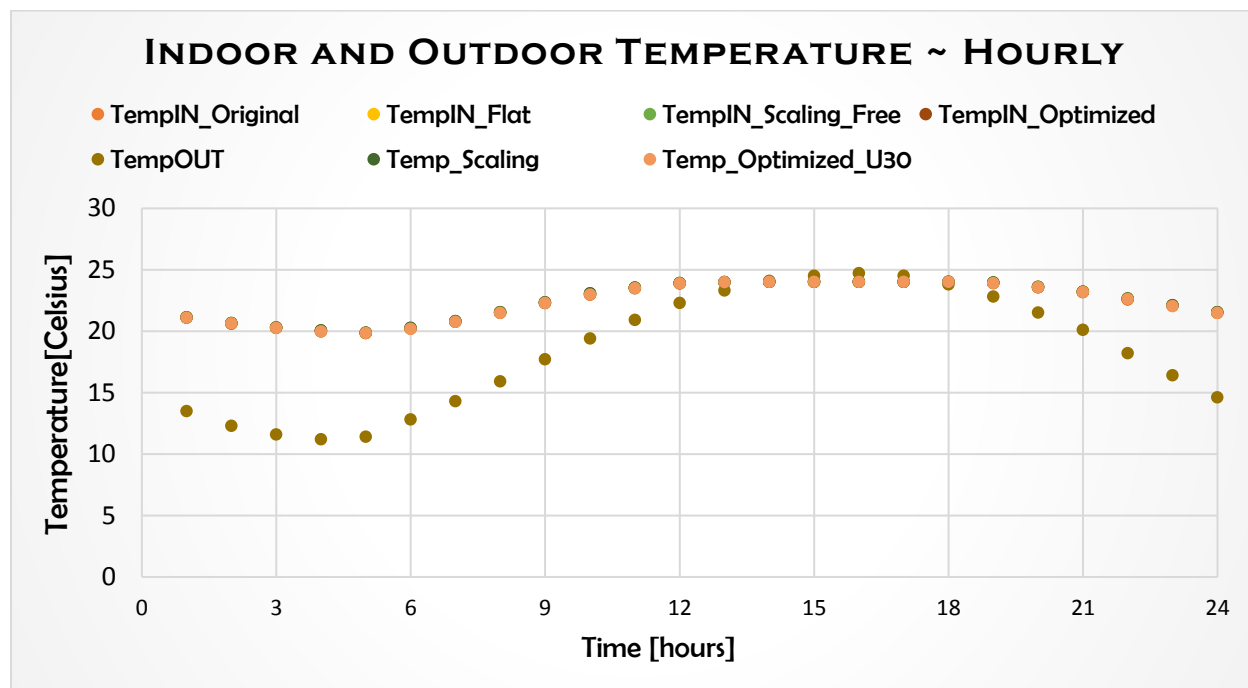
5.2.2.3 Βίλνιους (Λιθουανία)

Τα ημερήσια συγκριτικά αποτελέσματα για το υπό εξέταση κτίριο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν τον Ιούλιο στο Βίλνιους της Λιθουανίας παρουσιάζονται παρακάτω.

12^η Ιουλίου

Η 12η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την μέση ημερήσια θερμοκρασία (18.51°C) για τον Ιούλιο.

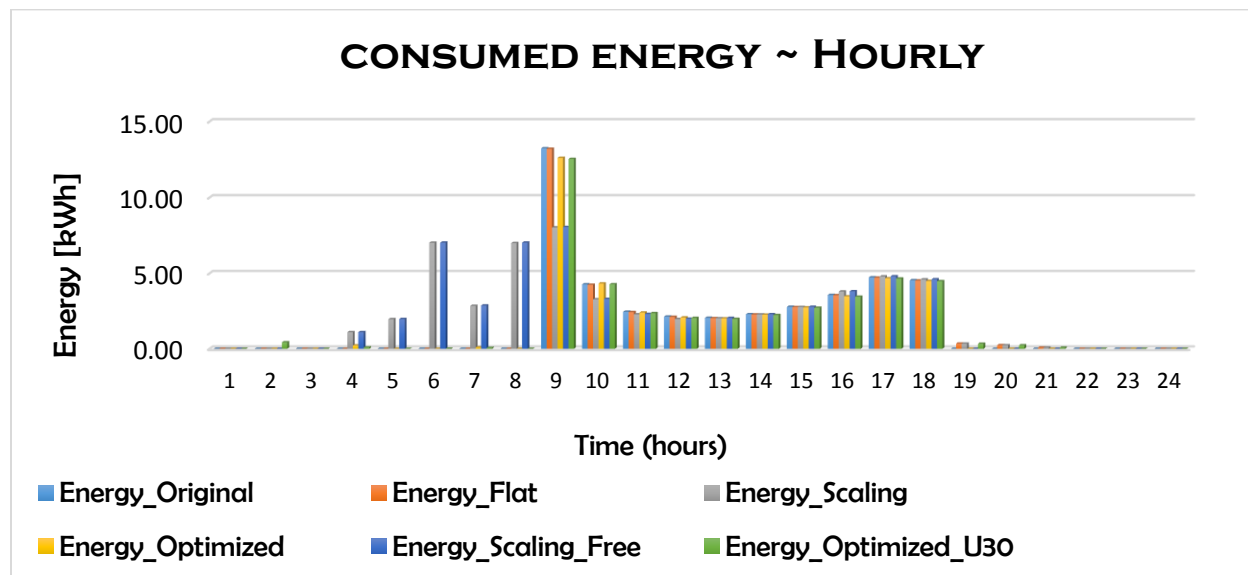
Στο Διάγραμμα 147 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 147. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασίας για την 12/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 147, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 148, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.

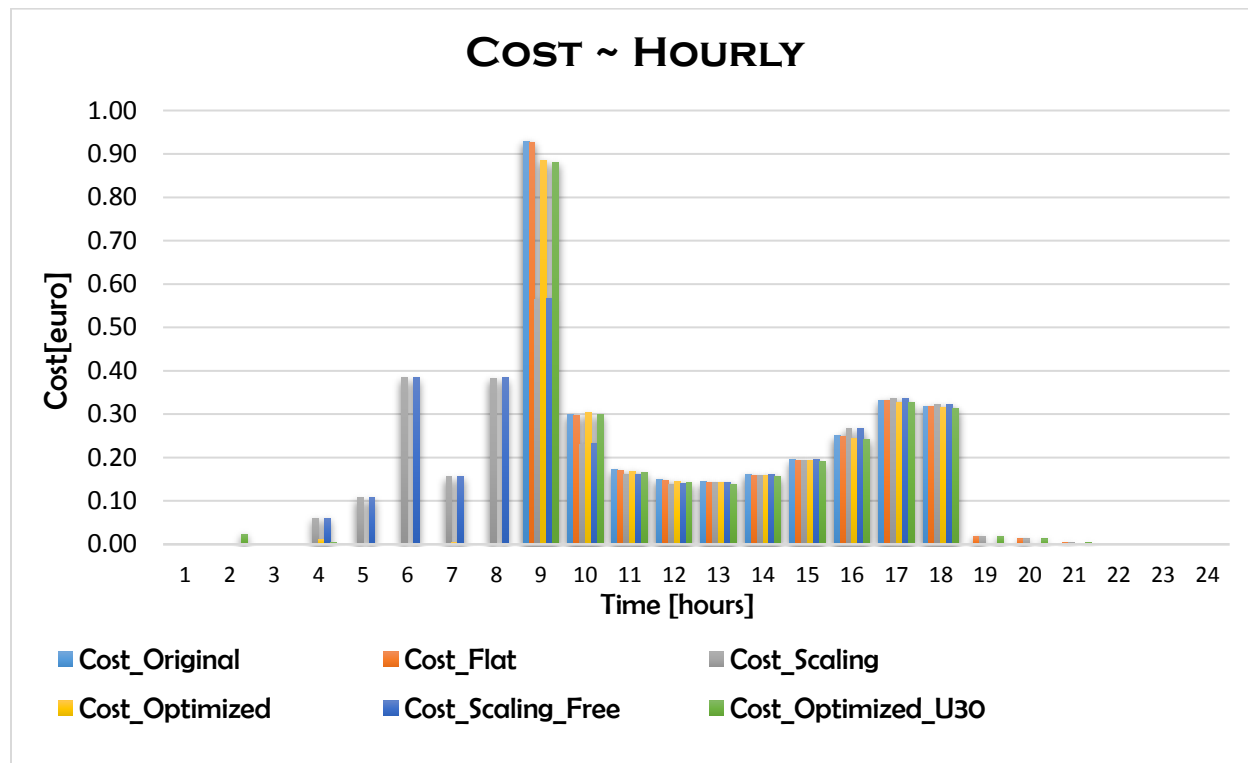


Διάγραμμα 148. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 12/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 148 οι απαιτήσεις ισχύος παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, παρατηρούνται στην περίπτωση της κλιμακωτής «πρόψυξης», στην οποία όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις, όπως είναι αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου είναι μικρότερες από τις υπόλοιπες. Αυτό συμβαίνει καθώς επιτυγχάνεται αποθήκευση ενέργειας στον αέρα και στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία όμως δεν είναι αρκετή ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free) και παρατηρείται ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου στο 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) κατά την 4^η και την 2^η ώρα αντίστοιχα, οι οποίες όμως είναι πολύ μικρές καθώς και την 7^η ώρα της ημέρας και τα δυο. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζονται στο 1^ο (Αρχικό - Original) και στο 2^ο σενάριο (Σταθερό - Flat) κι ακολουθούν στο 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και στο 6^ο ενώ μικρότερες παρουσιάζονται στο 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και στο 4^ο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free). Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η, την 20^η και την 21^η ώρα της ημέρας για το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η

Θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 149, που ακολουθεί.

Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 149.

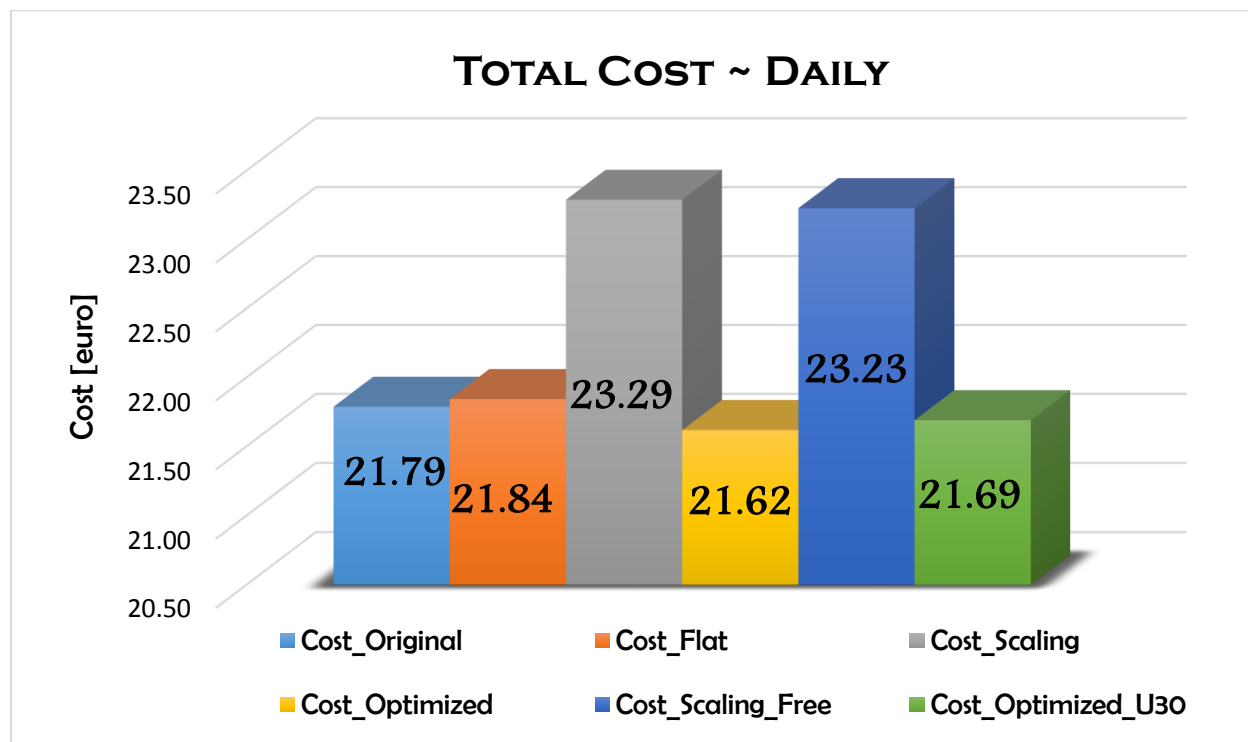


Διάγραμμα 149. Διακύμανση κόστους για την 12/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος διαφοροποιείται για κάθε ώρα της ημέρας ανάλογα με το σενάριο και τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το υψηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και στο 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), όπου γίνεται η προθέρμανση του κτιρίου εμπειρικά/κλιμακωτά. Τα δύο σενάρια βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου, παρουσιάζουν ενεργειακές απαιτήσεις κατά την 2^η, την 4^η και την 7^η ώρα την ημέρας, για την επίτευξη πρόψυξης, αλλά με πολύ μικρό έως ελάχιστο κόστος. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο σενάριο (Αρχικό - Original), με το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 5^ο (Βελ/μένο - Optimized) και το 6^ο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15) να ακολουθούν με μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μικρές, το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος, με εξαίρεση την 19^η

και την 20^η ώρα της ημέρας όπου κι εκεί οι τιμές που παίρνει είναι πάρα πολύ μικρές κι αφορούν το 2^ο(Σταθερό – Flat), το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 150 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.



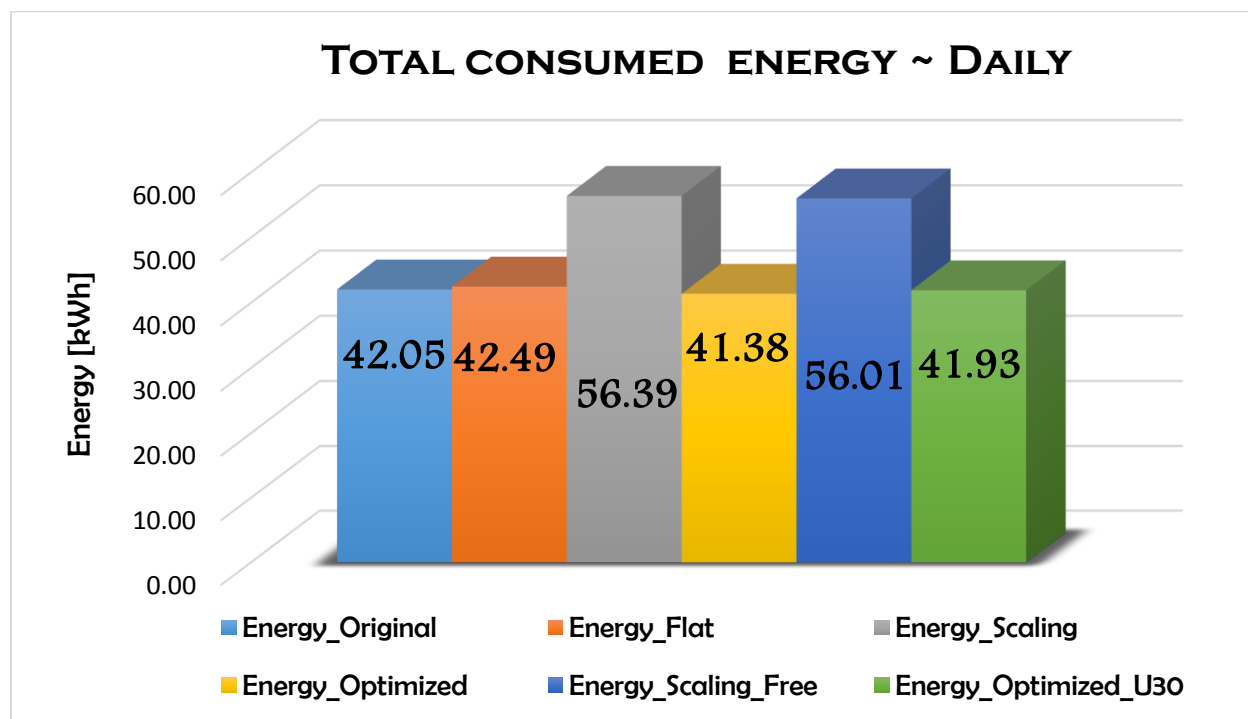
Διάγραμμα 150. Συνολικό κόστος για την 12/07

Στο Διάγραμμα 150 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος ακόμα και στο 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15), όπου η θερμοκρασία του κτιρίου διατηρείται κάτω από 30 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) καθώς γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά η πρόψυξη του κτιρίου κι απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την επίτευξη των ζητούμενων θερμοκρασιών. Γίνεται ξεκάθαρο επίσης ότι όταν το κτίριο διατηρείται πάνω από μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, το κόστος είναι ίδιο άρα κι οι ενεργειακές καταναλώσεις, καθώς δεν κρίνεται σκόπιμη η πρόψυξη του κτιρίου. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο(Βελ/μένο – Optimized) σενάριο καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,17€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο

σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **1,54€** σε σχέση με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 151 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 151. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 12/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι ενεργειακές απαιτήσεις για το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) είναι οι ελάχιστες μεταξύ των περιπτώσεων που συγκρίνονται, χωρίς αυτό να είναι κάτι που πρέπει να ισχύει πάντα καθώς αν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας κατά τις ώρες μη-αιχμής, όπου η ενέργεια κοστίζει λιγότερο, τότε είναι δυνατόν να έχουμε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερο κόστος. Το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) με την σειρά του παρουσιάζει μικρότερο κόστος από τα υπόλοιπα τέσσερα και το 3^ο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) με το 4^ο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free), παρουσιάζουν τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα άκρως λογικό. Το σημαντικό είναι ότι το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής μείωσης - Scaling) εκτός από μειώσεις στο κόστος προκαλεί και την βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, καθώς χρειάζεται περίπου **0,67kWh** λιγότερη από το αρχικό σενάριο. Η

ποσότητα αυτή μπορεί να είναι μικρή σε επίπεδο ημέρας αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μήνας Ιούλιος έχει 31 ημέρες, εξοικονομούνται **20,77kWh** μηνιαία.

Τέλος, ο Πίνακας 19 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	1.03	0.00	25.43	6.45	24.92	6.20
Σταθερό (Flat)	-1.04	-0.26	0.00	0.00	24.66	6.21	24.14	5.96
Κλιμακωτό (Scaling)	-34.11	-6.89	-32.73	-6.62	0.00	0.00	-0.69	-0.26
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-33.19	-6.61	-31.82	-6.34	25.65	6.86	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	1.59	0.78	2.60	1.03	26.62	7.17	26.12	6.93
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	0.29	0.45	1.32	0.70	25.65	6.86	25.14	6.62

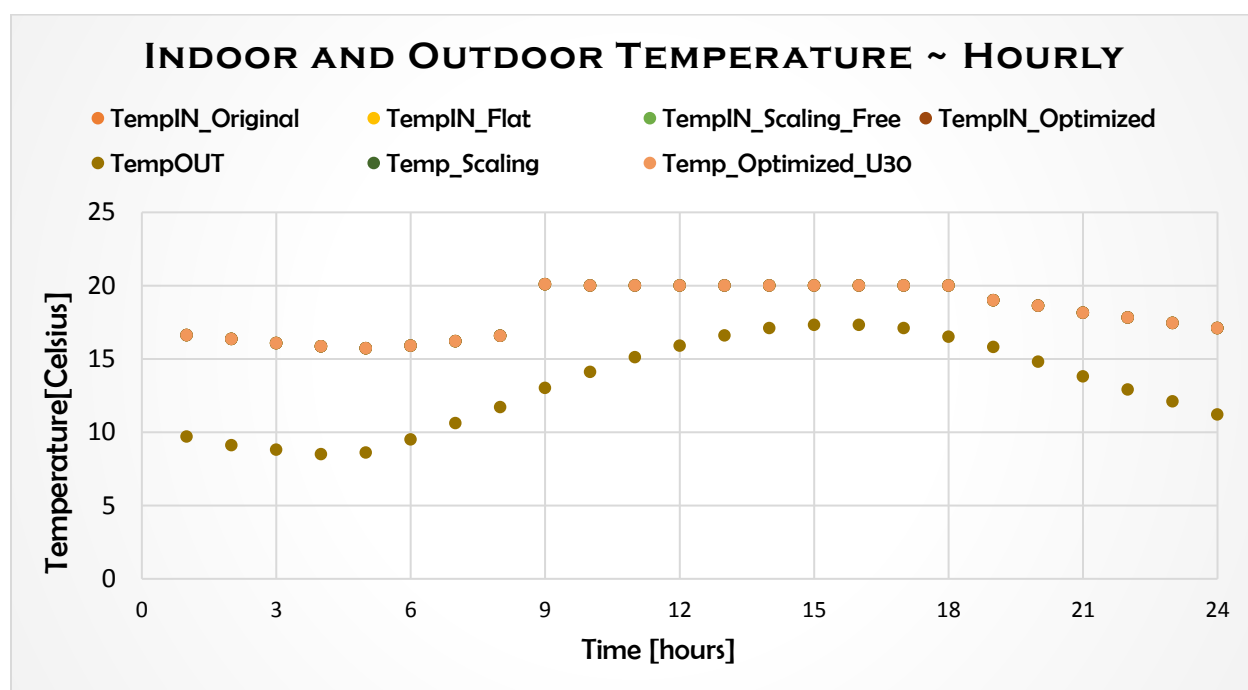
Πίνακας 19. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 12/07

Στον Πίνακας 19, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία ενεργειακή μείωση 1,59% αλλά μια μείωση του κόστους της τάξης του 0,78% όσον αφορά το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 26,12% όσον αφορά την ενέργεια και 6,93% όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

15^η Ιουλίου

Η 15η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (13.2°C) για τον Ιούλιο.

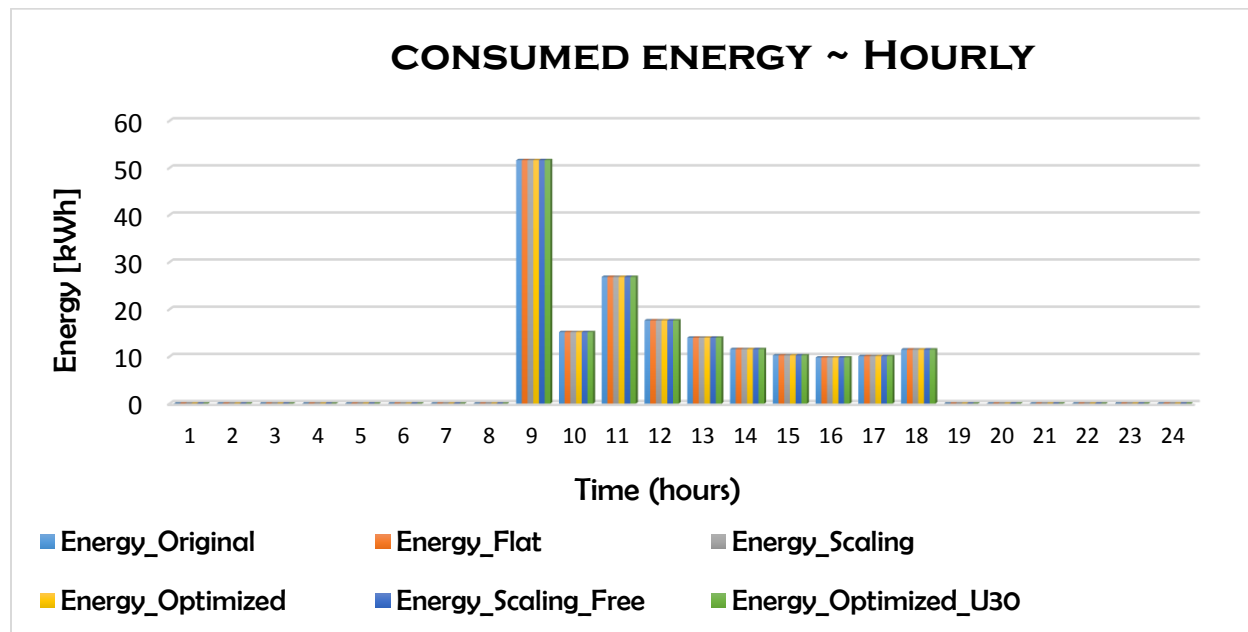
Στο Διάγραμμα 152 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 152. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 152, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

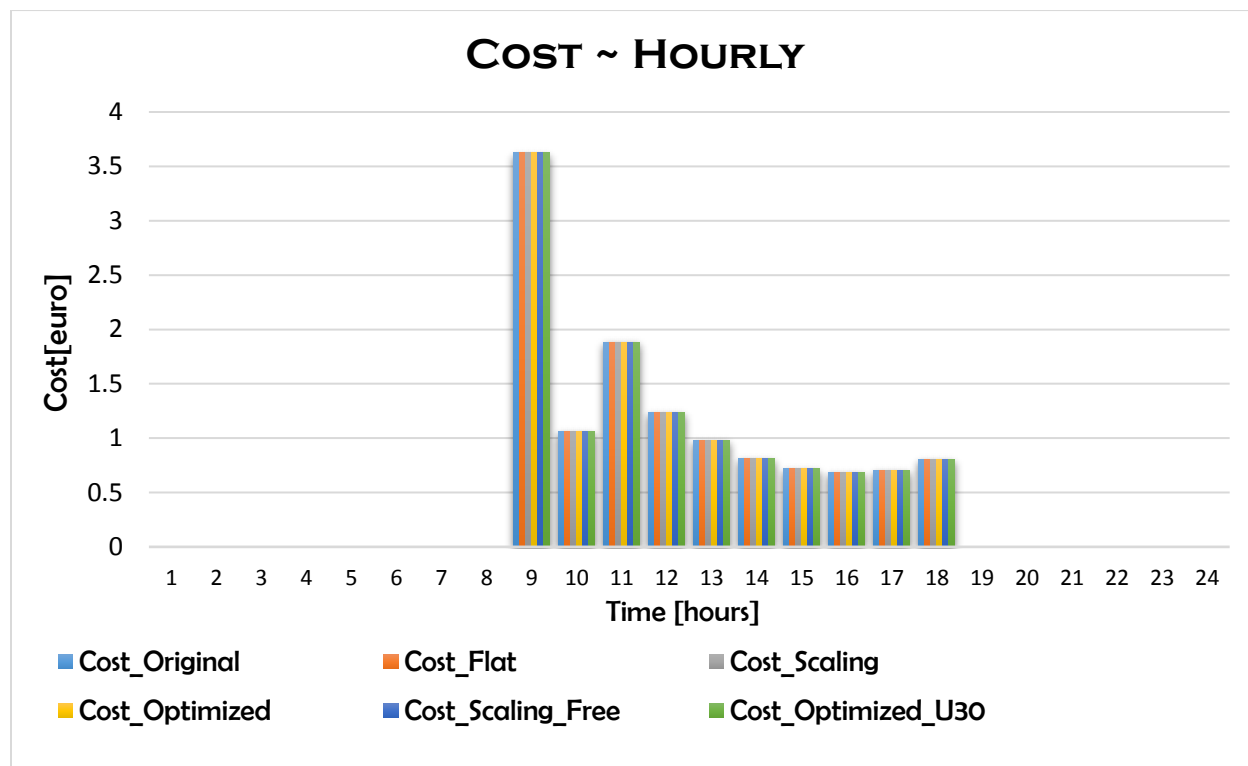
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 153, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 153. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 15/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 153 οι απαιτήσεις ισχύος είναι ίδιες σε όλες τις περιπτώσεις χωρίς καμία απολύτως διαφορά. Συγκεκριμένα, κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, δεν παρατηρούνται καθόλου ενεργειακές απαιτήσεις καθώς οι ζητούμενες θερμοκρασίες επιτυγχάνονται φυσικά σε όλα τα σενάρια λόγω χαμηλής εξωτερικής θερμοκρασίας. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 154, που ακολουθεί.

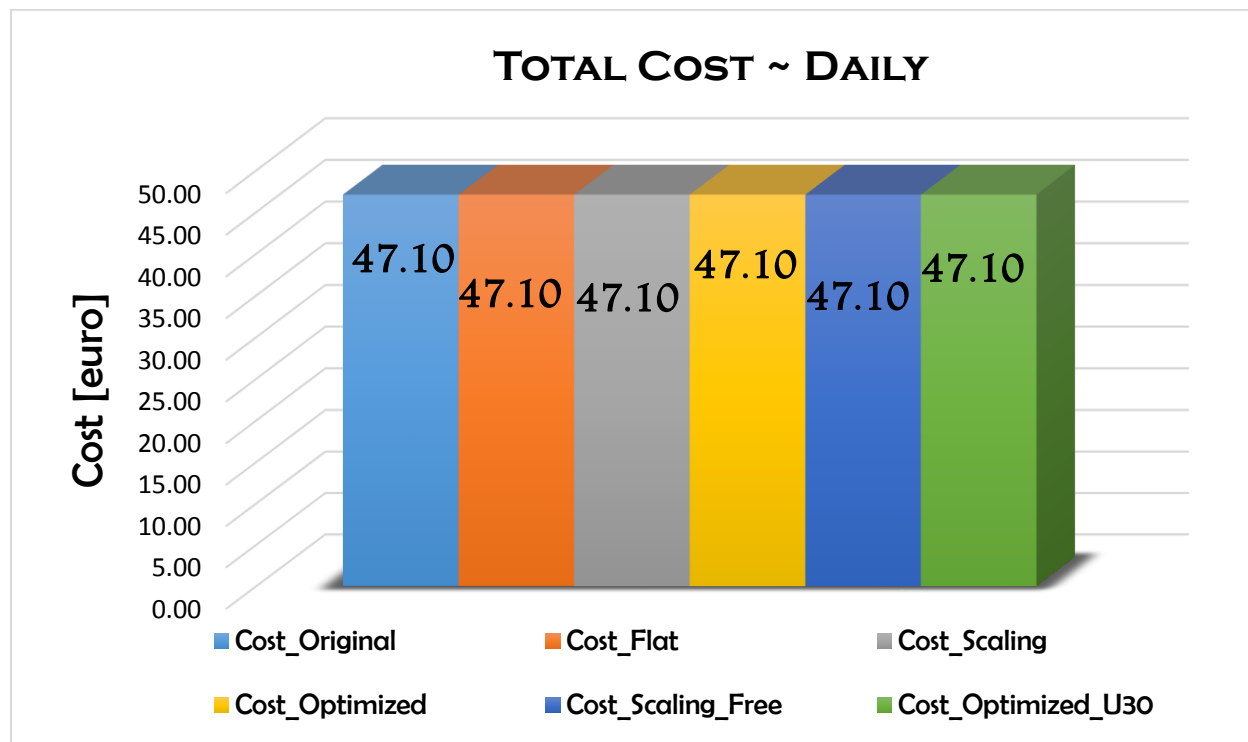
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 154.



Διάγραμμα 154. Διακύμανση κόστους για την 15/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος δεν διαφοροποιείται καθόλου για καμία ώρα της ημέρας και λαμβάνει τις ίδιες τιμές. Αυτό συμβαίνει λόγω της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας και της μη υπαρκτής ανάγκης για ψύξη εκτός ωρών λειτουργίας του κτιρίου.

Στο Διάγραμμα 155 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

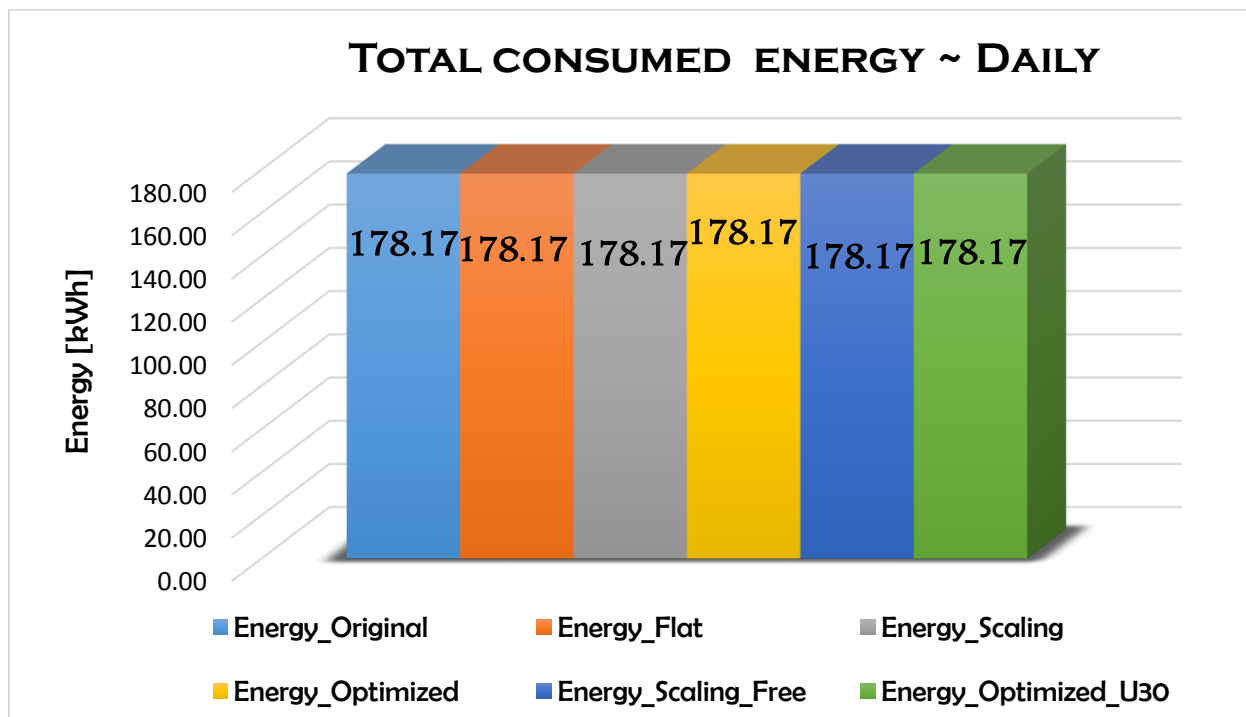


Διάγραμμα 155. Συνολικό κόστος για την 15/07

Όπως παρατηρείται στο Διάγραμμα 155, δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση όσον αφορά το ολικό κόστος καθώς χρειάζονται τα ίδια ποσά ενέργειας για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 156 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 156. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

Όπως παρατηρείται στο Διάγραμμα 156, δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση όσον αφορά την καταναλισκόμενη ενέργεια, η οποία είναι ίδια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.

Τέλος, ο Πίνακας 20 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σταθερό (Flat)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Κλιμακωτό (Scaling)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

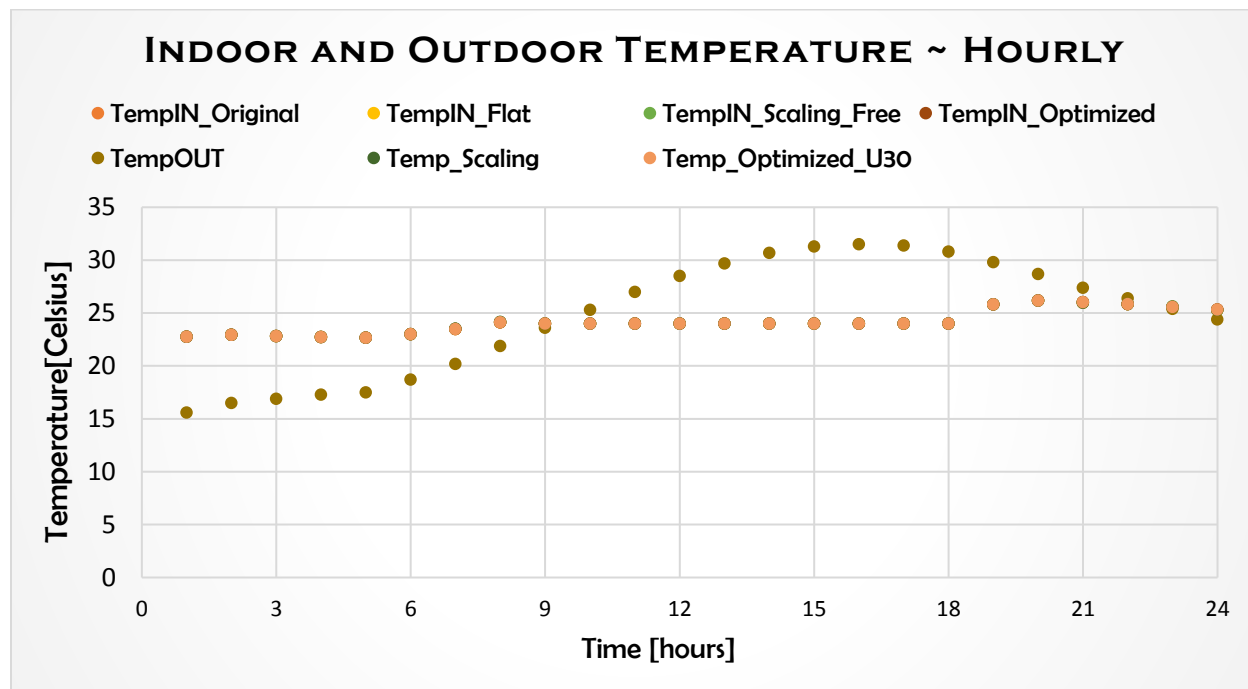
Πίνακας 20. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 15/07

Στον Πίνακα 20, επιβεβαιώνονται όλα τα παραπάνω καθώς βλέπουμε ότι παντού το ποσοστό βελτίωσης είναι μηδενικό.

21^η Ιουλίου

Η 21η Ιουλίου επιλέχθηκε προς ανάλυση, καθώς παρουσίαζε την υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία (24.9°C) για τον Ιούλιο.

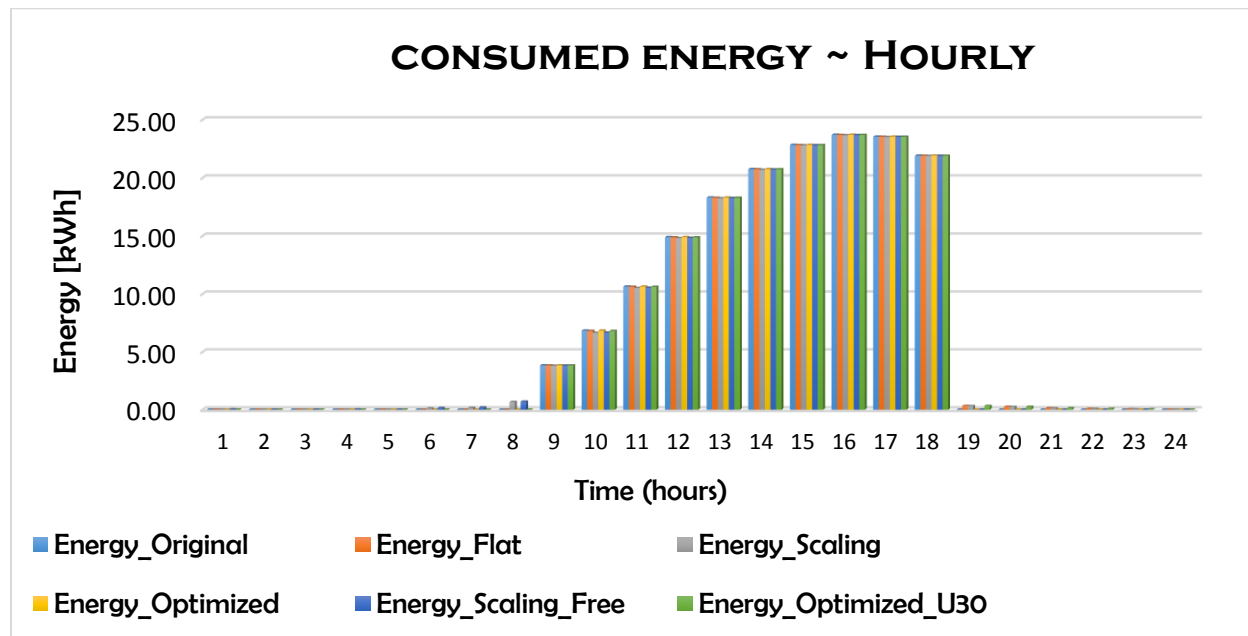
Στο Διάγραμμα 157 παρουσιάζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες για τα διάφορα σενάρια σε σύγκριση με την εξωτερική.



Διάγραμμα 157. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 157, η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπό εξέταση σενάρια καθώς το κτίριο είναι ήδη στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα πριν την έναρξη λειτουργίας του, όπως παρατηρείται κι από το πρώτο σενάριο. Μετά το πέρας λειτουργίας του, η θερμοκρασία του κτιρίου είναι ήδη στα επιθυμητά επίπεδα λόγω της υποχρεωτικής ψύξης του κτιρίου κατά τις ώρες λειτουργίας του.

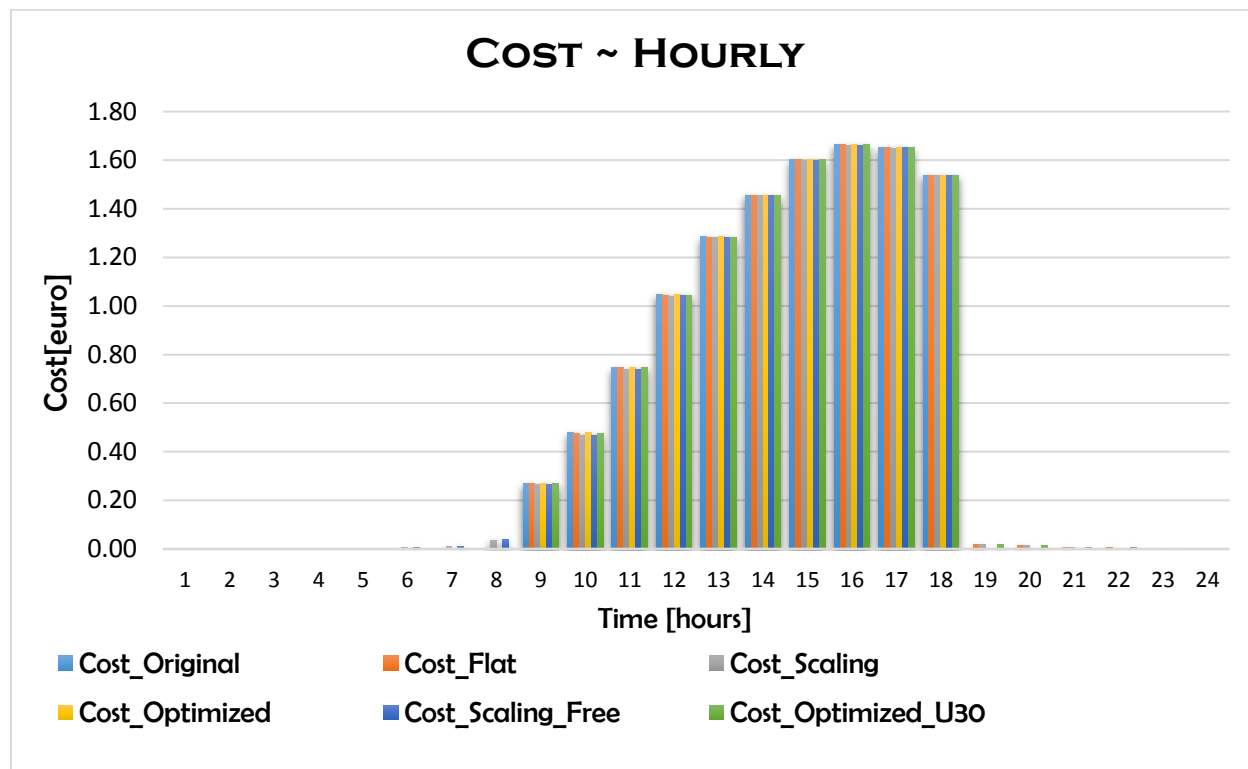
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 158, οι απαιτήσεις ισχύος για κάθε περίπτωση για όλο το 24ωρο. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ενεργειακή κατανάλωση υπολογισμένη με έναν συντελεστή απόδοσης (COP) ίσο με 4.5 για την θέρμανση και έναν συντελεστή απόδοσης (SEER) 6.5 για την ψύξη.



Διάγραμμα 158. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για την 21/07

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 158 οι απαιτήσεις ισχύος δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις ανά περίπτωση. Συγκεκριμένα, κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν μόνο το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 4^ο σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free), που διατηρούν την θερμοκρασία κάτω από 30 °C και δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική ενεργειακή ανάγκη για πρόψυξη του κτιρίου, παρά απειροελάχιστες ποσότητες ενέργειας. Στην συνέχεια, κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπου το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο, παρατηρούμε ότι όλα τα σενάρια παρουσιάζουν σχεδόν ίδιες ωριαίες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης. Τέλος, μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι απειροελάχιστες κι αυτές αφορούν την 19^η και την 20^η ώρα της ημέρας για το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15), όπου ελέγχεται η θερμοκρασία του κτιρίου σε αυτό το διάστημα. Τα παραπάνω, επαληθεύονται και από το Διάγραμμα 159, που ακολουθεί.

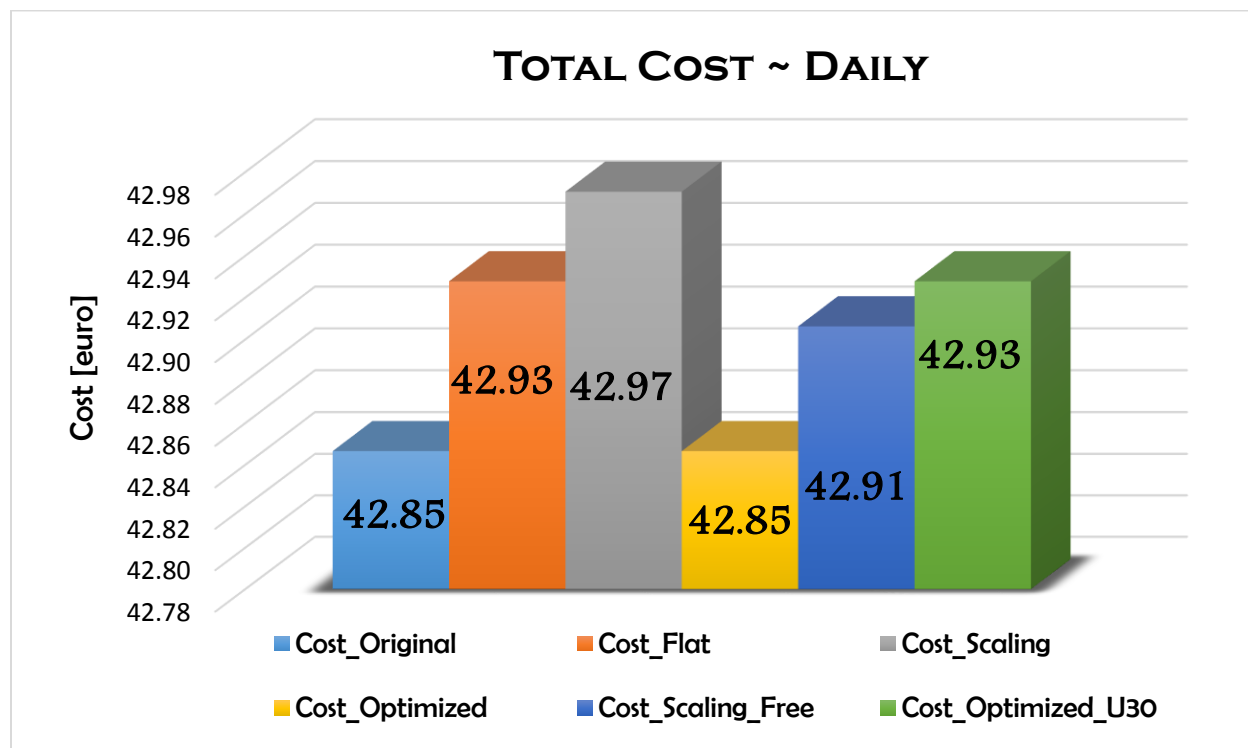
Όπως είναι απολύτως λογικό, επηρεάζεται και το κόστος από τις διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς είναι ανάλογα μεγέθη, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 159.



Διάγραμμα 159. Διακύμανση κόστους για την 21/07

Το καθαρό ενεργειακό κόστος, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζει ανάλογη διακύμανση μέσα στο 24ωρο με τα αποτελέσματα που περιεγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, όπως κι η καταναλισκόμενη ενέργεια, το κόστος δεν διαφοροποιείται για καμία ώρα της ημέρας. Συγκεκριμένα, είναι ευδιάκριτο ότι κατά το πρώτο οκτάωρο της ημέρας, δηλαδή από τις 00.00 έως τις 08.00, το μοναδικό κόστος που παρουσιάζεται είναι κατά τα δυο σενάρια εμπειρικής/κλιμακωτής πρόψυξης του κτιρίου, δηλαδή του 3^{ου} (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και του 4^{ου} σεναρίου (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες - Scaling_Free). Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, οριακά υψηλότερο κόστος παρατηρείται στο 1^ο (Αρχικό - Original) και το 2^ο σενάριο (Σταθερό - Flat), με τα υπόλοιπα σενάρια, να ακολουθούν με ελάχιστα μικρότερες ωριαίες τιμές, ενώ μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου εφόσον οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις που παρουσιάζονται αφορούν το 2^ο (Σταθερό - Flat), το 3^ο (κλιμακωτής μείωσης - Scaling) και το 6^ο σενάριο ελέγχου (Βελ/μένο_O15 - Optimized_O15).

Στο Διάγραμμα 160 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το συνολικό τελικό κόστος για κάθε περίπτωση, το οποίο περιλαμβάνει και τα διάφορα πάγια που αφορούν την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

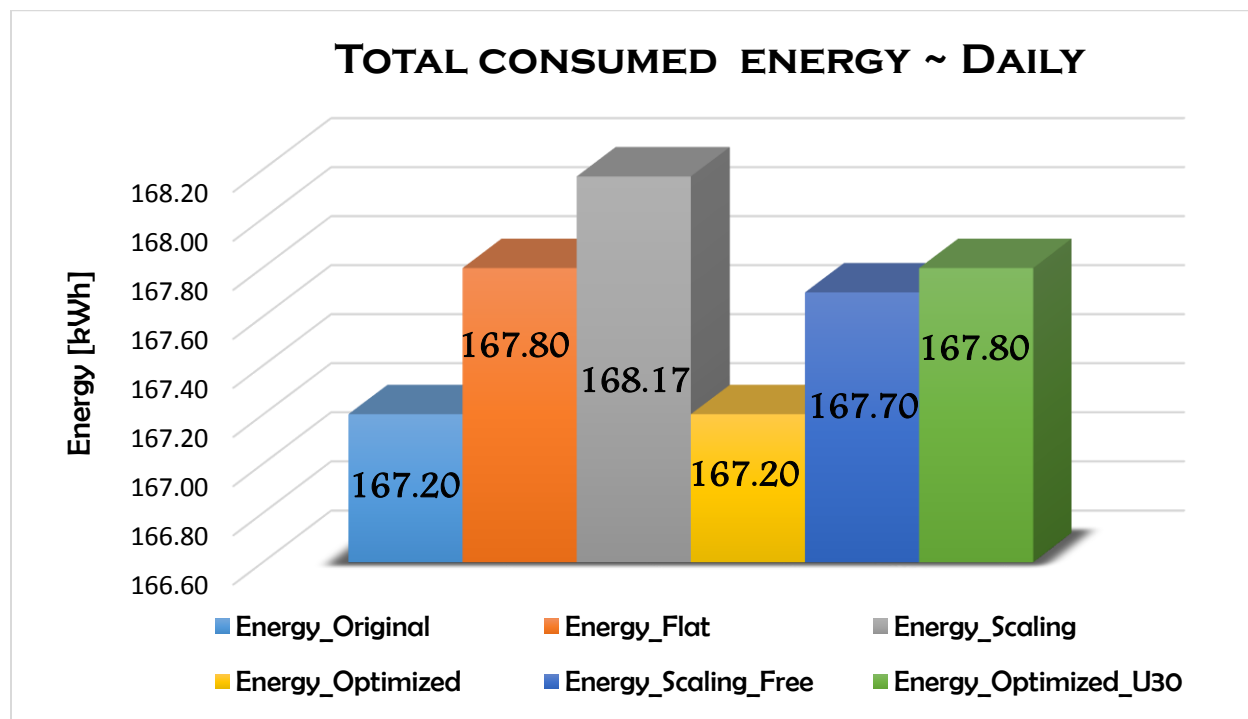


Διάγραμμα 160. Συνολικό κόστος για την 21/07

Στο Διάγραμμα 160 είναι παραπάνω από προφανές το γεγονός ότι η περίπτωση της βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγορίθμου δίνει τα ίδια αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος με το αρχικό σενάριο, άρα δεν διενεργείται πρόψυξη του κτιρίου, σκόπιμα. Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές κόστους αφορούν το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling) και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) καθώς διατηρούν την θερμοκρασία κάτω από 30 °C μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου, γεγονός στο οποίο οφείλεται αυτή η μικρή αύξηση του κόστους αλλά και των ενεργειακών απαιτήσεων. Τέλος, γίνεται εμφανής η χρησιμότητα κι η ορθή λειτουργία του γενετικού αλγορίθμου στο 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) καθώς επιτυγχάνεται μία μείωση **0,06€** ημερησίως σε σχέση με το 1^ο σενάριο(Αρχικό – Original) χωρίς την ανάγκη παρεμβάσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό ή επένδυσης στο κτιριακό κέλυφος του υπό μελέτη κτιρίου και το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μείωση **0,43€** σε σχέση με το 3^ο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling).

Εκτός από την περίπτωση της μείωσης του κόστους, μεγάλη σημασία έχει κι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που ίσως επιτυγχάνεται με κάθε σενάριο. Η ενεργειακή μείωση έχει υψηλή σημασία όσον αφορά το κόστος αλλά ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιτυγχάνει να «μειώσει».

Στο Διάγραμμα 161 που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια για όλα τα υπό εξέταση σενάρια.



Διάγραμμα 161. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, εφόσον δεν υπάρχει βελτίωση στο κόστος δεν θα υπάρχει και κάποια διαφορά στην ενεργειακή κατανάλωση όσον αφορά το 5^ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized). Έτσι, είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι το 6^ο σενάριο(Βελ/μένο_O15 – Optimized_O15) επιτυγχάνει μια ενεργειακή μείωση κατά **0,374€** σε σχέση με το 3^ο σενάριο(κλιμακωτής αύξησης - Scaling), δηλαδή γίνεται σύγκριση του σεναρίου της πρόψυξης με την χρήση γενετικών αλγορίθμων, και τη διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30°C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου (6^ο) με αυτό της εμπειρικής/κλιμακωτής πρόψυξης και τη διατήρηση της θερμοκρασίας κάτω από 30°C μετά το πέρας της λειτουργίας του κτιρίου (3^ο σενάριο – Κλιμακωτής αύξησης).

Τέλος, ο Πίνακας 21 περιέχει τα ποσοστά βελτίωσης που επιτεύχθηκαν για κάθε υπό εξέταση περίπτωση τόσο για το κόστος όσο και για την ενέργεια.

Σενάριο	Ποσοστά Βελτίωσης (%)							
	Αρχικό		Σταθερό		Κλιμακωτό		Κλιμακωτό 8 ώρες	
	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος	Ενέργεια	Κόστος
Αρχικό (Original)	0.00	0.00	0.36	0.00	0.58	0.29	0.30	0.14
Σταθερό (Flat)	-0.36	-0.19	0.00	0.00	0.22	0.10	-0.06	-0.05
Κλιμακωτό (Scaling)	-0.58	-0.29	-0.22	-0.10	0.00	0.00	-0.28	-0.15
Κλιμακωτό για 8 ώρες (Scaling_Free)	-0.30	-0.14	0.06	0.05	0.22	0.10	0.00	0.00
Βελτιστοποιημένο (Optimized)	0.00	0.00	0.36	0.19	0.58	0.29	0.30	0.14
Βελτιστοποιημένο_Ο15 (Optimized_Ο15)	-0.36	-0.19	0.00	0.00	0.22	0.10	-0.06	-0.05

Πίνακας 21. Συνολικά Ποσοστά Βελτίωσης για την 21/07

Στον Πίνακας 21, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) δεν επιτυγχάνει καμία ενεργειακή μείωση άρα και καμία μείωση του κόστους σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Θα ήταν εύλογο να συγκριθεί και με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) όπου η «προθέρμανση» του κτιρίου γίνεται εμπειρικά/κλιμακωτά κι επικρατούν ίδιες συνθήκες ελέγχου μετά το πέρας λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται ότι το 5ο σενάριο(Βελ/μένο – Optimized) επιτυγχάνει μία μείωση 0,30% όσον αφορά την ενέργεια και **0,14%** όσον αφορά το κόστος σε σχέση με το 4ο σενάριο(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

5.4 Βέλτιστα ποσοστά μειώσεων

5.4.1 Παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων

Στον Πίνακα 22, παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης κι οι ημερομηνίες τους, όσον αφορά το κόστος που πετύχαμε με το 5ο σενάριο (Βελτιστοποίηση με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων) σε σχέση με το αρχικό, 1ο σενάριο (Αρχικό – Original).

Μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης Κόστους						
Σύγκριση Αρχικού - Βελ/μένου σεναρίου	Ανκώνα		Χανιά		Βίλνιους	
	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό
Ιανουάριος	19	3.18	27	4.64	1	2.44
Ιούλιος	15	1.91	15	0.68	12	0.78

Πίνακας 22. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης κόστους μεταξύ 1ου και 5ου σεναρίου

Στην συνέχεια, στον Πίνακα 23, παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης κι οι ημερομηνίες τους, όσον αφορά την ενέργεια που πετύχαμε με το 5ο σενάριο (Βελτιστοποίηση με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων) σε σχέση με το αρχικό, 1ο σενάριο.

Μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης						
Σύγκριση Αρχικού - Βελ/μένου σεναρίου	Ανκώνα		Χανιά		Βίλνιους	
	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό
Ιανουάριος	19	0.95	27	3.46	12	1.23
Ιούλιος	15	4.66	15	1.19	12	1.59

Πίνακας 23. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ 1ου και 5ου σεναρίου

Ακολουθώντας, στον Πίνακα 24, παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης κι οι ημερομηνίες τους, όσον αφορά το κόστος που πετύχαμε με το 5ο σενάριο (Βελτιστοποίηση με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων) σε σχέση με το 4ο υπό εξέταση σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης Κόστους						
Σύγκριση Κλιμακωτού για 8 ώρες- Βελ/μένου σεναρίου	Ανκώνα		Χανιά		Βίλνιους	
	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό
Ιανουάριος	15	14.66	15	12.48	11	16.1
Ιούλιος	9	1.8	21	3.64	12	6.93

Πίνακας 24. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης κόστους μεταξύ 4ου και 5ου σεναρίου

Τέλος, στον Πίνακα 25, παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης κι οι ημερομηνίες τους, όσον αφορά την ενέργεια που πετύχαμε με το 5ο σενάριο (Βελτιστοποίηση με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων) σε σχέση με το 4ο υπό εξέταση σενάριο (Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free).

Μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης						
Σύγκριση Κλιμακωτού για 8 ώρες- Βελ/μένου σεναρίου	Ανκώνα		Χανιά		Βίλνιους	
	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό	Ημέρα	Ποσοστό
Ιανουάριος	15	21.75	27	20.13	11	24.24
Ιούλιος	15	4	21	7.28	21	26.12

Πίνακας 25. Πίνακας μεγαλύτερων ποσοστών βελτίωσης ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ 4ου και 5ου σεναρίου

5.4.2 Σχολιασμός συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων

Όπως παρατηρείται, το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για το κόστος όσον αφορά την σύγκριση του 1ου(Αρχικό – Original) και του 5ου σεναρίου(Βελ/μένο – Optimized), επιτεύχθηκε για τα Χανιά στις 27/01, λαμβάνοντας τιμή **4.64%**, το οποίο είναι ένα αρκετά ενθαρρυντικό αποτέλεσμα για το εγχείρημα της προθέρμανσης/πρόψυξης με χρήση γενετικών αλγορίθμων, που εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Επίσης, το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για την ενέργεια όσον αφορά την σύγκριση του 1ου(Αρχικό – Original) και του 5ου σεναρίου(Βελ/μένο – Optimized), επιτεύχθηκε για την Ανκόνα στις 15/07, λαμβάνοντας τιμή **4.66%**. Το παραπάνω είναι εξαιρετικά ενθαρρυντικό καθώς σκοπός του γενετικού δεν ήταν να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση αλλά το κόστος, έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες αλλά όχι πλήρως ανάλογες.

Στην συνέχεια, το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για το κόστος όσον αφορά την σύγκριση του 4ου(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) και του 5ου σεναρίου(Βελ/μένο – Optimized), επιτεύχθηκε για το Βίλνιους στις 21/01, λαμβάνοντας τιμή **16,1%**, το οποίο είναι ένα αρκετά ενθαρρυντικό αποτέλεσμα για το εγχείρημα της προθέρμανσης/πρόψυξης με χρήση γενετικών αλγορίθμων, που εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία σε σχέση με την εμπειρική/κλιμακωτή προθέρμανση/πρόψυξη.

Τέλος, το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για την ενέργεια όσον αφορά την σύγκριση του 4ου(Κλιμακωτής αύξησης για 8 ώρες – Scaling_Free) και του 5ου σεναρίου(Βελ/μένο – Optimized), επιτεύχθηκε για το Βίλνιους στις 21/07, λαμβάνοντας τιμή **26,12%**. Το παραπάνω είναι εξαιρετικά ενθαρρυντικό καθώς σκοπός του γενετικού δεν ήταν να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση αλλά το κόστος, έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες αλλά όχι πλήρως ανάλογες.

6^ο Κεφάλαιο

6.Συμπεράσματα

6.1 Ανάλυση Συμπερασμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται όλα τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τόσο για την χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία όσο και για τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, εκτιμήθηκε η αποτελεσματικότητα της χρήσης Γενετικών Αλγορίθμων με σκοπό την ρύθμιση της βέλτιστης δυνατής λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού (HVAC), με την χρήση πρόψυξης και προθέρμανσης, σε ένα βιομηχανικό κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Ένα σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι ότι το λογισμικό BCVTB δεν είναι κατάλληλο για παρόμοια εγχειρήματα καθώς προσφέρει ανταλλαγή δεδομένων σε «πραγματικό χρόνο»(real-time) και δεν εξυπηρετεί τις ανάγκες που παρουσιάζονται. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό MATLAB σε σύνδεση με το λογισμικό EnergyPlus.

Μελετώντας την προηγούμενη ενότητα και συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των συγκριτικών σεναρίων, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι σε όλες τις περιπτώσεις, η χρήση Γενετικών Αλγορίθμων επιφέρει θετική μείωση του κόστους. Αυτή είναι άλλοτε ικανοποιητική κι άλλοτε πολύ μικρότερη των προσδοκιών.

Καταλήγουμε όμως στο συμπέρασμα ότι η τεχνική προθέρμανσης για τους χειμερινούς μήνες κι η τεχνική πρόψυξης για τους θερινούς μήνες, είναι αποτελεσματικές κι μερικώς αναξιοποίητες μέθοδοι μείωσης του συνολικού ενεργειακού κόστους ενός κτιρίου.

Όσον αφορά την τεχνική της προθέρμανσης ενός κτιρίου, τους χειμερινούς μήνες κατά τις ώρες μη λειτουργίας του, και πιο συγκεκριμένα κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, από τις 00.00 έως τις 08.00, επιτυγχάνει άλλοτε μεγαλύτερα ποσοστά μείωσης του κόστους σε σχέση με την πρόψυξη του εν λόγω κτιρίου τους θερινούς μήνες κατά τις ώρες μη λειτουργίας τους, και πιο συγκεκριμένα κατά τις πρώτες 8 ώρες της ημέρας, από τις 00.00 έως τις 08.00 κι άλλοτε μικρότερα.

Το παραπάνω συμπέρασμα επαληθεύεται και στις τρεις υπό εξέταση περιοχές με τις ποσοστιαίες διαφορές να παρουσιάζουν διακυμάνσεις. Ουσιαστικά, όπως περιγράφεται και στον Πίνακα 22, το υψηλότερο ποσοστό μείωσης με την εφαρμογή της τεχνικής της προθέρμανσης καταγράφηκε για τις 27/01 για την περιοχή των Χανίων κι αντιστοιχούσε σε μείωση της τάξης του 4,64% ενώ για την τεχνική της πρόψυξης καταγράφηκε για τις 15/07 για την περιοχή της Ανκόνα κι αντιστοιχούσε σε μείωση της τάξης του 1,91%.

Από την άλλη, οι μειώσεις στο κόστος δεν επιφέρονται απλά και μόνο λόγω του γεγονότος ότι επιτυγχάνεται προθέρμανση ή πρόψυξη του κτιρίου, κι αυτό επέρχεται «ευκολότερα» στις επιθυμητές συνθήκες κατά τις ώρες λειτουργίας του αλλά λόγω πολλών παραγόντων. Όπως είναι γνωστό, η τιμολόγηση του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ. της καταναλισκόμενης ενέργειας, παρουσιάζει διακυμάνσεις για την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, για την Ανκόνα της Ιταλίας, από τις 08.00 έως τις 20.00, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν μεγαλύτερο από την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας. Επίσης, στην τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, στην Ιταλία, περιλαμβάνονται πάγια, τόσο για την συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια αλλά και την μέγιστη ωριαία καταναλισκόμενη ενέργεια. Ειδικά το πάγιο της μέγιστης ωριαίας καταναλισκόμενης ενέργειας είναι αρκετά μεγάλο κι οποιαδήποτε μείωση σε αυτήν επέφερε μεγαλύτερες μειώσεις στο ολικό ενεργειακό κόστος.

Ουσιαστικά, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι μπορεί, πιθανότατα, ακόμα και μεγαλύτερες ημερήσιες καταναλώσεις ενέργειας, να παρουσιάζουν μικρότερο κόστος από μικρότερες ημερήσιες καταναλώσεις ενέργειας, υπό κάποιες προϋποθέσεις.

- Η πλεονάζουσα ενέργεια, να έχει καταναλωθεί σε ώρες μη αιχμής, όπου η κοστολόγησή της είναι χαμηλότερη.
- Η μέγιστη ωριαία καταναλισκόμενη ενέργεια να είναι μικρότερη στην περίπτωση όπου παρουσιάζονται μεγαλύτερες καταναλώσεις ενέργειας κι έτσι λόγω του εν λόγω παγίου, το ολικό κόστος να είναι μικρότερο.

Και τα δύο παραπάνω σενάρια είναι πιθανά κι επαληθεύονται μέσω των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, καθώς παρουσιάζονται περιπτώσεις όπου υπάρχει μείωση στο ημερήσιο κόστος λόγω της εφαρμογής του Γενετικού Αλγορίθμου αλλά οι ενεργειακές καταναλώσεις κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση και παρουσιάζουν μικρές αυξήσεις σε σχέση με τις αρχικές. Το παραπάνω φαινόμενο, παρατηρείται σε κάποιες ημέρες του Ιουλίου, άρα για την θερινή υπό εξέταση περίοδο.

Επιπρόσθετα, πιο συνηθισμένο είναι το γεγονός να μειώνονται κι οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ταυτόχρονα με το ολικό ημερήσιο ενεργειακό κόστος κι αυτό συμβαίνει και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική διατριβή. Στην πραγματικότητα, η πλειοψηφία των ημερών που εξετάζονται, και στις τρεις περιοχές, είτε για την χειμερινή είτε για την θερινή περίοδο παρουσιάζουν μειώσεις στο κόστος αλλά και τις ενεργειακές απαιτήσεις. Κατά την χειμερινή περίοδο, και με την εφαρμογή της τεχνικής της προθέρμανσης, με την χρήση Γενετικών αλγορίθμων, για την εύρεση των καταλληλότερων θερμοκρασιών, παρατηρούνται ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς το κόστος μειώνεται σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα, ειδικά αν γίνει αναγωγή σε επίπεδο μήνα ή και έτους.

Στηριζόμενοι σε όσα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5, και για την υποστήριξη όλων των παραπάνω θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην πλειονότητα των εξεταζόμενων περιπτώσεων, με την επιτευξη και την ορθή εφαρμογή της τεχνικής της προθέρμανσης ή της πρόψυξης στο υπό εξέταση κτίριο, η μέγιστη ωραία καταναλισκόμενη ενέργεια μειωνόταν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η μέγιστη κατανάλωση, ειδικά για τους χειμερινούς μήνες, παρουσιάζονταν για την πρώτη ώρα λειτουργίας του κτιρίου όπου το σύστημα HVAC καλούνταν να υπερκαλύψει μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές. Έτσι, ώντας μειωμένη η αρχική απαίτηση ενέργειας, μειώνονταν κι οι υπόλοιπες ωριαίες απαιτήσεις κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου, όπου η ενέργεια κοστολογείται ακριβότερα, προκαλώντας μία άλλοτε μεγαλύτερη κι άλλοτε μικρότερη μείωση του ενεργειακού κόστους, που ουσιαστικά αποτελούσε την αντικειμενική συνάρτηση του Γενετικού Αλγορίθμου που υλοποιήθηκε και το αντικείμενο της τεχνικής Απόκρισης Ζήτησης που εξετάστηκε. Γενικά, σε αυτήν την λογική στηρίζονται όλες οι μειώσεις που παρουσιάζονται κι αφορούν το κόστος, καθώς με την προθέρμανση ή την πρόψυξη του κτιρίου, οι θερμοκρασιακές διαφορές που καλείται να υπερκαλύψει το σύστημα HVAC, είναι μικρότερες κι επιτυγχάνονται με μικρότερες απαιτήσεις ενέργειας.

Θεωρήθηκε εξαιρετικά χρήσιμο να συγκριθούν οι περιπτώσεις όπου γίνεται εμπειρικά η προθέρμανση ή προψυξη του κτιρίου με αυτήν που γίνονται με την χρήση Γενετικών Αλγορίθμων, για την εύρεση των καταλληλότερων θερμοκρασιών. Παρατηρήθηκε, ότι με την χρήση γενετικών αλγορίθμων επιτυγχάνονται πολύ καλύτερα αποτελέσματα και ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο Βίνιους για τις 15/01 από άποψη μείωσης κόστους, επιτυγχάνεται 16,1% βελτίωση ενώ όσον αφορά την ενέργεια την εν λόγω ημέρα, η μείωση αγγίζει το 24,24%.

Συνοψίζοντας, εκτιμάται ότι η εφαρμογή των Γενετικών Αλγορίθμων για τέτοιου είδους εγχειρήματα κρίνεται άκρως επιτυχημένη και συμφέρουσα καθώς δίδει εξαιρετικά καλύτερα αποτελέσματα από εμπειρικές μεθόδους. Τέλος, οι τεχνικές προθέρμανσης και πρόψυξης των κτιρίων, θα πρέπει να εφαρμόζονται συχνότερα και να μην αντιμετωπίζονται με δυσπιστία κι απαισιοδοξία καθώς κρίνονται άκρως συμφέρουσες και δεν επηρεάζουν τις θερμικές ανέσεις των χρηστών, αντιθέτως τις αναβαθμίζουν, ειδικότερα κατά τις πρώτες ώρες εργασίας τους.

6.2 Προτάσεις για το μέλλον

Για μελλοντικές προσπάθειες που θα αφορούν το συγκεκριμένο εγχείρημα, θα ήταν πολύ χρήσιμο να εξεταστούν τα παρακάτω σενάρια :

- Να χρησιμοποιηθεί μοντελοποιημένο, μέσω OpenStudio, σύστημα HVAC καθώς είναι πιθανό να δώσει καλύτερα αποτελέσματα και περισσότερο ρεαλιστικά.
- Να χρησιμοποιηθούν περισσότερες γενιές και αριθμός πληθυσμού κατά την εκκίνηση του Γενετικού Αλγορίθμου.
- Να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιακών τιμών που θα μπορεί να δοκιμάζει ο Γενετικός Αλγόριθμος.
- Θα μπορούσαν να εξεταστούν κι επιπλέον κλιματικές περιοχές στις οποίες επικρατούν περισσότερο ακραίες κλιματικές συνθήκες.

7^ο Κεφάλαιο

7.Βιβλιογραφία

- [1] F. Roberti, U. F. Oberegger, E. Lucchi, and A. Troi, "Energy retrofit and conservation of a historic building using multi-objective optimization and an analytic hierarchy process," *Energy Build.*, vol. 138, pp. 1–10, 2017.
- [2] T. Tsoutsos, S. Tournaki, C. A. de Santos, and R. Vercellotti, "Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels," *Energy Procedia*, vol. 42, pp. 230–238, 2013.
- [3] D. Gao, Y. Sun, and Y. Lu, "A robust demand response control of commercial buildings for smart grid under load prediction uncertainty," *Energy*, vol. 93, pp. 275–283, Dec. 2015.
- [4] N. Kampelis, K. Gobakis, D. Kolokotsa, A. Ferrante, and K. Kalaitzakis, "Energy Management Optimisation in Camp IT infrastructure based on a demand response perspective," *Proc. CRETE 2016, Fifth Int. Conf. Ind. Hazard. Waste Manag.*, no. September, 2016.
- [5] C. Diakaki, E. Grigoroudis, N. Kabelis, D. Kolokotsa, K. Kalaitzakis, and G. Stavrakakis, "A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings," *Energy*, vol. 35, no. 12, pp. 5483–5496, 2010.
- [6] M. N. Kompelitou, "Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχειακή μονάδα," 2009.
- [7] D. Kolokotsa, C. Diakaki, E. Grigoroudis, G. Stavrakakis, and K. Kalaitzakis, "Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings," *Adv. Build. Energy Res.*, vol. 3, no. May 2015, pp. 121–146, 2009.
- [8] M. Karlessi, Theoni; Kampelis, Nikos; Kolokotsa, Denia; Santamouris, "Towards sustainable and smart communities: integrating energy efficient technologies into buildings through a holistic approach," *9th Int. Conf. Improv. Energy Effic. Commer. Build. Smart Communities*, no. November, pp. 920–927, 2016.
- [9] Marco Casini, "Smart Buildings," *Smart Build.*, pp. xvii–xx, 2016.
- [10] N. Kampelis *et al.*, "Evaluation of the Performance Gap in Industrial, Residential & Tertiary Near-Zero Energy Buildings," *Energy Build.*, 2017.
- [11] D. Kolokotsa *et al.*, "Development of a web based energy management system for University Campuses: The CAMP-IT platform," *Energy Build.*, vol. 123, pp. 119–135, 2016.
- [12] A. Load Research Comitee, "Demand Response Measurement & Verification," no. March, 2009.

- [13] S. R. Kuppannagari, R. Kannan, C. Chelmiss, and V. K. Prasanna, "Automated Dynamic Demand Response Implementation on a Micro-grid."
- [14] M. H. Shoreh, P. Siano, M. Shafie-khah, V. Loia, and J. P. S. Catalão, "A survey of industrial applications of Demand Response," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 141, pp. 31–49, 2016.
- [15] P. Siano, "Demand response and smart grids - A survey," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, no. April, pp. 461–478, 2014.
- [16] A. V. Herzog, T. E. Lipman, and D. M. Kammen, "Renewable energy sources," *Encycl. Life ...*, pp. 1–63, 2001.
- [17] R. L. Haupt and S. E. Haupt, *Practical Genetic Algorithms Second Edition*. 2004.
- [18] E. Provata, D. Kolokotsa, S. Papantoniou, M. Pietrini, A. Giovannelli, and G. Romiti, "Development of optimization algorithms for the Leaf Community microgrid," *Renew. Energy*, vol. 74, pp. 782–795, 2015.
- [19] D. Gao and Y. Sun, "A GA-based coordinated demand response control for building group level peak demand limiting with benefits to grid power balance," *Energy Build.*, vol. 110, pp. 31–40, 2016.
- [20] N. Addy, J. L. Mathieu, S. Kiliccote, D. S. Callaway, N. Addy, and D. S. Callaway, "Understanding the Effect of Baseline Modeling Implementation Choices on Analysis of Demand Response Performance Understanding the Effect of Baseline Modeling Implementation Choices on Analysis of Demand Response Performance," no. August, 2013.
- [21] J. H. Yoon, R. Bladick, and A. Novoselac, "Demand response for residential buildings based on dynamic price of electricity &," *Energy Build.*, vol. 80, pp. 531–541, 2014.
- [22] A. Tascikaraoglu, A. R. Boynuegri, and M. Uzunoglu, "A demand side management strategy based on forecasting of residential renewable sources : A smart home system in Turkey," *Energy Build.*, vol. 80, pp. 309–320, 2014.
- [23] R. Fazal, "Demand Response using Multi-agent System."
- [24] C. R. Houck and M. G. Kay, "A Genetic Algorithm for Function Optimization : A Matlab Implementation," no. 919, 2008.
- [25] C. Bartusch and K. Alvehag, "Further exploring the potential of residential demand response programs in electricity distribution," *Appl. Energy*, vol. 125, pp. 39–59, 2014.
- [26] K. Coughlin, M. A. Piette, C. Goldman, and S. Kiliccote, "ENERGIST: A LABORATORY Estimating Demand Response Load Impacts : Evaluation of Baseline Load Models for Non- Residential Buildings in California," no. 150, 2008.
- [27] M. Razmara, M. Maasoumy, M. Shahbakhti, and R. D. R. Iii, "Optimal exergy control of building HVAC system," *Appl. Energy*, vol. 156, pp. 555–565, 2015.

- [28] T. X. Nghiem and C. N. Jones, "Data-driven Demand Response Modeling and Control of Buildings with Gaussian Processes."
- [29] S. H. Z. Edwin K.P. Chong, *An Introduction to Optimization*. 2001.
- [30] J. L. Mathieu, "Modeling , Analysis , and Control of Demand Response Resources," 2012.
- [31] "Home - MyLeaf, (n.d.). <https://myleaf2.loccioni.com/beta> (accessed February 13, 2017)."
- [32] "Italian Energy Efficiency Action Plan," no. July, 2014.
- [33] K. Parton, *The digital computer*. .
- [34] U. S. D. of Energy, *Getting Started*, no. July. 2010.
- [35] G. Inc., "SketchUp User's Guide Using the Online User's Guide," ©Google Inc, 2006.
- [36] OpenStudio, "OpenStudio SketchUp Plug-in How to Use this Guide," no. September, pp. 1–50, 2015.
- [37] M. Wetter, "Building Controls Virtual Test Bed User Manual Version 0.8.0," Lawrence Berkeley Natl. Lab., no. c, pp. 1–69, 2010.
- [38] C. Mathworks, "Primer R 2014 α," 2014.

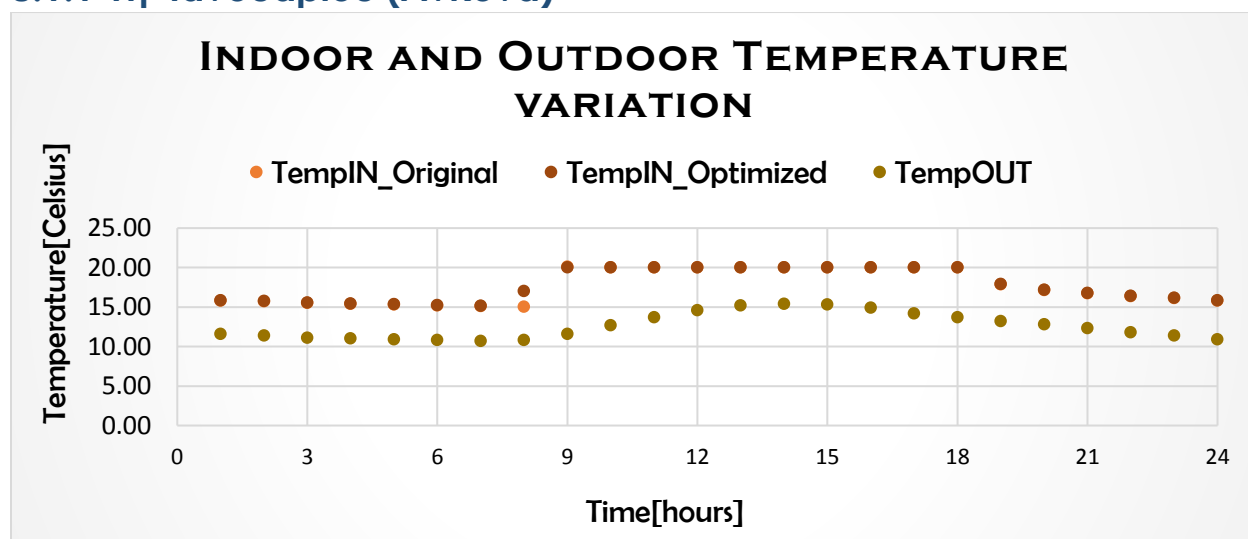
8^ο Κεφάλαιο

8. Παράρτημα

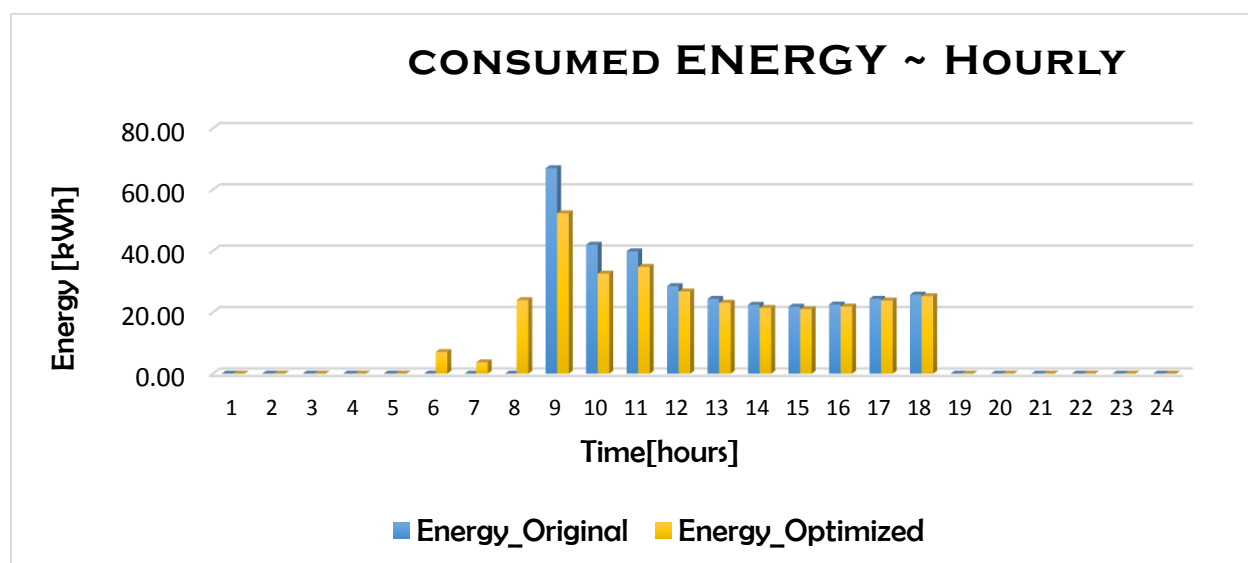
8.1 Παράρτημα Α – Συγκριτικά Αποτελέσματα

Στο Παράρτημα Α, παρατίθενται τα διαγράμματα στα οποία συγκρίνονται το αρχικό σενάριο με το βελτιστοποιημένο με την χρήση γενετικών αλγορίθμων για λόγους ευκολότερης κατανόησης των αποτελεσμάτων.

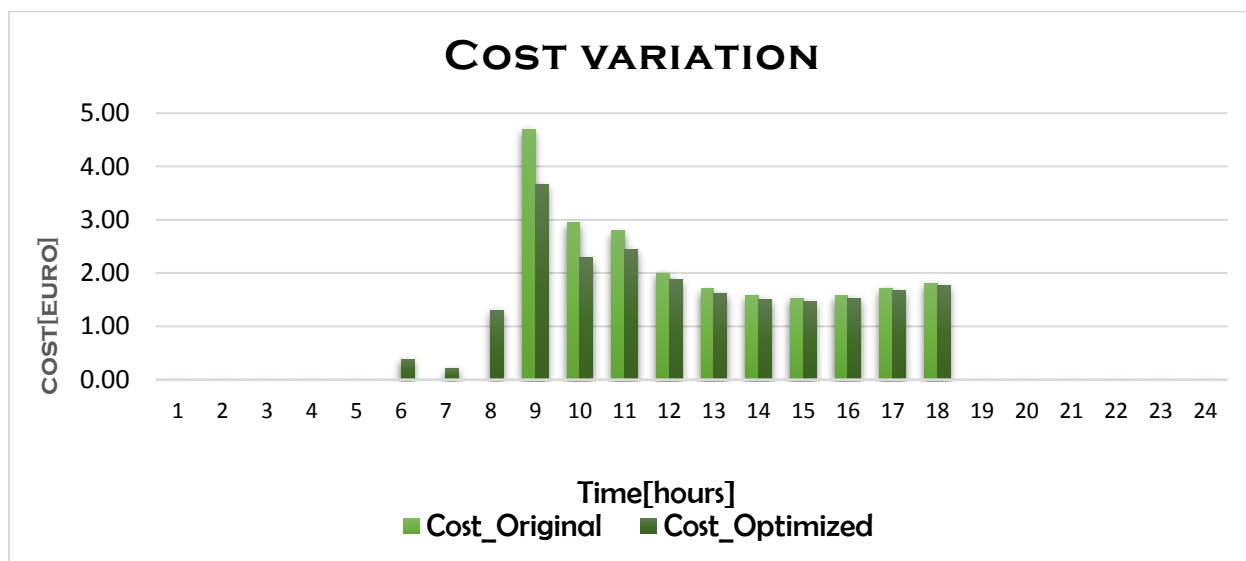
8.1.1 1η Ιανουαρίου (Ανκόνα)



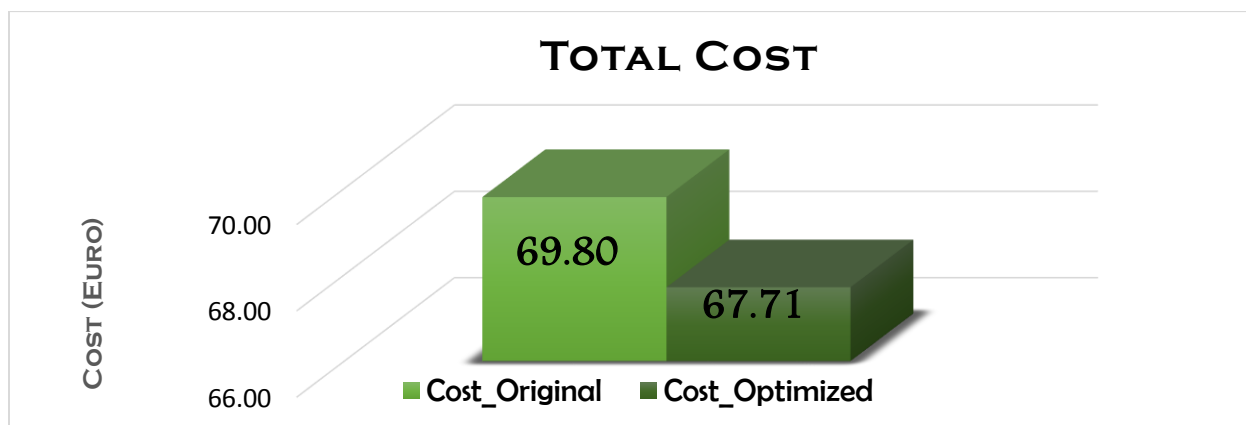
Διάγραμμα(Π) 1. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 01/01



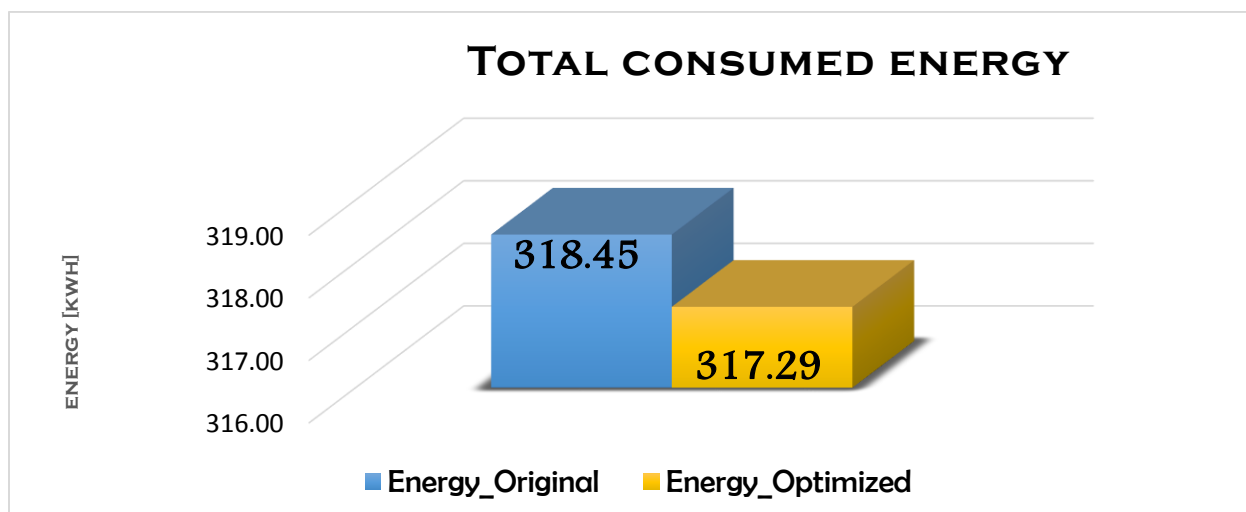
Διάγραμμα(Π) 2. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01



Διάγραμμα(Π) 3. Διακύμανση κόστους για την 01/01

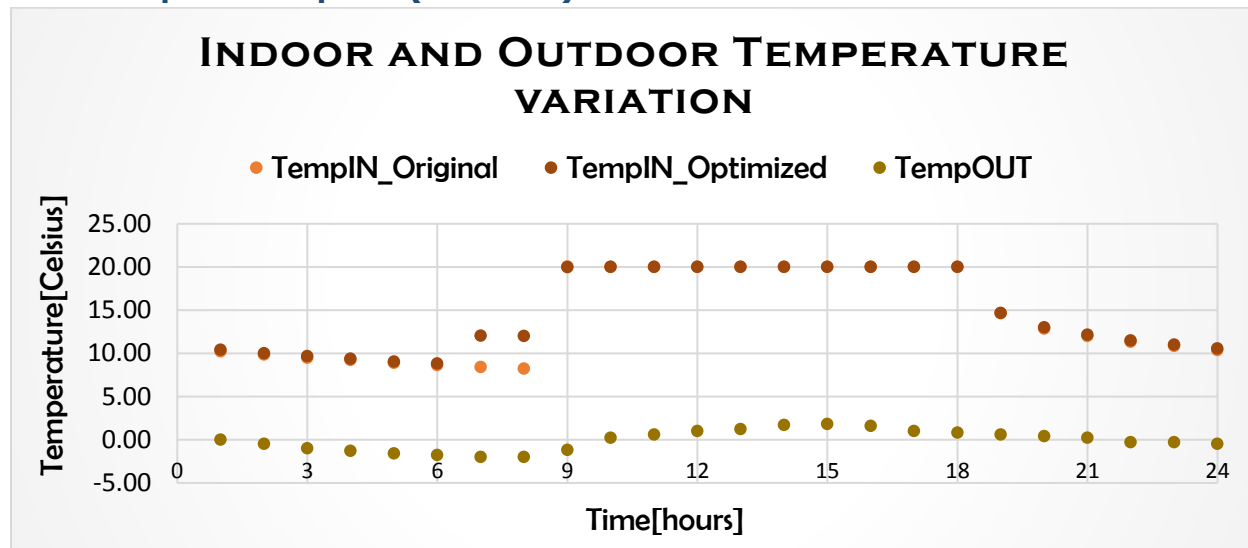


Διάγραμμα(Π) 4. Συνολικό τελικό κόστος για την 01/01

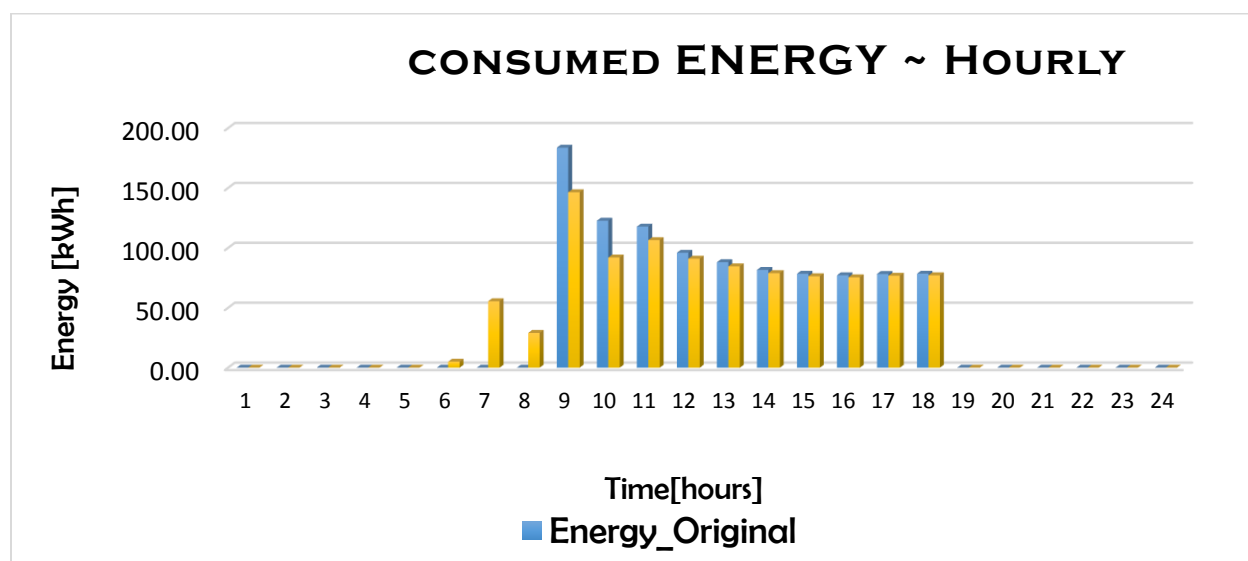


Διάγραμμα(Π) 5. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

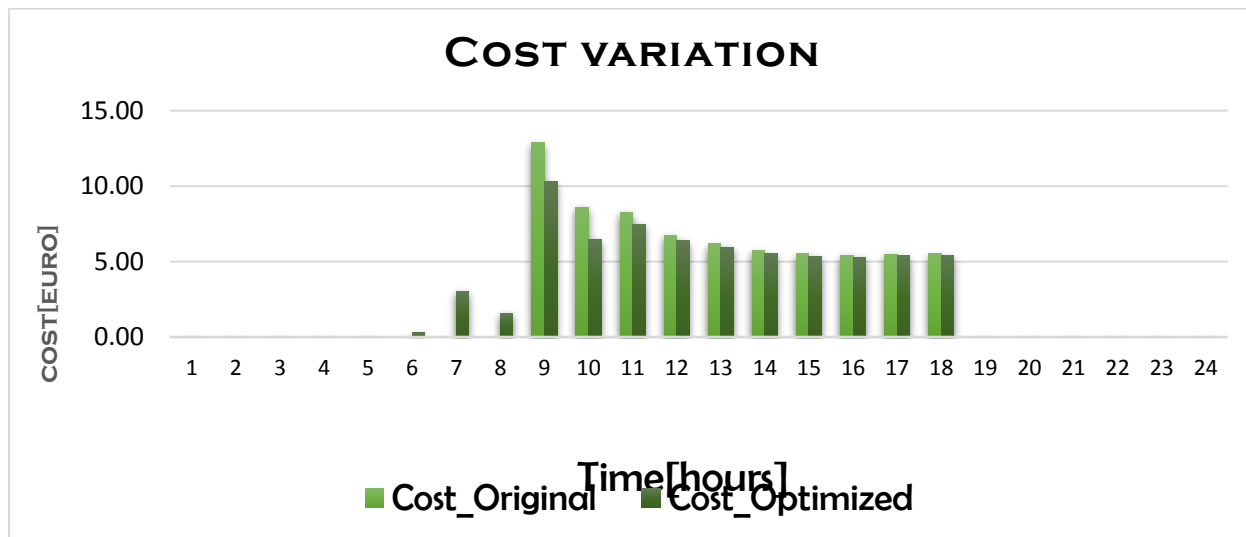
8.1.2 15η Ιανουαρίου (Ανκόνα)



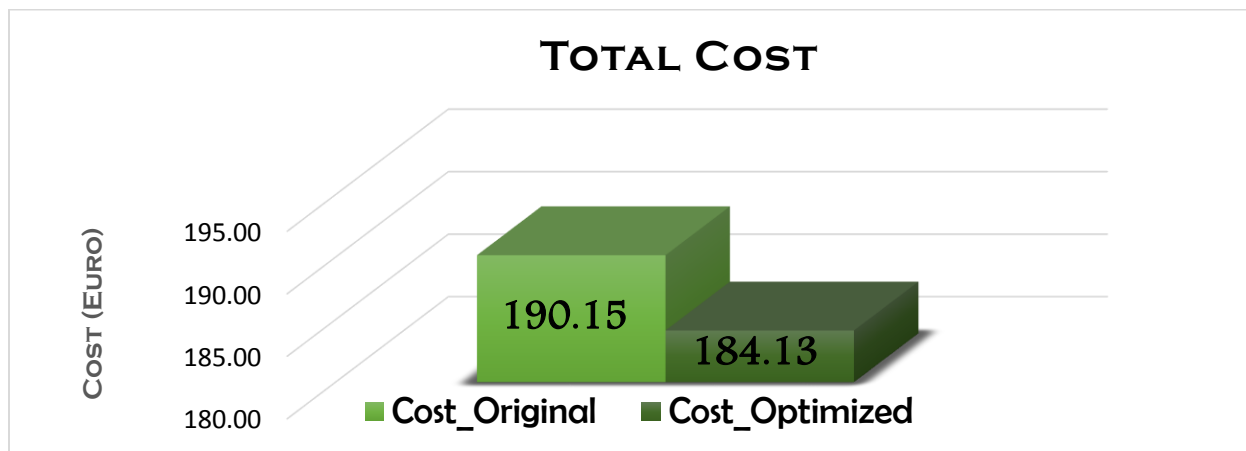
Διάγραμμα(Π) 6. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/01



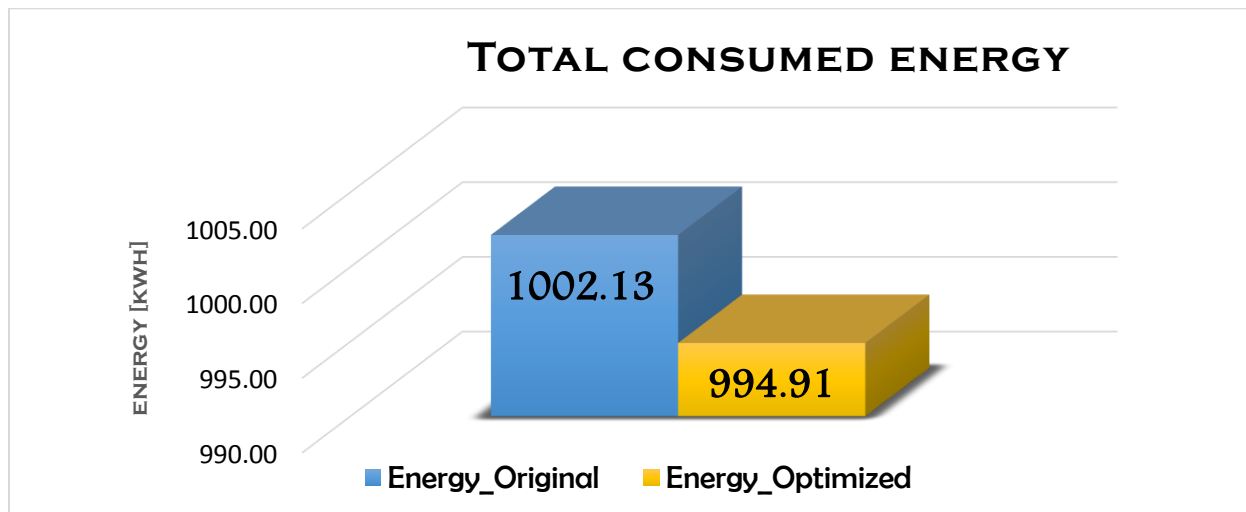
Διάγραμμα(Π) 7. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 15/01



Διάγραμμα(Π) 8. Διακύμανση κόστους για την 15/01

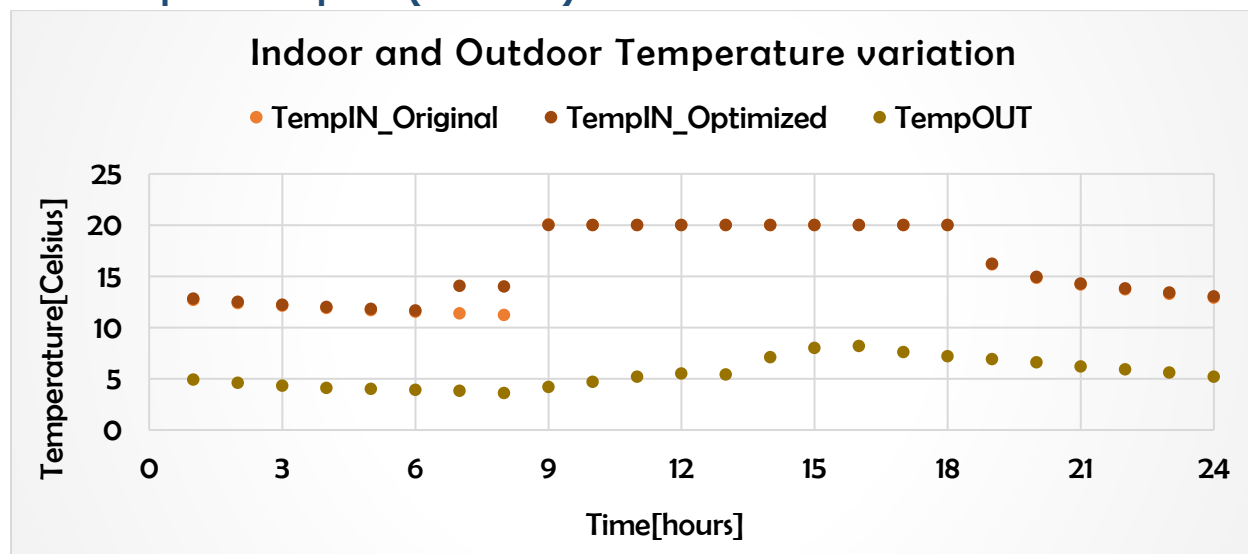


Διάγραμμα(Π) 9. Συνολικό τελικό κόστος για την 15/01

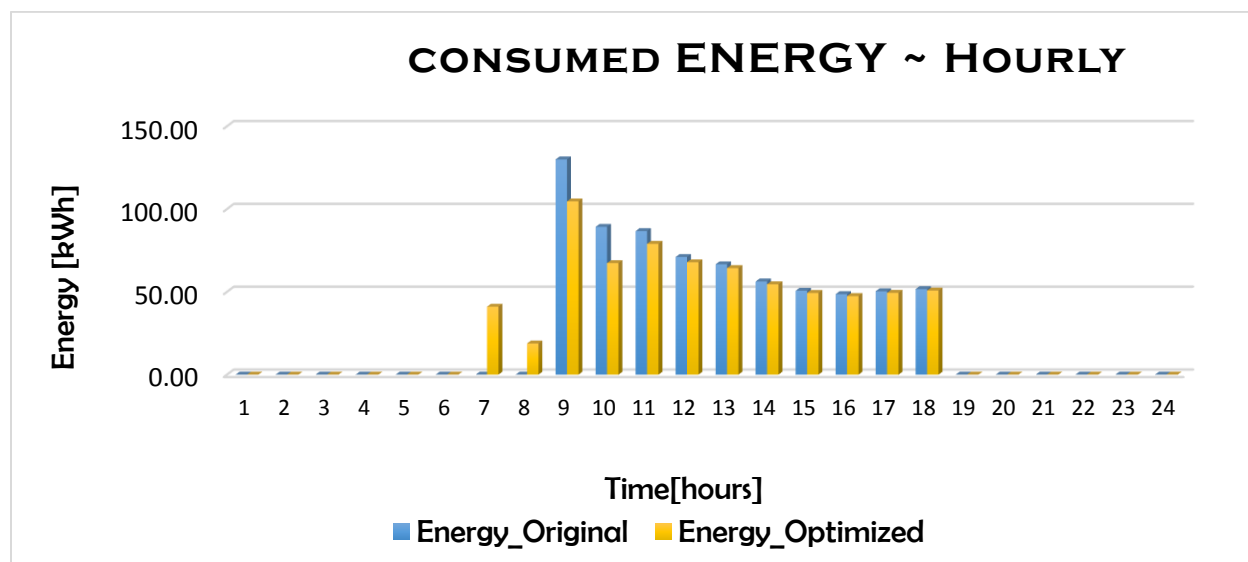


Διάγραμμα(Π) 10. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/01

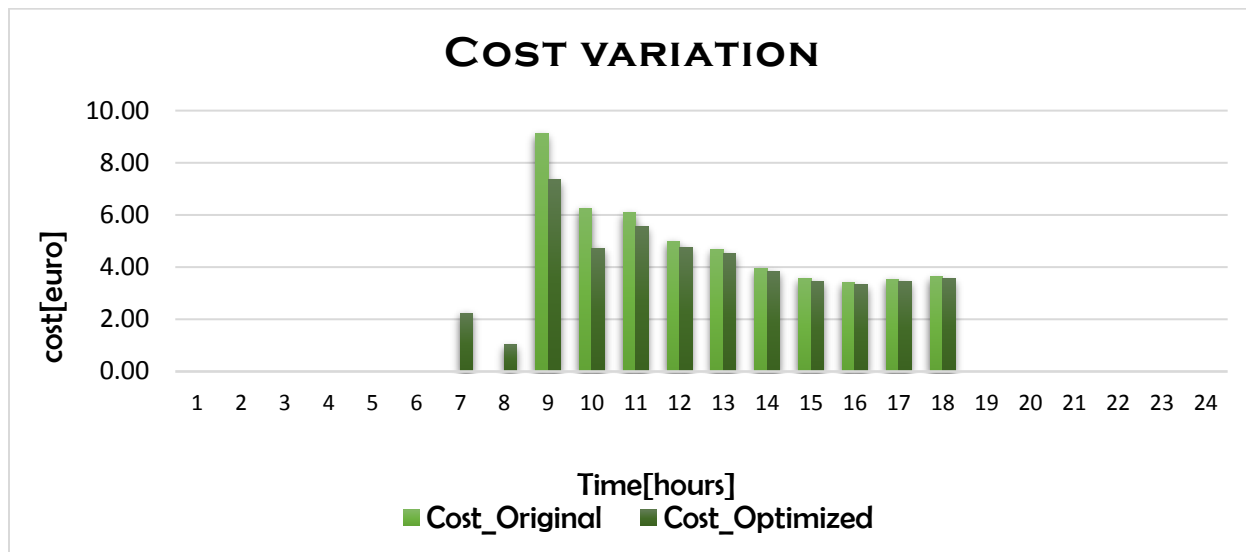
8.1.3 19η Ιανουαρίου (Ανκόνα)



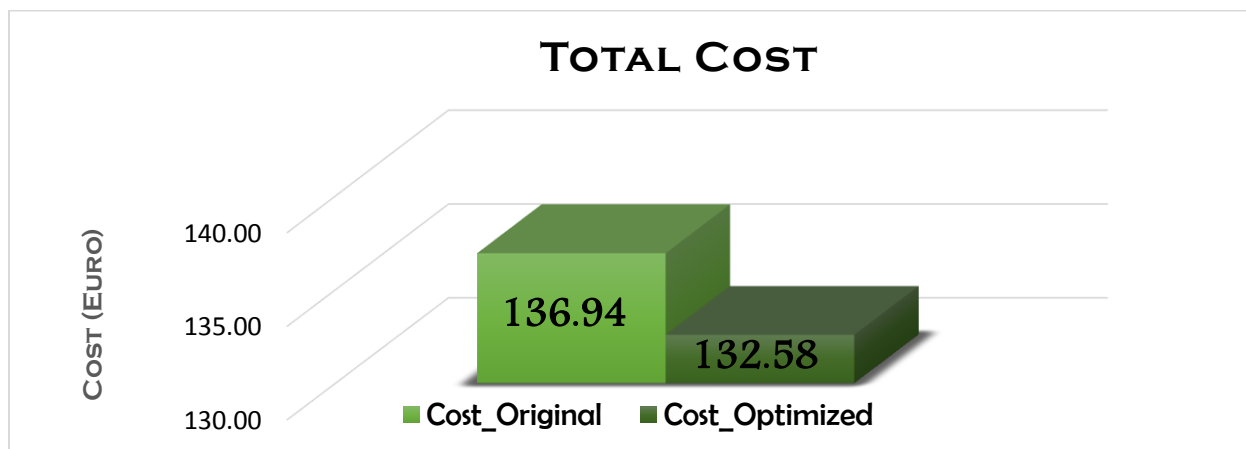
Διάγραμμα(Π) 11. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 19/01



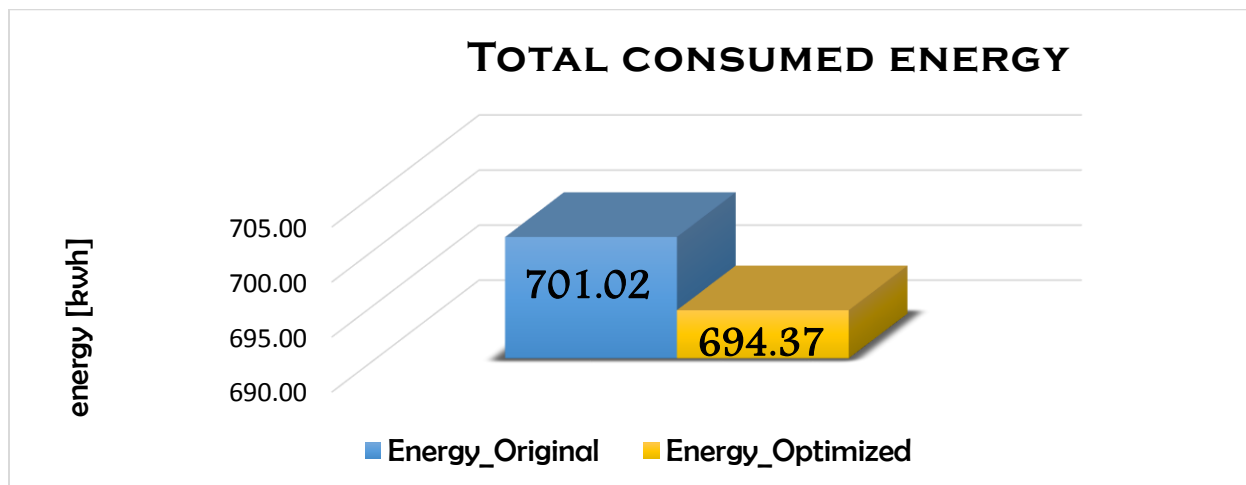
Διάγραμμα(Π) 12. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 19/01



Διάγραμμα(Π) 13. Διακύμανση κόστους για την 19/01

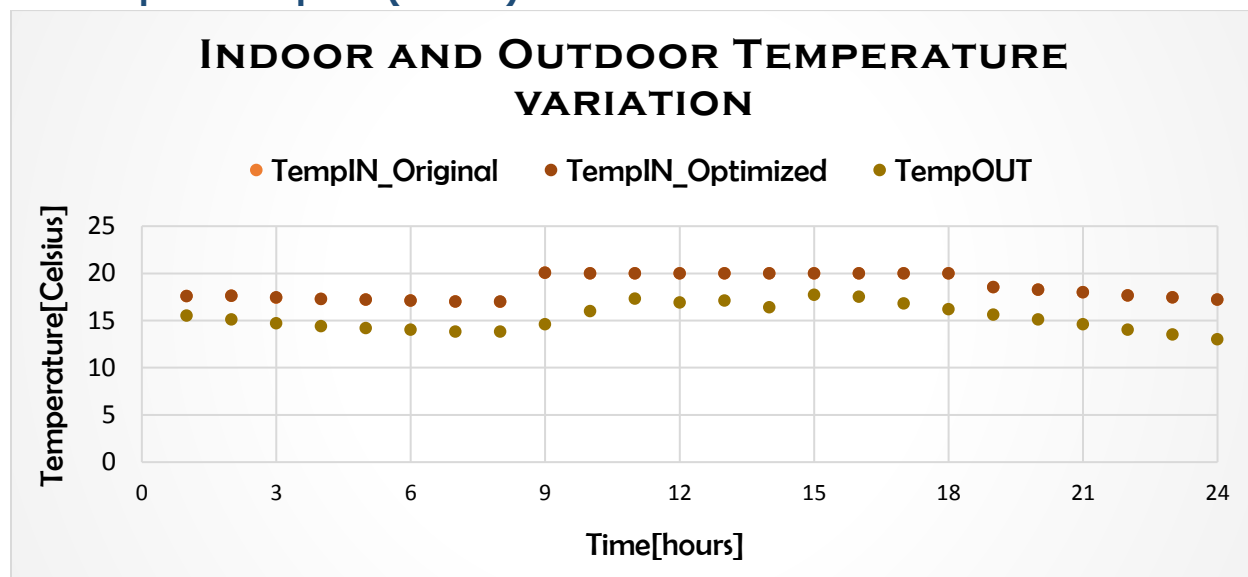


Διάγραμμα(Π) 14. Συνολικό τελικό κόστος για την 19/01

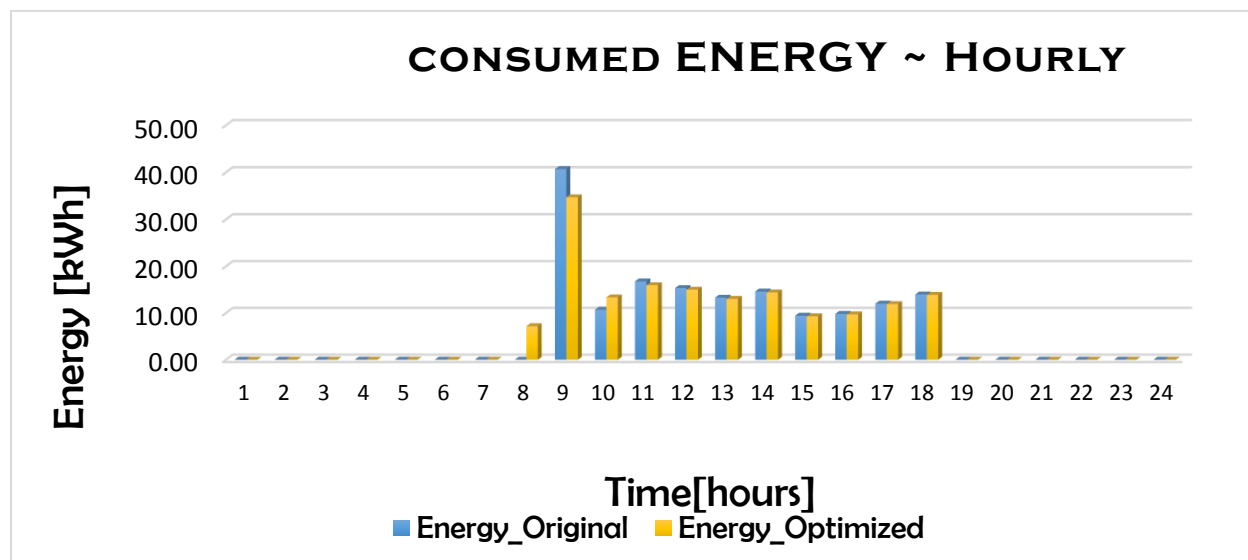


Διάγραμμα(Π) 15. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 19/01

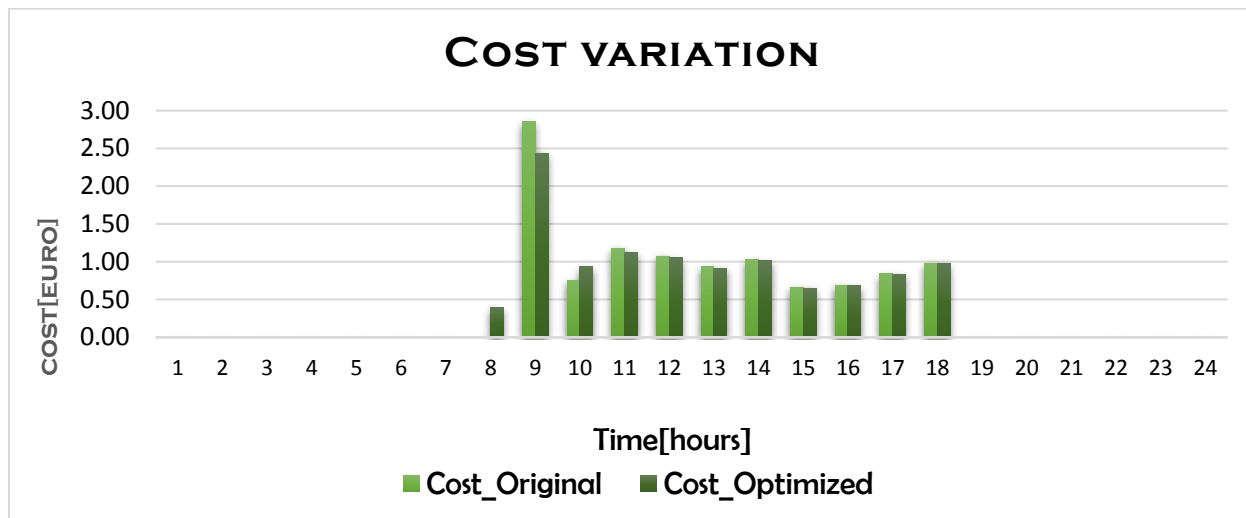
8.1.4 1η Ιανουαρίου (Χαλιά)



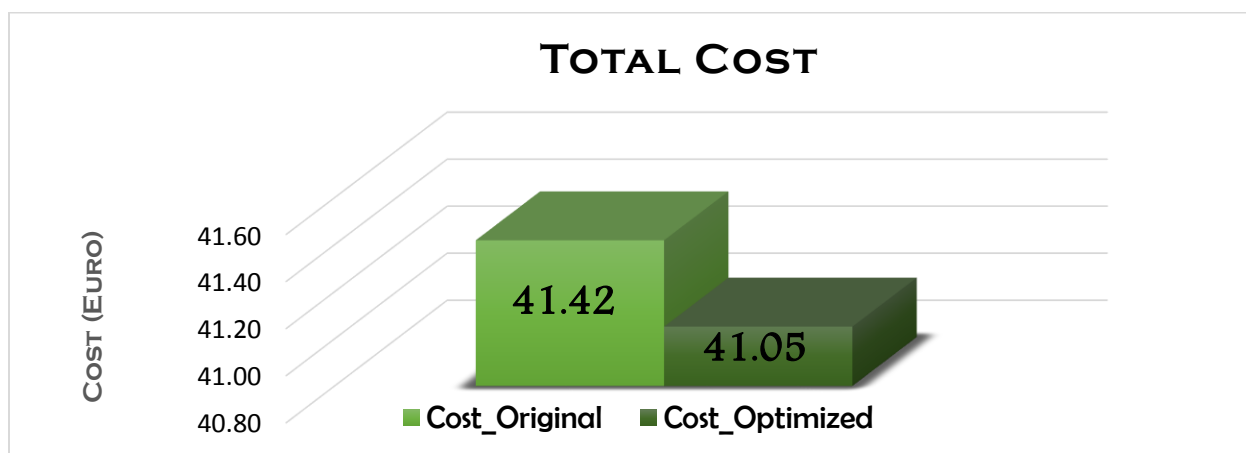
Διάγραμμα(Π) 16. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 01/01



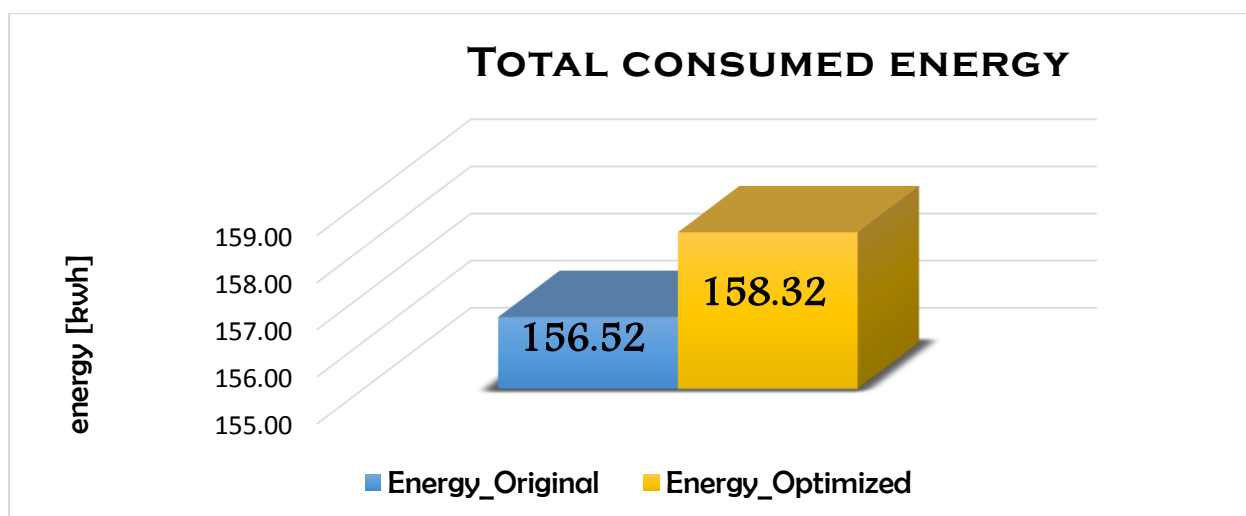
Διάγραμμα(Π) 17. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01



Διάγραμμα(Π) 18. Διακύμανση κόστους για την 01/01

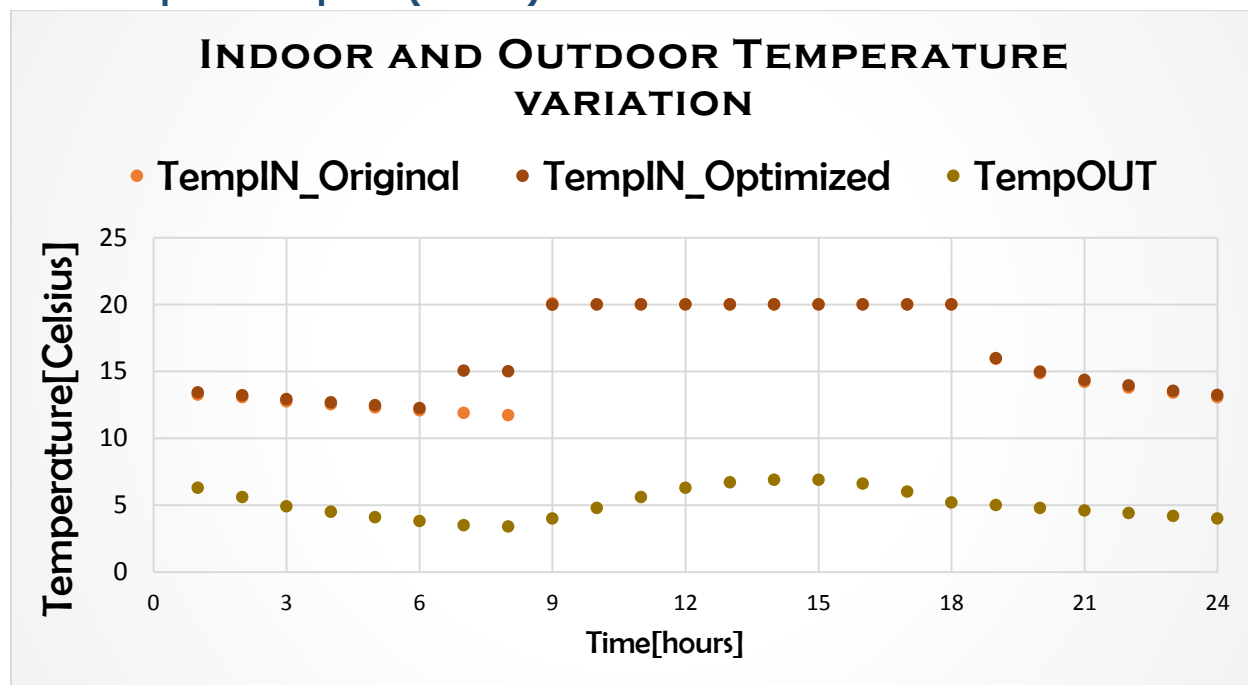


Διάγραμμα(Π) 19. Συνολικό τελικό κόστος για την 01/01

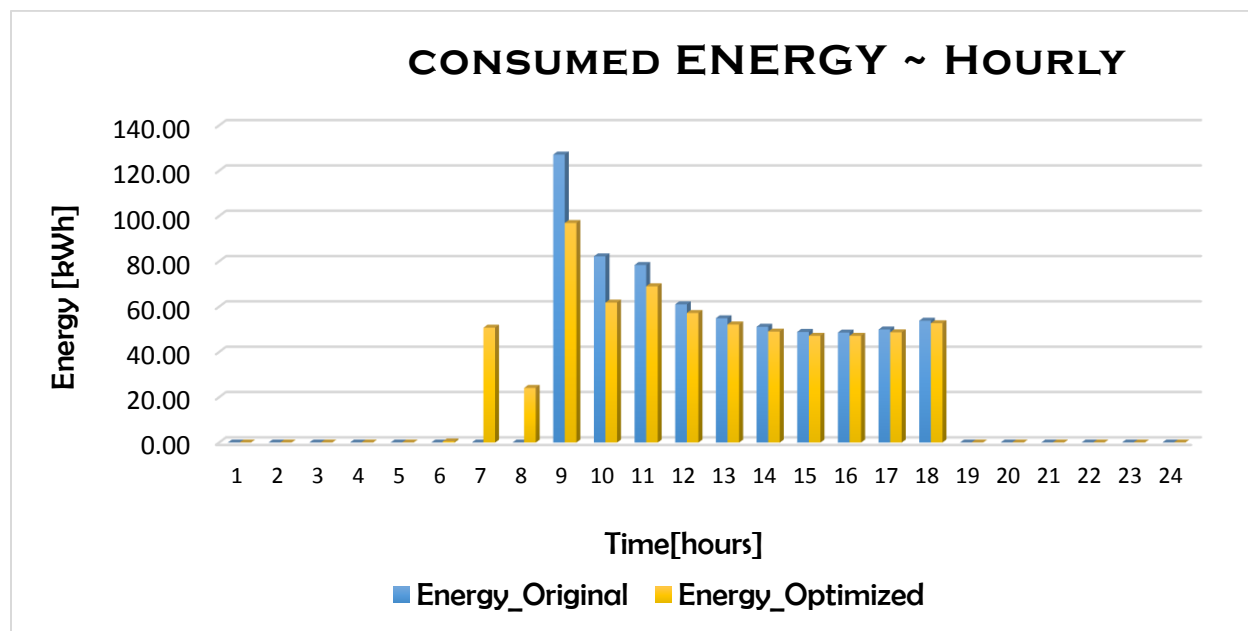


Διάγραμμα(Π) 20. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

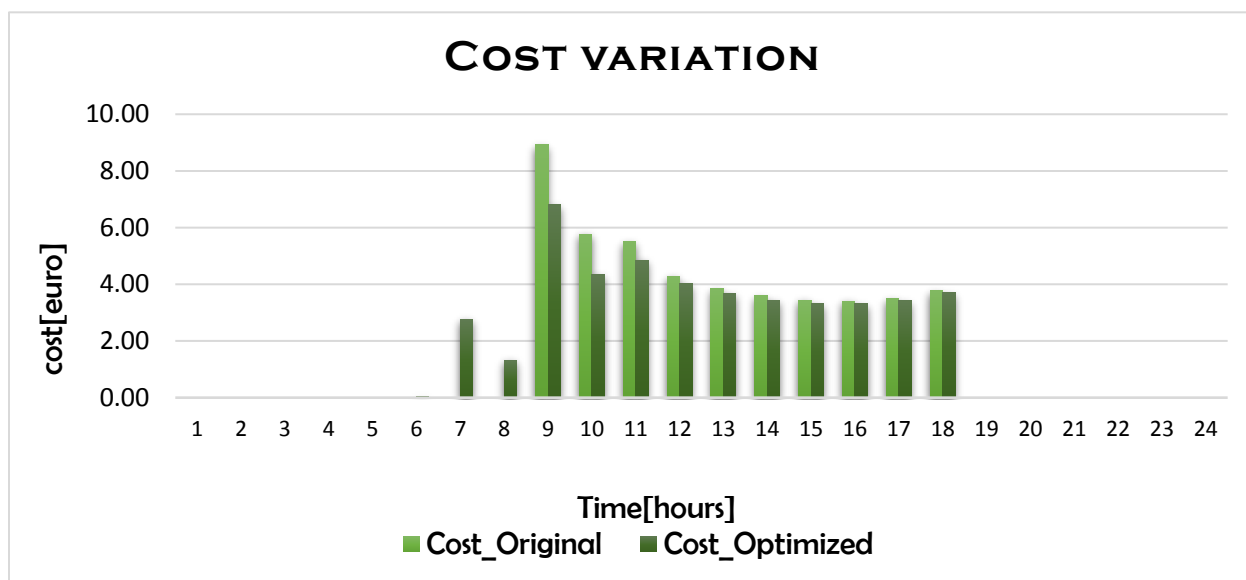
8.1.5 15η Ιανουαρίου (Χαλιά)



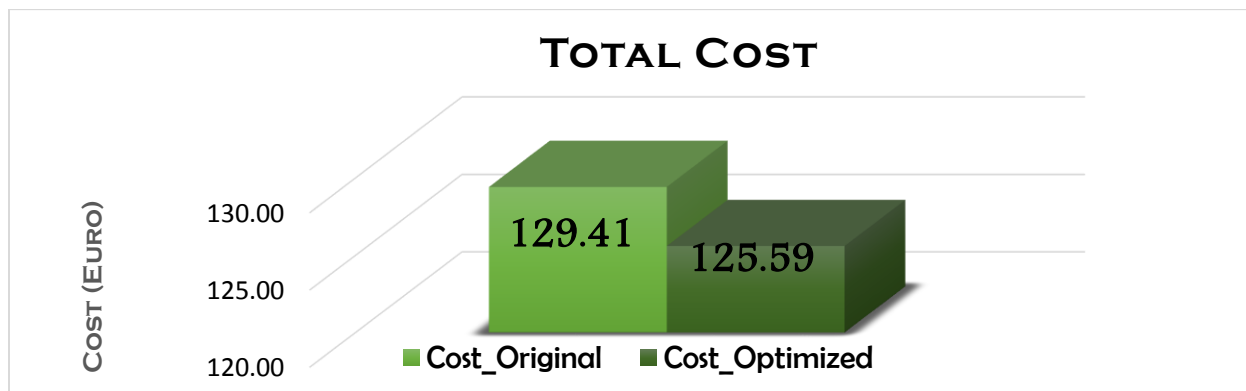
Διάγραμμα (Π) 21. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/01



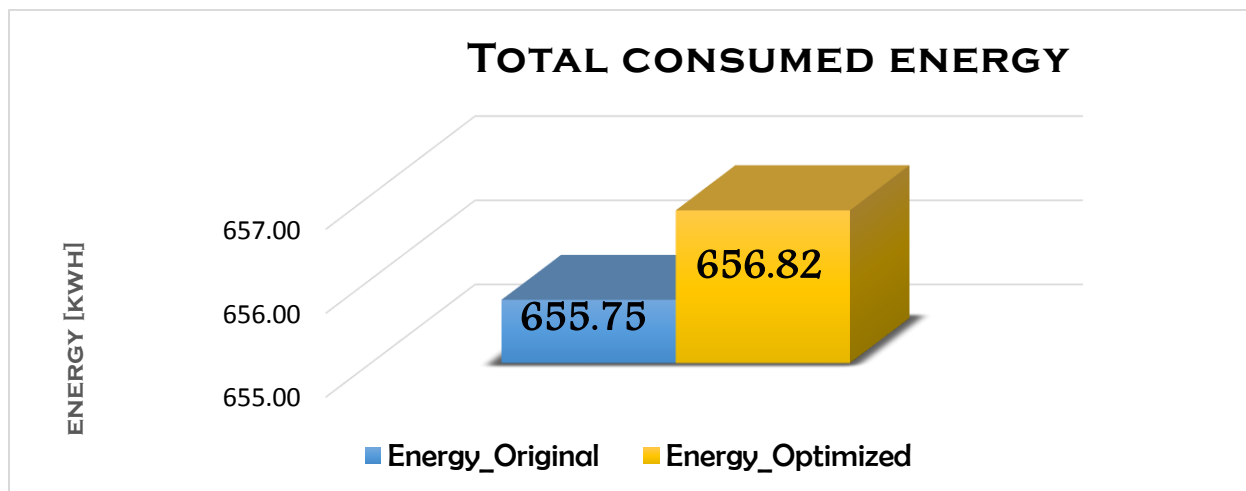
Διάγραμμα (Π) 22. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 15/01



Διάγραμμα(Π) 23. Διακύμανση κόστους για την 15/01

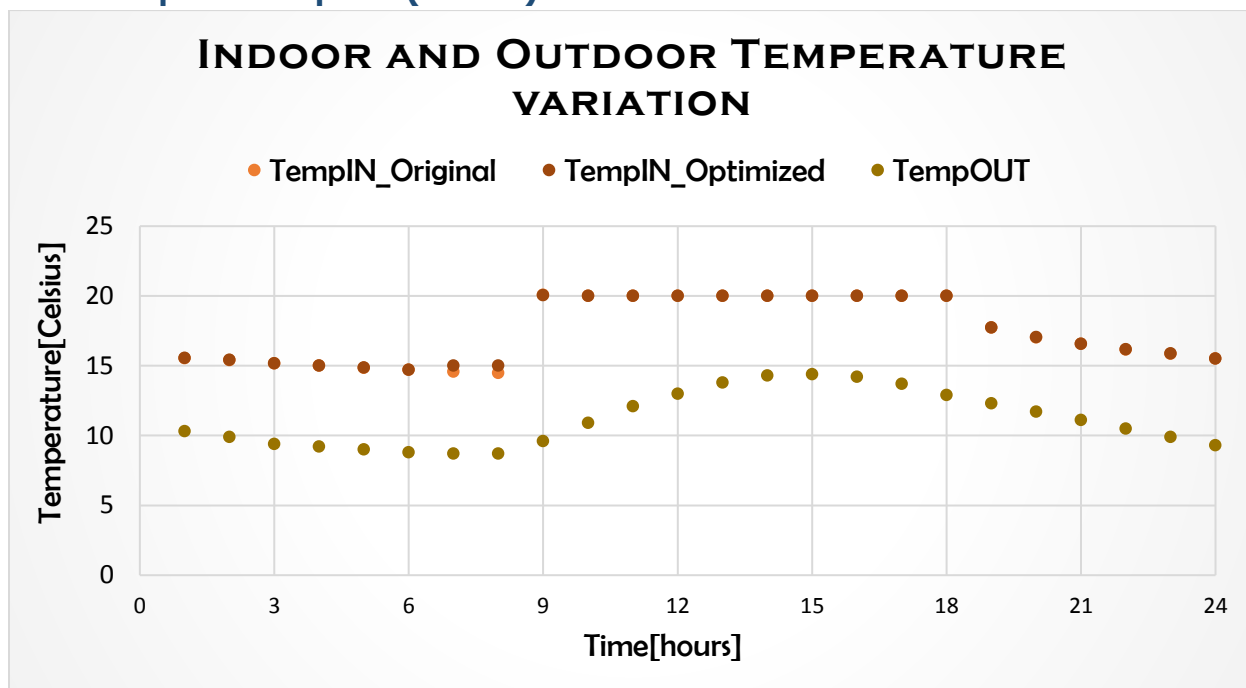


Διάγραμμα(Π) 24. Συνολικό τελικό κόστος για την 15/01

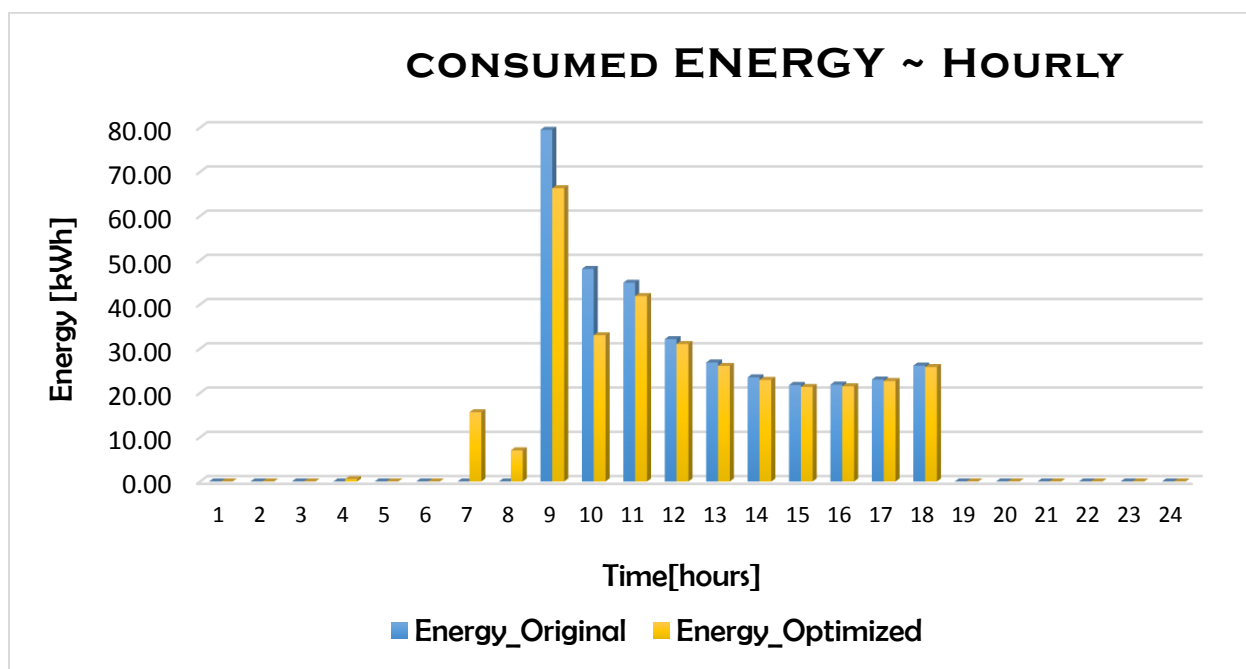


Διάγραμμα(Π) 25. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/01

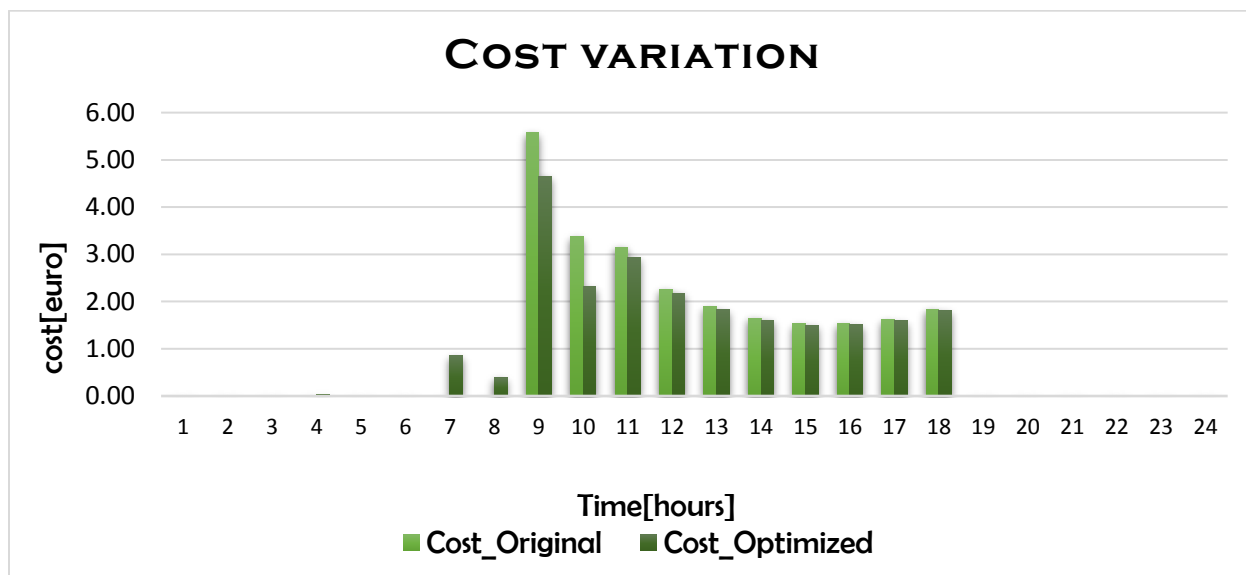
8.1.6 27η Ιανουαρίου (Χαλιά)



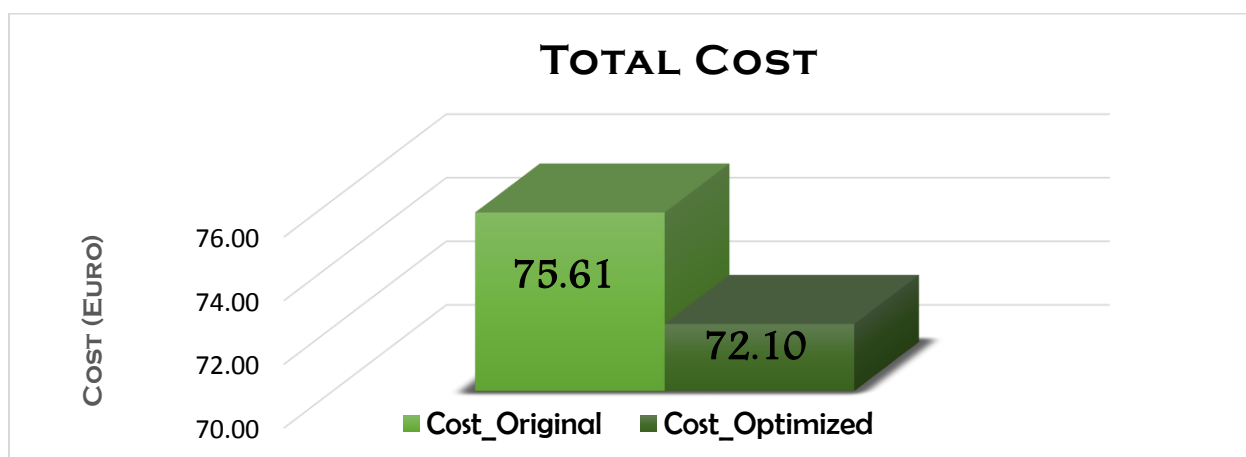
Διάγραμμα(Π) 26. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 27/01



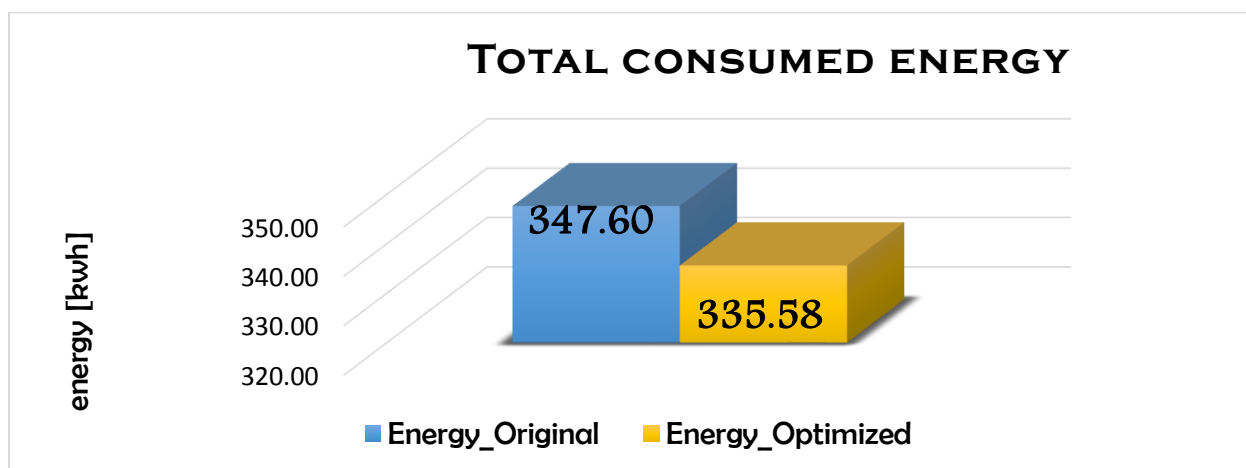
Διάγραμμα(Π) 27. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 27/01



Διάγραμμα(Π) 28. Διακύμανση κόστους για την 27/01

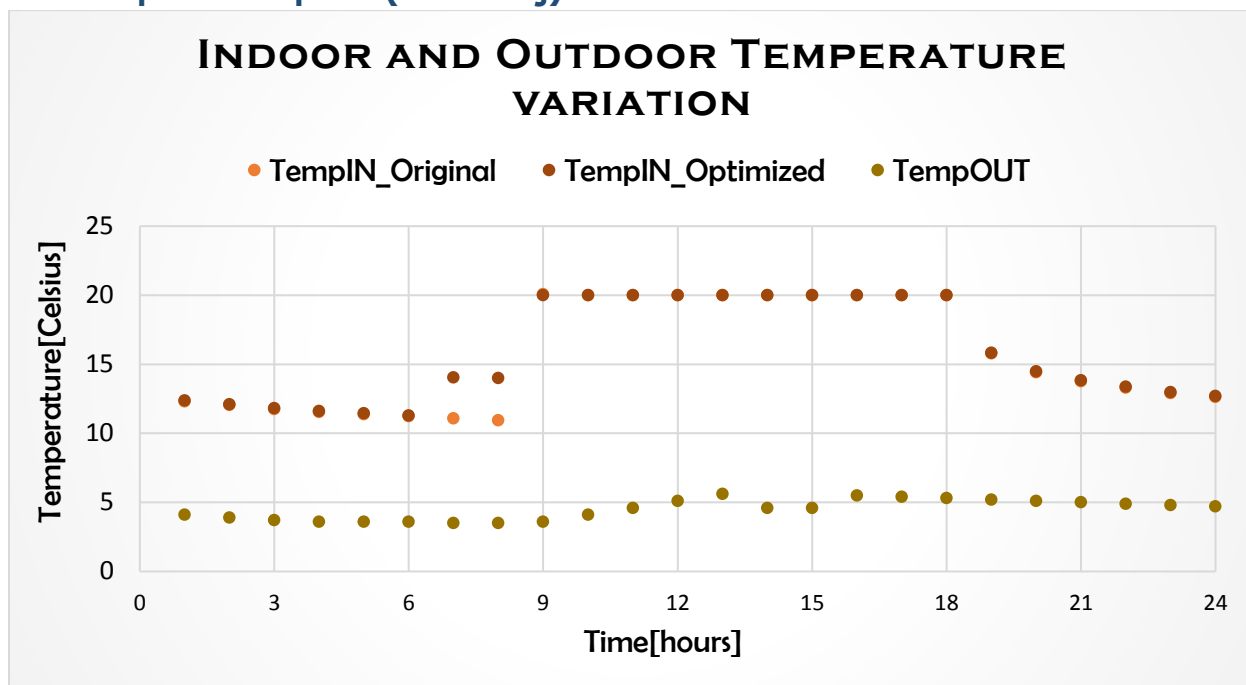


Διάγραμμα(Π) 29. Συνολικό τελικό κόστος για την 27/01

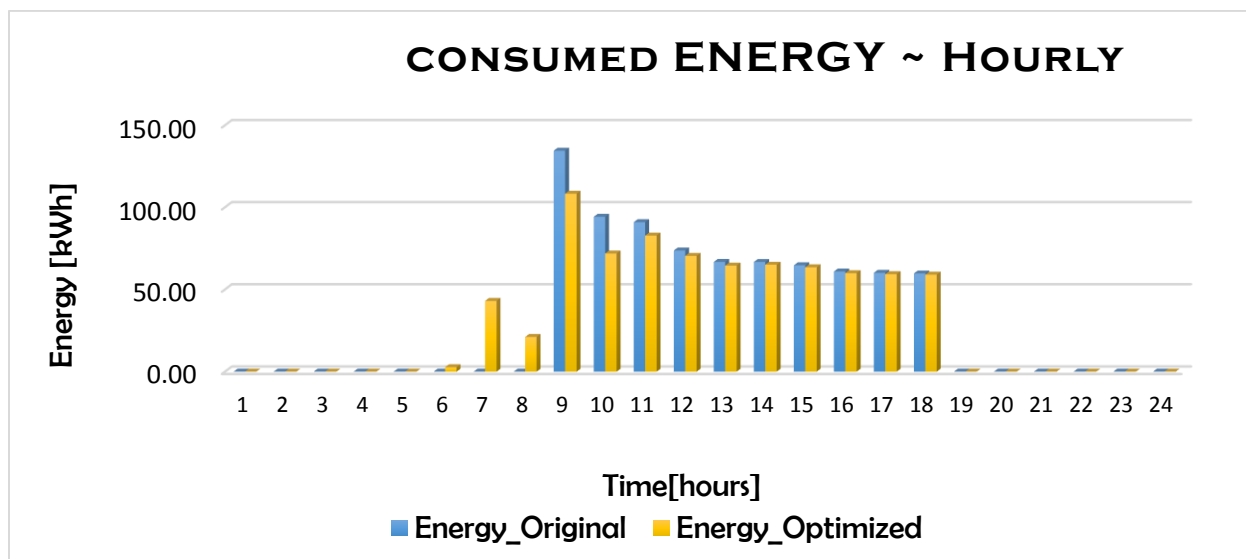


Διάγραμμα(Π) 30. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 27/01

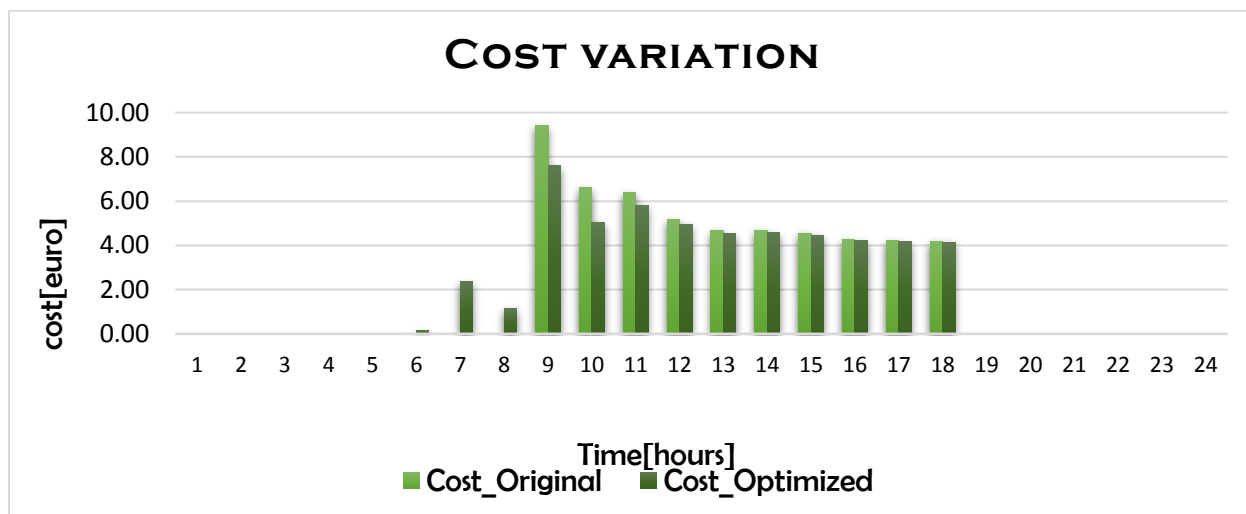
8.1.7 1η Ιανουαρίου (Βίλνιους)



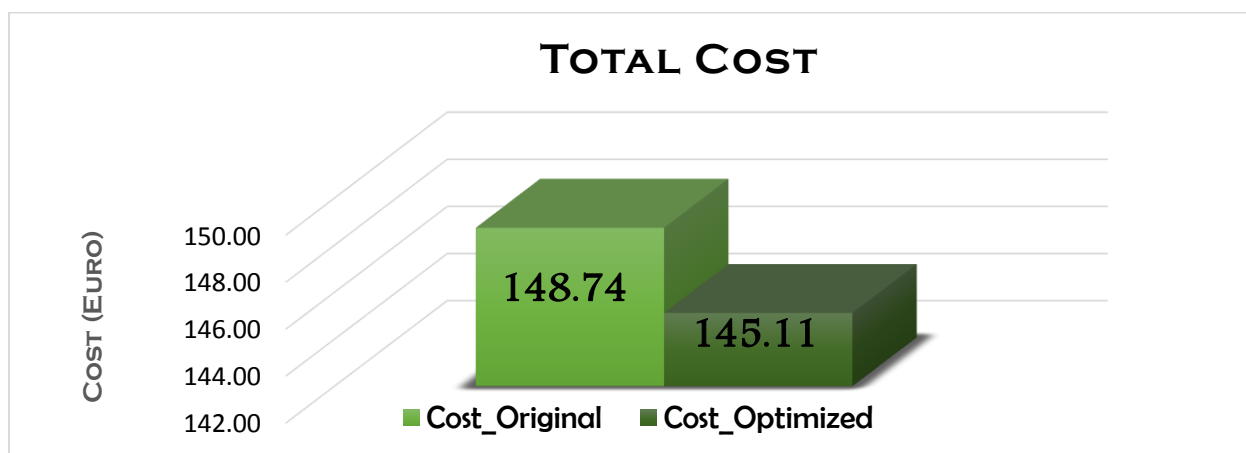
Διάγραμμα(Π) 31. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 01/01



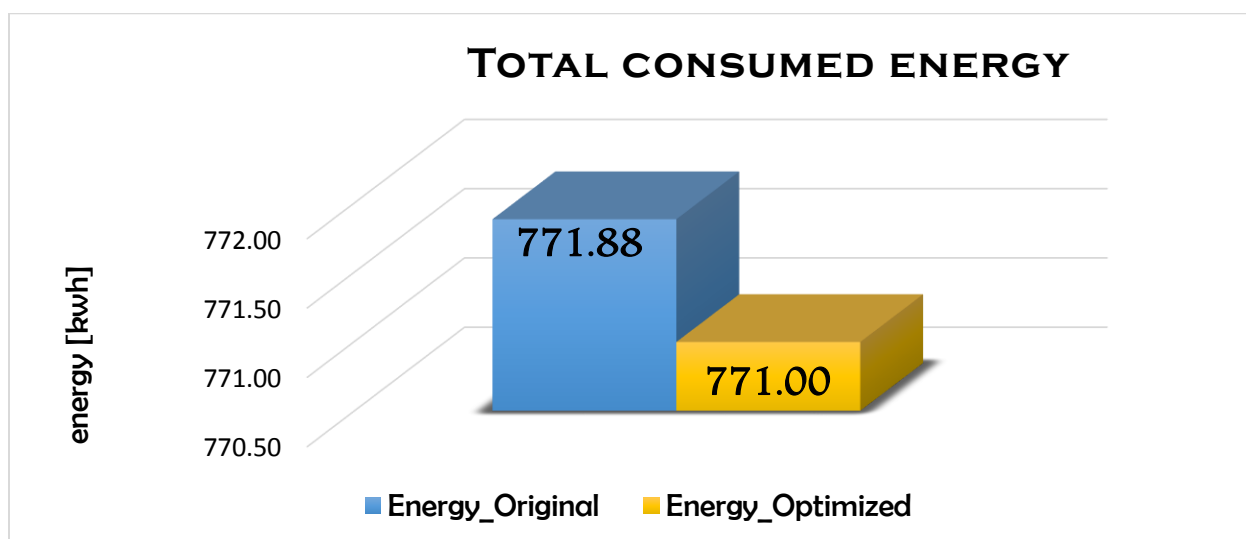
Διάγραμμα(Π) 32. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 01/01



Διάγραμμα(Π) 33. Διακύμανση κόστους για την 01/01

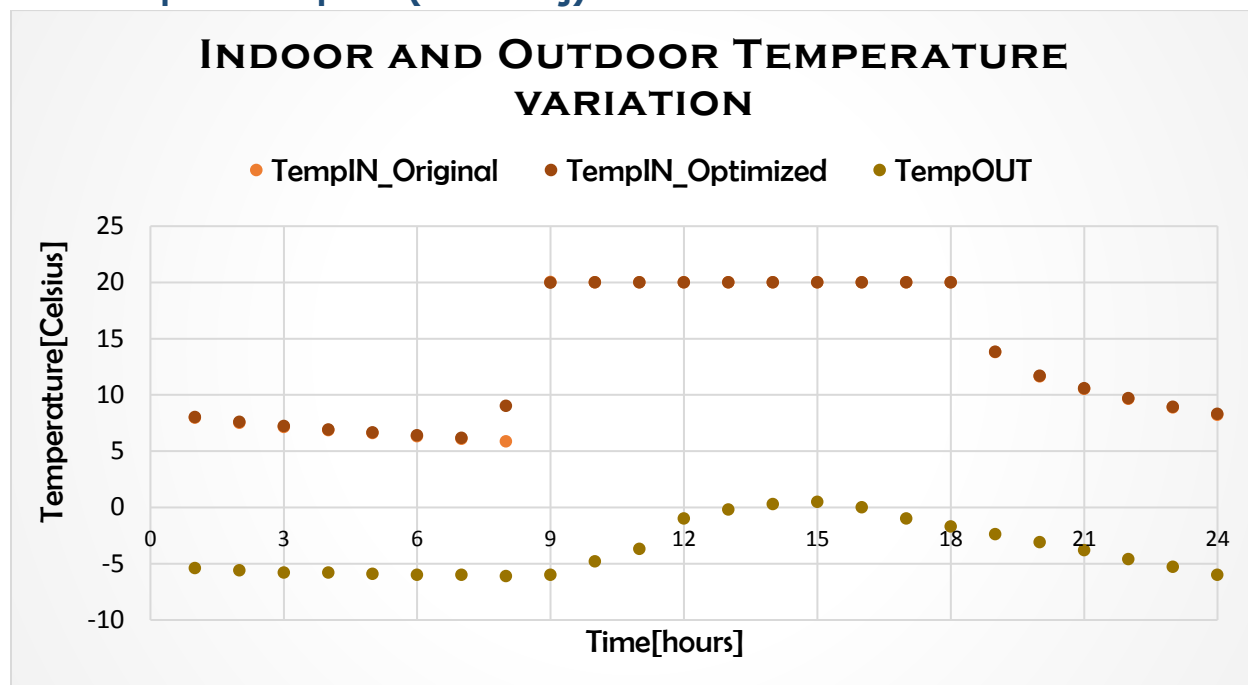


Διάγραμμα(Π) 34. Συνολικό τελικό κόστος για την 01/01

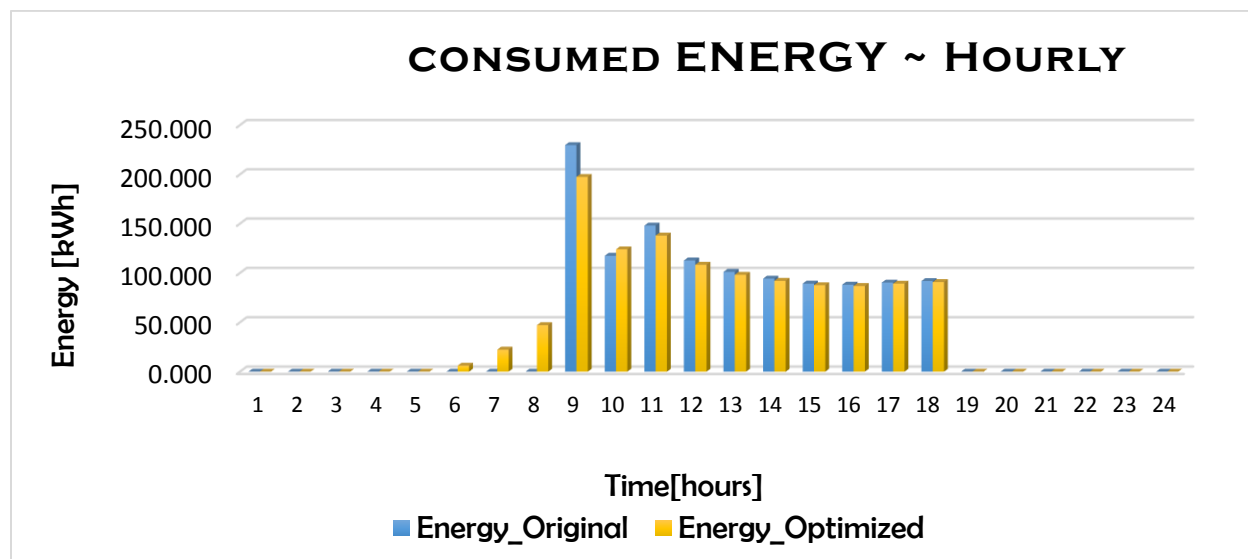


Διάγραμμα(Π) 35. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 01/01

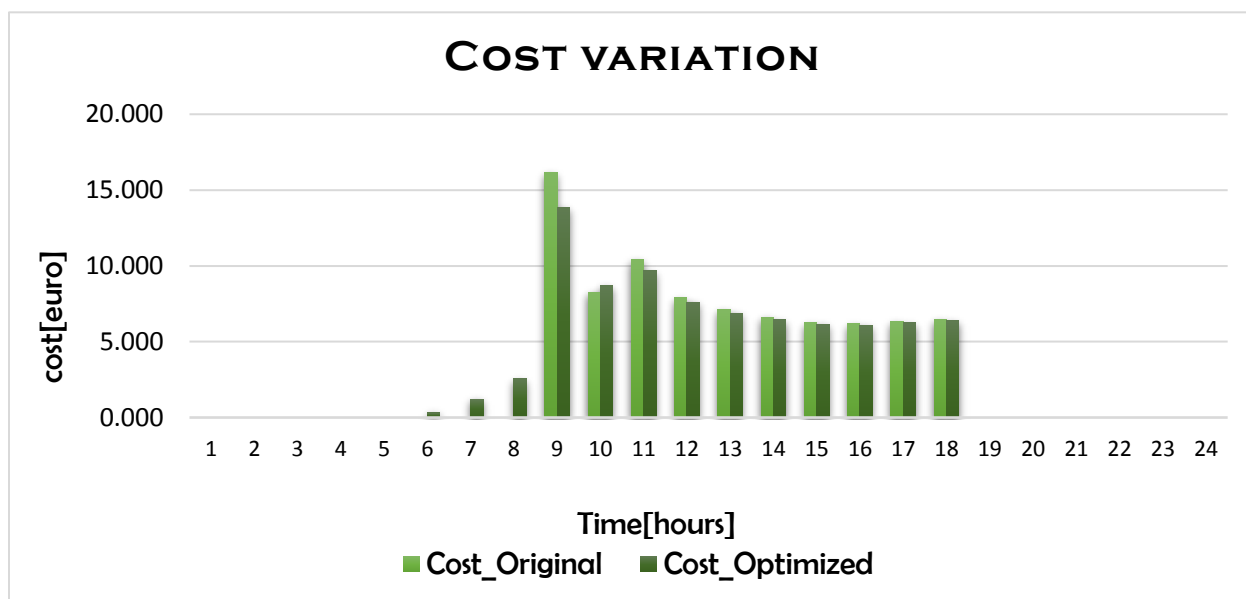
8.1.8 11η Ιανουαρίου (Βίλνιους)



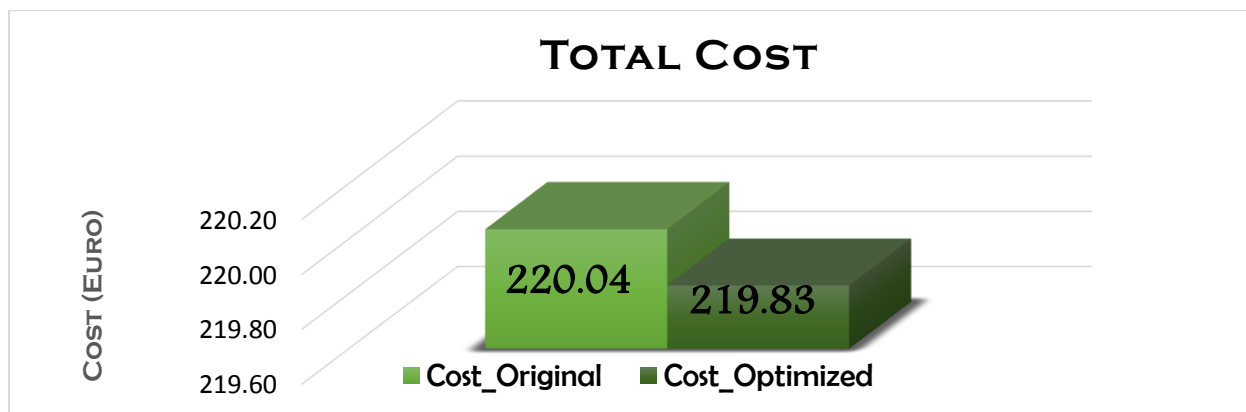
Διάγραμμα(Π) 36. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 11/01



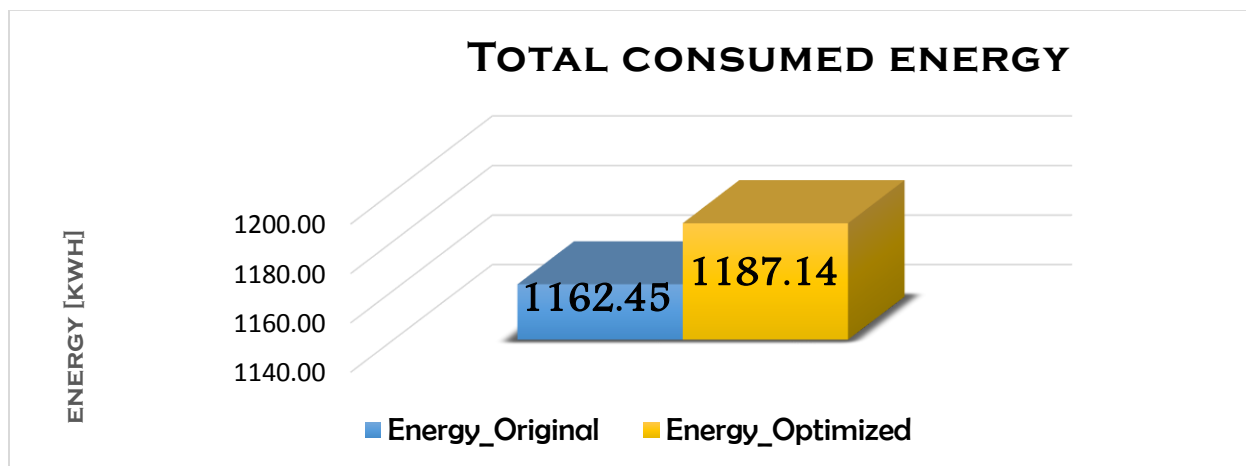
Διάγραμμα(Π) 37. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 11/01



Διάγραμμα(Π) 38. Διακύμανση κόστους για την 11/01

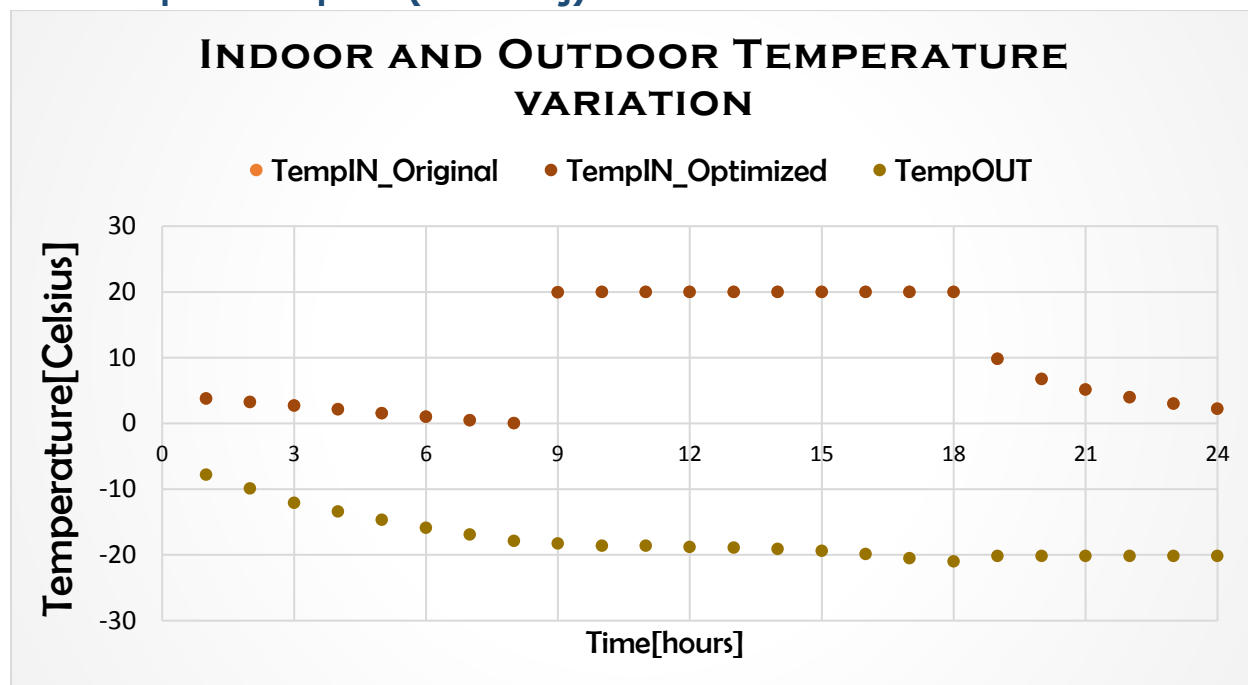


Διάγραμμα(Π) 39. Συνολικό τελικό κόστος για την 11/01

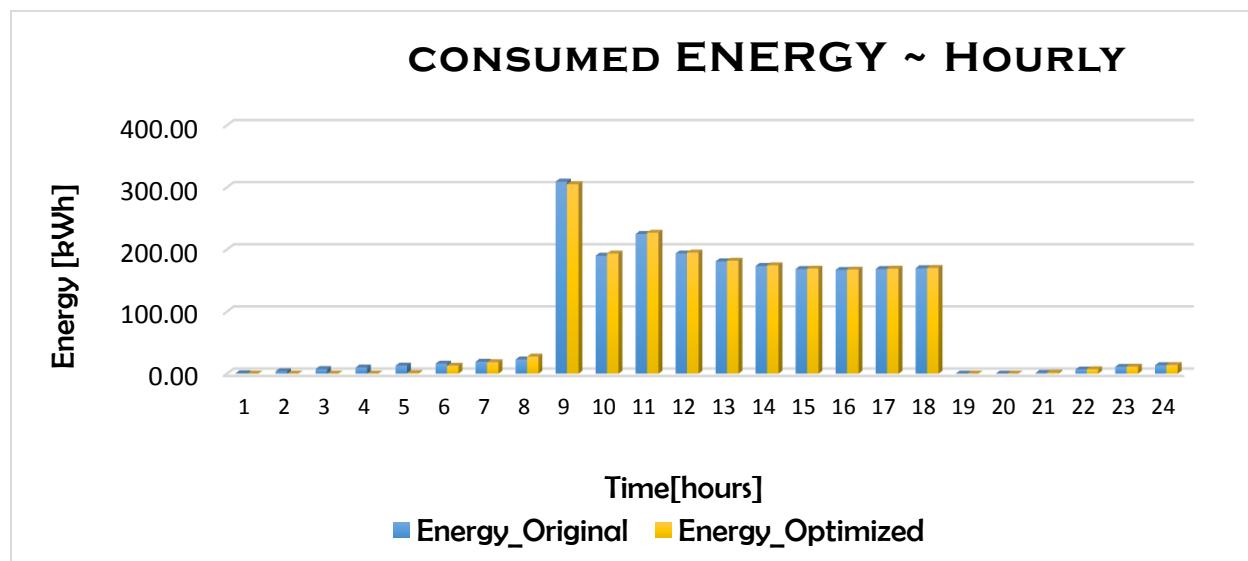


Διάγραμμα(Π) 40. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/01

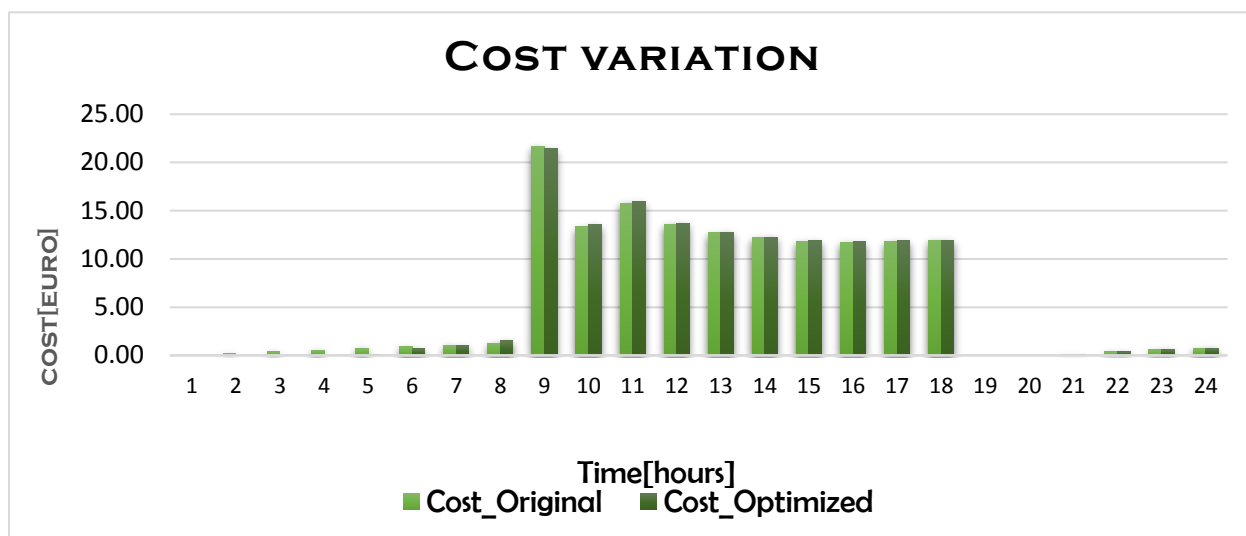
8.1.9 12η Ιανουαρίου (Βίλνιους)



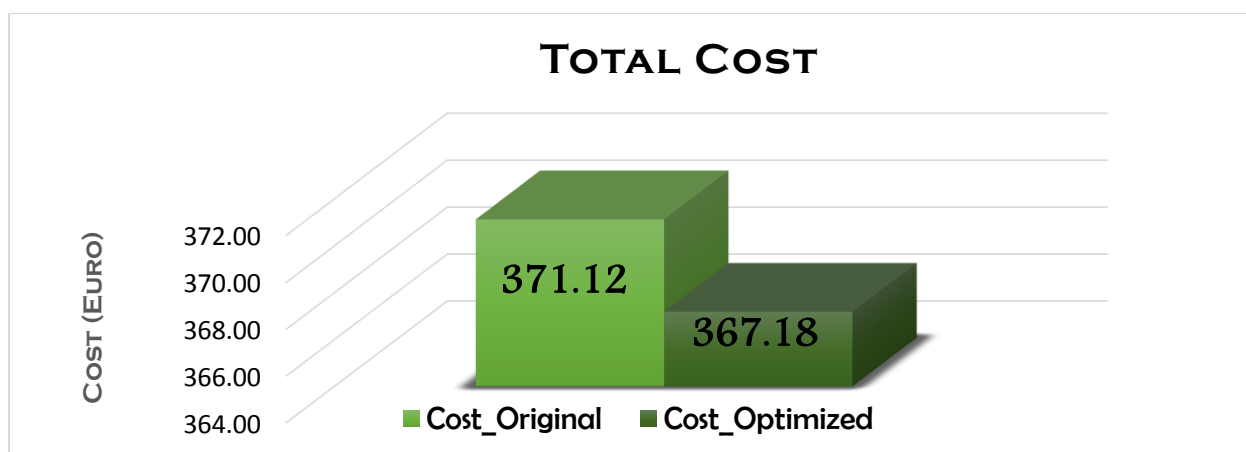
Διάγραμμα(Π) 41. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 12/01



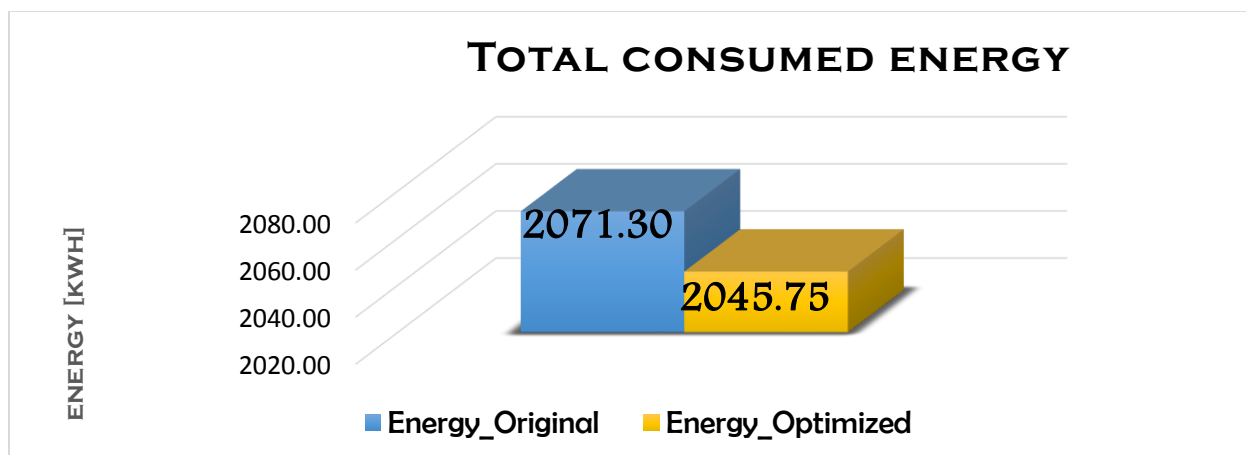
Διάγραμμα(Π) 42. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/01



Διάγραμμα(Π) 43. Διακύμανση κόστους για την 12/01

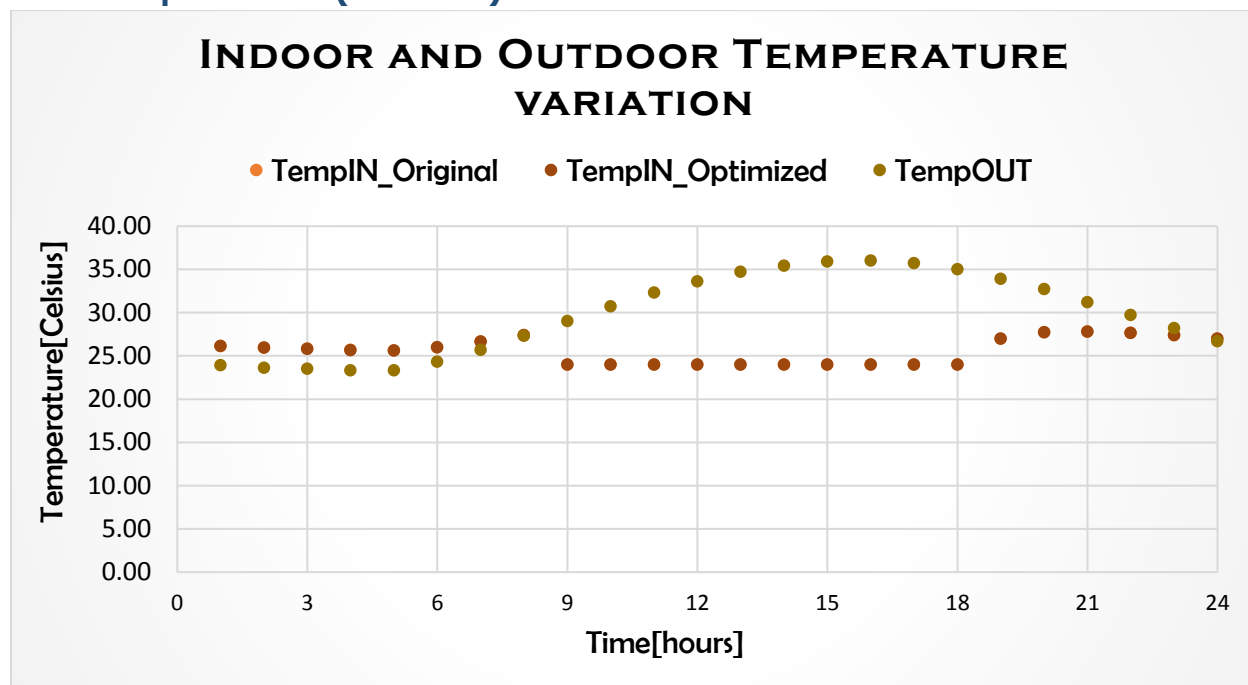


Διάγραμμα(Π) 44. Συνολικό τελικό κόστος για την 19/01

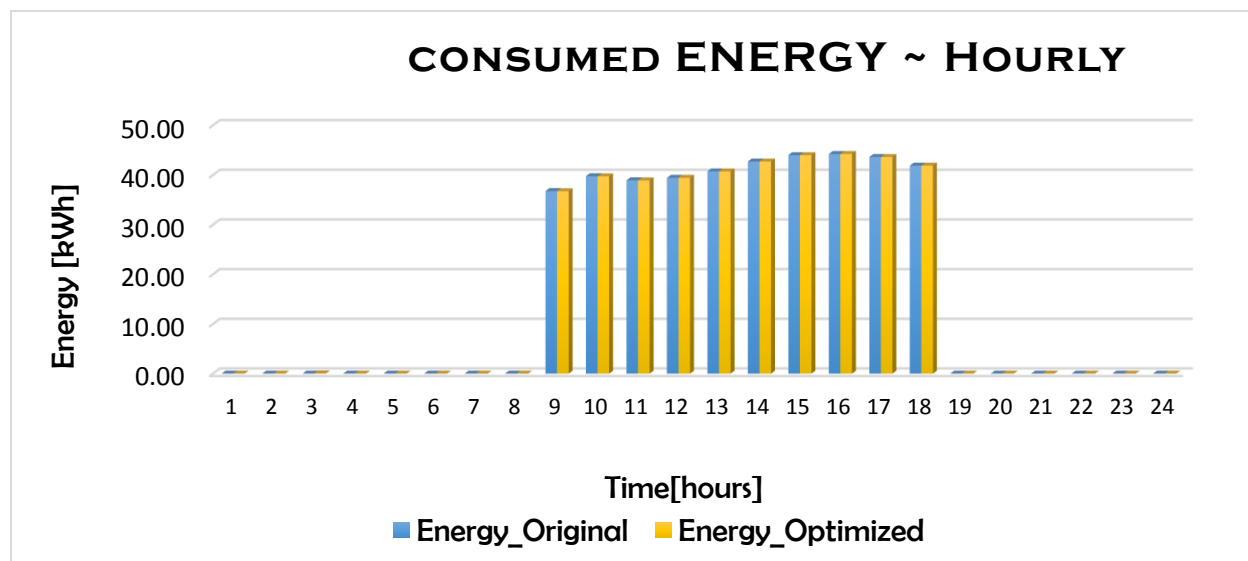


Διάγραμμα(Π) 45. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 19/07

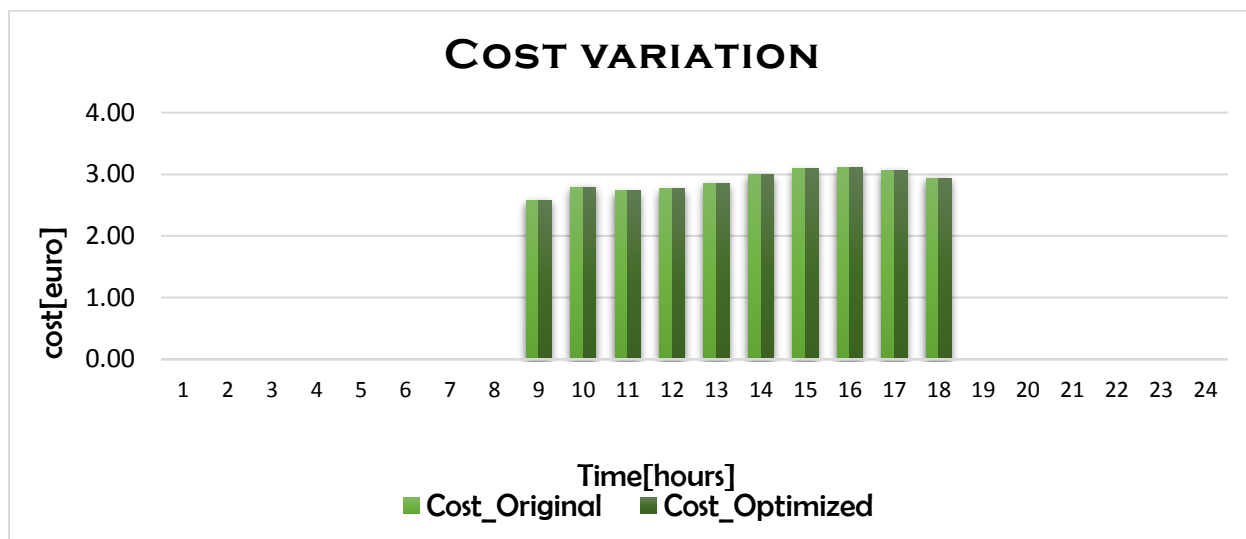
8.1.10 9η Ιουλίου (Ανκόνα)



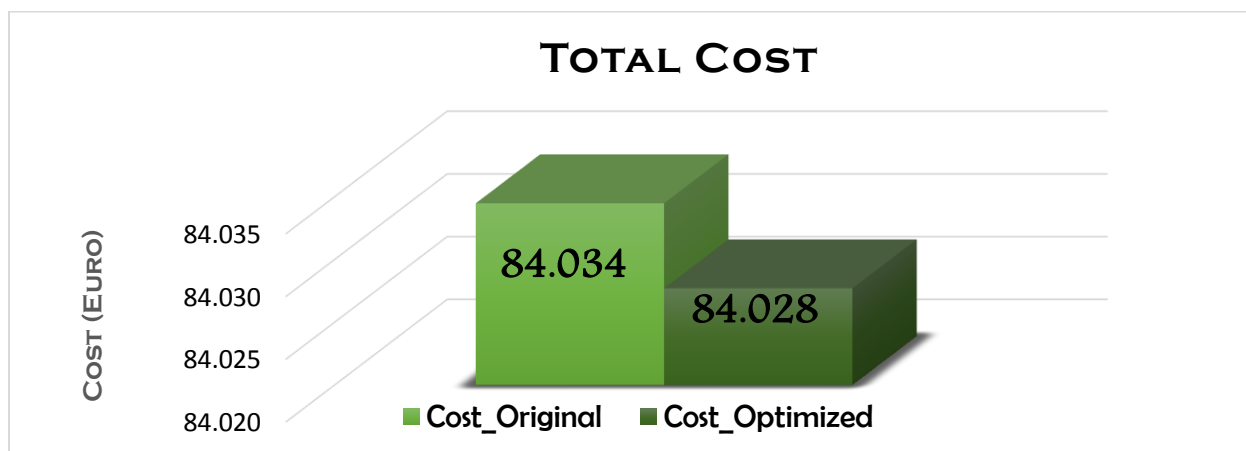
Διάγραμμα(Π) 46. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 09/07



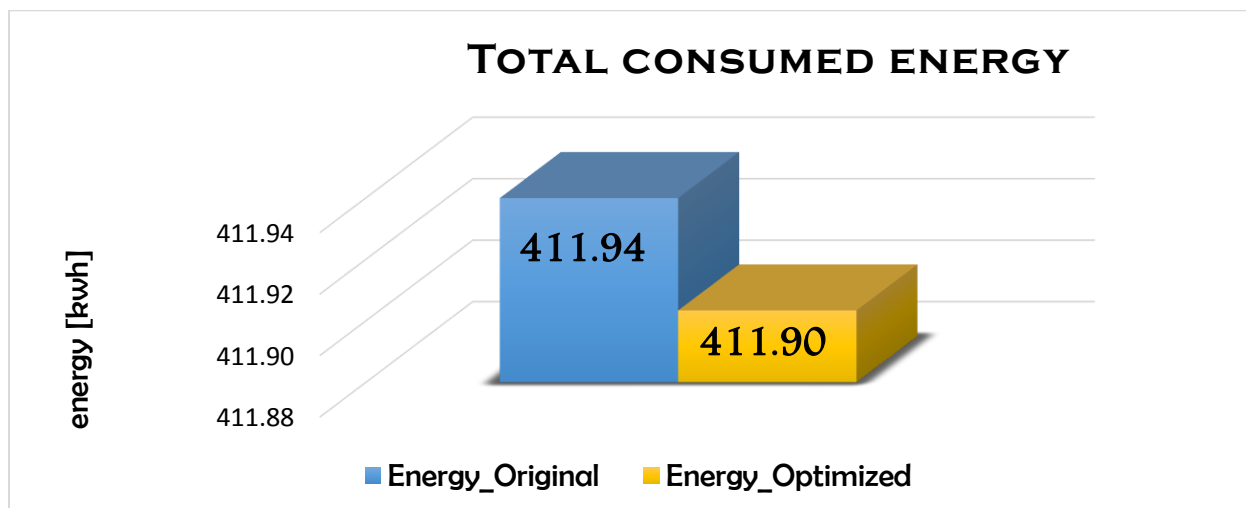
Διάγραμμα(Π) 47. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 09/07



Διάγραμμα(Π) 48. Διακύμανση κόστους για την 09/07

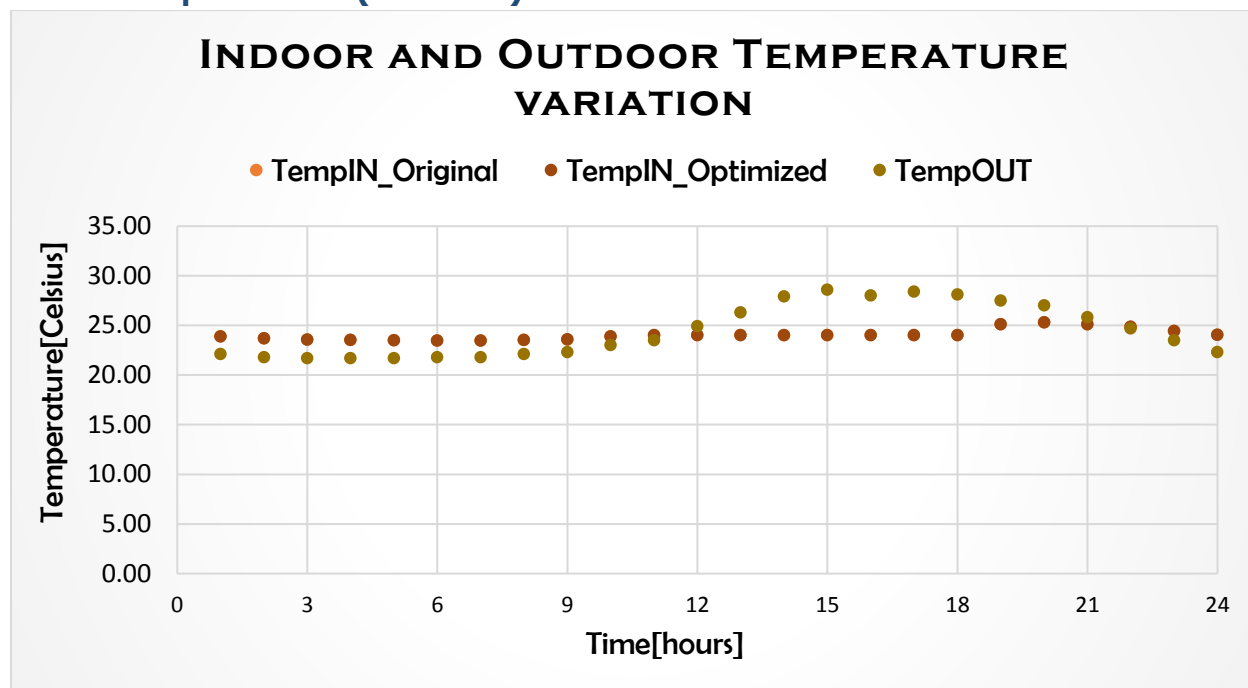


Διάγραμμα(Π) 49. Συνολικό τελικό κόστος για την 09/07

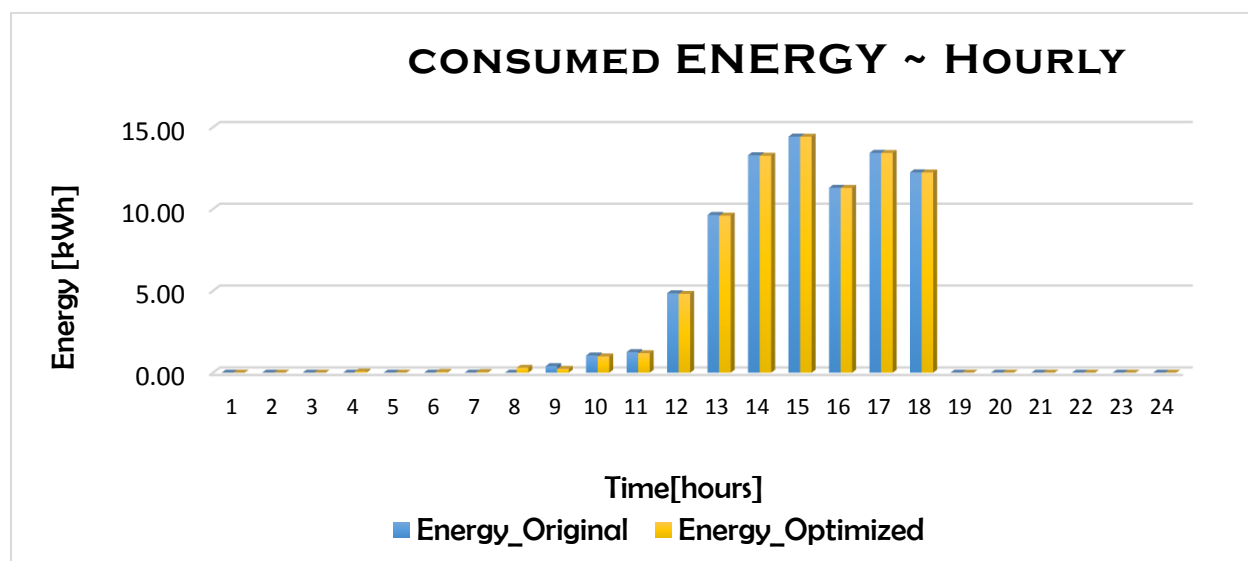


Διάγραμμα(Π) 50. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 09/07

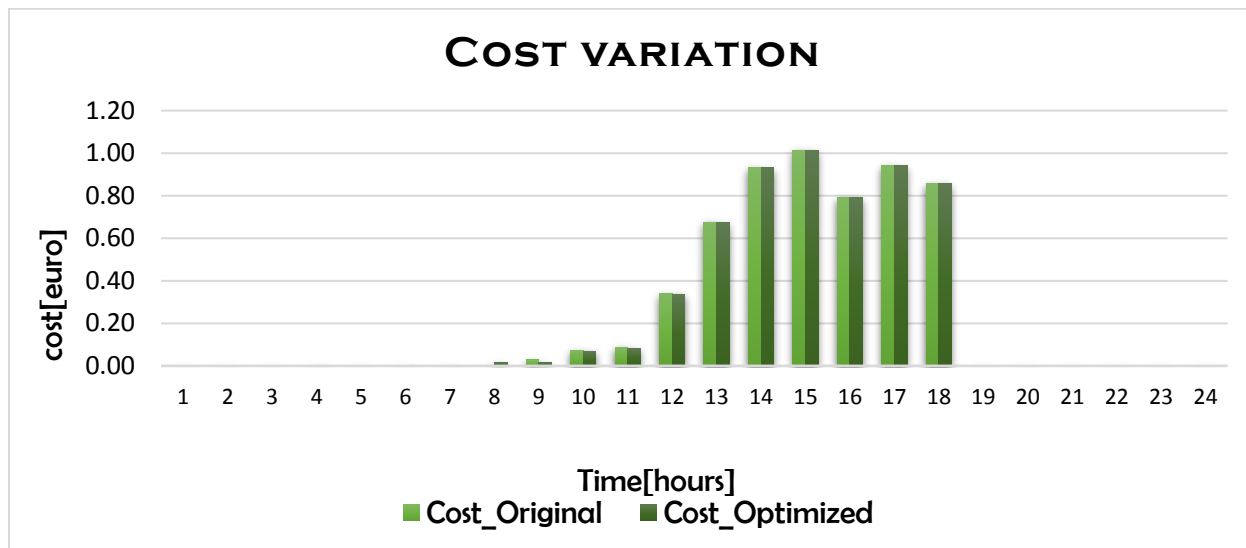
8.1.11 13η Ιουλίου (Ανκώνα)



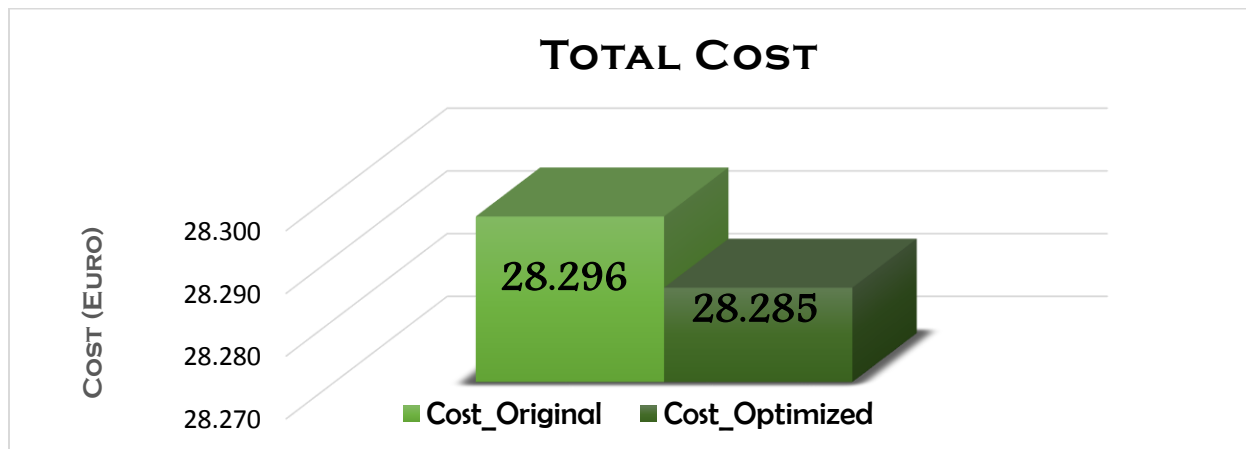
Διάγραμμα(Π) 51. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 13/07



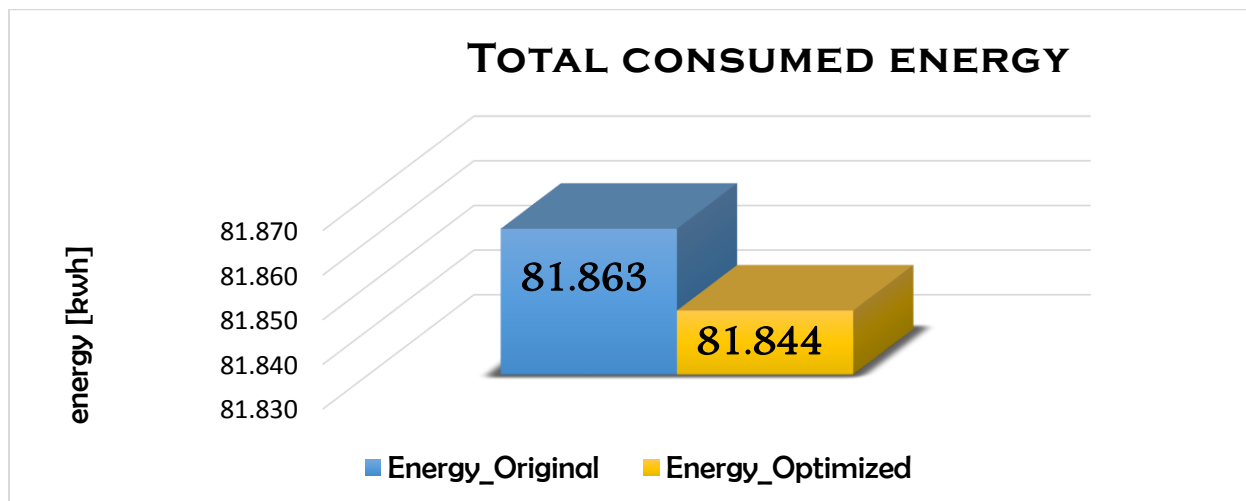
Διάγραμμα(Π) 52. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 13/07



Διάγραμμα(Π) 53. Διακύμανση κόστους για την 13/07

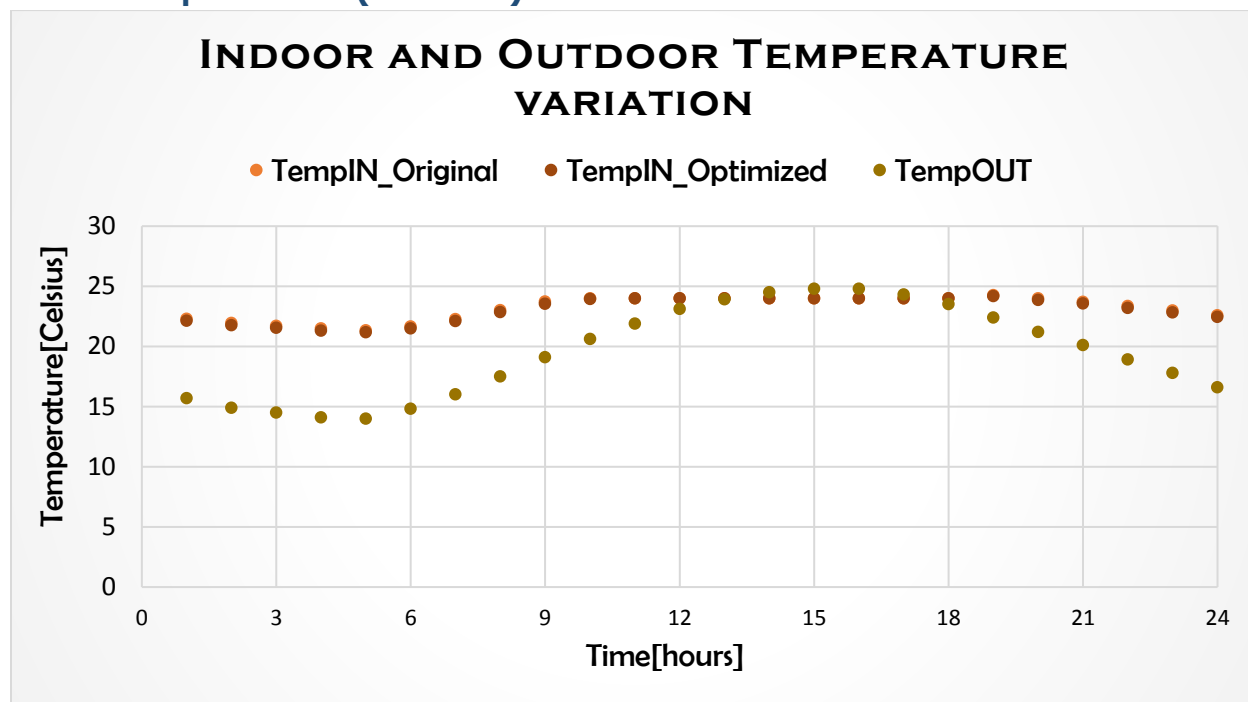


Διάγραμμα(Π) 54. Συνολικό τελικό κόστος για την 13/07

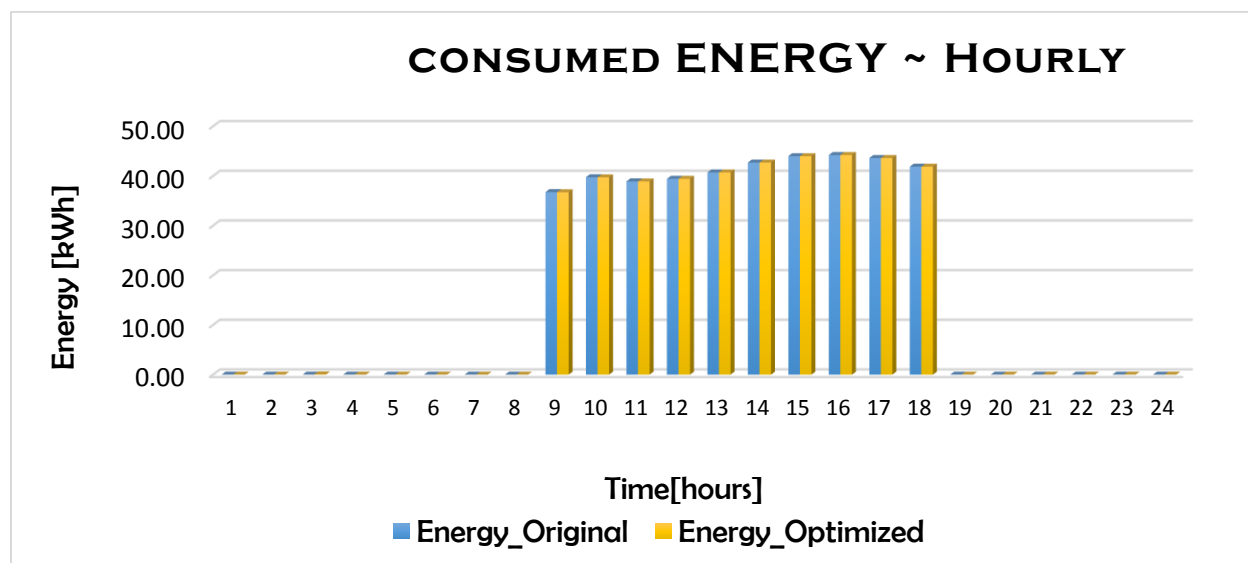


Διάγραμμα(Π) 55. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 13/07

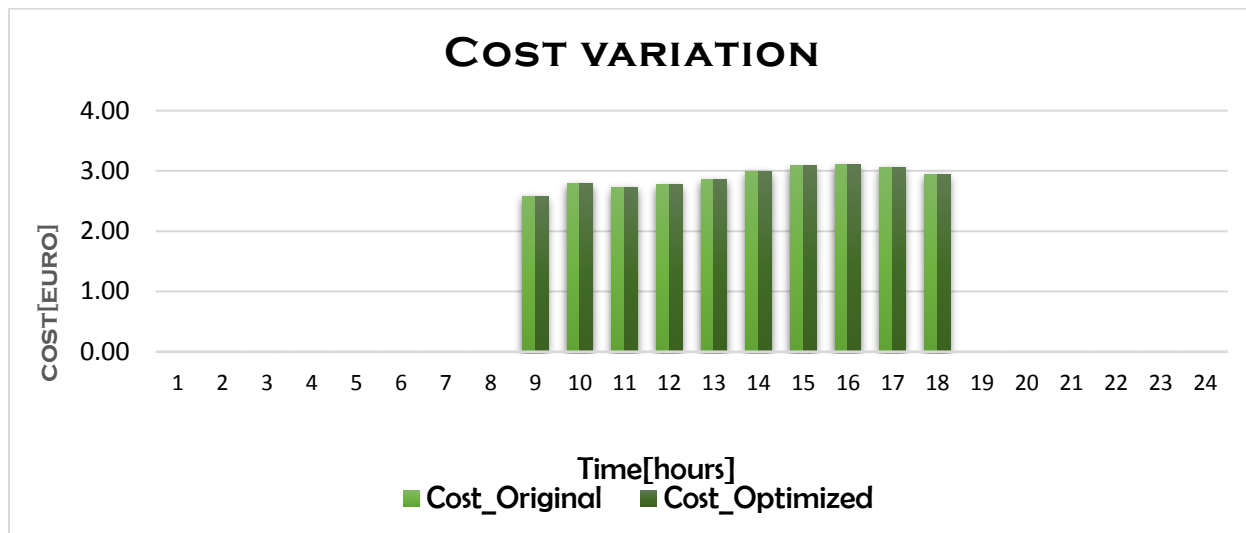
8.1.12 15η Ιουλίου (Ανκόνα)



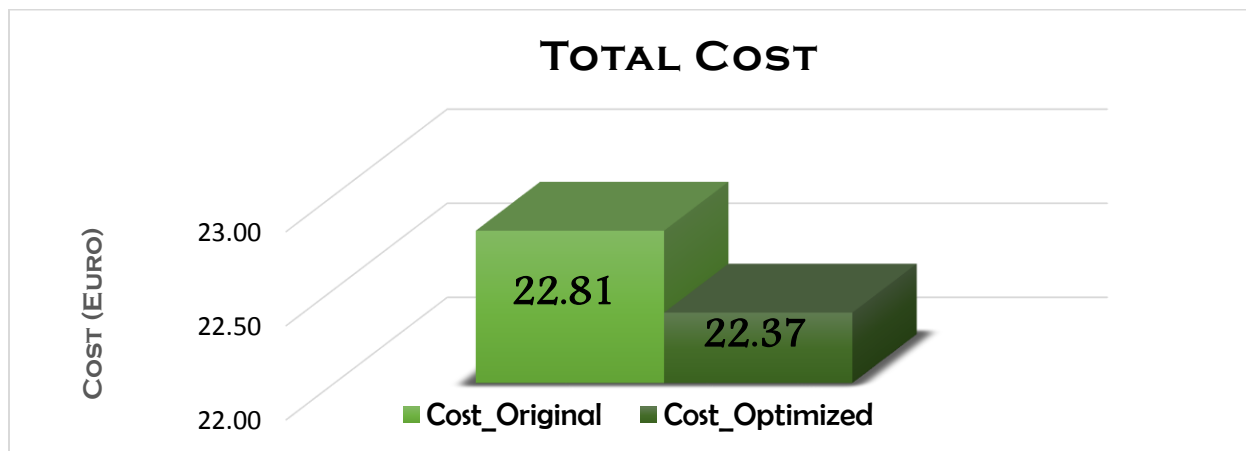
Διάγραμμα(Π) 56. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07



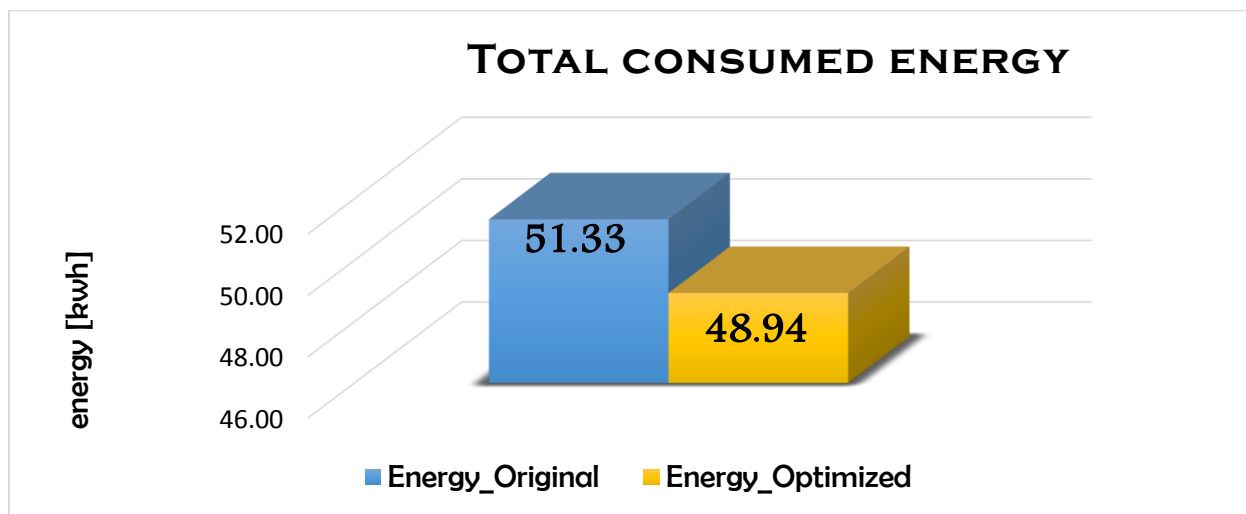
Διάγραμμα(Π) 57. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 15/07



Διάγραμμα(Π) 58. Διακύμανση κόστους για την 15/07

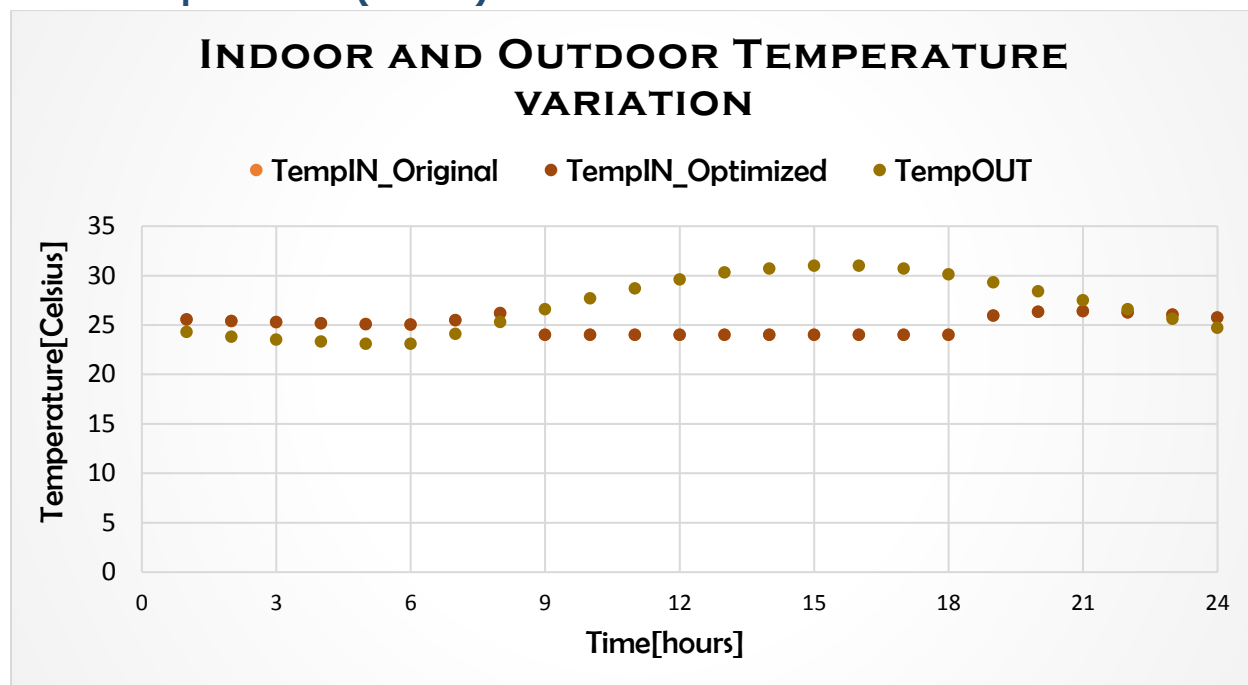


Διάγραμμα(Π) 59. Συνολικό τελικό κόστος για την 15/07

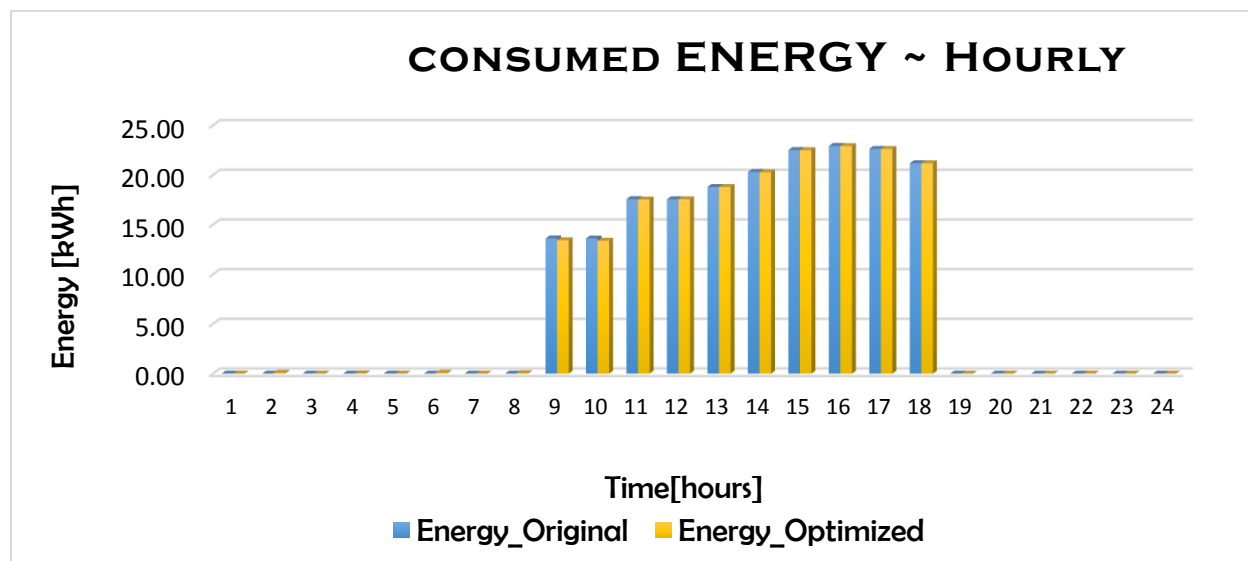


Διάγραμμα(Π) 60. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

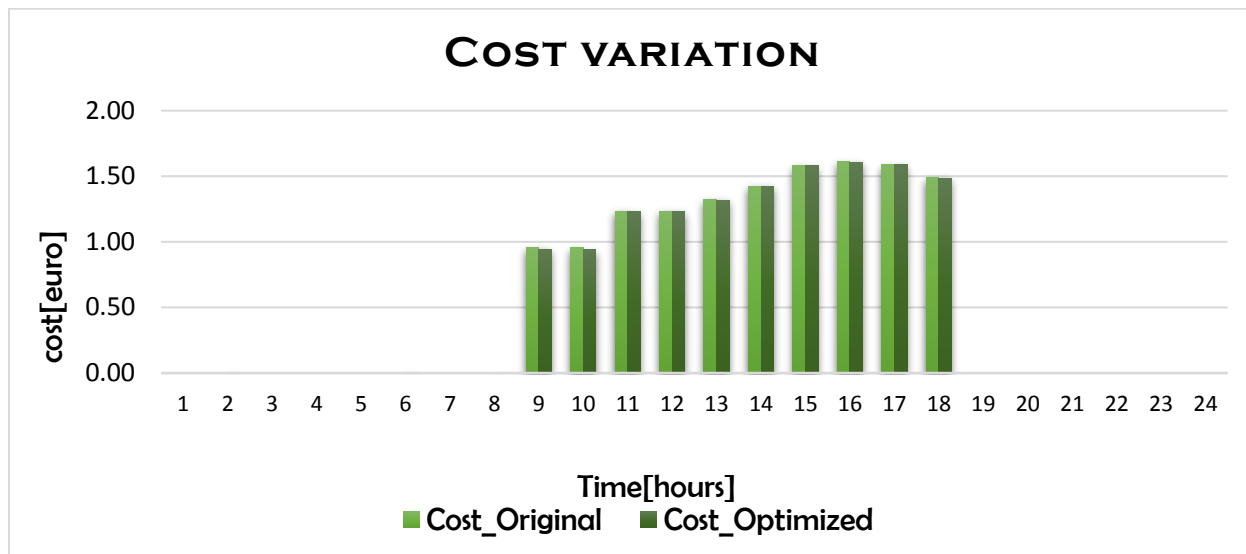
8.1.13 11η Ιουλίου (Χανιά)



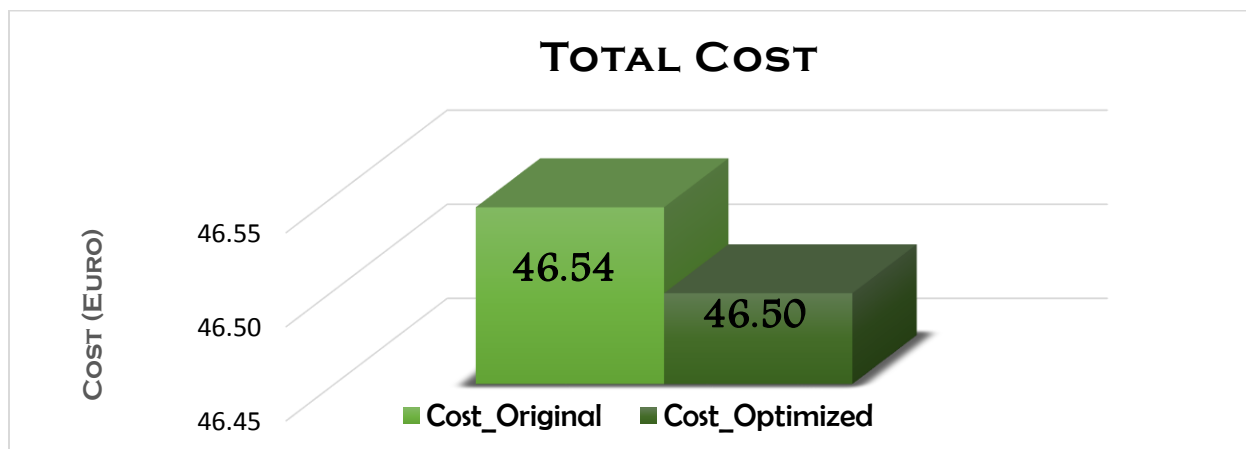
Διάγραμμα(Π) 61. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 11/07



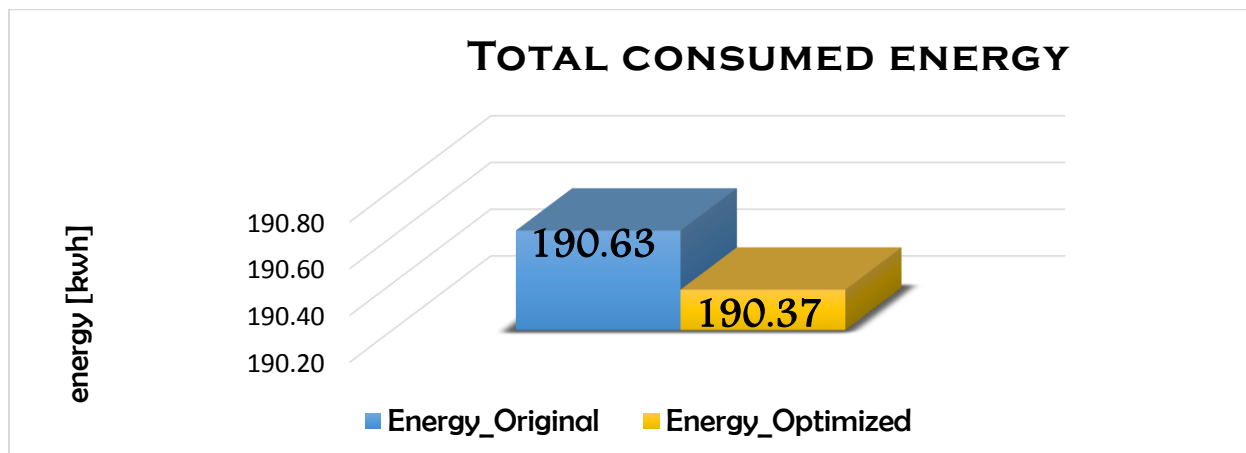
Διάγραμμα(Π) 62. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 11/07



Διάγραμμα(Π) 63. Διακύμανση κόστους για την 11/07

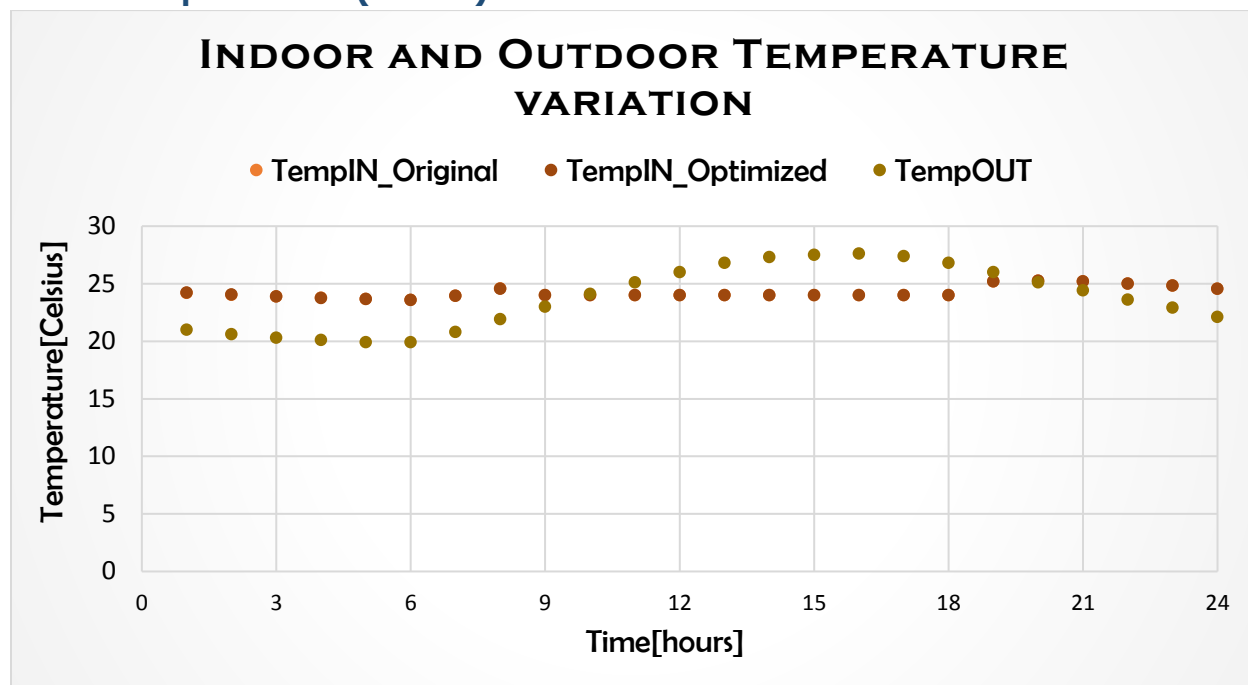


Διάγραμμα(Π) 64. Συνολικό τελικό κόστος για την 11/07

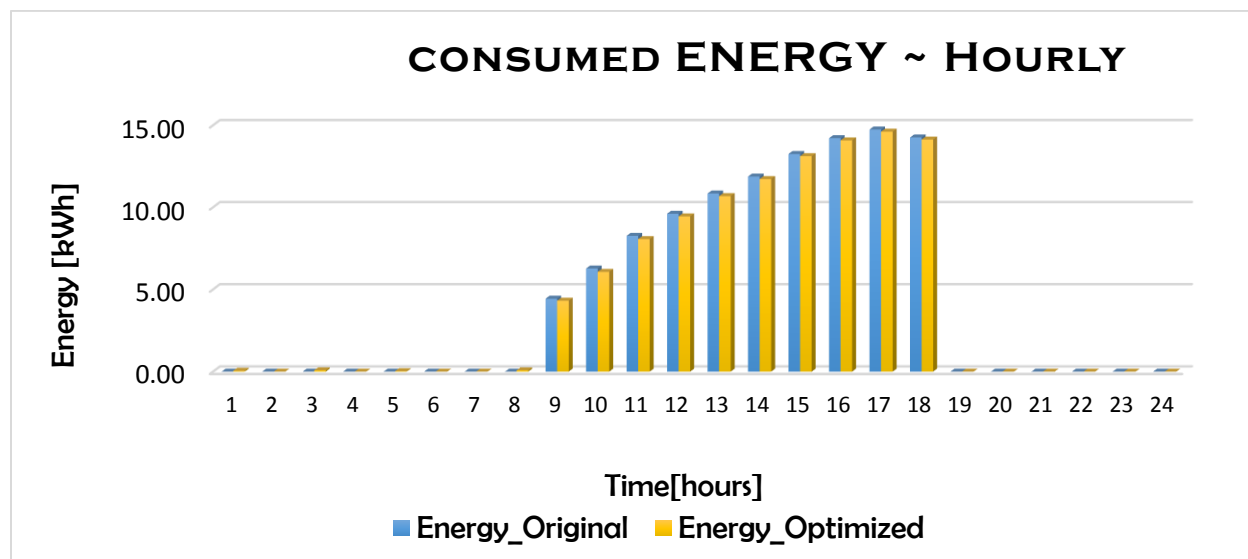


Διάγραμμα(Π) 65. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 11/07

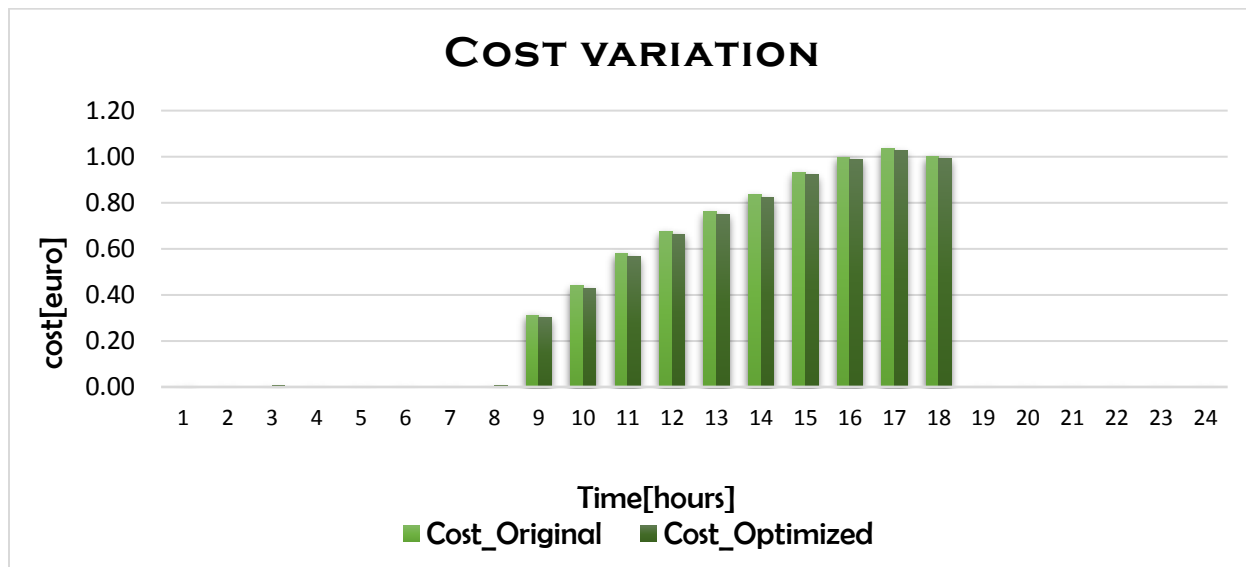
8.1.14 15η Ιουλίου (Χανιά)



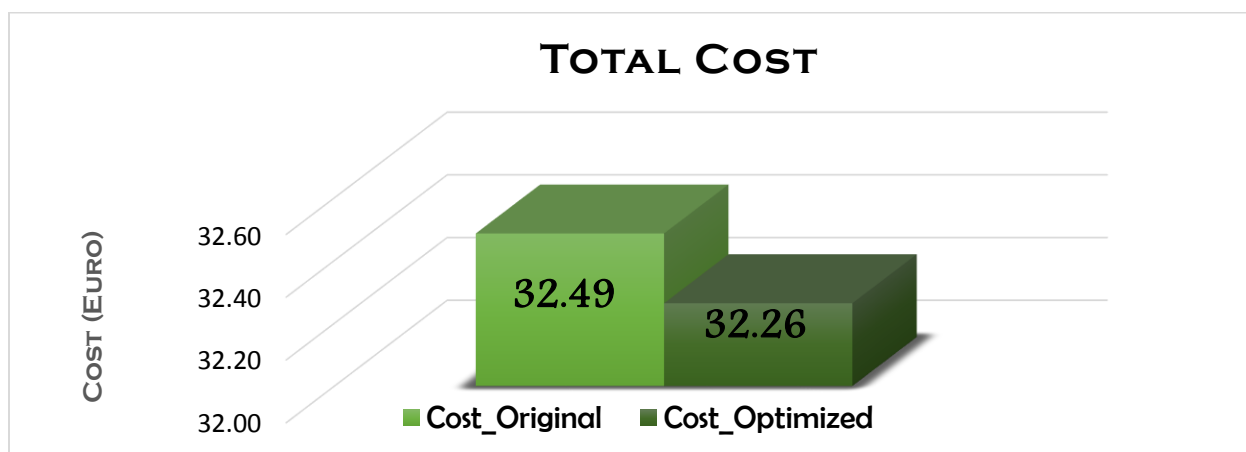
Διάγραμμα(Π) 66. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07



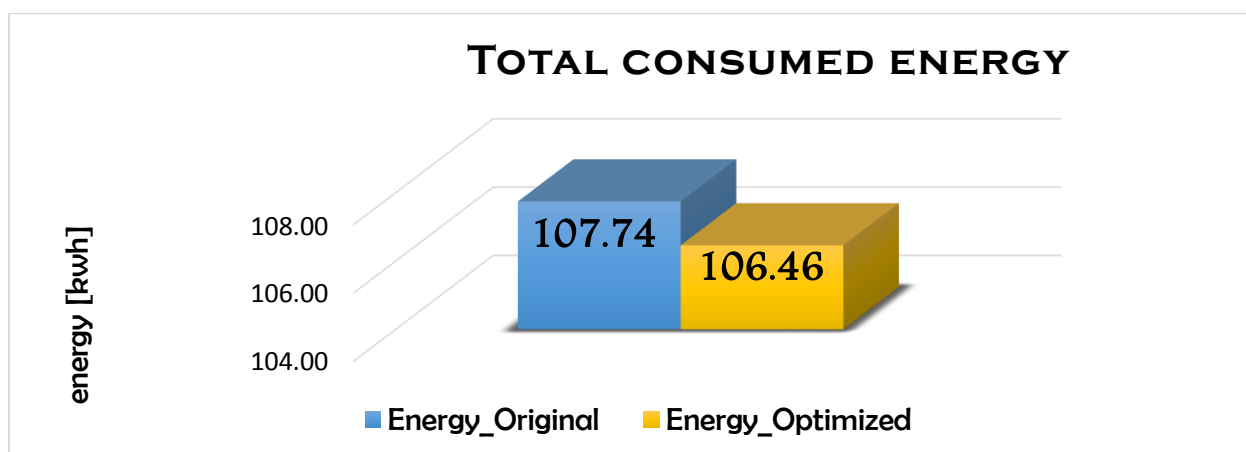
Διάγραμμα(Π) 67. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 15/07



Διάγραμμα(Π) 68. Διακύμανση κόστους για την 15/07

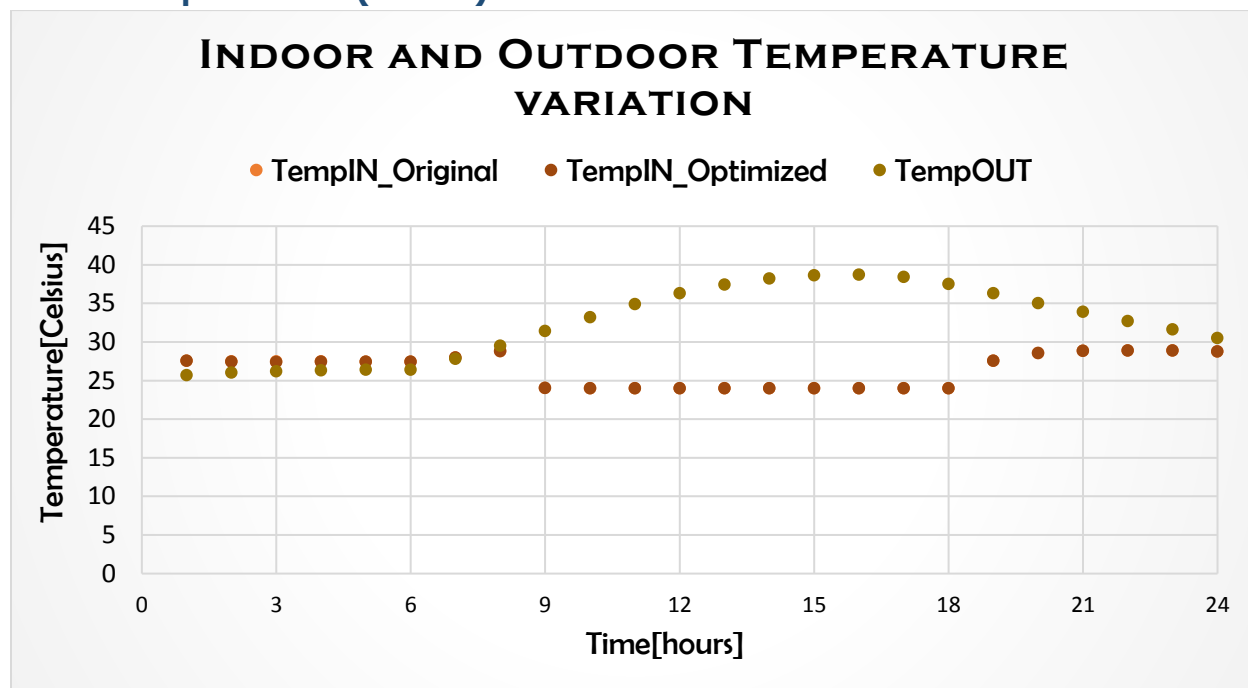


Διάγραμμα(Π) 69. Συνολικό τελικό κόστος για την 15/07

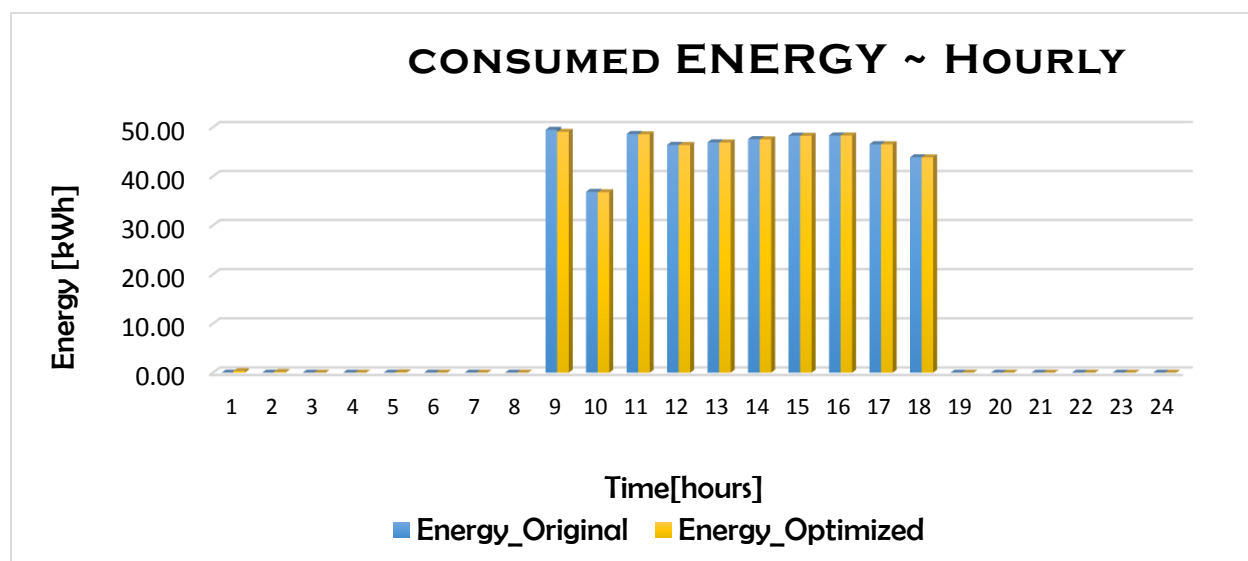


Διάγραμμα(Π) 70. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

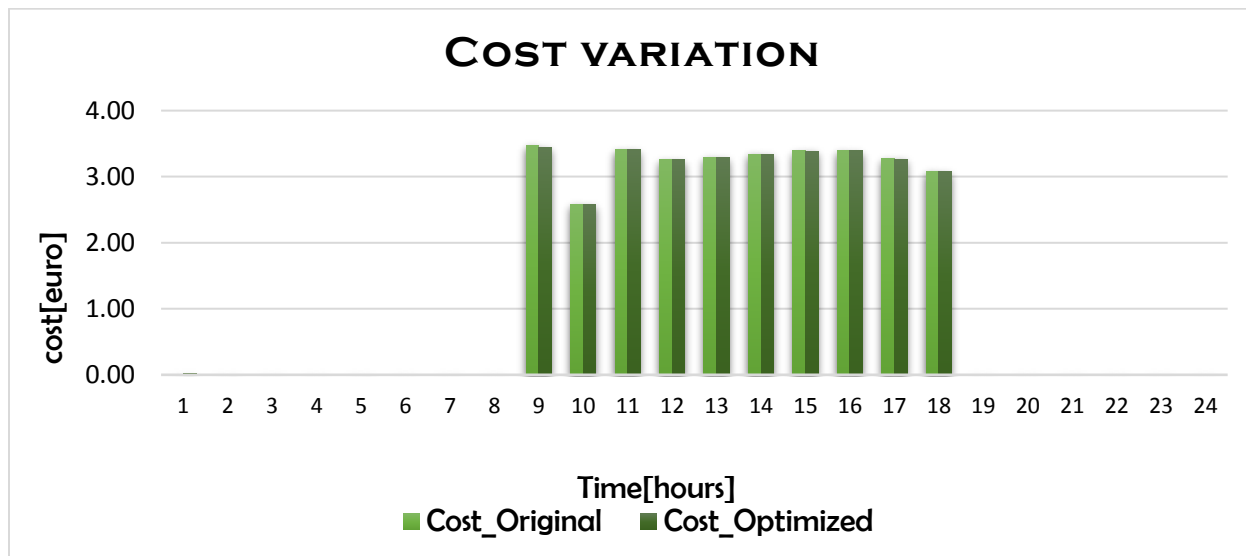
8.1.15 21η Ιουλίου (Χανιά)



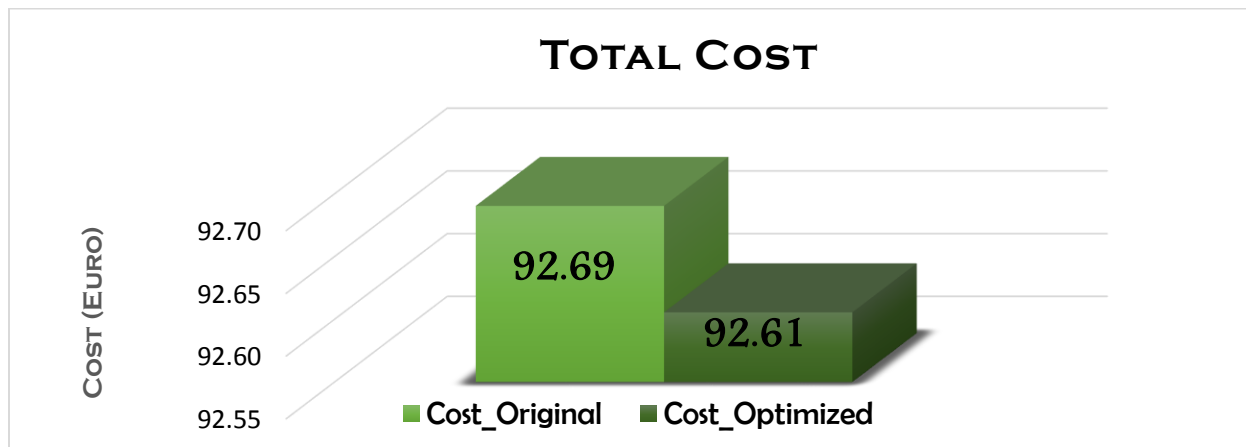
Διάγραμμα(Π) 71. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07



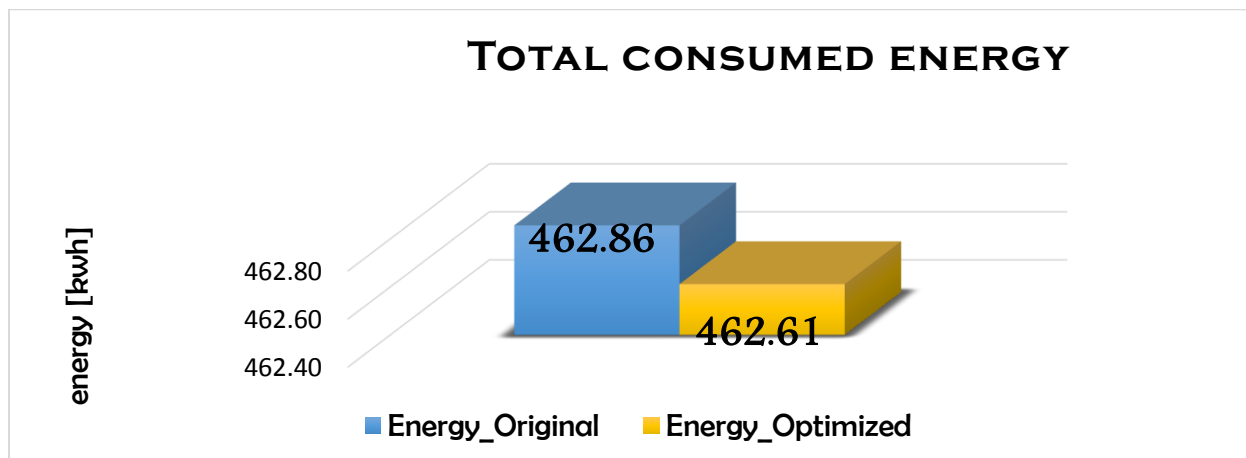
Διάγραμμα(Π) 72. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 21/07



Διάγραμμα(Π) 73. Διακύμανση κόστους για την 21/07

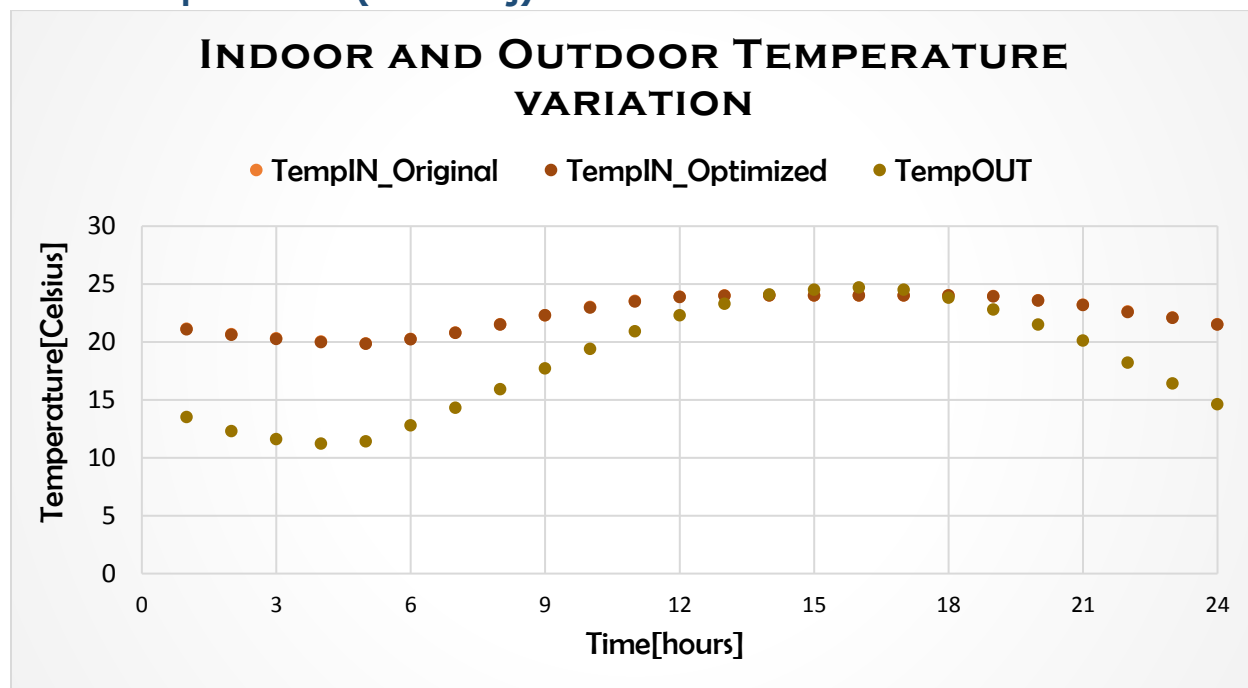


Διάγραμμα(Π) 74. Συνολικό τελικό κόστος για την 21/07

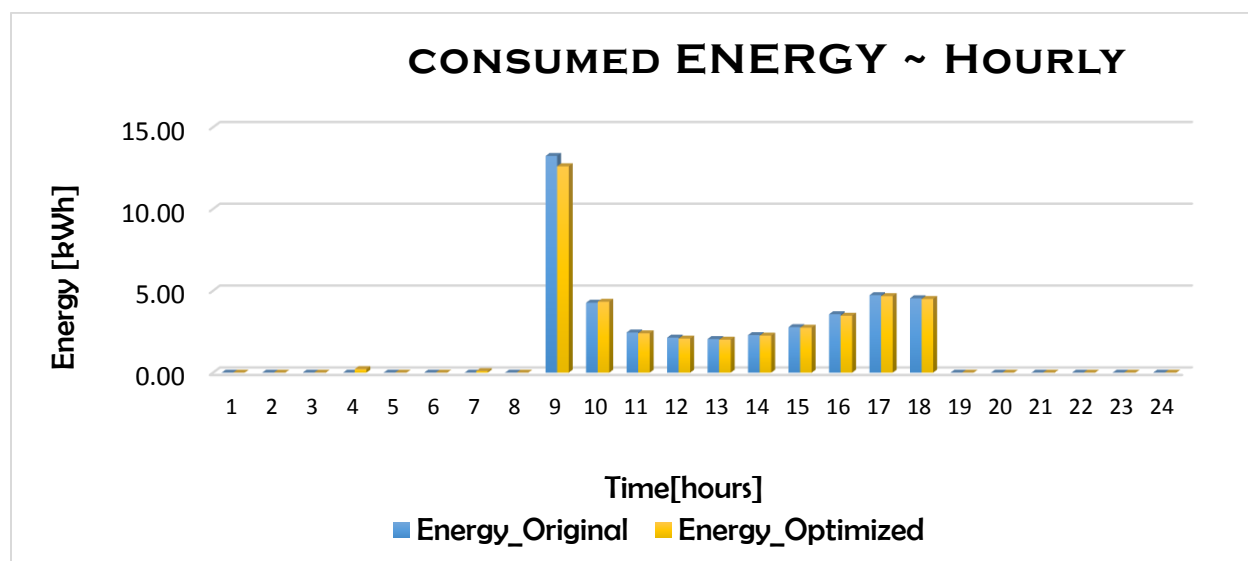


Διάγραμμα(Π) 75. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07

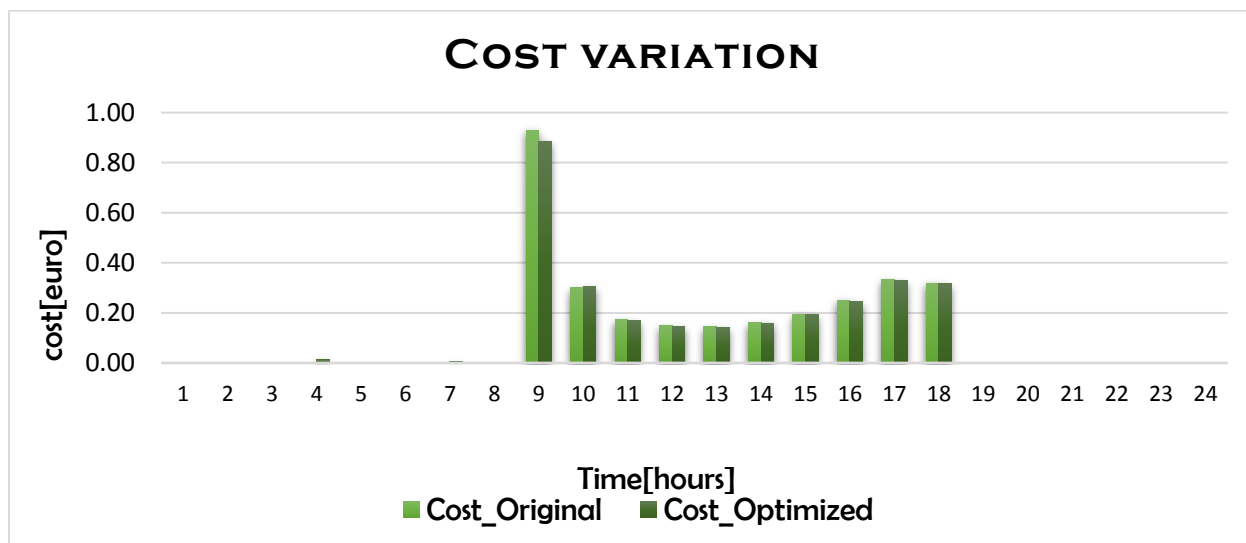
8.1.16 12η Ιουλίου (Βίλνιους)



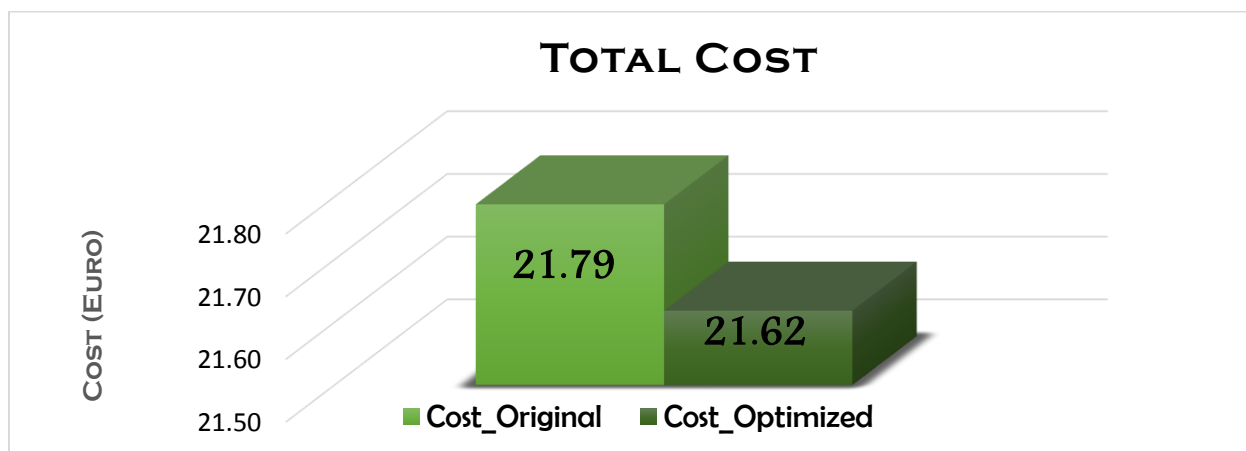
Διάγραμμα(Π) 76. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 12/07



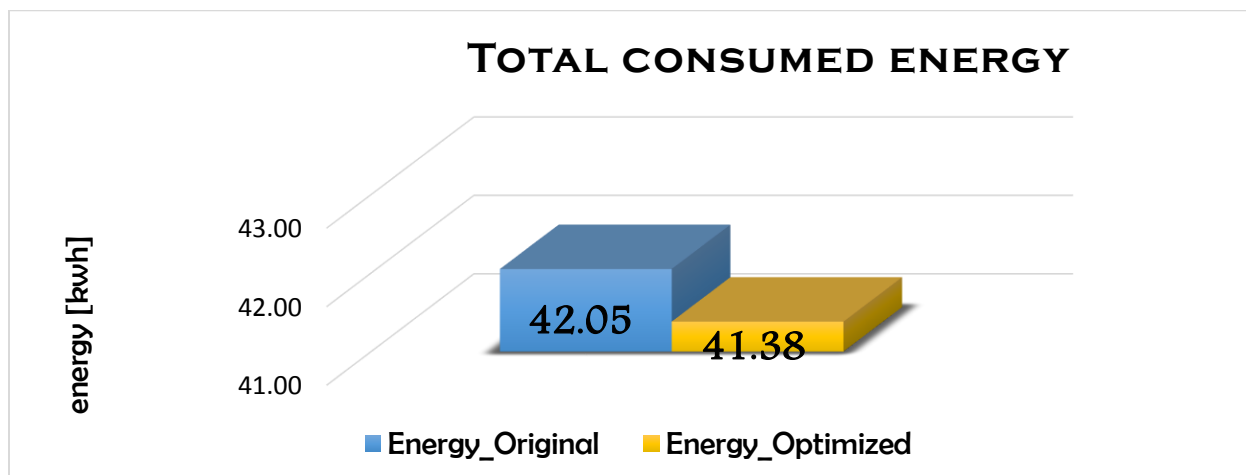
Διάγραμμα(Π) 77. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 12/07



Διάγραμμα(Π) 78. Διακύμανση κόστους για την 12/07

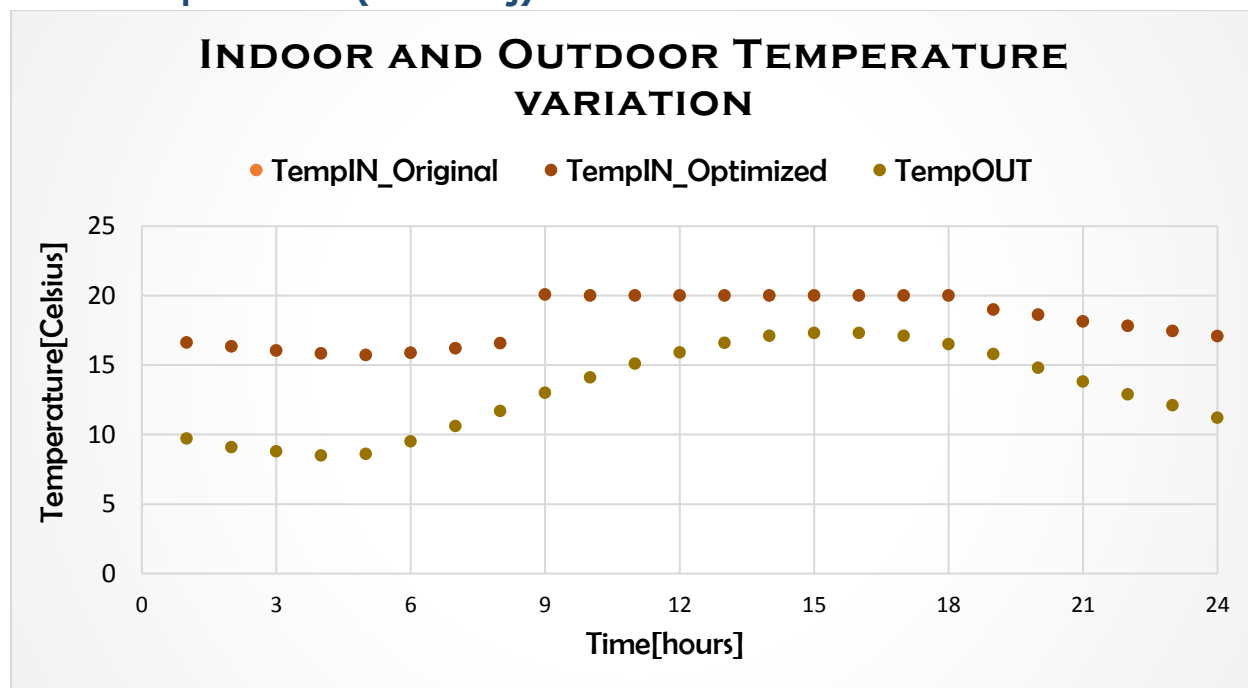


Διάγραμμα(Π) 79. Συνολικό τελικό κόστος για την 12/07

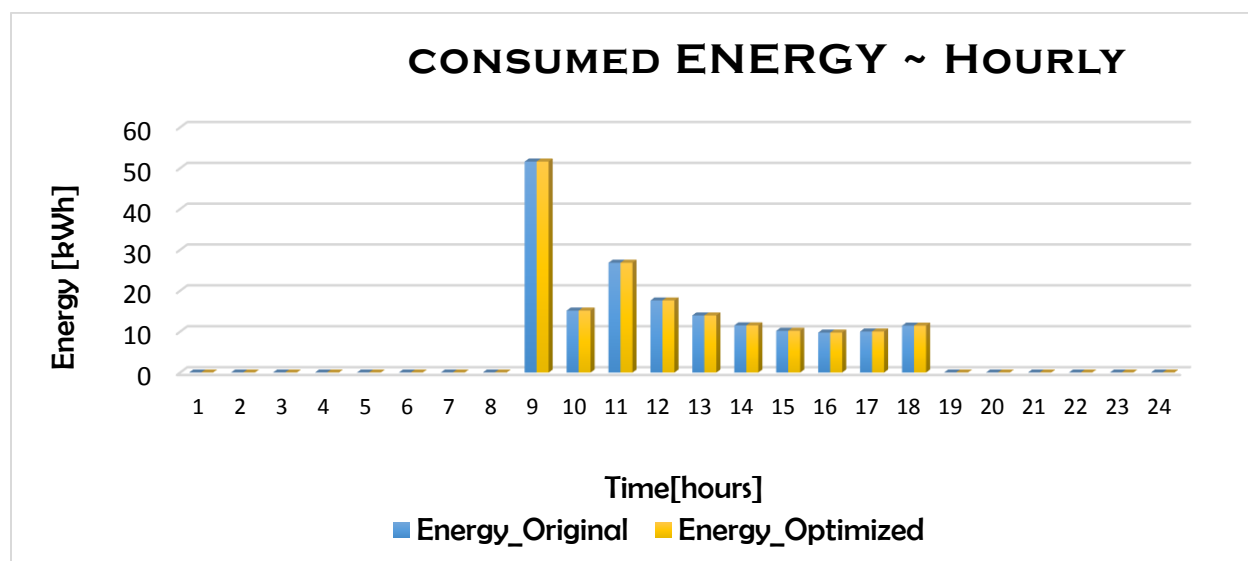


Διάγραμμα(Π) 80. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 12/07

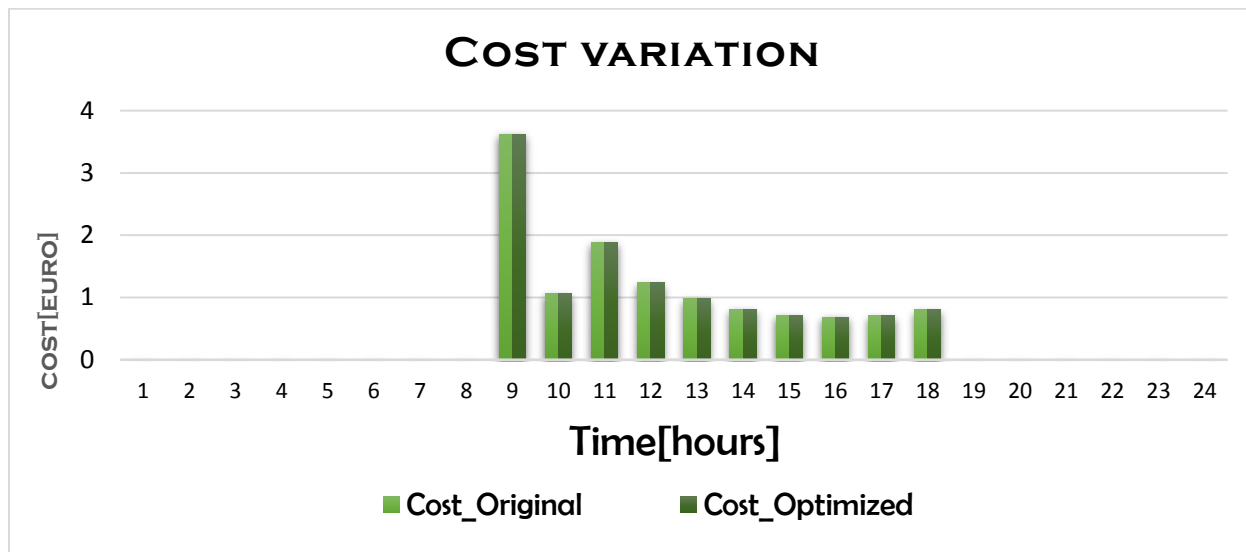
8.1.17 15η Ιουλίου (Βίλνιους)



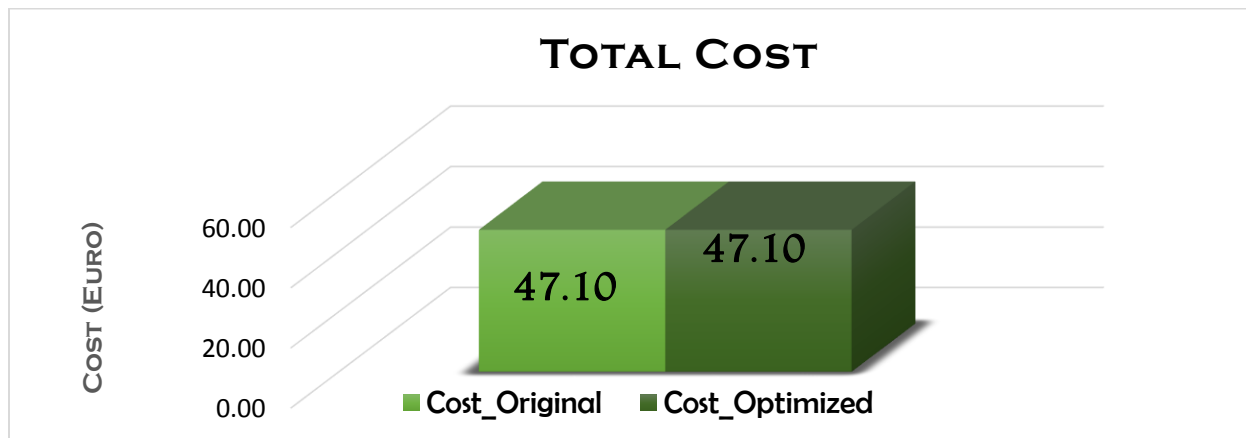
Διάγραμμα(Π) 81. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 15/07



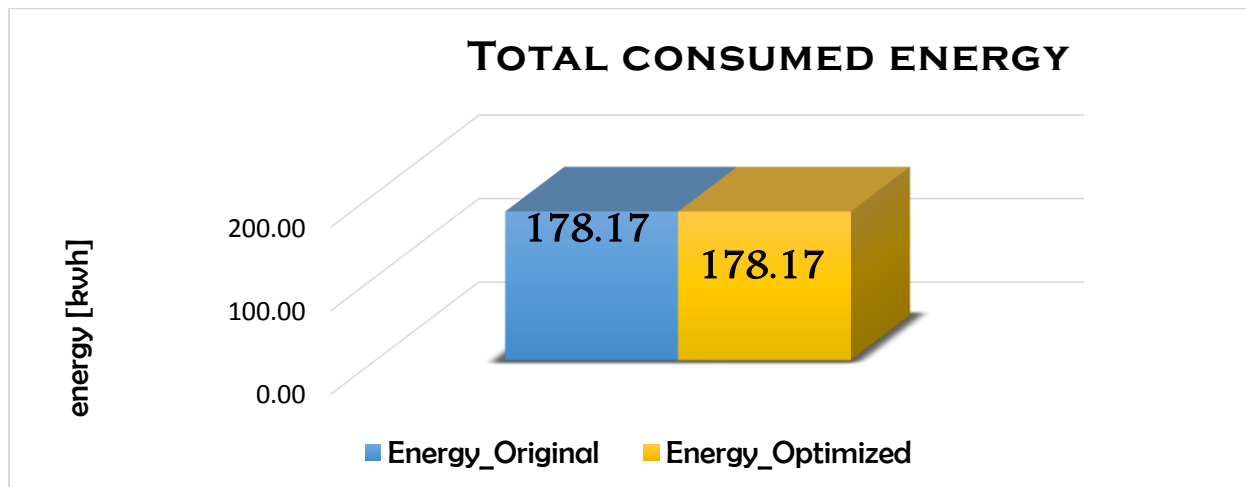
Διάγραμμα(Π) 82. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 15/07



Διάγραμμα(Π) 83. Διακύμανση κόστους για την 15/07

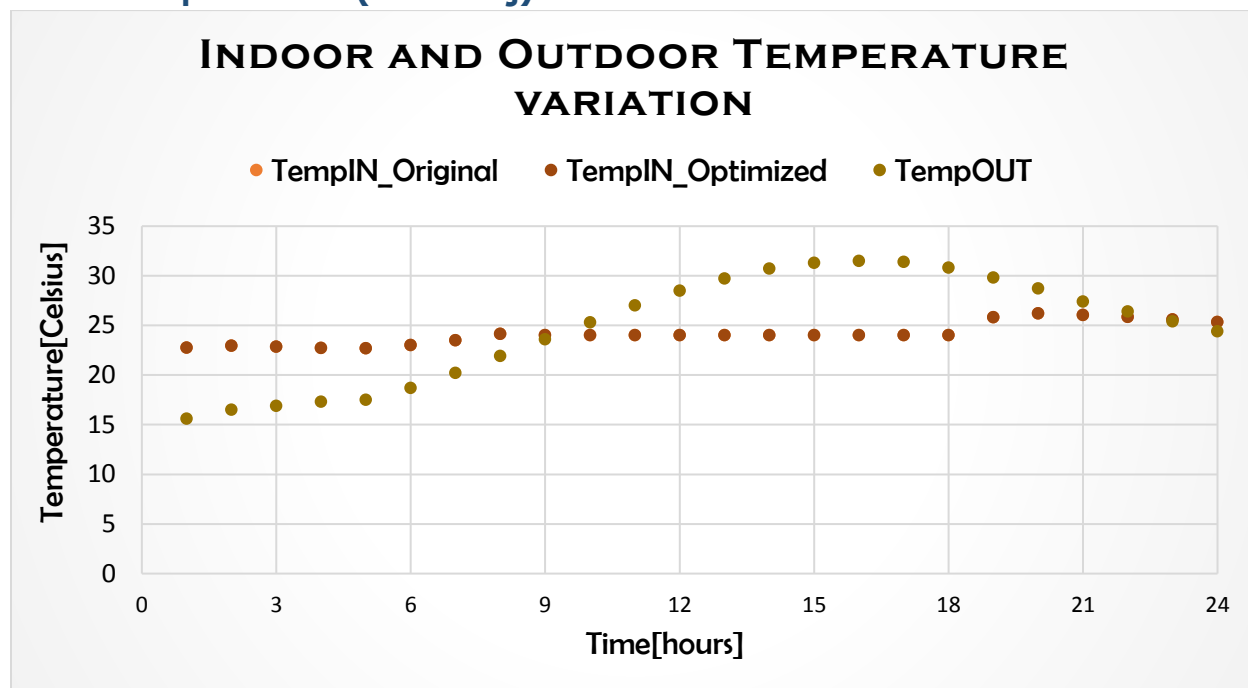


Διάγραμμα(Π) 84. Συνολικό τελικό κόστος για την 15/07

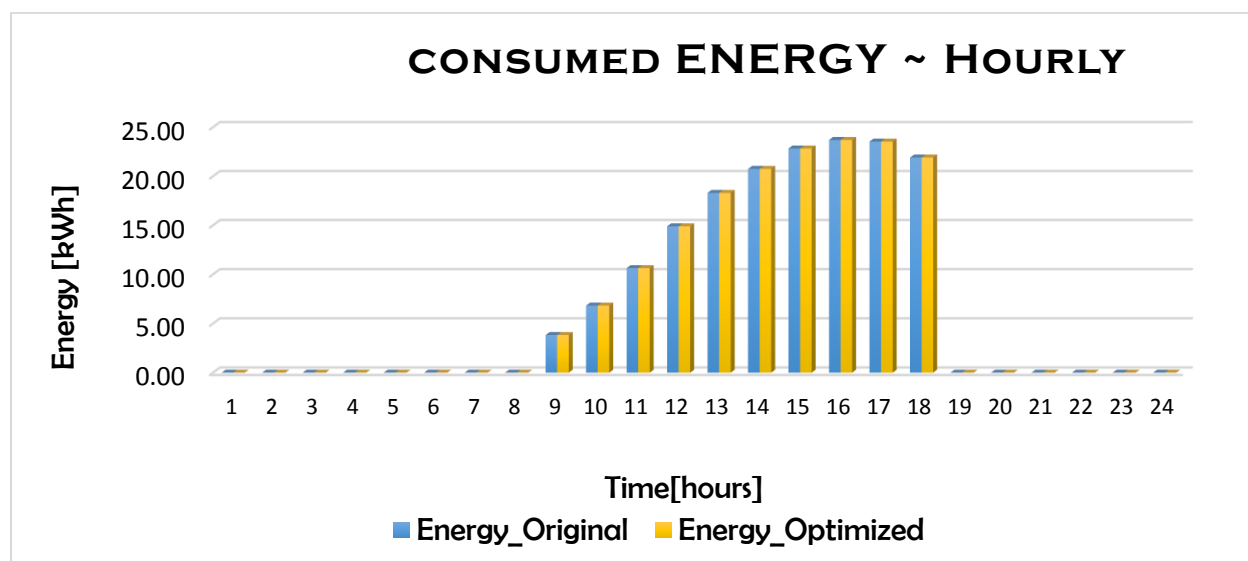


Διάγραμμα(Π) 85. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 15/07

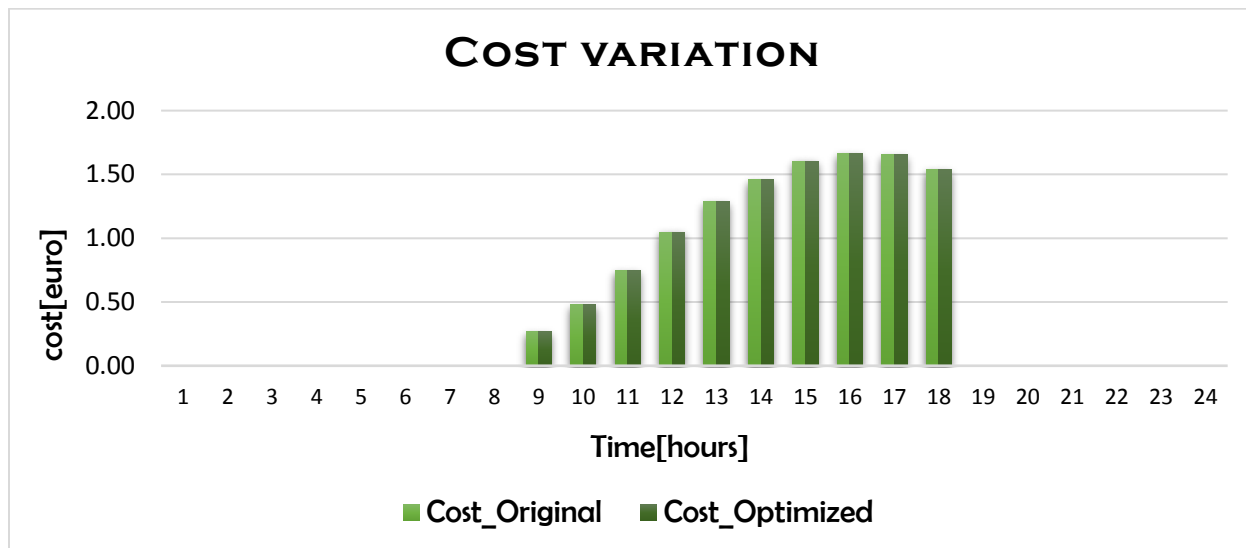
8.1.18 21η Ιουλίου (Βίλνιους)



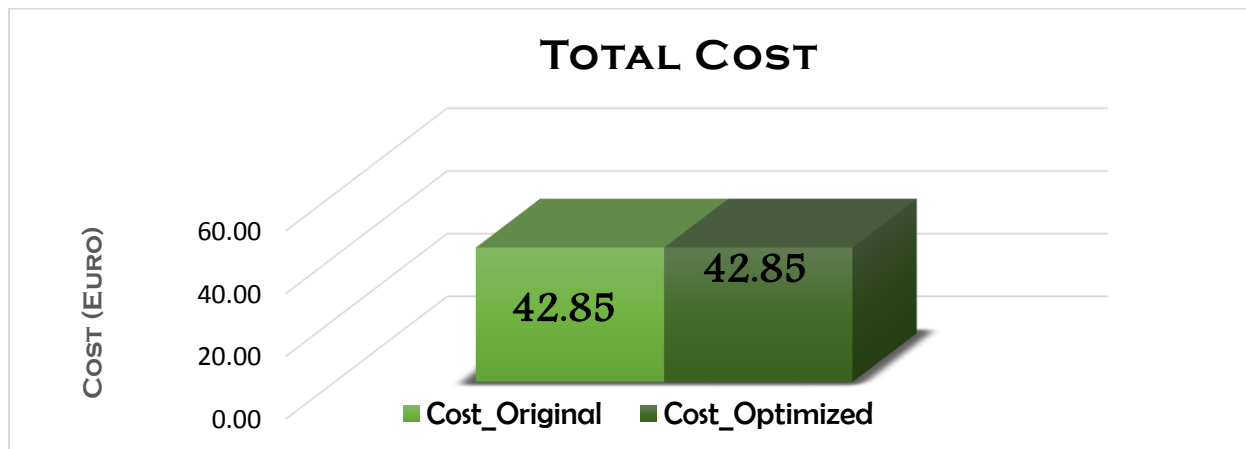
Διάγραμμα(Π) 86. Διακύμανση Εσωτερικής κι Εξωτερικής Θερμοκρασία για την 21/07



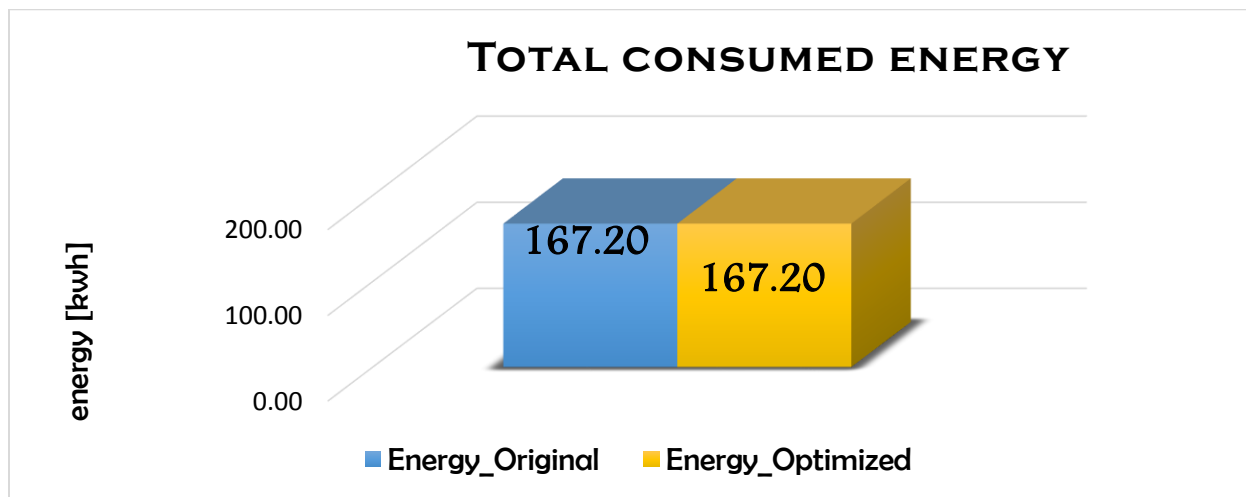
Διάγραμμα(Π) 87. Διακύμανση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση για την 21/07



Διάγραμμα(Π) 88. Διακύμανση κόστους για την 21/07



Διάγραμμα(Π) 89. Συνολικό τελικό κόστος για την 21/07

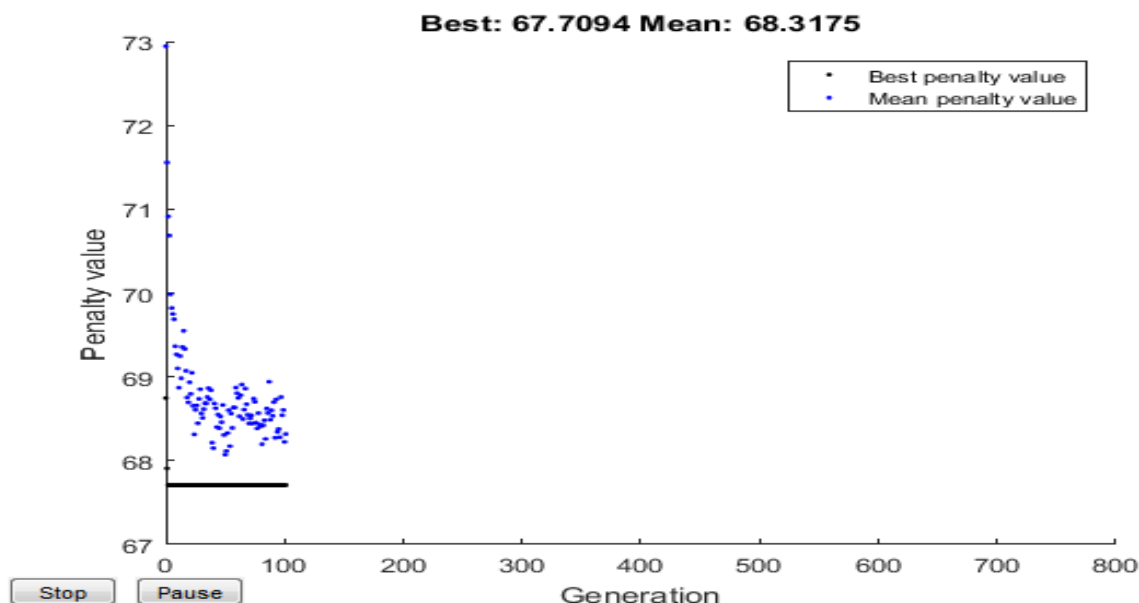


Διάγραμμα(Π) 90. Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια για την 21/07

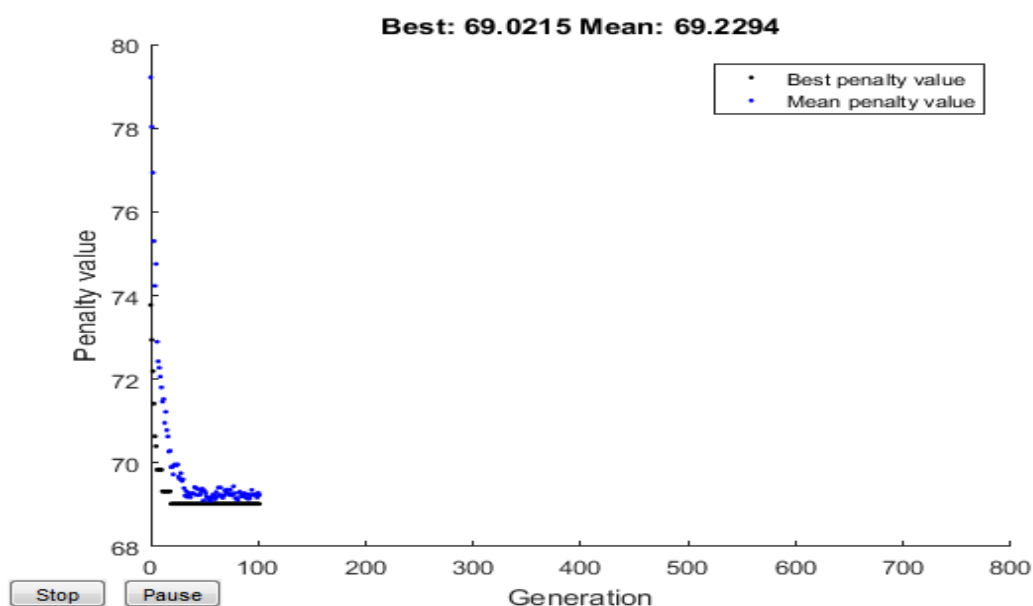
8.2 Παράρτημα Β– Διαγράμματα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου

Στο Παράρτημα Β, παρατίθενται τα Διαγράμματα που προέκυψαν από την MATLAB για τα αποτελέσματα των Γενετικών Αλγορίθμων, όσον αφορά τις γενιές αλλά και την βέλτιστη και μέση τιμή κόστους για κάθε περίπτωση.

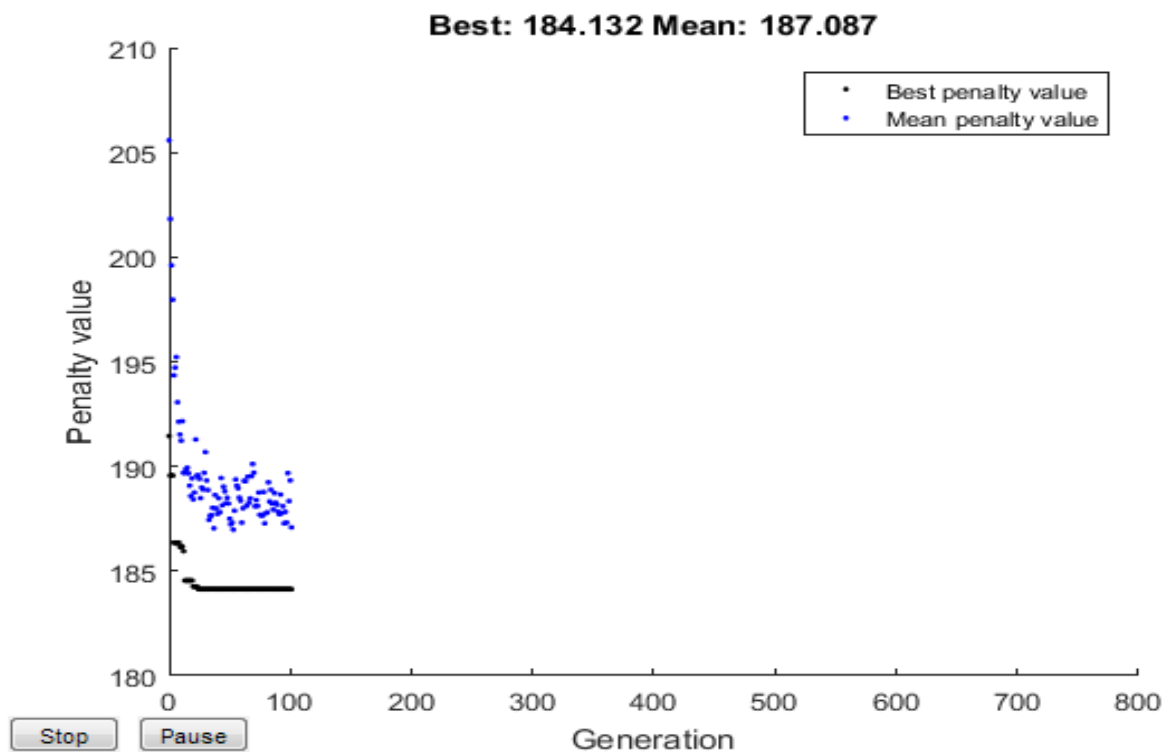
8.2.1 Ανκόνα



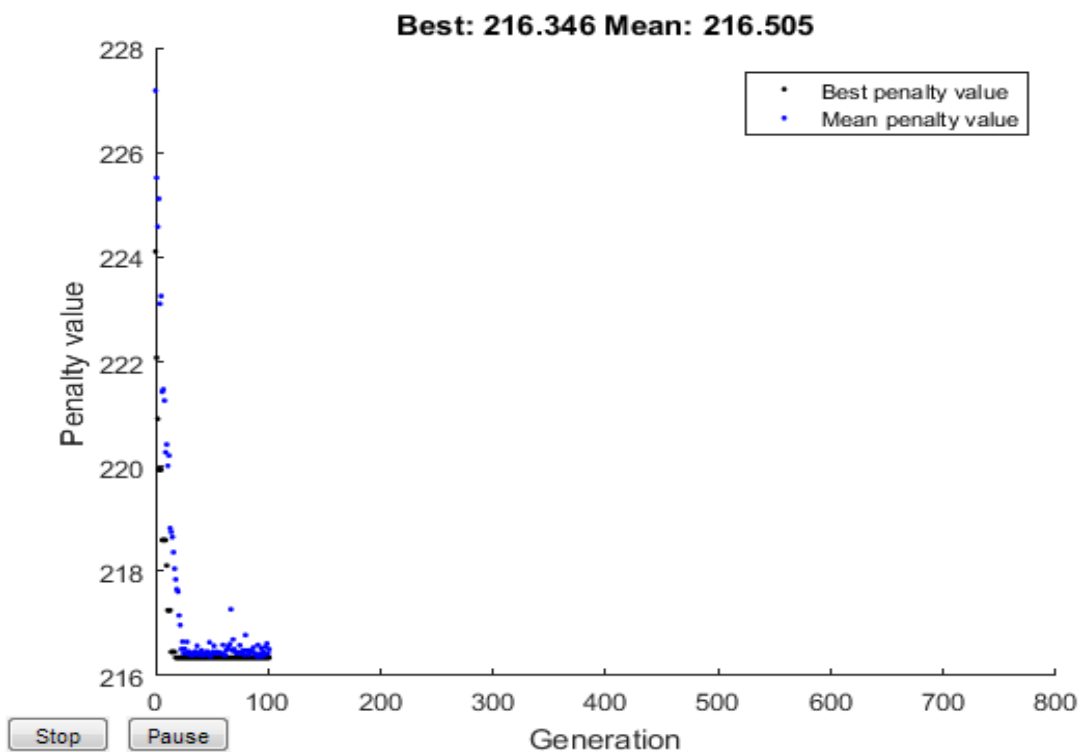
Διάγραμμα(Π) 91. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 01/01



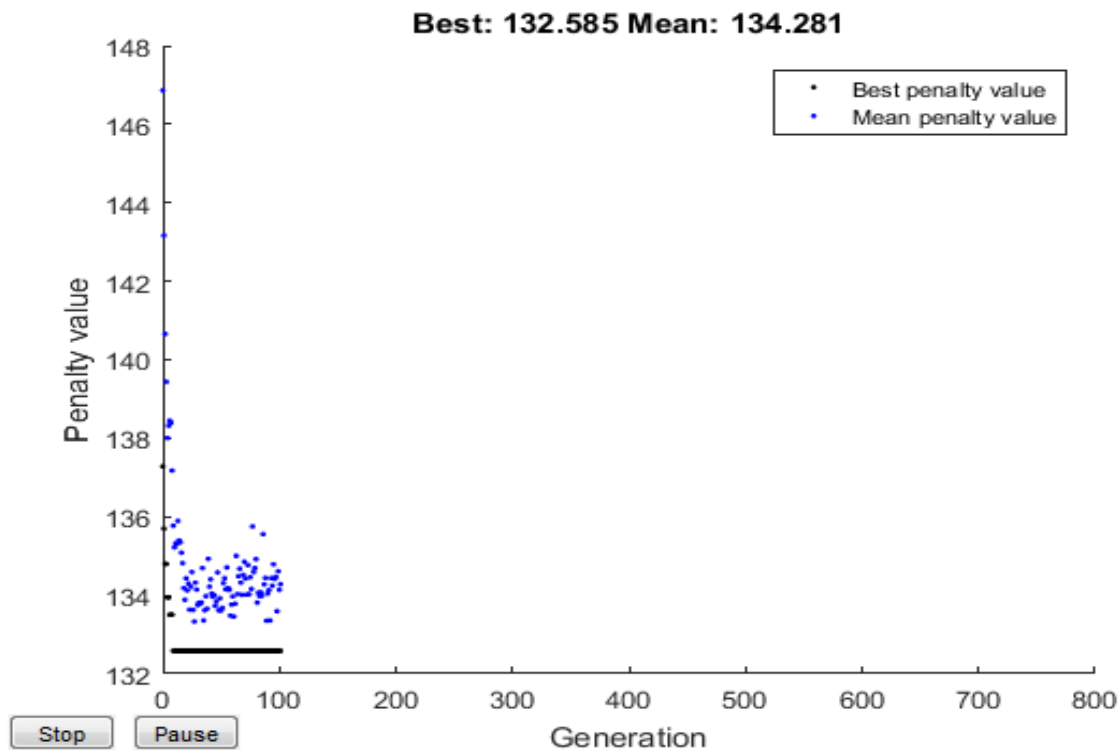
Διάγραμμα(Π) 92. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 01/01



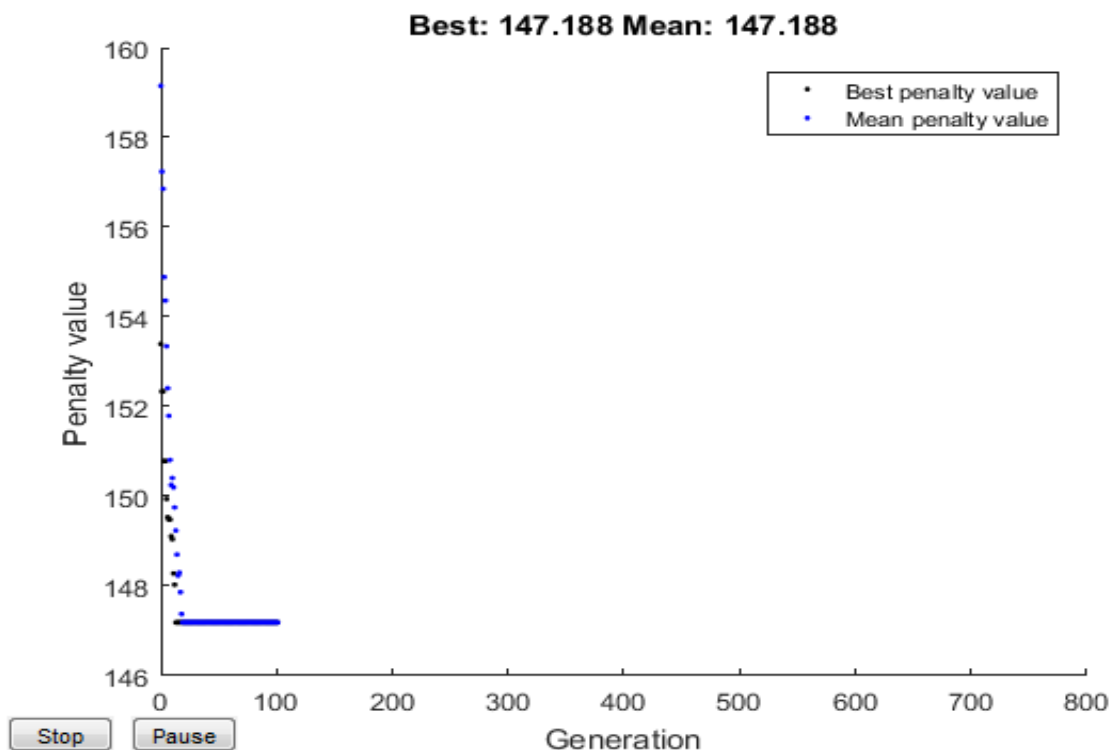
Διάγραμμα(Π) 93. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 15/01



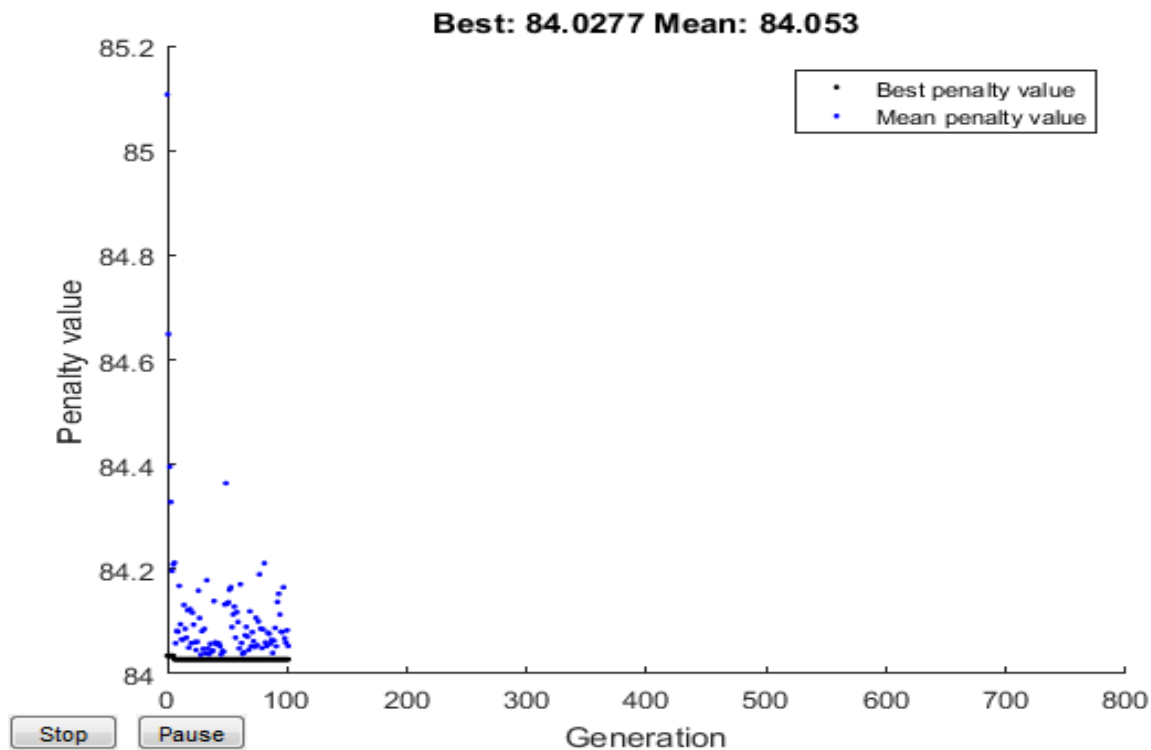
Διάγραμμα(Π) 94. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 15/01



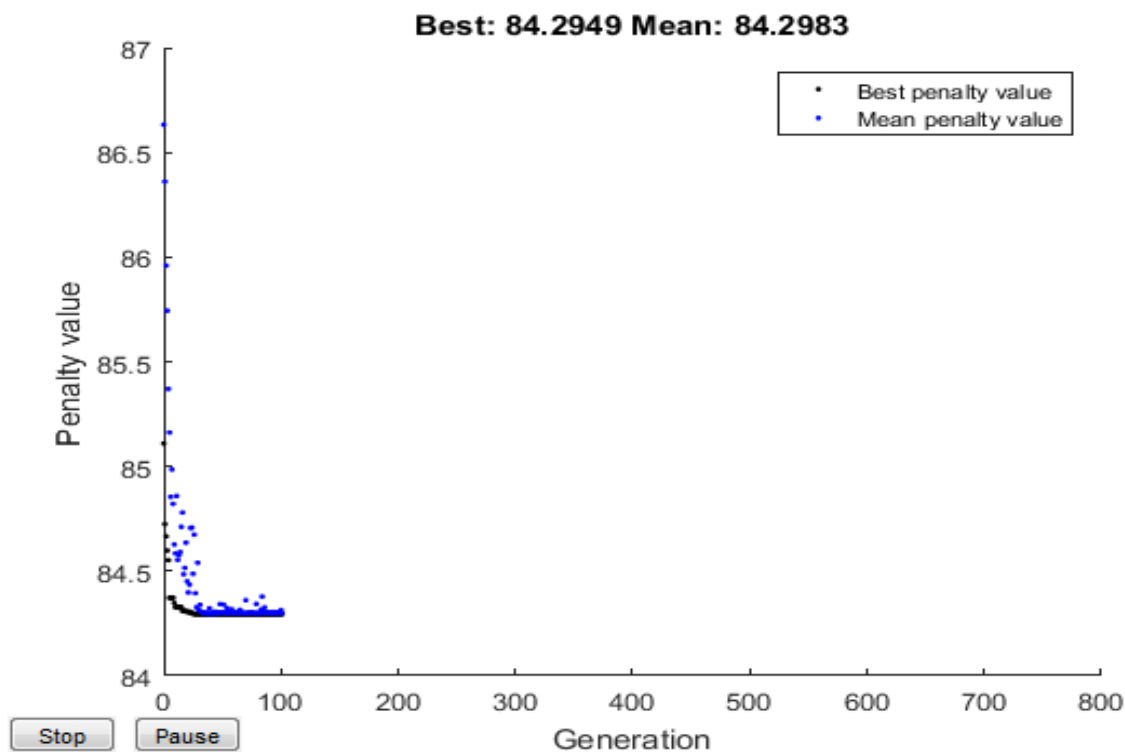
Διάγραμμα(Π) 95. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 19/01



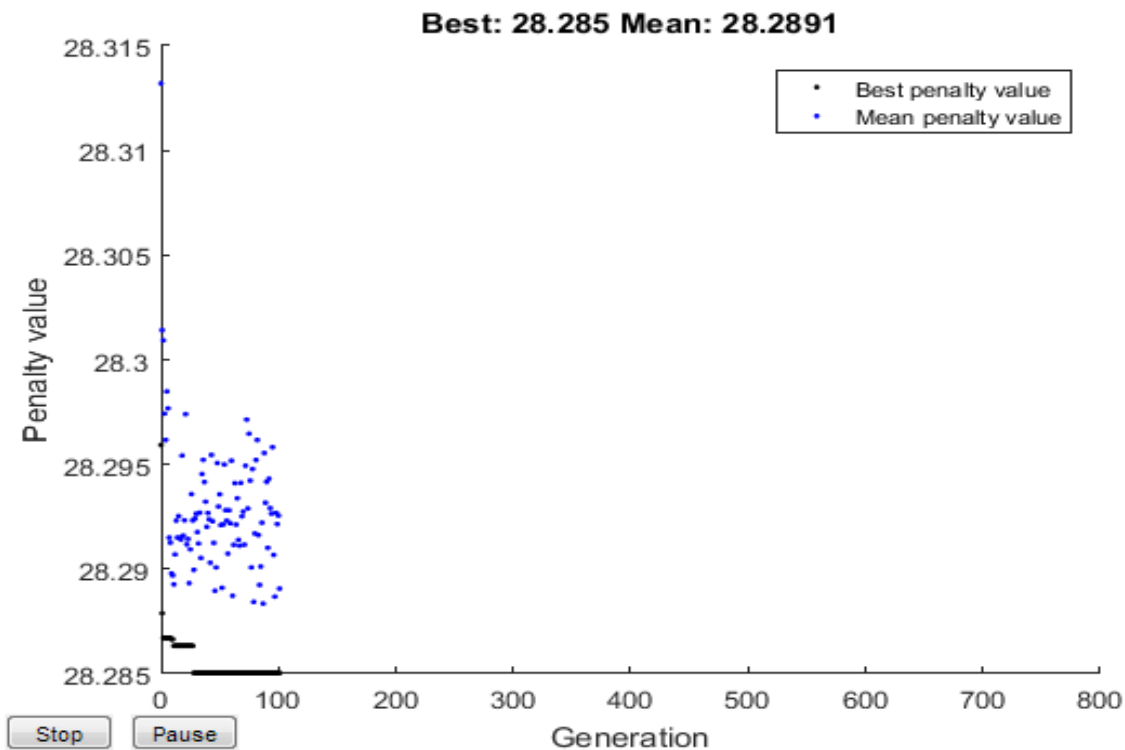
Διάγραμμα(Π) 96. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 19/01



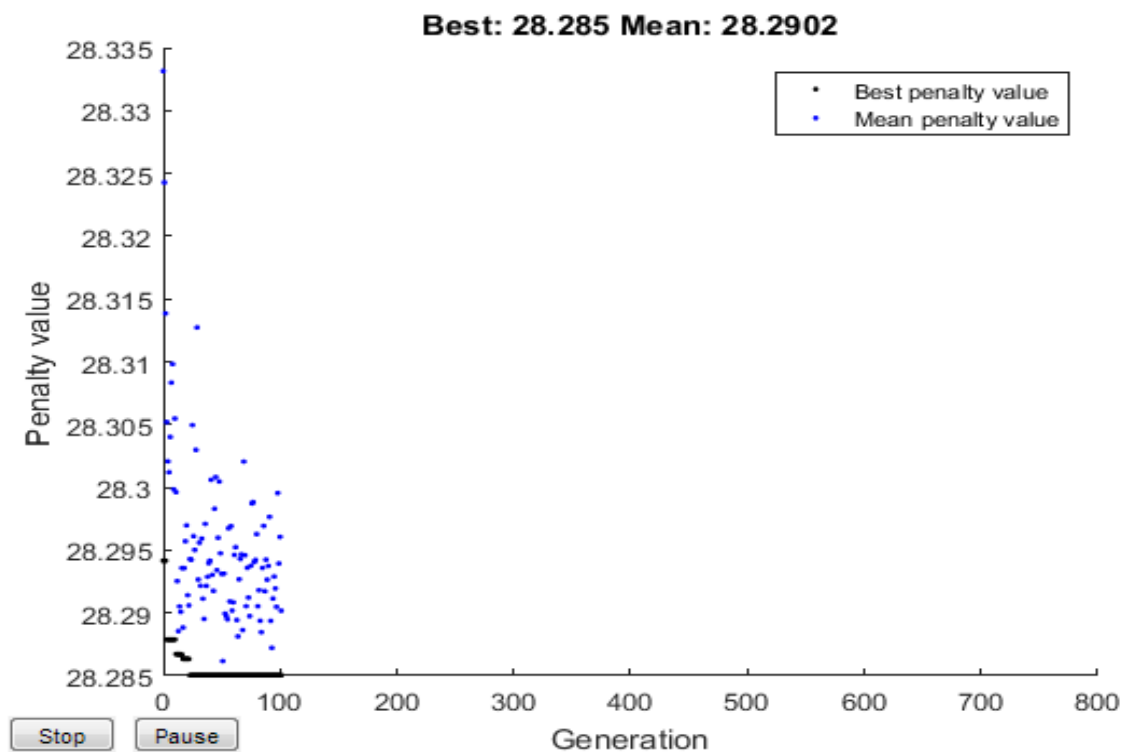
Διάγραμμα(Π) 97. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 09/07



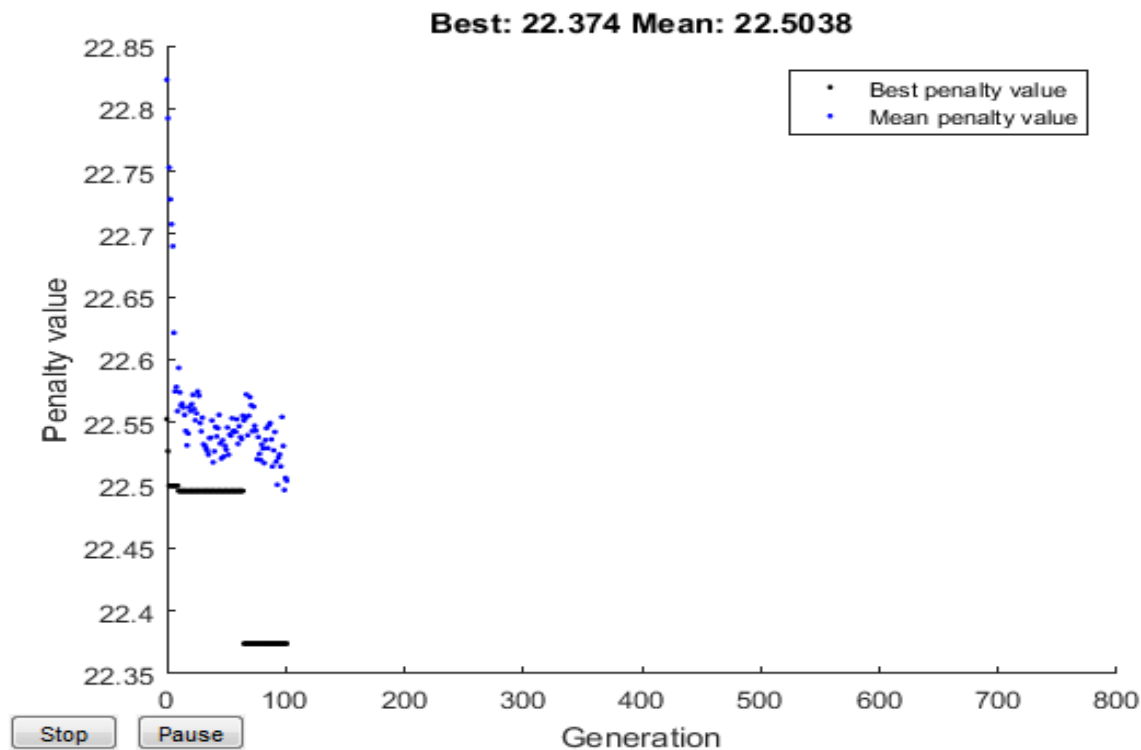
Διάγραμμα(Π) 98. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 09/07



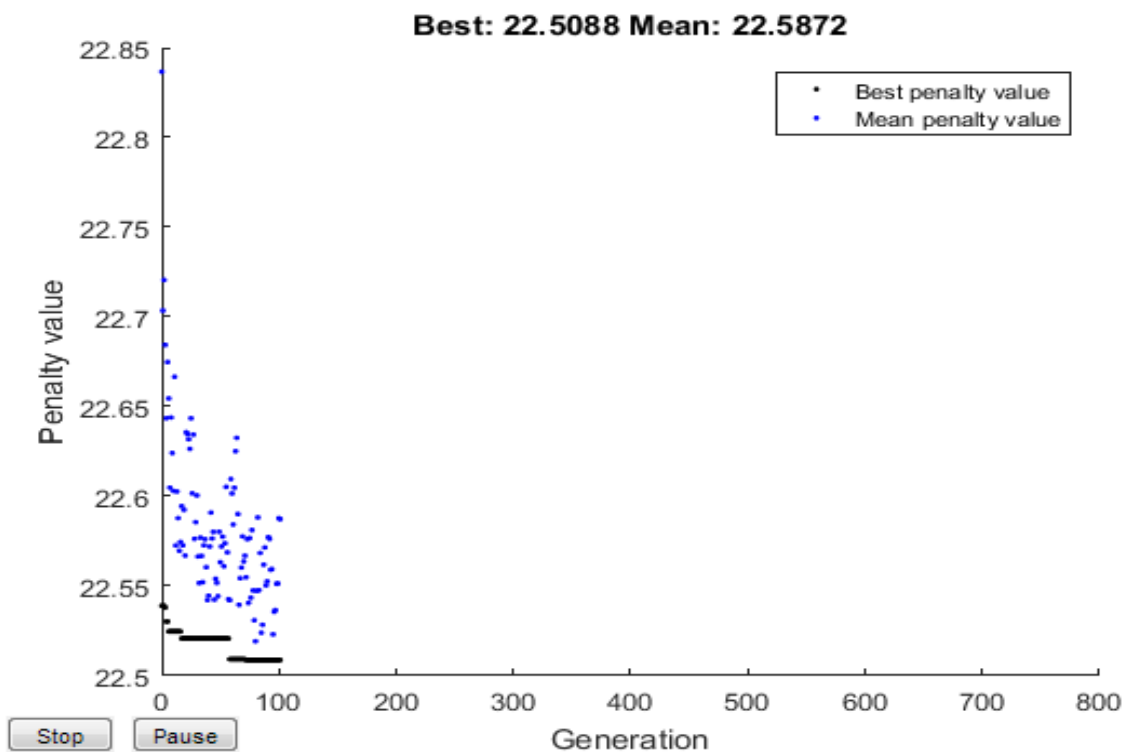
Διάγραμμα(Π) 99. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 13/07



Διάγραμμα(Π) 100. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 13/07

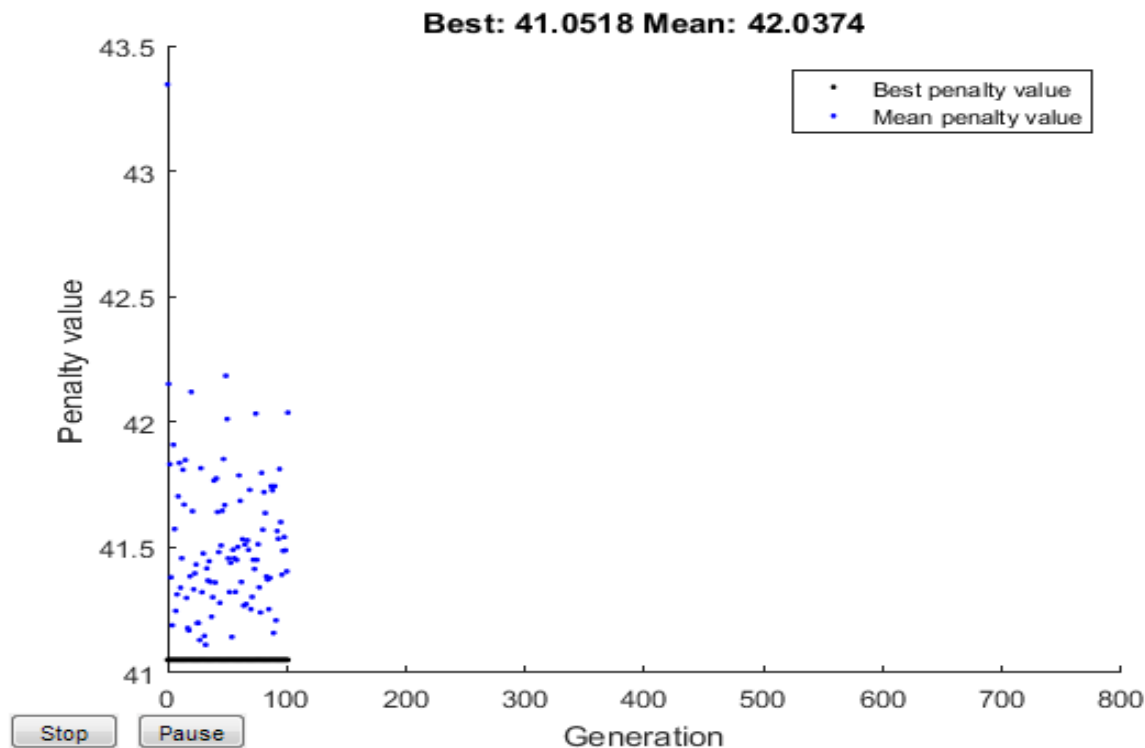


Διάγραμμα(Π) 101. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 15/07

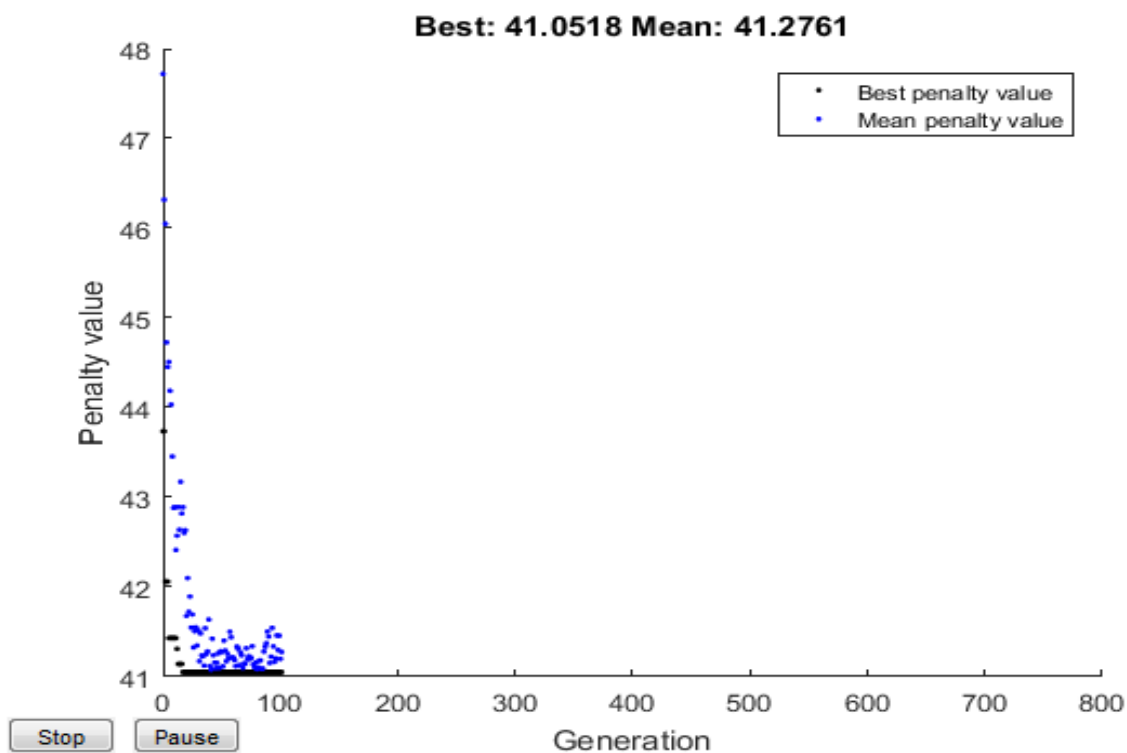


Διάγραμμα(Π) 102. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 15/07

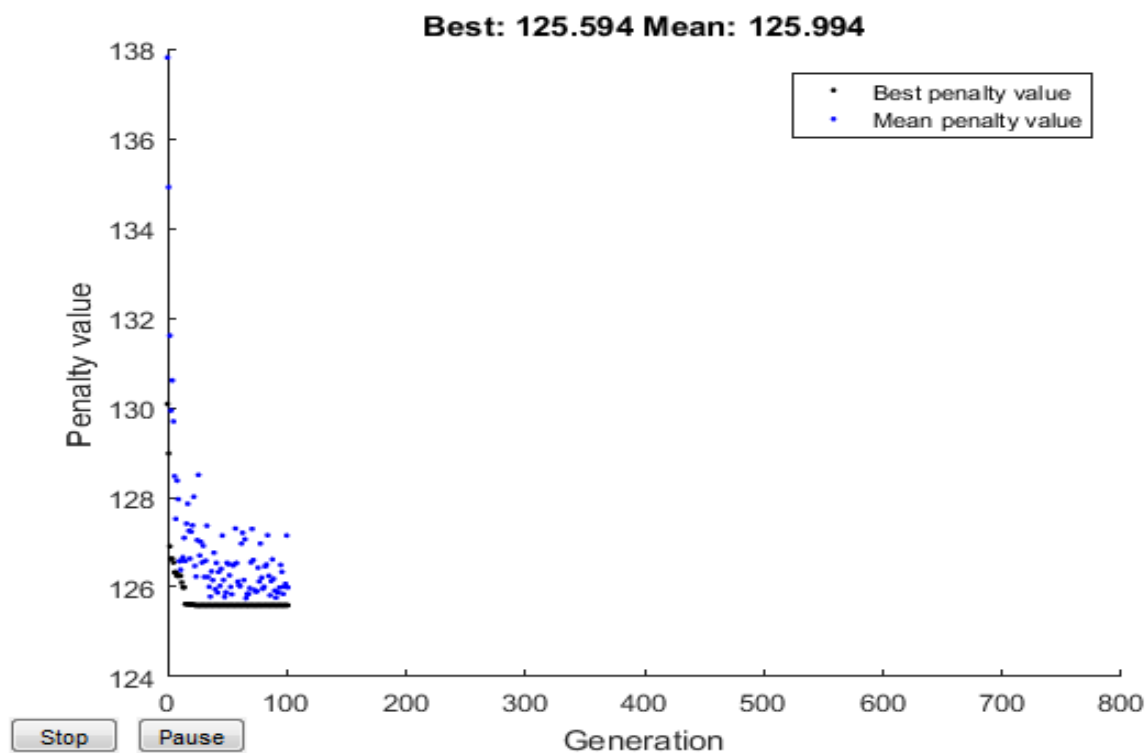
8.2.2 Χαλιά



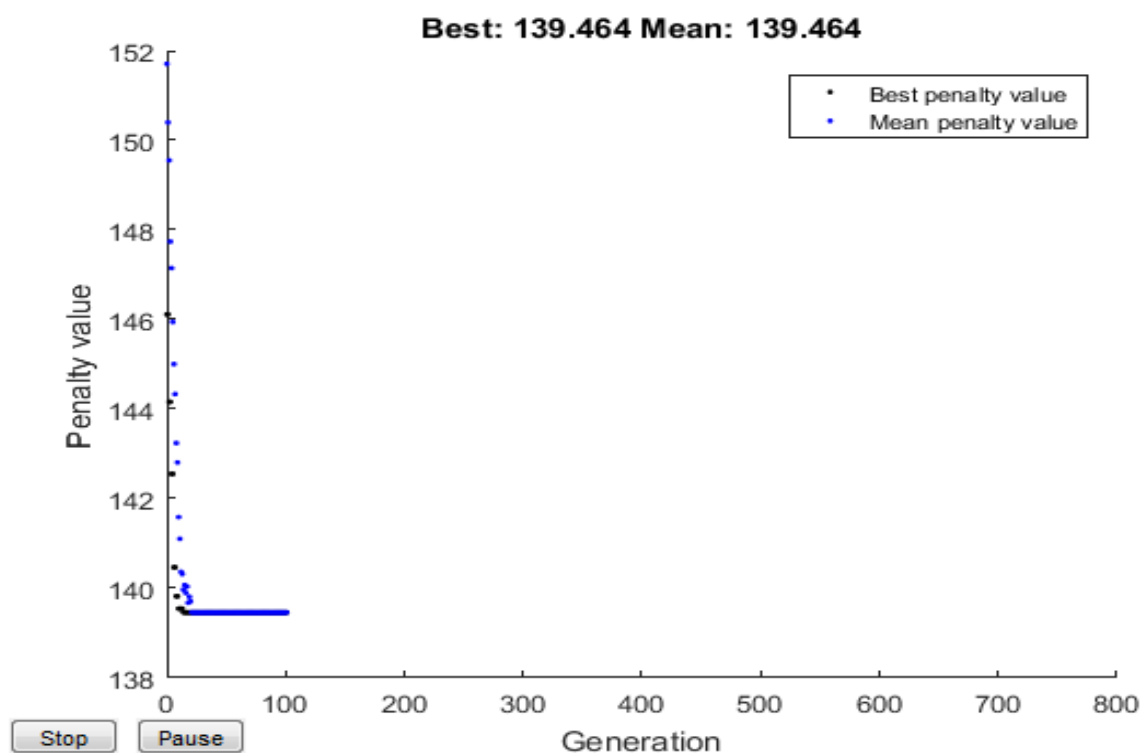
Διάγραμμα(Π) 103. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 01/01



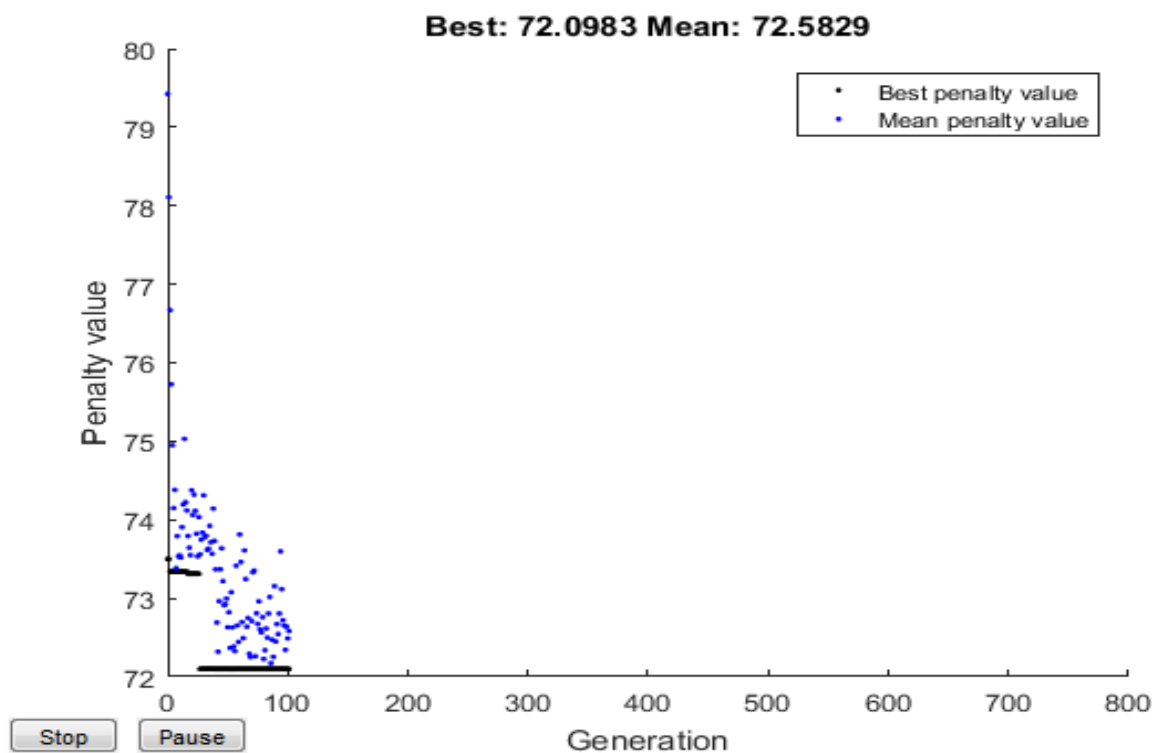
Διάγραμμα(Π) 104. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 01/01



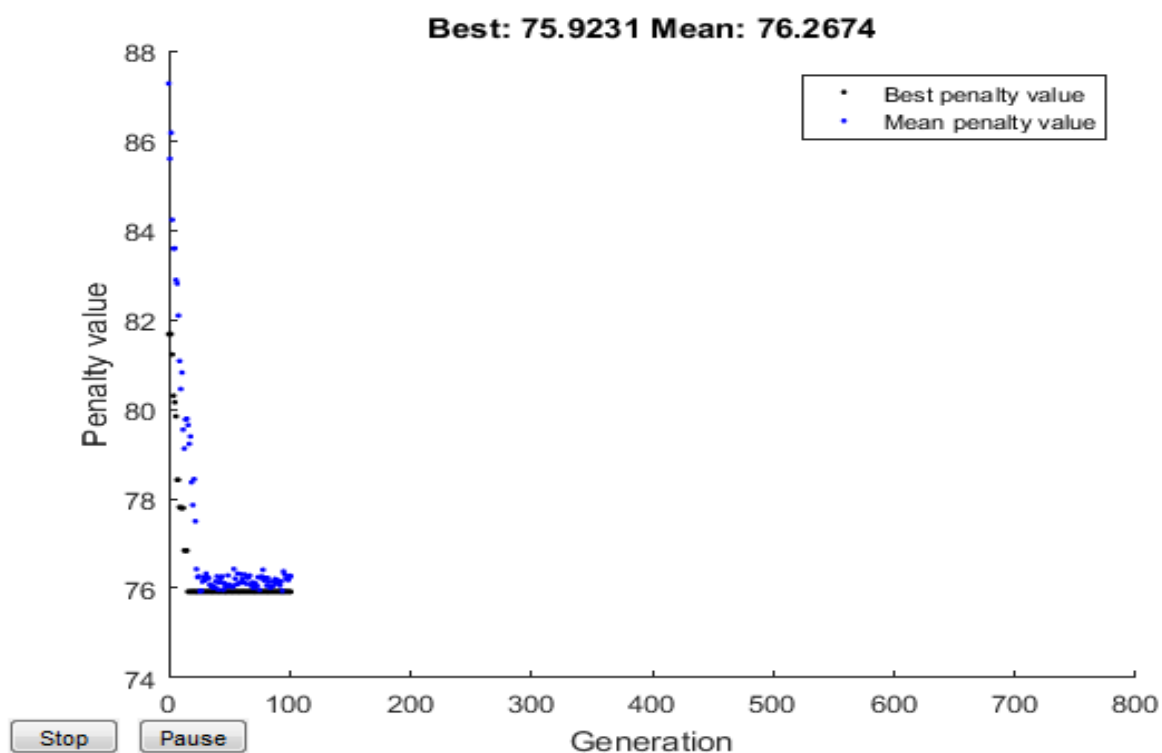
Διάγραμμα(Π) 105. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 15/01



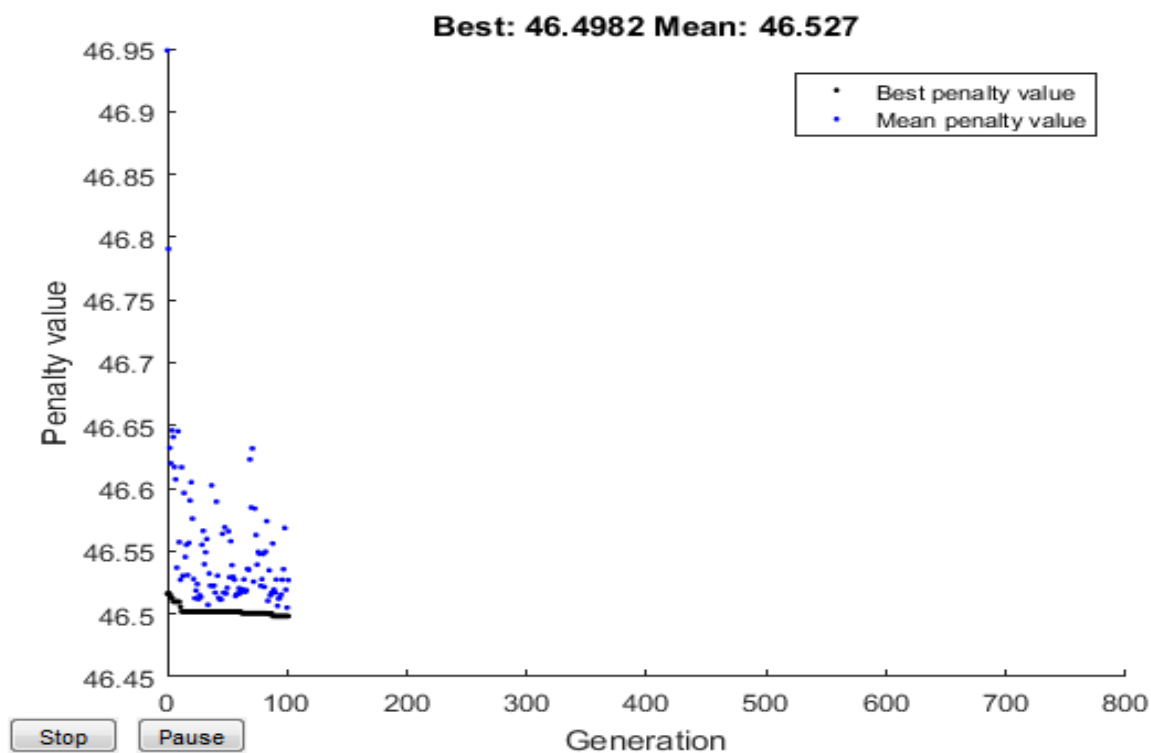
Διάγραμμα(Π) 106. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 15/01



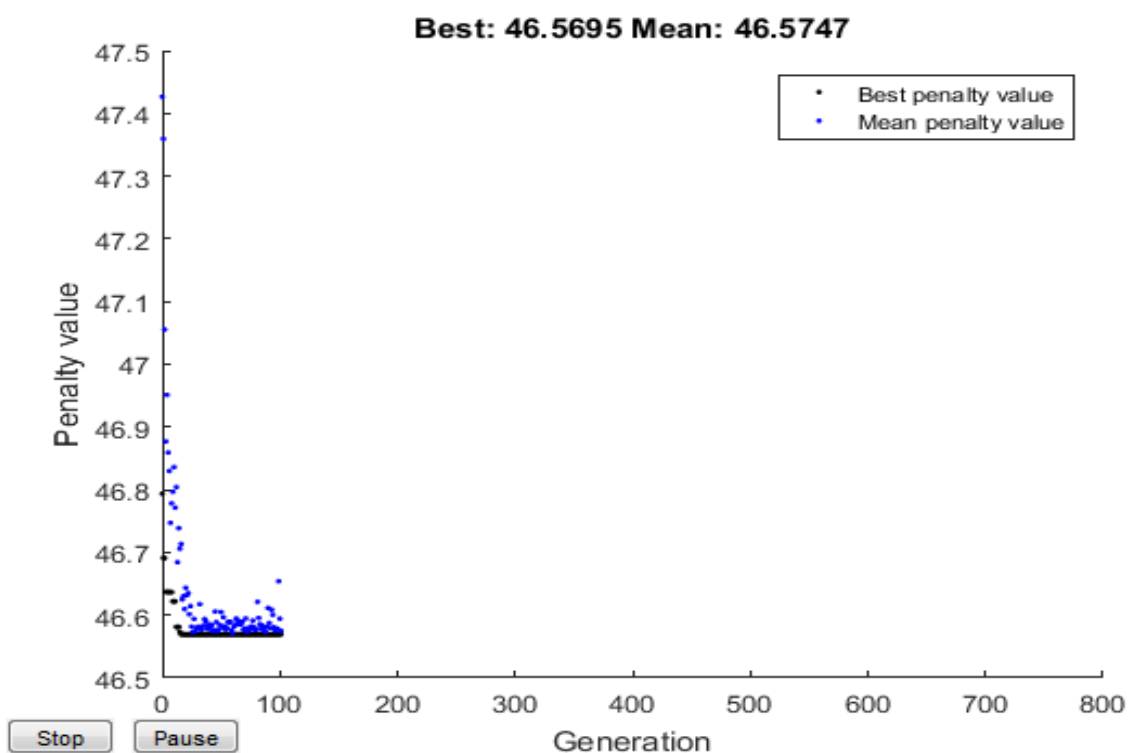
Διάγραμμα(Π) 107. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 27/01



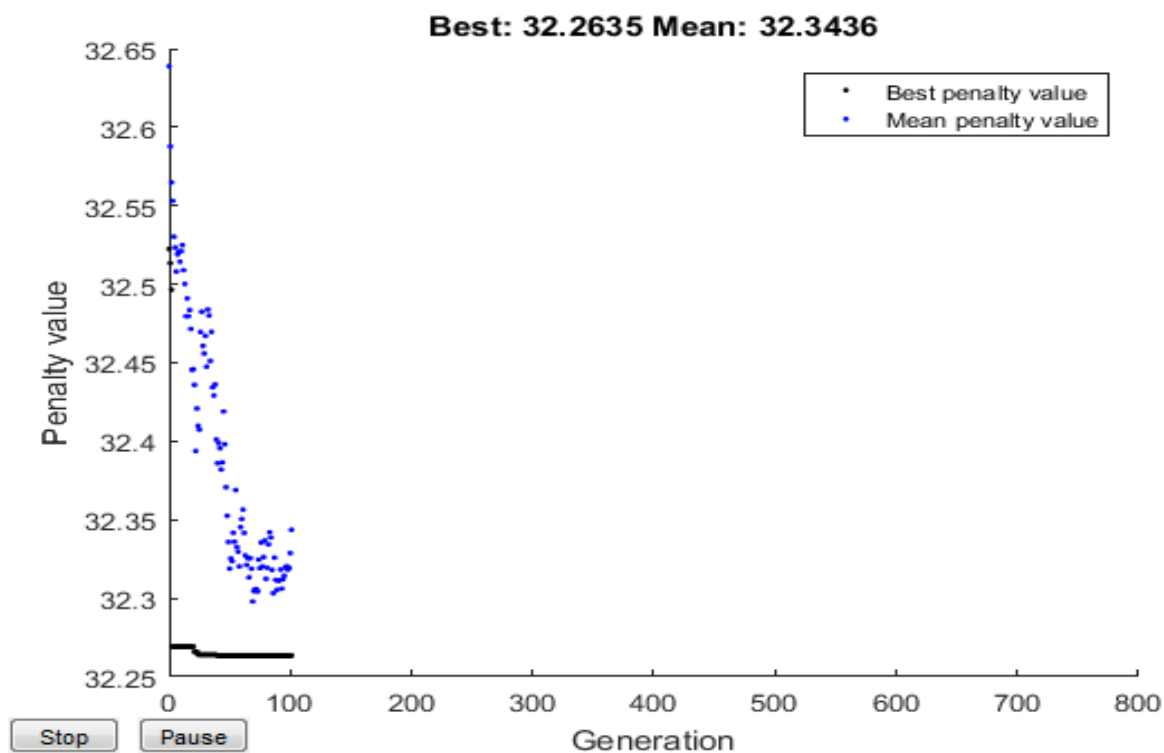
Διάγραμμα(Π) 108. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 27/01



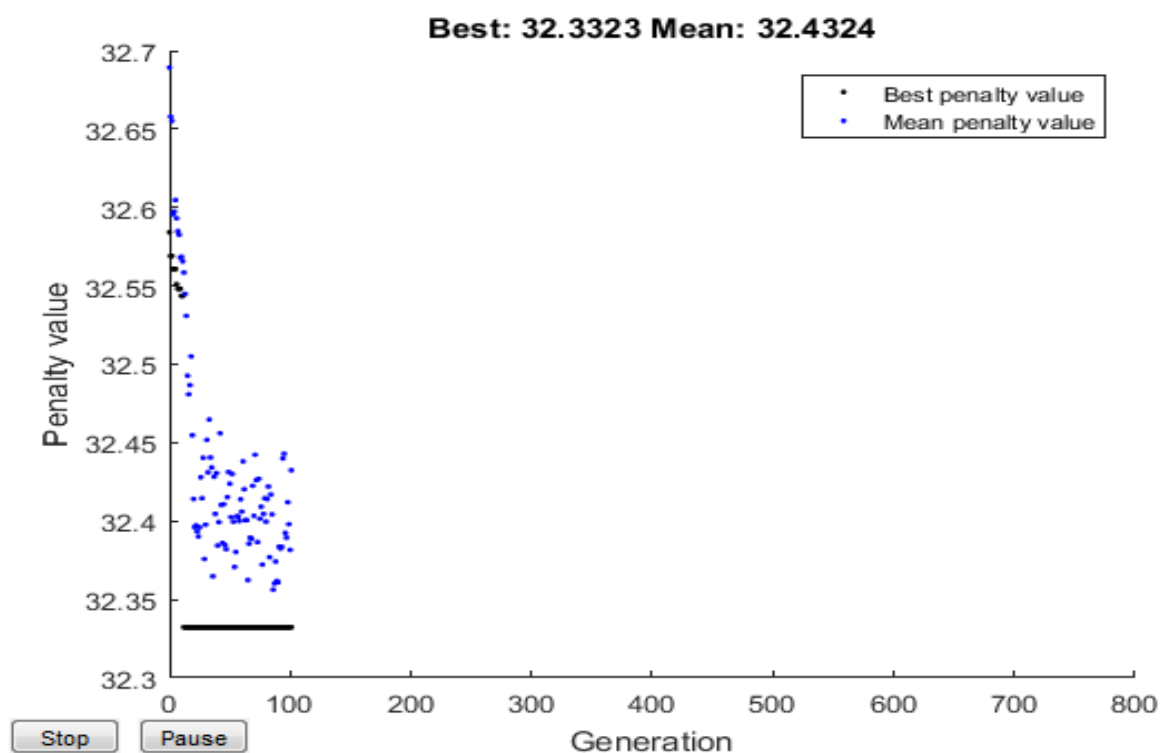
Διάγραμμα(Π) 109. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 11/07



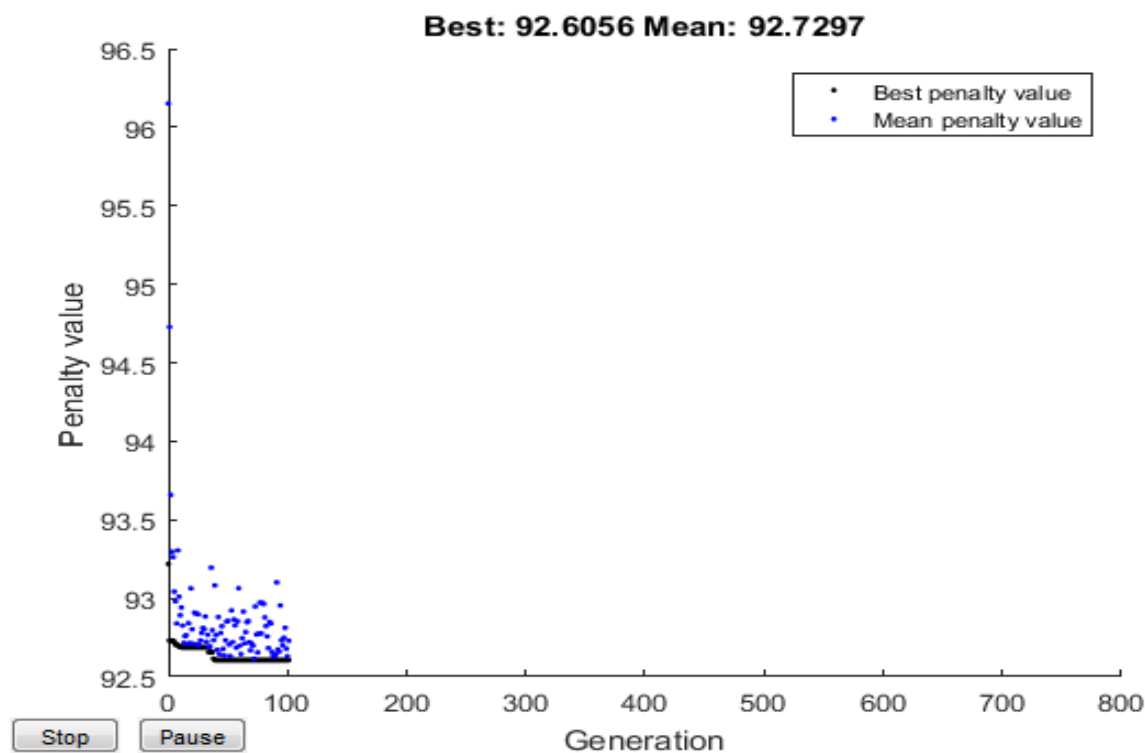
Διάγραμμα(Π) 110. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 11/07



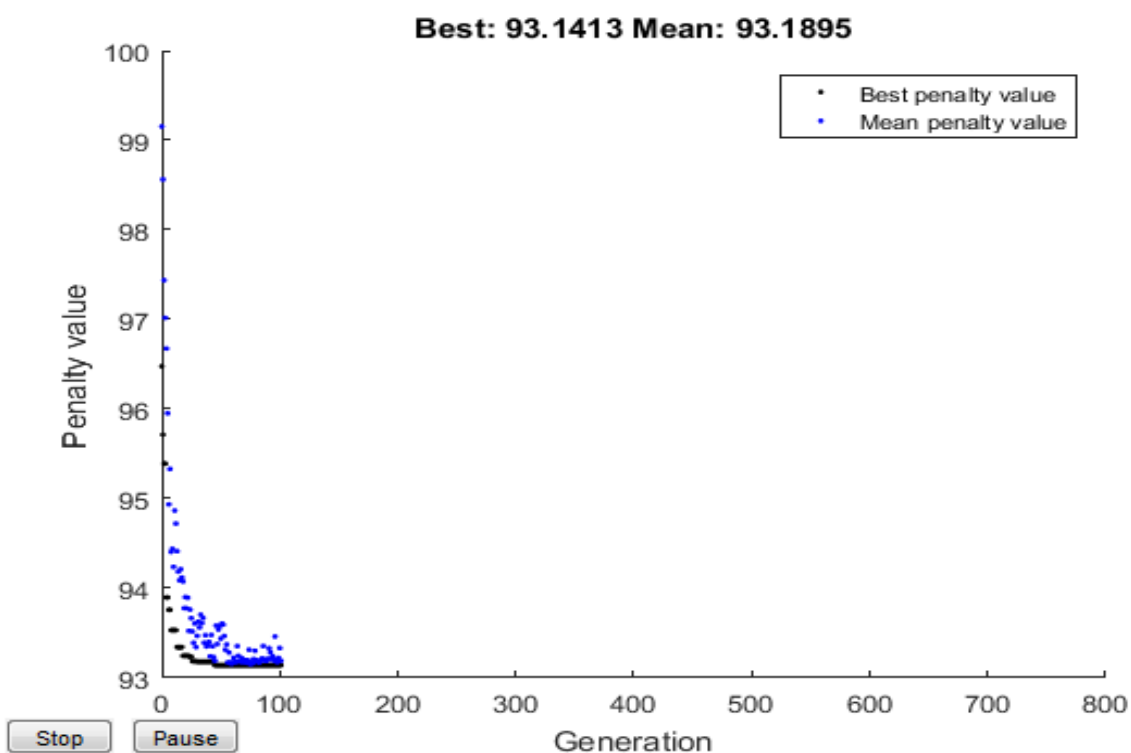
Διάγραμμα(Π) 111. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 15/07



Διάγραμμα(Π) 112. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 15/07

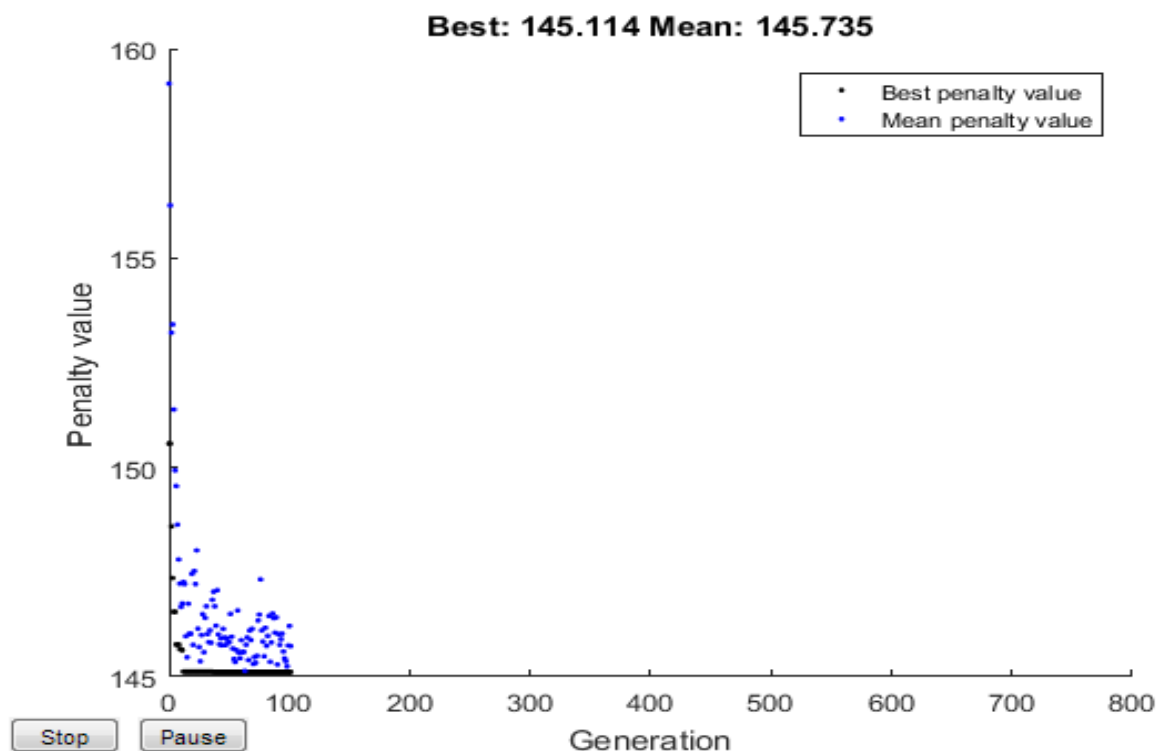


Διάγραμμα(Π) 113. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 21/07

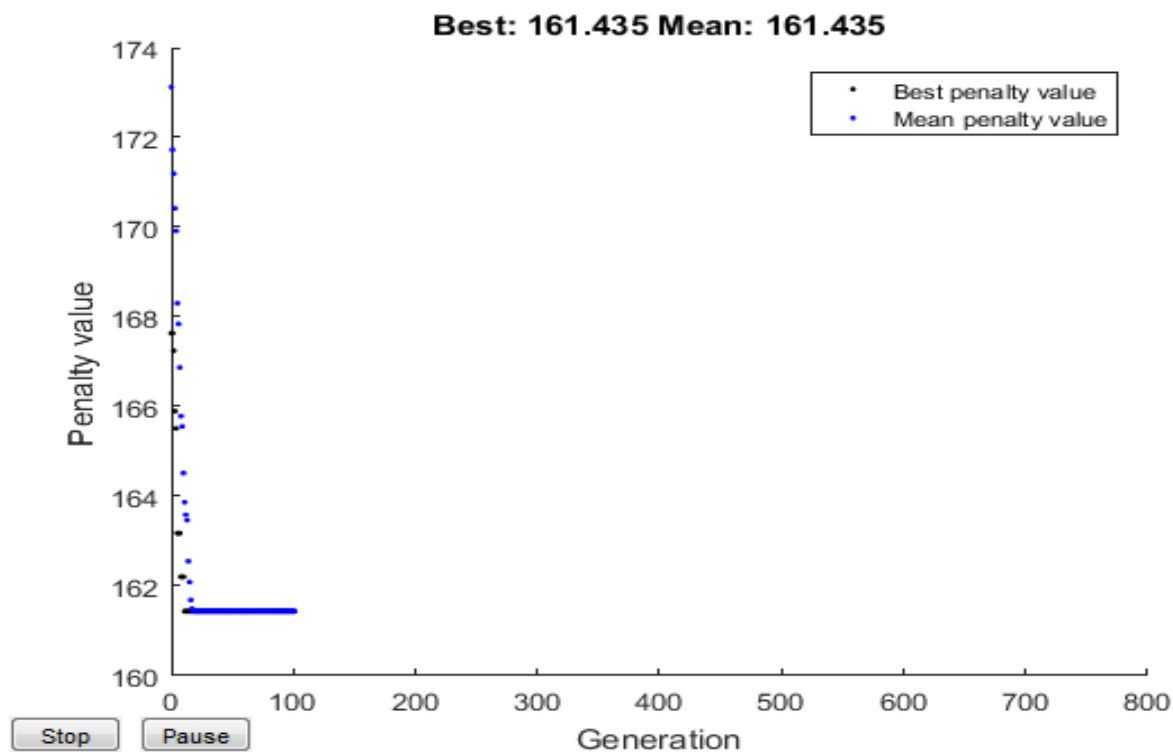


Διάγραμμα(Π) 114. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 21/07

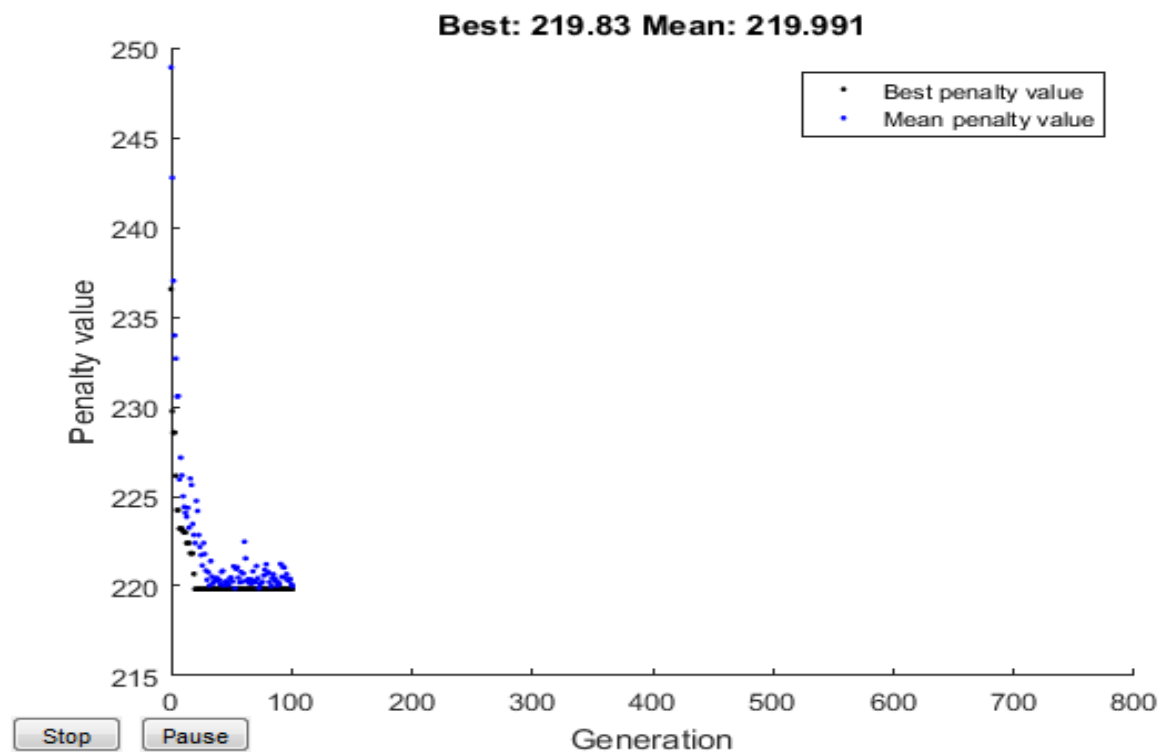
8.2.3 Βίλνιους



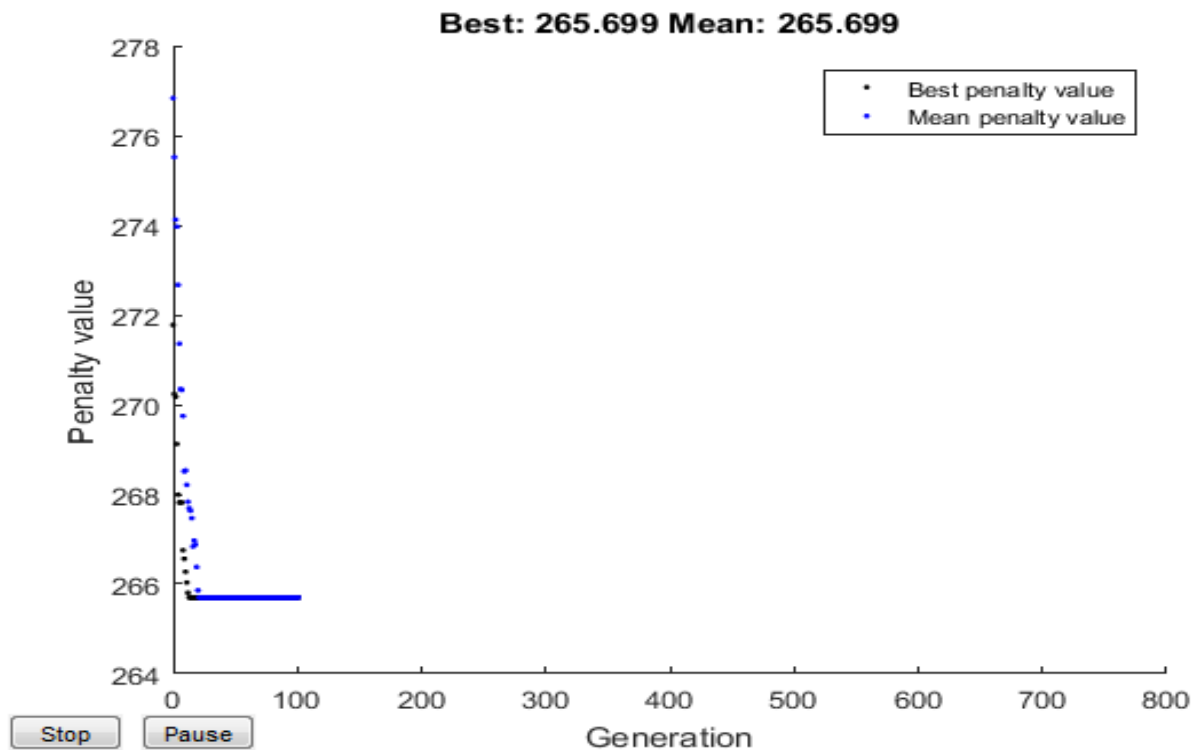
Διάγραμμα(Π) 115. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 01/01



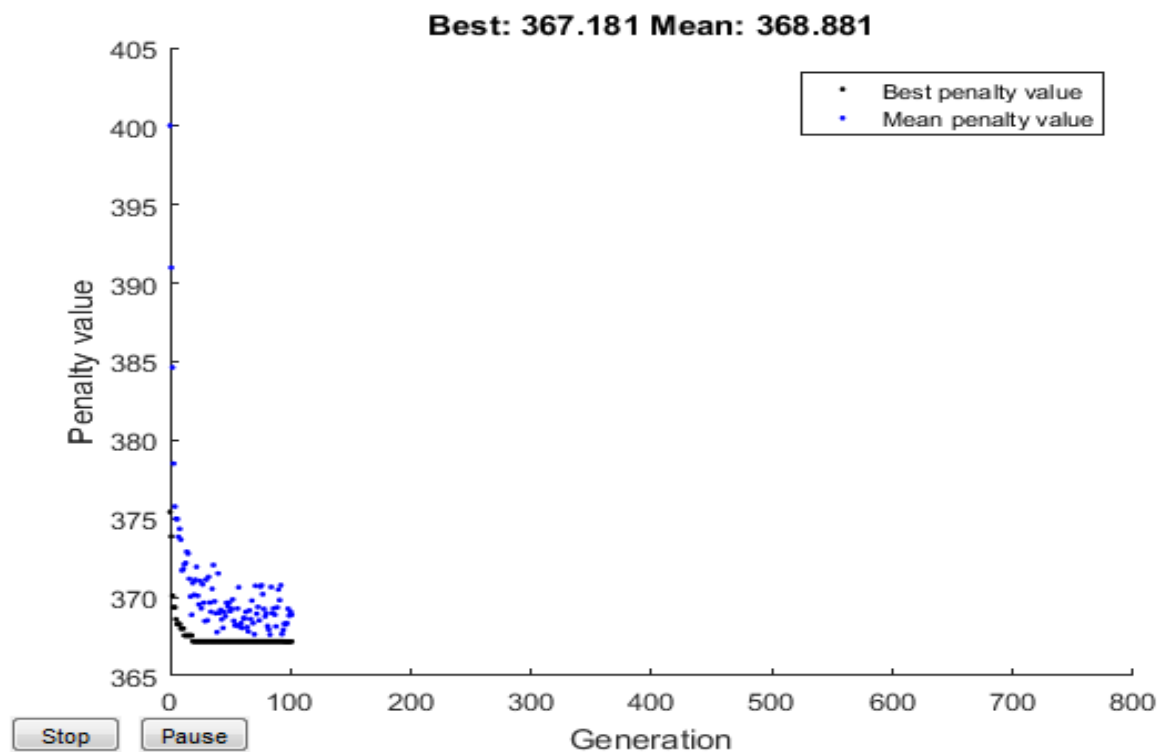
Διάγραμμα(Π) 116. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 01/01



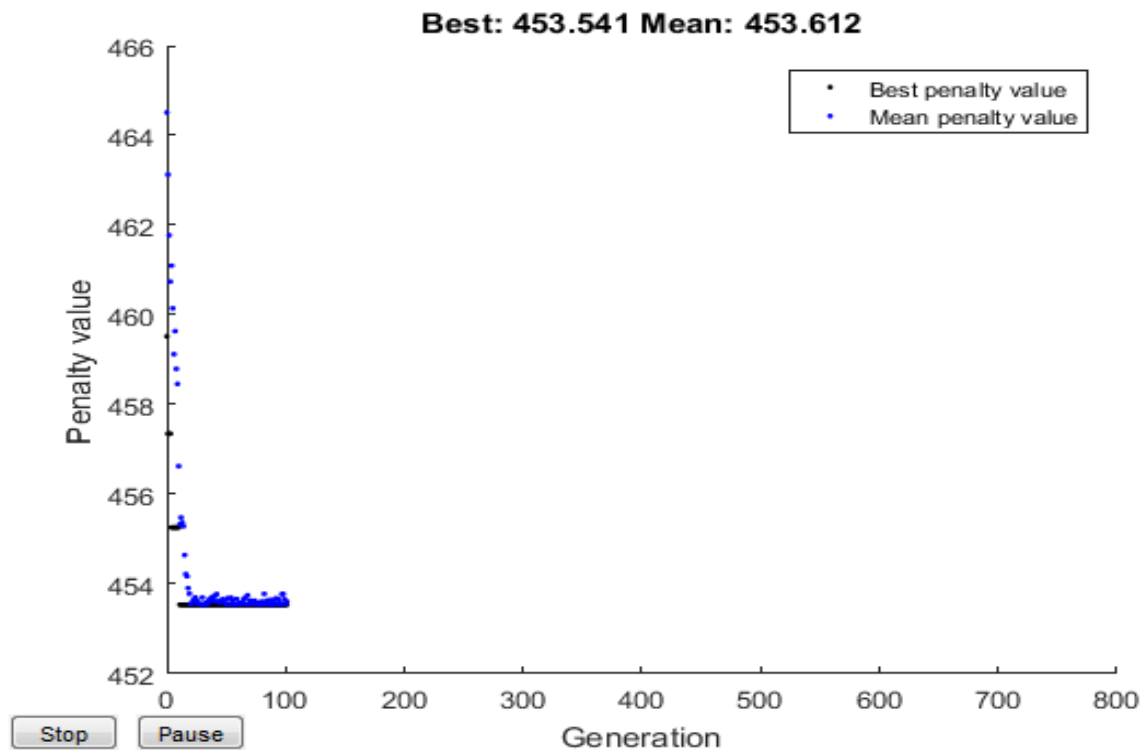
Διάγραμμα(Π) 117. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 11/01



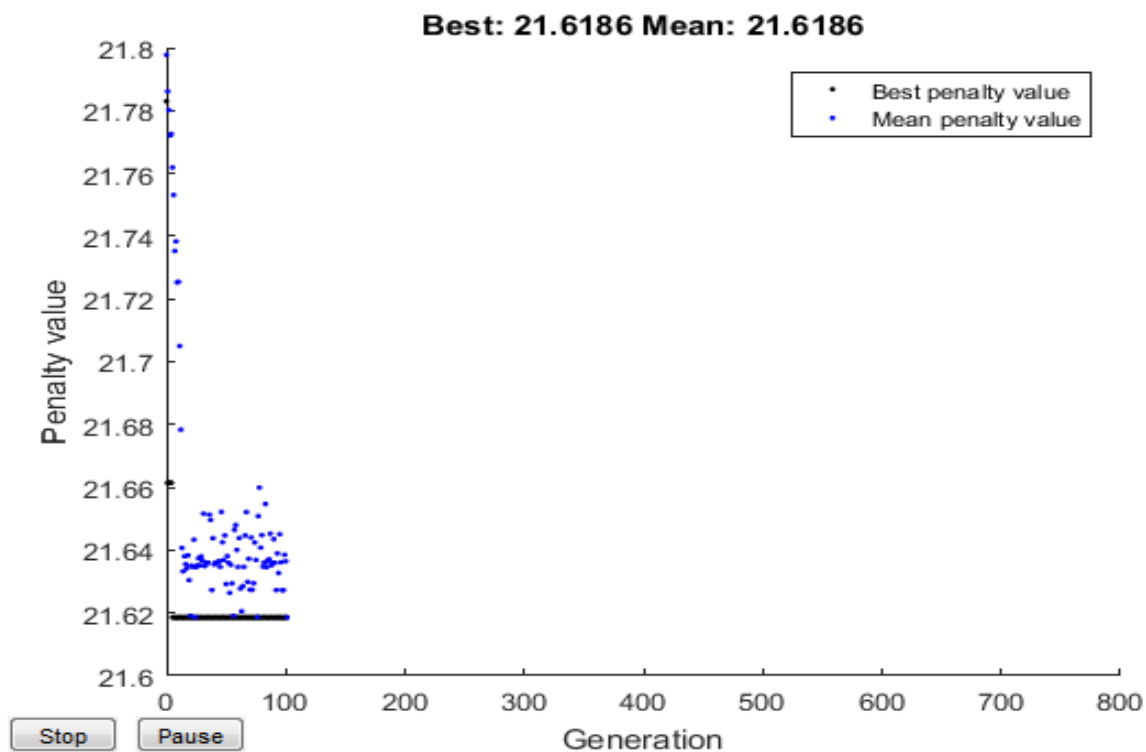
Διάγραμμα(Π) 118. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 11/01



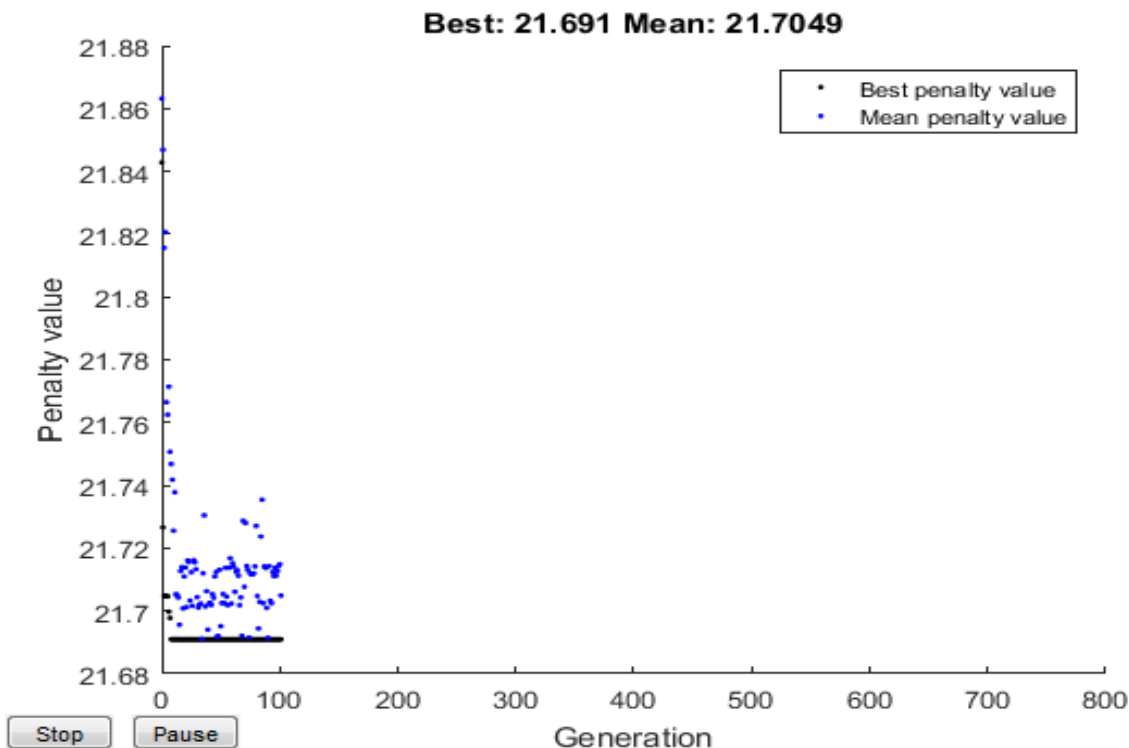
Διάγραμμα(Π) 119. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 12/01



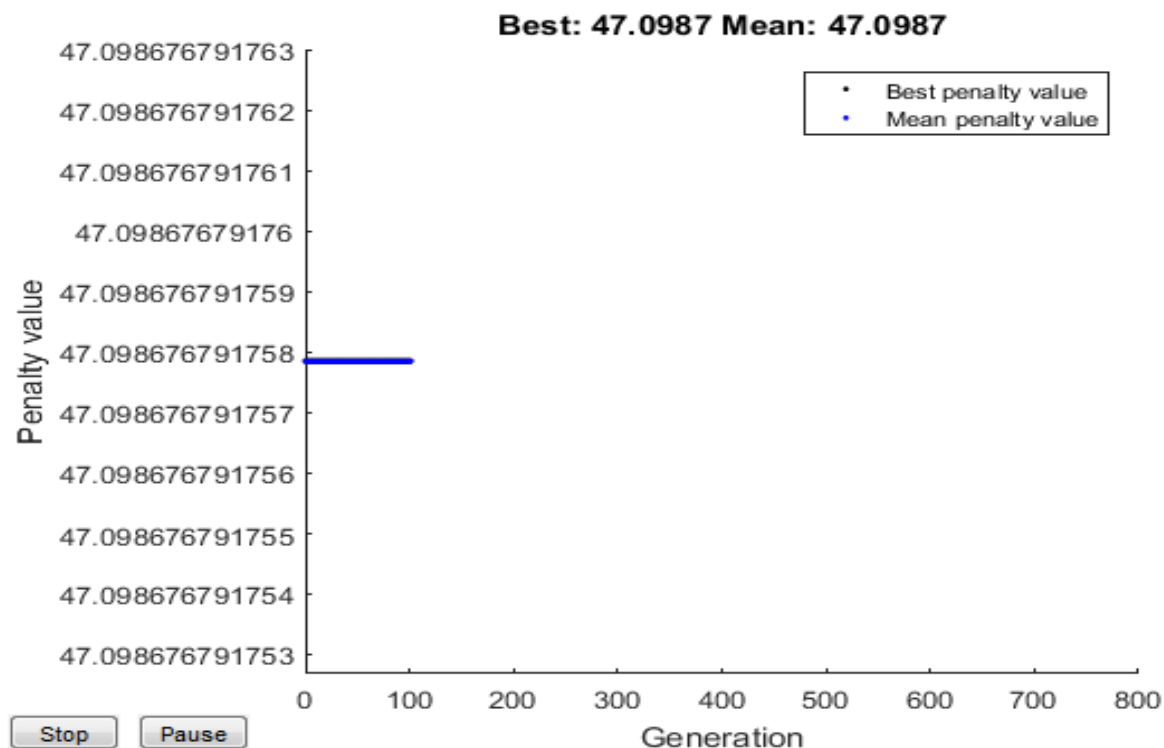
Διάγραμμα(Π) 120. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 12/01



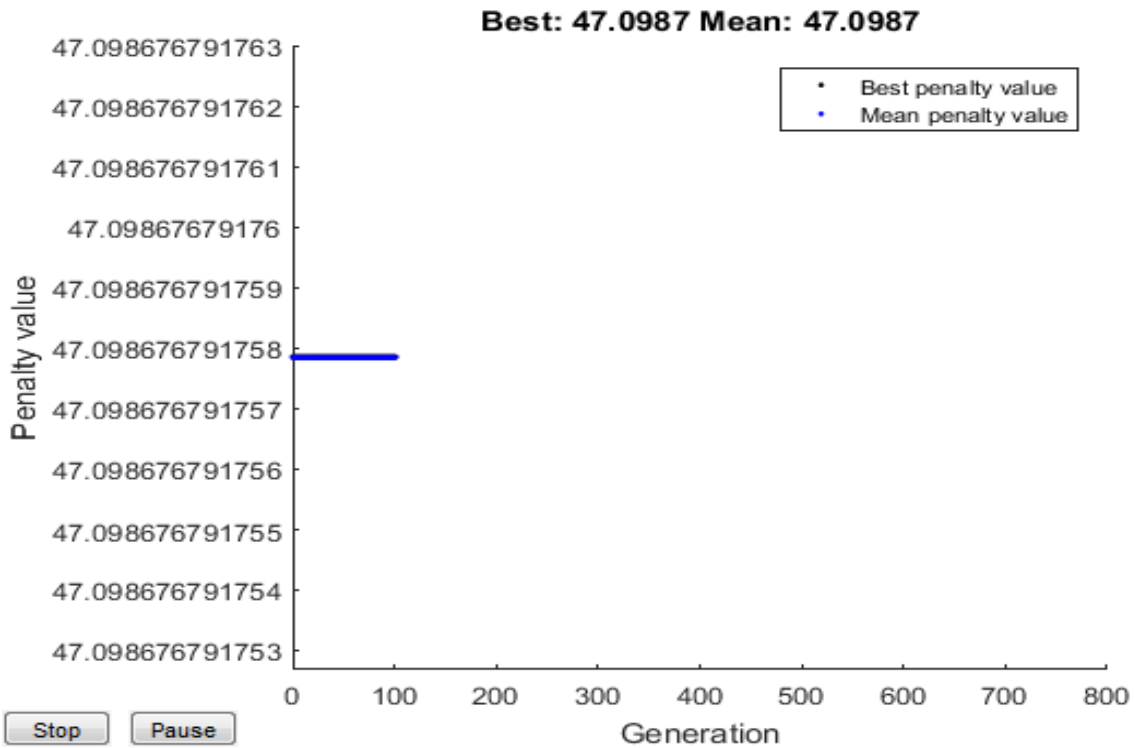
Διάγραμμα(Π) 121. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 12/07



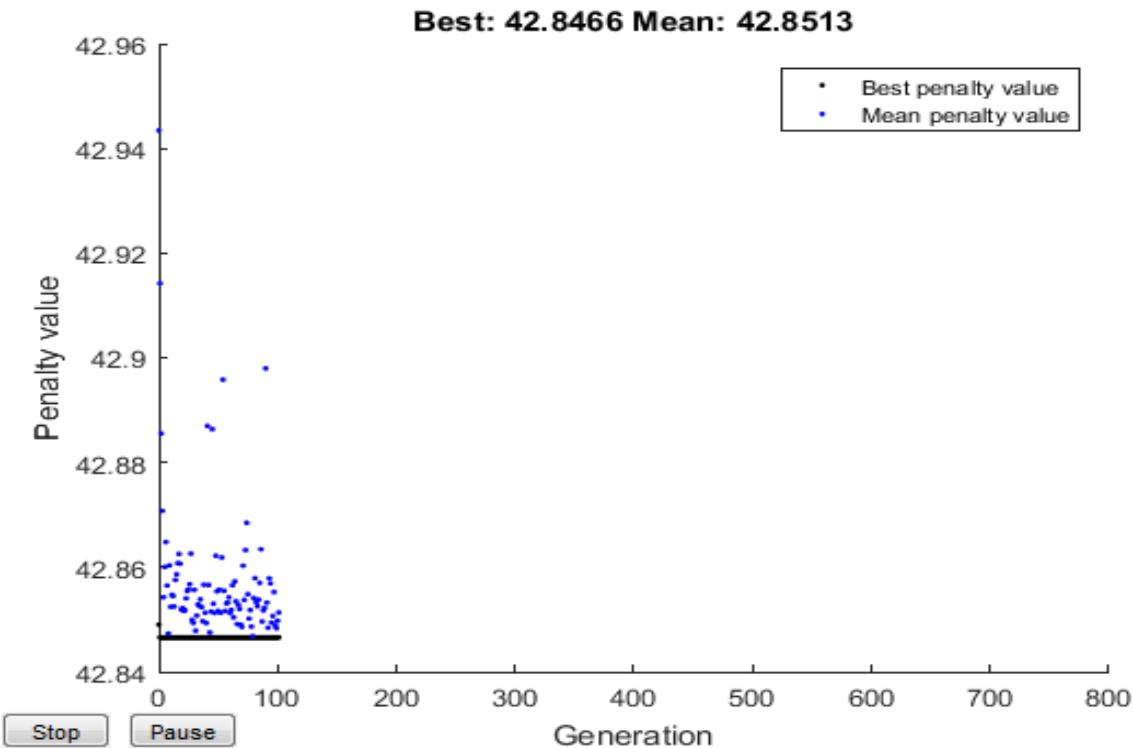
Διάγραμμα(Π) 122. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 12/07



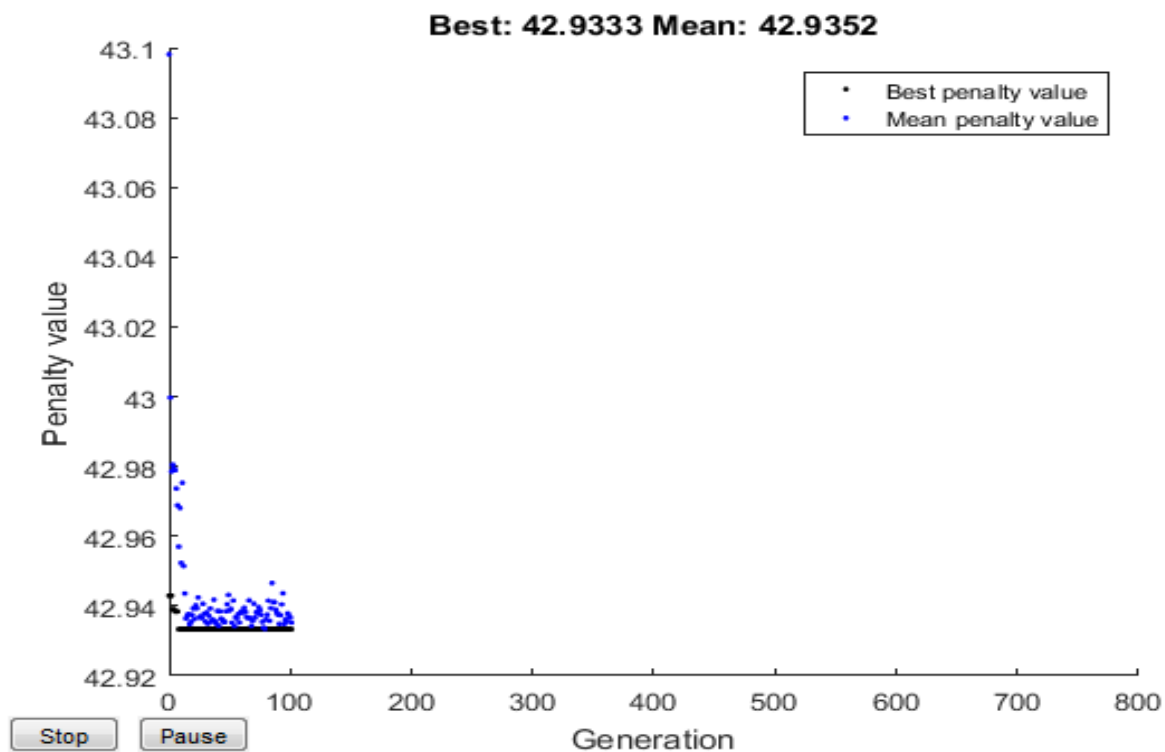
Διάγραμμα(Π) 123. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 15/07



Διάγραμμα(Π) 124. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 15/07



Διάγραμμα(Π) 125. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 5^ο σενάριο την 21/07



Διάγραμμα(Π) 126. Γράφημα Αποτελεσμάτων Γενετικού Αλγορίθμου για το 6^ο σενάριο την 21/07