



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος βέλτιστης επιλογής  
ενεργειακών παρεμβάσεων σε κατοικία με παράλληλη  
χρηματοοικονομική αποτίμηση**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΟΥΛΟΥΝΤΖΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ**

**Επιβλέπων :** Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2022





ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος βέλτιστης επιλογής  
ενεργειακών παρεμβάσεων σε κατοικία με παράλληλη  
χρηματοοικονομική αποτίμηση**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΟΥΛΟΥΝΤΖΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ**

**Επιβλέπων :** Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 8<sup>η</sup> Μαρτίου 2022.

*(Υπογραφή)*

.....  
Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

*(Υπογραφή)*

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

*(Υπογραφή)*

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

(Υπογραφή)

.....

**ΚΟΥΛΟΥΝΤΖΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Βασίλειος, Κουλούντζος, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εκπονηθεί μια συγκριτική μελέτη των ενεργειακών απαιτήσεων διαφορετικών τύπων κατοικίας και εν συνεχεία να εκτελεστεί μια χρηματοοικονομική αποτίμηση συγκεκριμένων βελτιωτικών παρεμβάσεων.

Στο πλαίσιο αυτό, αρχικά μελετήθηκε σχολαστικά το περιεχόμενο των πιο πρόσφατων τεχνικών οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.), προκειμένου να αποσαφηνιστούν οι βασικές αρχές της ενεργειακής αξιολόγησης κτηρίων όπως αυτές ορίζονται από τη νομοθεσία. Στη συνέχεια, ορίστηκαν επακριβώς οι παράγοντες κατηγοριοποίησης των διαφόρων τύπων κατοικίας και οι παραδοχές που έγιναν προκειμένου να επιτευχθεί μια πιο στοχευμένη ανάλυση. Μετέπειτα, εκτελέστηκε μια προσομοίωση της ενεργειακής αξιολόγησης διαφόρων τύπων κατοικίας με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./K.EN.A.K. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα, αξιολογήθηκαν και συνδυαζόμενα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς για τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα, οδήγησαν σε μια μακροσκοπική χρηματοοικονομική αποτίμηση ανά τύπο κατοικίας. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν ορισμένες παρεμβάσεις, οι οποίες μειώνουν όχι μόνο τις ενεργειακές απαιτήσεις και αλλά και το συνεπακόλουθο κόστος αυτών, αξιολογώντας τις με βάση το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, της επιτευχθείσας ετήσιας εξοικονόμησης και του αντίστοιχου διαστήματος απόσβεσης των εν λόγω παρεμβάσεων. Τέλος, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων βάσει καθορισμένου χρηματικού κεφαλαίου και παρουσιάστηκε μέσα από την μελέτη συγκεκριμένων περιπτώσεων κατοικίας.

### **Λέξεις Κλειδιά:**

Κατοικία, ενεργειακή αξιολόγηση, ενεργειακές απαιτήσεις, παραδοχές, μέγεθος κατοικίας, συντελεστής θερμοπερατότητας, απόδοση, θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (Z.N.X.), παρεμβάσεις, κόστος εγκατάστασης, εξοικονόμηση, χρόνος απόσβεσης, βέλτιστος συνδυασμός, χρηματικό κεφάλαιο



## **Abstract**

The aim of this thesis is to perform a comparative study of the energy requirements of different types of residence and then to carry out a financial evaluation of specific improvement interventions.

For this purpose, initially, the content of the latest technical instructions of the Technical Chamber of Greece was carefully studied, in order to clarify the basic principles of energy evaluation of buildings, as they are defined by law. Furthermore, different types of residence were categorized and specific assumptions were made, in order to achieve a more targeted analysis. Then, a simulation of the energy evaluation of different types of residence has been performed by means of an evaluating program. The results extracted from the program were gathered, evaluated and combined with the latest market prices for used fuels, in order to produce a macroscopic financial evaluation. In addition, some interventions were presented, which reduce not only the energy requirements but also their consequent costs, evaluating them based on the cost of supply and installation, the achieved annual savings and the corresponding recuperating period. Finally, a model for selecting the optimal combination of interventions based on a defined financial budget has been developed and presented through specific case studies.

### **Keywords:**

Residence, energy evaluation, energy requirements, assumptions, size, thermal coefficient, efficiency, heating, cooling, domestic hot water, interventions, installation costs, cost savings, recuperating period, optimal combination, financial budget





## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα της φοίτησης μου στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Κατά την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας έγινε πλέον ξεκάθαρη η σπουδαιότητα των γνώσεων και των εμπειριών που αποκόμισα κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ Δούκα Χρυσόστομο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα, καθώς και για την αμέριστη υποστήριξή του και τις στοχευμένες παρατηρήσεις του καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Επιπροσθέτως, ιδιαίτερη μνεία αρμόζει στην εταιρεία ABEC LP – Σύμβουλοι Μηχανικοί και κυρίως στον κ. Γεώργιο Σκιαδόπουλο για την παροχή οικονομοτεχνικών δεδομένων σχετικά με ενεργειακές παρεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια.

Τέλος, για την αδιάκοπη συμπαράσταση και στήριξή τους, σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, ευχαριστώ την οικογένειά μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2022



## Πίνακας περιεχομένων

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>14</b>
1.1	Σκοπός.....	14
1.2	Δομή.....	15
<b>2</b>	<b>Θεωρητικό υπόβαθρο υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κατοικιών.....</b>	<b>17</b>
2.1	Ελάχιστες απαιτήσεις-Κτήριο αναφοράς.....	17
2.2	Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης και πιστοποίησης κτηρίου.....	18
2.3	Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.....	19
2.4	Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	20
2.5	Συνθήκες λειτουργίας κτηρίου.....	22
2.5.1	<i>Καθορισμός θερμικών ζωνών κτηρίου.....</i>	<i>22</i>
2.5.2	<i>Ωράριο και περίοδος λειτουργίας κτηρίου.....</i>	<i>25</i>
2.5.3	<i>Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων.....</i>	<i>25</i>
2.5.3.1	Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων.....	26
2.5.3.2	Σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων.....	27
2.5.3.3	Απαιτούμενος νοπός αέρας εσωτερικών χώρων.....	28
2.6	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης.....	29
2.7	Προδιαγραφές κτηριακού κελύφους.....	31
2.7.1	<i>Περιγραφή της γεωμετρίας του κτηρίου.....</i>	<i>33</i>
2.7.1.1	Ορισμός γραμμικών διαστάσεων δομικού στοιχείου.....	34
2.7.1.2	Γεωμετρικά στοιχεία των επιφανειών των δομικών στοιχείων.....	35
2.7.2	<i>Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτηρίου.....</i>	<i>35</i>
2.7.2.1	Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς.....	39
2.7.2.2	Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	40
2.7.2.3	Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών.....	47
2.7.3	<i>Αερισμός.....</i>	<i>50</i>
2.7.3.1	Αερισμός κτηρίου αναφοράς.....	51
2.7.3.2	Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα).....	51
2.7.3.3	Φυσικός αερισμός.....	54
2.8	Προδιαγραφές τεχνικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης.....	55
2.8.1	<i>Συστήματα θέρμανσης χώρων.....</i>	<i>57</i>
2.8.1.1	Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς.....	58

2.8.1.2	Απόδοση μονάδας παραγωγής θερμότητας .....	60
2.8.2	<i>Συστήματα παραγωγής για την ψύξη χώρων</i> .....	60
2.8.2.1	Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς .....	61
2.8.2.2	Απόδοση μονάδας ψύξης .....	62
2.8.3	<i>Τεχνικό σύστημα ζεστού νερού χρήσης</i> .....	63
2.8.3.1	Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς .....	65
2.8.3.2	Απόδοση μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.....	67
<b>3</b>	<b>Περιγραφή προσομοίωσης ενεργειακής αξιολόγησης</b> .....	<b>70</b>
3.1	Κατηγοριοποίηση κατοικιών .....	70
3.2	Γενικές παραδοχές .....	71
<b>4</b>	<b>Χρήση του υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./K.En.A.K.</b> .....	<b>75</b>
4.1	Περιγραφή προγράμματος .....	75
4.2	Αποτελέσματα ενεργειακής αξιολόγησης ανά περίπτωση.....	82
<b>5</b>	<b>Χρηματοοικονομική αποτίμηση βελτιωτικών παρεμβάσεων</b> .....	<b>84</b>
5.1	Ορισμός παρεμβάσεων .....	84
5.1.1	<i>Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα</i> .....	85
5.1.2	<i>Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών</i> .....	86
5.1.3	<i>Παρεμβάσεις αναβάθμισης συστήματος θέρμανσης</i> .....	87
5.1.4	<i>Παρεμβάσεις αναβάθμισης συστήματος ψύξης</i> .....	91
5.1.5	<i>Εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων</i> .....	91
5.2	Αποτελέσματα εφαρμογής παρεμβάσεων.....	94
5.2.1	<i>Απόσβεση εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα</i> .....	95
5.2.2	<i>Απόσβεση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών</i> .....	95
5.2.3	<i>Απόσβεση παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης</i> .....	96
5.2.4	<i>Απόσβεση παρεμβάσεων στο σύστημα ψύξης</i> .....	97
5.2.5	<i>Απόσβεση εφαρμογής θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων</i> .....	98
5.3	Αξιολόγηση παρεμβάσεων με βάση την περίοδο απόσβεσης .....	99
5.4	Παραδείγματα βέλτιστης επιλογής παρεμβάσεων βάσει καθορισθέντος budget. ...	101
5.4.1	<i>Case study 1</i> .....	101
5.4.2	<i>Case study 2</i> .....	105
5.4.3	<i>Case study 3</i> .....	108

<b>6</b>	<b>Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις .....</b>	<b>112</b>
6.1	Ανακεφαλαίωση.....	112
6.2	Συμπεράσματα .....	113
6.3	Προτάσεις .....	114
<b>7</b>	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>116</b>
	<b>Παράρτημα 1: Πίνακες ενεργειακών απαιτήσεων κατοικιών .....</b>	<b>118</b>

# 1

## *Εισαγωγή*

### **1.1 Σκοπός**

Η συνεχώς αυξανόμενη απαίτηση για κατανάλωση ενέργειας είναι ένα γεγονός που απασχολεί την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα, η οποία ερευνά τρόπους είτε για την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων, είτε για την χρήση διαφορετικών πηγών ενέργειας. Ειδικότερα, για την περίπτωση των κτηρίων, γίνονται προσπάθειες βελτίωσης των υλικών κατασκευής, καλύτερης επιλογής του προσανατολισμού τους, μέσω του βέλτιστου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, αναβάθμισης των συστημάτων που εξασφαλίζουν βιώσιμες και άνετες εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης και λειτουργίας. Επίσης, τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερα κτήρια αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανωτέρω βελτιωτικές παρεμβάσεις ως στόχο έχουν την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων των κτηρίων, όχι μόνο για την ελάττωση του κόστους αλλά κυρίως για την προσπάθεια συμμόρφωσης με τους κανονισμούς για την προστασία του περιβάλλοντος. Υπό το πρίσμα αυτών των εξελίξεων, αναδεικνύεται η σπουδαιότητα της ενεργειακής αξιολόγησης κτηρίων ως βάση για την εφαρμογή βελτιωτικών παρεμβάσεων. Ωστόσο, στο πλαίσιο μιας διπλωματικής εργασίας, δεν είναι εφικτό να αναλυθούν εκτενώς οι παράγοντες της ενεργειακής αξιολόγησης όλων των τύπων κτηρίων.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι αφενός να αναδείξει τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας, ως τύπου κτηρίου, και αφετέρου να παρουσιάσει μια οικονομική αποτίμηση συγκεκριμένων μηχανισμών ελάττωσης των ενεργειακών τους απαιτήσεων, αναπτύσσοντας τελικά ένα μοντέλο βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων. Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά παρατίθενται οι σχετικοί κανονισμοί που διέπουν την ενεργειακή αξιολόγηση κατοικιών στην Ελλάδα. Ακολούθως, παρουσιάζονται αφενός οι παράγοντες κατηγοριοποίησης των κατοικιών, έτσι ώστε να

επιτευχθεί μια στοχευμένη ανάλυση και αφετέρου οι γενικές παραδοχές που ελήφθησαν κατά την εκπόνηση της εργασίας. Βάσει των ανωτέρω, εκτελείται στη συνέχεια η προσομοίωση με τη βοήθεια του εγκεκριμένου υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./K.EN.A.K. και εξάγονται συμπεράσματα από την συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων. Στο τελικό στάδιο της εργασίας, παρουσιάζονται συγκεκριμένες βελτιωτικές παρεμβάσεις, οι οποίες αξιολογούνται με βάση την ετήσια εξοικονόμηση σε χρηματικές μονάδες και το χρόνο απόσβεσης και αξιοποιούνται για την ανάπτυξη ενός μοντέλου βέλτιστου συνδυασμού αυτών, βάσει καθορισθέντος χρηματικού κεφαλαίου. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα στον φοιτητή να έχει την πρώτη του εμπειρία με την διαδικασία με την οποία γίνεται η ενεργειακή αξιολόγηση στην Ελλάδα, να εξοικειωθεί με μερικούς σημαντικούς εθνικούς κανονισμούς που διέπουν τον κλάδο της Ενέργειας και να εφαρμόσει στην πράξη τις γνώσεις που αποκόμισε κατά την παρακολούθηση των μαθημάτων της ενεργειακής και οικονομικής ροής της σχολής..

## **1.2 Δομή**

Στο 2ο κεφάλαιο περιγράφονται οι κανονισμοί που διέπουν την ενεργειακή αξιολόγηση κτηρίων σύμφωνα με τις ισχύουσες τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.), έτσι ώστε να αποτελέσουν την βάση για την συγκριτική αξιολόγηση των ενεργειακών απαιτήσεων των διαφορετικών τύπων κατοικιών. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά παρουσιάζονται οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις και η μεθοδολογία υπολογισμού με τις κατηγορίες της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. Στη συνέχεια, αφού καθοριστούν επακριβώς οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα και οι προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας κτηρίων, γίνεται ανάλυση των προδιαγραφών του κτηριακού κελύφους, οι οποίες αφορούν την γεωμετρία, τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και τον αερισμό του κτηρίου. Τέλος, παρατίθενται οι βασικές προδιαγραφές των τεχνικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης.

Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή της προσομοίωσης ενεργειακής αξιολόγησης, ορίζοντας αρχικά τους παράγοντες κατηγοριοποίησης, προκειμένου να είναι εφικτή η συγκριτική ανάλυση των ενεργειακών τους απαιτήσεων. Επίσης, παρουσιάζονται οι παραδοχές οι οποίες ελήφθησαν, καθώς στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν είναι εφικτό να εξεταστούν όλες οι συνιστώσες που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κατοικιών.

Το 4ο κεφάλαιο αποτελεί μία περιγραφή του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα T.E.E./K.EN.A.K για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Στο εν λόγω πρόγραμμα εισήχθησαν τα απαραίτητα στοιχεία όλων των διαφορετικών περιπτώσεων κατοικιών, σε διαφορετικές περιοχές και με διαφορετικά μεγέθη επιφανειών και δομικών υλικών. Μετά από

πολύαριθμες εκτελέσεις του προγράμματος, συγκεντρώθηκαν όλα τα εξαγόμενα αποτελέσματα και παρουσιάζονται σε πίνακες στο Παράρτημα 1, όπου είναι εύκολη η σύγκριση των τιμών και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο 5ο κεφάλαιο ορίζονται συγκεκριμένες παρεμβάσεις βελτίωσης των κατοικιών προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές τους απαιτήσεις ή τα ετήσια έξοδα που δαπανώνται για αυτές. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την χρήση του προγράμματος, εκτελείται μια χρηματοοικονομική αποτίμηση βάσει της ετήσιας εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες και της περιόδου απόσβεσης. Στο τέλος του κεφαλαίου, μελετώντας συγκεκριμένες περιπτώσεις κατοικίας, διενεργείται μια διαδικασία επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων, βάσει καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου (budget).

Στο 6ο κεφάλαιο γίνεται μια ανακεφαλαίωση των επιμέρους αντικειμένων που μελετήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτή τη μελέτη και προτείνονται ορισμένα σχετικά θέματα που θα είχαν ενδιαφέρον να προσεγγιστούν σε μελλοντικές διπλωματικές εργασίες.

Το 7ο κεφάλαιο αποτελεί μια παρουσίαση των πηγών και των εγχειριδίων που αξιοποιήθηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Στο Παράρτημα 1 παρατίθενται οι πίνακες των αποτελεσμάτων της ενεργειακής αξιολόγησης, η οποία περιγράφεται στο 4ο κεφάλαιο.



# 2

## *Θεωρητικό υπόβαθρο υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κατοικιών*

Σκοπός του δεύτερου κεφαλαίου είναι να παρουσιαστούν οι βασικές αρχές ενεργειακής απόδοσης κτηρίων καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την ενεργειακή αξιολόγηση κτηρίων. Με αυτόν τον τρόπο καθίστανται σαφείς οι κανονισμοί στους οποίους θα βασιστεί η προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης που περιγράφεται σε επόμενα κεφάλαια.

### *2.1 Ελάχιστες απαιτήσεις-Κτήριο αναφοράς*

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ., κάθε νέο κτήριο, καθώς και κάθε υφιστάμενο κτήριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά τα οριζόμενα στα άρθρα 6 και 7 του ν. 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42).

Επομένως, απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται στα άρθρα 4 και 5 του Κ.Εν.Α.Κ., προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτηρίου. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια, αναφέρονται στο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους και στα τεχνικά συστήματα.

Το «κτήριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτήριο. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτήριο. Το κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές όπως περιγράφονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στα Η/Μ τεχνικά συστήματα που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό.

## **2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης και πιστοποίησης κτηρίου**

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των υπόλοιπων ευρωπαϊκών προτύπων, τα οποία παρουσιάζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 2017.

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία υπολογισμού πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία:

- την πραγματική κύρια χρήση του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμό), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών,
- τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία),
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (μορφή του κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.),
- τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.ά.),
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Μ συστημάτων για ΘΨΚ και ΖΝΧ (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.),
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης γενικού φωτισμού (στα κτίρια τριτογενή τομέα),
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας των Η/Μ συστημάτων,
- το μηχανικό και φυσικό αερισμό, που περιλαμβάνει και την αεροστεγανότητα,
- τα παθητικά και υβριδικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία,
- την παθητική θέρμανση και δροσισμό,
- τις κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου, λαμβάνοντας υπόψη και τις συνθήκες σχεδιασμού εσωτερικού κλίματος,

- τα εσωτερικά φορτία.

Στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης λαμβάνεται υπόψη η θετική επίδραση των κατωτέρω παραγόντων:

- των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασιζόμενων σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ),
- της ωφέλιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή (ΣΗΘ) και των συστημάτων τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, του φυσικού φωτισμού.

Επίσης στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται κατά περίπτωση η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

- των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασιζόμενων σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ),
- της ωφέλιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή (ΣΗΘ) και των συστημάτων τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου,
- του φυσικού φωτισμού.

## **2.3 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων**

Βάσει της τελικής ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτηρίου, καθορίζεται η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσής του και εκδίδεται το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτηρίου - Π.Ε.Α.».

Με σκοπό την ταξινόμηση των κτηρίων στις διάφορες κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης, ορίζεται αρχικά ο δείκτης RR ο οποίος είναι ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς. Επιπροσθέτως, ορίζεται ο λόγος T ως το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (RR), αποτελώντας το κριτήριο για την κατάταξη του κτηρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης.

Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης των κτηρίων δίνονται στον πίνακα 2.1:

**Πίνακας 2.1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.**

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

Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτήρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

## **2.4 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα**

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 2.2 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο σχήμα 2.1.

Για κάθε νομό, τα κτίρια σε περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εξετάζονται βάσει των προδιαγραφών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές, ανεξαρτήτως υψομέτρου, περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (BA τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.

**Πίνακας 2.2:** Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.



**Σχήμα 2.1:** Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.

## **2.5 Συνθήκες λειτουργίας κτηρίου**

Σ' αυτήν την ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου και που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου, καθορίζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών, στις οποίες θα διαχωριστεί το κτήριο.

Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, ανάλογα τη χρήση και τους χρήστες του κτηρίου. Επομένως, είναι απαραίτητο να καθορίζονται σε εθνικό επίπεδο οι αποδεκτές σύμφωνα με τα πρότυπα συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου συγκεκριμένης χρήσης, προκειμένου να προσδιορίζεται με τους υπολογισμούς η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, η οποία και τελικά χαρακτηρίζει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Σημειώνεται επίσης ότι οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας των επί μέρους χώρων ενός κτηρίου (WC, διαδρόμων, αποθηκών κ.ά.) λαμβάνονται υπόψη μόνο κατά το σχεδιασμό του κτηρίου ή κατά το σχεδιασμό της θερμικής ζώνης, ενώ κατά την μελέτη ενεργειακής απόδοσης λαμβάνεται υπόψη μια ενιαία τιμή για κάθε παράμετρο (θερμοκρασία, σχετική υγρασία κ.ά.), αναλόγως της γενικής χρήσης του κτηρίου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η περίπτωση της κατοικίας ως κτήριο με συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, οι οποίες θα παρουσιαστούν στην συνέχεια, και με βάση τις οποίες θα γίνουν οι υπολογισμοί της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

### **2.5.1 Καθορισμός θερμικών ζωνών κτηρίου**

Με σκοπό την εκτίμηση της ενεργειακής του απόδοσης, το εκάστοτε κτήριο χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν

παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο θα πρέπει να μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή να διαχωρίζεται κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διαχωριστεί ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η μελέτη ενεργειακής απόδοσης με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτηρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης, είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 Κ (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. Για παράδειγμα, σε ένα νοσοκομείο υπάρχουν αίθουσες νοσηλείας, γραφείων, χειρουργείων, ειδικών ιατρικών μηχανημάτων, εργαστήρια κ.ά. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτήριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι, στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Χώροι που καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο του 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κτήριο, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες. Ακόμη, δευτερεύοντες βοηθητικοί χώροι που δεν θερμαίνονται και που συνδέονται λειτουργικά με μια θερμική ζώνη

(π.χ. αποθηκευτικός χώρος εντός διαμερίσματος, ψευδοροφή που διαχωρίζεται από το θερμαινόμενο χώρο με δομικό στοιχείο που δεν είναι θερμομονωμένο) λαμβάνονται ως τμήμα της θερμικής ζώνης.

Στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου καθορίζονται και οι θερμαινόμενοι χώροι (ή θερμικές ζώνες) και οι μη θερμαινόμενοι χώροι (Μ.Θ.Χ.) καθώς και οι ηλιακοί χώροι (π.χ. αίθρια), που γειτνιάζουν και έχουν θερμική σύζευξη με τους θερμαινόμενους χώρους. Οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι του κτηρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Κατά τους υπολογισμούς, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και ο φωτισμός των μη θερμαινόμενων και των ηλιακών και των χώρων θεωρούνται μηδενικά. Ωστόσο, συμμετέχουν δυναμικά στον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη των θερμαινόμενων χώρων (θερμικές ζώνες) και για το λόγο αυτό περιγράφονται και καθορίζονται με την ίδια ακρίβεια όπως και οι θερμικές ζώνες.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης και της ενεργειακής επιθεώρησης, η ακρίβεια των υπολογισμών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το διαχωρισμό του κτηρίου σε περισσότερες θερμικές ζώνες συγκριτικά με αυτές που συστήνεται να επιλέγονται βάσει των παραπάνω κανόνων. Συνεπώς, αν το κτήριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως μία ενιαία θερμική ζώνη. Για τους προαναφερθέντες λόγους, καθώς και για λόγους απλούστευσης των υπολογισμών, στην παρούσα διπλωματική εργασία, η εκάστοτε κατοικία αναλύεται ως ενιαία θερμική ζώνη.

Επιπροσθέτως, επισημαίνεται ότι ειδικά κατά την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης κτηριακής μονάδας και μόνο (π.χ. διαμερίσματος), το οποίο εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. κλιμακοστάσιο), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, θεωρείται κατά παραδοχή ότι εφάπτεται με τον εξωτερικό αέρα. Σ' αυτή την περίπτωση, όλα τα δομικά στοιχεία του τμήματος κτηρίου που εφάπτονται με το μη θερμαινόμενο χώρο (τοιχοποιίες, ανοίγματα κ.ά.), περιγράφονται ως εφάπτομενα με τον εξωτερικό αέρα αλλά με συντελεστή θερμοπερατότητας (U) μειωμένο κατά το ήμισυ του υπολογιζόμενου (δηλαδή πολλαπλασιαζόμενο επί μειωτικό συντελεστή  $b=0,5$ ) και με πλήρη σκίαση (μηδενικό συντελεστή σκίασης) χειμώνα και καλοκαίρι. Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U γίνεται βάσει της πραγματικής θέσης του δομικού στοιχείου, δηλαδή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.



### **2.5.2 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας κτηρίου**

Το ωράριο λειτουργίας ενός κτηρίου, που αποτελεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη, εξαρτάται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- από τη χρήση του κτηρίου,
- από τον ανθρώπινο παράγοντα, δηλαδή από τις ιδιαιτερότητες που προσδίδουν σε κάθε γενική χρήση κτηρίου οι επιλογές και οι συνθήκες των χρηστών του,
- από τις τοπικές συνθήκες, κλιματικές, λειτουργικές (ωράρια λειτουργίας) κ.ά.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017, ως τυπικό ωράριο λειτουργίας μιας κατοικίας ορίζονται οι 18 ώρες την ημέρα για 7 μέρες την εβδομάδα και 12 μήνες το χρόνο.

Επιπλέον, για τους υπολογισμούς των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός κτηρίου, λαμβάνονται συγκεκριμένες περιόδους για τη θέρμανση και ψύξη ανάλογα με την κλιματική ζώνη:

- Για τις ζώνες Α και Β, η περίοδος θέρμανσης είναι από την 1η Νοεμβρίου μέχρι και τις 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από τις 15 Μαΐου μέχρι και τις 15 Σεπτεμβρίου.
- Για τις ζώνες Γ και Δ, η περίοδος θέρμανσης είναι από την 15 Οκτωβρίου μέχρι και τις 30 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από την 1η Ιουνίου μέχρι και τις 31 Αυγούστου.

Επίσης, για τα συστήματα μηχανικού αερισμού, ανεξαρτήτως των περιόδων θέρμανσης και ψύξης ανά κλιματική ζώνη, η περίοδος λειτουργίας τους λαμβάνεται συνεχής για το τυπικό ωράριο λειτουργίας του κτηρίου.

Στην περίπτωση κτηρίων με διακοπτόμενη λειτουργία, δηλαδή με λειτουργία μικρότερη από 24 ώρες ημερησίως ή/και λειτουργία μικρότερη από 7 ημέρες εβδομαδιαίως, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, λαμβάνεται υπόψη η διακοπτόμενη λειτουργία, μέσω της χρήσης ενός αδιάστατου συντελεστή μείωσης για διακοπτόμενη περίοδο λειτουργίας της θέρμανσης και ψύξης, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009.

### **2.5.3 Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων**

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτηρίου. Η θερμική άνεση είναι μια σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από σειρά παραμέτρων και συνθηκών, οι σημαντικότερες των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- η θερμοκρασία (ξηρού θερμομέτρου) του αέρα,

- η μέση θερμοκρασία «ακτινοβολίας» των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους (συγκεκριμένα τους συντελεστές εκπομπής τους στο μεγάλο μήκος κύματος), την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό,
- η σχετική υγρασία του αέρα,
- η ένδυση των χρηστών,
- η δραστηριότητα των χρηστών,
- η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.

Προκειμένου να καθοριστούν οι τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτηρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα (που ούτως ή άλλως πρέπει να διατηρούνται στα επιβαλλόμενα όρια, προκειμένου να μην υπάρχει δυσφορία εκ μέρους των χρηστών).

Έτσι, οι απομένουσες παράμετροι, που θα διαμορφώσουν τη θερμική άνεση σε ένα χώρο, είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα και η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών.

Ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και υπό την προϋπόθεση ότι η κατασκευή τηρεί τα σύγχρονα επιβαλλόμενα πρότυπα (θερμομονωτική προστασία στα δομικά στοιχεία, θερμομονωτικοί και αεροστεγανοί υαλοπίνακες κ.ά.), η θερμοκρασία επιφανειών έχει τιμές συνήθως παραπλήσιες της θερμοκρασίας του αέρα.

Επομένως, απομένει να ελεγχθούν οι δύο βασικότερες παράμετροι, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα, και να προσαρμοσθούν αντίστοιχα από το σύστημα θέρμανσης (μόνον η θερμοκρασία του αέρα) ή κλιματισμού (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα), προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική άνεση. Σ' αυτή τη βάση, για κάθε κατηγορία κτηρίου και για κάθε ιδιαίτερη χρήση μέσα σ' αυτό, καθορίζονται οι συνθήκες σχεδιασμού, προκειμένου να επιτυγχάνεται θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας. Ωστόσο, ο μελετητής ενός συστήματος, αξιολογώντας τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης, προβαίνει σε μικροπροσαρμογές των συνιστώμενων συνθηκών σχεδιασμού, όταν οι υπόλοιπες παράμετροι επιρροής της θερμικής άνεσης αποκλίνουν σημαντικά από τις τιμές αναφοράς.

### *2.5.3.1 Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων*

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι η βασικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι σαφές ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου θερμικής άνεσης

και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλλει.

Ωστόσο, για τις ανάγκες της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου καθορίζονται σε εθνικό επίπεδο τα επιθυμητά όρια εσωτερικής θερμοκρασίας ανά χρήση. Αυτό γίνεται με γνώμονα την επίτευξη της θερμικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Με βάση τις συνιστώμενες τιμές στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007 καθορίζονται και δίνονται στον πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, για όλες τις κατηγορίες των κτηρίων, οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, που λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

Οι τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας που δίνονται στον εν λόγω πίνακα, σε ορισμένες περιπτώσεις κτηρίων ή χώρων κτηρίων, διαφοροποιούνται λόγω ειδικών απαιτήσεων, όπως στις αίθουσες χειρουργείων ανάλογα με το είδος επεμβάσεων, στις αίθουσες μουσείων ανάλογα με το είδος εκθεμάτων κ.ά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (διαστασιολόγησης) των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης μπορεί να αποκλίνει από τις αναγραφόμενες τιμές και θα πρέπει να αιτιολογείται με σαφήνεια στην αντίστοιχη μελέτη.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων με διακοπτόμενη λειτουργία, στις περιόδους εκτός τυπικού ωραρίου λειτουργίας του κτηρίου, η θερμοκρασία εσωτερικών χώρων λαμβάνεται ίση με τη μέση εξωτερική μηνιαία θερμοκρασία για κάθε μήνα.

Για την περίπτωση της κατοικίας που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων σύμφωνα με τον προαναφερθέντα πίνακα, είναι για την χειμερινή περίοδο 20 °C και για την θερινή περίοδο 26 °C.

#### *2.5.3.2 Σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων*

Για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτήρια, εγκαθίστανται συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική του υγρασία. Εξάιρεση αποτελούν τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα κλιματισμού (αντλίες θερμότητας άμεσης εξάτμισης, διαιρούμενου ή ενιαίου τύπου, τοπικές και ημικεντρικές), που συνήθως χρησιμοποιούνται σε κατοικίες και σε μικρές σχετικά κλίμακας εφαρμογές. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο έλεγχος των τιμών της σχετικής υγρασίας είναι δυνατός μόνο σε λειτουργία ψύξης.

Για κάθε κατηγορία και υποκατηγορία κλιματιζόμενων κτηρίων ή τμημάτων κτηρίων, οι τιμές σχετικής υγρασίας για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων καθορίζονται από τον πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Σε περιπτώσεις κτηρίων ή

χώρων κτηρίων όπου η επιθυμητή τιμή της σχετικής υγρασίας διαφοροποιείται από τις τιμές του εν λόγω πίνακα κατά τον σχεδιασμό (διαστασιολόγηση) των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης λόγω ειδικών απαιτήσεων, πρέπει να αιτιολογείται με σαφήνεια στην αντίστοιχη μελέτη.

Για την περίπτωση της κατοικίας που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, το επιθυμητό επίπεδο σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων σύμφωνα με τον προαναφερθέντα πίνακα, είναι για την χειμερινή περίοδο 40% και για την θερινή περίοδο 45%.

### 2.5.3.3 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων

Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτηρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτηρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με:

- τη χρήση του κτηρίου,
- τον πληθυσμό των χρηστών και
- την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτηρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της χρήσης του κτηρίου.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15251:2007. Για τις ανάγκες υπολογισμού του αερισμού σε μελέτες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ο πιο εύχρηστος τρόπος υπολογισμού της ανανέωσης αέρα είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με τα εξής δύο κριτήρια:

- την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες και
- την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτηρίου.

Γενικότερα, οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά κατηγορία κτηρίου (χρήση) καθορίζονται έτσι, ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}$ ), ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού ( $\text{άτομα}/\text{m}^2$ ) ανά χρήση κτηρίου. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις αερισμού όπως ορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007, στο πρότυπο της ASHRAE 62.1-2010 και στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, καθορίζονται ο αριθμός ατόμων ανά  $100 \text{ m}^2$  μεικτής δομημένης επιφάνειας, ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}$ ) και ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ) για κάθε χρήση κτηρίου ή/και χρήση θερμικής ζώνης, στον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Αυτές οι τιμές αερισμού αποτελούν μέσες τιμές των όσων καθορίζονται στα προαναφερόμενα πρότυπα και στις προαναφερθείσες οδηγίες και λαμβάνονται υπόψη για τους υπολογισμούς της ενεργειακής

απόδοσης κτηρίου, τόσο κατά την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίου όσο και για τη διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης.

Δεδομένου ότι τα ισχύοντα πρότυπα αλλά και οι τεχνικές οδηγίες και οι κανονισμοί δίνουν ένα εύρος τιμών σχεδιασμού των συστημάτων αερισμού ανά χρήση, ο μελετητής κατά τη φάση σχεδιασμού του συστήματος μπορεί να επιλέξει όποια τιμή εκτιμά πως προσιδιάζει καλύτερα στο κτήριο, αρκεί να είναι μέσα στα όρια των κανονισμών. Ωστόσο, κατά τους υπολογισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, καθώς και της ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου, πρέπει να χρησιμοποιείται η αναφερόμενη τυπική τιμή του προαναφερθέντα πίνακα 2.3.

Επισημαίνεται ότι, στους υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου δεν λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις και η παροχή νωπού αέρα σε περιπτώσεις ειδικών εφαρμογών, όπως του τοπικού αερισμού μαγειρείων, αποθήκευσης ή συντήρησης τροφίμων, ειδικών ιατρικών εργαστηρίων κ.ά., οι οποίες δεν εξυπηρετούν την κάλυψη των αναγκών αερισμού των χρηστών των χώρων.

Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί, παρατίθεται το τμήμα του πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, το οποίο αφορά την περίπτωση της κατοικίας που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

**Πίνακας 2.3:** Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης για την περίπτωση της κατοικίας.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m <sup>2</sup> επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75

## 2.6 Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο (λειτουργικά) τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου (ή του τμήματος) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Z.N.X.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Z.N.X. καθορίζεται, σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η τυπική ημερήσια κατανάλωση

Z.N.X. ανά άτομο/χρήστη του υπό μελέτη κτηρίου ή της υπό μελέτη ζώνης, καθώς επίσης και η ετήσια κατανάλωση, ως εξής:

- ανά υπνοδωμάτιο για τις κατοικίες (όπου υπό τον όρο υπνοδωμάτιο πρέπει να λογίζονται όλοι οι χώροι που έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθούν ως υπνοδωμάτια, χωρίς λειτουργικά προβλήματα, ανεξαρτήτως της υφιστάμενης χρήσης τους),
- ανά κλίνη για τα κτήρια προσωρινής διαμονής και περίθαλψης,
- ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας για όλες τις υπόλοιπες χρήσεις κτηρίων.

Οι τιμές του εν λόγω πίνακα λαμβάνονται από τη διεθνή βιβλιογραφία και τις τυπικές τιμές που προτείνει το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316.3.1:2008 για ορισμένες χρήσεις κτηρίων και χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της κατανάλωσης ενέργειας για Z.N.X. του κτηρίου. Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου θερμικού φορτίου για Z.N.X., οι καταναλώσεις του προαναφερθέντα πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 αναφέρονται σε θερμοκρασία Z.N.X. 45oC, η οποία λαμβάνεται και κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

Σε ορισμένες χρήσεις κτηρίων, σύμφωνα με το παραπάνω πρότυπο, λόγω περιορισμένης ζήτησης η κατανάλωση Z.N.X. λαμβάνεται μηδενική για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, τόσο για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όσο και για την ενεργειακή επιθεώρηση. Διευκρινίζεται επίσης, πως οι υπολογισμοί της κατανάλωσης Z.N.X. γίνονται βάσει των τετραγωνικών που καταλαμβάνει η χρήση για την οποία υπάρχει απαίτηση Z.N.X. και όχι για το σύνολο του κτηρίου. Η επιφάνεια των κοινόχρηστων βοηθητικών χώρων των κτηρίων, π.χ. διάδρομοι, κλιμακοστάσια, λουτρά (WC), δεν συνυπολογίζεται για τον καθορισμό των απαιτήσεων Z.N.X. Έτσι, στην περίπτωση που οι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι ενσωματώνονται σε μια μεγαλύτερη θερμική ζώνη, το εμβαδό τους δεν λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της κατανάλωσης Z.N.X., ενώ στην περίπτωση κατά την οποία αυτοί οι χώροι οριστούν ως ξεχωριστές θερμικές ζώνες, η κατανάλωση Z.N.X. λαμβάνεται μηδενική. Σε κάθε περίπτωση, τα στοιχεία των υπολογισμών για το σχεδιασμό του συστήματος παραγωγής και διανομής Z.N.X. πρέπει να καθορίζονται με σαφήνεια, στη σχετική μελέτη διαστασιολόγησης.

Στη συνέχεια, παρατίθεται το τμήμα του προαναφερθέντα πίνακα 2.5, το οποίο αφορά την περίπτωση της κατοικίας, η οποία αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

**Πίνακας 2.4:** Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 45°C) ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας για την περίπτωση της κατοικίας.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ημερήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.		Ετήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.	
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά υπνοδωμάτιο [m <sup>3</sup> /υπν./έτος]	ανά δομημένη επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	50	--	27,38	----

Επίσης για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή του απαιτούμενου ζεστού νερού χρήσης, είναι απαραίτητη και η μέση θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη. Η θερμοκρασία του νερού δικτύου, εξαρτάται από τη μέση εξωτερική θερμοκρασία του αέρα αλλά και δευτερευόντως από τη θερμοκρασία εδάφους στην εκάστοτε περιοχή. Στην τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010) δίνονται τυπικές τιμές για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού δικτύου για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων για ζεστό νερό χρήσης λαμβάνονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας νερού δικτύου, όπως δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 2.5 για κάθε κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει η εκάστοτε περιοχή. Περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 μέτρων κατατάσσονται στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη. Οι περιοχές της ορεινής Αρκαδίας, που έχουν ενταχθεί στη ζώνη Γ, καθώς και όλες οι περιοχές της ζώνης Δ διατηρούν τα χαρακτηριστικά της ζώνης στην οποία ευρίσκονται, ανεξαρτήτως υψόμετρου.

**Πίνακας 2.5:** Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Α	13,0	12,8	13,8	16,3	19,9	23,8	26,2	26,6	24,9	21,7	18,1	14,8
Β	10,4	10,1	11,7	14,8	18,9	23,1	25,6	25,8	23,5	19,7	15,5	12,2
Γ	6,5	7,3	9,4	13,2	17,6	21,9	24,3	24,6	22,0	17,7	12,7	8,6
Δ	4,2	5,0	7,5	11,5	15,7	19,8	22,2	22,7	20,2	15,9	10,8	6,6

## 2.7 Προδιαγραφές κτηριακού κελύφους

Ο ορθός σχεδιασμός ενός κτηρίου είναι το πρώτο βήμα για την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Ο μελετητής πρέπει να σχεδιάζει το κτήριο με στόχο τη βέλτιστη ενεργειακή λειτουργία του, αξιοποιώντας όλες τις τεχνικές θωράκισης του

κτηριακού κελύφους και περιορίζοντας τις ροές θερμότητας. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., κατά το σχεδιασμό του κτηρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

- Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτηρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών (κλιματικών δεδομένων, προσανατολισμού, ηλιασμού).
- Διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.
- Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).
- Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.), όπως άμεσου ηλιακού κέρδους (νότιων ανοιγμάτων), τοίχου μάζας, τοίχου Trombe, ηλιακού χώρου (θερμοκηπίου) κ.ά.
- Ηλιοπροστασία του κτηρίου.
- Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.
- Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.

Εκτός από τις ελάχιστες απαιτήσεις σχεδιασμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- η χρήση του κτηρίου: κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα κ.ά.,
- το προφίλ λειτουργίας: ωράριο, χρήστες, εσωτερικές συνθήκες κ.ά.,
- η διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων (θερμικών ζωνών) του κτηρίου που έχουν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και εσωτερικά φορτία,
- η θερμική θωράκιση του κτηριακού κελύφους, με μόνωση δομικών στοιχείων και επιλογή κατάλληλων διαφανών στοιχείων (παραθύρων, γυάλινων προσόψεων κ.ά.),
- η δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών παθητικών συστημάτων δροσισμού,
- η δυνατότητα εφαρμογής φυσικού σκιασμού του κτηρίου μέσω δενδροφύτευσης.

Στον Κ.Εν.Α.Κ. εκτός από τις ελάχιστες προδιαγραφές (απαιτήσεις) για το κτηριακό κέλυφος των νέων και ριζικώς ανακαινιζόμενων κτηρίων, ορίζονται στο άρθρο 9 και οι προδιαγραφές του κτηρίου αναφοράς, με το οποίο συγκρίνεται και αξιολογείται ενεργειακά το κτήριο. Ο μελετητής μπορεί πάντα να εφαρμόσει στο κτήριο τεχνολογίες και πρακτικές δόμησης με καλύτερες προδιαγραφές από τις ελάχιστες απαιτούμενες και από αυτές του κτηρίου αναφοράς, ώστε η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου να καλύπτει τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Στα περισσότερα κτήρια, υπάρχει πάντα η δυνατότητα ενσωμάτωσης τεχνολογιών αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτηριακό κέλυφος και της διαμόρφωσης του μικροκλίματος με φύτευση του περιβάλλοντος χώρου.



Σ' αυτή την ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με το κέλυφος ενός κτηρίου και χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009. Οι βασικότερες παράμετροι που απαιτούνται για τους υπολογισμούς αφορούν κυρίως στις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών και στοιχείων (θερμοπερατότητα, θερμογέφυρες, θερμοχωρητικότητα κ.ά.), στη σκίαση και στον αερισμό του κτηρίου. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου και συγκεκριμένα για τον υπολογισμό των θερμικών ή/και ψυκτικών φορτίων του, απαιτείται ο προσδιορισμός των παραμέτρων των δομικών στοιχείων (διαφανών ή αδιαφανών) του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, τους μη θερμαινόμενους χώρους και το έδαφος.

Ο μελετητής ή ο επιθεωρητής λαμβάνει υπόψη αρχικά τις παραμέτρους των δομικών στοιχείων και υλικών που έχουν καταγραφεί κατά την επιθεώρηση του κτηρίου ή είναι καθορισμένα στις τελικές αρχιτεκτονικές μελέτες του κτηρίου. Σε περίπτωση έλλειψης των απαραίτητων δεδομένων και μόνο τότε (κυρίως σε υφιστάμενες παλιές κτηριακές εγκαταστάσεις) γίνεται χρήση των πινάκων με ενδεικτικές τιμές για κάθε παράμετρο.

### **2.7.1 Περιγραφή της γεωμετρίας του κτηρίου**

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου είναι απαραίτητα τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου, καθώς επάνω σε αυτά θα απεικονιστούν οι θερμικές ζώνες του, οι οποίες ορίστηκαν σε προηγούμενη ενότητα, και κατόπιν θα εκτιμηθούν τα γεωμετρικά δεδομένα των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων, που ορίζουν τις επιφάνειες κάθε θερμικής ζώνης. Τα γεωμετρικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τους υπολογισμούς τόσο της ενεργειακής μελέτης, όσο και της ενεργειακής επιθεώρησης είναι οι επιφάνειες όλων των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων ανά θερμική ζώνη και προσανατολισμό, τα μήκη των θερμογεφυρών που εμφανίζονται, καθώς και ο όγκος του κτηρίου.

Για την εκπόνηση της ενεργειακής μελέτης ο μηχανικός μπορεί να στηριχθεί στα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου σε επίπεδο προμελέτης. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου και η αρχιτεκτονική μελέτη είναι άρρηκτα συνδεδεμένες και προχωρούν ταυτόχρονα, καθώς η διαμόρφωση του κτηριακού κελύφους καθορίζει ουσιαστικά και την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον.

Για τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης, ο ιδιοκτήτης του κτηρίου είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στο μηχανικό αντίγραφο της αρχιτεκτονικής μελέτης και της μελέτης θερμομόνωσης που υποβλήθηκε στην οικεία υπηρεσία δόμησης. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, ο ιδιοκτήτης πρέπει να διαθέσει στο μηχανικό τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου (κατόψεις,

τομές) «ως κατασκευασθέντος». Σε κάθε περίπτωση, η πιστότητα εφαρμογής των αρχιτεκτονικών σχεδίων πρέπει να επιβεβαιωθεί κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης με δειγματοληπτικές (π.χ. ανά όροφο κτηρίου) ή αναλυτικές μετρήσεις με τη χρήση κατάλληλων οργάνων. Σε περίπτωση απόκλισης της γεωμετρίας του κτηρίου από τα τελικά αρχιτεκτονικά σχέδια, λαμβάνεται υπόψη η σχηματική αποτύπωση γεωμετρίας του κτηρίου από τον επιθεωρητή.

Ο τρόπος υπολογισμού των γεωμετρικών στοιχείων του κτηρίου που συλλέγονται για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης και την ενεργειακή επιθεώρηση βάσει των αρχιτεκτονικών σχεδίων αναφέρονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

### *2.7.1.1 Ορισμός γραμμικών διαστάσεων δομικού στοιχείου*

Τα γεωμετρικά στοιχεία του κτηρίου προκύπτουν από τα αρχιτεκτονικά σχέδια της μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης υπολογίζονται αναλυτικά τα γεωμετρικά στοιχεία του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές του διαστάσεις, όπως αυτές προκύπτουν από τα αρχιτεκτονικά σχέδια. Ο λεπτομερής υπολογισμός των γεωμετρικών στοιχείων του κτιρίου περιγράφεται στην αναθεωρημένη έκδοση της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017.

Στην ενεργειακή επιθεώρηση ο ενεργειακός επιθεωρητής λαμβάνει υπόψη του για τον υπολογισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τις εξωτερικές διαστάσεις του κτιρίου, όπως αυτές προκύπτουν από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και εφόσον αυτά ανταποκρίνονται στην υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου.

Σε αντίθετη περίπτωση, ή στην περίπτωση που δεν υφίστανται τα αρχιτεκτονικά σχέδια, ή διατυπώνονται επιφυλάξεις για την ορθότητά τους ο ενεργειακός επιθεωρητής (κατά την ενεργειακή επιθεώρηση και όχι ο ενεργειακός μελετητής κατά τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης) έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τα γεωμετρικά δεδομένα κατά απλοποιητικό τρόπο και συγκεκριμένα:

- Για τις οριζόντιες διαστάσεις λαμβάνονται υπόψη τα μήκη που διαμορφώνονται μετά και την τελική επίστρωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων είτε είναι σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (αέρα, έδαφος) είτε βρίσκονται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο είτε βρίσκονται σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη.
- Για τις κατακόρυφες διαστάσεις λαμβάνεται υπόψη το ύψος που προκύπτει από την άνω στάθμη της πλάκας σκυροδέματος ενός ορόφου (ή του αντίστοιχου φέροντος οριζόντιου στοιχείου) έως την άνω στάθμη της πλάκας σκυροδέματος (ή του

αντίστοιχου φέροντος οριζόντιου στοιχείου) του υπερκείμενου ορόφου, χωρίς να είναι υποχρεωτικό να λαμβάνονται υπόψη υπερκείμενες ή υποκείμενες στρώσεις δομικών υλικών που διαμορφώνουν τη διατομή του δομικού στοιχείου. Ομοίως, δεν είναι υποχρεωτικό να λαμβάνεται υπόψη το πάχος της πλάκας σκυροδέματος της κατώτερης στάθμης. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός των άνω σταθμών σκυροδέματος, ο ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να λάβει ως ύψος κτιρίου (ή κτιριακής μονάδας) τη διαφορά σταθμών που προκύπτει από την άνω στάθμη περαιωμένου δαπέδου του ορόφου μέχρι την άνω στάθμη περαιωμένου δαπέδου του υπερκείμενου ορόφου, χωρίς να είναι υποχρεωτικό να λαμβάνονται υπόψη οι υποκείμενες στρώσεις δομικών υλικών, που διαμορφώνουν τη διατομή του δομικού στοιχείου.

#### *2.7.1.2 Γεωμετρικά στοιχεία των επιφανειών των δομικών στοιχείων*

Η επιφάνεια των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (π.χ. τοιχοποιίες πλήρωσης, κατακόρυφα φέροντα δομικά στοιχεία κ.ά.) προσδιορίζεται από τις γραμμικές διαστάσεις τους (μήκος, ύψος), οι οποίες λαμβάνονται με τον τρόπο που ορίζονται στην προηγούμενη ενότητα.

Η συνολική μεικτή επιφάνεια δαπέδου ενός κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης προσδιορίζεται από τις πλευρικές διαστάσεις των οριζόντιων δομικών στοιχείων που ορίζονται σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο.

Τέλος, ως όγκος κτηρίου για τους υπολογισμούς των διαφόρων παραμέτρων (π.χ. αερισμό) ορίζεται ο μεικτός όγκος του κτηρίου, ο οποίος ορίζεται με βάση τον τρόπο υπολογισμού των επιφανειών, καθώς και των οριζόντιων και κατακόρυφων διαστάσεων όπως αυτός καθορίζεται στις προηγούμενες παραγράφους.

#### *2.7.2 Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτηρίου*

Για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει μία θερμική ζώνη του κτηρίου με τον εξωτερικό αέρα (π.χ. τοιχοποιίες, κατακόρυφα στοιχεία φέροντος οργανισμού, επιστεγάσεις, δάπεδο επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο κ.ά.), με το έδαφος (π.χ. κατακόρυφα στοιχεία σε επαφή με το έδαφος, δάπεδο σε επαφή με το έδαφος κ.ά.), με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. τοιχοποιίες, φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, δάπεδα, οροφές σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους) προσδιορίζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες τόσο των επί μέρους στρώσεων που το συνθέτουν, όσο και της συνολικής διατομής.

Συγκεκριμένα στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας,  $U$ , υπολογίζεται για κάθε δομικό στοιχείο που αναφέρθηκε παραπάνω, με τον τρόπο που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  (σε  $W/(m^2K)$ ) των δομικών στοιχείων στα νέα κτήρια δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του πίνακα 2.6α, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. Επίσης, κατά τη μελέτη ενός νέου κτηρίου θα πρέπει να υπολογίζεται και ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου, με τον τρόπο που αναλύεται στην ίδια τεχνική οδηγία. Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου στα νέα κτήρια δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του πίνακα 2.6β, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. Αυτές οι απαιτήσεις ισχύουν για κάθε κτήριο, αδιαφόρως της χρήσης του. Σημειώνεται ότι η απαίτηση τήρησης του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$ , δεν ισχύει στην περίπτωση κτιριακών μονάδων.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  (σε  $W/(m^2K)$ ) των δομικών στοιχείων στα ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του πίνακα 2.7α, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. Επίσης, ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  ενός ριζικά ανακαινιζόμενου κτηρίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του πίνακα 2.7β, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ.. Αυτές οι απαιτήσεις ισχύουν για κάθε κτήριο, αδιαφόρως της χρήσης του.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για τα δομικά στοιχεία που αποτελούν παθητικά ηλιακά συστήματα δεν ισχύει ο περιορισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας. Για τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια που ενσωματώνουν στο κέλυφος παθητικά συστήματα, πέραν αυτών του άμεσου κέρδους (νότια ανοίγματα), τα συστήματα αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) ως έχουν, αλλά αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά, όπως ορίζονται στον πίνακα 2.6α και 2.7α αντίστοιχα με το δομικό στοιχείο.

Γυάλινες προσόψεις ορίζονται τα υαλοπετάσματα, οι προθήκες των καταστημάτων και μεγάλα διαφανή τμήματα μη ανοιγόμενα ή μερικώς ανοιγόμενα που καλύπτουν όλη τη διαθέσιμη όψη.

**Πίνακας 2.6α:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

**Πίνακας 2.6β:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου.

Λόγος A/V [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,25	1,13	1,04	0,95
0,3	1,17	1,05	0,96	0,88
0,4	1,10	0,99	0,91	0,83
0,5	1,04	0,93	0,86	0,78
0,6	0,98	0,89	0,81	0,73
0,7	0,92	0,83	0,76	0,68
0,8	0,86	0,77	0,71	0,63
0,9	0,80	0,73	0,65	0,59
≥ 1,0	0,77	0,69	0,62	0,55

**Πίνακας 2.7α:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,20	2,00	1,80	1,80
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,00	3,60	3,10	2,90

**Πίνακας 2.7β:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Λόγος A/V [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 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
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

### 2.7.2.1 Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς

Σύμφωνα με την παράγραφο 2.1 του άρθρου 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τόσο στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όσο και στην ενεργειακή επιθεώρηση ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου αναφοράς ορίζεται ίσος με το μέγιστο επιτρεπόμενο ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη που δίνεται στον πίνακα 2.7α. Επίσης ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου αναφοράς  $U_m$  δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται στον πίνακα 2.7β. Στην περίπτωση κτηρίων (κυρίως υφιστάμενων με μεγάλης επιφάνειας ανοίγματα), κατά την οποία το κτήριο αναφοράς δεν πληροί τους περιορισμούς του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$ , οι επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας (πίνακας 2.7α) των δομικών διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (τοιχοποιίες, οροφές, πυλωτές, ανοίγματα, γυάλινες προσόψεις) μειώνονται αυτόματα στο λογισμικό πρόγραμμα ταυτόχρονα με σταθερό βήμα 0,001, μέχρι ο υπολογιζόμενος συντελεστής  $U_m$  του κτηρίου αναφοράς να γίνει ίσος ή μικρότερος του αντίστοιχου για την κλιματική ζώνη μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας. Η απαίτηση για το κτήριο αναφοράς να πληροί τους περιορισμούς του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$ , δεν ισχύει στην περίπτωση που το κτήριο αναφοράς αναφέρεται σε κτηριακή μονάδα (π.χ. διαμέρισμα).

Στην περίπτωση κτηρίου μεικτής χρήσης με διαφορετικές βασικές κατηγορίες κύριων χρήσεων, οπότε απαιτείται η έκδοση ξεχωριστού ΠΕΑ, το κτήριο αναφοράς ορίζεται ξεχωριστά για την κάθε βασική κατηγορία κύριας χρήσης.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., στο κτήριο αναφοράς τα δομικά στοιχεία που αποτελούν παθητικά ηλιακά συστήματα (εκτός του άμεσου ηλιακού κέρδους) αντικαθίστανται με συμβατικά ίδιων διαστάσεων και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  ίσο με το μέγιστο επιτρεπτό (πίνακας 2.7α) της κλιματικής ζώνης, στην οποία βρίσκεται το υπό μελέτη κτήριο.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.) που πιθανώς ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτήριο, όπως προβλέπεται στο άρθρου 8 του Κ.Εν.Α.Κ. δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτήριο αναφοράς, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους. Σ' αυτήν την περίπτωση, στο κτήριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του

Κ.Εν.Α.Κ. και δίνονται στον πίνακα 2.7α για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

#### 2.7.2.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζεται με τον τρόπο που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017).

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη και το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτήρια σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο μελέτης τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας.

Ειδικότερα, ως προς την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας ο διαχωρισμός γίνεται σε 3 γενικές κατηγορίες:

- 1η κατηγορία . Περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια έχει εκδοθεί πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (4 Ιουλίου 1979), χρονική περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχε καμία απαίτηση για θερμομονωτική προστασία του κτηριακού κελύφους. Πρακτικά, ως τυπική ημερομηνία οριοθέτησης της παραπάνω περιόδου ορίζεται η 1η Ιανουαρίου 1980 .
- 2η κατηγορία. Περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε κατά την περίοδο 1979 - 2010, δηλαδή στο διάστημα των 30 ετών που μεσολάβησε από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ) μέχρι την ισχύ του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Σ' αυτό το διάστημα όλα τα κτήρια όφειλαν να πληρούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων. Πρακτικά, ως τυπικές ημερομηνίες οριοθέτησης της περιόδου ορίζονται:
  - η 1η Ιανουαρίου 1980 ως ημερομηνία έναρξης της περιόδου
  - η 1η Οκτωβρίου 2010 ως ημερομηνία λήξης της περιόδου.
- 3η κατηγορία. Περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010) και μέχρι την αναθεώρησή του (2017). . Πρακτικά, ως τυπικές ημερομηνίες οριοθέτησης της περιόδου ορίζονται:
  - η 1η Οκτωβρίου 2010 ως ημερομηνία έναρξης της περιόδου
  - η XXX 2017 ως ημερομηνία λήξης της περιόδου.



- 4η κατηγορία. Περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την αναθεώρηση του Κ.Εν.Α.Κ. (2017) και τα οποία έχουν την υποχρέωση συμμόρφωσης προς τις νέες απαιτήσεις του κανονισμού.

Στην τελευταία κατηγορία υπάγονται και όσα κτήρια ανεγέρθηκαν πριν από την ισχύ του αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ. αλλά υπέστησαν ή πρόκειται να υποστούν, μετά την έναρξη ισχύος του νέου κανονισμού ριζική ανακαίνιση. Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο άρθρο 49 παρ.1 του ν. 4409/2016 (ΦΕΚ Α' 136), κάθε επέμβαση σε κτήριο ή κτηριακή μονάδα νοείται ως «ριζική ανακαίνιση» όταν η συνολική δαπάνη της ανακαίνισης που αφορά το κέλυφος του κτιρίου ή της κτηριακής μονάδας ή τα τεχνικά συστήματά τους υπερβαίνει το είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) της τρέχουσας αξίας του κτιρίου ή της κτηριακής μονάδας, βάσει του ελαχίστου κόστους οικοδόμησης, εξαιρουμένης της αξίας του οικοπέδου επί του οποίου έχει κατασκευαστεί το κτίριο.

Ανάλογα με την πρόνοια για θερμομονωτική προστασία του κτηρίου που έχει ληφθεί, η κάθε κατηγορία υποδιαιρέθηκε σε μικρότερες υποκατηγορίες:

- σε κτήρια χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας,
- σε κτήρια με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία,
- σε κτήρια με πλήρη θερμομονωτική προστασία σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. ή τον Κ.Εν.Α.Κ.

Για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζεται σύμφωνα με την αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017).

Αντίθετα, για τις ανάγκες της ενεργειακής επιθεώρησης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων εκτιμάται από τον ενεργειακό επιθεωρητή, ακολουθώντας τις εναλλακτικές μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω.

Ειδικότερα, στις περιπτώσεις κτηρίων χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας ή με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία, στο έργο του ενεργειακού επιθεωρητή μπορεί να λειτουργήσει βοηθητικά ο πίνακας 2.8 (2.8α και 2.8β), ο οποίος παρατίθεται στη συνέχεια και στον οποίο καταγράφονται τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Ο ενεργειακός επιθεωρητής, κατά τον έλεγχο, έχει δύο δυνατότητες:

- είτε να θεωρήσει αυτές τις τιμές του πίνακα 2.8 (2.8α και 2.8β)

- είτε να υπολογίσει ο ίδιος τους συντελεστές σύμφωνα με όσα προβλέπει ο αναθεωρημένος Κ.Εν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου και του συνόλου του κτηρίου, με την προϋπόθεση πάντα ότι έχει στη διάθεσή του όλα τα απαιτούμενα θερμοφυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (π.χ. πάχος στρώσεων δομικού στοιχείου, ποιότητα υλικών κ.ά.) και εφόσον η ορθότητά τους είναι αναμφισβήτητη. Τότε ο υπολογισμός οφείλει να γίνει σύμφωνα με τις τιμές των μεταβλητών που δίνει ο αναθεωρημένος Κ.Εν.Α.Κ. (2017) και όχι ο προγενέστερος κανονισμός (ο Κ.Εν.Α.Κ. (2010) ή ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (1980).

**Πίνακας 2.8α:** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

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

Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

**Πίνακας 2.8β:** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	Σε επαφή με έδαφος
Οριζόντια δομικά στοιχεία	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)</b>						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–

Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
<b>Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)</b>						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

Όταν ένα δομικό στοιχείο δεν συμπεριλαμβάνεται στον πίνακα 2.8 (2.8α ή 2.8β), ο ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να επιλέξει την τιμή της πλησιέστερης προς αυτό διατομής του πίνακα.

Σε περίπτωση που υπάρχει μελέτη θερμομόνωσης, υπογεγραμμένη από μηχανικό και κατατεθειμένη σε υπηρεσία δόμησης και η εφαρμογή της μελέτης δεν τίθεται εμφανώς υπό αμφισβήτηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει τη μελέτη και να λάβει ως δεδομένες τις τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U (ή k του Κ.Θ.Κ.) της μελέτης.

Επίσης, εάν ο ιδιοκτήτης προσκομίσει στον επιθεωρητή έγγραφα αποδεικτικά στοιχεία, που αναμφισβήτητα αποδεικνύουν ότι τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν έχουν καλύτερες τιμές των προδιαγραφόμενων στον Κ.Θ.Κ., οι οποίες αναφέρονται στον πίνακα 2.9 (π.χ. καλύτερη τιμή λ κάποιου υλικού), ο επιθεωρητής οφείλει να διεξαγάγει τον έλεγχο βάσει αυτών των προσκομισθέντων στοιχείων.

**Πίνακας 2.9: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων (1980) για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.**

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

Συνοπτικά τα παραπάνω καταγράφονται στον πίνακα 2.10 που ακολουθεί. Συγκεκριμένα, σ' αυτόν καταγράφονται κατά κατηγορία και υποκατηγορία κτηρίων ο τρόπος θεώρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας U (ή του k σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ.) και ο τρόπος υπολογισμού των θερμογεφυρών, ούτως ώστε ο ενεργειακός επιθεωρητής να έχει έναν κατευθυντήριο οδηγό στο έργο του.

**Πίνακας 2.10: Συμβατικός τρόπος θεώρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας και της τιμής των θερμογεφυρών στα επί μέρους δομικά στοιχεία ανά περίοδο έκδοσης οικοδομικής άδειας.**

Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	Θερμομονωτική προστασία	Εξεταζόμενο κτήριο		Κτήριο αναφοράς	
		Υπολογισμός τιμών U	Υπολογισμός θερμογεφυρών	Υπολογισμός τιμών U από λογισμικό	Υπολογισμός θερμογεφυρών από λογισμικό
Πριν από το 1980 (ανυπαρξία κανονισμού)	Χωρίς θερμομονωτική προστασία	Τιμές από πίνακα 2.8	όχι	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Μερική πρόνοια θερμικής προστασίας (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Τιμές από πίνακα 2.8	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Μετέπειτα επεμβάσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.Θ.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με k <sub>max</sub> Κ.Θ.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Μετέπειτα επεμβάσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις του αρχικού Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> αρχικού Κ.Εν.Α.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Μετέπειτα επεμβάσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]

	του αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.				
<b>Περίοδος 1980 - 2010 (ισχύς Κ.Θ.Κ.)</b>	Χωρίς θερμομονωτική προστασία (μη εφαρμογή Κ.Θ.Κ.)	Τιμές από πίνακα 2.8	όχι	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Πλημμελής εφαρμογή Κ.Θ.Κ.	Τιμές από πίνακα 2.8	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Σύμφωνα με απαιτήσεις Κ.Θ.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με k <sub>max</sub> κατά Κ.Θ.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Κάλυψη των απαιτήσεων αρχικού Κ.Εν.Α.Κ. (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> του αρχικού Κ.Εν.Α.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Κάλυψη των απαιτήσεων αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ. (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	U + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	U <sub>max</sub> + 0,2 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Περίοδος 2010 - 2017 (ισχύς Κ.Εν.Α.Κ.)</b>	Πλημμελής εφαρμογή αρχικού Κ.Εν.Α.Κ.	Υποχρέωση βελτίωσης εντός έτους	Αναλυτικός υπολογισμός(από το μηχανικό)	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τον υπολογισμό του εξεταζόμενου κτηρίου
	Πλήρης εφαρμογή αρχικού Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	Αναλυτικός υπολογισμός(από το μηχανικό)	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τον υπολογισμό του εξεταζόμενου κτηρίου
	Κάλυψη των απαιτήσεων αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ. (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	Αναλυτικός υπολογισμός(από το μηχανικό)	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τον υπολογισμό του εξεταζόμενου κτηρίου
<b>Μετά το 2017 (ισχύς αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.)</b>	Πλημμελής εφαρμογή αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	Υποχρέωση βελτίωσης εντός έτους	Αναλυτικός υπολογισμός(από το μηχανικό)	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τον υπολογισμό του εξεταζόμενου κτηρίου
	Πλήρης εφαρμογή αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U <sub>max</sub> κατά τον αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Αναλυτικός υπολογισμός(από το μηχανικό)	U <sub>max</sub> κατά αναθεωρημένο Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τον υπολογισμό του εξεταζόμενου κτηρίου

### 2.7.2.3 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος  $U_w$  εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα υαλοπινάκων που φέρει, το ποσοστό επιφανείας πλαισίου και υαλοπινάκων επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους ξεχωριστά.

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτηρίου, ο υπολογισμός του  $U_w$  γίνεται με τον τρόπο που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017).

Για την ενεργειακή επιθεώρηση ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να προσδιορίσει το συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος με σχετική ακρίβεια, καθώς η επιρροή του στην τελική διαμόρφωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Στην περίπτωση που η επιθεώρηση αφορά σε κτήρια της 3ης και 4ης κατηγορίας, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων λαμβάνεται ίσος με αυτόν που διατυπώνεται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, αφού ο επιθεωρητής ελέγξει την ποσότητα και τον τύπο των κουφωμάτων που τοποθετήθηκαν στο κτήριο, λαμβάνοντας υπόψη τις επιμετρήσεις των κουφωμάτων, τα δελτία αποστολής των κουφωμάτων, καθώς και τα πιστοποιητικά που τα συνοδεύουν. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό (π.χ. λόγω απώλειας των σχετικών δικαιολογητικών), ο επιθεωρητής θα πρέπει να εκτιμήσει το συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων ακολουθώντας τη μεθοδολογία της αναθεωρημένης τεχνικής οδηγίας «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017).

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος θα πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad [\text{Σχέση 2.1}]$$

Όπου,

- $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
- $U_f$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
- $U_g$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
- $A_f$  [ $m^2$ ]: η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος,
- $A_g$  [ $m^2$ ]: η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος,
- $l_g$  [ $m$ ]: το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),
- $\Psi_g$  [ $W/(m \cdot K)$ ]: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
- $A_w$  [ $m^2$ ]: το εμβαδό επιφανείας του κουφώματος ( $A_w = A_f + A_g$ ).

Στην περίπτωση ύπαρξης επικαθήμενου ρολού σε ένα άνοιγμα, τότε στο συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος συνυπολογίζεται και η θερμοπερατότητα του κιβωτίου του ρολού.

#### 2.7.2.3.1 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Με σκοπό την απλοποίηση των υπολογισμών του ενεργειακού επιθεωρητή έχουν υπολογιστεί οι τιμές θερμοπερατότητας των συνηθέστερων κουφωμάτων που συναντώνται στο κτηριακό απόθεμα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση. Στον πίνακα 2.11α δίνεται το εύρος τιμών των συντελεστών θερμοπερατότητας κουφωμάτων όταν δεν υπάρχουν εξωτερικά προστατευτικά φύλλα, που αντιστοιχεί σε συνδυασμό διαφορετικών υαλοπινάκων και πλαισίων για διάφορα ποσοστά πλαισίου επί του κουφώματος και μήκη θερμογέφυρας που σχηματίζεται στη συναρμογή υαλοπίνακα και πλαισίου, στον πίνακα 2.11β όταν υπάρχουν ρολά και στον πίνακα 2.11γ όταν υπάρχουν εξώφυλλα. Το κτήριο αναφοράς θεωρείται ότι διαθέτει κουφώματα χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα (ρολά ή εξώφυλλα).

Ο επιθεωρητής καταγράφει και υπολογίζει το ποσοστό του πλαισίου και ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα και του πλαισίου επιλέγει τον αντίστοιχο συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος από τον πίνακα 2.11α, 2.11β και 2.11γ όταν δεν υπάρχουν εξωτερικά προστατευτικά φύλλα, όταν υπάρχουν ρολά και όταν υπάρχουν εξώφυλλα αντίστοιχα.



**Πίνακας 2.11α:** Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου Ff [ % ]	Υαλοπίνακας μονός [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό κούφωμα (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Διπλό κούφωμα (αλουμινίου)*	20%	3,9	–	–	–	–
	30%	3,6	–	–	–	–
	40%	3,3	–	–	–	–
<b>Εξωτερικές πόρτες χωρίς υαλοπίνακες [<math>W/(m^2 \cdot K)</math>]</b>						
<b>Υλικό</b>	<b>Σε επαφή με εξωτερικό αέρα</b>			<b>Σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο</b>		
Μέταλλο	6,0			4,0		
Συνθετικό	3,5			2,7		
Ξύλο	3,5			2,7		

\*Οι τιμές για το διπλό ξύλινο κούφωμα ισχύουν, εφόσον και τα δύο φύλλα του κουφώματος δεν παρουσιάζουν προβλήματα αεροστεγανότητας. Σε αντίθετη περίπτωση ισχύουν οι τιμές του μονού παράθυρου.

**Πίνακας 2.11β:** Τυπικές τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] με χρήση ρολών, ανεξαρτήτως της αεροστεγανότητας των ρολών.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου Ff [ % ]	Υαλοπίνακας μονός [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	4.5	3.3	3.0	2.9	2.5
	30%	4.6	3.6	3.3	3.2	2.9
	40%	4.7	3.8	3.6	3.5	3.2
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	2.9	2.7	2.6	2.2
	30%	-	2.9	2.7	2.6	2.3
	40%	-	2.9	2.7	2.5	2.4

Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	2.8	2.5	2.5	2.0
	30%	-	2.7	2.5	2.4	2.1
	40%	-	2.7	2.5	2.4	2.1
Συνθετικό πλαίσιο	20%	-	2.8	2.5	2.4	1.9
	30%	-	2.7	2.4	2.4	2.0
	40%	-	2.7	2.4	2.4	2.1
Ξύλινο πλαίσιο	20%	3.9	2.7	2.4	2.3	1.8
	30%	3.7	2.6	2.4	2.2	1.8
	40%	3.4	2.5	2.3	2.2	1.8

**Πίνακας 2.11γ:** Τυπικές τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] με χρήση με χρήση εξώφυλλων, αδιαφόρως της αεροστεγανότητάς τους.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου Ff [ % ]	Υαλοπίνακας μονός [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 6 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	με διάκενο αέρα 12 mm [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
			Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	4.9	3.5
	30%	5.0	3.9	3.5	3.5	3.1
	40%	5.1	4.1	3.9	3.8	3.5
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	3.2	2.8	2.8	2.4
	30%	-	3.1	2.8	2.8	2.4
	40%	-	3.1	2.8	2.7	2.5
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	3.0	2.7	2.7	2.1
	30%	-	2.9	2.7	2.6	2.2
	40%	-	2.8	2.7	2.6	2.2
Συνθετικό πλαίσιο	20%	-	3.0	2.7	2.6	2.0
	30%	-	2.9	2.6	2.6	2.1
	40%	-	2.8	2.6	2.6	2.2
Ξύλινο πλαίσιο	20%	4.2	2.8	2.6	2.4	1.9
	30%	4.0	2.8	2.5	2.4	1.9
	40%	3.7	2.7	2.4	2.4	1.9

### 2.7.3 Αερισμός

Για τον υπολογισμό του αερισμού του κτηρίου λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ο αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κ.ά.), από τη χρήση φυσικού αερισμού για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης και από τη χρήση μηχανικού αερισμού στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη.

Οι διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας υπολογίζονται με τη χρήση τιμών αεροστεγανότητας, που αναφέρονται συνολικά στο χώρο, προκειμένου να συμπεριληφθούν οι διαφυγές τόσο από τα κουφώματα (θέσεις συναρμογής με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα), όσο και από άλλες διόδους του

κελύφους (αρμούς κ.τ.λ.). Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων λαμβάνεται υπόψη μόνον ο αερισμός λόγω της ύπαρξης των χαραμάδων στα κουφώματα.

Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης. Στη μεθοδολογία ορίζονται τα απαιτούμενα επίπεδα νωπού αέρα ανάλογα με την κατηγορία και τη χρήση του κτηρίου.

Οι τιμές για τα δύο είδη αερισμού λαμβάνονται ξεχωριστά, δεδομένου ότι ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας έχει συνεχή λειτουργία, ενώ ο αερισμός για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών ποιότητας αέρα πραγματοποιείται μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου.

### *2.7.3.1 Αερισμός κτηρίου αναφοράς*

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., στο κτήριο αναφοράς για κτήρια κατοικίας θεωρείται ότι εφαρμόζεται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις νωπού αέρα, όπως καθορίζονται σε προηγούμενη ενότητα. Αντίθετα, στο κτήριο αναφοράς, για κτήρια του τριτογενούς τομέα εφαρμόζεται σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα ή εξαερισμός ή κεντρικές κλιματιστικές μονάδες διαχείρισης αέρα), προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε νωπό αέρα.

Όσον αφορά στον αερισμό λόγω της ύπαρξης χαραμάδων στα κουφώματα (διείσδυση αέρα), σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., το κτήριο αναφοράς θεωρείται ότι διαθέτει αεροστεγανά κουφώματα και ο αερισμός μέσω χαραμάδων ορίζεται σε  $5,5 \text{ m}^3/\text{h}$  και ανά  $\text{m}^2$  κουφώματος, για συνθήκες κανονικής ανεμόπτωσης και επιφάνεια ελεύθερη σε ελεύθερα δομημένο σύστημα. Ο αερισμός λόγω χαραμάδων από τα μη ανοιγόμενα τμήματα των κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων θεωρείται αμελητέος και δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Ο αερισμός μέσω τυποποιημένων θυρίδων αερισμού για το κτήριο αναφοράς λαμβάνεται όπως και στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο, ανάλογα με τον τύπο των θυρίδων (καμινάδα, εξαερισμό για συσκευές αερίου) και τον αριθμό αυτών.

### *2.7.3.2 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα)*

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου ή θερμικής ζώνης (διείσδυσης του αέρα), πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους (συναρμογές κουφωμάτων με περιμετρικά δομικά στοιχεία, συναρμογή κινητών φύλλων κουφωμάτων) ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές αερίου) ή των καμινάδων εστιών καύσης (τζάκι,

θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου.

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν.

Ο αερισμός μέσω θυρίδων αερισμού ή καμινάδων εστιών καύσης (τζακιού, θερμάστρας ξύλων ή πετρελαίου κ.ά.), λαμβάνονται κατά περίπτωση και σύμφωνα με το αριθμό των θυρίδων του υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτηρίου. Στον πίνακα 2.12, ο οποίος παρατίθεται στη συνέχεια, δίνονται τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα ανά θυρίδα αερισμού, που λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, τόσο στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο, όσο και στο κτήριο αναφοράς.

**Πίνακας 2.12:** Τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Είδος θυρίδας	Διείσδυση αέρα (m <sup>3</sup> /h)
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας καύσης	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών αερίου	10
Εξώθυρα με περιθώριο στο κάτω μέρος > 1,0 cm και σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον	10

Οι εξώπορτες με περιθώριο στο κάτω μέρος >1,0cm και επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον επηρεάζουν την διείσδυση αέρα στη ζώνη οπότε κατά παραδοχή πρέπει να δηλώνονται και σαν θυρίδες αερισμού. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.12, στην περίπτωση που υπάρχει εξώθυρα στο κτήριο (πόρτα σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, πόρτα εισόδου) η οποία δεν έχει πλαίσιο στο κάτω μέρος και δημιουργείται χαραμάδα μεταξύ του ανοιγόμενου τμήματος και του δαπέδου, τότε η διείσδυση αέρα μέσω αυτής λαμβάνεται ίση με 10 m<sup>3</sup>/h αν το περιθώριο μεταξύ της θύρας και του δαπέδου είναι μεγαλύτερο του 1,0 cm και μηδενική αν είναι μικρότερο. Η διείσδυση αέρα από τις υπόλοιπες πλευρές τις εξώθυρας αυτής υπολογίζεται όπως και στα υπόλοιπα κουφώματα.

Στο κτήριο αναφοράς η διείσδυση αέρα από τις εξώθυρες με περιθώριο στο κάτω μέρος σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον λαμβάνεται μηδενική.

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμιάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμιάδων, την ποιότητα των κουφωμάτων (βαθμός αεροστεγανότητας), τον αριθμό (και την επιφάνεια) των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου. Η διείσδυση του αέρα διαμέσου των χαραμιάδων των ανοιγμάτων καθορίζεται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των όψεων ενός κτιρίου που επηρεάζεται γενικά από άλλους παράγοντες όπως η αναλογία

εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα (εσωτερικές πόρτες) στο χώρο καθώς επίσης και η θέση του κτιρίου και των όψεων του, η ανεμόπτωση κ.α.

Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμιάδων (διείσδυση αέρα) λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω και εκτιμώνται οι τυπικές τιμές αερισμού ανά τετραγωνικό μέτρο ανοίγματος ( $m^3/h/m^2$ ) για τυπικές διαστάσεις κουφωμάτων (πόρτας – παραθύρου) και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.13.

**Πίνακας 2.13:** Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμιάδων ανά μονάδα επιφανείας και είδος κουφώματος.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	$[m^3/h/m^2]$	$[m^3/h/m^2]$
<b>Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	11,8	15,1
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες, χωνευτό. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	9,8	12,5
<b>Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	7,4	8,7
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες, χωνευτό. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	5,3	6,8
<b>Κουφώματα με μεταλλικό, συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο με πιστοποίηση κατά EN 12207(*)</b>		
Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος:	1	7,7
	2	4,1
	3	1,4
	4	0,5
<b>Γυάλινες προσόψεις</b>		
Για τα μερικός ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		
* Οι τιμές του συντελεστή α για τα πιστοποιημένα κατά EN 12207 κουφώματα έχουν αναχθεί σε συνθήκες διαφοράς πίεσης (6 Pa) από τις συνθήκες κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης (διαφορά πίεσης 100 Pa). Η πιστοποίηση των κουφωμάτων γίνεται μετά από μετρήσεις που καθορίζονται από το πρότυπο EN 14351 και γίνονται σε εργαστήρια με βάση το πρότυπο EN 1026.		

Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ενός κτιρίου και προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός της ενεργειακής του απόδοσης καταγράφεται ο τύπος όλων των κουφωμάτων και η συνολική επιφάνεια για κάθε κούφωμα. Από τον παραπάνω πίνακα επιλέγεται η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διείσδυσης του αέρα για κάθε κούφωμα και πολλαπλασιάζεται με τη αντίστοιχη επιφάνειά του για να προκύψει η διείσδυση αέρα από κάθε κούφωμα. Η συνολική διείσδυση αέρα για το κτήριο είναι το άθροισμα της διείσδυσης αέρα όλων των ανοιγόμενων ή μερικώς ανοιγόμενων κουφωμάτων που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Για τα πιστοποιημένα κουφώματα σύμφωνα με το πρότυπο EN 12207 επιλέγεται η τιμή της διείσδυσης από τον πίνακα που αντιστοιχεί στην κλάση/κατηγορία που αναγράφεται στην πιστοποίηση και δε γίνεται διαχωρισμός για πόρτες και παράθυρα.

Στην περίπτωση που το κτήριο ή η θερμική ζώνη εφάπτεται με μη θερμαινόμενο χώρο ή με χώρο προσαρτημένου θερμοκηπίου ή με χώρο κυκλοφορίας (διάδρομοι, κ.τ.λ.), η διείσδυση αέρα μεταξύ των δύο χώρων λαμβάνεται μηδενική, σύμφωνα με παραδοχή του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ ENISO 13789:2007.

### 2.7.3.3 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται μόνο στις κατοικίες, ενώ στα κτήρια του τριτογενούς τομέα η απαίτηση για νωπό αέρα καλύπτεται με σύστημα μηχανικού αερισμού.

Ο φυσικός αερισμός των χώρων εφαρμόζεται μέσω της χρήσης των υφιστάμενων κουφωμάτων και καταγράφεται σε  $m^3/s$ . Εάν ένα κτήριο δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας διαχείρισης αέρα ή άλλου συστήματος αερισμού), ως φυσικός αερισμός λαμβάνονται τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών), όπως αναφέρονται σε προηγούμενη παράγραφο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Όταν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα χώρο κατοικίας, τότε κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης, ο φυσικός αερισμός μειώνεται κατά το ποσό του νωπού αέρα που προσάγεται από το σύστημα μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. για τον αερισμό των κτηρίων (μηχανικό ή φυσικό), προβλέπεται ότι:

- στο κτήριο αναφοράς των κατοικιών εφαρμόζεται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- στα κτήρια αναφοράς του τριτογενούς τομέα εφαρμόζεται σύστημα μηχανικού αερισμού.

Ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, που υποδηλώνει το μέσο ποσοστό του χρόνου (καθ' όλη τη διάρκεια του έτους) κατά τον οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός, υπολογίζεται από την ποσότητα του απαιτούμενου νωπού αέρα και τη διάρκεια λειτουργίας του κτηρίου. Για τα κτήρια κατοικίας η διάρκεια λειτουργίας θεωρείται κατά σύμβαση ίση με 18 ώρες και στο χρόνο αυτό γίνεται ισοκατανομή του απαιτούμενου νωπού αέρα, προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός παροχής φυσικού αερισμού σε  $m^3/s$ .

Ο αερισμός λόγω της ύπαρξης χαραμάδων (διεισδυτικός αερισμός) καθορίζεται ανάλογα με το είδος των κουφωμάτων, επιβαρύνει επιπλέον τα φορτία λόγω αερισμού του κτηρίου και καθορίζεται σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο.

## ***2.8 Προδιαγραφές τεχνικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης***

Εκτός από τον κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τις αντίστοιχες επιλογές για τα στοιχεία του κελύφους του κτηρίου, ώστε να περιοριστούν κατά το δυνατόν περισσότερο τα θερμικά / ψυκτικά φορτία, σημαντικό ρόλο παίζει και ο σωστός σχεδιασμός των τεχνικών συστημάτων θέρμανσης - ψύξης - κλιματισμού (Θ.Ψ.Κ.), ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.), φωτισμού, καθώς και όλων των υπόλοιπων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Ο μελετητής οφείλει να σχεδιάζει αυτές τις εγκαταστάσεις με βασικό στόχο τη βέλτιστη λειτουργία τους και τον περιορισμό των καταναλώσεων ενέργειας στο ελάχιστο, λαμβάνοντας υπόψη:

- τη χρήση του κτηρίου: κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα κ.ά.,
- το προφίλ λειτουργίας: ωράριο, χρήστες, εσωτερικές συνθήκες κ.ά.,
- τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου που έχουν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό (θερμικές ζώνες),
- τη θέση του κτηρίου: κλιματικά δεδομένα, προσανατολισμός, ηλιασμός,
- τη δυνατότητα αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: θερμικά ηλιακά, φωτοβολταϊκά, γεωθερμία κ.ά.,
- τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού,
- τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα παραγωγής - διανομής Θ.Ψ.Κ. & Ζ.Ν.Χ. με υψηλό βαθμό απόδοσης,
- τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα αυτομάτου ελέγχου για τη σωστή διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας,
- την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος.

Στον Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές (απαιτήσεις) για τα Η/Μ τεχνικά συστήματα των νέων και ριζικώς ανακαινιζόμενων κτηρίων, καθώς επίσης και οι προδιαγραφές του κτηρίου αναφοράς, το οποίο αποτελεί μέτρο σύγκρισης τού υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτηρίου.

Ο μελετητής έχει την δυνατότητα και ενθαρρύνεται στην εφαρμογή τεχνολογιών με ακόμη καλύτερες προδιαγραφές και απόδοση από τις ελάχιστες απαιτούμενες και αυτές του κτηρίου αναφοράς, ώστε η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου να είναι υψηλότερη της κατηγορίας που προβλέπεται στον Κ.Εν.Α.Κ.. Στα περισσότερα κτήρια, και ιδιαίτερα σε αυτά που βρίσκονται εκτός αστικού ιστού, σε αραιοκατοικημένες περιοχές, υπάρχει συχνά αυξημένη δυνατότητα για αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και περαιτέρω περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων.

Σε κάθε περίπτωση, η εγκατάσταση και χρήση συστημάτων που καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες κτηρίων προϋποθέτει την τήρηση των γενικότερων απαιτήσεων που τίθενται από σχετικές διατάξεις (π.χ. Οδηγία 2009/142/ΕΚ σχετικά με τις συσκευές αερίου), όπως αυτή αποδεικνύεται από τη σήμανση CE.

Σ' αυτήν την ενότητα αναφέρονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τα τεχνικά συστήματα Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ. και που απαιτούνται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσής του κτηρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Οι παράμετροι των συστημάτων Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ. που απαιτούνται στους υπολογισμούς αφορούν κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά και στις συνθήκες λειτουργίας των τεχνικών συστημάτων όπως στη θερμική ή/και ψυκτική ισχύ, στις αποδόσεις και στις απώλειες επί μέρους συστημάτων, σε συστήματα διαχείρισης λειτουργίας κ.ά. Οι αποδόσεις διαμορφώνονται ανάλογα με τη διαστασιολόγηση των συστημάτων, την ποιότητα κατασκευής τους, την παλαιότητα τους, τη συντήρησή τους, αλλά και την ορθολογική χρήση τους. Επίσης οι επί μέρους διατάξεις αυτόματου ελέγχου και η ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας των συστημάτων επιδρούν σημαντικά στην τελική απόδοσή τους.

Ειδικότερα για τον αερισμό των κτηρίων, πρέπει να σημειωθεί ότι στα κτήρια κατοικιών, όπως και στο κτήριο αναφοράς εφαρμόζεται φυσικός αερισμός. Σε περίπτωση που στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο κατοικίας εφαρμόζεται μηχανικός αερισμός, δεν αγνοείται και στο κτήριο αναφοράς.

Στα κτήρια του τριτογενούς τομέα επιβάλλεται να εφαρμόζεται μηχανικός αερισμός (μέσω κεντρικών κλιματιστικών μονάδων ή/και μέσω μηχανικού αερισμού προσαγωγής νωπού ή/και μέσω συστήματος εξαερισμού), ώστε να καλύπτεται η απαίτηση για νωπό αέρα.



Σε περίπτωση που το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο του τριτογενούς τομέα δεν διαθέτει σύστημα μηχανικού αερισμού, τότε κατά τους υπολογισμούς θεωρείται ότι διαθέτει σύστημα αερισμού (προκειμένου να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος αερισμός) χωρίς ανάκτηση θερμότητας και συγκρίνεται με το αντίστοιχο κτήριο αναφοράς που θα διαθέτει σύστημα μηχανικού αερισμού, αλλά και σύστημα ανάκτησης θερμότητας.

### **2.8.1 Συστήματα θέρμανσης χώρων**

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης που εξυπηρετούν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές», Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010).

Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική.

Ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πραγματικότητα και να προβλέπει την κάλυψη των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των θερμικών αναγκών του κτηρίου. Προς αυτήν την κατεύθυνση η χρήση πολυβάθμιων λεβήτων ή/και η χρήση περισσότερων του ενός λεβήτων διαφορετικής ισχύος, ιδιαίτερα σε τεχνικά συστήματα μεγάλης θερμικής ισχύος, συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης.

Για κάθε σύστημα θέρμανσης του κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης του κτηρίου, πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.

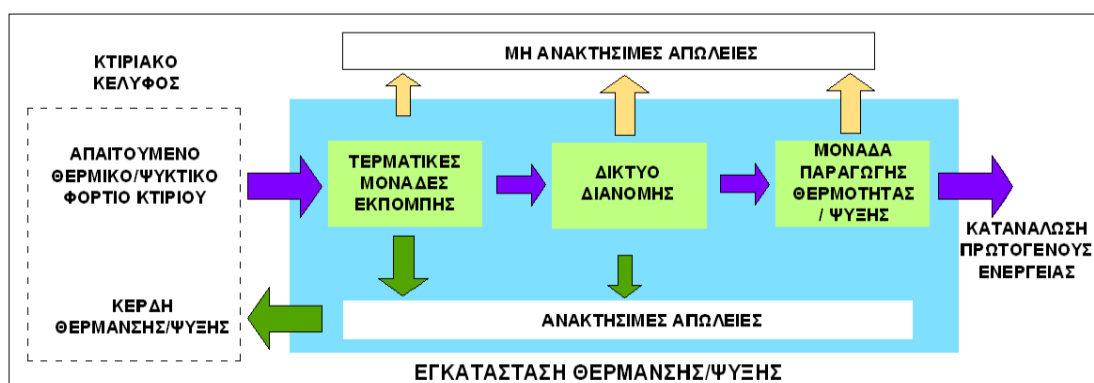
Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα θέρμανσης χώρων είναι οι αποδόσεις των μονάδων παραγωγής θερμότητας, του δικτύου διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) θερμότητας και παρουσιάζονται στο σχήμα 3.2 που ακολουθεί.

Οι περισσότερο διαδεδομένες μονάδες παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτήρια είναι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, αερίου, όπου ως «αέριο καύσιμο» νοείται κάθε καύσιμο που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση σε θερμοκρασία 15

°C και πίεση 1 bar (π.χ. φυσικό αέριο, υγραέριο), ή ηλεκτρικοί (σε μικρές εγκαταστάσεις) και πολύ σπάνια λέβητες βιομάζας κ.ά. Επίσης αρκετά σημαντικό είναι και το ποσοστό των κτηρίων (κυρίως κατοικιών), που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές μονάδες για τη θέρμανση των χώρων (ηλεκτρικά σώματα διαφόρων τύπων, άμεσης απόδοσης ή θερμοσυσσώρευσης κ.ά.).

Σε μικρότερο ποσοστό και κυρίως σε κτήρια του τριτογενούς τομέα (όπου απαιτείται και ψύξη), οι μονάδες παραγωγής θερμότητας είναι ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας νερού ή άμεσης εξάτμισης. Σε λίγες περιπτώσεις γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργεια (π.χ. ηλιακών συλλεκτών, γεωθερμίας).

Τέλος, σε πολύ περιορισμένη κλίμακα στα ελληνικά κτήρια εφαρμόζονται συστήματα τηλεθέρμανσης (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.) ή/και συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης (Σ.Η.Θ.).



**Σχήμα 2.2:** Διάγραμμα διαδικασίας λειτουργίας εγκατάστασης θέρμανσης / ψύξης.

### 2.8.1.1 Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης για το κτήριο αναφοράς, όπως ορίζονται το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., είναι τα εξής:

α) Το κτήριο αναφοράς διαθέτει κεντρικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου σε λειτουργία υψηλής θερμοκρασίας. Εφόσον το κτήριο είναι συνδεδεμένο με κεντρικό δίκτυο τηλεθέρμανσης, τότε στο κτήριο αναφοράς λαμβάνονται υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας τηλεθέρμανσης. Για τη διαστασιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης εφαρμόζεται η ισχύουσα Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., ώστε να διασφαλίζεται η κάλυψη των φορτίων στις συνθήκες σχεδιασμού το χειμώνα. Ο κεντρικός λέβητας του κτηρίου αναφοράς έχει εποχιακή απόδοση (με βάση την κατωτέρα θερμογόνο δύναμη) η οποία ορίζεται στον πίνακα 2.14 που ακολουθεί, ανάλογα με την ονομαστική ισχύ της μονάδας.

β) Το κτήριο αναφοράς διαθέτει θερμοστατικό έλεγχο της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη του.

γ) Το κτήριο αναφοράς διαθέτει σύστημα αντιστάθμισης.

δ) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης, ο εποχιακός βαθμός απόδοσης του λέβητα - καυστήρα για το κτήριο αναφοράς είναι 85%. Στην περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο διαθέτει οποιοδήποτε άλλο σύστημα θέρμανσης εκτός από κεντρικό λέβητα, τηλεθέρμανση και αντλίες θερμότητας το κτήριο αναφοράς διαθέτει σύστημα θέρμανσης με λέβητα-καυστήρα με εποχιακό βαθμό απόδοσης ανάλογα της ισχύος του συστήματος θέρμανσης του εξεταζόμενου κτηρίου σύμφωνα με τον πίνακα 2.14.

ε) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο κατοικίας θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, θεωρείται ότι και το κτήριο αναφοράς διαθέτει τοπικά συστήματα (αντλίες θερμότητας ενός ή πολλαπλών εσωτερικών στοιχείων), με σταθερό συντελεστή συμπεριφοράς SCOP = 3,2. Η χρήση αντλίας θερμότητας με χαμηλότερο συντελεστή συμπεριφοράς, παρουσιάζει μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από το σύστημα λέβητα.

στ) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο τριτογενούς τομέα θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, θεωρείται ότι και το κτήριο αναφοράς διαθέτει τοπικά ή/και κεντρικά συστήματα θέρμανσης με συντελεστή συμπεριφοράς SCOP = 3,2.

ζ) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο κατοικίας ή τριτογενή τομέα, σε επίπεδο κτηρίου ή θερμικής ζώνης διαθέτει διαφορετικά του ενός συστήματα θέρμανσης, π.χ. λέβητα και αντλία θερμότητας, τότε το κτήριο αναφοράς, στο σύνολό του ή σε επίπεδο θερμικής ζώνης, διαθέτει τα αντίστοιχα συστήματα με το εξεταζόμενο κτήριο και με τα αντίστοιχα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως ορίζονται στις προηγούμενες περιπτώσεις α, δ, ε και στ.

**Πίνακας 2.14: Εποχιακός βαθμός απόδοσης λέβητα – καυστήρα κτηρίου αναφοράς (ns<sub>κθ</sub>).**

Εποχιακός βαθμός απόδοσης (%) λέβητα - καυστήρα σε ονομαστική ισχύ P <sub>n</sub> , και μέση θερμοκρασία νερού του λέβητα 70°C για το κτήριο αναφοράς							
Ονομαστική ισχύς (kW)	4 έως 25	>25 έως 50	>50 έως 100	>100 έως 200	>200 έως 300	>300 έως 400	> 400
Εποχιακός βαθμός απόδοσης λέβητα - καυστήρα	78,10	81,40	81,80	85,00	85,35	85,60	86,80

### *2.8.1.2 Απόδοση μονάδας παραγωγής θερμότητας*

Κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας έχει μια ονομαστική θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η πραγματική όμως απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας θέρμανσης διαφοροποιείται και εξαρτάται από την περίοδο θέρμανσης (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και κατ' επέκταση της μονάδας θέρμανσης, τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.ά. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος εποχιακός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης.

Εκτός από το μέσο εποχιακό βαθμό απόδοσης των μονάδων θέρμανσης, σημαντική είναι και η επίδραση των διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου & ρύθμισης λειτουργίας της μονάδας. Εάν η κεντρική μονάδα παραγωγής θερμότητας ελέγχεται από κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BEMS), τότε θεωρείται πως υπάρχει κάποια μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Αντίστοιχα, το ίδιο γίνεται και για κάθε άλλη διάταξη αυτόματου ελέγχου που εφαρμόζεται στα τεχνικά συστήματα θέρμανσης του κτηρίου.

Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης, τότε θεωρείται ότι θερμαίνεται με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες βαθμού απόδοσης 100% με δίκτυο διανομής βαθμού απόδοσης 1,0, τερματικές μονάδες με βαθμό απόδοσης 0,94 και βοηθητικές μονάδες με ειδική ισχύ 0 W/m<sup>2</sup>. Αντίστοιχα, όταν το εξεταζόμενο κτήριο διαθέτει συστήματα θέρμανσης, τα οποία καλύπτουν τμήμα του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης, τότε θεωρείται ότι το υπόλοιπο μη θερμαινόμενο τμήμα θερμαίνεται με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες βαθμού απόδοσης 100% με δίκτυο διανομής βαθμού απόδοσης 1,0, τερματικές μονάδες με βαθμό απόδοσης 0,94 και βοηθητικές μονάδες με ειδική ισχύ 0W/m<sup>2</sup>.

### *2.8.2 Συστήματα παραγωγής για την ψύξη χώρων*

Το σύστημα ή τα συστήματα ψύξης χώρων, που καλύπτουν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού θέρους), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και στις σχετικές οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την περίοδο ψύξης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς τόσο στη διάρκεια της ημέρας, όσο και από ημέρα σε ημέρα και αποκλίνουν σημαντικά από τις συνθήκες σχεδιασμού για κάθε κλιματική ζώνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα ψύξης να λειτουργεί τον περισσότερο χρόνο

της περιόδου ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου και η πραγματική ενεργειακή απόδοσή του να είναι χαμηλότερη από την ονομαστική.

Ο σχεδιασμός του συστήματος ψύξης θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων με τον κατά το δυνατόν καλύτερο βαθμό απόδοσης, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των ψυκτικών αναγκών του κτηρίου.

Η χρήση πολυβάθμιων συστημάτων ψύξης μεταβλητής ψυκτικής ικανότητας (αντλίες θερμότητας ή ψύκτες με πολυβάθμιους συμπιεστές ή κινητήρες μεταβλητής συχνότητας) ή/και η χρήση περισσότερων από ένα συστήματα ψύξης διαφορετικής ισχύος, ιδιαίτερα σε τεχνικά συστήματα με απαιτήσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος, συμβάλλουν προς τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των ψυκτικών μονάδων και τελικά τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Για κάθε σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση όλου του κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης του προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη ή/και κλιματισμό των χώρων.

Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα ψύξης των χώρων είναι η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ψύξης, των τεχνικών συστημάτων διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) ψύξης (μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κεντρικές μονάδες διαχείρισης αέρα - Κ.Κ.Μ. κ.ά.).

Οι μονάδες παραγωγής ψύξης που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτήρια είναι κατά κανόνα ψύκτες ή αντλίες θερμότητας με χρήση κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας και σπανιότερα με τη χρήση κινητήρων που καταναλώνουν φυσικό αέριο ή άλλο συμβατικό καύσιμο. Στα κτήρια κατοικιών χρησιμοποιούνται συνήθως τοπικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης μικρής ψυκτικής ικανότητας. Αντίθετα σε πολλά και κυρίως νεόδμητα κτήρια του τριτογενούς τομέα χρησιμοποιούνται κεντρικά ή ημικεντρικά συστήματα ψύξης / κλιματισμού. Σε κτηριακές εγκαταστάσεις που διαθέτουν συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, ενδείκνυται να γίνεται και χρήση ψυκτών προσρόφησης ή/και απορρόφησης. Ωστόσο, αυτές οι εφαρμογές στην ελληνική πρακτική είναι εξαιρετικά περιορισμένες και συναντώνται μόνο σε μεγάλες και κατά το πλείστον βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

#### *2.8.2.1 Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς*

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτήριο αναφοράς, είναι τα εξής:

- α. Το κτήριο αναφοράς για τις κατοικίες θεωρείται πως διαθέτει τοπικές μονάδες άμεσης εξάτμισης (αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου ενός ή πολλαπλών εσωτερικών συσκευών) που καλύπτουν τμήμα των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτήριο αναφοράς είναι τα εξής:
- Τοπικές μονάδες ψύξης με μέσο (εποχιακό) βαθμό ενεργειακής απόδοσης SEER = 3,0.
  - Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.
  - Θεώρηση της ενεργειακής κατανάλωσης του συστήματος ψύξης για το κτήριο αναφοράς ίσης με το 50% της κατανάλωσης που υπολογίζεται με βάση την καθαρή συνολική επιφάνεια της κατοικίας.
- β. Το κτήριο αναφοράς για τον τριτογενή τομέα διαθέτει τοπικές ή/και κεντρικές μονάδες ψύξης που καλύπτουν όλους τους εσωτερικούς χώρους. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτήριο αναφοράς είναι τα εξής:
- Μονάδες παραγωγής ψύξης, τοπικές ή κεντρικές (ψύκτες, αντλίες θερμότητας, τοπικά κλιματιστικά), με μέσο (εποχιακό) βαθμό ενεργειακής απόδοσης SEER = 2,8.
  - Αερόψυκτες κεντρικές μονάδες παραγωγής ψύξης, με μέσο (εποχιακό) βαθμό ενεργειακής απόδοσης SEER=2,8, όταν το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης ή διαθέτει για μικρότερο τμήμα του κτηρίου.
  - Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.
- γ. Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο κατοικίας ή τριτογενή τομέα, σε επίπεδο κτηρίου ή θερμικής ζώνης διαθέτει διαφορετικά του ενός συστήματα ψύξης, π.χ. αερόψυκτη αντλία θερμότητας και υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, τότε το κτήριο αναφοράς, στο σύνολό του ή σε επίπεδο θερμικής ζώνης, διαθέτει τα αντίστοιχα συστήματα με το εξεταζόμενο κτήριο και με τα αντίστοιχα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως ορίζονται στις προηγούμενες περιπτώσεις (α) και (β).

#### 2.8.2.2 Απόδοση μονάδας ψύξης

Κάθε μονάδα παραγωγής ψύξης έχει μια ονομαστική ψυκτική απόδοση (EER: λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας) σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής από την πιστοποίηση της μονάδας. Η πραγματική όμως απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας ψύξης διαφοροποιείται και εξαρτάται από τη διάρκεια της περιόδου ψύξης (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και κατ' επέκταση του συστήματος ψύξης, τις εσωτερικές συνθήκες θερινής λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.ά. Για

τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος (εποχιακός) δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας (SEER) της μονάδας ψύξης.

Εκτός από το μέσο εποχιακό δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (SEER) των μονάδων ψύξης σημαντικό ρόλο παίζει και το σύστημα ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης ψύξης. Έτσι, η ύπαρξη κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BEMS) θεωρείται πως οδηγεί σε κάποια μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Γι' αυτό το λόγο καθορίζεται ένας συντελεστής μείωσης κατανάλωσης ψυκτικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το ίδιο ισχύει και για κάθε άλλη διάταξη αυτόματου ελέγχου του εξοπλισμού που συμμετέχουν στο σύστημα παραγωγής - διανομής ψύξης και καθορίζονται οι αντίστοιχοι συντελεστές μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

Αν στο εξεταζόμενο κτίριο / κτηριακή μονάδα δεν υπάρχει σύστημα ψύξης, τότε ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να ορίσει ένα θεωρητικό σύστημα ψύξης με αντλίες θερμότητας (με μέσο εποχιακό δείκτη αποδοτικότητας SEER 1,7 για κατοικίες και 2,2 για τριτογενή τομέα και μέσο μηνιαίο βαθμό κάλυψης της απαιτούμενης ψυκτικής ενέργειας 0,5 για κατοικίες και 1 για τριτογενή τομέα), με δίκτυο διανομής (βαθμού απόδοσης 1 για κατοικίες και 0,95 για τριτογενή τομέα), τερματικά (βαθμού απόδοσης 0,93) και βοηθητικές μονάδες (ισχύος 0 W/m<sup>2</sup> για κατοικίες και 5 W/m<sup>2</sup> για τριτογενή τομέα).

Αν το εξεταζόμενο κτίριο / κτηριακή μονάδα ψύχεται μερικώς, τότε ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να ορίσει ένα θεωρητικό σύστημα ψύξης με αντλίες θερμότητας και για το υπόλοιπο κτίριο ή θερμική ζώνη, (με μέσο εποχιακό δείκτη αποδοτικότητας SEER 1,7 για κατοικίες και 2,2 για τριτογενή τομέα και μέσο μηνιαίο βαθμό κάλυψης της απαιτούμενης ψυκτικής ενέργειας τέτοιο ώστε αθροιστικά για κάθε μήνα να έχουμε 0,5 για κατοικίες και 1 για τριτογενή τομέα για το σύνολο των μονάδων παραγωγής), με δίκτυο διανομής (βαθμού απόδοσης 1 για κατοικίες και 0,95 για τριτογενή τομέα), τερματικά (βαθμού απόδοσης 0,93) και βοηθητικές μονάδες (ισχύος 0 W/m<sup>2</sup> για κατοικίες και ανάλογα με την επιφάνεια κάλυψης 5 W/m<sup>2</sup> για τριτογενή τομέα).

### **2.8.3 Τεχνικό σύστημα ζεστού νερού χρήσης**

Ο αρχικός σχεδιασμός του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων (π.χ. κατά τη θερινή περίοδο) ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και την διακύμανση της ζήτησης Z.N.X. του κτηρίου χωρίς σπατάλη ενέργειας. Σε μεγάλα κτήρια με κεντρικά τεχνικά συστήματα παραγωγής Z.N.X. και μεγάλα ονομαστικά φορτία Z.N.X., η χρήση πολυβάθμιων λεβήτων και εποχιακά μεταβλητής αποθήκευσης Z.N.X., συμβάλλουν προς την

κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της λειτουργίας της εγκατάστασης Z.N.X. και κατά συνέπεια της εξοικονόμησης ενέργειας. Επισημαίνεται ότι η παροχή Z.N.X. πρέπει να προβλέπεται για όλα τα σημεία του κτηρίου που υπάρχει απαίτηση για Z.N.X., ακόμη και στα σημεία εγκατάστασης πλυντηρίων ή άλλων συσκευών που καταναλώνουν κατά τη λειτουργία τους Z.N.X.

Για κάθε τεχνικό σύστημα παραγωγής Z.N.X. που χρησιμοποιείται σε ένα κτήριο ή σε μια θερμική ζώνη πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα για τους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για Z.N.X. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την εγκατάσταση Z.N.X. είναι η απόδοση των μονάδων παραγωγής Z.N.X., οι απώλειες των δικτύων διανομής Z.N.X. και των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντήρων με εναλλάκτες θερμότητας ή ηλεκτρικών αντιστάσεων κ.ά.). Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται τοπικές συσκευές άμεσης παραγωγής Z.N.X. (π.χ. θερμαντήρες ροής, ταχυθερμοσίφωνες), οι απώλειες δικτύων διανομής και τερματικών μονάδων στους ενεργειακούς υπολογισμούς λαμβάνονται ως μηδενικές.

Στις περιπτώσεις κτηρίων με μεγάλες απαιτήσεις σε Z.N.X., η παραγωγή θερμότητας για Z.N.X. συνιστάται να γίνεται μέσω κεντρικών μονάδων θέρμανσης, με χρήση πετρελαίου ή αερίου, με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση. Γι' αυτή τη διάταξη απαιτείται εγκατάσταση θερμαντήρα (boiler) διπλής ή τριπλής ενέργειας. Οι θερμαντήρες του Z.N.X. μπορεί να είναι κεντρικοί (στο λεβητοστάσιο) ή κοντά στις τελικές χρήσεις, π.χ. δωμάτιο ξενοδοχείου, κατοικία, διαμέρισμα κ.τ.λ.

Στις μονοκατοικίες ο σχεδιασμός απλοποιείται αφού υπάρχει μόνον ένας τελικός χρήστης και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί ένα συνδυασμένο σύστημα θερμαντήρα διπλής ή τριπλής ενέργειας. Για κτήρια πολυκατοικιών ο πιο αποδοτικός σχεδιασμός είναι η εγκατάσταση ενός κεντρικού λέβητα, ο οποίος θα τροφοδοτεί με Z.N.X. τους θερμαντήρες διπλής ή τριπλής ενέργειας των επί μέρους διαμερισμάτων με σύγχρονη καταγραφή (μέτρηση) της κατανάλωσης του Z.N.X. που αναλύεται σε κάθε θερμαντήρα με δυνατότητα επιλεκτικής λειτουργίας για κάθε διαμέρισμα. Ο λέβητας μπορεί να είναι κοινός και για τη θέρμανση με ξεχωριστή καταγραφή (μέτρηση) των θερμικού φορτίου, το οποίον απορροφά κάθε διαμέρισμα για τη θέρμανση χώρου. Σε περίπτωση μη διαθέσιμου Z.N.X. από το λέβητα ή από τον ηλιακό συλλέκτη, ο χρήστης μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του μέσω της ηλεκτρικής αντίστασης του ατομικού θερμαντήρα.

Στο μεγαλύτερο ποσοστό ελληνικών κατοικιών για την παραγωγή Z.N.X. χρησιμοποιούνται κατά το πλείστον ηλεκτρικοί και ηλιακοί θερμοσίφωνες (θερμαντήρες με ή χωρίς εγκατάσταση



ηλιακού συλλέκτη), καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και αντίστοιχα μεγάλη έκλυση ρύπων.

Αρκετά κτήρια, και κυρίως του τριτογενούς τομέα, στα οποία υπάρχει μεγάλη απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης (νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.ά.), διαθέτουν κεντρικές μονάδες παραγωγής Z.N.X., που συνίσταται από λέβητες πετρελαίου ή αερίου και συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών κ.ά. Σπανιότερα (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.), συναντώνται στα ελληνικά κτήρια μονάδες τηλεθέρμανσης για Z.N.X. ή/και μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης - Σ.Η.Θ., κυρίως σε κτήρια του τριτογενούς τομέα.

#### *2.8.3.1 Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς*

Σε όλα τα νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. είναι υποχρεωτική η κάλυψη σημαντικού μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60% της συνολικής κατανάλωσης ZNX.

Αυτή η υποχρέωση δεν ισχύει όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και από αντλίες θερμότητας που προσφέρουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό θερμικής ενέργειας από αυτό που καταναλώνουν για τη λειτουργία τους. Στις εν λόγω αντλίες θερμότητας ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) πρέπει να είναι μεγαλύτερος από  $(1,15 \times 1/\eta)$ , όπου "η" είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2009/28/ ΕΚ, και σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερος από 3,3.

Ειδικά στις παρακάτω περιπτώσεις των συστημάτων:

- θερμαντήρα ZNX αντλίας θερμότητας μέχρι 70 kW,
- θερμαντήρα συνδυαστικής λειτουργίας θέρμανσης και ZNX αντλίας θερμότητας μέχρι 70 kW,
- συγκρότημα παραγωγής ZNX με πρωτεύοντα θερμαντήρα αντλίας θερμότητας μέχρι 70 kW,
- συνδυαστικό συγκρότημα θέρμανσης και ZNX με πρωτεύοντα θερμαντήρα αντλία θερμότητας μέχρι 70 kW,

δεν ισχύει αυτή η υποχρέωση αν η ενεργειακή απόδοση θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης (ZNX) είναι μεγαλύτερη ή ίση του 100% στις θερμότερες κλιματικές συνθήκες (κλιματική ζώνη Αθήνας), σύμφωνα με τον κανονισμό ενεργειακής επισήμανσης.

Όλοι οι θερμαντήρες μέχρι 400 kW (λέβητες, αντλίες θερμότητας, μονάδες συμπαραγωγής), οι ταμειυτήρες και οι κυκλοφορητές που εγκαθίστανται πρέπει να έχουν CE σύμφωνα με τον κανονισμό οικολογικού σχεδιασμού και ενεργειακή σήμανση (θερμαντήρες έως 70 kW, ταμειυτήρες έως 500 λίτρα) σύμφωνα με τον κανονισμό ενεργειακής επισήμανσης. Οι ηλιακοί συλλέκτες και οι ελεγκτές πρέπει να συνοδεύονται από δελτίο προϊόντος, το οποίο προβλέπεται από τον κανονισμό ενεργειακής επισήμανσης.

Το υπό μελέτη νέο ή ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο πρέπει να πληροί τις πιο πάνω απαιτήσεις, ενώ σε περίπτωση αδυναμίας εγκατάστασης των ηλιακών συστημάτων (π.χ. ανεπάρκεια διαθέσιμης επιφάνειας εγκατάστασης, ή πλήρης σκιασμός οροφής) πρέπει να τεκμηριώνεται.

#### *2.8.3.1.1 Σύστημα ζεστού νερού χρήσης για το κτήριο αναφοράς*

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος ζεστού νερού χρήσης για το κτήριο αναφοράς, όπως ορίζονται το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., είναι τα εξής:

- Το κτήριο αναφοράς καλύπτει τις ανάγκες για Z.N.X. μέσω του κεντρικού λέβητα θέρμανσης χώρων ή ξεχωριστού συστήματος λέβητα (πετρελαίου ή τηλεθέρμανσης), με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και ηλεκτρικής αντίστασης για εφεδρεία.
- Το ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση για το κτήριο αναφοράς, λαμβάνεται 15% επί των αναγκών για Z.N.X.
- Ο κεντρικός λέβητας παραγωγής Z.N.X. είναι πιστοποιημένος με βαθμό θερμικής απόδοσης όπως καθορίζεται στον πίνακα 2.14.
- Τα δίκτυα διανομής Z.N.X. διαθέτουν θερμομόνωση σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις που αναφέρονται στον πίνακα 4.7. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.
- Στο κτήριο αναφοράς εφαρμόζεται η χρήση τοπικών συστημάτων μόνο σε κτήρια με περιορισμένη κατανάλωση Z.N.X. μικρότερη ή ίση από 10 [ℓ/άτομο/ημέρα]. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η παραγωγή Z.N.X. γίνεται τοπικά με ηλεκτρικό θερμοσίφωνα με συνολικό μήκος σωλήνων έως 6 m.
- Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα παραγωγής Z.N.X. ή διαθέτει σύστημα το οποίο καλύπτει τμήμα του απαιτούμενου θερμικού φορτίου για Z.N.X., τότε για το κτήριο αναφοράς (για το σύνολο ή για το ακάλυπτο τμήμα του απαιτούμενου θερμικού φορτίου) και μόνο για τις χρήσεις με μεγάλες καταναλώσεις, θεωρείται ότι η παραγωγή γίνεται με λέβητα πετρελαίου (βαθμού απόδοσης 0.85),

δίκτυο διανομής θερμού μέσου χωρίς ανακυκλοφορία, το οποίο διέρχεται από εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, με βαθμό απόδοσης ανάλογα με την ημερήσια κατανάλωση Z.N.X, σύστημα αποθήκευσης με βαθμό απόδοσης 0.93 και βοηθητικές μονάδες με ειδική ισχύ  $0 \text{ W/m}^2$  για κατοικίες και  $0.1 \text{ W/m}^2$  για τριτογενή τομέα.

- Στην περίπτωση κτιρίων του τριτογενή τομέα με περιορισμένη κατανάλωση ZNX μικρότερη ή ίση από  $10 \text{ l/άτομο/ημέρα}$ , τότε το σύστημα ZNX για το κτήριο αναφοράς είναι τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (βαθμός απόδοσης 1), διανομή (βαθμός απόδοσης 1), αποθήκευση (βαθμός απόδοσης 0.98) και βοηθητικές μονάδες (ειδική ισχύς  $0 \text{ W/m}^2$ ).

Σε όλα τα νέα κτίρια ή κτιριακές μονάδες είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Στα υφιστάμενα κτίρια ή κτιριακές μονάδες που ανακαινίζονται ριζικά, η ως άνω υποχρέωση ισχύει στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει: - όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και από αντλίες θερμότητας που προσφέρουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό θερμικής ενέργειας από αυτό που καταναλώνουν για τη λειτουργία τους.

Στις εν λόγω αντλίες θερμότητας ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) πρέπει να είναι μεγαλύτερος από  $(1,15 \times 1/\eta)$ , όπου " $\eta$ " είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2009/28/EK, και σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερος από 3,3. - για κατηγορίες χρήσεων κτιρίων χαμηλής ζήτησης σε ZNX, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN/15316-3.1.2008, όπως ισχύει κάθε φορά. Σε περίπτωση μεγάλου κυκλώματος με επανακυκλοφορία του ZNX εφαρμόζεται κυκλοφορία με σταθερό  $\Delta p$  και κυκλοφορητή με ρύθμιση στροφών βάσει της ζήτησης σε ZNX.

#### *2.8.3.2 Απόδοση μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης*

Για κάθε μονάδα (τοπική ή κεντρική) παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X) καθορίζεται η ονομαστική ισχύς και η θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή.

Η πραγματική όμως θερμική απόδοση λειτουργίας μονάδας παραγωγής Z.N.X. διαφοροποιείται και εξαρτάται από την εποχή (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), από τα απαιτούμενα φορτία Z.N.X., από τις διατάξεις αυτοματισμών ελέγχου, από τη σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος κ.ά. Για τους υπολογισμούς της κατανάλωσης θερμικής

ενέργειας για παραγωγή Z.N.X. απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος βαθμός θερμικής απόδοσης της μονάδας παραγωγής Z.N.X.

Η θερμική ισχύς  $P_n$ , ενός τοπικού θερμαντήρα παραγωγής Z.N.X., συνήθως υπολογίζεται για μέσο χρόνο απόδοσης της συνολικής ημερήσια θερμικής ενέργειας σε 5 ώρες, όπως δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_n = \frac{Q_d}{5} \quad [\text{Σχέση 2.2}]$$

Για μονάδες με λέβητα/ες και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση τοπικών θερμαντήρων Z.N.X., στην πιο πάνω σχέση λαμβάνεται για τον υπολογισμό της ονομαστικής θερμικής ισχύος προσαύξηση 20% (για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής κ.α.). Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  σε (kWh/day) για Z.N.X. δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d * \frac{c}{3600} * \rho * \Delta T \quad [\text{Σχέση 2.3}]$$

όπου:

$V_d$  [ℓ /ημέρα] το ημερήσιο φορτίο,

$\rho$  [kg/ ℓ] η πυκνότητα του νερού,  $\rho = 1$  kg/ ℓ,

$c$  [kJ/(kg.K)] η ειδική θερμότητα,  $c = 4,18$  kJ/(kg.K)

$\Delta T$  [K] ή [°C] θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου (πίνακας 2.5) και της θερμοκρασίας του Z.N.X. (45°C).

Η χωρητικότητα του θερμαντήρα παραγωγής Z.N.X.  $V_{store}$ , δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_{store} = \frac{V_d}{5} \quad [\text{Σχέση 2.4}]$$

Στην περίπτωση θερμαντήρων αποθήκευσης Z.N.X. η χωρητικότητα τους διαμορφώνεται ανάλογα με το σχεδιασμό και το είδος της εγκατάστασης. Για ηλιοθερμικά τεχνικά συστήματα παραγωγής Z.N.X. μια τυπική τιμή για την χωρητικότητα των θερμαντήρων κυμαίνεται περίπου στα 75 λίτρα για κάθε  $m^2$  επιφάνειας ηλιακού συλλέκτη.

Η θερμική ισχύς  $P_n$ , μιας τοπικής ή κεντρικής μονάδας παραγωγής Z.N.X. καθώς και η αντίστοιχη χωρητικότητα του θερμαντήρα αποθήκευσης  $V_{store}$ , μπορούν να υπολογιστούν ανάλογα τις ιδιαίτερες ανάγκες ενός κτηρίου χωρίς την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων, αλλά σε κάθε περίπτωση τα μεγέθη αυτά είναι αλληλένδετα.

Εκτός από το μέσο βαθμό απόδοσης της μονάδας παραγωγής Z.N.X. σημαντική είναι και η επίδραση των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου λειτουργίας της μονάδας. Εάν το κεντρικό σύστημα παραγωγής Z.N.X. ελέγχεται από κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BEMS), τότε εκτιμάται και ένας συντελεστής μείωσης της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για Z.N.X. Αντίστοιχα, το ίδιο γίνεται και για κάθε άλλη τοπική διάταξη αυτομάτου ελέγχου των επί μέρους συστημάτων παραγωγής Z.N.X., όπου και καθορίζεται ο αντίστοιχος συντελεστής μείωσης κατανάλωσης ενέργειας.

Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα παραγωγής Z.N.X., θεωρείται ότι διαθέτει τοπική μονάδα παραγωγής Z.N.X (ηλεκτρικό θερμοσίφωνα) με συντελεστή απόδοσης ίσο με την μονάδα (1), τοπικό δίκτυο διανομής χωρίς ανακυκλοφορία με βαθμό απόδοσης 1 και βαθμό απόδοσης συστήματος αποθήκευσης 0,98 και ισχύ βοηθητικών μονάδων 0 W/m<sup>2</sup>.

Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο διαθέτει σύστημα παραγωγής Z.N.X., το οποίο καλύπτει τμήμα του απαιτούμενου θερμικού φορτίου Z.N.X., θεωρείται ότι το υπόλοιπο τμήμα του θερμικού φορτίου για Z.N.X. διαθέτει τοπική μονάδα παραγωγής Z.N.X (ηλεκτρικό θερμοσίφωνα) με συντελεστή απόδοσης ίσο με την μονάδα (1), τοπικό δίκτυο διανομής χωρίς ανακυκλοφορία με βαθμό απόδοσης 1 και βαθμό απόδοσης συστήματος αποθήκευσης 0,98 και ισχύ βοηθητικών μονάδων 0 W/m<sup>2</sup>.

# 3

## *Περιγραφή προσομοίωσης ενεργειακής αξιολόγησης*

Όπως προαναφέρθηκε, στην παρούσα διπλωματική εργασία πρόκειται να υπολογιστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις κατοικιών με τη χρήση εγκεκριμένου υπολογιστικού προγράμματος. Προκειμένου να εκτελεστεί μια πιο στοχευμένη ανάλυση, στο τρίτο κεφάλαιο ορίζονται επακριβώς συγκεκριμένοι παράγοντες κατηγοριοποίησης και λαμβάνονται κάποιες γενικές παραδοχές προς ελάττωση και οριοθέτηση των υπό εξέταση περιπτώσεων κατοικίας.

### **3.1 Κατηγοριοποίηση κατοικιών**

Στο αρχικό στάδιο της προσομοίωσης εκτελέστηκε υπολογισμός των θερμικών απωλειών ανά περίπτωση κατοικίας με χρήση του υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./Κ.ΕΝ.Α.Κ. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε μια κατηγοριοποίηση των κατοικιών με βάση τους παράγοντες που αναφέρονται στη συνέχεια:

- Ο πρώτος παράγοντας κατηγοριοποίησης αφορά το μέγεθος της κατοικίας εκφρασμένη με το εμβαδόν με βάση το οποίο διακρίνονται οι εξής κατηγορίες κατοικίας:
  1. 0-40 m<sup>2</sup>
  2. 40-70 m<sup>2</sup>
  3. 70-100 m<sup>2</sup>
  4. 100-150 m<sup>2</sup>
  5. >150 m<sup>2</sup>
- Ο δεύτερος παράγοντας κατηγοριοποίησης αφορά το είδος του διαμερίσματος, διακρίνοντας τις εξής περιπτώσεις κατοικίας:
  1. Ισόγειο πολυκατοικίας
  2. Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή
  3. Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας

4. Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας
  5. Μονοκατοικία
- Ο τρίτος παράγοντας κατηγοριοποίησης αφορά τον διαχωρισμό σε ελεύθερο διαμέρισμα και σε διαμέρισμα το οποίο γειτονεύει με άλλα διαμερίσματα περιμετρικά του. Η διαφορά έγκειται στους υπολογισμούς των απωλειών θέρμανσης και ψύξης, καθώς όταν το διαμέρισμα γειτονεύει, κατά τους εν λόγω υπολογισμούς σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, μειώνονται οι θερμικές απώλειες λόγω γειτνίασης ορισμένων επιφανειών της κατοικίας με θερμαινόμενους χώρους.
  - Ο τέταρτος παράγοντας κατηγοριοποίησης αφορά την χρονολογία κατασκευής του διαμερίσματος, διακρίνοντας τρεις περιόδους:
    1. Εώς το 1979
    2. Από το 1979 εώς το 2010
    3. Από το 2010 εώς σήμερα
  - Ο πέμπτος παράγοντας κατηγοριοποίησης αφορά την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το διαμέρισμα, διαχωρίζοντας τις κατοικίες στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, οι οποίες περιγράφονται εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο.

### **3.2 Γενικές παραδοχές**

Στη συνέχεια αναφέρονται οι παραδοχές οι οποίες έγιναν κατά την χρήση του προγράμματος, προκειμένου αφενός να περιοριστούν οι παράμετροι εισαγωγής στο πρόγραμμα και αφετέρου να διευκολυνθούν οι υπολογισμοί των ενεργειακών απαιτήσεων και της οικονομοτεχνικής μελέτης.

Κατά την παρούσα διπλωματική εργασία, ελήφθησαν οι ακόλουθες παραδοχές:

1. Όλες οι κατοικίες, ανεξαρτήτως κατηγοριοποίησης, θεωρούμε ότι έχουν τετραγωνικές διαστάσεις και ύψος 2,8m.
2. Θεωρούμε ότι η κατοικία αποτελεί ενιαία θερμική ζώνη και δεν χωρίζεται σε επιμέρους θερμικές ζώνες.
3. Λαμβάνουμε ως αμελητέα την επίδραση του φωτισμού στις ενεργειακές απαιτήσεις τις κατοικίας (κτήριο πρωτογενούς τομέα) και ως εκ τούτου δεν γίνεται ανάλυση του φωτισμού στο πλαίσιο της εργασίας.
4. Κατά την ανάλυση δεν λαμβάνεται υπόψη η σκίαση και τυχόν παθητικά ηλιακά συστήματα του εκάστοτε τύπου κατοικίας. Για το λόγο αυτό, κατά τη χρήση του προγράμματος ο συντελεστής σκίασης ελήφθη ίσος με την μονάδα, θεωρώντας όλες τις εξωτερικές επιφάνειες φωτεινές ανεξαρτήτως προσανατολισμού.

5. Αναφορικά με την πρώτο παράγοντα κατηγοριοποίησης, ο οποίος αφορά το μέγεθος της κατοικίας εκφρασμένο με το εμβαδόν της, θεωρήσαμε ότι ανά κατηγορία μεγέθους προκύπτουν παραπλήσιες ενεργειακές απαιτήσεις. Με βάση αυτή την παραδοχή, υπολογίστηκαν με την βοήθεια του προγράμματος, οι ενεργειακές απαιτήσεις 4 μεγεθών κατοικίας, ήτοι:
- Τύποι κατοικίας 40 τετραγωνικών μέτρων
  - Τύποι κατοικίας 70 τετραγωνικών μέτρων
  - Τύποι κατοικίας 100 τετραγωνικών μέτρων
  - Τύποι κατοικίας 150 τετραγωνικών μέτρων
6. Ανεξαρτήτως του είδους της κατοικίας (δεύτερος παράγοντας κατηγοριοποίησης), θεωρούμε ότι χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά δαπέδου, οροφής, τοίχων και κουφωμάτων, τα οποία ελήφθησαν από τους αντίστοιχους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 και αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 3.1: Χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά αδιαφανών και διαφανών επιφανειών κατοικιών**

Τύπος επιφάνειας	Δομικό υλικό
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm), Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα
Δάπεδο	Με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ) και βάθος έδρασης ίσο με το μηδέν
Κουφώματα (τρεις περιπτώσεις)	Ξύλινα με μονό υαλοπίνακα
	Μεταλλικά χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα
	Μεταλλικά με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm

7. Για την περίπτωση των κουφωμάτων χρησιμοποιήθηκε ποσοστό πλαισίου 20% και προστατευτικά φύλλα για τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες, ενώ για την εξώπορτα χρησιμοποιήθηκε ποσοστό πλαισίου 40% χωρίς προστατευτικά φύλλα.
8. Στην περίπτωση του πρώτου ορόφου πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή θεωρούμε ότι υπάρχει είσοδος πολυκατοικίας, η οποία λαμβάνεται ως θερμαινόμενος χώρος με εμβαδόν ίσο με το 20% του εμβαδού της κατοικίας.
9. Σχετικά με τον διαχωρισμό σε ελεύθερες και γειτνιαζουσες κατοικίες, θεωρούμε ότι οι γειτνιαζουσες κατοικίες έχουν θερμαινόμενους χώρους γειτονικών κατοικιών στην ανατολική και δυτική πλευρά τους και ως εκ τούτου μηδενικές θερμικές απώλειες τοίχων και κουφωμάτων προς αυτές τις διευθύνσεις.
10. Αναφορικά με τον τέταρτο παράγοντα κατηγοριοποίησης, ο οποίος αφορά την χρονολογία κατασκευής του διαμερίσματος, έγινε διαχωρισμός σε τρεις περιόδους αντί για τέσσερις που αναφέρονται στην αναθεωρημένη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. του 2017 διότι



θεωρούμε ότι οι κατοικίες από το 2017 και μετά δεν έχουν πολύ μεγάλες διαφορές σε σύγκριση με τις κατοικίες από το 2010 και έπειτα. Κατά της χρήση του προγράμματος, ο διαχωρισμός γίνεται μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας, τοποθετώντας για το δάπεδο, την οροφή και τους τοίχους την επιλογή "Χωρίς θερμομονωτική προστασία" για να εξάγουμε τα αποτελέσματα για κατοικίες πριν το 1979, ενώ για κατοικίες πριν το 2010 διαλέγουμε την επιλογή "Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.". Για κατοικίες μετά το 2010 τοποθετούμε τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζονται από αντίστοιχους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας που χρησιμοποιήθηκαν ανά περίπτωση δομικού υλικού και περιόδου συνοψίζονται στους ακόλουθους πίνακες 3.2α και 3.2β:

**Πίνακας 3.2α: Συντελεστής θερμοπερατότητας χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών αδιαφανών και διαφανών επιφανειών κατοικιών πριν από 1979 και το 2010.**

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U) (W/m <sup>2</sup> *K)	
	Πριν το 1979	Πριν το 2010
	Χωρίς θερμομονωτική προστασία	Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ
Οροφή	3,05	0,95
Δάπεδο επί εδάφους	3,1	0,95
Δάπεδο πάνω από ανοιχτή πυλωτή (σε επαφή με αέρα)	2,75	0,9
Τοίχος	3,4	1
Κούφωμα ξύλινο με εξώφυλλα, ποσοστό πλαισίου 20% και μονό υαλοπίνακα	4,2	
Κούφωμα ξύλινο χωρίς εξώφυλλα, ποσοστό πλαισίου 40% και μονό υαλοπίνακα	4,3	
Κούφωμα μεταλλικό χωρίς θερμοδιακοπή με εξώφυλλα, ποσοστό πλαισίου 20% και μονό υαλοπίνακα	4,9	
Κούφωμα μεταλλικό χωρίς θερμοδιακοπή χωρίς εξώφυλλα, ποσοστό πλαισίου 40% και μονό υαλοπίνακα	6,2	
Κούφωμα μεταλλικό με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm, με εξώφυλλα και ποσοστό πλαισίου 20%	3,2	
Κούφωμα μεταλλικό με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm, χωρίς εξώφυλλα και ποσοστό πλαισίου 40%	3,5	

**Πίνακας 3.2β: Συντελεστής θερμοπερατότητας χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών αδιαφανών και διαφανών επιφανειών κατοικιών μετά το 2010.**

<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U) (W/m<sup>2</sup>*K) μετά το 2010</b>	Υοροφής	Υδαπέδου (σε επαφή με εξωτερικό αέρα)	Υδαπέδου (σε επαφή με έδαφος)	Υτοιχίου	Υκουφωμάτων
Κλιματική ζώνη Α	0,45	0,45	1,1	0,55	2,8
Κλιματική ζώνη Β	0,4	0,4	0,8	0,45	2,6
Κλιματική ζώνη Γ	0,35	0,35	0,65	0,4	2,4
Κλιματική ζώνη Α	0,3	0,3	0,6	0,35	2,2

# 4

## *Χρήση του υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./Κ.Εν.Α.Κ*

Λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες των τεχνικών οδηγιών και του νομοθετικού πλαισίου που διέπει την ενεργειακή αξιολόγηση κτηρίων, εισήχθησαν τα απαραίτητα δεδομένα στο υπολογιστικό πρόγραμμα του T.E.E./Κ.ΕΝ.Α.Κ. Με τη βοήθεια του εν λόγω προγράμματος προέκυψαν αφενός η ενεργειακή κλάση και αφετέρου οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης ανά περίπτωση κατοικίας. Οι εξαγόμενες ενεργειακές απαιτήσεις εισήχθησαν σε ένα υπολογιστικό φύλλο excel, προκειμένου να διευκολύνεται όχι μόνο η σύγκριση των τιμών αλλά και η χρήση αυτών στο επόμενο στάδιο της διπλωματικής εργασίας που αφορά την χρηματοοικονομική αποτίμηση παρεμβάσεων. Οι εν λόγω πίνακες των αποτελεσμάτων της ενεργειακής αξιολόγησης παρατίθενται στο Παράρτημα 1.

### **4.1 Περιγραφή προγράμματος**

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται ο τρόπος χρήσης του προγράμματος T.E.E./Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Αρχικά, εισάγονται στην πρώτη καρτέλα τα γενικά στοιχεία του κτηρίου, τα οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν την χρήση του κτηρίου, τα στοιχεία του ιδιοκτήτη, τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής στην οποία βρίσκεται και τις πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν τα δεδομένα. Για μεγαλύτερη σαφήνεια παρατίθεται η ακόλουθη εικόνα, η οποία δείχνει την πρώτη καρτέλα την οποία καλείται να συμπληρώσει ο χρήστης του προγράμματος.

Γενικά στοιχεία κτηρίου

Εισαγωγή στοιχείων

Χρήση κτηρίου:

Κτίριο Αριθμός:   Κτιριακή μονάδα Τίτλος:

ΚΑΕΚ:  Ιδιοκτησιακό καθεστώς:

Όνομα ιδιοκτήτη:  Ταχυδρομική διεύθυνση:

Υπεύθυνος:  Ονοματεπώνυμο:

Τηλέφωνο / Φαξ:  Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο:

Κατάσταση κατασκευής	Συνοπτική περιγραφή	Πηγή	Έτος Οικ. Αδ.	Έτος
▶				

Παλιό  Ριζ. ανακαινιζόμενο (Κ.Εν.Α.Κ.)  Νέο (Κ.Εν.Α.Κ.)  Ριζ. ανακαινιζόμενο (αναθ. Κ.Εν.Α.Κ.)  Νέο (αναθ. Κ.Εν.Α.Κ.)

Κλιματολογικά δεδομένα

Υψόμετρο πάνω από 500 (m) Ζώνη:

Πηγές δεδομένων

Αρχιτεκτονικά σχέδια  Φύλλο Συντήρησης Λέβητα  Φωτομετρικά αρχεία φωτιστικών σωμάτων, μελέτη φωτισμού

Η/Μ Σχέδια  Φύλλο Συντήρησης Συστήματος Κλιματισμού  Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Συστήματος Θέρμανσης

Τιμολόγια ενεργειακών καταναλώσεων  Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Συστήματος Κλιματισμού

Δελτία αποστολής ή τιμολόγια αγοράς υλικών  Πληροφορίες από Ιδιοκτήτη/Διαχειριστή

**Εικόνα 4.1:** Πρώτη καρτέλα προγράμματος – Γενικά στοιχεία κτηρίου

Στην καρτέλα αυτή εισήχθησαν κάποια εικονικά στοιχεία τα οποία δεν επηρεάζουν τα εξαγόμενα αποτελέσματα αλλά είναι απαραίτητα προκειμένου να τρέξει το πρόγραμμα. Αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία στην συγκεκριμένη καρτέλα είναι η επιλογή της περιοχής στην οποία βρίσκεται η κατοικία, καθόσον μέσω της επιλογής αυτής έγινε ο διαχωρισμός των κλιματικών ζωνών ανά τύπο και ανά μέγεθος κατοικίας. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε τύπο κατοικίας, διατηρώντας κάθε φορά τα ίδια χαρακτηριστικά αναφορικά με τους υπόλοιπους παράγοντες διαχωρισμού που αναφέρθηκαν ανωτέρω, αλλάζαμε στο πεδίο των κλιματολογικών δεδομένων την περιοχή της κατοικίας ώστε να προσομοιάσουμε τις κλιματικές συνθήκες των τεσσάρων κλιματικών ζωνών. Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιλέξαμε μια περιοχή από κάθε κλιματική ζώνη, κάνοντας την παραδοχή ότι οι κλιματικές συνθήκες είναι παραπλήσιες σε κάθε κλιματική ζώνη οπότε δεν θα υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων. Έτσι, επιλέχθηκαν τα Κύθηρα από την κλιματική ζώνη Α, η Αθήνα (Νέα Φιλαδέλφεια) από την κλιματική ζώνη Β, η Θεσσαλονίκη (Μίκρα) από την κλιματική ζώνη Γ και η Κοζάνη από την κλιματική ζώνη Δ.

Στη συνέχεια, στην υποκαρτέλα "Κτίριο", η οποία παρατίθεται στην εικόνα 4.2, εισάγονται τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν το μέγεθος της κατοικίας. Έτσι, στο πεδίο της συνολικής επιφάνειας και της ωφέλιμης επιφάνειας βάζουμε ένα από τα τέσσερα μεγέθη, που όπως προαναφέρθηκε αναλύθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, δηλαδή τα 40, τα 70, τα 100 ή τα 150 τετραγωνικά μέτρα. Ως ψυχόμενη επιφάνεια λαμβάνεται η μισή σε σχέση με τις προαναφερθείσες τιμές. Αντίστοιχα, για τα πεδία του όγκου πολλαπλασιάζουμε την εκάστοτε επιφάνεια με το ύψος της κατοικίας, το οποίο λαμβάνεται σταθερό στα 2,8 μέτρα. Επίσης, στο

πεδίο του αριθμού των ορόφων και του αριθμού των θερμικών ζωνών, εισάγεται η μονάδα διότι θεωρούμε ότι η κατοικία αποτελεί ενιαία θερμική ζώνη και δεν χωρίζεται σε μικρότερες θερμικές ζώνες. Τα υπόλοιπα πεδία τα αφήνουμε ως έχουν.

**Εικόνα 4.2:** Δεύτερη καρτέλα προγράμματος – Μέγεθος κτηρίου

Η επόμενη υποκαρτέλα προς συμπλήρωση είναι η καρτέλα "Ζώνη 1", στην οποία αρχικά επιλέγουμε στο πεδίο "Χρήση" την επιλογή "Μονοκατοικία, πολυκατοικία". Επιπλέον, στο πεδίο επιφάνεια εισάγουμε ένα από τα 4 μεγέθη που προαναφέρθηκαν αναλόγως για ποιο μέγεθος κατοικίας θέλουμε να τρέξει το πρόγραμμα. Για το πεδίο της ανοιγμένης θερμοχωρητικότητας ( $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{K}$ ), κάνουμε την παραδοχή ότι όλες οι κατοικίες είναι κατηγορίας 5 ( $280 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{K}$ ), βασιζόμενοι στο γεγονός ότι τα περισσότερα κτήρια στην Ελλάδα έχουν μεγάλη ποσότητα σκυροδέματος.

Ένα σημαντικό πεδίο είναι εκείνο που αφορά τη μέση κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ ), καθόσον σε αυτό βασίζεται ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων σε Ζ.Ν.Χ αναλόγως της κλιματικής ζώνης. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η μέση κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. για την περίπτωση της κατοικίας είναι  $27,38 \text{ m}^3/\text{έτος}/\text{υπνοδωμάτιο}$ . Οπότε κάνοντας την παραδοχή συγκεκριμένου αριθμού υπνοδωματίων αναλόγως του μεγέθους της κατοικίας, εισήχθησαν τα αντίστοιχα δεδομένα ανά περίπτωση όπως φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 4.1:** Μέση Κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ ) αναλόγως του μεγέθους της κατοικίας.

Μέγεθος Κατοικίας ( $\text{m}^2$ )	Αριθμός υπνοδωματίων	Μέση Κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ ),
40	1	27,38
70	2	54,76
100	3	82,14
150	4	109,52

Ένα εξίσου σημαντικό πεδίο, το οποίο αφορά τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης, είναι εκείνο της διείσδυσης αέρα από κουφώματα ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι η ποιότητα των κουφωμάτων εξαρτάται αφενός από τον συντελεστή θερμοπερατότητας και αφετέρου από την διεισδυτικότητα τους σε αέρα. Ο υπολογισμός της διείσδυσης του αέρα ανά περίπτωση κουφωμάτων έγινε με βάση τα στοιχεία που ελήφθησαν από τον πίνακα 2.13 της παρούσας διπλωματικής εργασίας (πίνακας 3.24 της τεχνικής οδηγίας), τα οποία συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα και πολλαπλασιάστηκαν με την επιφάνεια των αντίστοιχων κουφωμάτων προκειμένου να εισαχθεί η σωστή τιμή στο προαναφερθέν πεδίο.

**Πίνακας 4.2:** Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα χρησιμοποιούμενων κουφωμάτων.

Είδος κουφώματος	Διείσδυση αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ )	( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ )
Ξύλινο με μονό υαλοπίνακα	11,8	15,1
Μεταλλικό χωρίς θερμοδιακοπή με μονό υαλοπίνακα	7,4	8,7
Μεταλλικό με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm, κλάσης 3	1,4	

Για την περίπτωση κατοικιών μετά το 2010, κάναμε την παραδοχή ότι η διεισδυτικότητα του αέρα είναι η βέλτιστη των ανωτέρω κατηγοριών, δηλαδή  $1,4 (\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2)$ , μεταβάλλοντας μόνο τον συντελεστή θερμοπερατότητας αναλόγως της κλιματικής ζώνης μεταξύ των τιμών που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3.2β της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στην ακόλουθη εικόνα παρατίθεται η καρτέλα της ενεργειακής ζώνης, στην οποία όλα τα υπόλοιπα πεδία τα αφήνουμε ως έχουν.

**Εικόνα 4.3:** Τρίτη καρτέλα προγράμματος – Στοιχεία ενεργειακής ζώνης.

Η καρτέλα της ενεργειακής ζώνης περιλαμβάνει δύο υποκαρτέλες, μία για το κέλυφος και μία για τα συστήματα του κτηρίου. Η υποκαρτέλα του κελύφους χωρίζεται με τη σειρά της σε τρεις υποκαρτέλες που αφορούν τις αδιαφανείς επιφάνειες, τις επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος και τις αδιαφανείς επιφάνειες. Από την άλλη μεριά, η υποκαρτέλα των συστημάτων χωρίζεται σε τρεις υποκαρτέλες που αφορούν τη θέρμανση, τη ψύξη και το Z.N.X.

Η καρτέλα των αδιαφανών επιφανειών, η οποία παρατίθεται στην εικόνα 4.4, είναι αυτή στην οποία εισάγουμε τα αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, ήτοι τους τοίχους, την οροφή και το δάπεδο πάνω από ανοιχτή πυλωτή όπου υφίστανται αναλόγως του τύπου και της γειτνίασης ή μη της κατοικίας. Επιπλέον, στην καρτέλα των αδιαφανών επιφανειών εισάγεται ο προσανατολισμός  $\gamma$  (deg) και η κλίση  $\beta$  (deg), το εμβαδόν ( $m^2$ ) και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου σύμφωνα με τους πίνακες 3.1, 3.2α και 3.2β που παρατέθηκαν στην ενότητα των λαμβανόμενων παραδοχών σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σύμφωνα με την σύμβαση, για επιφάνεια με προσανατολισμό προς Βορά η τιμή είναι  $0^\circ$ , προς Ανατολή  $90^\circ$ , προς Νότο  $180^\circ$  και προς Δύση  $270^\circ$ . Η κλίση του δομικού στοιχείου, μετριέται μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ) περιοχής, οπότε ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση  $90^\circ$ , μια επίπεδη οροφή  $0^\circ$ , ενώ μια πυλωτή  $180^\circ$ . Οι συντελεστές  $a$  και  $\epsilon$  που φαίνονται στην εικόνα 4.4, εισάγονται αυτόματα από το πρόγραμμα όταν επιλέγουμε τα υλικά που αναφέρονται στον πίνακα 3.1. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται η παραδοχή ότι για τις κατοικίες με γειτνίαση, οι τοίχοι με προσανατολισμό προς την Ανατολή και προς τη Δύση θεωρούμε ότι έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους, οπότε δεν εισάγονται ως τοίχοι στο πρόγραμμα έτσι ώστε να μη ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς των ενεργειακών απαιτήσεων. Μια άλλη παραδοχή που κάνουμε είναι ότι θέτουμε τους συντελεστές σκίασης όλων των επιφανειών ίσους με την μονάδα, θεωρώντας ότι όλες οι επιφάνειες είναι το ίδιο φωτεινές.

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διακριτικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλικά

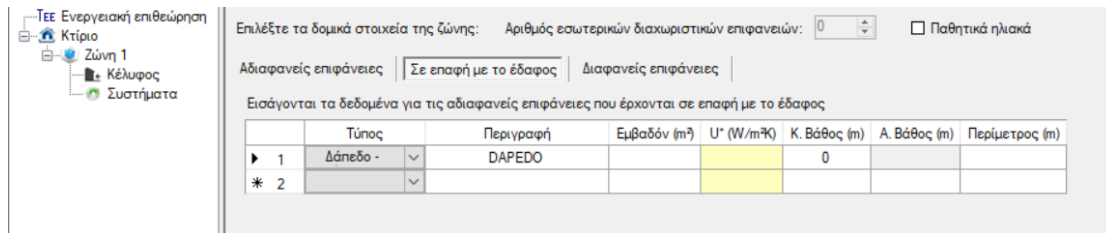
Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

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

	Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν ( $m^2$ )	$U^*$ (W/m <sup>2</sup> K)	$a^*$ (-)	$\epsilon^*$ (-)	$F_{hor,h}(-)$	$F_{hor,c}(-)$	$F_{ov,h}(-)$	$F_{ov,c}(-)$	$F_{fin,h}(-)$	$F_{fin,c}(-)$
1	Τοίχος	T1	0	90			0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
2	Τοίχος	T3	90	90			0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
3	Τοίχος	T1	180	90			0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
4	Τοίχος	T1	270	90			0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
5	Οροφή	O		0			0.65	0.80	1	1	1	1	1	1
6	Πυλωτή	Π		180			0.65	0.80	1	1	1	1	1	1
* 7														

**Εικόνα 4.4:** Υποκαρτέλα αδιαφανών επιφανειών κατοικίας.

Στην υποκαρτέλα "Σε επαφή με το έδαφος" (εικόνα 4.5) εισάγεται, για την περίπτωση της μονοκατοικίας και του ισογείου, το δάπεδο της κατοικίας. Επιπροσθέτως εισάγονται το εμβαδόν, η περίμετρος και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σύμφωνα με τους πίνακες 3.2α και 3.2β, λαμβάνοντας μηδενικό βάθος έδρασης.



**Εικόνα 4.5:** Υποκαρτέλα επιφανειών κατοικίας σε επαφή με το έδαφος.

Στην υποκαρτέλα των διαφανών επιφανειών, η οποία φαίνεται στην εικόνα 4.6, εισάγονται τα κουφώματα της εκάστοτε κατοικίας. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε κούφωμα εισάγεται ο προσανατολισμός, η κλίση, το εμβαδόν τους, ο τύπος τους και τέλος ο συντελεστής θερμοπερατότητας και ο συντελεστής g. Η κλίση όλων των κουφωμάτων είναι 90° ενώ οι συντελεστές σκίασης λαμβάνονται όλοι ίσοι με τη μονάδα όπως και στις αδιαφανείς επιφάνειες. Για λόγους διευκόλυνσης των υπολογισμών αλλά και περιορισμού των πολλών διαφορετικών περιπτώσεων κατοικίας, γίνεται αφενός η παραδοχή ότι όλα τα κουφώματα, αναλόγως του είδους τους (μπαλκονόπορτα, παράθυρο ή εξώπορτα), έχουν σταθερό μέγεθος και αφετέρου μια δεύτερη παραδοχή ότι όλες οι κατοικίες που έχουν το ίδιο μέγεθος εκφρασμένο σε τετραγωνικά, έχουν συγκεκριμένο αριθμό κουφωμάτων και με συγκεκριμένο προσανατολισμό. Αναφορικά με το μέγεθος των κουφωμάτων, έχουμε:

- Όλα τα παράθυρα έχουν διαστάσεις 1,20m \* 1,40m (Εμβαδόν=1,68m<sup>2</sup>)
- Όλες οι μπαλκονόπορτες έχουν διαστάσεις 1,20m \* 2,20m (Εμβαδόν=2,76m<sup>2</sup>)
- Όλες οι εξώπορτες έχουν διαστάσεις 1m \* 2,20m (Εμβαδόν=2,20m<sup>2</sup>)

Το εμβαδόν του κάθε κουφώματος πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή διεισδυτικότητας, που αναφέρθηκε προηγουμένως, προκειμένου να υπολογιστεί η συνολική διείσδυση αέρα από τα ανοίγματα κάθε κατοικίας, η οποία εισάγεται στην καρτέλα της ενεργειακής ζώνης. Στο πεδίο του τύπου του κουφώματος εισάγονται οι τρεις περιπτώσεις κουφωμάτων που αναφέρονται στον πίνακα 3.1, με τους αντίστοιχους συντελεστές θερμοπερατότητας που αναφέρονται στους πίνακες 3.2α και 3.2β. Ο συντελεστής g εισάγεται αυτόματα από το πρόγραμμα, αναλόγως του επιλεγμένου τύπου κουφώματος. Στη συνέχεια παρατίθεται ένας πίνακας που συνοψίζει τον αριθμό και τον προσανατολισμό των κουφωμάτων συναρτήσει του μεγέθους της εκάστοτε κατοικίας:



**Πίνακας 4.3:** Πίνακας συσχετισμού μεγέθους κατοικίας και αριθμού χρησιμοποιούμενων κουφωμάτων.

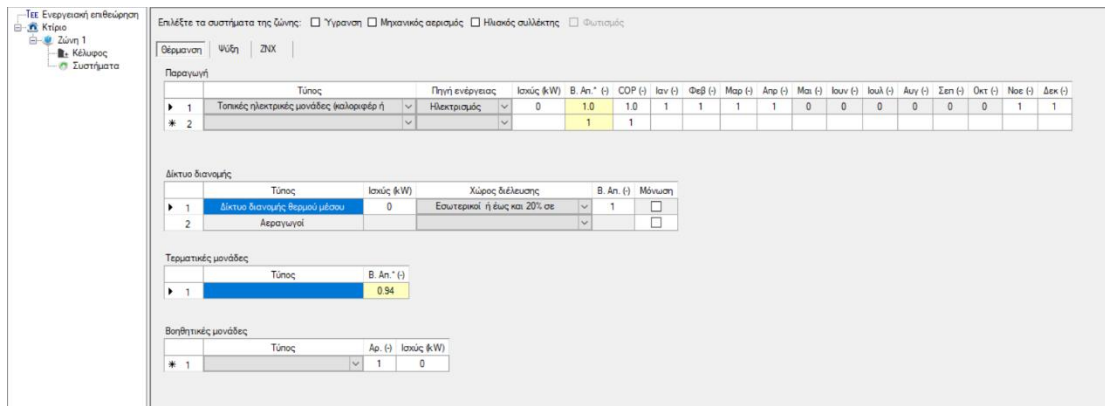
Μέγεθος κατοικίας (m <sup>2</sup> )	Είδος και αριθμός κουφωμάτων	Προσανατολισμοί (deg)
40	3 παράθυρα	90, 180, 270
	1 μπαλκονόπορτα	0
	1 εξώπορτα	0
70	3 παράθυρα	90, 180, 270
	1 μπαλκονόπορτα	0
	1 εξώπορτα	0
100	4 παράθυρα	0, 90, 180, 270
	2 μπαλκονόπορτες	90, 180
	1 εξώπορτα	0
150	5 παράθυρα	0, 90, 180 (x2), 270
	3 μπαλκονόπορτες	90, 180, 270
	1 εξώπορτα	0

Ομοίως με πριν, σημειώνεται η παραδοχή ότι για τις κατοικίες με γειτνίαση, οι τοίχοι με προσανατολισμό προς την Ανατολή και προς τη Δύση θεωρούμε ότι έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους, οπότε δεν εισάγονται τα αντίστοιχα κουφώματά τους στο πρόγραμμα, έτσι ώστε να μη ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς των ενεργειακών απαιτήσεων.

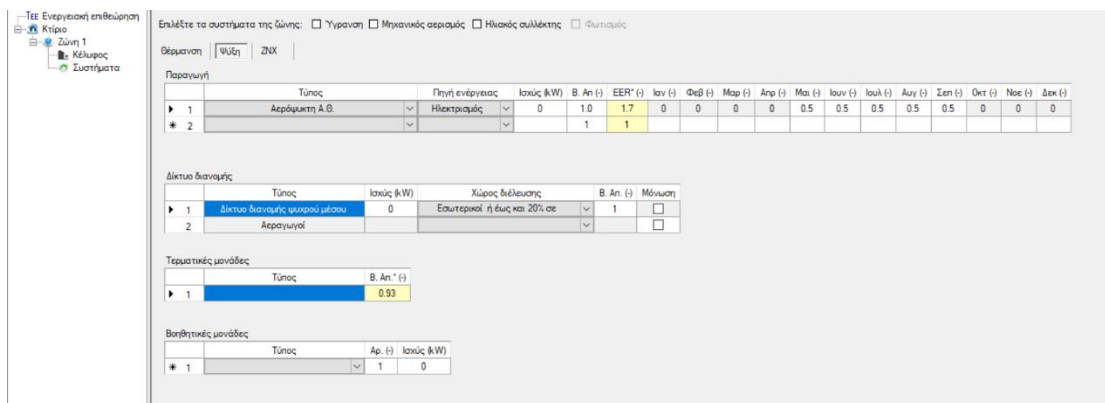
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m <sup>2</sup> K)	g <sub>w</sub> (t)	F <sub>hor,h</sub> (t)	F <sub>hor,c</sub> (t)	F <sub>av,h</sub> (t)	F <sub>av,c</sub> (t)	F <sub>j</sub>
1	Αναγόμενο κούρμα	ΜΠΑΛΚΟΝΟΠΟΡΤΑ	90	2.76				1	1	1	1	
2	Αναγόμενο κούρμα	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	90	1.68				1	1	1	1	
3	Αναγόμενο κούρμα	ΕΞΩΠΟΡΤΑ	90	2.20				1	1	1	1	
* 4												

**Εικόνα 4.6:** Υποκαρτέλα διαφανών επιφανειών κατοικίας.

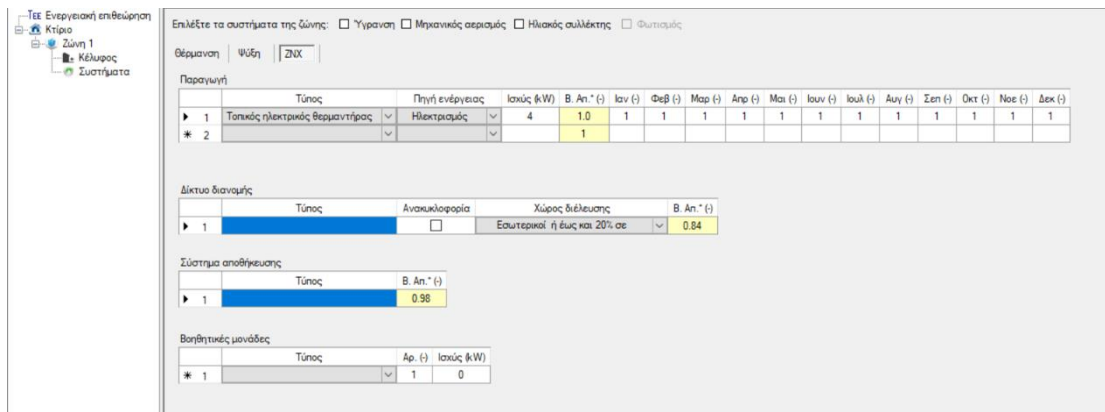
Στις υποκαρτέλες των συστημάτων της ενεργειακής ζώνης, που αφορούν την θέρμανση, τη ψύξη και το Z.N.X., εισάγουμε τα χαρακτηριστικά των θεωρητικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και Z.N.X αντίστοιχα, σύμφωνα με τις οδηγίες του προγράμματος. Τα εν λόγω χαρακτηριστικά φαίνονται στις εικόνες 4.7 έως 4.9. Ο λόγος για τον οποίο δεν προσαρμόσαμε τα χαρακτηριστικά των συστημάτων στις ανάγκες της εκάστοτε κατοικίας, αλλά χρησιμοποιήσαμε το ίδιο θεωρητικό μοντέλο για όλες τις κατοικίες, είναι διότι στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν μας ενδιαφέρει ο ακριβής υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης του εκάστοτε συστήματος αλλά ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας. Εφόσον, λοιπόν, η επιλογή των συστημάτων δεν επηρεάζει τις ενεργειακές απαιτήσεις, οι οποίες εξαρτώνται μόνο από το μέγεθος, τα δομικά υλικά και την τοποθεσία της κατοικίας, εισάγουμε τα θεωρητικά συστήματα όπως υποδεικνύει το πρόγραμμα προκειμένου να τρέξει και να εξάγει αποτελέσματα.



**Εικόνα 4.7: Θεωρητικό σύστημα θέρμανσης κατοικίας.**



**Εικόνα 4.8: Θεωρητικό σύστημα ψύξης κατοικίας.**



**Εικόνα 4.9: Θεωρητικό σύστημα Z.N.X. κατοικίας.**

## 4.2 Αποτελέσματα ενεργειακής αξιολόγησης ανά περίπτωση

Μετά από πολυάριθμες εκτελέσεις του προγράμματος, προέκυψαν τα αποτελέσματα της ενεργειακής αξιολόγησης, από τα οποία εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται στο 6ο Κεφάλαιο. Για λόγους καλύτερης εποπτείας και οργάνωσης, οι πίνακες των αποτελεσμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα 1 της διπλωματικής εργασίας.

Οι πίνακες έχουν έναν αρχικό διαχωρισμό ως προς το μέγεθος της κατοικίας, εφόσον έχουμε λάβει ως παραδοχή την ανάλυση συγκεκριμένων προαναφερθέντων μεγεθών κατοικίας. Στη συνέχεια, για κάθε μέγεθος υπάρχουν πίνακες ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης, ψύξης και Z.N.X. Ο πίνακας που αφορά το Z.N.X. είναι ένας για κάθε μέγεθος κατοικίας και οι τιμές του μεταβάλλονται μόνο συναρτήσεις της κλιματικής ζώνης. Αντιθέτως, ανά μέγεθος κατοικίας παρατίθενται 4 πίνακες ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και 4 πίνακες ενεργειακών απαιτήσεων ψύξης. Από τους 4 πίνακες, αντιστοίχως της θέρμανσης και της ψύξης, οι 3 πρώτοι αφορούν τις περιόδους πριν το 1979 και πριν το 2010, περιλαμβάνουν τιμές αναλόγως κλιματικής ζώνης, περιόδου, είδους κατοικίας, γειτνίασης ή μη και η μόνη διαφοροποίηση μεταξύ τους είναι τα χρησιμοποιούμενα κουφώματα. Υπενθυμίζεται ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναλύονται τρεις περιπτώσεις κουφωμάτων, οι οποίες έχουν αναφερθεί προηγουμένως για τις περιόδους πριν το 2010. Οι τελευταίοι 2 πίνακες ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης αφορούν την περίοδο μετά το 2010 και επίσης περιλαμβάνουν τιμές ανά κλιματική ζώνη, ανά είδος κατοικίας και αναλόγως αν υπάρχει γειτνίαση ή όχι. Μια πολύ σημαντική διευκρίνιση είναι ότι όλες οι προαναφερθείσες τιμές έχουν ως μονάδα μέτρησης kWh/m<sup>2</sup> και αφορούν τις ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις.

Τέλος, για κάθε ξεχωριστό μέγεθος κατοικίας, οι τιμές των ανωτέρω πινάκων συνδυάζονται ώστε να προκύψουν οι συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και Z.N.X. διαχωρίζοντας πάλι τις τιμές με την ανωτέρω κατηγοριοποίηση κατοικιών, αλλά κάνοντας την μετατροπή της μονάδας μέτρησης σε kWh.

Παρατηρώντας το πλήθος και το μέγεθος των πινάκων, γίνεται αντιληπτό, ότι η εν λόγω προσομοίωση είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, καθόσον για κάθε τιμή απαιτείται και ξεχωριστή εκτέλεση του προγράμματος, αλλά ταυτόχρονα είναι πολύ επικερδής διαδικασία διότι δίνει τη δυνατότητα να καταστεί σαφής και κατανοητός ο τρόπος και ο βαθμός στον οποίο οι επιμέρους παράγοντες επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κατοικιών.

# 5

## *Χρηματοοικονομική αποτίμηση βελτιωτικών παρεμβάσεων*

Στον 5ο κεφάλαιο αρχικά αναλύονται συγκεκριμένες παρεμβάσεις βελτίωσης των κατοικιών προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές τους απαιτήσεις και παρατίθεται το συνεπακόλουθο κόστος αυτών των παρεμβάσεων. Ακολούθως, χρησιμοποιούνται οι τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων που προέκυψαν από την προσομοίωση που περιγράφεται στα προηγούμενα κεφάλαια και εισάγονται επιπλέον στο ίδιο υπολογιστικό πρόγραμμα excel, οι εξισώσεις υπολογισμού εξοικονόμησης και απόσβεσης ανά παρέμβαση, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια. Με αυτό τον τρόπο εκπονήθηκε μια χρηματοοικονομική αποτίμηση του κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων με βάση την ετήσια εξοικονόμηση και την περίοδο απόσβεσης. Στο τέλος του κεφαλαίου, διενεργείται μια διαδικασία επιλογής του βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων, βάσει καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου (budget) και παρουσιάζεται μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα.

### **5.1 Ορισμός παρεμβάσεων**

Για την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων και των ετήσιων εξόδων των κατοικιών επιλέχθηκαν προς ανάλυση πέντε βελτιωτικές παρεμβάσεις. Ως βασικοί γνώμονες για την επιλογή των συγκεκριμένων παρεμβάσεων, ελήφθησαν αφενός το πλήθος εφαρμογής αυτών και αφετέρου η σύγχρονες τάσεις που επιλέγουν τα περισσότερα νοικοκυριά. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη παρέμβαση που αναλύεται είναι η χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα έναντι του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Είναι ευρέως γνωστό ότι η σύγχρονη τάση στον τομέα της ενέργειας είναι η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κυρίως για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο, ως δεύτερη παρέμβαση αναλύεται η χρήση φωτοβολταϊκών, προκειμένου να αναδειχθεί η αξία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και για την εξοικονόμηση χρημάτων, πέραν της περιβαλλοντικής πολιτικής. Η τρίτη παρέμβαση που αναλύεται αφορά την θέρμανση των κατοικιών και περιλαμβάνει την αντικατάσταση του

παλαιού λέβητα πετρελαίου με αντίστοιχους λέβητες πετρελαίου υψηλότερης απόδοσης, λέβητες αερίου, κλιματιστικά inverter ή αντλίες θερμότητας. Κατόπιν, παρουσιάζεται η τέταρτη παρέμβαση που αφορά την ψύξη των κατοικιών κατά τη θερινή περίοδο και περιλαμβάνει την αντικατάσταση των παλαιού τύπου κλιματιστικών με κλιματιστικά inverter ή αντλίες θερμότητας. Τέλος, στην τελευταία παρέμβαση, αναδεικνύεται η αξία της εγκατάστασης θερμομόνωσης και της αναβάθμισης των κουφωμάτων της κατοικίας. Ωστόσο, η πέμπτη παρέμβαση παρουσιάζεται μόνο για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις στις οποίες πρόκειται στη συνέχεια να εφαρμοστεί το μοντέλο του βέλτιστης επιλογής, καθώς σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν εκ νέου όλες οι εκτελέσεις του προγράμματος που έγιναν στο προηγούμενο κεφάλαιο, κάτι που ξεφεύγει από τον στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

### **5.1.1 Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα**

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού της εξοικονόμησης σε ευρώ που επιτυγχάνεται με την χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα σε σύγκριση με τον ηλεκτρικό, και της απόσβεσης σε έτη του κόστους εγκατάστασης. Αρχικά, πρέπει να σημειωθεί ότι λαμβάνονται δύο πολύ σημαντικές παραδοχές κατά τους υπολογισμούς:

- Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για το Z.N.X., σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, λαμβάνεται ίση με 0,2 €/kWh.
- Θεωρούμε ότι το 70% του έτους επικρατεί αρκετή ηλιοφάνεια ώστε να εξυπηρετείται η χρήση του ηλιακού θερμοσίφωνα, ενώ το 30% του έτους έχει συννεφιά οπότε οι κάτοικοι θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα.

Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα εξαρτάται από τα λίτρα της χωρητικότητας του και επομένως, κατ' επέκταση, είναι άμεσα συνυφασμένο με τον αριθμό ατόμων και υπνοδωματίων μιας κατοικίας. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα για τα τέσσερα μεγέθη κατοικιών που αναλύονται στην παρούσα διπλωματική εργασία, λαμβάνοντας υπόψη την παραδοχή του αριθμού υπνοδωματίων ανά μέγεθος κατοικίας που ορίστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

**Πίνακας 5.1:** Αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα ανά κατηγορία κατοικίας.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΙΚΙΑΣ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ	ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚ/ΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ (τιμές καθαρές ανευ ΦΠΑ)
0-40 m <sup>2</sup>	1	500
40-70 m <sup>2</sup>	2	550
70-100 m <sup>2</sup>	3	750
100 -150 m <sup>2</sup>	4	1100

Με βάση τα ανωτέρω, στη συνέχεια παρατίθενται οι σχέσεις υπολογισμού της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα και της απόσβεσης σε έτη.

- Εξοικονόμηση [ $H'(x)$ ] σε (€) :

$$H'(x) = E(x) * 0,2 * 0,7 \quad [\text{Σχέση 5.1}]$$

Όπου:

- $E(x)$ : η ετήσια ενεργειακή απαίτηση σε kWh για Z.N.X. ανά περίπτωση κατοικίας, η οποία λαμβάνεται από τους πίνακες των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του προηγούμενου κεφαλαίου.
- 0,2 € η τιμή ανά kWh
- 0,7 το ποσοστό χρήσης του ηλιακού θερμοσίφωνα ανά έτος.
- Απόσβεση [ $A(x)$ ] σε έτη:

$$A(x) = AK/H'(x) \quad [\text{Σχέση 5.2}]$$

Όπου AK το αρχικό κόστος, το οποίο λαμβάνεται από τον πίνακα 5.1 ανά κατηγορία μεγέθους.

### 5.1.2 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης από τη χρήση φωτοβολταϊκών χρειαζόμαστε τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας των κατοικιών. Ωστόσο, με την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε, υπολογίστηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης, ψύξης και Z.N.X των κατοικιών. Για να βρεθούν οι απαιτούμενες ηλεκτρικές kWh, αξιοποιήθηκαν στοιχεία που ελήφθησαν από την ΕΛΣΤΑΤ, με βάση τα οποία υπολογίστηκε μια μέση ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται ανά κατηγορία μεγέθους κατοικίας. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ελήφθη ίση με 0,2 €/kWh, όπως και στην πρώτη παρέμβαση. Επιπροσθέτως, κατά τους υπολογισμούς εξοικονόμησης λαμβάνεται η παραδοχή ότι τα φωτοβολταϊκά καλύπτουν το σύνολο της απαιτούμενης ενέργειας του εκάστοτε νοικοκυριού. Τα ανωτέρω μαζί με το αρχικό

κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με βάσει τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.2: Ετήσιες ηλεκτρικές ανάγκες νοικοκυριών και αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης Φ/Β ανά κατηγορία κατοικίας.**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΙΚΙΑΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ E(x) (kWh)	ΙΣΧΥΣ Φ/Β (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (€)
0-40 m <sup>2</sup>	2500	2	4000
40-70 m <sup>2</sup>	3500	3	5000
70-100 m <sup>2</sup>	4000	5	7000
100-150 m <sup>2</sup>	5500	8	9500

Με βάση τα ανωτέρω, στη συνέχεια παρατίθενται οι σχέσεις υπολογισμού της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με τη χρήση φωτοβολταϊκών και της απόσβεσης σε έτη.

- Εξοικονόμηση [H'(x)] σε (€) :

$$H'(x) = E(x) * 0,2 \quad [\text{Σχέση 5.3}]$$

Όπου:

- E(x): η ετήσια απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά κατηγορία μεγέθους κατοικίας, η οποία λαμβάνεται από το πίνακα 5.2.
- 0,2 € η τιμή ανά kWh.
- Η απόσβεση [A(x)] σε έτη υπολογίζεται από την σχέση 5.2 με τον ίδιο τρόπο όπως και στην πρώτη παρέμβαση, με την διαφορά ότι το αρχικό κόστος λαμβάνεται από τον πίνακα 5.2.

### 5.1.3 Παρεμβάσεις αναβάθμισης συστήματος θέρμανσης

Αναφορικά με την τρίτη περίπτωση παρέμβασης που αφορά το σύστημα θέρμανσης, εξετάζεται η αντικατάσταση του παλαιού τύπου λέβητα με λέβητα υψηλής απόδοσης, λέβητα αερίου, κλιματιστικά inverter ή αντλία θερμότητας.

Πιο συγκεκριμένα λαμβάνουμε ως παραδοχή ότι οι εξεταζόμενες κατοικίες έχουν παλαιού τύπου λέβητα, του οποίου η απόδοση διαφοροποιείται αναλόγως της χρονολογίας κατασκευής σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 5.3, στον οποίο επιπροσθέτως παρατίθεται μια μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται κατά τους υπολογισμούς.

**Πίνακας 5.3:** Συντελεστής απόδοσης λέβητα πετρελαίου συναρτήσει της χρονολογίας κατασκευής.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΤ/ΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (€/lt)
<1979	0,6	1,20
1979<...<2010	0,8	
>2010	0,95	

Επομένως ως πρώτη μορφή παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης εξετάζεται η αντικατάσταση των λεβήτων που είναι κατασκευασμένοι πριν το 2010 με λέβητες υψηλής απόδοσης 0,95%. Ο υπολογισμός της εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες γίνεται κάνοντας χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$H'(x) = \left( \frac{(E(x) * \frac{1,2}{11,9})}{n} \right) - \left( \frac{(E(x) * \frac{1,2}{11,9})}{n'} \right) \quad [\text{Σχέση 5.4}]$$

Όπου:

- E(x): οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση ανά κατοικία, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- 1,2 είναι η τιμή σε € ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης.
- 11,9 λαμβάνεται η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης (kWh/lt).
- n'=0,95 είναι ο βαθμός απόδοσης του νέου λέβητα πετρελαίου.
- n, λαμβάνεται ίσο με 0,6 ή 0,8 αναλόγως του έτους κατασκευής της κατοικίας και κατ' επέκταση του λέβητα πετρελαίου.

Ως δεύτερη μορφή παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης εξετάζεται η αντικατάσταση του παλαιού τύπου λέβητα με λέβητα αερίου. Ο υπολογισμός της εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες γίνεται κάνοντας χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$H'(x) = \left( \frac{(E(x) * \frac{1,2}{11,9})}{n} \right) - \left( \frac{(E(x) * 0,09)}{n'} \right) \quad [\text{Σχέση 5.5}]$$

Όπου:

- E(x): οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση ανά κατοικία, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- 1,2 είναι η τιμή σε € ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης.
- 11,9 λαμβάνεται η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης (kWh/lt).
- 0,09 λαμβάνεται η τιμή σε €/kWh για το φυσικό αέριο.



- $n'=0,98$  είναι ο βαθμός απόδοσης του λέβητα αερίου.
- $n$ , λαμβάνεται ίσο με 0,6 ή 0,8 αναλόγως του έτους κατασκευής της κατοικίας και κατ' επέκταση του λέβητα πετρελαίου.

Ως τρίτη μορφή παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης παρουσιάζεται η χρήση κλιματιστικών inverter, για τα οποία ομοίως υπολογίζεται η εξοικονόμηση σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου χαμηλής απόδοσης. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των κλιματιστικών, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, λαμβάνεται ίση με 0,2 €/kWh. Ως παραδοχή λαμβάνεται ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης SEER των κλιματιστικών ίσος με 2 για την θέρμανση. Στη συνέχεια παρατίθεται η σχέση με την οποία υπολογίζεται η εξοικονόμηση σε αυτή την περίπτωση:

$$H'(x) = \left( \frac{(E(x) * \frac{1,2}{11,9})}{n} \right) - \left( \frac{E(x) * 0,2}{2} \right) \quad [\text{Σχέση 5.6}]$$

Όπου:

- $E(x)$ : οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση ανά κατοικία, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- 1,2 είναι η τιμή σε € ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης.
- 11,9 λαμβάνεται η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης (kWh/l).
- $n$ , λαμβάνεται ίσο με 0,6 ή 0,8 αναλόγως του έτους κατασκευής της κατοικίας και κατ' επέκταση του λέβητα πετρελαίου.
- 2, λαμβάνεται ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης SEER των κλιματιστικών για την χειμερινή περίοδο.
- 0,2 € η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh.

Η τελευταία μορφή παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης που εξετάζεται είναι η αντλία θερμότητας. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, λαμβάνεται ίση με 0,2 €/kWh. Ως παραδοχή λαμβάνεται ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης SEER της αντλίας θερμότητας ίσος με 5 για την θέρμανση, καθώς σε αυτή την τιμή κυμαίνονται οι πιο σύγχρονες αντλίες θερμότητας. Η εξοικονόμηση σε χρηματικές μονάδες για αυτή την περίπτωση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$H'(x) = \left( \frac{(E(x) * \frac{1,2}{11,9})}{n} \right) - \left( \frac{E(x) * 0,2}{5} \right) \quad [\text{Σχέση 5.7}]$$

Όπου:

- E(x): οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση ανά κατοικία, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- 1,2 είναι η τιμή σε € ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης.
- 11,9 λαμβάνεται η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης (kWh/l).
- n, λαμβάνεται ίσο με 0,6 ή 0,8 αναλόγως του έτους κατασκευής της κατοικίας και κατ' επέκταση του λέβητα πετρελαίου.
- 5, λαμβάνεται ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης SEER της αντλίας θερμότητας για την χειμερινή περίοδο.
- 0,2 € η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh.

Αφού υπολογιστεί η εξοικονόμηση ανά περίπτωση παρέμβασης, υπολογίζεται η απόσβεση σε έτη σύμφωνα με την σχέση 5.2, λαμβάνοντας το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, αναλόγως του μεγέθους της κατοικίας και του είδους της παρέμβασης, από τον πίνακα 5.4 που παρατίθεται στη συνέχεια. Στον εν λόγω πίνακα, αξίζει να σημειωθεί, ότι για την περίπτωση των κλιματιστικών inverter, κάτω από το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης που λαμβάνεται ανά κατηγορία μεγέθους, αναφέρονται μέσα σε παρένθεση ο αριθμός και η ισχύς σε btu των χρησιμοποιούμενων κλιματιστικών. Ομοίως για την περίπτωση της αντλίας θερμότητας, κάτω από το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, αναφέρονται οι αντίστοιχες τιμές ισχύος σε kW. Αιτείται ληφθεί υπόψη ότι όπως και στις προηγούμενες παρεμβάσεις οι τιμές κόστους λαμβάνονται ως μέσες τιμές των πιο πρόσφατων τιμών της αγοράς.

**Πίνακας 5.4:** Αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης συστημάτων θέρμανσης ανά περίπτωση παρέμβασης και κατηγορία μεγέθους.

ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚ/ΣΗΣ 0-40 τμ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚ/ΣΗΣ 40 – 70 τμ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚ/ΣΗΣ 70 - 100 τμ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚ/ΣΗΣ 100-150 τμ (€)
ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	250	450	550	750
ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΠΙΤΟΙΧΙΟΣ ΑΕΡΙΟΥ	950	1200	1300	1500
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ INVERTER	700 (2x9000 btu)	1000 (3x9000 btu)	1400 (3x9000 btu 1x12000 btu)	1950 (3x9000 btu 1x12000 btu 1x12000 btu)
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	2750 (4kW)	4000 (5kW)	6500 (7kW)	8000 (12kW)

#### 5.1.4 Παρεμβάσεις αναβάθμισης συστήματος ψύξης

Η τέταρτη περίπτωση παρέμβασης αφορά το σύστημα ψύξης και περιλαμβάνει την αντικατάσταση των κλιματιστικών παλαιάς τεχνολογίας με κλιματιστικά inverter ή αντλία θερμότητας.

Πιο συγκεκριμένα λαμβάνουμε ως παραδοχή ότι οι εξεταζόμενες κατοικίες έχουν παλαιού τύπου κλιματιστικά, των οποίων ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης SEER λαμβάνεται ίσος με 1,5. Αντίστοιχα, ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης SEER κατά την θερινή περίοδο λαμβάνεται ίσος με 3 για τα κλιματιστικά inverter και 5 για την αντλία θερμότητας. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας ή των κλιματιστικών, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, λαμβάνεται ίση με 0,2 €/kWh. Η εξίσωση από την οποία προκύπτει η εξοικονόμηση ανά περίπτωση παρέμβασης είναι η ακόλουθη:

$$H'(x) = \left( \frac{E(x)*0,2}{SEER} \right) - \left( \frac{E(x)*0,2}{SEER'} \right) \quad [\text{Σχέση 5.8}]$$

Όπου:

- E(x): οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για ψύξη ανά κατοικία, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- SEER, είναι ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης των κλιματιστικών παλαιάς τεχνολογίας και λαμβάνεται ίσος με 1,5.
- SEER', είναι ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης της εκάστοτε παρέμβασης ψύξης και λαμβάνεται κατά τη θερινή περίοδο ίσος με 3 για τα κλιματιστικά inverter και 5 για την αντλία θερμότητας.
- 0,2 € η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh.

Αφού υπολογιστεί η εξοικονόμηση ανά περίπτωση παρέμβασης, υπολογίζεται η απόσβεση σε έτη σύμφωνα με την σχέση 5.2, λαμβάνοντας το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, αναλόγως του μεγέθους της κατοικίας και του είδους της παρέμβασης, από τον πίνακα 5.4.

#### 5.1.5 Εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων

Η πέμπτη παρέμβαση που αναλύεται περιλαμβάνει δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος είναι η εφαρμογή θερμομόνωσης σε τοίχους και οροφές, δεδομένου ότι οι κατοικίες που είναι κατασκευασμένες πριν το 1979 δεν έχουν θερμομόνωση, ενώ οι κατοικίες που είναι κατασκευασμένες από το 1979 έως το 2010, θεωρείται ότι έχουν ανεπαρκή θερμομόνωση. Το δεύτερο σκέλος της παρέμβασης αφορά την αντικατάσταση των ξύλινων και των μεταλλικών

κουφωμάτων με μονό τζάμι που συναντώνται σε πολλές παλαιές κατοικίες, με νέα ενεργειακά κουφώματα, με πολύ χαμηλότερους συντελεστές θερμοπερατότητας και αεροπερατότητας.

Ωστόσο, η εκτέλεση της προσομοίωσης εκ νέου για όλες τις περιπτώσεις κατοικίας που αναλύονται στην διπλωματική εργασία, εφαρμόζοντας θερμομόνωση και αντικαθιστώντας τα παλαιά κουφώματα, θα αποτελούσε μια ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία που δε θα εξυπηρετούσε το στόχο της εργασίας. Για αυτό το λόγο, επιλέχθηκαν συγκεκριμένες περιπτώσεις κατοικίας, για τις οποίες εκτελέστηκε ο υπολογισμός της εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες και της απόσβεσης σε έτη, κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης ή αντικατάστασης κουφωμάτων. Οι περιπτώσεις κατοικιών, όπου πραγματοποιήθηκε η ανάλυση, παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.5:** Περιπτώσεις κατοικιών όπου μελετάται η εφαρμογή θερμομόνωσης και η αντικατάσταση κουφωμάτων.

A/A	Τύπος	Κλιματική ζώνη	Μέγεθος (m <sup>2</sup> )	Χρονολογία κατασκευής	Κουφώματα
Case study 1	Μονοκατοικία	Δ	100	<1979	Ξύλινα με μονό τζάμι
Case study 2	Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας	B	70	1979<...<2010	Μεταλλικά με μονό τζάμι
Case study 3	Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας	A	40	<1979	Ξύλινα με μονό τζάμι

Για των υπολογισμό του ετήσιου κόστους θέρμανσης και ψύξης, λαμβάνεται ως παραδοχή ότι και οι τρεις περιπτώσεις κατοικίας είναι χωρίς γειτνίαση, εξετάζοντας τις χειρίστες περιπτώσεις. Επίσης, διαθέτουν ως σύστημα θέρμανσης λέβητα χαμηλής απόδοσης και ως σύστημα ψύξης κλιματιστικά παλαιάς τεχνολογίας με τους συντελεστές απόδοσης και τις τιμές πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παρεμβάσεις.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες, χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$H'(x) = (E\theta(x) - E\theta'(x)) \left( \frac{1,2}{n} \right) + (E\psi(x) - E\psi'(x)) \left( \frac{0,2}{SEER} \right) \quad [\text{Σχέση 5.9}]$$

Όπου:

- $E\theta(x)$ : οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση πριν την εφαρμογή της παρέμβασης, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του

Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.

- $E\theta'(x)$ : οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για θέρμανση μετά την εφαρμογή της παρέμβασης, οι οποίες προκύπτουν από την εκ νέου εκτέλεση του προγράμματος T.E.E./Κ.Εν.Α.Κ.
- $E\psi(x)$ : οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για ψύξη πριν την εφαρμογή της παρέμβασης, οι οποίες λαμβάνονται από τους πίνακες του Παραρτήματος 1 που προέκυψαν από την προσομοίωση ενεργειακής αξιολόγησης.
- $E\psi'(x)$ : οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh για ψύξη μετά την εφαρμογή της παρέμβασης, οι οποίες προκύπτουν από την εκ νέου εκτέλεση του προγράμματος T.E.E./Κ.Εν.Α.Κ.
- 1,2 είναι η τιμή σε € ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης.
- 11,9 λαμβάνεται η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης (kWh/lit).
- n, λαμβάνεται ίσο με 0,6 ή 0,8 αναλόγως του έτους κατασκευής της κατοικίας και κατ' επέκταση του λέβητα πετρελαίου.
- SEER, είναι ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 1,5 για την περίπτωση των κλιματιστικών παλαιάς τεχνολογίας
- 0,2 € η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh.

Εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξεις για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις κατοικίας υπολογίστηκαν κατά την προσομοίωση της ενεργειακής αξιολόγησης, στο στάδιο αυτό, απαιτείται ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων κατόπιν εφαρμογής των παρεμβάσεων, προκειμένου να εισαχθούν οι τιμές στην ανωτέρω εξίσωση. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν εκ νέου διαδοχικές εκτελέσεις του υπολογιστικού προγράμματος T.E.E./Κ.Εν.Α.Κ. για τα τρία case studies, εξετάζοντας αρχικά μόνο την εφαρμογή θερμομόνωσης, σε δεύτερο στάδιο μόνο την αντικατάσταση κουφωμάτων και τέλος, την εφαρμογή και των δύο παρεμβάσεων. Πιο συγκεκριμένα, στο υπολογιστικό πρόγραμμα δημιουργήσαμε ένα αντίγραφο κτηρίου ανά case study, το οποίο διατηρούσε όλα τα χαρακτηριστικά του αρχικού κτηρίου. Στο αντίγραφο αυτό, αρχικά μεταβάλλαμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας των τοίχων και της οροφής προσομοιάζοντας την εφαρμογή θερμομόνωσης, ύστερα αλλάξαμε τα κουφώματα εισάγοντας μεταλλικά με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm, με εξώφυλλα και ποσοστό πλαισίου 20% με αντίστοιχη μεταβολή της διείσδυσης αέρα από ανοίγματα και τέλος εφαρμόσαμε παράλληλα και τις δύο παρεμβάσεις. Οι τιμές των νέων συντελεστών θερμοπερατότητας που εισάγαμε προκειμένου να προσομοιάσουμε την εφαρμογή θερμομόνωσης καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές των νέων κουφωμάτων, είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης κτηρίου, όπως αυτές ορίζονται στον πίνακα 3.4α. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, και συνοψίζονται στο ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.6:** Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>\*K) ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> *K)			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,0	2,80	2,60

Αναφορικά με το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων, λαμβάνουμε μια μέση τιμή των πιο πρόσφατων τιμών της αγοράς. Έτσι, θεωρούμε ότι το κόστος εφαρμογής θερμομόνωσης είναι 50 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο τοίχων και οροφής, ενώ το κόστος αγοράς και εγκατάστασης νέων ενεργειακών κουφωμάτων είναι 450 ευρώ ανά τετραγωνικό κουφωμάτων. Ο αριθμός, το μέγεθος και ο προσανατολισμός των κουφωμάτων είναι σύμφωνα με τις παραδοχές που ορίστηκαν στο 2ο κεφάλαιο. Τα ανωτέρω συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.7:** Αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης για τις περιπτώσεις κατοικιών όπου μελετάται η εφαρμογή θερμομόνωσης και η αντικατάσταση κουφωμάτων.

A/A	Συνολικό εμβαδόν τοίχων και οροφής (m <sup>2</sup> )	Αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θερμομόνωσης (€)	Συνολικό εμβαδόν κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ενεργειακών κουφωμάτων (€)
Case study 1	212	10600	14,44	6498
Case study 2	93,7	4685	10	4500
Case study 3	110,84	5542	10	4500

## 5.2 Αποτελέσματα εφαρμογής παρεμβάσεων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών ετήσιας εξοικονόμησης και απόσβεσης για κάθε μια από τις πέντε παρεμβάσεις, μετά την εισαγωγή των ανωτέρω εξισώσεων στο ίδιο υπολογιστικό πρόγραμμα excel, όπου έγινε ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων των κατοικιών.

### 5.2.1 Απόσβεση εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι ενεργειακές απαιτήσεις σε Ζ.Ν.Χ. εξαρτώνται από το μέγεθος της κατοικίας και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές απαιτήσεις που υπολογίστηκαν κατά την προσομοίωση και παρουσιάζονται στους πίνακες του Παραρτήματος 1, προέκυψε η απόσβεση σε έτη ανά μέγεθος οικίας και ανά κλιματική ζώνη, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.8:** Απόσβεση προμήθειας και εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα ανά κατηγορία μεγέθους και ανά κλιματική ζώνη κατοικίας.

ΜΕΓΕΘΟΣ (m <sup>2</sup> )		Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ΖΝΧ (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιο Κόστος με χρήση Ηλεκτρικού θερμοσίφωνα (€)	Ετήσια εξοικονόμηση λόγω χρήσης Ηλιακού θερμ/φωνα (€) (H'(x))	Χρόνος απόσβεσης (έτη) A(x)=AK/H'(x)
40	Κλιματική ζώνη Α	20,4	163,2	114,24	4,4
	Κλιματική ζώνη Β	21,7	173,6	121,52	4,1
	Κλιματική ζώνη Γ	23,4	187,2	131,04	3,8
	Κλιματική ζώνη Δ	25	200	140	3,6
70	Κλιματική ζώνη Α	23,3	326,2	228,34	2,4
	Κλιματική ζώνη Β	24,8	347,2	243,04	2,3
	Κλιματική ζώνη Γ	26,8	375,2	262,64	2,1
	Κλιματική ζώνη Δ	28,6	400,4	280,28	2
100	Κλιματική ζώνη Α	24,4	488	341,6	2,2
	Κλιματική ζώνη Β	26,1	522	365,4	2,1
	Κλιματική ζώνη Γ	28,1	562	393,4	1,9
	Κλιματική ζώνη Δ	30	600	420	1,8
150	Κλιματική ζώνη Α	21,7	651	455,7	2,4
	Κλιματική ζώνη Β	23,2	696	487,2	2,3
	Κλιματική ζώνη Γ	25	750	525	2,1
	Κλιματική ζώνη Δ	26,6	798	558,6	2

### 5.2.2 Απόσβεση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

Από τις εξισώσεις που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα, αναφορικά με την εξοικονόμηση και τον χρόνο απόσβεσης της δεύτερης παρέμβασης:

**Πίνακας 5.9:** Απόσβεση προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών ανά κατηγορία μεγέθους κατοικίας.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΙΚΙΑΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ Φ/Β (€) (H'(x))	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (ΕΤΗ) A(x)=AK/H'(x)
0-40 m <sup>2</sup>	500	8
40-70 m <sup>2</sup>	700	7,1
70-100 m <sup>2</sup>	800	8,8
100-150 m <sup>2</sup>	1100	8,6

### 5.2.3 Απόσβεση παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης και της απόσβεσης των παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης, χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα Τ.Ε.Ε./Κ.Εν.Α.Κ. κατά την προσομοίωση του 5ου κεφαλαίου για την θέρμανση, πάνω στα οποία εφαρμόσαμε τις σχέσεις 5.2, 5.4, 5.5, 5.6 και 5.7. Με αυτό τον τρόπο συγκεντρώθηκαν σε πίνακες όλες οι προκύπτουσες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης ανά περίπτωση κατοικίας, ανά παρέμβαση συστήματος θέρμανσης και ανά μέγεθος κατοικίας, και μέσα από την σύγκριση των τιμών εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία συνοψίζονται στο 6ο κεφάλαιο. Ωστόσο, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, δεν εξυπηρετεί τον στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας η παρουσίαση όλων αυτών των πολυάριθμων πινάκων, αν αναλογιστεί κανείς ότι στο 3ο κεφάλαιο ορίστηκαν πέντε παράγοντες κατηγοριοποίησης και επιπροσθέτως εξετάζονται τέσσερις επιμέρους παρεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης καθεμιάς κατοικίας.

Προκειμένου να γίνει αντιληπτή στον αναγνώστη της εργασίας η τάξη μεγέθους της εξοικονόμησης και της απόσβεσης των παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών, δειγματοληπτικά, για τις τρεις περιπτώσεις κατοικίας που αναφέρονται στο πίνακα 5.5 όπου μελετάται ως πέμπτη παρέμβαση η εφαρμογή θερμομόνωσης και η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Τα εν λόγω αποτελέσματα παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:



**Πίνακας 5.10: Εξοικονόμηση και απόσβεση αναβάθμισης συστήματος θέρμανσης συγκεκριμένων περιπτώσεων κατοικίας.**

A/A	Case study 1	Case study 2	Case study 3
Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα χαμηλής απόδοσης (€)	5988,2	382	1216,8
Ετήσια εξοικονόμηση θέρμανσης με λέβητα υψηλής απόδοσης (€)	2206,2	60,3	448,3
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης λέβητα υψηλής απόδοσης	0,25	7,5	0,6
Ετήσια εξοικονόμηση θέρμανσης με λέβητα αερίου(€)	2716,1	103,7	551,9
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης λέβητα αερίου	0,5	11,6	1,7
Ετήσια εξοικονόμηση θέρμανσης με κλιματιστικά inverter (€)	2425,2	79	492,8
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης κλιματιστικών inverter	0,6	12,7	1,4
Ετήσια εξοικονόμηση θέρμανσης με αντλία θερμότητας (€)	4563	260,8	927,2
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης αντλίας θερμότητας	1,4	15,3	3

#### 5.2.4 Απόσβεση παρεμβάσεων στο σύστημα ψύξης

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης και της απόσβεσης των παρεμβάσεων στο σύστημα ψύξης, χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα T.E.E./K.En.A.K. κατά την προσομοίωση του 5ου κεφαλαίου για τη ψύξη, πάνω στα οποία εφαρμόσαμε τις σχέσεις 5.2 και 5.8, κάνοντας τις απαραίτητες αλλαγές στον ενεργειακό βαθμό απόδοσης SEER, αναλόγως αν γίνεται αντικατάσταση των παλαιών κλιματιστικών με κλιματιστικά inverter ή με αντλία θερμότητας. Με αυτό τον τρόπο συγκεντρώθηκαν σε πίνακες όλες οι προκύπτουσες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης ανά περίπτωση κατοικίας, ανά παρέμβαση συστήματος ψύξης και ανά μέγεθος κατοικίας, και μέσα από την σύγκριση των τιμών εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία συνοψίζονται στο 6ο κεφάλαιο. Ωστόσο, για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και στην περίπτωση των παρεμβάσεων θέρμανσης, προκειμένου να γίνει αντιληπτή στον αναγνώστη της εργασίας η τάξη μεγέθους της εξοικονόμησης και της απόσβεσης των παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης, επιλέχθηκε να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών, δειγματοληπτικά, για τις τρεις περιπτώσεις κατοικίας που αναφέρονται στο πίνακα 5.5 όπου μελετάται ως πέμπτη παρέμβαση η εφαρμογή θερμομόνωσης και η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Τα αποτελέσματα εξοικονόμησης και απόσβεσης των παρεμβάσεων ψύξης παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.11: Εξοικονόμηση και απόσβεση αναβάθμισης συστήματος ψύξης συγκεκριμένων περιπτώσεων κατοικίας.**

A/A	Case study 1	Case study 2	Case study 3
Ετήσιο κόστος ψύξης με κλιματιστικά παλαιάς τεχνολογίας (€)	704	484,4	615,5
Ετήσια εξοικονόμηση ψύξης με κλιματιστικά inverter (€)	352	242,2	307,7
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης κλιματιστικών inverter	4	4,1	2,3
Ετήσια εξοικονόμηση ψύξης με αντλία θερμότητας (€)	492,8	339,1	430,8
Απόσβεση (σε έτη) εγκατάστασης αντλίας θερμότητας	13,2	11,8	6,4

### 5.2.5 Απόσβεση εφαρμογής θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη τα όσα αναφέρθηκαν στην υποενότητα 5.1.5, προέκυψαν οι τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης που παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα για τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις:

**Πίνακας 5.12: Εξοικονόμηση και απόσβεση κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης ή αντικατάστασης κουφωμάτων σε συγκεκριμένες περιπτώσεις κατοικίας.**

A/A	Case study 1	Case study 2	Case study 3
Ετήσιο κόστος θέρμανσης πριν την εφαρμογή παρεμβάσεων (€)	5988,2	382	1216,8
Ετήσιο κόστος ψύξης πριν την εφαρμογή παρεμβάσεων (€)	704	484,4	615,5
Ετήσια εξοικονόμηση κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης (€)	4911,8	186,5	1197,4
Απόσβεση (σε έτη) κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης	2,2	25,1	4,6
Ετήσια εξοικονόμηση κατόπιν αντικατάστασης κουφωμάτων (€)	613	176,8	182,8
Απόσβεση (σε έτη) κατόπιν αντικατάστασης κουφωμάτων	10,6	25,5	24,6
Ετήσια εξοικονόμηση κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων (€)	5555,3	354,3	1359,7
Απόσβεση (σε έτη) κατόπιν εφαρμογής θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων	3,1	26	7,4

## **5.3 Αξιολόγηση παρεμβάσεων με βάση την περίοδο**

### **απόσβεσης**

Οι τιμές εξοικονόμησης σε χρηματικές μονάδες και της απόσβεσης σε έτη που προέκυψαν από την παραπάνω ανάλυση, μπορούν να αξιοποιηθούν ως γνώμονας για την αξιολόγηση των βελτιωτικών παρεμβάσεων.

Ξεκινώντας από την πρώτη παρέμβαση που αφορά την εγκατάσταση του ηλιακού θερμοσίφωνα, παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές η τιμή της απόσβεσης κυμαίνεται στα 2 έως 4 χρόνια. Επίσης οι τιμές της απόσβεσης μειώνονται αφενός καθώς πηγαίνουμε από την κλιματική ζώνη Α προς την κλιματική ζώνη Δ και αφετέρου καθώς αυξάνεται το μέγεθος της κατοικίας, διότι αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις σε Ζ.Ν.Χ., οπότε η εξοικονόμηση είναι μεγαλύτερη.

Στην δεύτερη απόσβεση που αφορά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών, η απόσβεση κυμαίνεται ανάμεσα στα 7 έως 9 περίπου χρόνια αναλόγως του μεγέθους της οικίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την εν λόγω παρέμβαση, ελήφθησαν αρκετά προσεγγιστικά οι ανάγκες των νοικοκυριών σε ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως, μπορεί να υπάρχει σημαντική απόκλιση της απόσβεσης αναλόγως της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος κάθε νοικοκυριού, ωστόσο η εν λόγω παρέμβαση αναφέρεται για λόγους πληρότητας και για να αναδειχθεί η εξοικονόμηση και η απόσβεση που επιτυγχάνεται ως τάξη μεγέθους.

Η τρίτη παρέμβαση εφαρμόζεται στο σύστημα θέρμανσης όπου εξετάζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται αντικαθιστώντας τον παλαιού τύπου λέβητα με τέσσερα νέα συστήματα θέρμανσης. Οι τιμές της εξοικονόμησης και της απόσβεσης ποικίλουν αναλόγως των χαρακτηριστικών κάθε οικίας, με πιο καθοριστικά από αυτά να είναι ο τύπος της οικίας (μονοκατοικία, ενδιάμεσος όροφος κ.τ.λ.), η χρονολογία κατασκευής, η κλιματική ζώνη και αν υπάρχει γειτνίαση ή όχι. Σε γενικές γραμμές το μέγεθος της οικίας δεν είναι τόσο καθοριστικός παράγοντας για την διαφοροποίηση της απόσβεσης. Ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε από την ανάλυση των επιμέρους συστημάτων θέρμανσης είναι ότι παρόλο που η εξοικονόμηση με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες παρεμβάσεις, εντούτοις απαιτεί το μεγαλύτερο διάστημα απόσβεσης λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης. Από την άλλη μεριά, με εγκατάσταση λέβητα υψηλής απόδοσης επιτυγχάνεται η γρηγορότερη απόσβεση αλλά η μικρότερη εξοικονόμηση. Συγκρίνοντας τις δύο ενδιάμεσες μορφές παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης, δηλαδή το λέβητα αερίου και τα κλιματιστικά inverter, ο λέβητας αερίου επιτυγχάνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενώ η απόσβεση κυμαίνεται σε κοντινές τιμές, γεγονός

που οφείλεται στο υψηλότερο αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του λέβητα αερίου.

Όπως στο σύστημα θέρμανσης, έτσι και στην τέταρτη παρέμβαση, που αφορά το σύστημα ψύξης, οι τιμές της εξοικονόμησης και της απόσβεσης ποικίλουν αναλόγως των χαρακτηριστικών κάθε οικίας, με πιο καθοριστικά από αυτά να είναι ο τύπος της οικίας (μονοκατοικία, ενδιάμεσος όροφος κ.τ.λ.), η χρονολογία κατασκευής η κλιματική ζώνη και αν υπάρχει γειτνίαση ή όχι, ενώ το μέγεθος της οικίας δεν επηρεάζει τόσο πολύ το διάστημα απόσβεσης. Για την ψύξη εξετάζονται δύο μορφές παρέμβασης, τα κλιματιστικά inverter και η αντλία θερμότητας. Εκ των δύο, η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με την αντλία θερμότητας αλλά η απόσβεση των κλιματιστικών inverter είναι πιο σύντομη, λόγω του υψηλού αρχικού κόστους των αντλιών θερμότητας.

Επιπροσθέτως, κάτι που προέκυψε από τους υπολογισμούς εξοικονόμησης και απόσβεσης στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης είναι ότι σε παλαιές κατοικίες δομικά υλικά και κουφώματα χωρίς θερμομόνωση και υψηλή διαπερατότητα, η εφαρμογή βελτιωτικών παρεμβάσεων αποδεικνύεται επιτακτική ανάγκη με πιθανή απόσβεση ακόμα και σε μικρότερο διάστημα του ενός έτους σε ορισμένες περιπτώσεις. Αντιθέτως, σε κατοικίες με μεγάλη γειτνίαση με υλικά κατασκευής πιο νέας τεχνολογίας, ακόμα και πριν το 2010, αναλόγως και της κλιματικής ζώνης, μπορεί να μη συμφέρει η εφαρμογή παρεμβάσεων καθώς η απόσβεση μπορεί να ξεπερνά τα 30 χρόνια.

Τέλος, αναφορικά με την πέμπτη παρέμβαση όπου εξετάστηκε η εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων συγκεκριμένων τύπων κατοικίας, κατέστη σαφές ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εξοικονόμησης επιτυγχάνεται με την εφαρμογή θερμομόνωσης. Επίσης, στην δεύτερη περίπτωση κατοικίας, όπου εξετάζεται ο ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας με χρονολογία κατασκευής μεταξύ 1979 και 2010 με μεταλλικά κουφώματα στην κλιματική ζώνη Β (Αθήνα), επιβεβαιώνεται ο προηγούμενος ισχυρισμός ότι σε κατοικίες με μικρές ενεργειακές απαιτήσεις, παρά την σημαντική εξοικονόμηση, το διάστημα απόσβεσης μπορεί να είναι μεγάλο και πιθανόν ασύμφορο αναλόγως των οικονομικών δυνατοτήτων του κάθε νοικοκυριού. Τέλος, ενώ και στις τρεις περιπτώσεις κατοικίας, με την αντικατάσταση κουφωμάτων επιτυγχάνεται απόσβεση το ελάχιστο μετά από δέκα χρόνια, εντούτοις οι τιμές απόσβεσης μεταξύ εφαρμογής μόνο θερμομόνωσης και εφαρμογής και των δύο παρεμβάσεων είναι αρκετά κοντά, οπότε συμφέρει η ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο παρεμβάσεων επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

## **5.4 Παραδείγματα βέλτιστης επιλογής παρεμβάσεων βάσει καθορισθέντος budget.**

Στην ενότητα αυτή αποτυπώνονται όσα αναφέρονται ανωτέρω, μέσα από την εκπόνηση μιας χρηματοοικονομικής μελέτης για την εφαρμογή παρεμβάσεων σε συγκεκριμένους τύπους κατοικίας. Αναπτύσσεται λοιπόν ένα μοντέλο βέλτιστης επιλογής συνδυασμού παρεμβάσεων το οποίο περιγράφεται μέσα από τρία παραδείγματα (case studies). Πιο συγκεκριμένα, στην ενότητα αυτή εξετάζεται για κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις κατοικιών που αναφέρονται στον πίνακα 5.5, ποιες είναι οι κατάλληλες βελτιωτικές παρεμβάσεις που πρέπει να εφαρμοστούν βάσει καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου (budget). Βασικοί παράγοντες για την επιλογή των παρεμβάσεων αποτελούν η επιτευχθείσα εξοικονόμηση, η περίοδος απόσβεσης και το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.

### **5.4.1 Case study 1**

Η πρώτη περίπτωση κατοικίας πραγματεύεται μια μονοκατοικία, 100 τετραγωνικών μέτρων, στην κλιματική ζώνη Δ (Κοζάνη), χωρίς γεινίαση, κατασκευασμένη πριν το 1979, με ξύλινα κουφώματα και μονό υαλοπίνακα. Θεωρούμε ότι η οικία διαθέτει ως σύστημα θέρμανσης λέβητα πετρελαίου χαμηλής απόδοσης, ως σύστημα ψύξης παλαιού τύπου κλιματιστικά, δεν έχει θερμομόνωση, ηλιακό θερμοσίφωνα ή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Ο ιδιοκτήτης της κατοικίας θέλει να διαθέσει 25.000 ευρώ για την εφαρμογή βελτιωτικών ενεργειακών παρεμβάσεων ορίζοντας ως πρώτο γνώμονα επιλογής την εξοικονόμηση χρημάτων σε βάθος χρόνου, θέτοντας σε δεύτερη μοίρα την περίοδο απόσβεσης.

Για την ανάλυση μας, αρχικά συγκεντρώνουμε τα δεδομένα ενεργειακών απαιτήσεων και των αντίστοιχων ετήσιων εξόδων της κατοικίας πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.13:** Αρχικά δεδομένα ενεργειακών απαιτήσεων και ετήσιων εξόδων για την πρώτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (kWh)	35630
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (kWh)	5280
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ζ.Ν.Χ (kWh)	3000
<u>Ετήσιο κόστος θέρμανσης</u> με χρήση λέβητα χαμηλής απόδοσης (€)	5988,2
<u>Ετήσιο κόστος ψύξης</u> με χρήση κλιματιστικών παλαιού τύπου (€)	704
<u>Ετήσιο Κόστος Ζ.Ν.Χ.</u> με χρήση Ηλεκτρικού θερμοσίφωνα (€)	600

Στη συνέχεια, δημιουργούμε ένα πίνακα όπου παρουσιάζονται το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, η ετήσια εξοικονόμηση και η απόσβεση ανά παρέμβαση, ώστε να καθίσταται εφικτή η επιλογή του συνδυασμού των παρεμβάσεων που εξυπηρετούν τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη.

**Πίνακας 5.14:** Παράγοντες επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων για την πρώτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

Παρεμβάσεις	Αρχικό κόστος (€)	Εξοικονόμηση (€)	Απόσβεση (έτη)
<i>Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα</i>	750	420	1,8
<i>Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών</i>	7000	800	8,8
<i>Εγκατάσταση λέβητα υψηλής απόδοσης</i>	550	2206,2	0,3
<i>Εγκατάσταση λέβητα αερίου</i>	1300	2716,1	0,5
<i>Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter</i>	1400	2777,2	0,5
<i>Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας</i>	6500	5055,8	1,3
<i>Εφαρμογή θερμομόνωσης</i>	10600	4911,8	2,2
<i>Αντικατάσταση κουφωμάτων</i>	6498	613	10,6
<i>Εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων</i>	17098	5555,294118	3,1

Παρατηρώντας τον ανωτέρω πίνακα, φαίνεται ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων και η αμέσως επόμενη τιμή

εξοικονόμησης αντιστοιχεί στην εγκατάσταση αντλίας θερμότητας. Επιλέγοντας αυτές τις δύο παρεμβάσεις, το συνολικό ποσό προμήθειας και εγκατάστασης ανέρχεται στα 23.598 ευρώ, οπότε εφόσον υπάρχει ακόμα περιθώριο μέχρι την συμπλήρωση του καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου, επιλέγεται επιπλέον και η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα. Το συνολικό κόστος των τριών παρεμβάσεων ανέρχεται στα 24.348 ευρώ.

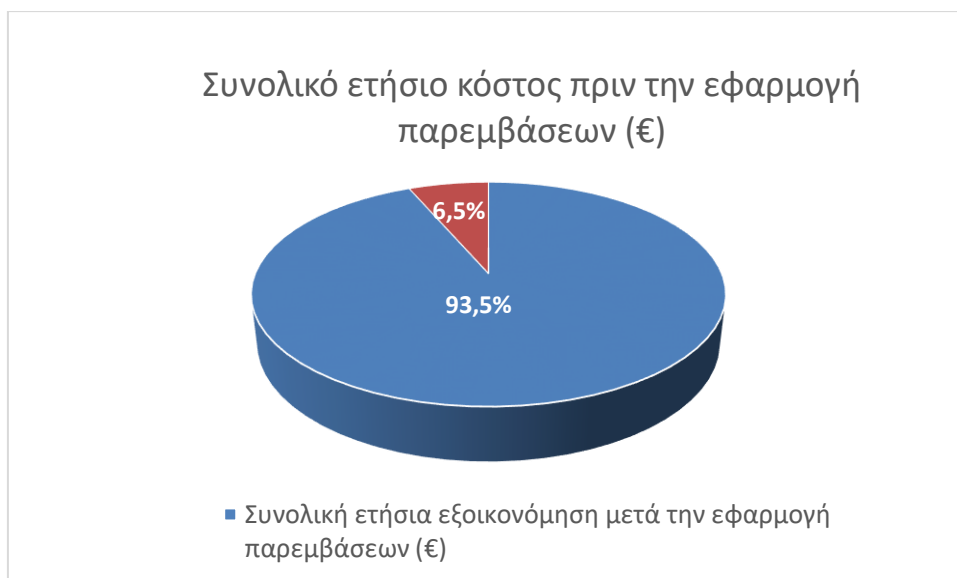
Στο τελικό στάδιο της χρηματοοικονομικής μελέτης, υπολογίζεται η ετήσια εξοικονόμηση και η απόσβεση με ταυτόχρονη εφαρμογή των τριών επιλεγθέντων παρεμβάσεων. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 5.15: Χρηματοοικονομική αποτίμηση συνδυασμού επιλεγθέντων παρεμβάσεων για την πρώτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.**

<b>Χρηματοοικονομική αποτίμηση παρεμβάσεων</b>	
<i>Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (kWh)</i>	4480
<i>Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (kWh)</i>	2880
<i>Ετήσιο κόστος θέρμανσης με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (€)</i>	179,2
<i>Ετήσιο κόστος ψύξης με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (€)</i>	115,2
<i>Ετήσια εξοικονόμηση για θέρμανση και ψύξη με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης και την αντικατάσταση κουφωμάτων (€)</i>	6397,8
<i>Ετήσια εξοικονόμηση με χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα (€)</i>	420
<b>Συνολική ετήσια εξοικονόμηση (€)</b>	<b>6817,8</b>
<b>Συνολικό κόστος εφαρμογής παρεμβάσεων</b>	<b>24348</b>
<i>Απόσβεση (έτη)</i>	3,6

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι ο βέλτιστος συνδυασμός παρεμβάσεων για επίτευξη μέγιστης ετήσιας εξοικονόμησης βάσει του καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου, ήταν η εφαρμογή θερμομόνωσης, η αντικατάσταση κουφωμάτων, η αντικατάσταση του λέβητα χαμηλής απόδοσης και των παλαιών κλιματιστικών με αντλία θερμότητας και η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα. Με αυτόν τον συνδυασμό παρεμβάσεων, επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση 6.817,8 ευρώ και απόσβεση σε τρεισήμισι περίπου χρόνια με συνολικό αρχικό κόστος 24.348 ευρώ.

Προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητή η σπουδαιότητα των βελτιωτικών παρεμβάσεων, παρατίθενται τα ακόλουθα διαγράμματα, όπου παρουσιάζεται η επιτευχθείσα ετήσια εξοικονόμηση μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ως ποσοστό του συνολικού κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων και ως ποσοστό του συνολικού αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης.



**Διάγραμμα 5.1:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού ετήσιου κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων για την πρώτη περίπτωση κατοικίας.



**Διάγραμμα 5.2:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων για την πρώτη περίπτωση κατοικίας.

Όπως φαίνεται στα διαγράμματα, η ετήσια εξοικονόμηση, που επιτυγχάνεται από την εφαρμογή παρεμβάσεων στην πρώτη περίπτωση κατοικίας, αποτελεί το 93,5% του συνολικού ετήσιου



κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων και το 28% του συνολικού αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης.

#### 5.4.2 Case study 2

Η δεύτερη περίπτωση κατοικίας πραγματεύεται έναν ενδιάμεσο όροφο πολυκατοικίας, 70 τετραγωνικών μέτρων, στην κλιματική ζώνη Β (Αθήνα), χωρίς γειτνίαση, κατασκευασμένη ανάμεσα στο 1979 και το 2010, με μεταλλικά κουφώματα και μονό υαλοπίνακα. Θεωρούμε ότι η οικία διαθέτει ως σύστημα θέρμανσης λέβητα πετρελαίου χαμηλής απόδοσης, ως σύστημα ψύξης παλαιού τύπου κλιματιστικά, έχει ανεπαρκή θερμομόνωση και δεν διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα ή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Ο ιδιοκτήτης της κατοικίας θέλει να διαθέσει 5.000 ευρώ για την εφαρμογή βελτιωτικών ενεργειακών παρεμβάσεων με βασικό παράγοντα επιλογής την μέγιστη εξοικονόμηση αλλά υπό την προϋπόθεση ότι θα γίνει απόσβεση σε λιγότερο από πέντε έτη.

Όπως και πριν, για την ανάλυση μας, αρχικά συγκεντρώνουμε τα δεδομένα ενεργειακών απαιτήσεων και των αντίστοιχων ετήσιων εξόδων της κατοικίας πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.16: Αρχικά δεδομένα ενεργειακών απαιτήσεων και ετήσιων εξόδων για τη δεύτερη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.**

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (kWh)	3031
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (kWh)	3633
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Z.N.X (kWh)	1736
<u>Ετήσιο κόστος θέρμανσης με χρήση λέβητα χαμηλής απόδοσης (€)</u>	<b>382,058824</b>
<u>Ετήσιο κόστος ψύξης με χρήση κλιματιστικών παλαιού τύπου (€)</u>	<b>484,4</b>
<u>Ετήσιο Κόστος Z.N.X. με χρήση Ηλεκτρικού θερμοσίφωνα (€)</u>	<b>347,2</b>

Στη συνέχεια, δημιουργούμε ένα πίνακα όπου παρουσιάζονται το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, η ετήσια εξοικονόμηση και η απόσβεση ανά παρέμβαση, ώστε να καθίσταται εφικτή η επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων.

**Πίνακας 5.17:** Παράγοντες επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων για τη δεύτερη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

Παρεμβάσεις	Αρχικό κόστος (€)	Εξοικονόμηση (€)	Απόσβεση (έτη)
Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	550	243	2,3
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών	5000	700	7,1
Εγκατάσταση λέβητα υψηλής απόδοσης	450	60,3	7,5
Εγκατάσταση λέβητα αερίου	1200	103,7	11,6
Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter	1000	321,2	3,1
Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας	4000	600	6,7
Εφαρμογή θερμομόνωσης	4685	186,5	25,1
Αντικατάσταση κουφωμάτων	4500	176,9	25,5
Εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων	9185	354,3	25,9

Από τον ανωτέρω πίνακα γίνεται σαφές ότι για τη συγκεκριμένη περίπτωση κατοικίας δε συμφέρει η εφαρμογή θερμομόνωσης και η εγκατάσταση ενεργειακών κουφωμάτων, καθώς η απόσβεση εκτιμάται σε περίπου 25 έτη. Η μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, ωστόσο η απόσβεση γίνεται σε περισσότερα από 5 έτη και δεν πληροί τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη. Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, καταλήγουμε στην αντικατάσταση του λέβητα χαμηλής απόδοσης και των παλαιών κλιματιστικών με κλιματιστικά inverter και την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα, προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ιδιοκτήτη. Η χρηματοοικονομική αποτίμηση του εν λόγω συνδυασμού παρεμβάσεων συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.18:** Χρηματοοικονομική αποτίμηση συνδυασμού επιλεχθέντων παρεμβάσεων για τη δεύτερη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

Χρηματοοικονομική αποτίμηση παρεμβάσεων	
Ετήσια εξοικονόμηση για θέρμανση και ψύξη με χρήση κλιματιστικών inverter (€)	321,2
Ετήσια εξοικονόμηση με χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα (€)	243
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση (€)	564,2
Συνολικό κόστος εφαρμογής παρεμβάσεων	1550
Απόσβεση (έτη)	2,8

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι ο βέλτιστος συνδυασμός παρεμβάσεων για επίτευξη μέγιστης ετήσιας εξοικονόμησης βάσει του καθορισθέντος

οικονομικού κεφαλαίου, ικανοποιώντας παράλληλα την απαίτηση του ιδιοκτήτη για απόσβεση σε λιγότερο από 5 έτη, ήταν η αντικατάσταση του λέβητα χαμηλής απόδοσης και των παλαιών κλιματιστικών με κλιματιστικά inverter και η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα. Με αυτόν τον συνδυασμό παρεμβάσεων, επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση 564,2 ευρώ και απόσβεση σε 3 περίπου χρόνια με συνολικό αρχικό κόστος 1.550 ευρώ.

Στους ακόλουθα διαγράμματα, όπως και πριν, αναδεικνύεται η σημασία της ετήσιας εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των βελτιωτικών παρεμβάσεων:



**Διάγραμμα 5.3:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού ετήσιου κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων για τη δεύτερη περίπτωση κατοικίας.



**Διάγραμμα 5.4:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων για τη δεύτερη περίπτωση κατοικίας.

Όπως φαίνεται στα διαγράμματα, η ετήσια εξοικονόμηση, που επιτυγχάνεται από την εφαρμογή παρεμβάσεων στη δεύτερη περίπτωση κατοικίας, αποτελεί το 46,5% του συνολικού ετήσιου

κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων και το 36,4% του συνολικού αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης.

### 5.4.3 Case study 3

Η τρίτη περίπτωση κατοικίας πραγματεύεται διαμέρισμα στον τελευταίο όροφο πολυκατοικίας, 40 τετραγωνικών μέτρων, στην κλιματική ζώνη Α (Κρήτη), χωρίς γειννίαση, κατασκευασμένο πριν το 1979, με ξύλινα κουφώματα και μονό υαλοπίνακα. Θεωρούμε ότι η οικία διαθέτει ως σύστημα θέρμανσης λέβητα πετρελαίου χαμηλής απόδοσης, ως σύστημα ψύξης παλαιού τύπου κλιματιστικά και δε διαθέτει θερμομόνωση, ηλιακό θερμοσίφωνα ή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Ο ιδιοκτήτης της κατοικίας θέλει να διαθέσει 10.000 ευρώ για την εφαρμογή βελτιωτικών ενεργειακών παρεμβάσεων με βασικό παράγοντα επιλογής την μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση και με επιδιωκόμενη απόσβεση σε λιγότερο από 5 έτη.

Ακολουθεί ο πίνακας αρχικών δεδομένων ενεργειακών απαιτήσεων και των αντίστοιχων ετήσιων εξόδων της κατοικίας πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων:

**Πίνακας 5.19: Αρχικά δεδομένα ενεργειακών απαιτήσεων και ετήσιων εξόδων για την τρίτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.**

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (kWh)	7240
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (kWh)	4616
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Z.N.X (kWh)	816
<u>Ετήσιο κόστος θέρμανσης με χρήση λέβητα χαμηλής απόδοσης (€)</u>	<b>1216,8</b>
<u>Ετήσιο κόστος ψύξης με χρήση κλιματιστικών παλαιού τύπου (€)</u>	<b>615,5</b>
<u>Ετήσιο Κόστος Z.N.X με χρήση Ηλεκτρικού θερμοσίφωνα (€)</u>	<b>163,2</b>

Στη συνέχεια, παρατίθεται ο πίνακας όπου παρουσιάζονται το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, η ετήσια εξοικονόμηση και η απόσβεση ανά παρέμβαση για την τρίτη περίπτωση κατοικίας.

**Πίνακας 5.20:** Παράγοντες επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων για την τρίτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

Παρεμβάσεις	Αρχικό κόστος (€)	Εξοικονόμηση (€)	Απόσβεση (έτη)
Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	500	114,2	4,4
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών	4000	500	8
Εγκατάσταση λέβητα υψηλής απόδοσης	250	448,3	0,6
Εγκατάσταση λέβητα αερίου	950	551,9	1,7
Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter	700	800,5	0,9
Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας	2750	1358	2
Εφαρμογή θερμομόνωσης	5542	1197,4	4,6
Αντικατάσταση κουφωμάτων	4500	182,8	24,6
Εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων	10042	1359,7	7,4

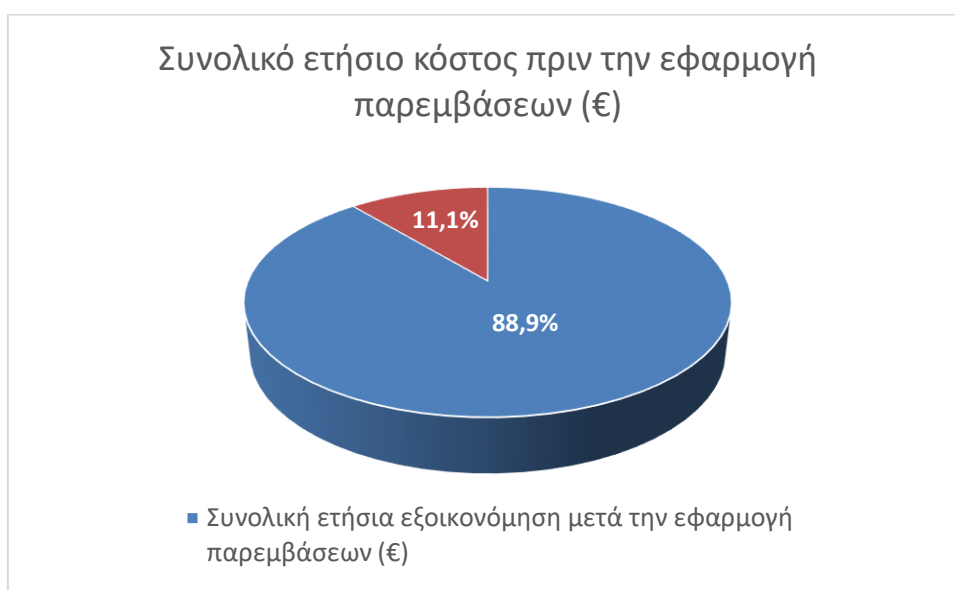
Από τον τελευταίο πίνακα παρατηρούμε ότι η αντικατάσταση κουφωμάτων μόνη της καθίσταται ασύμφορη καθώς επιτυγχάνεται απόσβεση σε πάνω από 24 έτη. Επιπλέον, η ταυτόχρονη εφαρμογή θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων απορρίπτεται καθώς όχι μόνο ξεπερνά για λίγο το καθορισθέν οικονομικό κεφάλαιο και επιτυγχάνει απόσβεση σε πάνω από 5 έτη, αλλά επίσης προσφέρει την ίδια ετήσια εξοικονόμηση με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας που είναι σημαντικά φθηνότερη. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους επιλέγουμε την εφαρμογή θερμομόνωσης, την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης και την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα, εκπονώντας την χρηματοοικονομική αποτίμηση που παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5.21:** Χρηματοοικονομική αποτίμηση συνδυασμού επιλεχθέντων παρεμβάσεων για την τρίτη εξεταζόμενη περίπτωση κατοικίας.

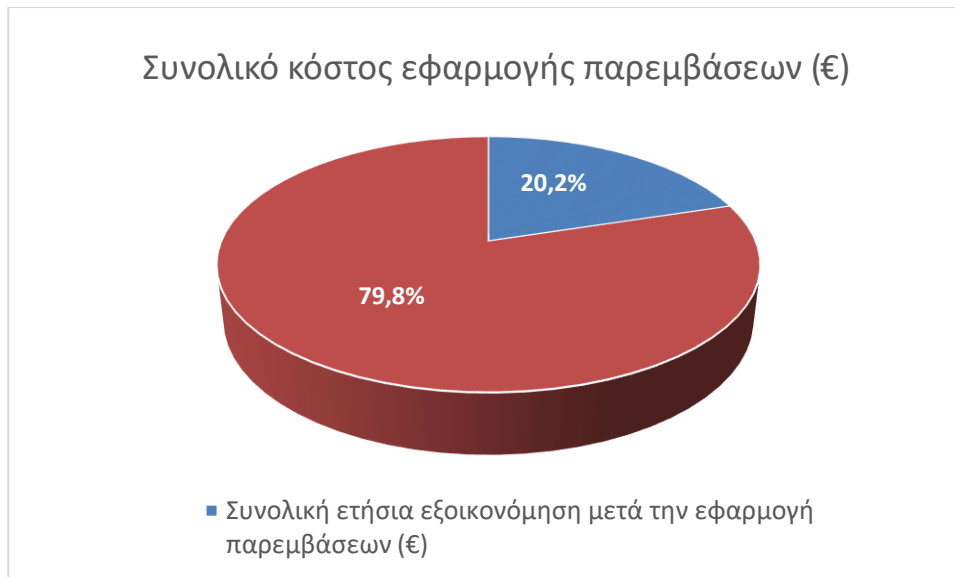
Χρηματοοικονομική αποτίμηση παρεμβάσεων	
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης (kWh)	1772
Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης (kWh)	2528
Ετήσιο κόστος θέρμανσης με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης (€)	70,9
Ετήσιο κόστος ψύξης με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης (€)	101,1
Ετήσια εξοικονόμηση για θέρμανση και ψύξη με χρήση αντλίας θερμότητας μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης (€)	1660,3
Ετήσια εξοικονόμηση με χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα (€)	114,2
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση (€)	1774,5
Συνολικό κόστος εφαρμογής παρεμβάσεων	8792
Απόσβεση (έτη)	4,9

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι ο βέλτιστος συνδυασμός παρεμβάσεων για επίτευξη μέγιστης ετήσιας εξοικονόμησης βάσει του καθορισθέντος οικονομικού κεφαλαίου, ικανοποιώντας παράλληλα την απαίτηση του ιδιοκτήτη για απόσβεση σε λιγότερο από 5 έτη, ήταν η εφαρμογή θερμομόνωσης, η αντικατάσταση του λέβητα χαμηλής απόδοσης και των παλαιών κλιματιστικών με αντλία θερμότητας και η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα. Με αυτόν τον συνδυασμό παρεμβάσεων, επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση 1.774,5 ευρώ και απόσβεση σε σχεδόν 5 χρόνια με συνολικό αρχικό κόστος 8.792 ευρώ.

Όπως και στις προηγούμενες εξεταζόμενες περιπτώσεις, παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα για να καταστεί σαφής η αξία των βελτιωτικών παρεμβάσεων:



**Διάγραμμα 5.5:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού ετήσιου κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων για την τρίτη περίπτωση κατοικίας.



**Διάγραμμα 5.6:** Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως ποσοστό του συνολικού κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων για την τρίτη περίπτωση κατοικίας.

Όπως φαίνεται στα διαγράμματα, η ετήσια εξοικονόμηση, που επιτυγχάνεται από την εφαρμογή παρεμβάσεων στην τρίτη περίπτωση κατοικίας, αποτελεί το 88,9% του συνολικού ετήσιου κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων και το 20,2% του συνολικού αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης.

# 6

## *Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις*

### **6.1 Ανακεφαλαίωση**

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός μοντέλου βέλτιστης επιλογής παρεμβάσεων μείωσης των ενεργειακών απαιτήσεων συγκεκριμένων τύπων κατοικίας. Για το σκοπό αυτό, αρχικά έγινε μια εκτενής περιγραφή του νομοθετικού πλαισίου και των κανονισμών που διέπουν την ενεργειακή αξιολόγηση κτηρίων. Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε μια περιγραφή της προσομοίωσης ενεργειακής αξιολόγησης για την εξαγωγή των εν λόγω ενεργειακών απαιτήσεων. Κατά την περιγραφή αυτή ορίστηκαν συγκεκριμένοι παράγοντες κατηγοριοποίησης παρεμβάσεων και παρουσιάστηκαν οι παραδοχές, οι οποίες ελήφθησαν στο πλαίσιο της εργασίας. Αξιοποιώντας τους κρατικούς κανονισμούς ως θεωρητική βάση και ακολουθώντας τις παραδοχές, εκπονήθηκε μια μελέτη ενεργειακής αξιολόγησης με την χρήση εγκεκριμένου υπολογιστικού προγράμματος, κατηγοριοποιώντας τα αποτελέσματα σε πίνακες.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν και λαμβάνοντας υπόψη τις πιο πρόσφατες τιμές της αγοράς, παρουσιάστηκαν συγκεκριμένες βελτιωτικές παρεμβάσεις, οι οποίες αξιολογήθηκαν με βάση την ετήσια εξοικονόμηση, την περίοδο απόσβεσης του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης.

Στο τελικό στάδιο της εργασίας, αξιοποιήθηκαν όλες οι πληροφορίες που εξήχθησαν από την ανωτέρω διαδικασία, προκειμένου να αναπτυχθεί ένα μοντέλο επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων, βάσει καθορισμένου χρηματικού κεφαλαίου και παρουσιάστηκαν συγκεκριμένα παραδείγματα της επιλογικής διαδικασίας.



## 6.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα ακόλουθα:

1. Παρατηρείται μια κατακόρυφη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων των κατοικιών από την περίοδο κατασκευής πριν το 1979 έως την περίοδο κατασκευής μετά το 2010. Αυτό συνέβη αφενός λόγω της αύξησης της ποιότητας των δομικών υλικών και αφετέρου λόγω της εγκατάστασης και εν συνεχεία βελτίωσης των συστημάτων θερμομονωτικής προστασίας.
2. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι μειώνονται καθώς βελτιώνεται η ποιότητα των κουφωμάτων ανά περίπτωση κατοικίας. Πιο συγκεκριμένα, κατοικίες με ξύλινα κουφώματα και μονό υαλοπίνακα έχουν τις μέγιστες απαιτήσεις, ενώ οι αντίστοιχες κατοικίες με μεταλλικά κουφώματα, διπλό υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή έχουν τις ελάχιστες.
3. Συγκρίνοντας μεταξύ τους τις περιπτώσεις κατοικίας, παρατηρούμε ότι η μονοκατοικία έχει τις μέγιστες ενεργειακές απαιτήσεις, ενώ ο ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας έχει τις ελάχιστες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ποσοστό έκθεσης της κατοικίας στον αέρα. Για παράδειγμα, ο ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας, ο οποίος θεωρείται ότι έχει θερμαινόμενους χώρους από πάνω και από κάτω, έχει πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις κατοικίας οι οποίες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό επιφάνειάς τους εκτεθειμένο προς τον αέρα. Το ποσοστό έκθεσης της επιφάνειας μιας κατοικίας στον αέρα είναι ο παράγοντας στον οποίο οφείλονται και οι πολύ λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις που έχουν οι κατοικίες που γειτνιάζουν μεταξύ τους σε σύγκριση με τις αντίστοιχες ελεύθερες κατοικίες.
4. Συγκρίνοντας τις περιπτώσεις του ισόγειου, του πρώτου ορόφου πάνω από ανοιχτή πυλωτή και του τελευταίου ορόφου πολυκατοικίας, παρατηρούμε ότι στις περιπτώσεις όπου η κατοικία έρχεται σε επαφή με τον αέρα αντί για το έδαφος, έχει περισσότερες ενεργειακές απαιτήσεις, οι οποίες αυξάνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό έκθεσης στον αέρα, σύμφωνα με την παρατήρηση της προηγούμενης παραγράφου. Έτσι, ο τελευταίος όροφος έχει περισσότερες απαιτήσεις από τον πρώτο όροφο πάνω από ανοιχτή πυλωτή, ο οποίος με τη σειρά του έχει περισσότερες απαιτήσεις από το ισόγειο.
5. Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης επιβεβαιώθηκε επίσης το γεγονός ότι η ποιότητα των κουφωμάτων εξαρτάται όχι μόνο από τον συντελεστή θερμοπερατότητας αλλά και από την διείσδυση αέρα μέσω των κουφωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, παρόλο που τα ξύλινα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα έχουν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας σε σύγκριση με τα μεταλλικά κουφώματα με μονό υαλοπίνακα,

- εντούτοις οι κατοικίες με ξύλινα κουφώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις σε σύγκριση με τις αντίστοιχες που φέρουν μεταλλικά κουφώματα, λόγω του γεγονότος ότι τα ξύλινα κουφώματα επιτρέπουν μεγαλύτερη διείσδυση αέρα,
6. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις σε Ζ.Ν.Χ. κατοικιών με τα ίδια χαρακτηριστικά αυξάνονται καθώς μεταβαίνουμε από την κλιματική ζώνη Α προς την κλιματική ζώνη Δ, λόγω της αντίστοιχης μείωσης της θερμοκρασίας ύδατος, όπως παρουσιάστηκε στον πίνακα 2.5. Επιπλέον, με την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα, που αναλύθηκε ως πρώτη παρέμβαση, η απόσβεση μετρούμενη σε έτη είναι αντιστρόφως ανάλογη των ενεργειακών απαιτήσεων, καθώς παρατηρείται μείωση του χρόνου απόσβεσης καθώς μεταβαίνουμε από την κλιματική ζώνη Α στην κλιματική ζώνη Δ και καθώς αυξάνεται το μέγεθος κατοικίας.
  7. Εφαρμόζοντας όμοια παρέμβαση στα συστήματα θέρμανσης ή ψύξης, παρατηρείται μια αύξηση της εξοικονόμησης όσο αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας, με συνεπακόλουθη μείωση του διαστήματος απόσβεσης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι βελτιωτικές παρεμβάσεις ενδείκνυνται περισσότερο για τις κατοικίες με παλαιότερες κατοικίες.
  8. Σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, καλύτερη επιλογή παρέμβασης για τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης είναι η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, καθώς επιτυγχάνεται σημαντικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση, ενώ το πρόβλημα του υψηλού αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης μπορεί να αντιμετωπιστεί με την χρηματοδότηση μέσω του προγράμματος 'Εξοικονομώ κατ'οίκον'.
  9. Δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή παρεμβάσεων σε όλες τις κατοικίες. Χρειάζεται προσεκτική μελέτη και συνεισφορά μηχανικού ώστε να ληφθεί μια τέτοια απόφαση, καθώς όπως προαναφέρθηκε μπορεί τα νέα συστήματα να επιτυγχάνουν εξοικονόμηση, αλλά αν η κατοικία έχει μικρές ενεργειακές απαιτήσεις, το διάστημα απόσβεσης μπορεί να είναι μεγάλο και πιθανόν ασύμφορο, όπως κατέστη σαφές και από το παράδειγμα χρηματοοικονομικής αποτίμησης εφαρμογής θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων κατά την δεύτερη περίπτωση της εξεταζόμενης κατοικίας (case study 2).
  10. Τέλος, η επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων είναι δυναμική και άμεσα συνυφασμένη με το προς επένδυση οικονομικό κεφάλαιο και τις απαιτήσεις του εκάστοτε ιδιοκτήτη.

### **6.3 Προτάσεις**

Ως αντικείμενα μελλοντικών διπλωματικών εργασιών προτείνονται τα ακόλουθα θέματα:

1. Εκτέλεση ενεργειακής αξιολόγησης κατοικιών μειώνοντας τις λαμβανόμενες παραδοχές ώστε να προκύψουν ακριβέστερα αποτελέσματα ανά τύπο κατοικίας.
2. Χρήση περισσότερων παραγόντων κατηγοριοποίησης, προκειμένου να προκύψει μια ακόμα πιο στοχευμένη ανάλυση των κατοικιών.
3. Χρηματοοικονομική αποτίμηση επιπρόσθετων παρεμβάσεων εμπλουτίζοντας το υπάρχον μοντέλο επιλογής βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων.
4. Διενέργεια της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία για την περίπτωση της κατοικίας, και σε περιπτώσεις διαφορετικών κτηρίων.
5. Ενεργειακή και οικονομική αξιολόγηση της επίδρασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων κατοικιών ή άλλων τύπων κτηρίων.
6. Όλες οι ανωτέρω προτάσεις θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν σημαντικά το μοντέλο που αναπτύχθηκε κατά την παρούσα εργασία, έτσι ώστε σε επόμενο στάδιο να δοθεί η δυνατότητα σε κάποιον φοιτητή που έχει τις απαραίτητες γνώσεις στον τομέα του προγραμματισμού, να μετατρέψει το συγκεκριμένο μοντέλο σε εφαρμογή. Η εν λόγω εφαρμογή θα αποτελούσε δυνητικά ένα σημαντικό εργαλείο, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τον βέλτιστο συνδυασμό παρεμβάσεων για το κτήριό του, χωρίς να επιβαρύνεται με κάποιο κόστος ενεργειακής μελέτης.

# 7

## Βιβλιογραφία

Η βιβλιογραφία καθώς και η σχετική νομοθεσία, στην οποία βασίστηκε η διπλωματική εργασία, ήταν η ακόλουθη:

1. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.
2. Νόμος υπ' αριθμόν 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις».
3. «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.).
4. Νόμος υπ' αριθμόν 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις».
5. Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση).
6. Οικονομική Απόφαση υπ' αριθμόν 17178/ΦΕΚ Β 1387-2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων».
7. Οικονομική Απόφαση υπ' αριθμόν 1192/ΦΕΚ 1413-2012 «Διευκρινίσεις & Προσθήκες Τεχνικών Οδηγιών».
8. Οικονομική Απόφαση υπ' αριθμόν 2618/23.10.2014 (ΦΕΚ Β'2945) «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων».
9. Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007 "Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics".
10. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση) (ΦΕΚ Β' 4003/17-11-2017) «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
11. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 (Α' Έκδοση) (ΦΕΚ Β' 4003/17-11-2017) «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
12. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 (Γ' Έκδοση) (ΦΕΚ Β' 2945/23-10-2014) «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».

13. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2017 (Α΄ Έκδοση) (ΦΕΚ Β' 4003/17-11-2017) «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».
14. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2017 (Α΄ Έκδοση) (ΦΕΚ Β' 4003/17-11-2017) «Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια».

*Παράρτημα 1: Πίνακες  
ενεργειακών απαιτήσεων  
κατοικιών*

### Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Z.N.X. ανά μέγεθος κατοικίας

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Κλιματική ζώνη Α	20,4
40 m <sup>2</sup>	Κλιματική ζώνη Β	21,7
	Κλιματική ζώνη Γ	23,4
	Κλιματική ζώνη Δ	25

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Κλιματική ζώνη Α	23,3
70 m <sup>2</sup>	Κλιματική ζώνη Β	24,8
	Κλιματική ζώνη Γ	26,8
	Κλιματική ζώνη Δ	28,6

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Κλιματική ζώνη Α	24,4
100 m <sup>2</sup>	Κλιματική ζώνη Β	26,1
	Κλιματική ζώνη Γ	28,1
	Κλιματική ζώνη Δ	30

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Κλιματική ζώνη Α	21,7
150 m <sup>2</sup>	Κλιματική ζώνη Β	23,2
	Κλιματική ζώνη Γ	25
	Κλιματική ζώνη Δ	26,6

## Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης κατοικιών 40 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση ξύλινων κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	186,1	118,7	69,8
Κλιματική ζώνη Β	241,1	157,7	96,6
Κλιματική ζώνη Γ	363,5	246	154,2
Κλιματική ζώνη Δ	489,6	334,5	213,7
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	136,3	71	54,6
Κλιματική ζώνη Β	177,9	97,6	77,5
Κλιματική ζώνη Γ	274,8	152,9	124,3
Κλιματική ζώνη Δ	372,6	210,5	174,1
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώη</u>			
Κλιματική ζώνη Α	180,1	117,3	65,3
Κλιματική ζώνη Β	233	156,3	91,3
Κλιματική ζώνη Γ	355,1	237,7	144,3
Κλιματική ζώνη Δ	478,3	321,2	200,6
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	131,2	65,8	49,6
Κλιματική ζώνη Β	171,5	90,9	71,1
Κλιματική ζώνη Γ	265,5	143,1	114,9
Κλιματική ζώνη Δ	360,3	197,6	161,5
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	181	113,6	64,8
Κλιματική ζώνη Β	234,9	151,4	90,3
Κλιματική ζώνη Γ	354,6	236,7	144,9
Κλιματική ζώνη Δ	477,8	322,2	201,3

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση ξύλινων κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	115	83	70,9
Κλιματική ζώνη Β	165,6	117,9	96,3
Κλιματική ζώνη Γ	114,5	82,8	68,8
Κλιματική ζώνη Δ	64,6	46,9	41,8
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	68	36,4	56,3
Κλιματική ζώνη Β	106,7	59,2	78
Κλιματική ζώνη Γ	72,2	40,9	55,8
Κλιματική ζώνη Δ	36,4	19,1	33,1
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώη</u>			
Κλιματική ζώνη Α	63,3	32	54,5
Κλιματική ζώνη Β	108,7	61,4	78
Κλιματική ζώνη Γ	71	39,6	55,2
Κλιματική ζώνη Δ	31,8	14,7	31,1
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	68,4	36,8	57
Κλιματική ζώνη Β	106,3	58,8	77,6
Κλιματική ζώνη Γ	72,2	40,9	55,8
Κλιματική ζώνη Δ	36,9	19,6	34
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	115,4	83,5	71,6
Κλιματική ζώνη Β	165,2	117,5	95,9
Κλιματική ζώνη Γ	114,2	82,8	68,8
Κλιματική ζώνη Δ	65,2	47,5	42,6



Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	181,5	116,7	65,3
Κλιματική ζώνη Β	235,5	155,3	91
Κλιματική ζώνη Γ	355,6	242,4	145,9
Κλιματική ζώνη Δ	479,1	329,8	202,7
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	131,7	69	50,2
Κλιματική ζώνη Β	172,2	95	71,8
Κλιματική ζώνη Γ	266,5	149,1	115,9
Κλιματική ζώνη Δ	361,7	205,6	162,9
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	175,5	115,2	60,8
Κλιματική ζώνη Β	227,3	153,7	85,5
Κλιματική ζώνη Γ	346,8	233,9	135,9
Κλιματική ζώνη Δ	467,3	316,2	189,3
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	126,6	63,8	45,2
Κλιματική ζώνη Β	165,9	88,4	65,3
Κλιματική ζώνη Γ	257,2	139,3	106,5
Κλιματική ζώνη Δ	349,5	192,7	150,3
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	176,4	111,6	60,3
Κλιματική ζώνη Β	229,3	149	84,7
Κλιματική ζώνη Γ	346,6	233,2	136,7
Κλιματική ζώνη Δ	467,3	317,6	190,3

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	115,4	83,2	71,5
Κλιματική ζώνη Β	165,2	117,7	96
Κλιματική ζώνη Γ	114,2	82,8	68,8
Κλιματική ζώνη Δ	65,1	47,2	42,5
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	68,3	36,5	56,9
Κλιματική ζώνη Β	106,3	59	77,7
Κλιματική ζώνη Γ	72,2	40,9	55,8
Κλιματική ζώνη Δ	36,8	19,3	33,9
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	63,6	32,1	55
Κλιματική ζώνη Β	108,3	61,2	77,7
Κλιματική ζώνη Γ	70,9	39,6	55,2
Κλιματική ζώνη Δ	32,2	14,8	31,8
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	68,7	37	57,6
Κλιματική ζώνη Β	105,8	58,6	77,4
Κλιματική ζώνη Γ	72,2	40,9	55,9
Κλιματική ζώνη Δ	37,3	19,8	34,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	115,8	83,7	72,2
Κλιματική ζώνη Β	164,8	117,3	95,6
Κλιματική ζώνη Γ	114,1	82,8	68,9
Κλιματική ζώνη Δ	65,7	47,8	43,4

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	161,9	103,6	46,3
Κλιματική ζώνη Β	211,1	139,5	67,1
Κλιματική ζώνη Γ	321,6	218,8	110,1
Κλιματική ζώνη Δ	434,5	298,4	154,6
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	112,2	56,1	31,6
Κλιματική ζώνη Β	148,8	78,4	47,3
Κλιματική ζώνη Γ	231,4	124,1	79,6
Κλιματική ζώνη Δ	315,9	172	113,6
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλα</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	155,9	102,6	41,9
Κλιματική ζώνη Β	204,6	137,4	60,9
Κλιματική ζώνη Γ	312,4	209,3	99,5
Κλιματική ζώνη Δ	422,5	283,2	140,1
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	107	50,9	26,8
Κλιματική ζώνη Β	142,4	71,7	41
Κλιματική ζώνη Γ	222,1	114,3	70,2
Κλιματική ζώνη Δ	303,5	159	101
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	156,9	98,5	41,5
Κλιματική ζώνη Β	204,8	133,2	60,8
Κλιματική ζώνη Γ	312,7	209,5	100,8
Κλιματική ζώνη Δ	422,7	286,1	142,2

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	111,4	81,5	68,3
Κλιματική ζώνη Β	157,1	113,2	88,2
Κλιματική ζώνη Γ	109,2	80,2	64,1
Κλιματική ζώνη Δ	63,4	46,7	41,9
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	64,3	34,8	53,9
Κλιματική ζώνη Β	98,1	54,5	70
Κλιματική ζώνη Γ	67,3	38,3	51,1
Κλιματική ζώνη Δ	35,1	18,8	33,5
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλα</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	59,4	30,1	51,7
Κλιματική ζώνη Β	100,1	56,5	69,9
Κλιματική ζώνη Γ	65,9	36,9	50,5
Κλιματική ζώνη Δ	30,1	13,9	31
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	64,8	35,3	54,8
Κλιματική ζώνη Β	97,7	54,1	69,8
Κλιματική ζώνη Γ	67,2	38,3	51,2
Κλιματική ζώνη Δ	35,6	19,4	34,6
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	111,9	82	69,1
Κλιματική ζώνη Β	156,7	112,8	88
Κλιματική ζώνη Γ	109,2	80,2	64,2
Κλιματική ζώνη Δ	64	47,4	42,9

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		
40 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	21,9	14,1
Κλιματική ζώνη Β	28,2	19,2
Κλιματική ζώνη Γ	44,6	31,2
Κλιματική ζώνη Δ	57	41
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	15,3	7,6
Κλιματική ζώνη Β	20	10,9
Κλιματική ζώνη Γ	33,4	19,7
Κλιματική ζώνη Δ	43,9	27,5
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17,7	10
Κλιματική ζώνη Β	22,2	13
Κλιματική ζώνη Γ	35,2	21,5
Κλιματική ζώνη Δ	44,1	27,8
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11,2	3,9
Κλιματική ζώνη Β	14,4	5,6
Κλιματική ζώνη Γ	24,8	11,3
Κλιματική ζώνη Δ	32,1	15,8
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17,5	9,7
Κλιματική ζώνη Β	22,3	13,1
Κλιματική ζώνη Γ	35,8	22,2
Κλιματική ζώνη Δ	45	28,7

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		
40 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	60,1	39,6
Κλιματική ζώνη Β	71,8	48,3
Κλιματική ζώνη Γ	52,1	35,3
Κλιματική ζώνη Δ	39	25,6
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	53,5	33,1
Κλιματική ζώνη Β	64,3	40,9
Κλιματική ζώνη Γ	47,3	30,6
Κλιματική ζώνη Δ	36,7	23,3
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	52,6	32,2
Κλιματική ζώνη Β	64	40,6
Κλιματική ζώνη Γ	47,1	30,3
Κλιματική ζώνη Δ	36,5	23,1
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	54,7	34,4
Κλιματική ζώνη Β	64,3	41
Κλιματική ζώνη Γ	47,4	30,6
Κλιματική ζώνη Δ	38,2	24,8
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	61,1	40,7
Κλιματική ζώνη Β	71,7	48,3
Κλιματική ζώνη Γ	52,2	35,4
Κλιματική ζώνη Δ	40,5	27,1

## Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις κατοικιών 40 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση ξύλινων κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	12860	8884	6444
Κλιματική ζώνη Β	17136	11892	8584
Κλιματική ζώνη Γ	20056	14088	9856
Κλιματική ζώνη Δ	23168	16256	11220
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	8988	5112	5252
Κλιματική ζώνη Β	12252	7140	7088
Κλιματική ζώνη Γ	14816	8688	8140
Κλιματική ζώνη Δ	17360	10184	9288
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	10552	6788	5608
Κλιματική ζώνη Β	14536	9576	7640
Κλιματική ζώνη Γ	17980	12028	8916
Κλιματική ζώνη Δ	21404	14436	10268
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	8800	4920	5080
Κλιματική ζώνη Β	11980	6856	6816
Κλιματική ζώνη Γ	14444	8296	7764
Κλιματική ζώνη Δ	16888	9688	8820
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	12672	8700	6272
Κλιματική ζώνη Β	16872	11624	8316
Κλιματική ζώνη Γ	19688	13716	9484
Κλιματική ζώνη Δ	22720	15788	10756

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι	
40 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	12692	8812	6288
Κλιματική ζώνη Β	16896	11788	8348
Κλιματική ζώνη Γ	19728	13944	9524
Κλιματική ζώνη Δ	22768	16080	10808
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	8816	5036	5100
Κλιματική ζώνη Β	12008	7028	6848
Κλιματική ζώνη Γ	14484	8536	7804
Κλιματική ζώνη Δ	16940	9996	8872
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	10380	6708	5448
Κλιματική ζώνη Β	14292	9464	7396
Κλιματική ζώνη Γ	17644	11876	8580
Κλιματική ζώνη Δ	20980	14240	9844
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	8628	4848	4928
Κλιματική ζώνη Β	11736	6748	6576
Κλιματική ζώνη Γ	14112	8144	7432
Κλιματική ζώνη Δ	16472	9500	8404
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	12504	8628	6116
Κλιματική ζώνη Β	16632	11520	8080
Κλιματική ζώνη Γ	19364	13576	9160
Κλιματική ζώνη Δ	22320	15616	10348

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Περίπτωση μεταλλικών κουφορμάτων με διπλό τζάμι	
	Πριν το 1979	Πριν το 2010
<b>40 m<sup>2</sup></b>		
<u>Μονοκατοικία</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	11748 8220	5400 3912
Κλιματική ζώνη Γ	15596 10976	7080 5148
Κλιματική ζώνη Δ	18168 12896	7904 5804
Κλιματική ζώνη Δ	20916 14804	8860 6504
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	7876 4452	4236 2760
Κλιματική ζώνη Γ	10744 6184	5560 3608
Κλιματική ζώνη Δ	12884 7432	6164 4008
Κλιματική ζώνη Δ	15040 8632	6884 4456
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	9428 6124	4560 3096
Κλιματική ζώνη Γ	13056 8624	6100 4164
Κλιματική ζώνη Δ	16068 10784	6936 4800
Κλιματική ζώνη Δ	19104 12884	7844 5448
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	7688 4264	4080 2612
Κλιματική ζώνη Γ	10472 5900	5300 3348
Κλιματική ζώνη Δ	12508 7040	5792 3628
Κλιματική ζώνη Δ	14564 8136	6424 3988
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	11568 8036	5240 3748
Κλιματική ζώνη Γ	15328 10708	6820 4880
Κλιματική ζώνη Δ	17812 12524	7536 5420
Κλιματική ζώνη Δ	20468 14340	8404 6032

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Μετά το 2010	
	<b>40 m<sup>2</sup></b>	
<u>Μονοκατοικία</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	4096 2964	4868 3568
Κλιματική ζώνη Γ	4804 3596	4840 3664
Κλιματική ζώνη Δ	4840 3664	4840 3664
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	3568 2444	4240 2940
Κλιματική ζώνη Γ	4164 2948	4224 3032
Κλιματική ζώνη Δ	4224 3032	4224 3032
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	3628 2504	4316 3012
Κλιματική ζώνη Γ	4228 3008	4224 3036
Κλιματική ζώνη Δ	4224 3036	4224 3036
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	3452 2348	4016 2732
Κλιματική ζώνη Γ	3824 2612	3812 2624
Κλιματική ζώνη Δ	3812 2624	3812 2624
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη Με γειτνίαση	Ελεύθερη Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	3960 2832	4628 3324
Κλιματική ζώνη Γ	4456 3240	4420 3232
Κλιματική ζώνη Δ	4420 3232	4420 3232

## Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης κατοικιών 70 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
70 m <sup>2</sup>	Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	146	96,9	51,5	34,7
Κλιματική ζώνη Β	191,9	133	73,4	50,6
Κλιματική ζώνη Γ	296,6	207,6	117,3	81,8
Κλιματική ζώνη Δ	401	283	163	114,9
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	98,5	51,6	36,8	19,6
Κλιματική ζώνη Β	133,3	71,3	53,3	29,6
Κλιματική ζώνη Γ	205,4	111,1	86	49,2
Κλιματική ζώνη Δ	280	153,9	120,9	71,5
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	145,1	100,9	48,5	31,6
Κλιματική ζώνη Β	192	133,1	68,1	45
Κλιματική ζώνη Γ	290,7	199,1	107,4	71
Κλιματική ζώνη Δ	391,1	269	149	100,4
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	93,4	46,3	31,8	14,6
Κλιματική ζώνη Β	126,9	64,6	46,8	23
Κλιματική ζώνη Γ	196	101,4	76,6	39,7
Κλιματική ζώνη Δ	267,7	141,1	108,3	58,6
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	141,1	92	46,5	29,6
Κλιματική ζώνη Β	185,8	126,7	67	44
Κλιματική ζώνη Γ	287,7	198,5	108	72,3
Κλιματική ζώνη Δ	389,3	271	150,7	102,2

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
70 m <sup>2</sup>	Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	92,3	72,1	51,6	37,9
Κλιματική ζώνη Β	132,7	101,1	70,5	51,8
Κλιματική ζώνη Γ	91,9	71,4	50,7	37,8
Κλιματική ζώνη Δ	51,4	40,6	29,9	22,1
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	45,7	25,8	37,2	23,7
Κλιματική ζώνη Β	73,9	42,6	52,3	33,7
Κλιματική ζώνη Γ	49,9	29,6	37,7	24,8
Κλιματική ζώνη Δ	23,5	13,1	21,5	14
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	41,3	21,5	35,2	21,7
Κλιματική ζώνη Β	76,1	44,8	52,4	33,7
Κλιματική ζώνη Γ	48,7	28,2	37	24,1
Κλιματική ζώνη Δ	19,2	8,9	19,3	11,6
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	46	26,2	37,8	24,6
Κλιματική ζώνη Β	73,5	42,1	52	33,5
Κλιματική ζώνη Γ	49,9	29,6	37,7	24,9
Κλιματική ζώνη Δ	23,9	13,6	22,4	15,1
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	92,8	72,6	52,2	38,6
Κλιματική ζώνη Β	132,2	100,7	70,2	51,5
Κλιματική ζώνη Γ	91,9	71,4	50,7	37,8
Κλιματική ζώνη Δ	51,9	41,2	30,8	23,1

Επίσης ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι		Με γειτνίαση
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>70 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979		Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	143,4	95,8	33,5
Κλιματική ζώνη Β	188,7	131,5	49,1
Κλιματική ζώνη Γ	291,8	205,5	79,7
Κλιματική ζώνη Δ	394,8	280,3	112
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	95,8	50,4	18,4
Κλιματική ζώνη Β	129,9	69,7	28,1
Κλιματική ζώνη Γ	200,4	108,9	47
Κλιματική ζώνη Δ	273,5	151	68,5
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	142,4	99,7	30,3
Κλιματική ζώνη Β	188,5	131,6	43,4
Κλιματική ζώνη Γ	285,7	196,8	68,8
Κλιματική ζώνη Δ	384,5	266,1	97,4
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	90,8	45,1	13,5
Κλιματική ζώνη Β	123,5	63	21,5
Κλιματική ζώνη Γ	191,1	99,2	37,5
Κλιματική ζώνη Δ	261,2	138,2	55,6
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	138,5	90,9	28,5
Κλιματική ζώνη Β	182,6	125,3	42,5
Κλιματική ζώνη Γ	283	196,4	70,2
Κλιματική ζώνη Δ	383,1	268,2	99,3

Επίσης ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι		Με γειτνίαση
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>70 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979		Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	92,6	72,2	38
Κλιματική ζώνη Β	132,4	101	51,7
Κλιματική ζώνη Γ	91,9	71,4	37,8
Κλιματική ζώνη Δ	51,6	40,7	22,3
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	45,9	25,9	23,9
Κλιματική ζώνη Β	73,7	42,5	33,7
Κλιματική ζώνη Γ	49,9	29,6	24,8
Κλιματική ζώνη Δ	23,7	13,2	14,2
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	41,4	21,6	21,8
Κλιματική ζώνη Β	75,9	44,7	33,6
Κλιματική ζώνη Γ	48,7	28,2	24,2
Κλιματική ζώνη Δ	19,4	8,9	11,8
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	46,3	26,3	24,8
Κλιματική ζώνη Β	73,2	42	33,5
Κλιματική ζώνη Γ	49,9	29,6	24,9
Κλιματική ζώνη Δ	24,2	13,8	15,4
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	93	72,7	38,8
Κλιματική ζώνη Β	132	100,6	51,5
Κλιματική ζώνη Γ	91,9	71,4	37,8
Κλιματική ζώνη Δ	52,2	41,4	23,3



Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>70 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	132,2	88,5	38
Κλιματική ζώνη Γ	175,4	122,4	55,6
Κλιματική ζώνη Δ	272	191,7	91
Κλιματική ζώνη Δ	368,5	261,9	127,7
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	85,1	42,7	23,2
Κλιματική ζώνη Γ	115,9	59,7	35,1
Κλιματική ζώνη Δ	179,7	94	59,1
Κλιματική ζώνη Δ	245,5	131,1	84,8
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή αυλή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	132,1	92,1	34,5
Κλιματική ζώνη Γ	174,8	121,8	49,9
Κλιματική ζώνη Δ	265,4	182,1	80,3
Κλιματική ζώνη Δ	357,1	246,6	112,9
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	80,1	37,4	18,3
Κλιματική ζώνη Γ	109,5	53	28,7
Κλιματική ζώνη Δ	170,3	84,2	49,8
Κλιματική ζώνη Δ	233,2	118,3	72,2
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	127,3	83,6	33,1
Κλιματική ζώνη Γ	169,3	116,1	49,3
Κλιματική ζώνη Δ	263,1	182,6	81,7
Κλιματική ζώνη Δ	356,8	249,9	115,3

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>70 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	90,4	71,3	50,1
Κλιματική ζώνη Γ	127,8	98,4	66
Κλιματική ζώνη Δ	89,1	69,9	48
Κλιματική ζώνη Δ	50,7	40,5	30,1
Ισόγειο πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	43,6	24,9	35,9
Κλιματική ζώνη Γ	69	39,9	47,9
Κλιματική ζώνη Δ	47,1	28,1	35
Κλιματική ζώνη Δ	22,7	13	21,9
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή αυλή			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	39	20,4	33,7
Κλιματική ζώνη Γ	71,2	42	47,7
Κλιματική ζώνη Δ	45,8	26,7	34,4
Κλιματική ζώνη Δ	18,2	8,4	19,3
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	44	25,4	36,8
Κλιματική ζώνη Γ	68,6	39,5	47,7
Κλιματική ζώνη Δ	47,1	28,1	35,1
Κλιματική ζώνη Δ	23,2	13,7	23
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	90,8	71,8	50,9
Κλιματική ζώνη Γ	127,4	98,1	65,7
Κλιματική ζώνη Δ	89,1	69,9	48,1
Κλιματική ζώνη Δ	51,3	41,2	31,1



Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		
70 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17,5	11,4
Κλιματική ζώνη Β	22,8	15,8
Κλιματική ζώνη Γ	35,9	25,6
Κλιματική ζώνη Δ	46,3	34,1
Ισόγειο πολυκατοικίας	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	10,7	4,8
Κλιματική ζώνη Β	14,3	7,3
Κλιματική ζώνη Γ	24,2	13,9
Κλιματική ζώνη Δ	32,6	20,3
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλα		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	13,5	7,4
Κλιματική ζώνη Β	16,9	9,7
Κλιματική ζώνη Γ	26,4	16
Κλιματική ζώνη Δ	33,4	21,1
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	6,6	1,6
Κλιματική ζώνη Β	8,7	2,5
Κλιματική ζώνη Γ	15,8	5,9
Κλιματική ζώνη Δ	21	9,1
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	13	7,1
Κλιματική ζώνη Β	16,8	9,8
Κλιματική ζώνη Γ	27,1	16,8
Κλιματική ζώνη Δ	34,3	22

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		
70 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	42,1	30,3
Κλιματική ζώνη Β	51,1	37,2
Κλιματική ζώνη Γ	36,9	27,1
Κλιματική ζώνη Δ	26,6	19
Ισόγειο πολυκατοικίας	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	35,6	23,9
Κλιματική ζώνη Β	43,7	29,8
Κλιματική ζώνη Γ	32,2	22,3
Κλιματική ζώνη Δ	24,3	16,7
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλα		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	34,7	22,9
Κλιματική ζώνη Β	43,3	29,5
Κλιματική ζώνη Γ	32	22,1
Κλιματική ζώνη Δ	24	16,4
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	36,8	25,2
Κλιματική ζώνη Β	43,7	29,9
Κλιματική ζώνη Γ	32,3	22,4
Κλιματική ζώνη Δ	25,7	18,2
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	43,2	31,5
Κλιματική ζώνη Β	51,1	37,2
Κλιματική ζώνη Γ	37	27,1
Κλιματική ζώνη Δ	28	20,4

## Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις κατοικιών 70 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση ξύλινων κουφωμάτων με μόνο τζάμι	
70 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	18312	13461	8848
Κλιματική ζώνη Β	24458	18123	11809
Κλιματική ζώνη Γ	29071	21406	13636
Κλιματική ζώνη Δ	33670	24654	15505
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11725	7049	6811
Κλιματική ζώνη Β	16240	9709	9128
Κλιματική ζώνη Γ	19747	11725	10535
Κλιματική ζώνη Δ	23247	13692	11970
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14679	10199	7490
Κλιματική ζώνη Β	20503	14189	10171
Κλιματική ζώνη Γ	25634	17787	11984
Κλιματική ζώνη Δ	30723	21455	13783
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11389	6706	6503
Κλιματική ζώνη Β	15764	9205	8652
Κλιματική ζώνη Γ	19089	11046	9877
Κλιματική ζώνη Δ	22414	12831	11151
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	18004	13153	8540
Κλιματική ζώνη Β	23996	17654	11340
Κλιματική ζώνη Γ	28448	20769	12985
Κλιματική ζώνη Δ	32886	23856	14707

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μόνο τζάμι	
70 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	18151	13391	8680
Κλιματική ζώνη Β	24213	18011	11564
Κλιματική ζώνη Γ	28735	21259	13286
Κλιματική ζώνη Δ	33250	24472	15085
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11550	6972	6650
Κλιματική ζώνη Β	15988	9590	8876
Κλιματική ζώνη Γ	19397	11571	10185
Κλιματική ζώνη Δ	22806	13496	11529
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14497	10122	7315
Κλιματική ζώνη Β	20244	14077	9912
Κλιματική ζώνη Γ	25284	17626	11641
Κλιματική ζώνη Δ	30275	21252	13342
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11228	6629	6349
Κλιματική ζώνη Β	15505	9086	8400
Κλιματική ζώνη Γ	18746	10892	9527
Κλιματική ζώνη Δ	21980	12642	10724
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17836	13083	8386
Κλιματική ζώνη Β	23758	17549	11095
Κλιματική ζώνη Γ	28119	20622	12642
Κλιματική ζώνη Δ	32473	23674	14273

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Περίπτωση μεταλλικών κουφομάτων με διπλό τζάμι			
	Πριν το 1979	Πριν το 2010		
<b>70 m<sup>2</sup></b>	<b>Πριν το 2010</b>			
<u>Μονοκατοικία</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17213	12817	7798	6076
Κλιματική ζώνη Β	22960	17192	10248	7924
Κλιματική ζώνη Γ	27153	20188	11606	8967
Κλιματική ζώνη Δ	31346	23170	13048	10031
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	10640	6363	5768	4039
Κλιματική ζώνη Β	14679	8708	7546	5187
Κλιματική ζώνη Γ	17752	10423	8463	5754
Κλιματική ζώνη Δ	20776	12089	9471	6405
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	13608	9506	6405	4676
Κλιματική ζώνη Β	18956	13202	8568	6230
Κλιματική ζώνη Γ	23660	16492	9905	7210
Κλιματική ζώνη Δ	28273	19852	11256	8218
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	10318	6027	5488	3801
Κλιματική ζώνη Β	14203	8211	7084	4753
Κλιματική ζώνη Γ	17094	9737	7819	5117
Κλιματική ζώνη Δ	19950	11242	8666	5607
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	16898	12509	7511	5789
Κλιματική ζώνη Β	22505	16730	9786	7462
Κλιματική ζώνη Γ	26530	19551	10962	8302
Κλιματική ζώνη Δ	30569	22379	12250	9233

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Μετά το 2010	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
<b>70 m<sup>2</sup></b>	<b>Μετά το 2010</b>	
<u>Μονοκατοικία</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	5803	4550
Κλιματική ζώνη Β	6909	5446
Κλιματική ζώνη Γ	6972	5565
Κλιματική ζώνη Δ	7105	5719
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	4872	3640
Κλιματική ζώνη Β	5796	4333
Κλιματική ζώνη Γ	5824	4410
Κλιματική ζώνη Δ	5985	4592
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	5005	3752
Κλιματική ζώνη Β	5950	4480
Κλιματική ζώνη Γ	5964	4543
Κλιματική ζώνη Δ	6020	4627
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	4669	3507
Κλιματική ζώνη Β	5404	4004
Κλιματική ζώνη Γ	5243	3857
Κλιματική ζώνη Δ	5271	3913
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	5565	4333
Κλιματική ζώνη Β	6489	5026
Κλιματική ζώνη Γ	6363	4949
Κλιματική ζώνη Δ	6363	4970

## Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης κατοικιών 100 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		Πριν το 1979		Πριν το 2010	
100 m <sup>2</sup>		Πριν το 1979		Πριν το 2010	
Μονοκατοικία					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	128	85,3	42,9	27,6	27,6
Κλιματική ζώνη Β	168,6	117,3	62,5	41,5	41,5
Κλιματική ζώνη Γ	262,7	185,4	102,3	69,6	69,6
Κλιματική ζώνη Δ	356,3	254	143,8	98,9	98,9
Ισόγειο πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	79,1	38,8	28,3	13	13
Κλιματική ζώνη Β	108,6	55	42,4	20,8	20,8
Κλιματική ζώνη Γ	170	88,3	71,4	37,3	37,3
Κλιματική ζώνη Δ	234	124,2	102	55,7	55,7
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	124,9	87,4	39,7	24,5	24,5
Κλιματική ζώνη Β	166,6	116,1	57,2	36	36
Κλιματική ζώνη Γ	254,6	176	93	59,3	59,3
Κλιματική ζώνη Δ	344,7	239,2	130,6	85,2	85,2
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	74,6	34,1	24	8,9	8,9
Κλιματική ζώνη Β	102,8	49	36,7	15,1	15,1
Κλιματική ζώνη Γ	161,6	79,6	63	28,9	28,9
Κλιματική ζώνη Δ	222,9	112,6	90,7	44,1	44,1
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	123,6	80,9	38,6	23,2	23,2
Κλιματική ζώνη Β	163,1	111,7	56,9	35,7	35,7
Κλιματική ζώνη Γ	254,7	177,2	94,1	61,1	61,1
Κλιματική ζώνη Δ	345,8	243,1	132,8	87,6	87,6

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		Πριν το 1979		Πριν το 2010	
100 m <sup>2</sup>		Πριν το 1979		Πριν το 2010	
Μονοκατοικία					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	93,3	71,3	54,2	37,7	37,7
Κλιματική ζώνη Β	130,8	98,5	72,5	50,8	50,8
Κλιματική ζώνη Γ	91,4	70	52,3	37,1	37,1
Κλιματική ζώνη Δ	52,8	40,6	32,2	22,4	22,4
Ισόγειο πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	46,4	24,9	39,9	23,6	23,6
Κλιματική ζώνη Β	72	40	54,3	32,8	32,8
Κλιματική ζώνη Γ	49,4	28,1	39,3	24,2	24,2
Κλιματική ζώνη Δ	24,7	13,1	23,9	14,4	14,4
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	41,6	20,4	37,7	21,4	21,4
Κλιματική ζώνη Β	74	42,1	54,2	32,7	32,7
Κλιματική ζώνη Γ	48,1	26,7	38,7	23,5	23,5
Κλιματική ζώνη Δ	19,9	8,5	21,4	11,7	11,7
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	46,8	25,4	40,6	24,5	24,5
Κλιματική ζώνη Β	71,6	39,6	54,1	32,7	32,7
Κλιματική ζώνη Γ	49,4	28,2	39,4	24,3	24,3
Κλιματική ζώνη Δ	25,2	13,7	24,8	15,5	15,5
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας					
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	93,8	71,8	54,9	38,4	38,4
Κλιματική ζώνη Β	130,5	98,2	72,2	50,6	50,6
Κλιματική ζώνη Γ	91,4	70	52,3	37,2	37,2
Κλιματική ζώνη Δ	53,4	41,2	33,1	23,4	23,4

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι			
	Πριν το 1979	Πριν το 2010		
<b>100 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010			
Μονοκατοικία				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	125,2	84	40,2	26,3
Κλιματική ζώνη Γ	165,2	115,7	59	39,8
Κλιματική ζώνη Δ	257,7	183	97,1	67,1
Κλιματική ζώνη Δ	349,7	250,9	136,9	95,6
Ισόγειο πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	76,3	37,4	25,6	11,7
Κλιματική ζώνη Γ	105	53,2	38,8	19,1
Κλιματική ζώνη Δ	164,7	85,8	66,2	34,8
Κλιματική ζώνη Δ	227	120,8	94,9	52,3
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλωτη				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	122	86	36,9	23,2
Κλιματική ζώνη Γ	163	114,3	53,5	34,2
Κλιματική ζώνη Δ	249,2	173,4	87,7	56,7
Κλιματική ζώνη Δ	337,6	235,8	123,5	81,7
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	71,8	32,7	21,4	7,7
Κλιματική ζώνη Γ	99,2	47,2	33,2	13,6
Κλιματική ζώνη Δ	156,3	77,1	57,8	26,5
Κλιματική ζώνη Δ	215,9	109,2	83,7	40,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	120,8	79,6	35,9	22
Κλιματική ζώνη Γ	159,7	110,1	53,3	34,1
Κλιματική ζώνη Δ	249,7	174,8	88,9	58,6
Κλιματική ζώνη Δ	339,2	240	125,8	84,3

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι			
	Πριν το 1979	Πριν το 2010		
<b>100 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010			
Μονοκατοικία				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	93,6	71,4	54,7	37,9
Κλιματική ζώνη Γ	130,6	98,4	72,3	50,7
Κλιματική ζώνη Δ	91,4	70	52,3	37,2
Κλιματική ζώνη Δ	53,2	40,8	32,8	22,7
Ισόγειο πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	46,7	25,1	40,3	23,9
Κλιματική ζώνη Γ	71,8	39,9	54,1	32,8
Κλιματική ζώνη Δ	49,4	28,1	39,3	24,2
Κλιματική ζώνη Δ	25	13,3	24,4	14,7
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλωτη				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	41,8	20,5	38,1	21,5
Κλιματική ζώνη Γ	73,8	41,9	54,1	32,6
Κλιματική ζώνη Δ	48,1	26,7	38,7	23,5
Κλιματική ζώνη Δ	20,1	8,5	21,9	11,9
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	47,1	25,6	41,1	24,8
Κλιματική ζώνη Γ	71,4	39,5	54	32,7
Κλιματική ζώνη Δ	49,4	28,2	39,4	24,3
Κλιματική ζώνη Δ	25,5	13,9	25,4	15,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας				
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Β	94	71,9	55,3	38,6
Κλιματική ζώνη Γ	130,3	98,1	72,1	50,5
Κλιματική ζώνη Δ	91,4	70	52,4	37,2
Κλιματική ζώνη Δ	53,7	41,4	33,6	23,6

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι	
	Πριν το 1979	Πριν το 2010
<b>100 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	114,6	77,9
Κλιματική ζώνη Β	152,5	108,4
Κλιματική ζώνη Γ	239	171,8
Κλιματική ζώνη Δ	325	235,9
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	66,2	31,3
Κλιματική ζώνη Β	91,9	45,1
Κλιματική ζώνη Γ	145,2	73,5
Κλιματική ζώνη Δ	200,5	104,3
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	112,4	80,1
Κλιματική ζώνη Β	150,3	106,7
Κλιματική ζώνη Γ	230,4	161,5
Κλιματική ζώνη Δ	311,8	219,9
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	61,7	26,6
Κλιματική ζώνη Β	86,1	39,1
Κλιματική ζώνη Γ	136,7	64,8
Κλιματική ζώνη Δ	189,3	92,6
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	110,2	73,5
Κλιματική ζώνη Β	147	102,8
Κλιματική ζώνη Γ	231	163,6
Κλιματική ζώνη Δ	314,4	224,9

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι	
	Πριν το 1979	Πριν το 2010
<b>100 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	91	70,5
Κλιματική ζώνη Β	125,6	96
Κλιματική ζώνη Γ	88,3	68,5
Κλιματική ζώνη Δ	52	40,5
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	44,1	24,1
Κλιματική ζώνη Β	66,7	37,4
Κλιματική ζώνη Γ	46,3	26,7
Κλιματική ζώνη Δ	23,9	13,1
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	39,1	19,3
Κλιματική ζώνη Β	68,7	39,4
Κλιματική ζώνη Γ	44,9	25,2
Κλιματική ζώνη Δ	18,7	8
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	44,5	24,7
Κλιματική ζώνη Β	66,4	37,1
Κλιματική ζώνη Γ	46,4	26,7
Κλιματική ζώνη Δ	24,4	13,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	91,5	71
Κλιματική ζώνη Β	125,2	95,6
Κλιματική ζώνη Γ	88,3	68,5
Κλιματική ζώνη Δ	52,6	41,2

Επίσης ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		
100 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	12,6	7,7
Κλιματική ζώνη Β	16,9	11,1
Κλιματική ζώνη Γ	28,4	19,5
Κλιματική ζώνη Δ	36,9	26,4
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	6,4	2,1
Κλιματική ζώνη Β	9	3,6
Κλιματική ζώνη Γ	17,2	8,4
Κλιματική ζώνη Δ	23,8	13,1
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	9,1	4,4
Κλιματική ζώνη Β	11,7	6
Κλιματική ζώνη Γ	19,9	11
Κλιματική ζώνη Δ	25,5	14,8
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	3,5	0,4
Κλιματική ζώνη Β	4,8	0,7
Κλιματική ζώνη Γ	10,2	2,5
Κλιματική ζώνη Δ	14	4,2
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	9	4,3
Κλιματική ζώνη Β	11,9	6,2
Κλιματική ζώνη Γ	20,7	11,9
Κλιματική ζώνη Δ	26,5	15,8

Επίσης ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		
100 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	45	30,2
Κλιματική ζώνη Β	53,6	36,7
Κλιματική ζώνη Γ	38,7	26,7
Κλιματική ζώνη Δ	28,9	19,1
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	38,5	23,9
Κλιματική ζώνη Β	46,2	29,4
Κλιματική ζώνη Γ	34	21,9
Κλιματική ζώνη Δ	26,6	16,8
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	37,4	22,8
Κλιματική ζώνη Β	45,8	29
Κλιματική ζώνη Γ	33,7	21,7
Κλιματική ζώνη Δ	26,3	16,5
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	39,7	25,1
Κλιματική ζώνη Β	46,2	29,5
Κλιματική ζώνη Γ	34	22
Κλιματική ζώνη Δ	28	18,2
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	46	31,3
Κλιματική ζώνη Β	53,6	36,8
Κλιματική ζώνη Γ	38,8	26,7
Κλιματική ζώνη Δ	30,3	20,4



## Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις κατοικιών 100 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση ξύλινων κουφωμάτων με μονό τζάμι	
100 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	24570	18100	12150
Κλιματική ζώνη Β	32550	24190	16110
Κλιματική ζώνη Γ	38220	28350	18270
Κλιματική ζώνη Δ	43910	32460	20600
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14990	8810	9260
Κλιματική ζώνη Β	20670	12110	12280
Κλιματική ζώνη Γ	24750	14450	13880
Κλιματική ζώνη Δ	28870	16730	15590
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	19090	13220	10180
Κλιματική ζώνη Β	26670	18430	13750
Κλιματική ζώνη Γ	33080	23080	15980
Κλιματική ζώνη Δ	39460	27770	18200
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14580	8390	8900
Κλιματική ζώνη Β	20050	11470	11690
Κλιματική ζώνη Γ	23910	13590	13050
Κλιματική ζώνη Δ	27810	15630	14550
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	24180	17710	11790
Κλιματική ζώνη Β	31970	23600	15520
Κλιματική ζώνη Γ	37420	27530	17450
Κλιματική ζώνη Δ	42920	31430	19590

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι	
100 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	Πριν το 2010
<u>Μονοκατοικία</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	24320	17980	11930
Κλιματική ζώνη Β	32190	24020	15740
Κλιματική ζώνη Γ	37720	28110	17750
Κλιματική ζώνη Δ	43290	32170	19970
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14740	8690	9030
Κλιματική ζώνη Β	20290	11920	11900
Κλιματική ζώνη Γ	24220	14200	13360
Κλιματική ζώνη Δ	28200	16410	14930
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	18820	13090	9940
Κλιματική ζώνη Β	26290	18230	13370
Κλιματική ζώνη Γ	32540	22820	15450
Κλιματική ζώνη Δ	38770	27430	17540
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	14330	8270	8690
Κλιματική ζώνη Β	19670	11280	11330
Κλιματική ζώνη Γ	23380	13340	12530
Κλιματική ζώνη Δ	27140	15310	13910
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	23920	17590	11560
Κλιματική ζώνη Β	31610	23430	15150
Κλιματική ζώνη Γ	36920	27290	16940
Κλιματική ζώνη Δ	42290	31140	18940



Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Περύπτωση μεταλλικών κοφωμάτων με διπλό τζάμι	
100 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	23000	17280	10720
Κλιματική ζώνη Β	30420	23050	13930
Κλιματική ζώνη Γ	35540	26840	15450
Κλιματική ζώνη Δ	40700	30640	17200
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	13470	7980	7870
Κλιματική ζώνη Β	18470	10860	10100
Κλιματική ζώνη Γ	21960	12830	11020
Κλιματική ζώνη Δ	25440	14740	12140
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17590	12380	8690
Κλιματική ζώνη Β	24510	17220	11530
Κλιματική ζώνη Γ	30340	21480	13080
Κλιματική ζώνη Δ	36050	25790	14690
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	13060	7570	7560
Κλιματική ζώνη Β	17860	10230	9550
Κλιματική ζώνη Γ	21120	11960	10200
Κλιματική ζώνη Δ	24370	13640	11130
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	22610	16890	10380
Κλιματική ζώνη Β	29830	22450	13360
Κλιματική ζώνη Γ	34740	26020	14640
Κλιματική ζώνη Δ	39700	29610	16190

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)		Μετά το 2010	
100 m <sup>2</sup>	<u>Μονοκατοικία</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	
Κλιματική ζώνη Α	8200	6230	
Κλιματική ζώνη Β	9660	7390	
Κλιματική ζώνη Γ	9520	7430	
Κλιματική ζώνη Δ	9580	7550	
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	
Κλιματική ζώνη Α	6930	5040	
Κλιματική ζώνη Β	8130	5910	
Κλιματική ζώνη Γ	7930	5840	
Κλιματική ζώνη Δ	8040	5990	
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	
Κλιματική ζώνη Α	7090	5160	
Κλιματική ζώνη Β	8360	6110	
Κλιματική ζώνη Γ	8170	6080	
Κλιματική ζώνη Δ	8180	6130	
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	
Κλιματική ζώνη Α	6760	4990	
Κλιματική ζώνη Β	7710	5630	
Κλιματική ζώνη Γ	7230	5260	
Κλιματική ζώνη Δ	7200	5240	
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	
Κλιματική ζώνη Α	7940	6000	
Κλιματική ζώνη Β	9160	6910	
Κλιματική ζώνη Γ	8760	6670	
Κλιματική ζώνη Δ	8680	6620	

## Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης κατοικιών 150 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση ξύλων κουφωμάτων με μόνο τζάμι	
150 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	112,1	76,8	36,9
Κλιματική ζώνη Β	149,5	107,1	54,5
Κλιματική ζώνη Γ	234,4	169,6	90,2
Κλιματική ζώνη Δ	318,9	233	127,2
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	63,9	30,2	22,3
Κλιματική ζώνη Β	88,8	43,6	34,3
Κλιματική ζώνη Γ	140,4	71	58,8
Κλιματική ζώνη Δ	194	100,9	84,9
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	110,5	79,6	33,9
Κλιματική ζώνη Β	147,6	105,8	49,4
Κλιματική ζώνη Γ	226,2	159,7	80,9
Κλιματική ζώνη Δ	306,2	217,6	114,2
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	59,6	25,8	18,3
Κλιματική ζώνη Β	83,2	37,8	28,9
Κλιματική ζώνη Γ	132,3	62,6	50,9
Κλιματική ζώνη Δ	183,3	89,8	74,1
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	107,9	72,6	32,8
Κλιματική ζώνη Β	144,3	101,7	49,1
Κλιματική ζώνη Γ	226,7	161,7	82,3
Κλιματική ζώνη Δ	308,8	222,5	116,6

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		Περίπτωση ξύλων κουφωμάτων με μονό τζάμι	
150 m <sup>2</sup>	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	88,8	68,7	51,3
Κλιματική ζώνη Β	122,7	93,7	67,8
Κλιματική ζώνη Γ	86,2	66,9	49,1
Κλιματική ζώνη Δ	50,6	39,3	30,7
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	41,9	22,4	37,1
Κλιματική ζώνη Β	63,9	35,2	49,6
Κλιματική ζώνη Γ	44,3	25,1	36,1
Κλιματική ζώνη Δ	22,6	12	22,5
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πυλωτή</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	37	17,7	34,7
Κλιματική ζώνη Β	65,9	37,3	49,6
Κλιματική ζώνη Γ	42,9	23,6	35,5
Κλιματική ζώνη Δ	17,4	7,1	19,8
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	42,4	22,9	37,8
Κλιματική ζώνη Β	63,5	34,9	49,5
Κλιματική ζώνη Γ	44,3	25,1	36,2
Κλιματική ζώνη Δ	23,1	12,6	23,4
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>			
Κλιματική ζώνη Α	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
	89,3	69,2	52
Κλιματική ζώνη Β	122,4	93,4	67,6
Κλιματική ζώνη Γ	86,2	66,9	49,1
Κλιματική ζώνη Δ	51,2	39,9	31,6

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφομάτων με μονό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	109,6	75,6	34,4
Κλιματική ζώνη Β	146,4	105,6	51,3
Κλιματική ζώνη Γ	229,8	167,3	85,5
Κλιματική ζώνη Δ	312,9	230	121
Ισόγειο πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	61,3	29	19,9
Κλιματική ζώνη Β	85,5	41,9	31,1
Κλιματική ζώνη Γ	135,6	68,6	54,1
Κλιματική ζώνη Δ	187,7	97,7	78,5
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	107,9	78,3	31,3
Κλιματική ζώνη Β	144,3	104,1	46,1
Κλιματική ζώνη Γ	221,4	157,3	76
Κλιματική ζώνη Δ	299,8	214,3	107,7
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	57	24,5	16
Κλιματική ζώνη Β	80	36,2	25,7
Κλιματική ζώνη Γ	127,6	60,3	46,2
Κλιματική ζώνη Δ	177	86,6	67,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	105,4	71,4	30,4
Κλιματική ζώνη Β	141,2	100,2	45,9
Κλιματική ζώνη Γ	222,1	159,5	77,6
Κλιματική ζώνη Δ	302,8	219,5	110,4

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφομάτων με μονό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	89,1	68,8	51,7
Κλιματική ζώνη Β	122,5	93,6	67,6
Κλιματική ζώνη Γ	86,2	66,9	49,1
Κλιματική ζώνη Δ	50,9	39,5	31,2
Ισόγειο πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	42,2	22,5	37,5
Κλιματική ζώνη Β	63,7	35,2	49,6
Κλιματική ζώνη Γ	44,3	25,1	36,2
Κλιματική ζώνη Δ	22,9	12,2	23
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλατώ			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	37,1	17,8	35,1
Κλιματική ζώνη Β	65,6	37,2	49,4
Κλιματική ζώνη Γ	42,9	23,6	35,5
Κλιματική ζώνη Δ	17,6	7,1	20,3
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	42,6	23,1	38,3
Κλιματική ζώνη Β	63,4	34,9	49,4
Κλιματική ζώνη Γ	44,3	25,1	36,2
Κλιματική ζώνη Δ	23,4	12,8	24
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Με γειννίαση
Κλιματική ζώνη Α	89,5	69,3	52,4
Κλιματική ζώνη Β	122,2	93,3	67,4
Κλιματική ζώνη Γ	86,2	66,9	49,2
Κλιματική ζώνη Δ	51,5	40,1	32,1

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	100,6	70,9	18,1
Κλιματική ζώνη Β	135,8	99,8	28,5
Κλιματική ζώνη Γ	213,7	158,4	49,7
Κλιματική ζώνη Δ	291,5	218	71,9
Ισόγειο πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	52,8	24,1	4,1
Κλιματική ζώνη Β	74,2	35,5	8
Κλιματική ζώνη Γ	118,6	58,8	17,3
Κλιματική ζώνη Δ	164,6	84,5	28
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	99,7	73,6	14,7
Κλιματική ζώνη Β	133,7	98	22,8
Κλιματική ζώνη Γ	204,9	147,8	39,2
Κλιματική ζώνη Δ	277,3	201,6	57,9
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	48,4	19,7	1,5
Κλιματική ζώνη Β	68,6	29,7	3,7
Κλιματική ζώνη Γ	110,4	50,5	10
Κλιματική ζώνη Δ	153,8	73,3	17,5
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	96,4	66,7	14,1
Κλιματική ζώνη Β	130,5	94,4	23,1
Κλιματική ζώνη Γ	206	150,5	41,6
Κλιματική ζώνη Δ	281,3	207,5	61,1

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )	Περίπτωση μεταλλικών κουφωμάτων με διπλό τζάμι		
	Πριν το 1979	Πριν το 2010	
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 2010		
Μονοκατοικία			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	86,7	68	35,3
Κλιματική ζώνη Β	118	91,6	45,6
Κλιματική ζώνη Γ	83,4	65,7	33,7
Κλιματική ζώνη Δ	49,9	39,3	21,7
Ισόγειο πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	39,9	21,8	21,5
Κλιματική ζώνη Β	59,2	33,2	27,8
Κλιματική ζώνη Γ	41,5	23,9	20,7
Κλιματική ζώνη Δ	21,9	12	14,1
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	34,6	16,8	18,7
Κλιματική ζώνη Β	61,1	35,1	27,4
Κλιματική ζώνη Γ	40	22,3	20
Κλιματική ζώνη Δ	16,4	6,7	10,8
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	40,3	22,4	22,6
Κλιματική ζώνη Β	58,9	32,9	27,9
Κλιματική ζώνη Γ	41,6	23,9	20,8
Κλιματική ζώνη Δ	22,5	12,8	15,4
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας			
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	87,2	68,5	36,1
Κλιματική ζώνη Β	117,7	91,3	45,5
Κλιματική ζώνη Γ	83,4	65,7	33,7
Κλιματική ζώνη Δ	50,5	39,9	22,8

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )		
150 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	10,3	6,4
Κλιματική ζώνη Β	14,2	9,4
Κλιματική ζώνη Γ	24,5	17
Κλιματική ζώνη Δ	32,1	23,3
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	4,5	1,3
Κλιματική ζώνη Β	6,6	2,3
Κλιματική ζώνη Γ	13,4	6,2
Κλιματική ζώνη Δ	19,1	10,2
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	7,1	3,3
Κλιματική ζώνη Β	9,3	4,7
Κλιματική ζώνη Γ	16,4	9
Κλιματική ζώνη Δ	21,2	12,3
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	2	0,1
Κλιματική ζώνη Β	3	0,3
Κλιματική ζώνη Γ	7,1	1,3
Κλιματική ζώνη Δ	10,1	2,4
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	7	3,3
Κλιματική ζώνη Β	9,6	5
Κλιματική ζώνη Γ	17,3	9,9
Κλιματική ζώνη Δ	22,3	13,3

Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )		
150 m <sup>2</sup>	Μετά το 2010	
Μονοκατοικία		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	42,4	28,2
Κλιματική ζώνη Β	50,2	34,2
Κλιματική ζώνη Γ	36,3	24,8
Κλιματική ζώνη Δ	27,3	17,8
Ισόγειο πολυκατοικίας		
	-	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	36	22
Κλιματική ζώνη Β	42,8	26,8
Κλιματική ζώνη Γ	31,5	20
Κλιματική ζώνη Δ	25	15,5
Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	34,8	20,7
Κλιματική ζώνη Β	42,5	26,5
Κλιματική ζώνη Γ	31,3	19,8
Κλιματική ζώνη Δ	24,6	15,1
Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	37,2	23,2
Κλιματική ζώνη Β	42,9	26,9
Κλιματική ζώνη Γ	31,6	20,1
Κλιματική ζώνη Δ	26,3	16,8
Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	43,4	29,3
Κλιματική ζώνη Β	50,2	34,2
Κλιματική ζώνη Γ	36,4	24,8
Κλιματική ζώνη Δ	28,6	19

## Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις κατοικιών 150 τετραγωνικών μέτρων αναλόγως περιόδου και τύπου κουφωμάτων

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>				
Κλιματική ζώνη Α	33390	25080	16485	12180
Κλιματική ζώνη Β	44310	33600	21825	16065
Κλιματική ζώνη Γ	51840	39225	24645	18210
Κλιματική ζώνη Δ	59415	44835	27675	20415
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	19125	11145	12165	7890
Κλιματική ζώνη Β	26385	15300	16065	10260
Κλιματική ζώνη Γ	31455	18165	17985	11400
Κλιματική ζώνη Δ	36480	20925	20100	12660
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλαση</u>				
Κλιματική ζώνη Α	25380	17850	13545	9270
Κλιματική ζώνη Β	35505	24945	18330	12540
Κλιματική ζώνη Γ	44115	31245	21210	14670
Κλιματική ζώνη Δ	52530	37695	24090	16755
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	18555	10560	11670	7470
Κλιματική ζώνη Β	25485	14385	15240	9465
Κλιματική ζώνη Γ	30240	16905	16815	10230
Κλιματική ζώνη Δ	34950	19350	18615	11190
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	32835	24525	15975	11670
Κλιματική ζώνη Β	43485	32745	20985	15210
Κλιματική ζώνη Γ	50685	38040	23460	17010
Κλιματική ζώνη Δ	57990	43350	26220	18915

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
	Ελεύθερη	Με γειννίαση	Ελεύθερη	Με γειννίαση
<b>150 m<sup>2</sup></b>	Πριν το 1979		Πριν το 2010	
<u>Μονοκατοικία</u>				
Κλιματική ζώνη Α	33060	24915	16170	12030
Κλιματική ζώνη Β	43815	33360	21315	15810
Κλιματική ζώνη Γ	51150	38880	23940	17865
Κλιματική ζώνη Δ	58560	44415	26820	19980
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	18780	10980	11865	7770
Κλιματική ζώνη Β	25860	15045	15585	10020
Κλιματική ζώνη Γ	30735	17805	17295	11070
Κλιματική ζώνη Δ	35580	20475	19215	12240
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πύλαση</u>				
Κλιματική ζώνη Α	25005	17670	13215	9105
Κλιματική ζώνη Β	34965	24675	17805	12285
Κλιματική ζώνη Γ	43395	30885	20475	14310
Κλιματική ζώνη Δ	51600	37200	23190	16320
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	18195	10395	11400	7380
Κλιματική ζώνη Β	24990	14145	14745	9255
Κλιματική ζώνη Γ	29535	16560	16110	9900
Κλιματική ζώνη Δ	34050	18900	17760	10785
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
Κλιματική ζώνη Α	32490	24360	15675	11520
Κλιματική ζώνη Β	42990	32505	20475	14970
Κλιματική ζώνη Γ	49995	37710	22770	16665
Κλιματική ζώνη Δ	57135	42930	25365	18495

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Περίπτωση μεταλλικών κουφομάτων με διπλό τζάμι			
	Πριν το 1979	Πριν το 2010		
<b>150 m<sup>2</sup></b>	<b>Πριν το 1979</b>			
<u>Μονοκατοικία</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	31350	24090	14625	11265
Κλιματική ζώνη Β	41550	32190	18975	14595
Κλιματική ζώνη Γ	48315	37365	20940	16260
Κλιματική ζώνη Δ	55200	42585	23235	18030
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	17160	10140	10395	7095
Κλιματική ζώνη Β	23490	13785	13245	8850
Κλιματική ζώνη Γ	27765	16155	14265	9450
Κλιματική ζώνη Δ	31965	18465	15615	10305
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	23400	16815	11610	8265
Κλιματική ζώνη Β	32700	23445	15390	11010
Κλιματική ζώνη Γ	40485	29265	17400	12630
Κλιματική ζώνη Δ	48045	35235	19515	14295
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	16560	9570	9990	6870
Κλιματική ζώνη Β	22605	12870	12480	8220
Κλιματική ζώνη Γ	26550	14910	13110	8370
Κλιματική ζώνη Δ	30435	16905	14205	8925
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>				
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	30795	23535	14145	10785
Κλιματική ζώνη Β	40710	31335	18150	13770
Κλιματική ζώνη Γ	47160	36180	19785	15045
Κλιματική ζώνη Δ	53760	41100	21795	16575

Συνολικές ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις (kWh)	Μετά το 2010	
	<u>Μονοκατοικία</u>	
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	11160	8445
Κλιματική ζώνη Β	13140	10020
Κλιματική ζώνη Γ	12870	10020
Κλιματική ζώνη Δ	12900	10155
<u>Ισόγειο πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	9330	6750
Κλιματική ζώνη Β	10890	7845
Κλιματική ζώνη Γ	10485	7680
Κλιματική ζώνη Δ	10605	7845
<u>Πρώτος όροφος πολυκατοικίας πάνω από ανοιχτή πλωτή</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	9540	6855
Κλιματική ζώνη Β	11250	8160
Κλιματική ζώνη Γ	10905	8070
Κλιματική ζώνη Δ	10860	8100
<u>Ενδιάμεσος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	9135	6750
Κλιματική ζώνη Β	10365	7560
Κλιματική ζώνη Γ	9555	6960
Κλιματική ζώνη Δ	9450	6870
<u>Τελευταίος όροφος πολυκατοικίας</u>		
	Ελεύθερη	Με γειτνίαση
Κλιματική ζώνη Α	10815	8145
Κλιματική ζώνη Β	12450	9360
Κλιματική ζώνη Γ	11805	8955
Κλιματική ζώνη Δ	11625	8835

**ΤΕΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**