

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας αλλά και η κλιματική αλλαγή αποτελούν σημαντικά θέματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο κτιριακός τομέας, είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί κύριο μέσο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (και ειδικότερα CO₂) και την περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών.

Έχοντας ως βάση την Οδηγία της ΕΕ 2002/ 91/ ΕΚ για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ψηφίστηκε στην Ελλάδα ο Ν. 3661/ 2008 (ΦΕΚ Α' 89) για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Στη συνέχεια εγκρίθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), όπου ενσωματώνει πλέον την έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μετά από μια αναλυτική παρουσίαση του Κ.Εν.Α.Κ., επιχειρείται η εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε ένα δημόσιο κτίριο και συγκεκριμένα στο δημαρχείο της πόλης των Ιωαννίνων. Στόχος είναι η αποτίμηση της ενεργειακής του συμπεριφοράς και στη συνέχεια η διερεύνηση και σύνταξη προτάσεων πιθανών επεμβάσεων έτσι ώστε να βελτιωθεί ο ενεργειακός σχεδιασμός του και να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας. Η μελέτη πραγματοποιείται με τη βοήθεια του λογισμικού "ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.", ένα ικανό υπολογιστικό εργαλείο για την αξιολόγηση ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων που επίσης παρουσιάζεται εκτενώς στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

ABSTRACT

The ever-increasing energy consumption and climate change are important issues globally. The building sector is responsible for approximately 40% of the total energy consumption both in national and European level. Energy conservation is the key for reducing the emissions of greenhouse gases (especially CO₂) and further improving the quality of life.

Based on the EU Directive 2002/91/EC concerning the improvement of energy efficiency in buildings, Greek parliament passed law N. 3661/2008 (FEK A' 89) concerning energy efficiency in buildings. Then the law known as KENAK (Regulations for Energy Efficiency in Buildings) was approved, who introduces the concept of integrated energy planning in the study of buildings in order to improve their energy efficiency, energy saving and environmental impact.

In this thesis, after a detailed presentation of Regulation for Energy Efficiency in Buildings (KENAK), an attempt is made to apply the methodology for calculating the energy efficiency of buildings in a public building and more specifically in Ioannina's town hall building. The goal is to evaluate the features of energy consumption and then to study and present proposals for possible interventions in order to improve the energy planning and reduce energy consumption. The study was carried out with the help of software TEE-KENAK, a proficient software tool for studying the energy consumption in buildings, which is also presented in detail in the thesis.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. Κτίρια και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα	7
1.2. Θεωρητικά εκτιμώμενη κατανάλωσης ενέργειας	8
1.3. Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	12
2.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)	12
2.1.1 Ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές νέων κτιρίων.....	14
2.1.2 Κτίριο αναφοράς	15
2.2 Εισαγωγή στο ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.	17
2.2.1 Δεδομένα εισόδου/ εξόδου.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	20
3.1 Αρχιτεκτονική της πόλης των Ιωαννίνων- Η Περίοδος του μεσοπολέμου	20
3.2 Το κτίριο του Διοικητηρίου	21
3.3 Το κτίριο του Δημαρχείου	23
3.4 Αριστοτέλης Ζάχος.....	25
3.5 Τα σημαντικότερα αρχιτεκτονικά στοιχεία	26
3.6 Αρχιτεκτονικά σχέδια.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ "ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ."- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ	42
4.1 Υπολογισμός ενεργειακών απαιτήσεων	42
4.2 Παράδειγμα εφαρμογής– Ζώνη 1	43
4.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας	45
4.3.1 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων	45
4.3.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας επιφανειών	55
4.4 Συστήματα Θέρμανσης	58
4.5 Συστήματα Ψύξης	59
4.6 Κτίριο αναφοράς.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ- ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	61
5.1 Ενεργειακές απαιτήσεις	61
5.2 Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	66
6.1 Αποτίμηση ενεργειακής μελέτης κτιρίου.....	66
6.2 Σενάριο 1– Αλλαγή Κουφωμάτων.....	66
6.3 Σενάριο 2– Αλλαγή κουφωμάτων κι επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες.....	69

6.4 Σενάριο 3 – Αλλαγή κουφωμάτων και επέμβαση σε όλες τις επιφάνειες με προσθήκη θερμομόνωσης	74
6.5 Σενάριο 4 – Αλλαγή κουφωμάτων επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες και αλλαγή καυσίμου	82
6.6 Σενάριο 5 – Αλλαγή κουφωμάτων, επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες και προσθήκη συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας.....	83
6.7 Συγκεντρωτικά στοιχεία	86
6.8 Οικονομοτεχνική Ανάλυση.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1: Κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα	7
Εικόνα 1.2: Μέση ετήσια συνολική τελική (πραγματική) κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας κτιρίου (kWh/ m ²) για διάφορες τελικές χρήσεις Ελληνικών κτιρίων κατοικίας και του τριτογενή τομέα	8
Εικόνα 1.3: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρονολογία κατασκευής για το 2001	10
Εικόνα 1.4: Ποσοστιαία κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά τελική χρήση για το 2001	10
Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενεργειακών κατηγοριών για τιμές αναφοράς και κτίριο αναφοράς	16
Εικόνα 3.1: Γκραβούρα της κεντρικής πλατείας της εποχής.....	20
Εικόνα 3.2: Το κτίριο του Διοικητηρίου.....	22
Εικόνα 3.3: Η καταστροφή του Διοικητηρίου.....	22
Εικόνα 3.4: Η καταστροφή του Διοικητηρίου.....	23
Εικόνα 3.5: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων.....	23
Εικόνα 3.6: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων.....	24
Εικόνα 3.7: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων.....	25
Εικόνα 3.8: Περιμετρική μετώπη	26
Εικόνα 3.9: Τμήμα του βιτρό	27
Εικόνα 3.10: Παράθυρο.....	28
Εικόνα 3.11: Τοπογραφικό διάγραμμα.....	29
Εικόνα 3.12: Κάτοψη ισογείου.....	30
Εικόνα 3.13: Κάτοψη παταριού	31
Εικόνα 3.14: Κάτοψη ορόφου.....	32
Εικόνα 3.15: Τομή κτιρίου	33
Εικόνα 3.16: Κύρια όψη.....	34
Εικόνα 3.17: Πλάγια όψη.....	35
Εικόνα 3.18: Πίσω όψη	36
Εικόνα 3.19: Όψη του Δημαρχείου (σχέδιο).....	37
Εικόνα 3.20: Σχέδιο με προοπτική του κτιρίου.....	38

Εικόνα 3.21: Τρισδιάστατη απεικόνιση ισογείου	39
Εικόνα 3.22: Τρισδιάστατη απεικόνιση αίθουσας συνεδριάσεων	40
Εικόνα 3.23: Τρισδιάστατη απεικόνιση ορόφου	41
Εικόνα 4.1: Οθόνη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ.	42
Εικόνα 4.2: Παράδειγμα εφαρμογής – Ζώνη 1.....	44
Εικόνα 4.3: Παράδειγμα εφαρμογής – Ζώνη 1.....	56
Εικόνα 4.4: Σύστημα θέρμανσης – Ζώνη 1.....	58
Εικόνα 4.5: Σύστημα ψύξης – Ζώνη 1.....	59
Εικόνα 5.1: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	61
Εικόνα 5.2: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς.....	62
Εικόνα 5.3: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου και κτιρίου αναφοράς.....	65
Εικόνα 6.1: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1	67
Εικόνα 6.2: Συγκεντρικός πίνακας ενεργειακών απαιτήσεων- καταναλώσεων σεναρίου 169	
Εικόνα 6.3: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις σεναρίου 2	73
Εικόνα 6.4: Συγκεντρικός πίνακας ενεργειακών απαιτήσεων- καταναλώσεων σεναρίου 274	
Εικόνα 6.5: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις σεναρίου 3	81
Εικόνα 6.6: Συγκεντρικός πίνακας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (σενάριο 3)	82
Εικόνα 6.7: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO ₂ για το σενάριο 4.....	83
Εικόνα 6.8: Ενεργειακές απαιτήσεις- ενεργειακές καταναλώσεις, κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO ₂ για το σενάριο 5	84
Εικόνα 6.9: Συγκεντρικός πίνακας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (σενάριο 5)	85
Εικόνα 6.10: Οικονομοτεχνική ανάλυση TEE- Κ.Ε.ν.Α.Κ.	88

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 4.1: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W τοιχοποιίας	46
Πίνακας 4.2: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W τοιχοποιίας επαφή με εξωτερικό αέρα (ΜΘΧ).....	47
Πίνακας 4.3: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W τοιχοποιίας επαφή με εξωτερικό αέρα (ΜΘΧ).....	48
Πίνακας 4.4: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων	49
Πίνακας 4.5: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W κατακόρυφων δοκών ΜΘΧ	50
Πίνακας 4.6: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	51
Πίνακας 4.7: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	52
Πίνακας 4.8: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W δάπεδο βεράντας	53
Πίνακας 4.9: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W οροφής	54
Πίνακας 4.10: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W στέγης.....	55
Πίνακας 4.11: Συντελεστές θερμοπερατότητας	57
Πίνακας 5.1: Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου	64
Πίνακας 6.1: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε m ² K/ W οροφής	70

Πίνακας 6.2: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	71
Πίνακας 6.3: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	72
Πίνακας 6.4: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W τοιχοποιίας	75
Πίνακας 6.5: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων	76
Πίνακας 6.6: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	77
Πίνακας 6.7: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	78
Πίνακας 6.8: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W οροφής	79
Πίνακας 6.9: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο βεράντας	80

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.1: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων περιόδου θέρμανσης	63
Διάγραμμα 5.2: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων περιόδου ψύξης.....	63
Διάγραμμα 6.1: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης	68
Διάγραμμα 6.2: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης	68
Διάγραμμα 6.3: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 2/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης	73
Διάγραμμα 6.4: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 2/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης	74
Διάγραμμα 6.5: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 3/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης	81
Διάγραμμα 6.6: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 3 / κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης	82
Διάγραμμα 6.7: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 5/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης	84
Διάγραμμα 6.8: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 5/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης	85
Διάγραμμα 6.9: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων.....	86
Διάγραμμα 6.10: Σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	86
Διάγραμμα 6.11: Σύγκριση εκπομπών CO_2	87
Διάγραμμα 6.12: Σύγκριση σεναρίων περιόδου αποπληρωμής- κόστος επένδυσης	88
Διάγραμμα 6.13: Σύγκριση σεναρίων περιόδου αποπληρωμής- κόστος επένδυσης.....	89

Ευρετήριο Σχέσεων

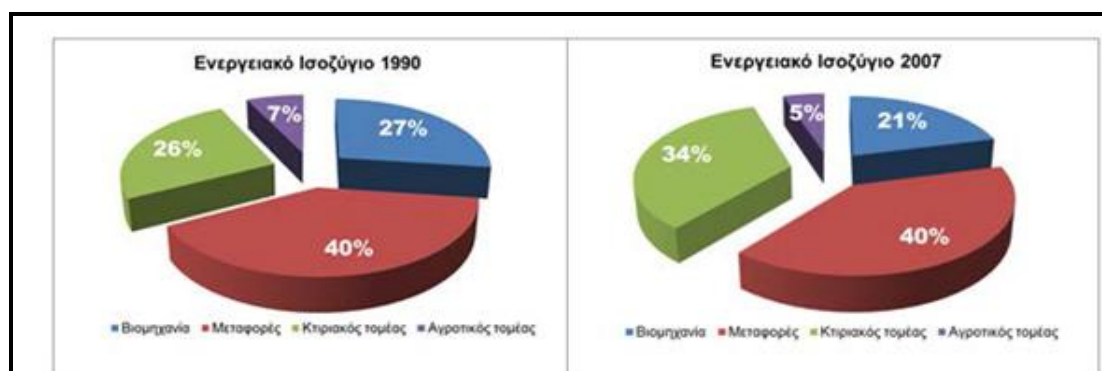
Σχέση 4.1: Αντίσταση θερμοδιαφυγής	46
Σχέση 4.2: Συνολική θερμική αντίσταση	47
Σχέση 4.3: Θερμικές αντιστάσεις εν παραλλήλω	56
Σχέση 4.4: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κτίρια και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

Ο κτιριακός τομέας συμμετέχει γενικά με υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων. Ιδιαίτερα, στην Ε.Ε. το ποσοστό συμμετοχής των κτιρίων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 40%. Η τελική κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι περίπου 34% ή 7,5 εκατ. τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΜΤΙΠ) σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία για το 2007. Τα ελληνικά κτίρια καταναλώνουν περίπου το 67% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν κατά περίπου 43% στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα (εικόνα 1.1). Το 2007, η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια ήταν 86411 GWh, δηλαδή το 34% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ελλάδας. Τα 63849 GWh καταναλώθηκαν στα κτίρια κατοικιών (74%) ενώ αντίστοιχα τα 22562 GWh στα κτίρια του τριτογενή τομέα (26%), εκτός γεωργικών χρήσεων. Το 1990, το αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής των Ελληνικών κτιρίων στην τελική κατανάλωση ενέργειας ήταν 26% και το 1980 μόλις 20%.

Εικόνα 1.1: Κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα

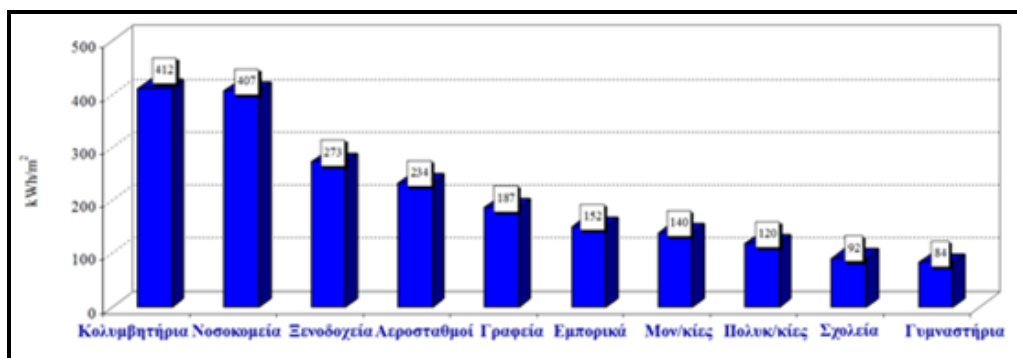


Πηγή:ΥΠΕΚΑ, 2011

Για να συγκρίνουμε την κατανάλωση ενέργειας μεταξύ διαφορετικών χρήσεων κτιρίων, χρησιμοποιείται ο όρος της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας που εκφράζει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας του κτιρίου (kWh/m^2). Οι τιμές που παρουσιάζονται στην εικόνα 1.2 είναι ο μέσος όρος των πραγματικών συνολικών καταναλώσεων ενέργειας σε ελληνικά κτίρια, με διαφορετική χρήση (κατοικίες, εμπορικά, νοσοκομεία κ.ά.). Η σύγκριση αναδεικνύει τα πλέον ενεργοβόρα κτίρια. Επειδή όμως πρόκειται για πραγματικές καταναλώσεις ενέργειας, χρειάζεται προσοχή στην ερμηνεία των στοιχείων. Για παράδειγμα τα σχολεία δεν αποτελούν τα ενεργειακά αποδοτικότερα κτίρια όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.2., καθώς η περίοδος λειτουργίας τους στις περισσότερες περιπτώσεις διαρκεί μόνο 9 μήνες και για το λόγο αυτό έχουν χαμηλές απαιτήσεις για ψύξη, ενώ ταυτόχρονα η μη λειτουργία

τους τις βραδινές ώρες και ο μεγάλος αριθμός χρηστών οδηγεί σε χαμηλότερες απαιτήσεις για τη θέρμανση χώρων τη χειμερινή περίοδο. Επίσης παράμετροι όπως οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία κ.ά.) που επικρατούν στα κτίρια διαφοροποιούν σημαντικά τα απαιτούμενα θερμικά ή/ και ψυκτικά φορτία και κατά συνέπεια την τελική κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Εικόνα 1.2: Μέση ετήσια συνολική τελική (πραγματική) κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας κτιρίου (kWh/m^2) για διάφορες τελικές χρήσεις Ελληνικών κτιρίων κατοικίας και του τριτογενή τομέα



Πηγή:ΚΑΠΕ, 2004

Τα νεότερα κτίρια παρουσιάζουν μείωση της πραγματικής τελικής ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας, ενώ η ηλεκτρική αυξάνεται κυρίως λόγω της αύξησης των αναγκών κλιματισμού. Αξιοσημείωτο είναι ότι η πραγματική τελική ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι υψηλότερη από το μέσο όρων των κτιρίων στην Ευρώπη, παρά τις ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας. Αυτό οφείλετε κυρίως στην κακή διαχείριση ενέργειας από τους χρήστες αλλά και στην κατασκευή κτιρίων χωρίς τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές.

1.2. Θεωρητικά εκτιμώμενη κατανάλωσης ενέργειας

Ο παράγοντας χρήστης παίζει μεγάλο ρόλο στην τελική πραγματική κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό, ο προσδιορισμός της ενεργειακής κατάστασης ενός κτιρίου βάσει της τελικής πραγματικής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι πάντα ο καλύτερος τρόπος. Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου εξαρτάται από τη συμπεριφορά και τις συνήθειες του χρήστη, όπως είναι η ρύθμιση του θερμοστάτη εσωτερικών χώρων σε φυσιολογικές ή υψηλές θερμοκρασίες, η συνεχής ή διακοπτόμενη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης ή/ και ψύξης, ο χρόνος παραμονής των χρηστών στο κτίριο (εργαζόμενοι ή μη), ο ρυθμός και ο αριθμός ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιεί για μαγείρεμα, για ζεστό νερό χρήσης, για φωτισμό κ.ά.

Προκειμένου για τον θεωρητικό υπολογισμό μιας μέσης τυπικής τιμής για την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου, έχουν αναπτυχθεί διεθνώς πολλές μεθοδολογίες (αναλυτικές, ωριαίες και μηνιαίες) για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου. Στις μεθοδολογίες αυτές λαμβάνονται υπόψη ορισμένες αντιπροσωπευτικές (για κάθε τύπο ή χρήση κτιρίου) σταθερές παράμετροι, προκειμένου τα αποτελέσματα να δίνουν την αναμενόμενη τυπική τιμή κατανάλωσης θερμικής ή/ και ηλεκτρικής ενέργειας που θα είχε το κτίριο εφόσον λειτουργούσε υπό κανονικές τυπικές συνθήκες. Με τον όρο κανονικές τυπικές συνθήκες νοείται η χρήση του κτιρίου χωρίς τις ιδιαίτερες συμπεριφορές του εκάστοτε χρήστη, με σταθερές εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, παροχή νωπού αέρα κ.ά.), με καθορισμένο τυπικό ωράριο λειτουργίας ανά χρήση κτιρίου, με τυπικές τιμές κλιματικές συνθήκες κ.ά.

Στις περισσότερες από τις μεθοδολογίες αυτές, για το θεωρητικό υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου και κατά συνέπεια την ενεργειακή βαθμονόμηση και κατάταξή του, λαμβάνονται υπόψη οι καταναλώσεις ενέργειας ορισμένων τελικών χρήσεων ενέργειας του όπως η θέρμανση, η ψύξη και ο αερισμός των χώρων, η παραγωγή ζεστού νερού χρήση και ο φωτισμός. Αυτή είναι άλλη μια παράμετρος, εκτός από τον χρήστη, που διαφοροποιεί την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας από την πραγματικά μετρούμενη κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου. Στην πλειοψηφία των ελληνικών κτιρίων η θεωρητικά εκτιμώμενη ή υπολογιζόμενη κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλότερη από την μέση πραγματική κατανάλωση ενέργειας, κυρίως λόγω των χρηστών.

1.3. Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

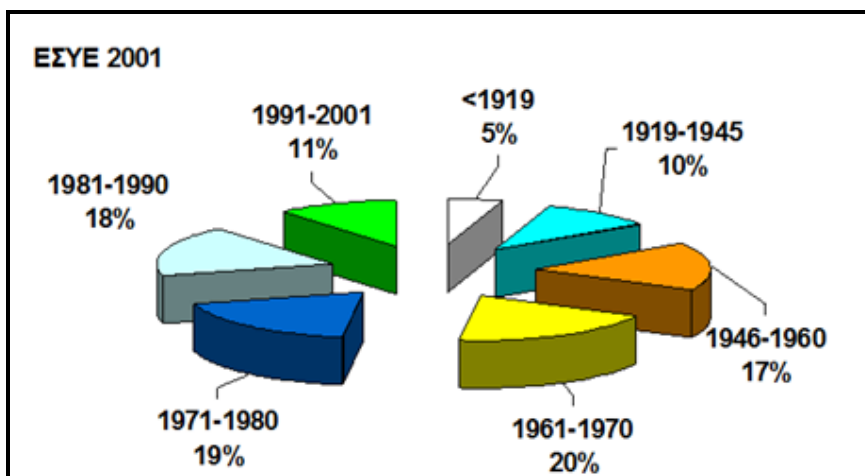
Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, τα τελευταία 20 χρόνια (1985-2005) ήταν 4,5%, μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (3%) της χώρας. Αντίστοιχα, την περίοδο 2000-2007 ο μέσος ρυθμός αύξησης στα κτίρια ήταν 2,8% σε σχέση με 1,8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Αυτοί οι ρυθμοί αύξησης δεν συμβαδίζουν με τους εθνικούς στόχους για τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών ρύπων στα πλαίσια των δεσμεύσεων της συμφωνίας του Κυότο. Γι' αυτό θα πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα μέτρα και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε όλους του τομείς και ιδιαίτερα στα κτήρια.

Σύμφωνα με τον Ν.3855/ 2010 (ΦΕΚ 95/ Α/ 23.6.2010) «Σχετικά με τα μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση», για την περίοδο μέχρι το τέλος του έτους 2016 θεσπίστηκε εθνικός ενδεικτικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας, σε ποσοστό 9% της μέσης ετήσιας τελικής ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς μέχρι

το 2016. Για την επίτευξη του στόχου θα πρέπει η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας να είναι περίπου 19 ΜΤΙΠ (221 TWh) το 2016.

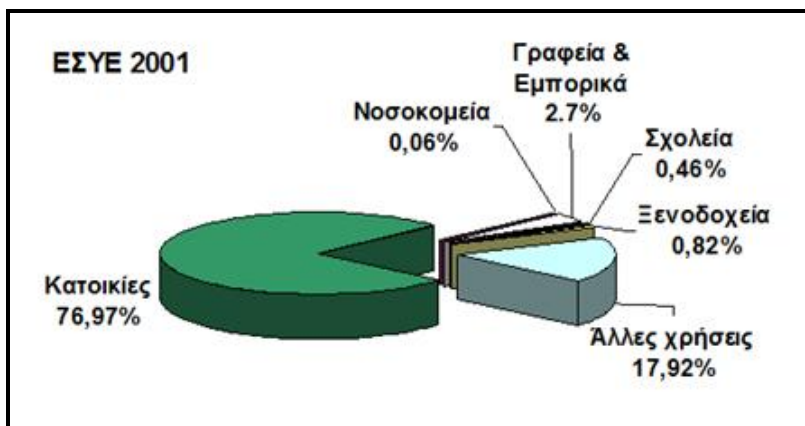
Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην χώρα μας είναι ιδιαίτερα υψηλές και μπορούν να αξιοποιηθούν εύκολα με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων. Περίπου το 71% των ελληνικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, δεν διαθέτουν θερμομόνωση και παρουσιάζουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις. Επίσης το 77% των ελληνικών κτιρίων αντιστοιχεί σε χρήσεις όπως κατοικία ενώ το 23% αφορά χρήσεις του τριτογενή τομέα.

Εικόνα 1.3: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρονολογία κατασκευής για το 2001



Πηγή:ΕΣΥΕ, 2001

Εικόνα 1.4: Ποσοστιαία κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά τελική χρήση για το 2001



Πηγή:ΕΣΥΕ, 2001

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση εξαρτάται από την περιοχή (κλιματολογικές συνθήκες), το μέγεθος και την κατασκευή του κτιρίου, τον τύπο και την κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού, τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, απαιτούμενος αέρας, κ.α.) και το ωράριο λειτουργίας. Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, αντιγράφοντας τον πρώτο γερμανικό κανονισμό, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για τη θερμοπερατότητα των διαφόρων

στοιχείων (τοίχοι, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (1980-1990), η πλειοψηφία των κτιρίων δεν εφαρμόζαν επαρκώς τη θερμομόνωση σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις και μόνο οι πρόσφατες κατασκευές εφαρμόζουν θερμομόνωση στο φέροντα οργανισμό προκειμένου για την ομοιομορφία της μόνωσης στο κτιριακό κέλυφος και την αποφυγή των θερμογεφυρών. Σαν αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό αυτών δεν διαθέτουν θερμομόνωση, παρά το γεγονός ότι οι βαθμοημέρες θέρμανσης ξεπερνούν τις 2600 στο βόρειο τμήμα της χώρας.

Συνεπώς, η θερμική θωράκιση του κτιριακού κελύφους των κτιρίων, οι διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ και ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων με υψηλή ενεργειακή απόδοση, οι τεχνολογίες διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (BEMS) για κτιριακές εγκαταστάσεις, καθώς και η υπάρχουσα εμπειρία, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτά. Η εφαρμογή των πιο πάνω μέτρων θα έχει ως άμεσο αποτέλεσμα, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια, που σε πολλές περιπτώσεις και με τον συνδυασμό των κατάλληλων μέτρων, μπορεί να υπερβεί και το 50%. Είναι κατανοητό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται να είναι ο πλέον σημαντικός παράγοντας για τον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό, δεδομένης και της οικονομικής κρίσης. Η εξοικονόμηση αυτή έχει μικρό κόστος, μεγάλη προστιθέμενη αξία, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και έχει το χαρακτηριστικό της συμμετοχής όλων των πολιτών.¹

¹ Από : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, «Επιθεώρηση Κτηρίων Θεματική Ενότητα: ΔΕ1 Εισαγωγή στον Τομέα της Ενέργειας»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Με δεδομένο ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περισσότερο από το 40% της παραγόμενης ενέργειας στην Ευρώπη, η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί έναν από τους πλέον δυναμικούς τομείς, αφού με τις τεχνικές που εφαρμόζονται η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου μπορεί να μειωθεί έως και 25%.

Προκειμένου να ληφθούν μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα διάφορα κτίρια καθώς και για τη μείωση εκπομπών ρύπων η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε την Οδηγία 2002/ 91/ ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Η οδηγία αφορά τον τομέα της κατοικίας και τον τριτογενή τομέα (γραφεία, δημόσια κτίρια, κλπ.) και σχετίζεται με όλες τις πλευρές της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει να είναι ολοκληρωμένο και εφικτό.

Στα πλαίσια λοιπόν της ενεργειακής βελτιστοποίησης των κτιρίων, στην Ελλάδα εκδόθηκε το 2008 ο Νόμος 3661 "Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις", με τον οποίο καθορίζονται σε πέντε βασικές θεματικές ενότητες οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, η μέθοδος υπολογισμού της σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, ο τρόπος έκδοσης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, ο ορισμός επιθεωρήσεων στις εγκαταστάσεις λεβήτων και κλιματισμού των κτιρίων και τέλος η σύσταση ειδικευμένων ενεργειακών επιθεωρητών.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) διατυπώνεται στην ΚΥΑ 5825/ 9-4-2010 και τέθηκε σε εφαρμογή με την εγκύκλιο οικ.1603/ 4-10-2010. Ο Κ.Εν.Α.Κ. αποτελεί τη υλοποίηση του Νόμου 3661 και ουσιαστικά θεσμοθετεί τον ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Ο Κ.Εν.Α.Κ. είναι η υποχρέωση της χώρας τόσο προς τις απαιτήσεις τις Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και απέναντι στους πολίτες της. Με τον κανονισμό αυτό προστίθεται στα χαρακτηριστικά ενός κτιρίου, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική και η μέριμνα για ελαχιστοποίηση της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και επιπλέον συμβάλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτιρίων αλλά και σε ένα ευρύτερο πλαίσιο της ίδιας της χώρας.

Βασικός σκοπός είναι να διαμορφωθεί ένα πλαίσιο αρχών και προδιαγραφών και να καθοριστούν οι όροι και οι προϋποθέσεις για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ακόμη, στόχος είναι η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για

θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (Θ.Ψ.Κ.), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται μέσω του Κ.Εν.Α.Κ., καθώς αποτελεί το βασικό εργαλείο που προβλέπει τη μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτίρια όσον αφορά θέρμανση- ψύξη- κλιματισμό, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης. Επιπλέον καθορίζονται πληθώρα θέματα σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις και ελάχιστες προδιαγραφές για τον ολοκληρωμένο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων. Για την εξασφάλιση τόσο της ορθολογικής χρήσης όσο και της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια προσδιορίζονται οι παράμετροι στα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/ Μ εγκαταστάσεων.

Για να υπάρχει ένας εννιαίος τρόπος αντιμετώπισης ο κανονισμός έχει προβλέψει το περιεχόμενο της μελέτης, καθώς και τις κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.

Για κάθε νεοαναγειρόμενο ή υφιστάμενο κτίριο υπάρχει το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, ειδικό έντυπο με καθορισμένη μορφή, στο οποίο περιγράφεται το σύνολο των ενεργειακών χαρακτηριστικών κάθε κτιρίου, αναγράφεται ο βαθμός της ενεργειακής του απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται το κτίριο. Το ενεργειακό πιστοποιητικό αποτελεί και τη λεγόμενη ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου.

Τα οφέλη από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη εντοπίζονται κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και των εξόδων συντήρησης των κτιρίων. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη συνίστανται στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική τη συμβολή της εξοικονόμησης ενέργειας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ της 16ης Δεκεμβρίου 2002 αντικαταστάθηκε στις 19 Μαΐου 2010 με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση)». Από το Ελληνικό κράτος εκδόθηκε ο νόμος 4122/2013 «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις»

Οι βασικές αλλαγές που προκύπτουν είναι μεταξύ άλλων :

1. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης θα καθοριστούν στον ΚΕΝΑΚ (σε επόμενο στάδιο), τόσο για το σύνολο ενός κτιρίου, όσο και για τα επιμέρους στοιχεία

του, λαμβάνοντας υπόψη τα βέλτιστα από πλευράς κόστους επίπεδα κατά την εκτιμώμενη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής ενός κτιρίου ή ενός στοιχείου.

2. Από την 1.1.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 1.1.2019. Τα κτίρια που χρησιμοποιούνται από υπηρεσίες του δημόσιου και του ευρύτερου δημόσιου τομέα, άνω των 500 τ.μ. (από 9.7.2015 το όριο γίνεται 250 τ.μ.) και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό, πρέπει να αναρτήσουν ΠΕΑ σε περίοπτη θέση.
3. Γίνεται υποχρεωτική η δήλωση της ενεργειακής κατηγορίας στις εμπορικές αγγελίες και διαφημίσεις για την πώληση ή τη μίσθωση ενός κτιρίου, εφόσον έχει ήδη εκδοθεί ΠΕΑ.
4. Η αρχική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού πρέπει να γίνει εντός των 4 επόμενων ετών. Από την 1.1.2014, για την έκδοση ΠΕΑ θα απαιτείται και η προσκόμιση των εκθέσεων επιθεώρησης των συστημάτων θέρμανσης ή κλιματισμού.

2.1.1 Ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές νέων κτιρίων

Για την εξασφάλιση εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια απαιτείται η εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων. Ο έλεγχος και η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται με τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης.

Για το λόγο αυτό ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που θα πρέπει να πληρεί κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και οι οποίες ικανοποιούνται είτε όταν η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του υπό εξέταση κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, είτε όταν το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Οι προδιαγραφές παραμέτρων για τη μεθοδολογία εκπόνησης μιας ενεργειακής μελέτης κτιρίου διαμορφώνονται στις εξής τρεις βασικές κατηγορίες:

1. ανάλογα με τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην κατασκευή κτιρίων. Πρόκειται για προδιαγραφές παραμέτρων που αφορούν τα στοιχεία του κτιριακού κελύφους όπως τεχνικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών, τυπολογίες τοιχοποιίας, τυπολογίες ανοιγμάτων, θερμογέφυρες, σκίαση, παθητικά συστήματα κλπ.

2. ανάλογα με το προφίλ λειτουργίας του κτιρίου. Γίνεται ένας διαχωρισμός ως προς τη χρήση του όπως κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα κλπ.

3. ανάλογα με τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας και τις ειδικές κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Αφορά προδιαγραφές για τις συνθήκες ανά τελική χρήση κτιρίου όπως ωράριο λειτουργίας, επιθυμητές θερμοκρασίες χώρων, επιθυμητή σχετική υγρασία, απαιτήσεις νωπού αέρα ανά χρήση κτιρίου, κατανάλωση νερού χρήσης, θερμοκρασία νερού δικτύου, εσωτερικά κέρδη από χρήστες και συσκευές.

Οι ελάχιστες προδιαγραφές εφαρμόζονται:

- στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου. Για το κτιριακό κέλυφος ο ενεργειακός σχεδιασμό λαμβάνει υπόψη τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων, την αεροστεγανότητα, το φυσικό αερισμό και εξαερισμό, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία, τις επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.

- στη θερμική θωράκιση του κτηριακού κελύφους με την εφαρμογή κατάλληλης θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία και την εφαρμογή κατάλληλων ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων, ώστε τόσο οι επί μέρους τιμές για κάθε δομικό στοιχείο, όσο και η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) να μην υπερβαίνουν τα όρια που ορίζονται στην παράγραφο 2 του άρθρου 8 του Κ.Εν.Α.Κ.

- στο σχεδιασμό και την εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων όπου αφορά τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, στο σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και στο σύστημα τεχνητού φωτισμού. Πέραν αυτών δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής κατά περίπτωση σε ενεργειακά ηλιακά συστήματα, σε συστήματα θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού και ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ΑΠΕ, σε συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση, τηλεψύξη) καθώς και η συμβολή του φυσικού φωτισμού.

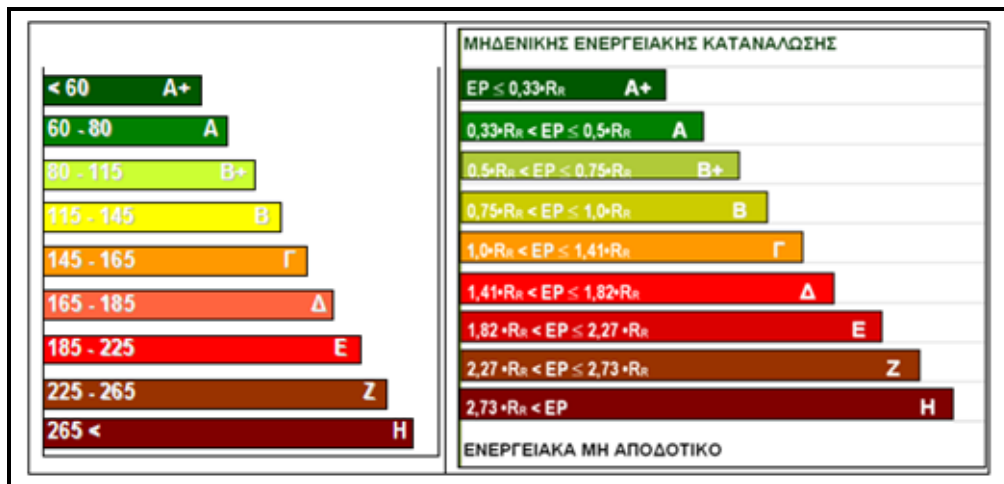
2.1.2 Κτίριο αναφοράς

Ένα κτίριο καταναλώνει ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, ζεστό νερό και φωτισμό. Προκειμένου να καταταχθεί το εξεταζόμενο κτίριο ενεργειακά είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας τόσο ανά τελική χρήση (Θ.Ψ.Λ., ΖΝΧ, φωτισμό) όσο και αθροιστικά και εν συνεχεία γίνεται σύγκριση με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ο καθορισμός των ελαχίστων απαιτήσεων σύμφωνα με τη νομοθεσία μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: είτε μέσω τιμών αναφοράς,

είτε μέσω κτιρίου αναφοράς. Στις δύο αυτές περιπτώσεις διαμορφώνονται αντίστοιχα οι ενεργειακές κατηγορίες (εικόνα 5) για κάθε χρήση κτιρίου (κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, κλπ.) και για κάθε κλιματική ζώνη (τέσσερις συνολικά για την Ελλάδα).

Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενεργειακών κατηγοριών για τιμές αναφοράς και κτίριο αναφοράς



Πηγή: "Κ.Εν.Α.Κ."

Ως κτίριο αναφοράς ορίζεται ένα κτίριο που είναι το ίδιο με το υπό μελέτη. Πιο συγκεκριμένα θεωρείται ότι έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό εξέταση κτίριο. Ο λόγος χρήσης του κτιρίου αναφοράς είναι ότι αυτό πληρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές που απαιτούνται και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τα εξωτερικά δομικά του στοιχεία, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις για Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό. Το κτίριο αναφοράς καταλαμβάνει πάντα τη θέση Β στον πίνακα κατάταξης.

Η ενεργειακή κατάταξη ενός κτιρίου αποδίδει σε αυτό ένα ποιοτικό δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης (οι τάξεις του οποίου καθορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ.: A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H), ο οποίος επιτρέπει στο χρήστη του κτιρίου να έχει μια γενική εικόνα τόσο για την ποιότητα της κατασκευής του (από πλευράς θερμομόνωσης και εφαρμογής ενεργειακών λύσεων) όσο και των ηλεκτρομηχανολογικών του εγκαταστάσεων. Το γεγονός αυτό δίνει επιπλέον στο χρήστη τη δυνατότητα να υπολογίσει το ύψος των εξόδων που απαιτούνται ώστε να εξασφαλίζονται στο κτίριο οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας του. Όλα τα νέα κτίρια πρέπει να έχουν ενεργειακή κατάταξη ίδια ή καλύτερη από την κατηγορία Β. Τα υφιστάμενα κτίρια που ανακαινίζονται ριζικά, σύμφωνα με τα όσα ορίζονται από τη νομοθεσία, έχουν υποχρέωση συμμόρφωσης ως προς την ενεργειακή κατηγορία Β στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό κάτι το οποίο τεκμηριώνεται επαρκώς στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης.

2.2 Εισαγωγή στο ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) απαιτεί από το 2006 την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης για όλες σχεδόν τις κατηγορίες κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με το πιστοποιητικό αποδίδεται στο κτίριο ένας αριθμητικός δείκτης για τη συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσής του. Παράλληλα συνοδεύεται από συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, οι οποίες θα έχουν και οικονομικά οφέλη.

Στην σημερινή αγορά υπάρχουν αρκετά αξιόλογα λογισμικά προγράμματα που μελετούν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας. Εταιρίες όπως η 4M και η Civiltech έχουν εκδώσει πλήρη και εγκεκριμένα από το κράτος υπολογιστικά εργαλεία. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό που εξέδωσε το ΤΕΕ ειδικά για την ενεργειακή μελέτη κτιρίων ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ. Πρόκειται για το πρώτο εγκεκριμένο λογισμικό που ενσωματώνει τα πρότυπα του Κ.Εν.Α.Κ. και εκδίδει ακριβή αποτελέσματα. Όπως είναι φυσικό το καθένα από τα παραπάνω εργαλεία διαθέτει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα. Είναι όμως γεγονός ότι για κάθε δεδομένο κτίριο μελέτης τα αποτελέσματα που εξάγονται από το καθένα από αυτά δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

Το Λογισμικό ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ. χρησιμοποιείται για την διαδικασία της Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων και έκδοσης του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και κατάταξης κτιρίων που απαιτούνται για την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ), την επιθεώρηση λεβήτων, εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού. Αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στα πλαίσια του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Το ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ. δημιουργήθηκε σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα, τον Κανονισμό Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και τις σχετικές Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ).

- Ο πυρήνας των υπολογισμών βασίζεται στο προϋπάρχον λογισμικό EPA-NR (έκδοση 1.7.6.19), το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Intelligent Energy - Europe, 17η Γ.Δ. της Ε.Ε. (ΕΙΕ/04/125/S07.38651), ο οποίος έχει τροποποιηθεί κατάλληλα ώστε να είναι σύμφωνος με τις εθνικές απαιτήσεις, όπως αυτές προβλέπονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων και στις σχετικές Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

2.2.1 Δεδομένα εισόδου/ εξόδου

Για κάθε κτίριο ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει:

- Τουλάχιστον μία Θερμική Ζώνη (θερμαινόμενος χώρος)
- Κανέναν ή περισσότερους Μη Θερμαινόμενους Χώρους
- Κανέναν ή περισσότερους Ηλιακούς Χώρους
- Κανένα ή περισσότερα Φ/ Β συστήματα
- Κανένα ή περισσότερα συστήματα ΣΗΘ

Για κάθε θερμική ζώνη ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει:

- Κάποιες Αδιαφανείς και Διαφανείς επιφάνειες
- Καμία ή περισσότερες εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες
- Ένα σύστημα θέρμανσης
- Ένα σύστημα ψύξης
- Ένα σύστημα ΖΝΧ στην περίπτωση μη μηδενικής κατανάλωσης ΖΝΧ
- Ένα σύστημα μηχανικού αερισμού (για κτίρια του τριτογενή τομέα), Κανένα ή ένα σύστημα μηχανικού αερισμού (για κτίρια του οικιακού τομέα)
- Ένα σύστημα φωτισμού (για κτίρια του τριτογενή τομέα)
- Κανένα ή ένα σύστημα ύγρανσης
- Καμία ή μία εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών (για ΖΝΧ ή/ και θέρμανση χώρων)

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής δεδομένων για το εξεταζόμενο κτίριο, το λογισμικό δημιουργεί αυτόματα το κτίριο αναφοράς με το οποίο συγκρίνεται το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν στη θέρμανση, ψύξη και αερισμό των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.

Τα κύρια αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμα είναι τα εξής:

- Ενεργειακή κατάσταση. Εμφανίζεται η οθόνη με την ενεργειακή κατηγορία (κατάταξη) του κτιρίου. Τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών καθορίζονται ποσοστιαία,

βάσει της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, όπως ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

- Απαιτήσεις - Κατανάλωση. Εμφανίζεται η οθόνη με τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τις ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m^2) και καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m^2) και καυσίμων, όπως και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (kgCO_2/m^2), τόσο για το εξεταζόμενο κτίριο όσο και για το κτίριο αναφοράς.

- Οικονομοτεχνική ανάλυση. Εμφανίζεται η οθόνη με τα αποτελέσματα των υπολογισμών για το κόστος επεμβάσεων και την περίοδο αποπληρωμής σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη για την αξιολόγηση συγκεκριμένων συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.²

² Από το εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

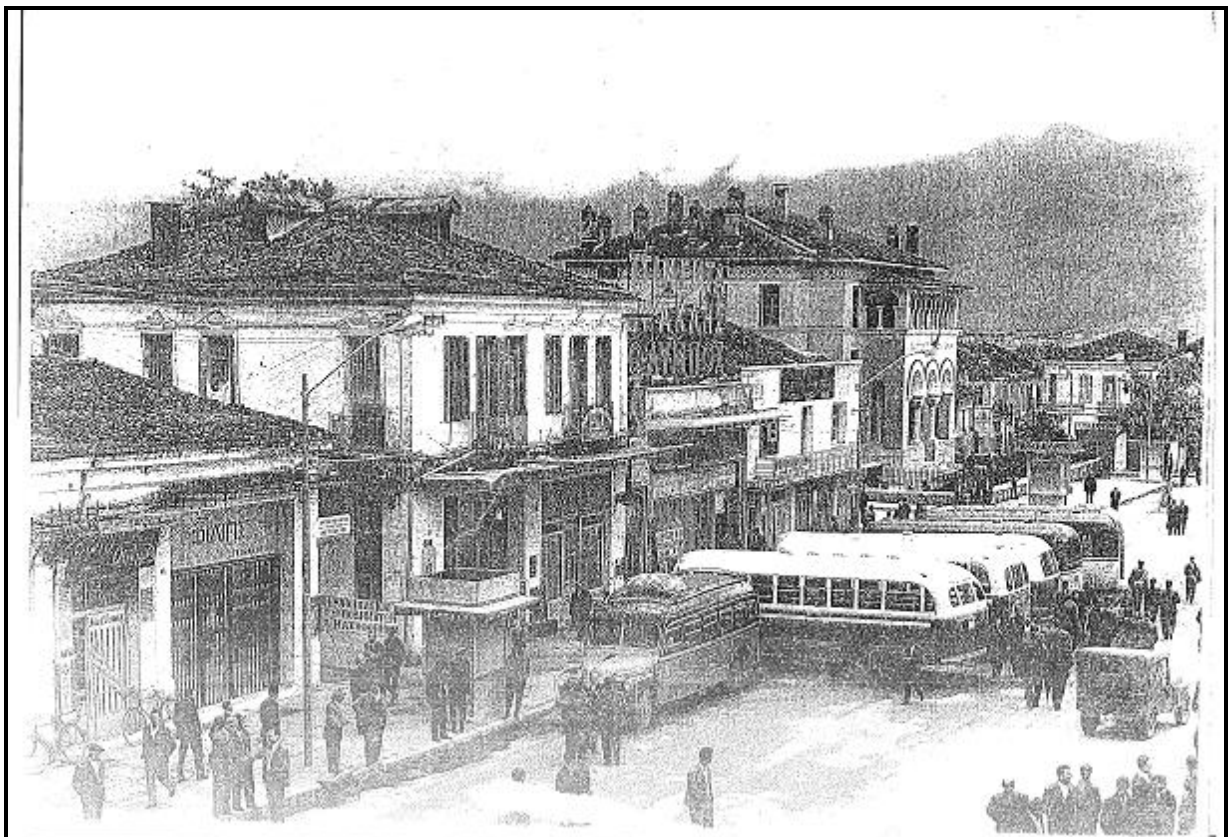
3.1 Αρχιτεκτονική της πόλης των Ιωαννίνων- Η Περίοδος του μεσοπολέμου

Η περίοδος του μεσοπολέμου (1917-1940) ήταν μια εποχή δύσκολη για την πόλη των Ιωαννίνων. Η πόλη μετά την απελευθέρωσή της το 1913 και τη μικρασιατική καταστροφή μένει ανίσχυρη. Η έως τώρα «τουρκόπολη» προσπαθεί να αποβάλει την ανατολίτικη νοοτροπία με την οποία επί αιώνες έμαθε να ζει, και να μετατραπεί σε σύγχρονη πόλη του 20ου αιώνα.

Οι συνθήκες όμως είναι δυσχερείς. Η ηπειρωτική πρωτεύουσα χάνει, αργά αλλά σταθερά, τον πρωταγωνιστικό ρόλο που είχε πριν από την απελευθέρωση της. Το εμπόριό της φθίνει, η οικονομική της ευρωστία μειώνεται, οι βιοτεχνίες της παρακμάζουν και ο πληθυσμός της λιγοστεύει. Τα Γιάννενα μετατρέπονται σε ένα τυπικό επαρχιακό διοικητικό κέντρο που περιβάλλεται από μια ενδοχώρα με ελάχιστες δυνατότητες.

Οι κάτοικοι δεν κτίζουν πλέον μέγαλα και το κράτος έχει να αντιμετωπίσει κολοσσιαία προβλήματα που δεν του επιτρέπουν να συνδράμει τη μικρή πόλη στα βρεφικά βήματα της νέας της ζωής.

Εικόνα 3.1: Γκραβούρα της κεντρικής πλατείας της εποχής



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

Όμως γρήγορα τα Γιάννενα ξαναβρίσκουν το δρόμο τους. Από το 1930 και μετά αρχίζουν να ανακάμπτουν. Εκείνη την εποχή δεσπόζει στην πόλη η χαρισματική προσωπικότητα του Μητροπολίτη Ιωαννίνων και μετέπειτα Αρχιεπισκόπου Αθηνών και πάσης Ελλάδος Σπυρίδωνος Βλάχου (1875-1956). Ο ιεράρχης αυτός γίνεται ο πρωταγωνιστής της αναγέννησης της πόλης. Στηριζόμενος κυρίως στα κληροδοτήματα των εθνικών ευεργετών, που είναι πραγματικά πολλοί, γίνεται ο ηγέτης της προσπάθειας για μια νέα πόλη. Επιστρατεύει τον γνωστό αρχιτέκτονα Περικλή Μελίρρυτο και τον κάνει στενότερο συνεργάτη του. Η συνεργασία τους αυτή απέδωσε σημαντικούς καρπούς και η πόλη εμπλουτίστηκε με νέα, αξιόλογα κτίρια. Συγχρόνως μετακαλεί από την Αθήνα έναν από τους μεγαλύτερους έλληνες αρχιτέκτονες όλων των εποχών, τον Αριστοτέλη Ζάχο. Αποτέλεσμα της έλευσης στα Γιάννενα του μακεδόνα μηχανικού είναι μια σειρά από σπουδαία αρχιτεκτονήματα όπως η Εθνική Τράπεζα, η Ζωσιμαία Παιδαγωγική Ακαδημία, η Μονή Βελλά και το κωδωνοστάσιο του Αρχιμανδρείου. Σε αυτά πρέπει να προστεθεί και η οικία της οικογένειας Πάλλη, που δυστυχώς έχει κατεδαφιστεί.

Παράλληλα ο ιδιωτικός τομέας ξεπερνά την κρίση και σημαντικά οικοδομήματα, κυρίως ξενοδοχεία, κτίζονται στο κέντρο των Ιωαννίνων, ενώ σε ολόκληρη την πόλη εμφανίζονται καινούρια κτίρια κατοικιών, που ξεφεύγουν εντελώς από τον παραδοσιακό ρυθμό και απομακρύνονται σαφέστατα από το νεοκλασικισμό.

Δυο ήταν τα σημαντικά στοιχεία που βοήθησαν αυτή την περίοδο την ανοικοδόμηση της πόλης. Το ένα ήταν η παρουσία στα Γιάννενα μερικών ικανών διπλωματούχων μηχανικών, και το άλλο η γενίκευση της χρήσης του οπλισμένου σκυροδέματος (μπετόν αρμέ), που έδωσε νέες εκφραστικές και κατασκευαστικές δυνατότητες στην αρχιτεκτονική. Όμως ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος σταμάτησε, και πάλι, την εξέλιξη της πόλης.

3.2 Το κτίριο του Διοικητηρίου

Στη θέση που βρίσκεται σήμερα το υπό μελέτη κτίριο άλλοτε βρισκόταν το επιβλητικό κτίριο του Διοικητηρίου. Το Διοικητήριο της πόλης θεμελιώθηκε στις 12 Οκτωβρίου του 1870 από τον τότε Βαλή των Ιωαννίνων, Αχμέτ Ρασήμ Πασά. Σύμφωνα με τον Κώστα Κουλιδά, κτίστηκε στη θέση που παλιότερα υπήρχαν τα αρχοντικά του Νούτσου Καραμεσίνη και του γιού του Αλέξη Νούτσου.

Το διοικητικό μέγαρο της πόλης μας ήταν ένα τριώροφο οίκημα, με νεοκλασικά και ανατολίτικα στοιχεία. Για να ολοκληρωθεί η κατασκευή του χρειάστηκε να δαπανηθούν 70.000 χρυσές Οθωμανικές λίρες, ποσό τεράστιο για την εποχή του. Το εντυπωσιακό αυτό μέγαρο καταστράφηκε με περιπετειώδη τρόπο το 1930.

Εικόνα 3.2: Το κτίριο του Διοικητηρίου



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

Εκεί μεταξύ άλλων στεγαζόταν το κτηματολόγιο της πόλης και η καταστροφή του φαίνεται πως για κάποιους ήταν επιτακτική ανάγκη. Ιδιαίτερα μετά την ανταλλαγή πληθυσμού που προηγήθηκε μεταξύ Ελλάδος και Τουρκίας. Μια πρώτη αλλά ανεπιτυχή απόπειρα πυρπόλησης του έγινε το 1928. Τότε η φωτιά που μπήκε σβήστηκε έγκαιρα. Δε συνέβη το ίδιο όμως και το 1930. Εκείνη τη χρονιά το κτίριο ξανά πυρπολήθηκε και τελικά καταστράφηκε ολοσχερώς. Μαζί του φυσικά χάθηκαν και όλα τα αρχεία των ιδιοκτησιών.

Εικόνα 3.3: Η καταστροφή του Διοικητηρίου



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

Εικόνα 3.4: Η καταστροφή του Διοικητηρίου



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

3.3 Το κτίριο του Δημαρχείου

Το σημερινό κτίριο που φιλοξενεί το Δημαρχείο βρίσκεται στην πλατεία Κωνσταντίνου Ελευθερωτού της πόλης των Ιωαννίνων και κτίστηκε το 1938 για τη στέγαση του τοπικού υποκαταστήματος της Εθνικής Τράπεζας. Η Εθνική Τράπεζα στέγασε τις υπηρεσίες της στο ισόγειο, ενώ ο όροφος χρησιμοποιήθηκε ως κατοικία του διευθυντή της τράπεζας και περιοδικά ως χώρος φιλοξενίας υψηλών προσώπων.

Εικόνα 3.5: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

Εικόνα 3.6: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων



Πηγή: <http://www.egiannina.wordpress.com>

Έως το 1950, χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστημα της Εθνικής Τράπεζας. Εκείνη τη χρονιά η Εθνική Τράπεζα συγχωνεύτηκε με την Τράπεζα Αθηνών σε κτίριο της οδού Ανεξαρτησίας. Το 1960 παραχωρήθηκε ώστε να στεγάσει στο ισόγειο τη Ζωσιμαία Βιβλιοθήκη. Παράλληλα στον όροφο φιλοξενούνταν οι βασιλείς, όταν επισκέπτονταν τα Γιάννενα. Αργότερα, ο όροφος αποδόθηκε στο Δήμο Ιωαννίνων. Μετά τη μετεγκατάσταση της Ζωσιμαίας Βιβλιοθήκης, το ισόγειο χρησιμοποιήθηκε ως εκθεσιακός χώρος. Η αναστήλωση, συντήρηση και διαρρύθμιση του μεγάρου έγινε με δαπάνη του Δήμου, το έτος 1988.

Το κτίριο είναι έργο του μεγάλου αρχιτέκτονα Αριστοτέλη Ζάχου. Η αρχιτεκτονική του γραμμή είναι λιτή και αυστηρή. Η βυζαντινή μορφολογηση έγινε με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοιχοποιίες από πλινθοδομή. Το σύνολο καλύφθηκε πίσω από επίχρισμα από λευκό τσιμέντο βαμμένο μονοχρωματικά, εκτός από το βάθος των εξωστών. Η τεχνική αυτή προήλθε μάλλον από τη γερμανική θητεία του Αριστοτέλη Ζάχου.

Το κεντρικό τμήμα του κτιρίου προεξέχει και έχει στο κάτω μέρος τοξωτό πρόπυλο, και στο πάνω εξώστη με άλλη μία σειρά κιονίσκων που ενώνονται με πλίνθινα τόξα. Το αρχιτεκτόνημα κοσμεύεται εξωτερικά με περίτεχνη μετόπη από υαλωμένα πλακίδια πορσελάνης με φυτικά θέματα. Κιγκλιδώματα γιαννιώτικης τεχνοτροπίας από συμπαγή σφυρήλατο σίδηρο συμπληρώνουν την έξοχη όψη του. Πρέπει να αναφερθούν και οι

κιονοστοιχίες της μεγάλης αίθουσας του ισογείου καθώς και τα ωραιότατα βιτρό με θέματα δυτικής μεσαιωνικής προέλευσης.

Το Δημαρχιακό Μέγαρο έχει χαρακτηριστεί ως Έργο Τέχνης (ΦΕΚ 538 Β/4-6-79).

Εικόνα 3.7: Όψη του Δημαρχείου Ιωαννίνων



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.4 Αριστοτέλης Ζάχος

Ο Αριστοτέλης Ζάχος (1871-1939) ήταν ένας από τους επιφανέστερους Έλληνες αρχιτέκτονες. Η πορεία του άφησε έντονη τη σφραγίδα της στην ελληνική αρχιτεκτονική ιστορία. Καταγόταν από την Καστοριά και σπούδασε στη Γερμανία, όπου έμεινε 17 χρόνια. Η πρώτη επαφή του με την Ελλάδα έγινε μετά τις σπουδές του, γύρω στα 1906. Για πολλά χρόνια περιηγήθηκε την Ελλάδα, μια «άγνωστη γι' αυτόν χώρα». Σε αυτήν του την περιήγηση ο Ζάχος διαπιστώνει ότι «μόνο ο λαός είναι γνήσιος θεματοφύλακας της παράδοσης και μόνο πάνω στην παράδοση μπορεί να στηριχτεί ο νεοελληνικός πολιτισμός». Όταν ο Ζάχος μιλούσε για την παράδοση τα μάτια του άστραφταν, η φωνή του άλλαζε χρωματισμό.

Στον Αριστοτέλη Ζάχο οφείλεται ακόμη η βυζαντινίζουσα μορφολόγηση της νέας Θεσσαλονίκης και η απόρριψη της γαλλικής αποικιακής αρχιτεκτονικής που άλλοι

προωθούσαν. Ο Ζάχος, που απευθυνόταν επαγγελματικά σε εύπορους αστούς της εποχής, ήταν πολέμιος του κλασικισμού. «Τα νεοκλασικά κτίρια», έγραφε, «είναι προχειρολογήματα, χωρίς πνεύμα, χωρίς δικαιολογία, αντιγραμμένα δουλικώς από ξένα πρότυπα».

Ο Ζάχος, κατά την δημιουργία του κτιρίου του Δημαρχείου, συμπύκνωσε όλη την πείρα και την αρχιτεκτονική του φιλοσοφία. Το Δημαρχείο των Ιωαννίνων θεωρείται από τα συνεπέστερα, βυζαντινού ρυθμού, οικοδομήματα στην Ελλάδα. Άλλωστε τα έργα του Αριστοτέλη Ζάχου αποτελούν τομή της ελληνικής αρχιτεκτονικής. Ο καθηγητής Κώστας Κιτσίκης τον χαρακτηρίζει ως αναστηλωτή και ιστοριοδίφη, και τον θεωρεί ως το δάσκαλο του μεγάλου αρχιτέκτονα Δημήτρη Πικιώνη.

3.5 Τα σημαντικότερα αρχιτεκτονικά στοιχεία

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά, μόνο μερικά από τα σημαντικότερα αρχιτεκτονικά διακοσμητικά στοιχεία που προσδίδουν στο κτίριο την αίγλη του και το καθιστούν έργο τέχνης.

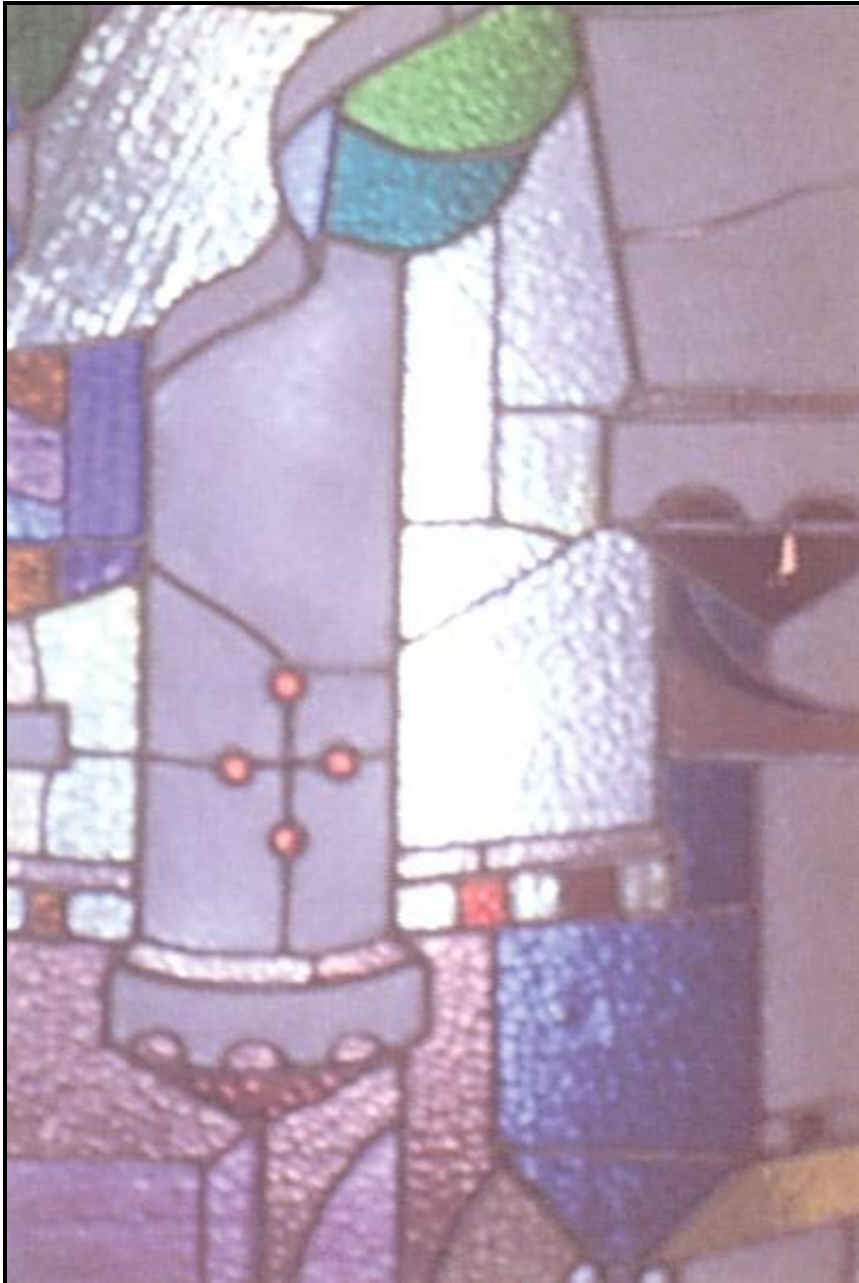
Εικόνα 3.8: Περιμετρική μετώπη



Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου

Η περιμετρική μετώπη του Δημαρχείου αποτελείται από πλακίδια πορσελάνης περίτεχνα ζωγραφισμένα με φυτικό μοτίβο και έπειτα υαλωμένα. Τα διακοσμητικά θέματα εμφανίζουν επιδράσεις της *art nouveau*.

Εικόνα 3.9: Τμήμα του βιτρό

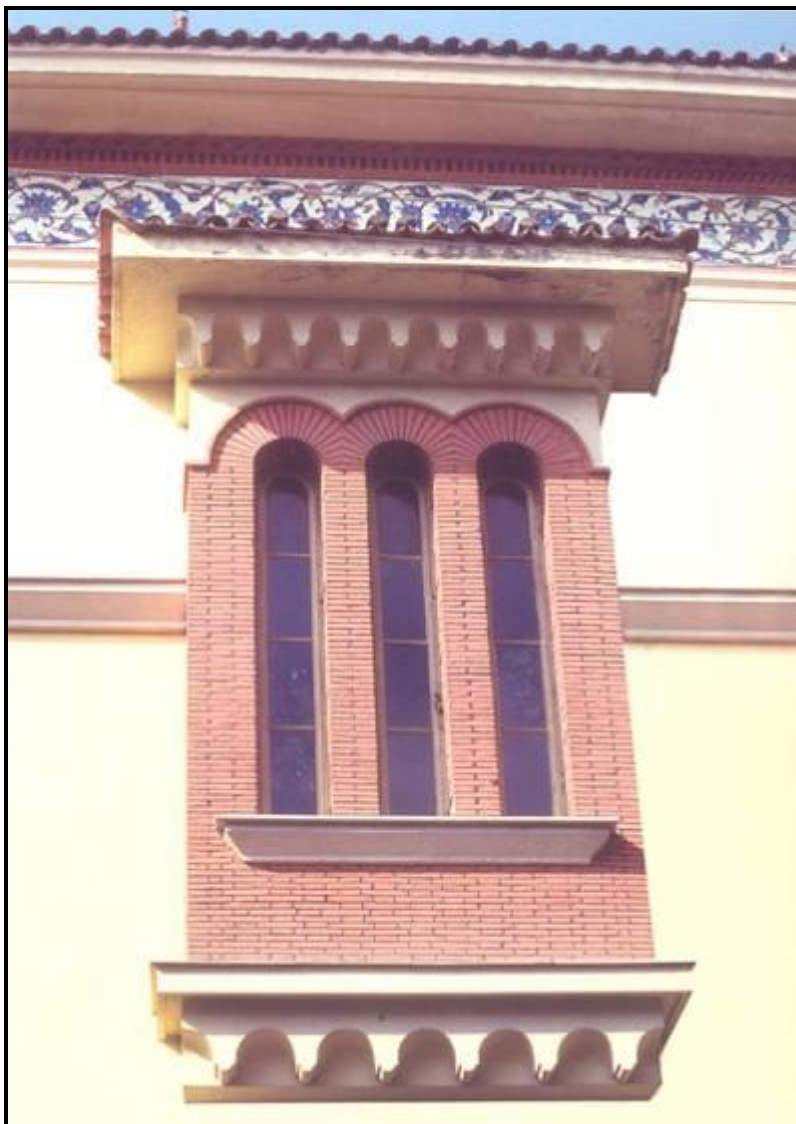


Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου

Περίτεχνα βιτρό διακοσμούν αρκετά παράθυρα του Δημαρχείου. Το συγκεκριμένο κομμάτι βρίσκεται στη μεγάλη αίθουσα του ισογείου του Δημαρχείου Ιωαννίνων. Η παράσταση είναι εμπνευσμένη από τις Σταυροφορίες. Είναι έργο του καλλιτέχνη Κωνσταντίνου Ροϊμπή.

Το γιατί ο Αριστοτέλης Ζάχος διάλεξε ένα τέτοιο θέμα για να διακοσμήσει μια αίθουσα Τράπεζας (όπως ήταν η αρχική χρήση του κτιρίου), παραμένει ανεξήγητο.

Εικόνα 3.10: Παράθυρο



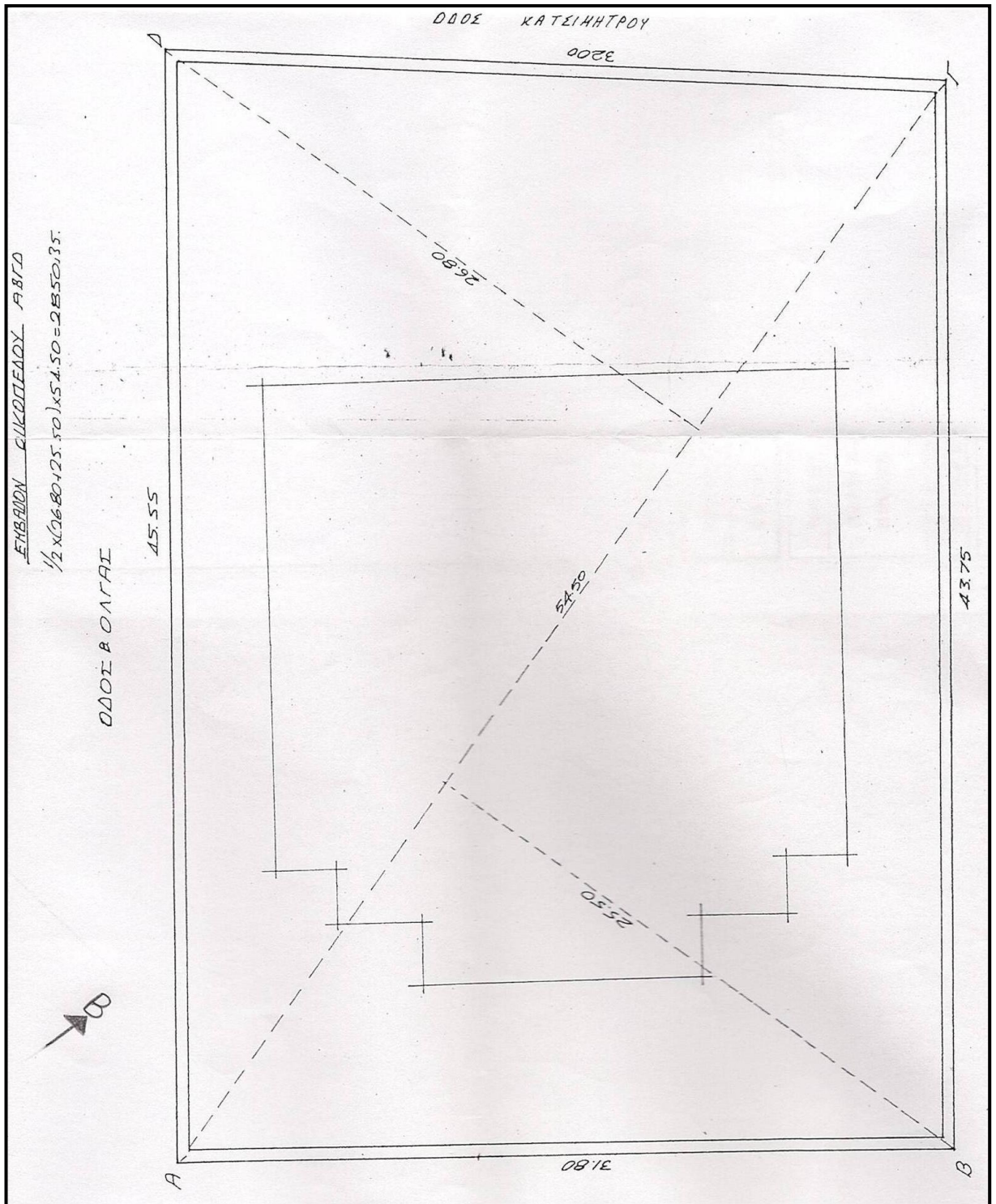
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου

Στην εικόνα φαίνεται ένα από τα χαρακτηριστικά παράθυρα του κτιρίου. Το μοτίβο του είναι εμπνευσμένο από την εκκλησιαστική αρχιτεκτονική και παραπέμπει στην βυζαντινή παράδοση. Προεξέχει του υπόλοιπου κτιρίου, είναι τρίλοβο ενώ διαθέτει διπλό κυματοειδές γείσωμα. Περιβάλλεται από κεραμική τοιχοποιία βυζαντινού τύπου.

3.6 Αρχιτεκτονικά σχέδια

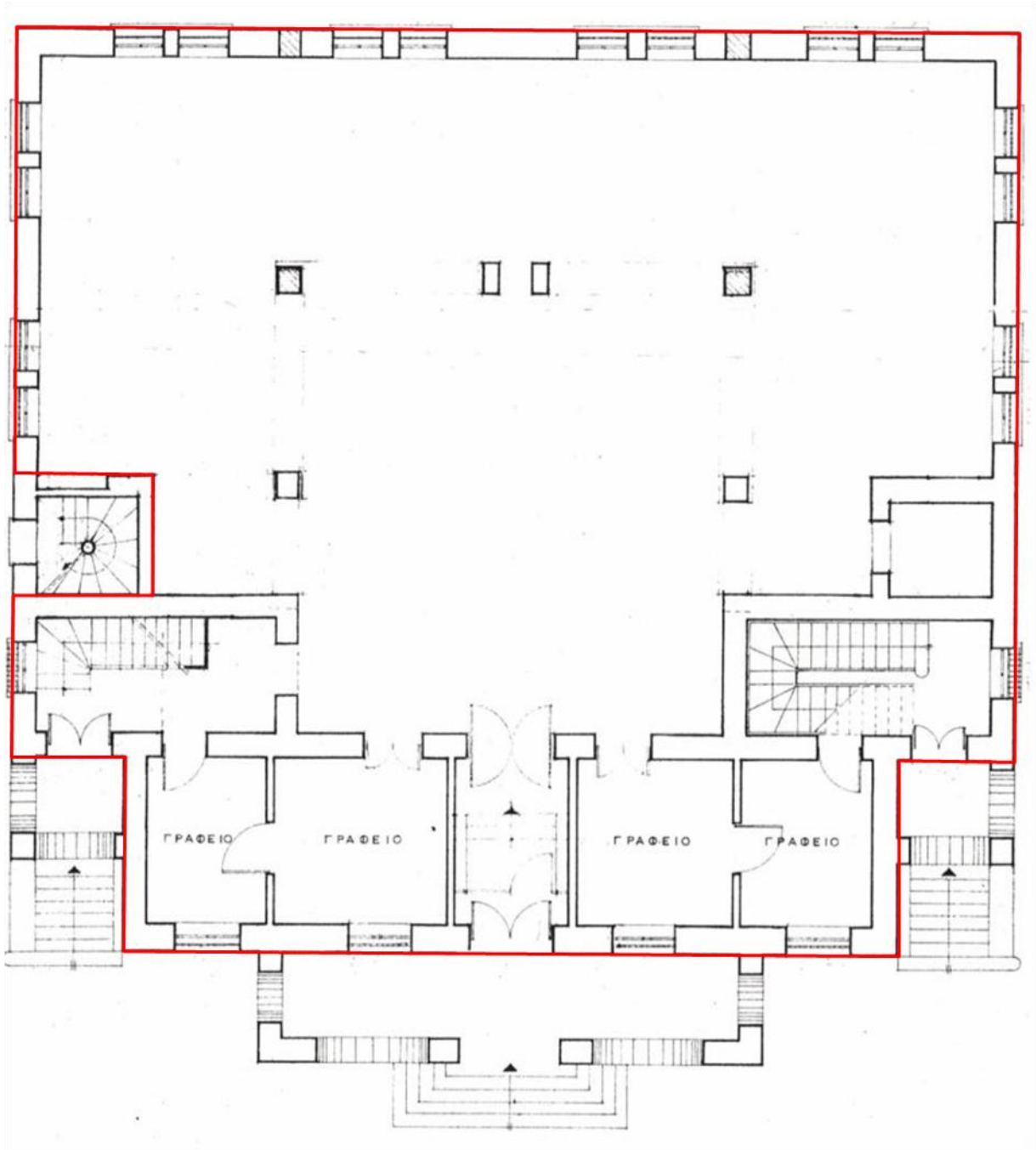
Τα αρχικά σχέδια κατασκευής δεν διασώζονται. Με τη συμβολή του Δήμου Ιωαννιτών βρέθηκαν τα σχέδια αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκαν για την αναστήλωση και συντήρηση του 1980.

Εικόνα 3.11: Τοπογραφικό διάγραμμα



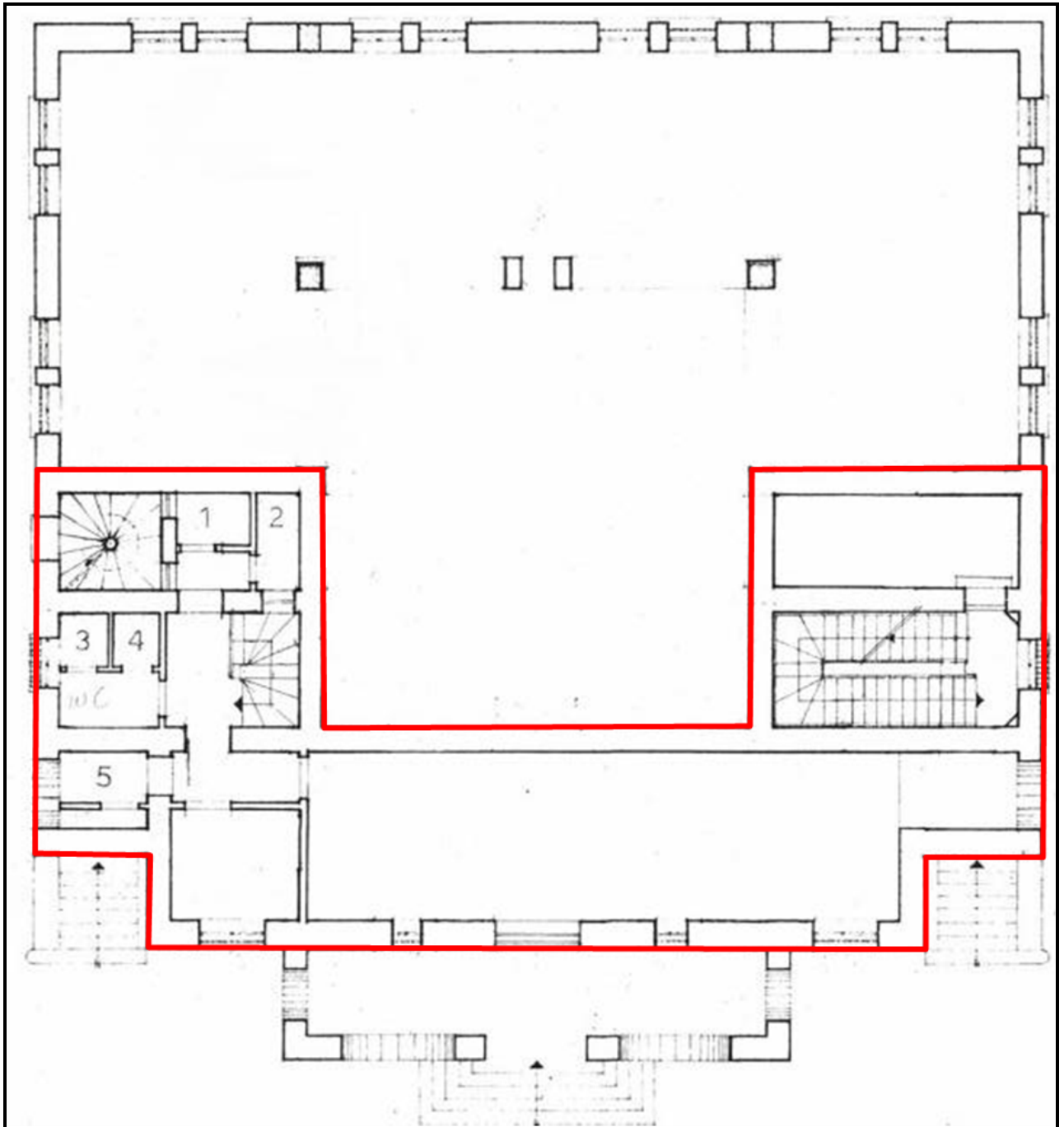
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.12: Κάτοψη ισογείου



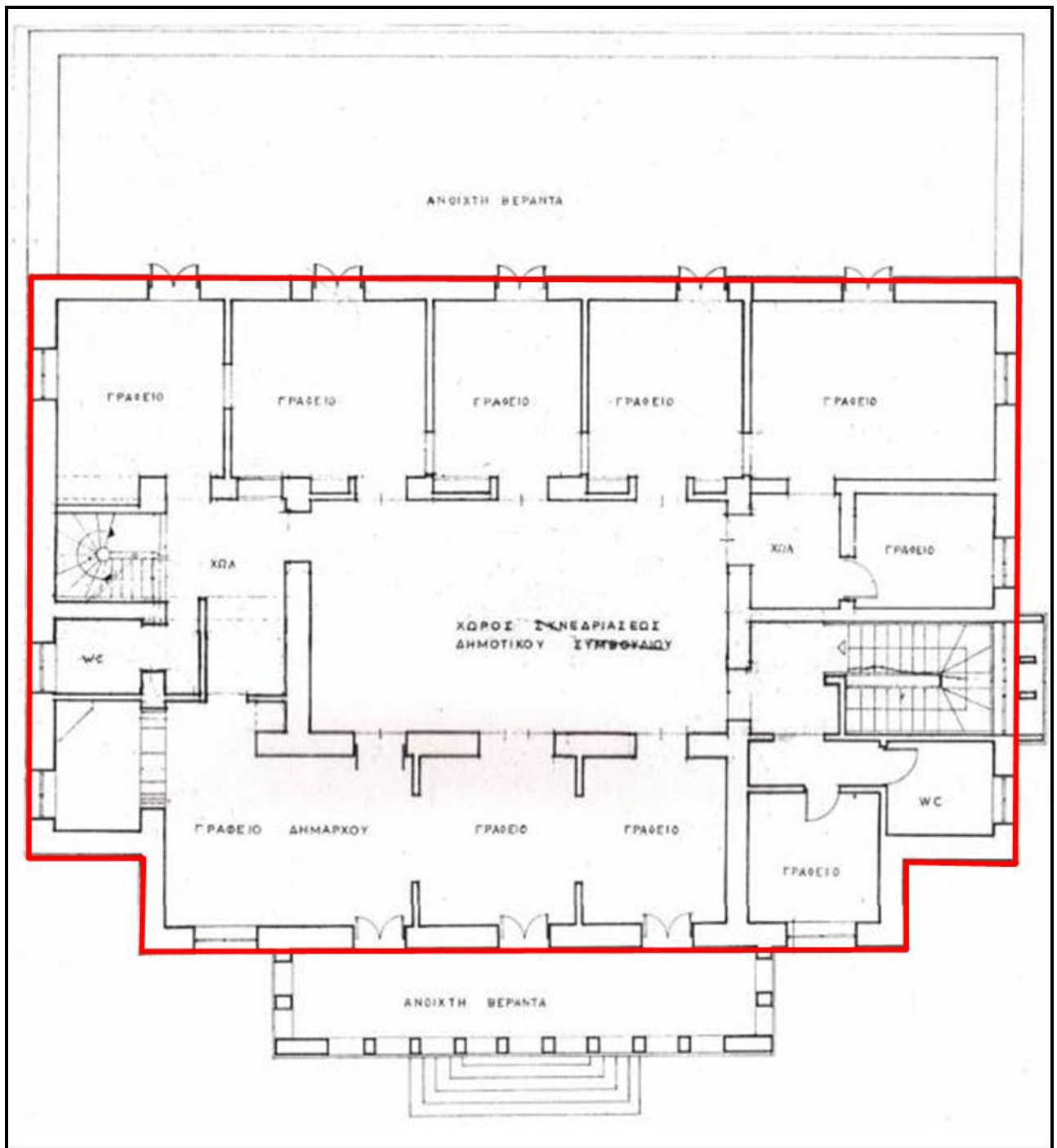
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.13: Κάτοψη παταριού



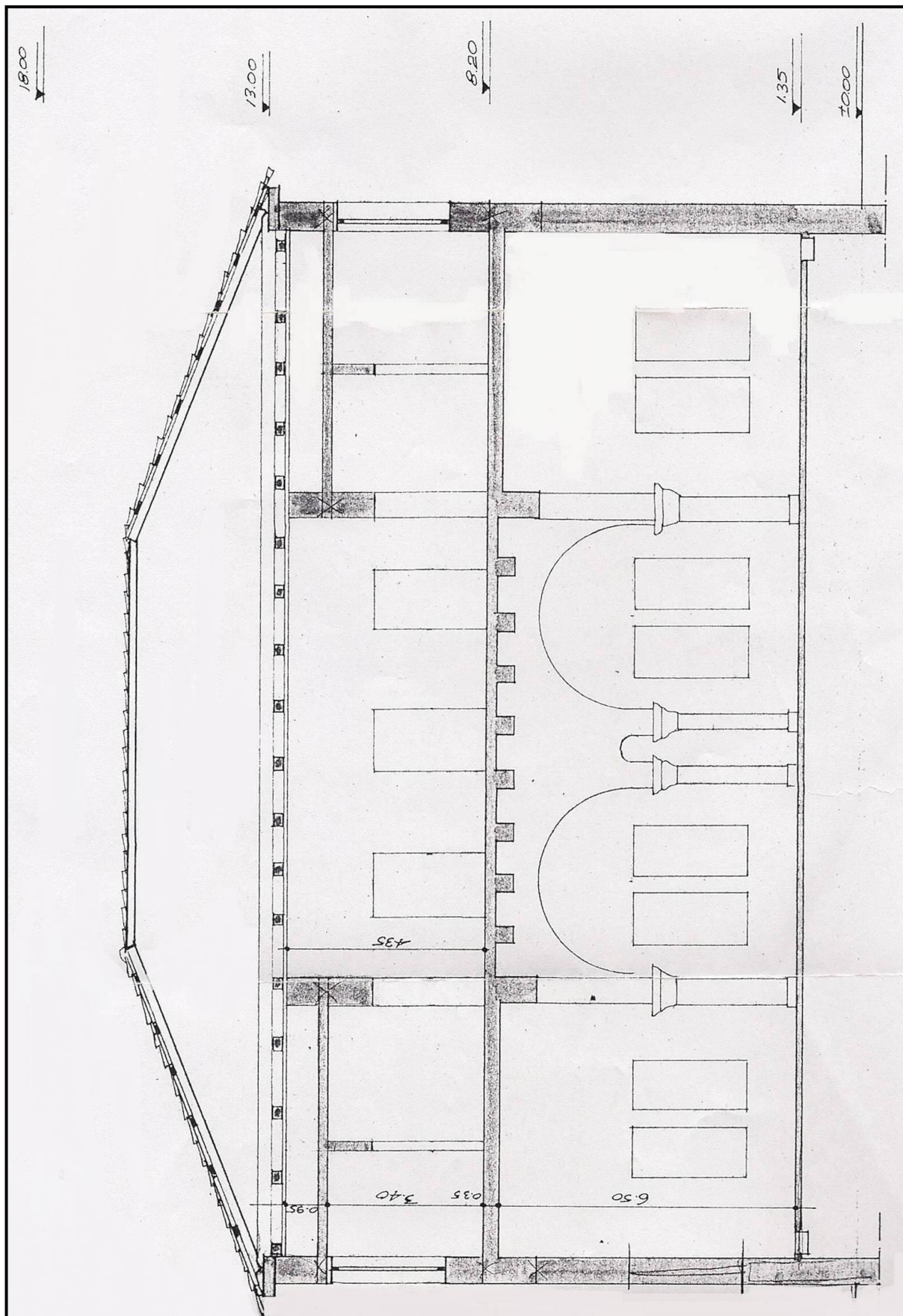
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.14: Κάτοψη ορόφου



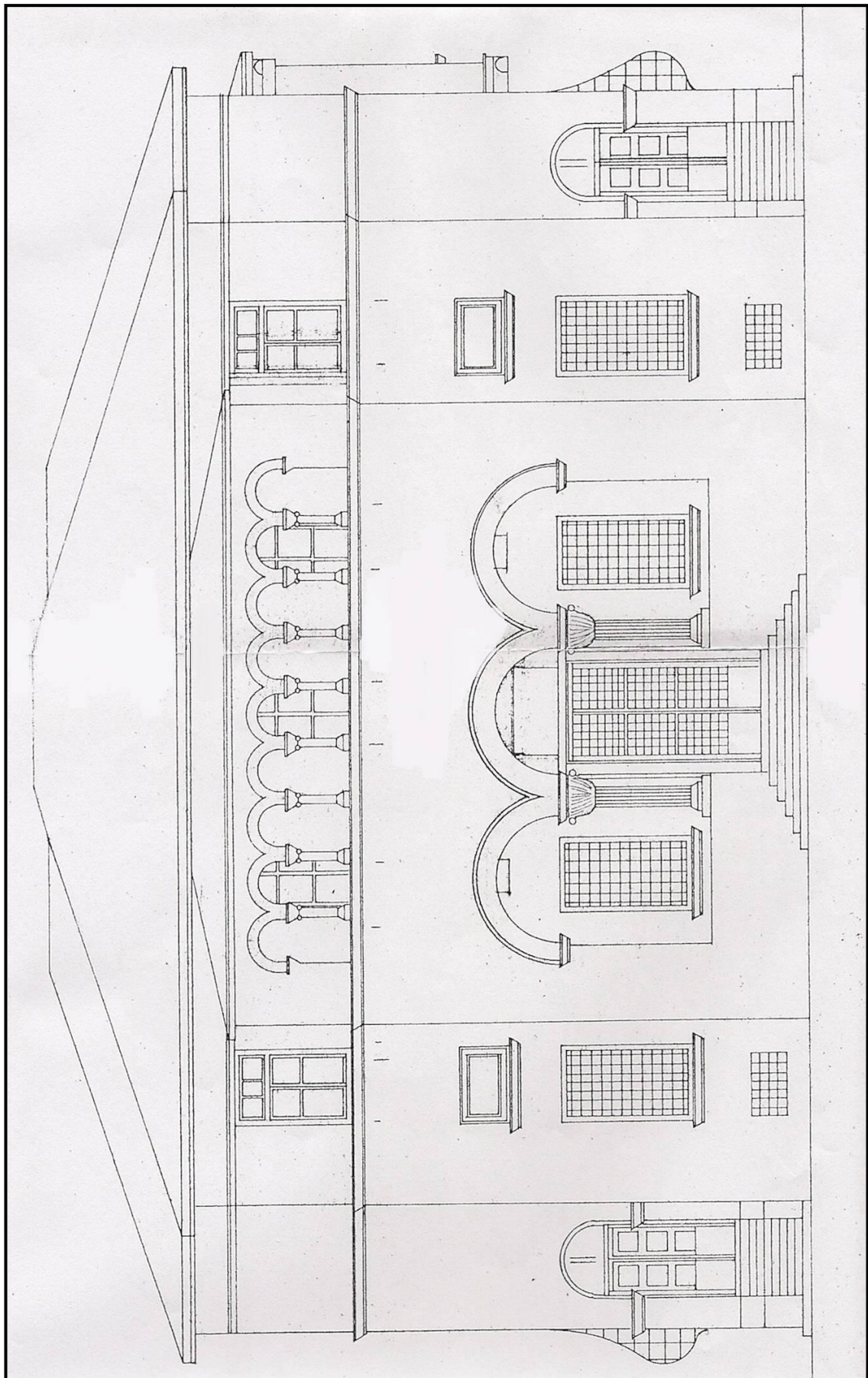
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.15: Τομή κτιρίου



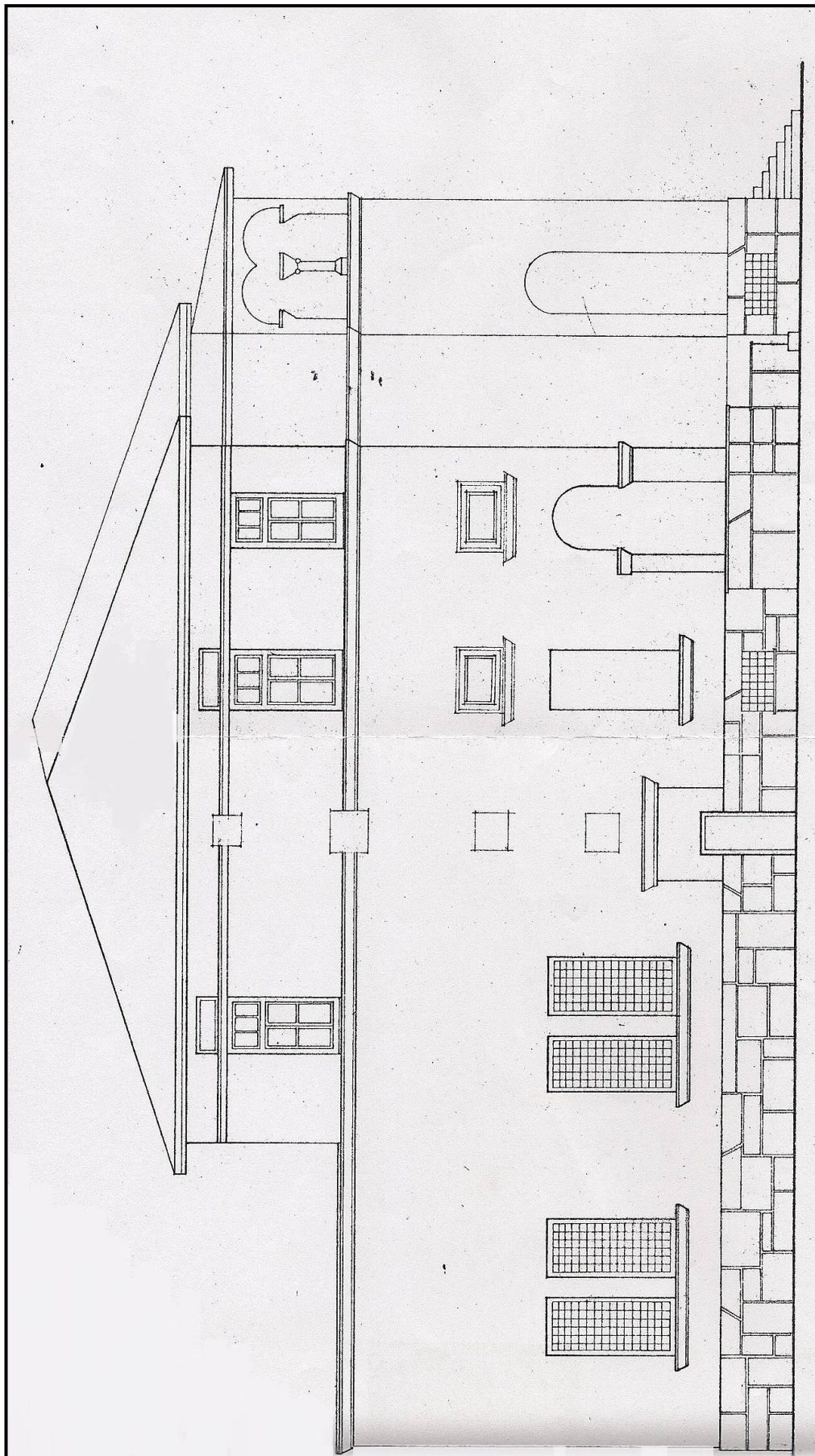
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.16: Κύρια όψη



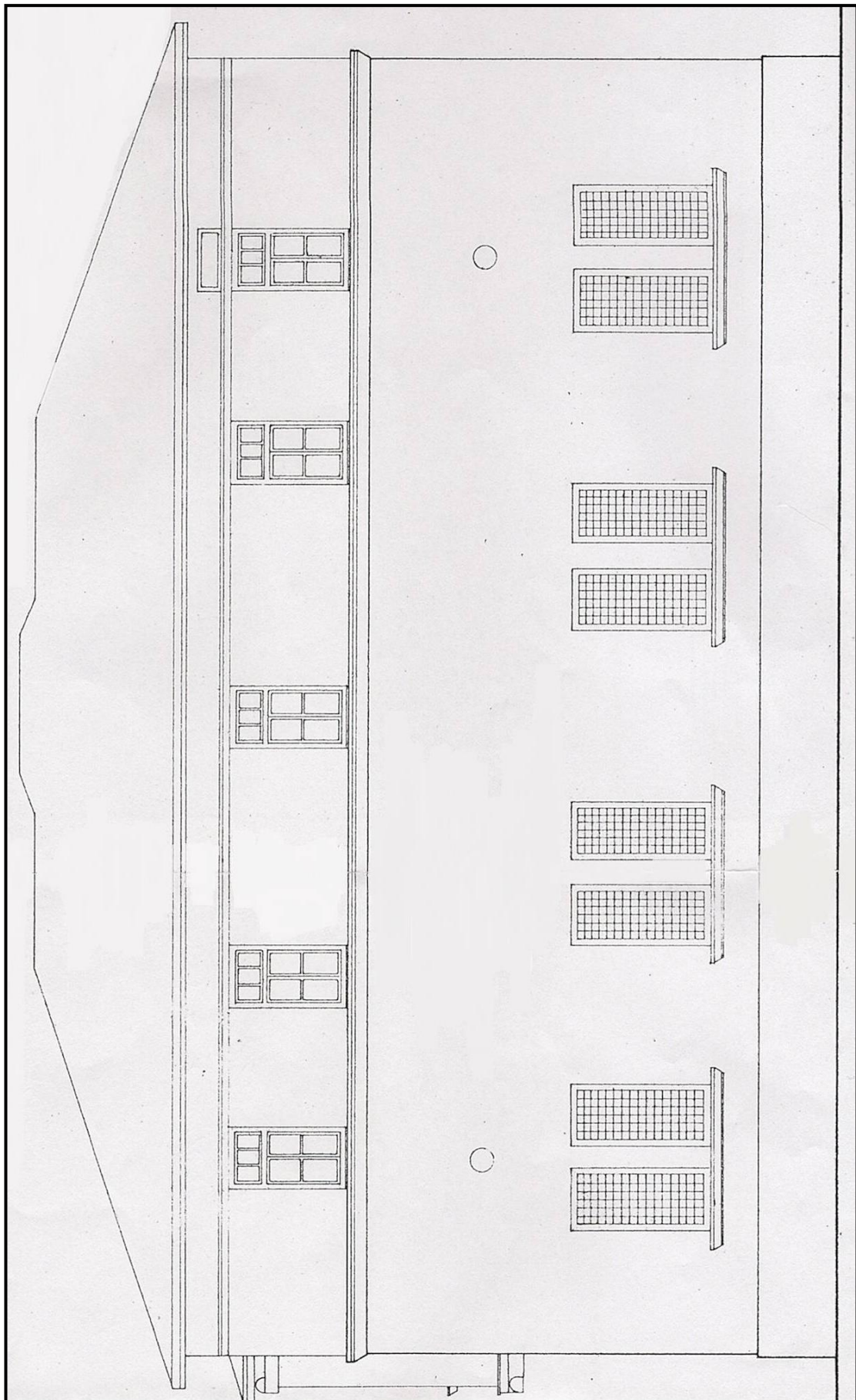
Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.17: Πλάγια όψη



Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.18: Πίσω όψη



Πηγή: Υπηρεσία Νεοτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου, Δήμος Ιωαννιτών

Εικόνα 3.19: Όψη του Δημαρχείου (σχέδιο)



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.20: Σχέδιο με προοπτική του κτιρίου



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.21: Τρισδιάστατη απεικόνιση ισογείου



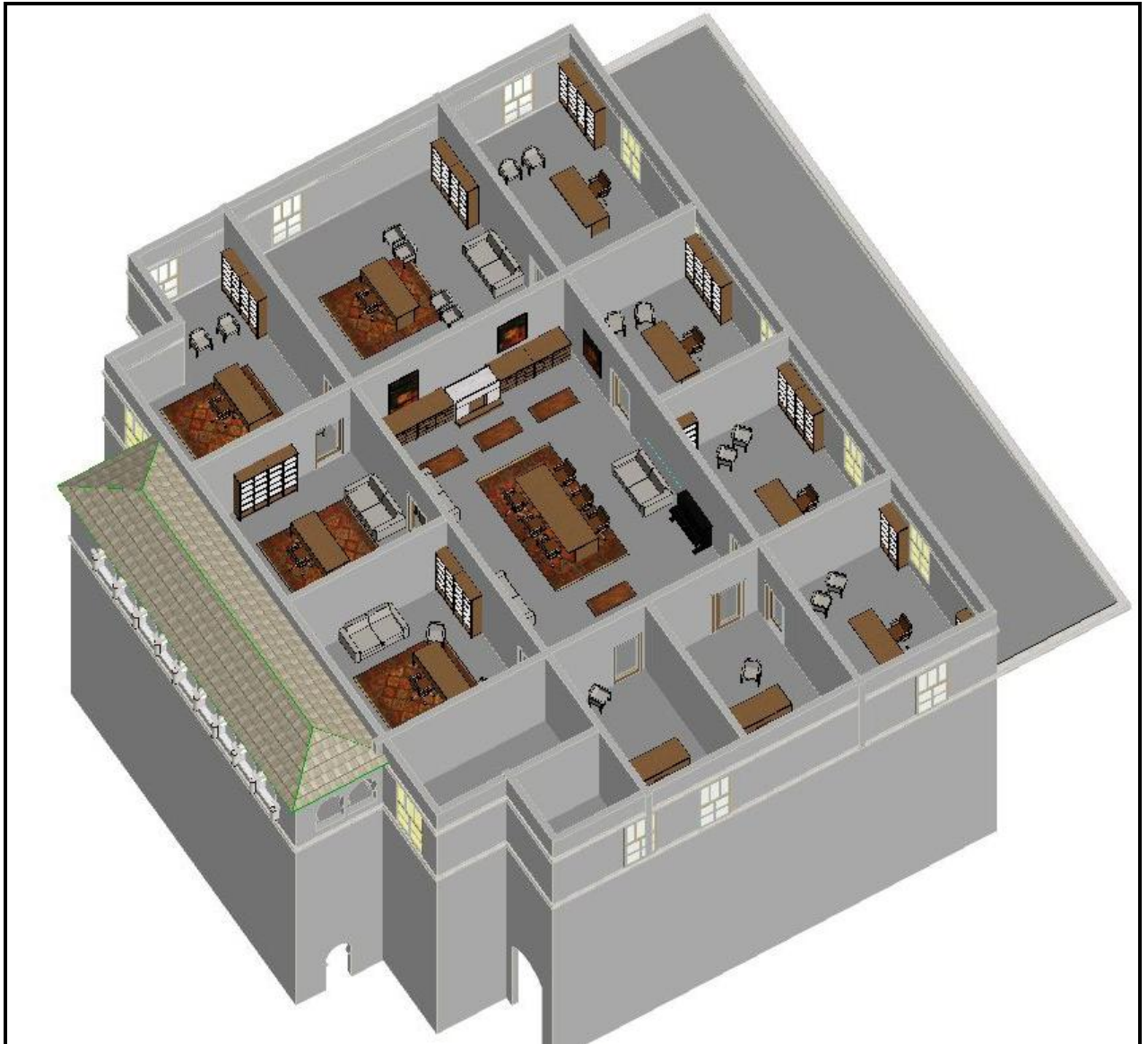
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.22: Τρισδιάστατη απεικόνιση αίθουσας συνεδριάσεων



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.23: Τρισδιάστατη απεικόνιση ορόφου



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ "ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ."- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

4.1 Υπολογισμός ενεργειακών απαιτήσεων

Για να υπολογίσουμε τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου που μελετάμε με τη βοήθεια του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., θα πρέπει αρχικά να δώσουμε δεδομένα που αφορούν στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, όπως αυτά αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτά τα δεδομένα φυσικά θα πρέπει να δοθούν ανά θερμική ζώνη. Σύμφωνα λοιπόν με τα κριτήρια διαίρεσης του εσωτερικού χώρου σε διαφορετικές θερμικές ζώνες έχουμε τις παρακάτω τρεις ζώνες :

Ζώνη 1 : Όροφος ισογείου. Εμβαδόν 506,95 μ²

Ζώνη 2 : Πατάρι (Μεσοπάτωμα). Εμβαδόν 90,30 μ²

Ζώνη 3 : Πρώτος όροφος. Εμβαδόν 389,84 μ²

Το κτίριο περιλαμβάνει ακόμη δύο μη θερμαινόμενους χώρους.

Μη θερμαινόμενος χώρος 1 : Υπόγειο. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη στέγαση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Μη θερμαινόμενος χώρος 2 : Εσωτερικό στέγης.

Ξεκινώντας δίνουμε τα απαραίτητα εισαγωγικά στοιχεία για το κτίριο όπως φαίνεται στην εικόνα.

Εικόνα 4.1: Οθόνη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ.

Επιλέξτε τα συστήματα του κτιρίου: ΣΗΘ Φωτοβολταϊκά Ανεμογεννήτριες αστικού περιβάλλοντος

Γενικά | Υδρευση, αποχέτευση, άρδευση | Ανελκυστήρες

Περιγραφή: Υπόγειον κτίριο

Χρήση κτιρίου: Γραφεία

Συνολική επιφάνεια (m²): 1524.19 Συνολικός όγκος (m³): 6101.53

Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²): 987.09 Θερμαινόμενος όγκος (m³): 5168.41

Ψυχόμενη επιφάνεια (m²): 987.09 Ψυχόμενος όγκος (m³): 5168.41

Αριθμός ορόφων: 3 Ύψος τυπικού ορόφου (m): 4.35 Ύψος ισογείου (m): 6.85

Εκθεση κτιρίου: Ενδιάμεσο

Αριθμός θερμικών ζωνών: 3

Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 2 Αριθμός ηλιακών χώρων: 0

Θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων

Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	Αερισμός	ZNΧ	Φωτισμός	Συσκευές	Κατανάλωση	Μονάδες	Περίοδος κατανάλωσης
▶ Πετρέλαιο θέρμανσης	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	lt	00/00/00 - 01/01/10
Ηλεκτρική	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	kWh	00/00/00 - 01/01/10
*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			00/00/00 - 01/01/10

Συνθήκες θερμικής άνεσης Συνθήκες ακουστικής άνεσης Συνθήκες οπτικής άνεσης Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ."

Περιγραφή. Εμφανίζεται το κείμενο «Υπάρχον κτίριο»

Χρήση κτιρίου. Εμφανίζεται η χρήση του

Συνολική επιφάνεια (m²). Εισάγεται το συνολικό εμβαδόν δαπέδου (κύριοι, βοηθητικοί και κοινόχρηστοι χώροι) του κτιρίου.

Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²). Εισάγεται το συνολικό εμβαδόν δαπέδου των θερμαινόμενων χώρων του.

Ψυχόμενη επιφάνεια (m²). Εισάγεται το συνολικό εμβαδόν δαπέδου των ψυχόμενων χώρων του.

Συνολικός όγκος (m³). Εισάγεται ο συνολικός όγκος του

Θερμαινόμενος όγκος (m³). Εισάγεται ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του κτιρίου

Ψυχόμενος όγκος (m³). Εισάγεται ο συνολικός ψυχόμενος όγκος του κτιρίου

Αριθμός ορόφων. Εισάγεται ο συνολικός αριθμός επιπέδων του κτιρίου

Ύψος τυπικού ορόφου (m). Εισάγεται το μέσο ύψος του τυπικού ορόφου.

Ύψος ισογείου (m). Εισάγεται το μέσο ύψος του ισογείου

Έκθεση κτιρίου. Καθορίζεται η πυκνότητα δόμησης της περιοχής του κτιρίου.

Αριθμός Θερμικών Ζωνών. Εισάγεται ο συνολικός αριθμός των θερμαινόμενων/ κλιματιζόμενων ζωνών στις οποίες θα χωριστεί το κτίριο.

Αριθμός Μη Θερμαινόμενων Χώρων. Καταγράφεται ο συνολικός αριθμός των μη θερμαινόμενων χώρων που διαθέτει το κτίριο

Αριθμός Ηλιακών Χώρων. Καταγράφεται ο συνολικός αριθμός των ηλιακών χώρων που διαθέτει το κτίριο

Θερμομόνωση κατακόρυφων δομικών στοιχείων. Σε περίπτωση ύπαρξης (πλήρους ή μερικής) θερμομόνωσης των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (τοιχοποιίας ή φέροντος οργανισμού) του κτιρίου, επιλέγεται το αντίστοιχο σύμβολο ελέγχου, με αποτέλεσμα να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς οι θερμογέφυρες

4.2 Παράδειγμα εφαρμογής– Ζώνη 1

Προχωρώντας στην εφαρμογή του προγράμματος εισάγουμε τα παρακάτω στοιχεία για κάθε ζώνη ξεχωριστά. Για την ζώνη 1 προκύπτει:

Χρήση. Εισάγεται η χρήση της συγκεκριμένης θερμικής ζώνης.

Συνολική επιφάνεια (m²). Εισάγεται το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής

ζώνης

Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα(kJ/m²K). Εισάγεται η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα της κατασκευής.

Μέση κατανάλωση ZNX (m³/έτος). Εισάγεται η υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης για την συγκεκριμένη ζώνη

Διατάξεις αυτομάτου ελέγχου ZNX. Καταγράφεται η ύπαρξη διατάξεων αυτομάτου ελέγχου του κεντρικού συστήματος παραγωγής Z.N.X .

Κατηγορία διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών. Καθορίζεται, η κατηγορία διατάξεων αυτομάτου ελέγχου που αφορούν στα συστήματα Θέρμανσης / Ψύξης

Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m³/h). Εισάγεται η υπολογιζόμενη συνολική διείσδυση του εξωτερικού (νωπού) αέρα από τις χαραμάδες κουφωμάτων.

Αριθμός καμινάδων. Εισάγεται ο αριθμός των καμινάδων εστιών καύσης στην συγκεκριμένη ζώνη.

Αριθμός θυρίδων εξαερισμού. Εισάγεται ο αριθμός των θυρίδων εξαερισμού στην συγκεκριμένη ζώνη.

Αριθμός ανεμιστήρων οροφής. Εισάγεται ο συνολικός αριθμός ανεμιστήρων οροφής που λειτουργούν στην συγκεκριμένη ζώνη.

Τα δεδομένα εισόδου φαίνονται στη εικόνα:

Εικόνα 4.2: Παράδειγμα εφαρμογής – Ζώνη 1

Χρήση:	Γραφεία				
Συνολική επιφάνεια (m ²):	506.95	Μέση κατανάλωση ZNX (m ³ /έτος):	0	<input type="checkbox"/> Διατάξεις αυτόματου ελέγχου ZNX	
Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m ² K):	370	Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών:	Τύπος Δ		
Διείσδυση αέρα					
Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m ³ /h):	1274	Αριθμός καμινάδων:	0	Αριθμός θυρίδων εξαερισμού:	0
Υβριδικό σύστημα δροσισμού					
Αριθμός ανεμιστήρων οροφής:	0				

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K."

Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων : Όπως αναφέραμε κατά την περιγραφή μια μεταβλητή που θα πρέπει να υπολογίσουμε και στη συνέχεια να εισάγουμε στο λογισμικό TEE-K.E.v.A.K. είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της επιφάνειας. Εκφράζει την ποσότητα της θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1 °C . Μονάδα μέτρησης είναι το W /m²K ενώ το αντίστροφο μέγεθος

εκφράζει την αντίσταση θερμοπερατότητας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για δοκάρια, κολώνες και τοιχοποιία) αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας. Η θερμοπερατότητα αναφέρεται σε σύνθετες διατομές, διατομές δηλαδή που αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά υλικά και μετρείται σε W/m^2K . Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η θερμική αντίσταση μιας στρώσης υλικού συγκεκριμένου πάχους καθώς επίσης να είναι γνωστός και ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ .

Στη πρώτη φάση, για κάθε δομικό στοιχείο υπολογίζεται ο συντελεστής θερμικής αντίστασης. Αρχικά καταγράφεται το υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε δομικό στοιχείο, καθώς και το πάχος στρώσεως του d . Επιπλέον για το συγκεκριμένο υλικό καταγράφεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , που προέρχεται από δοθέντες πίνακες. Το πηλίκο d/λ δίνει το συντελεστή θερμικής αντίστασης. Στη συνέχεια υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του στοιχείου R_{ss} ως άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων. Στην αντίσταση θερμοδιαφυγής προστίθενται οι δύο συντελεστές θερμικής μετάβασης R_i και R_a . Έτσι υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας του στοιχείου $1/U$. Από την αντίσταση θερμοπερατότητας, με αντιστροφή, βρίσκουμε το συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου U .

Στο δεύτερο στάδιο, καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το αντίστοιχο τμήμα του κελύφους της κάθε ζώνης. Για καθένα από τα στοιχεία αυτά μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του, που είχε υπολογιστεί στο αρχικό στάδιο και υπολογίζεται η επιφάνεια που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο αντίστοιχο τμήμα της συγκεκριμένης ζώνης. Τα ίδια επαναλαμβάνονται και για τα ανοίγματα που συναντώνται με τη βοήθεια του πίνακα που περιέχει τους αντίστοιχους συντελεστές U για κάθε υαλοπίνακα.

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό της συνολικής θερμομονωτικής ικανότητας της επιφάνειας της ζώνης του κτιρίου. Οι τελικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταφέρονται στα αντίστοιχα κελιά του προγράμματος.

4.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας

4.3.1 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

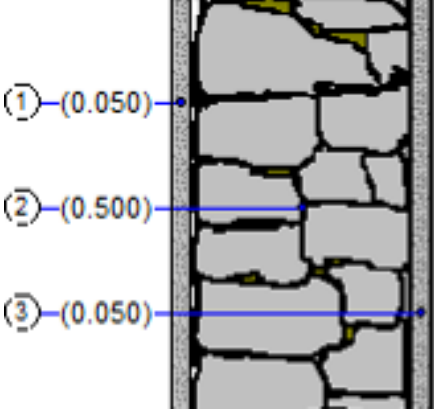
Σε πρώτη φάση παρουσιάζονται τα υλικά της τοιχοποιίας, το πάχος κάθε υλικού d και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού, όπως προκύπτει από τον αντίστοιχο πίνακα. Στη φάση αυτή πρέπει να τονιστεί πως δεν αναφέρονται διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενο χώρο, διότι όλοι οι όροφοι και χώροι πλην του υπογείου θερμαίνονται. Επομένως υπολογίζεται μόνο το δάπεδο του ισογείου ως διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ θερμαινόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων.

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα

Ως τοιχοποιία ορίζουμε τη γενική δομή της κατακόρυφης τοιχοποιίας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα του κελύφους. Τα υλικά και οι υπολογισμοί φαίνονται πιο κάτω:

Πίνακας 4.1: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W τοιχοποιίας

ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
επίχρισμα εσωτερικό- ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
πλινθοδομή	0.50	1.400	0.357
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Προσθέτοντας τους αντίστοιχους συντελεστές θερμικής αντίστασης λαμβάνουμε την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) όπως προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης, σύμφωνα με τη σχέση :

Σχέση 4.1: Αντίσταση θερμοδιαφυγής

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i \quad \Lambda = 1.134 \text{ m}^2\text{K}/W$$

Καθώς αναφερόμαστε σε εξωτερική κατακόρυφη επιφάνεια προς τον εξωτερικό αέρα, έχουμε $R_i = 0.13$ και $R_a = 0.04$. Επομένως για τη συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει το συγκεκριμένο πολυστρωματικό δομικό υλικό δίνεται από τη σχέση:

Σχέση 4.2: Συνολική θερμική αντίσταση

$$R_T = R_i + \Lambda + R_e$$

$$R_T = 0.641 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

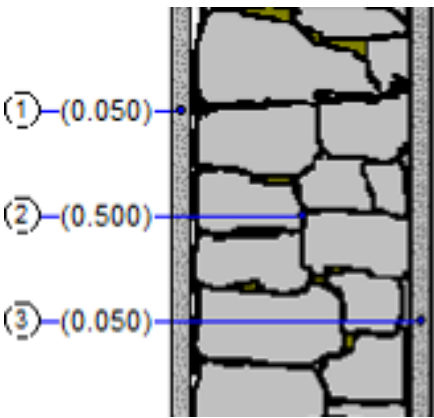
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U- value προκύπτει από το τύπο $U=1/ R_T$ και ισούται με :

$$U = 1.56 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

Εξωτερική τοιχοποιία μη θερμαινόμενου χώρου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.2: Θερμικές Αντιστάσεις d/ λ σε $\text{m}^2\text{K/ W}$ τοιχοποιίας επαφή με εξωτερικό αέρα (ΜΘΧ)



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [$\text{m}^2\text{K/ W}$]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
πλινθοδομή	0.50	1.400	0.357
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

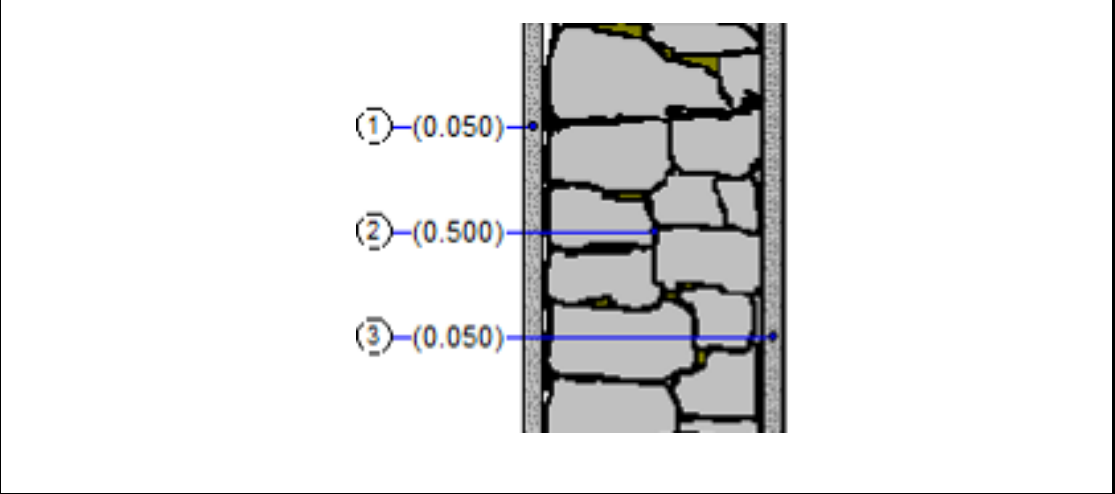
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει :

$$U= 1.56 \text{ W/ m}^2\text{K}.$$

Εξωτερική τοιχοποιία μη θερμαινόμενου χώρου σε επαφή με το έδαφος

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.3: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W τοιχοποιίας επαφή με εξωτερικό αέρα (ΜΘΧ)



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/W]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
πλινθοδομή	0.50	1.400	0.357
επίχρισμα εξωτερικό -ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

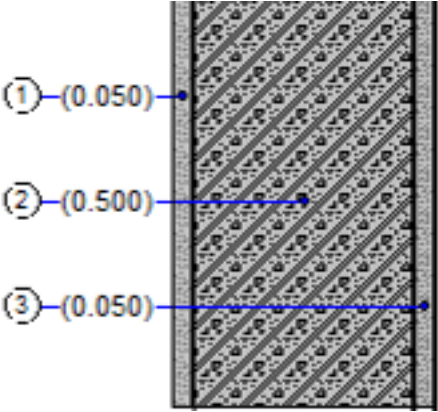
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$$U = 1.664 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Κατακόρυφοι δοκοί (θερμαινόμενων χώρων)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.4: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/W]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.50	1.350	0.370
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

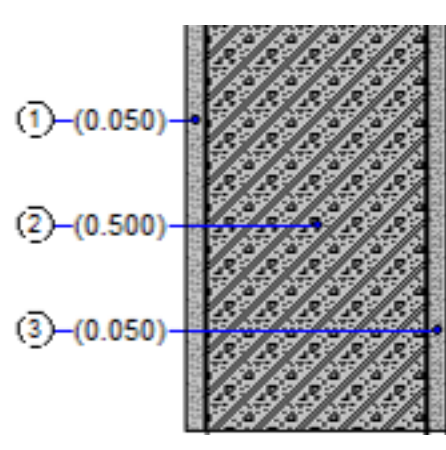
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$$U = 1.529 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Κατακόρυφοι δοκοί (μη θερμαινόμενων χώρων)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.5: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W κατακόρυφων δοκών ΜΘΧ



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/W]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.50	1.350	0.370
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

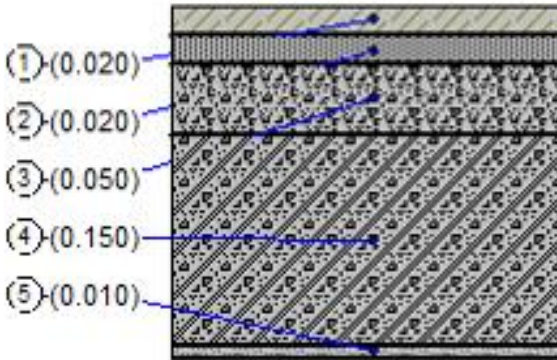
για τους δοκούς σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα $U= 1.529 W/ m^2K$.

για τους δοκούς σε επαφή με το έδαφος $U= 1.628 W/ m^2K$.

Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.6: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.

			
ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m ² K/ W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
επίχρισμα εξωτερικό	0.010	0.870	0.011

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$$U = 1.786 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.7: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

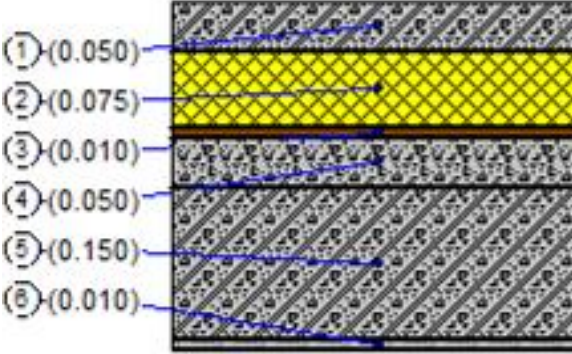
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$$U = 2.638 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Οριζόντια διαχωριστική επιφάνεια (θερμαινόμενος χώρος- εξωτερικός αέρας)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.8: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο βεράντας



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
άοπλο σκυρόδεμα	0.050	1.150	0.043
μονωτικό υλικό	0.075	0.035	2.143
στεγανωτική μεμβράνη	0.010	0.70	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.010	0.870	0.011

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

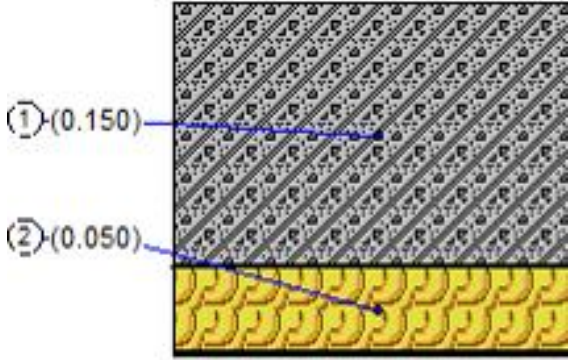
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει :

$$U= 0.393 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Οριζόντια επιφάνεια χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από μη θερμαινόμενο χώρο (οροφή)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.9: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W οροφής

			
ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
πέτσωμα ελάτης	0.050	0.120	0.417

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

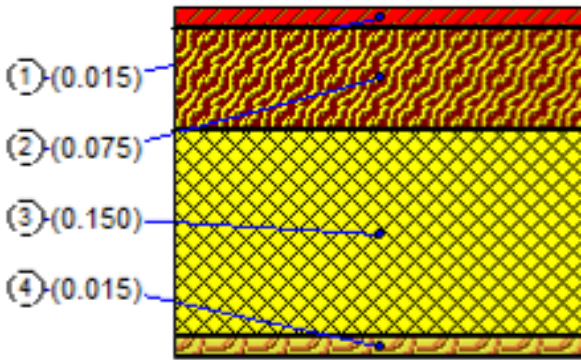
Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$U = 1.373 W/ m^2K$.

Οριζόντια επιφάνεια που χωρίζει μη θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα (στέγη)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 4.10: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W στέγης

			
ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
κεραμίδια	0.015	0.500	0.030
πέτσωμα ελάτης	0.015	0.120	0.125
μονωτικό υλικό	0.075	0.035	2.140
πέτσωμα ελάτης	0.015	0.120	0.125

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει

$$U = 0.390 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

4.3.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας επιφανειών

Σύμφωνα με παρατηρήσεις και με τα αρχιτεκτονικά/ τοπογραφικά σχέδια υπολογίστηκε το εμβαδό που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο τοιχοποιίας.

Στη συνέχεια από χρησιμοποιώντας τις τομές των τοίχων θα πρέπει να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις εν παραλλήλω:

Σχέση 4.3: Θερμικές αντιστάσεις εν παραλλήλω

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Sigma 1}}{A_1} // \frac{R_{\Sigma 2}}{A_2} // \dots \Rightarrow \frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{A_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{A_2}{R_{\Sigma 2}} + \dots \quad [W / K]$$

Όπου A_i η συνολική επιφάνεια [m^2] στην οποία αντιστοιχεί η θερμική αντίσταση σειράς i .

Αλλά ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U που αναζητάμε για τις παράλληλες συνδεσμολογίες των διαφόρων τοίχων είναι το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης του τοίχου.

Δηλαδή :

Σχέση 4.4: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} \quad [W / m^2 K]$$

Με τον τρόπο αυτό και για τη ζώνη 1 για τις βορειοανατολικές επιφάνειες προκύπτει

:

$$U = 1.610 [W / m^2 K]$$

Αντίστοιχα για τις υπόλοιπες επιφάνειες προκύπτει :

Νοτιοδυτικές επιφάνειες :

$$U = 1.610 [W / m^2 K]$$

Νοτιοανατολικές επιφάνειες :

$$U = 1.666 [W / m^2 K]$$

Βορειοδυτικές επιφάνειες :

$$U = 1.547 [W / m^2 K]$$

Εικόνα 4.3: Παράδειγμα εφαρμογής – Ζώνη 1

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διακριστικών επιφανειών: 1 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m^2)	U (W/m^2K)	a^* (-)	ε^* (-)	F_{hor_h} (-)	F_{hor_c} (-)	F_{ov_h} (-)	F_{ov_c} (-)	F_{fin_h} (-)	F_{fin_c} (-)
▶ 1	Τοίχος	BA	45	90	114.6	1.610	0.40	0.80	0.65	0.65	1	1	1	1
2	Τοίχος	ND	225	90	114.6	1.610	0.4	0.8	0.88	0.88	1	1	1	1
3	Τοίχος	NA1	135	90	14.6	1.666	0.4	0.8	1	1	1	1	0	0
4	Τοίχος	NA2	135	90	37.82	1.666	0.4	0.8	1	1	0	0	0	0
5	Τοίχος	BD	315	90	131.04	1.547	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
6	Όροφή	O	0	0	144	0.393	0.80	0.80	1	1	1	1	1	1
* 7														

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ."

Σημείωση: Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. όταν εξετάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου οικοδομημένου πριν το 1979, το οποίο στερείται πλήρως θερμομονωτικής προστασίας, θεωρούμε για τους υπολογισμούς μας ότι η τιμή του συνόλου των θερμογεφυρών ισούται με 0. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και σε κτίρια της ίδιας κατηγορίας που έχουν υποστεί μερική ανακαίνιση αλλά χωρίς τη θερμική ενίσχυση των κατακόρυφων δομικών τους στοιχείων. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Β' εκδοση)

Διαφανείς επιφάνειες

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για τα ανοίγματα του κτιρίου ελλείψει άλλων στοιχείων λαμβάνονται κατά προσέγγιση από τον σχετικό πίνακα του Κ.Εν.Α.Κ. που φαίνεται πιο κάτω.

Πίνακας 4.11: Συντελεστές θερμοπερατότητας

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επιστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
			[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Εξωτερικές Πόρτες						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m ² K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

Πηγή: "Κ.Εν.Α.Κ."

Από το πίνακα επιλέγεται $U = 4,70$ [W/ m²K]

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας που υπολογίστηκαν για την ζώνη 1 αλλά και για τις άλλες ζώνες αντίστοιχα εισάγονται στο λογισμικό για τον υπολογισμό της ενεργειακής

απόδοσης του κτιρίου.

4.4 Συστήματα Θέρμανσης

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης που εξυπηρετούν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική. Ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πραγματικότητα και να προβλέπει την κάλυψη των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των θερμικών αναγκών του. Για κάθε σύστημα θέρμανσης ή μιας θερμικής ζώνης του, πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.

Στο κτίριο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση χρησιμοποιείται πετρέλαιο. Για τη θέρμανση του κτιρίου του δημαρχείου χρησιμοποιείται 1 λέβητας με ονομαστική ισχύ 200 KW. Υπολογίζεται ότι γίνεται χρήση της θέρμανσης από τις 15/ 10 έως τις 30/ 4 κάθε χρόνο και για 5 ώρες περίπου την ημέρα.

Εικόνα 4.4: Σύστημα θέρμανσης – Ζώνη 1

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Ύψραση Μηχανικός αερισμός Ηλεκτρικός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Μηχανικός αερισμός ΖHX Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Πετρέλαιο	200	0.902	1.0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	100	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.89	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Θερματικές μονάδες

	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶ 1	SWMATA	0.9

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	1	0.30
* 2		1	0

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K."

4.5 Συστήματα Ψύξης

Το σύστημα ή τα συστήματα ψύξης χώρων, που καλύπτουν ένα κτίριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού θέρους), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και στις σχετικές οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την περίοδο ψύξης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς τόσο στη διάρκεια της ημέρας, όσο και από ημέρα σε ημέρα και αποκλίνουν σημαντικά από τις συνθήκες σχεδιασμού για κάθε κλιματική ζώνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα ψύξης να λειτουργεί τον περισσότερο χρόνο της περιόδου ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου και η πραγματική ενεργειακή απόδοσή του να είναι χαμηλότερη από την ονομαστική. Ο σχεδιασμός του συστήματος ψύξης θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων με τον κατά το δυνατόν καλύτερο βαθμό απόδοσης, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των ψυκτικών αναγκών του κτιρίου. Για κάθε σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση όλου του κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης του πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη ή/και κλιματισμό των χώρων. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα ψύξης των χώρων είναι η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ψύξης, των εγκαταστάσεων διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) ψύξης (μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κεντρικές μονάδες διαχείρισης αέρα - Κ.Κ.Μ. κ.ά.).

Εικόνα 4.5: Σύστημα ψύξης – Ζώνη 1

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Υγραση Μηχανικός αερισμός Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | ΖΝΧ | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (°)	EER (°)	Ιαν. (°)	Φεβ. (°)	Μαρ. (°)	Απρ. (°)	Μαι. (°)	Ιουν. (°)	Ιουλ. (°)	Αυγ. (°)	Σεπ. (°)	Οκτ. (°)	Νοε. (°)	Δεκ. (°)
▶ 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	51.58	1.0	2.2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (°)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	0	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	1	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	Β. Απ. (°)
▶ 1	ΚΛ/ΚΑ	1

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (°)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Αντλίες	1	0.3
* 2		1	0

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K."

Στο κτίριο δεν έχει πραγματοποιηθεί μελέτη κλιματισμού. Παρόλα αυτά από την αυτοψία καταγράφηκαν 11 κλιματιστικές μονάδες των 2,344 KW, 8 στη ζώνη 3, 1 στη

ζώνη 2 και 2 στη ζώνη 1. Παράλληλα υπάρχουν και 4 μεγάλες κλιματιστικές μονάδες των 11,723 KW στην αίθουσα συνεδριάσεων του δημοτικού συμβουλίου στη ζώνη 1.

4.6 Κτίριο αναφοράς

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ. κάθε νέο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτίριο πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ.

Το «κτίριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτίριο. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό.

Το κτίριο αναφοράς παράγεται κάθε φορά αυτόματα από το λογισμικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ-ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

5.1 Ενεργειακές απαιτήσεις

Με βάση τα στοιχεία του κτιρίου τα οποία εισήχθησαν στο "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." και αφορούν στο κέλυφος του (μη διαφανείς και διαφανείς επιφάνειες), προκύπτουν οι ενεργειακές απαιτήσεις για την περίοδο θέρμανσης και για την περίοδο ψύξης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις συνδέονται μόνο με τις συνιστώσες του κτιριακού κελύφους, και όπως φαίνεται παρακάτω μεταβάλλονται μόνο μετά από επεμβάσεις στο κέλυφος.

Εικόνα 5.1: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	27,4	20,8	14,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	13,4	24,7	106,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	7,1	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	57,5	43,9	30,2	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	28,3	51,9	223,9
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	5,1	4,3	0,2	0,0	0,0	0,0	11,9
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	61,0	47,0	33,7	13,5	3,7	5,6	8,6	7,8	3,6	5,6	31,7	55,5	277,5
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO2 (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	56,3		55,7										
	Πετρέλαιο	221,8		58,6										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	277,5		114,2										

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Όπως προκύπτει τελικά οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου για την περίοδο θέρμανσης είναι 106,10 kWh/m² ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου για την περίοδο ψύξης είναι 15,70 kWh/m².

Από τα αποτελέσματα του προγράμματος προκύπτουν επίσης και οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου αναφοράς, που είναι 25,30 kWh/m² για την περίοδο θέρμανσης και 22,90 kWh/m² για την περίοδο ψύξης

Εικόνα 5.2: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς

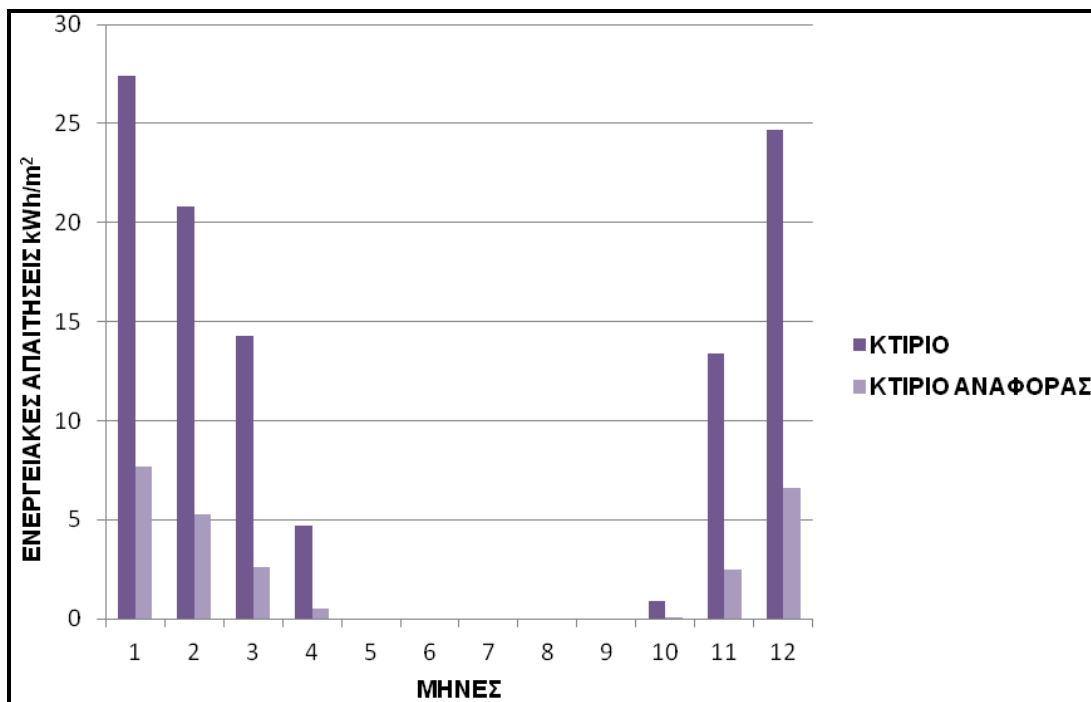
Κτίριο αναφοράς													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	7,7	5,3	2,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	6,6	25,3
▶ Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	8,8	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	9,9	6,9	3,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,5	8,6	33,6
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
▶ Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5	3,6	3,3	0,2	0,0	0,0	0,0	9,7
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	3,6	3,3	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6	42,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	13,5	10,1	7,2	4,4	3,8	6,0	7,2	6,9	3,7	3,9	7,0	12,2	85,9
Πηγή ενέργειας													
	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶ Ηλεκτρισμός	55,5		54,9										
Πετρέλαιο	31,6		8,3										
Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
Ηλιακή	0,0		0,0										
Βιομάζα	0,0		0,0										
Γεωθερμία	0,0		0,0										
Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
Σύνολο	85,9		63,2										

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K." αποτελέσματα

Παρατηρούμε επίσης ότι υπολογίζεται και η εκπομπή CO₂ στην ατμόσφαιρα του εξεταζόμενου κτιρίου που είναι 114,20 kg/m² ενώ για το κτίριο αναφοράς 63,20 kg/m², δηλαδή 45,5% λιγότερες.

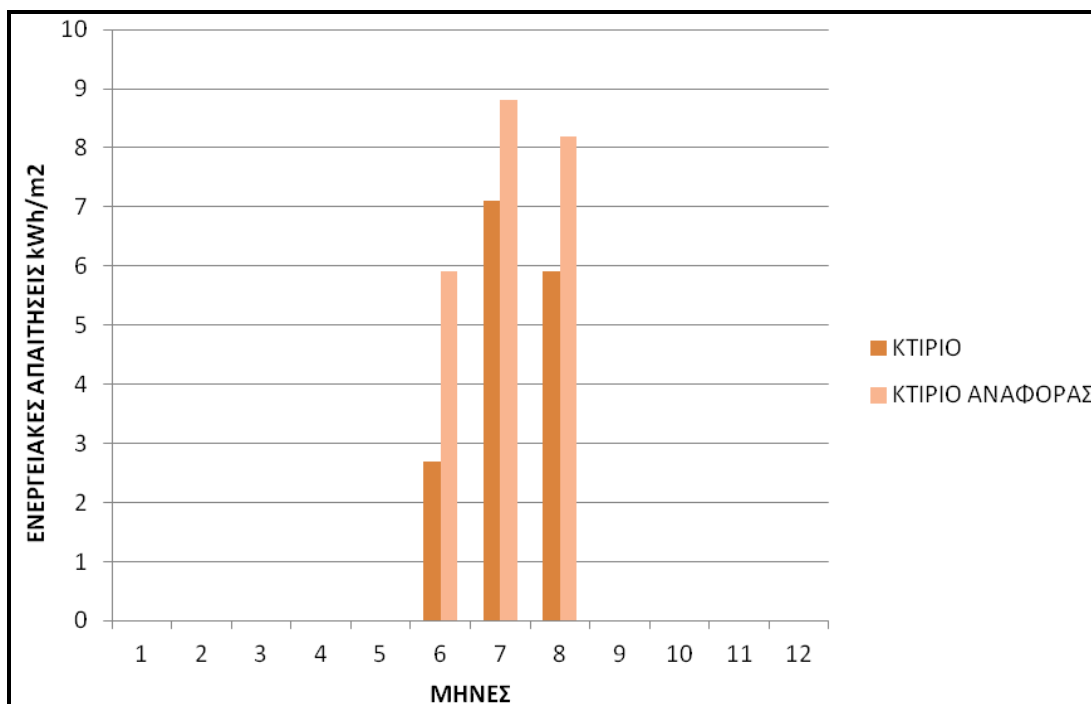
Από την σύγκριση προκύπτουν τα διάγραμματα:

Διάγραμμα 5.1: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων περιόδου θέρμανσης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Διάγραμμα 5.2: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων περιόδου ψύξης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

5.2 Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Το κτίριο κατατάσσεται ενεργειακά σύμφωνα με τη θέση του στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1: Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου

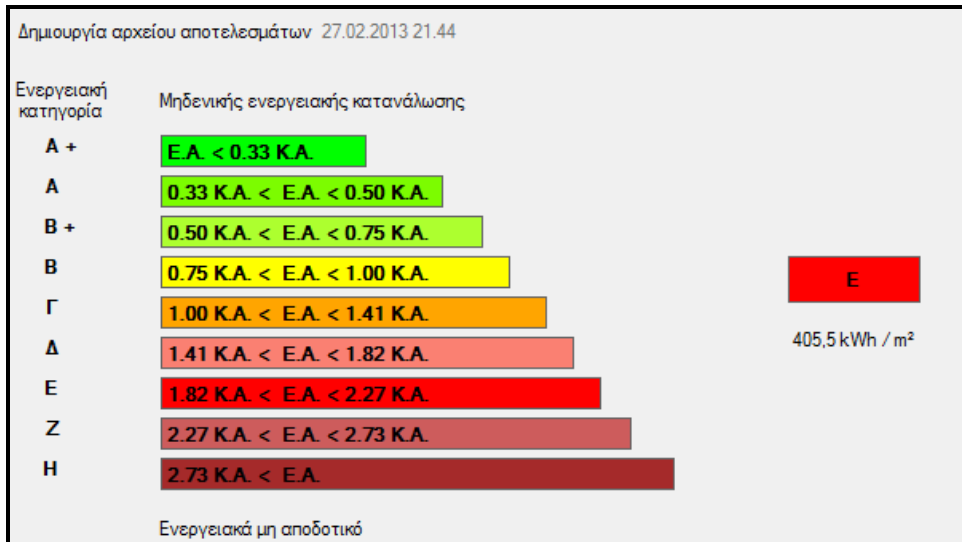
Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0.33R_R$	$T \leq 0.33$
A	$0.33R_R \leq EP \leq 0.50R_R$	$0.33 \leq T \leq 0.50$
B+	$0.50R_R \leq EP \leq 0.75R_R$	$0.50 \leq T \leq 0.75$
B	$0.75R_R \leq EP \leq 1.00R_R$	$0.75 \leq T \leq 1.00$
Γ	$1.00R_R \leq EP \leq 1.41R_R$	$1.00 \leq T \leq 1.41$
Δ	$1.41R_R \leq EP \leq 1.82R_R$	$1.41 \leq T \leq 1.82$
E	$1.82R_R \leq EP \leq 2.27R_R$	$1.82 \leq T \leq 2.27$
Z	$2.27R_R \leq EP \leq 2.73R_R$	$2.27 \leq T \leq 2.73$
H	$2.73R_R < EP$	$2.73 < T$

Πηγή: "Κ.Εν.Α.Κ."

Ο δείκτης R_R λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι το άνω όριο της κατηγορίας B λαμβάνεται ίσο με τον δείκτη R_R . Είναι δηλαδή ίσο με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Από το ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. προκύπτει:

Εικόνα 5.3: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου και κτιρίου αναφοράς



Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
► Θέρμανση		40,4	250,2
Ψύξη		28,1	34,6
ZNX		0,0	0,0
Φωτισμός		123,5	120,7
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ		0,0	0,0
Σύνολο		192,1	405,5
Κατάταξη		-	E

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Άρα το κτίριο κατατάσσεται στην **Ενεργειακή Κατηγορία Ε.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

6.1 Αποτίμηση ενεργειακής μελέτης κτιρίου

Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα του προγράμματος το κτίριο ανήκει στην Ενεργειακή Κατηγορία Ε. Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται πολύ ικανοποιητικό δεδομένης της ηλικίας του κτιρίου και τις ελάχιστες παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί.

Αυτή η ενεργειακή του συμπεριφορά οφείλεται κατά κύριο λόγο στον παλαιό παραδοσιακό τρόπο δόμησης με υλικά όπως πέτρα και στους χοντρούς εξωτερικούς τοίχους. Όπως αποδεικνύεται αυτός ο τρόπος δόμησης συμπεριφέρεται καλύτερα από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν αργότερα και πριν την θέσπιση του Κανονισμού Θερμομόνωσης.

Το άλλο σημαντικό στοιχείο που πρέπει να σημειώσουμε είναι ότι η συμπεριφορά του κτιρίου στην πραγματικότητα διαφέρει από αυτή που απεικονίζει η μελέτη προς το χειρότερο. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των πολλών τοπικών φθορών που έχουν επέλθει με το χρόνο σε στοιχεία του κτιρίου όπως παράθυρα και αρμούς. Αυτές οι τοπικές φθορές δεν μπορούν να απεικονιστούν πιστά με το λογισμικό και ζημιώνουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σε σημαντικό βαθμό.

Από τον παραπάνω απολογισμό και δεδομένου ότι η χρήση του κτιρίου θα συνεχιστεί για πολλά χρόνια ακόμα είτε σαν κτίριο δημοσίων υπηρεσιών είτε εναλλακτικά σαν εκθεσιακός χώρος γίνεται φανερό ότι επιβάλλεται η εφαρμογή παρεμβάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και μετά από τη συλλογή στοιχείων για το κτίριο και την προσεκτική αξιολόγηση και μελέτη τους παρουσιάζονται οι παρακάτω προτάσεις με την μορφή σεναρίων για πιθανές παρεμβάσεις για τον σκοπό αυτό.

6.2 Σενάριο 1– Αλλαγή Κουφωμάτων

Το πιο πεπαλαιωμένο και ενεργειακά ζημιογόνο στοιχείο του κτιρίου είναι τα κουφώματά του. Γι' αυτό το λόγο οποιαδήποτε παρέμβαση θα πρέπει να αρχίσει από την αντικατάστασή τους.

Στο σενάριο που εξετάστηκε αντικαθίστανται τα παλαιά κουφώματα με νέα σύγχρονα θερμικής διαπερατότητας 1,8.

Από την εφαρμογή του λογισμικού προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα :

Εικόνα 6.1: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	21,9	16,7	11,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	10,6	19,7	84,6
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	6,7	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZHX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	46,1	35,2	24,1	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	22,4	41,5	179,0
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	4,8	4,2	0,2	0,0	0,0	0,0	11,5
	ZHX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	49,7	38,4	27,7	11,6	3,7	5,5	8,4	7,7	3,6	5,1	25,8	45,0	232,1
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO2 (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	55,9		55,3										
	Πετρέλαιο	176,8		46,7										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	232,1		102,0										

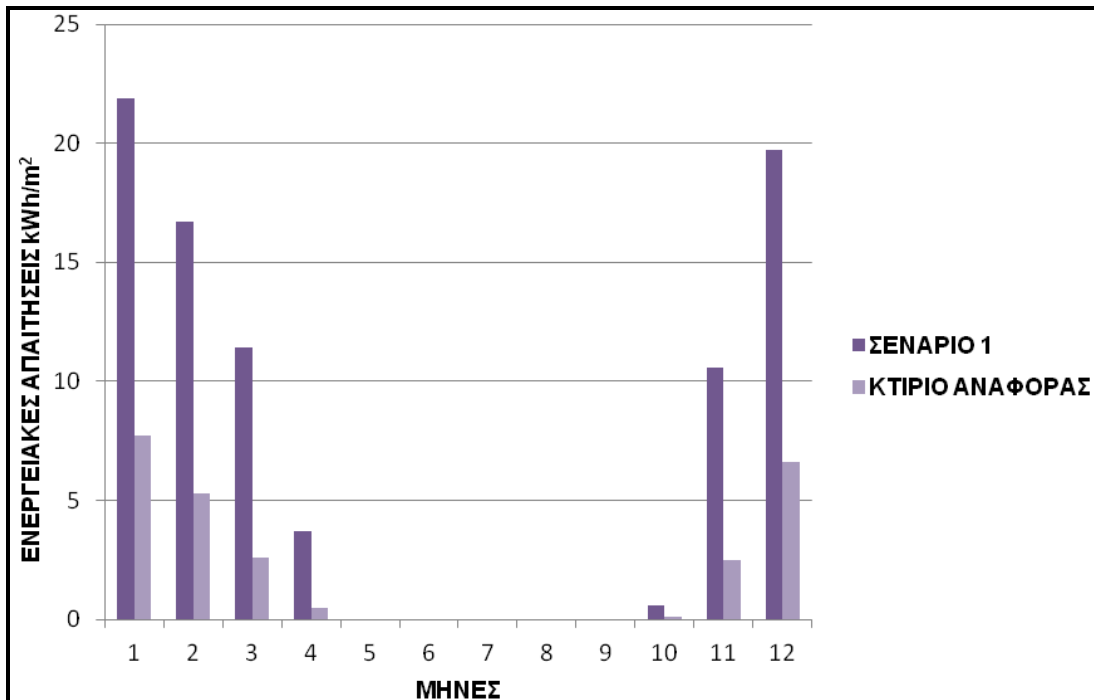
Πηγή: Λογισμικό " ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Φαίνεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις διαμορφώνονται στα 84,60 kWh/m² για την περίοδο θέρμανσης και στα 15,00 kWh/m² για την περίοδο ψύξης.

Η μείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με το αρχικό κτίριο είναι 18,23 %

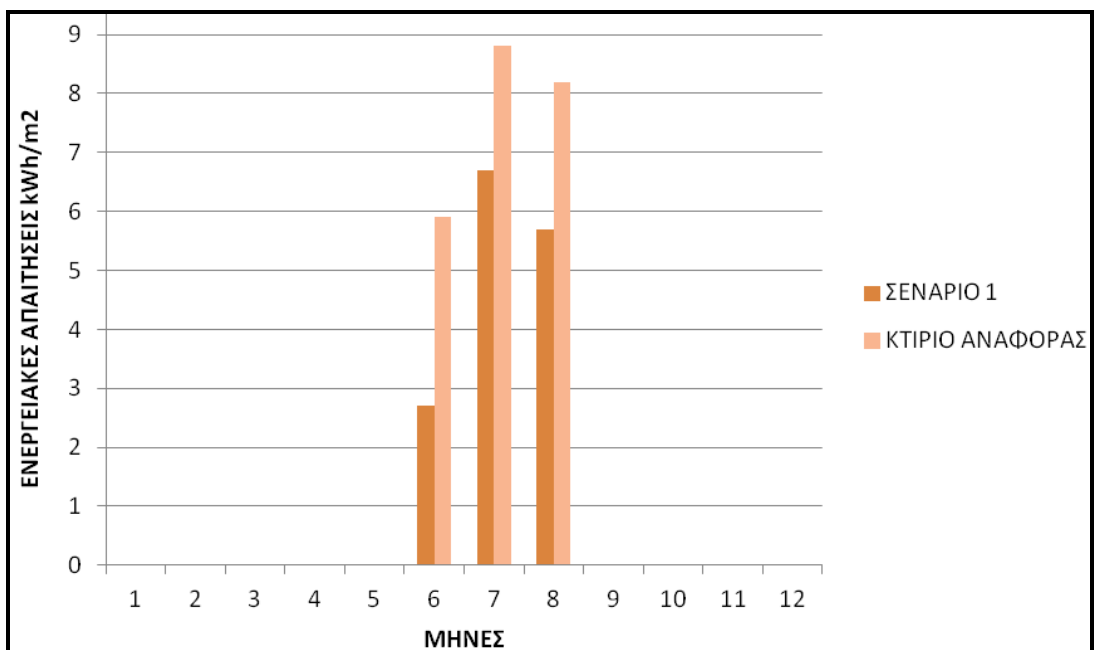
Από τη σύγκριση του Σεναρίου 1 με το κτίριο αναφορά προκύπτει:

Διάγραμμα 6.1: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Διάγραμμα 6.2: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 1/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών απαιτήσεων- καταναλώσεων σεναρίου 1

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	40,4	250,2	200,7
	Ψύξη	28,1	34,6	33,3
	ZNX	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	120,7	120,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	192,1	405,5	354,7
	Κατάταξη	-	E	E

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το σενάριο 1 είναι 354,70 kWh/m²

Προκύπτει λοιπόν ότι το κτίριο για το σενάριο 1 κατατάσσεται στην **Ενεργειακή Κατηγορία Ε**.

6.3 Σενάριο 2– Αλλαγή κουφωμάτων κι επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες

Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου είναι φανερό ότι πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις στα αδιαφανή του στοιχεία. Η προσπάθεια αυτή θα προκαλέσει πολλά προβλήματα λόγω του γεγονότος ότι το κτίριο του δημαρχείου είναι διατηρητέο. Κάθε παρέμβαση όχι μελετημένη προσεκτικά μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στην εξωτερική του όψη και στα ποικίλα αριστοτεχνικά στοιχεία που το χαρακτηρίζουν.

Στα πλαίσια του Σεναρίου 2 προτείνεται μια σχετικά συντηρητική παρέμβαση στις άνω και κάτω οριζόντιες επιφάνειες που περικλείουν τους θερμαινόμενους χώρους και η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού που έως σήμερα απουσιάζει. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού 8 cm (πολυστερίνης) στις επιφάνειες.

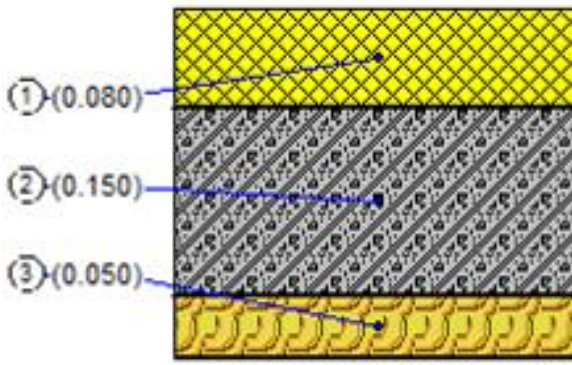
Οι επεμβάσεις αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν σχετικά εύκολα και χωρίς να προκληθούν ζημιές στα διακοσμητικά στοιχεία του κτιρίου.

Οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας που προκύπτουν παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Οριζόντια επιφάνεια μεταξύ θερμαινόμενου και μη θερμαινόμενου χώρου (οροφή)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν:

Πίνακας 6.1: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W οροφής



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
θερμομονωτικό υλικό	0.080	0.035	2.287
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
πέτσωμα ελάτης	0.050	0.120	0.417

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

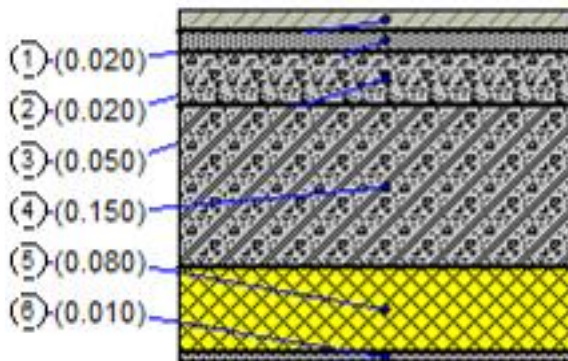
Προκύπτει :

$$U = 0.332 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.2: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
μονωτικό υλικό	0.080	0.035	2.287
επίχρισμα εξωτερικό	0.010	0.870	0.011

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

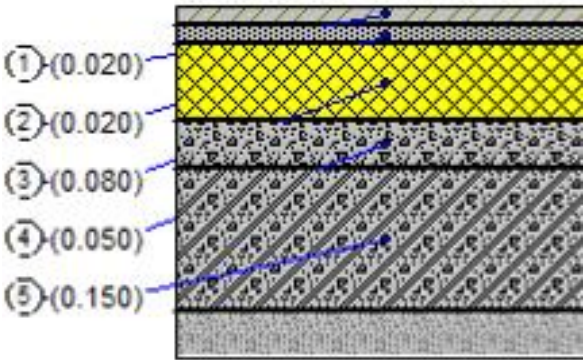
Προκύπτει :

$$U = 0.351 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.3: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m ² K/ W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
θερμομονωτικό υλικό	0.080	0.035	2.287
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Προκύπτει :

$$U = 0.375 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Από την εφαρμογή του λογισμικού προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα :

Εικόνα 6.3: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις σεναρίου 2

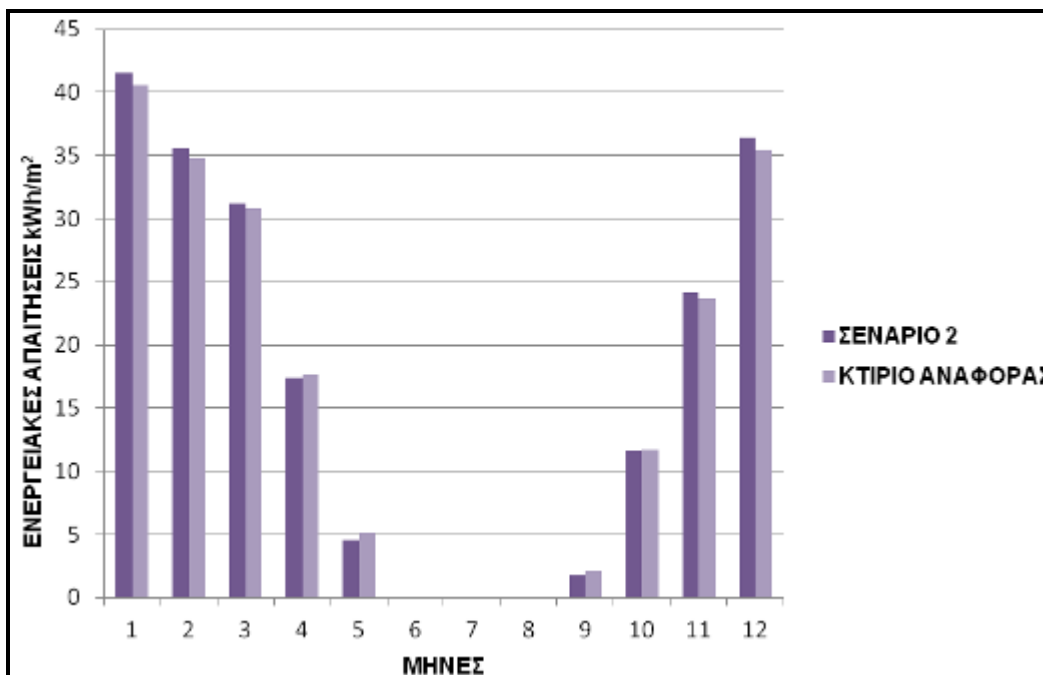
Σενάριο 2														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	18,2	13,7	9,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,5	16,3	68,9
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	6,9	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	38,3	29,0	19,3	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	18,0	34,4	146,1
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,4	5,0	4,4	0,2	0,0	0,0	0,0	12,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	41,8	32,1	22,9	9,5	3,7	5,8	8,5	7,9	3,6	4,6	21,4	37,9	199,9

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός	56,6	56,0
Πετρέλαιο	144,0	38,0
Φυσικό αέριο	0,0	0,0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
Ηλιακή	0,0	0,0
Βιομάζα	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
Σύνολο	199,9	94,0

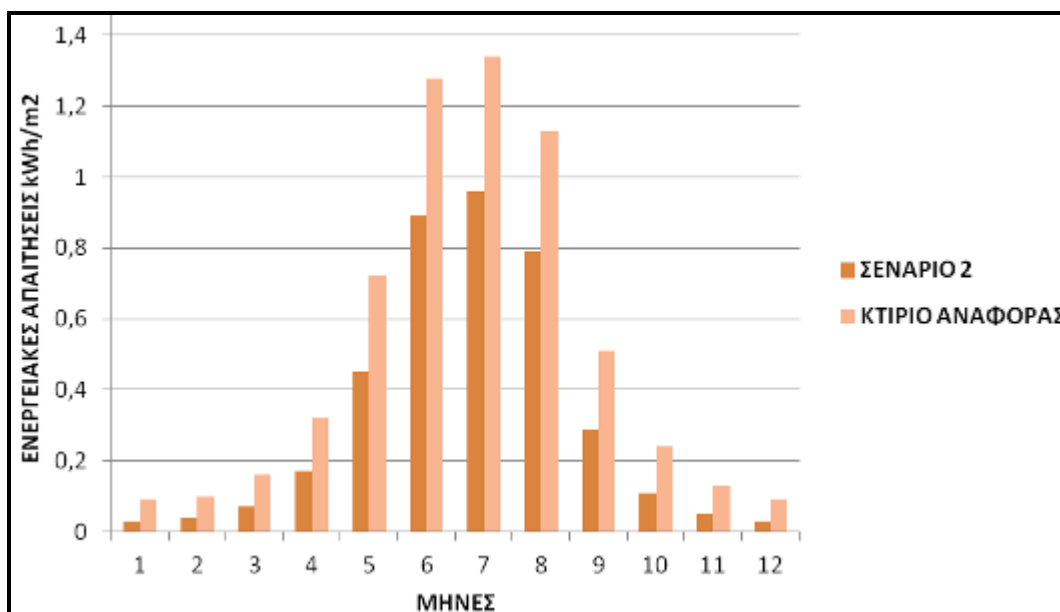
Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Διάγραμμα 6.3: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 2/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης



Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 6.4: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 2/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 6.4: Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών απαιτήσεων- καταναλώσεων σεναρίου 2

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	40,4	250,2	200,7	164,6
	Ψύξη	28,1	34,6	33,3	35,2
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	120,7	120,7	120,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	192,1	405,5	354,7	320,5
	Κατάταξη	-	Ε	Ε	Δ

Πηγή: Λογισμικό " ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το σενάριο 2 είναι 320,50 kWh/m²

Και πάλι προκύπτει ότι το κτίριο για το σενάριο 2 κατατάσσεται στην **Ενεργειακή Κατηγορία Δ**.

Από ότι φαίνεται η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου έχει βελτιωθεί σημαντικά. Όμως εξακολουθεί να μην τηρεί τα κριτήρια του ΚΕΝΑΚ που υπαγορεύει τα σύγχρονα κτίρια εντάσσονται τουλάχιστον στην Ενεργειακή Κατηγορία Β.

6.4 Σενάριο 3 – Αλλαγή κουφωμάτων και επέμβαση σε όλες τις επιφάνειες με προσθήκη θερμομόνωσης

Με στόχο τη βέλτιστη δυνατή αναβάθμιση του κτιρίου εξετάζεται σε αυτό το σενάριο η προσθήκη θερμομόνωσης σε όλες τις επιφάνειες που περικλείουν τους θερμαινόμενους χώρους, οριζόντιες και κάθετες. Το υποθετικό αυτό εγχείρημα θα αποδειχτεί πολύ πιο πολύπλοκο από το προηγούμενο λόγω του διατηρητέου

χαρακτήρα του κτιρίου και της ξεχωριστής αισθητικής της όψης του. Μια τέτοια απόπειρα θα έφερνε μεγάλο οικονομικό κόστος, κάτι που δύσκολα θα επωμιστεί ο Δήμος Ιωαννιτών στην παρούσα συγκυρία.

Δηλαδή παρότι η πρόταση είναι εφικτή να πραγματοποιηθεί, μετά από προσεκτική μελέτη και εφαρμογή, το πιθανότερο είναι να μην εφαρμοστεί ποτέ. Παρόλα αυτά στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας εξετάζεται, ίσως περισσότερο θεωρητικά ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα.

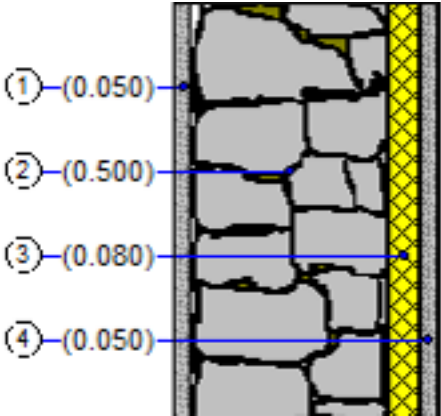
Για την εφαρμογή του λογισμικού επιλέχθηκε να εξεταστεί η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού 8 cm (πολυστερίνης) στις κάθετες επιφάνειες και 10 cm στις οριζόντιες.

Οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας που προκύπτουν παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.4: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W τοιχοποιίας



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/mK]	r [m^2K/W]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
πλινθοδομή	0.50	1.400	0.357
θερμομονωτικό υλικό	0.08	0.035	2.286
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

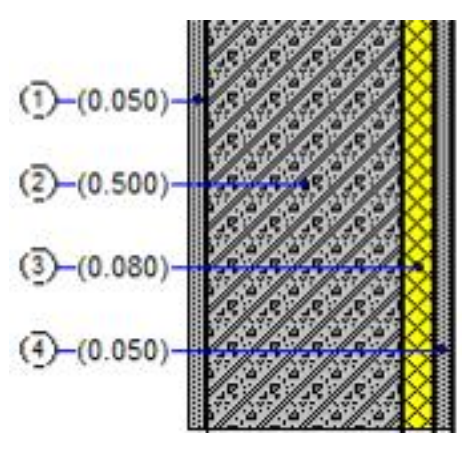
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value ισούται με

$$U = 0.342 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Κατακόρυφοι δοκοί (θερμαινόμενων χώρων)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.5: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.50	1.350	0.370
θερμομονωτικό υλικό	0.08	0.035	2.286
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.05	0.870	0.057

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Προκύπτει:

$$U = 0,340 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.6: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.

ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
μονωτικό υλικό	0.100	0.035	2.857
επίχρισμα εξωτερικό	0.010	0.870	0.011

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Προκύπτει :

$$U = 0.292 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.7: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/mK]	r [m^2K/W]
μάρμαρο	0.020	3.500	0.006
τσιμεντοκονία	0.020	1.400	0.014
θερμομονωτικό υλικό	0.100	0.035	2.857
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

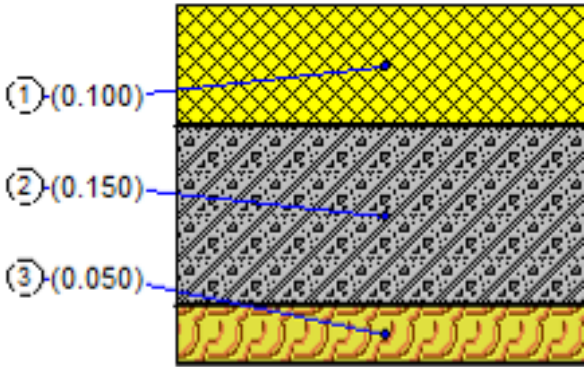
Προκύπτει :

$$U = 0.309 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Οριζόντια επιφάνεια χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από μη θερμαινόμενο χώρο (οροφή)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.8: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W οροφής



ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
θερμομονωτικό υλικό	0.100	0.035	2.857
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
πέτσωμα ελάτης	0.050	0.120	0.417

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Προκύπτει :

$$U = 0.278 \text{ W/ m}^2\text{K.}$$

Οριζόντια διαχωριστική επιφάνεια (θερμαινόμενος χώρος- εξωτερικός αέρας)

Για αυτό το δομικό στοιχείο ισχύουν :

Πίνακας 6.9: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δάπεδο βεράντας

ΥΛΙΚΟ	d [m]	λ [W/ mK]	r [m^2K/ W]
άοπλο σκυρόδεμα	0.050	1.150	0.043
μονωτικό υλικό	0.100	0.035	2.857
στεγανωτική μεμβράνη	0.010	1.400	0.014
γαρμπιλόδεμα	0.050	0.640	0.078
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	1.350	0.111
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.010	0.870	0.011

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Με την ίδια διαδικασία με πιο πάνω προκύπτει :

$$U= 0.307 W/ m^2K.$$

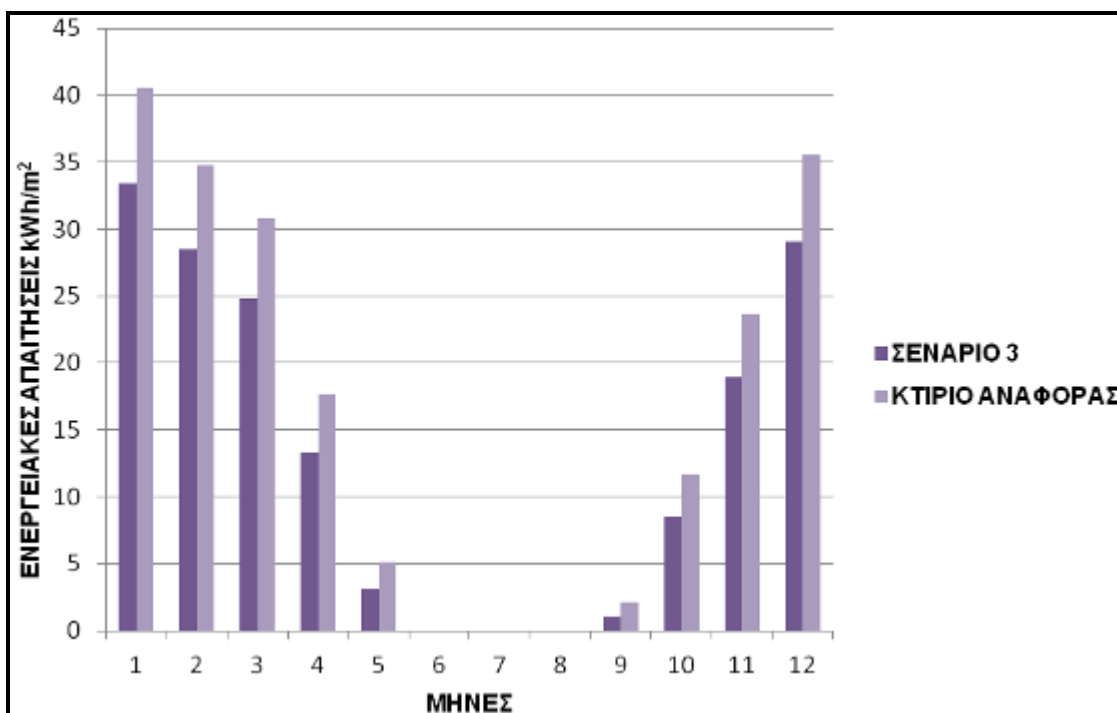
Τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του προγράμματος παρουσιάζονται πιο κάτω.

Εικόνα 6.5: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις σεναρίου 3

Σενاريو 3														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	9,2	6,6	3,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,5	8,1	32,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	6,9	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	19,5	14,2	8,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	7,7	17,2	68,9
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,1	5,0	4,5	0,2	0,0	0,0	0,0	13,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	23,1	17,3	11,8	5,2	3,7	6,5	8,5	8,1	3,6	3,9	11,1	20,7	123,5
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO2 (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	58,0		57,4										
	Πετρέλαιο	66,8		17,6										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	123,5		75,0										

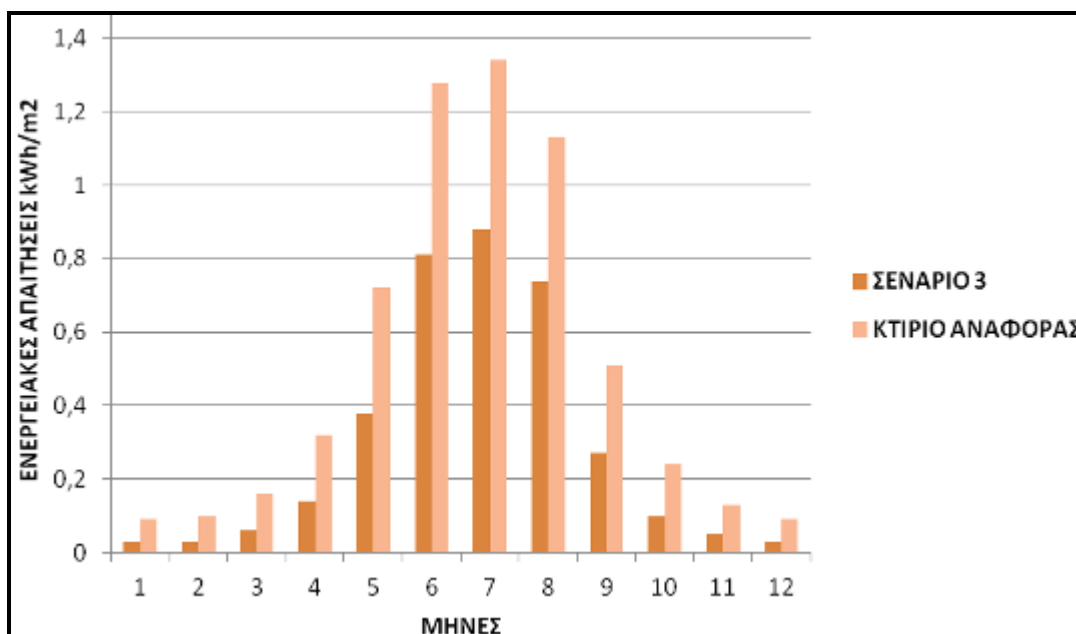
Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Διάγραμμα 6.5: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 3/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης



Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 6.6: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου3 / κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 6.6: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (σενάριο 3)

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	40,4	250,2	200,7	164,6	79,7
	Ψύξη	28,1	34,6	33,3	35,2	37,7
	ZHX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	120,7	120,7	120,7	120,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	192,1	405,5	354,7	320,5	238,0
	Κατάταξη	-	Ε	Ε	Δ	Γ

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K." αποτελέσματα

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το σενάριο 3 είναι 238,00 kWh/m²

Για το Σενάριο 3 το κτίριο κατατάσσεται στην **Ενεργειακή Κατηγορία Γ**.

6.5 Σενάριο 4 – Αλλαγή κουφωμάτων επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες και αλλαγή καυσίμου

Προχωρώντας παραπέρα στην έρευνα για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου εξετάζεται η περίπτωση της αλλαγής ή ανακαίνιση του συστήματος θέρμανσης.

Επιλέγονται οι επεμβάσεις του σεναρίου 2 ενώ συμπληρωματικά εισάγεται η αλλαγή καυσίμου από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο. Για τις ανάγκες της έρευνας στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης παραμένουν ίδια. Η προσέγγιση κρίνεται καθαρά θεωρητική μια και το φυσικό αέριο δεν θα είναι διαθέσιμο στην πόλη των Ιωαννίνων για πολλά χρόνια ακόμα. Στόχος του

σεναρίου είναι να παρουσιαστούν οι ανώτερες επιδόσεις των «καθαρών» καυσίμων στην εξοικονόμηση χρημάτων και στη μείωση εκπομπών CO₂.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ προκύπτουν:

Εικόνα 6.7: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO₂ για το σενάριο 4

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	56,6	56,0
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	144,0	28,2
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	0,0	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	199,9	84,2

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	40,4	250,2	164,6	157,4
	Ψύξη	28,1	34,6	35,2	35,2
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	120,7	120,7	120,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	192,1	405,5	320,5	313,3
	Κατάταξη	-	Ε	Δ	Δ

Πηγή: Λογισμικό " TEE- K.E.v.A.K." αποτελέσματα

6.6 Σενάριο 5 – Αλλαγή κουφωμάτων, επέμβαση στις οριζόντιες επιφάνειες και προσθήκη συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας.

Στην αναζήτηση για μια πραγματοποιήσιμη επέμβαση στο σύστημα θέρμανσης εξετάζεται η προσθήκη ενός καινούριου συστήματος θέρμανσης που λειτουργεί με αντλίες θερμότητας.

Για τις ανάγκες του λογισμικού επιλέγεται ένα σύστημα θέρμανσης με ισχύ 200 kw, με BMS = 0.85 και COP 3.2. Τα χαρακτηριστικά που επιλέγονται είναι αυτά που υιοθετούνται για το κτίριο αναφοράς. Στην αγορά υπάρχει πληθώρα συστημάτων με διάφορα χαρακτηριστικά. Οι αποδόσεις τους ποικίλουν και εφαρμόζονται σε κτίρια αναλόγως με τις ιδιαίτερες ανάγκες και τις οικονομικές δυνατότητες του ιδιοκτήτη.

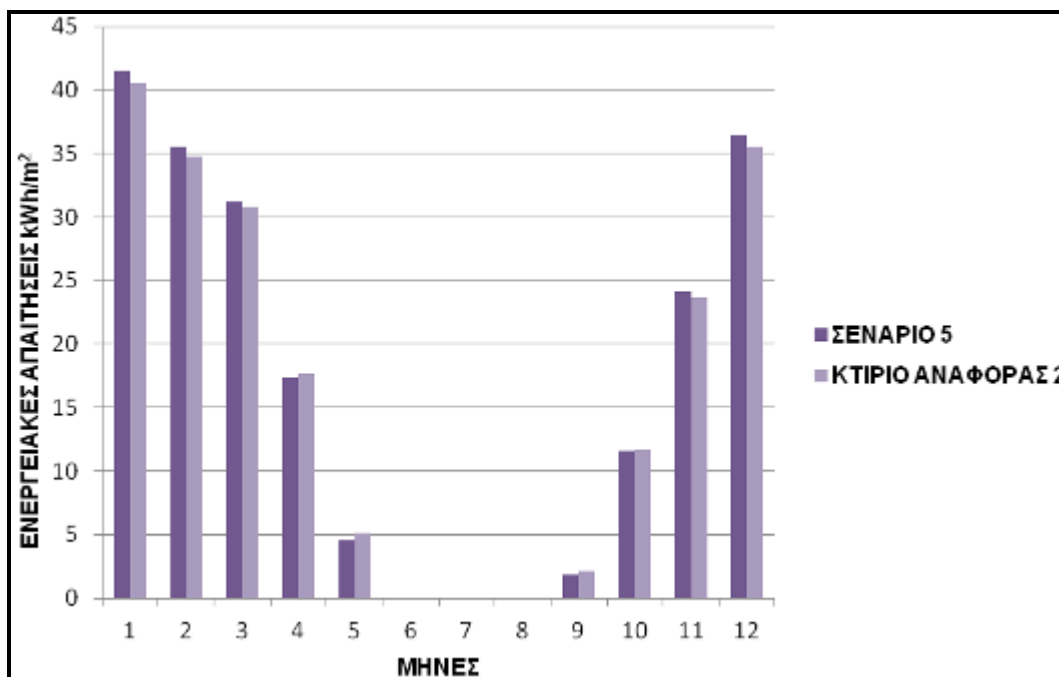
Όσον αφορά τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν στο σενάριο 5, η επιλογή τους κρίνεται μάλλον αυστηρή αφού η πλειοψηφία των διαθέσιμων προϊόντων πληροί ανώτερες προδιαγραφές. Όπως φαίνεται καθαρά στα αποτελέσματα του προγράμματος και στα διαγράμματα η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ μειώνονται σημαντικά.

Εικόνα 6.8: Ενεργειακές απαιτήσεις- ενεργειακές καταναλώσεις, κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO₂ για το σενάριο 5

Σενάριο 3														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	18,2	13,7	9,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,5	16,3	68,9
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	6,9	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	7,4	5,6	3,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,6	6,7	28,8
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,6	3,4	3,0	0,2	0,0	0,0	0,0	8,3
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	10,9	8,8	7,4	4,8	3,7	5,1	6,9	6,5	3,6	3,9	7,0	10,2	78,8
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	79,3		78,4										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	78,8		78,4										

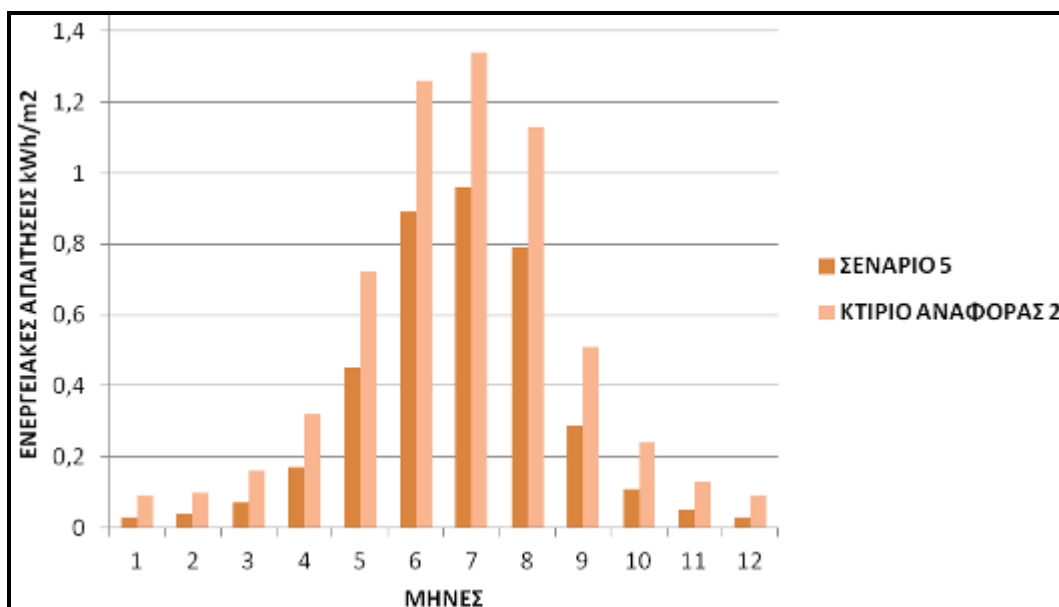
Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Διάγραμμα 6.7: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 5/ κτιρίου αναφοράς περιόδου θέρμανσης



Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 6.8: Ενεργειακές απαιτήσεις σεναρίου 5/ κτιρίου αναφοράς περιόδου ψύξης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 6.9: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (σενάριο 5)

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	40,4	250,2	164,6	157,4	83,6
	Ψύξη	28,1	34,6	35,2	35,2	24,2
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	120,7	120,7	120,7	120,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	192,1	405,5	320,5	313,3	228,5
	Κατάταξη	-	Ε	Δ	Δ	Γ

Πηγή: Λογισμικό "ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το σενάριο 5 είναι 228,50 kWh/m²

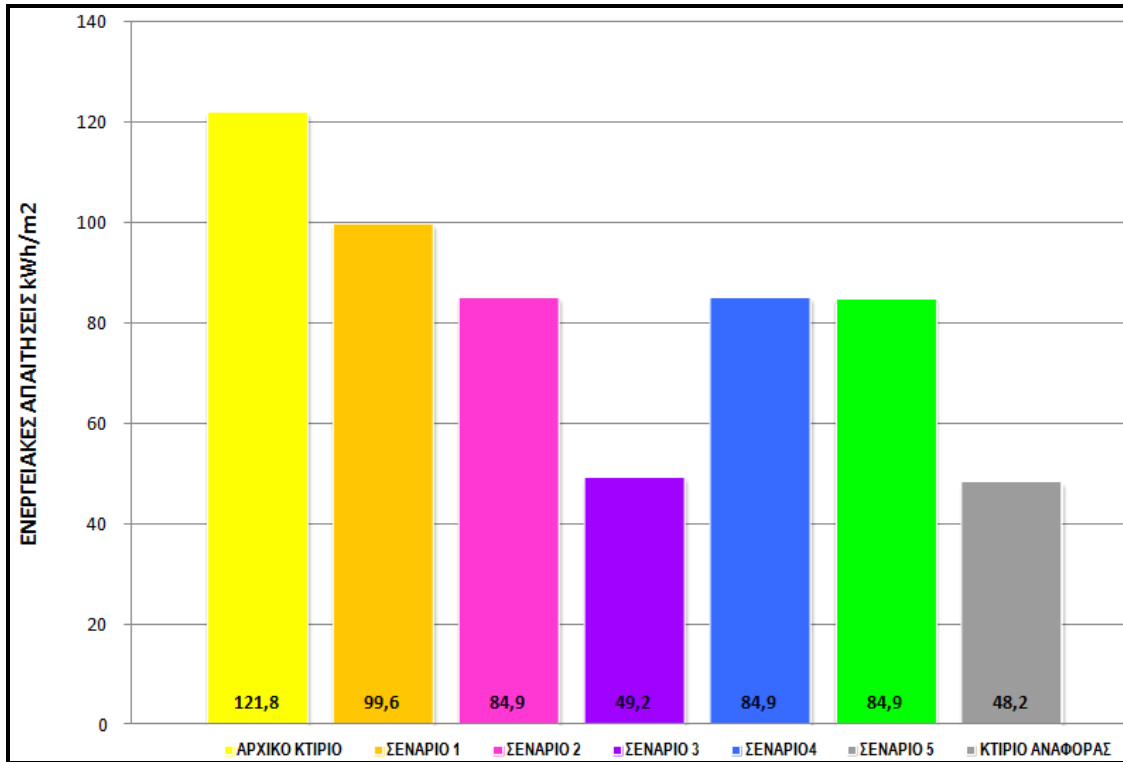
Για το Σενάριο 5 το κτίριο κατατάσσεται στην **Ενεργειακή Κατηγορία Γ.**

Αξίζει να σημειωθεί ότι στα παραπάνω σενάρια παρεμβάσεων το πάχος της θερμομόνωσης που επιλέχτηκε θεωρείται αυξημένο (8cm και 10cm). Η επιλογή έγινε συνυπολογίζοντας τη μορφολογία του κτιρίου αλλά και τις ενισχυμένες απαιτήσεις του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης. Τα δομικά στοιχεία που μελετούμε στερούνται πλήρως θερμομονωτικής προστασίας, ενώ το πάχος των πλίνθινων τοίχων φτάνει τα 50cm. Από την άλλη, με την εισαγωγή του Κ.Εν.Α.Κ., οι κατασκευαστές αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης έτσι ώστε να συμβαδίσουν με τις αυστηρότερες προδιαγραφές που πλέον ισχύουν.

6.7 Συγκεντρωτικά στοιχεία

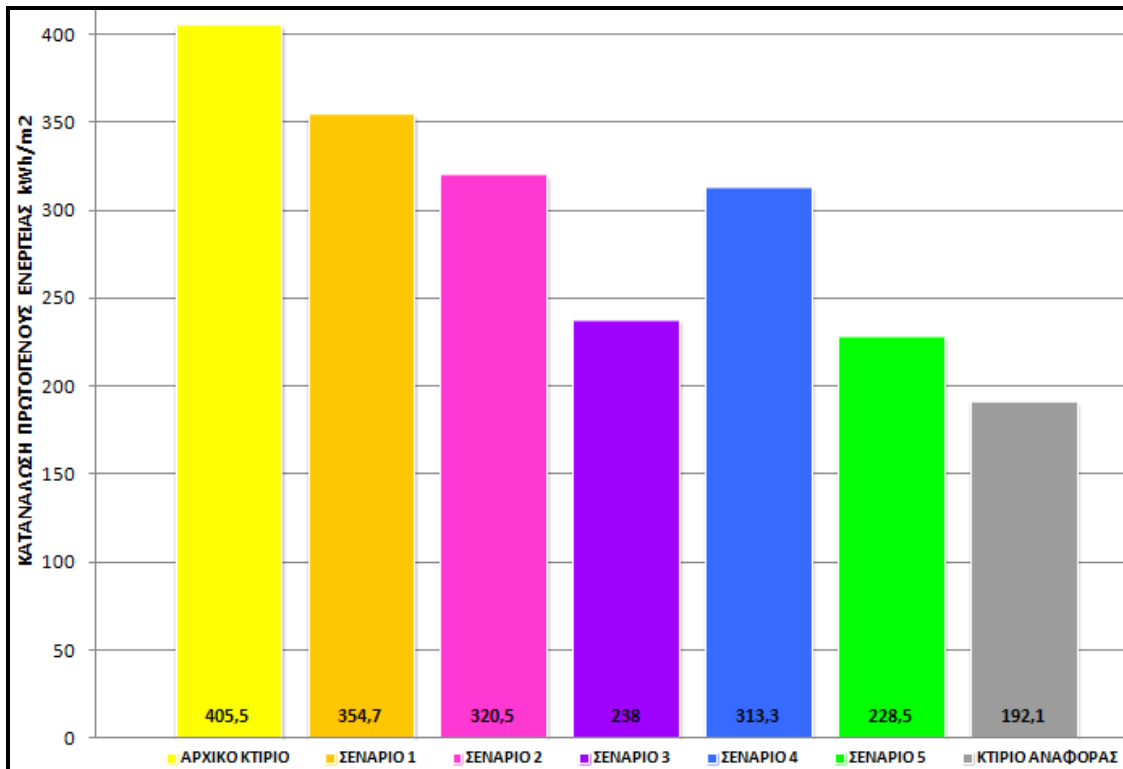
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του λογισμικού για το αρχικό κτίριο το κτίριο αναφοράς και τα πέντε σενάρια προκύπτουν τα διαγράμματα.

Διάγραμμα 6.9: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων



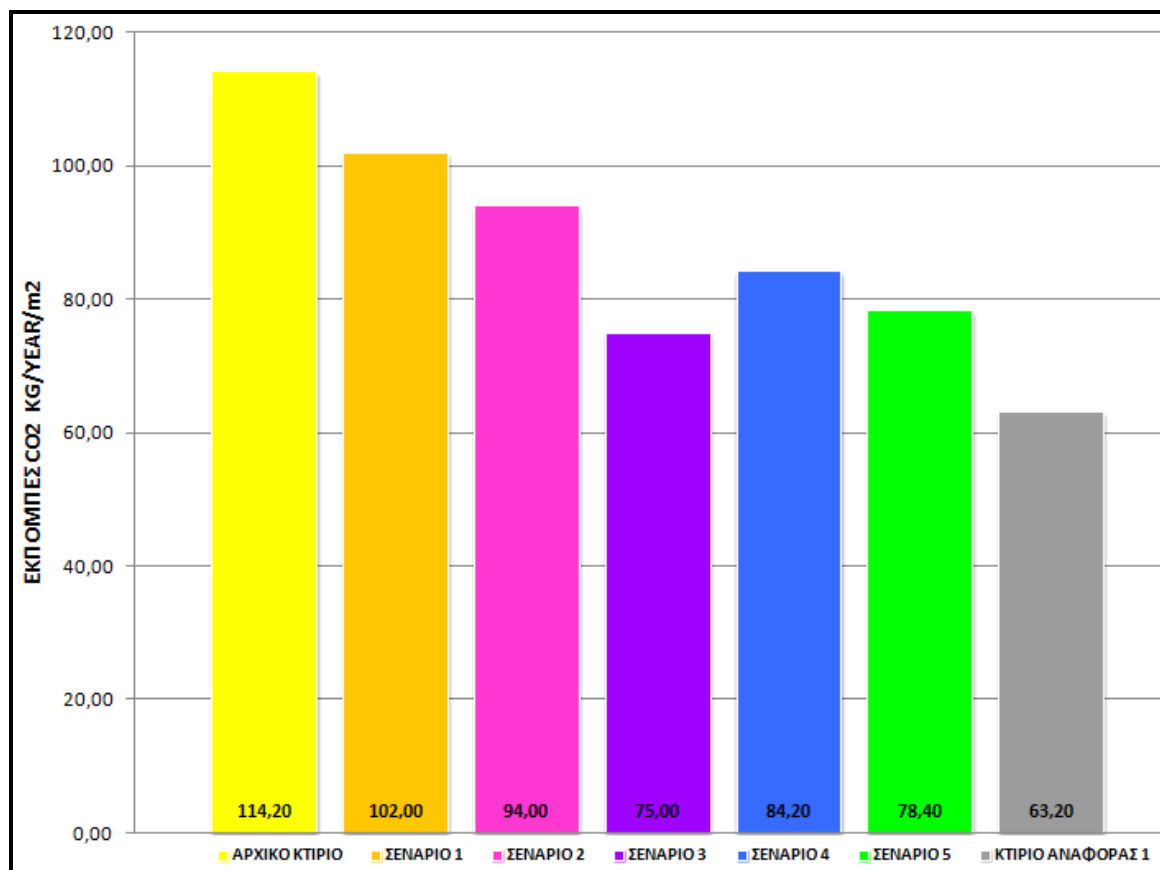
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Διάγραμμα 6.10: Σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Διάγραμμα 6.11: Σύγκριση εκπομπών CO₂



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Ενεργειακές απαιτήσεις

Η μείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ανέρχεται στο 18,23% για το σενάριο 1, στο 30,30% για το σενάριο 2 και 59,60% για το σενάριο 3. Όσον αφορά το σενάριο 4 οι ενεργειακές απαιτήσεις του είναι ίδιες με το σενάριο 2 ενώ το ίδιο ισχύει και για το σενάριο 5.

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Η μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται στο 12,53% για το σενάριο 1, στο 21,02% για το σενάριο 2 και στο 41,31% για το σενάριο 3. Όσον αφορά το σενάριο 4 η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται κατά 22,74% με τη διαφορά ότι οι μονάδες μεταφράζονται σε ποσότητα φυσικού αερίου που έχει σημαντικά μικρότερο κόστος προμήθειας. Για το σενάριο 5 η μείωση είναι 43,65%. Η ενέργεια που θα χρησιμοποιείται είναι η ηλεκτρική.

Εκπομπές CO₂

Η μείωση στις εκπομπές CO₂ ανέρχεται στο 10,68% για το σενάριο 1, στο 17,69% για το σενάριο 2 και 34,32% για το σενάριο 3. Όσον αφορά το σενάριο 4 η μείωση ανέρχεται στο 26,27%, ενώ για το σενάριο 5 στο 31,35%.

6.8 Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Η οικονομοτεχνική ανάλυση που ακολουθεί γίνεται σε μια προσπάθεια εφαρμογής των θεωρητικών προσεγγίσεων στην πραγματικότητα με σκοπό την ανάδειξη μιας πρότασης που όχι μόνο θα είναι τεχνικά πραγματοποιήσιμη και αποτελεσματική αλλά ταυτόχρονα οικονομικά προσεγγίσιμη, πράγμα που θα την καταστήσει εφικτή.

Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει το κόστος και την περίοδο αποπληρωμής της κάθε πρότασης. Στην πρώτη εικόνα φαίνονται τα σενάρια 1,2,3 ενώ στη δεύτερη τα σενάρια 4 και 5.

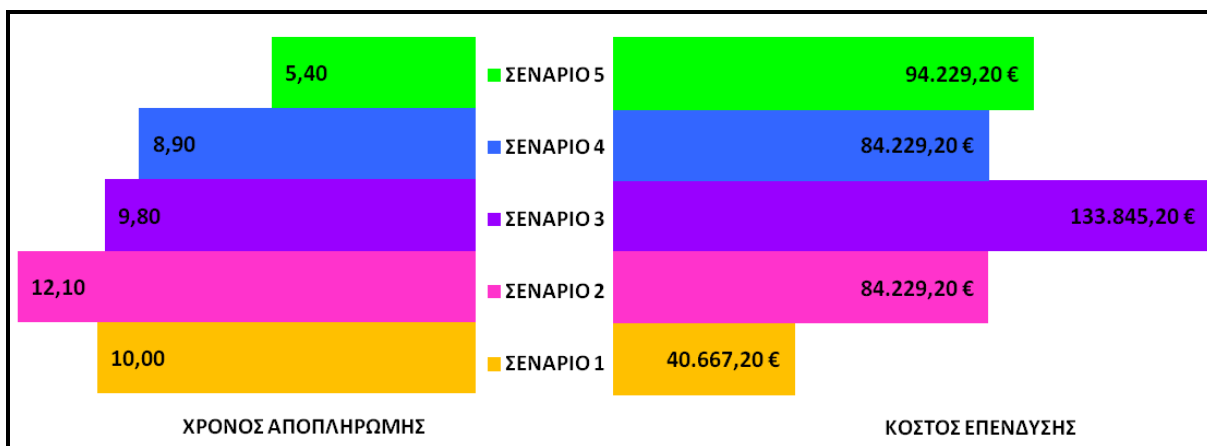
Εικόνα 6.10: Οικονομοτεχνική ανάλυση ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ.

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Λειτουργικό κόστος (€)	9.031,1	26.159,9	22.079,8	19.223,3	12.460,2
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			40.667,2	84.229,2	133.845,7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			50,8	85,0	167,4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			12,5	21,0	41,3
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,8	1,0	0,8
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			12,3	20,2	39,2
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10,0	12,1	9,8

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Λειτουργικό κόστος (€)	9.031,1	26.159,9	16.644,4	8.843,2
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			84.229,2	94.229,2
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			92,2	177,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			22,7	43,7
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,9	0,5
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			30,0	35,8
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8,9	5,4

Πηγή: Λογισμικό " ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ." αποτελέσματα

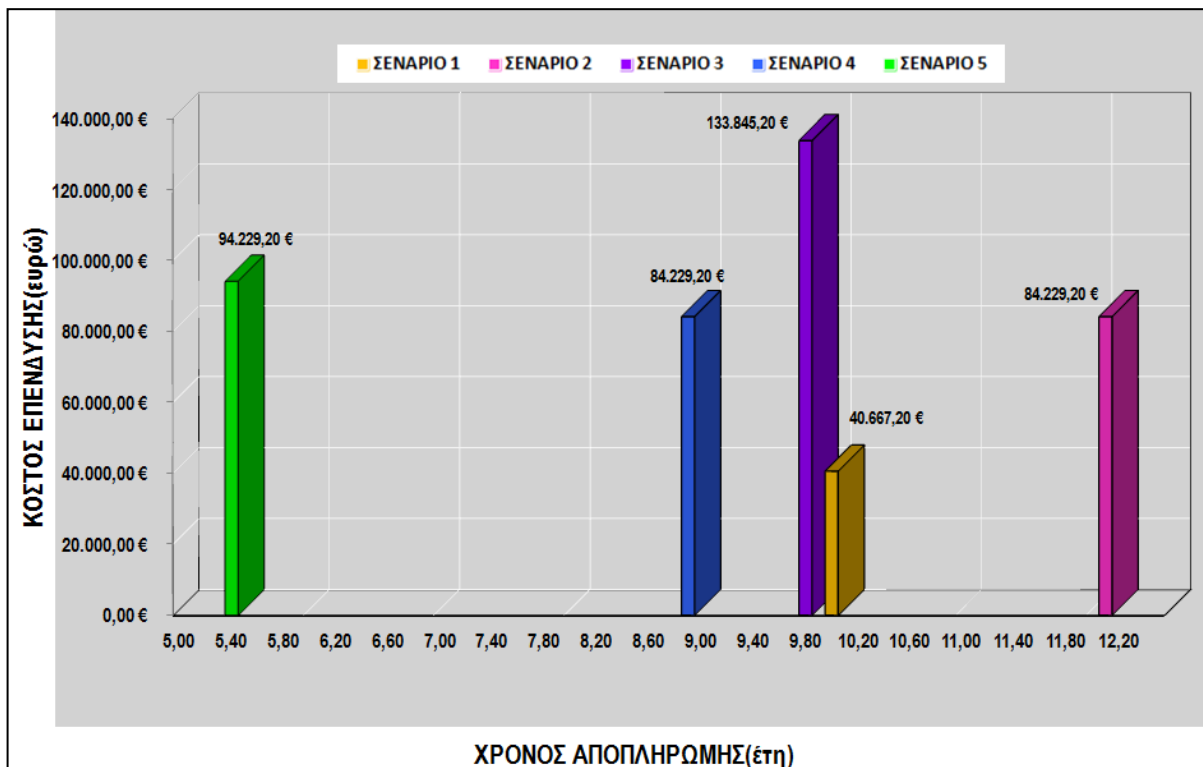
Διάγραμμα 6.12: Σύγκριση σεναρίων περίοδος αποπληρωμής- κόστος επένδυσης



Η εικόνα που σχηματίζεται είναι άκρως ικανοποιητική. Η περίοδος αποπληρωμής για τις προτάσεις που μελετήθηκαν κυμαίνεται στα 10 έτη για το σενάριο 1, 12,1 για το

σενάριο 2, 9,8 για το σενάριο 3 και 8,9 για το σενάριο 4. Το σενάριο 5 αναδεικνύεται ως το πιο αποδοτικό αφού η περίοδος αποπληρωμής του θα διαρκέσει μόλις 5,4 έτη.

Διάγραμμα 6.13: Σύγκριση σεναρίων περιόδου αποπληρωμής- κόστος επένδυσης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Όπως γίνεται φανερό οποιαδήποτε από τις προτεινόμενες επενδύσεις στο κτίριο μελέτης είναι πολύ ελκυστική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κτίριο του Δημαρχείου Ιωαννίνων κτίστηκε το 1938 και αποτελεί πλέον ένα από τα κτίσματα σημεία αναφοράς της πόλης. Κατά τη διάρκεια της ζωής του δεν υπήρξε ποτέ απλός παρατηρητής, αλλά αποτελούσε πάντα ενεργό μέρος της ιστορία της περιοχής. Η συστηματική χρήση του ακόμη και σήμερα αποδεικνύει ότι παραμένει ένα από τα σημαντικότερα κτίσματα της πόλη.

Στα σχέδια του Δήμου Ιωαννιτών περιλαμβάνεται η μεταφορά των δημοσίων υπηρεσιών σε άλλο καινούριο κτίριο και η μετατροπή του παλαιού πλέον Δημαρχείου σε εκθεσιακό χώρο αλλά και χώρο ποικίλων εκδηλώσεων. Το γεγονός αυτό, όποτε και αν συμβεί στο μέλλον, δεν θα σημάνει τον παροπλισμό του. Κάθε άλλο θα αναδείξει περαιτέρω τη θέση του στον αστικό ιστό και θα δώσει περισσότερη βαρύτητα στην ξεχωριστή τεχνοτροπία του και αισθητική. Άλλωστε από την δημιουργία του το κτίριο έχει αλλάξει πολλές φορές χρήση.

Είναι φανερό λοιπόν ότι το εβδομηντάχρονο και πλέον κτίριο του Δημαρχείου θα συνοδεύει την πόλη των Ιωαννίνων για πολλά χρόνια ακόμη και θα προσφέρει στους κατοίκους της. Αξίζει για αυτό το λόγο συντήρηση και φροντίδα ώστε να εξασφαλιστεί η καλή του κατάσταση.

Στα πλαίσια των μελλοντικών παρεμβάσεων, που είναι επιβεβλημένες, είναι σίγουρο ότι πρέπει να δοθεί μεγάλη βαρύτητα στη βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς. Κι αυτό γιατί μια προσεγμένη ανακαίνιση θα βοηθήσει όχι μόνο στην μακροζωία του αλλά και στην οικονομικότερη λειτουργία του.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης που διεξήχθη φαίνεται ότι το κτίσμα κατατάσσεται σε αρκετά καλή ενεργειακή κατηγορία. Το γεγονός αυτό προκαλεί ενδιαφέρον μιας και δεν διαθέτει καθόλου μόνωση. Μπορεί όμως να εξηγηθεί αν αναλογιστεί κανείς τον τρόπο με τον οποίο δομήθηκε αρχικά. Με τη χρήση δηλαδή βαρέων υλικών και χοντρές εξωτερικής τοιχοποιίας. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι στην πραγματικότητα η ενεργειακή συμπεριφορά του είναι αρκετά κατώτερη, εξαιτίας των πολλαπλών φθορών που έχει υποστεί κυρίως σε κουφώματα και αρμούς με την πάροδο του χρόνου. Το δεδομένο αυτό αποτελεί αιτία πολλών ενεργειακών απωλειών που δεν είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθούν με τη βοήθεια λογισμικού.

Η μελέτη για την παρούσα διπλωματική εργασία διεξήχθη σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ελληνικού Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και με βάση τα διεθνή στάνταρ που ορίζει το πρότυπο ISO 13790. Η τήρηση των προδιαγραφών αυτών σε συνδυασμό με τη συγκροτημένη και μεθοδική δουλειά εξασφαλίζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε (ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.) χρησιμοποιείται σήμερα από όλους τους ενεργειακούς επιθεωρητές για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των ελληνικών κτιρίων. Από τον μελετητή αυτής της διπλωματικής εργασίας το πρόγραμμα αξιολογείται σίγουρα θετικά και τα αποτελέσματά του πολύ ικανοποιητικά.

Στα πλεονεκτήματά του συμπεριλαμβάνονται η δυνατότητα χρήσης του σε κάθε κτίριο, η λήψη δεδομένων για το κλίμα κάθε περιοχής και η ευελιξία του στην ενσωμάτωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε κτίσματος, λόγω του τρόπου δόμησης και οργάνωσης του. Επιπλέον προσφέρει το περιθώριο πειραματισμών για την συγκρότηση σεναρίων επεμβάσεων στο κτίριο μελέτης.

Στον αντίποδα, η φιλικότητα ως προς τον χρήστη επιδέχεται βελτίωσης, κυρίως στο κομμάτι που αφορά τη γραφική απεικόνιση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων. Ακόμη θα ήταν πολύ χρήσιμο αν υπήρχε η δυνατότητα εισαγωγής σχεδίων σε ηλεκτρονική μορφή. Αυτό μαζί με τον εμπλουτισμό των βιβλιοθηκών των δομικών υλικών και την εισαγωγή λογισμικών απλουστεύσεων θα αναβάθμιζαν σημαντικά την ποιότητά του.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η συλλογή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή του λογισμικού αποδείχτηκε δύσκολη και χρονοβόρα λόγω της γραφειοκρατίας και την απώλεια πολύτιμων στοιχείων και σχεδίων με την πάροδο του χρόνου. Χρειάστηκε γι' αυτό το λόγω η υφισταμένη επί τόπου έρευνα και η χρήση παραδοχών.

Μετά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων απορρέει ότι η λήψη μέτρων για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου είναι επιβεβλημένη. Πρώτη μέριμνα γι' αυτό το σκοπό θα πρέπει να είναι η αντικατάσταση των κουφωμάτων με άλλα ενεργειακά ανώτερα. Τα κουφώματα αποτελούν και εδώ, όπως και σε όλα τα παλαιά κτίρια, την πηγή των περισσότερων απωλειών.

Προχωρώντας παραπέρα θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την προσθήκη μόνωσης στις επιφάνειες που καλύπτουν τους θερμαινόμενους χώρους του Δήμου. Μια τέτοια ενέργεια δημιουργεί με τη σειρά της ποικίλα προβλήματα μιας και το κτίριο έχει χαρακτηριστεί διατηρητέο και οποιαδήποτε μη καλά μελετημένη παρέμβαση στις όψεις του μπορεί να επιφέρει την απώλεια της αισθητικής του αξίας.

Παρόλα αυτά μια τέτοια παρέμβαση είναι εφικτή. Μάλιστα αναγνωρίζοντας το γεγονός ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ασύμφορη για τα δεδομένα του Δήμου μελετήθηκε η προσθήκη θερμομόνωσης μόνο στις οριζόντιες, μη εμφανείς επιφάνειες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το κόστος της είναι σημαντικά μικρότερο αλλά η μείωση

που θα επιφέρει στην κατανάλωση καυσίμου καθιστά την περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης είναι ικανοποιητικά.

Μια πιο δραστηκή παρέμβαση θα περιελάμβανε την αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης με ένα νέο καινούριας τεχνολογίας. Με τη βοήθεια του λογισμικού φαίνεται ότι η χρήση ενός τέτοιου συστήματος όπως αυτού της αντλίας θερμότητας αποφέρει θεαματική μείωση στο ενεργειακό κόστος ε περίοδο αποπληρωμής λιγότερο από 6 έτη.

Τέλος για άλλη μια φορά αναδεικνύεται η ανώτερη συμπεριφορά του φυσικού αερίου ως καυσίμου. Η μείωση των βλαβερών επιπτώσεων στο περιβάλλον, μέσω της εκπομπής CO₂ φαίνεται στα αποτελέσματα της μελέτης.

Συνοψίζοντας, κάθε προσπάθεια για ενεργειακή αναβάθμιση απαιτεί διάθεση χρημάτων. Κάτι που στην παρούσα συγκυρία προκαλεί δισταγμούς και προβληματισμό σε ένα Δήμο. Παρόλα αυτά η χρησιμότητά της γίνεται φανερή αν αναλογιστούμε τη σημαντικότητα του κτιρίου και το γεγονός ότι κάθε παρέμβαση αποτελεί επένδυση στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

1. Εγχειρίδιο του προγράμματος ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.
2. Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), Υπουργείο Περιβάλλοντος
3. Κ.Α.ΠΕ- Τμήμα Κτιρίων, Δ/ση Ενεργειακής Αποδοτικότητας, "Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής", Σεπτέμβριος 2002
4. Κ.Α.ΠΕ- Τμήμα Κτιρίων, Δ/ση Ενεργειακής Αποδοτικότητας, "Οδηγός ενεργειακού ελέγχου και καταγραφής"
5. Κ.Α.ΠΕ- Τμήμα Κτιρίων, Δ/ση Ενεργειακής Αποδοτικότητας, "Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης", Δεκέμβριος 1999
6. Κ.Α.ΠΕ- Τμήμα Κτιρίων, Δ/ση Ενεργειακής Αποδοτικότητας, "Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια"
7. Οδηγία 2002/91/ΕΚ, Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτιρίων
8. Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων 2^η έκδοση, Υπηρεσία Ενέργειας Υπουργείο Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού
9. Παπαδόπουλος Νικόλαος, Σπανός Γεώργιος, Τουργουτιάν Μπερτζ, «Ενεργειακή Μελέτη δημοσίου κτιρίου- Κτίριο Δ' της Πολυτεχνικής Σχολής ΑΠΘ», Διπλωματική εργασία τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΑΠΘ, 2010
10. Παπασταύρος Αναστάσιος, «Ιωαννίνων εγκώμιον, το παρελθόν που δεν χάθηκε», Εκδοτική Βορείου Ελλάδος Α.Ε., Ιωάννινα 1998
11. Πρότυπο ISO 13790
12. Τεχνική Οδηγία, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, "Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και της Έκδοσης Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης", Τεχνικό Επιμελητήριο
13. Τεχνική Οδηγία, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, "Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων", Τεχνικό Επιμελητήριο
14. Τεχνική Οδηγία, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, "Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών", Τεχνικό Επιμελητήριο
15. Τεχνική Οδηγία, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010, "Οδηγίες και Έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων, εγκαταστάσεων Θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού", Τεχνικό Επιμελητήριο
16. Τεχνική Οδηγία, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2012, "Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια", Τεχνικό Επιμελητήριο

17. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, «Επιθεώρηση Κτηρίων Θεματική Ενότητα: ΔΕ1: Εισαγωγή στον Τομέα της Ενέργειας»

18. Τοπρισκα Ευαγγελία- Βασιλική, «Αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς πανεπιστημιακών κτιρίων-το κτίριο της υδραυλικής του Α.Π.Θ.», Διπλωματική εργασία τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΑΠΘ, 2010

19. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, «Επιθεώρηση Κτηρίων Θεματική Ενότητα: ΔΚ1: Θεσμικό Πλαίσιο – Μεθοδολογία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων»

20. Χατζηαθανασίου Β., «Μετάδοση Θερμότητας», εκδόσεις ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2005

21. Cengel Y., Boles M., «Θερμοδυναμική για Μηχανικούς», εκδόσεις Τζιόλα, 3^η έκδοση

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. www.epa-nr.org
2. www.epa-ed.org
3. www.tee.gr
4. www.ypeka.gr
5. www.ioannina.gr
6. www.egiannina.wordpress.com
7. www.profilnet.gr
8. monosimacon.blogspot.com.
9. www.dei.gr
10. www.carrier.gr
11. www.daikin.gr

Άλλες Πηγές

1. Δήμος Ιωαννιτών
2. Εταιρεία κατασκευή κουφωμάτων Μαγκλάρας
3. Υπηρεσία Νεωτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Ηπείρου