



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΗΣ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**



Επιμέλεια : **Σταυρουλάκης Ζαχαρίας**

Επιβλέπων Καθηγητής : **Γεώργιος Πανάρας**

ΚΟΖΑΝΗ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2021



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ :

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ
ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ
ΑΕΜ:1859

Επιβλέπων Καθηγητής : **Γεώργιος Πανάρας**

ΚΟΖΑΝΗ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021

Η απρόσκοπτη και αλόγιστη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί μία υφιστάμενη κατάσταση που συνεχώς εντείνεται ενώ παράλληλα συνιστά μείζον πρόβλημα για τις σύγχρονες κοινωνίες τόσο σε οικονομικό, όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Είναι κοινά αποδεκτό ότι ο κτηριακός τομέας εντάσσεται στο μείγμα της ενεργειακής σπατάλης με το υψηλότερο ποσοστό. Ενδεικτικά, στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταλαμβάνει ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 40%. Η αποκλιμάκωση και ο περιορισμός είναι κυρίαρχοι στόχοι των κεντρικών πολιτικών αποφάσεων που λαμβάνονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο και επιτυγχάνεται με την κατάρτιση αυστηρών νομοθετικών πλαισίων. Οι θεσμοθετημένες διατάξεις άπτονται στην καθιέρωση κοινής μεθοδολογίας προσδιορισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και στην κατάταξη τους σε οριοθετημένες περιοχές με κριτήριο τις καθορισμένες ενεργειακές απαιτήσεις. Παράλληλα, ορίζονται ελάχιστα επιτρεπτά επίπεδα ενεργειακής απόδοσης για νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια. Απώτερος στόχος όλων των παραπάνω δράσεων είναι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων που εξασφαλίζεται με μέτρα μείωσης των ενεργειακών απαιτήσεων - καταναλώσεων με ταυτόχρονη προώθηση των συστημάτων ΑΠΕ ως εναλλακτικά σχήματα παραγωγής και τροφοδοσίας.

Υιοθετώντας στο ακέραιο τις τάσεις που αναπτύσσονται, η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μελέτη ενεργειακής αποτίμησης πρότυπης κατοικίας για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, δίνοντας έμφαση στην εξέταση τεχνικών εξοικονόμησης και την εύρεση των καταλληλότερων ενεργειακών επεμβάσεων ανά περίπτωση έδρασης. Η μεγάλη θερμοκρασιακή διακύμανση μεταξύ των κλιματικών ζωνών προϋποθέτει διαφορετικό μίγμα ενεργειακών επεμβάσεων.

Το κτίριο που επιλέχθηκε πρόκειται για μονοκατοικία που δεν πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές του κανονισμού θερμομόνωσης, με συμβατικά ενεργοβόρα συστήματα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, και το οποίο μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό για την Ελληνική Επικράτεια λαμβάνοντας υπόψη τις πρακτικές ανέγερσης και τους σχετικούς κανονισμούς προ εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ.

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και η τρισδιάστατη αναπαράσταση του κτηρίου υλοποιείται στο λογισμικό Revit της Autodesk. Γίνεται αναλυτική αποτύπωση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών των επιμέρους δομικών στοιχείων (διαφανών και αδιαφανών) που απαρτίζουν την γεωμετρία μας και ελέγχεται η θερμομονωτική επάρκεια του κελύφους σύμφωνα με το πρότυπο του Κ.Εν.Α.Κ.

Στην συνέχεια, ακολουθεί η ενεργειακή προσομοίωση του κτηρίου που εκπονήθηκε από το λογισμικό TEE KENAK. Πρόκειται για λογισμικό που έχει αναπτυχθεί από εξειδικευμένους φορείς, ώστε να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του εθνικού προτύπου και τις κατευθυντήριες οδηγίες του Κ.Εν.Α.Κ. Ως προς την διαδικασία που ακολουθεί και εφαρμόζει το λογισμικό για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς και συνάμα της βαθμονόμησης του κτιρίου σε ενεργειακές κλάσεις, υιοθετείται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος. Η μοντελοποίηση συμβάλει στο να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά. Παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, οι

τελικές καταναλώσεις με βάση τον υπάρχον τεχνολογικό εξοπλισμό καθώς επίσης και οι εκλυόμενοι ρύποι για τις υφιστάμενες συνθήκες λειτουργίας.

Ειδικότερα, διερευνώνται και αξιολογούνται σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης που θα ανταποκρίνονται αποκλειστικά στις ανάγκες των επιμέρους κλιματικών ζωνών. Στην παρούσα εργασία δοκιμάστηκαν πιστοποιημένα συστήματα Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού που διατίθενται στο λιανικό εμπόριο με απώτερο στόχο την αντικατάσταση του παλαιομένου εξοπλισμού με κατεύθυνση την βελτίωση της αποδοτικότητας. Ορισμένα από αυτά είναι σύγχρονοι λέβητες συμπίκνωσης αερίου, ενεργειακά υδραυλικά τζάκια, υδραυλικές σόμπες, αντλίες θερμότητας, συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, σώματα βεβιασμένης κυκλοφορίας (fan coils) κ.α . Προκειμένου να καταστεί το κτίριο ως περιβαλλοντικά φιλικό υιοθετήθηκαν συστήματα ΑΠΕ που αξιοποιούν το ηλιακό δυναμικό της κάθε περιοχής ώστε να περιοριστεί η εξάρτηση σε ηλεκτρικό ρεύμα καθώς επίσης να μειωθούν οι απαιτήσεις σε καύσιμα προς ικανοποίηση του αισθήματος της θερμικής άνεσης. Οι κυριότερες τεχνολογίες που εξετάστηκαν είναι Φ/Β και ηλιοθερμικά συστήματα. Ακόμα, εξετάστηκαν τεχνικές θωράκισης του θερμοκελύφους, κυρίως διάφορα είδη θερμομόνωσης, με σκοπό την ασθενέστερη αλληλεπίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος στον εσωτερικό χώρο της θερμικής ζώνης. Έπειτα από την κατάστρωση του μείγματος των ενεργειακών επεμβάσεων μέσω του λογισμικού εξήχθησαν αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά καθώς και τεχνικοοικονομικές λεπτομέρειες της κάθε επένδυσης.

Συμπερασματικά, καταλήγουμε σε αποτελέσματα που επιφέρουν την βελτιστοποίηση την ενεργειακής εξοικονόμησης, την ραγδαία ελάτωση των ενεργειακών απαιτήσεων, την σταδιακή απεξάρτηση από πηγές καυσίμου, την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος μέσω της μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τέλος την διαμόρφωση συνθηκών θερμικής άνεσης που προάγουν το επίπεδο και την ποιότητα ζωής.

Abstract

The unimpeded and reckless increase of energy consumption is an existing situation that is constantly intensifying while at the same time it is a major problem for modern societies both economically and environmentally. It is generally accepted that the building sector is part of the energy waste mix with the highest rate. Indicatively, in the European Union it occupies a participation percentage of 40%. De-escalation and reduction are the main objectives of central policy decisions taken in the European Union but also globally and are achieved through the development of strict legislative frameworks. The institutionalized provisions concern the establishment of a common methodology for determining the total energy efficiency of buildings and their classification in demarcated areas based on the defined energy requirements. At the same time, minimum permissible energy efficiency levels are set for new or radically renovated buildings. The ultimate goal of all the above actions is the improvement of the energy efficiency of the buildings that is ensured by measures of reduction of the energy requirements-consumption with simultaneous promotion of the RES systems as alternative production and supply schemes.

Taking full advantage of the trends that are developing, this dissertation deals with the study of energy valuation of a model house for the 4 climatic zones of Greece, emphasizing the examination of saving techniques and finding the most appropriate energy interventions per case of residence. The large temperature variation between the climatic zones presupposes a different mix of energy interventions.

The laboratory that is looking for a house that does not meet the required applications of the thermal insulation, with the questions you ask the messages we ask the messages you ask for, and the messages you ask every time you ask the other for the Greek Territory receiving the material of the aging application and relevant information on the implementation of KENAK.

The architectural design and 3D representation of the building is implemented in Autodesk Revit software. A detailed record of the thermotechnical characteristics of the individual structural elements (transparent and opaque) that make up our geometry is made and the thermal insulation adequacy of the shell is checked according to the standard of K.E.N.A.K.

Then follows the energy simulation of the building prepared by the TEE KENAK software. This is software that has been developed by specialized agencies, in order to meet the specifications of the national standard and the guidelines of K.E.N.A.K. Regarding the process followed and applied by the software for the evaluation of the energy behavior and at the same time the calibration of the building in energy classes, the method of semi-steady state of monthly step is adopted. Modeling helps to derive results on energy behavior. The energy requirements, the final consumptions based on the existing technological equipment as well as the released pollutants for the existing operating conditions are presented.

In particular, energy upgrade scenarios that will respond exclusively to the needs of the individual climate zones are explored and evaluated. In the present work, certified Heating, Cooling and Air Conditioning systems available in the retail trade were tested with the ultimate

goal of replacing obsolete equipment in order to improve efficiency. Some of them are modern gas condensing boilers, energy hydraulic fireplaces, hydraulic stoves, heat pumps, underfloor heating systems, fan coils etc. In order to make the building as environmentally friendly, RES systems were adopted that utilize the solar potential of each area in order to reduce the dependence on electricity as well as to reduce the fuel requirements to satisfy the feeling of thermal comfort. The main technologies examined are PV and solar thermal systems. Also, thermal shell shielding techniques were examined, mainly various types of thermal insulation, in order to weaken the interaction of the external environment with the interior of the thermal zone. After the compilation of the mixture of energy interventions through the software, results were extracted in terms of energy behavior as well as technical and economic details of each investment.

In conclusion, we end up with results that lead to the optimization of energy savings, the rapid reduction of energy requirements, the gradual decoupling from fuel sources, the protection of the natural environment through the reduction of carbon dioxide emissions and finally the formation of pre-heating conditions. level and quality of life.

Ευχαριστίες

Η ολοκληρωτική και ορθολογική διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας δεν θα μπορούσε να γίνει εφικτή, εάν δεν συνέδραμαν στην προσπάθεια μου μία σειρά ατόμων που με πλαισιώνουν, ο καθένας βέβαια με τον δικό του ξεχωριστό τρόπο.

Εκ μέρους μου, οφείλω να αποδώσω τα εύσημα για την άρτια και εποικοδομητική συνεργασία του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Πανάρα καθ'όλη την διάρκεια απαίτησης. Η επάρκεια γνώσεων του στο συγκεκριμένο επιστημονικό αντικείμενο σε συνδυασμό με την ενδεδειγμένη καθοδήγηση και το ειλικρινές ενδιαφέρον προς το πρόσωπό μου αποτέλεσαν καθοριστικής σημασίας βοήθεια. Παράλληλα ως φοιτητής, με την εντατική παρακολούθηση όλων των ενεργειακών μαθημάτων που μας δίδασκε ο συγκεκριμένος καθηγητής, εκτός του ότι μας εφοδίασε με ένα πλήρες γνωστικό περιεχόμενο, το πιο σημαντικό απ'όλα είναι ότι μας ανέδειξε την σπουδαιότητα και την συνεισφορά της ενεργειακής μελέτης στον σύγχρονο κόσμο παρέχοντας κίνητρο για περαιτέρω ενασχόληση.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες αξίζουν οι συμφοιτητές με τους οποίους συνεργαζόμουν άψογα και επικοινωνούσα σε καθημερινό επίπεδο σε όλο τον φοιτητικό μας βίο.

Τέλος, θερμά ευχαριστώ στην οικογενειά μου για την αμέριστη υπομονή, συμπαράσταση και υποστήριξη όχι μόνο σε όλη την διάρκεια του κύκλου σπουδών μου στην Κοζάνη, αλλά ευρύτερα.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση	1
1.2 Θεσμοθετημένες στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Πολιτικής	3
1.3 Ενεργειακή εξάρτηση οικιακού τομέα	6
1.3.1 Κατανάλωση ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο	6
1.3.2 Ενεργειακή αξιολόγηση Ελληνικού κτιριακού αποθέματος	9
1.4 Ενεργειακό Ισοζύγιο Ελληνικής Επικράτειας	17
1.5 Ενεργειακή φτώχεια	22
Κεφάλαιο 2: Σχεδιασμός της υπό διερεύνησης κτιριακής μονάδας με χρήση του λογισμικού Revit	26
2.1 Γενικές πληροφορίες του μέσου αρχιτεκτονικής σχεδίασης	26
2.2 Εργαλεία και γραφικό περιβάλλον λογισμικού	27
2.3 Παρουσίαση εξεταζόμενου κτιρίου	32
Κεφάλαιο 3 : Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας επι μέρους δομικών στοιχείων και του κτιρίου ως σύνολο για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της χώρας	43
3.1 Μεθοδολογία σύμφωνα με το πρότυπο Κ.Εν.Α.Κ.	43
3.2 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Α κλιματική ζώνη.	46
3.3 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Β κλιματική ζώνη.	48
3.4 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Γ κλιματική ζώνη.	49
3.5 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Δ κλιματική ζώνη.	51
Κεφάλαιο 4 : Ανάλυση εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων και καθορισμό εσωτερικών συνθηκών λειτουργίας	54
4.1 Υφιστάμενα Συστήματα Θέρμανσης	55
4.2 Υφιστάμενα συστήματα ψύξης-κλιματισμού	62
4.3 Εγκαταστάσεις παραγωγής ZNX	68
4.4 Ηλεκτρονικός εξοπλισμός και διατάξεις τεχνητού φωτισμού	71
4.4 Συνοπτική καταγραφή ενεργειακών συστημάτων	72
Κεφάλαιο 5 : Εκτίμηση Ενεργειακής Αποδοτικότητας	73
5.1 Παράμετροι Μοντελοποίησης	73
5.2 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στα Χανιά	79

5.3 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Λευκάδα..	83
5.4 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Θεσσαλονίκη	87
5.4 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Κοζάνη....	91
5.5 Γραφική αναπαράσταση δεδομένων	95
Κεφάλαιο 6 : Συγκρότηση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης.....	97
6.1 Μεθοδολογία εύρεσης βέλτιστων σεναρίων εξοικονόμησης.....	97
6.2 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο των Χανίων.	98
6.3 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Λευκάδας	106
6.4 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Θεσσαλονίκης	118
6.5 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Κοζάνης	127
6.6 Συγκεντρωτικά διαγράμματα σύγκρισης.....	135
Συμπεράσματα	140
Βιβλιογραφία.....	142

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, φυσικής ή ανθρωπογενής προέλευσης, σε περιεκτικότητα και χρονική διάρκεια μεγαλύτερη από την φυσιολογική που αποδεδειγμένα επιφέρει βλαπτικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, τους ζωικούς οργανισμούς και την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων. Αυτές οι ουσίες που συναντώνται στον ατμοσφαιρικό αέρα προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις χαρακτηρίζονται ως ρύποι. Ανάλογα με την κατάσταση τους οι ρύποι διαχωρίζονται σε αέριοι, υγροί και στερεοί.

Διακρίνουμε δύο είδη πηγών εκπομπής :

- **ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ** : Εντάσσονται οι τοξικά αέριοι ρύποι που προέρχονται από ηφαιστειακές εκρήξεις, αντιδράσεις αποσύνθεσης οργανικής ύλης, κεραυνοί, μικροβιακές διεργασίες εδαφών αλλά και από πυρκαγιές δασικών εκτάσεων.
- **ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ**: Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται όλες οι πηγές που προέρχονται αποκλειστικά από ανθρώπινη παρέμβαση όπως οι βιομηχανίες, θέρμανση κτηρίων, μεταφορές, απορρίματα, αστικά λύματα αλλά και γεωργικές δραστηριότητες.

Σχετικά με την προέλευση τους, οι ρύποι κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- **ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ**: Είναι αυτοί οι οποίοι εκλύονται άμεσα στον αέρα, απευθείας από κάποια πηγή.

Σε αυτούς περιλαμβάνονται μόρια όπως:

1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2. Διοξείδιο του θείου (SO₂)
3. Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
4. Μονοξείδιο του αζώτου (NO)
5. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)
6. Αιωρούμενα σωματίδια
7. Σωματίδια Μολύβδου (Pb)

- **ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ**: Λέγονται αυτοί που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης που λαμβάνει χώρα μεταξύ των πρωτογενών ρύπων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το όζον, που δημιουργείται μέσω ηλιακής ακτινοβολίας με συσσώρευση πτητικών οργανικών ενώσεων και οξειδίων του αζώτου (Στογιάννης , 2019).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση που παρατηρείται στο περιβάλλον σήμερα δεν αποτελεί αποκλειστικό προνόμιο της δικής μας εποχής. Υπάρχουν ιστορικές αναφορές είδη από τα πρώτα χρόνια που οι άνθρωποι οργανώνονταν σε φυλές, πως σημαντικός παράγοντας που προέτρεπε την μετοίκηση τους αποτελούσαν τα απορρίματα που είτε οι ίδιοι είτε ζώα και φυτά προκαλούσαν. Ωστόσο, αν θα μπορούσαμε να ορίσουμε χρονολογικά μία περίοδο από την οποία και έπειτα το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιδεινώθηκε δραματικά, θα ήταν η "έκρηξη" της Βιομηχανικής Επανάστασης, τον 19^ο αιώνα. Εκείνη η εποχή ήταν η αφετηρία διαδοχικών καινοτόμων εφευρέσεων, όπου δρομολογήθηκαν μια σειρά από ενέργειες που επέφεραν νέα τεχνικά μέσα με σκοπό την αύξηση της παραγωγής με μικρότερο δυνατό κόστος. Έτσι έγινε μια εκβιομηχανοποίηση των κοινωνιών. Αυτό βοήθησε στην επίτευξη αρχικώς αλλά και την μαζική επείτα παραγωγή διάφορων κατασκευών. Όλα αυτά τα υλικά προφανώς κατά την υλοποίηση και χρήση τους εκπέμπουν τοξικές ουσίες και ενώσεις που συμβάλουν στην περιβαλλοντική ρύπανση.

Η ίδρυση Βιομηχανικών και Βιοτεχνικών ζωνών που σχηματίστηκαν για να ανταποκριθούν στην ζήτηση όλων αυτών των προϊόντων, απαιτούσαν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο για την λειτουργία τους, όσο και για την συντήρησή τους. Έτσι επιτακτική ανάγκη για την επιβίωση τους ήταν η εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων, κυρίως γαιανθράκων (λιγνίτη, ανθρακίτη, λιθάνθρακα) αλλά και πετρελαίου που προορίζονταν για καύση σε καυστήρες για την πρόσδοση του ατμού στις υφιστάμενες τότε ατμοτουρμπίνες για την παραγωγή ενέργειας. Λίγο καιρό αργότερα έκαναν την εμφανισή τους και τα αέρια καύσιμα. Όλες αυτές οι διεργασίες είχαν ως αποτέλεσμα να οξύνουν το πρόβλημα της ρύπανσης που είχε αρχίσει από τότε να γίνεται υπαρκτό με την εμφάνιση καπνού, στάχτης και ιπτάμενης τέφρας (Γιώργος Κρητικός & Θάλεια Διαμαντούδη, 2013).

Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα αποτελέσματα της ρύπανσης κάνουν την εμφανισή τους κυρίως στην Αγγλία, όπου συχνά στρώματα αιθαλομίχλης (γνωστό ως "smog") κάλυπταν τις πόλεις, επηρεάζοντας άμεσα την ανθρώπινη υγεία. Το 1943 στο Λός Άντζελες εμφανίζεται μία νέα μορφή ρύπανσης που καλείται φωτοχημικό νέφος με θανατηφόρα χαρακτηριστικά. Αίτια ήταν η μαζική χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης μέσω των αέριων ρύπων τους σε συνδυασμό με την αλληλεπίδραση αυτών με ηλιακή ακτινοβολία και την παρουσία υδρογονανθράκων. Οι χημικές αντιδράσεις αυτών σχηματίζουν το όζον που η έκθεση των ανθρώπων σε αυτό είναι η αιτία για μια πληθώρα ασθενειών (άσθμα, εμφύσημα, ερεθισμός στα ματια). Ακόμη ένα επεισόδιο αέριας ρύπανσης το 1952 οδήγησε σε θάνατο στο Λονδίνο τουλάχιστον 4000 ανθρώπους. Αυτό προκλήθηκε από υψηλές συγκεντρώσεις ενώσεων SO₂ από την καύση στερεών καυσίμων (ξύλου, κάρβουνου) αλλά κυρίως λόγω του σχηματισμού στην ατμόσφαιρα ενός αντικυκλώνα που προκαλούσε το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής, όπου ο αέρας στο έδαφος ήταν κατά πολύ θερμότερος από ότι στα ανώτερα στρώματα με αποτέλεσμα να παγιδεύονται οι τοξικές ουσίες. Το νέφος σύμφωνα με αναφορές ήταν τόσο παχύ που ο κόσμος αδυνατούσε να δει σε απόσταση μισού μέτρου. Εκτός από τα παραπάνω εκτυλίχθηκαν πολλές ακόμη καταστροφές (όπως η δηλητηρίαση από υδράργυρο στην Ιαπωνία, το νέφος στην Νέα Υορκη το 1963) , που ήταν η αφορμή στο να στηθεί ένα διακρατικό, παγκόσμιο, οργανωμένο και συντεταγμένο σχέδιο έρευνας με απώτερο σκοπό τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΠΟΛΥΜΕΝΑΚΟΣ, 2020).

Απόρροια της παρατεταμένης ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος που ενδεικτικά σήμερα αναφέρεται συστηματικά με τον όρο "κλιματική αλλαγή".

Έχει διαπιστωθεί ότι το φαινόμενο αυτό συνδέεται άρρηκτα με μια σειρά από δυσοίονες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι:

1. Ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας.
2. Μεταβολή της συχνότητας των βροχοπτώσεων.
3. Λιώσιμο των πάγων που συνεπάγεται άνοδο της στάθμης των θαλασσών.
4. Μετεξέλιξη της τυπολογίας των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων .
5. Συστηματική εμφάνιση έντονων ακραίων καιρικών φαινομένων.
6. Απώλεια βιοποικιλότητας φυσικών οικοτόπων.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η κλιματική αλλαγή είναι υπεύθυνη για υπολογίσιμες επιπτώσεις και επιπλοκές στην ανθρώπινη υγεία. Μπορούν να προκληθούν καρδιοαναπνευστικά προβλήματα και νευρολογικές διαταραχές. Επιπροσθέτως, έχει αποδειχθεί ότι η κλιματική αλλαγή ευθύνεται για την έξαρση ορισμένων ασθενειών. Η ετήσια έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας συσχετίζει την αύξηση των κρουσμάτων διάρροιας, μαλάριας και αναπνευστικών αλλεργιών εξαιτίας μεταβαλλόμενων καιρικών συνθηκών. Αυτό οφείλεται στο ότι παρατηρείται μείωση της ποιότητας του νερού και των τροφίμων. Τέλος, κατατοπιστικό παράδειγμα που υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για διερεύνηση και εξέταση λύσεων που θα συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου είναι η αύξηση του ποσοστού θνησιμότητας εξαιτίας της μεγαλύτερης συχνότητας των καυσώνων (greenwaystructure, 2009).

Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η ανάσχεση του φαινομένου, που θα επέλθει με έναν βραδύτερο ρυθμό έκθεσης του περιβάλλοντος σε ρύπους, να κυριαρχεί ως θέμα συζήτησης και αναζήτησης για την επιστημονική κοινότητα. Ωστόσο τίποτα δεν μπορεί να προκύψει εάν σύσσωμες οι κυβερνήσεις των Ηνωμένων Εθνών δεν ευαισθητοποιηθούν και δεν υποστηρίζουν ένθερμα την λήψη και την εφαρμογή πολιτικών αποφάσεων δέσμης στόχων στην κατεύθυνση μετριασμού της υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

1.2 Θεσμοθετημένες στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Πολιτικής

Όπως έχουμε διατυπώσει, η εντατική έκλυση των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρωπίνες δραστηριότητες και φυσικές διεργασίες ελλοχεύει κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων και του φυσικού περιβάλλοντος. Άλλωστε οι πρώτες συνέπειες της αλλαγής του Παγκόσμιου κλίματος είναι ήδη ορατές. Προβέψεις μελετών εκτιμούν ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μπορεί να μεταβληθεί κατά 1,5-6 °C έως το 2050 ενώ ταυτόχρονα να ενισχυθεί η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά 0,1-0,5m μέχρι το 2100 (ΕΟΠ, 2020).

Προκειμένου να διασφαλιστεί η πρόληψη της εκδήλωσης των δυσμενέστερων επιπτώσεων από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή που συντελείτε, η πολιτική ηγεσία της ΕΕ έχει αναλάβει πρωτοβουλίες στην κατεύθυνση ανάσχεσης της εξέλιξης του φαινομένου.

Πρωτόκολλο του Κιότο

Η απαρχή των καίριων δράσεων ήταν η σύναψη του Πρωτοκόλλου του Κιότο στην Ιαπωνία το Δεκεμβριο του 1997 ύστερα από μαραθώνιες διαπραγματεύσεις μεταξύ 160 βιομηχανικά αναπτυσσόμενων χωρών. Η συμφωνία περιλαμβάνει τα συμβαλλόμενα κράτη να αναλάβουν μέτρα για τον περιορισμό εκπομπών συγκεκριμένων αερίων που επιδεινώνουν την κατάσταση. Για να καταστεί όμως το Πρωτόκολλο διεθνής δεσμευτικός νόμος απαιτείται να επικυρωθεί από έναν καθορισμένο αριθμό χωρών. Η ΕΕ το επικύρωσε στις 31 Μαΐου του 2002 και ετέθη σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005. Συγκεκριμένα τα κράτη μέλη της ΕΕ δεσμεύονται συλλογικά να προβούν σε ενέργειες που θα αποφέρουν μείωση στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% , αποτελέσματα που θα είναι εμφανή στο μεσοδιάστημα μεταξύ 2008-2012. Ως βάση σύγκρισης ορίζονται τα επίπεδα του 1990.

Το περιεχόμενο της συμφωνίας πραγματεύεται τις εξής εκπομπές:

- του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- του μεθανίου (CH₄).
- του πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O).
- των υδροφθορανθράκων (HFC).
- των υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC).

Εκτός από την υιοθέτηση εθνικών πολιτικών στόχων και την ενίσχυση της συνεργασίας με τα υπόλοιπα κράτη, θεσπίζονται παράλληλα ευέλικτοι μηχανισμοί. Ο κυριότερος από αυτούς αφορά την δυνατότητα εμπορίας εκπομπών για τις χώρες που έχουν εκπληρώσει τους στόχους τους πέραν των ορίων, πουλώντας την ποσοστιαία διαφορά τους σε κράτη που αδυνατούν να εναρμονιστούν με τους στόχους. Τέλος προβλέπονται μηχανισμοί ελέγχου και αυστηρά πρόστιμα σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τα προσυμφωνηθέντα όρια (Κωνσταντινίδου, 2016).

Συμφωνία των Παρισίων

Μετά την λήξη των δεσμεύσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο, καθίσταται σαφές στην διεθνή κοινότητα η ανάγκη αναθεώρησης της. Αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την προαγωγή του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου και την ανάπτυξη της πολυμερούς διεθνούς συνεργασίας στα πλαίσια της επιβολής περιβαλλοντικών προτύπων με ποσοτικούς περιορισμούς στην χρήση των πόρων. Η ΕΕ έχοντας εκπληρώσει πλήρως όλους τους στόχους, κατέστησε σαφές στην διεθνή κοινότητα τον πρωταγωνιστικό ρόλο που θα ήθελε να διαδραματίσει στην επεξεργασία και ανάλυση στρατηγικών σχεδίων για την προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι, το Δεκέμβριο του 2015 στο Παρίσι διοργανώνεται η 21^η διάσκεψη για το κλίμα όπου υιοθετείται συμφωνία που λαμβάνει αποδοχή από 195 χώρες. Η ΕΕ αναλαμβάνει ηγετική θέση στις διεθνείς διαπραγματεύσεις καταφέροντας να κατευθύνει τις κανονιστικές διατάξεις και περιβαλλοντικές ρυθμίσεις κατά τρόπο που να ταυτίζεται με την δική της εσωτερική πολιτική. Επεδίωκε μία δυναμική συμφωνία που να εξασφαλίζει διαφάνεια, εποπτεία και να αναθεωρείται κάθε πέντε χρόνια. Αυτό ακριβώς έγινε. Προσδιορίζεται emphaticά η συσχέτιση της επίτευξης χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την ανάπτυξη και οικονομική υποστήριξη τεχνολογιών υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η συμφωνία σηματοδοτεί ένα νέο καθεστώς με την αποδοχή φιλόδοξων δεσμευτικών στόχων με κυρίαρχο την προσπάθεια η μέση παγκόσμια θερμοκρασία να συγκρατηθεί σε επίπεδα αύξησης κάτω των 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα μέσα σε ένα εύλογο διάστημα. Για να καταστεί κάτι τέτοιο εφικτό οι χώρες προέβλεπε να υποβάλουν εθνικά σχέδια δράσης πλήρως αξιολογημένα και να γνωστοποιούν τα αποτελέσματά τους (ΚΟΥΤΚΙΑ, 2018).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να ανταποκριθεί επιτυχώς στις υπάρχουσες προκλήσεις θέτει σε εφαρμογή ένα φιλόδοξο μακροπρόθεσμο πακέτο μέτρων. Σε αυτό καθορίζονται οι στόχοι αλλά και οι ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν. Όλες οι ενέργειες αποσκοπούν στη μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη κοινωνία έως το 2050. Αυτό πρακτικά σημαίνει να γίνει αντιστάθμιση των εκπομπών του άνθρακα που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες με την συνολική ποσότητα που μπορεί η ατμόσφαιρα να απορροφήσει σε συλλέκτες άνθρακα (δάση, ωκεανοί). Σε μεσοπρόθεσμο επίπεδο επιδιώκεται μέχρι το 2020 η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ενώ μέχρι το 2030 το ποσοστό αυτό πρέπει να ανέλθει τουλάχιστον 40%. Παράλληλα καθιερώνεται η ενίσχυση της διείσδυσης τεχνολογιών και συστημάτων ΑΠΕ στον ενεργειακό χάρτη. Θεσμοθετείται μέχρι το 2020 το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας να καλύπτεται από ΑΠΕ ενώ έως το 2030 να καταλαμβάνουν μερίδιο της τάξεως του 32%. Επιπλέον οριοθετείται η συνολική κατανάλωση ενέργειας σε συγκρατημένα επίπεδα με σκοπό την ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας, δίνοντας κατευθυντήριες γραμμές για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Βέβαια για να καταστεί ρεαλιστικό και βιώσιμο ένα τέτοιο πλάνο, θα πρέπει να γίνει αναπροσαρμογή της διάθεσης των κοινοτικών κονδυλίων και αύξηση στον προϋπολογισμό του ποσοστού των δαπανών για το κλίμα στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009)

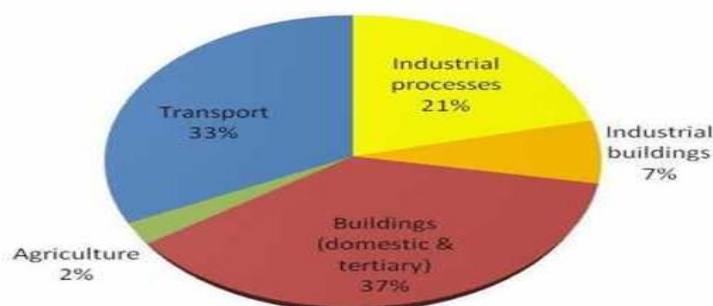
1.3 Ενεργειακή εξάρτηση οικιακού τομέα

Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παράθεση ποσοτικών δεδομένων και στατιστικών στοιχείων που έχουν καταγραφεί έπειτα από την διενέργεια σχετικών μελετών που άπτονται στην συσχέτιση της λειτουργίας του κτιριακού τομέα με την ενεργειακή τους ζήτηση.

1.3.1 Κατανάλωση ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο

Στην ευρωπαϊκή ένωση το 68% του πληθυσμού ζει σε αστικά κέντρα ενώ η σχετική τάση αστικοποίησης τείνει να μεγενθύνεται. Η μαζική συσσώρευση πολιτών στις πόλεις κατατάσσει το δομημένο περιβάλλον και το αστικό κτιριακό απόθεμα μείζοντος σημασίας για το βιοτικό επίπεδο. Ο αριθμός των 200 εκατομμυρίων κτιρίων που είναι εγκατεστημένος στη ΕΕ και συνάμα συντηρείται είναι τεράστιος εάν αναλογιστεί κανείς τους ενεργειακούς πόρους και τις συνολικές δαπάνες που απαιτούνται για την λειτουργία τους. Το 35% των κτιρίων έχουν χρονολογία ανέγερσης πέραν των 50 ετών. Επιπλέον δεδομένου πως ο ρυθμός απόσυρσης παλαιών κτιρίων είναι ελάχιστος, οι συνολικές καταναλώσεις επιβαρύνουν ακόμα περισσότερο. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο ο κτιριακός τομέας αποτελεί καταναλωτή του 40% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας ενώ ταυτόχρονα είναι υπεύθυνος για το 36% των εκπομπών CO₂ (Balaras et al. , 2007). Οι απαιτήσεις αυτές επικεντρώνονται κυρίως στην εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης, την κάλυψη σε ΖΝΧ και την χρήση των οικιακών συσκευών. Οι διακυμάνσεις της κατανάλωσης που υπάρχουν μεταξύ των κρατών μελών εξαρτώνται από την γεωγραφική θέση της κάθε χώρας, το επίπεδο εισοδήματος, τον μέσο χρόνο παραμονής των κατοίκων εντός, το δημογραφικό προφίλ σε σχέση με τις τάσεις αύξησης του πληθυσμού, τα ποσοστά των πολιτών που διαμένουν σε ιδιόκτητα διαμερίσματα καθώς επίσης και το πολιτισμικό υπόβαθρο και τις παραδόσεις των λαών.

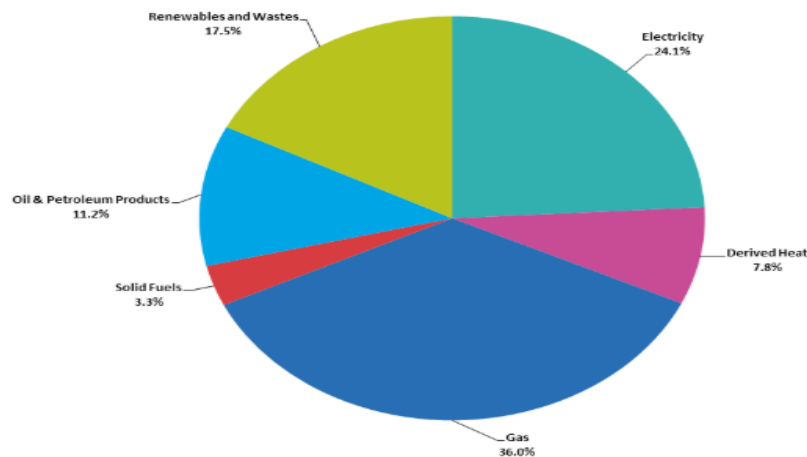
Στο παρακάτω σχήμα αποτυπώνεται η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ ανά τομέα:



Σχήμα 1.1 Κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ ανά τομέα (Eurostat,2019).

Αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με δημοσιευμένη έκθεση της Eurostat το 2019, τα νοικοκυριά αντιπροσώπευαν για το έτος 2017 το 27,2% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως το 64% αυτής προοριζόταν για την θέρμανση των χώρων ενώ η θέρμανση του νερού κάλυπτε ποσοστό της τάξεως του 14,8%. Δηλαδή η απαίτηση ενέργειας σε θέρμανση σπιτιού και νερού αντιστοιχεί στο **78,8%**. Η τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργεια για φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές αντιστοιχούσε το 14,4% ενώ μόλις το 0,3% κατευθυνόταν για συστήματα ψύξης (Eurostat, 2019).

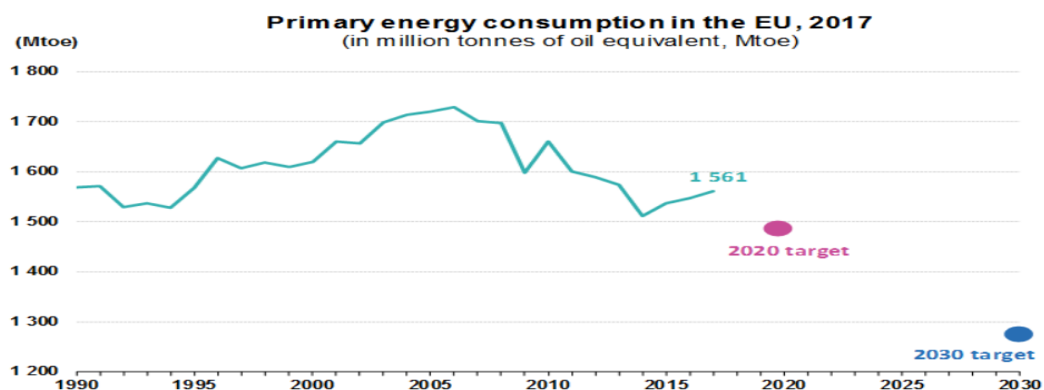
Στην ίδια μελέτη εξήχθησαν αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά τύπο καυσίμου:



Σχήμα 1.2 Κατανομή της κατανάλωσης σε νοικοκυριά ανά τύπο καυσίμου το 2017 (Eurostat 2019).

Διαπιστώνουμε ότι το φυσικό αέριο με ποσοστό συμμετοχής 36% αποτελεί την κυρίαρχη πηγή ενέργειας για τα νοικοκυριά στην ΕΕ. Στην δεύτερη θέση κατατάσσεται η ηλεκτρική ενέργεια με το μερίδιό της να αυξάνεται ραγδαία από 21% το 2000 σε 24% το 2017. Το πετρέλαιο παρουσιάζει έντονη πτωτική πορεία (μόλις 11% το 2017 ενώ το 2000 κατείχε 20%) και δείχνει ότι σταδιακά απομακρύνεται και αντικαθίσταται από σύγχρονες πηγές παραγωγής.

Μέσω παρόμοιας έρευνας της Eurostat το 2019 λαμβάνουμε στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας από το 1990 έως το 2017.



Σχήμα 1.3 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας στην ΕΕ από το 1990 μέχρι το 2017 (Eurostat,2019).

Η ακρίβεια των παραπάνω στατιστικών δεδομένων μας υπαγορεύει στο να κατανοήσουμε τις σχετικές τάσεις που αναπτύσσονται. Παρατηρούμε ότι η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας το 2017 αυξήθηκε για τρίτη συνεχόμενη φορά και ανήλθε σε 1.561 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ενώ η αντίστοιχη καθαρή κατανάλωση ενέργειας την ίδια χρονιά ήταν 1.222 Mtoe. Ωστόσο όπως διαπιστώνουμε η μακροπρόθεσμη τάση δεν είναι τόσο ενθαρρυντική και αυτό άπτεται στο γεγονός ότι η κατανάλωση το 2017 είναι μειωμένη σε σχέση με το 1990 μόλις 0,4%.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να ανταποκριθεί στις προκλήσεις το 2009 θεσπίζει την κοινοτική οδηγία 2009/28/EK, η οποία αποτέλεσε την πρώτη ουσιαστική αξιοσημείωτη προσπάθεια για την διαμόρφωση μίας ενιαίας και ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Έκτοτε έχει τροποποιηθεί αρκετές φορές με αναθεωρημένους στόχους. Το περιεχόμενο της οδηγίας θέτει τους βασικούς άξονες για την προώθηση και την ενθάρρυνση της ενσωμάτωσης των συστημάτων ΑΠΕ στην διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου της ΕΕ. Άλλωστε η ανάπτυξη συστημάτων ΑΠΕ μπορεί μακροπρόθεσμα να τονώσει την απασχόληση, με νέες θέσεις εργασίας σε τομείς νεοφυών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στις "πράσινες" τεχνολογίες. Δίνονται κατευθυντήριες γραμμές για την μετάβαση σε μία πράσινη εκβιομηχανοποίηση με συστήματα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αποδοτικότερα τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στην έκλυση των ρύπων. Εισάγονται φιλόδοξοι στόχοι για τον περιορισμό της υφιστάμενης κατανάλωσης ενώ παράλληλα υιοθετείται δέσμη μέτρων για την προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Καθιερώνεται η άποψη ότι η ενεργειακή απόδοση είναι το κλειδί για την διασφάλιση ενός ασφαλούς, αξιόπιστου και βιώσιμου ενεργειακού συστήματος για το μέλλον, στην αντίληψη ότι είναι ο μοναδικός ενεργειακός πόρος που διαθέτει κάθε χώρα σε αφθονία. Βέβια τα κίνητρα προς αυτήν την μετάβαση δεν ήταν αμιγώς περιβαλλοντικά αλλά κρύβουν και γεωπολιτικές διαστάσεις. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ΕΕ είναι η ενεργειακή εξάρτηση της από τρίτες χώρες καθώς διαθέτει ανεπαρκή ενεργειακά μέσα παραγωγής με ελάχιστους ενεργειακούς πόρους σε σχέση με τις απαιτήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το γεγονός ότι το 2016 το 53,7% της καταναλισκόμενης ενέργειας προήλθε από εισαγόμενα καύσιμα. Αυτό καθιστά την ΕΕ ευάλωτη σε περιόδους πολιτικών αναταραχών και έρμαιο τρίτων χωρών ενώ ταυτόχρονα στενεύονται τα οικονομικά περιθώρια των εκάστοτε προϋπολογισμών. Συνεπώς η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα για την θωράκιση της ενεργειακής ασφάλειας, της αλλαγής του κλίματος και την επίτευξη των οικονομικών στόχων.

Η παρούσα οδηγία υπογραμμίζει τον ρόλο του κτιριακού τομέα στην προσπάθεια επίτευξης εξοικονόμησης ενέργειας. Καθιστά σαφές ότι η ενεργειακή αναβάθμιση πρέπει να θεωρηθεί ως ευκαιρία συνολικής αναβάθμισης κτιρίων με πρωταρχικό στόχο την βελτίωση συνθηκών διαβίωσης των ενοίκων με την παράλληλη μείωση του λειτουργικού κόστους.

Συγκεκριμένα:

- Καθορίζονται ελάχιστα επιτρεπτά επίπεδα ενεργειακής απόδοσης για τα νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια με την σύγκλιση κατάλληλων κτιριακών προτύπων.
- Ενεργειακή αποτίμηση – πιστοποίηση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος με την θέσπιση ενεργειακής αξιολόγησης.
- Ανάπτυξη κοινής μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης.

- Απαιτήση κατάρτισης εθνικών σχεδίων δράσεων μεταξύ των μελών που θα περιλαμβάνουν τα μέτρα που θα επιφέρουν τον ενεργειακό μετασχηματισμό.
- Υιοθέτηση προτάσεων που επιφέρουν βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είτε μέσω της ενσωμάτωσης ΑΠΕ είτε μέσω δράσεων που βελτιστοποιούν την λειτουργία του Η/Μ εξοπλισμού ή τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους.

Η αναθεωρημένη οδηγία ενθαρρύνει τον κατασκευαστικό τομέα να κινηθεί προς την ανέγερση κτιρίων "Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας" (nZEB) με το θεσμικό πλαίσιο να προβλέπει υποχρεωτικά ότι κάθε νέο κτίριο του τριτογενή τομέα και του ευρύτερου δημοσίου μέχρι το 2020 να πληρεί τις προδιαγραφές κτιρίου Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας ενώ μέχρι το 2021 κάθε νέο κτίριο που οικοδομείται πρέπει να κατασκευάζεται με αυτές τις αρχές. Ουσιαστικά πρόκειται για κτίρια υψηλής κατασκευαστικής ποιότητας που ενσωματώνουν πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας και έχουν ελάχιστες ενεργειακές καταναλώσεις, οι οποίες υποχρεωτικά πρέπει να καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό από συστήματα ΑΠΕ. Επιπλέον εφαρμόζονται στοιχεία παθητικού βιοκλιματικού σχεδιασμού μέσω κατάλληλου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με σκοπό την επιδίωξη της εκμετάλλευσης της διαθέσιμης ενέργειας του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα και την εφαρμογή παθητικής τεχνικής ψύξης το καλοκαίρι διαμέσου της σκίασης. Τέλος, εξασφαλίζουν συνθήκες θερμικής άνεσης με υψηλό επίπεδο ποιότητας διαβίωσης (D'Agostino & Mazzarella, 2018).

1.3.2 Ενεργειακή αξιολόγηση Ελληνικού κτιριακού αποθέματος

Η αδυναμία συγκρότησης καταρτισμένου πλαισίου ενεργειακής διαχείρισης είχε ως επακόλουθο το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα της χώρας να χαρακτηρίζεται πλέον ως ένα από τα πιο ενεργοβόρα της Ευρώπης καθώς συνδράμει με υψηλό ποσοστό συμμετοχής (**40%**) στη συνολική ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας.

Υπενθυμίζεται, αφετηρία για την ορθολογική χρήση ενέργειας για τον οικιακό τομέα στην Ελλάδα κατέστη η θεσμοθέτηση του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) το 1979. Μολονότι ανεπαρκής, καθώς προέβλεπε την μείωση του ενεργειακού κόστους μονοδιάστατα χωρίς να εστιάζει σε περεταίρω παραμέτρους, αποκλειστικά και μόνο με την ενδεδειγμένη θερμομονωτική θωράκιση του κελύφους που εξασφαλίζει μετριασμό των θερμικών αναγκών , εντούτοις αποτέλεσε ένα πρώτο βήμα ενόψει της επερχόμενης καθολικής αντιμετώπισης (ΚΘΚ, 1979).

Η εφαρμογή του ΚΘΚ έληξε το 2008 οπότε και αντικαταστάθηκε από την έγκριση και έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ, 2010) όπως ακριβώς ορίζει η θέσπιση του Ενεργειακού Νόμου 3661/2008 που συνιστά την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 2002/91 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Η εγκύκλιος αποτελεί έναν ολοκληρωτικό και συντεταγμένο ενεργειακό σχεδιασμό και θέτει τις προϋποθέσεις για μία ολιστική προσέγγιση βελτίωσης της αποδοτικότητας, ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας για διάφορες χρήσεις καθώς επίσης και την ενεργειακή

ταυτοποίηση του κτιριακού αποθέματος. Πρέπει να τονιστεί ότι η εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσω αποτελεσματικότερων μεθόδων καθώς επίσης και ο περιορισμός του ενεργειακού αποτυπώματος (CO₂ που εκλύεται στην ατμόσφαιρα από χρήση ενέργειας) είναι το επιστέγασμα όλων των στοχευμένων δράσεων.

Ο Κ.Εν.Α.Κ ορίζει πως βασικός πυλώνας στην επίτευξη των στόχων είναι η ανάπτυξη και η υιοθέτηση μιας ενιαίας μεθοδολογίας για την εκτόμιση της ενεργειακής αποδοτικότητας από την οποία μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα αφενός ποιοτικού χαρακτήρα σχετικά με την αποσαφήνιση της καταλληλότητας των δομικών στοιχείων του κελυφους, του Η/Μ εξοπλισμού, του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και του βαθμού ενσωμάτωσης συστημάτων ΑΠΕ, αφετέρου ποσοτικού χαρακτήρα με τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον καθιερώνει υποχρεωτική την υποβολή ενεργειακής μελέτης σε κάθε έκδοση οικοδομικής άδειας καθώς επίσης και την διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης τόσο για το ίδιο το κτίριο όσο και για τον εξοπλισμό που φέρει ενώ καθορίζει ελάχιστα επιτρεπτά επίπεδα ενεργειακής απόδοσης για τα νέα η ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια.

Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης περιλαμβάνει την συνεκτίμηση των παρακάτω δεδομένων :

1. Την ιδιομορφία των κλιματικών δεδομένων της περιοχής.
2. Την αρχιτεκτονική διαμόρφωση για την αποκωδικοποίηση της επίδρασης του προσανατολισμού σε σχέση με τον φυσικό φωτισμο, κυκλοφορία του αέρα και την ηλιακή προστασία.
3. Τις θερμοτεχνικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων.
4. Τις επιθυμητές συνθήκες διαβίωσης στο εσωτερικό των χώρων.
5. Τον τρόπο λειτουργίας του εκάστοτε κτιρίου καθώς και τον αριθμό χρηστών.
6. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Η/Μ εξοπλισμού για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ΖΝΧ.
7. Την συνεισφορά ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και οποιασδήποτε μορφής εγκατάστασης ΑΠΕ.
8. Την συνεισφορά παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης τα οποία έλκουν την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφούν το θερμικό κέρδος και στην συνέχεια το διανέμουν στο χώρο.
9. Την εκμεταλλεύσιμη παραγόμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια από συστήματα συμπαραγωγής.
10. Την εκμεταλλεύσιμη παραγόμενη θερμική ενέργεια από εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης.

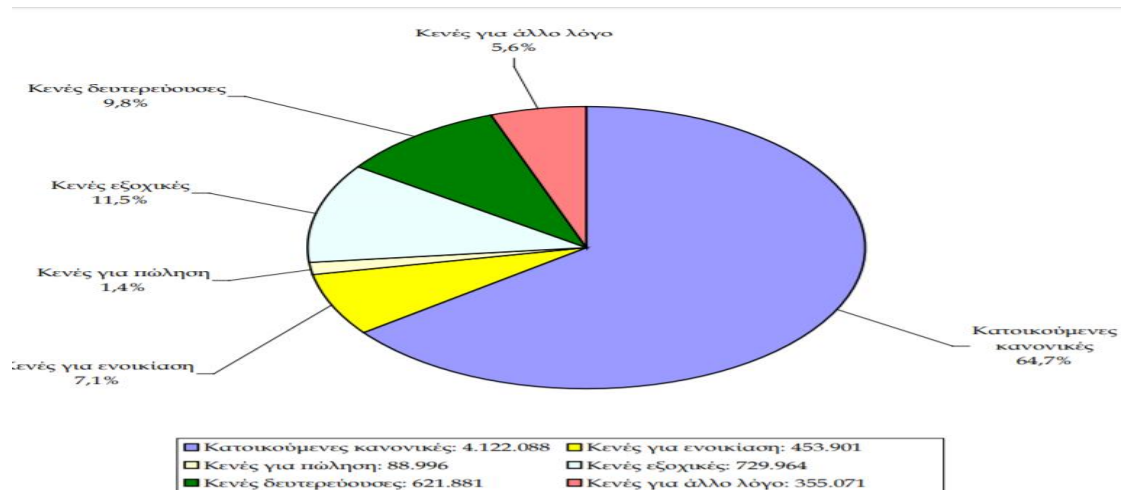
Η αξιολόγηση και αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς καθώς και η ενεργειακή ταυτοποίηση των κτιρίων συντελείται μέσω των **Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης** τα οποία εκδίδονται στην χώρα μας είδη από το 2011 και έπειτα ενώ υπεύθυνοι για την κατάρτιση τους είναι οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές. Έχουν διάρκεια ισχύος 10 έτη και πρέπει να υλοποιούνται υποχρεωτικά σε περιπτώσεις :

1. Ανέγερσης νέων υπο κατασκευή κτιριακών μονάδων.
2. Πράξεις αγοραπωλησίας ακινήτου.
3. Για κάθε είδους αλλαγή μισθωτηρίου για ακίνητα που διατίθενται προς ενοικίαση.

Ως προς την διαδικασία και το περιεχόμενο, στην έκδοση του ενεργειακού πιστοποιητικού επιχειρείται η απεικόνιση του ενεργειακού προφίλ, του προς μελέτη κτιρίου μας, με την κατάταξη του σε καθορισμένη ενεργειακή κλάση με βάση τον λόγο της συνολικής ετήσιας πρωτογενούς κατανάλωσης και της αντίστοιχης κατανάλωσης ενός εικονικού κτιρίου αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς είναι ένα ιδεατό κτίριο, πιστό αντίγραφο του προς εξέταση από γεωμετρικής άποψης, ενώ διαθέτει τις ελάχιστες προτεινόμενες προδιαγραφές ενεργειακής αποδοτικότητας όπως ακριβώς διατυπώνει ο Κ.Εν.Α.Κ (ΤΕΕ, 2010).

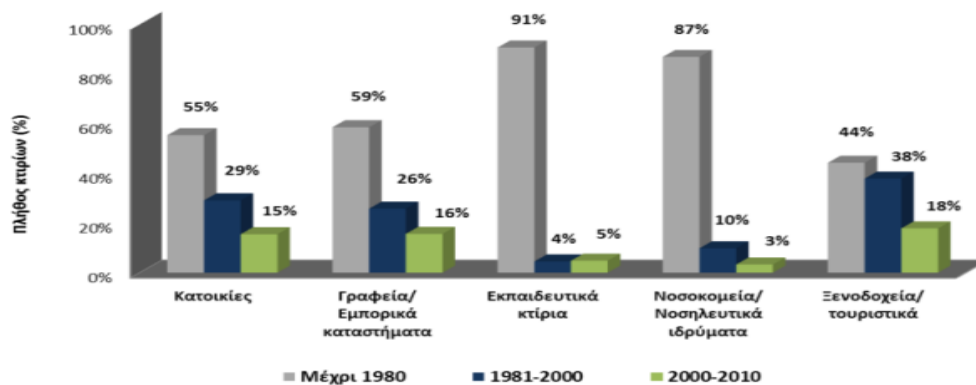
Συνολικά εντοπίζονται εννέα βαθμίδες με κλίμακα από από το Α+ που αναφέρεται σε σύγχρονο κτίριο υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας και χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων, έως την κατηγορία Η στην οποία εντάσσονται κτίρια αρκετά ενεργοβόρα με ανύπαρκτους μηχανισμούς εξοικονόμησης και παλαιωμένα αναποτελεσματικά συστήματα.

Σύμφωνα με έρευνα που έχει διενεργηθεί υπο την εποπτεία της ΕΛΣΤΑΤ σχετικά με την "δεξαμενή" των διαθέσιμων κατοικιών για τον οικιακό τομέα που πληρούν τις προδιαγραφές κατοίκησης στην Ελλάδα, εντοπίζονται **6,371,901** "κανονικές κατοικίες" με το 45% να εδράζονται σε πολυκατοικίες, ενώ οι κατοικούμενες αντιστοιχούν στο 64,7% εξ αυτών και ανέρχονται σε **4,122,088**. Αξίζει να επισημανθεί ότι το 60% των κατοικούμενων οικιών διαθέτει σύστημα κεντρικής αυτόνομης θέρμανσης σε αντίθεση με το 17,5 % που χρησιμοποιεί μέχρι και σήμερα κεντρική μη αυτόνομη με κύριο καύσιμο το πετρέλαιο (ΕΛΣΤΑΤ, 2014).



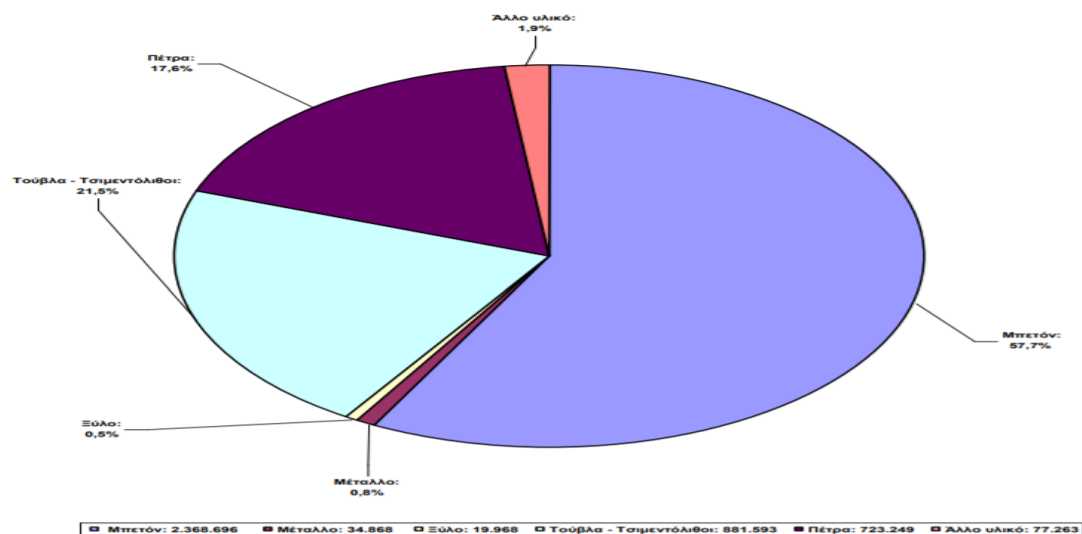
Σχημα 1.4 Επιμερισμός κατοικιών με βάση την χρήση (ΕΛΣΤΑΤ, 2014).

Ο συνολικός αριθμός του κτιριακού όγκου της χώρας προσδιορίζεται στα **4.105.637** κτίρια με το 92% να είναι αποκλειστικής χρήσης και το υπόλοιπο μικτής. Σχετικά με την περίοδο και χρονολογία κατασκευής για το σύνολο του κτιριακού δυναμικού σύμφωνα με την απογραφή κτιρίων το 2011, καταγράφεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εξ'αυτών (58,4%) έχει ανεγερθεί πριν το 1980 και αφορά 2,395,772 κτίρια εκ των οποίων τα 1,691,432 χρονολογούνται πριν το 1970. Στο μεσοδιάστημα 1981- 2000 συγκαταλέγονται 1,233,358 κτίρια ενώ τα υπόλοιπα οικοδομούνται από το 2000 έως το 2010. Ειδικότερα, για τα κτίρια με χρήση κατοικίας το ποσοστό ανέγερσης πριν το 1980 αγγίζει το 55% , γεγονός που αποκαλύπτει το έντονα γηρασμένο οικιακό απόθεμα (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).



Σχημα 1.5 Κατανομή κτιριακού αποθέματος με βάση το είδος και την χρονολογική περίοδο κατασκευής.

Σε παρόμοια έρευνα που είχε ως αντικείμενο την κατασκευαστική ανάλυση του κτιριακού όγκου ως προς τα βασικά δομικά υλικά που συμμετέχουν στην οικοδόμηση διαπιστώνεται ότι συνηθέστερο υλικό είναι το το σπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν) με μερίδιο 57,7% και ακολουθεί ο τσιμεντόλιθος σε ποσοστό 21,5%, υλικά τα οποία έχουν θερμοφυσικές ιδιότητες που δεν πληρούν επαρκώς ζητήματα θερμομονωτικής προστασίας καθώς έχουν υψηλούς συντελεστές θερμοαγωγιμότητας (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

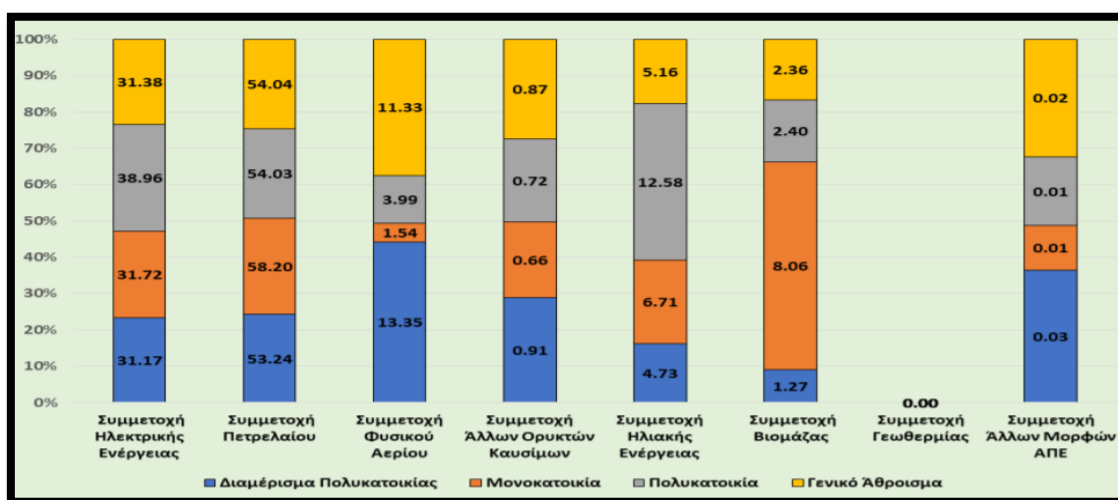


Σχημα 1.6 Επιμερισμός κτιριακού αποθέματος σύμφωνα με το κυρίαρχο δομικό υλικό κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

Συνεπώς, το αρκετά γηρασμένο κτιριακό δυναμικό με ελλιπή θερμομόνωση που έχει ως κυρίαρχο δομικό υλικό κατασκευής το μπετόν και διατηρεί μεγάλο αριθμό χρηστών που εξασφαλίζει την θέρμανση του με κοινόχρηστα κακοσυντηρημένα συστήματα μη αυτόνομης διαχείρισης χαμηλής αποδοτικότητας με εξάρτηση στο πετρέλαιο προσμετρώνται ως επιβαρυντικά στοιχεία για την αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και τις υψηλές απώλειες που εμφανίζονται. Οι παράμετροι αυτοί υποδειλώνουν ένα κτιριακό απόθεμα χαμηλής ενεργειακής αποδοτικότητας που με απλές παρεμβάσεις ενδέχεται να ανακύψουν αισθητά περιθώρια εξοικονόμησης.

Έπειτα από μελέτη που έχει εκπονηθεί από την Ελληνική Στατιστική Αρχή με περιεχόμενο την οριοθέτηση της Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά σε ετήσια βάση (ΕΛΣΤΑΤ, 2013) προσδιορίστηκε ότι κάθε νοικοκυριό μεσοσταθμικά δαπανά 13.994 kWh για το σύνολο των ενεργειακών αναγκών με σταθερή ετήσια αυξητική τάση 7%, εκ των οποίων το 73,2% κατανέμετε ως θερμική και το υπόλοιπο (23,8%) ως ηλεκτρική. Σε επίπεδο τελικής αποδιδόμενης χρήσης η θέρμανση των χώρων συμμετέχει με κυρίαρχο ποσοστό 63,7% ενώ ακολουθούν το μαγείρεμα με 17,3 %, ο οικιακός ηλεκτρικός εξοπλισμός με 10,2%, η παραγωγή ΖΝΧ με 5,7%, ο φωτισμός με 1,7% και τέλος η ψύξη αφορά το 1,3%.

Έκθεση του τμήματος επιθεώρησης ενέργειας το 2019 (ΥΠΕΝ, 2019) επισημαίνει ότι το πετρέλαιο και η ηλεκτρική ενέργεια αποτελούν τις βασικότερες συνιστώσες στο μίγμα του ενεργειακού ισοζυγίου των κατοικιών με ποσοστά 54,04% και 31,38% αντιστοίχως ενώ το φυσικό αέριο αν και αποτελεί αναδύομενο καύσιμο συνδράμει μόλις στο 11,33%.

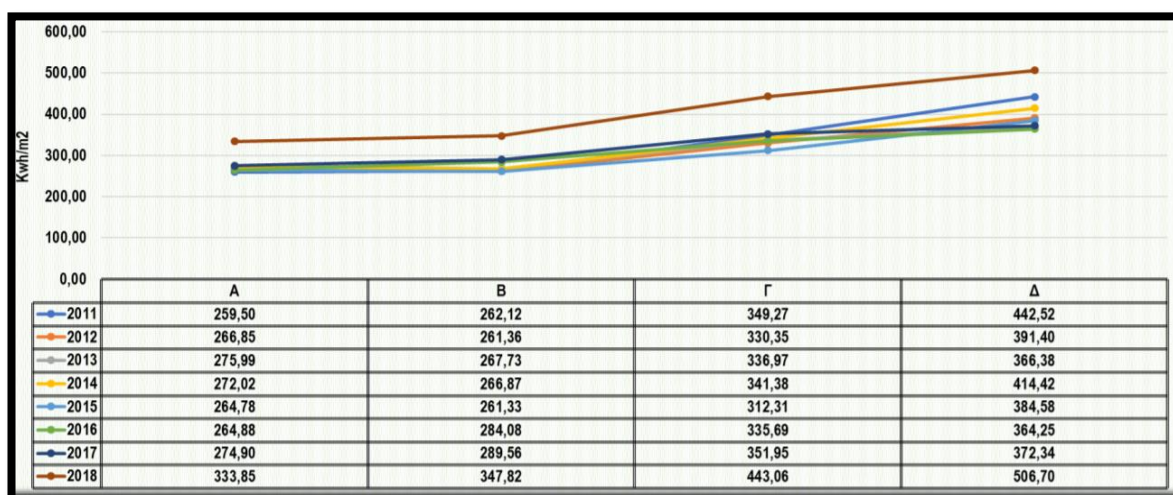


Σχημα 1.7 Ποσοστιαία κατανομή πηγών ενέργειας στα κτίρια οικιακής χρήσης.

Το πλήθος των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης που έχει συλλεχθεί, επεξεργαστεί και έχει καταχωρηθεί σε ηλεκτρονική μορφή στο Αρχείο Επιθεώρησης Κτιρίων από το 2011 έως το 2018 ανέρχεται σε 1.500.613. Από τα κτίρια που ελέγχθησαν το 17,5% συγκαταλέγονται ως κτίρια του τριτογενή τομέα ενώ το 82,5% αφορά κτίρια κατοικιών. Το 99,47% των εκδοθέντων πιστοποιητικών αφορά κτίρια με χρονολογία ανέγερσης πριν το 2009. Η αξιολόγηση της στατιστικής πληροφορίας ανέδειξε πως το 61,36% αυτών κατατάσσεται στις ενεργειακές βαθμίδες E-H, το 35,71% στη Γ-Δ ενώ μόλις το 2,94% στην A-B. Αντίθετα για το υπολοιπό ποσοστό που σχετίζεται με νεόδμητα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια σύμφωνα

με τις προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ το 94,9% καταχωρείται στις ενεργειακά αποδοτικότερες κατηγορίες Α-Β (ΥΠΕΝ, 2019).

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν σχετικά με την μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα κτίρια που εδράζονται στις κλιματικές ζώνες Γ και Δ θεωρούνται ως τα πιο ενεργοβόρα και συνεπώς χρίζουν ιδιαίτερης μνείας καθώς καθιστούν επιτακτική την ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης.

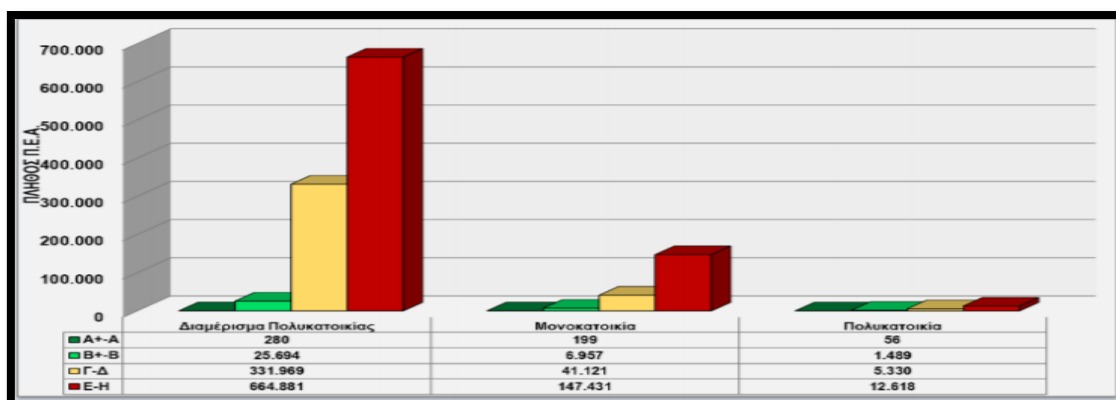


Σχήμα 1.8 Μέση Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας για πιστοποιημένα κτίρια ανά χρονολογία έκδοσης και κλιματικής ζώνης (ΥΠΕΝ, 2019).

Τα κτίρια με χρήση κατοικίας επιμερίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

1. Διαμερίσματα Πολυκατοικιών,
2. Μονοκατοικίες,
3. Κτίριο Πολυκατοικίας.

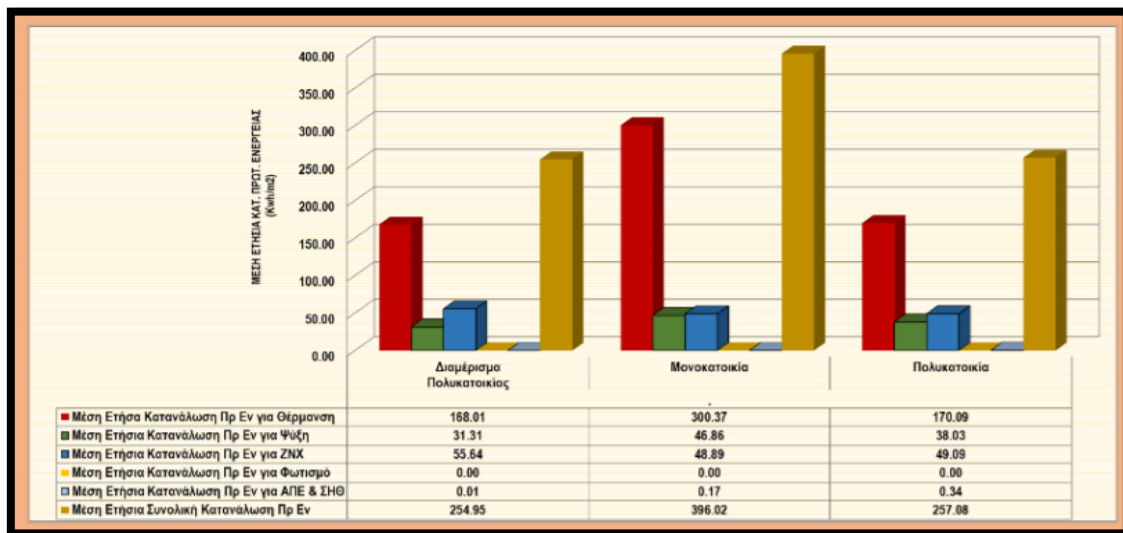
Διαπιστώνουμε ότι απο το σύνολο των εκδοθέντων πιστοποιητικών και για τις τρεις κατηγορίες το 66,63% των κατοικιών εντάσσεται στην ενεργειακή βαθμίδα Ε-Η και το 30% στην Γ-Δ ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι το ποσοστό των διαμερισμάτων πολυκατοικίας που ανήκουν στην κατηγορία Ε-Η ανέρχεται σε 53,7% (ΥΠΕΝ, 2019).



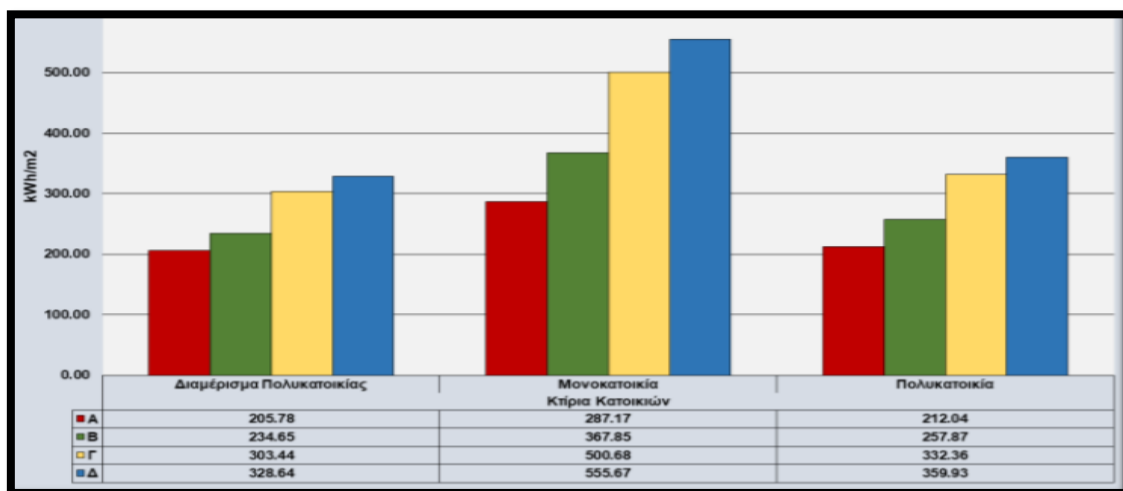
Σχήμα 1.9 Αναλυτική ενεργειακή κατάταξη ανά είδος κατοικίας.

Έπειτα από τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τις κατοικίες που έχουν υποβληθεί σε έλεγχο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το 70,3% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς προορίζεται για την θέρμανση με το αντίστοιχο ποσοστό για τις μονοκατοικίες να βρίσκεται σε δυσθεώρητα ύψη και να αγγίζει το 75,7%. Από τα είδη κτιρίων κατοικίας που συμπεριλαμβάνονται στα αρχεία ερευνών, οι μονοκατοικίες παρουσιάζουν την πιο ενεργοβόρα συμπεριφορά με μέση ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς 396,02 kWh/m² και ακολουθούν οι πολυκατοικίες με 257,08 kWh/m² και τέλος τα διαμερίσματα με 254,95 kWh/m².

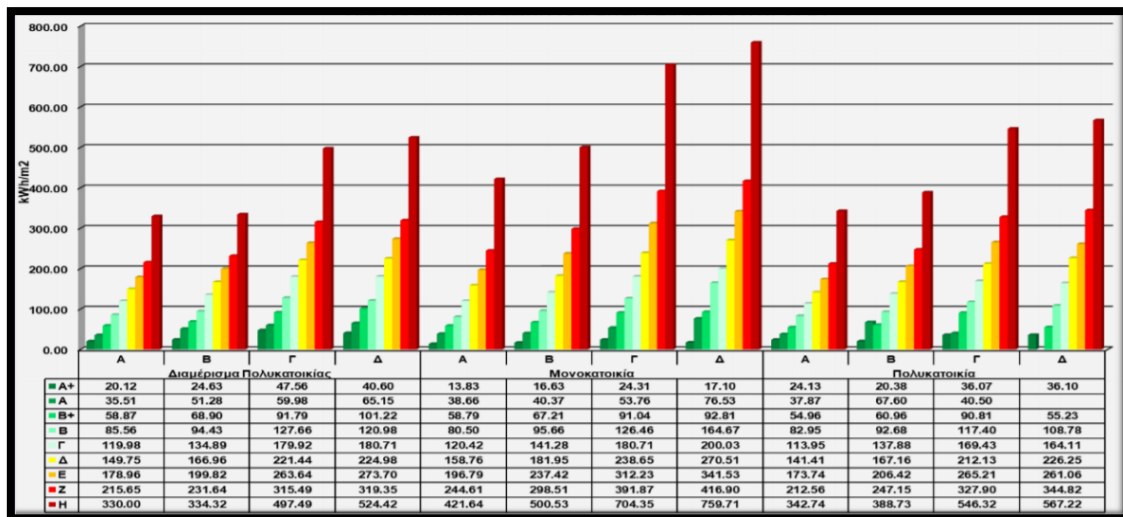
Σχετικά με την ερμηνεία της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών ανά κλιματική ζώνη, οι μονοκατοικίες που εντάσσονται στην Δ ζώνη αποτελούν τις πιά σπάταλες και ακολουθούν πάλι οι ίδιες που εδράζονται στην Γ ζώνη με μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 555,67 kWh/m² και 500,68 kWh/m² αντίστοιχα (ΥΠΕΝ, 2019)



Σχημα 1.10 Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τα διάφορα είδη κτιρίων κατοικίας (ΥΠΕΝ, 2019).



Σχημα 1.11 Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τα διάφορα είδη κτιρίων κατοικίας ανά κλιματική ζώνη εγκατάστασης (ΥΠΕΝ, 2019).



Σημα 1.12 Μέση Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τα διάφορα είδη κτιρίων κατοικίας ανά κλιματική ζώνη εγκατάστασης και ανά βαθμίδα ενεργειακής κατάταξης (ΥΠΕΝ, 2019).

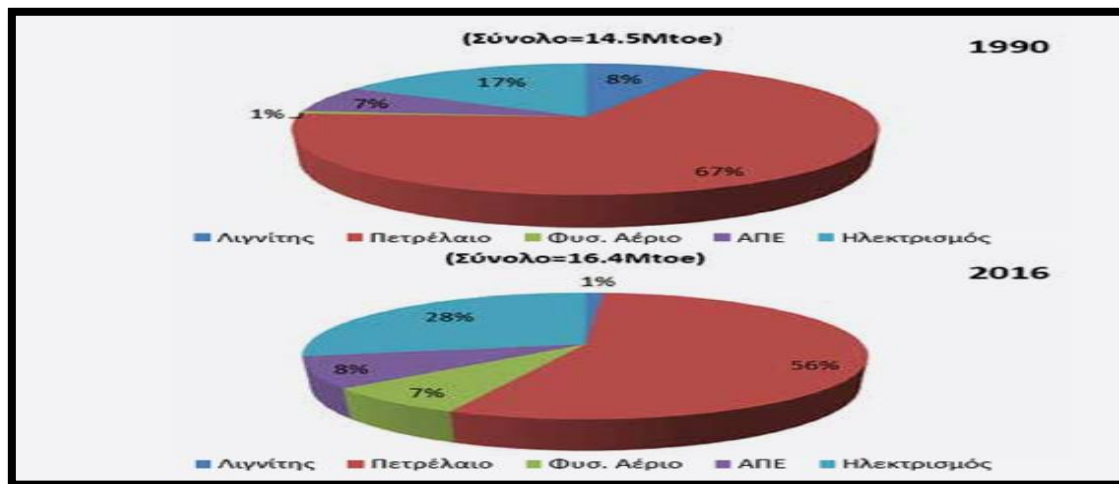
1.4 Ενεργειακό Ισοζύγιο Ελληνικής Επικράτειας

Ο σχεδιασμός του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας, είδη από τα πρώτα έτη συγκρότησης του μέχρι και σήμερα, διαμορφώνεται και καταρτίζεται λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από παράγοντες. Επικρατέστεροι είναι οι τρέχουσες ανάγκες της εθνικής οικονομίας, η μετεξέλιξη των σύγχρονων οικονομικών δραστηριοτήτων, η προώθηση συγκεκριμένων κλάδων, οι υφιστάμενες καταναλωτικές συνήθειες, η διαθεσιμότητα και η ποικιλία των ενεργειακών πόρων, η ευκολία εκμετάλλευσής τους, η οριοθέτηση και μεταβλητότητα των διεθνών τιμών συμβατικών καυσίμων, η εξέλιξη των τεχνολογικών δυνατοτήτων, οι τάσεις της παγκόσμιας προσφοράς - ζήτησης καθώς επίσης οι εγχώριες και ευρωπαϊκές πολιτικές για την ενέργεια.

Το εθνικό ενεργειακό σύστημα έχει οικοδομηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε ρυπογόνα συμβατικά καύσιμα. Προεξάχουσα θέση ανέκαθεν κατείχε το αργό πετρέλαιο και έπεται το στερεό καύσιμο του λιγνίτη και το φυσικό αέριο. Έκθεση του ΟΟΣΑ επισημαίνει ότι η Ελλάδα κυριαρχεί στην κατάταξη των χωρών που ενθαρρύνουν το εκάστοτε ενεργειακό μείγμα να περιλαμβάνει ως επί το πλείστον ορυκτά καύσιμα (Φιντικάκης, 2018). Αυτό καταδεικνύεται εμφανώς από την ενεργειακή πορεία στο πέρασ του χρόνου. Μελέτες έχουν υπολογίσει ότι η συνολική πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας το 1990 ανήλθε σε 22 Μτοε με το ποσοστό συμμετοχής των ορυκτών καυσίμων στο ενεργειακό μείγμα να συγκεντρώνει το 95%, εκ των οποίων το 65% πρόκειται για εισαγόμενα προϊόντα πετρελαίου. Το 2005 η συνολική κατανάλωση εκτοξεύεται και διαμορφώνεται στους 31,4 Μτοε με τα ορυκτά καύσιμα να συνδράμουν στο 94% των αναγκών, εκ των οποίων το 72% ήταν εισαγόμενα. Αντίστοιχα το 2015 έπειτα από μία βαθιά και παρατεταμένη οικονομική κρίση η κατανάλωση υποχωρεί στους 24,4 Μτοε, ενώ η υιοθέτηση στρατηγικής εξοικονόμησης ενέργειας με την προώθηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στον εγχώριο ενεργειακό χάρτη αποτέλεσε στο να συρρικνωθεί το ποσοστό συνεισφοράς των ορυκτών καυσίμων και να φθάσει τα επίπεδα του 85%. Την ίδια χρονιά η ενεργειακή εξάρτηση εντείνεται και κορυφώνεται στο 79% υπογραμμίζοντας τον αυξανόμενο ρυθμό επιδείνωσης. Αξίζει να σημειωθεί πως σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης ο μέσος όρος εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα στο σύνολο των κρατών - μελών αντιστοιχεί σε 53,6% (IENE, 2019). Η μεγάλη απόκλιση που υπάρχει είναι αποτέλεσμα του λανθασμένου σχεδιασμού του υφιστάμενου ενεργειακού μοντέλου και αποτυπώνει την αναγκαιότητα παραγωγικών επενδύσεων στην κατεύθυνση της αναδιαμόρφωσης του ενεργειακού ισοζυγίου με βασικές προτεραιότητες:

1. την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλους τους τομείς.
2. την μείωση του ενεργειακού κόστους.
3. την ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων.
4. τον εξορθολογισμό του συστήματος παραγωγής με την ποιοτική αναβάθμιση των εγκαταστάσεων.
5. την επιτάχυνση του εκσυγχρονισμού των συστημάτων μεταφοράς και εμπορίας ενέργειας.
6. Αυξηση συνεισφοράς των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα.
7. Ενίσχυση της στρατηγικής σημασίας των "εθνικών καυσίμων".

Την τελευταία δεκαετία έχουν συντελεστεί ενέργειες και μεταρρυθμίσεις που έχουν αναπροσαρμόσει και αναβαθμίσει το σχεδιασμό του ενεργειακού μείγματος παρέχοντας δυνατότητες διεύρυνσης των ενεργειακών πηγών, βελτίωσης των ενεργειακών υποδομών, ενισχύοντας την αυτονομία στα πλαίσια της αιεφόρου ανάπτυξης. Παρακάτω διακρίνεται η μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου ως προς την ποσοστιαία τελική κατανάλωση καυσίμων σε χρονικό ορίζονται 26 ετών :



Σχημα 1.13.Κατανομή καυσίμων σε σχέση με την ανηγμένη σε Mtoe συνολική κατανάλωση καυσίμων (IENE,2019).

Ιδιαίτερη μνεία και προσεκτική ανάγνωση πρέπει να δοθεί στο ρόλο του πετρελαίου εξαιτίας της εξέχουσας θέσης του στην διόγκωση του προβλήματος του ελλείματικού εμπορικού ισοζυγίου. Δεδομένου ότι τα διαθέσιμα κοιτάσματα στη χώρα μας είναι ελάχιστα , η επάρκεια εξασφαλίζεται μέσω εισαγωγών με βασικότερους προμηθευτές το Ιράκ, Καζακστάν, Ιράν και Ρωσία. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η συνολική εγχώρια παραγωγή το 2016 ήταν 0,16 Mt και το εισαγόμενο αργό πετρελαίο ανήλθε σε 23 Mt όταν η αντίστοιχη συνολική απαίτηση σε πετρελαιοειδή ανήλθε σε 11 Mt ένα χρόνο νωρίτερα. Ωφείλεται να σημειωθεί ωστόσο ότι η χώρα μας βρίσκεται σε πλεονεκτική θέση σε σχέση με το σύνολο των κρατών της ΕΕ, καθώς σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΟΣΑ η μέση τιμή εισαγωγής αργού πετρελαίου διαχρονικά παραμένει αισθητά χαμηλή (μόλις 68,1 δολάρια το βαρέλι το 2018) εξαιτίας της γεωπολιτικής θέσης που εξασφαλίζει ευκολία διασύνδεσης με πετρελαιοπαραγωγικές χώρες. Αποτυπώνεται ότι το 2016 το πετρέλαιο εξασφάλισε το 56% της συνολικής ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης (IENE, 2019). Ως προς τους τομείς που διατίθεται καταλαμβάνει μεγάλο μερίδιο στις μεταφορές, στην παροχή θέρμανσης για τον οικιακό τομέα καθώς επίσης συμβάλει και στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Τη μερίδα του λέοντος κατέχει ο τομέας των μεταφορών όπως αναφέρει έκθεση του ΥΠΕΝ για το έτος 2015, όπου είναι υπεύθυνος περίπου για το 50% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου και για το 35% της τελικής πρωτογενούς κατανάλωσης. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μείωση της συμμετοχής του στην ηλεκτροπαραγωγή εξαιτίας της προώθησης του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ. Το 2018 συνέδραμε στο 9,1% της συνολικής παραγωγής όταν το 2015 το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 11%.

Το επόμενο σε ευρεία και εκτεταμένη χρήση καύσιμο στο σύνολο των παραγωγικών δομών αποτελεί ο λιγνίτης. Η συνεισφορά του στο σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής

κατανάλωσης το 2016 άγγιζε το 19% ενώ στην συνολική ακαθάριστη κατανάλωση καυσίμων διευρύνεται στο 28%. Πρόκειται για στερεό καύσιμο που χαρακτηρίζεται ως το "έθνικό καύσιμο" διότι αποτελεί εγχώριο ενεργειακό πόρο με χαμηλό κόστος εξόρυξης και βρίσκεται σε μεγάλη επάρκεια στην ελληνική επικράτεια. Αξιοποιείται κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή μέσω των ατμοηλεκτρικών σταθμών και σε μικρότερο βαθμό σε βιομηχανικές δραστηριότητες. Η διαχείριση του φέρει εξοικονόμηση συναλλάγματος (~1δισ δολλάρια/έτος) και διασφάλιση εφοδιασμού (IENE, 2019). Ακόμα η ανεμπόδιστη εκμετάλλευση των κοιτασμάτων που υπάρχουν στην ενδοχώρα συμβάλουν ασφαλώς στον περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και της διατήρισης του κόστους παραγωγής ενέργειας σε χαμηλές τιμές αλλά αντίκειται στην φιλοσοφία, το πνεύμα και τον απαράβατο κανόνα της ΕΕ να μειωθούν οι εκπομπές σε CO₂, κάτι το οποίο επιτάσσει την σταδιακή απεξάρτηση και απομάκρυνση από τα ρυπογόνα στερεά καύσιμα (Μαρκοπούλου, 2018).

Σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ, το υφιστάμενο ενεργειακό μοντέλο στην Ελλάδα αποδίδει προς το περιβάλλον εκπομπές CO₂ πολύ περισσότερες σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες για κάθε μονάδα κατανάλωσης ακαθάριστης ενέργειας. Αυτό πρέπει να σταματήσει και η ενεργειακή πολιτική της χώρας να εισέλθει σε μία νέα πραγματικότητα. Η υποχρεωτική συμμόρφωση και προσαρμογή με τις ευρωπαϊκές διατάξεις έχει είδη επιβάλει ανακατατάξεις και έλεγχο στο μερίδιο της συνεισφοράς στο ενεργειακό ισοζύγιο. Συγκεκριμένα το 2011 το ποσοστό συμμετοχής του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή μέσω των θερμοηλεκτρικών σταθμών κυμάνθηκε γύρω στο 53% ενώ η έγχυση εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο άγγιζε το 5%. Το 2015 η λιγνιτική ηλεκτροπαραγωγή κάλυψε το 31% της ζήτησης ενώ το μερίδιο συμμετοχής της εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διευρύνεται στο 24%. Το 2019 ο λιγνίτης σύμφωνα με το Ετήσιο Δελτίο Συστήματος Συναλλαγών Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού κάλυψε μόλις το 20% του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου και τα ποσοστά εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθαν σε δυσθεώρητα ύψη. Παρόμοια πτωτική πορεία παρουσιάζει και ο ρυθμός παραγωγής του λιγνίτη με την συρρύνωση να αγγίζει το 30% για το μεσοδιάστημα των ετών 2009-2015 και αθροιστικά 50% την τελευταία δεκαετία (Μαρκοπούλου, 2018).

Έτσι λοιπόν γίνεται φανερό πως ο λιγνίτης "απομονώνεται" ως καύσιμο και ο ρόλος του στην ηλεκτροπαραγωγή εκτοπίζεται από το μείγμα του ενεργειακού ισοζυγίου.

Οι κύριες αιτίες είναι :

1. Προτεραιότητα διοχεύτησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο ρεύμα που έχει προέλθει από ΑΠΕ με εγγυημένη τιμή αρκετα υψηλότερη από την οριακή τιμή του συστήματος.
2. Αυξημένα κόστη από περιβαλλοντικά πρόστιμα.
3. Αυξημένα κόστη συντήρισης εξαιτίας παλαιότητας εγκαταστάσεων.
4. Φορολογικά αντικίνητρα
5. Μεταρρυθμίσεις που ενίσχυσαν το εμπόριο της εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και την κατέστησαν περισσότερο οικονομικά συμφαίρουσα από ότι την αμεση εγχώρια παραγωγή.

Το αμέσως επόμενο σε σπουδαιότητα καύσιμο από άποψη οικονομικής κλίμακας και δραστηριότητας είναι το φυσικό αέριο. Αν και διανέμεται στην χώρα μας είδη από το 1996 εντούτοις μόλις πρόσφατα κατάφερε να γίνει εύκολα προσεγγίσιμο και να ενσωματωθεί στο ενεργειακό σχεδιασμό αποκτώντας αναβαθμισμένο ουσιαστικό ρόλο. Αυτή η ανάγκη προέκυψε ώστε να αντικαταστήσει τον ρυπογόνο λιγνίτη κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή

δεδομένου ότι οι μονάδες φυσικού αερίου είναι πιο εύχρηστες και φιλικότερες για το περιβάλλον. Επιπλέον το Φ.Α επιχειρεί να αποκτήσει εκτεταμένη χρήση και να εισέλθει απευθείας στον οικιακό τομέα για την κάλυψη των θερμικών απαιτήσεων. Αυτή η προσέγγιση εξοικονομεί σημαντικά ποσά πρωτογενούς ενέργειας ενώ παράλληλα έχει καθαρότερο αποτύπωμα. Ωστόσο πρόκειται για μη ενδογενή πόρο της χώρας μας κάτι που δεν εξομαλύνει τις ανησυχίες για άμβλυνση του προβλήματος της ενεργειακής εξάρτησης από τρίτες χώρες. Η Ελλάδα εφοδιάζεται μέσω αγωγών κυρίως από την Ρωσία και το Αζερμπαϊτζάν που αποτελούν τους κυριότερους προμηθευτές. Όμως η επίτευξη της ασφάλειας για τον ενεργειακό εφοδιασμό επιτάσσει την ανάγκη αναζήτησης περεταίρω διαθέσιμων πηγών προέλευσης. Για τον λόγο αυτό έχει δρομολογηθεί σταδιακά να αυξηθεί ο όγκος εισαγωγής από άλλες χώρες που προμηθεύουν σε υγροποιημένη μορφή (LNG). Τέτοιες χώρες είναι η Αλγερία και η Τουρκία (IENE, 2019).

Σήμερα διαδραματίζεται ένας μακροχρόνιος προγραμματισμός μέσω πολιτικών πρωτοβουλιών ώστε η ενέργεια που παράγεται με χρήση Φ.Α να είναι ικανοποιητικά ανταγωνιστική ώστε να μπορεί να σταθεί αξιοπρεπώς στην αγορά και να καταστεί επενδυτικά βιώσιμη. Επακόλουθο της υφιστάμενης στρατηγικής είναι η ανάπτυξη του και ο βαθμός διεξόδου του Φ.Α την τελευταία δεκαετία να εντείνεται συνεχώς.

Σχετικά με τον αναδυόμενο ρόλο του Φ.Α στο ενεργειακό ισοζύγιο αξίζει να αναφερθεί ότι το 1990 αντιπροσώπευε μόλις το 1% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων ενώ το 2016 ανήλθε στο 7% . Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η προμήθεια Φ.Α στην Ελλάδα αυξήθηκε από 7160 TJ το 1997 σε 115000 TJ το 2006. Το ποσοστό της παρεχόμενης πρωτογενούς ενέργειας στο σύνολο της κατανάλωσης για το έτος 2016 ανέρχεται στο 15% ενώ το 2000 ήταν μόλις 6%. Σε επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής το 2006 το Φ.Α συμμετείχε στο 17% της συνολικής εγχώριας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας , το 2016 το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 28% ενώ το 2018 κορυφώνεται στο 30% με καθαρή ισχύ 15,4 TWh. Ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί ότι το 2019 το Φ.Α εξασφάλισε το 31% της συνολικής ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Οσον αφορά την απόλυτη ποσοτική κατανάλωση σύμφωνα με το ΥΠΕΝ ακολουθεί σταθερή ανοδική πορεία. Το 2015 καταναλώθηκαν σε Φ.Α 2,7 Mtoe, το 2016 αυξήθηκαν σε 3,5 Mtoe ενώ το 2017 η κατανάλωση σκαρφάλωσε στα 4,1 Mtoe. Ορισμένες μελέτες εκτιμούν ότι η ζήτηση ενδέχεται να φτάσει τα 5,5 bcm (δις. κυβικά μέτρα) ως το 2025 ενώ έρευνα που διεξήχθη από το ΕΣΕΚ προβλέπει ότι συγκριτικά με τα επίπεδα κατανάλωσης το 2020, δύναται να ακολουθήσει ραγδαία αύξηση στην τελική κατανάλωση μέχρι το 2030 και συγκεκριμένα στον οικιακό τομέα μπορεί να φτάσει το 56%, στον τριτογενή τομέα το 31% και στον τομέα των μεταφορών μπορεί να αγγίξει το 264%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το Φ.Α πληρεί τις προδιαγραφές ώστε να καταστεί το κυρίαρχο ενδιάμεσο καύσιμο στο πλαίσιο της μετάβασης και στην εναρμόνιση με τους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους (IENE, 2019).

Σήμερα εθνικός στόχος αποτελεί η υιοθέτηση δράσεων για ένα ισορροπημένο ενεργειακό ισοζύγιο που να διασφαλίζει την σταθερότητα, να εξαλείφει τις αβεβαιότητες ως προς την ασφάλεια, το ελλειμματικό ισοζύγιο και να έχει καθαρό πράσινο αποτύπωμα. Προυπόθεση στο να καταστεί ένα τέτοιο εγχείρημα πραγματοποιήσιμο και οικονομικά βιώσιμο είναι η επίτευξη της κατάστρωσης ενεργειακού χάρτη που να αντικαθιστά τα ορυκτά συμβατικά καύσιμα και να δίνει βαρύτητα σε εναλλακτικές ήπιες μορφές ενέργειας. Ειδικότερα στην περίπτωση της Ελλάδας που το κλίμα και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά το επιτρέπουν, θεωρητικά η δυνητική εκμετάλλευση των ΑΠΕ θα μπορούσε να ξεπεράσει σε φορτίο το σύνολο της εγχώριας κατανάλωσης διασφαλίζοντας την ενεργειακή επάρκεια. Αυτό είναι και το κύριο

προτέρημα τους, ότι δηλαδή διατίθενται ανεξάντλητα στην φύση. Βέβαια σε ένα τέτοιο πλάνο εκτεταμένης συμμετοχής τους στο ενεργειακό μείγμα εγείρονται κινδύνοι διαθεσιμότητας σε περιόδους υψηλής ζήτησης ή σε ώρες αιχμής. Επομένως μέχρι να επιτευχθεί πρόοδος και να προκύψουν σημαντικές τεχνολογικές λύσεις σε θέματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, κανένα κράτος δεν πρόκειται να ανεξαρτητοποιηθεί ολοκληρωτικά από τα ορυκτά συμβατικά καύσιμα που συνιστούν ελεγχόμενες και άμεσα διαθέσιμες πηγές παραγωγής.

Ο ρυθμός διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο ακολουθεί σταθερή ανοδική τροχιά, ωστόσο παραμένουν ακόμη ορισμένοι παράμετροι που εμποδίζουν την βελτίωση και ώθηση της εγκατεστημένης ισχύος. Ορισμένοι από αυτούς είναι οι δυσθεώρητες γραφειοκρατικές αγγιώσεις, το υψηλό αρχικό κεφάλαιο επένδυσης που απαιτείται και οι χαμηλοί βαθμοί απόδοσης.

Στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει στοχευμένα και δυναμικά βήματα υποστήριξης των ΑΠΕ τόσο μέσω διαδικασιών απλούστευσης σχετικών αδειοδοτήσεων με μείωση δικαιολογητικών όσο και σε παροχή οικονομικών κινήτρων με εγγυημένη πλήρη απορρόφηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο με πολύ υψηλές τιμές. Παράλληλα έχουν θεσμοθετηθεί κίνητρα εξηλεκτρισμού αρκετών τομέων που παραδοσιακά καλύπτονταν από συμβατικά καύσιμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι μεταφορές με την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και ο οικιακός τομέας με την προώθηση των αντλιών θερμότητας έναντι του πετρελαίου (ΥΠΕΝ , 2018).

Οι επίμαχες πρωτοβουλίες κατατείνουν στην επίτευξη του εθνικού στόχου που αποσκοπεί το μερίδιο των ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ενέργειας να ανέρχεται σε 20% ως το 2020 ενώ μακροπρόθεσμα το 2030 να συμμετέχει στο 35% (IOBE, 2018).

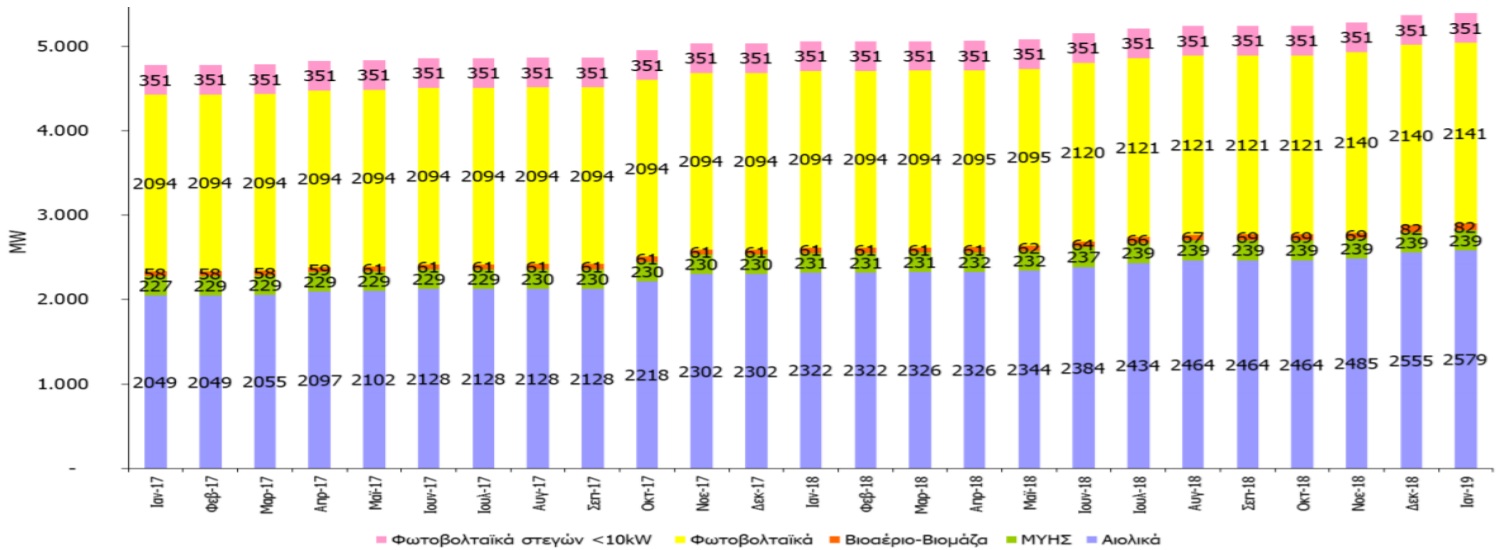
Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι μακροπρόθεσμοι στόχοι σχετικά με τον βαθμό διείσδυσης των ΑΠΕ :

Πίνακας 1.1 Θεσμοθετημένοι στόχοι σχετικά με την εξέλιξη της συνδρομής των ΑΠΕ στις τελικές καταναλώσεις (IOBE, 2018).

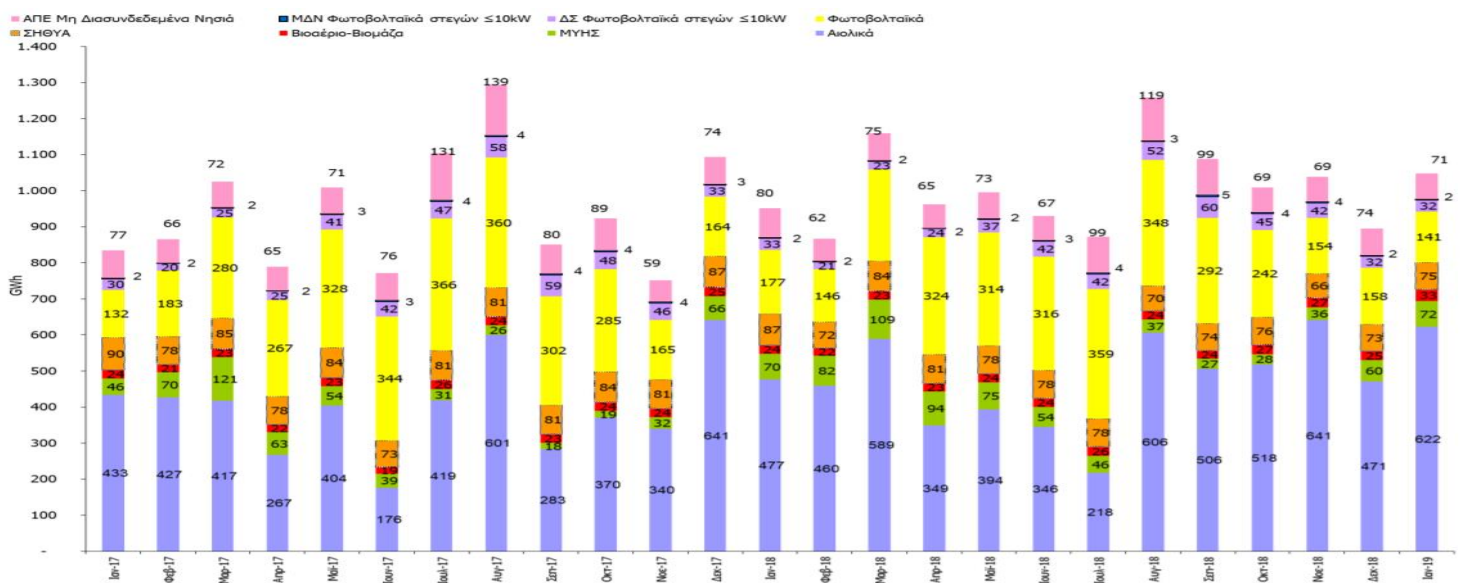
Εξέλιξη μεριδίων ΑΠΕ	2020	2022	2025	2027	2030
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%]	19,7%	23,4%	27,1%	29,6%	35,0%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%]	30,6%	33,8%	36,8%	38,3%	42,5%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%]	29,2%	38,6%	46,8%	52,9%	61,0%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%]	6,6%	7,3%	10,1%	11,7%	19,0%

Επισημαίνεται ότι σε επίπεδο ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας η πορεία των ΑΠΕ ήταν η εξής : από 6,9% το 2004 σκαρφάλωσε απότομα στο 15,4% το 2014. Ιδιο ποσοστό κατείχε το 2015 ενώ το 2016 μειώθηκε ελαφρώς στο 15,1% και το 2017 κορυφώθηκε στο 17,5%. Στο τομέα της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής (καθαρά παραγόμενη χωρίς τις εισαγωγές ενέργειας) οι ΑΠΕ συμμετείχαν κατά 15% το 2016, 20,1% το 2017 και κατά 31% το 2018 . Απόρροια της παραπάνω κλιμάκωσης ήταν το 2019 να εξυπηρετήσουν και να ανταποκριθούν στο 30% της συνολικής ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια όταν το αντίστοιχο ποσοστό το 2015 ήταν 22,1%. Βέβαια σαρωτική εξάπλωση οφείλεται κυρίως στην απομάκρυνση και την σταδιακή ανεξαρτητοποίηση απο τον ληγνίτη. Παρακάτω προσκομίζεται λεπτομερώς η

ενταγμένη στο διασυνδεδεμένο σύστημα απόλυτη εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ (σε MW) ανά είδος προέλευσης καθώς επίσης και η ανάλογη αθροιστική εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh) για καθορισμένα χρονικά διαστήματα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).



Σχημα 1.14 Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος μονάδων ΑΠΕ στο Σύστημα μεταξύ Ιαν2017-Ιαν2019 (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).



Σχημα 1.15 Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ στο Σύστημα μεταξύ Ιαν2017-Ιαν2019 (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).

1.5 Ενεργειακή φτώχεια

Με τον όρο Ενεργειακή φτώχεια ή Ενεργειακή ένδεια αναφερόμαστε στο φαινόμενο της αδυναμίας των ανθρώπων να ανταποκριθούν σε οικονομικό επίπεδο στο να έχουν επαρκή πρόσβαση στις πλέον βασικές υπηρεσίες ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό) που

εξασφαλίζουν την κάλυψη των βασικών βιοτικών αναγκών. Για την ακρίβεια μέχρι και σήμερα δεν έχει καθιερωθεί θεσμικά κάποιος επίσημος ορισμός που να οριοθετεί μέσω αντικειμενικών - ποιοτικών δεικτών τα κριτήρια που πρέπει να πληρεί ένα νοικοκυριό ή ένας πολίτης ώστε να εντάσσεται σε αυτή την κατηγορία. Μία πρώτη εννοιολογική προσέγγιση αποδόθηκε από το Ηνωμένο Βασίλειο το 1991 όπου έθετε ένα νοικοκυριό σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας όταν χρειάζεται να δαπανήσει περισσότερο από το 10% του εισοδήματος του ώστε να διατηρήσει ένα ικανοποιητικό επίπεδο θερμικής άνεσης. Μία δεύτερη πτυχή η οποία υιοθετήθηκε από την Ιρλανδία το 2017 συσχέτιζε την ενεργειακή φτώχεια με τα νοικοκυριά που δεν δύναται να θερμάνουν επαρκώς την κατοικία τους εξαιτίας της χαμηλής ενεργειακής αποδοτικότητας. Συνεπώς οι διαφορετικές μεθοδολογίες αντιμετώπισης δυσχεραίνουν την προσπάθεια αναγνώρισης των συνθηκών στις οποίες εντείνεται το πρόβλημα καθώς επίσης και της πραγματικής διάστασης σου (Ανδρικόπουλος, 2017).

Οφείλεται να τονιστεί ότι προκειται για ένα ιδιαίτερα κρίσιμο κοινωνικό θέμα που έχει άμεσο αντίκτυπο στα ευάλωτα στρώματα χαμηλού εισοδήματος καθώς επίσης και στις ευπαθείς ομάδες λόγω των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου. Συνδέεται με την πρόκληση καρδιακών ασθενειών, πνευμονολογικών νόσων και ψυχικών διαταραχών. Οι ηλικιωμένοι είναι οι κυρίαρχες κοινωνικές ομάδες που εκτίθενται δεδομένου ότι συνήθως συγκεντρώνουν λιγότερα εισοδήματα από τον ενεργό πληθυσμό, έχουν περισσότερες απαιτήσεις θέρμανσης, είναι πιο επιρρεπείς σε σχετικές ασθένειες ενώ ταυτόχρονα δεν είναι εξοικειωμένοι με σύγχρονες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι επικρατέστερες αιτίες που σε συνδιασμό συντελούν στην εκδήλωση είναι :

- 1. Η παρατεταμένη αύξηση των τιμών ενέργειας τόσο της ηλεκτρική όσο και των καυσίμων θέρμανσης.**
- 2. Η διαρκής κατάρρευση των εισοδημάτων των πολιτών.**
- 3. Ισχνή ενεργειακή απόδοση κτιριακού αποθέματος.**

Δεδομένου ότι η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί μία πολυδιάστατη έννοια που δύσκολα καταγράφεται έχουν αναπτυχθεί τέσσερις σχετικοί πρωτογενείς δείκτες που αξιολογούν ανεξάρτητες πτυχές του φαινομένου. Η λεπτομερής διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών βοηθά στο να εξαχθούν ολοκληρωμένα αποτελέσματα. Τέτοιοι δείκτες είναι οι :

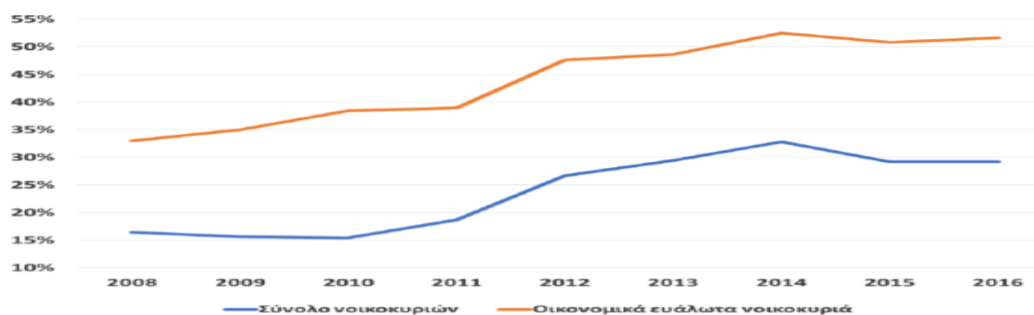
- 1. Χαμηλές απόλυτες δαπάνες για την Ενέργεια.**
- 2. Ληξιπρόθεσμες οφειλές σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας.**
- 3. Υψηλό μερίδιο ενεργειακής δαπάνης σε σχέση με το εισόδημα.**
- 4. Αδυναμία Παροχής Επαρκούς Θερμότητας.**

Το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο για την Ενεργειακή Φτώχεια έχει συσταθεί ώστε να αναγνωριστεί ευρέως η ενεργειακή πενία ως μια κοινωνικής και υγειονομικής φύσεως ασθένεια καθώς επίσης και να διερευνά την εξέλιξη του φαινομένου. Έπειτα από σχετική έρευνα που έχει διεξάγει, εξέδωσε τρομερά στοιχεία. Χαρακτηριστικά διαπίστωσε πως ο αριθμός των ατόμων που πλήττονται στην ΕΕ είναι πέραν των 112,9 εκατ. με ένα ποσοστό της τάξεως 22,5% του συνολικού πληθυσμού και παρουσιάζει συνεχώς ανοδική τάση. Αναφέρεται ότι μέχρι το 2020 ανεξαρτήτως εάν εφαρμοστούν στοχευμένες δράσεις αντιμετώπισης περίπου

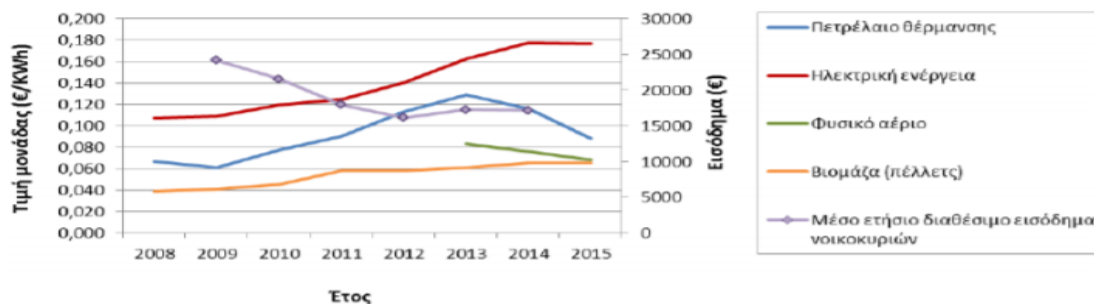
100 εκατ Ευρωπαίοι θα είναι έκθετοι στις συνέπειες του φαινομένου. Τα υψηλότερα ποσοστά ενεργειακής ένδειας σε σχέση με τον υφιστάμενο πληθυσμό καταγράφονται στην Βουλγαρία, την Ελλάδα, την Λετονία και την Ρουμανία ενώ την μεγαλύτερη άνοδο από το 2009 και έπειτα έχει η Ελλάδα, η Κύπρος, η Ιταλία και η Ισπανία. Αντίθετα αν και παράδοξο οι βορειότερες χώρες με πιο ψυχρό κλίμα που θεωρητικά έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ενέργεια παρουσιάζουν τα χαμηλότερα ποσοστά σε σχέση με την θερμική ανεπάρκεια των κατοικιών. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν έχουν περιφρονήσει την διάσταση της ενεργειακής αναβάθμισης (Κωνσταντίνου, 2019 ; European commission).

Παρόμοιες έρευνες στην χώρα μας έχουν προσδιορίσει ότι το πρόβλημα οξύνθηκε ραγδαία μετά το 2010 ενώ το 2015 εν μέσω πρωτοφανούς οικονομικής κρίσης η ενεργειακή αποστέρηση είχε κορυφωθεί στο 36% των νοικοκυριών. Ενδεικτικό μέγεθος αυτής της κατάστασης εκφράζει ο δείκτης στέρησης υλικών αγαθών που αναφέρει ότι το 21,1% των Ελλήνων δεν μπορεί να πληρώσει τον λογαριασμό ηλεκτρικού ρεύματος (ΕΛΣΤΑΤ, 2016). Επιπλέον αποτυπώνεται και από την ερμηνεία των δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ για την περιοχή της Αττικής όπου καταγράφεται μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης κατά 70% στο μεσοδιάστημα 2008-2013 ενώ παράλληλα υπάρχουν περιοχές που το κτηριακό δυναμικό σε ποσοστό 80% κρίνεται ανεπαρκούς μόνωσης (Παπαδά, 2017).

Στα παρακάτω διαγράμματα αναδεικνύεται η ποσοστιαία αυξητική τάση των Ελληνικών Νοικοκυριών που είναι ανήμποροι να εξασφαλίσουν για την οικία τους ικανοποιητικά επίπεδα ζέστης καθώς επίσης και οι διακυμάνσεις των τιμών καυσίμων και του μέσου κατά κεφαλήν εισοδήματος στην Ελλάδα:



Σχήμα 1.16 Εξέλιξη Δείκτη αδυναμίας ανταπόκρισης των πολιτών στην εξασφάλιση αξιοπρεπούς επιπέδου θέρμανσης (Κωνσταντίνου, 2019)



Σχήμα 1.17 Διακύμανση κατά κεφαλήν εισοδήματος στην Ελλάδα και τιμών καυσίμων (Παπαδά, 2017).

Τα τελευταία χρόνια στις κοινωνίες παρατηρείται μία μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση στην αντιμετώπιση του ζητήματος με την προώθηση στοχευμένων παρεμβάσεων με στόχο να εξαλειφθεί η ενεργειακή αποστέρηση και να διασφαλιστούν τα θεμελιώδη δικαιώματα των πολιτών για πρόσβαση σε καθαρή και οικονομικά προσιτή ενέργεια. Στον τομέα αυτό ολοένα και περισσότερα κράτη έχουν επιλέξει να εκσυγχρονίσουν και να ολοκληρώσουν μια σειρά θεσμικών μεταρρυθμίσεων ενσωματώνοντας εθνικά μέτρα κοινωνικής πολιτικής στο πλαίσιο μιας ισχυρής στρατηγικής που εγγυάται την άμβλυνση της ενεργειακής πενίας.

Ορισμένα έκτακτα μέτρα που έχουν θεσπιστεί και αποσκοπούν την ενίσχυση της κοινωνικής δικαιοσύνης μεταξύ των πολιτών είναι:

- Καθιέρωση χορήγησης επιδόματος πετρελαίου θέρμανσης.
- Ένταξη σε κοινωνικά τιμολόγια κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.
- Ευνοικοί διακανονισμοί με παρόχους ενέργειας σε περιπτώσεις συσσωρευμένων οφειλών για προστασία από την διακοπή συνδέσεων.
- Μόχλευση κονδυλίων για χρηματοδότηση επεμβάσεων που αποσκοπούν στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Ελάχιστα επιτρεπτά πρότυπα ενεργειακής αποδοτικότητας κτηρίων.
- Διενέργεια δωρεάν αποτίμησης ενεργειακής κατάστασης και παροχής συμβουλών.
- Εκστρατίες ενημέρωσης για εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους.
- Εκπτώσεις συνέπειας σε λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος.
- Εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και βελτίωση διασυνδέσεων ειδικότερα σε απομακρυσμένες περιοχές όπως τα νησιά.
- Έμμεση πίεση σε ιδιοκτήτες που μισθώνουν ακίνητα να υποχρεούνται να προβούν σε επενδύσεις ενεργειακής αναβάθμισης προκειμένου να περιοριστεί η πιθανότητα ο ένοικος να περιπέσει σε ενεργειακή φτώχεια (εχει εφαρμοστεί στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2018).

Κεφάλαιο 2: Σχεδιασμός της υπό διερεύνησης κτιριακής μονάδας με χρήση του λογισμικού Revit

2.1 Γενικές πληροφορίες του μέσου αρχιτεκτονικής σχεδίασης

Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας που έχει ως βασικό τμήμα της την ενεργειακή αποσαφήνιση των συνθηκών που επικρατούν στην εξεταζόμενη κατοικία μας αλλά και την εφαρμογή και διερεύνηση συστημάτων εναλλακτικών μορφών πρόσδοσης του απαιτούμενου φορτίου προυποθέτει ένα συγκεκριμένο και απόλυτα αρχιτεκτονικά τεκμηριωμένο σχεδιασμό της εγκατάστασης μας. Έτσι στα πλαίσια της διαδικασίας της γεωμετρικής αποτύπωσης επιλέχθηκε το λογισμικό Revit της Autodesk έπειτα από έρευνα μεταξύ των πλέον σύγχρονων και εμπορικών λογισμικών που θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις μας. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα ευέλικτο και εύχρηστο πρόγραμμα αρχιτεκτονικής 2D ή 3D σχεδίασης που στην αγορά προτιμάται κυρίως από μηχανικούς και σχεδιαστές χώρου. Μάλιστα η Autodesk μεριμνά να προσφέρει δωρεάν σε φοιτητές τα πλήρη δικαιώματα χρήσης των εκάστοτε λογισμικών της μεταξύ και του Revit, για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, για την διεξαγωγή εκπαιδευτικών δράσεων.

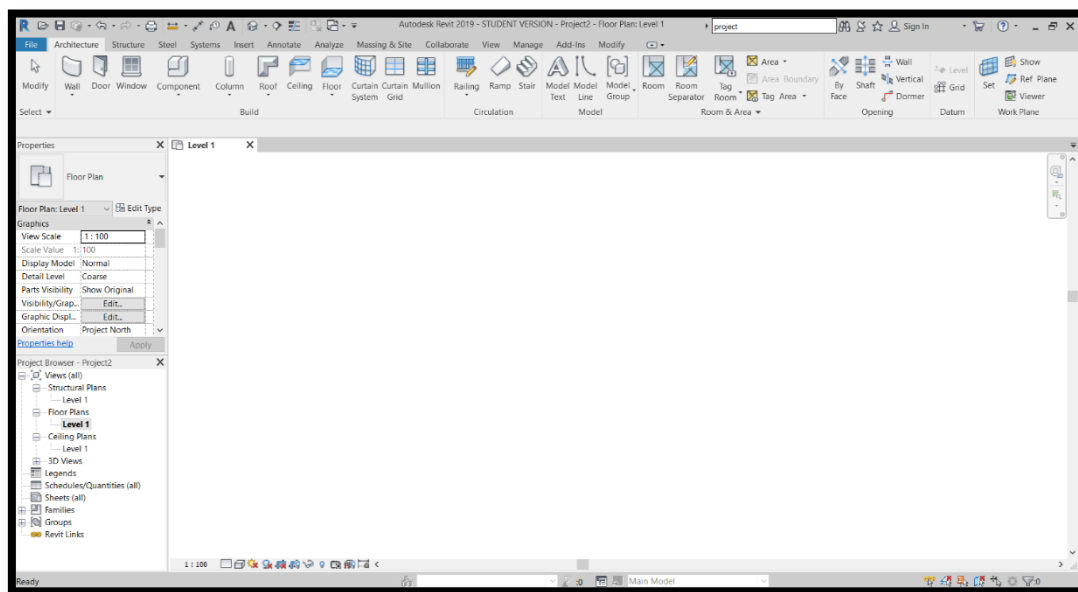
Το Revit ενδείκνυται και προορίζεται για την μοντελοποίηση μεμονομένων κτηρίων έως τον χειρισμό ολόκληρων συγκροτημάτων με ταυτόχρονη αναλυτική παράθεση και επεξεργασία των γεωμετρικών στοιχείων που συντελούν την υπο διαμόρφωση κατασκευή, ενώ μπορεί να αξιοποιηθεί για το σύνολο δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει μια οικοδομική ανέγερση δηλαδή από την σύλληψη της ιδέας και την αρχιτεκτονική κατάστρωση έως την πλήρη κατασκευή ή αργότερα την περεταίρω αναβάθμιση, συντήρηση ή ακόμα και την κατεδάφιση της. Ως προς τις βασικές αρχές λειτουργίας γίνεται χρήση παραμετρικής τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως ο σχεδιαστής μπορεί να εισάγει δομικά στοιχεία αυθαίρετα και έπειτα να επανακαθορίζει τόσο τον τύπο τους όσο και τις διαστάσεις και την δομή τους. Επιπλέον παρέχει τυποποιημένη ηλεκτρονική βιβλιοθήκη που μπορείς να εισάγεις στο κύριο αρχιτεκτονικό σχέδιο σου προκατασκευασμένα στερεά αντικείμενα (παράθυρα, πόρτες, κουφώματα, στέγες, κτλ.) αφενός για την επίτευξη μιας πιο ρεαλιστική προσέγγισης αφετέρου για την απλοποίηση και διευκόλυνση της διαδικασίας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως προσφέρει μία πληθώρα σε είδη οικοδομικών υλικών με δυνατότητα πρόσμιξης και σύνθεσης νέων ιδιότυπων μειγμάτων, γνωρίζοντας πως η παράμετρος των χρησιμοποιούμενων τεχνικών υλικών επιδρά αισθητά σε μία μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς υφιστάμενης διάταξης με την έννοια πως επανακαθορίζει την θερμομονωτική επάρκεια του χώρου μας. Τέλος, με βάση το είδος της προς διαμόρφωσης σχεδίασης και πληροφορίας διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

1. Revit Architecture
2. Revit Structure
3. Revit MEP (Mechanical-Electrical-Plumbing)

2.2 Εργαλεία και γραφικό περιβάλλον λογισμικού

Η παρούσα υποενότητα πραγματεύεται την περιγραφή και ανάδειξη του γραφικού περιβάλλοντος λειτουργίας, των βασικών εντολών και των κατάλληλων παραμέτρων που συμβάλλουν στην ορθή σχεδίαση του υπο μελέτη κτηρίου μας.

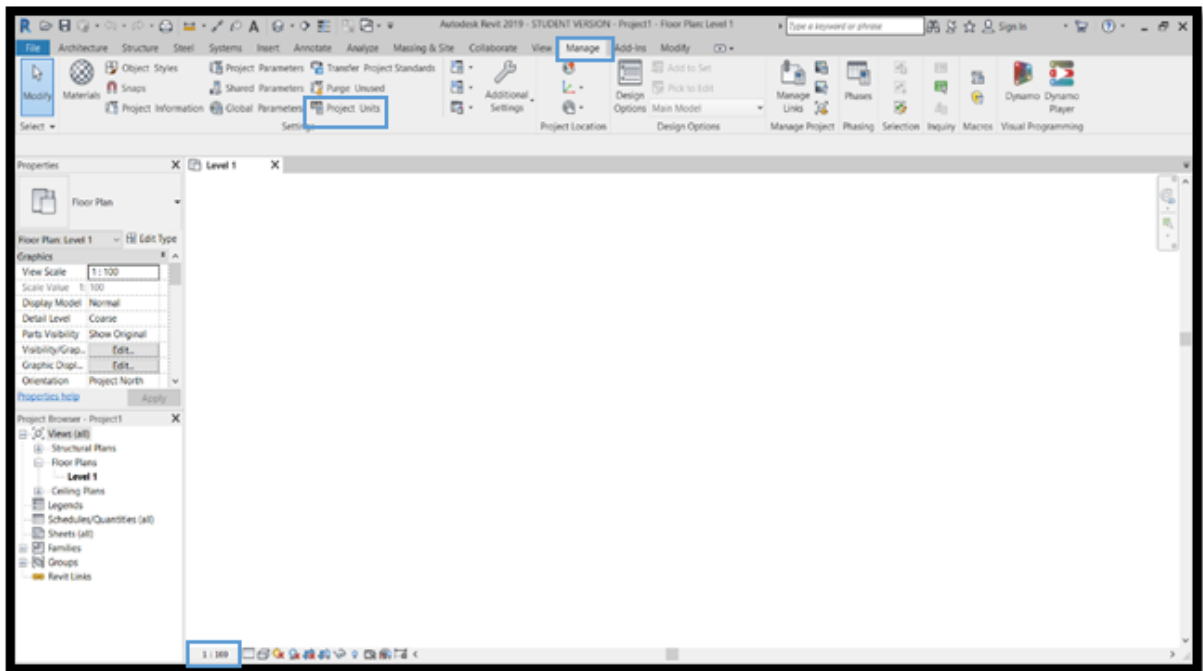
Αρχικά, με το που ανοίξει το περιβάλλον εργασίας , ζητείται να επιλεγεί κατηγορία σχεδίασης από τις τρεις διαθέσιμες επιλογές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στην περίπτωση μας επιλέγεται η εντολή " Sample Architecture Project" που αφορά την αρχιτεκτονική σχεδίαση ενώ τα χαρακτηριστικά και τα είδη των δομικών στοιχείων που θα επιλέχθούν εισάγονται από τις οικογένειες (Families) αντικειμένων που είναι καταχωρημένες και προσφέρονται από το Revit.



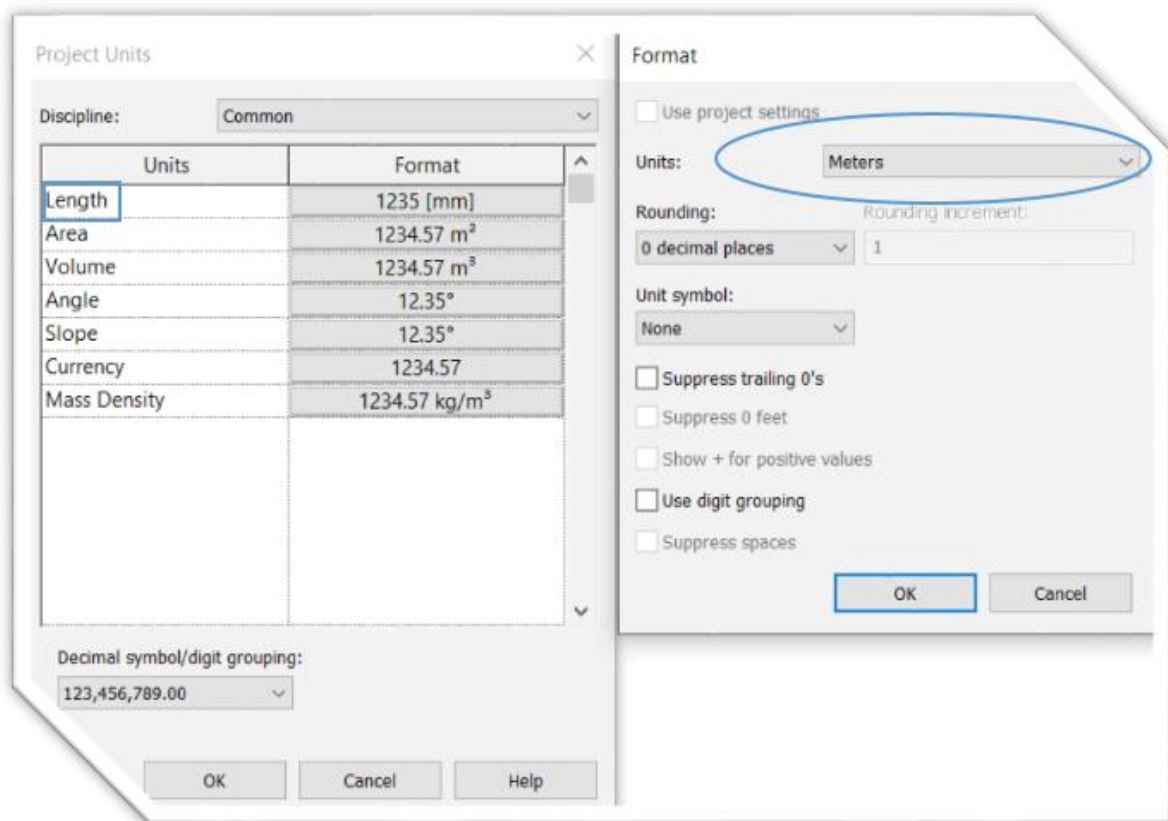
Σχήμα 2.1 Περιβάλλον Σχεδίασης.

Σε πρωταρχικό στάδιο θα πρέπει να προκαθοριστούν ορισμένες παράμετροι που θα ισχύουν καθ' όλη την διάρκεια σχεδίασης. Σε αυτές εντάσσονται η ρύθμιση της κλίμακας σχεδίασης και το κυριότερο η επιλογή της μονάδας μέτρησης για την φάση της σχεδίασης. Η κλίμακα που θα χρησιμοποιηθεί είναι **1:100** και ο καθορισμός της αναδεικνύεται παρακάτω στο σχήμα 2.2. Σε ότι αφορά την μονάδα μέτρησης αυτή ορίζεται από την καρτέλα "project units" που βρίσκεται στην ενότητα "manage" στο άνωθεν μενού , επιλέγοντας απο την διαθέσιμη κατηγορία "length" ως μονάδα μέτρησης το μέτρο.

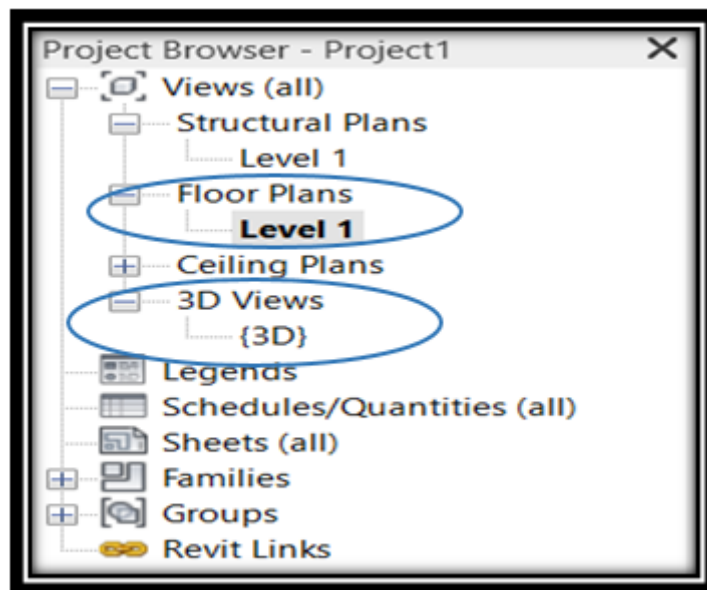
Τα κατώτατα επίπεδα σχεδίασης των εκάστοτε ορόφων διαμορφώνονται από την ενότητα "Project Browser" και την εντολή "Floor Plans" ενώ κάθε φορά που επιδιώκεται να ελεγχθεί η γεωμετρία σε τρισδιάστατη μορφή επιλέγεται από την ίδια ενότητα η εντολή "3D".



Σχήμα 2.2 Τρόπος καθορισμού της κλίμακας σχεδίου.



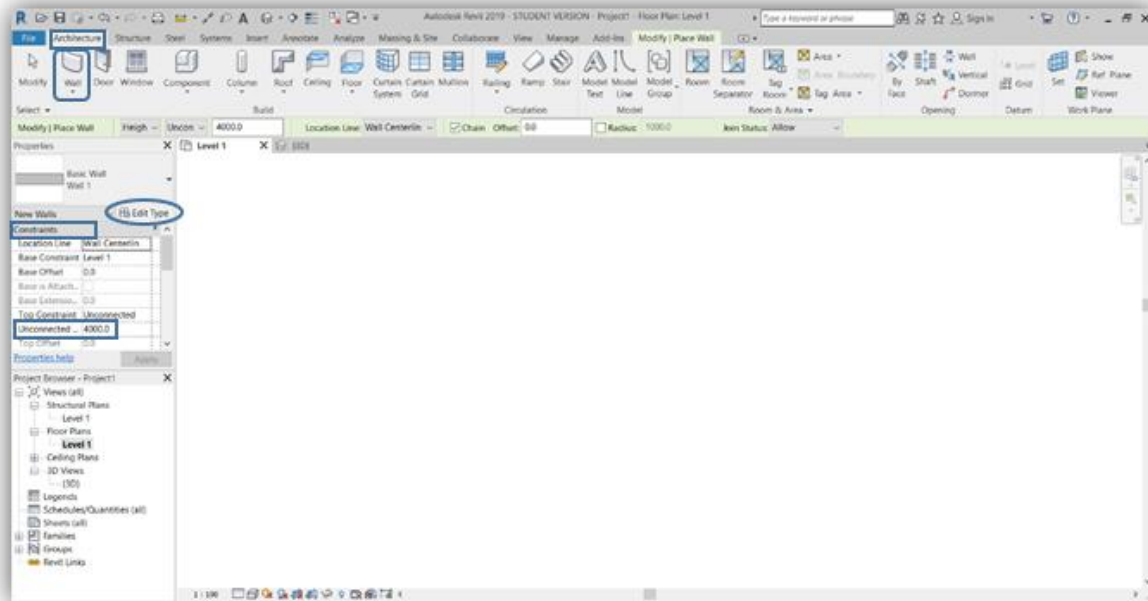
Σχήμα 2.3 Τρόπος καθορισμού μονάδων μέτρησης.



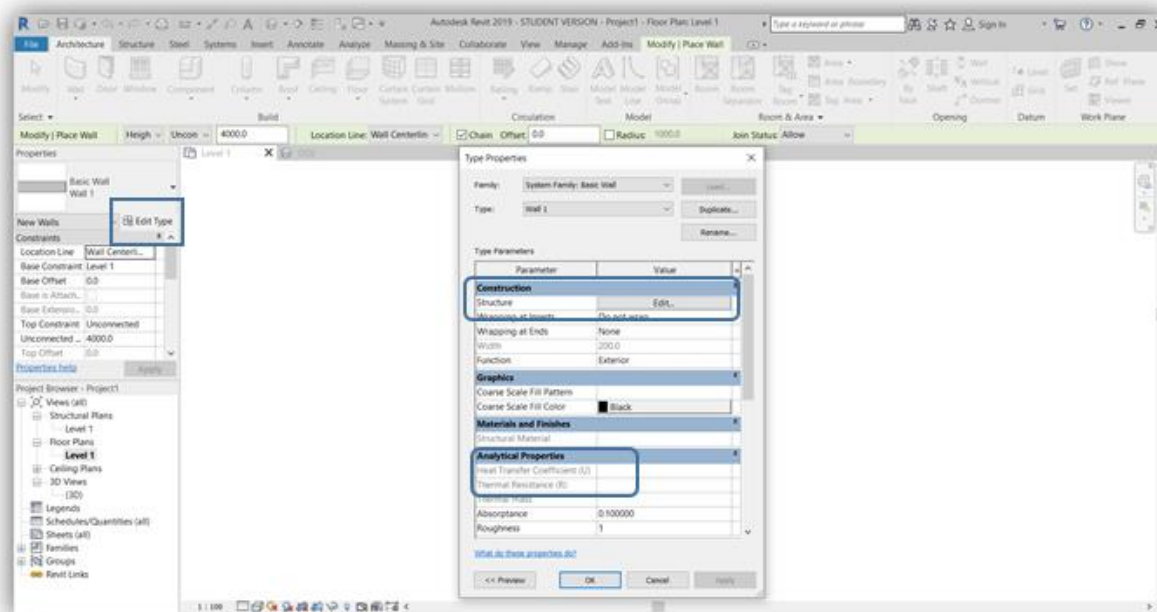
Σχήμα 2.4 Τρόπος καθορισμού επιπέδων σχεδίασης και τρισδιάστατης λειτουργίας.

Εφόσον έχει αποτυπωθεί ο τρόπος ρύθμισης των παραπάνω παραμέτρων, στην συνέχεια ακολουθεί η διεξοδική ανάλυση της διαδικασίας υλοποίησης του κτηρίου εξετάζοντας τα διαθέσιμα εργαλεία σχεδίασης. Τα δομικά στοιχεία που συνθέτουν την γεωμετρία μας εισάγονται από την καρτέλα **Architecture** που βρίσκεται στην κύρια γραμμή εντολών.

Η τοιχοποιία συνιστά το κύριο δομικό στοιχείο που περιβάλλει το κέλυφος. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην διαδικασία διαμόρφωσης τους. Η μεθοδολογία σχεδιασμού οφείλει να επεξηγηθεί με σαφήνεια μια σειρά από παραμέτρους όπως ο τύπος, οι διαστάσεις, η δομή καθώς και οι εσωτερικές στρώσεις των επιμέρους υλικών με τις αντίστοιχες θερμοτεχνικές ιδιότητές τους. Προκειμένου λοιπόν να δημιουργηθεί η επιθυμητή τοιχοποιία ανατρέχουμε στην καρτέλα **Architecture** επιλέγοντας αρχικά την εντολή **Wall** και έπειτα την εντολή **Wall Architectural**. Σε επόμενο βήμα εμφανίζεται η καρτέλα ιδιοτήτων **Properties** όπου ζητείται να καθοριστεί ο τύπος της τοιχοποιίας μας δηλαδή εάν πρόκειται για εσωτερικό ή εξωτερικό. Αυτό φυσικά εξαρτάται από την δομή, το πάχος και τα υλικά κατασκευής. Έτσι για εξωτερική τοιχοποιία ανατρέχουμε και επιλέγουμε κάποια από τις διαθέσιμες αποθηκευμένες μορφές **Basic Wall** ενώ για εσωτερική επιλέγεται κάποιος τύπος **Internal Wall**. Βέβαια το Revit δίνει την δυνατότητα να τροποποιηθεί ακόμα και να συντεθεί εξ' ολοκλήρου νέο είδος τοιχοποιίας. Αυτό γίνεται από την εντολή **Edit type**. Συγκεκριμένα από την παράμετρο **Structure** της υποκατηγορίας **Construction** μπορούν να δημιουργηθούν οι επιμέρους στρώσεις υλικών των δομικών στοιχείων μας καθώς επίσης και να επεξεργαστούν οι διαστάσεις τους ώστε να προσδιοριστεί το συνολικό πάχος. Στην υποκατηγορία **Analytical Properties** δίνονται ορισμένες θερμικές ιδιότητες όπως ο συντελεστής θερμοπερατότητας ή η θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου με βάση την σύνθεση που έχει πραγματοποιηθεί. Τέλος, από την υποκατηγορία **Constraints** που βρίσκεται εντός της κύριας καρτέλας ιδιοτήτων **Properties** καθορίζεται το επίπεδο από το οποίο θα ξεκινά ο τοίχος ή ακόμα το πόσο θα απέχει από κάποιο επίπεδο ενώ μέσω της εντολής **Unconnected Height** εισάγεται το επιτρεπτό ύψος μέχρι το οποίο θα εκτείνεται το δομικό στοιχείο.



Σχήμα 2.5 Μέθοδος εισαγωγής τοιχοποιίας.



Σχήμα 2.6 Επεξεργασία σύνθεσης των στρώσεων και αποτύπωση θερμικών ιδιοτήτων της τοιχοποιίας.

Εφόσον έχει περιγραφεί λεπτομερώς ο τρόπος με τον οποίον ανεγείρεται η τοιχοποιία μας στην συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση και η μεθοδολογία σχεδιασμού πρόσθετων στοιχείων που απαρτίζουν την γεωμετρία μας.

Η έδραση των τοίχων δηλαδή η τοποθέτηση και στήριξη τους στα προς διαμόρφωση δάπεδα είτε αυτό αφορά επίπεδο διαχωρισμού ορόφων με ομοιόμορφο πάχος είτε πλάκα σε επαφή με το έδαφος πρέπει να μελετηθεί με ιδιαίτερη προσοχή ούτως ώστε κατά την

καταχώρηση των απαιτούμενων διαστάσεων να μην υπάρχουν διάκενα που να αποτρέπουν τα δομικά στοιχεία να εφάπτονται αρμονικά. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό κάθε είδος δαπέδου θα φέρει διαφορετικές στρώσεις υλικών όπως ακριβώς υποδεικνύεται από το Τεχνικό Επιμελητήριο και το Κ.Εν.Α.Κ. Στο λογισμικό το δάπεδο διαμορφώνεται από την καρτέλα **''Architecture''** και την εντολή **''Floor''**. Επιπροσθέτως δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστεί σε όποιο επίπεδο θέλουμε επιλέγοντας από τα **''Properties''** και την ενότητα **''Constraint''** την εντολή **''level''**. Οι στρώσεις υλικών του δομικού στοιχείου καθώς και τα αντιστοιχα πάχη καθορίζονται παρομοίως με την τοιχοποιία, όπως ακριβώς αποτυπώθηκε σε προηγούμενο σκέλος δηλαδή μέσω της εντολής **''Edit type''** από την παράμετρο **''Structure''** της υποκατηγορίας **''Construction''**.

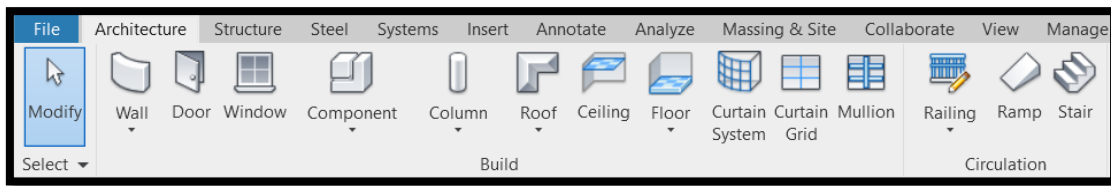
Σχετικά με τις θύρες του κτηρίου, αυτές εισάγονται από την γραμμή εντολών μέσω του εργαλείου **''Door''**. Μετέπειτα δίνεται έμφαση στο εάν πρόκειται για εσωτερικές πόρτες ή για την θύρα που προσαρμόζεται για την κύρια εξόδο. Η κατασκευή αυτών των δύο διαφέρει διότι οι πρώτες βρίσκονται σε κλειστό χώρο σταθερής θερμοκρασίας όπου η εναλλαγή θερμότητας εντός ενιαίας θερμικής ζώνης δεν προσμετράται στην μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενώ η κύρια θύρα εξόδου επικοινωνεί με το περιβάλλον συναλλάσσοντας αισθητά ποσά ενέργειας. Όσον αφορά τα ανοίγματα του χώρου μας δηλαδή τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες αυτές ενσωματώνονται από την εντολή **''Window''** στην καρτέλα **''Architecture''**. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η τυπολογία και το είδος των στοιχείων που θα τοποθετηθούν επιλέγονται μέσα από την ηλεκτρονική βιβλιοθήκη αντικειμένων που προσφέρει το λογισμικό ενώ ταυτόχρονα δύναται να επεξεργαστεί η διαστασιολογική ακρίβεια τους αλλά και τα υλικά κατασκευής που θα φέρουν από την καρτέλα **''Properties''**.

Η υλοποίηση της εσωτερικής σκάλας και των κιγκλιδωμάτων στα μπαλκόνια επιτελείται μέσω των εντολών **''Stair''** και **''Railing''** αντίστοιχα, όπου ουσιαστικά ο μελετητής σχεδιάζει το μονοπάτι από το οποίο θα διέρχεται το κάθε στοιχείο και στην συνέχεια από την βιβλιοθήκη διαλέγει τυπολογία.

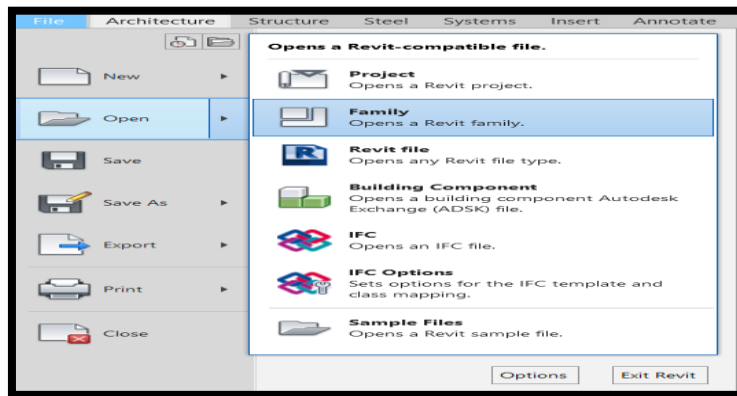
Κομβικό ρόλο στην ορθή διεύθυνση και ολοκλήρωση του κτιριακού κελύφους διαδραματίζουν οι ενέργειες που θα γίνουν για τον σχεδιασμό της στέγης. Αυτό διότι αποτελεί σημείο ιδιαίτερης προσοχής καθώς παρεμβάλλονται πολλοί παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την θερμομονωτική επάρκεια του κτιρίου μας. Ορισμένοι από αυτούς είναι :

- Η επιτρεπτή κλίση της οροφής.
- Η τοποθέτηση προεξοχής δηλαδή η στέγη να εκτείνεται υπο γωνία για ορισμένα εκατοστά περα από την επιφάνεια της οροφής.
- Το ύψος της κεκλιμένης στέγης που αναπαριστά την κάθετη απόσταση από το επίπεδο έδρασης της εώς το ανώτατο σημείο της, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,2m από το ανώτατο επιτρεπτό ύψος της οικοδομής όπως ορίζεται από την υπάρχουσα νομοθεσία.

Ως προς την διαδικασία σχεδιασμού, επιλέγεται η εντολή **''Roof by Footprint''** από την καρτέλα **''Architecture''** και έπειτα ζητείται να σχεδιαστεί ένα πρότυπο μονοπάτι με χρήση του εργαλείου **''Boundary line''**. Κατά την διαμόρφωση, η προεξοχή δίνεται μέσω του εργαλείου **''offset''** όπου προσθέτονται τα εκατοστά που επιθυμούμε ενώ η γωνία με την οποία θα τοποθετείται η κάθε πλευρά καθορίζεται από τις ιδιότητες (Properties).



Σχήμα 2.7 Κύρια εργαλεία σχεδιασμού της γραμμής εντολών.



Σχήμα 2.8 Εισαγωγή δομικών στοιχείων από την βιβλιοθήκη του Revit.

2.3 Παρουσίαση εξεταζόμενου κτιρίου

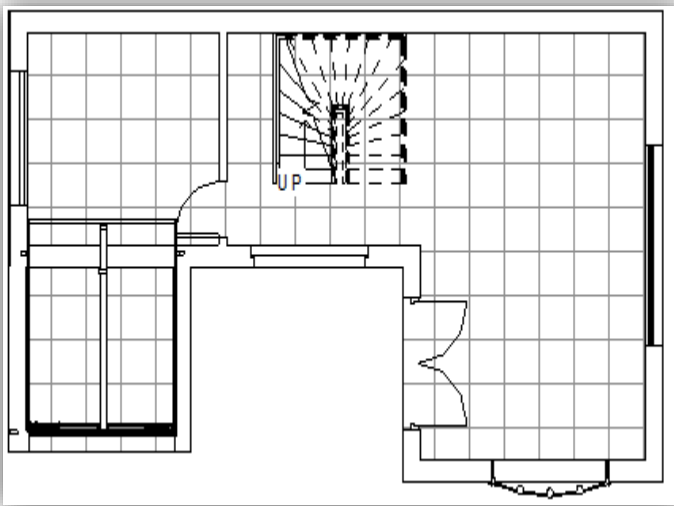
Προτού να μπορέσει να διενεργηθεί αποτελεσματικά η όποια ενεργειακή μελέτη στον οποιαδήποτε χώρο και να καταστεί έγκυρη με ελπιδοφόρες προοπτικές η οργάνωση και εκτέλεση μακροπρόθεσμων στόχων, η διερεύνηση σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας και η εκτίμηση της βελτιστοποίησης της ενεργειακής αναβάθμισης και της θερμομονωτικής προστασίας, θα πρέπει ο εκάστοτε μηχανικός να γνωρίζει με ακρίβεια την δομή, το σχεδιασμό καθώς και όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες του εξεταζόμενου χώρου.

Ωφείλεται να επισημανθεί ότι η συγκεκριμένη εργασία αποσκοπεί σε πρώτη φάση να προσδιορίσει την ενεργειακή απόκριση ενός τεχνητού μή οικοδομημένου κτιρίου το οποίο ωστόσο προσαρμόζεται και μοντελοποιείται με ρεαλιστικά δεδομένα και συνθήκες περιβάλλοντος. Το αντικείμενο της μελέτης επαναλαμβάνεται για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της χώρας προκειμένου αφενός να συνυπολογιστεί η μεταβολή των καιρικών ιδιαιτεροτήτων και η επίδραση τους στις τελικές ενδείξεις αφετέρου δε για την δημιουργία ενός εγχειριδίου επεμβάσεων που θα συνίσταται ενδεικτικά για κάθε ανεξάρτητη πρότυπη κατοικία της χώρας με βάση την περιοχή στην οποία εδράζεται. Το τελευταίο ερευνάται στο επόμενο σκέλος με βάση την ερμηνεία και αξιολόγηση των εξαγόμενων συμπερασμάτων όπου προβαίνεται δηλαδή η προώθηση, ανάλυση και η τελική υιοθέτηση διαφορετικού μείγματος επεμβάσεων ανά κλιματική ζώνη.

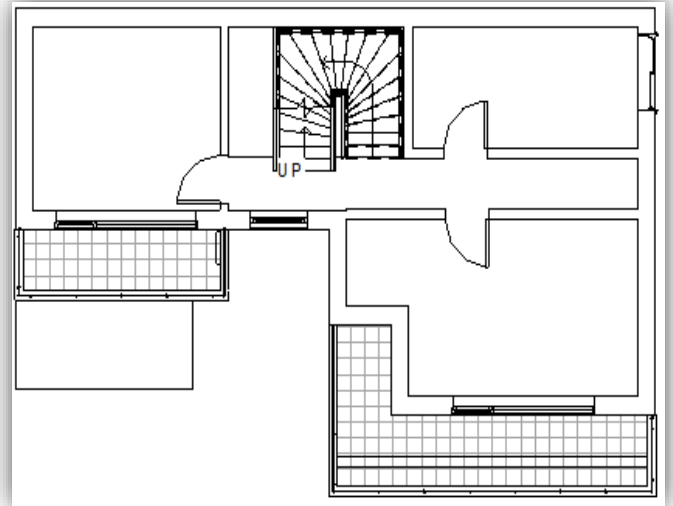
Το συγκεκριμένο κτίριο σχεδιάστηκε με τέτοιον τρόπο ώστε να ενσωματώνει και να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στην πλειοψηφία της αντίστοιχης κατηγορίας κτιρίων στον ελλαδικό χώρο, δηλαδή τύπου μεζονέτας. Ορισμένα από αυτά είναι:

- Διαθέσιμη αξιοποιήσιμη επιφάνεια (εμβαδόν χώρου).
- Αριθμός ορόφων.
- Κατασκευή και οικοδόμηση του κτιριακού κελύφους με απλά υλικά, με κύρια την οπτοπλινθοδομή και το οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Καθορισμένα υλικά θερμομόνωσης περιορισμένων θερμοφυσικών ιδιοτήτων.
- Διαφανή δομικά στοιχεία (υαλοπίνακες και πλαίσια) υψηλών απωλειών που δεν πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές κατά Κ.Εν.Α.Κ .
- Εγκατάσταση παλαιομένων ενεργειακών συστημάτων (Θ-Ψ-Κ & ΖΝΧ) ξεπερασμένης τεχνολογίας και περιορισμένης αποδοτικότητας.
- Νότιος προσανατολισμός πρόσοψης και κατάλληλη χωροθέτηση δωματίων ώστε να εξασφαλίζουμε επαρκή φυσικό φωτισμό, θέρμανση από τον ήλιο τον χειμώνα ενώ το καλοκαίρι με χρήση σκιάστρων εύκολα εμποδίζουμε την υπερθέρμανση.
- Η στάθμη και η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού λαμβάνονται όπως στο πρότυπο EN 12464-1:2002 .

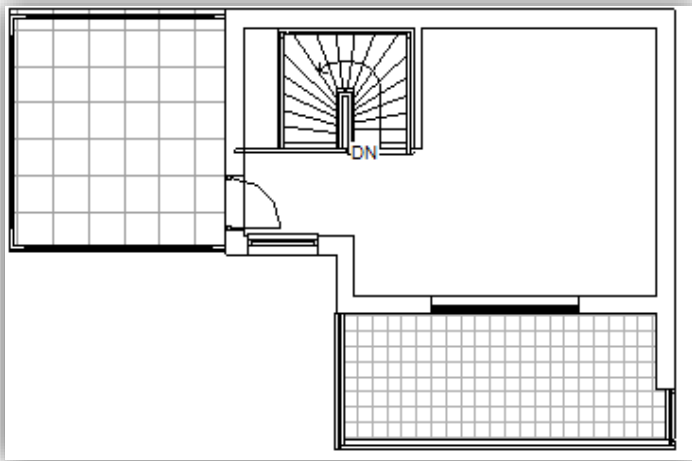
Στα σχήματα 2.9-2.19 αποτυπώνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου μας που θα υποβληθεί σε ενεργειακή μελέτη καθώς και ορισμένες όψεις σε τρισδιάστατη μορφή:



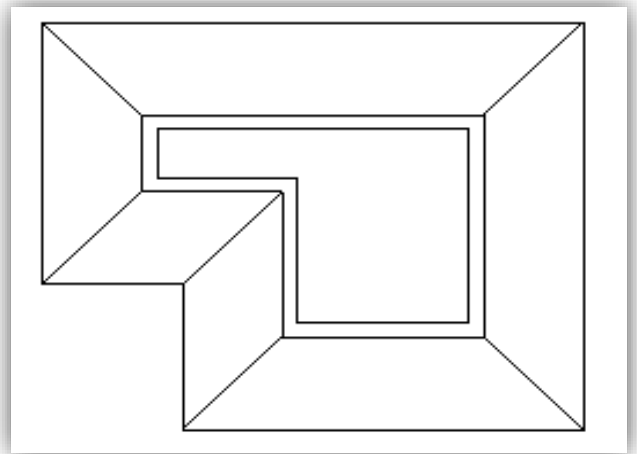
Σχήμα 2.9 Ισόγειο Κτιρίου σε 2D.



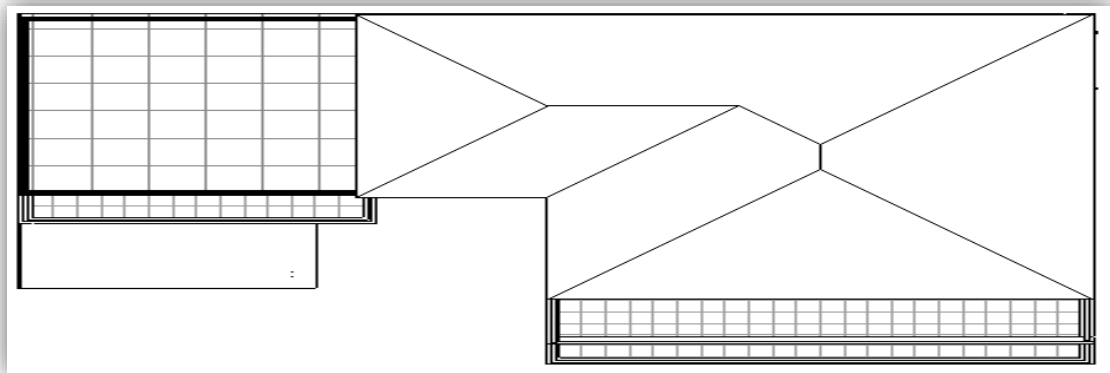
Σχήμα 2.10 Πρώτος Όροφος σε 2D.



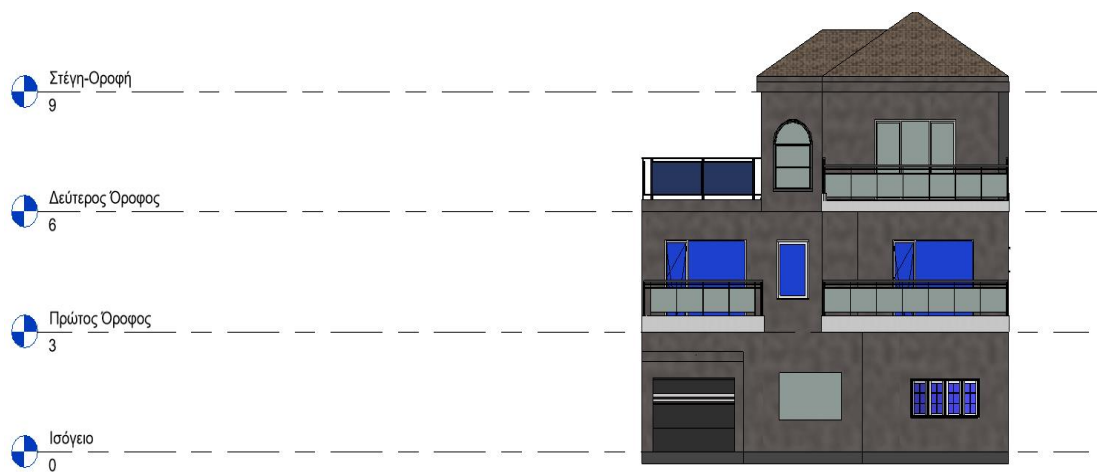
Σχήμα 2.11 Δεύτερος όροφος σε 2D



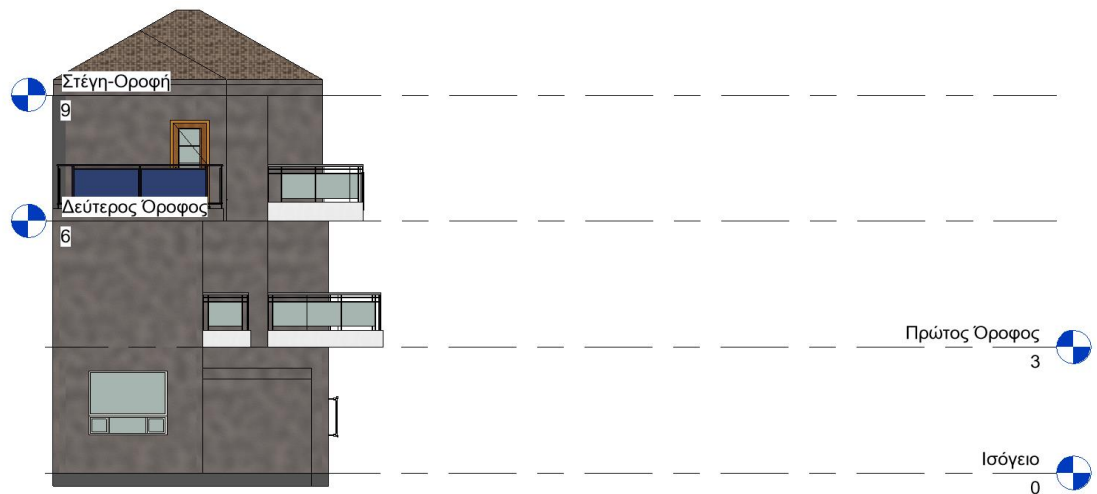
Σχήμα 2.12 Οροφής-Στέγης σε 2D



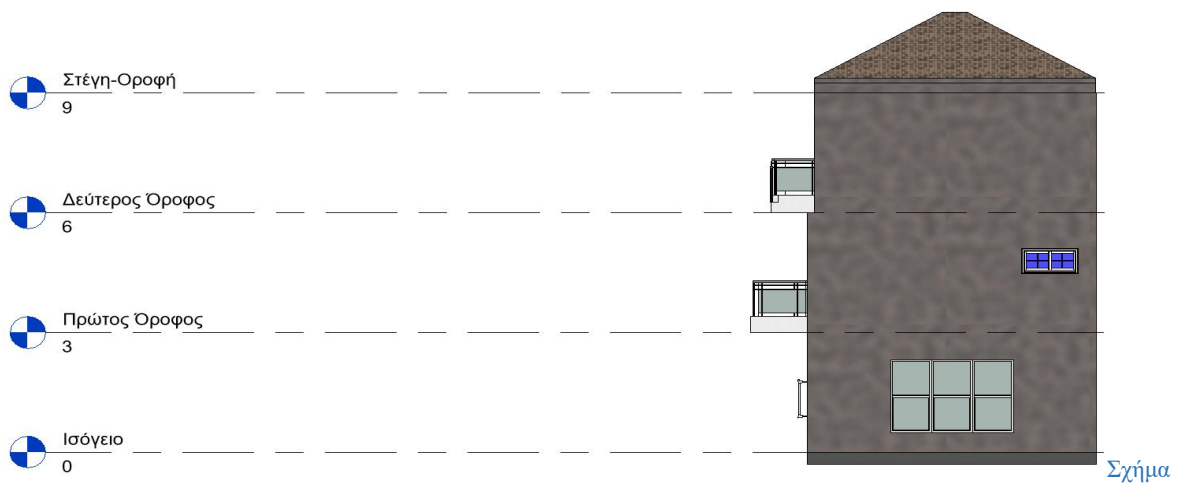
Σχήμα 2.13 Κάτοψη οικοπέδου.



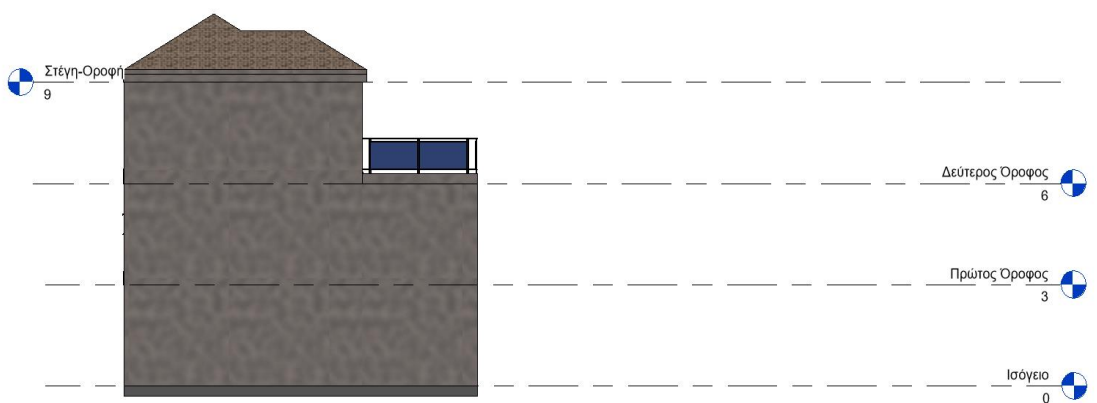
Σχήμα 2.14 Νότια πρόσοψη κτιρίου.



Σχήμα 2.15 Δυτική όψη κτιρίου.



2.16 Ανατολική όψη κτιρίου.



Σχήμα 2.17 Βόρεια όψη κτιρίου.



Σχήμα 2.18 Νοτιοδυτική 3D όψη κτιρίου.



Σχήμα 2.19 Νοτιοανατολική 3D όψη κτιρίου.

Στην συνέχεια εμβαθύνεται η λεπτομερής αποτύπωση των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων του κελύφους που έχουν επιλεγεί με κριτήριο την συστηματικότητα εμφάνισης στο υπάρχον κτιριακό δυναμικό του ελλαδικού χώρου.

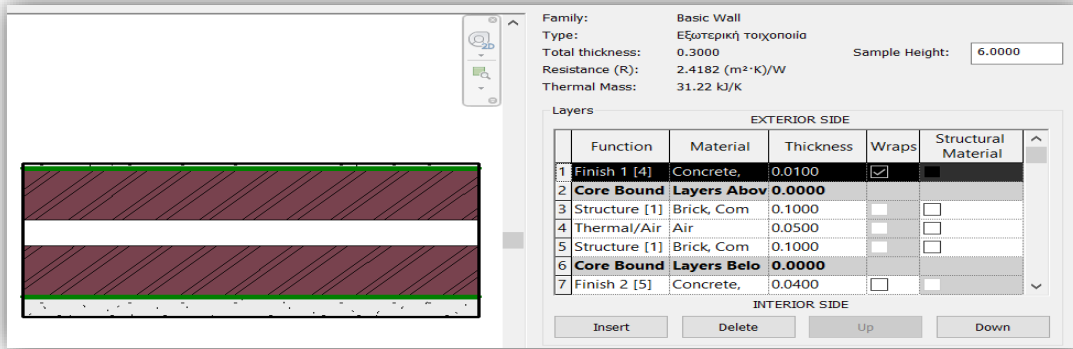
Η εξωτερική τοιχοποιία μας κατασκευάζεται από διπλούς οπτόπλινθους όπου ανάμεσα τους υπάρχει διάκενο αέρα χωρίς να μεσολαβεί ενδιάμεσα τους κάποιο είδος θερμομόνωσης ενώ εκατέρωθεν των τούβλων τοποθετείται σε διαφορετικό πάχος στρώση τσιμεντοκονιάματος. Το συνολικό πάχος ανέρχεται σε 0.3m ή 30cm. Αντίθετα, η εσωτερική τοιχοποιία φέρει ως κύρια δομή το οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ εξωτερικά χρησιμοποιείται στρώση γυψοσανίδας. Το συνολικό πάχος είναι 15cm.

Σε ότι αφορά τα δάπεδα έχουμε δύο είδη, αυτό που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και εκείνο που συνιστά διαχωριστικό ορόφων. Το πρώτο έχει πάχος 30cm και είναι δομημένο με στρώσεις οπλισμένου σκυροδέματος, τσιμεντοκονιάματος και εδράζεται σε δοκούς και ράβδους χάλυβα ενώ στο ανώτερο τμήμα του υπάρχουν κεραμικά πλακάκια ενώ για το πάτωμα διαχωρισμού ορόφων έχουμε όμοια πάχος 30cm καθώς και στρώσεις τσιμεντοκονιάματος και σκυροδέματος αλλά στο τελείωμα αντί για πλακάκια έχουμε ξύλινο σανίδι.

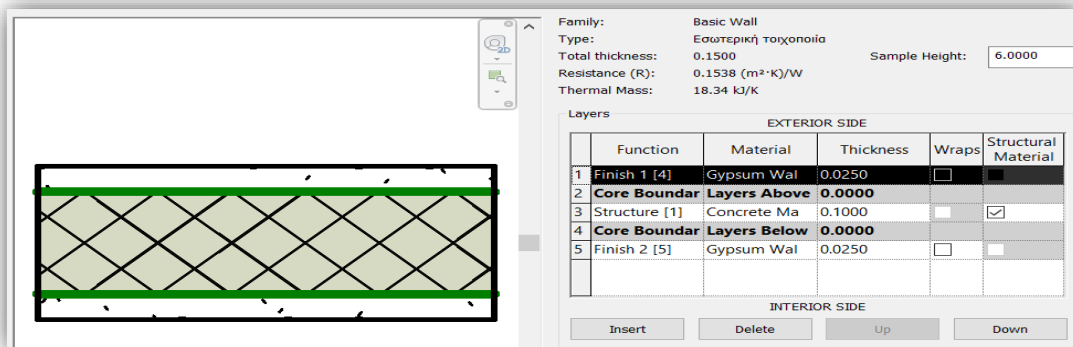
Η οροφή έχει πάχος 25cm, είναι κατασκευασμένη από επιτόπιο μή προπαρασκευασμένο σκυρόδεμα (Concrete in situ) που αποτελεί στήριγμα του ξύλινου σκελετού της κεραμοσκεπής. Το αριστερό μπαλκόνι που φέρει κεραμικά πλακάκια λειτουργεί ταυτόχρονα και ως οροφή για το αριστερό δωμάτιο του πρώτου ορόφου. Έχει πάχος 30 cm και κατασκευάζεται όμοια με σκυρόδεμα έχοντας ως επίστρωση τσιμεντοκονίαμα (μίγμα νερού – άμμου - τσιμέντου). Αξίζει να διευκρινιστεί πώς το επίστρωμα είναι επι της ουσίας ένα στρώμα επικάλυψης που εφαρμόζεται απευθείας στην υποκείμενη προυπάρχουσα βάση σκυροδέματος με σκοπό να βελτιωθούν επιφανειακές αστοχίες καθώς και να δημιουργηθεί μία ομοιόμορφη βάση για τα πλακίδια.

Τα διαφανή δομικά στοιχεία που έχουν επιλεγεί κατηγοριοποιούνται σε διαφορετικές τυπολογίες δεδομένου ότι έχουμε 10 ανεξάρτητα παράθυρα. Ο σχεδιασμός τους καθώς και οι θερμοτεχνικές ιδιότητες έχουν διαμορφωθεί από το ίδιο το Revit διότι έχουν προέλθει από την βιβλιοθήκη αντικειμένων (families) που προσφέρει. Έτσι λοιπόν, διακρίνονται ανήγματα με μονό ή διπλό υαλοπίνακα και διαφορετικά υλικά πλαισίων κουφωμάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι δίφυλλες μπαλκονόπορτες του πρώτου ορόφου είναι συρόμενες και έχουν δίδυμο υαλοπίνακα με αλουμινένια κουφώματα ενώ το άνοιγμα που υπάρχει ενδιάμεσα τους στο χώλ έχει μονό τζάμι με ξύλινο σκελετό.

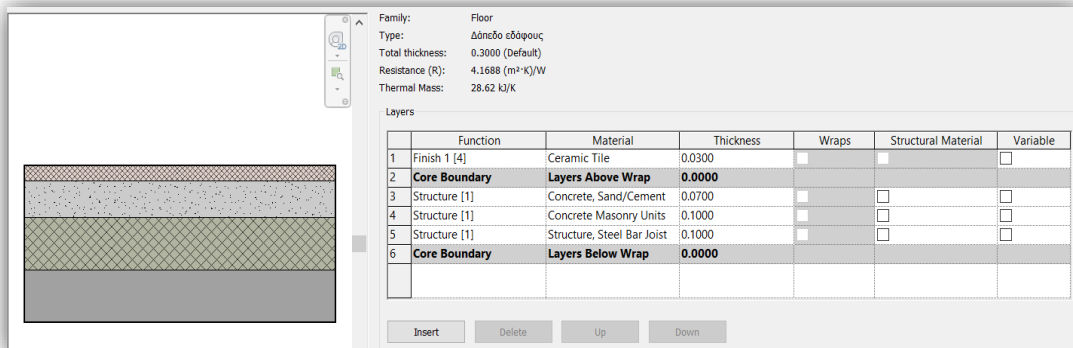
Τέλος, στο υπο μελέτη κτίριο συναντώνται πόρτες τριών ανεξάρτητων προδιαγραφών. Οι εσωτερικές πόρτες είναι εξ'ολοκλήρου από ξύλο και έχουν διαστάσεις 0762 x 2032mm , η εξωτερική κύρια θύρα προέρχεται από μέταλλο με διαστάσεις 1800 x 2100 mm ενώ στον δεύτερο όροφο υπάρχει ακόμα μία πόρτα που οδηγεί σε μπαλκόνι με ξύλινο πλαίσιο, μονό υαλοπίνακα, διαστάσεις 910 x 2110 mm και μορφολογία τύπου "French door".



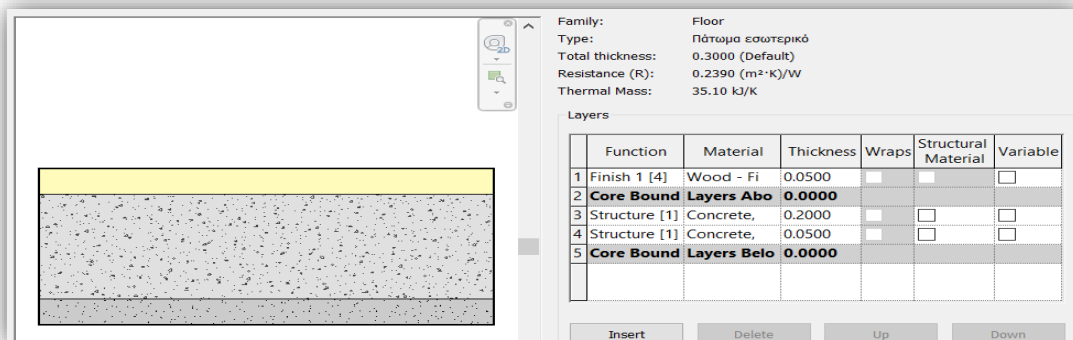
Σχήμα 2.20 Δομικά χαρακτηριστικά εξωτερικής τοιχοποιίας.



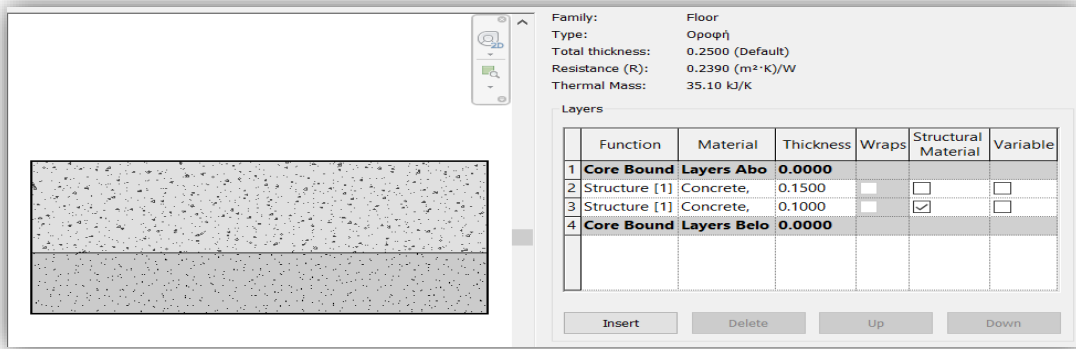
Σχήμα 2.21 Δομικά χαρακτηριστικά εσωτερικής τοιχοποιίας.



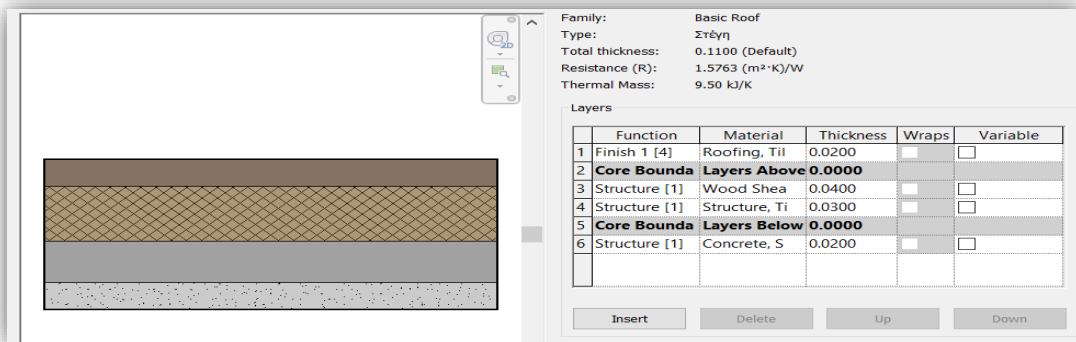
Σχήμα 2.22 Δομικά χαρακτηριστικά δαπέδου εδάφους.



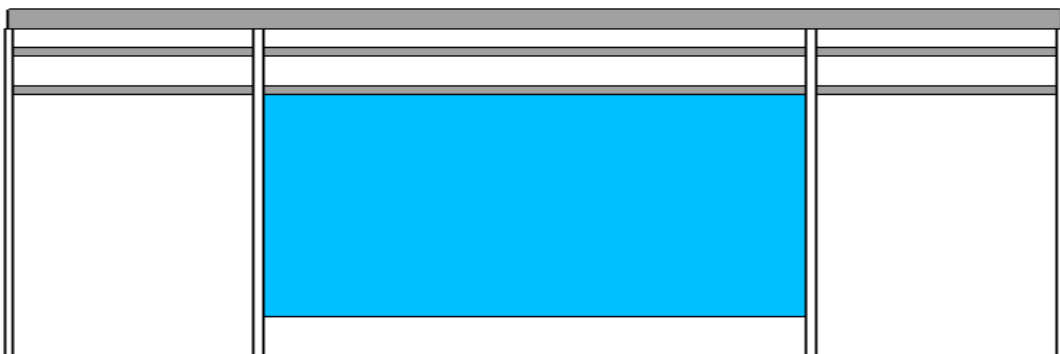
Σχήμα 2.23 Δομικά χαρακτηριστικά εσωτερικών δαπέδων.



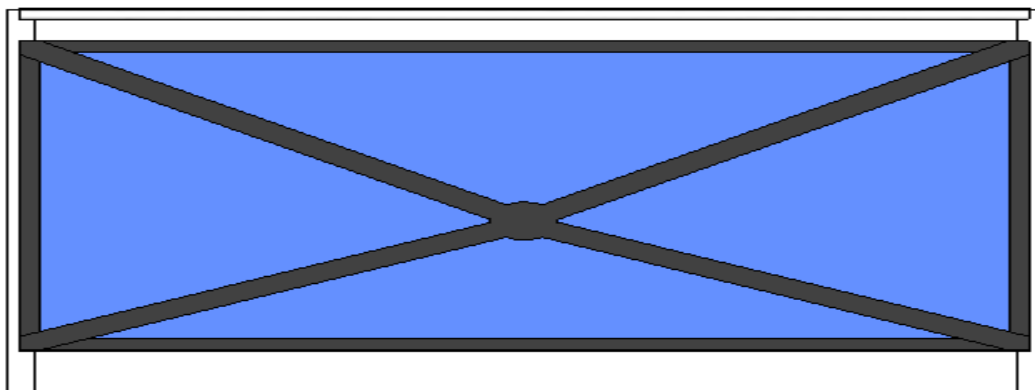
Σχήμα 2.24 Δομικά χαρακτηριστικά κύριας οροφής.



Σχήμα 2.25 Δομικά χαρακτηριστικά κεραμοσκεπής.

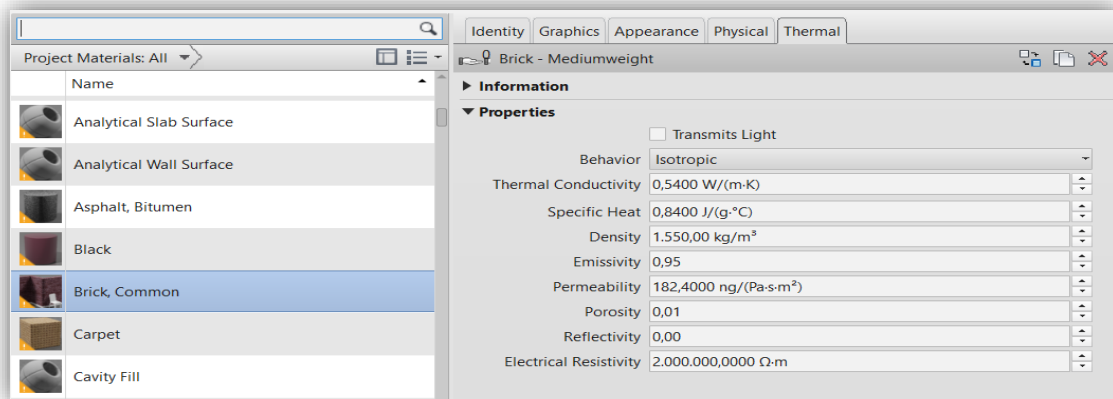


Σχήμα 2.26 Μορφολογία κιγκλιδώματος μπαλκονιού πρόσοψης.

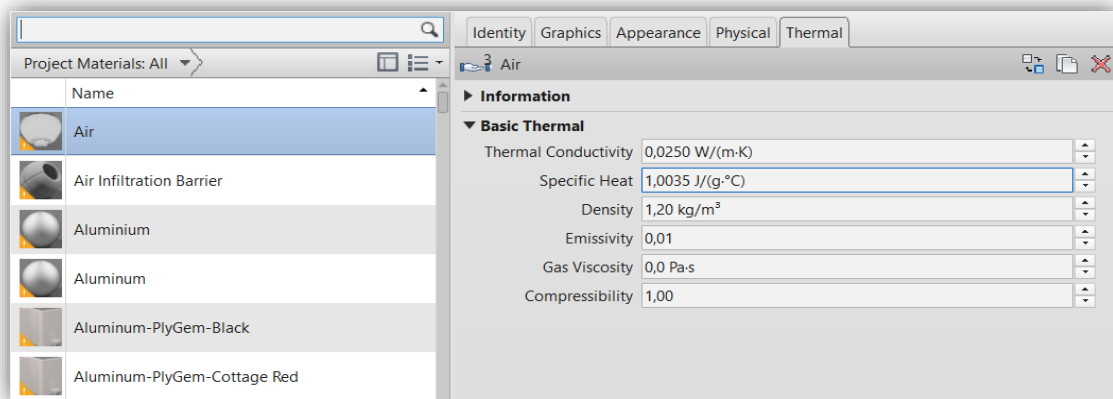


Σχήμα 2.27 Μορφολογία κιγκλιδώματος μπαλκονιού δυτικής όψης.

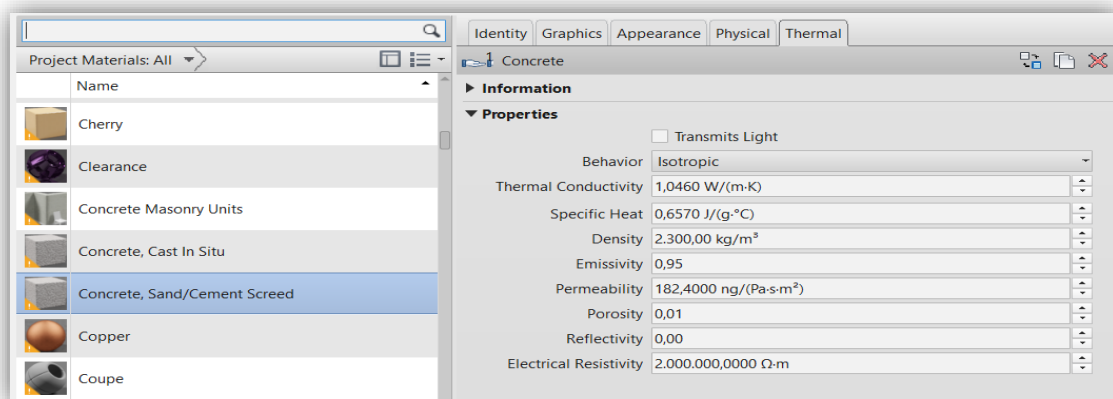
Στην συνέχεια ακολουθεί η παράθεση , όπως προκύπτει άμεσα από το λογισμικό, των θερμικών ιδιοτήτων των κύριων υλικών που συντέλεσαν στην διαμόρφωση του κελύφους:



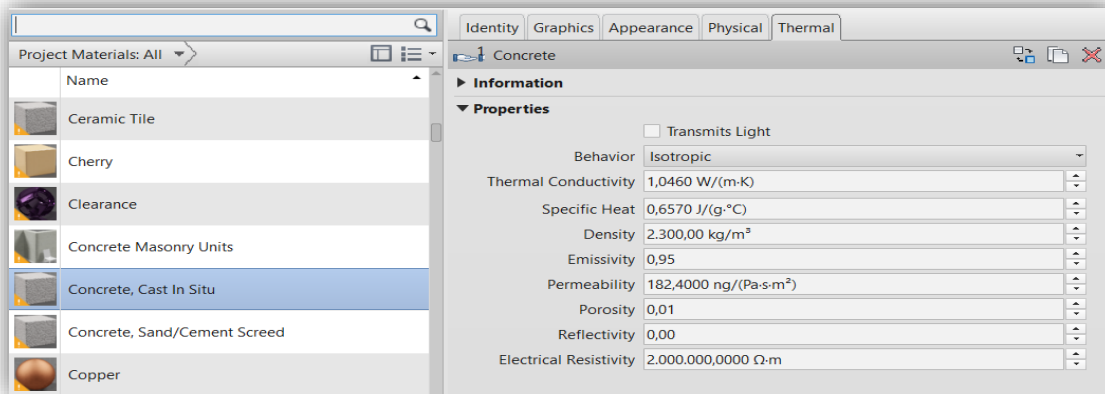
Σχήμα 2.28 Θερμικές ιδιότητες οπτόπλινθου.



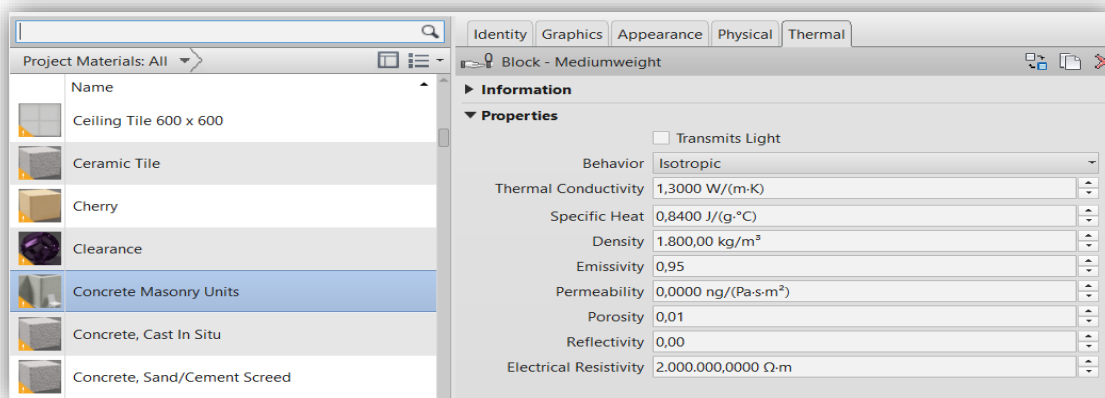
Σχήμα 2.29 Θερμικές ιδιότητες του αέρα που εμπεριέχεται στο διάκενο των τούβλων.



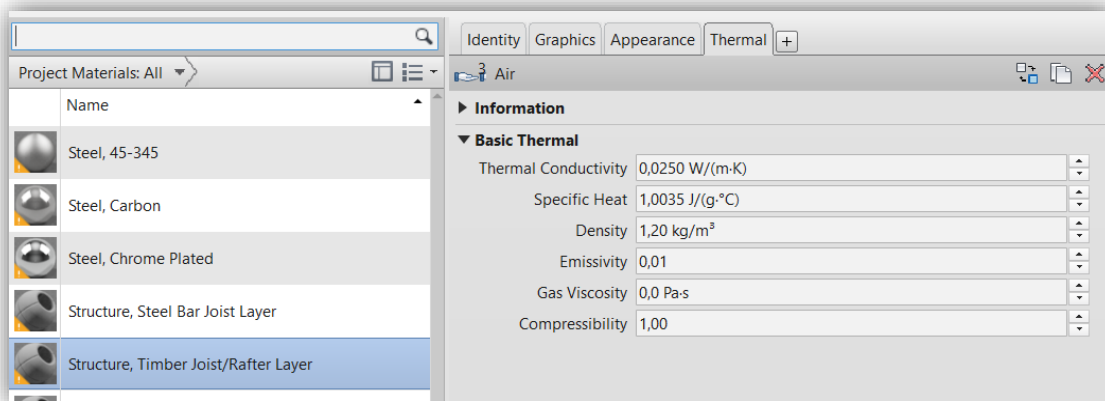
Σχήμα 2.30 Θερμικές ιδιότητες επίστρωσης μίγματος τσιμέντου-νερού-άμμου (τσιμεντοκονίαμα).



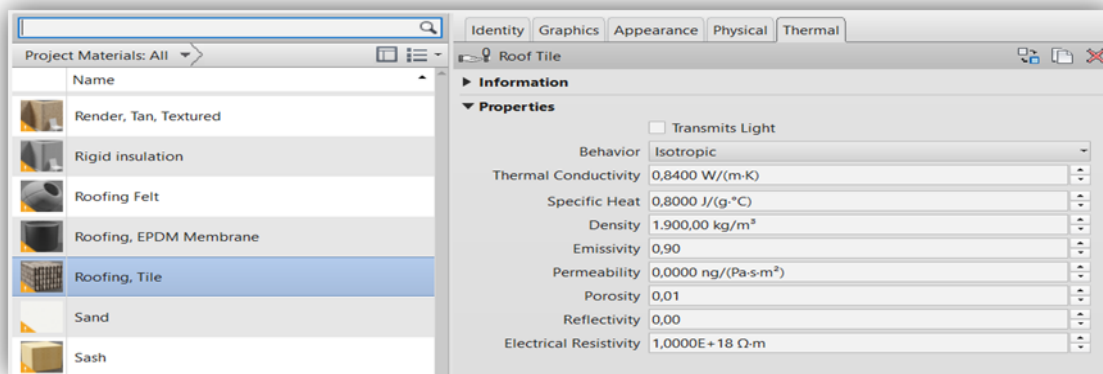
Σχήμα 2.31 Θερμικές ιδιότητες επι τόπιου σκυροδέματος.



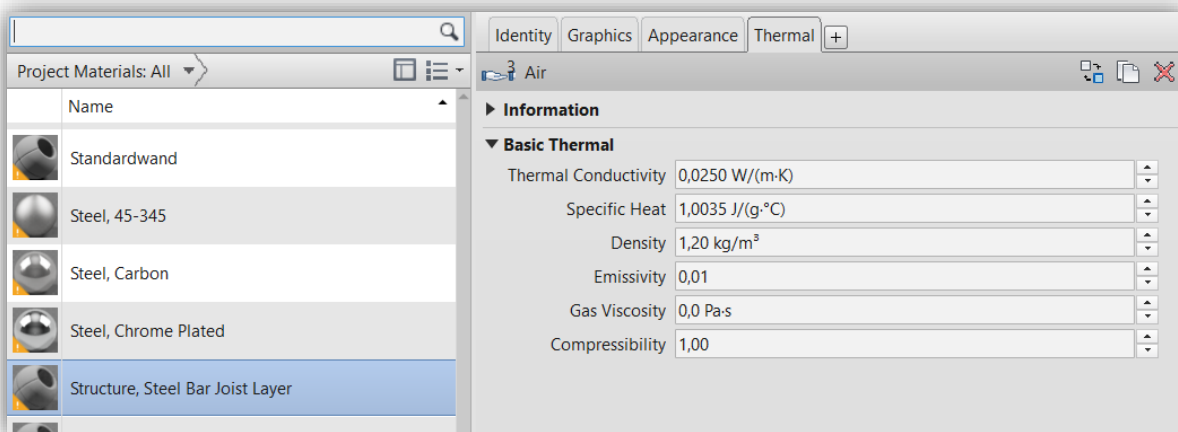
Σχήμα 2.32 Θερμικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος.



Σχήμα 2.33 Θερμικές ιδιότητες ξύλινου υποστεγάσματος.



Σχήμα 2.34 Θερμικές ιδιότητες κεραμικών πλακιδίων.



Σχήμα 2.35 Θερμικές ιδιότητες χαλύβδινων ραβδών του δαπέδου εδάφους.

Κεφάλαιο 3 : Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας επι μέρους δομικών στοιχείων και του κτιρίου ως σύνολο για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της χώρας.

3.1 Μεθοδολογία σύμφωνα με το πρότυπο Κ.Εν.Α.Κ

Στην παρούσα ενότητα της εργασίας , επιχειρείται η αναλυτική καταγραφή της σύνθεσης των δομικών στοιχείων της γεωμετρίας (διαφανών και αδιαφανών) προκειμένου να εφαρμοστεί η μεθοδολογία σύμφωνα με το πρότυπο για την σωστή υλοποίηση θερμικής μελέτης. Στην ενεργειακή μελέτη πρέπει για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει θερμική ζώνη του κτιρίου με τον εξωτερικό αέρα, με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενο χώρο να αναλύετε η σύσταση των υλικών που το συνθέτουν αλλά και να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U . Ως αποτέλεσμα αυτού θα συντρέξουμε στα δεδομένα που μας παρέχει το λογισμικό σχετικά με τον συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου στο υπο μελέτη κτίριο μας.

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου περιλαμβάνει 2 στάδια :

1. Στο πρώτο πρέπει οι τιμές U των επί μέρους δομικών στοιχείων να υπολείπονται της μέγιστης επιτρεπτής τιμής U_{max} που ορίζει ο κανονισμός ανά κλιματική ζώνη.
2. Στο δεύτερο στάδιο ελέγχεται η θερμομονωτική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου. Πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του κτηρίου U_m να μην υπερβαίνει την μέγιστη τιμή $U_{m,max}$. Δηλαδή πρέπει $U_m \leq U_{m,max}$ όπου το $U_{m,max}$ υπολογίζεται από πίνακα με βάση το λόγο του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου προς τον όγκο του (A/V).

Παρακάτω παρατίθενται σύμφωνα με την TOTEE 20701-1 οι μέγιστες τιμές του συντελεστή U των δομικών στοιχείων:

Πίνακας 3.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων (TEE, 2017α).

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	$U_{v,d}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	$U_{v,w}$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	$U_{v,de}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,e}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,we}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοιγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	$U_{v,f}$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	$U_{v,gf}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία, ο ενεργειακός επιθεωρητής για να καταγράψει την συμπεριφορά θερμοδιαπερατότητας των δομικών στοιχείων, μπορεί είτε να ανατρέξει σε σχετικούς βοηθητικούς πίνακες που έχουν καταχωρημένα στοιχεία για κτίρια που έχουν ανεγερθεί πριν την εφαρμογή του ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (1979) με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία, είτε να υπολογίσει ο τους τους σχετικούς συντελεστές, με την προϋπόθεση ότι κατέχει όλα τα απαραίτητα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που διαθέτει. Ωστόσο το συγκεκριμένο πρόβλημα για το υπάρχον κτίριο εύκολα επιλύεται καθώς τους υπολογισμούς τους αναλαμβάνει το λογισμικό με βάση τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται στη δομή μας. Επιπλέον, η οδηγία προβλέπει ότι η σύγκριση των τιμών θα γίνει με βάση τις τιμές μεταβλητών που παραθέτει ο ΚΕΝΝΑΚ και όχι ο προγενέστερος κανονισμός θερμομόνωσης, ανεξαρτήτου ημερομηνίας έκδοσης οικοδομικής άδειας.

Η διεκπεραίωση του δεύτερου σταδίου του ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας περιλαμβάνει τον υπολογισμό της μέσης τιμής θερμοπερατότητας του κτιρίου και την σύγκριση της με την μέγιστη επιτρεπτή τιμή. Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτελεστεί η παραπάνω διαδικασία είναι ο υπολογισμός όλων των γεωμετρικών επιφανειών του κτιρίου αλλά και του συνολικού όγκου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο προσδιορισμός της μέγιστης επιτρεπτής τιμής είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τον λόγο A/V (ΤΕΕ, 2017α).

Όπου :

A: το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών που περικλείουν το κέλυφος μας

V: ο αντίστοιχος όγκος που περικλείεται, με την διαφορά ότι δεν συμπεριλαμβάνονται χώροι κοινόχρηστοι όπως το κλιμακοστάσιο αλλά και μη θερμαινόμενοι χώροι που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου.

Σύμφωνα λοιπόν με την τεχνική οδηγία του Κ.Εν.Α.Κ στον πίνακα 3.3β, προβλέπεται πως ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{max} του κτιρίου για κάθε κλιματική ζώνη της χώρας θα λαμβάνεται με βάση την παρακάτω κατηγοριοποίηση :

Πίνακας 3.2 Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής U_{max} (ΤΕΕ, 2017α)

F/V (m^{-1})	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U_m) σε $[W/m^2 \cdot K]$			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του υφιστάμενου κτιρίου προκύπτει από την συνεκτίμηση αρκετών παραμέτρων όπως οι επιμέρους συντελεστές των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν τον θερμαινόμενο χώρο μας με τον προσδιορισμό των αντίστοιχων εμβαδόν, τον καθορισμό των θέσεων που αναπτύσσονται οι γραμμικές θερμογεφυρες καθώς επίσης και τον εντοπισμό των σχετικών συντελεστών όπως προβέπεται από το πρότυπο. Συνεπώς καταλήγουμε στην παρακάτω γενική έκφραση :

$$Um = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b + \sum_{i=1}^v l_i * \Psi_i * b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [\text{W} / (\text{m}^2\text{K})] \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

Όπου :

- A_j : εμβαδόν δομικού στοιχείου,
- U_j : συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου,
- Ψ_j : συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου,
- l_j : μήκος θερμογέφυρας,
- b : μειωτικός συντελεστής.

Για την εύρεση των θερμικών απωλειών διαμέσου των θερμογεφυρών, εντοπίζεται κάθε τύπος θερμογέφυρας στις θέσεις που εμφανίζονται, οι οποίες εκφράζονται μέσω του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ) και για τον καθορισμό ανατρέχουμε στην ΤΟΤΕΕ 20701-2 (ΤΕΕ, 2017β). Συγκεκριμένα από Πίνακα 15 για κατακόρυφες θερμογέφυρες που σχηματίζουν εξωτερική γωνία εξαιτίας της προεξοχής ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλουν στον σχηματισμό της γωνίας, αναγράφεται συντελεστής $\Psi = 0,2$ ($\text{W}/\text{m}^*\text{K}$). Όμοια για τις οριζόντιες θερμογέφυρες λαμβάνεται $\Psi = 0,5$ ($\text{W}/\text{m}^*\text{K}$). Πρόκειται για αντιπροσωπευτικές τιμές θερμογεφυρών που προσομοιάζουν την μεταφορά θερμότητας στο κτίριο με ελάχιστη απόκλιση έναντι της μεθοδολογίας που προτείνει ο Κ.Εν.Α.Κ δηλαδή με την προσαύξηση κατά 0,2 στους συντελεστές θερμοπερατότητας. Στο κτιριακό κέλυφος οι θερμογέφυρες δρούν επιβαρυντικά στην προσπάθεια για ενίσχυση της θερμικής προστασίας καθώς διευκολύνουν την μεταφορά θερμότητας και συγχρόνως προσαυξάνουν τις καταναλώσεις μας. Διαιρούνται σε δύο κατηγορίες, τις σημειακές και τις γραμμικές ενώ εντοπίζονται συνήθως σε θέσεις όπου έχουμε αλλαγή γεωμετρίας ή διαφοροποίηση υλικού καθώς επίσης και σε σημεία όπου παρατηρούνται ατέλειες στην θερμομονωτική στρώση.

Αναφορικά με το αντικείμενο διερεύνησης της εργασίας , θα πρέπει να τονιστεί πως όλη η παραπάνω διεργασία θα επιτελεστεί επαναληπτικά και μεμονωμένα για κάθε κλιματική ζώνη της χώρας μας προκειμένου να πιστοποιηθεί σε κάθε περιοχή το μέγεθος της ανεπαρκούς θερμικής προστασίας, η οριοθέτηση της οποίας καθοδηγεί στην λήψη των ενδεδειγμένων παρεμβάσεων. Συνεπώς θα πρέπει να ορίστουν τέσσερις πόλεις αναφοράς όπου η κάθε μία θα αντικατοπτρίζει και θα φέρει τα κλιματολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται σε κάθε ζώνη. Αυτή η εξεύρεση και αποτύπωση των πόλεων θα είναι χρήσιμη και σε επόμενα στάδια της ενεργειακής μελέτης.

Οι επιλέξιμες περιοχές ανά ζώνη στις οποίες θα εδράζεται και θα μοντελοποιείται το υπο μελέτη κτίριο υπο την επίδραση των ιδιόμορφων περιβαλλοντικών συνθηκών είναι :

1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α: ΧΑΝΙΑ
2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β: ΛΕΥΚΑΔΑ
3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
4. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

3.2 Ελεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Α κλιματική ζώνη.

Ο διαχωρισμός των νομών της ελληνικής επικράτειας σε τέσσερις κλιματικές ζώνες (με θερμότερη την Α και κλιμακώνοντας ψυχρότερη την Δ), διαμορφώνεται βάσει των επικρατούντων θερμοκρασιακών συνθηκών. Στην πρώτη ζώνη συναντάμε κυρίως παραθαλάσσιες περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεγάλες περιόδους ηλιοφάνειας με ζεστά - ξηρά καλοκαίρια αλλά και ήπιους χειμώνες.

Η έδραση του εξεταζόμενου κτιρίου στην Α κλιματική ζώνη και συγκεκριμένα στην περιοχή των Χανίων προϋποθέτει την υιοθέτηση ενδεδειγμένων μέγιστων ορίων συντελεστών θερμοπερατότητας στα προς διαμόρφωση στοιχεία μας. Ανατρέχοντας στους σχετικούς πίνακες συλλέγονται τα εξής δεδομένα:

Πίνακας 3.3 Δομικά στοιχεία κτιρίου για την Α ζώνη.

Δομικά Στοιχεία	$U_{i_lim}(W/m^2K)$
Εξωτερική τοιχοποιία	0,6
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	1,2
Ανοίγματα	3,2
Οροφή	0,5
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	1,5

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί πως η κύρια οροφή αποτελεί μία κατασκευή που συναπαρτίζεται από την κεραμοσκεπή και το δώμα. Διευκρινιστικά λοιπόν, σε ότι αφορά την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της σύνθετης διάταξης, θεωρήθηκε ότι το κάθε στοιχείο συμπεριφέρεται ως επιμέρους στρώση υλικού και λαμβάνοντας υπόψη τις αντίστοιχες θερμικές αντιστάσεις καταλήξαμε στην εξής έκφραση :

$$U_{οροφ} = \frac{1}{R_{σκηπής} + R_{δώματος}} = \frac{1}{1,5763 + 0,239} = 0,55 \frac{W}{m^2K} \quad (\text{Σχέση 3.2})$$

Στην υφιστάμενη γεωμετρία , η συνολική επιφάνεια που περικλείει τον χώρο λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των ορόφων, ανέρχεται σε $A = 380,462 m^2$, ενώ ο αντίστοιχος όγκος είναι $V = 366,5 m^3$.

Επομένως, όπως προβλέπεται από τον κατάλληλο πίνακα, για λόγο $A/V=1,03 m^{-1}$ έχουμε: $U_{max} = 0,81 \frac{W}{m^2K}$.

Παρακάτω απεικονίζονται τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων μας :

Πίνακας 3.4 Αναλυτική καταγραφή δομικών στοιχείων

Στοιχεία 1ου & 2ου ορόφου Aklimatikh	Προσανατολισμός	l(m)	Ψj(W/mK)	Aj(m ²)	Uj(W/m ² K)	b(-)	U _{i,lim} (W/m ² K)	Έλεγχος τήρησης ορίου ΚΕΝΑΚ	U _{i,f}	U _{i,f} A _j b	I _j Ψ _j b(W/K)	U _M (W/m ² K)
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Νότιος			12	0,413	1	0,6	NAI	0,413	4,956		
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(ισόγειο)	Νότιος			6	0,413	0,5	1,5	NAI	0,413	1,239		
Παράθυρο 1 (ισόγειο)	Νότιος			2,52	5,9	1	3,2	OXI	5,9	14,868		
Παράθυρο 2 (δίδυμος υαλοπίνακας-ισόγειο)	Νότιος			1,88	1,98	1	3,2	NAI	1,98	3,722		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Νότιος			21,57	0,413	1	0,6	NAI	0,413	8,308		
Παράθυρο 1 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	3,2	NAI	2,55	12,75		
Παράθυρο 2 (1ος όροφος)	Νότιος			1,5	5,9	1	3,2	OXI	5,9	8,85		
Παράθυρο 3 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	3,2	NAI	2,55	12,75		
Οροφή (1ος όροφος)	-			14,627	0,895	1	0,5	OXI	0,895	13,09		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Νότιος			13,98	0,413	1	0,6	NAI	0,413	5,77		
Παράθυρο 1 (2ος όροφος)	Νότιος			1,44	6,7	1	3,2	OXI	6,7	9,648		
Παράθυρο 2 (2ος όροφος)	Νότιος			5	3,12	1	3,2	NAI	3,12	15,6		
Εξωτερικός τοίχος	Βόρειος			87,7	0,413	1	0,6	NAI	0,413	36,22		
Εξωτερικός τοίχος	Ανατολικός			50,816	0,413	1	0,6	NAI	0,413	20,98		
Παράθυρο (ισόγειο)	Ανατολικός			5,01	3,19	1	3,2	NAI	3,19	15,98		
Παράθυρο (1ος όροφος)	Ανατολικός			0,7	2,856	1	3,2	NAI	2,856	1,99		
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Δυτικός			10,935	0,413	1	0,6	NAI	0,413	4,51		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Δυτικός			9,6	0,413	1	0,6	NAI	0,413	3,96		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Δυτικός			12,252	0,413	1	0,6	NAI	0,413	5,06		
Παράθυρο (ισόγειο)	Δυτικός			2,787	3,19	1	3,2	NAI	3,19	8,89		
Εξωτερική Πόρτα (ισόγειο)	Δυτικός			3,6	3,7	1	3,2	OXI	3,7	13,32		
Πόρτα (2ος όροφος)	Δυτικός			1,92	5,3	1	3,2	OXI	5,3	10,176		
Δάπεδο εδάφους	-			60,625	0,239	1	1,2	NAI	0,239	14,48		
Οροφή (2ος όροφος)	-			44	0,55	1	0,5	OXI	0,55	24,2		
Οριζ. Θερμογέφυρα		130	0,2									
Κατακ. Θερμογέφυρα		102	0,5									
ΣΥΝΟΛΟ				380,462						271,317	77	0,917

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του κτιρίου όπως προκύπτει από την εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας εκτιμάται σε : $U_m = 0,917 \frac{W}{m^2K}$ και υπερβαίνει το ανώτερο επιτρεπτό όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ .

Διαπιστώνεται πως υπάρχουν δομικά στοιχεία στην γεωμετρία με συντελεστή θερμοπερατότητας που όχι μόνο δεν υπολείπονται σε σχέση με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές αλλά εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις. Αυτό συναντάται κυρίως στα παράθυρα και τις πόρτες. Συνεπώς δεν ικανοποιείται κανένα κριτήριο του ελέγχου και το κτήριο κρίνεται θερμομονωτικά ανεπαρκές που χρήζει επιτακτική την ανάγκη για διερεύνηση των συνθηκών που συμβάλλουν στον περιορισμό της θερμικής προστασίας του και στην εξεύρεση των κατάλληλων επεμβάσεων που θα επιφέρουν τα επιθυμητά επίπεδα θερμοαγωγιμότητας.

Ως πρώτη εκτίμηση, το γεγονός πως η εξωτερική τοιχοποιία πληρεί τα όρια των προδιαγραφών και δυναμικά δεν έχει μεγάλες απώλειες από αυτές τις επιφάνειες οδηγεί στο

συμπέρασμα πως η ενδεδειγμένη επέμβαση που θα συνεισφέρει στον μετριασμό της θερμικής ανεπάρκειας θα είναι η προσθήκη μόνωτικού υλικού στις οροφές καθώς επίσης και η αντικατάσταση κουφωμάτων.

3.3 Ελεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Β κλιματική ζώνη.

Ακολουθώντας παρόμοια διαδικασία για την περίπτωση κατά την οποία το εξεταζόμενο κτίριο είναι θεμελιωμένο στην περιοχή της Λευκάδας που εντάσσεται στην Β κλιματική ζώνη με βάση τις βαθμοήμερες θέρμανσης, λαμβάνονται από σχετικούς πίνακες δεδομένα σχετικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια στους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Συγκεκριμένα παρατηρείται :

Πίνακας 3.5 Δομικά στοιχεία κτιρίου για την Β ζώνη.

Δομικά Στοιχεία	$U_{i_lim}(W/m^2K)$
Εξωτερική τοιχοποιία	0,5
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	0,9
Ανοίγματα	3
Οροφή	0,45
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	1

Επομένως, όπως προβλέπεται από τον κατάλληλο πίνακα, για λόγο $A/V = 1,03$ έχουμε μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας για όλο το κτίριο ίση με :

$$U_{max} = 0,73 \frac{W}{m^2K}.$$

Η μέση τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου παραμένει σταθερή όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενη ενότητα και ίση με: $U_m = 0,917 \frac{W}{m^2K}$.

Επομένως δεν ικανοποιείται το δεύτερο κριτήριο του ελέγχου γεγονός που συνάδει με την αναποτελεσματική θερμική προστασία ενώ καλλιεργούνται μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Το εύλογο ερώτημα που γεννάται είναι το ποιες αλλαγές θα πρέπει να εφαρμοστούν που να προσαρμόζονται με τις προδιαγραφές του προτύπου Κ.Εν.Α.Κ. Η απάντηση θα δοθεί με την εξέταση καθενός δομικού στοιχείου μεμονομένα για το εάν και κατά πόσο οι αντίστοιχοι συντελεστές θερμοπερατότητας βρίσκονται εντός των επιτρεπτών τιμών. Όπως παρατίθεται παρακάτω οι οροφές , οι πόρτες και ορισμένα ανοίγματα δεν συμβαδίζουν με τα όρια και συνεπώς συνίσταται η αντικατάσταση. Παρατηρούνται παρόμοια χαρακτηριστικά με την Α κλιματική ζώνη με εξαίρεση ένα παράθυρο στον δεύτερο όροφο και αυτό άπτεται στο γεγονός ότι οι επιτρεπτές τιμές δεν παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση μεταξύ της Α και Β ζώνης.

Παρακάτω απεικονίζονται τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων μας :

Πίνακας 3.6 Αναλυτική καταγραφή δομικών στοιχείων.

Στοιχεία 1ου & 2ου ορόφου Β ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ	Προσανατολισμός	Ij(m)	Ψj(W/mK)	Aj(m ²)	Uj(W/m ² K)	b(-)	U _{i,lim} (W/m ² K)	Έλεγχος τήρησης ορίου KENAK	U _{i,f}	U _{i,f} A _j b	I _j Ψ _j b(W/K)	U _Δ (W/m ² K)
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Νότιος			12	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	4,956		
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(ισόγειο)	Νότιος			6	0,4135	0,5	1	ΝΑΙ	0,413	1,239		
Παράθυρο 1 (ισόγειο)	Νότιος			2,52	5,9	1	3	ΌΧΙ	5,9	14,868		
Παράθυρο 2 (δίδυμος υαλοπίνακας-ισόγειο)	Νότιος			1,88	1,98	1	3	ΝΑΙ	1,98	3,7224		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Νότιος			21,57	0,4135	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	8,908		
Παράθυρο 1 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	3	ΝΑΙ	2,55	12,75		
Παράθυρο 2 (1ος όροφος)	Νότιος			1,5	5,9	1	3	ΌΧΙ	5,9	8,85		
Παράθυρο 3 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	3	ΝΑΙ	2,55	12,75		
Οροφή (1ος όροφος)	-			14,627	0,895	1	0,45	ΌΧΙ	0,895	13,09		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Νότιος			13,98	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	5,773		
Παράθυρο 1 (2ος όροφος)	Νότιος			1,44	6,7	1	3	ΌΧΙ	6,7	9,648		
Παράθυρο 2 (2ος όροφος)	Νότιος			5	3,12	1	3	ΌΧΙ	3,12	15,6		
Εξωτερικός τοίχος	Βόρειος			87,7	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	36,22		
Εξωτερικός τοίχος	Ανατολικός			50,816	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	20,98		
Παράθυρο (ισόγειο)	Ανατολικός			5,01	3,19	1	3	ΌΧΙ	3,19	15,98		
Παράθυρο (1ος όροφος)	Ανατολικός			0,7	2,856	1	3	ΝΑΙ	2,856	1,99		
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Δυτικός			10,935	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	4,51		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Δυτικός			9,6	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	3,96		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Δυτικός			12,252	0,413	1	0,5	ΝΑΙ	0,413	5,06		
Παράθυρο (ισόγειο)	Δυτικός			2,787	3,19	1	3	ΌΧΙ	3,19	8,89		
Εξωτερική Πόρτα (ισόγειο)	Δυτικός			3,6	3,7	1	3	ΌΧΙ	3,7	13,32		
Πόρτα (2ος όροφος)	Δυτικός			1,92	5,3	1	3	ΌΧΙ	5,3	10,176		
Δάπεδο εδάφους	-			60,625	0,239	1	0,9	ΝΑΙ	0,239	14,48		
Οροφή (2ος όροφος)	-			44	0,55	1	0,45	ΌΧΙ	0,55	24,2		
Οριζ. Θερμογέφυρα		129,9	0,2									
Κατακ. Θερμογέφυρα		102	0,5									
ΣΥΝΟΛΟ				380,462						271,92	77	0,917

3.4 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Γ κλιματική ζώνη.

Στην παρούσα διερεύνηση της θερμομονωτικής επάρκειας το εξεταζόμενο κτίριο εδράζεται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης που ανήκει στην Γ κλιματική ζώνη. Επομένως υπάρχει αναπροσαρμογή και υποτίμηση των ανώτατων επιτρεπτών τιμών στους συντελεστές θερμοπερατότητας για τα δομικά στοιχεία . Αυτό προκύπτει επειδή εμφανίζονται λιγότερες βαθμοήμερες θέρμανσης με ελαφρώς ψυχρότερους χειμώνες και χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες που συνεπάγεται λιγότερα ηλιακά και θερμικά κέρδη. Επομένως συναντώνται περισσότερες απαιτήσεις και εντονότερη εναλλαγή θερμότητας από τις επιφάνειες . Οι σχετικοί ανώτατοι δείκτες οριοθετούνται ως εξής :

Πίνακας 3.7 Δομικά στοιχεία κτιρίου για την Γ ζώνη.

Δομικά Στοιχεία	$U_{i_lim}(W/m^2K)$
Εξωτερική τοιχοποιία	0,45
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	0,75
Ανοίγματα	2,8
Οροφή	0,4
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	0,8

Όπως προβλέπεται από τον κατάλληλο πίνακα, για λόγο $A/V=1,03$ επανακαθορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας για όλο το κτίριο. Τελικώς, για την Γ κλιματική ζώνη έχουμε : $U_{max} = 0,66 \frac{W}{m^2K}$.

Η μέση τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου μας παραμένει σταθερή όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενη ενότητα και ίση με: $U_m = 0,917 \frac{W}{m^2K}$, τιμή που ασφαλώς είναι αρκετά υψηλότερη από την U_{max} με αποτέλεσμα να μην καλύπτονται οι απαιτήσεις του δεύτερου κριτηρίου κατά τον έλεγχο. Όπως θα διαπιστώθει παρακάτω με την παράθεση των σχετικών συγκρίσεων των εκάστοτε δομικών στοιχείων με τα αντίστοιχα όρια, η γεωμετρία υστερεί εντονότερα σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις έδρασης διότι εκτός του ότι η οροφή και ορισμένα παράθυρα δεν πληρούν τα όρια του πρώτου κριτηρίου αλλά και η εξωτερική τοιχοποιία έχει συντελεστή που πλησιάζει ή "ακουμπάει" το όριο $U_{i_lim} = 0,45 (W/m^2K)$. Αυτό επιφέρει την πρωτοβουλία αναζήτησης και επεξεργασίας ενός εναλλακτικού σεναρίου επέμβασης που θα περιλαμβάνει υλικά μόνωσης περιμετρικά της οικίας μας.

Παρακάτω απεικονίζονται τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων μας :

Πίνακας 3.8 Αναλυτική καταγραφή δομικών στοιχείων.

Στοιχεία 1ου & 2ου ορόφου	Προσανατολισμός	Ij(m)	Ψj(W/mK)	Aj(m ²)	Uj(W/m ² K)	b(-)	U _{i,im} (W/m ² K)	Ελεγχος τήρησης ορίου KENAK	U _{i,f}	U _{i,f} A _j b	I _j Ψ _j b(W/K)	U _M (W/m ² K)
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Νότιος			12	0,413	1	0,45	NAI	0,413	4,956		
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(ισόγειο)	Νότιος			6	0,413	0,5	0,8	NAI	0,413	1,239		
Παράθυρο 1 (ισόγειο)	Νότιος			2,52	5,9	1	2,8	ΌΧΙ	5,9	14,868		
Παράθυρο 2 (βίδυμος υαλοπίνακας-ισόγειο)	Νότιος			1,88	1,98	1	2,8	NAI	1,98	3,72		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Νότιος			21,57	0,413	1	0,45	NAI	0,413	8,9		
Παράθυρο 1 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	2,8	NAI	2,55	12,75		
Παράθυρο 2 (1ος όροφος)	Νότιος			1,5	5,9	1	2,8	ΌΧΙ	5,9	8,85		
Παράθυρο 3 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	2,8	NAI	2,55	12,75		
Οροφή (1ος όροφος)	-			14,627	0,895	1	0,4	ΌΧΙ	0,895	13,09		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Νότιος			13,98	0,413	1	0,45	NAI	0,413	5,77		
Παράθυρο 1 (2ος όροφος)	Νότιος			1,44	6,7	1	2,8	ΌΧΙ	6,7	9,648		
Παράθυρο 2 (2ος όροφος)	Νότιος			5	3,12	1	2,8	ΌΧΙ	3,12	15,6		
Εξωτερικός τοίχος	Βόρειος			87,7	0,413	1	0,45	NAI	0,413	36,22		
Εξωτερικός τοίχος	Ανατολικός			50,816	0,4135	1	0,45	NAI	0,413	20,98		
Παράθυρο (ισόγειο)	Ανατολικός			5,01	3,19	1	2,8	ΌΧΙ	3,19	15,98		
Παράθυρο (1ος όροφος)	Ανατολικός			0,7	2,856	1	2,8	NAI	2,856	1,99		
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Δυτικός			10,935	0,413	1	0,45	NAI	0,413	4,51		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Δυτικός			9,6	0,413	1	0,45	NAI	0,413	3,96		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Δυτικός			12,252	0,413	1	0,45	NAI	0,413	5,06		
Παράθυρο (ισόγειο)	Δυτικός			2,787	3,19	1	2,8	ΌΧΙ	3,19	8,89		
Εξωτερική Πόρτα (ισόγειο)	Δυτικός			3,6	3,7	1	2,8	ΌΧΙ	3,7	13,32		
Πόρτα (2ος όροφος)	Δυτικός			1,92	5,3	1	2,8	ΌΧΙ	5,3	10,176		
Δάπεδο εδάφους	-			60,625	0,239	1	0,75	NAI	0,239	14,48		
Οροφή (2ος όροφος)	-			44	0,55	1	0,4	ΌΧΙ	0,55	24,2		
Οριζ. Θερμογέφυρα		129,9	0,2									
Κατακ. Θερμογέφυρα		102	0,5									
ΣΥΝΟΛΟ				380,462						271,907	77	0,917

3.5 Έλεγχος θερμοπερατότητας στην περίπτωση έδρασης του κτιρίου στην Δ κλιματική ζώνη.

Στην παρούσα διερεύνηση της θερμομονωτικής επάρκειας το εξεταζόμενο κτίριο εδράζεται στην περιοχή της Κοζάνης που ανήκει στην Δ κλιματική ζώνη. Πρόκειται για ορεινή περιοχή με μεγάλο υψόμετρο και απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι δύο τελευταίοι είναι οι επικρατέστεροι παράγοντες για τους οποίους όλα τα μέρη που κατατάσσονται στην Δ κλιματική ζώνη υπόκεινται σε ψυχρούς χειμώνες με μεγάλες περιόδους βροχόπτωσης και δροσερά καλοκαίρια.

Επιτελώντας κατά σειρά τα βήματα της μεθόδου, αρχικά καταγράφονται τα αναθεωρημένα ανώτατα επιτρεπτά όρια των τιμών θερμοδιαπερατότητας για τα δομικά στοιχεία και έπειτα επιβεβαιώνεται εάν πληρούν τα όρια ή όχι. Έτσι λοιπόν έχουμε :

Πίνακας 3.9 Δομικά στοιχεία κτιρίου για την Δ ζώνη.

Δομικά Στοιχεία	$U_{i_lim}(W/m^2K)$
Εξωτερική τοιχοποιία	0,4
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	0,7
Ανοίγματα	2,6
Οροφή	0,35
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	0,7

Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του κτιρίου όπως δίνεται από τον σχετικό πίνακα για την Δ κλιματική ζώνη ανέρχεται σε : $U_{max} = 0,6 \frac{W}{m^2K}$, τιμή αρκετά χαμηλότερη από τον μέσο συντελεστή του κτηρίου ($U_m = 0,917 \frac{W}{m^2K}$), ένδειξη που δίνει την εντύπωση πως θα χρειαστεί να καταστρωθεί ένα δυναμικό πρόγραμμα παρεμβάσεων στην κατεύθυνση της ενίσχυσης της προστασίας. Η πεποίθηση αυτή μετασχηματίζεται σε βεβαιότητα αν αναλογιστούμε πως η τοιχοποιία έχει υψηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας ($U_i = 0,4135 \frac{W}{m^2K}$) από το όριο U_{i_lim} με αποτέλεσμα σχεδόν όλα τα δομικά στοιχεία της γεωμετρίας μας να χαρακτηρίζονται από έλλειψη θερμομονωτικής επάρκειας και αδυναμίας στο να διασφαλίσουν τον περιορισμό των απωλειών ενέργειας καθώς επίσης και να ανταποκριθούν στις επικρατούσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των χαμηλών θερμοκρασιών.

Συμπερασματικά, η μη τήριση κανενός σταδίου του ελέγχου καθώς επίσης και οι μεγάλες αποκλίσεις που εμφανίζονται δημιουργούν τεράστια περιθώρια ενεργειακών επεμβάσεων που θα βελτιώσουν την θωράκιση του κελύφους και συγχρόνως θα καταστήσουν το ακίνητό μας ενεργειακά αποδοτικότερο περιορίζοντας το ενεργειακό του αποτύπωμα.

Παρακάτω απεικονίζονται τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων μας :

Πίνακας 3.10 Αναλυτική καταγραφή δομικών στοιχείων.

Στοιχεία 1ου & 2ου ορόφου	Προσανατολισμός	Ij(m)	Ψj(W/mK)	Aj(m ²)	Uj(W/m ² K)	b(-)	U _{i, min} (W/m ² K)	Έλεγχος τήρησης ορίου ΚΕΝΑΚ	U _{i, f}	U _{i, f, A, b}	I _j Ψ _j (W/K)	U _Δ (W/m ² K)
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Νότιος			12	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	4,956		
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(ισόγειο)	Νότιος			6	0,413	0,5	0,7	ΝΑΙ	0,413	1,239		
Παράθυρο 1 (ισόγειο)	Νότιος			2,52	5,9	1	2,6	ΌΧΙ	5,9	14,868		
Παράθυρο 2 (διόμιος υαλοπίνακας-ισόγειο)	Νότιος			1,88	1,98	1	2,6	ΌΧΙ	1,98	3,72		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Νότιος			21,57	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	8,9		
Παράθυρο 1 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	2,6	ΝΑΙ	2,55	12,75		
Παράθυρο 2 (1ος όροφος)	Νότιος			1,5	5,9	1	2,6	ΌΧΙ	5,9	8,85		
Παράθυρο 3 (1ος όροφος)	Νότιος			5	2,55	1	2,6	ΝΑΙ	2,55	12,75		
Οροφή (1ος όροφος)	-			14,627	0,895	1	0,35	ΌΧΙ	0,895	13,09		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Νότιος			13,98	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,4135	5,78		
Παράθυρο 1 (2ος όροφος)	Νότιος			1,44	6,7	1	2,6	ΌΧΙ	6,7	9,648		
Παράθυρο 2 (2ος όροφος)	Νότιος			5	3,12	1	2,6	ΌΧΙ	3,12	15,6		
Εξωτερικός τοίχος	Βόρειος			87,7	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	36,22		
Εξωτερικός τοίχος	Ανατολικός			50,816	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	20,98		
Παράθυρο (ισόγειο)	Ανατολικός			5,01	3,19	1	2,6	ΌΧΙ	3,19	15,98		
Παράθυρο (1ος όροφος)	Ανατολικός			0,7	2,856	1	2,6	ΌΧΙ	2,856	1,99		
Εξωτερικός τοίχος (ισόγειο)	Δυτικός			10,935	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	4,51		
Εξωτερικός τοίχος (1ος όροφος)	Δυτικός			9,6	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	3,9648		
Εξωτερικός τοίχος (2ος όροφος)	Δυτικός			12,252	0,413	1	0,4	ΌΧΙ	0,413	5,06		
Παράθυρο (ισόγειο)	Δυτικός			2,787	3,19	1	2,6	ΌΧΙ	3,19	8,89		
Εξωτερική Πόρτα (ισόγειο)	Δυτικός			3,6	3,7	1	2,6	ΌΧΙ	3,7	13,32		
Πόρτα (2ος όροφος)	Δυτικός			1,92	5,3	1	2,6	ΌΧΙ	5,3	10,176		
Δάπεδο εδάφους	-			60,625	0,239	1	0,7	ΝΑΙ	0,239	14,48		
Οροφή (2ος όροφος)	-			44	0,55	1	0,35	ΌΧΙ	0,55	24,2		
Οριζ. Θερμογέφυρα		129,9	0,2									
Κατακ. Θερμογέφυρα		102	0,5									
ΣΥΝΟΛΟ				380,462						271,921	77	0,917

Κεφάλαιο 4 : Ανάλυση εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων και καθορισμό εσωτερικών συνθηκών λειτουργίας.

Τα κτιριακό απόθεμα στην Ελληνική επικράτεια, όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πιο ενεργοβόρα της Ευρώπης και συνδράμει με υψηλό ποσοστό συμμετοχής (**40%**) στη συνολική ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας. Σαφώς, για να ανασχεθεί αυτή η τάση θα πρέπει να καταστρωθούν στοχευμένα προγράμματα που να αποσκοπούν κατά πρώτων στην ευαισθητοποίηση των πολιτών για ορθολογική χρήση ενέργειας αλλά κυρίως την προώθηση δράσεων ενεργειακής ταυτοποίησης και αξιολόγησης της ενεργειακής απόκρισης.

Πρωταρχικός στόχος αποτελεί η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είτε μέσω της ενσωμάτωσης συστημάτων ΑΠΕ, είτε μέσω δράσεων που βελτιστοποιούν την λειτουργία του Η/Μ εξοπλισμού ή τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους με ταυτόχρονη εξασφάλιση των συνθηκών θερμικής άνεσης με υψηλό επίπεδο ποιότητας διαβίωσης.

Οι μελετητές μηχανικοί που θα αναλάβουν να σχεδιάσουν και να εξετάσουν σενάρια ενεργειακών αναβαθμίσεων και που θα κληθούν να προτείνουν λύσεις προς ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για διάφορες χρήσεις θα πρέπει ασφαλώς να γνωρίζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτομηχανολογικού εξοπλισμού που εφαρμόζεται στο υπο διερεύνηση κτίριο. Βέβαια εκτός από την ισχύ τους, θα πρέπει να προσδιορίζουν και το τελικό ενεργειακό αποτυπώμά τους που τις περισσότερες φορές στους καταναλωτές μεταφράζεται σε κόστος χρήσης. Άλλωστε κάθε επένδυση βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας αποσκοπεί μέσω του μετριασμού των φορτίων στον περιορισμό της ετήσιας οικονομικής επιβάρυνσης των νοικοκυριών.

Οι παράμετροι και τα στοιχεία που θα πρέπει να εκτιμηθούν αφορούν κυρίως τα εφαρμοζόμενα συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για την κάλυψη των φορτίων της θέρμανσης, της ψύξης, του ζεστού νερού χρήσης, του φωτισμού και του αερισμού. Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να δίνετε στα συστήματα ΘΨΚ - ZNX και των υποβοηθητικών συστημάτων μετάδοσης καθώς επιδρούν αισθητά στην διαμόρφωση των τελικών ενεργειακών καταναλώσεων, ενώ οφείλεται να ελέγχεται η αποδοτικότητα τους αλλά και η δυναμικότητα τους ώστε να είναι ικανά στο να εξασφαλίζουν επαρκώς τις ανάγκες μας. Συνεπώς, η σωστή διαστασιολόγηση τους κρίνεται επιβεβλημένη για την αποτύπωση του ενεργειακού προφίλ του χώρου μας και θα πρέπει να συνεκτιμώνται οι εξής παράμετροι :

1. Η χρήση του κτιρίου μας.
2. Η τοποθεσία έδρασης που συσχετίζεται με την θερμοκρασία, τον προσανατολισμό και τα θερμικά κέρδη.
3. Η αποσαφήνιση του προφίλ λειτουργίας δηλαδή το ωράριο, ο αριθμός χρηστών και οι ενδεδειγμένες εσωτερικές συνθήκες.
4. Η υιοθέτηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και εξοπλισμού αυτόματου ελέγχου που συμβάλουν στην ορθή διαχείριση.

4.1 Υφιστάμενα Συστήματα Θέρμανσης

Τα κτίρια στην Ελληνική επικράτεια στην πλειονότητα τους καλύπτουν τις θερμικές απαιτήσεις τους αξιοποιώντας την αρμονική συνεργασία συγκροτημάτων στοιχείων λέβητα - καυστήρα. Πρόκειται για ογκώδη εγκατάσταση που δεσμεύει αρκετό ωφέλιμο χώρο. Ως προς την μέθοδο παραγωγής της θερμότητας, αυτή επιτυγχάνεται μέσω της εκμετάλλευσης της θερμογόνου δύναμης συμβατικών καυσίμων. Το πετρέλαιο σάν καύσιμο καταλαμβάνει την μερίδα του λέοντος και κυριαρχεί εδώ και μισό αιώνα. Έτσι και τα συστήματα λέβητα - καυστήρα είναι τα πλέον διαδεδομένα. Αυτό οφείλεται στην ανυπαρξία για πάρα πολλά έτη υποδομών και δικτύων διανομής εναλλακτικών καυσίμων καθώς επίσης και της μή ανάπτυξης και προώθησης αντίστοιχων τεχνολογικών δυνατοτήτων κάλυψης φορτίου. Τα τελευταία χρόνια βέβαια παρατηρείται μία εξάπλωση και όλο και συνεχιζόμενη επέκταση σύγχρονων δικτύων διανομής φυσικού αερίου με αποτέλεσμα τα συστήματα λέβητα - καυστήρα με καύσιμο το αέριο να προτιμώνται ευρέως και να θεωρούνται μία ικανοποιητική λύση με χαμηλό κόστος και ελαφρύ περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ακόμη, λόγω του ότι χρησιμοποιούν νεότερης γενιάς τεχνολογίες εμφανίζουν καλύτερες αποδόσεις.

Περιγραφικά, η λειτουργία ενός τέτοιου συγκροτήματος βασίζεται στην καύση. Εάν έχουμε πετρέλαιο, τροφοδοτούμε μέσα από μία δεξαμενή αποθήκευσης τον καυστήρα όπου δια μέσω των ψεκαστήρων μπέκ εγχύεται το ρευστό, αναφλέγεται με χρήση ενός κατάλληλα διαμορφωμένου σπινθριστή και ακολουθεί η παραγωγή του θερμικού φορτίου. Εντός του λέβητα, περιμετρικά συνήθως εμπεριέχονται σωληνώσεις που κυκλοφορεί το νερό που καταλήγει στα θερμαντικά σώματα το οποίο παραλαμβάνει την παραγόμενη θερμότητα, η οποία στην συνέχεια διανέμεται ομοιόμορφα στον χώρο μας. Ίδια διαδικασία έχουμε με τους σύγχρονους λέβητες αερίου με την μόνη διαφορά πως το καύσιμο παρέχεται απευθείας από τον πάροχο με τον οποίον έχουμε συνάψει συμβόλαιο συνεργασίας. Αξίζει να αναφερθεί πως συναντώνται δύο διαφορετικοί τύποι αντίστοιχων λεβήτων:

- Συμβατικοί λέβητες,
- Λέβητες συμπύκνωσης.

Η ειδοποιός διαφορά είναι πως οι τελευταίοι χρησιμοποιούν έναν ειδικά διαμορφωμένο εναλλάκτη που ανακτά μέρος της απαγόμενης θερμότητας των καυσαερίων και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βελτίωση του βαθμού απόδοσης, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζεται γενικότερα ο περιορισμός των απωλειών από τα τοιχώματα και την καμινάδα δεδομένου ότι τα καυσαέρια βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασία (45-50°C).

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαθέσιμων συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας είναι πως διαθέτουν μειονεκτήματα. Στους λέβητες πετρελαίου, αν και έχουν σχετικά χαμηλό κόστος εγκατάστασης, εντούτοις έχουν ακριβή καύσιμη ύλη που υπόκειται σε βαριά φορολογία, η τιμή της οποίας συνεχώς μεταβάλλεται ακολουθώντας την ζήτηση έχοντας συνεχή τάση ανόδου. Επιπροσθέτως, χρειάζονται αρκετά συνεργαζόμενα στοιχεία (σωληνώσεις, δεξαμενές), συντήρηση σε τακτά χρονικά διαστήματα (εξαιτίας της συσσώρευσης παραπροϊόντων της καύσης εντός του λέβητα) και τέλος φυσικά την δέσμευση αρκετών τετραγωνικών επιφανειών για την εγκατάσταση. Σε ότι αφορά την θέρμανση με αέριο είναι προφανές πως δεν μπορεί να εξυπηρετήσει το γενικό πληθυσμό εξαιτίας της ανυπαρξίας

συντεταγμένου και άρτια οργανωμένου δικτύου διανομής ενώ το κόστος της αρχικής επένδυσης μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι ασύμφορο. Αυτό συμβαίνει διότι συχνά εμφανίζεται η ανάγκη της εγκατάστασης αρκετών μέτρων σωληνώσεων για την διασύνδεση του κεντρικού λέβητα με το ερμάριο τροφοδοσίας του παρόχου.

Βέβαια εναλλακτικές τεχνολογίες θέρμανσης υπάρχουν διαθέσιμες στο ευρύ κοινό και στο εμπόριο χωρίς ωστόσο να έχει δοθεί η απαραίτητη έμφαση και τα κίνητρα στο να προτιμηθούν, παρ'όλο της αποδεδειγμένης πλέον συνεισφοράς που μπορούν να διαδραματίσουν στην προσπάθεια για επιτυχή ενεργειακή αναβάθμιση των ακινήτων. Μερικά τέτοια συστήματα περιγράφονται παρακάτω:

1. Αντλίες Θερμότητας:

Πρόκειται για ένα αξιόπιστο σύστημα που χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα για να θέσει σε λειτουργία μία αντλία η οποία απορροφά θερμότητα μέσω της συμπίεσης του ψυκτικού υγρού (φρέον) από ένα ψυχρότερο σημείο συνήθως από το περιβάλλον, την διοχετεύει σε ένα ρευστο (νερό) που μεταφέρεται εντός του δικτύου διανομής και αυτό με την σειρά του την αποδίδει πολλαπλάσια σε ένα θερμότερο σημείο δηλαδή τον εσωτερικό χώρο. Παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασης, έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης (COP) που κυμαίνεται από 3 έως 6 και προσφέρει ταυτόχρονα δυνατότητα κάλυψης των φορτίων ψύξης. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως για κάθε 1 kWh ηλεκτρικού ρεύματος δύναται να παραχθεί από 3 έως 6 kWh θερμικού φορτίου. Η απόδοση μεταβάλλεται από την διαφορά θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μεταξύ της πηγής άντλησης θερμότητας και της επιδιωκόμενης θερμοκρασίας του θερμικού μέσου στα συστήματα τερματικών μονάδων. Έτσι μπορούν να συνδιαστούν αρμονικά με συμβατικά σώματα καλοριφέρ (υψηλής θερμοκρασίας 65-75°C) αλλά ακόμη αποτελεσματικότερα με συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας θερμικού μέσου (50-65°C) ενδοδαπέδιας θέρμανσης και σωμάτων εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils) ενώ η τροφοδότηση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να εξασφαλιστεί αποδοτικά με την διασύνδεση σε εγκαταστάσεις είτε ηλιοθερμίας είτε φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τέλος, έχουν ελάχιστα κόστη συντήρησης και δεν χρειάζεται δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου και περαιτέρω συνεργαζόμενων στοιχείων όπως καμινάδες και αγωγοί (4green, 2020).



Εικόνα 4.1 Αντλία Θερμότητας (LG Therma V R32 Monobloc 16KW 1Φ HM163M.U33, ΧΑΣΚΟΣ).

2. Καυστήρες-Λέβητες Βιομάζας (pellets) :

Ενεργειακό σύστημα που συμπεριφέρεται παρόμοια με αντίστοιχες τεχνολογίες λέβητα - καυστήρα πετρελαίου και αερίου με την μόνη διαφορά πως το καύσιμό μας αποτελεί ένα συμπαγές στερεό υλικό οργανικής προέλευσης που προέρχεται από πεπιεσμένα κομμάτια ξύλου ή άλλων φυτικών προϊόντων. Συνεπώς είναι μία εναλλακτική λύση θέρμανσης φιλική προς το περιβάλλον καθώς η βιομάζα θεωρείται πως δεν επιβαρύνει το ισοζύγιο συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στην αντίληψη πως ότι εκπέμπεται κατά την καύση, δεσμεύεται από το νέο δέντρο που θα φυτευθεί στην θέση του κομμένου. Ως προς την εγκατάσταση και την λειτουργία εμφανίζεται σαφέστατα μικρότερη κατανάλωση και συνάμα περισσότερη οικονομία από το αέριο και το πετρέλαιο αλλά αυξημένες ανάγκες συντήρησης, καθαρισμού και τακτικής τροφοδότησης πέλλετ στη μηχανή. Συναντάται μέτριος βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται γύρω στο 90% ενώ η τιμή του επηρεάζεται από την ποιότητα των στερεών καυσίμων και κυρίως από την περιεκτικότητα σε υγρασία.



Εικόνα 4.2 Λέβητας Βιομάζας (Werstahl Hercules HK35, MULTICLIMA).

3. Ενεργειακά τζάκια:

Περίκλειστη κατασκευή συνήθως από ατσάλι ή μαντέμι που διαφέρει από τα παραδοσιακά τζάκια στο γεγονός πως η εστία καύσης είναι ενεργειακή δηλαδή κλειστού τύπου με χρήση πυρίμαχου υαλοκεραμικού κρυσταλλικού τζαμιού ενισχυμένης στεγανότητας επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη εξοικονόμηση και απόδοση της τάξεως του 70% και άνω, σε αντίθεση με τα συμβατικά που η τιμή κυμαίνεται στα επίπεδα 10-20%. Το παραγόμενο θερμικό φορτίο προκύπτει από την καύση του ξύλου με την ταυτόχρονη πρόσδοση οξυγόνου μέσω αγωγού που επικοινωνεί με τον εξωτερικό αέρα. Επειτα, τα τοιχώματα εντός της εστίας που κατασκευάζονται από υλικά αυστηρών προδιαγραφών ασφαλείας δεσμεύουν ή παραλαμβάνουν αυτό το φορτίο και το διοχετεύουν στον χώρο μας με τον μηχανισμό της ακτινοβολίας. Η μεταφορά θερμότητας μπορεί να γίνει και με φυσική ή βεβιασμένη κυκλοφορία θερμού αέρα δια μέσω αεροθαλάμου και καναλιών όδευσης ενώ η διάχυση του στα προκαθορισμένα δωμάτια πραγματοποιείται με την ενσωμάτωση ειδικών πυρσίδων. Εκτός από τα αερόθερμα ενεργειακά τζάκια που μόλις περιγράφηκαν υπάρχει και άλλη μία κατηγορία τζακιών που λέγονται υδραυλικά τα οποία αντί για αέρα ζεσταίνουν νερό. Τα τελευταία

λειτουργούν όπως ακριβώς τα αερόθερμα σχετικά με τον μηχανισμό της ακτινοβολίας για την μετάδοση της θερμότητας στο χώρο προσφέροντας παράλληλα την δυνατότητα διασύνδεσης με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης, τα καλοριφέρ ακόμα και με το boiler για ζεστό νερό χρήσης. Συγκεκριμένα διαθέτουν δοχείο διαστολής, εσωτερικές σωληνώσεις εντός της εστίας που διέρχεται το νερό με χρήση κυκλοφορητή και παραλαμβάνει την θερμότητα το οποίο στην συνέχεια ακολουθεί το κλειστού τύπου κύκλωμα, απελευθερώνει την θερμότητα στις τερματικές μονάδες και έπειτα ανακυκλοφορεί για αναθέρμανση. Όπως αναφέρθηκε έχουν ικανοποιητικές αποδόσεις, οικονομία ως προς το καύσιμο, πληθώρα διαθέσιμων επιλογών εγκατάστασης καθώς επίσης και ροοστάτη για την ρύθμιση της έντασης της φλογας κατά το δοκούν. Εντούτοις, απαιτούν αρκετά συνεργαζόμενα στοιχεία (πχ καμινάδα), τα οποία πρέπει να καθαρίζονται τακτικά. Χρειάζονται αποθηκευτικό χώρο για την καύσιμη ύλη ενώ η τροφοδοσία είναι απαραίτητα χειρονακτική και δεν αυτοματοποιείται. Η θερμαντική απόδοση εξαρτάται από την ποιότητα των ξύλων και τέλος ελλοχεύει κίνδυνος ασφάλειας όταν έχουμε ανεπαρκή συντήρηση (πχ ανάφλεξη καπνιάς στην καμινάδα, διάδοση μετώπου της φλογας, καπνισμα δωματίων κτλ.).



Εικόνα 4.3 Ενεργειακό Τζάκι (Syrios Steno AS-SY-12 A/P, proenergy).

4. Ηλιοθερμικά συστήματα:

Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται ενεργητικά και παθητικά συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια που είναι άπλετη στον πλανήτη με την βοήθεια ηλιακών συλλεκτών. Οι τελευταίοι τοποθετούνται κυρίως σε στέγες και σε οροφές. Μπορούν να μεταφέρουν το θερμικό κέρδος απευθείας σε αέρα που διέρχεται μέσω ανεμιστήρα σε έναν εναλλάκτη θέρμανσης και έπειτα να ακολουθήσει η διάχυση σε χώρο ενώ ακόμη δύναται να λειτουργούν ως υποβοηθητικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Ουσιαστικά από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του επίπεδου συλλέκτη ένα μέρος ανακλάτε ενώ ένα άλλο απορροφάται στο εσωτερικό του. Έπειτα αυτή η θερμότητα μεταφέρεται σε ένα ρευστό που διοχετεύεται στο κλειστό δίκτυο σωληνώσεων μας και καταλήγει στις τερματικές μονάδες. Παράλληλα ενδείκνυται και σε άλλες οικιακές εφαρμογές, όπως την θέρμανση πισινών, ζεστού νερού χρήσης καθώς και για την ξήρανση αγροτικών προϊόντων.

Ωστόσο τέτοια συστήματα δεν εξασφαλίζουν αυτονομία καθώς δεν έχουν πάντα αρκετή ηλιοφάνεια. Συνεπώς πρέπει να έχουν καθαρά βοηθητικό χαρακτήρα.

Η απόδοση μπορεί να μεταβάλλεται για κάθε εποχή ενώ μειώνεται από χρόνο σε χρόνο. Ως συνεργαζόμενα στοιχεία έχουν σωληνώσεις, θερμικά μονωμένο συσσωρευτή, αντλίες κυκλοφορίας, βαλβίδες ασφαλείας, θερμοστάτη και άλλα συστήματα ελέγχου ενώ όταν χρησιμοποιούνται τέτοια συστήματα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης δεν εμπλέκονται μηχανικά μέρη καθώς το νερό έχει φυσική κυκλοφορία εκμεταλλευόμενο την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ συλλέκτη και δεξαμενής. Εκτός από ενεργητικά, συναντώνται και εφαρμογές παθητικών συστημάτων ηλιοθερμίας τα οποία παρομοίως εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια με χρήση κατάλληλων δομικών στοιχείων για κάλυψη του θερμικού μας φορτίου στο χώρο. Για παράδειγμα, η επαρκής θερμομόνωση, η προσάρτιση ανοιγμάτων στην νότια όψη του κτιρίου, η σωστή διαρρύθμιση των δωματίων (ώστε αυτά που έχουν περισσότερες απαιτήσεις να είναι εκείνα που θα βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον ήλιο) αποτελούν μερικά παραδείγματα παθητικών ηλιακών συστημάτων άμεσου κέρδους. Εντούτοις, έχουν αναπτυχθεί και έμμεσου ηλιακού θερμικού κέρδους εφαρμογές όπως οι ηλιακοί τοίχοι, τα ηλιακά θερμοκήπια και τα ηλιακά αίθρια όπου ουσιαστικά παγιδεύεται η θερμότητα που προέρχεται από τις ηλιακές ακτίνες στο εσωτερικό του χώρου μας. Τέλος, πρόκειται για καθαρή ανανεώσιμη μορφή ενέργειας όπου το κόστος επένδυσης αποσβένεται άμεσα (Βαβούρας, 2016).

Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης του υπο μελέτη κτιρίου θα κληθούμε να επιλέξουμε το εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης. Με κριτήριο το γεγονός πως τα συγκροτήματα λέβητα - καυστήρα είναι τα πιο διαδεδομένα στο Ελληνικό κτιριακό απόθεμα αυτά θα είναι τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις προσομιώσεις. Εξάιρεση θα αποτελεί η περιοχή της Κοζάνης στην οποία υπάρχει από το 1993 το προνόμιο της τηλεθέρμανσης. Ένα τέτοιο σύστημα έχει πρακτική εφαρμογή για περιοχές που γειτνιάζουν με ατμοηλεκτρικούς - θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε τα εργοστάσια της ΔΕΗ. Ουσιαστικά, ένα τμήμα από το παραγόμενο θερμικό φορτίο διοχετεύεται σε ένα υπόγειο μεμονωμένο δίκτυο χαλύβδινων αγωγών για την θέρμανση του εργαζόμενου μέσου (νερό) που καταλήγει στους υποσταθμούς υποδοχής κάθε οικίας και από εκεί κυκλοφορεί στα θερμομαντικά μας στοιχεία. Γίνεται εκτός από την θέρμανση των χώρων να εξασφαλιστεί και ζεστό νερό χρήσης. Παράλληλα προσφέρεται η δυνατότητα καταμέτρησης της κατανάλωσης.

Συνεπώς, για την περιοχή της Κοζάνης η θερμότητα θα παρέχεται από σύστημα τηλεθέρμανσης, για την περιοχή της Θεσσαλονίκης επιλέγεται ατομικός λέβητας αερίου ενώ στα Χανιά και στην Λευκάδα τοποθετείται ατομικός λέβητας πετρελαίου σε λειτουργία υψηλής θερμοκρασίας καθώς ακόμα μέχρι και σήμερα έχουμε ανεπαρκής υποδομές αερίου. Διευκρινίζεται ότι στο συγκεκριμένο κτίριο δεν χρησιμοποιούνται για θέρμανση ηλεκτρικές μονάδες όπως σώματα ή ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές.

Συμπληρωματικά, ως διατάξεις αυτοματισμού διατίθενται ρυθμιστής στροφών για την αντλία μας ώστε να υπολειτουργεί σε μερικά φορτία καθώς και αναλογικός θερμοστάτης για την αντιστάθμιση της θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου.

Για κάθε σύστημα θέρμανσης του κτιρίου θα πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν είναι :

- ο βαθμός απόδοσης των μονάδων παραγωγής θερμότητας (η_{gen}),
- ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής (η_{dis}),
- ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας (η_{em}).

Εφόσον δεν κατέχουμε τις τεχνικές προδιαγραφές των συστημάτων, αυτές θα καθοριστούν από τις οδηγίες της TOTEE 20701-1 (TEE, 2017α). Όπως ορίζεται στο πρότυπο, ο βαθμός απόδοσης ενός σύνηθη λέβητα δίνεται ως συνάρτηση της ονομαστικής ισχύς μέσω της σχέσης :

$$n_{gen} \geq 84 + 2 \cdot \log(P) \quad (\text{Σχέση 4.1})$$

Για λέβητες αέριων καυσίμων, η παραπάνω έκφραση μετασχηματίζεται ως εξής :

$$n_{gen} \geq 91 + 1 \cdot \log(P) \quad (\text{Σχέση 4.2})$$

Επομένως για να εκτιμηθεί το παραπάνω μέγεθος εκκρεμεί η διαστασιολόγηση της απαιτούμενης ονομαστικής ισχύς που θα πρέπει να διαθέτει το εγκατεστημένο σύστημα ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στην ζήτηση.

Η μαθηματική εξίσωση που περιγράφει την συνολική θερμική ισχύ είναι :

$$P = 1.2 \cdot U_m \cdot A_{side} \cdot (T_b - T_a) \quad (\text{Σχέση 4.3})$$

Όπου :

- U_m : μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου ($0,917 \frac{W}{m^2 K}$),
- A_{side} : το σύνολο των επιφανειών που περικλύουν το κτίριο ($A = 380,462 m^2$),
- T_a : απολύτως ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την χειμερινή περίοδο,
- T_b : Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του χώρου.

Η προσαύξηση 20% γίνεται για την συνεκτίμηση των θερμικών απωλειών στο υδραυλικό κύκλωμα του θερμού μέσου. Οι θερμοκρασίες θα δωθούν από σχετικούς πίνακες της οδηγίας TOTEE 20701-3 (TEE, 2017γ).

Έτσι τελικά η ελάχιστη ισχύς που πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει ο λέβητας ακόμα και στις πιο ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες του χειμώνα αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4.1 Διαστασιολόγηση συστήματος θέρμανσης για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματική ζώνη	Σύστημα Θέρμανσης	U_m (W/(m ² K))	A_{side} (m ²)	T_b (°C)	T_a (°C)	P (kW)	n_{gen} (%)
A	Λέβητα Πετρελαίου	0,917	380,46	20	4,3	6,57	85,63
B	Λέβητα Πετρελαίου	0,917	380,46	20	0,3	8,24	85,86
Γ	Λέβητα Αερίου	0,917	380,46	20	-6	10,88	92,03
Δ	Τηλεθέρμανση	0,917	380,46	20	-8,6	11,97	-

Αξίζει να σημειωθεί πως για την ευρύτερη περιοχή της Κοζάνης, όπου τα θερμικά φορτία καλύπτονται από την κεντρική εγκατάσταση τηλεθέρμανσης, ως βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης λαμβάνεται υπόψη η ονομαστική απόδοση του υφιστάμενου εναλλάκτη θερμότητας που εδράζεται στον υποσταθμό τηλεθέρμανσης του προς επιθεώρηση κτιρίου. Επιλέγεται πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας νερού-νερού, με πλάκες κατασκευασμένες από ανοξείδωτο AISI 316L και Τιτάνιο. Η ονομαστική του απόδοση ανέρχεται σε 95%. Ωστόσο ο KENAK προτείνει κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης να συνυπολογίζονται οι φθορές που ενδέχεται να υπάρχουν στον εναλλάκτη λόγω παλαιότητας και κακοσυντήρησης. Για αυτό το λόγο προτρέπει την μείωση κατά 10% σε σχέση με την ονομαστική. Συνεπώς ο βαθμός απόδοσης του εναλλάκτη μας θεωρείται πως ισούτε με: **$n_{gen} = 0,85$** .

Σε ότι έχει να κάνει με το σύστημα διανομής, οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται διαθέτουν θερμομόνωση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ στους $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Διέρχονται αποκλειστικά από εσωτερικούς θερμικά προστατευμένους τοίχους. Έχουν διάμετρο 1 ίντσα και συνεπώς πάχος θερμομόνωσης 11mm όπως προβλέπει ο κανονισμός. Οι ποσοστιαίες απώλειες του δικτύου διανομής έχουν απλοποιηθεί και τυποποιηθεί με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316-2-3 (ΕΛΟΤ, 2008α) και εξαρτώνται από :

- Την Ονομαστική Ισχύ του συστήματος κεντρικής θέρμανσης,
- Την διαδρομή που ακολουθούν οι σωληνώσεις σε κλειστούς ή εξωτερικούς χώρους,
- Το πάχος της μόνωσης,
- Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας εργαζόμενου μέσου.

Στην υφιστάμενη εγκατάσταση του κτιρίου μας :

- για ισχύ από 20 έως 100 KW,
- για μόνωση που ταυτίζεται με του κτιρίου αναφοράς,
- για δίκτυο σωληνώσεων σε εσωτερικό χώρο και,
- για υψηλές θερμοκρασίες νερού,

έχουμε απώλειες δικτύου διανομής 5,5%. Άρα, ο αντίστοιχος βαθμός απόδοσης ισούτε με : **$n_{ls} = 94,5\%$** .

Όπως έχει προαναφερθεί, οι τερματικές μονάδες που θα εφαρμοστούν είναι θερμαντικά σώματα καλοριφέρ άμεσης απόδοσης, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εκπομπή και την διάχυση του θερμικού φορτίου στον χώρο μας. Η επιλογή έγινε δεδομένου ότι εμφανίζονται στις περισσότερες κατοικίες μέχρι και σήμερα.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316-2-1 (ΕΛΟΤ, 2008β) και η τεχνική οδηγία TOTEE 20701-1 (TEE, 2017α) συνιστούν τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης των τερματικών μονάδων με χρήση της ακόλουθης έκφρασης :

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{hydr}}$$

(Σχέση 4.4)

Όπου:

- n_{em} : απόδοση εκπομπής αποκλειστικά ενός τερματικού στοιχείου,
- f_{rad} : παράγοντας ή συντελεστής που υποδηλώνει την αποτελεσματικότητα με την οποία ακτινοβολούν τα τερματικά στοιχεία και εξαρτάται από το ύψος των θερμαινόμενων χώρων.
- f_{im} : παράγοντας που υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη συστημάτων διακοπτόμενης λειτουργίας για αντιστάθμιση φορτίου,
- f_{hydr} : παράγοντας που εξετάζει την υδραυλική ισορροπία στο δίκτυο μας.

Στην υφιστάμενη εγκατάσταση του κτιρίου μας συναντάμε :

- ύψος εσωτερικών χώρων μικρότερο από 4m, άρα $f_{rad} = 1$
- σύστημα αντιστάθμισης διακοπτόμενης λειτουργίας με ρύθμιση αριθμών στροφών σε μερικά φορτία, άρα $f_{im} = 0,97$
- υδραυλικά εξισορροπημένο κύκλωμα, άρα $f_{hydr} = 1$
- τερματική μονάδα άμεσης απόδοσης που τοποθετείται σε εσωτερικούς τοίχους με εύρος λειτουργίας εργαζόμενου μέσου 70-90°C, άρα $n_{em} = 0,85$.

Τελικά, ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων έπειτα από την αντικατάσταση των επιμέρους συντελεστών ανέρχεται σε $n_{em,t} = 0,876$ ή **87,6%**. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης για όλο το εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης, συμπεριλαμβανει τους βαθμούς απόδοσης του λέβητα, της τερματικής μονάδας και του δικτύου διανομής και διαμορφώνεται από το γινόμενο τους.

4.2 Υφιστάμενα συστήματα ψύξης-κλιματισμού

Στην ενότητα αυτή θα αναλύθούν ορισμένες από τις πλέον σύνηθες εμπορικά τεχνολογίες που διατίθενται στο ευρύ κοινό για την αντιμετώπιση δυσμενών περιβαλλοντικά συνθηκών υπερθέρμανσης. Αναφέρονται δηλαδή τεχνολογίες που επιτυγχάνουν να προσδώσουν τα απαραίτητα ψυκτικά φορτία σε οικίες και χώρους για την επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών διαβίωσης.

Τα κτίρια στην Ελληνική επικράτεια στην πλειονότητα τους καλύπτουν τα απαραίτητα ψυκτικά φορτία τους, κατά τους θερινούς μήνες, αξιοποιώντας τοπικά συστήματα ψύξης με πίο διαδεδομένες τις κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου. Πρόκειται για τοπικά συστήματα δροσισμού που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια και συναπαρτίζονται από δύο διακριτές μονάδες μία στον εσωτερικό χώρο μας ενώ η άλλη βρίσκεται στο εξωτερικό περιβάλλον σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Ουσιαστικά μία αντλία θερμότητας αέρος - αέρος που επιτελεί έναν ψυκτικό κύκλο. Ως εργαζόμενο μέσο εναλλαγής θερμότητας

αναλαμβάνει το φρέον, που διαθέτει πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, δηλαδή αεριοποιείται σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία και κατά την μετατροπή φάσης του από υγρό σε αέριο και αντίστροφα έχουμε αρχικώς την αφαίρεση θερμότητας από το περιβάλλον και έπειτα την πρόσδοση του ψυκτικού φορτίου με χρήση ανεμιστήρα στον χώρο μας. Συγκεκριμένα, το ψυκτικό μέσο συμπιέζεται στον συμπιεστή της μονάδας προκειμένου να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ενώ βρίσκεται σε αέρια κατάσταση. Έπειτα κυκλοφορεί μέσω σωληνώσεων στην εξωτερική μονάδα έχοντας υψηλότερη θερμοκρασία από τον περιβαλλοντικό αέρα με αποτέλεσμα να μεταφέρει θερμότητα προς το περιβάλλον. Στην συνέχεια διοχετεύεται στην αντλία εκτόνωσης όπου εξαιτίας της πτώσης της θερμοκρασίας λαμβάνει χώρα η αλλαγή φάσης του από αέριο σε υγρό. Τελικώς, καταλήγει μέσω σωληνώσεων στον χώρο αποδίδοντας το ψυκτικό φορτίο με χρήση ανεμιστήρα. Σε αυτό το στάδιο επιτυγχάνεται εξάτμιση του. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται επαναληπτικά εκτελώντας έναν κύκλο αλλαγής φάσεων μέχρι να προκύψει η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία.

Συναντώνται δύο κατηγορίες κλιματιστικών μονάδων :

1. Συμβτικού τύπου,
2. Inverter.

Στην πρώτη ο συμπιεστής έχει σταθερό αριθμό στροφών δηλαδή σταθερή ισχύ και θέτεται σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του χώρου ανέλθει της επιδιωκόμενης. Ύστερα το σύστημα κλείνει αυτόματα και ξαναλειτουργεί όταν παρατηρηθεί πάλι αύξηση στην θερμοκρασία. Ως αποτέλεσμα έχουμε την συστηματική μεταβολή στην θερμοκρασία ενώ η μονάδα συνεχώς ανοιγοκλείνει έχοντας υπερβολική κατανάλωση ρεύματος. Σε αντίθεση οι μονάδες inverter είναι ικανές να μεταβάλλουν συνεχώς τις στροφές προσαρμόζοντας την ισχύ του συμπιεστή ανάλογα τις εσωτερικές συνθήκες. Οι στροφές αυξάνονται αρχικά έως ότου φτάσουμε την επιθυμητή θερμοκρασία ενώ στην συνέχεια χαμηλώνουν και η μονάδα υπολειτουργεί καταφέροντας ωστόσο να διατηρείται η εσωτερική θερμοκρασία σχετικά σταθερή.

Πρέπει να επισημανθεί πως τέτοιες μονάδες δεν προσφέρουν την δυνατότητα να ανανεώνουν τον εσωτερικό αέρα. Επομένως ο αερισμός και η παροχή φρέσκου αέρα κρίνεται επιβεβλημένη έπειτα από πολύωρη χρήση τέτοιου συστήματος.

Ωστόσο πέραν του προαναφερθέντος συστήματος, στην κατεύθυνση βελτίωσης της παροχής ψύξης ευρύτερα και πολυπαραγοντικά συνίσταται να μελετώνται και να εφαρμόζονται διαφορετικά συστήματα και πρακτικές ψύξης.

Παρακάτω περιγράφονται ορισμένα διαφορετικά συστήματα που συμβάλλουν αφενός στον περιορισμό των ψυκτικών αναγκών και αφετέρου στην απόδοση των απαιτήσεων:

1. Ηλιακή ψύξη:

Είναι μία σχετικά πρόσφατη και ιδιαίτερα ελκυστική τεχνολογία ψύξης, με συνεργαζόμενα συστήματα φιλικα στο περιβάλλον που προσφέρουν μικρότερη επιβάρυνση του κλίματος. Η ιδέα βασίζεται στην δυνατότητα που προσφέρει η ηλιακή ακτινοβολία υπο καθορισμένες προϋποθέσεις να εξασφαλίζει τα απαραίτητα φορτία για δροσισμό στο χώρο μέσω ενός ψυκτικού μηχανισμού.

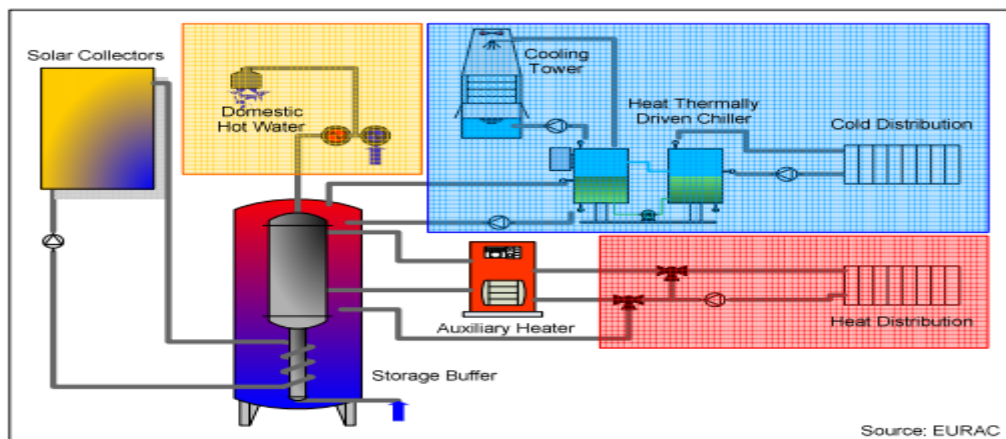
Ο τρόπος λειτουργίας τέτοιων συστημάτων περιλαμβάνει την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού, το οποίο αξιοποιείται από ψύκτες που του ρίχνουν

την θερμοκρασία στους 7 έως 10 °C. Έπειτα το νερό κυκλοφορεί μέσω σωληνώσεων και καταλήγει στις τερματικές μονάδες εκπομπής.

Συναντώνται συστήματα κλειστού και ανοιχτού τύπου :

- Σε ένα κλειστό σύστημα η θερμότητα των ηλιακών συλλεκτών ζεσταίνει νερό όπου διοχετεύεται σε θερμοκίνητους ψύκτες απορρόφησης από τους οποίους παρέχεται πλέον ψυχρό νερό και καταλήγει είτε στις υφιστάμενες κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για πρόσδοση κλιματισμένου αέρα είτε σε ένα κλειστό δίκτυο ψυχρού νερού εντός του χώρου για να αξιοποιηθεί από τοπικές μονάδες (πχ fan coils, ενδοδαπέδια ψύξη).
- Σε ένα σύστημα ανοιχτού κύκλου κατά την διαδικασία του ψυκτικού κύκλου το ψυκτικό μέσο (δηλαδή το νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα και εξασφαλίζει την παροχή ψυχρού και ξηρού αέρα. Ουσιαστικά επιτυγχάνεται αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση.

Τέτοια συστήματα ενδείκνυται για ιδιαίτερης έκτασης εφαρμογές. Το κόστος εξοπλισμού και συντήρησης είναι υψηλό ενώ εμφανίζουν χαμηλό βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται από 0,6 έως 0,8. Ωστόσο το γεγονός ότι απέχουν μηχανικά μέρη έχοντας ελάχιστη κατανάλωση ρεύματος για την παραπάνω διαδικασία παραγωγής του ψυχρού νερού οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για μία οικονομικά βιώσιμη λύση κλιματισμού (ΚΑΠΕ, 2010).



Εικόνα 4.4 Τυπική διάταξη συστήματος solar combi plus (ΚΑΠΕ, 2010).

2. Παθητικά συστήματα ψύξης

Η αναφορά σε παθητικά συστήματα ψύξης περιλαμβάνει την υιοθέτηση τεχνικών βιοκλιματικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού καθώς και στρατηγικών που άπτονται στα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών στα επιμέρους δομικά στοιχεία .

Κατά τους θερινούς μήνες ένας κατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων του χώρου με την τοποθέτηση τους σε τοίχους με αντίθετη κατεύθυνση σχηματίζοντας ένα διαμπερή σχηματισμό ροής, επιτρέπει να ανακυκλώφεται εύκολα ο αέρας και ταυτόχρονα να διανέμεται ομοιόμορφα εντός του κτιρίου συμβάλλοντας έτσι στην περιορισμό των ψυκτικών αναγκών.

Μία διαφορετική λύση παθητικής ψύξης είναι η μείωση των θερμικών ηλιακών κερδών με χρήση τεχνικών ηλιοπροστασίας που να αποτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει στην εξωτερική τοιχοποιία μας, να την διαπερνά και έπειτα να διαχέεται στο χώρο μας. Για τον σκοπό αυτό ενδύκνεται η τοποθέτηση κατάλληλου τύπου σκιάστρων στα ανοιγματα που διαφοροποιείται ανάλογα τον προσανατολισμό του καθενός. Σε ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό δεδομένου ότι οι ηλιακές ακτίνες το καλοκαίρι διέρχονται απο ψηλότερη θέση σε σχέση με το χειμώνα χρησιμοποιούμε οριζόντια σκίαστρα. Αντίθετα, για ανοίγματα που βρίσκονται σε δυτική ή ανατολική όψη προτιμώνται κάθετα σκίαστρα συνήθως υπο ορισμένη κλίση διότι το καλοκαίρι επιβαρύνονται αρκετά από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ το χειμώνα συμβαίνει το ακριβώς αντίστροφο. Στο βορρά δεν χρειάζεται σκίαση. Παράλληλα ένα βιοκλιματικά σχεδιαζόμενο σπίτι πρέπει να εκμεταλλεύεται στο έπακρο τον φυσικό φωτισμό προς περιορισμό των ενεργειακών καταναλώσεων. Συνεπώς ένα σύστημα ηλιοπροστασίας για το καλοκαίρι δεν πρέπει να αντιτίθεται σε αυτήν την αρχή. Έτσι λοιπόν σε όλα τα εφαρμοζόμενα εξωτερικά συστήματα (πχ πυρσίδες, μεμβράνες φιλτραρίσματος υπεριώδους ακτινοβολίας,) ή εσωτερικές κατασκευές (πχ παντζούρια, ρολά, κουρτίνες) λαμβάνεται υπόψη αυτή η παράμετρος.

Μία περαιτέρω παρέμβαση δροσισμού παθητικού χαρακτήρα είναι η προσθήκη βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου. Μία τέτοια κίνηση συμβάλει στη ρύθμιση της εξωτερικής θερμοκρασίας, στην αποφυγή έντονων διακυμάνσεων της αλλά και στην διατήρηση της σε χαμηλότερα επίπεδα. Ακόμη με την φύτευση δέντρων ενισχύεται η ηλιοπροστασία με τον ταυτόχρονο δροσισμό του αέρα στην σκιασμένη περιοχή ενώ επιπρόσθετα επιτυγχάνεται αποδοτικότερη λειτουργία στις κλιματιστικές μας μονάδες δεδομένου ότι σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες απορρίπτεται ευκολότερα η θερμότητα από τον χώρο μας στον περιβάλλον.

Μία εναλλακτική βιοκλιματική μέθοδος αποτελεί ο έλεγχος της θερμικής αδράνειας του κτιρίου με την μείωση της θερμικής μάζας του. Ως θερμική μάζα ορίζεται το σύνολο των θερμοσυσσωρευτικών υλικών που εμπεριέχονται σε όλα τα επιμέρους δομικά στοιχεία μας. Στην πραγματικότητα, η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στο κτίριο και αυτό με την σειρά του την συσσωρεύει και την απορροφά στην μάζα του και έπειτα από κάποιες ώρες την αποδίδει στον χώρο μας. Επομένως, η θερμική μάζα συμβάλει στην ρύθμιση της εσωτερικής μας τελικά θερμοκρασίας και η αποφυγή υλικών με υψηλή θερμοχωρητικότητα κρίνεται επιτακτική. Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν υλικά με αρκετά πυκνή μοριακή δομή. Κατά τον σχεδιασμό θα πρέπει να επιδιώκεται η θερμική μάζα του κτιρίου να ανέρχεται σε επίπεδο που να προλαβαίνει να ψύχεται το βράδυ ώστε κατά την διάρκεια της μέρας να καθυστερείτε η υπερθέρμανση. Τα τελευταία χρόνια ως συμπληρωματική δράση της παραπάνω μελέτης παρατηρείται η χρήση ψυχρών υλικών σε επιφάνειες με υψηλή έκθεση στον ήλιο. Ορίζονται τα υλικά των οποίων ο συντελεστής ανακλαστικότητας υπερβαίνει το 0,6. Αυτά τα υλικά έχουν το χαρακτηριστικό να προσφέρουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην ακτινοβολία εξασφαλίζοντας την μείωση της θερμοκρασίας και συνεπακόλουθα της θερμικής μας μάζας. Ορισμένα από τα οποία είναι:

1. Κεραμίδια,
2. Χρωματικές επικαλύψεις,
3. Μεμβράνες σε οροφές.

4. Συστήματα εξαερισμού-φυσικού δροσισμού

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο ένας από τους ευκολότερους μηχανισμούς για την διαμόρφωση ικανοποιητικών συνθηκών διαβίωσης και την αποφυγή της υπερθέρμανσης είναι ο ορθολογικός εξαερισμός του χώρου. Συμβάλει στον περιορισμό των απαιτούμενων ψυκτικών φορτίων μέσω της απομάκρυνσης της θερμότητας ενώ η εισαγωγή φρέσκου αέρα αυξάνει την συγκέντρωση οξυγόνου στον χώρο μας και παράλληλα οριοθετεί την υγρασία σε επιτρεπτά επίπεδα. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί πως το αίσθημα θερμικής άνεσης και ευεξίας μπορεί να επεκταθεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες με την αύξηση της κινητικότητας του αέρα περιορίζοντας έτσι τις ώρες λειτουργίας των μονάδων ψύξης. Κατά την υιοθέτηση τέτοιων συστημάτων, η ρύθμιση της κυκλοφορίας του αέρα διαμορφώνεται είτε μηχανικά επιτυγχάνοντας βεβιασμένη ροή αέρα, είτε εκμεταλλεύοντας αποτελεσματικά τον φυσικό αερισμό. Τον ρόλο των συστημάτων βεβιασμένης ροής μπορεί να επιτελέσουν διαφορετικών τύπου ανεμιστήρες ενώ ο επαρκής φυσικός αερισμός επέρχεται ως αποτέλεσμα της εφαρμογής πρακτικών παθητικού σχεδιασμού με βελτιωμένη διαρρύθμιση των ανοιγμάτων ή ακόμα και με εξυπνότερες μεθόδους εκμετάλλευσης του κρύου νυχτερινού αέρα.

5. Κλιματιστικές Μονάδες FAN COIL

Είναι συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα, όπου σαν εργαζόμενο ρευστό έχουν το νερό. Λειτουργούν αρμονικά με αντλίες θερμότητας αέρα-νερού επιτυγχάνοντας υψηλή απόδοση. Πρόκειται για αθόρυβες εσωτερικές μονάδες όπου τροφοδοτούνται με νερό που βρίσκεται σε κατάλληλη θερμοκρασία μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα. Έπειτα, ο θερμός αέρας του χώρου καθοδηγείται με χρήση ανεμιστήρα, εναλλάσει θερμότητα με το κρύο νερό που έχουμε προσφέρει έχοντας ως αποτέλεσμα να χαμηλώνει η θερμοκρασία του. Τέλος, διανέμεται στον χώρο μας λόγω της βεβιασμένης ροής. Διαθέτουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λύση επιπλέον για την θέρμανση όπου λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες μέσου (50°C). Προσφέρουν υψηλή απόδοση, χαμηλή κατανάλωση ρεύματος ενώ ο έλεγχος της θερμοκρασίας επιτελείται μέσω θερμοστάτη. Τέλος, διακρίνονται σε ένα πλήθος διαφορετικών τύπων ανάλογα το σημείο τοποθέτησης τους (δάπεδο, οροφή, τοίχος).



Εικόνα 4.5 Fan Coil (Aertesi AerSlim AES 55 2 VB EC , Air Clima Energy Gas).

6. Ενδοδαπέδια ψύξη

Ο ενδοδαπέδιος δροσισμός είναι μία σύγχρονη, υγιεινή και σχετικά οικονομική τεχνολογικά λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος του κλιματισμού των χώρων μας. Η βασική αρχή λειτουργίας έγκειται στην ικανότητα του δαπέδου να απορροφά ομοιόμορφα την θερμότητα από τα δομικά στοιχεία και τον θερμό αέρα του χώρου και ταυτόχρονα να την αποβάλλει στο περιβάλλον. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την διάστρωση ενός δικτύου σωληνώσεων κάτω από την επιφάνεια του δαπέδου, όπου κυκλοφορεί κρύο νερό (θερμοκρασίας 16-20°C) που τροφοδοτείται από κάποιο εξωτερικά συνεργαζόμενο σύστημα ψύξης (πχ. αντλία θερμότητας, ψύκτης νερού, γεωθερμική αντλία), μετατρέποντας το ουσιαστικά σε ένα ψυκτικό σώμα. Η θερμοκρασία του δαπέδου κυμαίνεται σε εύρος 19-22 °C. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός πως έχουμε κλιματισμό χωρίς να υφίστανται ψυχρά και ανθυγιεινά ρεύματα αέρα , με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και αθόρυβη λειτουργία. Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί πως υπάρχει περιορισμός στο μέγιστο ψυκτικό φορτίο που μπορεί να αποδοθεί διότι συνίσταται να αποφεύγεται το δάπεδο να αποκτά θερμοκρασία κάτω από 19°C εξαιτίας κινδύνου υγραποίησης του σε περιπτώσεις με ταυτόχρονη αυξημένη ειδική υγρασία στο χώρο εγκατάστασης. Απόρροια του συγκεκριμένου σχεδιασμού είναι η μέγιστη πτώση θερμοκρασίας που μπορεί να διαμορφώσει σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον να ανέρχεται προσεγγιστικά έως 7°C.



Εικόνα 4.6 Τυπική διάταξη σωληνώσεων ενδοδαπέδιας θέρμανσης (ANDRIANOS, 2021).

Στο εξεταζόμενο υπο ενεργειακή μελέτη κτίριο ως τύπο συστήματος για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων μας χρησιμοποιείται αερόψυκτη αντλία θερμότητας δηλαδή κλιματιστική μονάδα άμεσης εξάτμισης διαιρεμένου τύπου. Η διανομή του αέρα γίνεται απευθείας από την μονάδα, οπότε δεδομένου ότι δεν υφίσταται δίκτυο διανομής έχουμε θεωρητικά μηδενικές απώλειες. Συνεπώς ο βαθμός απόδοσης σύμφωνα με την TOTEE 20701-1 είναι $\eta_{is}=1$. Ακολουθώντας την μεθοδολογία της οδηγίας ο βαθμός απόδοσης της τερματικής μονάδας εκπομπής προσδιορίζεται από την ακόλουθη έκφραση :

$$\eta_{em,t} = \frac{\eta_{em}}{f_{im} \cdot f_{hydr}}$$

(Σχέση 4.5)

Όπου:

- n_{em} : απόδοση εκπομπής αποκλειστικά ενός τερματικού στοιχείου,
- f_{im} : παράγοντας που υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη συστημάτων διακοπτόμενης λειτουργίας για αντιστάθμιση φορτίου,
- f_{hydr} : παράγοντας που εξετάζει την υδραυλική ισορροπία στο δίκτυο μας.

Στην υφιστάμενη εγκατάσταση του κτιρίου μας συναντάμε :

- σύστημα αντιστάθμισης διακοπτόμενης λειτουργίας με ρύθμιση αριθμών στροφών σε μερικά φορτία, άρα $f_{im} = 0,97$
- υδραυλικά εξισορροπημένο κύκλωμα, άρα $f_{hydr} = 1$
- για τοπική αντλία θερμότητας η απόδοση εκπομπής της μονάδας ψύξης ισούται με $n_{em} = 0,93$.

Τελικά, ο βαθμός απόδοσης των τερατικών μονάδων έπειτα από την αντικατάσταση των επιμέρους συντελεστών ανέρχεται σε $n_{em,t} = 0,95$

Η ψυκτική απόδοση των κλιματιστικών μονάδων αποτυπώνεται από τον δείκτη ενεργειακής απόδοσης (EER), μέγεθος που εκφράζει το παραγώμενο ψυκτικό φορτίο σε σχέση με την αντίστοιχη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία δεδομένου ότι δεν διαθέτουμε τα χαρακτηριστικά της μονάδας θεωρείται πως το εξεταζόμενο σύστημα προσαρμόζεται στις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς που εμπίπτει στις ελάχιστες απαιτήσεις. Οπότε για συνθήκες λειτουργίας σε εξωτερική θερμοκρασία 35°C, ο ονομαστικός δείκτης αποδοτικότητας για κατοικίες λαμβάνεται ως EER=3.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης για όλο το εγκατεστημένο σύστημα ψύξης - δροσισμού συμπεριλαμβάνει τους βαθμούς απόδοσης του κλιματιστικού, της τερματικής μονάδας και του δικτύου διανομής και διαμορφώνεται από το γινόμενο τους. Συνεπώς ισχύει : $n_c = EER * n_{ls} * n_{em,t} = 2,85$.

Στο κτίριο προβλέπονται τρεις κλιματιστικές μονάδες, όπου σύμφωνα με το πρότυπο είναι ικανές στο να συνεισφέρουν στο 50% των συνολικών ψυκτικών αναγκών της θερμικής μας ζώνης. Στο ισόγειο η ισχύς του μηχανήματος είναι 24000 BTU , στον 1^ο όροφο 16000 BTU ενώ στον 2^ο όροφο 9000 BTU.

4.3 Εγκαταστάσεις παραγωγής ZNX

Η διαστασιολόγηση ενός συστήματος παροχής ζεστού νερού χρήσης αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία και προϋποθέτει ο εκάστοτε μηχανικός να εξετάσει μία σειρά από παραμέτρους. Το μέγεθος του απαραίτητου φορτίου κάλυψης επηρεάζεται κυρίως από το είδος του κτιρίου που μας προιδεάζει για την χρήση η οποία γίνεται, την συχνότητα λειτουργίας αλλά και τον αριθμό χρηστών που διαμένουν. Κάθε εγκατάσταση θα πρέπει να προβλέπει στο να είναι σε θέση να

παρέχει τα επιζητούμενα φορτία ανεξαρτήτως της διακύμανσης της ζήτησης ακόμα και σε ώρες αιχμής.

Τα περισσότερα από τα διαθέσιμα συστήματα παραγωγής ZNX σχεδόν ταυτίζονται με τις υφιστάμενες μονάδες που είναι υπεύθυνες για την κάλυψη της θέρμανσης των χώρων. Με αυτόν τον τρόπο οι κεντρικές μονάδες θέρμανσης (πχ. λέβητας αερίου, λέβητας πετρελαίου, αντλία θερμότητας) έχουν διπλό ρόλο, λειτουργώντας συνδιαστικά. Ουσιαστικά εκτός από το θερμό νερό που διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα, έχουμε την κυκλοφορία θερμού νερού σε ένα δεύτερο κλειστό κύκλωμα όπου καταλήγει σε έναν θερμαντήρα διπλής ή τριπλής ενέργειας (boiler). Εκεί εναλλάσσεται θερμότητα μεταξύ του καυτού νερού από το κύκλωμα και του τελικού ζεστού νερού χρήσης μας. Παράλληλα στον θερμαντήρα λαμβάνει χώρα και η αποθήκευση του ZNX. Σε μία τέτοια διάταξη προβλέπεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης τόσο για την θέρμανση όσο και τα φορτία του ζεστού νερού χρήσης.

Επιπλέον μία τεχνολογία που προτιμάτε συστηματικά είναι η εγκατάσταση ηλεκτρικών αντιστάσεων δηλαδή ατομικό θερμαντήρα ενιαίο για κάθε διαμέρισμα που καταναλώνει ασφαλώς ηλεκτρική ενέργεια, συμβάλλοντας καθοριστικά στην αύξηση της συνολικής πρωτογενούς κατανάλωσης και σαφώς στην εκπομπή ρύπων.

Εκτός από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής μπορεί να αξιοποιηθεί και η ηλιακή ενέργεια για τον σκοπό αυτό. Ηλιοθερμικά συστήματα για κάλυψη ZNX εφαρμόζονται εδώ και αρκετές δεκαετίες στην χώρα μας με πιο διαδεδομένο την τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα. Τα επιμέρους τμήματα που τον απαρτίζουν είναι οι ηλιακοί συλλέκτες και το δοχείο αποθήκευσης και συναρμολογούνται μεταξύ τους μέσω σωληνώσεων. Με κριτήριο την ύπαρξη ή όχι θερμαινόμενου μέσου πρόσδοσης θερμότητας στο τελικό νερό χρήσης μας, συναντώνται δύο τύπολογίες ηλιακών θερμοσίφωνων τα κλειστού ή ανοιχτού κυκλώματος αντίστοιχα. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η δυνατότητα διασύνδεσης και με περαιτέρω ενεργειακές πηγές (όπως ηλεκτρική αντίσταση, λέβητες) για την αντιμετώπιση των αναγκών σε περιόδους συννεφιάς ή σε ώρες αιχμής.

Το επικρατέστερο σύστημα παραγωγής ZNX σήμερα στα ελληνικά κτίρια είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διπλής ενέργειας όπου το ZNX προκύπτει από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας ενώ παράλληλα προσφέρεται η δυνατότητα διασύνδεσης με ηλεκτρική αντίσταση (ηλεκτρικό θερμαντήρα) σε θερμαντήρα αποθήκευσης (boiler). Συνεπώς τέτοια θα είναι και η διάταξη στην υπο μελέτη κατοικία όταν αυτή εδράζεται στην Α και Β κλιματική ζώνη.

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1 για τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες προβλέπεται βαθμός απόδοσης της μονάδας **ngen = 1**.

Ο Κ.Εν.Α.Κ (ΤΕΕ, 2017α) ορίζει πως σε περιπτώσεις εγκατάστασης τοπικών μονάδων παραγωγής ZNX, όπου το δίκτυο διανομής είναι μικρό (<6m), οι απώλειες δικτύου λαμβάνονται μηδενικές. Άρα **nls = 1**.

Δεδομένου ότι ο θερμαντήρας αποθήκευσης (boiler) βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο και υπάρχει διάδοση θερμότητας περιμετρικά του μεταλλικού πλαισίου των θερμαντήρων με τον αέρα, ο βαθμός αποδοσης της θερμαντικής μονάδας ανέρχεται σε **nem = 0,98**.

Όπως αναφέρθηκε ως υποβοηθητική εγκατάσταση παραγωγής ζεστού νερού χρήσης πέραν του ηλεκτρικού θερμαντήρα λαμβάνει χώρα η τοποθέτηση επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. Για τις

ανάγκες της μοντελοποίησης, η απορροφητική επιφάνεια που επιλέχθηκε είναι $A_{sol} = 3 \text{ m}^2$. Ο προσανατολισμός είναι νότιος και η κλίση 45 μοίρες.

Απο πίνακα 5.8 TOTEE 20701-1 (TEE, 2017α) στην περίπτωση κατά την οποία δεν υπάρχει μελέτη διαστασιολόγησης της υφιστάμενης διάταξης του ηλιακού συλλέκτη παίρνουμε τιμές για το ποσοστό τελικής εκμετάλλευσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Οπότε για επιλεκτικό τύπο συλλέκτη με κλίση 45 μοίρες από το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης έχουμε μέσο ετήσιο συντελεστή αξιοποίησης $C_{fsoI} = 0,334$. Λόγω ύπαρξης φθορών απόρροια της εμφανούς κακοσυντήρησης αλλά και της παλαιότητας των εξαρτημάτων συνίσταται μια ελάττωση κατά 20%. Δεδομένου λοιπόν πως ο συντελεστής αξιοποίησης δεν μεταβάλλεται αισθητά με την περιοχή αλλά κυρίως με τον τύπο του συλλέκτη, καταλήγουμε πως για τα Χανιά και την Λευκάδα έχουμε $C_{fsoI} = 0,267$.

Για την περίπτωση της Δ κλιματικής ζώνης, όπως έχει οριστεί υφίσταται κεντρική μονάδα τηλεθέρμανσης που δρά συνδιαστικά με κεντρική κυλινδρική χαλύβδινη δεξαμενή αποθήκευσης με ταυτόχρονη παρουσία τοπικού ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Το θερμό νερό χρήσης προέρχεται από τον πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας νερού - νερού με βαθμό απόδοσης $n_{gen} = 0,85$. Για ημερήσια ζήτηση ZNX που κυμαίνεται μεταξύ 50-200 lt με μόνωση ίση με του κτιρίου αναφοράς και χωρίς να υφίσταται ανακυκλοφορία διακρίνεται ποσοστό απωλειών στο δίκτυο διανομής 8%. Επομένως ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής ZNX είναι $n_{ls} = 0,92$. Σχετικά με τις απώλειες της τερματικής μονάδας (boiler), το πρότυπο προτείνει 5% για απώλειες κατά την μεταφορά θερμότητας στον εναλλάκτη του θερμομαντήρα. Οι αντίστοιχες απώλειες για ηλεκτρικό θερμοσίφωνα είναι μηδενικές και δεν συνυπολογίζονται στην μελέτη. Σε αυτές προσθέτονται απώλειες της τάξεως 2% για τοποθέτηση σε εσωτερικό μη θερμαινόμενο χώρο εξαιτίας της εναλλαγής θερμότητας μέσω των κυλινδρικών επιφανειών του θερμομαντήρα. Συνεπώς ο βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων είναι $n_{em} = 0,93$.

Για την Γ κλιματική ζώνη, η κατοικία εξασφαλίζει τα απαραίτητα φορτία ZNX μέσω συστήματος ατομικού λέβητα αερίου. Πρέπει να επισημανθεί πως σε περιπτώσεις εγκατάστασης ατομικού λέβητα δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί θερμομαντήρας διότι εντός της δομής του λέβητα υπάρχει ένα μικρό δοχείο που όταν αποθεθεί επιφέρει την άμεση παραγωγή ZNX. Η σπουδαιότητα και τα οφέλη μιας τέτοιας διάταξης είναι η δυνατότητα άμεσης παραγωγής ZNX χωρίς μεγάλες αναμονές καθώς αξιοποιείται απευθείας μέρος της παραγόμενης θερμότητας του λέβητα ενώ αποφεύγεται ο ηλεκτρικός θερμομαντήρας καθώς ο λέβητας λειτουργεί συνεχώς προσδίδοντας οικονομία αλλά και μείωση του χρόνου αναμονής. Ο βαθμός απόδοσης της τοπικής μονάδας παραγωγής έχει προυπολογιστεί σε 92%. Κατά τον ίδιο τρόπο, ισχύει πως σε περιπτώσεις εγκατάστασης τοπικών μονάδων παραγωγής ZNX όπου το δίκτυο διανομής είναι μικρό (<6m) οι απώλειες δικτύου λαμβάνονται μηδενικές ($n_{ls} = 1$) ενώ ο συνολικός συντελεστής απωλειών κατά την απόδοση της θερμότητας αντιστοιχεί σε 2%. Συνεπώς $n_{em} = 0,98$.

4.4 Ηλεκτρονικός εξοπλισμός και διατάξεις τεχνητού φωτισμού.

Κάθε οικία διαθέτει συστήματα προς κάλυψη των απαιτήσεων φωτισμού, τα οποία καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια επηρεάζοντας το συνολικό ενεργειακό αποτύπωμα. Βέβαια, κατά την διενέργεια της μελέτης και βάσει των οδηγιών που προτείνει ο Κ.Εν.Α.Κ για κτίρια με χρήση κατοικίας, οι αντίστοιχες καταναλώσεις που εκτιμώνται δεν προσμετρώνται στην προσπάθεια κατάταξης της δομής σε κάποια κλίμακα ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτό που ουσιαστικά γίνεται είναι ο καθορισμός των τεχνικών παραμέτρων του εξοπλισμού που συμβάλει στην εύρεση των φορτίων από τα οποία θα αναπτυχθούν εσωτερικά ενεργειακά κέρδη τα οποία με την σειρά τους αυξάνουν την απαραίτητη εγκατεστημένη ισχύ της ψυκτικής μας μονάδας.

Ο φωτισμός στο υπο μελέτη κτίριο παρέχεται από λάμπες φθορισμού που χαρακτηρίζονται από μέτρια ποιότητα φωτισμού ενώ η αντίδραση της επικάλυψης φωσφόρου με το μίγμα υδραργύρου - αργού παρουσία ρεύματος επιτρέπει εξαιρετική απόδοση εκπομπής. Βέβαια εκτός της οικονομικής λειτουργίας διακρίνονται και για την μεγάλη διάρκεια ζωής τους. Προσεγγιστικά μια λάμπα φθορισμού έχει περίπου 8000 ώρες ζωή. Ωστόσο έχουν υψηλό αρχικό κόστος απόκτησης που μπορεί να φτάσει έως 10 φορές σε σχέση με μια λάμπα πυρακτώσεως ενώ είναι ιδιαίτερα τοξικοί στον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον σε περίπτωση ατυχήματος λόγω της απελευθέρωσης του υδραργύρου (ΚΑΡΠΟΥΖΑΣ, 2019). Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως δεν υπάρχουν συστήματα αυτόματου ελέγχου που να ρυθμίζουν την στάθμη ή να ανιχνεύουν την κίνηση ατόμων στο χώρο.

Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία η φωτεινή δραστηριότητα (ή φωτιστική απόδοση) για τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού αγγίζει τα **55 lm/W** (τιμή ενδιάμεσα σε 50-70 lm/W), ενώ η μέση ελάχιστη στάθμη για μονοκατοικίες ανέρχεται σε **200 lx**. Συνεπώς η εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροφωτισμού προκύπτει **3,6 W/m²** (ισχύς λαμπτήρων ανά δομημένη επιφάνεια εξεταζόμενου κτιρίου).

Στην κατεύθυνση βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, η πλέον σύγχρονη και βέλτιστη επεμβατική λύση σε υφιστάμενα κτίρια είναι η αντικατάσταση των παλιών λαμπτήρων με λαμπτήρες LED. Πρόκειται για λάμπες με μικρά μεγέθη , ελάχιστη ηλεκτρική κατανάλωση και με την υψηλότερη φωτιστική απόδοση σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη λαμπτήρων. Παράλληλα, συνεισφέρουν πολύ λιγότερο στα εσωτερικά θερμικά κέρδη , έχουν κύκλο ζωής που φτάνει μέχρι τις 30.000 ώρες ενώ η απουσία υδραργύρου ή άλλων τοξικών ουσιών δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα (ΚΑΡΠΟΥΖΑΣ, 2019).

4.4 Συνοπτική καταγραφή ενεργειακών συστημάτων

Στην συγκεκριμένη ενότητα παρατίθεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας 4.2, με το σύνολο των συστημάτων που επιλέχθηκαν και διαστασιολογήθηκαν, για το αρχικό μοντελοποιημένο κτίριο για κάθε κλιματική ζώνη έδρασης.

Πίνακας 4.2 Ενεργειακά συστήματα κάλυψης φορτίων ανα τομέα χρήσης για κάθε κλιματική ζώνη έδρασης

	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Θέρμανση	Λέβητας Πετρελαίου	Λέβητας Πετρελαίου	Λέβητας Φ.Α	Τηλεθέρμανση
Ψύξη	Αερόψυκτη αντλία θερμότητας	Αερόψυκτη αντλία θερμότητας	Αερόψυκτη αντλία θερμότητας	Αερόψυκτη αντλία θερμότητας
ZNX	Ηλιακός Θερμοσίφωνας διπλής ενέργειας	Ηλιακός Θερμοσίφωνας διπλής ενέργειας	Λέβητας Φ.Α & Ηλεκτρική Αντίσταση	Τηλεθέρμανση & Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας
Φωτισμός	Λαμπτήρες Φθορισμού	Λαμπτήρες Φθορισμού	Λαμπτήρες Φθορισμού	Λαμπτήρες Φθορισμού

Κεφάλαιο 5 : Εκτίμηση Ενεργειακής Αποδοτικότητας

Η εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής αποδοτικότητας για τις ανάγκες της εργασίας, προϋποθέτει την χρήση εγκεκριμένου υπολογιστικού εργαλείου. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε το λογισμικό TEE-KENAK που έχει αναπτυχθεί από εξειδικευμένους φορείς με άρτια καταρτισμένο επιτελείο, ώστε να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του εθνικού προτύπου και τις κατευθυντήριες οδηγίες του Κ.Εν.Α.Κ. Ως προς την διαδικασία που ακολουθεί και εφαρμόζει το λογισμικό για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς και συνάμα της βαθμονόμησης του κτιρίου μας σε ενεργειακές κλάσεις, υιοθετείται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος. Πρόκειται για μεθοδολογία που εναρμονίζεται με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 (ΕΛΟΤ, 2009) , βάσει της οποίας η υφιστάμενη γεωμετρία είναι σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας και εναλλάσσει θερμικά φορτία με το περιβάλλον. Εκτελείται στατική ανάλυση όπου η ροή ενέργειας στο κτίριο, η συχνότητα μεταβολής των θερμοκρασιών, η διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και οι παράμετροι λειτουργίας εξετάζονται με μηνιαίο βήμα.

Ειδικότερα, στο υπολογιστικό μοντέλο εκχωρούνται δεδομένα που άπτονται :

- στην αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου ,
- στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων,
- στις μέσες μηνιαίες τιμές κλιματικών συνθηκών,
- στις τεχνικές προδιαγραφές των συστημάτων κάλυψης των φορτίων ,
- στην ισχύ υποβοηθητικού εξοπλισμού καθώς επίσης και,
- στις παραμέτρους λειτουργίας και χρήσης του χώρου.

Έπειτα από την εκτέλεση των αλγορίθμων υπολογίζονται:

- οι ενεργειακές απαιτήσεις-καταναλώσεις του κτιρίου,
- οι εκλυόμενες εκπομπές CO₂ ,
- τα εκτιμώμενα κόστη λειτουργίας από την χρήση του Η/Μ εξοπλισμού,
- η ενεργειακή κατάταξη στην οποία εντάσσεται το κτίριο,
- η συνολική πρωτογενής ενέργεια.

5.1 Παράμετροι Μοντελοποίησης

Η επιμελής εκτέλεση της μελέτης, απαιτεί την καταγραφή και την παράθεση όλων των συντελεστών και τεχνικών παραμέτρων που εισάγονται ως δεδομένα στο λογισμικό, όπως ακριβώς ορίζει το πρότυπο, καθώς επιδρούν άμεσα στην εκτίμηση της ενεργειακής απόκρισης της διάταξης μας.

Αρχικά , στην κύρια μάσκα εισαγωγής δηλώνεται η πόλη έδρασης του κτιρίου και αυτομάτως το λογισμικό αξιοποιεί ενσωματωμένες πληροφορίες σχετικά με τα κλιματικά

δεδομένα που επικρατούν όπως οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα, νερού, υγρασίας καθώς και μεγέθη προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Ακολουθεί η διακριτοποίηση της γεωμετρίας σε επιμέρους θερμικές ζώνες αλλά και η καταγραφή των μή θερμαινόμενων χώρων. Το κριτήριο για την εξέταση ορισμένων τμημάτων του χώρου μας μεμονωμένα είναι οι διαφορετικές χρήσεις λειτουργίας και η εγκατάσταση ηλεκτρομηχανικών συστημάτων άλλου τύπου. Συνεπώς, σε ότι αφορά το προς διερεύνηση κτίριο, αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία θερμική ζώνη που επικρατούν παρόμοιες συνθήκες αλληλεπίδρασης με συγκεκριμένο εξοπλισμό. Το γκαράζ στην νότια πρόσοψη της γεωμετρίας αποτελεί τον μοναδικό ενεργειακά αδρανή χώρο και συνεπώς δηλώνεται ως μη θερμαινόμενος.

Στον παρακάτω πίνακα, αποτυπώνονται ορισμένα γενικά κατασκευαστικά στοιχεία όπως ακριβώς έχουν συμπληρωθεί στην ηλεκτρονική πλατφόρμα του λογισμικού :

Πίνακας 5.1 Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία γεωμετρίας.

Χρήση Κτιρίου	Μονοκατοικία				
Συνολική επιφάνεια (m²)	121,5	Συνολικός όγκος (m³)	366,5		
Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²)	121,5	Θερμαινόμενος όγκος (m³)	366,5		
Ψυχόμενη επιφάνεια (m²)	60,75	Ψυχόμενος όγκος (m³)	183,25		
Αριθμός ορόφων	2	Ύψος τυπικού ορόφου (m)	3	Ύψος ισογείου (m)	3
Έκθεση κτιρίου	Ενδιάμεσο				
Αριθμός θερμικών ζωνών	1	Αριθμός ηλιακών χώρων	0		
Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων	1				

Περιγραφή: Υπάρχον κτίριο
 Χρήση κτιρίου: Μονοκατοικία
 Συνολική επιφάνεια (m²): 121.5 Συνολικός όγκος (m³): 366.5
 Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²): 121.5 Θερμαινόμενος όγκος (m³): 366.5
 Ψυχόμενη επιφάνεια (m²): 60.75 Ψυχόμενος όγκος (m³): 183.25
 Αριθμός ορόφων: 2 Ύψος τυπικού ορόφου (m): 3 Ύψος ισογείου (m): 3
 Έκθεση κτιρίου: Ενδιάμεσο
 Αριθμός θερμικών ζωνών: 1
 Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 1 Αριθμός ηλιακών χώρων: 0
 Θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων

Εικόνα 5.1 Ενδεικτική καταχώρηση γεωμετρικών στοιχείων στο λογισμικό.

Το πεδίο που αναφέρετε στην έκθεση του κτιρίου, αφορά την πυκνότητα δόμησης στην θέση ή την περιοχή έδρασης. Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών διαφορετικών καταστάσεων :

1. Εκτεθειμένο Κτίριο,
2. Ενδιάμεσο,
3. Προστατευμένο Κτίριο.

Έπειτα καταχωρούνται στοιχεία σχετικά με το δίκτυο ύδρευσης. Συγκεκριμένα δηλώνεται το πλήθος των συνεργαζόμενων κινητήριων μονάδων που συμμετέχουν, καθώς και η αντίστοιχη συνολικά εγκατεστημένη ονομαστική ισχύς. Στο κτίριο, η υπερνίκηση της πτώσης πίεσης κατά την διανομή του νερού ύδρευσης γίνεται με την τοποθέτηση δύο συσκευών τύπου αντλίας συνολικής ισχύος 500Watt. Στην περίπτωση μας χρειάζεται δυνατή αντλία λόγω της ύπαρξης μεγάλων υψομετρικών διαδρομών. Έπειτα καταγράφεται ο μέσος ετήσιος χρόνος λειτουργίας των εκάστοτε συστημάτων που προσδιορίζεται από το είδος του κτιρίου που υποδηλώνει την απαραίτητη χρήση. Τέλος δηλώνεται εάν ο εξοπλισμός διαθέτει αυτόματο σύστημα ρύθμισης στροφών σε μερικά φορτία.

Πίνακας 5.2 Καταχώρηση απαραίτητων στοιχείων του Δικτύου Ύδρευσης

Τύπος Δικτύου	Αριθμός	Ισχύς (kW)	Χρόνος λειτουργίας (hr)	Inverter
Ύδρευση	1	0,5	4380	NAI

Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, ζητούνται δεδομένα που αντιπροσωπεύουν την υπο εξέταση θερμική ζώνη, ούτως ώστε να διαμορφωθεί ένα αξιολογικό προφίλ βάσει του οποίου μοντελοποιείται η γεωμετρία. Παράλληλα, ποσοτικοποιούνται συντελεστές που άπτονται της δομής, των εσωτερικών συνθηκών λειτουργίας, των εγκατεστημένων συσκευών και διατάξεων με απώτερο στόχο την εύρεση των απαραίτητων φορτίων. Ορισμένες πληροφορίες δίνονται παρακάτω :

Πίνακας 5.3 Γενικές πληροφορίες θερμικής ζώνης.

Χρήση Ζώνης	Μονοκατοικία	
Συνολική επιφάνεια (m ²)	121,5	
Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m ² *K)	260	Μέση θερμοχωρητικότητα της δομής μας, εξαρτάται από την ποιότητα της κατασκευής και υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ πέντε διαφορετικών κατηγοριών.
Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών	Γ	TOTEE 20701-1, Πίνακας 5.5
Διείσδυση Αέρα από κουφώματα (m ³ /h)	265,42	Προκύπτει από καθορισμένες τιμές διείσδυσης εξωτερικού νοπού αέρα
Μέση Κατανάλωση ZNX (m ³ /έτος)	110	Για χρήση μονοκατοικίας έχουμε συντελεστή κατανάλωσης 0,91 m ³ /m ² /έτος
Αριθμός καμινάδων	0	
Αριθμός ανεμιστήρων οροφής	0	

Χρήση: Μονοκατοικία, πολυκατοικία

Συνολική επιφάνεια (m²): 121.5 Μέση κατανάλωση ZNX (m³/έτος): 110

Ανηγγεμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m³K): 260

Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών: Τύπος Γ

Διείσδυση αέρα

Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m³/h): 265 Αριθμός καμινάδων: 0 Αριθμός θυρίδων εξαερισμού: 0

Εικόνα 5.2 Ενδεικτική καταχώρηση γενικών πληροφοριών θερμικής ζώνης στο λογισμικό.

Πίνακας 5.4 Αναλυτικός υπολογισμός διείσδυσης αέρα από κουφώματα.

Διαφανή στοιχεία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια (m ²)	Τυπική τιμή αερισμού (m ³ /h/m ²)	Διείσδυση αέρα (m ³ /h)
Παράθυρο 1 (ισόγειο)	Νότιος	2,52	8,7	21,92
Παράθυρο 2 (ισόγειο)	Νότιος	1,88	6,8	12,78
Παράθυρο 1 (1ος όροφος)	Νότιος	5	6,8	34
Παράθυρο 2 (1ος όροφος)	Νότιος	1,5	8,7	13,05
Παράθυρο 3 (1ος όροφος)	Νότιος	5	6,8	34
Παράθυρο 1 (2ος όροφος)	Νότιος	1,44	8,7	12,52
Παράθυρο 2 (2ος όροφος)	Νότιος	5	6,8	34
Παράθυρο (ισόγειο)	Ανατολικός	5,01	6,2	31,06
Παράθυρο (1ος όροφος)	Ανατολικός	0,7	8,7	6,09
Παράθυρο (ισόγειο)	Δυτικός	2,78	8,7	24,24
Εξωτερική Πόρτα (ισόγειο)	Δυτικός	3,6	5,3	19,08
Πόρτα (2ος όροφος)	Δυτικός	1,92	11,8	22,65
ΣΥΝΟΛΟ				265,42

Πίνακας 5.5 Παράμετροι μοντελοποίησης των εσωτερικών συνθηκών της θερμικής ζώνης (TEE, 2017α).

Ωρες λειτουργίας/ημέρα	18
Ημέρες λειτουργίας/εβδομάδα	7
Μήνες λειτουργίας/έτος	12
Διάστημα θέρμανσης	Για A&B κλιματική ζώνη 1/11 έως 15/4 ενώ για Γ&Δ κλιματική ζώνη 15/10 έως 30/4
Διάστημα Ψύξης	Για A&B κλιματική ζώνη 15/5 έως 15/9 ενώ για Γ&Δ κλιματική ζώνη 1/6 έως 31/8
Εσωτερική θερμοκρασία σε περίοδο θέρμανσης (°C)	20
Εσωτερική θερμοκρασία σε περίοδο ψύξης (°C)	26
Εσωτερική σχετική υγρασία σε περίοδο θέρμανσης (%)	45
Εσωτερική σχετική υγρασία σε περίοδο ψύξης (%)	40
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m³/h/m²)	0,75
Τυπική κατανάλωση ZNX (m³/(m²*έτος)	0,91
Φωτεινή δραστηριότητα (lm/W)	55
Επίπεδα φωτισμού (lx)	200
Εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό (W/m²)	3,6
Έκλυση θερμότητας από χρήστες (W/m²)	4
Έκλυση θερμότητας από συσκευές (W/m²)	2
Συντελεστής ετεροχρονισμού ηλεκτρικών συσκευών	0,5
Συντελεστής λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών	0,75

.Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου καθώς και η γεωμετρία των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το κέλυφός έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο του ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας. Αυτά τα δεδομένα, προκειμένου να μοντελοποιηθεί η θερμική μάζα πρέπει να εισάγονται στην υπο - οθόνη του λογισμικού με την ταυτόχρονη παράθεση των παρακάτω μεγεθών:

1. Συντελεστής απορροφητικότητας ηλιακής ακτινοβολίας (α), επηρεάζεται από την επίστρωση της τελικής επιφάνειας και συγκεκριμένα από το χρώμα και την υφή.
2. Συντελεστής εκπομπής (ϵ), ο οποίος εκφράζει την ευκολία και την δυνατότητα που έχει το κάθε δομικό μας στοιχείο να εκπέμπει θερμική ακτινοβολία.

Η τελική επίστρωση στην εξωτερική τοιχοποιία μας είναι κάποιο σκουρόχρωμο επίχρισμα. Στο δώμα του 1^{ου} ορόφου υπάρχει ανοιχτόχρωμο μάρμαρο ενώ στην κύρια οροφή μας υφίσταται κεραμοσκεπή οπότε οι αντίστοιχοι συντελεστές λαμβάνονται από τον πίνακα 3.14 της TOTEE 20701-1 (TEE, 2017α) . Σε ότι αφορά την εκπνευτικότητα που εμφανίζεται στο

υλικό της τελικής επίστρωσης, η επιφάνεια έχει διαμορφωθεί από σύνθετες δομικό υλικό και συνεπώς θεωρούμε $\epsilon = 0,8$.

Πίνακας 5.6 Χαρακτηριστικά διαφανών δομικών στοιχείων.

Όροφος	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν(m ²)	U(W/m ² K)
Ισόγειο	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο 1	180	90	2,52	5,9
Ισόγειο	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο 2	180	90	1,88	1,98
1ος	Ανοιγόμενη πρόσοψη	Παράθυρο 1	180	90	5	2,55
1ος	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο 2	180	90	1,5	5,9
1ος	Ανοιγόμενη πρόσοψη	Παράθυρο 3	180	90	5	2,55
2ος	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο 1	180	90	1,44	6,7
2ος	Ανοιγόμενη πρόσοψη	Παράθυρο 2	180	90	5	3,12
Ισόγειο	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο	90	90	5,01	3,19
1ος	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο	90	90	0,7	2,85
Ισόγειο	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο	270	90	2,787	3,19

Πίνακας 5.7 Χαρακτηριστικά αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος.

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν(m ²)	U(W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)
Δάπεδο	Δάπεδο εδάφους	60,63	0,2399	1		41

Πίνακας 5.8 Χαρακτηριστικά αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος για τον μη θερμαινόμενο χώρο.

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν(m ²)	U(W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)
Δάπεδο	Δάπεδο Garage	7,88	0,2399	0		11,3

Πίνακας 5.9 Χαρακτηριστικά αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Όροφος	Τύπος	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν(m ²)	U(W/m ² K)	a	ϵ
Ισόγειο	Τοίχος	180	90	12	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Τοίχος	180	90	6	0,4135	0,8	0,8
1ος	Τοίχος	180	90	21,57	0,4135	0,8	0,8
1ος	Οροφή	0	0	14,627	0,8959	0,65	0,8
2ος	Τοίχος	180	90	13,98	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο -1ος-2ος	Τοίχος	0	90	87,7	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Τοίχος	90	90	50,816	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Τοίχος	270	90	10,935	0,4135	0,8	0,8
1ος	Τοίχος	270	90	9,6	0,4135	0,8	0,8
2ος	Τοίχος	270	90	12,252	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Πόρτα	270	90	3,6	3,7	0,8	0,8
2ος	Πόρτα	270	90	1,92	5,3	0,8	0,8
2ος	Οροφή	0	0	44	0,55	0,6	0,8

Πίνακας 5.10 Χαρακτηριστικά αδιαφανών δομικών στοιχείων για τον μη θερμαινόμενο χώρο.

Όροφος	Τύπος	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν(m ²)	U(W/m ² K)	a	ϵ
Ισόγειο	Τοίχος	90	90	5	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Τοίχος	270	90	5	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Οροφή	0	0	7,88	0,4135	0,8	0,8
Ισόγειο	Πόρτα	180	180	5,25	3,7	0,8	0,8

Ως τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης αποτελεί η εισαγωγή των προδιαγραφών για κάθε είδος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που υιοθετείται προς εξασφάλιση των ενεργειακών μας αναγκών. Συγκεκριμένα ορίζονται όλες οι παράμετροι που συνθέτουν τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, ZNX καθώς και υφιστάμενων τεχνολογιών ΑΠΕ. Η ισχύς των μονάδων, οι βαθμοί απόδοσης του εκάστοτε εξοπλισμού, οι βαθμοί απόδοσης του δικτύου διαμοιρασμού καθώς και των τερματικών μονάδων έχει περιγραφεί εκτενώς στην προηγούμενη ενότητα της εργασίας.

5.2 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στα Χανιά

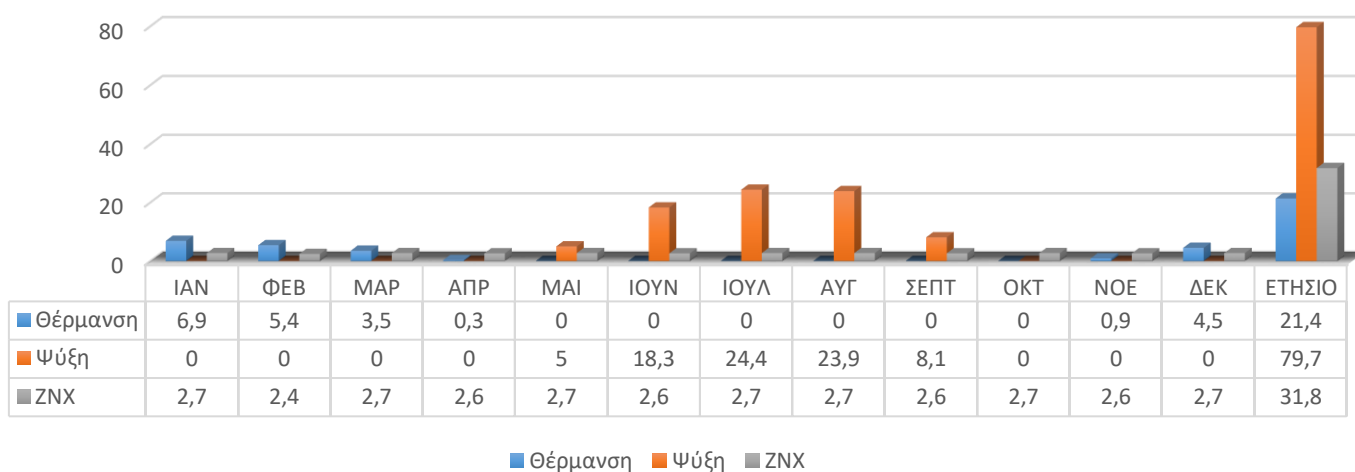
Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παράθεση και η ερμηνεία των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων της ενεργειακής απόκρισης για το κτίριο της περιοχής των Χανίων. Συγκεκριμένα δίνονται σε μορφή πινάκων οι συνολικές εκτιμώμενες ετήσιες απαιτήσεις ανά χρήση καθώς και οι αντίστοιχες τελικές καταναλώσεις. Προσδιορίζεται η ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου βάσει της ετήσιας ανηγμένης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και καταχωρείται στην κατάλληλη ενεργειακή κατηγορία. Τέλος, συγκρίνονται τα δεδομένα που προέκυψαν με τα αντίστοιχα του κτιρίου αναφοράς, το οποίο διαμορφώνεται αυτόματα από το λογισμικό, με στόχο την ποιοτική αξιολόγηση των συστημάτων καθώς και τον εντοπισμό των βέλτιστων ενεργειακών επεμβάσεων.

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται αναλυτικά τα σχετικά φορτία :

Πίνακας 5.11 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο
Θέρμανση	33,8	37,3
Ψύξη	32,3	84,3
ZNX	39,1	60,5
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	105,2	182,1
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)

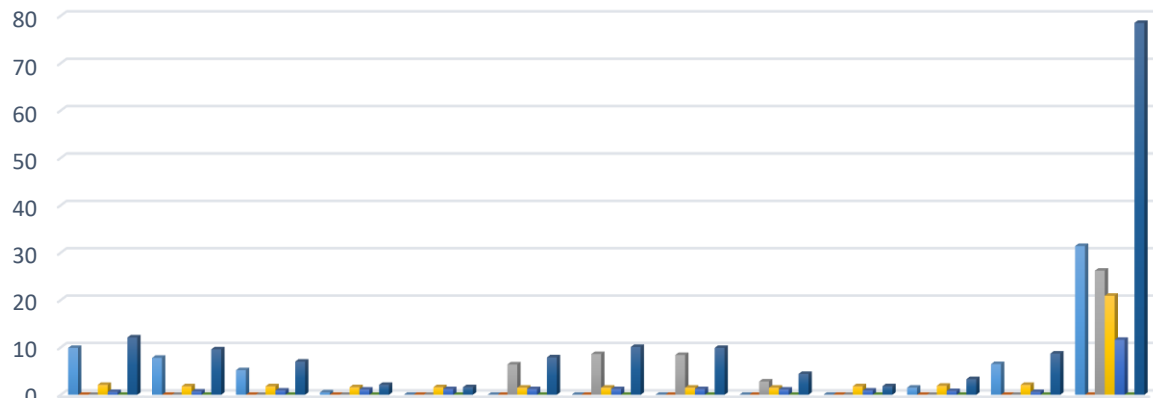


Σχήμα 5.1 Ενεργειακές απαιτήσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.12 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών απαιτήσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	25,5	21,4	-16
Ψύξη	61	79,7	30,7
ZNX	31,8	31,8	0

Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m²)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	9,9	7,8	5,2	0,5	0	0	0	0	0	0	1,5	6,5	31,4
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ψύξη	0	0	0	0	0	6,4	8,6	8,4	2,8	0	0	0	26,2
■ ZNX	2,1	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,9	2,1	20,9
■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	0,9	0,8	0,6	11,6
■ Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Σύνολο	12,1	9,6	7	2,1	1,6	7,9	10,1	9,9	4,4	1,8	3,3	8,7	78,5

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ZNX ■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX ■ Ενέργεια από φωτοβολταικά ■ Σύνολο

Σχήμα 5.2 Τελικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.13 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών Τελικών Καταναλώσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	34,7	31,4	-9,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0
Ψύξη	10,2	26,2	156,86
ZNX	35,5	20,9	-41,12
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	6,3	11,6	84,12
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0
Σύνολο	80,4	78,5	-2,3

Πίνακας 5.14 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	49,1	48,6
Πετρέλαιο	29,4	7,8
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	11,6	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	78,5	56,3

Πίνακας 5.15 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Κτιρίου Αναφοράς.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	12,5	12
Πετρέλαιο	68,2	18
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	6,3	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	80,4	30

Από τα δεδομένα που αποτυπώθηκαν παραπάνω, διαπιστώνεται πως το κτίριο των Χανίων υπάγεται στην Ενεργειακή Κλάση Δ, βαθμίδα ιδιαίτερα χαμηλή σε σχέση με τις διαθέσιμες κλίμακες κατάταξης, δείκτης που σηματοδοτεί πως το κτίριο αξιολογείται ως ενεργειακά μη αποδοτικό. Η συνολική πρωτογενής ενέργεια που επιβαρύνει τελικώς το περιβάλλον ανέρχεται σε 182,1 kWh/m² έναντι 105,2 kWh/m² του κτιρίου αναφοράς, προσαυξημένη κατά 73,1 %. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν, πως αυτή και μόνο η ένδειξη είναι επαρκής στο να καταλήξουμε στην διαπίστωση πως υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης της αποδοτικότητας.

Υπογραμμίζεται πως οι συνολικές ετήσιες απαιτήσεις του υπάρχοντος κτιρίου αγγίζουν τις 132,9 kWh/m², περισσότερες κατά 12,4 % σε σχέση με το κτίριο αναφοράς. Συνεπώς προκύπτει ο ισχυρισμός πως σε ένα βαθμό οι μεγάλες αποκλίσεις στην πρωτογενή ενέργεια οφείλονται αποκλειστικά σε αυτόν τον παράγοντα. Ωστόσο για να καταλήξουμε σε αυτό το συμπέρασμα θα πρέπει να συγκριθεί και η τελική καταναλισκόμενη ενέργεια μεταξύ των κτιρίων και κυρίως ο λόγος Econs/Edem ώστε να κατανοηθεί εάν εγείρεται ζήτημα ποιότητας ή δυσλειτουργικότητας στα εγκατεστημένα συστήματα, δηλαδή εάν εμφανίζονται μειωμένοι βαθμοί απόδοσης σε σχέση με τις ενδεδειγμένες τιμές του κτιρίου προσομοίωσης.

Συνολικά στο κτίριο των Χανίων "πληρώνουμε" 78,5 kWh/m² ενώ στο κτίριο αναφοράς οι καταναλώσεις οριοθετούνται σε 80,4 kWh/m². Οι λόγοι Econs/Edem υπολογίζονται σε 0,59 και 0,67 αντίστοιχα, τιμές που βρίσκονται αρκετά κοντά. Οπότε δεν υφίσταται τεράστιο

πρόβλημα αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού. Παρατηρείται όμως από τους Πίνακες 5.14 - 5.15 πώς ως πηγή καυσίμου χρησιμοποιείται το ηλεκτρικό ρεύμα (που έχει τον μεγαλύτερο συντελεστή μετατροπής σε πρωτογενή) κατά 3,9 (49,1/12,5) φορές περισσότερο κάτι φυσικά που δεν δικαιολογείται από την ζήτηση.

Η έκλυση CO₂ προσεγγίζεται σε 56,3 kg/m², τιμή μεγαλύτερη κατά 87,6 % έναντι του κτιρίου αναφοράς.

Όλες οι συσχετίσεις που αναφέρθηκαν, θα μελετηθούν ενδελεχώς στο επόμενο κεφάλαιο όπου θα επιχειρηθεί η κατάστρωση της βέλτιστης επεμβατικής λύσης.

5.3 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Λευκάδα

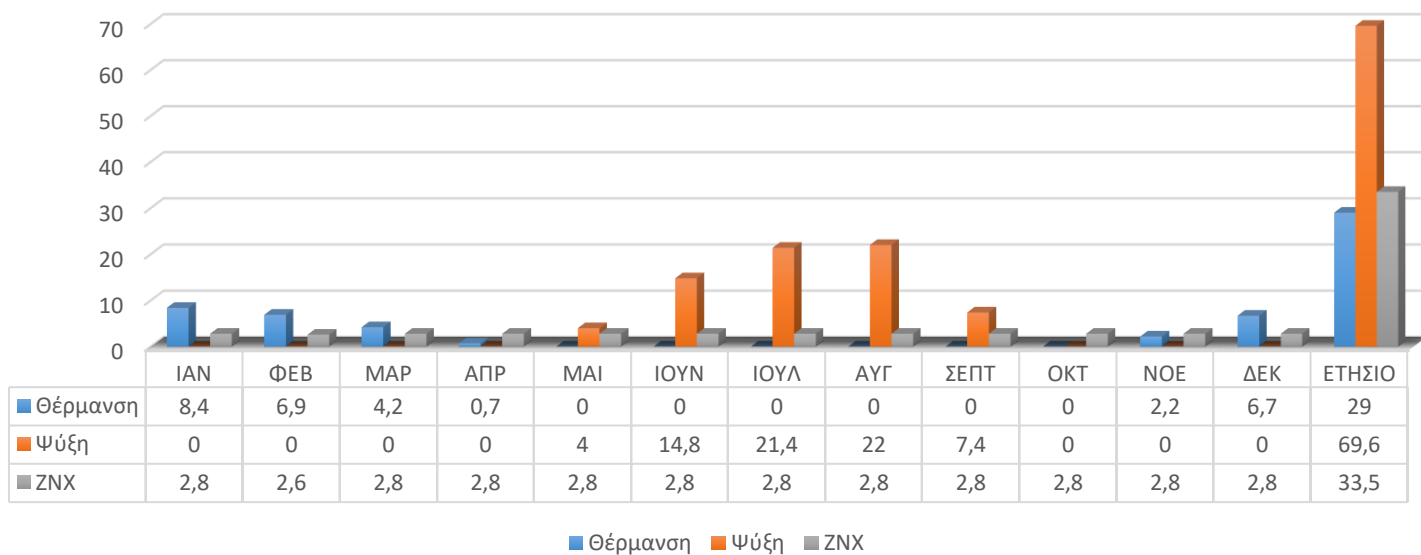
Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παράθεση και η ερμηνία των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων της ενεργειακής απόκρισης για το κτίριο στην περιοχή της Λευκάδας. Συγκεκριμένα δίνονται σε μορφή πινάκων οι συνολικές εκτιμώμενες ετήσιες απαιτήσεις ανά χρήση καθώς και οι αντίστοιχες τελικές καταναλώσεις. Προσδιορίζεται η ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου βάσει της ετήσιας ανηγμένης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και καταχωρείται στην κατάλληλη ενεργειακή κατηγορία. Τέλος, συγκρίνονται τα δεδομένα που προέκυψαν με τα αντίστοιχα του κτιρίου αναφοράς, το οποίο διαμορφώνεται αυτόματα από το λογισμικό, με στόχο την ποιοτική αξιολόγηση των συστημάτων καθώς και τον εντοπισμό των βέλτιστων ενεργειακών επεμβάσεων.

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται αναλυτικά τα σχετικά φορτία :

Πίνακας 5.16 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο
Θέρμανση	39,1	49,5
Ψύξη	30,7	82,3
ZNX	41,2	65,5
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	111	197,3
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)

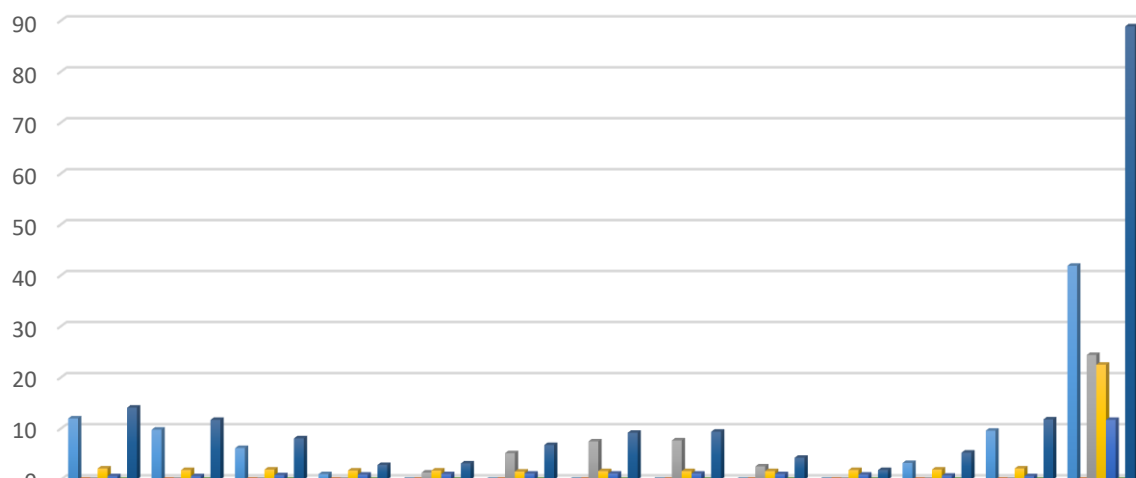


Σχήμα 5.3 Ενεργειακές απαιτήσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.17 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών απαιτήσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	28,6	29	1,39
Ψύξη	52,4	69,6	32,82
ZNX	33,5	33,5	0

Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m²)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	12	9,8	6,2	1,1	0	0	0	0	0	0	3,3	9,6	41,9
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ψύξη	0	0	0	0	1,4	5,2	7,5	7,7	2,6	0	0	0	24,4
■ ZNX	2,2	1,9	2	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	2	2,2	22,5
■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0,7	0,7	0,9	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1	0,8	0,7	11,7
■ Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Σύνολο	14,1	11,7	8,1	2,9	3,2	6,8	9,2	9,4	4,3	1,9	5,3	11,8	88,9

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ZNX ■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX ■ Ενέργεια από φωτοβολταικά ■ Σύνολο

Σχήμα 5.4 Τελικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.18 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών Τελικών Καταναλώσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	38,7	41,9	8,2
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0
Ψύξη	9,2	24,4	165,21
ZNX	37,4	22,5	-39
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	6,6	11,7	77,27
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	
Σύνολο	85,3	88,9	4,22

Πίνακας 5.19 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	49,4	48,9
Πετρέλαιο	39,5	10,4
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	11,7	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	88,9	59,3

Πίνακας 5.20 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Κτιρίου Αναφοράς.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	11,5	11,4
Πετρέλαιο	73,9	19,5
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	6,6	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	85,3	30,9

Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα, το κτίριο στην περιοχή της Λευκάδας εντάσσεται στην ενεργειακή βαθμίδα Δ, με ετήσια επιβάρυνση σε πρωτογενή ενέργεια 197,3 kWh/m², σε αντίθεση με του κτιρίου αναφοράς που ανέρχεται σε 111 kWh/m². Επομένως έχουμε μία προσαύξηση της τάξεως του 77,7 %. Εκ πρώτης όψεως το κτίριο σαφέστατα κρίνεται ως ενεργοβόρο.

Οι συνολικές ετήσιες απαιτήσεις του υπάρχοντος κτιρίου εκτιμώνται σε 132,1 kWh/m², αυξημένες μόλις κατά 17,6 kWh/m² σε σχέση με το κτίριο προσομοίωσης. Το γεγονός πως η ετήσια τελική καταναλισκόμενη ενέργεια του κτιρίου αναφοράς υπολείπεται κατά 3,6 kWh/m² του υπάρχοντος κτιρίου (που διαμορφώνεται σε 88,9 kWh/m²), οδηγεί στο συμπέρασμα πως η δυσλειτουργία των συστημάτων κάλυψης δέν αποτελεί την κύρια αιτία της υψηλής πρωτογενούς κατανάλωσης. Αυτό προκύπτει εύκολα εάν συγκριθούν οι λόγοι Econs/Edem. Έτσι λοιπόν, για το κτίριο αναφοράς έχουμε λόγο που ισούται με 0,745 ενώ για το κτίριο της Λευκάδας 0,672. Συνεπώς στην πρώτη περίπτωση για κάθε 1 kWh απαίτησης φορτίου, τελικώς χρησιμοποιούνται 0,745 kWh ενώ για το κτίριο μας 0,672. Άρα, η επίδραση της διαφορετικής αποδοσης στις υφιστάμενες διατάξεις και στις συσκευές μεταξύ των κτιρίων, εάν κριθεί ευρύτερα σε επίπεδο τελικής κατανάλωσης και όχι ανα είδος χρήσης, είναι μηδενική. Βεβαία λόγοι Econs/Edem κάτω της μονάδας είναι αρκετά σπάνιο και εμφανίζονται στην συγκεκριμένη περίπτωση καθώς τα ψυκτικά φορτία απαίτησης αντιπροσωπεύουν το 50% των απαιτήσεων, και τα οποία καλύπτονται με τοπική αντλία με ένα COP κοντά στο 3.

Παρατηρώντας τις τιμές διακρίνεται πως σε επίπεδο καυσίμων το κτίριο μας “ξοδεύει” $88,6 \text{ kWh/m}^2$ σε αντίθεση με του κτιρίου αναφοράς που αντιστοιχεί σε $85,3 \text{ kWh/m}^2$. Ειδικότερα αν αναλογιστούμε πως έχουμε περισσότερες απαιτήσεις σε θέρμανση (29 kWh/m^2 έναντι $28,6$ του κτιρίου αναφοράς) η συρρίκνωση των τιμών του πετρελαίου έναντι του κτιρίου αναφοράς έχει θετικό αντίκτυπο. Το πρόβλημα έγκειται στην τεράστια χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος με συνεισφορά με $49,4 \text{ kWh/m}^2$, δηλαδή κατά 4,3 φορές μεγαλύτερη του κτιρίου προσομοίωσης. Αυτό γίνεται εμφανές αν ανατρέξουμε στον πίνακα 5.18 , στο πεδίο της ψύξης όπου τελικά καταναλώνεται $165,21 \%$ περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια προς ικανοποίηση των ψυκτικών αναγκών. Συνεπώς, η προσπάθεια περιορισμού χρήσης του ρεύματος είναι μονόδρομος στο να επιτευχθεί εξοικονόμηση και μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος.

Η έκλυση CO_2 προσεγγίζεται σε $59,3 \text{ kg/m}^2$, τιμή μεγαλύτερη κατά $28,4 \text{ kg/m}^2$ έναντι του κτιρίου αναφοράς.

Αξιοσημείωτο στοιχείο της έρευνας που αναδεικνύει την έντονη διακύμανση των φορτίων για διαφορετική κλιματική ζώνη έδρασης τόσο σε επίπεδο μεμονομένης χρήσης όσο και σε επίπεδο τελικής κατανάλωσης ευρύτερα , αποτελεί η μεγάλη απόκλιση που εμφανίζεται στα φορτία μεταξύ των περιοχών της Λευκάδας και των Χανίων. Συγκεκριμένα, ανεξαρτήτως του γεγονότος ότι πρόκειται για πανομοιότυπο κτίριο με ακριβώς ίδιο υλικοτεχνικό εξοπλισμό διαπιστώνεται πως η συνολική τελική κατανάλωση στην Λευκάδα ανέρχεται σε $88,9 \text{ kWh/m}^2$, προσαυξημένη κατά $13,2 \%$ της αντίστοιχης των Χανίων. Ίδια τάση εμφανίζεται εάν εξετάσουμε το πρωτογενές αποτύπωμα όπου διακρίνουμε αύξηση $8,34 \%$. Σε ότι αφορά τα είδη χρήσης, στην Λευκάδα οι απαιτήσεις σε θέρμανση είναι 29 kWh/m^2 έναντι $21,4 \text{ kWh/m}^2$ στα Χανιά ενώ σε ότι αφορά τα ψυκτικά φορτία απαίτησης έχουμε απόκλιση 13% . Για το ίδιο κτίριο λοιπόν, εντοπίζεται $13,2 \%$ περισσότερη κατανάλωση καυσίμων στην Λευκάδα ενώ στο θέμα της ρύπανσης παρατηρείται περίπου ισάξια εκπομπή διοξειδίου.

Τέλος, η επιλογή της βέλτιστης επεμβατικής λύσης που θα επιφέρει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης αλλά και καλύτερη ποιότητα διαβίωσης θα καθορισθεί στο επόμενο κεφάλαιο έπειτα από διεξοδική ανάλυση των συσχετισμών των παραπάνω πινάκων.

5.4 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Θεσσαλονίκη

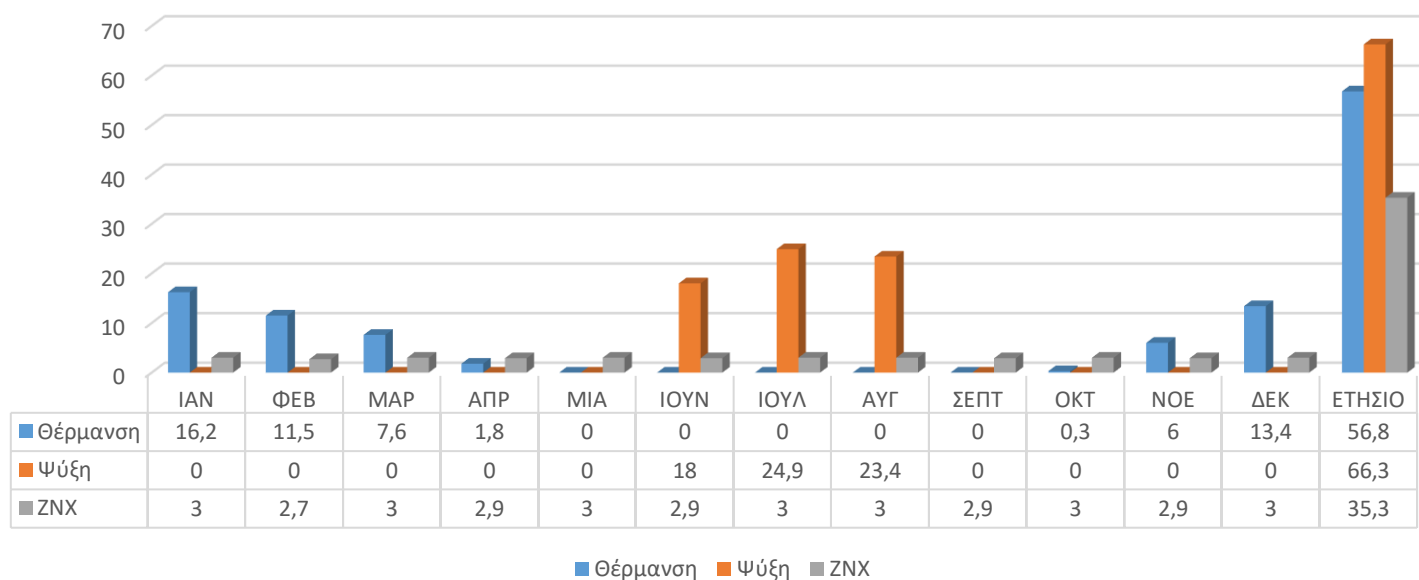
Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παράθεση και η ερμηνία των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων της ενεργειακής απόκρισης για το κτίριο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα δίνονται σε μορφή πινάκων οι συνολικές εκτιμώμενες ετήσιες απαιτήσεις ανά χρήση καθώς και οι αντίστοιχες τελικές καταναλώσεις. Προσδιορίζεται η ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου βάσει της ετήσιας ανηγγένης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και καταχωρείται στην κατάλληλη ενεργειακή κατηγορία. Τέλος, συγκρίνονται τα δεδομένα που προέκυψαν με τα αντίστοιχα του κτιρίου αναφοράς , το οποίο διαμορφώνεται αυτόματα από το λογισμικό , με στόχο την ποιοτική αξιολόγηση των συστημάτων καθώς και τον εντοπισμό των βέλτιστων ενεργειακών επεμβάσεων.

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται αναλυτικά τα σχετικά φορτία :

Πίνακας 5.21 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο
Θέρμανση	73,9	85
Ψύξη	25,8	67,4
ZNX	43,4	41,1
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	143	193,5
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Γ

Ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m²)



Σχήμα 5.5 Ενεργειακές απαιτήσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.22 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών απαιτήσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	50,4	56,8	12,69
Ψύξη	50,7	66,3	30,76
ZNX	35,3	35,3	0

Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m²)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	21,6	15,4	10,3	2,6	0	0	0	0	0	0,5	8,3	17,9	76,6
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ψύξη	0	0	0	0	0	6,3	8,7	8,2	0	0	0	0	23,2
■ ZNX	3,3	3	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	39,2
■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Σύνολο	24,9	18,4	13,6	5,9	3,3	9,5	12,1	11,5	3,2	3,8	11,5	21,2	139

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ZNX ■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX ■ Ενέργεια από φωτοβολταικά ■ Σύνολο

Σχήμα 5.6 Τελικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.23 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών Τελικών Καταναλώσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	68,3	76,6	12,51
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0
Ψύξη	8,9	23,2	260
ZNX	39,4	39,2	-0,5
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	7	0	-
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0
Σύνολο	116,6	139	19,2

Πίνακας 5.24 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	25,3	25
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό Αέριο	113,7	22,3
Ηλιακή	0	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	139	47,3

Πίνακας 5.25 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Κτιρίου Αναφοράς.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	11	10,9
Πετρέλαιο	105,6	27,9
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	7	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	116,6	38,8

Το κτίριο της Θεσσαλονίκης, εμφανίζει καλύτερη αποδοτικότητα συγκριτικά με τις περιοχές των Χανίων και της Λευκάδας καθώς υπάγεται στην Γ ενεργειακή βαθμίδα με συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς 193,5 kWh/m². Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός πως η θέρμανση και η παραγωγή του ZNX εξασφαλίζεται από λέβητα φυσικού αερίου δηλαδή με καύσιμο που επιφέρει ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα με συντελεστή αναγωγής σε πρωτογενή ενέργεια μόλις 1,05. Απόρροια της χρήσης εναλλακτικού καυσίμου είναι ότι η κατανάλωση ηλεκτρισμού για όλες τις ανάγκες του υπάρχοντος κτιρίου είναι μόλις 25,3 kWh/m², τιμή περίπου 50 % μικρότερη σε σχέση με τις προηγούμενες περιοχές. Ωστόσο δεδομένου ότι το κτίριο αναφοράς έχει κατανάλωση σε ρεύμα 11 kWh/m² που μεταφράζεται σε μείωση κατά 56,5 % χαμηλότερη σε σχέση με του υπάρχοντος αλλά και από το γεγονός πως το τελικό του αποτύπωμα σε πρωτογενή υστερεί κατά 26,1 % , οδηγεί στο συμπέρασμα πως με την εύρεση των κατάλληλων επεμβάσεων δύναται να προκύψει αισθητή μείωση στο λειτουργικό κόστος.

Όπως προηγουμένως , το κτίριο εμφανίζει 16,1 % υψηλότερες απαιτήσεις σε φορτία όλων των ειδών σε σχέση με το υποθετικό κτίριο. Σε επίπεδο τελικής κατανάλωσης η επιβάρυνση φτάνει τις 139 kWh/m² σε αντίθεση με του κτιρίου KENAK που ανέρχεται σε 116,6 kWh/m². Επομένως έχουμε απόκλιση 19,2 %, ποσοστό που ισοδυναμεί προσεγγιστικά με την αύξηση των σχετικών απαιτήσεων. Αυτή η παρατήρηση καθοδηγεί στο να διαμορφωθεί ένα πλάνο επεμβατικών κινήσεων που να εστιάζει ως επι το πλείστον κυρίως σε παραμέτρους ενίσχυσης του κελύφους και όχι στις συσκευές. Η ερμηνεία αυτή άλλωστε , προκύπτει και από τον έλεγχο

της θερμομονωτικής επάρκειας όπου τα δομικά μας στοιχεία δεν πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζει το πρότυπο. Πρέπει να επισημανθεί πως η μεγάλη αντίθεση στις τελικές καταναλώσεις σε ψύξη οφείλεται από το γεγονός πως στο κτίριο αναφοράς οι συσκευές καλύπτουν το 50% των ψυκτικών φορτίων ενώ το υπόλοιπο επικαλύπτεται από φυσικούς μηχανισμούς. Στο υπάρχον κτίριο έχουμε ποσοστό κάλυψης 100% από συσκευές, οπότε κατά την εξέταση λύσεων στην συνέχεια της εργασίας θα προβούμε σε μεταρυθμίσεις που να εντάσσουν παθητικά συστήματα ψύξης στο ενεργειακό ισοζύγιο.

5.4 Αποτελέσματα ενεργειακής συμπεριφοράς για το υπό εξέταση κτίριο στην Κοζάνη

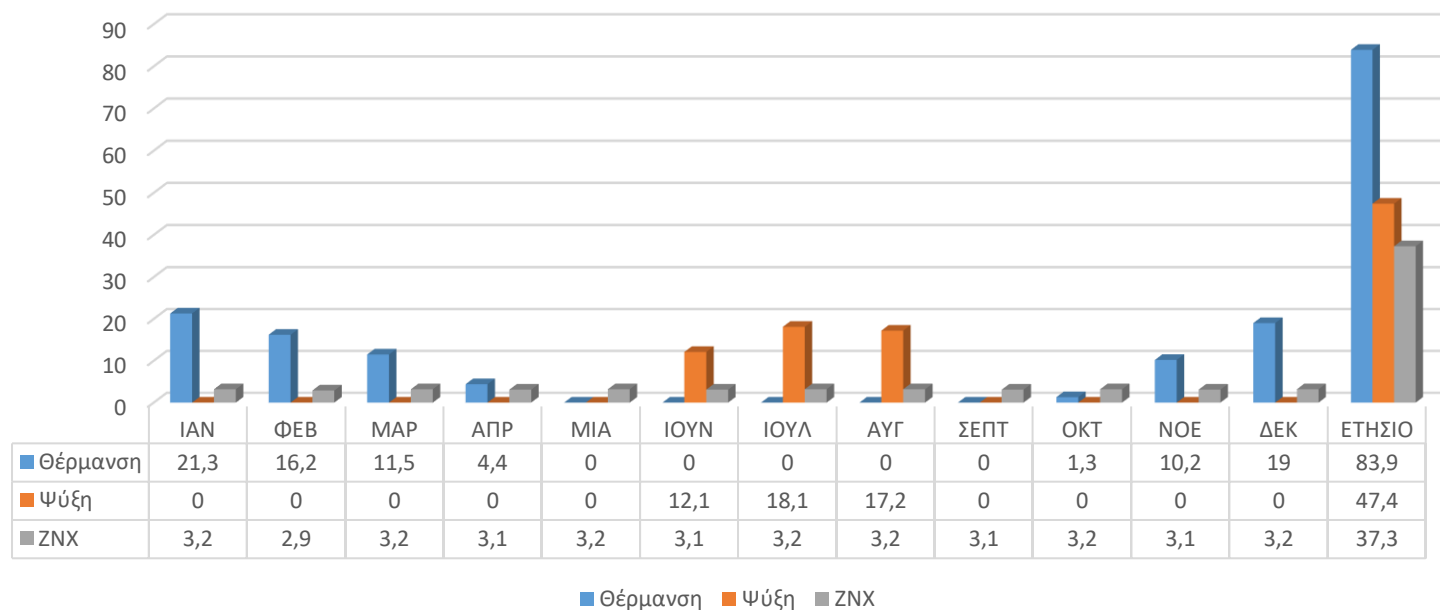
Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παράθεση και η ερμηνία των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων της ενεργειακής απόκρισης για το κτίριο στην περιοχή της Κοζάνης. Συγκεκριμένα δίνονται σε μορφή πινάκων οι συνολικές εκτιμώμενες ετήσιες απαιτήσεις ανά χρήση καθώς και οι αντίστοιχες τελικές καταναλώσεις. Προσδιορίζεται η ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου βάσει της ετήσιας ανηγμένης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και καταχωρείται στην κατάλληλη ενεργειακή κατηγορία. Τέλος, συγκρίνονται τα δεδομένα που προέκυψαν με τα αντίστοιχα του κτιρίου αναφοράς, το οποίο διαμορφώνεται αυτόματα από το λογισμικό, με στόχο την ποιοτική αξιολόγηση των συστημάτων μας καθώς και τον εντοπισμό των βέλτιστων ενεργειακών επεμβάσεων.

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται αναλυτικά τα σχετικά φορτία :

Πίνακας 5.26 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο
Θέρμανση	70,5	91
Ψύξη	17,2	48,3
ZNX	32	73,8
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	119,7	213,1
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ

Ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m²)

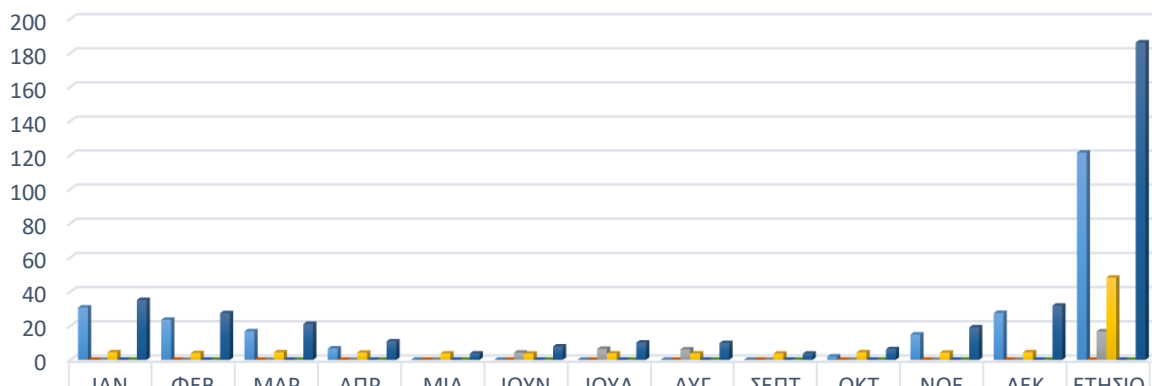


Σχήμα 5.7 Ενεργειακές απαιτήσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.27 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών απαιτήσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	68,9	83,9	29,6
Ψύξη	33,7	47,4	40,65
ZNX	37,3	37,3	0

Ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m²)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	30,6	23,4	16,7	6,6	0	0	0	0	0	1,9	14,8	27,4	121,3
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ψύξη	0	0	0	0	0	4,2	6,4	6,1	0	0	0	0	16,6
■ ZNX	4,4	3,9	4,4	4,2	3,7	3,6	3,7	3,7	3,6	4,4	4,2	4,4	48,1
■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Σύνολο	35	27,3	21	10,8	3,7	7,8	10,1	9,8	3,6	6,2	19	31,7	186

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ZNX ■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX ■ Ενέργεια από φωτοβολταικά ■ Σύνολο

Σχήμα 5.8 Τελικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 5.28 Σύγκριση Ετήσιων Ενεργειακών Τελικών Καταναλώσεων μεταξύ Κτιρίου Αναφοράς- Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Ετήσιες ενεργειακές Καταναλώσεις (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Απόκλιση (%)
Θέρμανση	100	121,3	21,3
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0
Ψύξη	5,9	16,6	282
ZNX	45,8	48,1	5
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	8,1	0	-
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0	0	0
Σύνολο	151,7	186	22,6

Πίνακας 5.29 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	36,7	36,3
Πετρέλαιο	0	0
Τηλεθέρμανση	149,3	0
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	0	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	186	36,3

Πίνακας 5.30 Καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Κτιρίου Αναφοράς.

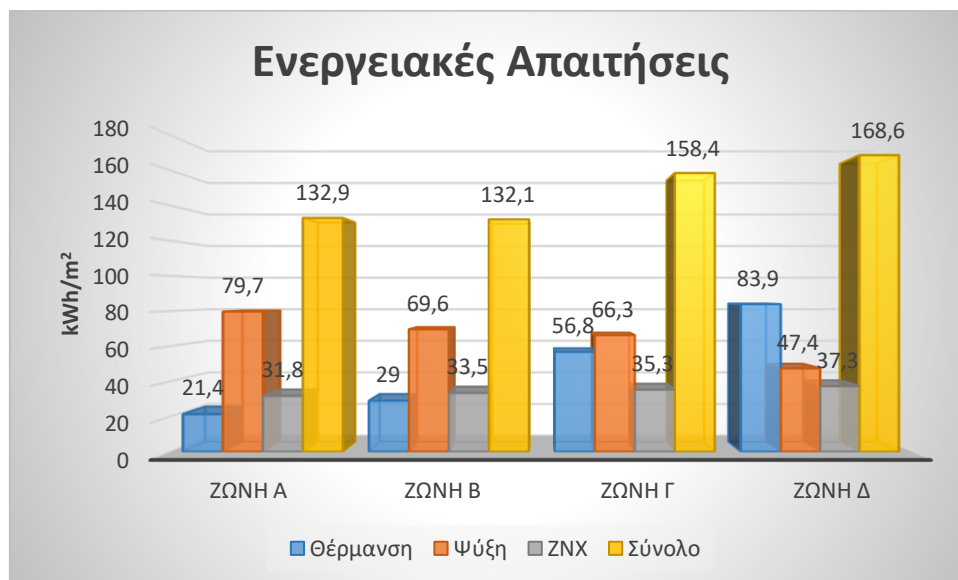
Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	8	7,9
Πετρέλαιο	0	0
Τηλεθέρμανση	143,7	0
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	8,1	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	151,7	7,9

Όπως γίνεται αντιληπτό, το κτίριο της Κοζάνης κατατάσσεται στην ενεργειακή κλίμακα Δ, με συνολικό ενεργειακό αντίκτυπο 213,1 kWh/m². Η επιβάρυνση είναι ιδιαίτερα υψηλή αν αναλογιστούμε πως η αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς είναι 119,7 kWh/m², δηλαδή προσαυξημένη κατά ένα εξωφρενικό ποσοστό που αγγίζει το 78 %. Σε ότι αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις, οι ανάγκες είναι κατά 24,4 % μεγαλύτερες. Εύλογα λοιπόν φανερώνεται πως και οι τελικές καταναλώσεις μας είναι υψηλότερες. Συγκεκριμένα, το πραγματικό ενεργειακό αποτύπωμα στο κτίριο μας είναι 186 kWh/m², τιμή ανεβασμένη κατά 23 %. Αναμφίβολα λοιπόν συνειδητοποιείται πως υφίσταται παρόμοια ενεργειακή απόκριση με την μοντελοποίηση στην Θεσσαλονίκη, δηλαδή η επίδραση της απόδοσης των συστημάτων δεν αποτελεί την κυρίαρχη αιτία της χαμηλής αποδοτικότητας του κτιρίου. Συγκεκριμένα, εάν εξαιρεθεί το τμήμα της ψύξης, σε όλες τις άλλες χρήσεις προκύπτουν σχεδόν ίδιοι βαθμοί απόδοσης στα συστήματα. Όπως έχει επισημανθεί για την ψύξη, η διαφορά αυτή οφείλεται στην παραδοχή πως τα συστήματα του κτιρίου αναφοράς είναι υπεύθυνα για την κάλυψη μόνο του 50% του φορτίου απαίτησης ενώ για το κτίριο μας έχουμε πλήρη κάλυψη. Βάσει της συνεκτίμησης αυτών των συσχετίσεων, διαπιστώνεται πως ένα εγχείρημα σχεδιασμού μείγματος παρεμβάσεων που να βασίζεται αποκλειστικά σε αντικατάσταση εξοπλισμού με νέο πιο σύγχρονο θα ήταν οικονομικά ατελέσφορο.

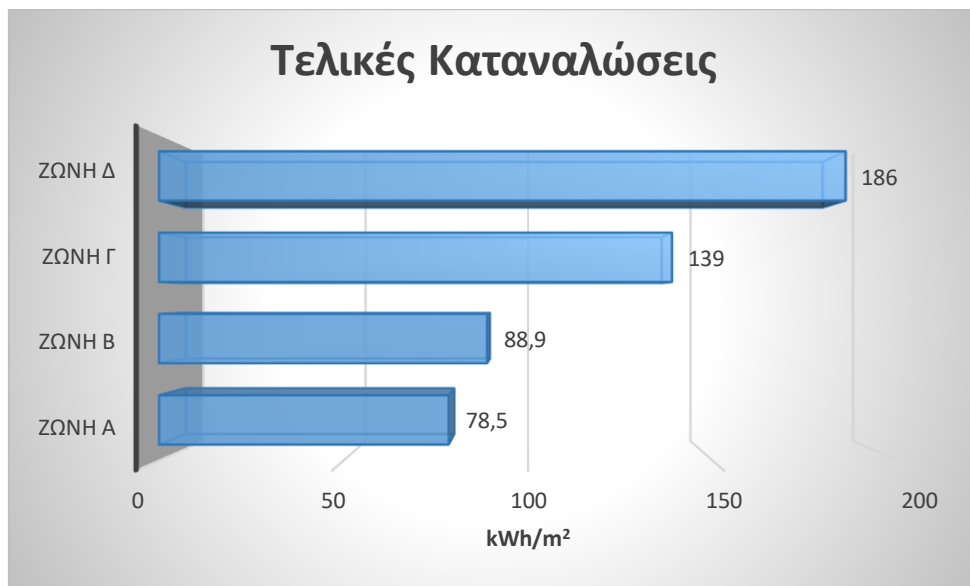
Η Κοζάνη δεδομένου ότι υπάγεται στην πιο ψυχρή κλιματική ζώνη, θα έχει και τεράστιες απαιτήσεις σε θέρμανση. Αυτή η τάση αναδεικνύεται άλλωστε και από τα σχετικά αποτελέσματα μας. Συνεπώς, επεμβάσεις που θα θωρακίζουν το κέλυφος είτε με την προσθήκη στρώσεων μονωτικών υλικών είτε με αντικατάσταση κουφωμάτων είναι επιτακτικές διότι ελαττώνοντας τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων δυσχαιρένεται η ευκολία εναλλαγής ενέργειας με το περιβάλλον. Τέλος, όπως και στην θεσσαλονικη γίνονται εμφανείς σε επίπεδο καυσίμων, οι ασύλληπτες τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με του κτιρίου αναφοράς. Οπότε, το όποιο συγκροτημένο σχέδιο καταλυτικών παρεμβάσεων συνταχθεί, θα πρέπει να περιέχει δράσεις αφενός για κάλυψη ενός μεγάλου μεριδίου ρεύματος μεσω κάποιας σύγχρονης τεχνολογίας ΑΠΕ, αφετέρου δε την υιοθέτηση εξοπλισμού υψηλότερης απόδοσης που να περιορίζει την χρήση του στο ισοζύγιο.

5.5 Γραφική αναπαράσταση δεδομένων

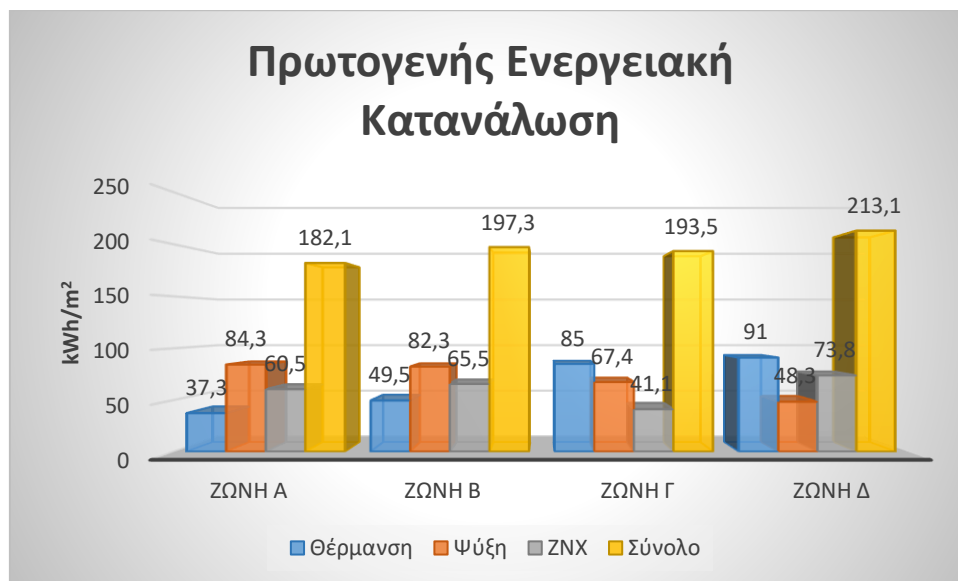
Στα παρακάτω διαγράμματα επιχειρείται η ανάδειξη σε γραφική μορφή των τάσεων στα δεδομένα που συλλέχθηκαν προκειμένου να προβούμε σε συγκρίσεις που θα βοηθήσουν στην κατάστρωση του ενδεδειγμένου πλάνου παρεμβάσεων.



Σχήμα 5.9 Σύγκριση Απαιτήσεων Υπάρχοντος Κτιρίου μεταξύ των ζωνών έδρασης.



Σχήμα 5.10 Σύγκριση Τελικών Καταναλώσεων Υπάρχοντος Κτιρίου μεταξύ των ζωνών έδρασης.



Σχήμα 5.10 Σύγκριση Πρωτογενούς Κατανάλωσης Ενέργειας Υπάρχοντος Κτιρίου μεταξύ των ζωνών έδρασης.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα επιβεβαιώνεται το αυξημένο φορτίο θέρμανσης καθώς κινούμαστε προς τις ψυχρότερες ζώνες με κορύφωση στην Δ ενώ αντίστροφη τάση εμφανίζεται για το τμήμα της ψύξης.

Κεφάλαιο 6 : Συγκρότηση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης

6.1 Μεθοδολογία εύρεσης βέλτιστων σεναρίων εξοικονόμησης

Ένας ενεργειακός μελετητής θα πρέπει να είναι σε θέση να καταστρώσει το βέλτιστο πρόγραμμα επένδυσης βάσει της εκτιμώμενης ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, με κοινή αρχή την ελάττωση του λειτουργικού κόστους, την συρρίκνωση των καταναλώσεων σε πρωτογενή ενέργεια ενώ ταυτόχρονα πρέπει να ικανοποιείται το αίσημα θερμικής άνεσης εξασφαλίζοντας έτσι ικανοποιητικές συνθήκες διαβίωσης.

Εφόσον λοιπόν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία εύρεσης της ενεργειακής απόκρισης και ο προσδιορισμός των φορτίων για κάθε ζώνη, θα προβούμε στην ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση των στοιχείων που προέκυψαν. Απώτερος στόχος είναι η αποτίμηση και συγκρότηση οικονομοτεχνικά βιώσιμων σεναρίων εξοικονόμησης που θα εμπεριέχουν τις ενδεδειγμένες παρεμβάσεις βάσει των ιδιαιτεροτήτων της κάθε κλιματικής ζώνης έδρασης. Για τον σκοπό αυτό θα επικεντρωθούμε σε καθορισμένους δείκτες που διαμορφώνονται από την ερμηνεία των δεδομένων μας, που μας καθοδηγούν στην υιοθέτηση των κατάλληλων δράσεων. Τέτοιοι δείκτες είναι :

1. Η ποσοστιαία απόκλιση σε συνολική ετήσια πρωτογενή συνεισφορά μεταξύ του κτιρίου μας και κτιρίου αναφοράς.

Όπως έχει οριστεί, η κατάταξη στις ενεργειακές βαθμίδες απόδοσης γίνεται σύμφωνα με το μέγεθος της ετήσιας πρωτογενούς κατανάλωσης μας. Συνεπώς η απόκλιση αυτής έναντι του κτιρίου προσομοίωσης KENAK, μας δείχνει μια τάξη μεγέθους που έχουμε να αντιμετωπίσουμε.

2. Η ποσοστιαία απόκλιση των ενεργειακών απαιτήσεων μεταξύ του κτιρίου μας και κτιρίου αναφοράς.

Αυτός ο δείκτης λειτουργεί ως πρόδρομος στο να γίνει αντιληπτό εάν και κατά πόσο η απόκλιση σε πρωτογενή κατανάλωση οφείλεται στην ανομοιογένεια των αναγκών μεταξύ των δυο κτιρίων ενώ παράλληλα ελέγχεται η θερμομονωτική θωράκιση του κελύφους.

3. Η ποσοτική διαφορά των τελικών ενεργειακών καταναλώσεων μεταξύ του κτιρίου μας και κτιρίου αναφοράς.

Οι τελικές καταναλώσεις προφανώς διαφοροποιούνται από τις απαιτήσεις του χώρου εξαιτίας της αποδοτικότητας των συστημάτων που αναλαμβάνουν την κάλυψη. Προσδιορίζοντας την παραπάνω παράμετρο εντοπίζεται η διαφορά στο πραγματικό κόστος λειτουργίας μεταξύ των δύο κτιρίων, μέγεθος που χρησιμοποιείται στην εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης κάθε προκρινόμενης ενεργειακής επένδυσης.

4. Υπολογισμός του λόγου Econs/Edem ανά φορέα χρήσης.

Ο καθορισμός αυτού του δείκτη συντελεί στο να κατανοηθεί εάν εγείρεται ζήτημα ποιότητας ή δυσλειτουργικότητας στα εγκατεστημένα συστήματα, δηλαδή εάν εμφανίζονται μειωμένοι βαθμοί απόδοσης σε σχέση με τις ενδεδειγμένες τιμές του κτιρίου προσομοίωσης. Πρακτικά, υπολογίζονται οι λόγοι Econs/Edem για κάθε είδος χρήσης του κτιρίου μας και συγκρίνονται με τους αντίστοιχους του κτιρίου αναφοράς. Εάν σε κάποια ενεργειακή χρήση διαπιστωθεί τεράστια απόκλιση τότε η μεθοδολογία οδηγεί στο συμπέρασμα πως το εκάστοτε εγκατεστημένο σύστημα είναι μη αποδοτικό και συστήνεται η αντικατάσταση του καθώς επιδρά καταλυτικά στην διόγκωση της πρωτογενούς ενέργειας.

5. Ποσοτική διαφορά της κατανάλωσης καυσίμου ανα πηγή ενέργειας.

Κάθε ορυκτό καύσιμο διαθέτει ενιαίο Συντελεστή Μετατροπής Πρωτογενούς Ενέργειας (PEFs) και συνεπώς η κάθε κατανάλωση καυσίμου συμμετέχει με ξεχωριστό μερίδιο στην διαμόρφωση του συνολικού ενεργειακού αποτυπώματος. Αυτό που επιδιώκεται κυρίως είναι η εστίαση στα επίπεδα κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ του κτιρίου μας και του κτιρίου αναφοράς. Αυτή η διάκριση γίνεται διότι το ηλεκτρικό ρεύμα έχει τον μεγαλύτερο συντελεστή μετατροπής της τάξεως του 2,9. Αυτό σημαίνει πως για να αποδοθεί 1 kwh ηλεκτρισμού στον χρήστη κατά μέσο όρο απαιτούνται 2,9 kwh πρωτογενούς. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο ο συντελεστής είναι μόλις 1,1 και 1,05 αντίστοιχα.

Συνεπώς, σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται αλόγιστη κατανάλωση, η υιοθέτηση επέμβασης που θα περιορίζει ή ακόμα θα εξασφαλίζει τα φορτία μέσω συστημάτων εναλλακτικής χρήσης καυσίμων επιφέρει επιθυμητά αποτελέσματα.

Ακόμα ένας λόγος για τον οποίο ο εκάστοτε ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να ελέγχει τις ποσότητες και τις συσχετίσεις στα είδη καυσίμων είναι διότι επιβαρύνουν το περιβάλλον με διαφορετικό συντελεστή εκπομπής CO₂. Όμοια, το ηλεκτρικό ρεύμα καταλαμβάνει την μερίδα του λέοντος καθώς κάθε 1kwh ευθύνεται για την έκλυση 0,9kg CO₂.

Συμπερασματικά, η διερεύνηση του δείκτη κατανάλωσης καυσίμων είναι επιτακτική στην προσπάθεια δημιουργίας των βέλτιστων σεναρίων τόσο για την βελτίωση της ενεργειακής απόκρισης όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος.

6.2 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο των Χανίων.

Στην παρούσα ενότητα διερευνάται το καταλληλότερο πακέτο δέσμης επεμβατικών δράσεων για το υπο εξέταση κτίριο στα Χανιά. Το σενάριο που θα διαμορφωθεί περιέχει τα επικρατέστερα μέτρα εξοικονόμησης με καθορισμένες προδιαγραφές παραμέτρων ενώ το εγχείρημα θα είναι ευνοϊκό και θα συστήνεται για κάθε κτίριο της κλιματικής ζώνης Α.

Έχει οριστεί πως για το κτίριο των Χανίων το τελικό ενεργειακό αποτύπωμα σε πρωτογενή είναι προσαυξημένο κατά 73,1 % έναντι του κτιρίου αναφοράς. Όμως αυτό οφείλεται κατά ένα βαθμό στις υψηλότερες ενεργειακές ανάγκες κατά 12,4 %. Σε επίπεδο πραγματικής

κατανάλωσης η διαφορά αγγίζει το -2,3 %. Διαπιστώνεται δηλαδή πως ανεξάρτητα του γεγονότος πως εμφανίζονται κατά 12,4 % περισσότερες απαιτήσεις το αντίκτυπο στην κατανάλωση είναι θετικό καθώς έχουμε τελικώς μικρότερες. Αυτό μεταφράζεται πως στην εγκατάσταση μας υπάρχουν ορισμένα συστήματα που ενδέχεται να είναι πιο αποτελεσματικά έναντι του κτιρίου αναφοράς. Κάτι τέτοιο όμως δεν υφίσταται για το τμήμα της ψύξης όπου παρατηρείται αύξηση κατά 156 %, παρ'όλο που η διαφορά των απαιτήσεων είναι μόλις 30,6 %. Βέβαια αυτό οφείλεται και στο γεγονός πως τα συστήματα του κτιρίου αναφοράς καλύπτουν το 50% των αναγκών και για το υπόλοιπο εκμεταλλεύονται τον φυσικό δροσισμό. Σε κάθε περίπτωση όμως, εάν αναλογιστούμε πως η ψύξη καλύπτεται με εγκατάσταση που δεσμεύει ηλεκτρισμό και είναι υπεύθυνη για το 46,2 % της ανηγμένης πρωτογενής κατανάλωσης, προκύπτει το συμπέρασμα πως η υιοθέτηση επεμβάσεων για την ψύξη είναι ενθαρρυντική. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός πως σε επίπεδο κατανάλωσης καυσίμου, το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται ως πηγή κατά 3,9 φορές περισσότερο κάτι φυσικά που δεν δικαιολογείται από την ζήτηση, επιβαρύνοντας καταλυτικά την πρωτογενή κατανάλωση.

Σε ότι αφορά την θέρμανση του χώρου, αν και αναμέναμε λόγω των ευνοϊκών συνθηκών της Α ζώνης να μην διαδραμάτιζε καθοριστικό ρόλο, βλέπουμε πως οι απαιτήσεις σε θέρμανση καταλαμβάνουν 16,1 % των συνολικών αναγκών ενώ η συνεισφορά της στο μείγμα της τελικής κατανάλωσης έχει μερίδιο με ένα ποσοστό της τάξεως του 20,5 %. Αυτό φυσικά οφείλεται κυρίως στα κακής ποιότητας συστήματα κάλυψης φορτίου ενώ η ύπαρξη δομικών στοιχείων που δεν πληρούν τις προδιαγραφές Κ.Εν.Α.Κ αυξάνουν τις απαιτήσεις.

Για τα νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια σύμφωνα με το πρότυπο η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσεων πρέπει να καλύπτεται υποχρεωτικά μέσω ηλιοθερμικών συστημάτων με το μερίδιο συμμετοχής τους σε ετήσια βάση να είναι τουλάχιστον 60%. Για το υπάρχον κτίριο ο ηλιακος συλλέκτης ανταποκρίνεται μόλις στο 35,6% της τελικής κατανάλωσης ενώ η διείσδυση εναλλακτικών συστημάτων ΑΠΕ είναι μηδενική.

Συνεπώς στην κατεύθυνση της μετατροπής του κτιρίου σε κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, το μείγμα των μέτρων θα εστιάζει κυρίως στην ενσωμάτωση περαιτέρω ηλιακών τεχνολογιών για το ζεστό νερό χρήσης αλλά και ευρύτερα στην υιοθέτηση αποδοτικότερων συστημάτων για θέρμανση - ψύξη που θα τροφοδοτούνται από υφιστάμενες τεχνολογίες ΑΠΕ .

Έπειτα από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, τα επιλέξιμα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι :

1. Αντικατάσταση διαφανών δομικών στοιχείων

Ως πρώτο μέτρο παρέμβασης θα προβούμε στην αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπινάκων των οποίων οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δεν πληρούν τις προδιαγραφές του προτύπου. Παρόμοια διαδικασία θα ακολουθηθεί και για τα κουφώματα, όπου σε κάθε άνοιγμα θα τοποθετηθούν σύγχρονα μεταλλικά.

Πρέπει να σημειωθεί πως για τις θερμές κλιματικές ζώνες επιθυμείτε οι υαλοπίνακες να έχουν χαμηλό συντελεστή ηλιακού κέρδους ώστε να μην έχουμε υπερθέρμανση τους θερινούς μήνες. Αντίθετα για τις ζώνες Γ,Δ διαλέγονται κουφώματα με ελαφρώς ενισχυμένη ηλιακή διαπερατότητα ώστε να διευκολυνθεί η θέρμανση του χώρου.

Επειτα από έρευνα της αγοράς , καταλήξαμε σε ένα σύστημα ανοιγο - ανακλινόμενων ενεργειακών κουφωμάτων πιστοποιημένων επιδόσεων, κατασκευασμένων απο διπλό υαλοπίνακα που εξασφαλίζουν αυξημένα επίπεδα ηχομόνωσης και ασφάλειας.

Τα διαφανή στοιχεία που θα αντικατασταθούν καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων κουφωμάτων δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά νέων κουφωμάτων.

Όροφος	Τύπος	Περιγραφή	Προσανατολισμός	U(W/m ² K)	Εμβαδόν(m ²)	Διαπερατότητα (g-w)
Ισόγειο	Δίφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,65	2,52	0,41
1ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 2	Νότιος	1,8	1,5	0,43
2ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,8	1,44	0,43
2ος	Μονόφυλλη ανοιγόμενη πόρτα	Πόρτα	Δυτικός	1,7	1,92	-
Ισόγειο	Δίφυλλη Θύρα Εισόδου	Πόρτα	Ισόγειο	1,9	3,6	-

Η συνολική οικονομική επιβάρυνση για την παραπάνω επένδυση συγκεκριμένης σειράς ενεργειακών κουφωμάτων λαμβάνοντας υπόψη και εργατικά έξοδα κυμαίνεται γύρω στα 250 ευρώ/m² . Για την κύρια θύρα εισόδου το κόστος προσεγγίζεται στα 1000 ευρώ ενώ η μικρή πόρτα του 2^{ου} ορόφου αντικαθίσταται με 450 ευρώ.

2. Περιφερειακή Δεντροφύτευση

Η φύτευση δέντρων περιμετρικά του κελύφους δημιουργεί ένα φυσικό εμπόδιο τεχνητής σκίασης. Λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής αποδοτικότητας καθώς επηρεάζονται οι συντελεστές σκίασης σε κάθε διαφανή ή αδιαφανή επιφάνεια. Εκτός από την ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες με την αποφυγή της υπερθέρμανσης , η δεντροφύτευση συμβάλει στην βελτίωση του τοπικού κλίματος και των συνθηκών περιμετρικά του χώρου μας. Αυτό συμβαίνει διότι επιτυγχάνεται μείωση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι, εξισορρόπηση της υγρασίας καθώς επίσης και εκμετάλλευση φυσικού δροσισμού. Η δεντροφύτευση σκοπεύει να σκιάζει πλήρως μέχρι και τον πρώτο όροφο για όλες τις όψεις. Στο βορρά φυτεύονται αειθαλή δέντρα για προφύλαξη από βόρειους ανέμους ενώ περιμετρικά επιλέγονται φυλλοβόλα δέντρα ώστε να μην χαθεί το προνόμιο του φυσικού φωτισμού αλλά και των ηλιακών κερδών κατά τους χειμερινούς μήνες. Τέλος, το όλο εγχείρημα κοστολογείται χοντρικά στα 500 ευρώ.

3. Εγκατάσταση Ενεργειακής Υδραυλικής Σόμπας Πέλλετ

Η συγκεκριμένη λύση επιλέχθηκε διότι δεδομένων των χαμηλών απαιτήσεων σε θέρμανση ένα τέτοιο σύστημα είναι αρκετά αποδοτικό ενώ η επένδυση χαρακτηρίζεται σχετικά οικονομική. Ιδιαίτερο στοιχείο της υδραυλικής σόμπας είναι ότι συνδέεται με τις τερματικές μονάδες και μας εξασφαλίζει παράλληλα και θερμό νερό χρήσης. Καταναλώνει στερεό βιοκάυσιμο φιλικό προς το περιβάλλον που παράγεται από συσσωματώματα ξύλου ή άλλα είδη βιομάζας. Λόγω της απουσίας υγρασίας (8-10%) , της ελάχιστης περιεκτικότητας σε τέφρα εξασφαλίζουν μεγάλη θερμογόνο δύναμη, περίπου 5kwh/kg . Ακόμη , το κόστος προμήθειας του πέλλετ είναι ελάχιστο σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα. Σε ότι αφορά την διαστασιολόγηση οι κατασκευαστές συστήνουν πως ενδύκνεται περίπου 1kw ισχύς για κάθε 8 τετραγωνικά χώρο. Για τις ανάγκες του χώρου μας προτιμήθηκε καθορισμένο μοντέλο υδραυλικής σόμπας πέλλετ, ονομαστικής ισχύος 15kw και ενεργειακής κλάσης A++. Ο βαθμός απόδοσης προσεγγίζεται στο 95% με μία μέση κατανάλωση καυσίμου μεταξύ 0,86-3,37 kg/h. Οπότε για το συγκεκριμένο μοντέλο, στην πιο ακραία περιπτώση για πλήρη λειτουργία με κατανάλωση 3,37 kg/h εάν ορίσουμε πως μια μέση τιμή αγοράς πέλλετ είναι 0,3 ευρώ/kg , θα έχουμε κόστος λειτουργίας 0.0625 ευρώ την 1kwh .

Η λιανική τιμή πώλησης είναι 1650 ευρώ, όπου μαζί με τα συνεργαζόμενα μέρη και το κόστος των εργατικών υπολογίζεται τελική οικονομική επιβάρυνση 2000 ευρώ.

4. Τοποθέτηση φωτιστικών λαμπτήρων LED

Το συγκεκριμένο μέτρο προβλέπει την αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων φθορισμού και τοποθέτηση σύγχρονων λαμπτήρων LED αυξημένης φωτεινής δραστηριότητας. Δεδομένου λοιπόν ότι η ελάχιστη στάθμη φωτισμού για τις μονοκατοικίες είναι 200 lx , η υψηλή φωτιστική απόδοση οδηγεί σε μείωση της συνολικής απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος για ηλεκτροφωτισμό και συνεπώς επέρχεται μείωση στην ηλεκτρική κατανάλωση. Παράλληλα, συνεισφέρουν πολύ λιγότερο στα εσωτερικά θερμικά κέρδη , έχουν κύκλο ζωής που φτάνει μέχρι τις 30.000 ώρες ενώ η απουσία υδραργύρου ή άλλων τοξικών ουσιών δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα.

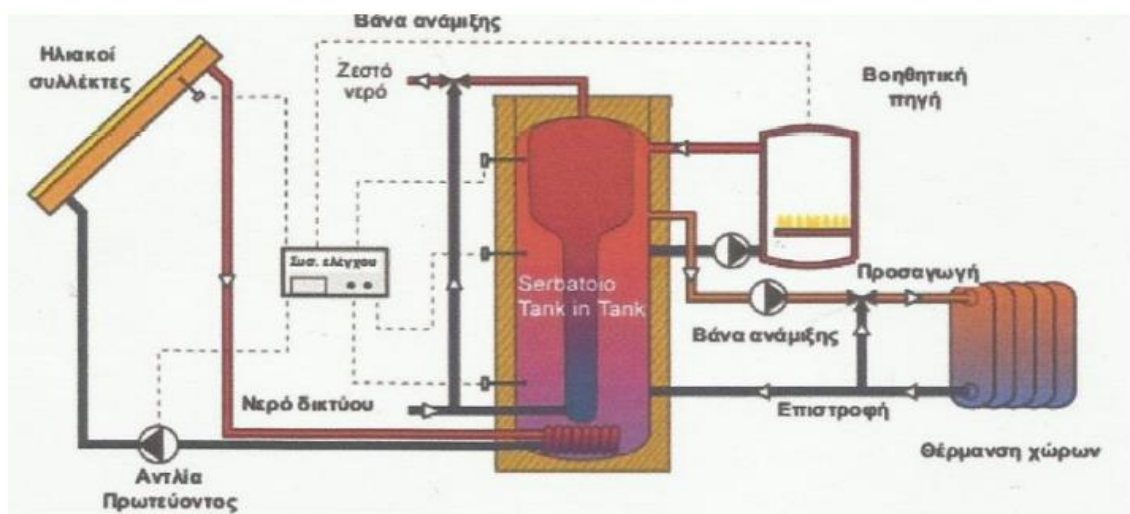
Συνολικά θα τοποθετηθούν 10 λαμπτήρες ισχύος 15W έκαστος. Η συνολική επιβάρυνση αγγίζει τα 200 ευρώ.

5. Σύστημα ηλιακής θέρμανσης

Πρόκειται για ηλιοθερμικά συστήματα Solar combi με συνδιασμένη λειτουργία, τα οποία έχουν την δυνατότητα να εκμεταλλεύονται την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και να την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια. Αυτή με την σειρά της αποθηκεύεται και αξιοποιείται μέσω κατάλληλων διατάξεων για την παραγωγή και την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσεως. Πρέπει να τονιστεί πως παρέχεται η δυνατότητα διασύνδεσης της υδραυλικής σόμπας πέλλετ ως υποβοηθητική μονάδα για την πρόσδοση των απαραίτητων φορτίων σε περιόδους συννεφιάς ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Τέλος, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος θέρμανσης όταν συνδιάζονται με τερματικές μονάδες χαμηλής θερμοκρασίας θερμαντικού μέσου (πχ. Ενδοδαπέδια θέρμανση).

Τα μέρη τα οποία απαρτίζουν μια τέτοια διάταξη είναι:

- Ηλιακοί συλλεκτές : Συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν το απαραίτητο θερμικό φορτίο.
- Δοχείο αποθήκευσης : Αποθηκεύει την παραγόμενη θερμότητα ώστε να μην απορρίπτεται στο περιβάλλον η πλεονάζων ενέργεια σε ώρες όπου έχουμε περιορισμένη ζήτηση. Εντός της δεξαμενής κυκλοφορεί το ίδιο ρευστό (νερό) που χρησιμοποιείται για το κύκλωμα της θέρμανσης. Επιδρά καταλυτικά στην συνολική απόδοση λειτουργίας.
- Εναλλάκτης για την προετοιμασία του ζεστού νερού χρήσεως: Ουσιαστικά διοχετεύεται θερμότητα από το δοχείο αποθήκευσης στο δίκτυο σωληνώσεων της παροχής μας.



Εικόνα 6.1 Τυπική διάταξη συστήματος solar compi.

Η εγκατάσταση που επιλέχθηκε περιλαμβάνει επίπεδο ηλιακό συλλέκτη επιλεκτικού τύπου συνολικής επιφάνειας 6 m^2 . Για την περιοχή των Χανίων για ετήσια λειτουργία, η βέλτιστη κλίση είναι 30 μοίρες ενώ η τοποθέτηση του θα γίνει έχοντας νότιο προσανατολισμό. Ο μέσος ετήσιος συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης λαμβάνεται προσεγγιστικά από το πρότυπο 0,35.

Το δοχείο αδράνειας είναι σχεδιασμένο με τέτοιον τρόπο ώστε στο εσωτερικό της δεξαμενής να εμπεριέχεται ένα δεύτερο θερμοδοχείο (tank in tank) όπου μέσα τροφοδοτείται το νερό της κεντρικής θέρμανσης. Αυτό παραλαμβάνει το θερμικό φορτίο από τον συλλέκτη και έπειτα εναλλάσσει θερμότητα με το δίκτυο του παρεχόμενου νερού χρήσης. Η συνολική χωρητικότητα είναι 1000 lt.

Το συνολικό κόστος της επέμβασης αν συνυπολογιστούν κάποια συνεργαζόμενα βοηθητικά στοιχεία (πχ. κυκλοφορητής, βάνες, βαλβίδα ασφαλείας, αισθητήρες ηλιακού κυκλώματος) ανέρχεται σε 2500 ευρώ.

6. Αντικατάσταση υφιστάμενου συστήματος ψύξης

Λόγω του παλαιομένου εξοπλισμού και συνεπώς των χαμηλών αποδόσεων είναι απαραίτητη η αντικατάσταση των τοπικών αερόψυκτων κλιματιστικών μονάδων άμεσης εξάτμισης διαιρεμένου τύπου με σύγχρονες τεχνολογίες που επιφέρουν αφενός εξοικονόμηση, αφετέρου καλύτερη ποιότητα εσωτερικών συνθηκών.

Επιλέχθηκαν 3 οικιακές κλιματιστικές μονάδες , ενεργειακής κλάσης A+++ με τεχνολογία inverter και φίλτρο ιονιστή. Η συνολική απαιτούμενη ισχύς πλέον θα είναι μικρότερη λόγω της συρρίκνωσης των φορτίων από τις περαιτέρω δράσεις παθητικού σχεδιασμού. Πλέον στο ισόγειο η ισχύς του μηχανήματος θα είναι 12000 BTU ενώ στους υπόλοιπους ορόφους θα έχουμε κλιματιστικά 9000BTU. Από τα χαρακτηριστικά λαμβάνεται ο συνολικός ετήσιος συντελεστής αποδοτικότητας της συσκευής (SEER) που ανέρχεται σε 8,5 . Το συνολικό κόστος διαμορφώνεται σε 3000 ευρώ.

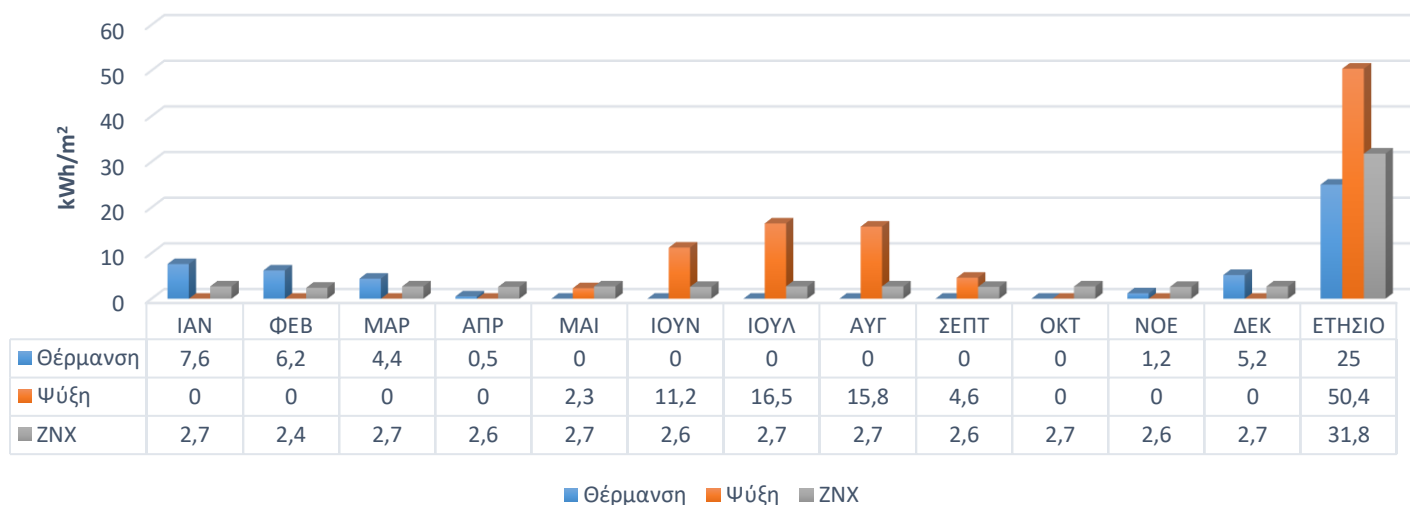
Τέλος, για την επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών θερμικής άνεσης θα προβούμε στην τοποθέτηση 2 ανεμιστήρων οροφής. Αυτό το μέτρο στοχεύει στην ενίσχυση της κυκλοφορίας του αέρα στον εσωτερικό χώρο περιορίζοντας έτσι την κατανάλωση σε ρεύμα δεδομένου ότι μειώνονται τα ψυκτικά φορτία που θα κληθεί να μας προσδώσει η κλιματιστική μονάδα. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ η εγκατεστημένη ισχύς των ανεμιστήρων ενδείκνυται 55 W/μονάδα. Το συνολικό κόστος αγγίζει τα 200 ευρώ.

Η συνεισφορά και η επίδραση του μείγματος των ενεργειακών επεμβάσεων για το σενάριο που καταρτίστηκε αποκλειστικά για το κτίριο των Χανίων, επιφέρει τα εξής αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του :

Πίνακας 6.2 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

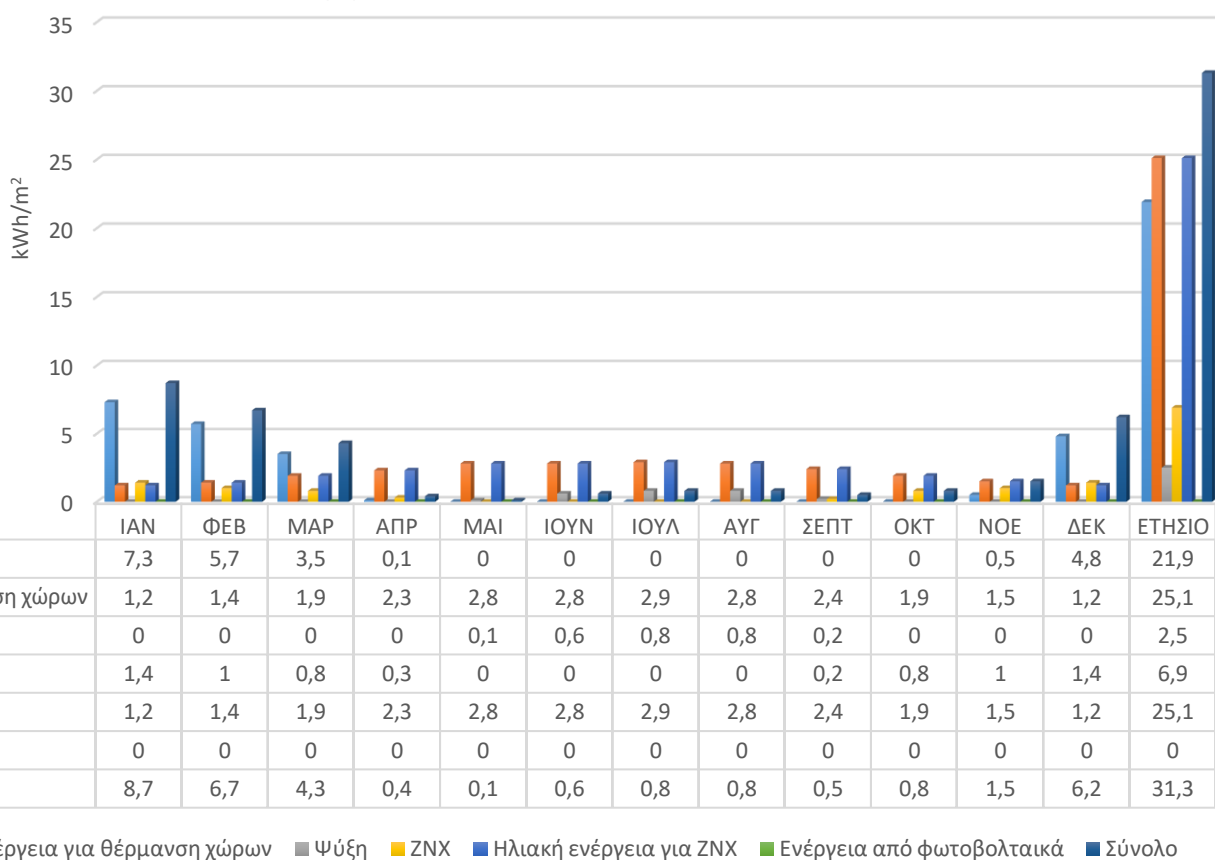
Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Θέρμανση	33,8	37,3	24,9
Ψύξη	32,3	84,3	8,6
ZNX	39,1	60,5	5,5
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0	0
Σύνολο	105,2	182,1	39
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ	A

Ενεργειακές Απαιτήσεις



Σχήμα 6.1 Ενεργειακές απαιτήσεις έπειτα από την εφαρμογή των στοχευμένων δράσεων (kWh/m²).

Ενεργειακές Καταναλώσεις



Σχήμα 6.2 Πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 6.3 Τελικές καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	4	4
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	50,2	0
Βιομάζα	27,3	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	31,3	4

Πίνακας 6.4 Οικονομοτεχνική αξιολόγηση επένδυσης.

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό Κόστος (€)	1141,9	1102,6	90
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)	-	-	9353
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)	-	-	143,1
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	-	-	78,6
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	-	-	0,5
Μείωση εκπομπών CO ₂ (kg/m ²)	-	-	52,4
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	-	-	≈9

Αναλύοντας τα αποτελέσματα, η εφαρμογή του ενεργειακού σεναρίου επιφέρει την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς της κατοικίας μας. Πλέον ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία Α με ετήσιο αποτύπωμα σε επίπεδο πρωτογενούς κατανάλωσης μόλις 39 kWh/m², δηλαδή μείωση κατά 78,5 %. Σε ότι αφορά τις τελικές καταναλώσεις που ουσιαστικά πληρώνει ο ιδιοκτήτης έχουμε 31,3 kWh/m² από 78,5 kWh/m² πριν την εφαρμογή των επεμβάσεων. Ωστόσο αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι η ραγδαία αλλαγή στο είδος των καυσίμων που συμμετέχουν στο ενεργειακό μείγμα. Ο ηλεκτρισμός από 49,4 kWh/m² πλέον περιορίζεται σε 4 kWh/m² ενώ το πετρέλαιο που συνέδραμε κατά 29,4 kWh/m² για την θέρμανση έχει αντικατασταθεί από την βιομάζα με χαμηλότερη κατανάλωση. Το ηλιοθερμικό σύστημα επέφερε κάλυψη του 78,5 % του ζεστού νερού χρήσεως μας μέσω ΑΠΕ από 35,6 % που ήταν προηγουμένως. Παράλληλα βλέπουμε να συνδράμει με ένα εξαιρετικό ποσοστό 53,4 % στις τελικές καταναλώσεις της θέρμανσης του χώρου.

Οι τελικές εκπομπές CO₂ ανέρχονται σε 4 kg/m² από 56,3 kg/m², δηλαδή μειωμένες κατά 92,8 %. Αυτό οφείλετε στην χρήση της βιομάζας που βάσει των κανονισμών δεν επιβαρύνει το ισοζύγιο έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα.

Στο τεχνικοοικονομικό σκέλος της επένδυσης, το βέλτιστο σενάριο διαμορφώθηκε έτσι ώστε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα να επέρχεται με όσο το δυνατόν λιγότερα χρήματα. Από τον πίνακα 6.4 βλέπουμε πως το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι μόλις 9353€ και η επένδυση αποσβενεται στα 9 έτη. Η συγκεκριμένη περίοδος αποπληρωμής προκύπτει από την

εντυπωσιακή ελάττωση του λειτουργικού κόστους του κτιρίου. Όπως διακρίνεται τα συνολικά ετήσια έξοδα για τις ανάγκες του κτιρίου μας προσεγγίζονται σε 90 € από 1102,6 € αρχικώς . Ο χρονικός ορίζοντας αποπληρωμής εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό των χρημάτων της επένδυσης που προέρχονται από ίδια κεφάλαια του ιδιοκτήτη. Οι παραπάνω υπολογισμοί εκτελέστηκαν για 100% ίδια κεφάλαια. Στην πράξη όμως η Ευρωπαϊκή Ένωση δια μέσω καταρτισμένων προγραμμάτων σε επίπεδο κρατών μελών στα πλαίσια της προώθησης της πράσινης ανάπτυξης και της ενίσχυσης της διείσδυσης των ΑΠΕ στον ενεργειακό χάρτι, επιχορηγεί πολλές φορές τμήμα της επένδυσης βάσει του μεγέθους των επεμβάσεων αλλά και εισοδηματικών κρητιρίων. Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια το κύριο πρόγραμμα που συντελεί σε αυτόν το σκοπό είναι το “ εξοικονομώ και αυτονομώ”.

Ενδεικτικά θα αναφέρουμε πώς αναπροσαρμόζεται η πραγματική περίοδος απόσβεσης για τους ιδιοκτήτες στην περίπτωση κατά την οποία κατάφεραν να αντλήσουν χρηματοδότηση από ευρωπαϊκά κονδύλια :

Πίνακας 6.5 Ετη απόσβεσης συσχετίζοντας το επιδοτούμενο ποσοστό επιχορήγησης.

Ποσοστό επιχορήγησης (%)	Αρχικό κεφάλαιο (€)	Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)
0	9353	9
20	7482,4	7,3
40	5611,8	5,5
60	3742	3,6

6.3 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Λευκάδας

Όπως έχει αποτυπωθεί, το κτίριο στην περιοχή της Λευκάδας εντάσσεται στην ενεργειακή βαθμίδα Δ με ετήσια επιβάρυνση σε πρωτογενή ενέργεια 197,3 kWh/m² , σε αντίθεση με του κτιρίου αναφοράς που ανέρχεται σε 111 kWh/m². Επομένως έχουμε μία προσαύξηση της τάξεως του 77,7 %. Βλέπουμε πως σε επίπεδο συνολικών απαιτήσεων χώρου η προσαύξηση των αναγκών είναι μόλις 15,37 % . Αυτή η απόκλιση προφανώς δεν μπορεί να δικαιολογήσει την τεράστια διαφορά που εμφανίζεται στο ετήσιο πρωτογενή αποτύπωμα και συνεπώς διαπιστώνουμε πως υφίσταται ζήτημα χαμηλής αποδοτικότητας υφιστάμενου εξοπλισμού. Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται εάν εξεταστούν οι δείκτες Econs/Edem για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Στην πρώτη περίπτωση, το υπάρχον κτίριο καταναλώνει 1,45 φορές περισσότερα φορτία θέρμανσης σε σχέση με τις ανάγκες του, ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το κτίριο αναφοράς είναι μικρότερος κατά 6,7 % (1,35). Η εικόνα αυτή χειροτερεύει στο τμήμα της ψύξης όπου η απουσία παθητικών συστημάτων εκμετάλλευσης φυσικού δροσισμού έχει ως αποτέλεσμα το υφιστάμενο σύστημα ψύξης να είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση του 100% του ποσοστού κάλυψης έναντι 50% του κτιρίου αναφοράς. Η κατάσταση αυτή προφανώς επιφέρει τεράστιες ενεργειακές καταναλώσεις και μεγάλη απόκλιση έναντι των ενδεδειγμένων του κτιρίου προσομοίωσης που αγγίζει το συντριπτικό 165,2 % . Όπως είναι λογικό, ο δείκτης

Econs/Edem για το κτίριο είναι διογκωμένος κατά 2,8 φορές σε σχέση με του κτιρίου αναφοράς. Απόρροια των δυσλειτουργιών στο τμήμα της ψύξης είναι η αλόγιστη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, όπου σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 49,4 kWh/m², ποσότητα κατά 4,3 φορές μεγαλύτερη από το κτίριο αναφοράς.

Για το ζεστό νερό χρήσης, η τοποθέτηση του συλλέκτη εξασφαλίζει το 34,2 % των τελικών καταναλώσεων, ποσοστό υπερδιπλάσιο σε σχέση με του κτιρίου αναφοράς. Όμως για τα νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια το αντίστοιχο ποσοστό πρέπει να υπερβαίνει το 60%, συνεπώς η ενεργειακή λύση που θα προκύψει θα πρέπει να φροντίζει για αυτή την επιδίωξη.

Στα πλαίσια της σύνταξης του βέλτιστου ενεργειακού σεναρίου μία προσέγγιση μονοδιάστατα για το κέλυφος αν και μπορεί να είχε σχετικά χαμηλό κόστος επένδυσης, τελικώς δεν θα προσέδιδε τα επιθυμητά επίπεδα αναβάθμισης καθώς οι αποκλίσεις στις πραγματικές απαιτήσεις είναι μόλις 15,37%. Συνεπώς το βέλτιστο ενεργειακό σενάριο οφείλει να έχει πολυδιάστατο χαρακτήρα και προς αυτή την κατεύθυνση θα κινηθούμε. Συγκεκριμένα διακρίνεται πως το ποσοστό σε ετήσια κατανάλωση για ψύξη & θέρμανση από τις συσκευές αντιπροσωπεύει το 74,5 % των τελικών καταναλώσεων. Έτσι λοιπόν, για λόγους καθαρά πρακτικούς αλλά και αποσβεστικούς η υιοθέτηση συστήματος με δυνατότητες ταυτόχρονης κάλυψης και των δύο ειδών χρήσεων κρίνεται επιβεβλημένη.

Συνοψίζοντας, οι επεμβάσεις που θα προκριθούν αφενός θα επιδιώκουν την εναρμόνιση των δομικών στοιχείων με τα όρια του ελέγχου θερμοπερατότητας αλλά κυρίως θα εστιάζουν στην βελτίωση της απόδοσης του εξοπλισμού.

Έπειτα από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, τα επιλέξιμα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι :

1. Αντικατάσταση διαφανών δομικών στοιχείων

Όπως ακριβώς υιοθετήθηκε για την Α κλιματική ζώνη, η αλλαγή κουφωμάτων υποδεέστερον προδιαγραφών έναντι του κανονισμού θα περιλαμβάνεται στο μείγμα των ενεργειακών παρεμβάσεων και για την Β ζώνη.

Τα διαφανή στοιχεία που θα αντικατασταθούν καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων κουφωμάτων δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.6 Τεχνικά Χαρακτηριστικά νέων κουφωμάτων.

Όροφος	Τύπος	Περιγραφή	Προσανατολισμός	U(W/m ² K)	Εμβαδόν(m ²)	Διαπερατότητα (g-w)
Ισόγειο	Δίφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,65	2,52	0,41
1ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 2	Νότιος	1,8	1,5	0,43
2ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,8	1,44	0,43
2ος	Τρίφυλλο επάλληλο συρόμενο	Παράθυρο 2	Νότιος	1,7	5	0,42
Ισόγειο	Υαλοπέτασμα	Παράθυρο	Ανατολικός	1,5	5,01	0,45

Ισόγειο	Δίφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο	Δυτικός	1,65	2,787	0,41
2ος	Μονόφυλλη ανοιγόμενη Πόρτα	Πόρτα	Δυτικός	1,7	1,92	-
Ισόγειο	Δίφυλλη Θύρα Εισόδου	Πόρτα	Ισόγειο	1,9	3,6	-

Η συνολική οικονομική επιβάρυνση για την παραπάνω επένδυση συγκεκριμένης σειράς ενεργειακών κουφωμάτων λαμβάνοντας υπόψη και εργατικά έξοδα κυμαίνεται γύρω στα 250 ευρώ/m² . Για την κύρια θύρα εισόδου το κόστος προσεγγίζεται στα 1000 ευρώ ενώ η μικρή πόρτα του 2^{ου} ορόφου αντικαθίσταται με 450 ευρώ.

2. Τοποθέτηση φωτιστικών λαμπτήρων LED

Πραγματοποιείται αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με σύγχρονους λαμπτήρες LED 15 W έκαστος. Όμοια μελέτη με την Α ζώνη.

3. Περιφερειακή Δεντροφύτευση

Όπως ακριβώς και στην Α ζώνη , επιχειρείται η φύτευση κατάλληλων δέντρων σε θέσεις ώστε να δημιουργείται με φυσικό τρόπο τεχνητή σκίαση προκειμένου να αποφεύγονται συνθήκες υπερθέρμανσης τους θερινούς μήνες.

4. Αντλία θερμότητας

Ως επικρατέστερο σύστημα για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης και ψύξης βάσει των ιδιομορφιών της ζώνης μας επιλέχθηκε αερόψυκτη αντλία θερμότητας.

Τους θερινούς μήνες θα απάγουν την θερμότητα από τον χώρο και θα την αποδίδουν στον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος χώρου ενώ το χειμώνα θα αντλούν θερμική ενέργεια από τον εξωτερικό αέρα και την απορρίπτουν στις τερματικές μονάδες. Χαρακτηριστικό της λειτουργίας τους είναι πως δεν έχουν σταθερή απόδοση λόγω των διακυμάνσεων στην εξωτερική θερμοκρασία. Η αιτία που καταλήξαμε σε τέτοια τεχνολογία είναι διότι παρά το γεγονός πως καταναλώνουν ηλεκτρικό ρεύμα , εντούτοις δύναται να επιτευχθεί υψηλή απόδοση κατά την μετατροπή του ρεύματος σε παραγώμενη (θέρμανση) ή απαγόμενη (ψύξη) θερμότητα.

Η τοποθέτηση συγκεκριμένου τύπου αντλία θερμότητας θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη ακόμη και για τις πιο ακρέες περιβαλλοντικές καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν. Ο μελετητής μηχανικός πρέπει ωστόσο να συνυπολογίσει το γεγονός πως οι αντλίες θερμότητας δεν έχουν σταθερή ισχύ . Η πραγματική διαφέρει από την ονομαστική ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Οπότε η διαστασιολόγηση θα γίνει σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Q_a/\theta = U_m \cdot A_{side} \cdot (T_b - T_a) \text{ (Σχέση 6.1)}$$

Όπως έχει υπολογιστεί πριν την επέμβαση η απαραίτητη ισχύς του συστήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 8,24 kW. Με την εφαρμογή ωστόσο ολόκληρων των παρεμβάσεων που θα εμπεριέχονται στο ενεργειακό μας σενάριο, οι τελικές απαιτήσεις θα είναι σαφώς μικρότερες λόγω της ενίσχυσης του θερμοκελύφους.

Η αντλία που θα εφαρμοστεί για την μοντελοποίηση είναι διαιρούμενου τύπου και κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση A++ με ονομαστική θερμική ισχύς 7,4kW σε συνθήκες εξωτερικής θερμοκρασίας DB/WB 7/6 °C . Η απόδοση των αντλιών βελτιώνεται όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εξόδου του ρευστού από το υδραυλικό κύκλωμα . Συνεπώς επιλέχθηκε αντλία που να λειτουργεί με χαμηλές θερμοκρασίες προσαγωγής μέσου με εύρος από 15 έως 55 °C.

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά διακρίνεται πώς σε τυπικές και καθορισμένες συνθήκες λειτουργίας ο συντελεστής συμπεριφοράς για την θέρμανση ανέρχεται σε COP = 4,55 (για Ta DB/WB 7/6 °C και LWC 35°C) ενώ ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης για την ψύξη είναι EER= 3,79 (για Ta 35 °C και LWE 18°C).

Η εγκατάσταση διαθέτει θερμοδοχείο ζεστού νερού χρήσεως 500 lt στο εσωτερικό της κύριας μονάδας για ταυτόχρονη κάλυψη της συγκεκριμένης ζήτησης, σύστημα ρυθμιστή στροφών συμπίεστη (inverter), ενσωματωμένο Wi-Fi για απομακρυσμένο έλεγχο, έξυπνο αισθητήρα θερμοκρασίας και κυκλοφορητή. Τέλος, το συνολικό κόστος προσεγγίζεται σε 4500 ευρώ.

5. Τοποθέτηση τοπικών μονάδων βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils)

Απαραίτητη προϋπόθεση για την δυνατότητα εκπομπής στον χώρο μας με αντλία θερμότητας των φορτίων θέρμανσης και ψύξης είναι η διασύνδεση των κατάλληλων συστημάτων μετάδοσης. Ως συνεργαζόμενα στοιχεία επιλέχθηκαν μονάδες ανεμιστήρα βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα, όπου σαν εργαζόμενο ρευστό έχουν το παρεχόμενο νερό που τροφοδοτείται από την αντλία θερμότητας. Ο άερας του χώρου καθοδηγείται με χρήση βεντιλατέρ σε ένα πηνίο από το οποίο διέρχεται το εργαζόμενο ρευστό. Στην συνέχεια εναλλάσσει θερμότητα και διανέμεται σε αέρια μορφή στον χώρο μας λόγω βεβιασμένης ροής. Συνδιάζονται αρμονικά με την αντλία θερμότητας καθώς λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες μέσου.

Για τις ανάγκες του κτιρίου επιλέχθηκαν 4 επιτοίχιες μονάδες στοιχείου ανεμιστήρα (fan coils), με συνολικό αντίτιμο 2200 ευρώ.

Έπειτα από την αντικατάσταση των κλιματιστικών, ο νέος τελικός βαθμος απόδοσης εκπομπής των τερματικών μονάδων είναι : $\eta_{em}=0,98$ για θέρμανση & $\eta_{em}=0,93$ για ψύξη.

6. Θερμομόνωση οροφής

Η παρέμβαση αυτή στοχεύει στον περιορισμό των ενεργειακών αναγκών της κατοικίας μας μέσω της θωράκισης του κελύφους. Κρίνεται επιβεβλημένη βάσει του προτύπου Κ.Εν.Α.Κ καθώς το κτίριο μας δεν πληρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές του κανονισμού θερμομόνωσης. Συγκεκριμένα τόσο το δώμα του πρώτου ορόφου όσο και η κεραμοσκεπή έχουν συντελεστές

θερμοπερατότητας που υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια. Για τον σκοπό αυτό θα προβούμε στην τοποθέτηση στρώσεων μονωτικών υλικών καθορισμένων θερμοφυσικών ιδιοτήτων.

Σε ότι αφορά την κύρια στέγη, το θερμομονωτικό υλικό θα τοποθετηθεί εσωτερικά του κεκλιμένου τμήματος της κεραμοσκεπής. Από τις ιδιότητες που θα φέρει πρέπει να διαθέτει χαμηλό συντελεστή αγωγιμότητας, υψηλή αντίσταση στους υδρατμούς, να είναι ελαφρύ ώστε να μην εγείρονται ζητήματα στατικότητας για την κατασκευή και τέλος να μπορεί εύκολα να κατεργαστεί ώστε να προσαρμοστεί στην γεωμετρία της στέγης. Το υλικό που προκρίθηκε για την μοντελοποίηση είναι ο πετροβάμβακας. Πρόκειται για εύκαμπτες πλάκες πετροβάμβακα που αποτελεί φυσικό, ινώδες, άοσμο και ανακυκλώσιμο μονωτικό υλικό με υψηλή αντίσταση στην φωτιά και άριστη θερμομόνωση. Η συγκεκριμένη τυπολογία πετροβάμβακα έχει ιδιαίτερα χαμηλό βάρος με πυκνότητα μόλις 30 kg/m^3 . Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας έχει τιμή $0,034 \text{ W/mK}$.

Το επιπρόσθετο πάχος του θερμομονωτικού υλικού που θα τοποθετηθεί θα προσδιοριστεί από την παρακάτω σχέση :

$$U_{lim} \geq \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{AM}}\right) + \left(\frac{L_M}{\lambda_M}\right)} \quad (\text{Σχέση 6.2})$$

Όπου:

- U_{lim} : Ελάχιστο οριο συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής για την συγκεκριμένη ζώνη,
- L_M : Πάχος μόνωσης,
- λ_M : Συντελεστής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού,
- U_{AM} : Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας υφιστάμενου δομικού στοιχείου.

Έπειτα από εφαρμογή της σχέσης προέκυψε πως το ελάχιστο πάχος της μόνωσης για να πληρείται το πρότυπο είναι $L_M = 0,015 \text{ m}$ ή $L_m = 15 \text{ mm}$. Όμως η λεπτότερη πλάκα πετροβάμβακα από τις τυπολογίες έχει πάχος 40mm με πλάτος 600 mm και μήκος 1000mm. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της κεραμοσκεπής μετά από την παρέμβαση μόνωσης πετροβάμβακα πάχους $L_M = 40\text{mm}$ διαμορφώνεται σε $U_i = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το υλικό αγοράζεται με τιμή 10 ευρώ/m² συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α και των εργατικών.

Σε ότι αφορά το επίπεδο δώμα του 1^{ου} ορόφου, το υλικό που θα αναλάβει την μόνωση είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη. Πρόκειται για ένα αρκετά λείο υλικό με θερμοφυσικές ιδιότητες που εξασφαλίζουν εξαιρετική αντίσταση στις υγρασίες, υψηλή αντοχή σε μηχανικά φορτία (ειδικά σε συμπίεση), καλή διαπνοή και κυρίως χαμηλό συντελεστή θερμοαγωγιμότητας (λ) μόλις $0,03 \text{ W/mK}$. Ως προς το κατασκευαστικό μέρος θα τοποθετηθούν πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πριν την σκυροδέτηση, ακριβώς κάτω από την πλάκα του εκτεθειμένου δαπέδου.

Από την εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προκύπτει πως το ελάχιστο πάχος της μόνωσης που θα έχουμε ώστε να είμαστε ακριβώς στο όριο του προτύπου είναι $L_M = 0,033 \text{ m}$ ή $L_m = 33 \text{ mm}$. Κάθε πλάκα έχει πάχος 20mm, οπότε θα σχηματιστούν 2 στρώσεις συνολικού πάχους $L_m = 40 \text{ mm}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται σε $U_i = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ το κόστος για την προμήθεια των υλικών μαζί με τα εργατικά αγγίζει τα 12 ευρώ/m².

7. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών πλαισίων

Ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης οφείλει να καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα των αναγκών του με συστήματα ΑΠΕ. Η επέμβαση αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας αν και επιφέρει μειωμένες τελικές καταναλώσεις λόγω υψηλών αποδόσεων και απεξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, εντούτοις έχει ως πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα. Όπως έχουμε ορίσει η χρήση του ηλεκτρισμού κατά την ενεργειακή αναβάθμιση πρέπει σχεδόν να μηδενίζεται καθώς επιδρά καταλυτικά στην διαμόρφωση της ετήσιας ανηγμένης πρωτογενής κατανάλωσης. Για το σκοπό αυτό θα προβούμε στην εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων προς κάλυψη των σχετικών φορτίων.

Έπειτα από την υιοθέτηση όλων των παραπάνω δράσεων, η συνολική ετήσια κατανάλωση σε ηλεκτρισμό υπολογίζεται σε 31.7 kWh/m². Οπότε για 121,5 m² δομημένης επιφάνειας, το Φ/Β θα πρέπει να εξασφαλίζει κατ'έτος 3851,55 kWh. Η μελέτη διαστασιολόγησης πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά ώστε να μην εγκαταστηθούν πλαίσια που να υπερβαίνουν αυτήν την ποσότητα καθώς θα πρόκειται για άσκοπη ενέργεια που δεν δύναται να αξιοποιηθεί και συνεπώς να χάνεται. Αποτέλεσμα αυτού είναι να διογκωθεί το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης καθώς και ο αντίστοιχος χρόνος απόσβεσης των χρημάτων μας.

Παρακάτω δίνεται η σχέση με την οποία διαστασιολογούνται τα Φ/Β πλαίσια :

$$E_{m\Pi} = E_{HA} * S_{\Pi} * \eta_{STC} * \sigma_{\gamma} * \sigma_{\rho} * \sigma_{\theta} * \sigma_{\delta} = E_{HA} * S_{\Pi} * \eta_{\Pi} \text{ [kWh]} \quad (\text{Σχέση 6.3})$$

Όπου :

- $E_{m\Pi}$: Ετήσια αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια του Φ/Β πλαισίου,
- E_{HA} : Μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια για την περιοχή της Λευκάδας [kWh/m²],
- S_{Π} : Συνολική επιφάνεια Φ/Β πλαισίου [m²],
- η_{Π} : Αντιπροσωπευτικός ετήσιος βαθμός απόδοσης της Φ/Β συστοιχίας,
- η_{stc} : Πειραματικά προσδιορισμένος βαθμός απόδοσης του Φ/Β πλαισίου σε τυπικές συνθήκες δοκιμής STC,
- σ_{γ} : Συντελεστής γήρανσης,
- σ_{ρ} : Συντελεστής απωλειών διόδου,
- σ_{θ} : Συντελεστής θερμοκρασίας,
- σ_{δ} : Συντελεστής ρύπανσης.

Όταν αναφερόμαστε σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC , εννοούμε ότι η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην περιοχή είναι 1000 W/m^2 , η θερμοκρασία των κυψελών στο πλαίσιο είναι 25°C ενώ το ηλιακό φάσμα έχει μάζα αέρα $AM=1,5$.

Η μελέτη θα περιλαμβάνει ουσιαστικά την εύρεση του μέσου ετήσιου πραγματικού βαθμού απόδοσης συγκεκριμένης τυπολογίας φ/β πλαισίων, όπως διαμορφώνεται από την διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας και της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην Λευκάδα.

Ο συντελεστής γήρανσης δηλώνει το πόσο πέφτει η απόδοση του πάνελ μας με την πάροδο του χρόνου. Μεσοσταθμικά τα πάνελ χάνουν $0,8\%$ της απόδοσης τους κατ'έτος. Άρα προσεγγιστικά για 25 χρόνια εγγύησης καλής λειτουργίας του Φ/Β η απόδοση θα πέσει 20% . Συνεπώς στην προσομοίωση λαμβάνεται μία μέση τιμή $\sigma_\gamma = 0,9$.

Ο συντελεστής απωλειών διόδου εκφράζει τις απώλειες ηλεκτρισμού που υφίστανται εξαιτίας της ύπαρξης διόδων αντεπιστροφής που τοποθετούνται ενδιάμεσα στα Φ/Β στοιχεία για ασφάλεια, ενώ ταυτόχρονα σε περιπτώσεις βλάβης ορισμένων κυψελών δεν αχρησιμοποιείται όλο το πλαίσιο. Για την μελέτη μας λαμβάνεται ως $\sigma_\delta = 0,99$.

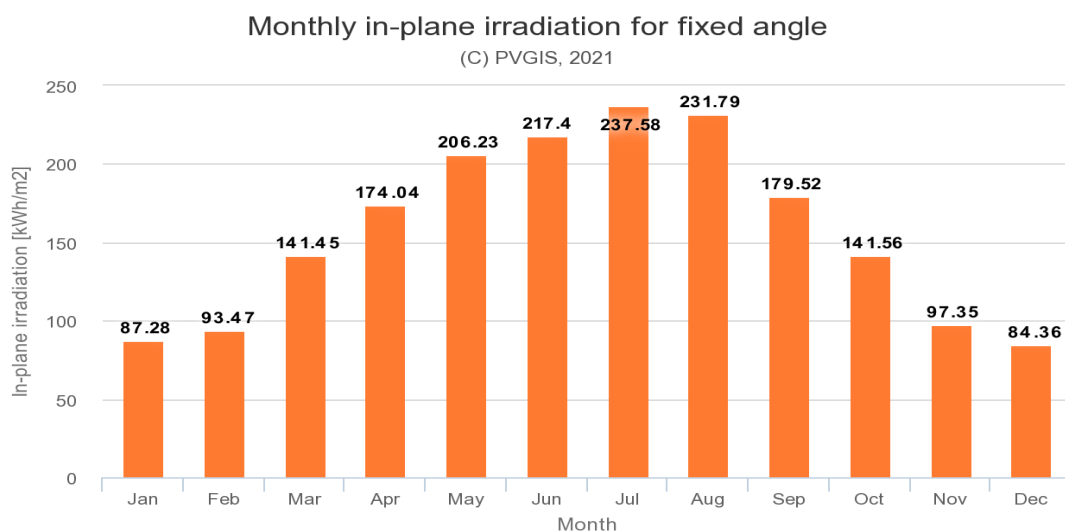
Η ύπαρξη υγρασίας και μικροσωματιδίων στην επιφάνεια του πλαισίου μειώνουν την απόδοση του. Οι απώλειες αυτές εκφράζονται μέσω του συντελεστή ρύπανσης. Θεωρούμαι πως η συντήρηση και ο απαραίτητος καθαρισμός θα γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με κατάλληλα απορρυπαντικά, οπότε έχουμε $\sigma_\rho = 0,99$.

Τα Φ/Β πλαίσια αντιδρούν αρνητικά με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στον χώρο έδρασης τους. Οι απώλειες που εμφανίζονται προσεγγίζονται εμπειρικά με την παρακάτω έκφραση :

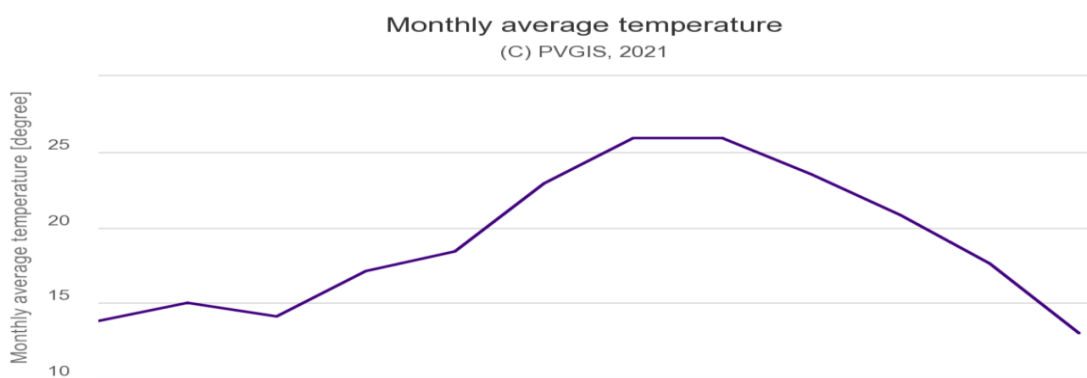
$$\sigma_\theta = 1 - [(t_a + 30) - 25] \times 0,004 \quad (\text{Σχέση 6.4})$$

Ο συντελεστής υπολογίζεται για κάθε μήνα καθώς εξαρτάται από την μέση θερμοκρασία του αέρα για τον εκάστοτε μήνα (t_a). Η παραπάνω σχέση προέκυψε από τις παραδοχές πως στην επιφάνεια των πάνελ αναπτύσσεται θερμοκρασία περίπου 30°C υψηλότερη του αέρα και από την εκτίμηση πως ο βαθμός απόδοσης μειώνεται κατά $0,4\%$ για κάθε θερμοκρασία άνω των 25°C .

Θα χρησιμοποιηθεί το φωτοβολταϊκό γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών της ευρωπαϊκής επιτροπής (PVGIS) για την συλλογή των αναγκαίων μας στατιστικών δεδομένων. Πρόκειται για μία έγγυρη πλατφόρμα που ανανεώνεται συνεχώς με νέα κλιματικά δεδομένα και από εκεί θα αντλήσουμε τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες , την μηνιαία ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο πάνελ μας καθώς και την βέλτιστη κλίση που θα πρέπει να έχει το Φ/Β για την περιοχή της Λευκάδας. Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται τα ζητούμενα αποτελέσματα :



Σχήμα 6.3 Μέση μηνιαία ένταση ηλιακής ακτινοβολίας για την Λευκάδα στην βέλτιστη γωνία [kWh/m²].



Σχήμα 6.4 Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα για την Λευκάδα [° C]

Πίνακας 6.7 Συντελεστής θερμοκρασίας ανα μήνα και ετήσια μέση τιμή.

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μια	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
σθ	0,9248	0,92	0,9236	0,9116	0,9064	0,888	0,876	0,876	0,886	0,8968	0,9096	0,928	0,9004

Η βέλτιστη κλίση για νότιο προσανατολισμό (αζιμούθιο 0 °) όπως δίνεται από το κέντρο ερευνών είναι 30 °. Η συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Λευκάδα ανέρχεται σε 1892,04 kWh/m². Επιλέχθηκαν μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια ονομαστικής ισχύος 440 Wp τύπου Half Cell καθώς εξασφαλίζουν βέλτιστη απόδοση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.8 Τεχνικά Χαρακτηριστικά και παράμετροι λειτουργίας καθορισμένου τύπου Φ/Β πάνελ.

Ισχύς αιχμής (Pp)	440 Wp
Τάση ρεύματος στο ΣΜΙ (Vm)	40.71 V
Ένταση ρεύματος στο ΣΜΙ (Im)	10.82 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (Voc)	49.2 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (Isc)	11.39 A
Βαθμός απόδοσης (η_{stc})	20,10%
Αριθμός Φ/Β στοιχείων	144 κυψέλες
Διαστάσεις	2102x1040x35 mm
Βάρος	24,1 kg
Κόστος	200 ευρώ

Αξίζει να αναφερθεί πως για την κάλυψη της ζήτησης θα πρέπει να ομαδοποιηθεί ένα καθορισμένο πλήθος Φ/Β πλαισίων , δηλαδή να σχηματιστεί η λεγόμενη φωτοβολταϊκή συστοιχία όπου τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους.

Κατά την διασύνδεση ο βαθμός απόδοσης ολόκληρου του ηλεκτρικού κυκλώματος μεταβάλλεται καθώς εμφανίζονται άλλα δύο είδη απωλειών.

Ο βαθμός απόδοσης της συστοιχίας θα δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\mathbf{\eta_{\sigma} = \eta_{\pi} * \sigma_{\alpha} * \sigma_{\kappa}} \text{ (Σχέση 6.5)}$$

Όπου:

- η_{π} : βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίου,
- σ_{α} : απώλειες ανομοιογένειας των χαρακτηριστικών I-V μεταξύ κάθε πλαισίου, λαμβάνεται ίσο με 0,98,
- σ_{κ} : συντελεστής απωλειών από τα καλώδια διασύνδεσης, όμοια παίρνει τιμή 0,98.

Η μαθηματική έκφραση η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της συνολικά απαιτούμενης επιφάνειας καθορισμένου τύπου Φ/Β πλαισίων είναι μία επέκταση της προηγούμενης ώστε να συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες κατά την διαμόρφωση της συστοιχίας και ορίζεται ως εξής :

$$\mathbf{E_{m\Pi} = E_{HA} * S_{\Pi} * \eta_{STC} * \sigma_{\gamma} * \sigma_{\rho} * \sigma_{\theta} * \sigma_{\delta} * \sigma_{\alpha} * \sigma_{\kappa} = E_{HA} * S_{\Pi} * \eta_{\sigma} \text{ [kWh]}} \text{ (Σχέση 6.6)}$$

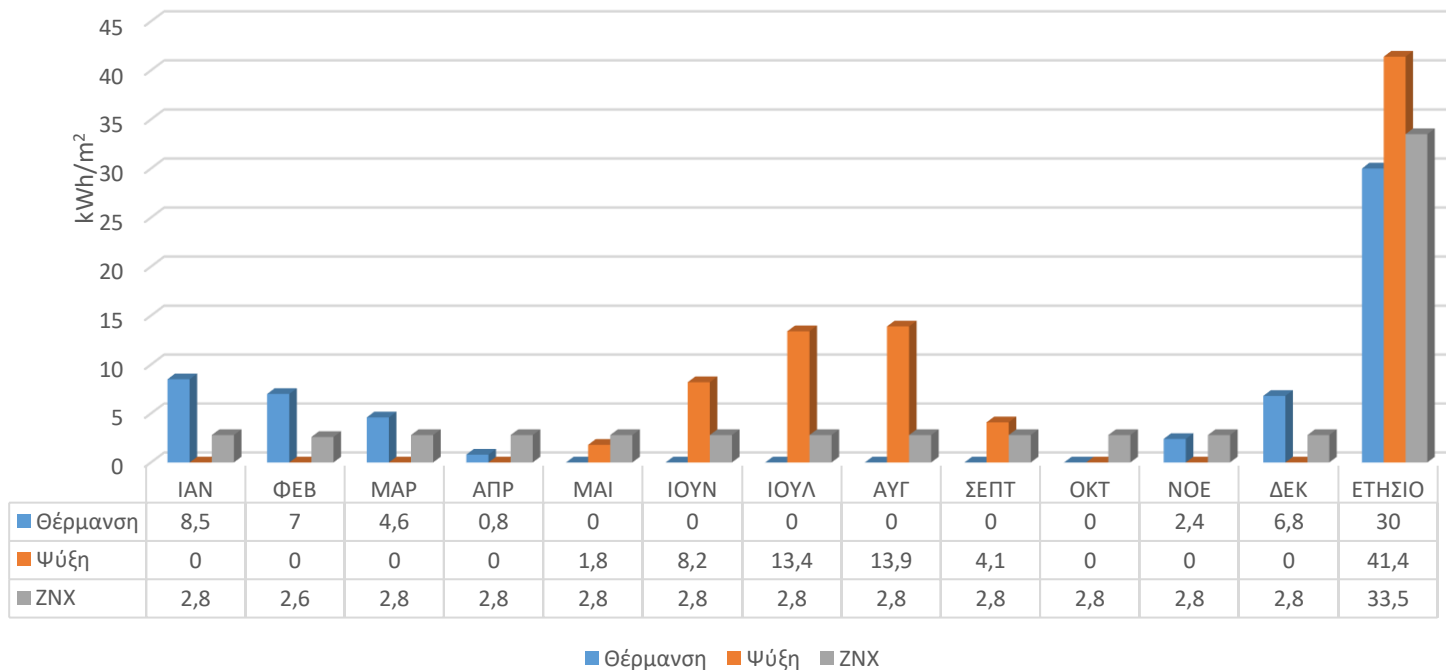
Εφαρμόζοντας τα δεδομένα μας στην σχέση 6.3, διαπιστώνουμε πως η συνολική επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας πρέπει να είναι τουλάχιστον $S = 13,27 \text{ m}^2$. Συνεπώς , εφόσον το κάθε Φ/Β πλαίσιο έχει επιφάνεια $S_{\Pi} = 2,18 \text{ m}^2$, θα πρέπει να συνδεθούν 6,09 Φ/Β πλαίσια. Συνεπώς θα τοποθετηθούν 6 πλαίσια συνολικής επιφάνειας $13,08 \text{ m}^2$ και ονομαστικής ισχύος 2,64 KW.

Η συνεισφορά και η επίδραση του μείγματος των ενεργειακών επεμβάσεων για το σενάριο που καταρτίστηκε αποκλειστικά για το κτίριο της Λευκάδας, επιφέρει τα εξής αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του :

Πίνακας 6.9 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

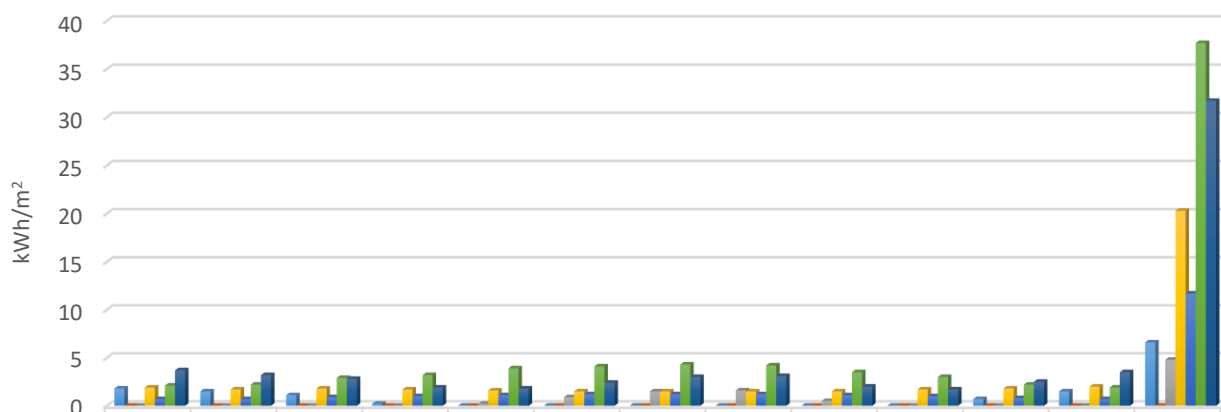
Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Θέρμανση	39,1	49,5	8,9
Ψύξη	30,7	82,3	19,4
ZNX	41,2	65,5	55,4
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0	83,7
Σύνολο	111	197,3	0
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ	A+

Ενεργειακές Απαιτήσεις



Σχήμα 6.5 Ενεργειακές απαιτήσεις έπειτα από την εφαρμογή στοχευμένων δράσεων (kWh/m²).

Ενεργειακές Καταναλώσεις



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	1,8	1,5	1,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0,7	1,5	6,6
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
■ Ψύξη	0	0	0	0	0,2	0,9	1,5	1,6	0,5	0	0	0	4,8
■ ΖΝΧ	1,9	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8	2	20,3
■ Ηλιακή ενέργεια για ΖΝΧ	0,7	0,7	0,9	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1	0,8	0,7	11,7
■ Ενέργεια από φωτοβολταϊκά	2,1	2,2	2,9	3,2	3,9	4,1	4,3	4,2	3,5	3	2,2	1,9	37,7
■ Σύνολο	3,7	3,2	2,8	1,9	1,8	2,4	3	3,1	2	1,7	2,5	3,5	31,7

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ΖΝΧ ■ Ηλιακή ενέργεια για ΖΝΧ ■ Ενέργεια από φωτοβολταϊκά ■ Σύνολο

Σχήμα 6.6 Πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 6.10 Τελικές καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	31,7	0
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	11,7	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	31,7	0

Πίνακας 6.11 Οικονομοτεχνική αξιολόγηση επένδυσης.

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό Κόστος (€)	1215,3	1252,7	0
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)	-	-	15417
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)	-	-	332,2
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	-	-	168,4
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	-	-	0,4
Μείωση εκπομπών CO ₂ (kg/m ²)	-	-	59,3
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	-	-	≈ 12

Όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.9 το κτίριο έπειτα από την υιοθέτηση των ενεργειακών παρεμβάσεων κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση A+ με ετήσιο αποτύπωμα πρωτογενούς 0 kWh/m². Δηλαδή πλέον έχουμε ένα κτίριο μηδενικής κατανάλωσης απόλυτα εναρμονισμένο με το πνεύμα της βελτιστοποίησης της αποδοτικότητας. Το μείγμα των δράσεων κατάφερε να μετατρέψει και να πιστοποιήσει το κτίριο από την ενεργειακή κατηγορία Δ στην καλύτερη δυνατή που ορίζει το πρότυπο.

Σε ότι αφορά τις τελικές καταναλώσεις, η εξαιρετικής απόδοσης αντλία θερμότητας που επιλέχθηκε σε συνδιασμό με την μείωση των αναγκών εξαιτίας της ενίσχυσης του θερμοκελύφους μέσω των κουφωμάτων οδήγησε σε ελάττωση κατά 84,2 % των φορτίων κατανάλωσης για το τμήμα της θέρμανσης. Συνολικά καταναλώνονται κατ'έτος 31,7 kWh/m² για όλες τις χρήσεις όταν το αντίστοιχο μέγεθος πριν το σενάριο ήταν 88,9 kWh/m². Η ειδοποιός διαφορά είναι πως πλέον η απαραίτητη ενέργεια των συστημάτων μας προέρχεται εξ'ολοκλήρου από ανανεώσιμες πηγές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το λειτουργικό κόστος του κτιρίου να είναι απόλυτα μηδενικό. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά υπολογίζεται σέ 37,7 kWh/m² και είναι ικανή να καλύψει κατά 100% την ζήτηση ακόμα και σε ώρες αιχμής. Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών συμβάλει με ετήσια συνεισφορά 11,7 kWh/m² στην κάλυψη των καταναλώσεων σε ζεστό νερό χρήσης. Εφόσον λοιπόν προκύπτει μηδενική πρωτογενή κατανάλωση και πλήρη κάλυψη με συστήματα ΑΠΕ, η περιβαλλοντική επίδραση θα είναι μηδενική. Από τον πίνακα 6.11 διακρίνεται πως η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας που επιτυγχάνεται αγγίζει το 168,4 % ενώ το αρχικό κόστος για το υφιστάμενο σενάριο προσεγγίζεται σέ 15417 € .

Τέλος στον παρακάτω πίνακα αναδεικνύεται βάσει του μεριδίου συμμετοχής των ευρωπαϊκών κονδυλίων στο αρχικό μας κεφάλαιο, πώς διαμορφώνεται η πραγματική περίοδος απόσβεσης της επένδυσής μας :

Πίνακας 6.12 Ετη απόσβεσης συσχετίζοντας το επιδοτούμενο ποσοστό επιχορήγησης.

Ποσοστό επιχορήγησης (%)	Αρχικό κεφάλαιο (€)	Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)
0	15417	12
20	12333,6	9,8
40	9250,2	7,3
60	6167,1	4,9

6.4 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Θεσσαλονίκης

Το εγκατεστημένο κτίριο της Θεσσαλονίκης παρά το γεγονός πως υπάγεται σε πιο ψυχρή κλιματική ζώνη σε αντίθεση με των Χανίων και της Λευκάδας, στοιχείο που σηματοδοτεί περισσότερες ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις για όλους τους μήνες της θέρμανσης, εντούτοις εμφανίζει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά συγκριτικά με τις προηγούμενες υπο μελέτη περιοχές. Το ετήσιο ενεργειακό αποτύπωμα σε ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς είναι $193,5 \text{ kWh/m}^2$ έναντι 143 του κτιρίου αναφοράς με αποτέλεσμα να εντάσσεται στην Γ ενεργειακή κλίμακα.

Όπως έχει ερμηνευτεί, η σχετικά μέτρια ενεργειακή απόκριση του κτιρίου οφείλεται στην υιοθέτηση λέβητα φυσικού αερίου για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης, δηλαδή με αέριο καύσιμο φιλικό προς το περιβάλλον απαλλαγμένο από υδρογονάνθρακες (εκτός του μεθανίου) που εξασφαλίζει αυξημένη απόδοση και οικονομία έναντι των υπόλοιπων συμβατικών καυσίμων. Η παραπάνω εκτίμηση φανερώνεται από την σύγκριση του δείκτη Econs/Edem για το τμήμα της θέρμανσης. Στο κτίριο μας ο λόγος ανέρχεται σε 1,35 ενώ για το κτίριο προσομοίωσης έχουμε όμοια απόκριση που διαμορφώνεται σε 1,355. Συνεπώς και για τις δύο περιπτώσεις η δυσλειτουργία των εξοπλισμών στην θέρμανση ταυτίζεται και επιφέρει περίπου 35-36 % παραπανίσια κατανάλωση.

Παράλληλα με την θέρμανση, ο λέβητας προσδίδει εξ ολοκλήρου τα φορτία για το ζεστό νερό χρήσης. Βέβαια μπορεί ο αντίστοιχος λόγος Econs/Edem για το κτίριο μας να είναι ελαφρώς μικρότερος από το κτίριο αναφοράς και συνεπώς να καλύπτονται με καλύτερη απόδοση τα φορτία απαίτησης ζεστού νερού χρήσης, εντούτοις στο υφιστάμενο κτίριο δεν συμμετέχει στην παραγωγή κανένα σύστημα ηλιακής εκμετάλλευσης. Οπότε η υιοθέτηση παρέμβασης που να αξιοποιεί το ηλιακό δυναμικό της περιοχής με δυνατότητα να συνδράμει τουλάχιστον στο 60% της τελικής κατανάλωσης κρίνεται επιβεβλημένη.

Απόρροια της χρήσης εναλλακτικού καυσίμου είναι ότι η κατανάλωση ηλεκτρισμού για όλες τις ανάγκες του υπάρχοντος κτιρίου είναι μόλις $25,3 \text{ kWh/m}^2$, τιμή περίπου 55% μικρότερη σε σχέση με τις προηγούμενες περιοχές. Διακρίνοντας τους πίνακες αποτελεσμάτων το 92% εξ αυτών χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των φορτίων ψύξης ($23,2 \text{ kWh/m}^2$). Το αντίστοιχο ποσοστό του κτιρίου αναφοράς για εξάρτηση της ψύξης από ρεύμα είναι εξίσου υψηλό και αγγίζει το 80,9 % . Συσχετίζοντας τα παραπάνω δεδομένα καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η τεράστια απόκλιση που εμφανίζεται τόσο σε επίπεδο απαιτήσεων όσο και σε τελική κατανάλωση για το τμήμα της ψύξης αποτελεί τον κυρίαρχο παράγοντα για το γεγονός πως σε επίπεδο καυσίμων δεσμεύουμε κατά 2,3 φορές περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα.

Ανατρέχοντας στα δεδομένα αναγκών ανά φορέα χρήσης, το άθροισμα της θέρμανσης και της ψύξης αποτελεί το 77,7 % των συνολικών ετήσιων απαιτήσεων. Επομένως εάν αναλογιστούμε πως για τους συγκεκριμένους φορείς κατανάλωσης η απόκλιση σε επίπεδο ενεργειακών απαιτήσεων σε σχέση με το κτίριο αναφοράς προσεγγίζει το 20 % , οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως στο μείγμα των ενεργειακών επεμβάσεων για το σενάριο αναβάθμισης πρέπει να πρωτοστατούν δράσεις που να εστιάζουν στην ενίσχυση του θερμοκελύφους και στην εφαρμογή πρακτικών μεθόδων περιορισμού των φορτίων απαίτησης.

Έπειτα από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, τα επιλέξιμα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι :

1. Αντικατάσταση διαφανών δομικών στοιχείων

Η ίδια ακριβώς διαδικασία που ακολουθήθηκε σχετικά με την αντικατάσταση δομικών στοιχείων με προδιαγραφές κατώτερες των ενδεδειγμένων του προτύπου, εφαρμόζεται και στην περίπτωση τη Γ κλιματικής ζώνης.

Η ειδοποιός διαφορά ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νέων ενεργειακών κουφωμάτων είναι πως θα πρέπει να έχουν ελαφρώς υψηλότερο συντελεστή ηλιακής απολαβής ώστε να απορροφάται η ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες και να μειώνεται το ενεργειακό μας κόστος για την θέρμανση. Παράλληλα επιδιώκεται η βέλτιστη θωράκιση του θερμοκελύφους, οπότε συνεπώς θα αναζητηθούν υαλοπίνακες με συντελεστή θερμοπερατότητας όσο το δυνατόν μικρότερο.

Για το σκοπό αυτό, σε αντίθεση με τα μεταλλικά κουφώματα που προτιμήθηκαν στην Α&Β ζώνη, προκρίθηκαν συνθετικά κουφώματα ή αλλιώς κουφώματα PVC. Αυτή η διακριτοποίηση έγινε διότι τα υλικά κατασκευής των συνθετικών κουφωμάτων (πλαστικό) επιτυγχάνουν μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας περιορίζοντας την μεταφορά θερμότητας από και εκτός του χώρου μας. Ταυτόχρονα έχουν υψηλή μηχανική αντοχή σε εξωτερικές καταπονήσεις αντάξια των μεταλλικών ενώ εμφανίζουν καλύτερη αναλογία κόστους/απόδοσης. Οι υαλοπίνακες που θα φέρουν τα κουφώματα είναι ενεργειακοί χαμηλής εκπομπής (Low Emissivity). Ουσιαστικά ενδιάμεσα της διπλής υάλωσης εμπεριέχεται επίστρωση αδιαφανών μεταλλικών οξειδίων του αργύρου που αυξάνουν την θωράκιση επιτρέπουν την θερμότητα του ήλιου να εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του χώρου σε προκαθορισμένα βέβαια όρια ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση το καλοκαίρι.

Τα διαφανή στοιχεία που θα αντικατασταθούν καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων κουφωμάτων PVC δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.13 Τεχνικά Χαρακτηριστικά νέων κουφωμάτων.

Όροφος	Τύπος	Περιγραφή	Προσανατολισμός	U(W/m ² K)	Εμβαδόν(m ²)	Διαπερατότητα (g-w)
Ισόγειο	Δίφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,1	2,52	0,45
1ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 2	Νότιος	1,3	1,5	0,48
2ος	Μονόφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο 1	Νότιος	1,3	1,44	0,48
2ος	Τρίφυλλο επάλληλο συρόμενο	Παράθυρο 2	Νότιος	1,4	5	0,45
Ισόγειο	Υαλοπέτασμα	Παράθυρο	Ανατολικός	1,5	5,01	0,45

Ισόγειο	Δίφυλλο ανοιγόμενο	Παράθυρο	Δυτικός	1,1	2,787	0,45
2ος	Μονόφυλλη ανοιγόμενη Πόρτα	Πόρτα	Δυτικός	1,7	1,92	-
Ισόγειο	Δίφυλλη Θύρα Εισόδου	Πόρτα	Ισόγειο	1,9	3,6	-

Τα συνθετικά κουφώματα PVC είναι ελαφρώς οικονομικότερα έναντι των μεταλλικών αλουμινίων. Οπότε το συνολικό κόστος επιβάρυνσης προσεγγίζεται στα 220 ευρώ/m². Σε ότι αφορά το υαλοπέτασμα και τις πόρτες εφαρμόζονται ακριβώς τα ίδια στοιχεία και συνεπώς το κόστος είναι παρόμοιο.

2. Τοποθέτηση φωτιστικών λαμπτήρων LED

Πραγματοποιείται αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με σύγχρονους λαμπτήρες LED 15W έκαστος. Όμοια μελέτη με τις προηγούμενες ζώνες.

3. Θερμομόνωση οροφής

Σε ότι αφορά την επίπεδη οροφή του 2^{ου} ορόφου αλλά και την κεκλιμένη στέγη, η έρευνα που υλοποιήθηκε για την περιοχή της Λευκάδας ανταποκρίνεται και στα επιθυμητά όρια της Γ κλιματικής ζώνης καθώς οι συντελεστές θερμοπερατότητας που προέκυψαν μετά την διενέργεια της προσθήκης των θερμομονωτικών υλικών υπολείπονται των μέγιστων επιτρεπτών τιμών του προτύπου. Συνεπώς το είδος των υλικών που χρησιμοποιήθηκε καθώς και τα κατάλληλα πάχη, θα εφαρμοστούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και για το κτίριο στην Θεσσαλονίκη. Έτσι για το δώμα του 1^{ου} ορόφου ως μονωτικό υλικό θα έχουμε την εξηλασμένη πολυστερίνη με πάχος **Lm = 40 mm** ενώ στην κεραμοσκεπή διαστρώνονται πλάκες πετροβάμβακα ισάξιου παχους.

Για το κτίριο της Θεσσαλονίκης παρατηρείται πώς η εξωτερική τοιχοποιία εναρμονίζεται με το ανώτατο επιτρεπτό όριο που ορίζει ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας. Πιθανή παρέμβαση για όλο το κέλυφος, σαφώς θα ήταν θεμιτή, ωστόσο θα διόγκωνε το αρχικό κεφάλαιο και η απόσβεσης θα γινόταν σε αρκετά μακροπρόθεσμη περίοδο. Η θερμομόνωση ουσιαστικά του κελύφους που συμφέρει περιλαμβάνει την θωράκιση της οροφής και την αντικατάσταση των κουφωμάτων με καλύτερης ποιότητας από αυτά που επιλέχθηκαν για την Α,Β ζώνη.

4. Κύκλωμα ενδοδαπέδιας εκπομπής

Ένα περαιτέρω μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης που θα υιοθετηθεί είναι η τοποθέτηση ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Η επέμβαση αυτή θα επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους λειτουργίας καθώς βελτιώνει την αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης λόγω της ιδιαιτερότητας του συστήματος να λειτουργεί με χαμηλές θερμοκρασίες προσαγωγής της τάξεως των 30-50 °C. Παράλληλα παρέχεται ομοιόμορφη απόδοση θερμότητας, λιγότερες

ανάγκες για συντήρηση, αύξηση του προσδόκιμου ζωής των συστημάτων θέρμανσης καθώς και απελευθέρωση ωφέλιμου χώρου εξαιτίας της απομάκρυνσης των θερμαντικών σωμάτων.

Το σύστημα που προκρίθηκε περιλαμβάνει θερμομονωτικές πλάκες που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του χώρου και εδράζονται ακριβώς πάνω από το στρώμα του μπετόν στο δάπεδο μας. Η πλάκα είναι ειδικά διαμορφωμένη στο να επιτρέπει την σύνδεση ενός δικτυωτού κυκλώματος σωληνώσεων πολυαιθυλενίου αυξημένης αντοχής και υγροπροστασίας. Ακριβώς από πάνω τοποθετείται θερμομπετόν το οποίο καλύπτεται από το δάπεδο της επιλογής μας.

Η συνολική οικονομική επιβάρυνση της επέμβασης προκύπτει από το άθροισμα του κόστους του θερμομονωτικού υποστρώματος (πλάκα), των σωληνώσεων, του συλλέκτη, του θερμομπετόν και του κόστους εργασίας. Υπολογίστηκε πώς για επιφάνεια 122 m² η επένδυση ανέρχεται σε 4500 ευρώ.

Η απόδοση εκπομπής της τερματικής μονάδας είναι πλέον 0,94 ενώ το δίκτυο διανομής του θερμού μέσου θα έχει απώλειες μόλις 3% λόγω της ενισχυμένης μόνωσης των σωλήνων και της χαμηλής θερμοκρασίας του μέσου.

5. Εγκατάσταση Λέβητα Συμπύκνωσης Αερίου

Η παρέμβαση αυτή αποσκοπεί στην αντικατάσταση του παλαιομένου εξοπλισμού θέρμανσης με την τοποθέτηση σύγχρονης τεχνολογίας λέβητα αερίου. Οι λέβητες συμπύκνωσης αποκτούν όλο και μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά τα τελευταία χρόνια εξαιτίας την υψηλής απόδοσης που πετυχαίνουν και του σχετικά μικρού κόστους εγκατάστασης. Ως προς τον τρόπο λειτουργίας, έχουν την ίδια δομή με τους συμβατικούς λέβητες ωστόσο έχουν την δυνατότητα να εκμεταλλεύονται το θερμικό φορτίο των απαγόμενων καυσαερίων. Συγκεκριμένα , τα καυσαέρια μετά τον θάλαμο καύσης διοχετεύονται σε εναλλάκτη θερμότητας και έρχονται σε έμμεση επαφή με το θερμαντικό ρευστό μας καθώς αυτό επιστρέφει στο λέβητα. Έτσι ανακτάται μέρος του φορτίου που θα χανόταν άσκοπα ενώ πετυχαίνουμε βαθμό απόδοσης άνω της μονάδας λόγω της προθέρμανσης του νερού που επιτυγχάνεται.

Τα χαρακτηριστικά του λέβητα που επιλέχθηκε ορίζουν ονομαστικό βαθμό απόδοσης 107%. Ωστόσο ως προς την απαιτούμενη ισχύ, στην αγορά σήμερα δεν υπάρχουν επιτόχιλοι λέβητες συμπύκνωσης που να εξασφαλίζουν ταυτόχρονα θέρμανση & ZNX κάτω από 18 KW. Αυτό διότι στους λέβητες αερίου το ζεστό νερό χρήσης δεν αποθηκεύεται αλλά παρέχεται απευθείας την στιγμή της ζήτησης και συνεπώς είναι λογικό ο λέβητας να έχει υψηλή ισχύ ώστε να μπορέσει να παράξει άμεσα τις απαιτούμενες ποσότητες.

Στην πράξη το κτίριο μας έχει απαιτήσεις περίπου 10 KW, οπότε αναγκαστικά θα προβούμε σε μία σχετική υπερδιαστασιολόγηση με την τοποθέτηση λέβητα ισχύος 18 KW, το συνολικό κόστος του οποίου υπολογίστηκε στα 1300 ευρώ. Εκτός του λέβητα μέσα στην τιμή συμπεριλαμβάνεται και το κόστος για τον κυκλοφορητή (inverter), ασύρματο χειριστήριο, υδραυλικά στοιχεία διασύνδεσης και το σύστημα απαγωγής των καυσαερίων (καμινάδα).

6. Ηλιοθερμικό σύστημα Solar Combi

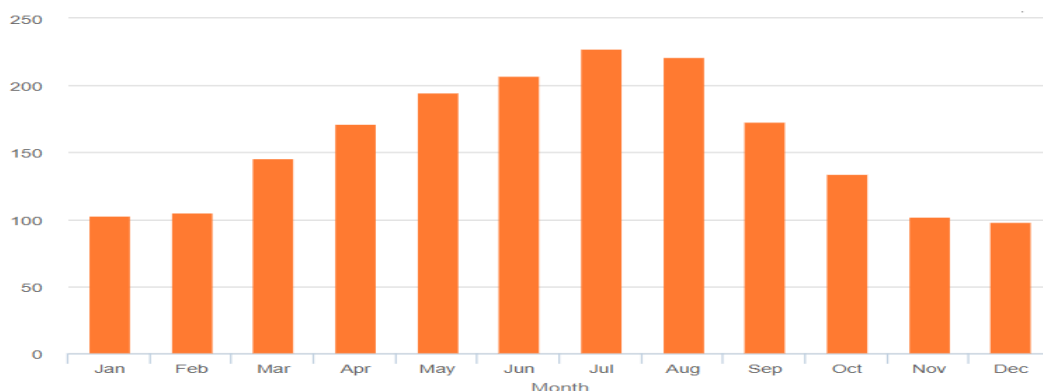
Ίδιας τεχνολογίας σύστημα συνδιασμένης ηλιακής εκμετάλλευσης για παράλληλη κάλυψη μεριδίου της θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης επιλέχθηκε και για την Γ κλιματική ζώνη. Βέβαια η διαφορά με την Α ζώνη έγκειται στην ποσότητα και την ένταση της προσπίπτουσα ακτινοβολία που τελικά λαμβάνει και αξιοποιεί ο επίπεδος συλλέκτης μας. Επιπλέον δεδομένου ότι το σενάριο επεμβάσεων περιλαμβάνει τοποθέτηση ενδοδαπέδιας θέρμανσης, τα ηλιακά συστήματα θερμικής υποβοήθησης όπως έχει αναφερθεί συνδιάζονται αρμονικά με εξαιρετική απόδοση λειτουργίας.

Η εγκατάσταση που επιλέχθηκε περιλαμβάνει επίπεδο ηλιακό συλλέκτη επιλεκτικού τύπου συνολικής επιφάνειας 8 m² με νότιο προσανατολισμό. Για την περιοχή της Θεσσαλονίκης για ετήσια λειτουργία η βέλτιστη κλίση είναι 30 μοίρες. Ο μέσος ετήσιος συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης λαμβάνεται προσεγγιστικά από το πρότυπο 0,35.

Το συνολικό κόστος της επέμβασης αν συνυπολογιστούν κάποια συνεργαζόμενα βοηθητικά στοιχεία (πχ. κυκλοφορητής, βάνες, βαλβίδα ασφαλείας, αισθητήρες ηλιακού κυκλώματος, απαερωτής, δοχείο διαστολής) ανέρχεται σε 3000 ευρώ.

7. Τοποθέτηση Φ/Β συστοιχίας

Η μεθοδολογία διαστασιολόγησης της Φ/Β συστοιχίας καθώς και ο τύπος των επιλέξιμων Φ/Β πάνελ είναι όμοια, όπως ακριβώς περιγράφηκε για το κτίριο της Λευκάδας. Έτσι και εδώ θα αξιοποιήσουμε τα δεδομένα που παρέχει το φωτοβολταϊκό γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (PVGIS) της ευρωπαϊκής επιτροπής για την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Διακρίνεται πως η μέγιστη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας σε ετήσια βάση λαμβάνεται όταν η γωνία κλίσης των πάνελ είναι $\beta = 34^\circ$ και είναι τοποθετημένα ως προς τον νότο. Για αυτήν την γωνία έδρασης το μηνιαίο προφίλ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας απεικονίζεται παρακάτω :

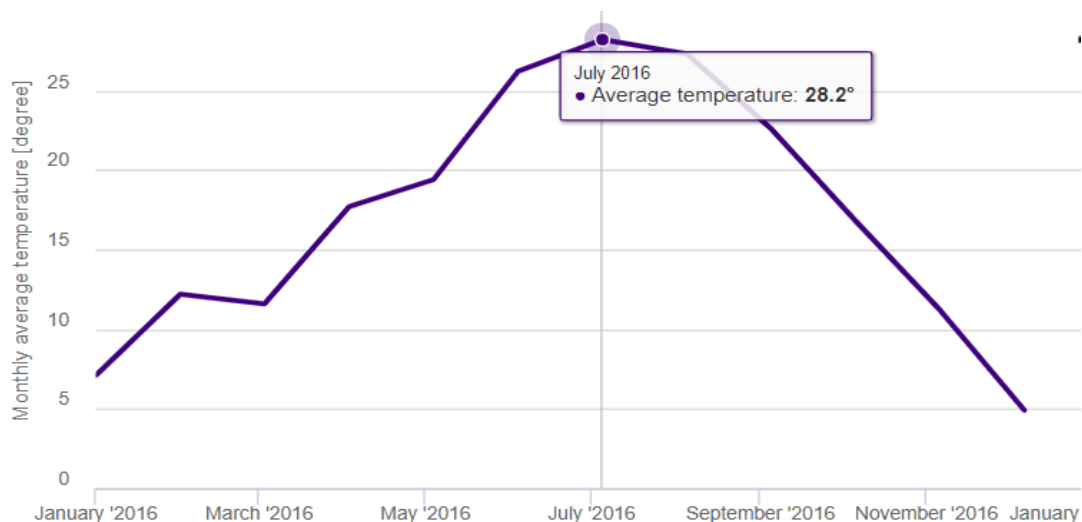


Σχήμα 6.7 Μέση μηνιαία ένταση ηλιακής ακτινοβολίας στην Θεσσαλονίκη [kWh/m²](PVGIS).

Η συνολική ετήσια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια των πάνελ και που θεωρητικά δύναται να αξιοποιηθεί είναι 1882,62 kWh/m². Ωστόσο όπως αναλύθηκε υπάρχουν απώλειες , οι οποίες εκφράζονται από του σχετικούς συντελεστές. Για απλοποίηση της διαδικασίας δεχόμαστε την παραδοχή πως αυτοί δεν μεταβάλλονται και συνεπώς θα είναι όμοιοι με της Λευκάδας. Εξάιρεση αποτελεί σαφώς ο συντελεστής που συσχετίζει απώλειες της εγκατάστασης εξαιτίας των υφιστάμενων μηνιαίων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων. Η

σχέση η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον συντελεστή θερμοκρασίας ταυτίζεται με της Β ζώνης, με την διαφορά πως αλλάζουν οι μηνιαίες θερμοκρασίες.

Το προφίλ των θερμοκρασιών καθώς και οι εκάστοτε συντελεστές απωλειών αναδεικνύονται στους παρακάτω πίνακες :



Σχήμα 6.8 Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα για την Θεσσαλονίκη [° C].

Πίνακας 6.14 Συντελεστής θερμοκρασίας ανα μήνα και ετήσια μέση τιμή.

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαίο	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
σθ	0,951	0,931	0,933	0,909	0,902	0,875	0,867	0,870	0,889	0,915	0,935	0,960	0,911

Πίνακας 6.15 Συντελεστές απωλειών κατά την διαστασιολόγηση.

σ _γ	σ _δ	σ _ρ	σ _θ	σ _α	σ _κ
0,9	0,99	0,99	0,911	0,98	0,98

Εκτελώντας το σύνολο των επεμβάσεων του σεναρίου που προαναφέρθηκαν, προέκυψε πως η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που οφείλει να παράξει η Φ/Β συστοιχία μας για κάλυψη 100% της ζήτησης είναι 10,7 kWh/m², δηλαδή 1300 kWh. Αρα για δεδομένη τυπολογία Φ/Β πάνελ με ισχύ αιχμής P_p = 440W και επιφάνεια πλαισίου S_π = 2,18 m², η συστοιχία για πλήρη αντιμετώπιση των απαιτήσεων θα πρέπει να έχει συνολική επιφάνεια S_Σ = 4,26 m². Συνεπώς, με μία μικρή σχετική υπερδιαστασιολόγηση για την αντιστάθμιση της τάσης αύξησης των ηλεκτρικών καταναλώσεων εντός κάθε σπιτιού, η εγκατάσταση μας θα περιλαμβάνει 2 Φ/Β πάνελ (S_Σ = 4,36 m²) με συνολική ονομαστική ισχύ συστοιχίας 0,9 KW.

8. Ανεμιστήρες οροφής

Για την ενίσχυση της κυκλοφορίας του αέρα εντός της κτιριακής μας εγκατάστασης καθώς και για την κάλυψη των μειωμένων πλέον φορτίων δροσισμού επιλέχθηκε η τοποθέτηση

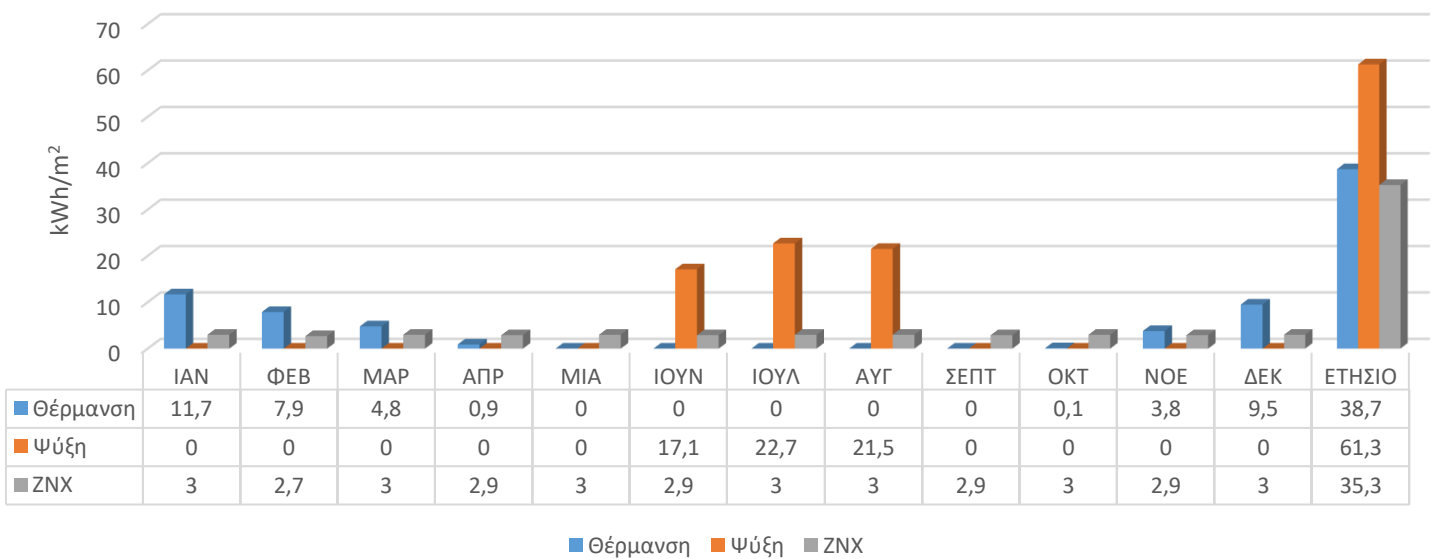
ανεμιστήρων οροφής. Πρόκειται για μία οικονομική λύση με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Συγκεκριμένα 2 ανεμιστήρες οροφής μεγάλης επιφάνειας θα τοποθετηθούν στον χώρο μας με το συνολικό κόστος να ανέρχεται σε 200 ευρώ.

Η συνεισφορά και η επίδραση του μείγματος των ενεργειακών επεμβάσεων για το σενάριο που καταρτίστηκε αποκλειστικά για το κτίριο της Θεσσαλονίκης, επιφέρει τα εξής αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του :

Πίνακας 6.16 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

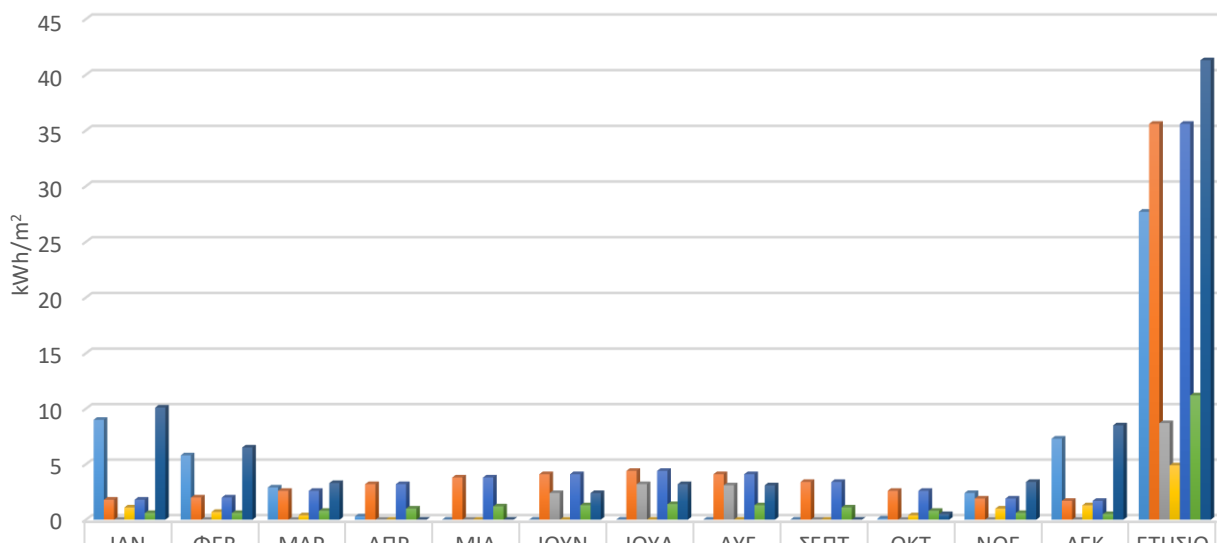
Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Θέρμανση	73,9	85	34,5
Ψύξη	25,8	67,4	11,4
ZNX	43,4	41,1	3,8
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0	17,7
Σύνολο	143	193,5	32
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Γ	A+

Ενεργειακές Απαιτήσεις



Σχήμα 6.9 Ενεργειακές απαιτήσεις έπειτα από την εφαρμογή των στοχευμένων δράσεων (kWh/m²).

Ενεργειακές Καταναλώσεις



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
■ Θέρμανση	9	5,8	2,9	0,3	0	0	0	0	0	0,1	2,4	7,3	27,7
■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	1,8	2	2,6	3,2	3,8	4,1	4,4	4,1	3,4	2,6	1,9	1,7	35,6
■ Ψύξη	0	0	0	0	0	2,4	3,2	3,1	0	0	0	0	8,7
■ ZNX	1,1	0,7	0,4	0	0	0	0	0	0	0,4	1	1,3	4,9
■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX	1,8	2	2,6	3,2	3,8	4,1	4,4	4,1	3,4	2,6	1,9	1,7	35,6
■ Ενέργεια από φωτοβολταικά	0,6	0,6	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,3	1,1	0,8	0,6	0,5	11,2
■ Σύνολο	10,1	6,5	3,3	0	0	2,4	3,2	3,1	0	0,5	3,4	8,5	41,3

■ Θέρμανση ■ Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων ■ Ψύξη ■ ZNX ■ Ηλιακή ενέργεια για ZNX ■ Ενέργεια από φωτοβολταικά ■ Σύνολο

Σχήμα 6.10 Πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 6.17 Τελικές καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	0	0
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό Αέριο	41,3	8,1
Ηλιακή	71,2	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	41,3	8,1

Πίνακας 6.18 Οικονομοτεχνική αξιολόγηση επένδυσης.

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό Κόστος (€)	1635,2	1541,4	318,9
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)	-	-	14571,4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)	-	-	208,9
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	-	-	108
Τιμή εξοικονομώμενης ενέργειας (€/kWh)	-	-	0,6
Μείωση εκπομπών CO ₂ (kg/m ²)	-	-	39,2
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	-	-	≈ 12

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής διερεύνησης οδηγούν στο συμπέρασμα πως με την εφαρμογή του υφιστάμενου σεναρίου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, το κτίριο αναβαθμίζεται και πλέον κατατάσσεται στην αποδοτικότερη ενεργειακή κατηγορία Α+. Η ετήσια πρωτογενή κατανάλωση οριοθετείται σε 32 kWh/m² ενώ η εξοικονόμηση αγγίζει τις 208,6 kWh/m². Σε επίπεδο τελικών ενεργειακών καταναλώσεων δαπανάμε 41,3 kWh/m² έναντι 139 kWh/m² του υπάρχοντος κτιρίου. Η τεράστια ελάττωση όπως διαπιστώνεται προέρχεται από την ικανοποιητική συνεισφορά του συνδιασμένου ηλιοθερμικού συστήματος όπου εξασφαλίζει 35,6 kWh/m² για την θέρμανση του χώρου και άλλες τόσες προς κάλυψη των αναγκών για ζεστό νερό χρήσεως. Συνεπώς το υφιστάμενο σενάριο προβλέπει 87,9 % αυτονομία σε ζεστό νερό χρήσεως διαμέσω της εκμεταλλεύσιμης ηλιακής ενέργειας. Σε ότι αφορά τα φορτία ψύξης η τοποθέτηση των ανεμιστήρων οροφής συμβάλει αφενός στην αποδοτικότερη αντιμετώπιση των φορτίων δροσισμού, αφετέρου στην ενίσχυση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα όπου πλέον οι συσκευές είναι υπεύθυνες να καλύπτουν μόνο το 50% της ζήτησης. Αυτό αποτυπώνεται από τις μόλις 8,7 kWh/m² που θα κληθούν προσδώσουν τα κλιματιστικά.

Υπογραμμίζεται πώς βάσει της ορθής διαστασιολόγησης της Φ/Β συστοιχίας παρέχεται εξ'ολοκλήρου το σύνολο της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τις συσκευές των κλιματιστικών και των συνεργαζόμενων αυτόματων διατάξεων που υπάρχουν στο κτίριο (ρυθμιστικές βαλβίδες, θερμοστάτης , ηλεκτρικές βάνες κτλπ.). Αυτό αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.17 όπου εμφανίζεται πως έχουμε μηδενική πραγματική κατανάλωση σε ηλεκτρισμό. Από τον ίδιο πίνακα διακρίνεται πως η εξάρτηση πλέον σε φυσικό αέριο είναι 41,3 kWh/m², περιορισμένη κατά 63,7 % ενώ η ηλιακή ενέργεια συνδράμει κατά 71,2 kWh/m² έναντι μηδενικής συνεισφοράς στο υπάρχον κτίριο. Επομένως είναι λογικό σε επίπεδο ρύπων να έχουμε περίπου 6 φορές μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε CO₂ όπου πλέον εκλύονται 8,1 kg/m² με ετήσια εξοικονόμηση 39,2 kg/m².

Το ύψος της επένδυσής όπως αναγράφεται στον Πίνακα 6.18 προσεγγίζεται σε 14571€ με το ετήσιο λειτουργικό κόστος για το κτίριο μας έπειτα από την εφαρμογή των μέτρων να μειώνεται κατά 1222,5 € και να ανέρχεται σε 318,9 €. Έτσι, σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα και με μηδενική επιχορήγηση επι του αρχικού μας κεφαλαίου η περίοδος απόσβεσης των χρημάτων μας εκτιμήθηκε στα 12 έτη. Βέβαια όπως έχει επεξηγηθεί τέτοιου είδους ενεργειακές παρεμβάσεις που μεταβάλλουν ριζικά την ενεργειακή συμπεριφορά του ακίνητου μας συνήθως συγχρηματοδοτούνται από ευρωπαϊκά ταμεία με αποτέλεσμα να συρρικνώνεται η περίοδος αποπληρωμής ανάλογα του ποσοστού επιχορήγησης. Ενδεικτικά περιγράφεται μέσω του παρακάτω πίνακα πώς θα διαμορφωνόταν η απόσβεση της επένδυσης για τα πιο συνηθισμένα ποσοστά επιχορήγησης που δίνονται σε ενδιαφερόμενους ιδιοκτήτες :

Πίνακας 6.19 Ετη απόσβεσης συσχετίζοντας το επιδοτούμενο ποσοστό επιχορήγησης.

Ποσοστό επιχορήγησης (%)	Αρχικό κεφάλαιο (€)	Περίοδος Απόσβεσης (ετη)
0	14571,4	12
20	11657,12	9,5
40	8742,6	7,15
60	5828,4	4,7

6.5 Σχεδιασμός και αποτίμηση προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης για το κτίριο της Κοζάνης

Το κτίριο της Κοζάνης υπάγεται στην Δ κλιματική ζώνη της χώρας μας, δηλαδή πρόκειται για ψυχρή περιοχή που εντοπίζονται χαμηλές μέσες θερμοκρακρίες και έντονη δραστηριότητα βροχόπτωσης σε μεγάλη διάρκεια μέσα στο κάθε έτος. Επομένως αναμένεται οι απαιτήσεις σε θέρμανση για ένα τέτοιο κτίριο να είναι ανεβασμένες συγκριτικά με τις άλλες ζώνες. Το αντίστροφο θα ισχύει για το τμήμα της ψύξης. Πράγματι ανατρέχοντας στα αποτελέσματα των απαιτήσεων που αποτυπώθηκαν στον σχήμα 5.7 διακρίνουμε πως οι ετήσιες ανάγκες για θέρμανση ανέρχονται σε 83,9 kWh/m² ενώ για την ψύξη έχουμε 47,4 kWh/m². Αξίζει να αναφερθεί πως τα αντίστοιχα μεγέθη για την Α κλιματική ζώνη υπολογίστηκαν σε 21,4 kWh/m² (θέρμανση) και 79,7 kWh/m² (ψύξη). Οπότε μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως η τεράστια απόκλιση στις πραγματικές απαιτήσεις μας συνιστά την κατάστρωση ενός διαφορετικού μείγματος παρεμβάσεων. Οι αντίστοιχες αποκλίσεις σε επίπεδο αναγκών με το κτίριο αναφοράς για τα δύο είδη χρήσεων είναι 29,6 % για την θέρμανση και 40,65 % για την ψύξη.

Το κτίριο από την διενέργεια της μελέτης κρίνεται ως ενεργειακά μη αποδοτικό και κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση Δ με ετήσιο αποτύπωμα ανηγμένης πρωτογενούς 213,1 kWh/m² προσαυξημένο κατά 78 % σε σχέση με το κτίριο προσομοίωσης που ορίζει το πρότυπο Κ.Εν.Α.Κ. Από τον πίνακα 5.26 διακρίνεται εκ' πρώτης όψεως ότι για το ZNX η πρωτογενής ενέργεια κυμαίνεται σε πολύ ανεβασμένα επίπεδα, συγκεκριμένα 73,8 kWh/m² έναντι 32 kWh/m² του κτιρίου αναφοράς. Αυτή η ανατίμηση κρίνεται λογική εάν αναλογιστούμε πως το κτίριο της Κοζάνης δεν αξιοποιεί καθόλου την ηλιακή ακτινοβολία προς παραγωγή θερμότητας, η οποία όπως έχει διατυπωθεί γίνεται μέσω του συστήματος τηλεθέρμανσης με υποβοηθητικό σύστημα ηλεκτρικό θερμοσίφωνα και αποθήκευση σε θερμαντήρα (boiler). Συνεπώς, στο μείγμα των ενεργειακών επεμβάσεων απαραίτητα θα υπάρχει κάποιο ηλιακό σύστημα και μάλιστα που να εξασφαλίζει τουλάχιστον το 60% του φορτίου καθώς έτσι προβλέπει το πρότυπο για κάθε ριζικός ανακαινιζόμενο κτίριο.

Εξετάζοντας την ψύξη , αποτυπώνεται πως οι ανάγκες μας είναι προσαυξημένες κατά 47,4 % σε σχέση με το κτίριο αναφοράς ενώ σε επίπεδο τελικών καταναλώσεων υπάρχει απόκλιση 282 %. Βέβαια όπως έχει οριστεί αυτό οφείλεται από την παραδοχή που κάναμε εξ' αρχής ότι εξαιτίας της απουσίας τεχνικών μηχανισμών εκμετάλλευσης του φυσικού δροσισμού τα συστήματα είναι υπεύθυνα για το 100% των αναγκών ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το

κτίριο αναφοράς είναι καθορισμένο σε 50%. Επομένως συγκρίνοντας τους πραγματικούς λόγους Edem / Econs μεταξύ των δύο κτιρίων για 50% και για τις δύο περιπτώσεις έπειτα από την εφαρμογή επιπλέον στοχευμένων δράσεων προκύπτει πως δεν είναι επιτακτική η ανάγκη να επενδυθούν χρήματα για αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού. Πρέπει να διευκρινιστεί πως σαφέστατα θα ήταν θεμιτό και θα επέφερε χαμηλότερες καταναλώσεις αλλά δεν θα ήταν οικονομικά βιώσιμη επένδυση αν συσχετιστούν παράλληλα και οι χαμηλές τιμές των αναγκών.

Η θέρμανση στο χώρο καλύπτεται από το αποκεντρωμένο σύστημα τηλεθέρμανσης που παρέχουν τα γειτονικά ατμοηλεκτρικά εργοστάσια της ΔΕΗ. Για να φανεί εάν συντρέχει επιτακτική ανάγκη υιοθέτησης δράσεων για το σύστημα θέρμανσης θα εξεταστεί ο λόγος Econ/Edem. Στο υπάρχον κτίριο έχουμε δείκτη 1,358 ενώ για το κτίριο αναφοράς εντοπίζεται προσαύξηση 45 % (δηλαδή δείκτη 1,45). Επομένως πάλι θα ήταν οικονομικά μη βιώσιμο να σπαταλιστούν τεράστια κεφάλαια για ριζική αλλαγή και απεξάρτηση από το δίκτυο της τηλεθέρμανσης καθώς η απόκλιση που υπάρχει σε επίπεδο πρωτογενους (22,5 %) δικαιολογείται από τις υψηλότερες ανάγκες που υφίστανται στο κτίριο μας έχοντας προσαύξηση 29,6 %. Άλλωστε όπως γνωρίζουμε η τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς παραγωγής έχει τον μικρότερο συντελεστή μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια μόλις 0,7. Βέβαια, δεδομένου πως η θέρμανση απασχολεί το 51,3 % των ετήσιων αναγκών καθώς και το 65,2 % των τελικών καταναλώσεων, η υιοθέτηση κάποιας αποδοτικότερης και σχετικά οικονομικής παρέμβασης με εγκατάσταση ενός υποβοηθητικού συστήματος παραγωγής θερμού μέσου θα μπορούσε να ελαττώσει το τελικό αποτύπωμα περαιτέρω και συνάμα να έχει ικανοποιητική αποσβεστική ισχύ.

Στο σκέλος των καυσίμων, εντοπίζεται μία ανορθολογική και μη επιτρεπτή προσαύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού, η οποία πρέπει να περιοριστεί καθώς αποτελεί την κύρια αιτία όπου οι συνολικές εκπομπές μας είναι κατά 4,6 φορές υψηλότερες από ότι προβλέπει το κτίριο προσομοίωσης.

Οι μεγάλες αποκλίσεις στις απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη έναντι του κτιρίου αναφοράς σε συνδιασμό με το πολύ υψηλό ποσοστό συμμετοχής αυτού τού είδους των χρήσεων στο συνολικό ισοζύγιο μας κατευθύνει να στραφούμε σε δράσεις που να περιλαμβάνουν τεχνικές περιορισμού των φορτίων απαίτησης. Οικονομοτεχνικά δηλαδή εφόσον δεν υφίστανται τεράστιες αποκλίσεις στους δείκτες Econs/Edem, η ενίσχυση και θωράκιση του θερμοκελύφους θα μπορούσε να συντελέσει στο μέγιστο βαθμό στην προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Καταλήγουμε δηλαδή πως στο τελικό ενεργειακό σενάριο, το μεγαλύτερο τμήμα του αρχικού κεφαλαίου θα διατίθεται προς αυτό τον σκοπό.

Το γεγονός πως μεταξύ Γ και Δ ζώνης δεν παρατηρούνται τόσο ακραίες κλιματικές διακυμάνσεις μερικές επεμβάσεις που προκρίθηκαν για την Γ ζώνη θα εφαρμοστούν ομοίως και στην Δ. Οι κοινές δράσεις είναι :

- 1. Αντικατάσταση κουφωμάτων με συνθετικά PVC ίδιων θερμοτεχνικών προδιαγραφών.**
- 2. Τοποθέτηση όμοιων φωτιστικών λαμπτήρων LED**
- 3. Ηλιακοί επιλεκτικοί συλλέκτες συνολικής επιφανείας 6 m² , κλίσης β=30° με συντελεστή αξιοποίησης για την Κοζάνη 0,326.**
- 4. Ανεμιστήρες οροφής**
- 5. Θερμομόνωση οροφής**

Θα χρησιμοποιηθεί ίδιο υλικό με τις προηγούμενες ζώνες με εξαίρεση το επιθυμητό πάχος του μονωτικού υλικού. Αυτό διότι ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας ορίζει ως μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας για οροφές για την Δ ζωνή $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Τόσο για την κεραμοσκεπή όσο και για το επίπεδο δώμα του 1^{ου} ορόφου θα επιστρωθεί μόνωση πάχους $L_M = 50\text{mm}$. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας για την κεραμοσκεπή έπειτα από την προσθήκη πετροβάμβακα υπολογίστηκε σε $U_i = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ με κόστος 12 ευρώ/m^2 ενώ στο δώμα για επίστρωση πολυστερίνης έχουμε πλέον $U_i = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ με κόστος 14 ευρώ/m^2 .

Οι πρόσθετες μεμονωμένες στοχευμένες δράσεις προς εξοικονόμηση είναι :

6. Θερμομόνωση Κελύφους

Στην μελέτη της μόνωσης πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση καθώς όπως αναφέρθηκε αποτελεί την δράση που θα συντελέσει καθοριστικά στην βελτίωση της ενεργειακής απόκρισης για το υπο μελέτη κτίριο.

Η θερμομονωτική ενίσχυση του εξωτερικού περιβλήματος θα διαμορφωθεί με ψεκάσμο αφρού πολουρεθάνης χαμηλής διόγκωσης. Πρόκειται για πολυμερές υλικό που απαρτίζεται από οργανικές ουσίες που συνδέονται με ουρεθάνη. Ως προς τις ιδιότητες του εμφανίζει άριστη προστασία σε ακραία καιρικά φαινόμενα, ισχυρή πρόσφυση στην επιφάνεια διάστρωσης, βελτιώνει την μηχανική αντοχή κάθε δομικού στοιχείου μας, εξαλείφει του αρμούς και τις θερμογέφυρες στις ενώσεις, παρέχει εξωτερική στεγάνωση ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει άριστη θερμομονωτική θωράκιση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μόλις $\lambda = 0,020 \text{ W/mK}$. Ωστόσο επειδή αντιδρά έντονα όταν εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία, συνίσταται να επικαλύπτεται από κάποια επαλειφόμενα προστατευτικά υλικά.

Στην κατεύθυνση βελτίωσης της ενεργειακής απόκρισης του κτιρίου μας , το υφιστάμενο σενάριο εξοικονόμησης προβλέπει την συρρίκνωση του συντελεστή θερμοπερατότητας αρκετά χαμηλότερα από τις ανώτατες τιμές τις ζώνης. Έτσι λοιπόν η επιλογή του κατάλληλου πάχους επίστρωσης αφρού πολουρεθάνης θα γίνει με κριτήριο την σύγκριση κόστους/απόδοσης. Έπειτα από έρευνα της αγοράς και την σύγκριση τιμών, η βέλτιστη λύση είναι ο ψεκάσμος αφρού πολουρεθάνης πάχους 40mm . Έπειτα από την επέμβαση θα προκύπτει μείωση κατά 45% στον συντελεστή θερμοπερατότητας ($U_i = 0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$) με κόστος 20 ευρώ/m^2 . Περαιτέρω πάχος θα διόγκωνε το κόστος εργασίας και κρίνεται μη συμφέρουσα λύση καθώς ήδη και με τα 40mm είμαστε κατά $35,7\%$ κάτω από την ανώτατη τιμή.

7. Ενεργειακό υδραυλικό τζάκι

Η βέλτιστη λύση που εξετάστηκε και τελικώς επιλέχθηκε για την πρόσδοση των απαραίτητων θερμικών φορτίων στην ψυχρή κλιματική ζώνη Δ είναι η τοποθέτηση περικλειστης ενεργειακής εστίας καύσης. Το παραγόμενο θερμικό φορτίο θα προκύπτει από την καύση ποικιλιών ξύλων που αποτελούν προϊόντα στερεής βιομάζας (οργανική ύλη φυτικής προέλευσης) δηλαδή καύσιμο υψηλού ενεργειακού αποθέματος με φιλικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Η πρόσδοση του οξυγόνου στο εσωτερικό της εστίας θα παρέχετε μέσω αγωγού που επικοινωνεί με τον εξωτερικό αέρα. Η μεταφορά της θερμότητας στον χώρο μας θα εξασφαλίζεται μέσω του μηχανισμού της ακτινοβολίας καθώς επίσης και από την εκμετάλλευση της δυνατότητας που προσφέρει αυτή η τυπολογία τζακιού για διασύνδεση με

το υφιστάμενο κεντρικό σύστημα θέρμανσης της κατοικίας. Συγκεκριμένα όπως έχουμε περιγράψει στο εσωτερικό της εστίας εδράζονται σωληνώσεις εντός των οποίων διέρχεται το θερμαντικό ρευστό του κυκλώματος. Αυτό παραλαμβάνει το θερμικό φορτίο και το διοχετεύει στις θερματικές μονάδες μας. Ένας περαιτέρω λόγος που επιλέχθηκε η τοποθέτηση υδραυλικής ενεργειακής εστίας έναντι των αερόθερμων είναι διότι δύναται να παραχθεί ζεστό νερό χρήσης έπειτα από την διασύνδεση με το boiler της οικίας μας. Με αυτόν τον τρόπο σχεδόν εκμηδενίζονται οι ηλεκτρικές καταναλώσεις του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα καθώς πλέον το ζεστό νερό χρήσης θα εξασφαλίζεται είτε από τους ηλιακούς συλλέκτες είτε από το ενεργειακό τζάκι το χειμώνα είτε από την τηλεθέρμανση. Ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας θα ανοίγει μόνο για τις ώρες αιχμής όπου θα υπάρχει αρκετή ζήτηση ιδιαίτερα το καλοκαίρι που θα είναι κλειστή η τηλεθέρμανση και η εστία καύσης. Παράλληλα πρόκειται για σύγχρονη τεχνολογία που υπόσχεται ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης λειτουργίας, αρκετή οικονομία καυσίμου, ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετοί αυτοματισμοί με προγραμματισμό και έλεγχο της διαδικασίας καύσης για βέλτιστη εξοικονόμηση. Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί πως η προκρινόμενη λύση για το τμήμα της θέρμανσης δεν υποκαθιστά την χρήση τηλεθέρμανσης αλλά λειτουργεί ως υποβοηθητική μονάδα. Έτσι λοιπόν στο λογισμικό εισάγεται ποσοστό κάλυψης φορτίου 40 % έναντι 60 % της τηλεθέρμανσης. Κάνουμε αυτή την παραδοχή διότι επιδιώκουμε το σενάριο μας να έχει ρεαλιστικό χαρακτήρα. Εξάλλου η τηλεθέρμανση που παρέχετε από ατμοηλεκτρικούς υποσταθμούς έχει το μικρότερο συντελεστή αναγωγής σε πρωτογενή ενέργεια. Οπότε από άποψη τελικού ενεργειακού αποτυπώματος δεν θα ήταν δόκιμη η πλήρης αντικατάσταση της τηλεθέρμανσης. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος που επιλέχθηκε αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.20 Τεχνικά χαρακτηριστικά προκρινόμενης ενεργειακής εστίας καύσης.

Ονομαστική θερμική ισχύς	15 KW
Θέρμανση χώρου	115-130 m ²
Κατανάλωση	5,3 kg/h
Ονομαστικός βαθμός απόδοσης	85%
Πόρτα	Ανοιγώμενη με κεραμικό τζάμι αντοχής έως 800 °C
Συνεργαζόμενα στοιχεία	Κυκλοφορητής, Δοχείο Διαστολής
Βάρος	176 kg
Διάμετρος καμινάδας	Φ150
Υλικό κατασκευής	Χάλυβας
Καύσιμο	Ξύλο
Χωρητικότητα δεξαμενής νερού	85 lt
Αυτοματισμοί	Ρυθμιζόμενο αέρα με ροοστάτη, κλειδί ασφαλείας και έλεγχο θερμοκρασίας χώρου με έξυπνο θερμοστάτη
Κόστος	1.200 €

8. Τοποθέτηση Φ/Β συστοιχίας.

Ακολουθήθηκε ίδια μεθοδολογία διαστασιολόγησης των Φ/Β πλαισίων, όπως αναλύθηκε εκτεταμένα στις κατώτερες κλιματικές ζώνες. Εν συντομία λοιπόν, έχοντας εισάγει στο λογισμικό το σύνολο των άνωθεν παρεμβάσεων προκύπτει πως η ετήσια εξάρτηση σε ηλεκτρικό ρεύμα φτάνει τις 12,2 kWh/m², δηλαδή 1482,3 kWh. Το μέγεθος αυτό επιδιώκεται να παράγεται από της Φ/Β συστοιχία μας. Επομένως κατά την διαστασιολόγηση απαιτείται 100% κάλυψη της ζήτησης. Το γεγονός ωστόσο ότι έχουμε μικρότερες ανάγκες ηλεκτρισμού σε σχέση με τις άλλες ζώνες σηματοδοτεί μικρότερη ισχύς εγκατάστασης. Για λόγους τεχνικοοικονομικούς προκρίθηκε μονοκρυσταλλικό πάνελ ίδιας τυπολογίας (Half-Cell) αλλά με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Οι μικρότερες απαιτήσεις μας οδηγούν στην υιοθέτηση πάνελ με μικρότερη ισχύ αιχμής αλλά επιδιώκοντας μέγιστη απόδοση ώστε να περιορίσουμε τον αριθμό των πάνελ. Έτσι λοιπόν στο νέο μας πλαίσιο η ισχύς εξόδου είναι 415W και η απόδοση σε συνθήκες STC είναι ελαφρώς υψηλότερη και αγγίζει το 20,7%. Ως προς τις διαστάσεις που φέρει η επιφάνεια, κάθε πάνελ είναι 2 m² ενώ το κόστος ανέρχεται σε 150 ευρώ. Συνυπολογίζοντας όμως κόστος εργατικών καθώς και πρόσθετο υλικοτεχνικό εξοπλισμό στο λογισμικό εισάγουμε τιμή 150 ευρώ/m².

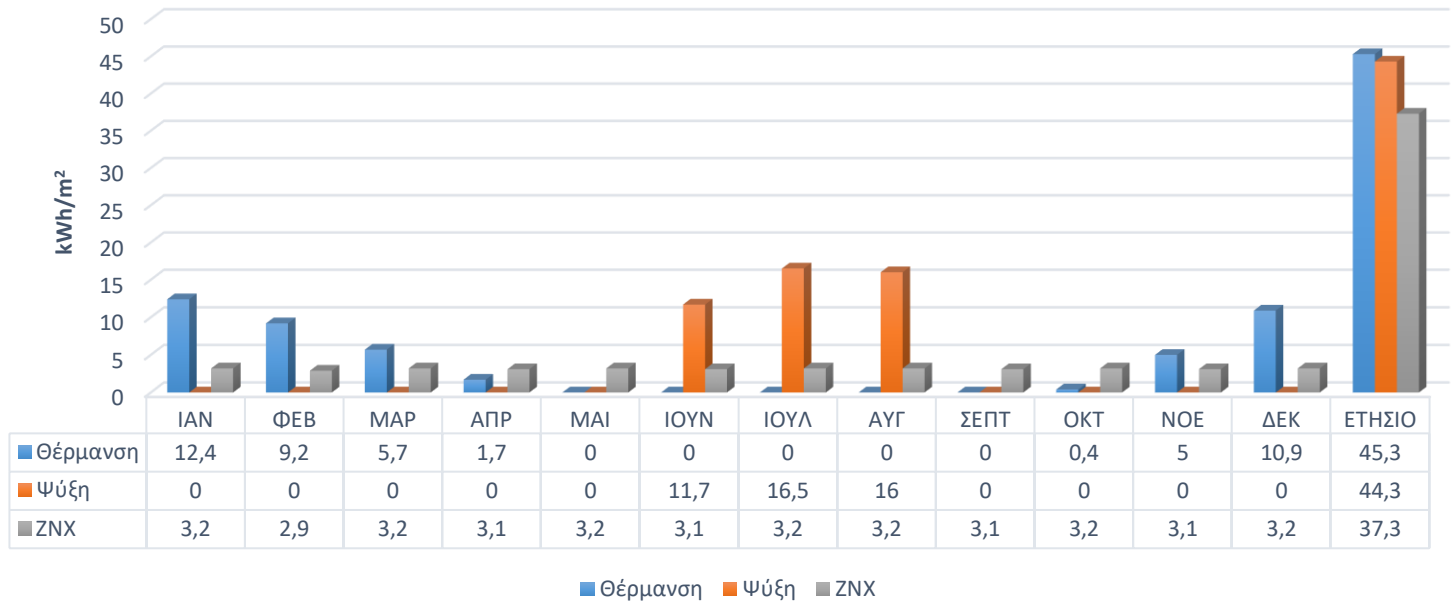
Λαμβάνοντας με παρόμοιο τρόπο δεδομένα για την ηλιακή προσπίπτουσα ακτινοβολία στην βέλτιστη γωνία κλίσης (34 °) από το ινστιτούτο προέκυψε τελικώς πως στον χώρο μας για 100% κάλυψη συνίσταται η τοποθέτηση 2,3 Φ/Β πάνελ της δεδομένης τυπολογίας που περιγράφηκε. Για λόγους τεχνικοοικονομικούς προτιμήθηκε η τοποθέτηση 2 Φ/Β πάνελ που θα προσφέρουν αυτονομία 87 % όπου τελικώς η συνολική επιφάνεια της συστοιχίας μας είναι $S_{\Sigma} = 4 \text{ m}^2$ ενώ η συνολική ονομαστική ισχύς της εγκατάστασης θα αγγίζει τα 0,83 KW.

Η συνεισφορά και η επίδραση του μείγματος των ενεργειακών επεμβάσεων για το σενάριο που καταρτίστηκε αποκλειστικά για το κτίριο της Κοζάνης, επιφέρει τα εξής αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του :

Πίνακας 6.21 Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²).

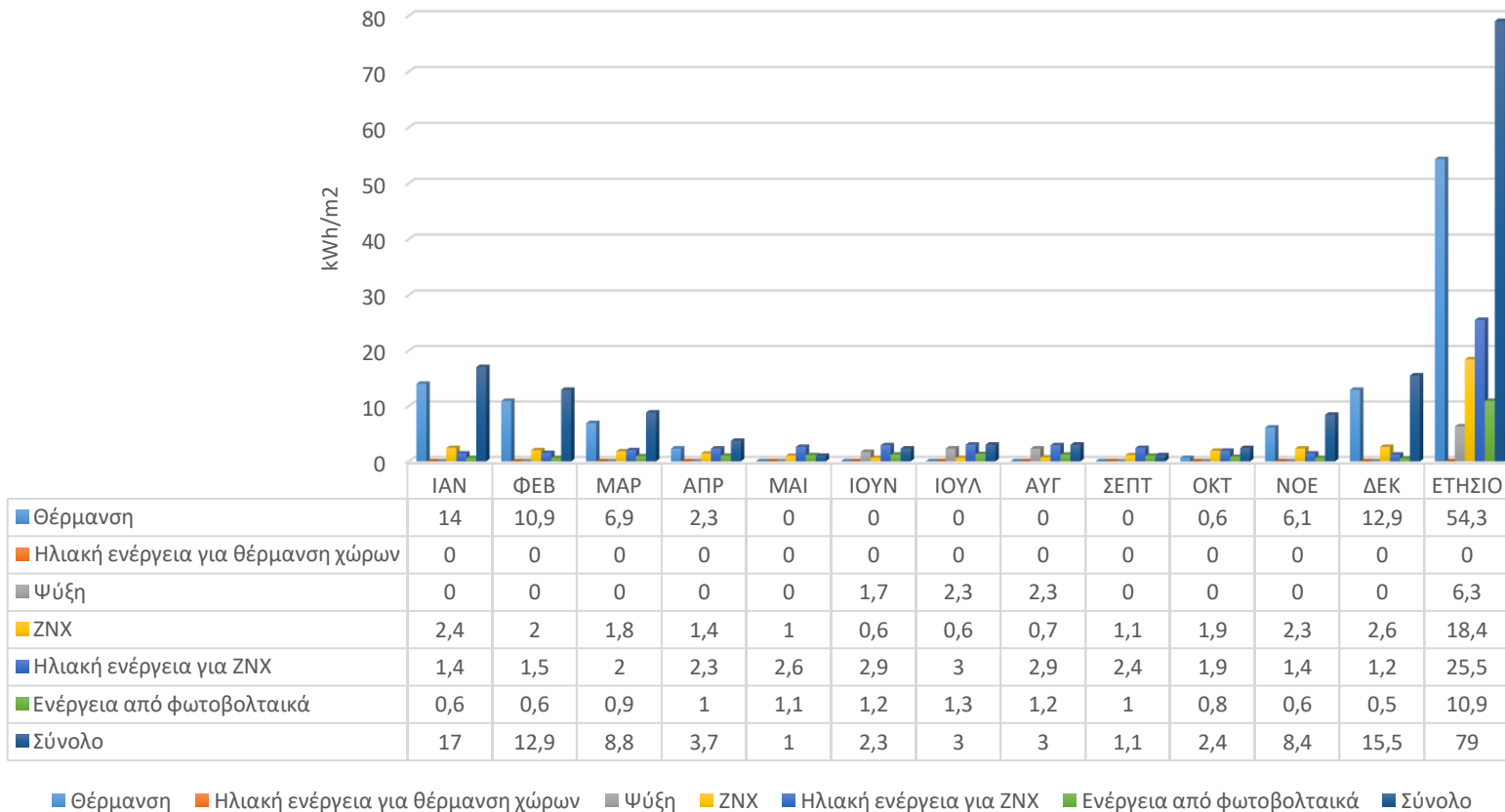
Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Θέρμανση	70,5	91	42,3
Ψύξη	17,2	48,3	20,8
ZNX	32	73,8	18,3
Συνεισφορά ΑΠΕ	0	0	21,6
Σύνολο	119,7	213,1	59,8
Ενεργειακή Κατάσταση	-	Δ	Α

Ενεργειακές Απαιτήσεις



Σχήμα 6.11 Ενεργειακές απαιτήσεις έπειτα από την εφαρμογή των στοχευμένων δράσεων (kWh/m²).

Ενεργειακές Καταναλώσεις



Σχήμα 6.12 Πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις Υπάρχοντος Κτιρίου (kWh/m²).

Πίνακας 6.22 Τελικές καταναλώσεις ανά πηγή ενέργειας και αντίστοιχες εκπομπές CO₂ Υπάρχοντος Κτιρίου.

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	1,6	1,6
Πετρέλαιο	0	0
Τηλεθέρμανση	46,5	0
Φυσικό Αέριο	0	0
Ηλιακή	25,5	0
Βιομάζα	31	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	79	1,6

Πίνακας 6.23 Οικονομοτεχνική αξιολόγηση επένδυσης.

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό Κόστος (€)	1133,3	1492,4	315,6
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)	-	-	13531,7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)	-	-	194,9
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	-	-	91,5
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	-	-	0,6
Μείωση εκπομπών CO ₂ (kg/m ²)	-	-	34,7
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	-	-	≈ 11,5

Πίνακας 6.24 Ετη απόσβεσης συσχετίζοντας το επιδοτούμενο ποσοστό επιχορήγησης.

Ποσοστό επιχορήγησης (%)	Αρχικό κεφάλαιο (€)	Περίοδος Απόσβεσης (ετη)
0	13531,7	11,5
20	10825,36	9,2
40	8119,02	6,9
60	5412,68	4,6

Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα της μελέτης, από τον Πίνακα 6.21 διαπιστώνεται πως με την εφαρμογή του συγκεκριμένου ενεργειακού σεναρίου για την περιοχή της Κοζάνης επιτυγχάνεται η κατάταξη του κτιρίου μας στην ενεργειακή κλίμακα A, από την Δ που βρισκόταν προηγουμένως, με ετήσιο αποτύπωμα πρωτογενούς ενέργειας 59,8 kWh/m². Η βελτίωση της αποδοτικότητας και της ενεργειακής συμπεριφοράς αποτυπώνεται στον ίδιο πίνακα όπου γίνεται φανερό πως για κάθε είδους χρήση ενέργειας, παρατηρούμε τεράστιες μειώσεις σε επίπεδο πρωτογενούς κατανάλωσης. Ειδικότερα, στην θέρμανση κατορθώνεται ποσοστιαία μείωση κατά 53,51%, στην ψύξη 57 % ενώ η χρήση βιομάζας και τηλεθέρμανσης για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης μας επέφερε μείωση κατά 75,2 % στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Εξετάζοντας την επίδραση του σεναρίου στην διαμόρφωση των αναγκών του χώρου εντοπίζεται μεσοσταθμικά ετήσια μείωση κατά 27 % , όπου στο τμήμα της θέρμανσης η αντίστοιχη ελάττωση φθάνει στο 46 %. Αυτή η διακύμανση εξηγείται από την υιοθέτηση θερμομονωτικής στρώσης για την θωράκιση του κελύφους μας.

Σε ότι αφορά τις τελικές καταναλώσεις που αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές μας χρεώσεις εμφανίζεται μείωση κατά 58 %. Αξιοσημείωτο στατιστικό είναι η συνεισφορά των ΑΠΕ πλέον στο ενεργειακό μείγμα. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι υπεύθυνοι για μεσοσταθμική ετήσια κάλυψη του 60 % των τελικών καταναλώσεων μας σε ζεστό νερό χρήσης ενώ τα φωτοβολταϊκά παρέχουν στην πράξη 10,9 kWh/m². Έτσι το λειτουργικό κόστος για το νέο μας κτίριο εκτιμάται σε 315,6 €, δηλαδή συρρικνωμένο κατά 78,8 % έναντι των 1492,4 € που θέλαμε αρχικώς.

Στο παρόν ενεργειακό πλάνο επιτυγχάνεται η σχεδόν μηδαμινή ετήσια εκπομπή ρύπων CO₂ καθώς σύμφωνα με το πρότυπο του Κ.Εν.Α.Κ τόσο η τηλεθέρμανση όσο και η βιομάζα θεωρείται πώς δεν συμμετέχουν άμεσα στο ισοζύγιο έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα. Επομένως από τον Πίνακα 6.32, η ετήσια μείωση εκπομπών αγγίζει τα 34,7 kg/m².

Η συνολική ρευστότητα που χρειάζεται να διατεθεί ως κόστος επένδυσης για το υφιστάμενο σενάριο εκτιμάται σε 13531,7 €, που όπως έχει αναλυθεί η ετήσια εξοικονόμηση οριοθετείται σε 1176,8 €. Βάσει αυτού του δείκτη προσδιορίζεται το χρονικό διάστημα, έπειτα από την εφαρμογή των δράσεων, που επέρχεται η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου μας. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως για 100% ίδια κεφάλαια του αρχικού κόστους επένδυσης, η περίοδος αποπληρωμής είναι 11,5 έτη ενώ δύναται να διαμορφωθεί μέχρι και στα 4,16 έτη στην περίπτωση συμμετοχής κατα 60 % από επιδοτούμενα ευρωπαϊκά και κρατικά προγράμματα εξοικονόμησης.

6.6 Συγκεντρωτικά διαγράμματα σύγκρισης

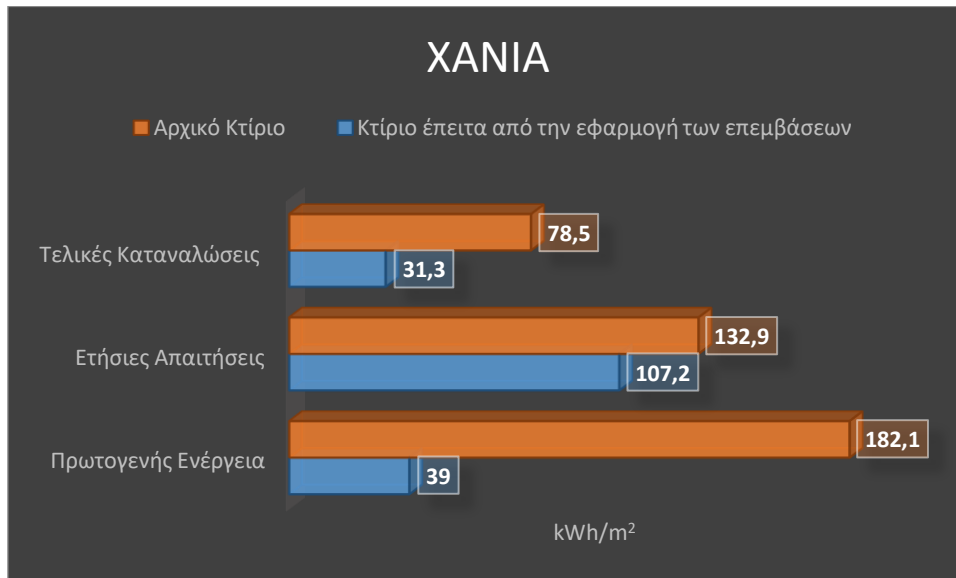
Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων της διερεύνησης με την παράθεση σχετικών διαγραμμάτων, ώστε να απλοποιηθεί η διαδικασία της σύγκρισης τόσο μεταξύ καταστάσεων πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου για κάθε περιοχή όσο και των ιδιαιτεροτήτων ή τάσεων που εμφανίζονται στις διαθέσιμες κλιματικές ζώνες.

Αρχικά στον Πίνακα 6.25 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά το σύνολο των παρεμβάσεων στις τέσσερις κλιματικές ζώνες :

Πίνακας 6.25 Συνοπτική καταγραφή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης ανά κλιματική ζώνη έδρασης

Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Ενεργειακή Υδραυλική Σόμπα Πέλλετ A++	Αντλία Θερμότητας	Λέβητας Συμπύκνωσης Αερίου	Ενεργειακό Υδραυλικό Τζάκι
Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες A+++	Θερμομόνωση Οροφής	Κύκλωμα Ενδοδαπέδιας Εκπομπής	Θερμομόνωση Οροφής
Ηλιοθερμικό Σύστημα Solar Combi (Asol = 6 m ²)	Φωτοβολταϊκή Συστοιχία (2,64 kW & Ss = 13,08 m ²)	Ηλιοθερμικό Σύστημα Solar Combi (Asol = 6 m ²)	Ηλιακοί Επιλεκτικοί Συλλέκτες (Asol = 6 m ²)
Περιφερειακή Δενδροφύτευση	Περιφερειακή Δενδροφύτευση	Φωτοβολταϊκή Συστοιχία (0,9 kW & Ss = 4,36 m ²)	Θερμομόνωση Κελύφους
Ανεμιστήρες Οροφής	4 Μονάδες Στοιχείου Ανεμιστήρα (fan coils)	Ανεμιστήρες Οροφής	Ανεμιστήρες Οροφής
Μεταλλικά Κουφώματα	Μεταλλικά Κουφώματα	Ενεργειακά Κουφώματα PVC	Ενεργειακά Κουφώματα PVC
Λαμπτήρες LED	Λαμπτήρες LED	Λαμπτήρες LED	Λαμπτήρες LED
-	-	Θερμομόνωση Οροφής	-

Ειδικότερα όσον αφορά τα ενεργειακά μεγέθη, σύμφωνα με τα διαγράμματα 6.13 - 6.16 παρατηρούμε ότι τόσο οι ενεργειακές απαιτήσεις όσο και τα μεγέθη κατανάλωσης επηρεάζονται σημαντικά από τις παρεμβάσεις βελτίωσης, ενώ είναι εμφανής η επίδραση της κλιματικής ζώνης.



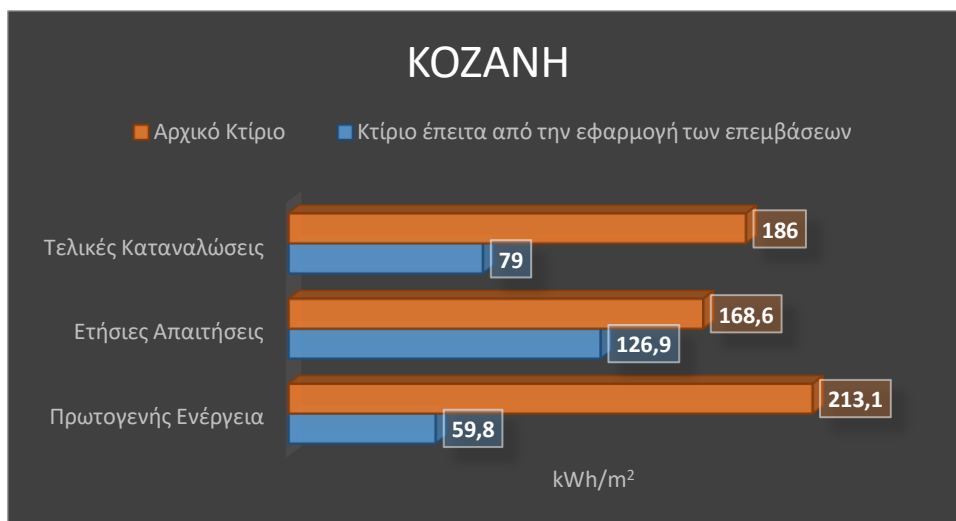
Σχήμα 6.13 Σύγκριση ενεργειακής κατάστασης για το κτίριο των Χανίων πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (kWh/m²).



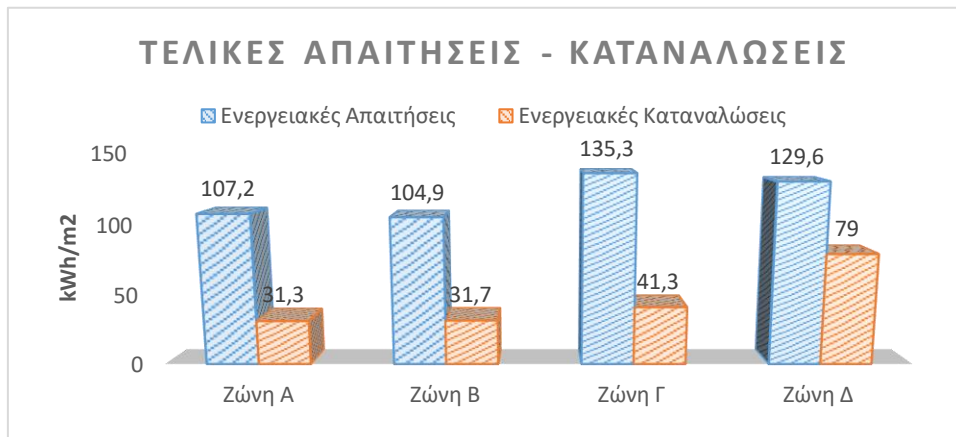
Σχήμα 6.14 Σύγκριση ενεργειακής κατάστασης για το κτίριο της Λευκάδας πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (kWh/m²).



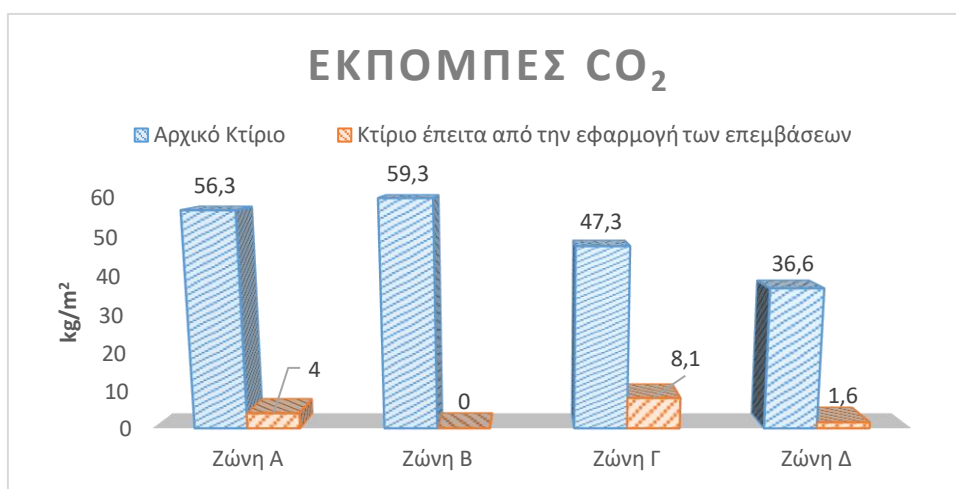
Σχήμα 6.15 Σύγκριση ενεργειακής κατάστασης για το κτίριο της Θεσσαλονίκης πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (kWh/m²).



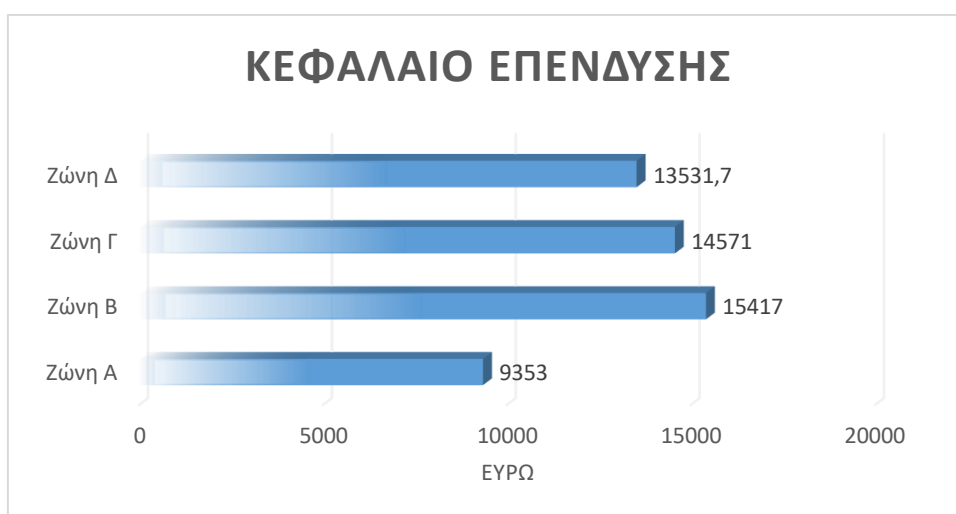
Σχήμα 6.16 Σύγκριση ενεργειακής κατάστασης για το κτίριο της Κοζάνης πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (kWh/m²).



Σχήμα 6.17 Σύγκριση Τελικών Απαιτήσεων – Καταναλώσεων έπειτα από την εφαρμογή των επεμβάσεων για κάθε ζώνη.



Σχήμα 6.18 Εκλυόμενες εκπομπές CO₂ σε κάθε κλιματική ζώνη πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (kg/m²).



Σχήμα 6.19 Αρχικό κόστος επένδυσης προς χρηματοδότηση των επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας σε κάθε ζώνη έδρασης (€).



Σχήμα 6.20 Εκτιμώμενο ετήσιο λειτουργικό κόστος για κάθε κλιματική ζώνη πριν και μετά την υιοθέτηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (€).

Συμπεράσματα

Στην σύγχρονη εποχή, όπου κυριαρχεί η επιταχυνόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας, της κάθε βιομηχανίας, των κατασκευών αλλά και της συνεχούς προσπάθειας προώθησης δράσεων που αποσκοπούν στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των λαών, παρατηρείται η ολοένα αυξανόμενη τάση για ζήτηση ενέργειας. Αυτό το φαινόμενο εκτός από τις θεσμικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές προεκτάσεις που προκαλεί σε επίπεδο κρατών, ιδιαίτερα εκείνων που δεν διαθέτουν αρκετές πηγές και είδη καυσίμων και συνεπώς αναγκάζονται στο να εισάγουν και να εμπορεύονται, εντούτοις αποτελεί ένα βαρύτατο πλήγμα για τις ευάλωτες ομάδες πληθυσμού σε κάθε κοινωνία που αδυνατούν να ανταπεξέλθουν οικονομικώς ώστε να έχουν αξιοπρεπή πρόσβαση στις κύριες υπηρεσίες ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό) για την κάλυψη των βασικών βιοτικών αναγκών. Με μαθηματική ακρίβεια λοιπόν, διογκώνεται το πρόβλημα της ενεργειακής ένδειας αλλά ταυτόχρονα εντείνεται και η περιβαλλοντική ρύπανση στην ατμόσφαιρα. Επομένως, η προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας κρίνεται επιβεβλημένη και αποτελεί το ύστατο μέτρο για την ανάσχεση των παραπάνω φαινομένων.

Όπως έχει αναλυθεί, ο κτιριακός τομέας κρίνεται ιδιαίτερα ενεργοβόρος καθώς είναι υπεύθυνος περίπου για το 40% της τελικής κατανάλωσης. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, τα περισσότερα κτίρια έχουν ανεγερθεί πριν το 1979 και είναι δομημένα με χαμηλής ποιότητας οικοδομικά υλικά. Η κατάσταση αυτή σε συνδιασμό με την ανορθολογική προώθηση δράσεων εξοικονόμησης, όπου για πάρα πολλά έτη δεν κατέσται δυνατό να συνταχθεί ένα θεσμικό πλαίσιο (κανονισμός) που να ορίζει επιθυμητές προδιαγραφές αποδοτικότητας, οδήγησε το υπάρχον κτιριακό απόθεμα να χαρακτηρίζεται ως ενεργειακά "ανοχύρωτο".

Η εναρμόνιση της χώρας μας με τις ευρωπαϊκές οδηγίες προς βελτίωση της αποδοτικότητας στις κατοικίες αλλά και στα κτίρια ευρύτερα, υπήρξε ο καταλύτης για την δημιουργία του εγχώριου Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Σύμφωνα με πρότυπο ορίζεται η μεθοδολογία προσδιορισμού του ενεργειακού προφίλ και της συμπεριφοράς κάθε κτιρίου καθώς επίσης υπογραμμίζονται με σαφήνεια τα ελάχιστα επιτρεπτά επίπεδα αποδοτικότητας που πρέπει να φέρει τόσο το κέλυφος της κατασκευής μας όσο και τα εγκατεστημένα συστήματα.

Στην κατεύθυνση αναβάθμισης του εκάστοτε είδους κτιρίου, ο μελετητής μηχανικός οφείλει να σχηματίσει ένα στοχευμένο πλάνο ενεργειακών επεμβάσεων με γνώμονα κατά πρώτων την μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα ενός τέτοιου σεναρίου και τελικώς την συρρίκνωση των τελικών καταναλώσεων ενέργειας με συνάμα μείωση των εκλυόμενων ρύπων.

Η εύρεση των βέλτιστων δράσεων αποτελεί ένα πολυδιάστατο αντικείμενο μελέτης και συσχετίζει πολλούς παράγοντες. Ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να είναι σε θέση να καταγράψει τις λεπτομέριες των δομικών υλικών που συνθέτουν το κέλυφος τόσο από τα διαφανή όσο και από τα αδιαφανή στοιχεία, ώστε να υπολογίσει με ακρίβεια τις ενεργειακές απαιτήσεις του χώρου μας. Παράλληλα οφείλει να ελέγξει και να αξιολογήσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υφιστάμενων συστημάτων προκειμένου να εντοπίσει τις σχετικές τελικές καταναλώσεις αλλά και να διαμορφώσει την ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου. Σε επόμενο βήμα θα πρέπει να αναλύσει και να ερμηνεύσει τα δεδομένα ώστε οι παρεμβάσεις που θα

γίνουν να επιφέρουν το βέλτιστο επιθυμητό αποτέλεσμα με το ελάχιστο δυνατόν κόστος επένδυσης. Συνεπώς κάθε περίπτωση αντιμετωπίζεται διαφορετικά.

Η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες βάσει των βαθμομερών θέρμανσης, όπου σε κάθε μία από αυτές εμφανίζονται παρόμοιες κλιματικές τάσεις. Η ιδιαιτερότητα των συνθηκών και οι έντονες θερμοκρασιακές κυρίως διακυμάνσεις μεταβάλλουν το ενεργειακό αποτύπωμα μεταξύ πανομοιότυπων εξεταζόμενων κτιρίων από περιοχή σε περιοχή. Αυτό έχει ως επακόλουθο το σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης να εστιάζει σε διαφορετικούς τομείς και να προκρίνει συνεπώς διαφορετικού τύπου παρεμβάσεις.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναδείξαμε πώς είναι δυνατόν μία σύνηθη τυπολογία κτιρίου (μεζονέτα) στην Ελλάδα, με παρόμοια γεωμετρία και χαμηλής ποιότητας εξοπλισμό να εμφανίζει τόσο έντονες αποκλίσεις σε επίπεδο αναγκών αλλά και τελικών καταναλώσεων μεταξύ των τεσσάρων ζωνών έδρασης. Ειδικότερα παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση πρότυπου κτιρίου, για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Για την ανάλυση επιλέχθηκε το λογισμικό TEE-KENAK.

Αρχικά, επιλέχθηκε το κτίριο να έχει μόνωση η οποία, αν και δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανεπαρκής, δεν ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ (κτίση πριν το 2008), με πεπαλαιωμένα συμβατικά συστήματα. Έπειτα στοχεύτηκαν οι τομείς που έρχιζαν επιτακτική αντιμετώπιση και με βάση το μέγεθος των φορτίων που έπρεπε να ελαττωθεί διαστασιολογήθηκαν και τελικώς επιλέχθηκαν τα καταλληλότερα μέτρα εξοικονόμησης ανά περίπτωση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας :

1. η τοποθέτηση ενεργειακών κουφωμάτων,
2. η θερμομόνωση του κελύφους,
3. η αντικατάσταση των υφιστάμενων ενεργειακών συστημάτων από σύγχρονες τεχνολογίες,
4. η ενσωμάτωση συστημάτων ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα (κυρίως φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών πάνελ),
5. η προσθήκη έξυπνων διατάξεων αυτοματισμού,
6. η εφαρμογή τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού (όπως η περιφερειακή δενδροφύτευση για τον έλεγχο της σκίασης καθώς και η ενίσχυση του φυσικού δροσισμού),

κατέδειξε πως ένα ενεργοβόρο κτίριο χαμηλής αποδοτικότητας μπορεί να αναβαθμιστεί ριζικά, μέσω της αξιοποίησης ώριμων και αποδοτικών τεχνολογιών , έχοντας πλέον ελάχιστο κόστος λειτουργικής διαχείρισης με περιορισμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της τεχνοοικονομικής ανάλυσης, και για το σύνολο των ζωνών, τα αναμενόμενα έτη απόσβεσης μπορούν να μειωθούν σημαντικά (< 4 έτη) με την συμμετοχή σε επιδοτούμενα προγράμματα ενεργειακών παρεμβάσεων, όπως το << εξοικονομώ – αυτονομώ >>. Τα αποτελέσματα της εργασίας μπορούν να συμβάλλουν στην διαμόρφωση σχετικών κινήτρων και στην εξειδίκευση τους ανα κλιματική ζώνη και για συγκεκριμένες τεχνολογίες.

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία στην ελληνική γλώσσα

Ανδρικόπουλος, Δ., 2017. Ενεργειακή φτώχεια, αστικός ιστός και περιβάλλον: Η περίπτωση της Αθήνας στην περίοδο της κρίσης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών. Αθήνα.

Βαβούρας, 2016. ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Θεσσαλονίκη.

ΔΑΠΕΕΠ, 2019. Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης Α.Ε. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΣΗΘΥΑ – Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο. Δεκεμβριος 2019.

ΕΕ, 2002. Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων – Για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.

ΕΛΟΤ, 2008α. ΕΛΟΤ EN 15316-2-3 / 2008-09-12. Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 2-3: Συστήματα διανομής για τη θέρμανση χώρων.

ΕΛΟΤ, 2008β. ΕΛΟΤ EN 15316-2-1 / 2008-03-05. Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και επίδοση συστημάτων - Μέρος 2-1: Συστήματα εκπομπών θέρμανσης χώρου.

ΕΛΟΤ, 2009. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 (2009). Ενεργειακή επίδοση κτηρίων – Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη χώρων.

ΕΛΣΤΑΤ, 2013. Ελληνική Στατιστική Αρχή. Δελτίο Τύπου, ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ 2011-2012. Πειραιάς 2013.

ΕΛΣΤΑΤ, 2014. Ελληνική Στατιστική Αρχή. ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 2011. Πειραιάς 2014.

ΕΛΣΤΑΤ, 2015. Ελληνική Στατιστική Αρχή. Απογραφή Κτιρίων 2011. Πειραιάς 2015.

ΕΛΣΤΑΤ, 2016. Ελληνική Στατιστική Αρχή. Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2015. Κίνδυνος Φτώχειας.

ΕΟΠ. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος

(<https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>)

ΙΕΝΕ, 2019. Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Μεζαρτάσογλου Δ., Σταμπολής Κ.Ν., Χατζηβασιλειάδης Ι., 2019. Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας – Ετήσια Έκθεση 2019. Αθήνα.

ΙΟΒΕ, 2018. ΙΔΡΥΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ, Ντεμιάν Η., Μουστάκα Α., Μανιάτη Γ., 2018. Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων ως μοχλός ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας.

ΚΑΠΕ, 2010. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. Μικρής κλίμακας συστήματα ηλιακής θέρμανσης και ψύξης - Συστήματα για συνδυασμένη Ψύξη, Θέρμανση και Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης. Φεβρουάριος 2010.

Κ.Εν.Α.Κ. , 2010. Εγγρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β΄ 407) «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων».

ΚΘΚ, 1979. Προεδρικό Διάταγμα 01-06-1979: Περί εγκρίσεως Κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων, (ΦΕΚ 362/Δ/1979), 04-07-1979.

Κρητικός Γιώργος, Διαμαντούδη Θάλεια, 2013. 1760-1860: Βιομηχανική Επανάσταση.

Κωνσταντινίδου.Δ, 2016. Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΜΦΩΝΙΑ ΤΩΝ ΠΑΡΙΣΙΩΝ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Οικονομικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Δημόσιας Διοίκησης. Αθήνα.

Κωνσταντίνου.Κ, 2019. Η Ενεργειακή Φτώχεια στην Ευρώπη και την Ελλάδα: Διερεύνηση της Παρούσας Κατάστασης και Αξιολόγηση Πιθανών Μέτρων Ανακούφισης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Αθήνα.

Μαρκοπούλου. 2018. Σύγκριση κόστους παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος από λιγνίτη και ΑΠΕ σε συνδυασμό με την αντλησιοταμίευση, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Δίκαιο και Μηχανική της Ενέργειας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Νομικής Σχολής. Θεσσαλονίκη.

N.4122/2013,ΦΕΚ Α 42/19.2.2013. Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.

N.3661/2008. Νόμος υπ' αριθ. 3661 (ΦΕΚ Α΄ 89). Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις.

Πανάρας Γ., Σημειώσεις Μαθήματος 'Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι', Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Κοζάνη.

Πανάρας Γ., Σημειώσεις Μαθήματος 'Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων ΙΙ', Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Κοζάνη.

Παπαδά Κ. Λευκοθέα. 2017. Διδακτορική Διατριβή: Ανάπτυξη στοχαστικού μοντέλου για την ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα. Η περίπτωση των ορεινών περιοχών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών. Αθήνα.

ΠΟΛΥΜΕΝΑΚΟΣ.Ν, 2020. Κατασκευή Πρότυπου Περιβαλλοντικού Σταθμού, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

Στογιάννης.Κ, 2019. Χωρική και χρονική κατανομή των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες Ελληνικές αστικές περιοχές, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών επιστημών και τεχνολογίας. Πάτρα.

ΤΕΕ, 2010. Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για το υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

ΤΕΕ, 2017α. Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για το υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

ΤΕΕ, 2017β. ΤΟΤΕΕ 20701-2. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων.

ΤΕΕ, 2017γ. ΤΟΤΕΕ 20701-3. Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών.

ΥΠΕΝ, 2018. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. Σχέδιο προς διαβούλευση: ΕΘΝΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΚΛΙΜΑ. Νοέμβριος 2018.

ΥΠΕΝ, 2019. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – Τμήμα Επιθεώρησης Ενέργειας ΒΕ & ΝΕ, Πετρολιάγκη Μ., 2019. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις Κτιρίων – Στατιστική ανάλυση για το έτος 2018 και της χρονικής περιόδου 2011 – 2018.

Ξενόγλωσσες πηγές

Balaras.A, Gaglia.A.G. , Georgopoulou.E, Mirasgedis.S, Sarafidis.Y, Lalas.D.P, European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock , energy consumption, emissions and potential energy savings, Science Direct, Building and Environment, Volume 42, 2007, Pages 1298-1314

D’Agostino, D., & Mazzarella, L. (2018). What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. Journal of Building Engineering, Volume 21, October 2018, Pages 200-212

Droutsas.K.G, Kontoyiannidis.S, Dascalaki.E.G, Balaras.C.A, Ranking cost effective energy conservation measures for heating in Hellenic residential buildings, Energy and Buildings, Volume 70, February 2014, Pages 318-332

Droutsas.K.G, Kontoyiannidis.S, Dascalaki.E.G, Balaras.C.A, Mapping the energy performance of Hellenic residential buildings from EPC (energy performance certificate) data, Energy, Volume 98,2016, Pages 284-295

European Commission. Energy Poverty. (https://ec.europa.eu/energy/topics/markets-and-consumers/energy-consumer-rights/energy-poverty_en#documents)

European Commission, 2019. Ήρθε πλέον η ώρα να εξαλείψουμε την ενεργειακή φτώχεια στην Ευρώπη.

(<https://cor.europa.eu/el/news/Pages/time-to-eradicate-energy-poverty-in-europe.aspx>)

Eurostat, 2019. <<Energy consumption in the EU increased by 1% in 2017>>.

Eurostat, 2019. << Final energy consumption in households by fuel>>.

PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System. (<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>)

Ιστοσελίδες

Αέναος (<https://www.aenaos-sa.gr/levites-sympiknosis-kaysaerion>)

Βαταβάλη.Φ, Χατζηκωνσταντίνου.Ε. 2016. Χαρτογραφώντας την ενεργειακή φτώχεια στην Αθήνα της κρίσης (www.athenssocialatlas.gr)

Καρπούζας, 2019. Πώς λειτουργούν οι λαμπτήρες φωτισμού και ποιοι είναι πιο οικονομικοί;. (www.ekalampaka.gr)

ΚΑΥΚΑΣ (<https://www.kafkas.gr/lamptires-led/>)

Στεργιώτης, 2015. Εντείνεται η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας από τις εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας. (<https://energypress.gr>)

ΧΑΣΚΟΣ Α.Ε.Ε (www.chaskos.gr)

Air Clima Energy Gas (www.aaceg.gr)

Alumil – Building excellence every day (www.alumil.com)

ALUMINCO – ALUMINIUM BUILDING SYSTEMS (www.aluminco.com)

ANDRIANOS (www.andrianos.gr)

ARTIST (<https://artist.com.gr/>)

COCOON ecoclima (<https://cocoon.gr/>)

Greenwaystructure, 2009. <https://greenwaystructure.wordpress.com/> Επιπτώσεις των ρύπων στην υγεία (3) | Green Way Structure (wordpress.com)

IdealKlima. Ενδοδαπέδια θέρμανση – Δροσισμός. (www.idealklima.gr)

MULTICLIMA (www.multiclima.gr)

Proenergy professional engineering & Construction (www.proenergy.gr)

SMART COVER (<https://www.smart-cover.gr/>)

4green, 2020. Αντλίες θερμότητας: Η πιο φθηνή θέρμανση θέλει λίγο τσιμημένο αρχικό κόστος. (www.4green.gr)