



## ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
Σχολής Επιστημών Διοίκησης και Οικονομίας & Σχολής  
Μηχανικών

«ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ»



### Διπλωματική Εργασία:

«Το ενεργειακό προφίλ κτιρίου τριτογενή τομέα στην περιφερειακή ενότητα Αχαΐας και η οικονομοτεχνική μελέτη και αξιολόγηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων»



### Μεταπτυχιακός Φοιτητής:

Παναγιώτης Δρακονταειδής AM: (MO99)

### Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Εμμανουήλ Καραπιδάκης, Αν. Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Ηράκλειο, Δεκέμβριος 2021

Copyright © Παναγιώτης Δρακονταειδής 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του τμήματος.

Ευχαριστίες

*Η επίβλεψη της παρούσας εργασίας ανήκει στον καθηγητή κ. Εμμανουήλ Καραπιδάκη, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την καθοδήγηση που παρείχε με τις καθοριστικές συμβουλές και υποδείξεις του.*

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στη μελέτη του ενεργειακού προφίλ κτιρίου τριτογενή τομέα στην περιφερειακή ενότητα Αχαΐας και την οικονομοτεχνική αξιολόγηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων. Για να πραγματοποιηθεί η Ενεργειακή Ανάλυση του κτιρίου και να προσδιοριστούν τα σενάρια Ενεργειακής Αναβάθμισης, είναι απαραίτητο να προηγηθεί η Ενεργειακή Επιθεώρηση. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία διενέργειας της Ενεργειακής Επιθεώρησης του κτιρίου που υλοποιήθηκε ώστε να εκδοθεί το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), τα μέτρα και οι λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) στο κτίριο, όπως αναφέρονται στα τρία σενάρια των προτεινόμενων παρεμβάσεων που μελετήθηκαν στο πλαίσιο έκδοσης του (ΠΕΑ). Τέλος, αξιολογείται και προσδιορίζεται το βέλτιστο σενάριο Ενεργειακής Αναβάθμισης του κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη τα ενεργειακά, τα οικονομικά και τα λειτουργικά οφέλη και παρατίθενται μελλοντικές προτάσεις που θα ήταν χρήσιμο να υλοποιηθούν.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ενεργειακή Αναβάθμιση, Ενεργειακό Προφίλ Κτιρίου, Οικονομοτεχνική Μελέτη, Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης, ΠΕΑ, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Κτίριο Τριτογενή Τομέα

### ***Post - Graduate Thesis:***

*“The energy profile of a tertiary sector building in the regional unit of Achaia and the economic-technical study and evaluation of the proposed interventions”*

### **Abstract**

The present master thesis aims to study the energy profile of a tertiary sector building in the regional unit of Achaia and the economic and technical evaluation of the proposed interventions. It is necessary to precede the Energy Inspection of the building, to determine the Energy Upgrade scenarios of the building, so that the Energy Analysis can be possible. Then, follows the detailed description of the process of execution of the Energy Inspection of the building that is implemented, so that the Energy Performance Certificate (EPC) is issued, the energy saving measures and solutions (EXE) in the building, as mentioned in the three scenarios of the proposed interventions studied in the context of its issuance (EPC). Finally, the optimal scenario of Energy Upgrading of the building is evaluated and determined, considering the energy, financial and operational benefits, and future proposals are presented that would be useful to implement.

**Key Words:** Energy Upgrade, Building Energy Profile, Economic-Technical Study, Energy Performance Certificate, EPC, Energy Saving ,Tertiary Sector Building

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	iv
Κατάλογος Εικόνων .....	4
Κατάλογος Πινάκων .....	5
<b>1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Νομοθετικό Πλαίσιο Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής.....	7
1.2. Εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός – οδικός χάρτης 2050.....	8
1.2.1. Ο νέος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK).....	8
1.3. Διεθνές & Εθνικό Πλαίσιο βελτίωσης της Ενεργειακής Απόδοσης των Δημοσίων Κτιρίων .....	11
1.3.1. Στόχοι της ΕΕ στον τομέα της ενέργειας .....	11
1.3.2. Ποιες είναι οι επιδόσεις μας μέχρι σήμερα .....	12
1.4. Η περίπτωση της Ελλάδας.....	12
1.3.1 Ενεργειακοί στόχοι και συμβολή του κτιριακού τομέα στη χώρα .....	13
<b>2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ .....</b>	<b>15</b>
2.1. Εισαγωγή.....	15
2.2. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτηρίου.....	15
2.3. Ενδεικτικοί τομείς απωλειών ενέργειας σε κτίρια του τριτογενούς τομέα.....	16
2.4. Προκαταρκτικός προσδιορισμός ενεργειακών απαιτήσεων .....	16
2.4.1. Θέρμανση .....	16
2.4.2. Ψύξη.....	17
2.4.3. Αερισμός .....	18
2.4.4. Φωτισμός.....	18
2.5. Μεθοδολογική προσέγγιση .....	18
2.6. Ενεργειακή επιθεώρηση.....	19
2.6.1. Δεδομένα εισαγωγής στο ΤΕΕ-KENAK .....	21
2.6.2. Γενικά στοιχεία.....	21
2.6.3. Κλιματικά δεδομένα.....	22
2.6.4. Γενικά δεδομένα για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου.....	23
2.6.5. Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικών ζωνών.....	23
2.6.6. Δεδομένα για το κτιριακό κέλυφος των θερμικών ζωνών .....	23
2.6.7. Δεδομένα για τα διαφανή δομικά στοιχεία.....	25

2.6.8.	Δεδομένα για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.....	26
<b>3.</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	<b>28</b>
3.1.	Γενική περιγραφή κτιρίου .....	28
3.2.	Τυπολογία κτιρίου.....	30
3.2.1.	Χρήσεις κτιρίου.....	31
3.2.2.	Κλιματική ζώνη.....	31
3.3.	Κτιριακό κέλυφος.....	31
3.3.1.	Θερμομόνωση αδιαφανών δομικών στοιχείων .....	31
3.3.2.	Τύπος ανοιγμάτων.....	31
3.4.	Ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα.....	31
3.4.1.	Συστήματα θέρμανσης.....	32
3.4.2.	Συστήματα ψύξης και δροσισμού.....	32
3.4.3.	Συστήματα μηχανικού αερισμού.....	32
3.4.4.	Σύστημα τεχνητού φωτισμού .....	32
3.4.5.	Συστήματα ζεστού νερού χρήσης.....	33
3.4.6.	Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	33
3.4.7.	Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες.....	33
3.5.	Αποτελέσματα υπολογισμών – Ενεργειακή απόδοση κτιρίου.....	34
<b>4.</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ</b> .....	<b>36</b>
4.1.	Εισαγωγή.....	36
4.2.	Μεθοδολογία καθορισμού Ενεργειακών Παρεμβάσεων.....	36
4.3.	Προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας .....	37
4.4.	Σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης.....	38
4.4.1.	‘Σενάριο 1’ ενεργειακής αναβάθμισης.....	38
4.4.2.	‘Σενάριο 2’ ενεργειακής αναβάθμισης.....	39
4.4.3.	‘Σενάριο 3’ ενεργειακής αναβάθμισης.....	39
4.5.	Οικονομοτεχνική ανάλυση Σεναρίων.....	39
4.5.1.	Γενικά στοιχεία.....	39
4.5.2.	Δεδομένα εξοικονόμησης .....	40
4.5.3.	Λειτουργικό κόστος .....	42
4.5.4.	Εκτιμώμενος Προϋπολογισμός ανά σενάριο .....	44
4.5.5.	Εκτίμηση κόστους – οφέλους – αποσβέσεων προτεινόμενων επεμβάσεων.....	48
4.5.6.	Περίοδος Επανείσπραξης .....	50

4.5.7. Καθαρή Παρούσα Αξία .....	53
4.5.8. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης.....	54
<b>5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....</b>	<b>57</b>
5.1. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις.....	57
5.2. Αποδοτική ανάλυση σεναρίων .....	58
5.3. Προσδιορισμός βέλτιστης λύσης .....	59
5.4. Πρακτικός οδηγός ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων τριτογενούς τομέα .....	59
5.5. Μελλοντική εξέλιξη της έρευνας.....	60
Βιβλιογραφία.....	61
Παράρτημα .....	63



## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1:Οι τέσσερις Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας .....	23
Εικόνα 2: Θέση του κτιρίου.....	28
Εικόνα 3: Κύρια είσοδος του κτιρίου με προσανατολισμό βορειοδυτικό .....	29
Εικόνα 4: Πλαϊνή όψη του κτιρίου με προσανατολισμό νοτιοδυτικό .....	29
Εικόνα 5: Πίσω πλευρά του κτιρίου με προσανατολισμό νοτιοανατολικό .....	30
Εικόνα 6: Πλαϊνή όψη του κτιρίου με προσανατολισμό βορειοανατολικό .....	30
Εικόνα 7: Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου .....	34
Εικόνα 8: Γράφημα εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας .....	41
Εικόνα 9: Γράφημα εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας .....	41
Εικόνα 10: Γράφημα εκτιμώμενης ετήσιας μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου.....	42
Εικόνα 11: Γράφημα (ετήσιου) λειτουργικού κόστους.....	43
Εικόνα 12: Γράφημα τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κόστος επένδυσης.....	49
Εικόνα 13: Γράφημα τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κόστος....	49
Εικόνα 14:Γράφημα τιμής λειτουργικού οφέλους σε σχέση με το αρχικό λειτουργικό κόστος .....	50
Εικόνα 15:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη υπολογισμένο με το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK .....	51
Εικόνα 16:Γράφημα προεξωφλημένης περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης.....	51
Εικόνα 17:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη με χρηματοδότηση 50% .....	52
Εικόνα 18:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη υπολογισμένο με το ΤΕΕ-KENAK συγκριτικά με περίοδο επανείσπραξης με χρηματοδότηση 50%. .....	53
Εικόνα 19:Γράφημα καθαρής παρούσας αξίας με χρηματοδότηση 50% σε σύγκριση με το ΑΚΕ .....	54
Εικόνα 20:Γράφημα καθαρής παρούσας αξίας με χρηματοδότηση 50% .....	54
Εικόνα 21:Καθαρή Παρούσα Αξία και Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση .....	55
Εικόνα 22:Καθαρή Παρούσα Αξία και Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης επένδυσης με χρηματοδότηση 50%.....	56

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ελάχιστες απαιτήσεις θερμομονωτικής επάρκειας δομικών υλικών σύμφωνα με τον νέο ΚΕΝΑΚ για τα υφιστάμενα κτίρια (3.4α ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) .....	10
Πίνακας 2: Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια πηγών ενέργειας(1.2 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) .....	10
Πίνακας 3: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων(1.3 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) .....	15
Πίνακας 4: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ 2010, (3.5α ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) .....	24
Πίνακας 5: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ 2010, (3.5β ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) .....	25
Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> ) ...	40
Πίνακας 7: Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση και ενεργειακή κατάταξη.....	40
Πίνακας 8: Συγκεντρωτικός πίνακας ετήσιου λειτουργικού κόστους.....	43
Πίνακας 9: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 1 .....	45
Πίνακας 10: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 2 .....	46
Πίνακας 11: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 3 .....	47
Πίνακας 12: Εξοικονόμηση και κόστη επεμβάσεων .....	48
Πίνακας 13: Πίνακας εκτίμησης οφέλους ενεργειακών επεμβάσεων στο κτίριο .....	60

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΚΘΚ	Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων
ΤΟΤΕΕ	Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΕΞΕ	Εξοικονόμηση Ενέργειας
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΒΕΜΣ	Building Energy Management System
ΠΕ	Περίοδος Επανείσπραξης
ΚΠΑ	Καθαρή Παρούσα Αξία
ΕΣΑ	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης
ΑΚΕ	Αρχικό Κόστος Επένδυσης
ΕΡC	Energy Performance Certificate

# 1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

## 1.1. Νομοθετικό Πλαίσιο Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής

Κατά τη διάσκεψη της Κοπεγχάγης το Νοέμβριο του 2009 για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, τα κράτη – μέλη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών έθεσαν ως στόχο τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Ο στόχος αυτός είναι δυνατόν να επιτευχθεί εφόσον η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σταθεροποιηθεί στα 450 ppm. Αυτό σημαίνει ότι, παγκοσμίως, το επίπεδο των εκπομπών πρέπει να μειωθεί δραστικά, ώστε μέχρι το 2050 να περιοριστεί στο 50% περίπου του αντίστοιχου επιπέδου του 1990. Ο επιμερισμός του παγκόσμιου αυτού στόχου ανά περιοχή δεν είναι δυνατόν να είναι ισομερής. Λαμβάνοντας υπ' όψη την τάση για σημαντική αύξηση των εκπομπών από τις αναπτυσσόμενες οικονομίες (Κίνα, Ινδία, κ.λπ.), η ανάλυση με παγκόσμια ενεργειακά πρότυπα (Prometheus του ΕΜΠ-Ε3MLab, POLES του IPTS και WEO του IEA) δείχνει ότι η υποχρέωση μείωσης των εκπομπών από τις χώρες του ΟΟΣΑ πρέπει να διαμορφωθεί στο 80% το 2050 συγκριτικά με το 1990. Η ανάλυση δείχνει επίσης ότι για την επίτευξη του στόχου οι αναπτυσσόμενες οικονομίες πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές κατά 25% το 2050 σε σχέση με το επίπεδο εκπομπών του 1990, στόχος που αντιστοιχεί σε μείωση κατά περίπου 80% από τις εκπομπές τους το 2050 στο πλαίσιο των τρεχουσών τάσεων ανάπτυξης.<sup>[1]</sup>

Επομένως, για την Ευρωπαϊκή Ένωση τίθεται ως στόχος η μείωση κατά 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το 2050 σε σχέση με το επίπεδο του 1990. Προκύπτει επίσης ενδιάμεσος στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 40% το 2030, έναντι του 1990. Η μείωση αυτή πρέπει να επιτευχθεί εντός της Ευρώπης. Με τη χρήση του ενεργειακού προτύπου PRIMES (ΕΜΠ-Ε3MLab), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσδιόρισε το 2010 μια οικονομικά βέλτιστη κατανομή της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών κατά χώρα – μέλος. Έτσι, προέκυψε για την Ελλάδα στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 70-75% το 2050 έναντι του 1990. Δεδομένου ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται περίπου για το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και ότι η δραστική μείωση των εκπομπών μεθανίου σε ορισμένους τομείς όπως ο αγροτικός είναι ιδιαίτερα δύσκολη, ο στόχος που τίθεται για τη μείωση των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας είναι τουλάχιστον ίσος με το γενικό στόχο, δηλαδή (-80%) μέχρι το 2050 και (-40%) μέχρι το 2030.<sup>[1]</sup>

Επομένως, η μεγάλη πρόκληση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απευθύνεται στον ενεργειακό τομέα και επιβάλλει μεγάλες αλλαγές τόσο στην κατανάλωση, κτιριακός χώρος, όσο και στην παραγωγή ενέργειας.

## 1.2. Εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός – οδικός χάρτης 2050

Βασική πρόκληση και στόχο αποτελεί για την εθνική ενεργειακή πολιτική η υλοποίηση μέτρων και δράσεων, που η εφαρμογή τους θα οδηγήσει σε ουσιαστική εξοικονόμηση ενέργειας. Η ενεργειακή εξοικονόμηση θα πρέπει να προέλθει ουσιαστικά από τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την αλλαγή της ενεργειακής συμπεριφοράς των καταναλωτών, ανεξάρτητα από τις δυσχερείς οικονομικές συνθήκες, που εξ ορισμού τους οδηγούν σε μείωση των δαπανών και, κατ' επέκταση, της κατανάλωσης ενέργειας.<sup>[2]</sup>

### 1.2.1. Ο νέος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)

Ο μέχρι πρόσφατα ισχύων κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΧ), ο οποίος είχε τεθεί σε ισχύ στη χώρα μας από το 1979 και που κατ' ουσία ήταν αυτός που καθόριζε τις απαιτήσεις για τη θερμική προστασία των κατασκευών και επέβαλε τη σύνταξη σχετικής μελέτης θερμομόνωσης για κάθε νέο κτίριο ή προσθήκη σε υφιστάμενη κατασκευή, αποτελούσε τμήμα ενός ανολοκλήρωτου μάλλον νομοθετικού πλαισίου σε θέματα φυσικής των κτιρίων, που όμως λειτούργησε ικανοποιητικά για περίπου 30 χρόνια.<sup>[3]</sup> Ωστόσο, στον κανονισμό δεν γινόταν καμία μνεία για τα υφιστάμενα κτίρια και τους τρόπους θερμικής προστασίας του κελύφους τους. Γι' αυτά, ούτε υποχρέωση υπήρχε από τους ιδιοκτήτες τους, ούτε υπόδειξη ή έστω παρότρυνση με την ανάπτυξη κάποιας πολιτικής κινήτρων για την ενεργειακή τους ανάπλαση. Οι υφιστάμενες κατασκευές αφέθηκαν να λειτουργούν ενεργοβόρα και χωρίς προοπτικές βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης, μέχρι εξαντλήσεως του κύκλου ζωής τους.<sup>[3]</sup>

Η χώρα μας, αν και καθυστερημένα, συμμορφώθηκε πρόσφατα με το κοινοτικό δίκαιο που, την τελευταία δεκαετία τουλάχιστον, έχει θέσει σε ισχύ ένα πυκνό πλέγμα οδηγιών και κανονισμών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τόσο των νεόδμητων όσο και των υφισταμένων. Βάση της ευρωπαϊκής πολιτικής στον τομέα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων αποτελεί η οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, η οποία εφαρμόζεται ήδη στα κράτη - μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω των αναγκαίων νομοθετημάτων και κανονιστικών πράξεων. Κύριος στόχος αυτής της οδηγίας είναι η προώθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, εξασφαλίζοντας, κατά το δυνατόν, ότι τα λαμβανόμενα μέτρα θα είναι τα περισσότερο αποδοτικά από την άποψη του κόστους της υλοποίησης και της αποτελεσματικότητάς τους.

Η ελληνική νομοθεσία εναρμονίστηκε με την ευρωπαϊκή οδηγία με το νέο νόμο 3661/08 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων», που τέθηκε σε ισχύ στις 9 Μαΐου 2008. Ο νόμος αυτός ενσωμάτωσε όλες τις διατάξεις της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ αφενός μεν με την έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), αφετέρου δε, με τον καθορισμό της διαδικασίας εκπόνησης των ενεργειακών μελετών με τον οποίο συμπληρώθηκε ο κορμός και το θεσμικό πλαίσιο για μια ορθολογική χρήση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Για την επιτυχία του εγχειρήματος όμως, είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση του δημόσιου τομέα, η ευαισθητοποίηση των πολιτών, η ετοιμότητα της αγοράς, η θέσπιση κινήτρων επίσης και η πολιτική βούληση από μέρους της πολιτείας για την ορθή εφαρμογή του κανονιστικού πλαισίου.<sup>[4] [5]</sup>

Ο νέος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ με την απόφαση ΔΕΠΕΑ/οικ.178581/2017. Από την έναρξη ισχύος της νέας απόφασης καταργείται η Δ6/Β/οικ. 5825/30.3.2010 απόφαση των υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.<sup>[3]</sup>

Η απόφαση των υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής διατηρείται σε ισχύ έως και την ημέρα της δημοσίευσης της απόφασης του υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας περί εγκρίσεως των Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ). Η ισχύς της νέας απόφασης αρχίζει την επομένη της δημοσίευσης της απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας περί εγκρίσεως των ΤΟΤΕΕ της νέας απόφασης. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων αφορούν τόσο στο σύνολο του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, όσο και στα επί μέρους δομικά στοιχεία του κελύφους και τα τεχνικά συστήματα του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, που έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση, με στόχο την επίτευξη βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων. Κάθε υφιστάμενο κτίριο ή υφιστάμενη κτιριακή μονάδα που ανακαινίζεται ριζικά ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με τον πίνακα 1, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό. Σε όλα τα υφιστάμενα κτίρια ή κτιριακές μονάδες – κατοικίας και τριτογενούς τομέα – που ανακαινίζονται ριζικά, οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτίριο ή η κτιριακή μονάδα: α) πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές για υφιστάμενα κτίρια και β) η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι μικρότερη ή ίση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και το κτίριο ή η κτιριακή μονάδα κατατάσσεται τουλάχιστον στην ενεργειακή κατηγορία Β.<sup>[3]</sup>

Δομικό στοιχείο	σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	UR	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	UT	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτές)	UFA	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	UTU	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	UTB	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	UFU	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	UFB	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	UW	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	UGF	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 1: Ελάχιστες απαιτήσεις θερμομονωτικής επάρκειας δομικών υλικών σύμφωνα με τον νέο KENAK για τα υφιστάμενα κτίρια (3.4α TOTEE 20701-1/2017)

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,50	---

Πίνακας 2: Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια πηγών ενέργειας (1.2 TOTEE 20701-1/2017)

Στα υφιστάμενα κτίρια ή υφιστάμενες κτιριακές μονάδες, κάθε δομικό στοιχείο που αποτελεί τμήμα του κελύφους, όταν τοποθετείται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται, και κάθε τεχνικό σύστημα, όταν τοποθετείται εκ των υστέρων, αναβαθμίζεται ή αντικαθίσταται, ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του νέου κανονισμού KENAK, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το δομικό στοιχείο του κελύφους ή το τεχνικό σύστημα πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές για υφιστάμενα κτίρια. <sup>[3] [6]</sup>

Οι ελάχιστες μηχανολογικές απαιτήσεις του κτιρίου κατηγορίας Β, όπως ορίζεται από τον KENAK, θα πρέπει να είναι: συστήματα παραγωγής, διανομής και εκπομπής θέρμανσης / ψύξης: <sup>[6]</sup>

- μεμονωμένος αυτόματος έλεγχος (σε επίπεδο θερμικής ζώνης) της λειτουργίας

των τερματικών μονάδων,

- κεντρικός έλεγχος δικτύου διανομής (αντιστάθμιση),
- σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης, η προτεραιότητα βασίζεται στα φορτία και στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής.

### 1.3. Διεθνές & Εθνικό Πλαίσιο βελτίωσης της Ενεργειακής Απόδοσης των Δημοσίων Κτιρίων

Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ευρώπη το 2020 θέτει στο επίκεντρο της στρατηγικής την ενεργειακή απόδοση για μία ανάπτυξη έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς και τη μετάβαση προς μία οικονομία με επάρκεια πόρων. Σε έναν κόσμο που βασίζει την κατανάλωση ενέργειας για την ανάπτυξη της οικονομικής δραστηριότητας σε συμβατικές μορφές καυσίμων και την οποία χρησιμοποιεί με τρόπο μη ορθολογικό, πρέπει να βρεθεί το κατάλληλο μείγμα για την ενεργειακή μας απεξάρτηση.<sup>[2]</sup>

#### 1.3.1. Στόχοι της ΕΕ στον τομέα της ενέργειας

Η ΕΕ έχει θέσει ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους για το 2020, το 2030 και το 2050.<sup>[2]</sup>

##### Στόχοι για το 2020:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990,
- άντληση του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές,
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

##### Στόχοι για το 2030:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40%,
- άντληση τουλάχιστον του 27% της ενέργειας στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές,
- αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27-30%,
- διασύνδεση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 15% (δηλαδή το 15% της ενέργειας που παράγεται στην ΕΕ πρέπει να μπορεί να μεταφέρεται και προς άλλες χώρες της ΕΕ).

##### Στόχος για το 2050:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.



Ο 'Ενεργειακός Χάρτης Πορείας 2050' δείχνει πώς μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος αυτός.<sup>[4]</sup>

### 1.3.2. Ποιες είναι οι επιδόσεις μας μέχρι σήμερα

Η ΕΕ βρίσκεται σε καλό δρόμο για την επίτευξη των στόχων του 2020: οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 18% την περίοδο 1990 – 2012. Το ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές έφθασε στο 14,1% το 2012, σημείωσε δηλαδή άνοδο σε σχέση με το 8,5% που ήταν το 2005 και η ενεργειακή απόδοση αναμένεται να βελτιωθεί κατά 18–19% έως το 2020.

Βρισκόμαστε δηλαδή πολύ κοντά στον στόχο του 20%. Μπορούμε λοιπόν να πετύχουμε πλήρως τον στόχο που έχουμε θέσει, εάν τα κράτη-μέλη εφαρμόσουν όλες τις απαραίτητες νομοθετικές πράξεις της ΕΕ.<sup>[1]</sup>

### 1.4. Η περίπτωση της Ελλάδας

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα, καταναλώνοντας το 40% της συνολικά προσφερόμενης προς τελική χρήση ενέργειας, αποτελεί έναν από τους πιο ενεργοβόρους τομείς της οικονομίας. Οι κατοικίες, διαθέτοντας ένα τεράστιο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας υποστηρίζονται μέσα από προγράμματα ενεργειακής κτιριακής αναβάθμισης, έχοντας ως κοινό στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020 κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Πολλές φιλόδοξες πολιτικές στην Ευρωπαϊκή Ένωση οδήγησαν το 2008 σε μείωση κατά 11,3% των εκπομπών, αποδεικνύοντας τη δυνατότητα συνέχισης της πορείας προς ένα καθαρότερο περιβάλλον. Η Ελλάδα ήταν υποχρεωμένη, βάσει του Εθνικού Σχεδίου Ενεργειακής Απόδοσης (Δεκέμβριος 2007), να μειώσει έως το 2016 κατά 5,5 TWh (5,5 εκατομμύρια kWh) την κατανάλωση στον οικιακό τομέα. Η μείωση ισοδυναμεί με άμεσα αποτελέσματα στις δαπάνες των νοικοκυριών και με το 30% της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας έως το 2016.

Σύμφωνα με το Άρθρο 3 της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση, κάθε Κράτος-Μέλος καλείται να καθορίσει ενδεικτικό εθνικό στόχο ενεργειακής απόδοσης για το έτος 2020, βασιζόμενο είτε στην πρωτογενή ή στην τελική κατανάλωση ενέργειας, είτε στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ή τελικής ενέργειας, είτε στην ενεργειακή ένταση. Στον ελληνικό σχεδιασμό για τον καθορισμό του εθνικού ενδεικτικού στόχου ενεργειακής απόδοσης για το 2020, λαμβάνονται επίσης υπόψη και συνεκτιμώνται οι ακόλουθες παράμετροι: Ότι η κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ των 28 Κρατών-Μελών το 2020 δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 1.483 εκατομμύρια toe πρωτογενούς ενέργειας ή τα 1.086 εκατομμύρια toe τελικής ενέργειας, τα μέτρα δηλαδή που προβλέπονται στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ. Τα μέτρα που ελήφθησαν και λαμβάνονται για την

επίτευξη των εθνικών στόχων εξοικονόμησης ενέργειας περιγράφονται στο Ν.3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α, 95, 23-06-2010), στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες.<sup>[7]</sup>

Η διαδικασία για τον υπολογισμό του εθνικού ενδεικτικού στόχου έλαβε υπόψη τις συνθήκες που επηρεάζουν την κατανάλωση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας, καθώς και τις εκτιμήσεις εξέλιξης των βασικών μεγεθών της ελληνικής οικονομίας μέχρι το 2020 και του ενεργειακού μείγματος, όπως έχουν διαμορφωθεί μέχρι σήμερα. Προκειμένου να υπολογιστεί ο στόχος, εκτιμήθηκε η εξέλιξη της οικονομικής αποτελεσματικότητας τεχνολογιών βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης έως το 2020, καθώς και η εφαρμογή συγκεκριμένων πολιτικών και δράσεων στο σύνολο των ενεργειακών τομέων.

Επιπλέον, στο πλαίσιο αυτό, ελήφθησαν υπόψη τα μέτρα και οι δράσεις που περιγράφονται τόσο στο 1<sup>ο</sup> όσο και στο 2<sup>ο</sup> Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση, καθώς και οι αντίστοιχοι στόχοι και δράσεις που περιγράφονται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ. Επίσης, ενσωματώθηκαν και τα μέτρα πολιτικής που περιγράφηκαν στην έκθεση που υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Δεκέμβριο του 2013 στο πλαίσιο του Άρθρου 7 της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ.<sup>[7]</sup>

### 1.3.1 Ενεργειακοί στόχοι και συμβολή του κτιριακού τομέα στη χώρα

Τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με την Eurostat, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική αναγωγή, τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες.<sup>[5]</sup>

Η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων του τριτογενούς τομέα είναι επίσης εξαιρετικά υψηλή, και σχετικές στατιστικές έχουν διαπιστώσει ότι, για παράδειγμα, η ενεργειακή κατανάλωση των γραφείων στην χώρα μας είναι συγκριτικά η μεγαλύτερη ανάμεσα στις Ευρωπαϊκές χώρες. Η ελλιπής προστασία των υπαρχόντων κτιρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο ανορθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτιρίων ως συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η αστική κλιματική μεταβολή, η παλαιότητα των κτιρίων και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για περίπου 40 χρόνια, όσον αφορά στην ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτιρίων, είχαν ως αποτέλεσμα:

- την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας,
- τη συμπίεση, οικονομικά και κοινωνικά, των χαμηλών εισοδηματικών τάξεων,
- την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας,
- και την για μεγάλο χρονικό διάστημα αθέτηση των διεθνών δεσμεύσεων της χώρας για το περιβάλλον, όπως η συμφωνία του Κιότο, η Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Ενεργειακές Επιδόσεις των Κτιρίων ("Energy Performance of Buildings Directive", EPBD).

Όλα τα ανωτέρω οδηγούν στη διαπίστωση ότι η μεγάλη πλειοψηφία (σχεδόν το 65%) των κτιρίων κατασκευάστηκε πριν το 1980 και δεν είναι θερμομονωμένα, συνεπώς απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις, με τα σημερινά επίπεδα, αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.<sup>[5]</sup>

## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

### 2.1. Εισαγωγή

Για την εκπόνηση της Ενεργειακής Επιθεώρησης και της Ενεργειακής – Οικονομικής Ανάλυσης που αφορούν στα μέτρα Ενεργειακής Αναβάθμισης ενός κτιρίου, χρησιμοποιούμε τα πρότυπα της κείμενης Νομοθεσίας του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), καθώς και των αντίστοιχων Τεχνικών Οδηγιών (ΤΟΤΕΕ) που τη συνοδεύουν. <sup>[6] [10]</sup>

### 2.2. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτηρίου

Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η Ενεργειακή Αποτύπωση του κτιρίου και να προσδιοριστούν τα σενάρια Ενεργειακής Αναβάθμισης είναι απαραίτητο να προηγηθεί η Ενεργειακή Επιθεώρηση. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία εκτέλεσης της Ενεργειακής Επιθεώρησης του κτιρίου που υλοποιήθηκε ώστε να εκδοθεί το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), τα μέτρα και οι λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) στο κτίριο όπως αναφέρονται στα τρία σενάρια παρεμβάσεων (ΕΞΕ) που μελετήθηκαν στο πλαίσιο έκδοσης του ΠΕΑ. Τέλος, προσδιορίζεται το βέλτιστο σενάριο Ενεργειακής Αναβάθμισης του κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη τα ενεργειακά, τα οικονομικά και τα λειτουργικά οφέλη. <sup>[6]</sup>

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33RR$	$T \leq 0,33$
A	$0,33RR < EP \leq 0,50RR$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50RR < EP \leq 0,75RR$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75RR < EP \leq 1,00RR$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00RR < EP \leq 1,41RR$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41RR < EP \leq 1,82RR$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82RR < EP \leq 2,27RR$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27RR < EP \leq 2,73RR$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73RR < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 3:Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων(1.3 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)

## 2.3. Ενδεικτικοί τομείς απωλειών ενέργειας σε κτίρια του τριτογενούς τομέα

Απαραίτητη προϋπόθεση προσδιορισμού των κατάλληλων μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο, αποτελεί ο ακριβής προσδιορισμός των μεγαλύτερων απωλειών ενέργειας. Αναλυτικότερα, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ό,τι ο προσδιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων σε κάθε κτίριο δεν είναι ο ίδιος. Ανάλογα με τη χρήση, τη γεωγραφική θέση και το μέγεθος του κτιρίου οι ενεργειακές απώλειες αλλάζουν. Οι βασικές κατηγορίες απωλειών που συναντώνται σε κτίρια του τριτογενούς τομέα με χρήση Γραφείου, αφορούν τις ακόλουθες τέσσερις ομάδες:

- θέρμανση,
- ψύξη,
- αερισμό,
- φωτισμό.

Πριν διεκπεραιωθεί η μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης σε ένα κτίριο, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι βασικές απώλειες του. Η διαδικασία υπολογισμού των απωλειών πραγματοποιείται με την Ενεργειακή Επιθεώρηση. Πριν λοιπόν προβούμε στην μελέτη, από την συγκέντρωση όλων των δεδομένων του κτιρίου μπορούμε να αντιληφθούμε τα σημεία που θα εμφανίσουν το μεγαλύτερο ενεργειακό πρόβλημα, και στη συνέχεια να εστιάσουμε την προσοχή μας, τόσο στην προσεκτικότερη λήψη των δεδομένων, όσο και στις δράσεις εξοικονόμησης που αφορούν τις συγκεκριμένες κατηγορίες. Στη συνέχεια θα προβούμε σε μια γενική προκαταρκτική εκτίμηση των απαιτήσεων και των προβλημάτων που παρουσιάζει ένα κτίριο παρόμοιο με το υπό μελέτη και θα προβάλλουμε ενδεικτικές λύσεις.

[6]

## 2.4. Προκαταρκτικός προσδιορισμός ενεργειακών απαιτήσεων

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο οι ενεργειακές απαιτήσεις σε ένα κτίριο, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, εστιάζονται στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες: θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό.

### 2.4.1. Θέρμανση

Η ενεργειακή κατανάλωση για τη θέρμανση σε ένα κτίριο προσδιορίζεται από δύο βασικά στοιχεία. Το πρώτο αφορά την θερμική θωράκιση του κτιρίου σε συνδυασμό με την γεωγραφική θέση του, ενώ το δεύτερο, το εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου.

Όσον αφορά την θερμική θωράκιση του κτιρίου σε συνδυασμό με τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται, είναι η ύπαρξη ή μη θερμομόνωσης κελύφους. Αναλυτικότερα, ένα κτίριο όσο καλύτερη θερμομόνωση διαθέτει, ιδιαίτερα αν βρίσκεται σε ψυχρό περιβάλλον, παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλότερες θερμικές απαιτήσεις. Επομένως, ένα κτίριο που είναι κατασκευασμένο πριν το ΚΘΚ θα παρουσιάζει τεράστιες απαιτήσεις θέρμανσης. Αντιθέτως, ένα κτίριο σύμφωνο με τον ΚΘΚ παρουσιάζει μικρότερες και ένα κτίριο σύμφωνο με τον αναθεωρημένο ΚΕΝΑΚ που ισχύει σήμερα εμφανίζει σχεδόν μηδενικές.

Το δεύτερο στοιχείο που αφορά το εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης συσχετίζεται άμεσα με την προηγούμενη ανάλυση. Ένα κτίριο που εμφανίζει μεγαλύτερες απαιτήσεις επηρεάζεται περισσότερο από το σύστημα θέρμανσης, αφού θα λειτουργεί μεγαλύτερο διάστημα. Επομένως, ένα απαρχαιωμένο σύστημα με χαμηλό βαθμό απόδοσης, κακοσυντηρημένο και με μηδανιούς αυτοματισμούς θα παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλο λειτουργικό κόστος.

#### 2.4.2. Ψύξη

Η ενεργειακή κατανάλωση για τη ψύξη σε ένα κτίριο προσδιορίζεται από τα δύο προηγούμενα βασικά στοιχεία. Το πρώτο αφορά την θερμική θωράκιση του κτιρίου σε συνδυασμό με την γεωγραφική θέση του, ενώ το δεύτερο, το εγκατεστημένο σύστημα ψύξης του κτιρίου.

Όσον αφορά την θερμική θωράκιση του κτιρίου σε συνδυασμό με τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται, στην περίπτωση της ψύξης δεν είναι τόσο η ύπαρξη ή μη θερμομόνωσης κελύφους όσο ο τύπος κουφωμάτων και υαλοπινάκων, καθώς και ηλιακή προστασία τους με εξωτερικά συστήματα σκίασης. Αναλυτικότερα, ένα κτίριο όσο καλύτερη θερμομόνωση διαθέτει, ιδιαίτερα αν βρίσκεται σε θερμό περιβάλλον, παρουσιάζει χαμηλότερες ψυκτικές απαιτήσεις. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι θερμικές απολαβές των ανοιγμάτων, με νότιο προσανατολισμό, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι τεράστιες και επηρεάζουν σε ανάλογο βαθμό τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Επομένως, ένα κτίριο ανεξαρτήτως αν διαθέτει θερμομόνωση, παρουσιάζει δυσανάλογες ψυκτικές απαιτήσεις αν τα ανοίγματα του είναι μεγάλα, περιπτώσεις δημοσίων κτιρίων, με μη ενεργειακούς υαλοπίνακες και χωρίς εξωτερικά συστήματα σκίασης.

Το δεύτερο στοιχείο που αφορά το εγκατεστημένο σύστημα ψύξης συσχετίζεται άμεσα με την προηγούμενη ανάλυση. Ένα κτίριο δηλαδή, που εμφανίζει μεγαλύτερες απαιτήσεις, επηρεάζεται περισσότερο από το σύστημα ψύξης, αφού θα λειτουργεί μεγαλύτερο διάστημα. Επομένως, ένα απαρχαιωμένο σύστημα με χαμηλό βαθμό απόδοσης,

κακοσυντηρημένο και με μηδαμινούς αυτοματισμούς θα παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλο λειτουργικό κόστος.

#### 2.4.3. Αερισμός

Η ενεργειακή κατανάλωση για τον αερισμό σε ένα κτίριο οφείλεται στην απαίτηση που υπάρχει για ανανέωση του εσωτερικού αέρα με καθαρό νωπό εξωτερικό αέρα. Αναλυτικότερα, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι ενεργειακή κατανάλωση και μάλιστα μεγαλύτερη, υπάρχει ακόμα και όταν δεν έχει εγκατασταθεί σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα κτίριο. Ο λόγος που υπάρχει αυτή η τεράστια ενεργειακή απώλεια οφείλεται στην συνεχόμενη ανανέωση του αέρα που προκύπτει από τα μερικώς ανοιγμένα παράθυρα που αφήνουν οι χρήστες του κτιρίου. Επομένως, ο αέρας που εισέρχεται στο κτίριο αντικαθιστώντας ένα μέρος του εσωτερικού κλιματισμένου αέρα δεν περνά από εναλλάκτη με αποτέλεσμα η απώλεια θερμικής/ ψυκτικής ενέργειας να είναι τεράστια και ανάλογη της εξωτερικής θερμοκρασίας. Μικρότερες απώλειες εμφανίζουν τα κτίρια που διαθέτουν συστήματα μηχανικού εξαερισμού, καθώς οι χρήστες δεν χρειάζεται να αφήνουν ανοιχτά παράθυρα. Σε αυτή την περίπτωση την αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με νωπό, την αναλαμβάνει το σύστημα εξαερισμού. Βέβαια, όσο πιο καινούργιο και άρτια συντηρημένο είναι το εγκατεστημένο σύστημα, τόσο μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις εμφανίζει.

#### 2.4.4. Φωτισμός

Η τελευταία ενεργειακή απαίτηση που εμφανίζουν τα κτίρια σύμφωνα με την νομοθεσία του ΚΕΝΑΚ είναι από τον φωτισμό. Η κατανάλωση των φωτιστικών σε ένα κτίριο του Δημοσίου και ιδιαίτερα με χρήση γραφείου είναι τεράστια. Καθώς η απαίτηση είναι ιδιαίτερα μεγάλη, 500 lux, και τα φωτιστικά παραμένουν ανοιχτά καθ'όλη τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Επομένως, η τεχνολογία των φωτιστικών σωμάτων αποτελεί το βασικότερο παράγοντα προσδιορισμού για τις ενεργειακές απαιτήσεις. Οι σύγχρονες τεχνολογίες φωτισμού όπως είναι με λαμπτήρες LED παρέχουν υψηλά επίπεδα φωτισμού με κατανάλωση λιγότερης ενέργειας σε σχέση με τους λαμπτήρες φθορισμού.

### 2.5. Μεθοδολογική προσέγγιση

Η εκτέλεση των υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου εκτελείται με το υπολογιστικό εργαλείο ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (σειριακός αριθμός: ZBC6KC493P7L27ZW), του Υπουργείου ΥΠΕΚΑ, βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 4122/2013, του ΚΕΝΑΚ και της αντίστοιχης ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.<sup>[6]</sup>

- Ν. 4122/2013: 'Ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία

2010//21/EE του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις'.

- TOTEE 20701-1/2017 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- TOTEE 20701-2/2017 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- TOTEE 20701-4/2017 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

## 2.6. Ενεργειακή επιθεώρηση

Ειδικότερα, για την έκδοση ΠΕΑ κτιρίου ακολουθούνται τα βασικά στάδια διεξαγωγής ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων, όπως παρουσιάζονται στον KENAK, τα οποία είναι: <sup>[6]</sup>

- *Στάδιο 1:* Η ανάθεση της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου στον ενεργειακό επιθεωρητή.
- *Στάδιο 2:* Η ηλεκτρονική απόδοση αριθμού πρωτοκόλλου ενεργειακής επιθεώρησης μέσω της ηλεκτρονικής διεύθυνσης της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας, κατόπιν ηλεκτρονικής καταχώρησης των γενικών στοιχείων στο αρχείο επιθεωρήσεως κτιρίων.
- *Στάδιο 3:* Ο επιτόπιος έλεγχος του ενεργειακού επιθεωρητή στο κτίριο και η καταγραφή / επαλήθευση των στοιχείων που του έχουν παρασχεθεί. Τα στοιχεία που καταγράφονται λαμβάνονται από τα αρχιτεκτονικά και Η/Μ σχέδια του κτιρίου, τη μελέτη θερμομόνωσης και την ενεργειακή μελέτη, το αρχείο συντήρησης εγκαταστάσεων (εφόσον υπάρχει), από πληροφορίες του διαχειριστή και από τα τεχνικά στοιχεία των εγκαταστάσεων που καταγράφονται από τον ενεργειακό επιθεωρητή κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης.
- *Στάδιο 4:* Η επεξεργασία των στοιχείων του κτιρίου και οι απαιτούμενοι υπολογισμοί με την εφαρμογή της αντίστοιχης μεθοδολογίας υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου με τη χρήση του λογισμικού TEE-KENAK. Από τους υπολογισμούς προκύπτει η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου και η αντίστοιχη ενεργειακή του κατάσταση.
- *Στάδιο 5:* Σύνοψη των απαιτούμενων συστάσεων προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.
- *Στάδιο 6:* Η έκδοση του ΠΕΑ με ηλεκτρονική καταχώρηση του αντίστοιχου αρχείου υπολογισμών στο αρχείο επιθεώρησης κτιρίων στην ιστοσελίδα



*www.buildingcert.gr*, το οποίο παραδίδει ο ενεργειακός επιθεωρητής σφραγισμένο και υπογεγραμμένο στον ιδιοκτήτη/ διαχειριστή του κτιρίου.

Γενικότερα, η ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου αποσκοπεί:<sup>[6]</sup>

- στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των κτιρίων ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, μηχανικός αερισμός, φωτισμός, ZNX) και συνολικά,
- στην ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου,
- στην έκδοση του ΠΕΑ,
- στη σύνταξη συστάσεων για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου,
- στη σύγκριση των πραγματικών και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων καθώς και της ενεργειακής κλάσης, πριν και μετά τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα κυριότερα δεδομένα που ήταν απαραίτητα, ώστε να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί στο ειδικό λογισμικό TEE-KENAK, περιλάμβαναν πληροφορίες για:

- τη χρήση του κτιρίου,
- της επιφάνειας των θερμαινόμενων, κλιματιζόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων,
- τη θέση του κτιρίου στο αστικό περιβάλλον,
- τις εσωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. θερμικής άνεσης ή ποιότητας αέρα,
- τη διείσδυση αέρα από τα κουφώματα,
- την κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης,
- τις διατάξεις αυτόματου ελέγχου και αυτοματισμών,
- τις επιφάνειες του κτιριακού κελύφους,
- τους συντελεστές θερμοπερατότητας ανά δομικό στοιχείο ή όψη,
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών του κτιριακού κελύφους,
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων,
- τη σκίαση του κτιριακού κελύφους,
- τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και μηχανικού αερισμού,
- τα συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και
- τον τεχνητό και φυσικό φωτισμό.

Η οργάνωση και η προετοιμασία για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης περιλάμβανε τη συλλογή των εξής δεδομένων:<sup>[6]</sup>

- Μελέτες, σχέδια και δεδομένα για τις εγκαταστάσεις του κτιρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θερμομόνωσης, μελέτη διαστασιολόγησης Η/Μ

συστημάτων, αρχιτεκτονικά σχέδια, σχέδια Η/Μ εγκαταστάσεων, κ.τ.λ.).

- Τυχόν διαθέσιμες μετρήσεις (π.χ. καταναλώσεις ενέργειας ανά χρήση), μέσω συστημάτων ελέγχου ή από λογαριασμούς ρεύματος, κ.ά.
- Δεδομένα για τις διαδικασίες συντήρησης και ελέγχου των κτιριακών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, καθώς και τη συχνότητα διενέργειάς τους (σχετικά φύλλα ελέγχου).
- Η διατύπωση των αναγκών ή/ και επιθυμιών των χρηστών του κτιρίου σχετικών με τη λειτουργία του, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και των συνθηκών άνεσης.
- Σχέδια και μελέτες ενεργειακής αναβάθμισης, ανακαίνισης ή επέκτασης των κτιριακών εγκαταστάσεων συμπεριλαμβανομένης και της εγκατάστασης συστημάτων ΑΠΕ, συμπαραγωγής και άλλων τεχνολογιών υψηλής απόδοσης.

#### 2.6.1. Δεδομένα εισαγωγής στο TEE-KENAK

#### 2.6.2. Γενικά στοιχεία

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμού στο λογισμικό του TEE KENAK, λήφθηκαν αναλυτικά υπόψη οι παρακάτω παράμετροι και δεδομένα:<sup>[6]</sup>

- Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, κ.ά.) και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτιρίου (εσωτερικά κέρδη κ.ά.).
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.), ο προσανατολισμός τους, τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (π.χ. εσωτερικοί τοίχοι) και άλλα.
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών (διαφανών και μη) στοιχείων του κτιριακού κελύφους: θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων: ο τύπος της μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας, η απόδοσή της, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού, ο τύπος των τερματικών μονάδων, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων: ο τύπος των μονάδων παραγωγής ψυκτικής ενέργειας, η απόδοσή τους, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής, ο τύπος των τερματικών μονάδων, κ.ά.

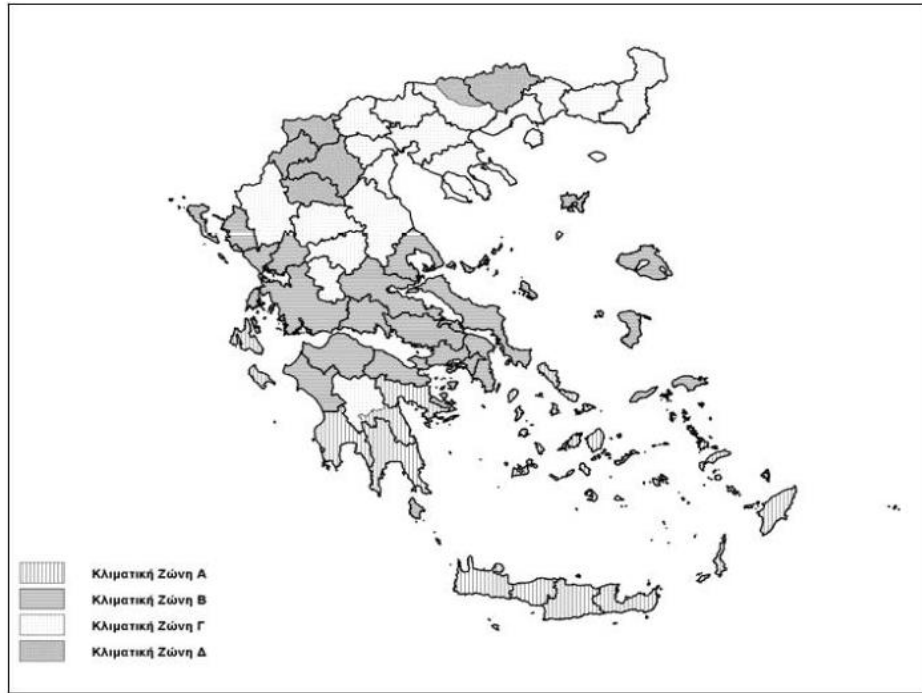
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα του κτιρίου, αν υπάρχουν.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ, αν υπάρχουν.

Σε ό,τι αφορά ειδικότερα τη συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και τους υπολογισμούς των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτιρίου, αυτοί έγιναν έχοντας υπόψη τα εξής: <sup>[6]</sup>

- για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων, αλλά και αυτά των μη θερμαινόμενων που είναι σε επαφή με τους θερμαινόμενους,
- τα δομικά στοιχεία του κτιρίου που γειτνιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτίρια για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης θεωρούνται αδιαβατικά,
- τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτιρίου που γειτνιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτιρίου θεωρούνται αδιαβατικά,
- οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό και τον σκιασμό τους και,
- σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 για λόγους απλοποίησης, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, για κατακόρυφα δομικά αδιαφανή στοιχεία με συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από  $0.60\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ο συντελεστής σκίασης δύναται να θεωρηθεί ίσος με 0.9.

### 2.6.3.Κλιματικά δεδομένα

Σύμφωνα με όσα ορίζονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-3/2017, «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη: η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους τους προσανατολισμούς για την περιοχή που βρίσκεται το υπό επιθεώρηση κτίριο. Η γενική εικόνα των κλιματολογικών δεδομένων προσδιορίζεται από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες που είναι χωρισμένη η Ελλάδα, χαρακτηριστική εικόνα των κλιματικών ζωνών, όπως υπάρχει στην ΤΟΤΕΕ 20701-3/2017, φαίνεται στη συνέχεια. <sup>[8]</sup>



Εικόνα 1:Οι τέσσερις Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας

#### 2.6.4.Γενικά δεδομένα για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου

Σε ό,τι αφορά την ανοιγμένη ειδική θερμοχωρητικότητα, αυτή επιλέγεται, λαμβάνοντας υπόψη την βασική δομική κατασκευή του κτιρίου. Ακολούθως, η κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη, όπως ορίζεται στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. <sup>[6]</sup>

Τέλος, σε ό,τι αφορά τους υπολογισμούς για τον αερισμό λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα), ακολουθήθηκε ο συνοπτικός υπολογισμός που περιγράφεται στο κεφ. 3.4.2. της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, λαμβάνοντας υπόψη τις επιφάνειες των ανοιγμάτων και των εξωτερικών θυρών που πολλαπλασιάζονται με τις τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων που παρουσιάζονται στη ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. <sup>[6]</sup>

#### 2.6.5.Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικών ζωνών

Βάσει της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 καθορίστηκαν οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας και τα εσωτερικά θερμικά φορτία από τους χρήστες και τις συσκευές. <sup>[6]</sup>

#### 2.6.6.Δεδομένα για το κτιριακό κέλυφος των θερμικών ζωνών

Όπως περιγράφεται και στο Κεφάλαιο 3 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, οι συντελεστές θερμοπερατότητας σε ένα κτίριο προκύπτουν από αντίστοιχους πίνακες λαμβάνοντας υπόψη το έτος κατασκευής και την τωρινή κατάσταση. Ενδεικτικοί πίνακες με τους

συντελεστές απορροφητικότητας και οι συντελεστές εκπομπής των δομικών στοιχείων αναφέρονται στη συνέχεια. <sup>[6] [10]</sup>

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από μία ή δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	—	1,00	0,90	—
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	—	0,85	0,80	—
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	—	0,95	0,85	—
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	—	1,00	0,95	—
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Πίνακας 4: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ 2010, (3.5α ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαιν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
Οριζόντια δομικά στοιχεία	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]	[WZ(m <sup>2</sup> K)]
<b>Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)</b>						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	—	—	0,95	—	—
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	—	—	—	0,95	—	—
Αεριζόμενο δώμα.	—	3,70	—	1,00	—	—
Φυτεμένο δώμα.	1,20	—	—	0,70	—	—
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	—	—	1,00	—	—
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο	—	2,90	—	—	0,90	—
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	—	—	1,05	—	—
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	—	—	1,00	—	—
<b>Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)</b>						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο (συν. χώρος)	2,75	—	—	0,90	—	—
Επί εδάφους.	—	—	3,10	—	—	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	—	2,00	—	—	0,80	—

Πίνακας 5: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ 2010, (3.5β ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)

Τέλος, σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, στην περίπτωση ύπαρξης (πλήρους ή μερικής) θερμομόνωσης των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού) πρέπει να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς και οι θερμογέφυρες προσθέτοντας  $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  στους συντελεστές θερμοπερατότητας όλων των αδιαφανών επιφανειών όπου διαθέτουν έστω κάποια μόνωση. <sup>[6] [10]</sup>

#### 2.6.7. Δεδομένα για τα διαφανή δομικά στοιχεία

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  των κουφωμάτων πραγματοποιείται σύμφωνα με τους Πίνακα 3.13 της ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017, ανάλογα της κατασκευής.

Για κάθε κούφωμα υπολογίζετε, επίσης, ο συντελεστής σκίασης από ορίζοντα  $F_{hor}$ , ο συντελεστής σκίασης από προβόλους  $F_{ov}$  και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές  $F_{fin}$ . Πίνακες δίνουν συγκεντρωτικά τα απαιτούμενα για τους υπολογισμούς δεδομένα για τα ανοίγματα ανάλογα με τον προσανατολισμό τους και ανά χώρο του κτιρίου ξεχωριστά. <sup>[6]</sup>

## 2.6.8. Δεδομένα για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Τα δεδομένα που απαιτούνται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός επιθεωρούμενου κτηρίου, τριτογενή τομέα και σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του, αφορούν στα εξής:

- σύστημα θέρμανσης χώρων,
- σύστημα ψύξης χώρων,
- σύστημα μηχανικού αερισμού χώρων,
- σύστημα φωτισμού.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, δίνονται αναλυτικά τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου στο λογισμικό.

### Σύστημα θέρμανσης

Για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το σύστημα θέρμανσης, παραγωγή – μεταφορά και απόδοση στο χώρο, ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται οι παραδοχές που περιγράφονται στις παραγράφους 5.1, 5.3 και 5.4 της TOTEE 20701-1/2017. <sup>[2]</sup> Αναλυτικότερα, το σύστημα παραγωγής θέρμανσης προσδιορίζεται από το καύσιμο που καταναλώνει και την τεχνολογία μετατροπής ενέργειας στην οποία βασίζεται. Το τμήμα διανομής χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ή μη θερμομόνωσης και τέλος η τερματικές μονάδες υπολογίζονται από τον τρόπο μεταφοράς της ενέργειας, επαγωγή ή ακτινοβολία, και από την θέση τους μέσα στο χώρο.

### Σύστημα ψύξης

Για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το σύστημα ψύξης, παραγωγή – μεταφορά και απόδοση στο χώρο, ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται οι παραδοχές που περιγράφονται στις παραγράφους 5.2, 5.3 και 5.4 της TOTEE 20701-1/2017. <sup>[2]</sup> Αναλυτικότερα, το σύστημα παραγωγής ψύξης προσδιορίζεται από το καύσιμο που καταναλώνει και την τεχνολογία μετατροπής ενέργειας στην οποία βασίζεται. Το τμήμα διανομής χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ή μη θερμομόνωσης και τέλος η τερματικές μονάδες υπολογίζονται από τον τρόπο μεταφοράς της ενέργειας, επαγωγή ή ακτινοβολία, και από την θέση τους μέσα στο χώρο.

### Σύστημα μηχανικού αερισμού

Για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το σύστημα αερισμού, παραγωγή – μεταφορά και απόδοση στο χώρο, ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται οι παραδοχές που

περιγράφονται στην παράγραφο 5.6 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.<sup>[2]</sup> Αναλυτικότερα, το σύστημα αερισμού, χαρακτηρίζεται από το βαθμό ανάκτησης ενέργειας που διαθέτει και από το αν περιλαμβάνει ενεργό τμήμα προκλιματισμού του αέρα. Το τμήμα διανομής χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ή μη θερμομόνωσης και τέλος η τερματικές μονάδες υπολογίζονται από τον τρόπο μεταφοράς της ενέργειας, επαγωγή ή ακτινοβολία, και από την θέση τους μέσα στο χώρο.

### Σύστημα φωτισμού

Για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το σύστημα φωτισμού στο λογισμικό του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, όπως ορίζει και η παράγραφος 6.1.3.1 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, ελέγχεται η τεχνολογία των εγκατεστημένων φωτιστικών και αν η πραγματική ισχύς φωτισμού του υπό επιθεώρηση κτιρίου είναι μικρότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη βάσει της πυκνότητας ισχύος των υφιστάμενων λαμπτήρων, τότε εισάγεται η ελάχιστη απαιτούμενη σαν ισχύς τεχνητού φωτισμού, σε αντίθετη περίπτωση εισάγεται η εγκατεστημένη ισχύς του τεχνητού φωτισμού. <sup>[6]</sup>

Στην εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού, προστέθηκε επίσης ο φωτισμός ασφαλείας που προβλέπεται για όλα τα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Τέλος, αναγνωρίζονται όλες οι διατάξεις αυτοματισμού, αν υπάρχουν και μόνο τότε μπορούν να ληφθούν υπόψη, καθώς και οι περιοχές φυσικού φωτισμού ανά χώρο του κτιρίου με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων ανά όψη.

### Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

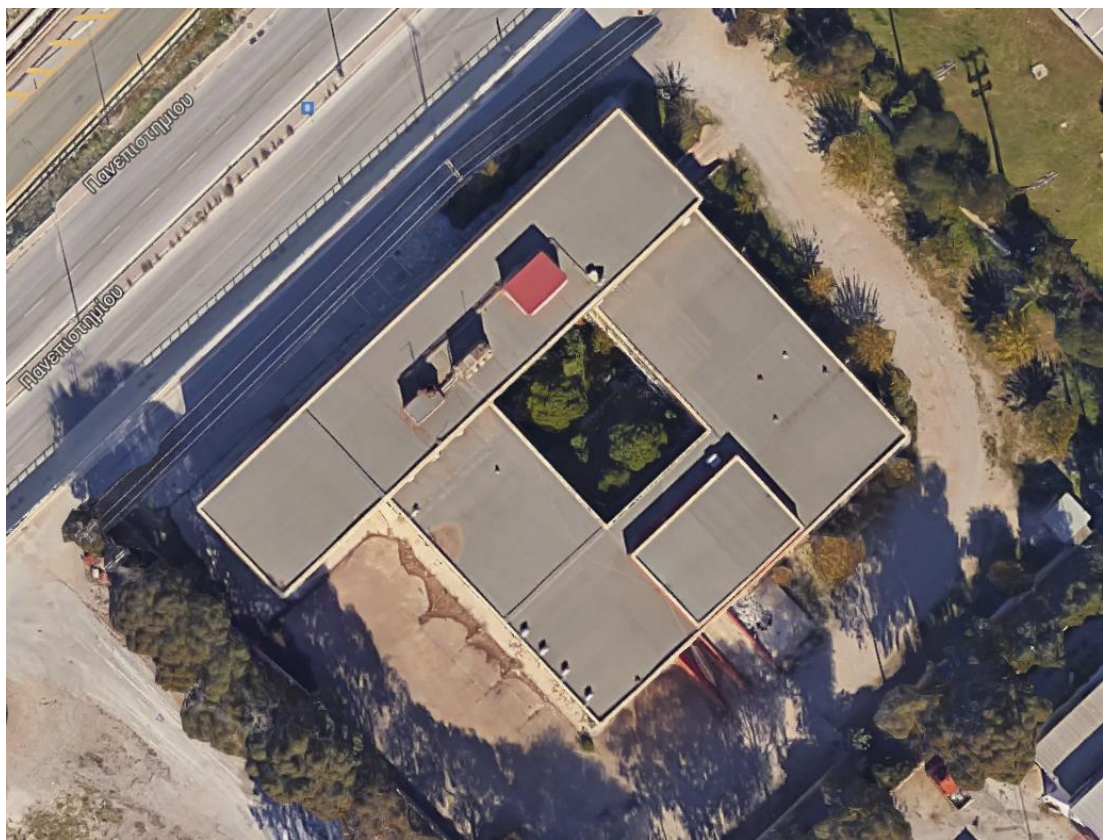
Για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το σύστημα ΑΠΕ στο λογισμικό του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, όπως ορίζει η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, ελέγχεται η ύπαρξη ή μη συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ με την λογική του ενεργειακού συμψηφισμού. <sup>[6]</sup>



### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 3.1. Γενική περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο της Απ.Δ.Π.Δ.Ε.& Ι. επί της οδού Αθηνών 105 κατασκευάστηκε με οικοδομική άδεια του 1980. Επειδή η άδεια εκδόθηκε σε λιγότερο από ένα χρόνο μετά την ενεργοποίηση του ΚΘΚ, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι δεν έχει τοποθετηθεί πουθενά στο κτίριο θερμομόνωση. Στην ακόλουθη εικόνα μπορούμε να δούμε μια δισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου.



Εικόνα 2: Θέση του κτιρίου

Το οικόπεδο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο της Απ.Δ.Π.Δ.Ε.& Ι. επί της οδού Αθηνών 105 δεν έχει κανένα άλλο κτίριο. Επίσης, το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο με αποτέλεσμα να ευνοεί τον ηλιασμό και το δροσισμό του καθόλη τη διάρκεια του έτους. Ακολουθούν ενδεικτικές φωτογραφίες των όψεων του κτιρίου.



Εικόνα 3: Κύρια είσοδος του κτιρίου με προσανατολισμό βορειοδυτικό



Εικόνα 4: Πλαϊνή όψη του κτιρίου με προσανατολισμό νοτιοδυτικό



Εικόνα 5: Πίσω πλευρά του κτιρίου με προσανατολισμό νοτιοανατολικό



Εικόνα 6: Πλαϊνή όψη του κτιρίου με προσανατολισμό βορειοανατολικό

### 3.2. Τυπολογία κτιρίου

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», **το υπό επιθεώρηση κτίριο κατατάσσεται στην γενική κατηγορία Γραφείων** σύμφωνα με τον Πίνακα 1.5 <sup>[6]</sup>. Ομοίως, καθορίζονται από την εν λόγω ΤΟΤΕΕ οι συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου σε σχέση με:

- το τυπικό ωράριο λειτουργίας,
- τη θερμοκρασία εσωτερικών χώρων,
- τον απαιτούμενο νωπό αέρα,
- τη στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού και την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού,
- την εκλυόμενη θερμότητα χρηστών και
- την εκτιμώμενη θερμική ισχύ ηλεκτρικών συσκευών/ εξοπλισμού.

Με βάση τις προδιαγραφές αυτές υπολογίστηκε η ενεργειακή απόδοση της υφιστάμενης κατάστασης, όπως περιγράφεται και στα ακόλουθα κεφάλαια.



### 3.2.1.Χρήσεις κτιρίου

Ο ΚΕΝΑΚ διαχωρίζει τα κτίρια Γραφείων στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες κτιρίων: <sup>[6]</sup>

- Γραφείο.
- Βιβλιοθήκη.

Το υπό επιθεώρηση κτίριο κατατάσσεται στην πρώτη κατηγορία, δηλαδή αυτή του γραφείου σύμφωνα με τον Πίνακα 1.5 και 2.1 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. Επιμέρους χρήσεις προβλέπονται για την κατηγορία αυτή. Με βάση τα παραπάνω, μελετήθηκε το υπό επιθεώρηση κτίριο και συμπεριλήφθηκαν οι ακόλουθες επιμέρους ζώνες: 'διάδρομος και άλλοι βοηθητικοί χώροι και χώροι γραφείων'.

### 3.2.2.Κλιματική ζώνη

Το κτίριο βρίσκεται στην περιοχή της Πάτρας. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ η κλιματική ζώνη στην οποία αντιστοιχεί η Πάτρα είναι η Β, δηλαδή μια μέση Κλιματική Ζώνη της χώρας, όσον αφορά τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης. <sup>[6][8]</sup>

## 3.3. Κτιριακό κέλυφος

### 3.3.1.Θερμομόνωση αδιαφανών δομικών στοιχείων

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κτίριο κατασκευάστηκε αμέσως μόλις ενεργοποιήθηκε ο ΚΘΚ του 1979, θα θεωρήσουμε ότι δεν έχει εφαρμοστεί. Επομένως, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου λαμβάνονται από τους αντίστοιχους πίνακες της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, για κτίρια κατασκευασμένα πριν τον ΚΘΚ. Είναι προφανές, ότι οι τιμές αυτές, υπολείπονται τραγικά των τωρινών συντελεστών θερμοπερατότητας που συναντώνται στα σύγχρονα κτίρια. <sup>[6]</sup>

### 3.3.2.Τύπος ανοιγμάτων

Σε ό,τι αφορά τα εξωτερικά διαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου, υπάρχει ένας τύπος ανοιγμάτων, πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με διπλούς υαλοπίνακες. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου τύπου κουφώματος δίνεται από τον αντίστοιχο πίνακα της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. <sup>[6]</sup>Όπως και με τα αδιαφανή μέρη του κτιρίου και στα αδιαφανή του μέρη οι συντελεστές θερμοπερατότητας υπολείπονται τραγικά των τωρινών συντελεστών θερμοπερατότητας που συναντώνται στα σύγχρονα κτίρια.

## 3.4. Ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

#### 3.4.1. Συστήματα θέρμανσης

Το βασικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου είναι τοπικές επίτοιχες αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου αέρος – αέρος. Ο βαθμός απόδοσης των τοπικών κλιματιστικών κυμαίνεται από τιμές COP 2 έως 3,5. Επομένως, ορισμένες μονάδες χρήζουν αλλαγής ενώ κάποιες άλλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση. Τέλος θα πρέπει να τονιστεί ότι στο κτίριο υπάρχουν χώροι που δεν διαθέτουν κανένα σύστημα θέρμανσης, με ότι αυτό σημαίνει στην θερμική άνεση των χρηστών.

#### 3.4.2. Συστήματα ψύξης και δροσισμού

Το βασικό σύστημα ψύξης του κτιρίου είναι οι ίδιες τοπικές επίτοιχες αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου αέρος – αέρος, που χρησιμοποιούνται και για την θέρμανση. Ο βαθμός απόδοσης των τοπικών κλιματιστικών κυμαίνεται από τιμές EER 2 έως 3,5.

#### 3.4.3. Συστήματα μηχανικού αερισμού

Στο υπό επιθεώρηση κτίριο υπάρχει εγκατεστημένο κανένα συστήματα μηχανικού αερισμού. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου με το λογισμικό του TEE-KENAK εισήχθησαν συμπληρωματικά δεδομένα θεωρητικού συστήματος, όπως περιγράφεται στον KENAK και ειδικότερα στην TOTEE 20701-1/2017.

#### 3.4.4. Σύστημα τεχνητού φωτισμού

Σε ό,τι αφορά την ισχύ του τεχνητού φωτισμού, οι λαμπτήρες του κτιρίου είναι κυρίως γραμμικού φθορισμού, με μερικούς συμπαγείς είτε φθορισμού, είτε πυρακτώσεως σε βοηθητικούς χώρους, όπως WC, αποθήκες, κ.ά.

Η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς ( $W/m^2$ ) γενικού φωτισμού (Πίνακας 2.4 της TOTEE 20701-1/2017) <sup>[2]</sup> υπολογίζεται ανάλογα με τον τύπο των λαμπτήρων που καταγράφονται στο υπό επιθεώρηση κτίριο και τις τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος για τεχνολογίες λαμπτήρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια και δίνονται στον προαναφερόμενο Πίνακα 5.1α της TOTEE 20701-1/2017. <sup>[6]</sup> Αυτές οι τιμές δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ελάχιστης απαιτούμενης στάθμης φωτισμού σε ένα χώρο, ανάλογα με την τεχνολογία λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και τις ελάχιστες απαιτήσεις για τεχνητό φωτισμό στο υπό επιθεώρηση κτίριο βάσει της χρήσης του, εν προκειμένω 500 lux για ζώνη γραφείου, 100 lux για ζώνη βοηθητικών χώρων & διαδρόμων, (Πίνακας 2.4 της TOTEE 20701-1/2017) <sup>[6]</sup>, αξιολογήθηκε ότι πλησιάζει τις τιμές που ορίζονται στην TOTEE 20701-1/2017 για υφιστάμενο τεχνητό φωτισμό. Ως εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, χρησιμοποιήθηκε σε

κάθε ζώνη, είτε η ελάχιστη απαιτούμενη που προτείνεται στην TOTEE 20701-1/2017 για την τεχνολογία των λαμπτήρων που υπάρχουν, είτε η μετρούμενη αν αυτή υπερβαίνει τις τιμές που προτείνονται στην TOTEE 20701-1/2017. <sup>[6]</sup>

#### 3.4.5. Συστήματα ζεστού νερού χρήσης

Σε κτίρια με χρήση γραφείου δεν προβλέπεται ενεργειακή κατανάλωση για ΖΝΧ, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.5 της TOTEE 20701-1/2017, <sup>[6]</sup> οπότε και δεν ελήφθησαν υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου τυχόν εγκατεστημένα συστήματα.

#### 3.4.6. Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Στο υπό επιθεώρηση κτίριο δεν υπάρχουν εγκαταστημένες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, οπότε και δεν ελήφθησαν υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου.

#### 3.4.7. Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του υπό επιθεώρηση κτιρίου, αυτό πρέπει να χωριστεί σε θερμικές ζώνες. Σύμφωνα με το άρθρο 3 του ΚΕΝΑΚ και την TOTEE 20701-1/2017, η διακριτοποίηση ενός κτιρίου σε θερμικές ζώνες γίνεται με τα εξής κριτήρια: <sup>[6]</sup>

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων να διαφέρει περισσότερο από 4° C για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση/λειτουργία.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών.
- Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

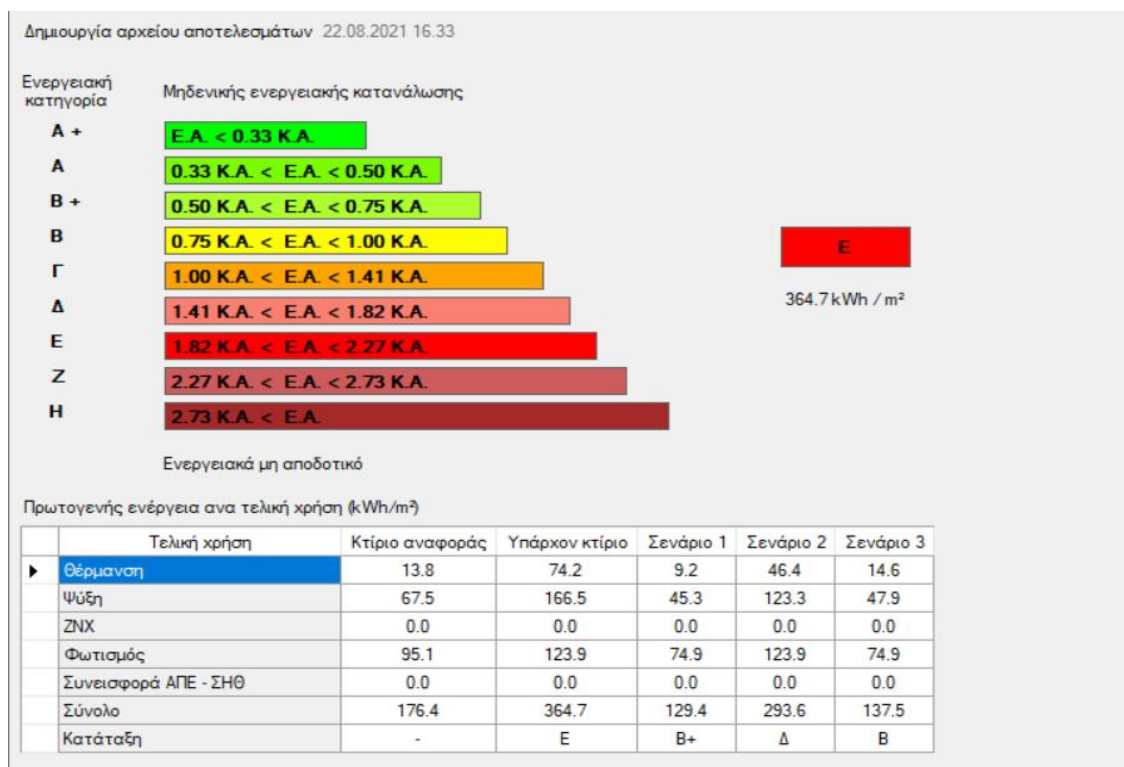
Με βάση τα παραπάνω, το υπό επιθεώρηση κτίριο μελετήθηκε ως δύο θερμικές ζώνες. <sup>[6]</sup>

- (Θερμική Ζώνη 1) με χρήση «Γραφείο».
- (Θερμική Ζώνη 2) με χρήση «Διάδρομος και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι».

Το υπόγειο μελετήθηκε ως μη θερμαινόμενος χώρος (ΜΘΧ).

### 3.5. Αποτελέσματα υπολογισμών – Ενεργειακή απόδοση κτιρίου

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των απαιτήσεων και των καταναλώσεων τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου παρατίθενται στην παρακάτω εικόνα, συγχρόνως εμφανίζεται και η ενεργειακή κλάση του.



Εικόνα 7: Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Ειδικότερα, η παραπάνω εικόνα παρουσιάζει και τις αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, ώστε να συγκριθεί με αυτό το υπό επιθεώρηση κτίριο, όπως ορίζεται στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, και να εκτιμηθεί η ενεργειακή κλάση του. <sup>[2]</sup> Χαρακτηριστικές είναι οι αξιοσημείωτες απαιτήσεις που εμφανίζει το κτίριο στις κατηγορίες θέρμανσης και ψύξης, ιδιαίτερα στο τομέα της ψύξης λόγω των πάρα πολλών υαλοστασίων που έχει το κτίριο, τα οποία δεν διαθέτουν και κανένα σύστημα εξωτερικού σκιασμού.

Επιπροσθέτως, η πρώτη μετά τη ψύξη σε μέγεθος κατανάλωση τελικής ενέργειας στο υπάρχον κτίριο αφορά το φωτισμό. Τέλος, εξάγονται από τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας οι καταναλώσεις καυσίμων και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> για το υπό επιθεώρηση κτίριο και το κτίριο αναφοράς.

Συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση **E**.



## **4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ**

### **4.1. Εισαγωγή**

Όπως είναι αντιληπτό από την ενεργειακή επιθεώρηση, το κτίριο, παρουσιάζει σοβαρές ενεργειακές απώλειες σε όλους τους τομείς. Όπως είναι η ψύξη, η θέρμανση και ο φωτισμός. Επίσης, εμφανίζει προβλήματα στις συνθήκες άνεσης των χρηστών, στους ακόλουθους τομείς: θερμικής, οπτικής, ακουστικής και ποιότητας εσωτερικού αέρα. Επομένως, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός λύσεων ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου συνδυάζοντας και την αναβάθμιση της καθημερινής άνεσης των χρηστών.

### **4.2. Μεθοδολογία καθορισμού Ενεργειακών Παρεμβάσεων**

Σε ό,τι αφορά την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου και τις προτάσεις για παρεμβάσεις ΕΞΕ στο κτίριο που περιγράφονται, υπολογίστηκαν με το λογισμικό του TEE-KENAK οι τωρινές καταναλώσεις αλλά και η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις και αξιολογήθηκαν με τις νέες μειωμένες καταναλώσεις που εξήχθησαν από το λογισμικό. Τυχόν αποκλίσεις μπορεί να οφείλονται σε κατασκευαστικά σφάλματα, σε μη τυπικές κλιματικές συνθήκες κατά την περίοδο μετρήσεων, στην κακή χρήση των χρηστών του κτιρίου λόγω ελλιπούς ενημέρωσης/ευαισθητοποίησης. Ενδέχεται επίσης, να υπάρχει απόκλιση από τα αναμενόμενα οφέλη, είτε προς το καλύτερο είτε προς το χειρότερο, λόγω του στατικού μηναίου βήματος υπολογισμού του λογισμικού ενεργειακής προσομοίωσης TEE-KENAK.

Εν συνεχεία, πέρα από τα ενεργειακά δεδομένα, εξετάστηκε η οικονομική διάσταση των παρεμβάσεων και επαληθεύτηκαν οι αναμενόμενοι χρόνοι επανείσπραξης των παρεμβάσεων με βάση την πραγματική τους απόδοση, τόσο μεμονωμένα όσο και συνολικά, αφού αξιολογήθηκαν και τυχόν αποκλίσεις.

Με βάση τα αποτελέσματα από τη διεξαχθείσα ενεργειακή επιθεώρηση, προτείνονται παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου που θα έχουν ουσιαστική επίδραση στις καταναλώσεις αλλά θα είναι παράλληλα και οικονομικά σκόπιμες. Ένα πρώτο συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι το υπό επιθεώρηση κτίριο έχει αυξημένες θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις, καθώς υστερεί σε θερμομόνωση κελύφους.

#### 4.3. Προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Με βάση τα αποτελέσματα από τη διεξαχθείσα ενεργειακή επιθεώρηση για το κτίριο συνολικής επιφάνειας 4.534,90 τμ, εκ των οποίων θερμαινόμενη επιφάνεια είναι 2.614,00 τμ, προτείνονται παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς που θα έχουν ουσιαστική επίδραση στις καταναλώσεις αλλά θα είναι παράλληλα και οικονομικά σκόπιμες.

Επομένως, από την επιτόπια ενεργειακή επιθεώρηση, προκύπτει ότι πρέπει να υλοποιηθούν παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, κυρίως με προσθήκη θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος, το οποίο δεν είναι θερμομονωμένο, αντικατάσταση των κουφωμάτων με καινούρια, με υψηλό βαθμό θερμοδιακοπής και ενεργειακούς υαλοπίνακες, αναβάθμιση των συστημάτων φωτισμού με ενσωμάτωση λαμπτήρων τεχνολογίας LED, αντικατάσταση των παλαιών τοπικών συστημάτων παραγωγής ψύξης και θέρμανσης με σύγχρονα πολυδαιρούμενα συστήματα και εγκατάσταση συστημάτων αερισμού με ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 70%. Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν εξειδικεύονται παρακάτω:

- εξωτερική θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους, αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με ενεργειακού τύπου, αντικατάσταση φωτιστικών με τεχνολογίας τύπου LED, συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων BEMS, τοποθέτηση συστήματος κλιματισμού πολυδαιρούμενου τύπου και ημικεντρικών εναλλακτών αέρα με ανάκτηση θερμότητας,
- εξωτερική θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους,
- εξωτερική θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους, αντικατάσταση φωτιστικών με τεχνολογίας τύπου LED, συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων BEMS, τοποθέτηση συστήματος κλιματισμού πολυδαιρούμενου τύπου και ημικεντρικών εναλλακτών αέρα με ανάκτηση θερμότητας,

Κάθε σενάριο αποτελείται από διαφορετικό μείγμα ενεργειακών βελτιώσεων, με διαφορετικό αρχικό κόστος, ενεργειακό όφελος, όχληση επεμβάσεων και τελικού επιπέδου άνεσης στο κτίριο. Στη συνέχεια, αξιολογήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού του TEE-KENAK ως προς το ποσοστό εξοικονόμησης τελικής και πρωτογενούς ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την οικονομική τους σκοπιμότητα για να καθοριστεί το τελικό σενάριο και η βέλτιστη λύση, καθώς αυτή θα πετυχαίνει την ιδανική ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου σε συνδυασμό με το μικρότερο αρχικό οικονομικό κόστος και την βέλτιστη άνεση των χρηστών του κτιρίου.

Όλες οι καταναλώσεις του κτιρίου και των «νέων» που προκύπτουν από την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων καθώς και τα λειτουργικά κόστη, είναι αποτέλεσμα υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης με το λογισμικό TEE-KENAK. Οι τιμές εργασιών και υλικών των προτεινόμενων παρεμβάσεων αντλήθηκαν από τις προβλεπόμενες δαπάνες του υπουργείου για το πρόγραμμα 'Εξοικονομώ κατ' οίκον'<sup>[9]</sup> και τα μεταγενέστερα αυτών, ενώ όπου αυτό δεν ήταν εφικτό, από την ελεύθερη αγορά.

#### 4.4. Σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης

##### 4.4.1. 'Σενάριο 1' ενεργειακής αναβάθμισης

Το πρώτο σενάριο αφορά επεμβάσεις τόσο στο κέλυφος του κτιρίου, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις. Στο κέλυφος του κτιρίου οι επεμβάσεις θα είναι τρεις:

Η πρώτη επέμβαση αφορά την τοποθέτηση θερμομόνωσης σε όλη την επιφάνεια της ταράτσας. Η θερμομόνωση θα είναι τύπου εξηλασμένης πολυστερίνης ενσωματωμένες σε πλάκες πεζοδρομίου με μέσο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,035 \text{ W/(m.K)}$  στους  $20^\circ\text{C}$ , πάχους 8cm και θα τοποθετηθεί πάνω από τη πλάκα και την υφιστάμενη υγραμόνωση της ταράτσας. Με αυτή την επέμβαση παρατηρούμε εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα τόσο της θέρμανσης, όσο και της ψύξης. Επιπλέον, με τη συγκεκριμένη επέμβαση επιτυγχάνεται ταχύτερη ψύξη και θέρμανση του χώρου.

Η δεύτερη επέμβαση αφορά την τοποθέτηση θερμομόνωσης σε όλη την επιφάνεια του λοιπού κελύφους. Η θερμομόνωση για τους τοίχους θα είναι τύπου διογκωμένης πολυστερίνης με μέσο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,035 \text{ W/(m.K)}$  στους  $20^\circ\text{C}$  και πάχος 8 cm. Η τοποθέτησή της θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες συστημάτων θερμοπρόσοψης κτιρίων με επικάλυψη με συνθετικά επιχρίσματα, όπως περιγράφονται στη παράγραφο των τεχνικών προδιαγραφών. Με αυτή την επέμβαση παρατηρούμε εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα κυρίως της θέρμανσης και λιγότερο της ψύξης.

Η τρίτη επέμβαση αφορά την αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων του κτιρίου. Τα νέα κουφώματα θα είναι αλουμινίου θερμοδιακοπτόμενα με πιστοποίηση θερμομονωτικής επάρκειας και κλάσης αεροπερατότητας τουλάχιστον 3 κατά EN 12207. Επίσης, θα διαθέτουν διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 12mm και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας. Η συνολική θερμοπερατότητά τους θα είναι ικανή να καλύπτει τις απαιτήσεις του νέου KENAK και την TOTEE 20701-2/2017, για τη ζώνη B στην οποία ανήκει

η Αχαΐα. Επομένως, θα πρέπει να είναι με  $U_w < 3,0 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$  τουλάχιστον. Βέβαια, στη μελέτη του ΠΕΑ έχει υπολογιστεί τιμή για κουφώματα ίση με  $2,3 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ .

Οι επεμβάσεις στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου στο 'σενάριο 1' είναι τρεις. Η πρώτη αφορά την αντικατάσταση φωτιστικών από τύπου φθορισμού σε τύπου LED. Η απόδοση και η ποσότητα των φωτιστικών πρέπει να είναι ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις του KENAK σε επίπεδο στάθμης φωτισμού. Με αυτή την επέμβαση παρατηρούμε μια τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα του φωτισμού. Η δεύτερη αφορά εγκατάσταση συστημάτων εισαγωγής νωπού αέρα. Τα συστήματα θα είναι ημικεντρικά με ενσωματωμένο εναλλάκτη, τύπου VAM, με δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας τουλάχιστον 75% και χαμηλής ηχητικής εκπομπής, κατάλληλα για χώρους γραφείων. Η τρίτη επέμβαση αφορά την κατάργηση όλων των τοπικών επίτοιχων κλιματιστικών διαιρούμενου τύπου. Στη θέση τους θα εγκατασταθούν τρία καινούρια κεντρικά συστήματα ψύξης θέρμανσης. Το κάθε σύστημα θα αποτελείται από μια συστοιχία αντλιών θερμότητας ενεργειακής κατηγορίας τουλάχιστον A+ μεταβλητών στροφών (inverter) και θα έχει τη δυνατότητα ψύξης – θέρμανσης. Το κεντρικό σύστημα θα είναι πολυδιαιρούμενου τύπου αέρος – αέρος με ψυκτικό υγρό R32.

#### 4.4.2. 'Σενάριο 2' ενεργειακής αναβάθμισης

Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει μόνο τη θερμομόνωση του κελύφους, στις αδιαφανείς επιφάνειες του. Αναλυτικότερα, τη θερμομόνωση του δώματος και της τοιχοποιίας, όπως αναλύθηκε προηγουμένως.

#### 4.4.3. 'Σενάριο 3' ενεργειακής αναβάθμισης

Το τρίτο σενάριο αφορά όλες τις επεμβάσεις του πρώτου σεναρίου, πλην της αντικατάστασης των κουφωμάτων.

### 4.5. Οικονομοτεχνική ανάλυση Σεναρίων

#### 4.5.1. Γενικά στοιχεία

Στη συνέχεια παρατίθενται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για το υπάρχον κτίριο, και για τα τρία σενάρια, όπως προκύπτουν από τα αποτελέσματα των υπολογισμών με το λογισμικό TEE-KENAK.

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας - kWh/m <sup>2</sup>				
Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
176,4	364,7	129,4	293,4	137,4

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>)

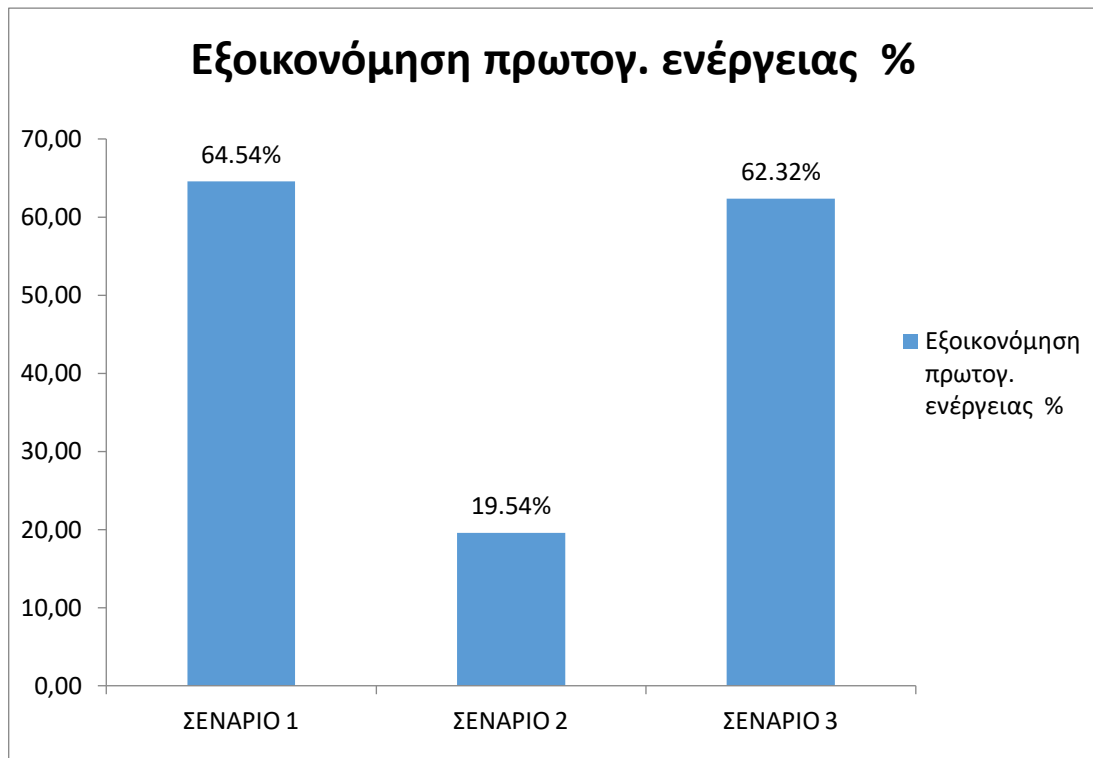
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, το υπάρχον κτίριο παρουσιάζει τεράστιες ενεργειακές απώλειες, αφού η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με το κτίριο αναφοράς είναι σχεδόν διπλάσια. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια βαθύτερη ανάλυση των απωλειών ανά κατανάλωση τόσο στο υπάρχον κτίριο, όσο και σε κάθε σενάριο αναβάθμισης.

Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση - kWh/m <sup>2</sup>					
Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Θέρμανση	13,8	74,2	9,2	46,4	14,6
Ψύξη	67,5	166,5	45,3	123,3	47,9
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	95,1	123,9	74,9	123,9	74,9
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	176,4	364,7	129,4	293,4	137,4
Κατάταξη	-	<b>E</b>	<b>B+</b>	<b>A</b>	<b>B</b>

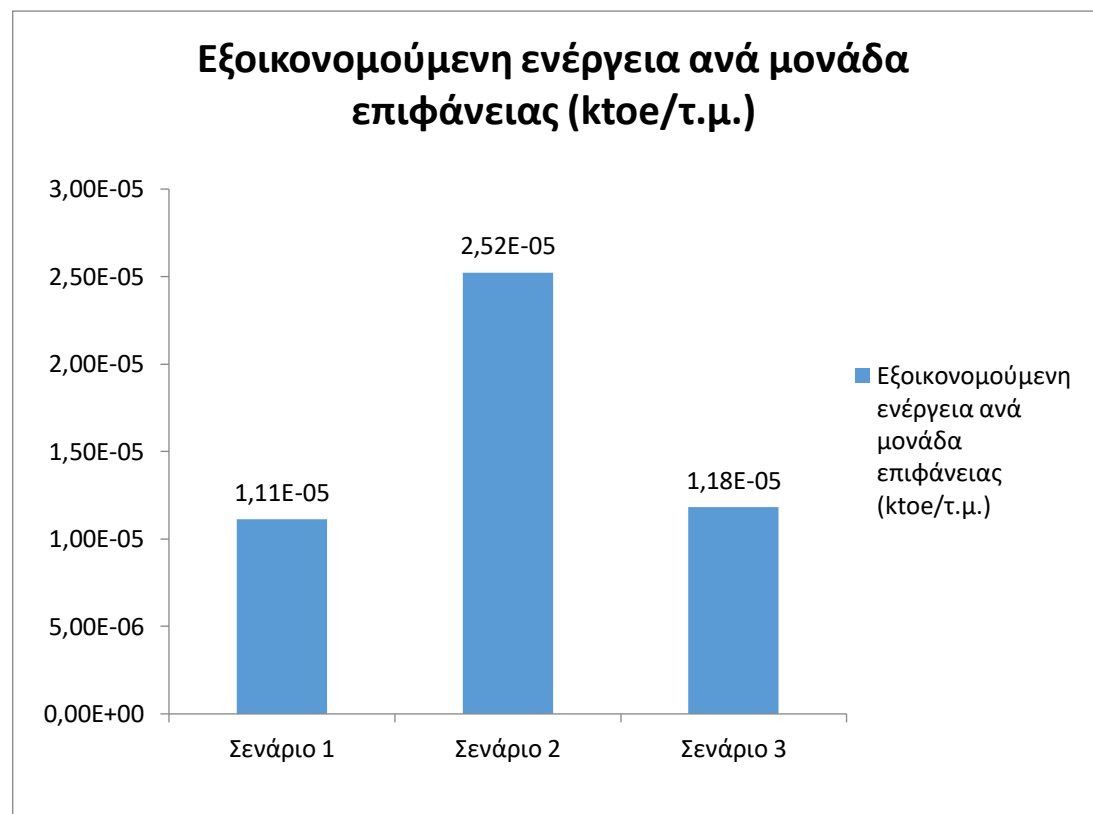
Πίνακας 7: Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση και ενεργειακή κατάταξη

#### 4.5.2. Δεδομένα εξοικονόμησης

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται: η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται για κάθε προτεινόμενη επέμβαση (σενάριο), σε σχέση με το υπάρχον κτίριο τόσο ως ποσοστό, όσο και ως ενέργεια ανά μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας.



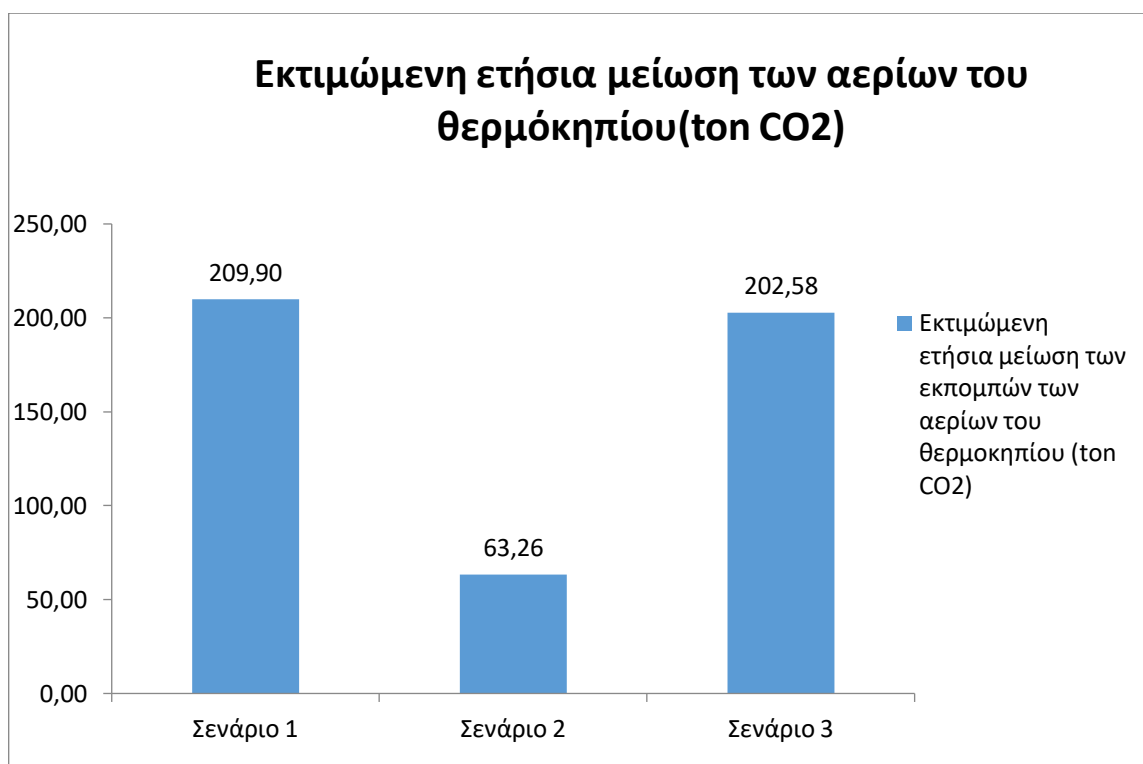
Εικόνα 8: Γράφημα εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας



Εικόνα 9: Γράφημα εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας

Στο παραπάνω γράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε εύκολα την ενεργειακή βελτίωση που επιτυγχάνει κάθε σενάριο στο υπάρχον κτίριο. Αναλυτικότερα, παρατηρούμε ότι το 'σενάριο 1' εξοικονομεί το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας σε σχέση με το 'σενάριο 2' και το 'σενάριο 3'. Βέβαια, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο βέλτιστο σενάριο θα πρέπει να συγκρίνουμε και το κόστος υλοποίησης του κάθε σεναρίου. Αντίθετα, το 'σενάριο 2', που περιλαμβάνει και τις λιγότερες επεμβάσεις, εξοικονομεί το μικρότερο ποσοστό ενέργειας σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια.

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται μια εκτίμηση της ετήσιας μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όπως υπολογίστηκε θεωρητικά από το πρόγραμμα TEE-KENAK για το κτίριο ως σύνολο. Οι τιμές προκύπτουν από τη σύγκριση των αρχικών τιμών εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου του υπάρχοντος κτιρίου σε σχέση με το προκύπτων μετά τις επεμβάσεις κάθε σεναρίου. Η τιμές είναι εκφρασμένες ανά τον CO<sub>2</sub>.



Εικόνα 10: Γράφημα εκτιμώμενης ετήσιας μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου

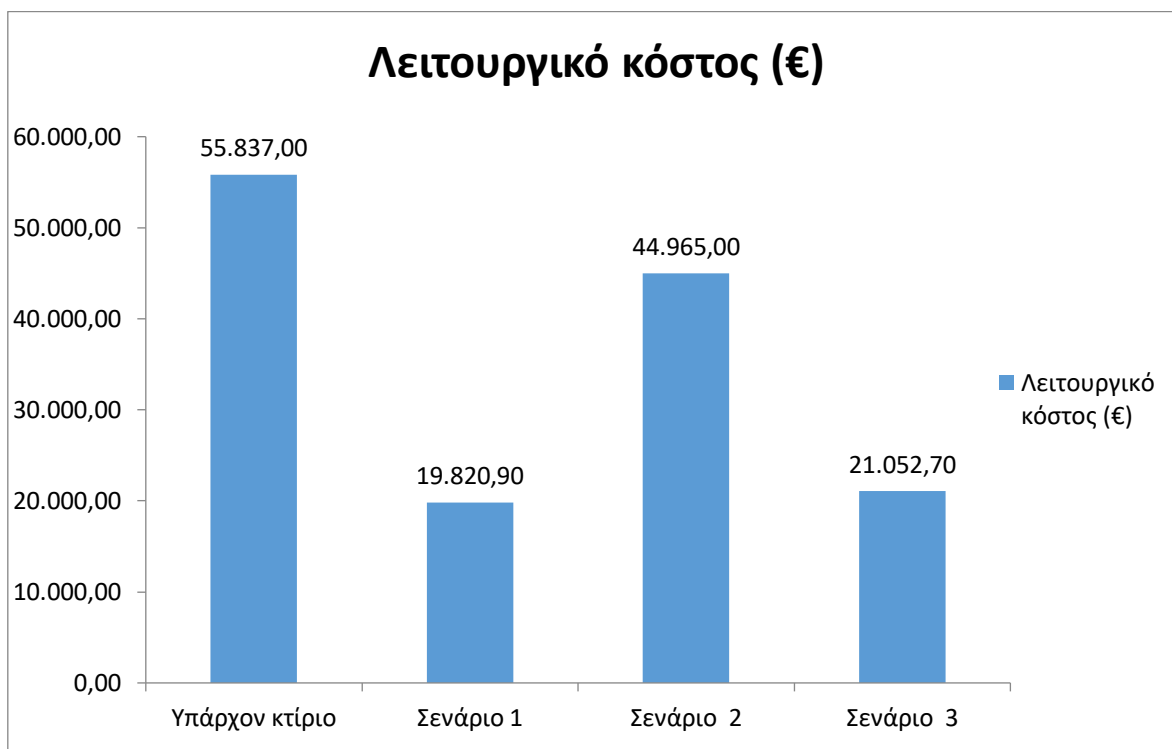
#### 4.5.3. Λειτουργικό κόστος

Ακολουθεί πίνακας και γράφημα που παρουσιάζουν το λειτουργικό κόστος του υπάρχοντος κτιρίου καθώς και τα λειτουργικά κόστη μετά την εφαρμογή των τριών σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης. Τα μεγέθη αυτά είναι αποτέλεσμα υπολογισμών με το

λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και δεν προέρχονται από πραγματικά δεδομένα καθώς δεν υπήρχαν.

Λειτουργικό κόστος (€)			
Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
55.837,00 €	19.820,90 €	44.965,00 €	21.052,70 €

Πίνακας 8: Συγκεντρωτικός πίνακας ετήσιου λειτουργικού κόστους



Εικόνα 11: Γράφημα (ετήσιου) λειτουργικού κόστους

Εάν βέβαια το έργο υλοποιηθεί, κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση ενός συστήματος μέτρησης καταναλώσεων ώστε να μπορέσουν να εξαχθούν πραγματικές τιμές. Η λογική του συστήματος καταγραφής για οποιοδήποτε σενάριο από τα τρία και αν υλοποιηθεί, θα πρέπει να ακολουθεί τα εξής χαρακτηριστικά:

Το σύνολο των καταναλώσεων του κτιρίου μετά την υλοποίηση ενός από τα σενάρια, θα αφορά ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως, θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα στο κτίριο το οποίο θα μετράει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μετρητής kWh. Η εγκατάστασή του θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ξεχωριστά ανά κατηγορία. Αναλυτικότερα, θα πρέπει να τοποθετηθεί ένας μετρητής ισχύος για την καταναλισκόμενη ενέργεια στη θέρμανση, ένας μετρητής ισχύος για την καταναλισκόμενη ενέργεια στην ψύξη και ένας μετρητής ισχύος για την καταναλισκόμενη ενέργεια στο φωτισμό.



Επομένως, αφού θα υπάρχουν τα δεδομένα των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά κατηγορία, θέρμανση – ψύξη – φωτισμός, θα καταγράφονται ετησίως και θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαχθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα.

#### 4.5.4. Εκτιμώμενος Προϋπολογισμός ανά σενάριο

Ακολουθούν αναλυτικοί προϋπολογισμοί εργασιών ανά προτεινόμενη επέμβαση.

##### Σενάριο 1

Προϋπολογισμός εργασιών ενεργειακής αναβάθμισης			
Θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους, αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοστασίων, φωτιστικά LED, σύστημα BEMS, συστήματα VRV inverter και κεντρικό σύστημα αερισμού.			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	Επιφάνεια	Τιμή / [m <sup>2</sup> ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[m <sup>2</sup> ]	€	€
Θερμομόνωση δώματος	2614	25	65.350,00
Εξωτερική Θερμομόνωση τοιχοποιίας	1065	40	42.600,00
Σύνολο			107.950,00
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	Επιφάνεια	Τιμή / [m <sup>2</sup> ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[m <sup>2</sup> ]	€	€
Πόρτες και σταθερά υαλοστάσια	345,93	150	51.889,50
Παράθυρα	588,28	220	129.421,60
Σύνολο			181.311,10
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Φωτισμός - αλλαγή λαμπτήρων με LED	368	50	18.400,00
Σύνολο			18.400,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης κτιρίου - BEMS	Αποκ.	Αποκ.	10.000,00
Σύνολο			10.000,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Ημικεντρικά συστήματα μηχανικού αερισμού	Αποκ.	Αποκ.	70.000,00
Σύνολο			70.000,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Είδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Κεντρική Μονάδα Αντλία θερμότητας VRV τεχν. Inv. 67,20 kW – 112,00 kW	Αποκ.	Αποκ.	120.000,00
Σύνολο			120.000,00
ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ			<b>507.661,10</b>
ΓΕ & ΟΕ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 18%			91.379,00
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΓΕ % ΟΕ			<b>599.040,10</b>

Απρόβλεπτα (15%)	89.856,02
<b>ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ με απρόβλεπτα (15%)</b>	<b>688.896,12</b>
<b>ΦΠΑ 24%</b>	<b>165.335,07</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ 24%</b>	<b>854.231,19</b>

Πίνακας 9: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 1

## Σενάριο 2

Προϋπολογισμός εργασιών ενεργειακής αναβάθμισης			
Θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους.			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	Επιφάνεια	Τιμή / [m <sup>2</sup> ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[m <sup>2</sup> ]	€	€
Θερμομόνωση δώματος	2614	25	65.350,00
Εξωτερική Θερμομόνωση τοιχοποιίας	1065	40	42.600,00
Σύνολο			107.950,00
ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ			<b>107.950,00</b>
ΓΕ & ΟΕ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 18%			19.431,00
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΓΕ % ΟΕ			<b>127.381,00</b>
Απρόβλεπτα (15%)			19.107,15
ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ με απρόβλεπτα (15%)			146.488,15
<b>ΦΠΑ 24%</b>			<b>35.157,16</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ 24%</b>			<b>181.645,31</b>

Πίνακας 10: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 2

### Σενάριο 3

Προϋπολογισμός εργασιών ενεργειακής αναβάθμισης			
Θερμομόνωση δώματος και λοιπού κελύφους, φωτιστικά LED, σύστημα BEMS, συστήματα VRV inverter και κεντρικό σύστημα αερισμού.			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	Επιφάνεια	Τιμή / [m <sup>2</sup> ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[m <sup>2</sup> ]	€	€
Θερμομόνωση δώματος	2614	25	65.350,00
Εξωτερική Θερμομόνωση τοιχοποιίας	1065	40	42.600,00
Σύνολο			107.950,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Φωτισμός - αλλαγή λαμπτήρων με LED	368	50	18.400,00
Σύνολο			18.400,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης κτιρίου - BEMS	Αποκ.	Αποκ.	10.000,00
Σύνολο			10.000,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Ημικεντρικά συστήματα μηχανικού αερισμού	Αποκ.	Αποκ.	70.000,00
Σύνολο			70.000,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Ποσότητα	Τιμή / [τεμ]	Τιμή
Ειδος επέμβασης - εργασία - υλικά	[τεμ]	€	€
Κεντρική Μονάδα Αντλία Θερμότητας VRV τεχν. Inv. 67,20 kW – 112,00 kW	Αποκ.	Αποκ.	120.000,00
Σύνολο			120.000,00
ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ			<b>326.350,00</b>
ΓΕ & ΟΕ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 18%			58.743,00
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΓΕ % ΟΕ			<b>385.093,00</b>
Απρόβλεπτα (15%)			57.763,95
ΣΥΝΟΛΟ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ με απρόβλεπτα (15%)			442.856,95
<b>ΦΠΑ 24%</b>			<b>106.285,67</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ 24%</b>			<b>549.142,62</b>

Πίνακας 11: Ενδεικτικός οικονομικός προϋπολογισμός επεμβάσεων Σεναρίου 3

#### 4.5.5. Εκτίμηση κόστους – οφέλους – αποσβέσεων προτεινόμενων επεμβάσεων

Στον πίνακα, που ακολουθεί, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για το λειτουργικό κόστος, το ύψος της επένδυσης, την περίοδο επανείσπραξης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την τιμή της εξοικονομούμενης ενέργειας ανά προτεινόμενη επέμβαση. Όλες οι τιμές έχουν εξαχθεί από το λογισμικό TEE-KENAK.

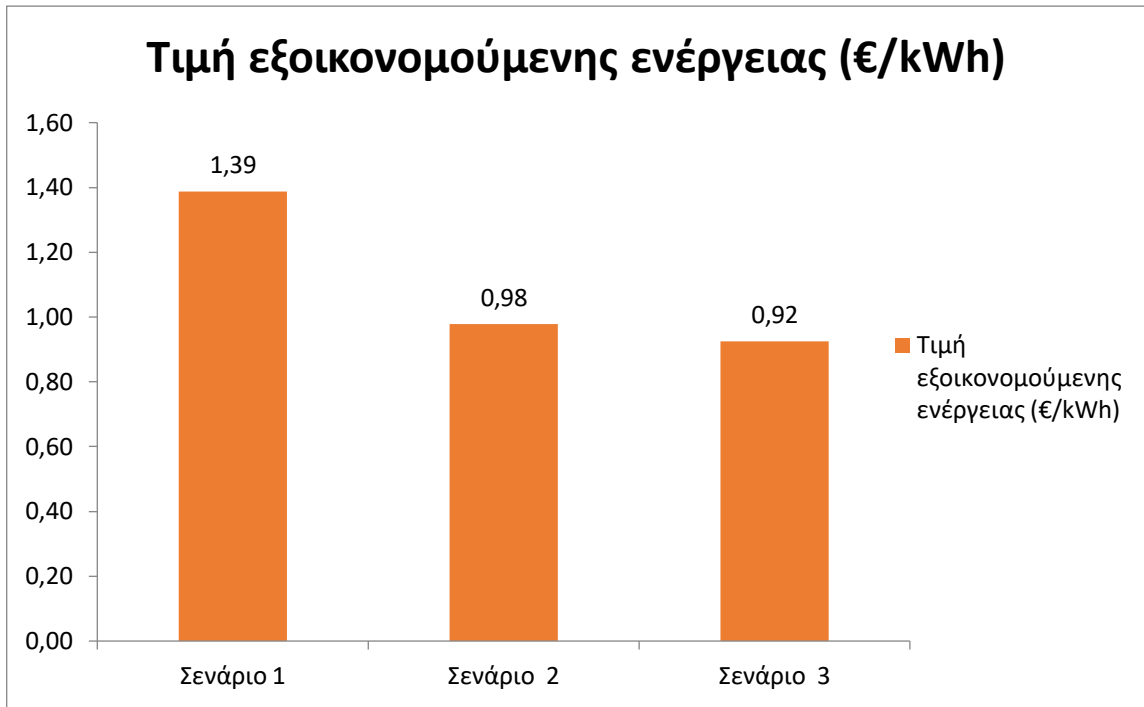
Οικονομική ανάλυση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης TEE KENAK			
Εξοικονόμηση και κόστη	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Λειτουργικό κόστος (€)	19.820,90 €	44.965,00 €	21.052,70 €
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	854.231,19 €	181.645,31 €	549.142,62 €
Περίοδος επανείσπραξης (έτη)	23,68	16,71	15,76
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	235,50	71,10	227,50
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	64,54	19,54	62,32
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	1,39	0,98	0,92

Πίνακας 12: Εξοικονόμηση και κόστη επεμβάσεων

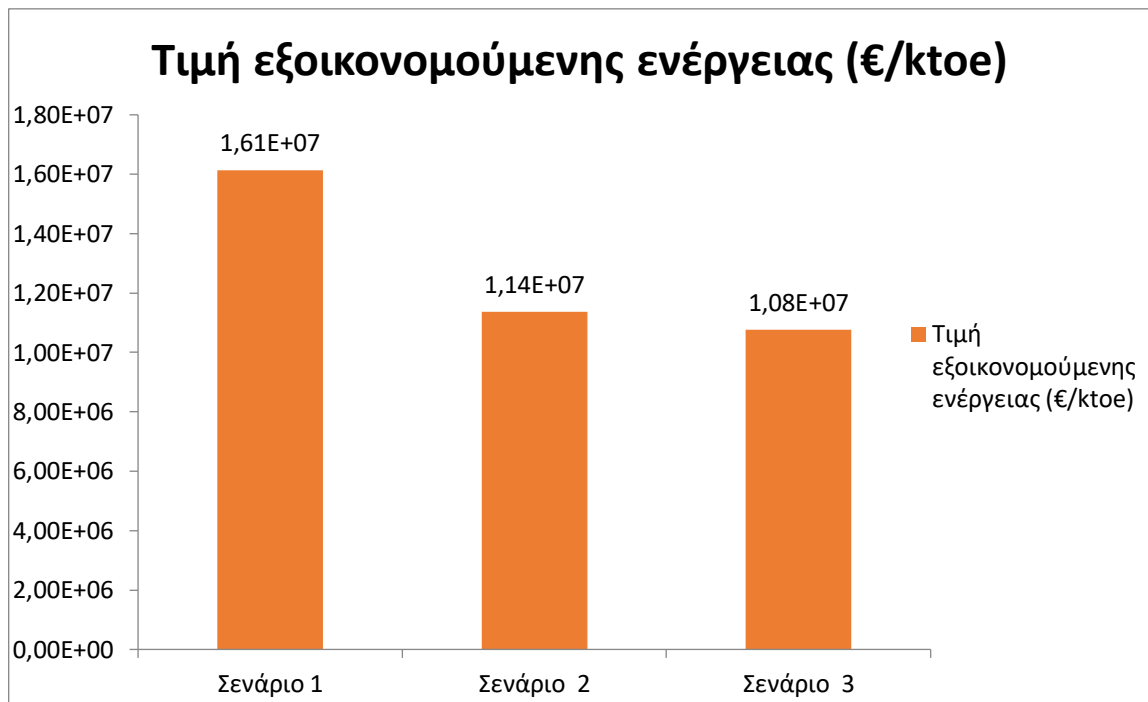
Ο παραπάνω πίνακας αποτελεί ουσιαστικά συμπύκνωση όλων των ενεργειακών και οικονομικών χαρακτηριστικών των προτεινόμενων επεμβάσεων. Κρίσιμα μεγέθη είναι, η περίοδος επανείσπραξης της επένδυσης για την κάθε επέμβαση, καθώς και η τιμή της εξοικονομούμενης ενέργειας.

Η τιμή της εξοικονομούμενης ενέργειας ορίζεται ως ο λόγος του αρχικού κόστους επένδυσης προς την ετήσια εξοικονομούμενη πρωτογενή ενέργεια. Φυσικά, για να μπορέσει να υπολογιστεί πρέπει να ληφθεί υπόψη η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου που επιθεωρείται η οποία είναι 2.614,00 τμ.

Ακολουθούν δύο γραφήματα με την τιμή της εξοικονομούμενης ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κόστος επένδυσης, για κάθε σενάριο προτεινόμενης επέμβασης. Το πρώτο γράφημα δίνεται σε σχέση με τις kWh και το δεύτερο σε σχέση με τους ktoe.

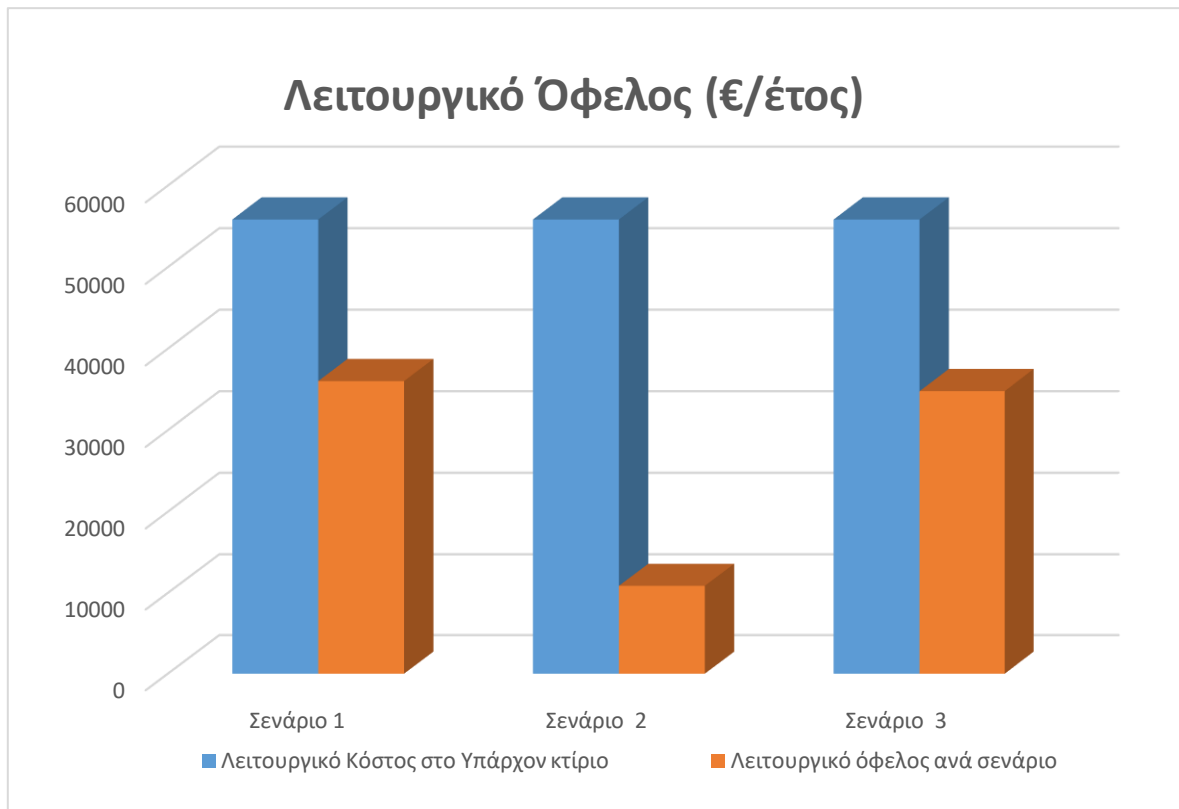


Εικόνα 12: Γράφημα τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κόστος επένδυσης



Εικόνα 13: Γράφημα τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κόστος Επένδυσης

Στο γράφημα λειτουργικού οφέλους προσδιορίζεται το λειτουργικό όφελος σε € ανά έτος, σε σχέση με το αρχικό λειτουργικό κόστος του υπάρχοντος κτιρίου, για κάθε σενάριο προτεινόμενης επέμβασης.

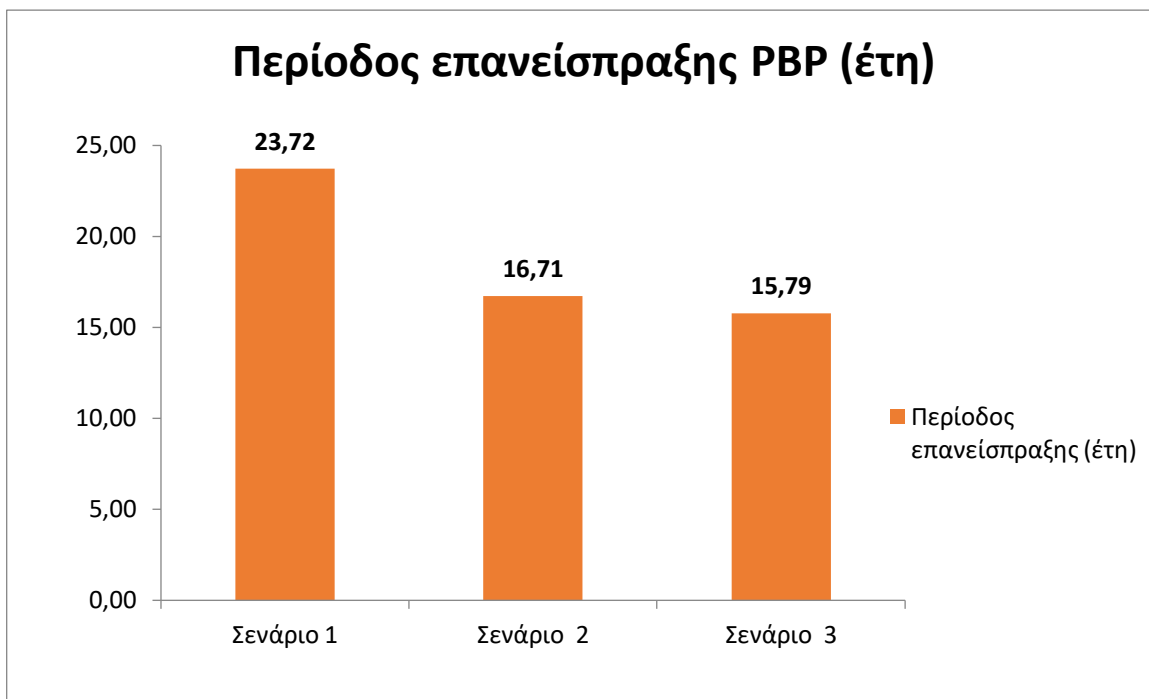


Εικόνα 14:Γράφημα τιμής λειτουργικού οφέλους σε σχέση με το αρχικό λειτουργικό κόστος

#### 4.5.6.Περίοδος Επανείσπραξης

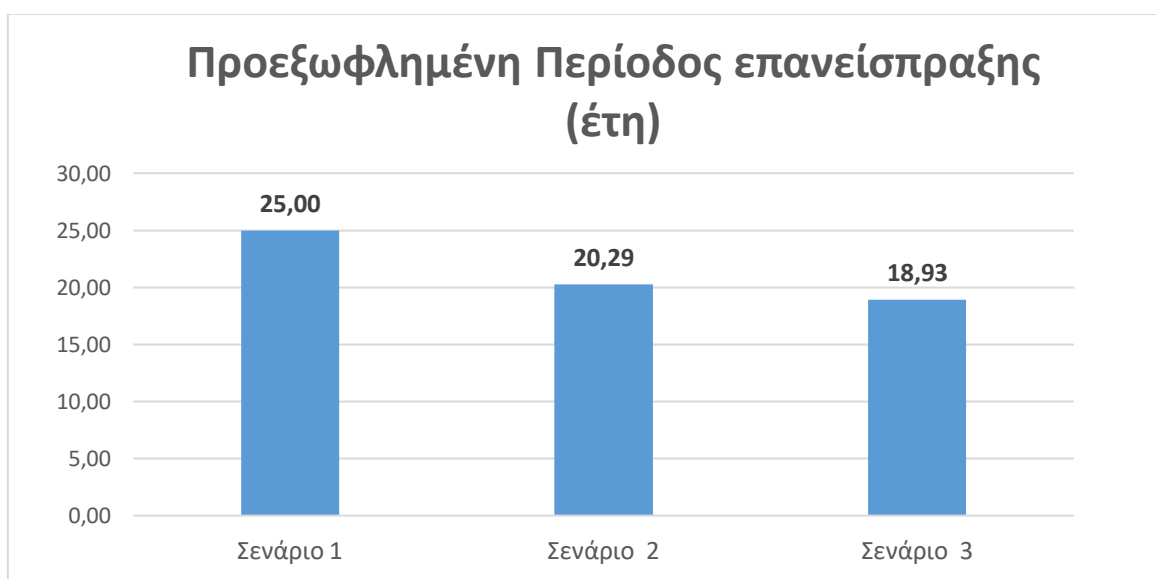
Η περίοδος επανείσπραξης κεφαλαίων, ο χρόνος δηλαδή που απαιτείται από την επένδυση να αποσβεστεί βάσει της μείωσης των λειτουργικών απαιτήσεων του κτιρίου, αποτελεί ένα αποδεκτό κριτήριο για την αξιολόγηση της επένδυσης. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η περίοδος επανείσπραξης είναι ένα παραδοσιακό κριτήριο αξιολόγησης που δίνει βαρύτητα σε λογιστικά μεγέθη (αποδόσεις) και έχει το μειονέκτημα ότι αγνοεί την χρονική αξία του χρήματος.<sup>[11]</sup>

Στο γράφημα που ακολουθεί προσδιορίζεται η περίοδος επανείσπραξης κεφαλαίων σε έτη, για κάθε σενάριο προτεινόμενης παρέμβασης. Παρατηρείται ότι το σενάριο 1, που έχει περίοδο επανείσπραξης που υπερβαίνει τα 20 έτη, απορρίπτεται. Συγκρίνοντας τα σενάρια 2 και 3, προκρίνεται το σενάριο 3, επειδή επιστρέφει το αρχικό κόστος επένδυσης γρηγορότερα.



Εικόνα 15:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη υπολογισμένο με το λογισμικό TEE-KENAK

Στο παραπάνω γράφημα, που έχει παραχθεί από το λογισμικό του Υπουργείου, TEE-KENAK, δεν λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα στους υπολογισμούς και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα. Στη συνέχεια, εκτελούνται οι παραπάνω υπολογισμοί, λαμβάνοντας υπόψη την χρονική αξία του χρήματος με μια ενδεικτική τιμή 2%. Ο νέος πίνακας παρουσιάζεται στη συνέχεια.



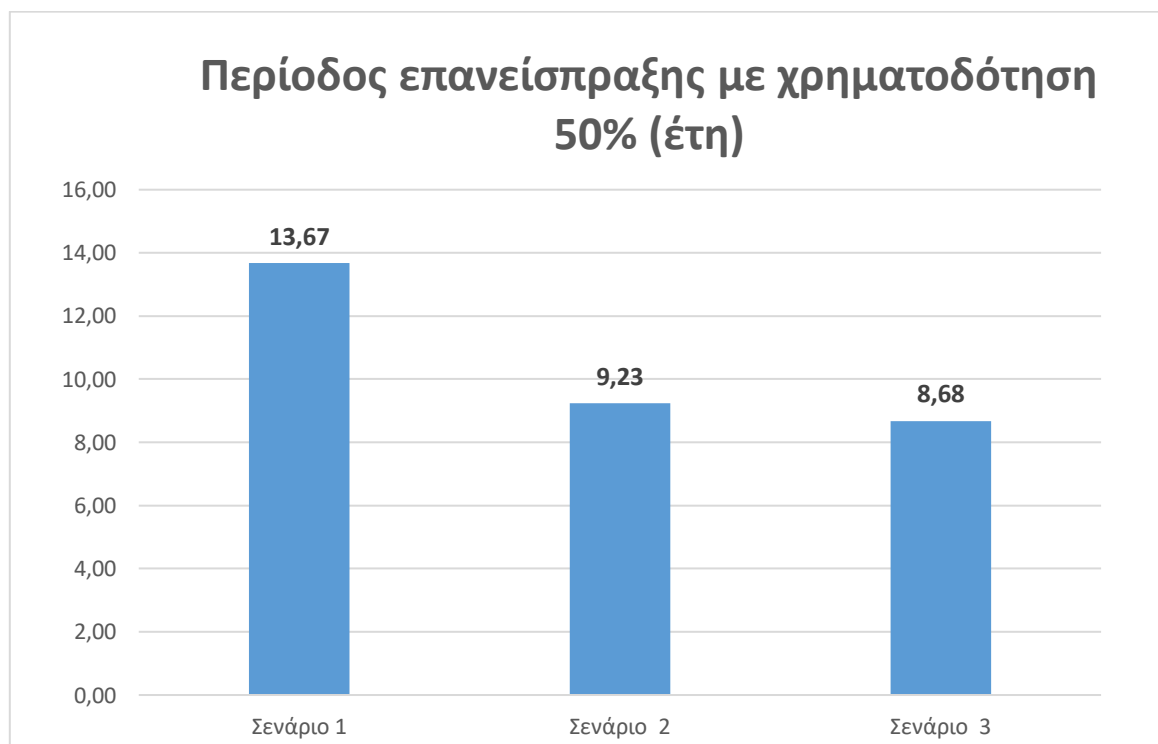
Εικόνα 16:Γράφημα προεξωφλημένης περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης



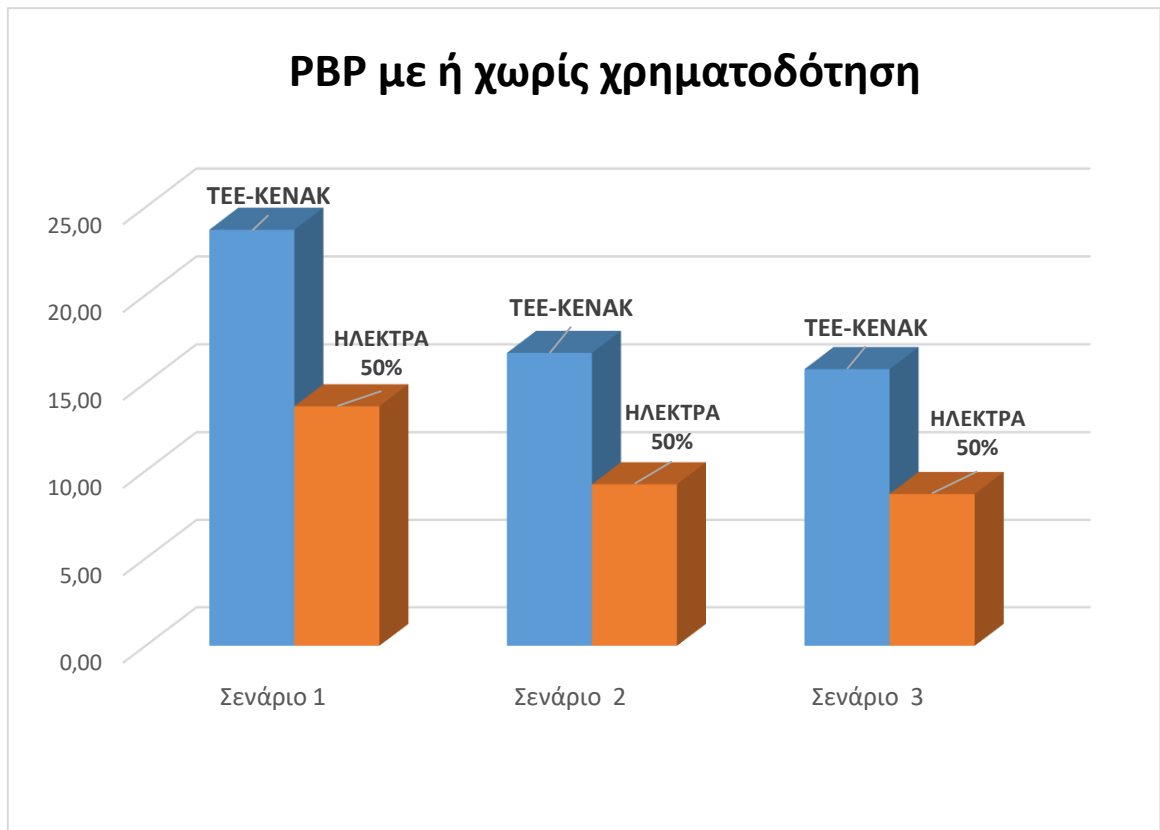
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, διαπιστώνεται ότι η αρχική εκτίμηση του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, ήταν εσφαλμένη, αφού πλέον η περίοδος επανείσπραξης διαφοροποιείται για όλα τα σενάρια. Βέβαια, προκρίνεται ξανά το σενάριο 3 αλλά με σημαντικά μεγαλύτερη περίοδο επανείσπραξης των αρχικών κεφαλαίων της επένδυσης. Τα σενάρια 1 και 2 απορρίπτονται αφού πλέον έχουν περίοδο επανείσπραξης που υπερβαίνει τα 20 έτη.

Επίσης, από την προηγούμενη ανάλυση γίνεται αντιληπτό ότι προκειμένου η επένδυση να είναι βιώσιμη, θα πρέπει να χρηματοδοτηθεί από πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης δημοσίων κτιρίων (ενδεικτικού τύπου πρόγραμμα ΗΛΕΚΤΡΑ).<sup>[12]</sup> Σκοπός του προγράμματος (ΗΛΕΚΤΡΑ) είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος που ανήκει στην ιδιοκτησία των φορέων της Γενικής Κυβέρνησης με παρεμβάσεις που αφορούν είτε στο κέλυφος του κτιρίου, είτε στα διάφορα συστήματα Ηλεκτρο-Μηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων και παρεμβάσεις που αποδεδειγμένα συμβάλουν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, συμπεριλαμβανομένης της στατικής ενίσχυσης, όπου απαιτείται.<sup>[12]</sup>

Στο γράφημα που ακολουθεί φαίνεται η μεταβολή της περιόδου επανείσπραξης για κάθε σενάριο, με χρηματοδότηση της επένδυσης κατά 50% και επιτόκιο προεξώφλησης 2%, μέσω του προγράμματος ΗΛΕΚΤΡΑ. <sup>[12]</sup>



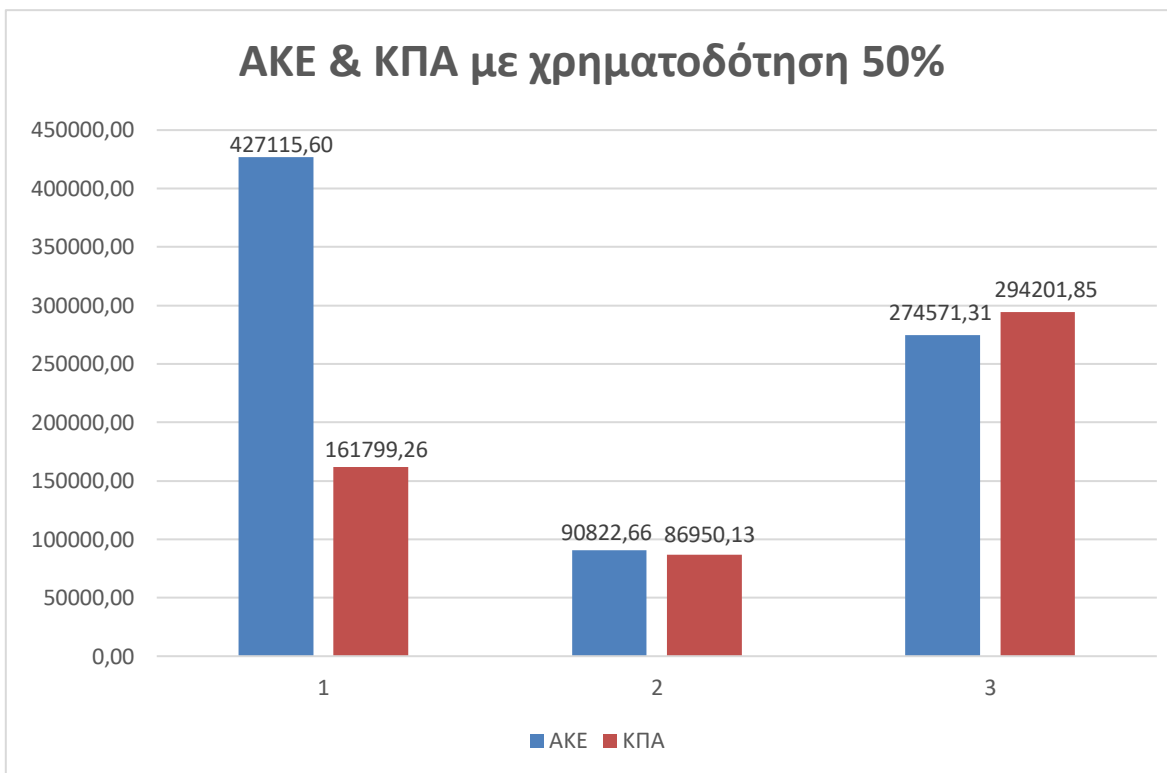
Εικόνα 17:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη με χρηματοδότηση 50%



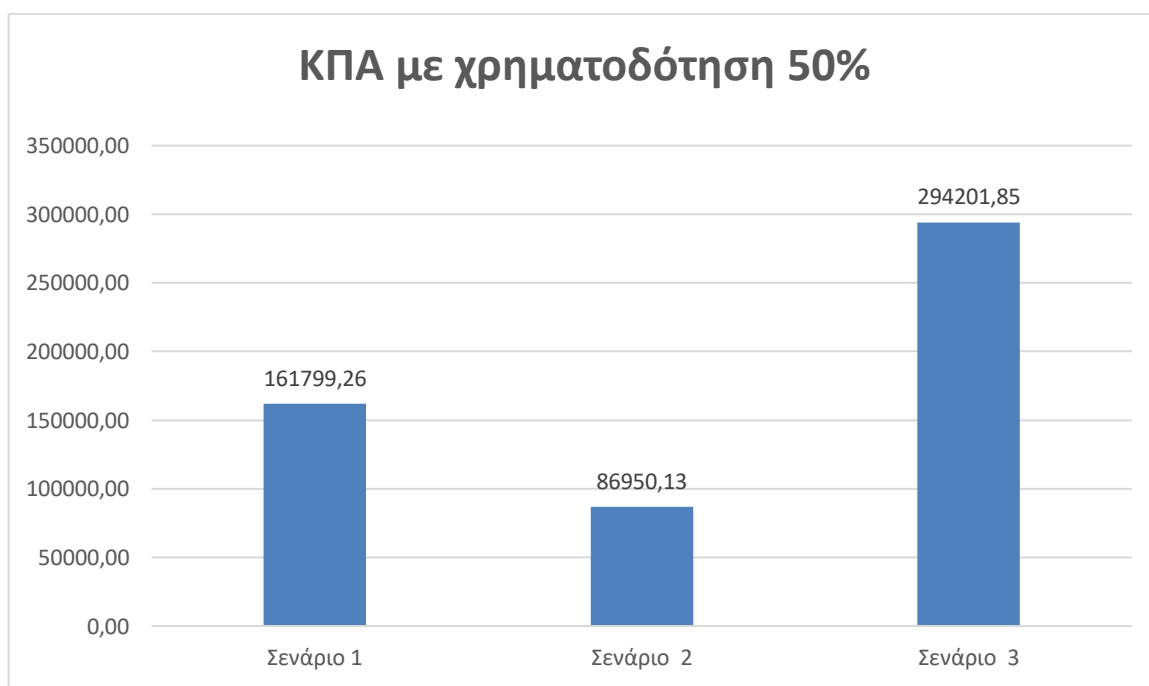
Εικόνα 18:Γράφημα περιόδου επανείσπραξης της επένδυσης σε έτη υπολογισμένο με το ΤΕΕ-KENAK συγκριτικά με περίοδο επανείσπραξης με χρηματοδότηση 50%.

#### 4.5.7.Καθαρή Παρούσα Αξία

Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) χρησιμοποιείται ευρέως στην αξιολόγηση επενδύσεων. Με αυτό το κριτήριο συγκρίνεται το αρχικό κόστος επένδυσης (ΑΚΕ) με τις καθαρές χρηματικές ροές (έσοδα – έξοδα) αφού μετατραπούν σε παρούσες αξίες. Το σενάριο που μελετάται προκρίνεται, αν τα οφέλη σε παρούσες αξίες είναι μεγαλύτερα από τα κόστη σε παρούσες αξίες. Στα γραφήματα που ακολουθούν απεικονίζεται η καθαρή παρούσα αξία για κάθε σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου με χρηματοδότηση 50%, σε σύγκριση με το αρχικό κόστος επένδυσης.



Εικόνα 19:Γράφημα καθαρής παρούσας αξίας με χρηματοδότηση 50% σε σύγκριση με το ΑΚΕ

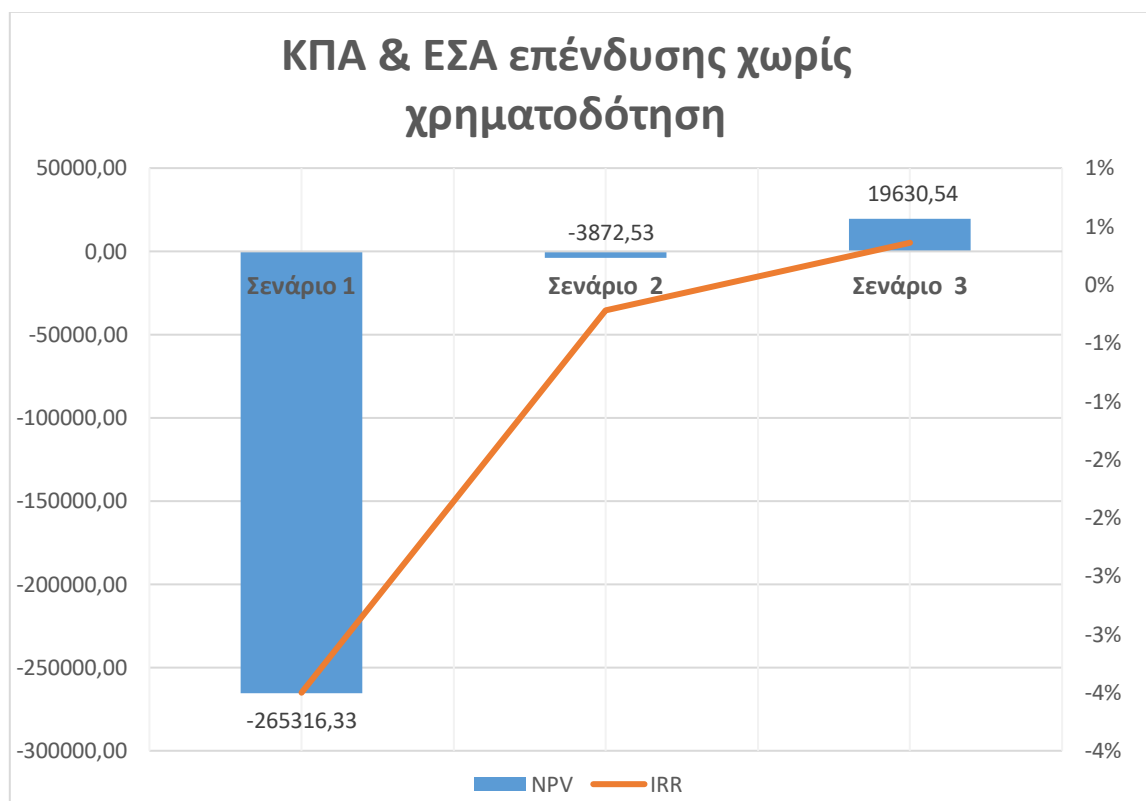


Εικόνα 20:Γράφημα καθαρής παρούσας αξίας με χρηματοδότηση 50%

#### 4.5.8. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης

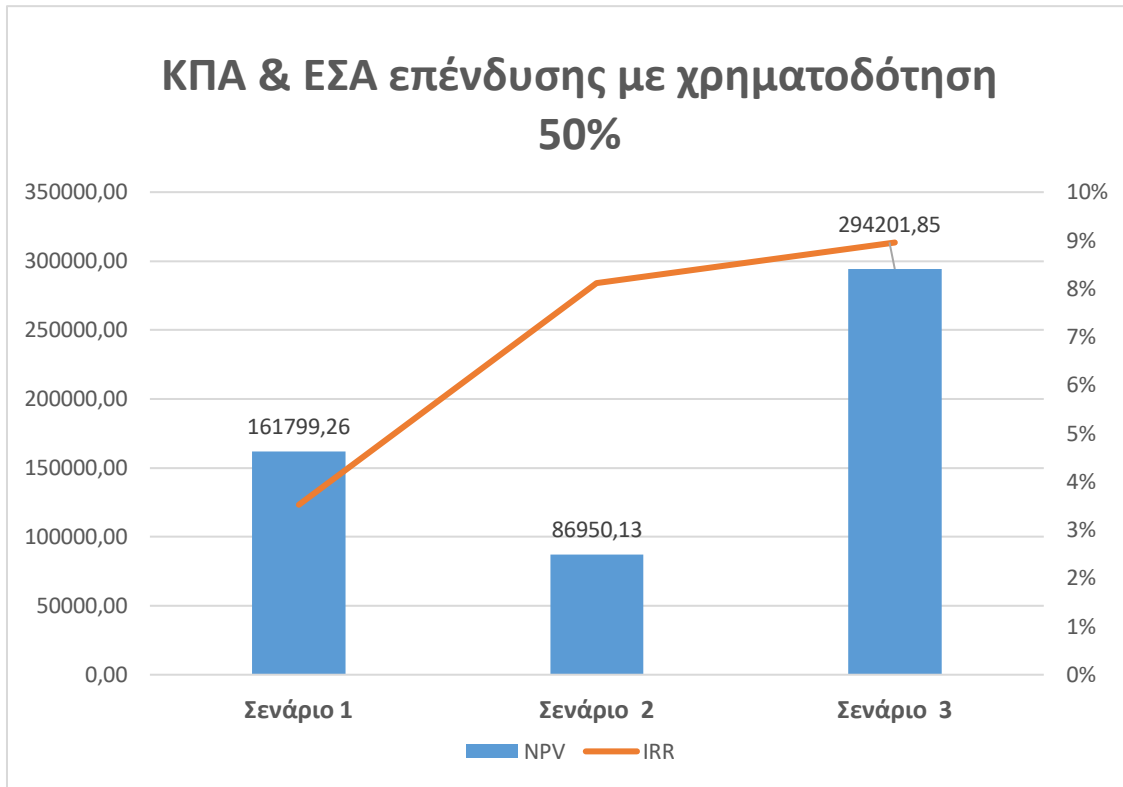
Ο Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι εκείνο το επιτόκιο που μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ). Ο (ΕΣΑ) παρουσιάζει ενδιαφέρον αν συγκριθεί με το κόστος του

χρήματος ή το κόστος ευκαιρίας της επένδυσης, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 2%.<sup>[11]</sup> Σε σχέση με τα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου που μελετάται, παρατηρείται ότι, κανένα σενάριο δεν προκρίνεται χωρίς χρηματοδότηση, αφού το κόστος ευκαιρίας είναι μεγαλύτερο από τον ΕΣΑ, ο οποίος στο βέλτιστο σενάριο είναι μόλις 1%. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί καθώς και στον πίνακα κριτηρίων αξιολόγησης επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση του παραρτήματος.



Εικόνα 21: Καθαρή Παρούσα Αξία και Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση

Στην περίπτωση χρηματοδότησης της επένδυσης κατά 50% μέσω προγράμματος (ΗΛΕΚΤΡΑ), ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης μεταβάλλεται σε 4% για το σενάριο 1, σε 8% για το σενάριο 2 και σε 9% για το σενάριο 3. Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι, ο ΕΣΑ ευνοεί το σενάριο 3, όπου ο δείκτης είναι 9%, αφού είναι μεγαλύτερος από το κόστος ευκαιρίας κατά 7 ποσοστιαίες μονάδες. Η γραφική απεικόνιση του ΕΣΑ σε σχέση με την ΚΠΑ προβάλλεται στο γράφημα που ακολουθεί.



Εικόνα 22: Καθαρή Παρούσα Αξία και Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης επένδυσης με χρηματοδότηση 50%

## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### 5.1. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις

Για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε το βέλτιστο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης σε ένα κτίριο πρέπει να λάβουμε υπόψη τρεις παράγοντες, οι οποίοι είναι οι παρακάτω:

- ❖ ενεργειακός – συνθήκες άνεσης
- ❖ οικονομικός
- ❖ βαθμός όχλησης

Ο πρώτος παράγοντας, ο ενεργειακός – συνθήκες άνεσης, αφορά την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας εντός του κτιρίου. Αναλυτικότερα, αφορά τον τρόπο κατασκευής του κτιρίου ώστε να επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο άνεσης σε στοιχεία κλιματισμού, φωτισμού, και αερισμού, διατηρώντας συγχρόνως την ενεργειακή επιβάρυνση προς το περιβάλλον σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα.

Ο δεύτερος παράγοντας, ο οικονομικός, αφορά τον προσδιορισμό της βέλτιστης λύσης με το χαμηλότερο χρόνο επανείσπραξης. Δηλαδή, την επένδυση που θα προσφέρει μείωση του λειτουργικού κόστους του κτιρίου χωρίς την απαίτηση δαπάνης τεράστιου αρχικού κεφαλαίου. Το οικονομικό κριτήριο σε μια επένδυση είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για δύο λόγους. Πρώτον, γιατί τις περισσότερες φορές τα χρήματα είναι περιορισμένα, επομένως κάποιες επεμβάσεις απορρίπτονται. Δεύτερον, ο χρόνος ζωής των επεμβάσεων, συστήματα ψύξης/θέρμανσης/αερισμού ή λαμπτήρες, δεν είναι απεριόριστος. Επομένως, θα πρέπει να έχουν αποσβεστεί πριν αχρηστευθούν. Ενδεικτικός, χρόνος καλής λειτουργίας για μια επένδυση σε μηχανολογικό εξοπλισμό δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 20 έτη.

Ο τρίτος παράγοντας, η όχληση, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών είναι ιδιαίτερα κρίσιμος όταν το υπό αναβάθμιση κτίριο είναι σε συνεχή λειτουργία και εξυπηρετεί κρίσιμες θέσεις του Δημοσίου. Επομένως, ορισμένες επεμβάσεις μπορεί να απαιτούν την διακοπή λειτουργίας του κτιρίου για μεγάλο χρονικό διάστημα, το οποίο μπορεί να μην δύναται να πραγματοποιηθεί. Επίσης, οι επεμβάσεις που μπορούν να εκτελεστούν τμηματικά και χωρίς την διακοπή λειτουργίας της υπηρεσίας προτιμώνται.

Επομένως, ο προσδιορισμός της βέλτιστης λύσης αποτελεί μια εργασία που συνδυάζει όλα τα ανωτέρω και είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Όσον αφορά, το κτίριο τριτογενή τομέα του Δημοσίου, που αναλύθηκε προηγουμένως, ο προσδιορισμός της βέλτιστης λύσης θα λαμβάνει υπόψη και τους τρεις παράγοντες.

## 5.2. Αποδοτική ανάλυση σεναρίων

Όσον αφορά τον πρώτο παράγοντα, ενεργειακές – συνθήκες άνεσης, τα σενάρια 1 και 3 αποτελούν τις καλύτερες λύσεις. Καθώς επιτυγχάνουν μια ουσιαστική βελτίωση στις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου, τόσο στο επίπεδο του κλιματισμού, όσο και στο επίπεδο του αερισμού.

Ειδικά όπως μπορεί να παρατηρηθεί και από τα γραφήματα ενεργειακή εξοικονόμηση και μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, εικόνες 8 & 10 αντίστοιχα, η βελτίωση στο κτίριο είναι τεράστια. Επιπλέον, παρατηρείται ότι και τα δύο σενάρια παρουσιάζουν σχεδόν ισάξια αποτελέσματα. Αντιθέτως το σενάριο 2 εμφανίζει αισθητά μικρότερη βελτίωση τόσο στους ενεργειακούς δείκτες όσο και στην πραγματική βελτίωση της άνεσης των χρηστών του κτιρίου. Αφού δεν προκύπτει καμία επέμβαση στα συστήματα κλιματισμού και δεν προβλέπεται η εγκατάσταση συστήματος αερισμού, με ότι αυτό σημαίνει στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα, ιδιαίτερα στη τωρινή περίοδο με υψηλές απαιτήσεις μείωσης ιικού φορτίου στο εσωτερικό των Δημόσιων Υπηρεσιών.

Ο δεύτερος παράγοντας, ο οποίος όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι ιδιαίτερα σημαντικός χαρακτηρίζεται κυρίως από τα γραφήματα της τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας και χρόνου επανείσπραξης, εικόνες 12 & 14 αντίστοιχα. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από το πρώτο γράφημα το κόστος που απαιτήθηκε για την εξοικονόμηση κάθε kWh είναι σχεδόν 50% υψηλότερο στο σενάριο 1 σε σχέση με τα σενάρια 2 και 3. Επίσης, τα σενάρια 2 και 3 έχουν σχεδόν παρόμοιες τιμές με το σενάριο 3 να υπερτερεί ελάχιστα.

Όσον αφορά το δεύτερο γράφημα, διάρκεια επανείσπραξης, τα αποτελέσματα ακολουθούν, όπως είναι φυσιολογικό το προηγούμενο γράφημα. Το κρίσιμο σημείο στο οποίο πρέπει να εστιάσουμε, αφορά την συνολική διάρκεια επανείσπραξης κάθε επένδυσης, καθώς όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπάρχει ένας μέγιστος χρόνος, είκοσι έτη, που αν ξεπεραστεί θα κάνει την επένδυση οικονομικά μη εφικτή. Λαμβάνοντας τις τιμές από το πρόγραμμα του Υπουργείου, ΤΕΕ-KENAK, το σενάριο 1 εμφανίζει διάρκεια επανείσπραξης άνω των είκοσι ετών, με αποτέλεσμα να κρίνεται οικονομικά μη αποδοτικό. Αντίθετα, τα σενάρια 2 και 3 εμφανίζουν διάρκεια επανείσπραξης κοντά στα δεκαέξι έτη, που χαρακτηρίζονται εντός του μέσου όρου των οικοδομικών έργων.

Όπως όμως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αυτοί οι υπολογισμοί δεν είναι σωστοί, καθώς δεν εισάγουν τη χρονική αξία του χρήματος. Επομένως, με τις αναθεωρημένες τιμές εικόνες 15 & 16, τα δύο πρώτα σενάρια καθιστούν την επένδυση ανέφικτη και το τρίτο οριακά εφικτή. Επομένως, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα ύπαρξης

προγραμμάτων χρηματοδότησης ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων. Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση – αξιολόγηση, εικόνες 17 - 22, παρατηρούμε ότι η χρηματοδότηση μιας επένδυσης σε ποσοστό 50% την καθιστά βιώσιμη και άμεσα υλοποιήσιμη.

Ο τελευταίος παράγοντας αφορά την όχληση κατά την διάρκεια της κατασκευής των επεμβάσεων. Οι επεμβάσεις των σεναρίων 1 και 3 εμφανίζουν τη μεγαλύτερη διατάραξη της εύρυθμης λειτουργίας του κτιρίου. Το σενάριο 1 που περιλαμβάνει και την αντικατάσταση των υαλοστασίων παρουσιάζει μεγαλύτερη αναστάτωση. Αντίθετα, το σενάριο 2 που αφορά επεμβάσεις μόνο στο εξωτερικό τμήμα του κτιρίου προκαλεί ελάχιστη όχληση στο προσωπικό του κτιρίου. Επομένως, το σενάριο 2 αποτελεί την ιδανική λύση για την απρόσκοπτη λειτουργία του κτιρίου.

### 5.3. Προσδιορισμός βέλτιστης λύσης

Συνοψίζοντας τα παραπάνω παραθέτουμε τα ακόλουθα στοιχεία για κάθε σενάριο: το σενάριο 1 παρουσιάζει την βέλτιστη ενεργειακή απόδοση, με την μεγαλύτερη όχληση εγκατάστασης και οικονομική ανάλυση μη αποδεκτή για βιώσιμη επένδυση. Το σενάριο 2 επιτυγχάνει τη χαμηλότερη επίδοση ενεργειακής αναβάθμισης, το χαμηλότερο βαθμό όχλησης και ένα μέσο επίπεδο οικονομικής απόδοσης. Το σενάριο 3 παρουσιάζει ένα επίπεδο ενεργειακής αναβάθμισης που υπολείπεται μόνο 2% από το βέλτιστο σενάριο, ένα μέσο επίπεδο όχλησης, φυσιολογικό όμως για κτιριακές επεμβάσεις, και τον καλύτερο βαθμό στην οικονομική ανάλυση, ειδικά στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί με συγχρηματοδότηση από Ευρωπαϊκό πρόγραμμα σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.

Επομένως, το σενάριο αναβάθμισης που προκρίνεται για το συγκεκριμένο κτίριο είναι το σενάριο 3, που επιτυγχάνει αφενός, την βελτίωση του κτιρίου από την κατηγορία E στην κατηγορία B κατά ΚΕΝΑΚ, και αφετέρου, το καλύτερο αποτέλεσμα σύμφωνα με τα κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης της επένδυσης.

### 5.4. Πρακτικός οδηγός ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων τριτογενούς τομέα

Χρησιμοποιώντας όλα τα ανωτέρω στοιχεία και τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης κατασκευάστηκε ένας πίνακας ιεράρχησης και χαρακτηρισμού των ενεργειακών επεμβάσεων που μπορούν να εκτελεστούν σε ένα κτίριο.

Ο λόγος που κάνει ιδιαίτερα σημαντική την ύπαρξη αυτού του πίνακα είναι ο εξής: ο προσδιορισμός των επιπτώσεων κάθε επέμβασης, τόσο θετικών όσο και αρνητικών, θα πραγματοποιείται με μια ματιά. Επομένως, ο κάθε μελετητής θα μπορεί να διοχετεύει τον



μέγιστο προϋπολογισμό σε επεμβάσεις που είναι όσο το δυνατό πιο αποδοτικές για κάθε περίπτωση.

α/α	Επέμβαση	Ενεργειακό όφελος	Οικονομικό κόστος	Όχληση
1	Θερμομόνωση δώματος/στέγης	++++	++	+
2	Θερμομόνωση κελύφους	+++	+++	+
3	Κουφώματα με ενεργειακούς υαλοπίνακες	++	++++	+++
4	Σύστημα ψύξης/θέρμανσης με VRV	++++	+++	+++
5	Σύστημα αερισμού με VAM	++	+++	++++
6	Φωτισμός LED	++++	+	++
7	Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης	++	+++	+

Πίνακας 13: Πίνακας εκτίμησης οφέλους ενεργειακών επεμβάσεων στο κτίριο

### 5.5. Μελλοντική εξέλιξη της έρευνας

Ο τομέας της εξοικονόμησης ενέργειας, ιδιαίτερα στον κτιριακό τομέα, είναι ένας από τους πλέον κρίσιμους και σημαντικούς τομείς με τεράστιο αντίκτυπο στην κοινωνία. Επομένως, είναι απαραίτητο να βασίζεται σε επιστημονικά ακριβή και τεκμηριωμένα δεδομένα. Μια προοπτική εξέλιξης τις παρούσας ερευνητικής εργασίας αποτελεί η πλήρης εκμετάλλευση των συμπερασμάτων που εξήχθησαν.

Η δημιουργία ενός μαθηματικού μοντέλου που θα χρησιμοποιεί συντελεστές βαρύτητας ανάλογα με το ενεργειακό όφελος, οικονομικό κόστος και την όχληση που θα δημιουργούν οι ενεργειακές επεμβάσεις σε ένα κτίριο θα μπορέσει να προσδιορίσει με μεγάλη ακρίβεια τη βέλτιστη λύση για κάθε περίπτωση.

Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να προσδιοριστεί το βέλτιστο σενάριο για κάθε κτίριο του Δημοσίου, ανάλογα με τη χρήση του και το διαθέσιμο προϋπολογισμό. Επίσης, η ανάλυση θα πραγματοποιείται άμεσα με χρήση ελάχιστων πόρων και στοιχείων.

## Βιβλιογραφία

- [1] Π. Κάπρος, Ν. Τασιός, Ξ. Χανιώτη, Ν. Κουβαριτάκης, *‘Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα’*, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011.
- [2] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, *‘Ευρωπαϊκή Πολιτική’*, 2020, ανάκτηση από: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/enropaiki-politiki/>.
- [3] Τσακαλώτος Ευκλείδης, Σταθάκης Γεώργιος, *‘Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ΚΕΝΑΚ’*, ΦΕΚ 2367 Β, Αθήνα 2017.
- [4] Γ. Αλογοσκούφης, Γ. Σουφλιάς, Δ. Αβραμόπουλος, Σ. Χατζηγάκης, *‘Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις’*, ΦΕΚ Α 89/19-5-2008, Αθήνα 2008.
- [5] P. Cox, M. Fisher Boel, *‘Οδηγία 2002/91/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων’*, Νομοθετικές Πράξεις Ε.Ε., Βρυξέλλες 2002.
- [6] Ομάδα εργασίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, *‘Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης’*, ΤΕΕ, Αθήνα 2017.
- [7] M. Schulz, Α.Δ. Μαυρογιάννης, *‘Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου’*, Νομοθετικές Πράξεις Ε.Ε., Στρασβούργο 2012.
- [8] Ομάδα εργασίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, *‘Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών’*, ΤΕΕ, Αθήνα 2014.
- [9] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, *‘Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης’*, ανάκτηση από: [http://www.cres.gr/energyhubforall/files/3o\\_ESDEA\\_2014.pdf](http://www.cres.gr/energyhubforall/files/3o_ESDEA_2014.pdf), Αθήνα 2014
- [10] Ομάδα εργασίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, *‘Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων’*, ΤΕΕ, Αθήνα 2017.
- [11] Σ. Παπαδάμου, Κ. Συριόπουλος, *‘Βασικές αρχές αξιολόγησης επενδύσεων: Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική προσέγγιση’*, 2015.

[12] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 'ΗΛΕΚΤΡΑ': Πρόγραμμα χρηματοδότησης για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημοσίων Κτιρίων (ΚΥΑ ΥΠΕΝ/Δ/75516/436/31.07.2020, ΦΕΚ Β' 3156), ανάκτηση από: <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/metropolitikis/programma/>, Αθήνα 2020.

# Παράρτημα

## Ενεργειακά αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 'Υπάρχον Κτίριο'

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Έκδοση 130.1.2 - Engine 1.7.6.19

2/1/2022

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	10.7	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	7.3	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	4.7	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	4.3	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	17.2	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	34.7	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	34.1	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	5.6	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	3.2	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	7.9	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	34.4	95.9	0.0	0.0

### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Ε

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	24.2	0.0	0.0	10.5
ΦΕΒ	15.1	0.0	0.0	9.5
ΜΑΡ	9.6	0.0	0.0	10.5
ΑΠΡ	1.7	0.0	0.0	10.2
ΜΑΙ	0.0	7.8	0.0	10.5
ΙΟΥΝ	0.0	29.9	0.0	10.2
ΙΟΥΛ	0.0	59.9	0.0	10.5
ΑΥΓ	0.0	58.8	0.0	10.5
ΣΕΠ	0.0	10.0	0.0	10.2
ΟΚΤ	0.6	0.0	0.0	10.5
ΝΟΕ	6.7	0.0	0.0	10.2
ΔΕΚ	16.8	0.0	0.0	10.5
ΣΥΝ	74.7	166.4	0.0	123.9

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	8.4	0.0	0.0	3.6
ΦΕΒ	5.2	0.0	0.0	3.3
ΜΑΡ	3.3	0.0	0.0	3.6
ΑΠΡ	0.6	0.0	0.0	3.5
ΜΑΙ	0.0	2.7	0.0	3.6
ΙΟΥΝ	0.0	10.3	0.0	3.5
ΙΟΥΛ	0.0	20.7	0.0	3.6
ΑΥΓ	0.0	20.3	0.0	3.6
ΣΕΠ	0.0	3.5	0.0	3.5
ΟΚΤ	0.2	0.0	0.0	3.6
ΝΟΕ	2.3	0.0	0.0	3.5
ΔΕΚ	5.8	0.0	0.0	3.6
ΣΥΝ	25.8	57.4	0.0	42.7

## Ενεργειακά αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 'Σενάριο 1'

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Εκδοχή1.30.1.2 - Engine 1.7.6.19

2/1/2022

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	4.3	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	2.4	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	0.9	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.3	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.0	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	21.7	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	21.2	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	4.3	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	0.6	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	2.6	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	10.8	62.5	0.0	0.0

### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ B+

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	3.1	0.0	0.0	6.4
ΦΕΒ	1.8	0.0	0.0	5.8
ΜΑΡ	0.9	0.0	0.0	6.4
ΑΠΡ	0.4	0.0	0.0	6.2
ΜΑΙ	0.0	2.7	0.0	6.4
ΙΟΥΝ	0.0	8.7	0.0	6.2
ΙΟΥΛ	0.0	15.4	0.0	6.4
ΑΥΓ	0.0	15.1	0.0	6.4
ΣΕΠ	0.0	3.3	0.0	6.2
ΟΚΤ	0.4	0.0	0.0	6.4
ΝΟΕ	0.7	0.0	0.0	6.2
ΔΕΚ	2.0	0.0	0.0	6.4
ΕΥΝ	9.4	45.3	0.0	74.9

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	1.1	0.0	0.0	2.2
ΦΕΒ	0.6	0.0	0.0	2.0
ΜΑΡ	0.3	0.0	0.0	2.2
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	2.1
ΜΑΙ	0.0	0.9	0.0	2.2
ΙΟΥΝ	0.0	3.0	0.0	2.1
ΙΟΥΛ	0.0	5.3	0.0	2.2
ΑΥΓ	0.0	5.2	0.0	2.2
ΣΕΠ	0.0	1.1	0.0	2.1
ΟΚΤ	0.1	0.0	0.0	2.2
ΝΟΕ	0.2	0.0	0.0	2.1
ΔΕΚ	0.7	0.0	0.0	2.2
ΕΥΝ	3.2	15.6	0.0	25.8

## Ενεργειακά αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 'Σενάριο 2'

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Έκδοση130.1.2 - Engine 1.7.6.19

2/1/2022

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	6.3	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	4.2	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	2.2	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.2	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.3	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.9	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	25.2	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	24.9	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	4.5	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	1.4	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	4.5	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	18.9	70.8	0.0	0.0

### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Δ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	15.9	0.0	0.0	10.5
ΦΕΒ	10.0	0.0	0.0	9.5
ΜΑΡ	5.1	0.0	0.0	10.5
ΑΠΡ	1.0	0.0	0.0	10.2
ΜΑΙ	0.0	6.0	0.0	10.5
ΙΟΥΝ	0.0	22.5	0.0	10.2
ΙΟΥΛ	0.0	43.5	0.0	10.5
ΑΥΓ	0.0	43.0	0.0	10.5
ΣΕΠ	0.0	8.1	0.0	10.2
ΟΚΤ	0.6	0.0	0.0	10.5
ΝΟΕ	3.4	0.0	0.0	10.2
ΔΕΚ	11.0	0.0	0.0	10.5
ΕΥΝ	47.0	123.1	0.0	123.9

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	5.5	0.0	0.0	3.6
ΦΕΒ	3.5	0.0	0.0	3.3
ΜΑΡ	1.8	0.0	0.0	3.6
ΑΠΡ	0.3	0.0	0.0	3.5
ΜΑΙ	0.0	2.1	0.0	3.6
ΙΟΥΝ	0.0	7.8	0.0	3.5
ΙΟΥΛ	0.0	15.0	0.0	3.6
ΑΥΓ	0.0	14.8	0.0	3.6
ΣΕΠ	0.0	2.8	0.0	3.5
ΟΚΤ	0.2	0.0	0.0	3.6
ΝΟΕ	1.2	0.0	0.0	3.5
ΔΕΚ	3.8	0.0	0.0	3.6
ΕΥΝ	16.2	42.5	0.0	42.7

## Ενεργειακά αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 'Σενάριο 3'

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Έκδοση130.1.2 - Engine 1.7.5.19

2/1/2022

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	6.9	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	4.2	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	2.1	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.2	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.0	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.1	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	23.7	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	23.3	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	4.1	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	1.4	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	4.5	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	19.4	66.2	0.0	0.0

### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ B

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	4.8	0.0	0.0	6.4
ΦΕΒ	3.0	0.0	0.0	5.8
ΜΑΡ	1.7	0.0	0.0	6.4
ΑΠΡ	0.5	0.0	0.0	6.2
ΜΑΙ	0.0	2.4	0.0	6.4
ΙΟΥΝ	0.0	8.8	0.0	6.2
ΙΟΥΛ	0.0	16.8	0.0	6.4
ΑΥΓ	0.0	16.6	0.0	6.4
ΣΕΠ	0.0	3.2	0.0	6.2
ΟΚΤ	0.4	0.0	0.0	6.4
ΝΟΕ	1.2	0.0	0.0	6.2
ΔΕΚ	3.3	0.0	0.0	6.4
ΣΥΝ	14.8	47.9	0.0	74.9

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	1.7	0.0	0.0	2.2
ΦΕΒ	1.0	0.0	0.0	2.0
ΜΑΡ	0.6	0.0	0.0	2.2
ΑΠΡ	0.2	0.0	0.0	2.1
ΜΑΙ	0.0	0.8	0.0	2.2
ΙΟΥΝ	0.0	3.0	0.0	2.1
ΙΟΥΛ	0.0	5.8	0.0	2.2
ΑΥΓ	0.0	5.7	0.0	2.2
ΣΕΠ	0.0	1.1	0.0	2.1
ΟΚΤ	0.1	0.0	0.0	2.2
ΝΟΕ	0.4	0.0	0.0	2.1
ΔΕΚ	1.1	0.0	0.0	2.2
ΣΥΝ	5.1	16.5	0.0	25.8

Πίνακας επανείσπραξης κεφαλαίου (PBP) σεναρίου 1

PBP SENARIO 1			
1	35309,90	1	0
2	69927,45	1	0
3	103866,23	1	0
4	137139,54	1	0
5	169760,43	1	0
6	201741,70	1	0
7	233095,88	1	0
8	263835,27	1	0
9	293971,93	1	0
10	323517,68	1	0
11	352484,10	1	0
12	380882,55	1	0
13	408724,16	1	0
14	436019,87	0,674	8,085
15	462780,36	0	0
16	489016,14	0	0
17	514737,49	0	0
18	539954,50	0	0
19	564677,06	0	0
20	588914,86	0	0
		<b>PBP</b>	
		<b>13,67</b>	<b>8,09</b>



Πίνακας επανείσπραξης κεφαλαίου (PBP) σεναρίου 2

<b>PBP SENARIO 2</b>			
1	10658,82	1	0
2	21108,65	1	0
3	31353,58	1	0
4	41397,63	1	0
5	51244,73	1	0
6	60898,76	1	0
7	70363,49	1	0
8	79642,63	1	0
9	88739,84	1	0
10	97658,66	0,234	2,802
11	106402,61	0	0
12	114975,11	0	0
13	123379,52	0	0
14	131619,14	0	0
15	139697,19	0	0
16	147616,86	0	0
17	155381,23	0	0
18	162993,36	0	0
19	170456,24	0	0
20	177772,78	0	0
		<b>PBP</b>	
		9,23	2,80

Πίνακας επανείσπραξης κεφαλαίου (PBP) σεναρίου 3

PBP SENARIO 3			
1	34102,25	1	0
2	67535,84	1	0
3	100313,86	1	0
4	132449,18	1	0
5	163954,39	1	0
6	194841,85	1	0
7	225123,68	1	0
8	254811,74	1	0
9	283917,69	0,679	8,147
10	312452,93	0	0
11	340428,66	0	0
12	367855,84	0	0
13	394745,24	0	0
14	421107,39	0	0
15	446952,64	0	0
16	472291,11	0	0
17	497132,76	0	0
18	521487,31	0	0
19	545364,33	0	0
20	568773,16	0	0
		<b>PBP</b>	
		8,68	8,15

## Πίνακας κριτηρίων Αξιολόγησης επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση

	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			χωρίς κόστος ευκαιρίας		με κόστος ευκαιρίας	
	λειτουργικό κόστος	λειτουργικό κέρδος	κόστος επένδυσης			NPV	IRR
υπάρχον κτίριο	55837,00						
<b>Σενάριο 1</b>	19820,90	36016,10	854231,19	23,72	20,00	-264462,10	-3%
<b>Σενάριο 2</b>	44965,00	10872,00	181645,31	16,71	20,00	-3690,88	0%
<b>Σενάριο 3</b>	21052,70	34784,30	549142,62	15,79	19,14	20179,69	0%
<b>ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ</b>							
						100%	NPV
Σενάριο 1	55837,00	36016,10			853376,96	-264462,10	
Σενάριο 2	55837,00	10872,00			181463,66	-3690,88	
Σενάριο 3	55837,00	34784,30			548593,48	20179,69	
<b>Κόστος ευκαιρίας</b>				2%			
<b>853376,96</b>	<b>181463,66</b>	<b>548593,48</b>					
-853376,96	-181463,66	-548593,48			-853376,9588	-181463,6647	-548593,48
36016,10	10872,00	34784,30		1	35309,90	10658,82	34102,25
36016,10	10872,00	34784,30		2	34617,55	10449,83	33433,58
36016,10	10872,00	34784,30		3	33938,78	10244,93	32778,02
36016,10	10872,00	34784,30		4	33273,31	10044,05	32135,32
36016,10	10872,00	34784,30		5	32620,89	9847,11	31505,21
36016,10	10872,00	34784,30		6	31981,27	9654,02	30887,46
36016,10	10872,00	34784,30		7	31354,18	9464,73	30281,83
36016,10	10872,00	34784,30		8	30739,39	9279,15	29688,07
36016,10	10872,00	34784,30		9	30136,66	9097,20	29105,95
36016,10	10872,00	34784,30		10	29545,75	8918,83	28535,24
36016,10	10872,00	34784,30		11	28966,42	8743,95	27975,73
36016,10	10872,00	34784,30		12	28398,45	8572,50	27427,18
36016,10	10872,00	34784,30		13	27841,62	8404,41	26889,40
36016,10	10872,00	34784,30		14	27295,70	8239,62	26362,15
36016,10	10872,00	34784,30		15	26760,49	8078,06	25845,25
36016,10	10872,00	34784,30		16	26235,78	7919,66	25338,48
36016,10	10872,00	34784,30		17	25721,35	7764,38	24841,64
36016,10	10872,00	34784,30		18	25217,01	7612,13	24354,55
36016,10	10872,00	34784,30		19	24722,56	7462,88	23877,01
36016,10	10872,00	34784,30		20	24237,80	7316,54	23408,84
					588914,86	177772,78	568773,16
					NPV	-264462,10	20179,69
					IRR	-3%	0%

## Πίνακας κριτηρίων Αξιολόγησης επένδυσης με χρηματοδότηση 50%

	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)							
	Λειτουργικό κόστος	Λειτουργικό κέρδος	κόστος επένδυσης	χωρίς κόστος ευκαιρίας		με κόστος ευκαιρίας		
υπάρχον κτίριο	55837,00							
Σενάριο 1	19820,90	36016,10	854231,19	23,72	2%	NPV	IRR	
Σενάριο 2	44965,00	10872,00	181645,31	16,71	9,23	86950,13	8%	
Σενάριο 3	21052,70	34784,30	549142,62	15,79	8,68	294201,85	9%	
						<b>ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ</b>		
						50%	NPV	
Σενάριο 1	55837,00	36016,10			427115,60	161799,26		
Σενάριο 2	55837,00	10872,00			90822,66	86950,13		
Σενάριο 3	55837,00	34784,30			274571,31	294201,85		
				<b>Κόστος ευκαιρίας</b>	2%			
	<b>427115,60</b>	<b>90822,66</b>	<b>274571,31</b>					
	-427115,60	-90822,66	-274571,31		-427115,595	-90822,655	-274571,31	
	36016,10	10872,00	34784,30	1	35309,90	10658,82	34102,25	
	36016,10	10872,00	34784,30	2	34617,55	10449,83	33433,58	
	36016,10	10872,00	34784,30	3	33938,78	10244,93	32778,02	
	36016,10	10872,00	34784,30	4	33273,31	10044,05	32135,32	
	36016,10	10872,00	34784,30	5	32620,89	9847,11	31505,21	
	36016,10	10872,00	34784,30	6	31981,27	9654,02	30887,46	
	36016,10	10872,00	34784,30	7	31354,18	9464,73	30281,83	
	36016,10	10872,00	34784,30	8	30739,39	9279,15	29688,07	
	36016,10	10872,00	34784,30	9	30136,66	9097,20	29105,95	
	36016,10	10872,00	34784,30	10	29545,75	8918,83	28535,24	
	36016,10	10872,00	34784,30	11	28966,42	8743,95	27975,73	
	36016,10	10872,00	34784,30	12	28398,45	8572,50	27427,18	
	36016,10	10872,00	34784,30	13	27841,62	8404,41	26889,40	
	36016,10	10872,00	34784,30	14	27295,70	8239,62	26362,15	
	36016,10	10872,00	34784,30	15	26760,49	8078,06	25845,25	
	36016,10	10872,00	34784,30	16	26235,78	7919,66	25338,48	
	36016,10	10872,00	34784,30	17	25721,35	7764,38	24841,64	
	36016,10	10872,00	34784,30	18	25217,01	7612,13	24354,55	
	36016,10	10872,00	34784,30	19	24722,56	7462,88	23877,01	
	36016,10	10872,00	34784,30	20	24237,80	7316,54	23408,84	
					588914,86	177772,78	568773,16	
					<b>NPV</b>	161799,26	86950,13	294201,85
					<b>IRR</b>	4%	8%	9%