



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Διερεύνηση της επίδρασης του πάχους μόνωσης σε  
επιφάνειες κτηρίου με διαφορετικό προσανατολισμό.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

**Κωνσταντίνου Π. Παπαναστασίου**

**Επιβλέπων: Δρ Καββαδίας Κοσμάς**

Αθήνα, Μάρτιος 2024



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Διερεύνηση της επίδρασης του πάχους μόνωσης σε επιφάνειες κτηρίου με διαφορετικό προσανατολισμό.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

**Κωνσταντίνου Π. Παπαναστασίου**

**Επιβλέπων:** Δρ Καββαδίας Κοσμάς

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 14<sup>η</sup> Μαρτίου 2024

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

Καββαδίας Κοσμάς

Νάζος Αντώνιος

Ζαφειράκης Δημήτριος

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

---

*Κ. Παπαναστασίου 2023-24*

Σελίδα 2

Copyright © - Κωνσταντίνος Π. Παπαναστασίου, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή για εμπορικούς σκοπούς, εν όλο ή εν μέρει, αυτού του έργου. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικούς, εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, με την προϋπόθεση ότι αναφέρεται η πηγή και διατηρούνται αυτές οι πληροφορίες. Ερωτήσεις σχετικά με την εμπορική χρήση του έργου θα πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Ότι περιέχεται σε αυτό το έγγραφο είναι απόψεις του συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κωνσταντίνος Παπαναστασίου του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου 19392118 Φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Μηχανικών, του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

(Υπογραφή)



Παπαναστασίου Κων/νος

## Περίληψη

Στόχος σήμερα είναι να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε όλους τους τομείς και συνεπώς και στον κτηριακό τομέα. Η ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας καθώς και η βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, αποτελούν τους πυλώνες των στρατηγικών ανάπτυξης αυτού του τομέα. Ο κτηριακός τομέας συμβάλει σε μεγάλο ποσοστό στην τελική κατανάλωση ενέργειας καθώς και στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό κτηρίων στην Ελλάδα είναι κατασκευασμένα πριν το 1980, με κακής ποιότητας κατασκευή και αυξημένες απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη λόγω της μη θερμικής μόνωσης του κτηριακού κελύφους. Η ανακαίνιση του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος και η κατασκευή νέων κτηρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κρίνεται αναγκαία, καθώς έτσι θα επιτευχθούν σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους για τους πολίτες, ενώ θα βελτιωθούν και οι συνθήκες άνεσης, ασφάλειας και υγείας κατά τη χρήση των κτηρίων.

Για τον στόχο της μείωσης των ενεργειακών απαιτήσεων ένας από τους διαδεδομένους και αποτελεσματικούς τρόπους είναι η θερμομόνωση του κτηριακού κελύφους, όπου τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη θερμομονωτικών υλικών, η ευκολία κατασκευής και τοποθέτησης βοήθησε στην επέκταση πλήθους εφαρμογών, μεταξύ των οποίων οι εφαρμογές θερμοπρόσοψης, μόνωση με αφρό πολυουρεθάνης ανεστραμμένη μόνωση ταράτσας κτλ.

Από τις ποιο διαδεδομένες πλέον εφαρμογές και αυτή που θα εφαρμόσουμε, είναι η εξωτερική θερμομόνωση, γνωστή ως θερμοπρόσοψη, η οποία αναβαθμίζει ενεργειακά το κτήριο εξασφαλίζοντας εξοικονόμηση σε ότι αφορά την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση. Είναι γενικά αποδεκτό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική προστασία ενός κτηρίου, τόσο καλύτερη είναι η ενεργειακή απόδοση του.

Στο πλαίσιο αυτό, στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία θα διερευνηθεί ο ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η χρήση θερμομόνωσης για την μείωση των ενεργειακών αναγκών στα κτήρια, καθώς και σε ποιο από τα δομικά στοιχεία (όψεις, οροφή) έχει την μεγαλύτερη επίδραση ανάλογα το πάχος της, για δύο διαφορετικές γεωμετρικές κτηρίων ίδιας επιφάνειας δαπέδου μέσω δυναμικής προσομοίωσης ωριαίου βήματος.

## Λέξεις Κλειδιά

Θερμομόνωση Κτηρίων, Κατανάλωση Ενέργειας, Ενεργειακή Απόδοση Κατοικιών, Θερμική άνεση

## Abstract

The goal today is to reduce energy consumption in all sectors and therefore also in the building sector. The need to reduce energy consumption as well as the improvement of the environmental footprint are the pillars of the development strategies of this sector. The building sector contributes a large percentage to the final energy consumption as well as CO<sub>2</sub> emissions, since the largest percentage of buildings in Greece were built before 1980, with poor quality construction and increased energy consumption requirements for heating and cooling due to the non-thermal insulation of the building shells. The renovation of the existing building stock and the construction of new buildings with almost zero energy consumption is deemed necessary, as this will achieve significant percentages of energy and cost savings for the citizens, while the conditions of comfort, safety and health during the use of the buildings will also be improved.

For the goal of reducing energy requirements, one of the widespread and effective ways is the thermal insulation of the buildings shell, where in recent years the development of thermal insulation materials, the ease of construction and installation have helped to expand a number of applications, among which thermal façade applications, insulation with polyurethane foam inverted roof insulation etc.

One of the most widespread applications, and the one we will apply, is the external thermal insulation, known as thermal façade, which upgrades the building energetically, ensuring savings in terms of energy consumption for cooling and heating. It is generally accepted that the greater the thermal protection of a building, the better its energy efficiency.

In this context, the specific Diplomatic Thesis will investigate the role that the use of thermal insulation can play in reducing energy needs in buildings, as well as which of the structural elements (facades, roof) has the greatest effect depending on its thickness, for two different building geometries of the same area through hour-step dynamic simulation.

## Key Words

Thermal Insulation of Buildings, Energy Consumption, Energy Performance of Homes, Thermal Comfort

*στη σύζυγο μου , Βικτώρια  
και στα τέκνα μου Φωτεινή & Μαρία*

# Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή .....	13
2.	Ανασκόπηση .....	16
2.1.	Ελληνικό κτηριακό απόθεμα. ....	16
2.1.1.	<b>Κανονισμοί θερμομόνωσης και χαρακτηριστικά κτηρίων. ....</b>	<b>18</b>
2.2.	Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίων Κ.Εν.Α.Κ. ....	21
2.2.1.	<b>Ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες κτηρίου. ....</b>	<b>22</b>
2.2.2.	<b>Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας βάση Κ.Εν.Α.Κ. ....</b>	<b>23</b>
2.2.3.	<b>Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας αδιαφανών δομικών στοιχείων και του κτηρίου συνολικά. ....</b>	<b>24</b>
2.2.4.	<b>Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). ....</b>	<b>27</b>
2.3.	Ενεργειακό ισοζύγιο στα κτήρια .....	29
2.3.1.	<b>Ποιο είναι το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτηρίου .....</b>	<b>30</b>
2.3.2.	<b>Μέθοδοι μετάδοσης θερμότητας εντός κτηρίου. ....</b>	<b>34</b>
2.4.	Θερμική άνεση στα κτήρια.....	38
2.5.	Υπάρχουσες μέθοδοι θερμικής μόνωσης στα κτήρια.....	42
2.5.1.	<b>Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας-δοκών-υποστυλωμάτων:.....</b>	<b>43</b>
2.5.2.	<b>Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών – υποστυλωμάτων. ....</b>	<b>45</b>
2.5.3.	<b>Θερμομόνωση στον πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας. ....</b>	<b>46</b>
2.5.4.	<b>Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα. ....</b>	<b>48</b>
2.5.5.	<b>Θερμομόνωση Δοκών – Υποστυλωμάτων- οροφής- δαπέδου στην εσωτερική πλευρά:.....</b>	<b>49</b>
2.5.6.	<b>Θερμομόνωση Δοκών – Υποστυλωμάτων- οροφής- δαπέδου στην εξωτερική πλευρά: .....</b>	<b>50</b>
	Πλεονέκτημα Θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά:.....	50
2.5.7.	<b>Θερμομόνωση στέγης. ....</b>	<b>51</b>
2.5.8.	<b>Θερμομόνωση κουφωμάτων. ....</b>	<b>52</b>
2.6.	Θερμομονωτικά υλικά.....	52
2.6.1.	<b>Χαρακτηριστικές ιδιότητες υλικών. ....</b>	<b>53</b>
2.7.	Θερμογέφυρες. ....	56
2.8.	Υπάρχουσα κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια. ....	57
2.8.1.	<b>Κατανάλωση ενέργειας kWh/m<sup>2</sup>/year στην Ελλάδα. ....</b>	<b>58</b>
2.8.2.	<b>Ενέργεια για θέρμανση κτηρίων και δροσισμό. ....</b>	<b>60</b>

3.	Μεθοδολογία .....	61
3.1.1.	Μεθοδολογία ενεργειακών απαιτήσεων.....	61
3.1.2.	Εναλλακτικά σενάρια διερεύνησης.....	63
3.1.3.	Στοιχεία διαμερίσματος και παραδοχές.....	63
4.	Αποτελέσματα και σχολιασμός .....	66
4.1.1.	Σενάριο 1α περιοχή Αθήνας, κλιματικής ζώνης Β και γεωμετρίας 9x9x3....	66
4.1.2.	Σενάριο 1β περιοχή Αθήνας, κλιματικής ζώνης Β και γεωμετρίας 4x20,3x3. 69	
4.1.3.	Σενάριο 1α περιοχή Θεσσαλονίκης, κλιματικής ζώνης Γ και γεωμετρίας 9x9x3. 72	
4.1.4.	Σενάριο 1β περιοχή Θεσσαλονίκης, κλιματικής ζώνης Γ και γεωμετρίας 4x20,3x3. ....	75
4.1.5.	Σενάριο 2α Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Αθήνα ζώνη Β, διαμερίσματος 9x9x3.....	78
4.1.6.	Σενάριο 2β Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Αθήνα ζώνη Β, διαμερίσματος 4x20,3x3.....	85
4.1.7.	Σενάριο 2α Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Θεσσαλονίκη ζώνη Γ, διαμερίσματος 9x9x3.....	92
4.1.8.	Σενάριο 2β Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Θεσσαλονίκη ζώνη Γ, διαμερίσματος 4x20,3x3.....	99
5.	Συμπεράσματα.....	106
6.	Βιβλιογραφία.....	110



## Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ποσοστιαία κατανομή κτιριακού αποθέματος ανά χρήση [8].

Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης της ενέργειας των νοικοκυριών κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου [9].

Διάγραμμα 3: Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας των νοικοκυριών κατά τελική χρήση [9].

Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία κατανομή κατοικιών ανά περίοδο κατασκευής [9].

Διάγραμμα 5: Πλήθος και ηλικία κατοικιών[9].

Διάγραμμα 6: Ύπαρξη θερμομόνωσης στα υπάρχοντα κτήρια [10] .

Διάγραμμα 7: Ποσοστό κατοικιών ανά ενεργειακή κατηγορία σύμφωνα με τα ΠΕΑ [16].

Διάγραμμα 8: Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά νοικοκυριό [40].

Διάγραμμα 9: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη κατοικιών [42].

Διάγραμμα 10: Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κλιματική ζώνη κτηρίων αναφοράς.

Διάγραμμα 11: Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατοικιών για θέρμανση και ψύξη [43].

Διάγραμμα 12: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Διάγραμμα 13: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Διάγραμμα 14: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Διάγραμμα 15: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Διάγραμμα 16: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Διάγραμμα 17: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Διάγραμμα 18: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Διάγραμμα 19: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Διάγραμμα 20: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Διάγραμμα 21: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (9X9x3).

Διάγραμμα 22: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (9X9x3).

Διάγραμμα 23: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (9X9x3).

Διάγραμμα 24: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (4X20,3X3).

Διάγραμμα 25: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (4X20,3X3).

Διάγραμμα 26: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (4X20,3X3).

Διάγραμμα 27: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (4X20,3X3).

Διάγραμμα 28: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 29: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 30: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 31: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 32: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9X9x3).

Διάγραμμα 33: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 34: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 35: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 36: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 37: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9X9x3).

Διάγραμμα 38: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 39: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 40: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 41: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 42: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4X20,3x3).

Διάγραμμα 43: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 44: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 45: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 46: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 47: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4X20,3x3).

Διάγραμμα 48: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3) .

Διάγραμμα 49: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9X9x3) .

Διάγραμμα 50: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 51: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 52: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9X9x3) .

Διάγραμμα 53: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 54: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 55: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 56: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (9X9x3).

Διάγραμμα 57: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής(9X9x3).

Διάγραμμα 58: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 59: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 60: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 61: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 62: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4X20,3x3).

Διάγραμμα 63: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 64: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 65: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 66: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).

Διάγραμμα 67: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής(4X20,3x3).

## 1. Εισαγωγή

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια αυξάνεται συνεχώς λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της αυξημένης ζήτησης σε λειτουργίες των κτηρίων, της ποιότητας του περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους αλλά και της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση του κόστους της ενέργειας και η ενεργειακή κρίση οδηγεί σε μια παγκόσμια προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των απωλειών της, με ορθολογική εκμετάλλευση των αποθεμάτων ενέργειας όπου μεταξύ άλλων, σημαντικό ρόλο έχει η θερμομόνωση των κτηρίων. Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων μπορεί να προσφέρει λύσεις στην έλλειψη ενέργειας, να συμβάλει στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> αλλά και στην ενεργειακή απεξάρτηση από τρίτες χώρες. Ο κτηριακός τομέας αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας παγκοσμίως, σημειώνοντας ότι το ποσοστό αυτό για την ΕΕ είναι περίπου 40% και εκλύει το 36% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> [1,2].

Η θερμομόνωση, η σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτηρίου, ο σωστός προσανατολισμός των κατασκευών κ.λπ. είναι σε μεγάλο βαθμό πλέον απαραίτητα. Η ερευνητική κοινότητα και τα πανεπιστήμια παγκοσμίως επικεντρώθηκαν και συνέβαλαν στο μέγιστο για την επίτευξη του στόχου της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, δίνοντας έμφαση σε έναν από τους βασικούς παράγοντες για την επίτευξη της, την θερμομονωτική προστασία του κελύφους των κτηρίων. Οι ερευνητές πλέον κινούνται προς την κατεύθυνση του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού για τα κτήρια, με βάση μια κοινή σύγχρονη αντίληψη των κτηρίων και ακολουθώντας μια ολιστική προσέγγιση στα ενεργειακά ζητήματα. Η ανάπτυξη νέων οικοδομικών υλικών και ολοκληρωμένων οικοδομικών λύσεων, έδωσε λύσεις αλλά και τα επιθυμητά αποτελέσματα στους σταδιακά θεσπιζόμενους ολοένα και πιο αυστηρούς περιορισμούς. Απώτερος στόχος σήμερα είναι η βελτιστοποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου, με την χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια επιτυγχάνεται κυρίως με επεμβάσεις αντικατάστασης λαμπτήρων, κουφωμάτων, ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (αντικατάσταση λέβητα, αλλαγή σε καυστήρα αερίου, κυκλοφορητές, ψυκτικές μονάδες κτλ.) και τοποθέτηση θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους. Οι παραπάνω παρεμβάσεις μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας για τον λόγο αυτό με βάση το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση, το Υπουργείο Οικονομίας και Ανάπτυξης αλλά και το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης στοχεύει σε διάφορα προγράμματα χρηματοδότησης για τον οικιακό κτηριακό τομέα, στους κλάδους εμπορίου, υπηρεσιών και τουρισμού αλλά και δημοσίων

κτηρίων με στόχο την μείωση των ενεργειακών αναγκών, οι επενδύσεις που θα γίνουν πρέπει να εξασφαλίζουν μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (CO<sub>2</sub>), εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και αναβάθμιση της ενεργειακής κατηγορίας.

Μια από τις κύριες και αποδοτικές επεμβάσεις για την μείωση των ενεργειακών αναγκών είναι η θερμομόνωση αδιαφανών δομικών στοιχείων. Η θερμομόνωση επιτυγχάνει μείωση της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και συγχρόνως δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτηρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στην Ελλάδα η δεκαετία του 1980 ήταν αφετηρία της προσπάθειας μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων με την θεσμοθέτηση του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ) στην Ελλάδα [3], άρχισε να δίνεται έμφαση στις μεθόδους μείωσης κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων, στον βιοκλιματικό σχεδιασμό τους αξιοποιώντας το φυσικό περιβάλλον, μειώνοντας τις απώλειες αερισμού, αλλά και στην θερμική προστασία του κελύφους του κτηρίου με κύριο μεθοδολογικό εργαλείο την θερμομόνωση του κτηριακού κελύφους, ο οποίος αντικαταστάθηκε από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. το 2010 [4].

Ουσιαστικά η διαδικασία βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των νέων κτηρίων και η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης του κτηριακού αποθέματος έχει ξεκινήσει από το 2010, με την εφαρμογή του “Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων” (Κ.ΕΝ.Α.Κ. ) και των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ 20701) [5] που υποστηρίζονται με το επίσημο λογισμικό ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.Α.Κ. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων εκφράζεται μέσω του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ). Όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια απαιτείται να έχουν ενεργειακή απόδοση ίση η καλύτερη της κατηγορίας Β και οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης καθορίζονται από ένα εύρος τιμών πρωτογενούς ενεργειακή κατανάλωση (Kwh/m<sup>2</sup>). Με τον Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετήθηκαν υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις, τόσο σε νέες όσο και σε υπάρχουσες κατασκευές, δίνοντας έμφαση και πάλι στη θερμομονωτική προστασία του κελύφους.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική προστασία ενός κτηρίου, τόσο καλύτερη είναι η ενεργειακή απόδοσή του, ωστόσο θέλει προσοχή καθώς έχει αποδειχτεί ότι δεν φέρνει τα βέλτιστα αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις. Από μελέτες που έχουν διενεργηθεί από τους Rodrigues et al.[6] καθώς και τους Chvatal και Corvacho [7], κατέληξαν ότι η αύξηση της θερμομόνωσης βοηθάει τις βόρειες περιοχές του πλανήτη, ενώ σε ήπιες και θερμές περιοχές μπορεί να έχει και αρνητικά αποτελέσματα.

Στη παρούσα εργασία θα διερευνηθεί ο ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η χρήση θερμομόνωσης για την μείωση των ενεργειακών αναγκών, εξετάζει εάν και υπό ποιες συνθήκες ισχύει ότι η ισχυρή θερμομόνωση βελτιώνει την απόδοση μιας κατοικίας στην Ελλάδα και σε τι βαθμό και τέλος διερευνάται σε ποια από τα δομικά στοιχεία της κατοικίας (όψεις και οροφή) έχει την μεγαλύτερη επίδραση. Ερευνάται ένας τυπικός όροφος κτηρίου, για χρήση κατοικίας για δύο κλιματικές Ζώνες Β περιοχή Αθήνας, και Γ περιοχή Θεσσαλονίκης, για δύο γεωμετρίες, με και χωρίς θερμομόνωση, καθώς και σε ποιο από τα δομικά στοιχεία (όψεις , οροφή) έχει την μεγαλύτερη επίδραση ανάλογα το πάχος της.

## 2. Ανασκόπηση

### 2.1. Ελληνικό κτηριακό απόθεμα.

Το κτηριακό απόθεμα στην Ελλάδα αποτελείται κυρίως από κτήρια κατοικιών καθώς και κάποια κτήρια άλλης χρήσης του τριτογενούς τομέα και απογράφονται σχεδόν κάθε δέκα χρόνια. Σύμφωνα με την Απογραφή του 2011 της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος [8], τα κτήρια στη χώρα μας είναι 4.105.637, από τα οποία τα 3.775.848 (ποσοστό 92,0%) είναι αποκλειστικής χρήσης ενώ τα υπόλοιπα 329.789 (ποσοστό 8,0%) είναι μικτής χρήσης.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, το απόθεμα κατασκευών ταξινομείται ως εξής:

#### Πίνακας 1: Κτηριακό απόθεμα ελληνικής επικράτειας.

---

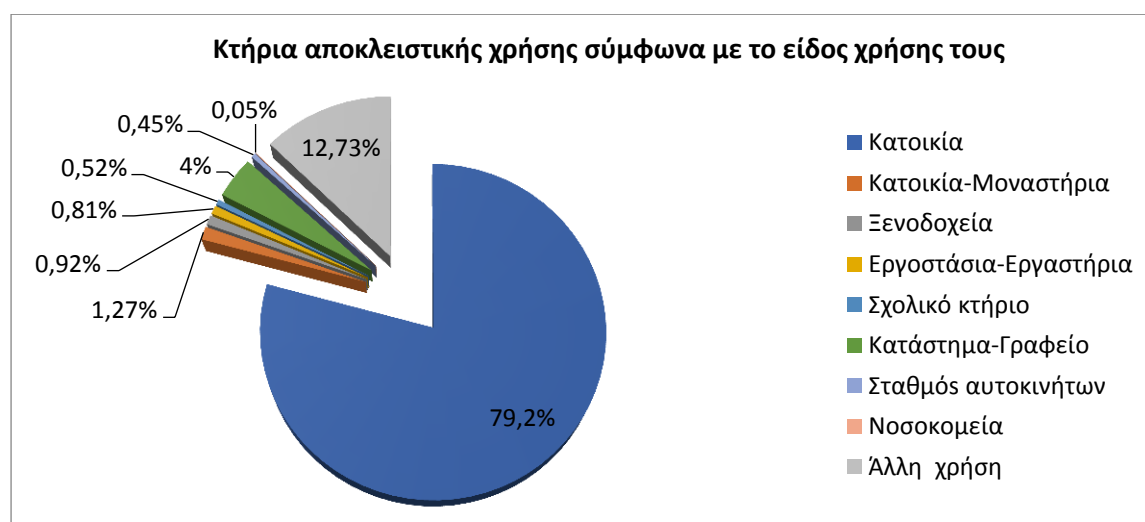
**α) Κτήρια κατοικιών αποκλειστικής χρήσης: 3.775.848**

---

**β) Κτήρια λοιπών χρήσεων: 329.789**

---

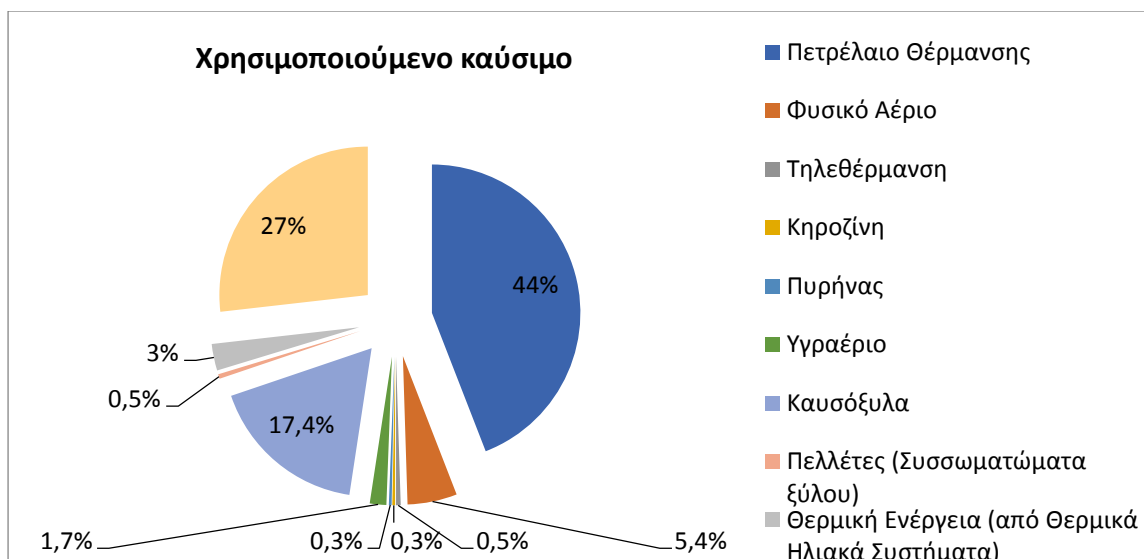
Όπως φαίνεται στο παρακάτω Διάγραμμα 1, η κατασκευή κατοικιών αντιπροσωπεύει το 79,2% του συνολικού κτηριακού αποθέματος.



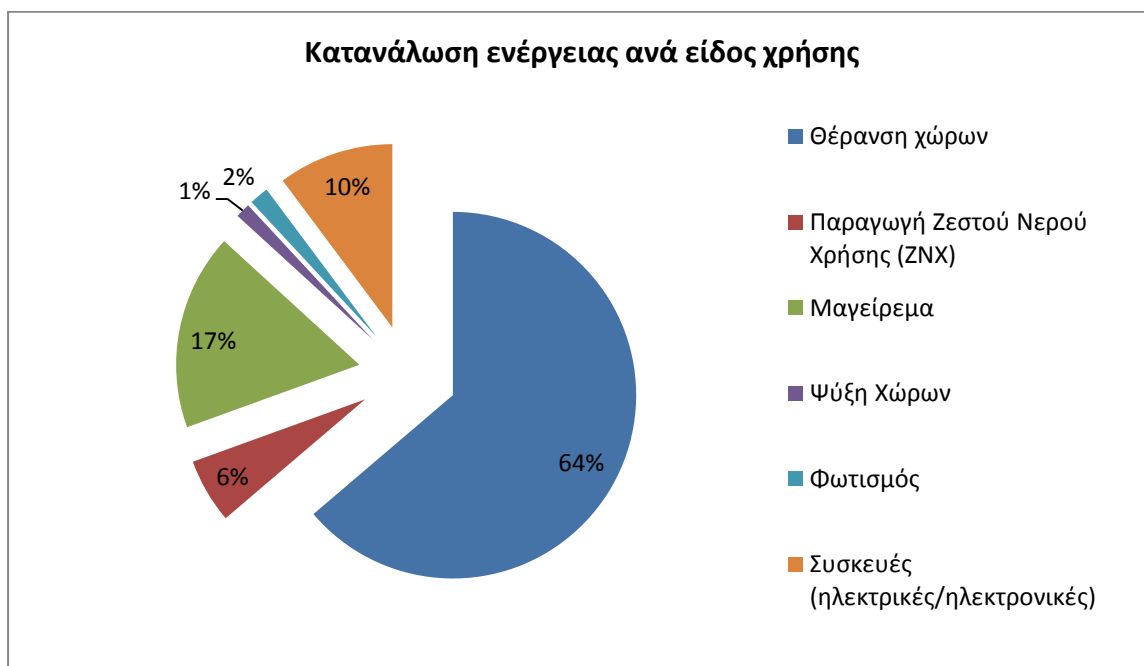
**Διάγραμμα 1: Ποσοστιαία κατανομή κτηριακού αποθέματος ανά χρήση [8].**



Η κατανομή της μέσης ετήσιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και τύπο χρήσης αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 2 και 3 αντίστοιχα σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για την κατανάλωση ενέργειας [9]. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο καύσιμο θερμότητας είναι το πετρέλαιο, με το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται να την θέρμανση χώρων.



**Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης της ενέργειας των νοικοκυριών κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου [9].**



**Διάγραμμα 3: Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας των νοικοκυριών κατά τελική χρήση [9].**

### 2.1.1. Κανονισμοί θερμομόνωσης και χαρακτηριστικά κτηρίων.

Τα πρώτα μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων στην Ελλάδα που αφορούν στο θερμικό περιβάλλον στο εσωτερικό των κτηρίων και στις ενεργειακές καταναλώσεις σχετίζονται με τον νόμο του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ) το 1979 (ΦΕΚ 362Δ/1979) [3]. Με τον ν. 3661/2008 ΦΕΚ Α΄ 89 «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτηρίων και άλλες διατάξεις» καταργήθηκε ο Κ.Θ.Κ και εκδόθηκε ο (Κ.Ε.ν.Α.Κ, 2010) Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων [4] ο οποίος τροποποιήθηκε για πρώτη φορά το 2017[5]. Στόχος της οδηγίας είναι η μείωση της συμβατικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό, παραγωγή ζεστού νερού και φωτισμού, επιτυγχάνοντας παράλληλα θερμική άνεση εντός του κτηρίου.

Βάση των παραπάνω κανονισμών τα κτήρια που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση χωρίζονται σε 3 κατηγορίες σύμφωνα με την ημερομηνία έκδοσης της άδειας οικοδομής.

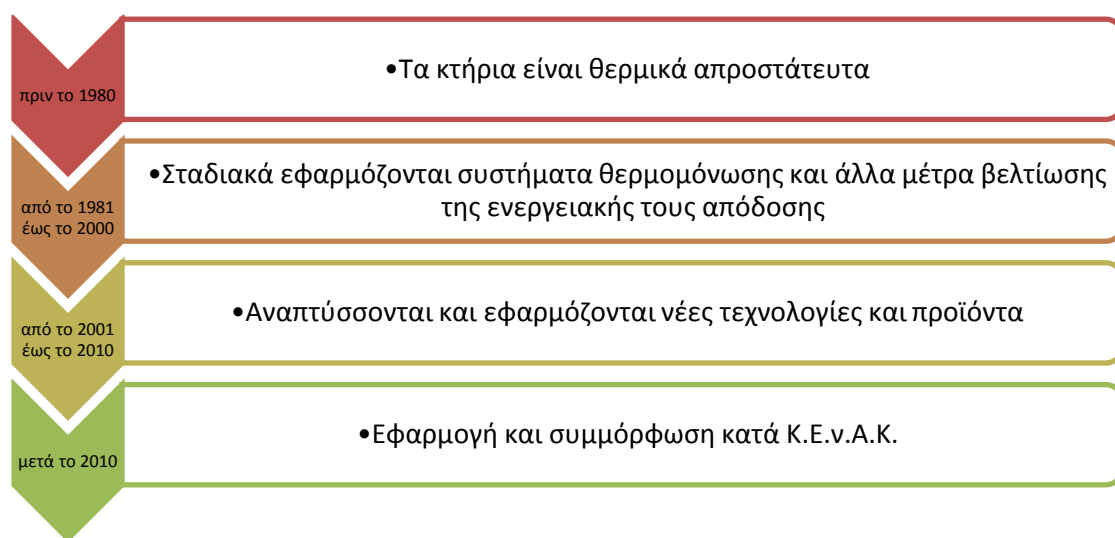
1η κατηγορία, κτήρια όπου η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (ΚΘΚ) το 1979, όπου δεν υπήρχαν κανονισμοί για θερμομονωτική προστασία των κτηρίων.

2η κατηγορία, κτήρια με οικοδομική άδεια η οποία εκδόθηκε την περίοδο 1980 – 2010, στο διάστημα αυτό όλα τα κτήρια όφειλαν να εφαρμόζουν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης.

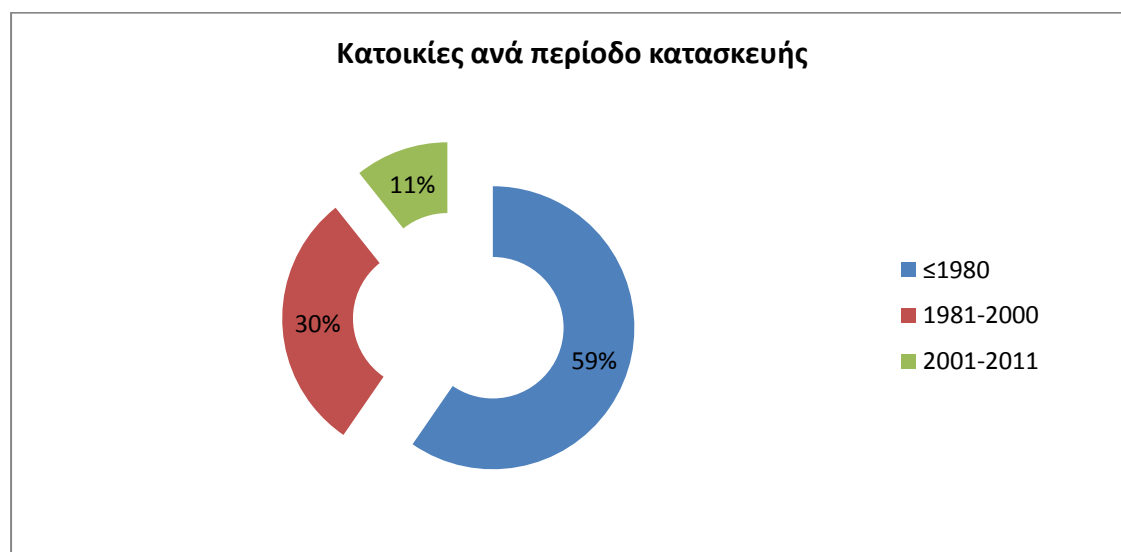
3η κατηγορία, κτήρια με οικοδομική άδεια η οποία εκδόθηκε μετά την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ, 2010) τα οποία έχουν την υποχρέωση εφαρμογής και συμμόρφωσης στις απαιτήσεις του νέου κανονισμού.

Στην 3η κατηγορία ανήκουν και όσα κτήρια κατασκευάστηκαν πριν από την έναρξη ισχύος του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. αλλά έχουν υποστεί, ή θα υποστούν, ριζική ανακαίνιση μετά την ισχύ του νέου κανονισμού.

**Σχήμα 1: Κατηγορίες κτηρίων σύμφωνα με την χρονολογία και τη θερμική προστασία τους.**



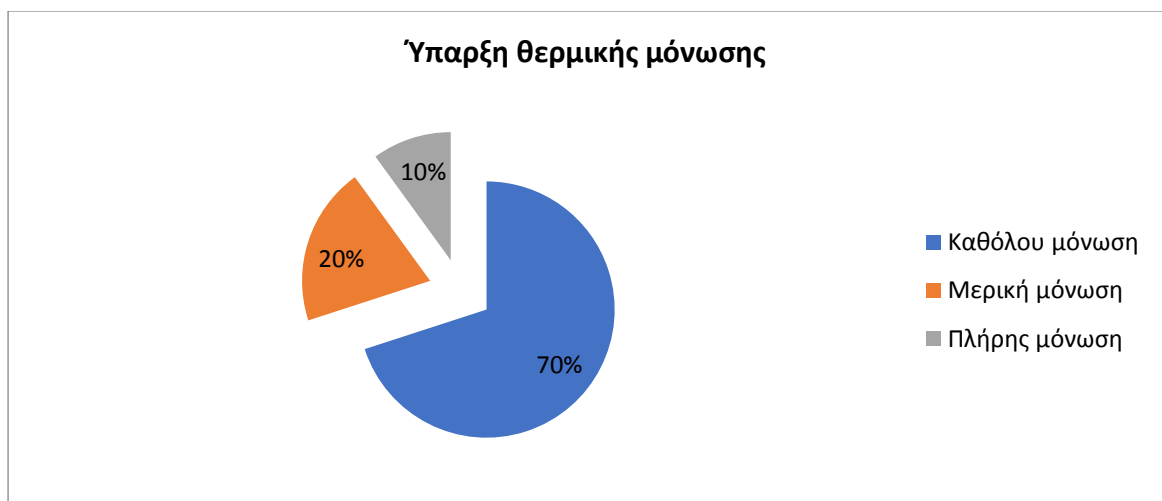
Σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, το 59% των κτηρίων κατοικιών στη χώρα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, δηλαδή δεν έχουν θερμική προστασία, ενώ λόγω της ύφεσης, ο αριθμός των κτηρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 2010 (καλύπτοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. ) ήταν μόνο το 1,5% του συνολικού αποθέματος των γενικών κατοικιών που χρησιμοποιούνται από τα νοικοκυριά. Το ποσοστό κατοικιών ανά περίοδο κατασκευής αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 4 , η μέση ηλικία των κατοικιών είναι τα 31 έτη όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 5, και το Διάγραμμα 6 μας δείχνει την ύπαρξη μόνωσης στα κτήρια.



**Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία κατανομή κατοικιών ανά περίοδο κατασκευής [9].**



Διάγραμμα 5: Πλήθος και ηλικία κατοικιών[9].



Διάγραμμα 6: Ύπαρξη θερμομόνωσης στα υπάρχοντα κτήρια [10] .

Εάν, με βάση τα παραπάνω, συγκρίνουμε την κατανάλωση ενέργειας ενός παλιού κτηρίου που δεν είναι πλήρως μονωμένο με ένα αντίστοιχο νέο κτήριο που είναι καλά σχεδιασμένο και έχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης[11], σύμφωνα με τα οποία περίπου το 75% των υφιστάμενων κτηρίων κρίνεται ως ενεργειακά αναποτελεσματικό και πρέπει να επισκευαστούν προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας έως το 2050. Οι στόχοι αυτοί προστέθηκαν στην Κοινοτική Οδηγία ν.773 του 2018 για την επίτευξη μιας ανταγωνιστικής και κλιματικά ουδέτερης οικονομίας. [12]

## 2.2. Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίων Κ.Εν.Α.Κ.

Για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος απαιτείται ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός για τα κτήρια και σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 3 του ν. 3661/2008, εκπονήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), βασιζόμενος στην Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Ο κανονισμός αυτός είναι ουσιαστικά η πρώτη συνολική προσπάθεια από ελληνικής πλευράς για τον καθορισμό όλων των παραμέτρων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων[13].

Στόχος είναι η μείωση της συμβατικής κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό, θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού και φωτισμό, διασφαλίζοντας παράλληλα άνετες συνθήκες εντός του κτηρίου. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακού σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών οικοδομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (συμπαραγωγή).

Τα βασικότερα στοιχεία του Κ.Εν.Α.Κ. είναι τα εξής:

- Ορίζει μια μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
- Καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης κτηρίων.
- Καθορίζει ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό κτηρίων, θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και για Η/Μ εγκαταστάσεις.
- Αποσαφηνίζεται το περιεχόμενο της έρευνας εξοικονόμησης ενέργειας των κτηρίων.
- Καθορίζει τη μορφή των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης κτηρίου και τις πληροφορίες που περιέχουν.
- Καθορίζει τις διαδικασίες ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου και τις διαδικασίες επιθεώρησης λέβητα, μονάδων θέρμανσης και κλιματισμού.

### 2.2.1. Ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες κτηρίου.

Το άρθρο 4 του Κ.ΕΝ.ΑΚ., καθορίζει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και τον τρόπο υπολογισμού, η οποία προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- Χρήση του κτηρίου, αριθμό χρηστών, χαρακτηριστικά λειτουργίας, απαιτούμενες συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (σχετική υγρασία αέρα, θερμοκρασία, αερισμό).
- Κλιματικά δεδομένα (ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία, σχετική υγρασία) της περιοχής του κτηρίου.
- Η σχέση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου (σχήμα και μορφή κτηρίου, διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες, σκιές κ.λπ.) με τον προσανατολισμό και τον χαρακτήρα των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.λπ.).
- Θερμικές ιδιότητες δομικών στοιχείων και υλικών του κελύφους του κτηρίου (θερμική μάζα, θερμοπερατότητα, απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας).
- Τεχνικά χαρακτηριστικά εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού, και εγκαταστάσεις φωτισμού για τριτογενούς τομέα κτήρια.
- Παθητικά ηλιακά συστήματα σε περίπτωση που υπάρχουν στο κτήριο.

Επιπλέον, στη μέθοδο υπολογισμού, η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων λαμβάνεται επίσης υπόψη σε περίπτωση που:

- Εκμεταλλεύεται το φυσικό φως.
- Υπάρχουν ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).
- Χρησιμοποιεί ενέργεια που παράγεται μέσω (Σ.Η.Θ.) συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης /ψύξης.
- Υπάρχουν συστήματα τηλεθέρμανσης.

## 2.2.2. Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας βάση Κ.Εν.Α.Κ.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η Ελλάδα χωρίστηκε σε τέσσερις Κλιματικές Ζώνες (Α, Β, Γ και Δ), με θερμότερη την Α Ζώνη και ψυχρότερη τη Δ, βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Στον Πίνακα 2, καταγράφονται οι τέσσερις Κλιματικές Ζώνες, όπως υιοθετήθηκαν μέσω του Κ.ΕΝ.Α.Κ. Οι βαθμομέρες Θέρμανσης (HDD) είναι μια απλή και γρήγορη μέθοδος που επιτρέπει έναν αρκετά ακριβή υπολογισμό του θερμικού φορτίου ενός κτηρίου και της αναμενόμενης τελικής κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης [14]. Ουσιαστικά υπολογίζει βάσει τις τιμές της θερμοκρασίας μιας συγκεκριμένης περιοχής του χειμώνα και είναι βασική παράμετρος για την αρχική εκτίμηση της αναμενόμενης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων την περίοδο θέρμανσης. Για καλύτερα αποτελέσματα της μεθόδου θα πρέπει να γίνονται υπολογισμοί βάσει της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας κάθε χειμερινού μήνα και σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας των κτηρίων.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης προσαρμόζεται για τις πραγματικές ώρες λειτουργίας του κτηρίου, όχι μόνο για μια υποτιθέμενη 24ωρη λειτουργία. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου επιτρέπουν την ακριβέστερη εκτίμηση του αναμενόμενου θερμικού φορτίου, καθώς και τη δυνατότητα συγκριτικής εκτίμησης μεταξύ διαφορετικών χρήσεων κτηρίου[15]. Ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης HDD, κάνοντας την παραδοχή της εικοσιτετράωρης λειτουργίας του κτηρίου, γίνεται από την εξίσωση:

$$HDD = \sum [N_{mo} \cdot (T_{ref} - T_{air})^+]$$

$N_{mo}$  αριθμός ημερών του μήνα.

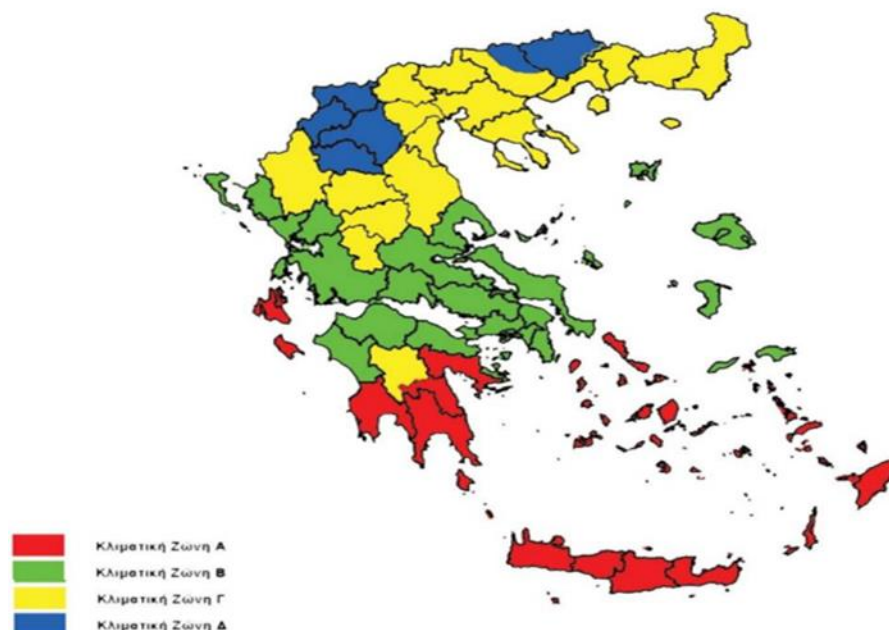
$T_{ref}$ , η θερμοκρασία αναφοράς (°C).

$T_{air}$ , η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος (°C).

Το σύμβολο + δηλώνει  $T_{air} < T_{ref}$ .

Πίνακας 2: Κλιματικές ζώνες βάση βαθμομερών θέρμανσης.

1. Κλιματική ζώνη Α: 601-1100 ΒΗΘ	2. Κλιματική ζώνη Β: 1101-1600 ΒΗΘ
3. Κλιματική ζώνη Γ: 1601-2200 ΒΗΘ	4. Κλιματική ζώνη Δ: >2201 ΒΗΘ



Εικόνα 1: Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας, με βάση τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.[4].

### 2.2.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας αδιαφανών δομικών στοιχείων και του κτηρίου συνολικά.

Στις ενεργειακές μελέτες, για κάθε δομικό στοιχείο που χωρίζει τη θερμική ζώνη ενός κτηρίου από τον εξωτερικό αέρα, το έδαφος ή τους μη θερμαινόμενους χώρους, πρέπει να αναλύεται η σύνθεση των δομικών υλικών που το αποτελούν και να υπολογίζετε ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_i$ . Οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U_i$  των δομικών στοιχείων ενός κτηρίου υπολογίζονται ξεχωριστά και για κάθε δομικό στοιχείο τοίχοι, οροφές, δάπεδα, στέγες.



Ο έλεγχος της επάρκειας της μόνωσης του κτηρίου αποτελείται από 2 στάδια:

1. Η τιμή  $U_i$  των επιμέρους δομικών στοιχείων πρέπει να είναι κάτω από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή  $U_{max}$  που ορίζεται από τον Κ.Ε.ν.Α.Κ. για κάθε κλιματική ζώνη.
2. Η μέση τιμή θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τη μέγιστη τιμή  $U_{m,max}$ . Πρέπει δηλαδή να είναι  $U_m \leq U_{m,max}$ , όπου το  $U_{m,max}$  υπολογίζεται από πίνακα με βάση τον λόγο  $(A/V)$  της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_i$  [ $W/m^2K$ ] στα αδιαφανή δομικά στοιχεία ενός κτηρίου που αποτελείται από διάφορα στρώματα υλικών Σχήμα 2 και διαχωρίζει το εσωτερικό αέρα του κτηρίου από τον εξωτερικό, δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

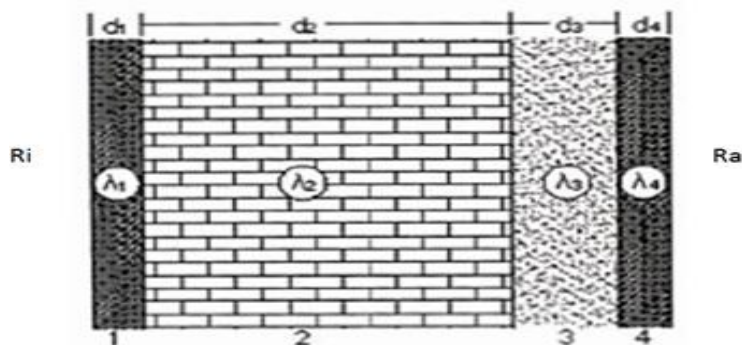
$$U_i = \frac{1}{R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_a} \quad (W/m^2K)$$

$d$ : το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου, [m]

$\lambda$ : συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού [ $W/(m \cdot K)$ ]

$R_i$ : εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης [ $m^2 \cdot K/W$ ]

$R_a$ : εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης [ $m^2 \cdot K/W$ ]



Σχήμα 2: Τοιχοποιία πολλαπλών στρώσεων υλικών.

Ο υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών προκύπτει από τη σχέση.

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$$

$U_g$ : συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοστασίου

$U_f$ : συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου

$\Psi_g$ : γραμμική θερμική μετάδοση

$l_g$ : περίμετρος του ορατού υαλοστασίου ως προς το πλαίσιο

Ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου λαμβάνει διάφορους παραμέτρους και προκύπτει από την σχέση :

$$U_m = \frac{\sum U_j \cdot A_j \cdot b_j + \sum l_i \cdot \Psi_i \cdot b_i}{\sum A_j} \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$$

A: εμβαδό επιφάνειας κάθε δομικού στοιχείου.

U: συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου.

$b_j$ : μειωτικός συντελεστής ανάλογα με το περιβάλλον που έρχεται σε επαφή το δομικό στοιχείο.

l: μήκος θερμογέφυρας .

$\Psi$ : συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας θερμογέφυρας.

$b_i$ : μειωτικός συντελεστής ανάλογα με τη θέση της θερμογέφυρας.

Υπολογίζοντας όλες τις απώλειες θερμότητας από το κέλυφος, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου πρέπει να έχει τιμή μικρότερη από τον μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστής θερμοπερατότητας που ορίζει ο Κ.Ε.ν.Α.Κ., ανάλογα την ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή και του λόγου A/V.

#### 2.2.4. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ).

Με τον Κ.Ε.ν.Α.Κ., θεσμοθετήθηκε ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτηριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής των κτηρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος με συγκεκριμένες δράσεις:

- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτηρίων
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτηρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)

Για την σύγκριση της μελέτης ο Κ.Ε.ν.Α.Κ όρισε τον ορισμό ενός κτηρίου αναφοράς με τον ίδιο, προσανατολισμό τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, χρήση, θέση και λειτουργικά χαρακτηριστικά με το υπό εξέταση κτήριο. Για κτήρια μη κατοικιών, το κτήριο αναφοράς περιλαμβάνει επίσης πρόσθετες απαιτήσεις για τη χρήση και εγκατάσταση φωτισμού. Το κτήριο αναφοράς ανήκει πάντα στην κατηγορία Β στην ενεργειακή ταξινόμηση. Τα κτήρια ανάλογα με την ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το εύρος τιμών για την κατανάλωση ενέργειας που καθορίζει την ενεργειακή κατηγορία ποικίλλει ανάλογα με την κατηγορία χρήσης.

Από την μελέτη ενεργειακής απόδοσης, πρέπει να εξαγάγουμε τα αποτελέσματα των παρακάτω ποσοτήτων:

- Απώλεια θερμότητας κτηριακού κελύφους και αερισμού καθώς και ηλιακό και εσωτερικό κέρδος σε κλιματιζόμενους χώρους.
- Συνολική ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας και ανά χρήση ( $\text{kWh/m}^2$ ), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται.
- Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2$ ) και εκπομπές  $\text{CO}_2$  ( $\text{kg CO}_2/\text{kWh}$ ) ανά χρήση.

Για τον υπολογισμό της συνολικής πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος στο υπό μελέτη κτήριο και στο ανάλογο κτήριο αναφοράς. Για να μετατρέψουμε την τελική κατανάλωση ανάλογα με το καύσιμο σε πρωτογενή χρησιμοποιούμε τους συντελεστές του Πίνακα 3.

Πίνακας 3:Συντελεστές μετατροπής τελικής ενέργειας σε πρωτογενή ανά κατηγορία καυσίμου.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /KWh)
Φυσικό αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1.1	0.264
Ηλεκτρική ενέργεια	2.9	0.989
Υγραέριο	1.05	0.238
Βιομάζα	1,00	-
Τηλεθέρμανση από ΔΕΗ	0.7	0.347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0.5	-

Το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης καθορίζει την κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης του υπολογίζοντας την τελική ανοιγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτηρίου σύμφωνα με τον Πίνακα 4.

Πίνακας 4:Κατάταξη ανά ενεργειακή κατηγορία με βάση τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

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

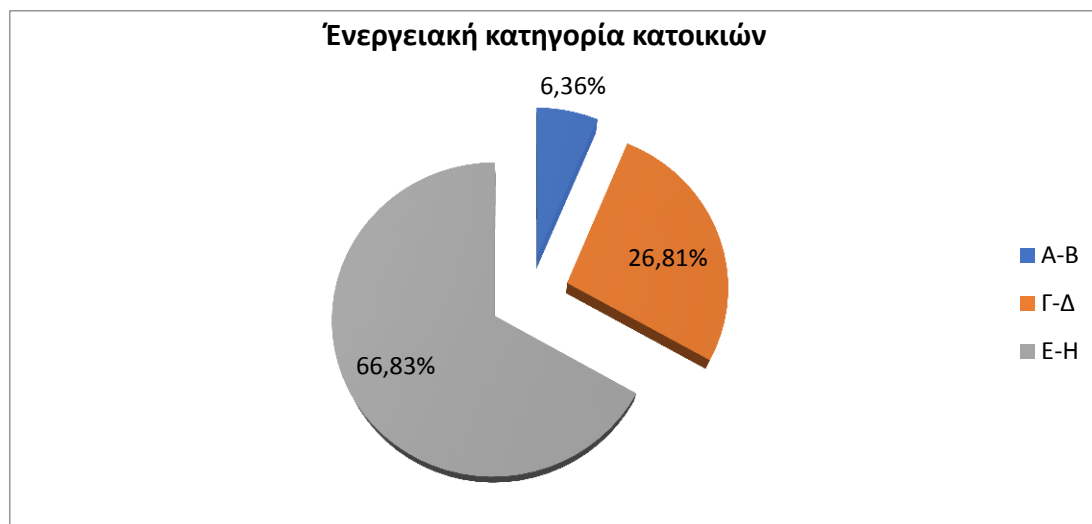
Ο λόγος της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) του επιθεωρούμενου κτηρίου προς την υπολογισμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) του κτηρίου αναφοράς χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση του κτηρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης.

$$T = \frac{EP}{RR}$$

EP: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του επιθεωρούμενου κτηρίου.

R<sub>R</sub> : Υπολογιζόμενη πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς.

Από την ετήσια έκθεση στατιστικής ανάλυσης του υπουργείου περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα στατιστικά στοιχεία των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) τα οποία έχουν εκδοθεί για την περίοδο 2019 για τα κτήρια κατοικιών παρατηρούμε από το Διάγραμμα 7 ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (66.83%) αυτών κατατάσσεται στην Ε-Η, το 26.81% στην Γ-Δ και μόλις το 6.36% στην Α-Β.



**Διάγραμμα 7: Ποσοστό κατοικιών ανά ενεργειακή κατηγορία σύμφωνα με τα ΠΕΑ [16].**

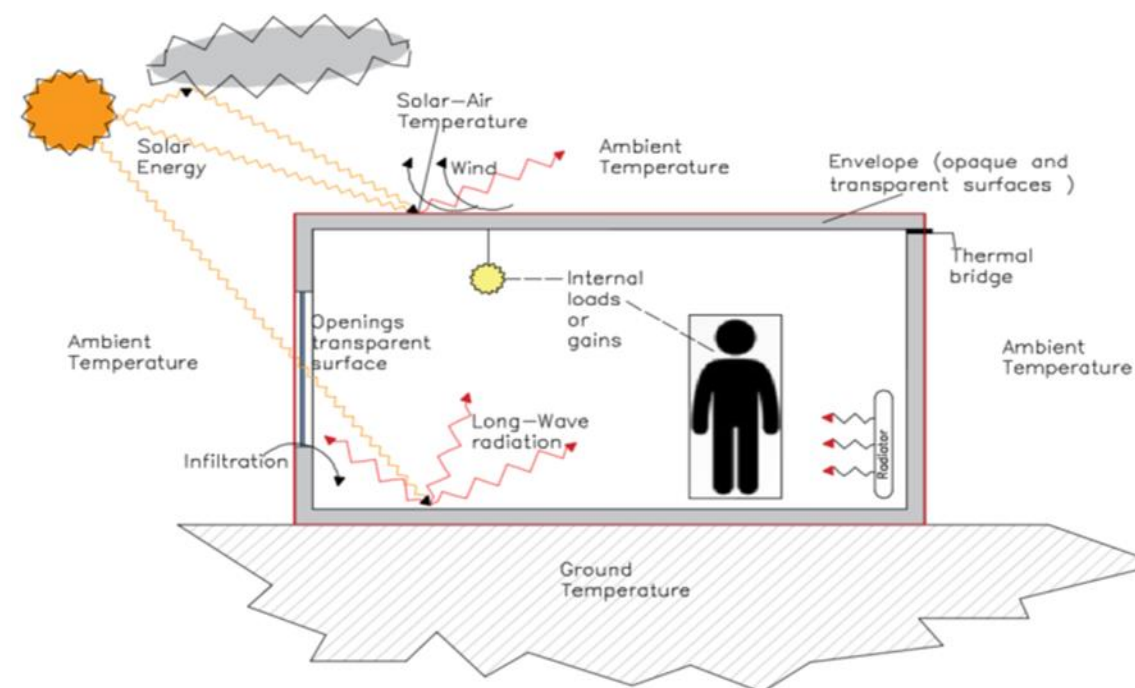
### 2.3. Ενεργειακό ισοζύγιο στα κτήρια

Σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής, οι διάφορες διεργασίες και αλλαγές στη ροή της ενέργειας και της μάζας μεταξύ των συστημάτων μπορούν να περιγραφούν με τον όρο της ισορροπίας. Σε ένα σύστημα, εκτός από την ενέργεια και τη μάζα, υπάρχουν και άλλες ποσότητες που το ελέγχουν, όπως η ορμή, η εντροπία, ο αριθμός των σωματιδίων και διάφορα είδη μορφών ενέργειας. Κάθε μεταβλητή έχει μια γενική εξίσωση που αποτελείται από τρεις βασικές διαδικασίες, αποθήκευση, μεταφορά πέρα από τα όρια του συστήματος και μετατροπή. Συνολικά, η μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου είναι πολύπλοκη και σημαντική, καθορίζει την ποσότητα της ενέργειας που πρέπει να δώσουμε σε ένα σύστημα στη μορφή που θέλουμε. Με την ανάλυση του ενεργειακού ισοζυγίου βελτιστοποιούμε το κόστος τεχνικών συστημάτων, βελτιστοποιούμε το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας μειώνοντας τη χρήση των φυσικών της πόρων και της ενέργειας που χρειάζεται να καταναλώνουμε για θέρμανση/ψύξη των κτηρίων συμβάλλοντας έτσι και στην προστασία περιβάλλοντος μειώνοντας τους ρύπους.

Με τις οδηγίες της ΕΕ (2010/31/ΕΚ) που αφορά την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να θεσπίζουν και να εφαρμόζουν μεθόδους υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης τους. Στην Ελλάδα η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων γίνεται με τη μερικώς σταθερή μέθοδο μηνιαίου βήματος και η σύγκριση του κτηρίου γίνεται στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με ένα κτήριο αναφοράς. Η Αναλυτική μεθοδολογία γίνεται σύμφωνα με την οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου[17]. Η μέθοδος είναι ο υπολογισμός της μέσης ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση και ψύξη ενός κτηρίου λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία, τις θερμικές και φυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών του και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής [18].

### 2.3.1. Ποιο είναι το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτηρίου

Το ενεργειακό ισοζύγιο υπολογίζεται με βάση την απώλεια και το κέρδος θερμότητας του κτηρίου. Το κέρδος θερμότητας προέρχεται από την άμεση και έμμεση ηλιακή ακτινοβολία, από ενέργεια αποθηκευμένη στη θερμική μάζα, από συστήματα θέρμανσης, αλλά και από εσωτερικές πηγές θερμότητας όπως τεχνητό φωτισμό, οικιακές συσκευές, αλλά και τη θερμότητα που εκπέμπεται από τους ίδιους τους ανθρώπους. Οι απώλειες προέρχονται από διείσδυση του αέρα στον εσωτερικό χώρο (διάκενα από κουφώματα-πόρτες, καμινάδα, κτλ), από συστήματα εξαερισμού, και απώλειες μετάδοσης θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας από τα στοιχεία του κελύφους [14].



Εικόνα 2: Ισοζύγιο απωλειών και κερδών ενέργειας κτιρίου.

Για το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτηρίου εμπλέκονται πολλές μεταβλητές. Η διαδικασία του υπολογισμού ενεργειακής απαίτησης για θέρμανση και ψύξη ενός χώρου συνοψίζεται ως:

- Υπολογισμός της μεταφοράς θερμότητας από την μετάδοση.
- Υπολογισμός μεταφοράς της θερμότητας από τον αερισμό.
- Υπολογισμός του κέρδους της θερμότητας από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και από εσωτερικές πηγές (τεχνητό φωτισμός, άνθρωποι, οικιακές συσκευές).
- Υπολογισμός συντελεστών αξιοποίησης θερμικής απώλειας για ψύξη και θερμικού κέρδους για θέρμανση.
- Υπολογισμός της ενέργειας που απαιτείτε για τη θέρμανση ( $Q_H$ ) και ψύξη ( $Q_C$ ) του κτηρίου.

### Ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση:

Η ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση ( $Q_H$ ) για συνθήκες συνεχούς θέρμανσης, υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_H = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}$$

$Q_H$ : οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου για συνεχή θέρμανση (kWh)

$Q_{H,ht}$ : το σύνολο των θερμικών απωλειών για τη λειτουργία θέρμανσης (kWh)

$Q_{H,gn}$ : το σύνολο των θερμικών κερδών για τη λειτουργία θέρμανσης (kWh)

$\eta_{H,gn}$ : αδιάστατος συντελεστής χρήσης θερμικού κέρδους για θέρμανση.

### Ενεργειακή ανάγκη για ψύξη:

Η ενεργειακή ανάγκη για ψύξη χώρου, ( $Q_C$ ) για συνθήκες συνεχούς ψύξης, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_C = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}$$

$Q_C$ : οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου για συνεχή ψύξη (kWh)

$Q_{C,gn}$ : το σύνολο των θερμικών κερδών για τη λειτουργία ψύξης (kWh)

$Q_{C,ht}$ : το σύνολο των θερμικών απωλειών για τη λειτουργία ψύξης (kWh)

$\eta_{C,ls}$ : αδιάστατος συντελεστής χρήσης θερμικών απωλειών για ψύξη.

### Θερμικές απώλειες κτηρίου:

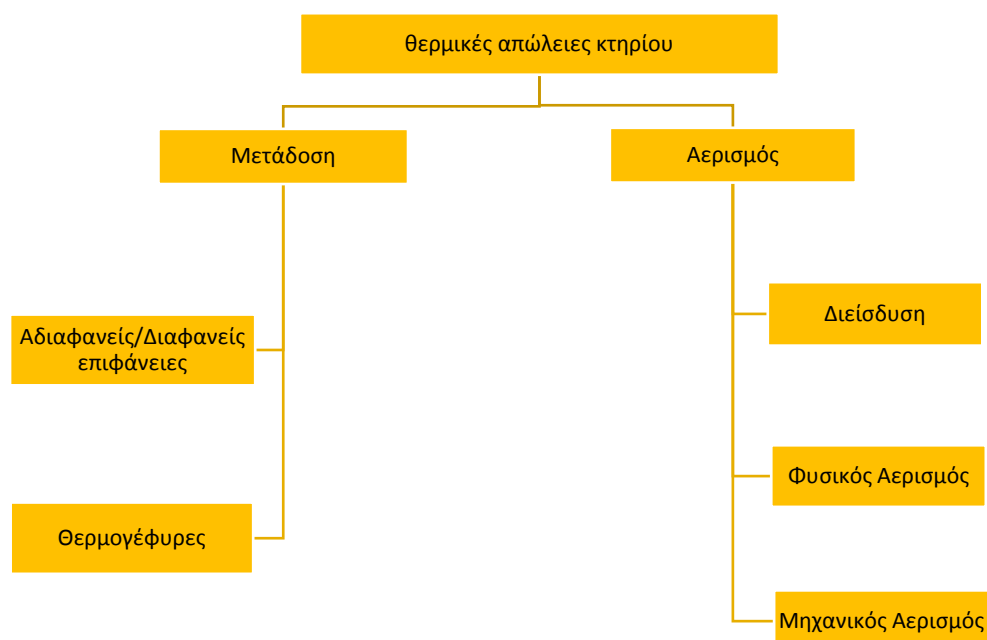
Οι θερμικές απώλειες ενός κτηρίου αποτελούνται από τις απώλειες λόγω μεταφοράς από τα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτηρίου και από τις απώλειες λόγω αερισμού από τις χαραμάδες, τα ανοίγματα καθώς και από τον φυσικό ή και μηχανικό αερισμό σχήμα 3. Το χειμώνα προκαλούν την ψύξη του εσωτερικού χώρου του κτηρίου ενώ το καλοκαίρι η απώλεια αναφέρεται στην δροσιά του χώρου, όταν δηλαδή η θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα. Αυτή η ροή θερμότητας μπορεί να περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό από την θερμική μόνωση των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου.

Οι θερμικές απώλειες του κτηρίου ( $Q_{ht}$ ) για θέρμανση/ψύξη υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

$Q_{tr}$ : το σύνολο των απωλειών μέσω της μετάδοσης από το κτηριακό κέλυφος (kWh)

$Q_{ve}$ : το σύνολο των απωλειών λόγω αερισμού (kWh)



Σχήμα 3: Θερμικές απώλειες κτηρίου λόγω μεταφοράς/αερισμού.



## Θερμικά κέρδη κτηρίου

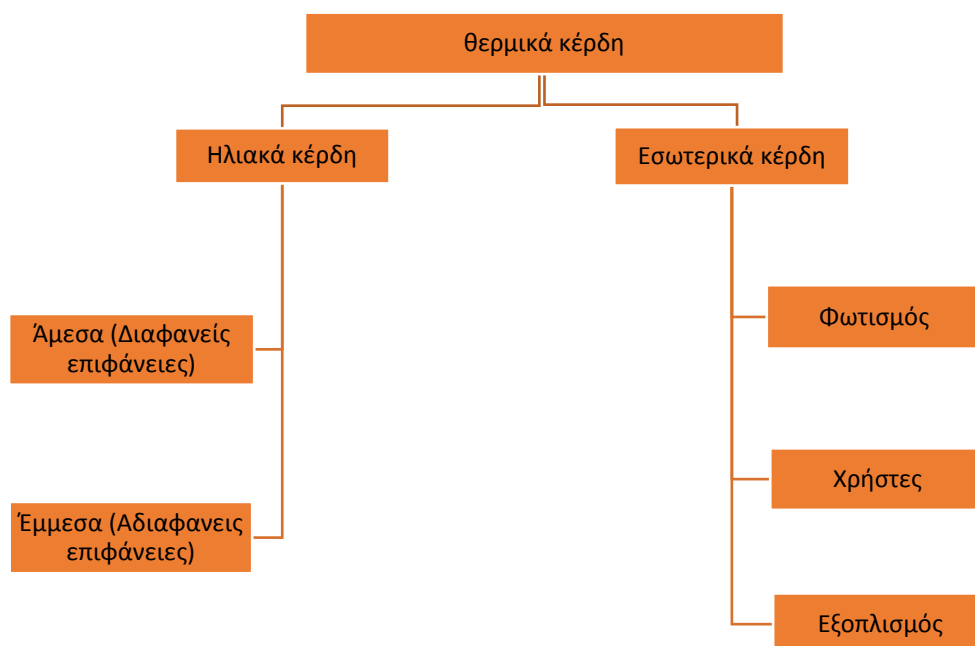
Τα θερμικά κέρδη ενός κτηρίου αποτελούνται από τα άμεσα κέρδη της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στα διαφανή δομικά στοιχεία και τα έμμεσα κέρδη λόγω της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στα αδιαφανή δομικά στοιχεία, καθώς και τα κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό, τον εξοπλισμό, καθώς και από τους χρήστες σχήμα 4.

Τα θερμικά κέρδη του κτηρίου,  $Q_{gn}$  για θέρμανση/ψύξη υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

$Q_{int}$ : το σύνολο των εσωτερικών κερδών για δεδομένη περίοδο θέρμανσης/ψύξης (kWh)

$Q_{sol}$ : το σύνολο των ηλιακών κερδών για δεδομένη περίοδο θέρμανσης/ψύξης (kWh)



Σχήμα 4: Θερμικά κέρδη κτηρίου ηλιακά/εσωτερικά.

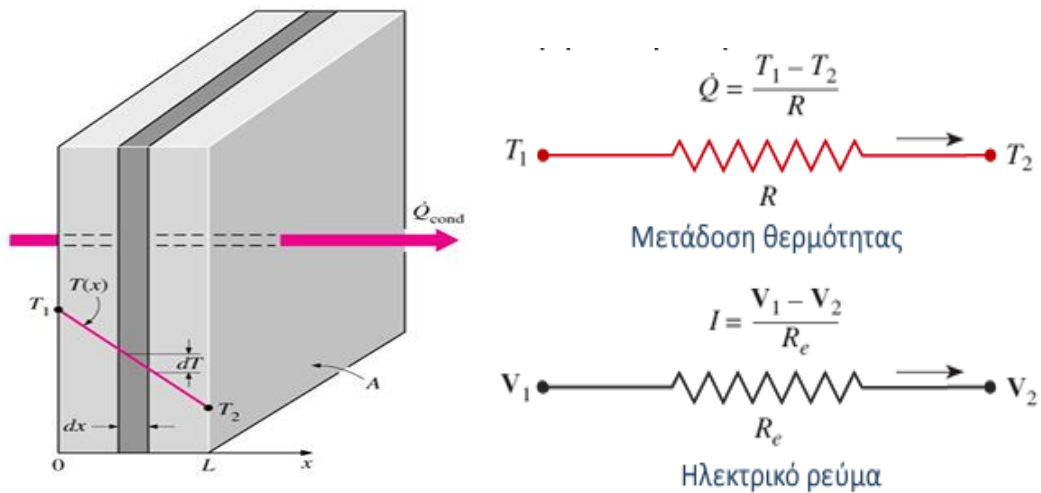
Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μεγάλοι περίοδοι μη κατοίκησης, το  $Q_H$ , και  $Q_C$ , υπολογίζεται με συντελεστές διόρθωσης. Η μεθοδολογία του υπολογισμού ενεργειακής κατανάλωσης και απόδοσης ενός κτηρίου περιγράφεται αναλυτικά στην οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου[6] η οποία είναι σύμφωνα με την οδηγία του Κ.Εν.Α.Κ. και βασίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο (ISO 13790:2008).

### 2.3.2. Μέθοδοι μετάδοσης θερμότητας εντός κτηρίου.

Ροή θερμότητας ορίζεται η μορφή της ενέργειας, που μπορεί να μεταφέρεται από ένα σύστημα σε ένα άλλο, ως αποτέλεσμα της θερμοκρασιακής διαφοράς. Την χειμερινή περίοδο οι κλειστοί χώροι έχουν συνήθως υψηλότερη θερμοκρασία από το φυσικό περιβάλλον με αποτέλεσμα την ροή θερμότητας από τους εξωτερικούς τοίχους, πόρτες, παράθυρα και χαραμάδες από μέσα προς τα έξω. Την καλοκαιρινή περίοδο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από τους εσωτερικούς χώρους και η ροή θερμότητας έχει πορεία από έξω προς τα μέσα. Η μείωση των απωλειών θερμότητας επιτυγχάνεται με τη προσθήκη ή την αρχική τοποθέτηση υλικών στους τοίχους που έχουν μεγάλη θερμική αντίσταση και με την κατασκευή θερμομονωτικών κουφωμάτων. Οι απαιτήσεις για θερμομόνωση του κελύφους του κτηρίου καθορίζονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.) [19].

Η θερμότητα μεταφέρεται με τρεις μηχανισμούς:

- Αγωγή
  - Συναγωγή
  - Ακτινοβολία
- 
- Αγωγή: μετάδοση θερμότητας που οφείλεται στην ύπαρξη θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των μορίων ενός μέσου.



Σχήμα 5: Αγωγή θερμότητας και αναλογία μεταξύ θερμικής και ηλεκτρικής αντίστασης.

Για μονοδιάστατο θερμοκρασιακό πεδίο, όπου η θερμοκρασία  $T$ , είναι γραμμική συνάρτηση της απόστασης  $x$ , τότε η σχέση που εκφράζει τη θερμική ροή με τη θερμοκρασιακή πτώση ορίζεται με τον νόμο Fourier:

$$Q_x = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

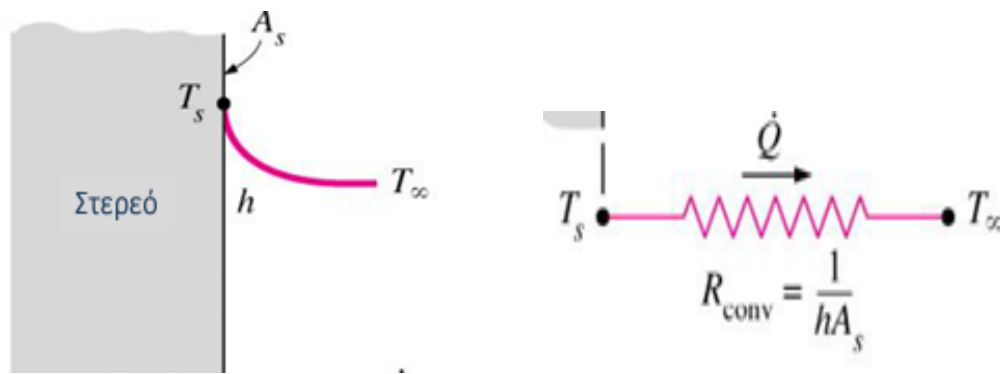
$Q_x$ : ροή θερμότητας ( W )

$\lambda$ : συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( W/mk )

$A$ : επιφάνεια κάθετη στη ροή θερμότητας ( m<sup>2</sup> )

$\frac{\Delta T}{\Delta x}$ : θερμοκρασιακή πτώση στη κατεύθυνση  $x$  ( K/m )

- **Συναγωγή:** μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ μιας στερεής επιφάνειας και του γειτονικού ρευστού που βρίσκεται σε κίνηση.



Σχήμα 6: Συναγωγή θερμότητας και Θερμική αντίσταση.

Ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας μέσω συναγωγής υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_c = h \cdot A \cdot (T_0 - T_\infty)$$

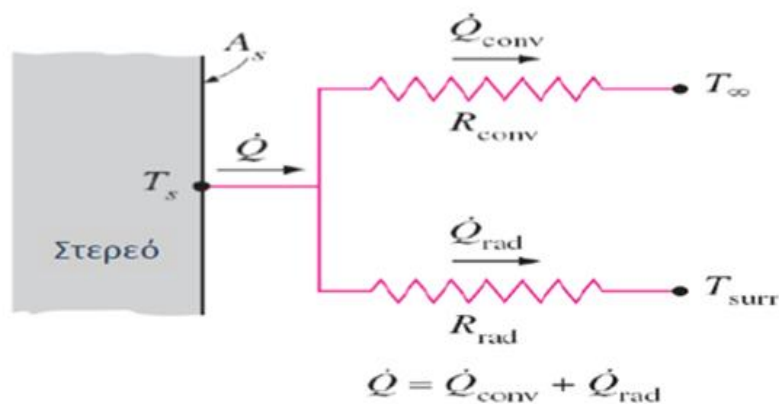
$T_\infty$ : θερμοκρασία ρευστού μακριά από το τοίχωμα ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_0$ : θερμοκρασία τοιχώματος ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$A$ : εμβαδόν επιφάνειας ( $\text{m}^2$ ).

$h$ : συντελεστής θερμικής συναγωγιμότητας ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ).

- Ακτινοβολία: ροή θερμότητας μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός.



Σχήμα 7: Θερμική αντίσταση –συνδυασμός συναγωγής και ακτινοβολίας.

Τα σώματα με θερμοκρασία άνω του απόλυτου μηδέν (-273 °C), εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Ο νόμος του Stefan – Boltzmann παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού της ενέργειας, εκπεμπόμενη ακτινοβολία σε W σε μία ιδεατή μαύρη επιφάνεια:

$$Q_{rad} = \sigma A T^4$$

$\sigma$ : σταθερά Stefan- Boltzmann, ίση με  $5,76 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

A: επιφάνεια ( $\text{m}^2$ )

T: θερμοκρασία επιφάνειας (K)

Η ιδανική επιφάνεια, η οποία εκπέμπει το μέγιστο ρυθμό μεταφοράς θερμικής ακτινοβολίας, ορίζεται μαύρο ή μέλαν σώμα, ενώ η πραγματική επιφάνεια, η οποία ορίζεται ως φαιό σώμα και βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία, εκπέμπει με μικρότερο ρυθμό όπως:

$$Q_{rad} = \epsilon \sigma A T^4$$

Η παράμετρος  $\epsilon$ , ορίζεται ως συντελεστής εκπομπής, είναι ιδιότητα της επιφάνειας και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

Η θερμική ενέργεια που ανταλλάσσουν δύο ιδεατά σώματα με ακτινοβολία δίνεται από τη σχέση:

$$Q_b = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

Η θερμική ενέργεια που ανταλλάσσουν δύο μη ιδεατά σώματα με ακτινοβολία δίνεται από τη σχέση:

$$Q_b = h_r (T_1^4 - T_2^4)$$

$h_r$ : συντελεστής θερμικής ακτινοβολίας ( $\text{W/m}^2$ )

## 2.4. Θερμική άνεση στα κτήρια

Σύμφωνα με έρευνες οι άνθρωποι περνούν το 60-90% της ζωής τους σε εσωτερικούς χώρους κτηρίων [20], ενώ η τάση αυτή αυξάνεται, ειδικά μετά την πανδημία Covid-19. Στην τελευταία έκδοση του EPBD 2018/844 [21], ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός του κτηρίου συνίσταται τόσο στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας όσο και στην προσπάθεια βελτιστοποίησης των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εσωτερικό του κτηρίου. Η Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος στοχεύει στην επίτευξη ιδανικών συνθηκών άνεσης όπως θερμική άνεση [22], οπτική άνεση [23] και ακουστική άνεση [24] σε κτήρια και χώρους εργασίας, καθώς και υψηλή ποιότητα αέρα [25].

Η καλή ποιότητα περιβάλλοντος εσωτερικού χώρου θεωρείται απαραίτητη για την επίτευξη συνθηκών άνεσης, όπως αναφέρεται στο ισχύον κανονιστικό πλαίσιο [26]. Αυτή η έννοια παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στο ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο το 1986 μέσω της Τεχνικής Οδηγίας 2425/86, η οποία κατέγραψε τις συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη θερμοκρασία του αέρα όσο και τη σχετική υγρασία. Σύμφωνα με το Πρότυπο ASHRAE [27], ως αποδεκτή ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων ορίζεται ο αέρας στον οποίο δεν παρατηρούνται επικίνδυνες συγκεντρώσεις γνωστών ρύπων και η πλειονότητα των εκτεθειμένων χρηστών ( $\geq 80\%$ ) δεν αισθάνεται δυσαρέσκεια.

Ο προσδιορισμός της θερμικής άνεσης πραγματοποιείται μέσω του προτύπου ΕΛΟΤ EN 7730:2005 [28], και του προτύπου ANSI/ASHRAE 55:2010 [29], όπου το μοντέλο και οι βασικές αρχές και προφυλάξεις που πρέπει να τηρούνται κατά τον προσδιορισμό της τιμής δείκτη άνεσης (PMV) και το ποσοστό δυσαρεστημένων χρηστών (PPD). Αυτές οι παράμετροι καθορίζουν τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτηρίου, συνθήκες όπου οι άνθρωποι αισθάνονται άνετα σε έναν εσωτερικό χώρο. Σύμφωνα με την Αμερικανική Ένωση Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού [29], η θερμική άνεση ορίζεται ως «η αίσθηση της πλήρους φυσικής και πνευματικής ευχάριστης κατάστασης στον άνθρωπο», η κρίση της άνεσης είναι μια γνωστική διαδικασία που εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες (φυσικούς, φυσιολογικούς, ψυχολογικούς κ.λπ.).

Σαφώς, η κατάσταση της θερμικής άνεσης ενός ατόμου είναι υποκειμενική. Έτσι, στον ίδιο χώρο, ένα άτομο μπορεί να εκφράσει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες ενώ ένα άλλο να εκφράσει τη δυσαρέσκειά του. Η λέξη άνεση περιλαμβάνει μια πληθώρα παραγόντων που την καθορίζουν για όλους, κάθε φορά. Εκτός από παράγοντες που συνδέονται με την ψυχολογική και κοινωνική κατάσταση

του ατόμου, παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση σε ένα κτήριο είναι οι παρακάτω και συνοπτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

- Οι ατομικές μεταβλητές: η δραστηριότητα των χρηστών του χώρου, ενέργεια που παράγεται από το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο σώμα, εξαρτάται από το βαθμό δραστηριότητας σε met (1 met η τιμή μεταβολισμού καθιστού ανθρώπου ίση με 58 W/m<sup>2</sup> με επιφάνεια μέσου ανθρώπου ίση με 1,8 m<sup>2</sup>).
- Η ένδυση: ο τύπος ρουχισμού, έχει τον ρόλο της θερμικής αντίστασης που παρέχει στο σώμα εκφράζεται σε μονάδες clo (1clo=0.155m<sup>2</sup> K/W)
- Περιβαλλοντικές μεταβλητές: Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών (°C), θερμοκρασία του αέρα (°C), αισθητή θερμοκρασία (°C), η υγρασία-σχετική υγρασία του αέρα (hPa), η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα (m/s).
- Βιολογικές παράμετροι: η ηλικία των χρηστών του χώρου, το βιολογικό φύλο, ο μεταβολισμός, η κατάσταση της υγείας και οι συνήθειες τους πχ εάν είναι καπνιστές.

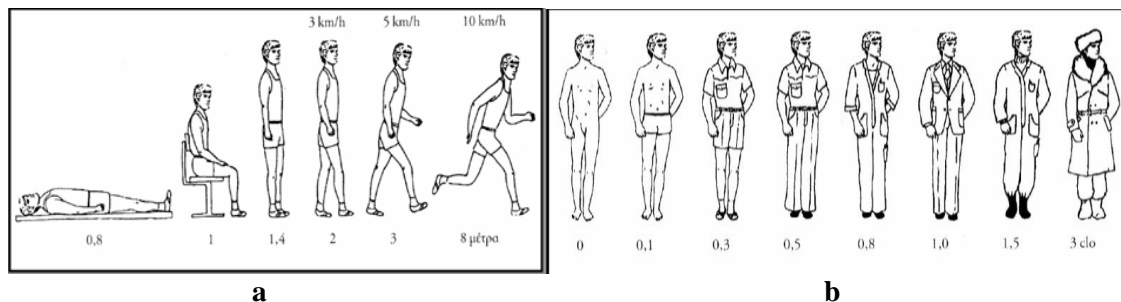
**Πίνακας 5: Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση.**

<b>1. Βιολογικοί παράγοντες</b> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Ηλικία του χρήστη του κτηρίου</li><li>b. Οι συνήθειες του χρήστη</li><li>c. Φύλλο του χρήστη</li></ul>
<b>2. Περιβαλλοντικοί παράγοντες</b> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα (m/s)</li><li>b. Θερμοκρασία του αέρα (°C)</li><li>c. Θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών (°C)</li><li>d. Η υγρασία του αέρα-σχετική υγρασία του αέρα (Pa)</li></ul>



### 3. Προσωπικοί παράγοντες.

- a. Ο μεταβολισμός των χρηστών [met] ( $1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2$ )
- b. Η ένδυση των χρηστών [clo] ( $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ )



Όλοι οι παραπάνω παράγοντες, ιδιαίτερα οι φυσικές, επηρεάζουν τη ροή της ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από το σώμα προς το περιβάλλον. Οι άνθρωποι έχουν μηχανισμούς σχεδιασμένους να διατηρούν σταθερή τη θερμική κατάσταση του σώματος και να προσαρμόζονται στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος είναι μια δυναμική κατάσταση που σχετίζεται με την αλληλεπίδραση της θερμότητας που παράγεται από το μεταβολισμό του σώματος και τη θερμότητα που μεταφέρεται προς και από το περιβάλλον μέσω μεταφοράς, ακτινοβολίας και εξάτμισης. Η θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν ο ρυθμός με τον οποίο το σώμα χάνει θερμότητα στο περιβάλλον ισούται με τον ρυθμό με τον οποίο το σώμα παράγει θερμότητα μέσω της δραστηριότητας, διασφαλίζοντας έτσι τη θερμική ισορροπία [30]. Η διατήρηση της θερμικής ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος είναι η βασική προϋπόθεση της θερμικής άνεσης και η θερμοκρασία του σώματος πρέπει να διατηρείται σταθερή στους  $37^\circ\text{C}$  περίπου. Όταν η θερμοκρασία του σώματος αρχίζει να ανεβαίνει, είτε λόγω κλιματικών συνθηκών είτε λόγω έντονης δραστηριότητας, ενεργοποιούνται οι κατάλληλοι μηχανισμοί για τη μείωσή της. Η θερμική άνεση δεν μπορεί να επιτευχθεί όταν, για παράδειγμα, επικρατούν πολύ κρύες ή πολύ ζεστές συνθήκες, έτσι το σώμα χάνει τη θερμική ισορροπία με την αποβολή ή την παραγωγή περισσότερης θερμότητας [31]. Η θερμική άνεση σχετίζεται άμεσα με την υγεία και την απόδοση ενός ατόμου. Η υγεία, η άνεση και η αποτελεσματικότητα της εργασίας των ανθρώπων επηρεάζονται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες εσωτερικών χώρων και οι άνθρωποι στις ανεπτυγμένες χώρες περνούν το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους [32].

Η ροή θερμότητας από και προς το ανθρώπινο σώμα διέπεται από τους θεμελιώδους νόμους της θερμοδυναμικής και περιγράφεται από τη γενικευμένη εξίσωση θερμικού ισοζυγίου:

$$S = H + C + R + ED + E_{\text{res}} + F$$



H: η παραγωγή θερμότητας λόγω μεταβολισμού

C: μεταφορά θερμότητας μέσω συναγωγής μεταξύ επιφάνειας του δέρματος ή ρούχων και υπερκείμενου αέρα

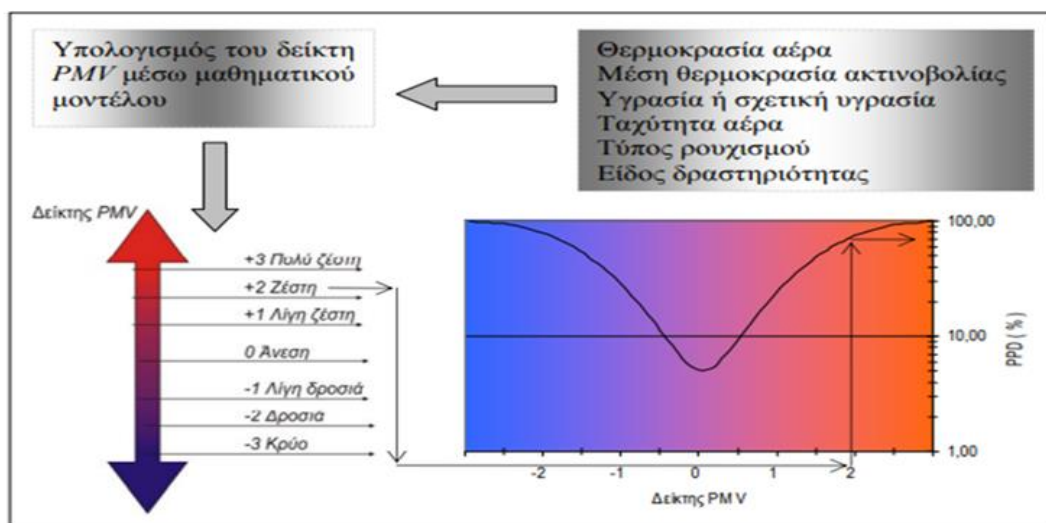
R: η μετάδοση θερμότητας μέσω αναρροφούμενης ακτινοβολίας

ED: συναλλαγή θερμότητας μέσω διάχυσης και εξάτμισης υδρατμών

Eres: μετάδοση θερμότητας μέσω αναπνοής

F: αισθητή ροή θερμότητας μέσω τροφής

Η ικανοποίηση της εξίσωσης θερμικής άνεσης είναι προϋπόθεση για την επίτευξη καλής θερμικής ισορροπίας και παρέχει πληροφορίες για το πώς θα πρέπει να συνδυαστούν οι παράμετροι της εξίσωσης για να δημιουργηθούν συνθήκες θερμικής άνεσης, αλλά δεν μπορεί να υπολογίσει πώς γίνεται αισθητό στο ανθρώπινο σώμα ένα τυχαίο θερμικό περιβάλλον σε ένα κτίριο του οποίου οι παράμετροι δεν ικανοποιούν την εξίσωση θερμικής άνεσης. Για το λόγο αυτό, ο Fanger PO (1972) [30] δημιούργησε μέσω μιας πειραματικής διαδικασίας, απλούς δείκτες για τον χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών των χώρων, οι οποίοι πρέπει να ακολουθηθούν για να προσδιοριστεί η αριθμητική τιμή του δείκτη θερμικής άνεσης (PMV) και το ποσοστό των δυσαρεστημένων (PPD). Για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια, ακολουθείται το μοντέλο Fanger, το οποίο λαμβάνει υπόψη τέσσερις περιβαλλοντικές παραμέτρους (θερμοκρασία, σχετική υγρασία και ταχύτητα αέρα εσωτερικού χώρου και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας) και δύο παραμέτρους που σχετίζονται με το ίδιο το άτομο (μεταβολικός ρυθμός και ρούχα). Το μοντέλο βασίζεται στην αρχή της μεταφοράς θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα στο περιβάλλον. Η θεωρία του Fanger για τον υπολογισμό ή την καλύτερη προσομοίωση μεμονωμένων θερμικών αισθήσεων δεν είναι μοναδική, ένα άλλο εξίσου δημοφιλές μοντέλο είναι αυτό των de Dear et al. (1998) [33], ένα προσαρμοστικό μοντέλο που βασίζεται στην ικανότητα του χρήστη να προσαρμόζεται στο θερμικό περιβάλλον στο οποίο τοποθετείται μέσω της προσωπικότητας, συμπεριφορές όπως η αλλαγή ρούχων.



Σχήμα 8: Σχήμα υπολογισμού του ποσοστού των δυσαρεστημένων PPD.

## 2.5. Υπάρχουσες μέθοδοι θερμικής μόνωσης στα κτήρια.

Η κύρια σύνδεση επίδρασης του κτηρίου με το εξωτερικό περιβάλλον είναι το κτηριακό κέλυφος. Ως κέλυφος κτηρίου θεωρούνται όλες οι δομικές επιφάνειες που διαχωρίζουν έναν θερμαινόμενο ή μη χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον. Για την επίτευξη μείωσης των θερμικών απωλειών του βασική προϋπόθεση είναι η θερμική μόνωσή του. Στην κατασκευή κτηρίων, σκοπός της μόνωσης είναι η μείωση της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου ή μεταξύ των θερμαινόμενων ή μη χώρων του. Στόχος της μόνωσης είναι η μείωση των θερμικών και ψυκτικών αναγκών δημιουργώντας ταυτόχρονα τις απαιτούμενες συνθήκες θερμικής άνεσης και διαβίωσης των χρηστών του και ταυτόχρονα συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος από την μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Στις περισσότερες χώρες με ψυχρά κλίματα, υπάρχουν κανονισμοί και τεχνικές προδιαγραφές για τον καθορισμό των απαιτήσεων, των ιδιοτήτων και της σύνθεσης των υλικών. Μαζί με τις τεχνικές προδιαγραφές, αυτοί οι κανονισμοί εξασφαλίζουν ένα τεχνικά και οικονομικά σωστό αποτέλεσμα θερμομόνωσης. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης θα πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό και ταυτόχρονα θα πρέπει να διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη οικονομία χρήσης του κτηρίου.

Η θερμομόνωση είναι μια από τις πιο θεμελιώδεις παραμέτρους του σύγχρονου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Η διαμόρφωσή της στη δομή του κτηρίου αποτρέπει τη διαφυγή θερμότητας στην ατμόσφαιρα και αντίστροφα, δημιουργώντας έτσι τη θερμική άνεση του κτηρίου. Όταν η μόνωση είναι σωστή και πληροί τις απαιτήσεις του κανονισμού, η μείωση της απώλειας θερμότητας είναι σημαντική και οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης.

Η σωστή θερμομόνωση πρέπει να εξασφαλίζει [34][35]:

- Οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με την μείωση των θερμικών απωλειών ή του θερμικού κέρδους.
- Μείωση αρχικού κόστους κατασκευής συστημάτων θέρμανσης-ψύξης.
- Υγιεινή, άνετη και ευχάριστη ζωή, χωρίς να διαταράσσεται η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος και χωρίς να προκαλείται σοβαρή αλληλεπίδραση κρύου-ζέστης μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος χώρου. Η θερμική ισορροπία καθορίζει πρωτίστως την άνεση του ανθρώπινου σώματος.
- Προστασία του περιβάλλοντος από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας άρα και των καυσαερίων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

- Αποφυγή θορύβων, καθώς τα περισσότερα μονωτικά υλικά είναι επίσης ηχομονωτικά.
- Περιορισμός συμπύκνωσης υδρατμών στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου.

Τα κύρια μέρη ενός κτηρίου που πρέπει να μονωθούν είναι η εξωτερική τοιχοποιία, η οροφή, τα δοκάρια, οι κολώνες και τα δάπεδα, που είναι εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης θα πρέπει να διασφαλίζεται και η θερμική προστασία των διαφανών στοιχείων δηλαδή των κουφωμάτων[25].

#### **Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:**

- στον πυρήνα του κατασκευασμένου τοίχου, χωρίς διάκενο ή με διάκενο.
- σε εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους του κτηρίου.
- στην εσωτερική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου.
- κατασκευή τοιχοποιίας με θερμομονωτικά τούβλα.
- κατασκευή παθητικής μόνωσης με διάκενο.

Για τη μόνωση τοιχοποιίας, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται η μόνωση, θα πρέπει:

- Να υπάρχει επαρκή θερμική αντίσταση για να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμικής μόνωσης.
- Η θερμομόνωση να είναι συνεχής χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

#### **Θερμομόνωση Δοκών – Υποστυλωμάτων- οροφής- δαπέδου:**

- Θερμομόνωση στην εσωτερική πλευρά.
- Θερμομόνωση στην εξωτερική πλευρά.

##### **2.5.1. Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας-δοκών-υποστυλωμάτων:**

Η τοποθέτηση μόνωσης εσωτερικά παρέχει θερμική προστασία για το χώρο, αλλά όχι για τα ίδια τα δομικά στοιχεία επίσης δεν αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων καθώς η μάζα τους είναι εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον. Λειτουργεί ως προστατευτικό φράγμα και προτείνεται για χώρους που πρέπει να θερμαίνονται ή να ψύχονται γρήγορα όπως θέατρα, εκκλησίες, εξοχικά κλπ, αλλά με τον ίδιο χρόνο ψύχονται η αποψύχονται αντίστοιχα.

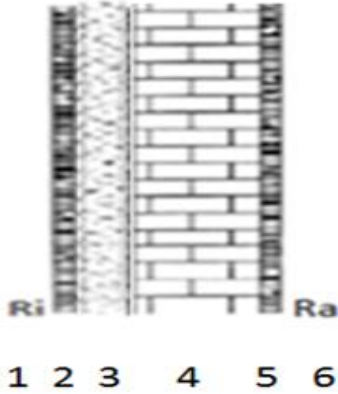
Πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Πιο οικονομικό στην κατασκευή από την εξωτερική μόνωση
- Άμεση απόδοση συστημάτων θέρμανσης/ψύξης
- Η μόνωση δεν απαιτεί προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμος, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.)
- Απλή και γρήγορη κατασκευή

Μειονεκτήματά της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Προβλήματα θερμογεφυρών (κυρίως στους αρμούς μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων).
- Ο χώρος κρυώνει γρήγορα αφού σταματήσει η θέρμανση.
- Τα δομικά στοιχεία δεν μπορούν να προστατεύονται από συστολή-διαστολή που προκαλείται από εξωτερικές αλλαγές θερμοκρασίας.
- Η συμπύκνωση υδρατμών μπορεί να δημιουργήσει επιφανειακή υγρασία, για να αποφευχθεί αυτό πρέπει να τοποθετηθεί ένα φράγμα υδρατμών (φύλλο αλουμινίου, νάιλον, κ.λπ.) μπροστά από τη μόνωση και προς την πλευρά του κλιματισμού του δωματίου.
- Υπάρχουν δυσκολίες με τα κρεμαστά ράφια, φωτογραφίες κλπ.
- Εάν εφαρμοστεί σε υπάρχον κτίριο, θα εμποδίσει την ομαλή λειτουργία του στον εσωτερικό χώρο κατά την κατασκευή και θα μειώσει την εσωτερική επιφάνεια του χώρου.

**Πίνακας 6: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης εσωτερικά της τοιχοποιίας.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ri Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	
2	Τσιμεντοκονίαμα	
3	Θερμομονωτικό υλικό	
4	Οπτοπλινθοδομή	
5	Τσιμεντοκονίαμα	
6	Ra Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	

### 2.5.2. Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών – υποστυλωμάτων.

Η τοποθέτηση της μόνωσης γίνεται εξωτερικά, σε αυτή την περίπτωση ολόκληρη η μάζα της τοιχοποιίας βρίσκεται εντός της μόνωσης με αποτέλεσμα να αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων και λειτουργούν ως συσσωρευτές θερμότητας. Τα δομικά στοιχεία εκπέμπουν την αποθηκευμένη θερμότητα πίσω στο χώρο όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από τη θερμοκρασία της μάζας του, έτσι διατηρείται η θερμοκρασία του δωματίου για ορισμένο χρόνο, ακόμα και αν δεν λειτουργεί το μέσο θέρμανσης/ψύξης.

Πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης.

- Εφόσον εξασφαλίζεται η απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα με την κατασκευή τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων επαρκούς πάχους, εξοικονομείται περισσότερη ενέργεια καθώς αποθηκεύεται ενέργεια στα νότια δομικά στοιχεία που προέρχεται από τον ήλιο και έτσι το σύστημα θέρμανσης/ψύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λιγότερο χρόνο.
- Ακόμη και μετά τη διακοπή της θέρμανσης, η θερμότητα παραμένει στο χώρο λόγω της θερμικής ικανότητας των δομικών στοιχείων.
- Προστατεύει τις εξωτερικές επιφάνειες τοίχων από εξωτερικές αλλαγές θερμοκρασίας και τις καιρικές συνθήκες.
- Οι θερμογέφυρες σχεδόν μηδενίζονται.
- Εάν εφαρμοστεί σε υπάρχοντα κτήρια, δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και δεν μειώνει την ωφέλιμη επιφάνεια του χώρου.

Μειονεκτήματά της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Το κόστος κατασκευής του είναι αρκετά υψηλό σε σχέση με άλλες μεθόδους.
- Δύσκολη/αδύνατη η εφαρμογή σε κτήρια με έντονα εξωτερικά χαρακτηριστικά.
- Εάν δεν παρεμβάλλεται μεταλλικό πλέγμα μεταξύ της μόνωσης και της επίστρωσης ως ενίσχυση για την επίστρωση, υπάρχει κίνδυνος ρωγμών.

**Πίνακας 7: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης εξωτερικά της τοιχοποιίας.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ri Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	
2	τσιμεντοκονίαμα	
3	Οπτοπλινθοδομή	
4	Θερμομονωτικό υλικό	
5	τσιμεντοκονίαμα	
6	Ra Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	

### 2.5.3. Θερμομόνωση στον πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας.

Στην περίπτωση αυτή έχουμε δύο περιπτώσεις:

1. Η μόνωση τοποθετείται στο μέσο διπλής τοιχοποιίας με διάκενο και ο αέρας είναι ακίνητος και εγκλωβισμένος στο μέσο της τοιχοποιίας, στην περίπτωση αυτή το διάκενο αέρα έχει τον ρόλο του μονωτή και η θερμική αντίσταση του προσμετράτε στον υπολογισμό συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, επίσης με τον τρόπο αυτό αξιοποιείτε μερικώς η θερμοχωρητικότητα του κελύφους. Στην περίπτωση όπου το διάκενο χρησιμοποιείτε για την εφαρμογή συρόμενων κουφωμάτων, ο αέρας ανανεώνεται και δεν είναι στάσιμος, οπότε θεωρούμε την θερμική αντίσταση ίση με μηδέν και δεν λαμβάνουμε υπόψη την αντίσταση του εξωτερικού τείχους. Πρόκειται για δύο ανεξάρτητες μονάδες τοιχοποιίας που συνδέονται μεταξύ τους με σενάζ στα οποία πρέπει να τοποθετείτε μόνωση για την αποφυγή θερμογεφυρών.

2. Η μόνωση τοποθετείται στο μέσο διπλής τοιχοποιίας χωρίς διάκενο, με τον τρόπο αυτό αξιοποιείτε μερικός η θερμοχωρητικότητα του κελύφους. Πρόκειται για δύο ανεξάρτητες μονάδες τοιχοποιίας που συνδέονται μεταξύ τους με σενάζ, στα οποία πρέπει να τοποθετείτε μόνωση για την αποφυγή θερμογεφυρών. Η μόνωση προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες από το εξωτερικό τούβλο αλλά θα πρέπει να εξασφαλισθεί η μη διείσδυσης υγρασίας στο ενδιάμεσο καθώς είναι πολύ δύσκολη η απομάκρυνση της.

Πλεονεκτήματα της μόνωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας.

- Η τοποθέτηση των μονωτικών υλικών είναι εύκολη.
- Η αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων είναι ευκολότερη και ελεύθερη.
- Τα θερμομονωτικά υλικά προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες.

Μειονεκτήματα της μόνωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας.

- Εκμεταλλεύεται μερικός την θερμοχωρητικότητα του τοίχου.
- Σε περίπτωση εισχώρησης υγρασίας στο εσωτερικό της τοιχοποιίας είναι δύσκολη η απομάκρυνση της.

**Πίνακας 8: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας χωρίς διάκενο.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ri Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	
2	Τσιμεντοκονίαμα	
3	Οπτοπλινθοδομή	
4	Θερμομονωτικό υλικό	
5	Οπτοπλινθοδομή	
6	Τσιμεντοκονίαμα	
7	Ra Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	



#### 2.5.4. Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα.

Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν τοποθετείται θερμομόνωση, καθώς τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τοιχοποιίας είναι ειδικά τούβλα με θερμομονωτικές ιδιότητες, τα οποία έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και προσφέρουν την απαραίτητη θερμομονωτική προστασία. Οι δοκοί και οι κολώνες μονώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά.

Πλεονεκτήματα τοιχοποιίας από θερμομονωτικά τούβλα.

- Εύκολο και γρήγορο στην κατασκευή.
- Διασφαλίζει παράλληλα ικανοποιητική ακουστική άνεση.
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.
- Αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας της τοιχοποιίας.
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου εσωτερικού χώρου.

Μειονεκτήματα τοιχοποιίας από θερμομονωτικά τούβλα.

- Είναι δύσκολο να κρεμάσεις φωτογραφίες και ράφια λόγω της πορώδους κατασκευής τους.
- Προτείνεται για ελαφριές κατασκευές.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπου απαιτείται υψηλή θερμοχωρητικότητα.

#### Πίνακας 9: Θερμομονωτικά τούβλα για τοιχοποιία.

1



Περιλαμβάνει στο εσωτερικό του θερμομονωτική στρώση

2



Τούβλα από κατάλληλο υλικό (Κυψελωτό σκυρόδεμα)



## 2.5.5. Θερμομόνωση Δοκών – Υποστρωμάτων- οροφής- δαπέδου

### στην εσωτερική πλευρά:

Συνήθως η μόνωση αυτή τοποθετείται σε κτήρια όπου μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού. Η μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί πριν ή μετά την έκχυση του σκυροδέματος. Μπορεί να καλυφθεί από σοβά, ή γυψοσανίδα ή κάθε είδους ψευδοροφής.

Από τις εξωτερικές επιφάνειες, το δώμα είναι συνήθως από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου όπου χάνεται η μεγάλη ποσότητα θερμότητας, καθώς είναι εκτεθειμένο όσο κανένα άλλο δομικό στοιχείο στο περιβάλλον. Όταν η μόνωση τοποθετείτε στο εσωτερικό μέρος της πλάκας δεν αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα της και λειτουργεί ως προστατευτικό φράγμα, αντίστοιχα όπως και στην τοιχοποιία προτείνεται για χώρους που πρέπει να θερμαίνονται ή να ψύχονται γρήγορα όπως θέατρα, εκκλησίες, εξοχικά κλπ.

Πλεονέκτημα Θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά:

- Άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού.
- Το μονωτικό υλικό δεν απαιτεί προστασία από εξωτερικές επιδράσεις καιρικών φαινομένων.

Μειονέκτημα Θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά:

- Ταχεία ψύξη των χώρων μετά την απενεργοποίηση της θέρμανσης
- Μπορεί να εμφανιστεί υγρασία και μούχλα στις γωνίες λόγω συμπύκνωσης.

**Πίνακας 10: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης στην εσωτερική πλευρά της πλάκας.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Αντίσταση $R_a$ θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	
2	Κεραμικά Πλακίδια	
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα	
4	Θερμική μόνωση	
5	Τσιμεντοκονίαμα	
6	Αντίσταση $R_i$ θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	

## 2.5.6. Θερμομόνωση Δοκών – Υποστυλωμάτων- οροφής- δαπέδου

### στην εξωτερική πλευρά:

Η κατασκευή αυτή της μόνωσης τοποθετείται σε κτήρια όπου δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού, αλλά μας ενδιαφέρει η απόδοση των δομικών στοιχείων μετά από διακοπή του συστήματος.

Όταν η μόνωση τοποθετείτε στο πάνω μέρος της πλάκας αξιοποιείτε η θερμοχωρητικότητα της και λειτουργεί ως συσσωρευτές θερμότητας, έτσι όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από τη θερμοκρασία της μάζας του, εκπέμπει την αποθηκευμένη θερμότητα και διατηρείτε η θερμοκρασία του χώρου για ορισμένο χρόνο, ακόμα και αν δεν λειτουργεί το μέσο θέρμανσης/ψύξης. Στην περίπτωση όπου η μόνωση είναι πάνω από την μέθοδο στεγανοποίησης της πλάκας ονομάζεται ανεστραμμένη μόνωση.

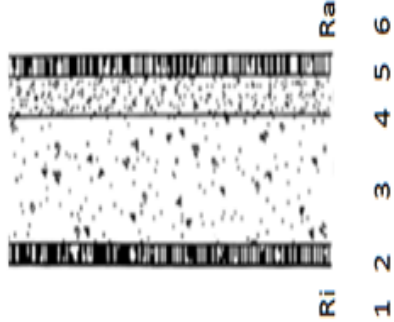
Πλεονέκτημα Θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά:

- Λόγω της αξιοποίησης της θερμοχωρητικότητας της πλάκας, η θερμότητα διατηρείται στο δωμάτιο ακόμη και μετά τη διακοπή της θέρμανσης/ψύξης, με αποτέλεσμα να λειτουργεί λιγότερο χρόνο το σύστημα, εξοικονομώντας έτσι περισσότερη ενέργεια.
- Προστατεύει την επιφάνεια της πλάκας από την εξωτερική θερμοκρασία και γενικά τις καιρικές συνθήκες.
- Όταν εφαρμόζεται σε υπάρχοντα κτήρια, δεν εμποδίζει τη λειτουργία του κατά την κατασκευή και δεν μειώνει το εσωτερικό ύψος χρήσης του.

Μειονέκτημα Θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά:

- Χρειάζεται προσοχή στην κατασκευή και στη στεγάνωση.

**Πίνακας 11: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης στην εξωτερική πλευρά της πλάκας.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	
2	Τσιμεντοκονίαμα	
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα	
4	Θερμική μόνωση	
5	Κεραμικά Πλακίδια	
6	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	

### 2.5.7. Θερμομόνωση στέγης.

Οι στέγες θεωρούνται κατασκευές που συνδυάζουν κεκλιμένες και οριζόντιες στέγες. Οι στέγες όπου συνήθως ζουν ή εργάζονται άνθρωποι θεωρούνται ζεστές στέγες. Σε αυτή την περίπτωση τοποθετείται θερμομόνωση είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά στις επικλινείς επιφάνειες της ταράτσας. Η πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή και η δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται κυρίως στην επισκευή. Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να εξασφαλίζεται αερισμός για να αποφευχθεί η συμπύκνωση υδρατμών. Όταν υπάρχει οριζόντια πλάκα δώματος αλλά και στέγη, η μόνωση συνήθως τοποθετείται στην οριζόντια πλάκα, στις περιπτώσεις όμως όπου στην στέγη υπάρχει επισκεψιμότητα (σοφίτα) τοποθετείται μόνωση και στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης.

Τα θερμομονωτικά υλικά της στέγης θα πρέπει να έχουν κατάλληλες ιδιότητες όπως:

- Αντίσταση στη διείσδυση υδρατμών, η οποία μειώνει τον κίνδυνο συμπύκνωσης υδρατμών στις περιοχές επαφής μεταξύ στοιχείων σκυροδέματος και μόνωσης όταν τα τελευταία τοποθετούνται εσωτερικά.
- Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα  $\lambda$ , επιτρέπει τη χρήση του μικρότερου δυνατού πάχους υλικού.
- Ευκολία χειρισμού ως προς το βάρος, το μέγεθος, τη μηχανική αντοχή και τη στερέωση υλικού.
- Θα πρέπει να έχουν καλή συναρμογή ώστε να αποφευχθούν θερμογέφυρες και συμπυκνώσεις στους αρμούς.

**Πίνακας 12: Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης στην εξωτερική πλευρά της στέγης.**

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Αντίσταση $R_{se}$ θερμικής μετάβασης (Εξωτερικά)	
2	Κεραμίδια	
3	Ασφαλτόπανο	
4	Θερμική μόνωση	
5	Οπλισμένο σκυρόδεμα	
6	Αντίσταση $R_{si}$ θερμικής μετάβασης (Εσωτερικά)	

### 2.5.8. Θερμομόνωση κουφωμάτων.

Τα κουφώματα του κτηριακού κελύφους θα πρέπει να σχεδιάζονται κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό με κύριο στόχο την αξιοποίηση του φωτισμού, αερισμού της ηλιοφάνειας και γενικά αξιοποιώντας όλα τα ενεργειακά οφέλη με την μεγαλύτερη δυνατή μείωση ενεργειακών απωλειών. Για τον λόγο θα πρέπει να τοποθετούνται ενεργειακά κουφώματα με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνοντας την ροή θερμότητας από και προς το περιβάλλον.

### 2.6. Θερμομονωτικά υλικά.

Θερμομονωτικό υλικό είναι το υλικό που μειώνει τη μεταφορά θερμότητας και το οποίο αντλεί τις μονωτικές του ιδιότητες από τη χημική φύση του ή και τη φυσική δομή του. Τα θερμομονωτικά υλικά κατατάσσονται σε ανόργανα και οργανικά, φυσικής προέλευση ή τεχνητά, μεγάλου ή μικρού βάρους ανοιχτών ή κλειστών ή πόρων αέρα Πίνακας 13. Σύμφωνα με την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ όλα τα δομικά υλικά πρέπει πλέον να είναι σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και μπορούν να πωλούνται στην αγορά μόνο εάν έχουν την σήμανση CE. Τα κύρια κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή θερμομονωτικών υλικών είναι τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του υλικού, οι μηχανικές ιδιότητες, ο τρόπος εφαρμογής, η χημική συμπεριφορά η ανθεκτικότητα τους και οικονομικά κριτήρια.

**Πίνακας 13: Θερμομονωτικά υλικά ανάλογα την προέλευση και την επεξεργασία που υφίστανται [36] .**

Τύποι Θερμομονωτικών Υλικών	Υλικά
Οργανικά φυσικά	φυσικός φελλός, καλάμια, πλάκες τύρφης, πλάκες αχύρου, γιούτα
Ανόργανα φυσικά	κίσηρης, αμίαντος

<b>Οργανικά τεχνητά</b>	διογκωμένος φελλός, καουτσούκ, πολυουρεθάνη, πολυστερίνη, επεξεργασμένος φελλός, PVC, φαινολικά μονωτικά, διογκωμένος φελλός, ξυλόμαλλο, συνθετικά πλαστικά
<b>Ανόργανα τεχνητά</b>	μονωτικά τούβλα, υαλοβάμβακας, περλίτης, κυψελοειδής γυαλί, βερμικουλίτης, σκωριόμμαλο, ορυκτοβάμβακας,
<b>Σκυροδέματα τεχνητά</b>	κυψελομεπετόν, αερομεπετόν
<b>Σκυροδέματα φυσικά</b>	αμιαντοσκυρόδεμα, κισσηρόδεμα, σκωριόδεμα

### 2.6.1. Χαρακτηριστικές ιδιότητες υλικών.

Η ποιότητα της θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους καθορίζεται από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών του δομικού στοιχείου. Οι ιδιότητες του κάθε θερμομονωτικού υλικού είναι αυτές που μας καθορίζουν το υλικό που θα επιλέξουμε, ανάλογα με την κατασκευή και τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Για την επιλογή του οι κύριες ιδιότητες είναι η θερμική αντίστασή του, η μηχανική του αντοχή, η χημική και φυσική συμπεριφορά του και η επίδραση από τις κλιματικές συνθήκες.

Οι βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτηρίου και είναι οι ακόλουθες:

**Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ )**, εκφράζει την ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου (watt) διαμέσου των υλικών μέσα από τη στρώση ομοιογενούς υλικού επιφάνειας  $1\text{m}^2$ , όταν η θερμοκρασιακή πτώση κατά τη διεύθυνση ροής της θερμότητας είναι  $1^\circ\text{C}/\text{m}$  ή  $1\text{K}/\text{m}$ . Η θερμική αγωγιμότητα είναι η βασικότερη ιδιότητα των θερμομονωτικών υλικών και μετριέται σε  $\text{W}/\text{mK}$  συμβολίζεται με  $k$  ή με  $\lambda$ . Η θερμική αγωγιμότητα εξαρτάται από την μέση πυκνότητα του υλικού τη δομή και την υγρασία του.

**Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)**, δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που περνά σε ένα δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1m όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των δυο επιφανειών του στοιχείου είναι 1°K, ορίζεται από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεών του στρώσεις αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

U: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, συμβολίζεται και με K, [W/(m<sup>2</sup>·K)]

d: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου, [m]

λ: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης, [W/(m·K)]

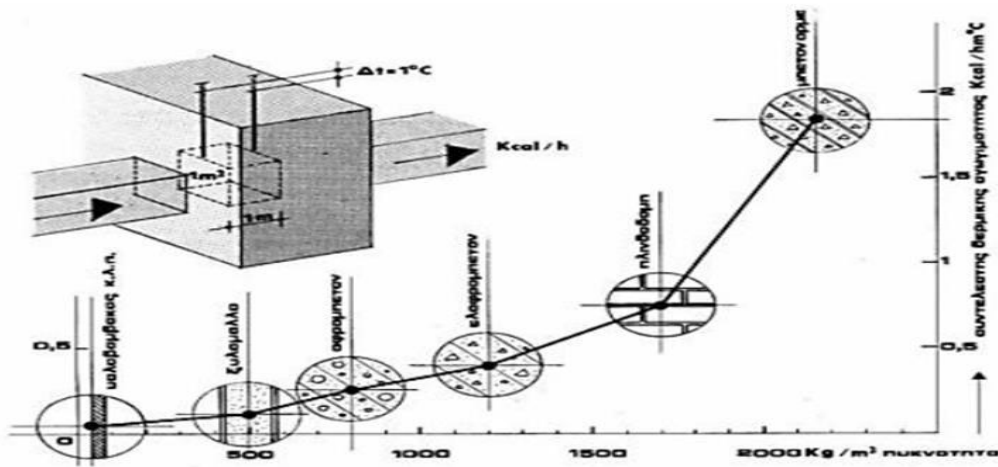
R<sub>δ</sub>: η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος, [m<sup>2</sup>·K/W]

R<sub>i</sub>: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο, [m<sup>2</sup>·K/W]

R<sub>a</sub>: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον, [m<sup>2</sup>·K/W]

**Θερμοχωρητικότητα (Cm):** Η ποσότητα θερμότητας που μπορεί να αποθηκεύσει ένα υλικό ονομάζεται θερμοχωρητικότητα και οι μονάδες είναι kJ/(kgK). Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι όταν οι χώροι ψύχονται.

Η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>), έχει σημαντικό ρόλο στη μονωτική ικανότητα των υλικών, όσο μικρότερη είναι τόσο καλύτερη μόνωση έχει το υλικό, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 9: Θερμική αγωγιμότητα συναρτήσει της πυκνότητας του υλικού.

**Θερμική Αντίσταση ή Αντίσταση θερμοδιαφυγής:** Είναι η αντίσταση των δομικών στοιχείων στη ροή της θερμότητας και είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας (m<sup>2</sup> K/W).

$$R = \frac{1}{\lambda} = \frac{d}{\lambda} \text{ ( m}^2\text{K/W)}$$

d: πάχος των στρώσεων σε (m)

λ: θερμική αγωγιμότητα σε (W/m K)

Όταν το δομικό στοιχείο αποτελείται από πολλαπλές στρώσεις υλικών η θερμομονωτική του ικανότητα ή αντίσταση του σε φοροδιαφυγή ορίζεται ως:

$$\Sigma R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

Η θερμοδιαφυγή ενός δομικού υλικού πάχους d και θερμικής αγωγιμότητας ίσης με λ ορίζεται ως:

$$\Lambda = \frac{\lambda}{a} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

## 2.7. Θερμογέφυρες.

Θερμογέφυρες είναι το τμήμα του κελύφους του κτηρίου όπου εμφανίζονται διαφοροποιήσεις στη θερμική αντίσταση των δομικών τους στοιχείων λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, στις περιοχές αυτές παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την εμφάνιση στις περιοχές αυτές υγρασίας και μούχλας[37]. Επίσης αυξάνουν την συνολική πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του κελύφους από 5% έως 30%.

Διακρίνονται σε γραμμικές και σημειακές.

Οι γραμμικές έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων, στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει.

Οι σημειακές εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση, η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές πρακτικά αμελητέα.

Οι αιτίες δημιουργίας θερμογεφυρών είναι η αλλαγή γεωμετρίας, ασυνέχεια της θερμομόνωσης και λόγω διαφοροποίησης υλικού. Επίσης ανάλογα με τη θέση εμφάνισης διακρίνονται σε κατακόρυφες, οριζόντιες και θερμογέφυρες κουφωμάτων.

Συντελεστής θερμικών απωλειών θερμογέφυρας ανά μέτρο μήκους (συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας),  $\Psi$  (W/m K),

Οι συνολικές απώλειες υπολογίζονται:

$$\sum l_i \cdot \psi_i$$

$l$ : το μήκος της θερμογέφυρας.

- Σε κτήρια κατασκευής πριν του 1979 δεν υπολογίζονται καθώς δεν υπάρχει μόνωση.
- Σε κτήρια κατασκευής μεταξύ 1979-2010 προσαυξάνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου κατά  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  (εκτός από τα δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος και τα κουφώματα).
- Σε κτήρια κατασκευής μετά το 2010 υπολογίζονται κανονικά.



## 2.8. Υπάρχουσα κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια.

Ο κτηριακός τομέας αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας αλλά και μία από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως, σημειώνοντας ότι το ποσοστό αυτό για την ΕΕ είναι περίπου 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη.

Ήδη από το 1993, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνώρισε την ανάγκη λήψης μέτρων στον τομέα των κατασκευών και εξέδωσε την Οδηγία SAVE 93/76/ΕΟΚ, δίνοντας προτεραιότητα στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στα κράτη μέλη. Κατά την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο (1997) για την κλιματική αλλαγή, την ενέργεια και το περιβάλλον, η ΕΕ δεσμεύτηκε να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% μεταξύ 2008 και 2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 [38].

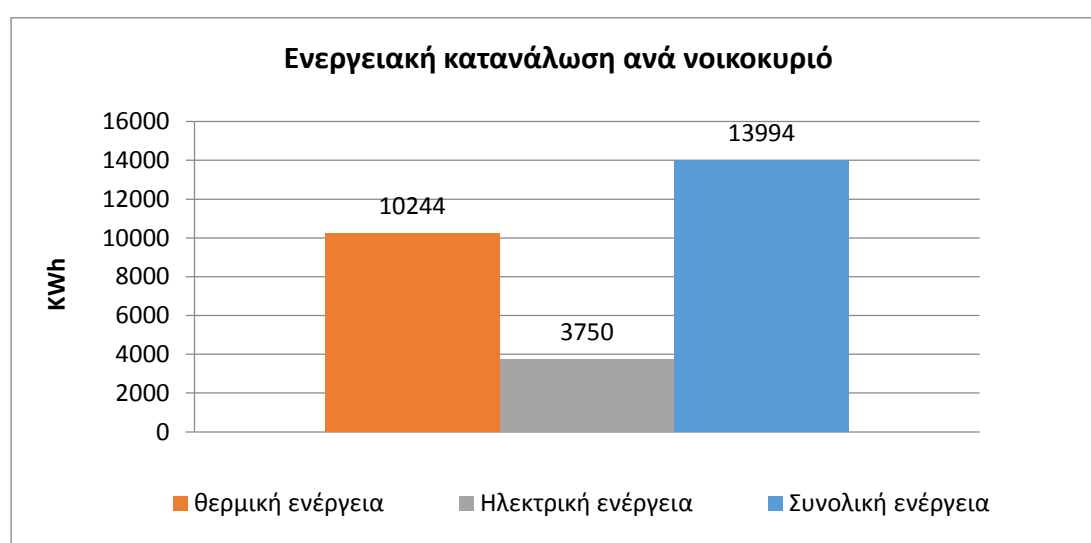
Η υιοθέτηση της Συμφωνίας του Παρισιού του 2015 για την Κλιματική Αλλαγή μετά την 21η Διάσκεψη των Μερών (COP 21) της Σύμβασης Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή ενίσχυσε τις προσπάθειες της ΕΕ για την απαλλαγή των δομικών υλικών από άνθρακα. Δεδομένου ότι περίπου το 50% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ χρησιμοποιείται για θέρμανση και ψύξη, και το 80% αυτής χρησιμοποιείται σε κτήρια, η επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της ΕΕ συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τις προσπάθειες αναβάθμισης των κτιριακών της συγκροτημάτων, δίνοντας προτεραιότητα στην ενέργεια αποδοτικότητα, σύμφωνα με την αρχή της «ενεργειακής απόδοσης πρώτα», λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια και η κατανάλωσή της είναι ένα σημαντικό ζήτημα παγκοσμίως, τόσο για τη σωστή διαχείριση των ενεργειακών πόρων αλλά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργούνται.

Σύμφωνα με την Έκθεση του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος για τη μακροπρόθεσμη στρατηγική και κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτηριακού αποθέματος, που αποτελείται από οικιστικά και εμπορικά κτήρια, ιδιωτικά και δημόσια (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ) και σε σύγκριση με το 2012, η κατανάλωση ενέργειας στον κτηριακό τομέα της χώρας αυξήθηκε σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση το 1990 ήταν 0,652 Mtoe, ενώ το 2012 η κατανάλωση ανήλθε στα 2,233 Mtoe [39]. Για το έτος 2015 η κατανάλωση ενέργειας ανήλθε στα 4,401 Mtoe, από τα οποία τα 2,892 Mtoe αφορούν

κατανάλωση σε θερμική χρήση το οποίο αντιστοιχεί σε 66,62% της συνολικής ενέργειας [40].

Σύμφωνα με στοιχεία της έρευνας που πραγματοποίησε η ΕΛΣΤΑΤ μεταξύ Οκτωβρίου 2011 και Σεπτεμβρίου 2012 με τη συμβολή του ΚΑΠΕ τα οποία αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 8 κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει κατά μέσο όρο 13994 kWh ετησίως για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες. Το 26,8% των ενεργειακών αναγκών είναι ηλεκτρική ενέργεια και το 73,2% αφορά τη θερμική ενέργεια, από την οποία το 85,9% είναι για θέρμανση, το 4,4% για παραγωγή ζεστού νερού και το 9,7% για το μαγείρεμα [41].



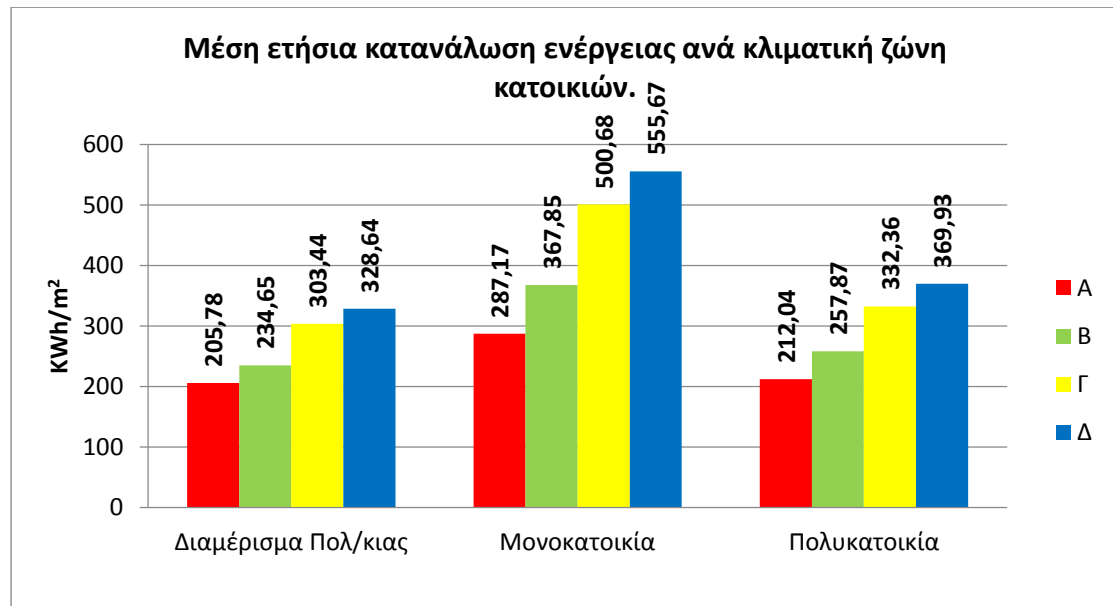
Διάγραμμα 8: Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά νοικοκυριό [41].

### 2.8.1. Κατανάλωση ενέργειας kWh/m<sup>2</sup>/year στην Ελλάδα.

Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα στατιστικά στοιχεία των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) τα οποία έχουν εκδοθεί μέχρι σήμερα, μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορετικές καταναλώσεις που προκύπτουν από κάθε χρήση κτηρίου ανά κλιματική ζώνη οι οποίες αποτυπώνονται στο παρακάτω Διάγραμμα 9.

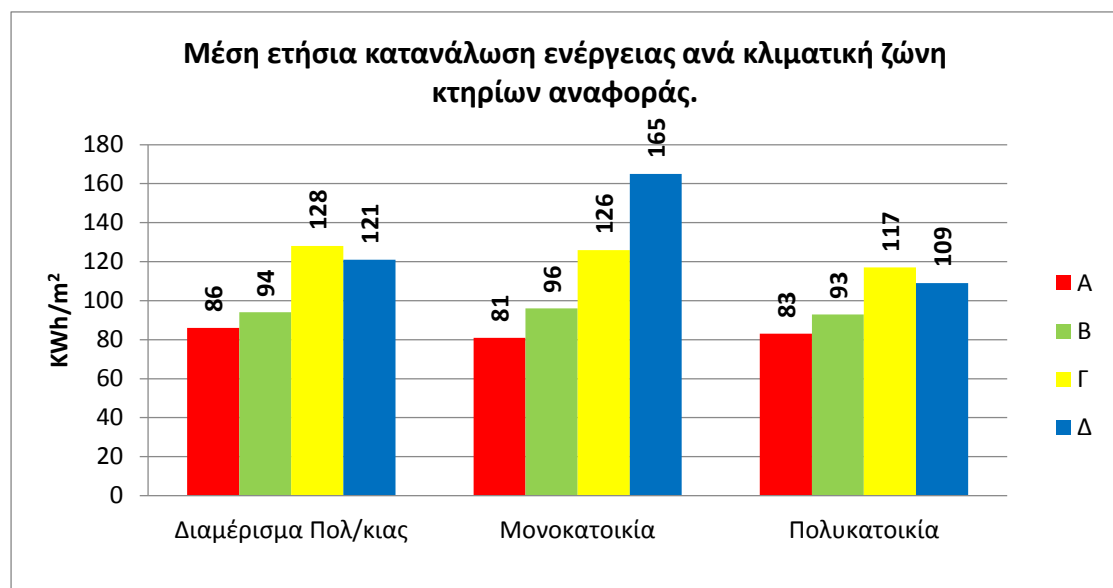
Μεταξύ των κτηρίων, οι μονοκατοικίες έχουν την υψηλότερη μέση κατανάλωση ενέργειας με 427,84 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ η μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των πολυκατοικιών είναι 257,08 kWh/m<sup>2</sup>. Συγκρίνοντας τη μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των κτηρίων κατοικιών σε διαφορετικές

κλιματικές ζώνες, οι μονοκατοικίες στις κλιματικές ζώνες Γ και Δ έχουν την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας, 500,68 kWh/m<sup>2</sup> και 555,67 kWh/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.



**Διάγραμμα 9: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη κατοικιών [43].**

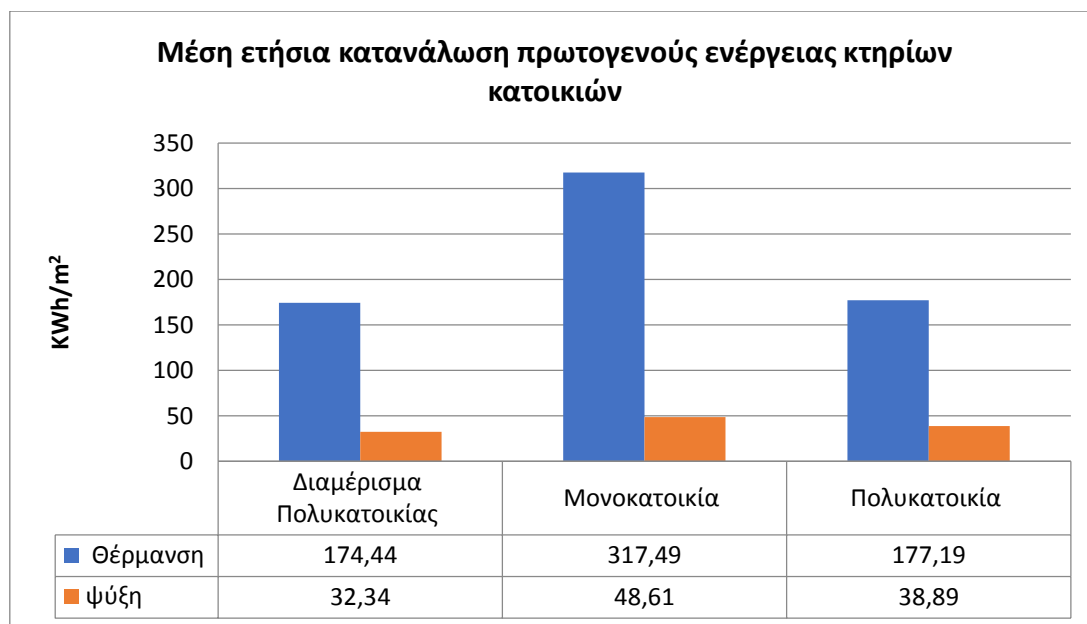
Επίσης παρατηρούμε την εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί αν το κτήριο κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές Κ.Ε.Ν.Α.Κ. όπως φαίνεται από τα δεδομένα μέσης κατανάλωσης ενέργειας για το κτήριο αναφοράς Διάγραμμα 10 με το μεγαλύτερο ποσοστό εξοικονόμησης να επιτυγχάνεται στις μονοκατοικίες για όλες τις κλιματικές ζώνες.



**Διάγραμμα 10: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη κτηρίων αναφοράς.**

## 2.8.2. Ενέργεια για θέρμανση κτηρίων και δροσισμό.

Από τον υπολογισμό των στατιστικών στοιχείων των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν υποβληθεί σε έλεγχο παρατηρούμε ότι η μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της ψύξης με την μεγαλύτερη κατανάλωση μεταξύ των κτηρίων να είναι οι μονοκατοικίες Διάγραμμα 11.



Διάγραμμα 11: Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατοικιών για θέρμανση και ψύξη [44].

### 3. Μεθοδολογία

#### 3.1.1. Μεθοδολογία ενεργειακών απαιτήσεων.

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων κατά την έρευνα της εργασίας χρησιμοποιήθηκε εκπαιδευτικό λογισμικό το οποίο κατασκευάστηκε από τον κ. Αξαόπουλο. Η έρευνα περιελάμβανε τον υπολογισμό της ενεργειακής απαίτησης ενός τυπικού διαμερίσματος για δύο κλιματικές ζώνες και δύο διαφορετικές γεωμετρίες καθώς και την επίδραση της μόνωσης ανάλογα το πάχος και τον προσανατολισμό της τοιχοποιίας. Τα δεδομένα για τον υπολογισμό αντληθήκαν από τις Τεχνικές Οδηγίες 1, 2, 3 και 4 του Τεχνολογικού Επιμελητηρίου Ελλάδος [45] και η μεθοδολογία έγινε σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. [46].

Συγκεκριμένα διερευνάται η θερμική και ψυκτική συμπεριφορά της μόνωσης ενός τυπικού διαμερίσματος τελευταίου ορόφου. Η διερεύνηση θα γίνει σε δύο από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες και συγκεκριμένα στην περιοχή Αθήνας (Β ζώνη) και της Θεσσαλονίκης (Γ ζώνης), όπου βρίσκεται ένα μεγάλο ποσοστό των διαμερισμάτων αλλά και κτηρίων στην Ελλάδα.

Η δομή του λογισμικού και οι μαθηματικές εξισώσεις που χρησιμοποιεί ώστε να προσεγγίσει τα αποτελέσματα βασίζεται στη δυναμική μέθοδο ωριαίου βήματος, η οποία λαμβάνει υπόψη τα κλιματικά δεδομένα για κάθε ζώνη ξεχωριστά και δεδομένη διάρκεια των περιόδων θέρμανσης και ψύξης για το εσωτερικό θερμικό και ψυκτικό κέρδος.

#### Θερμικές απώλειες του κελύφους:

Η μηνιαία απαίτηση θέρμανσης από το λογισμικό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{tr} = b_{tr} \cdot [\sum_i A_i \cdot U_i] \cdot (\theta_{int,set} - \theta_e) \cdot t$$

$b_{tr}$  : συντελεστής διόρθωσης όταν η θερμοκρασία του δομικού στοιχείου στην άλλη πλευρά δεν είναι ίση με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος.

$U_i$  : συνολική θερμική αγωγιμότητα του δομικού στοιχείου  $i$  σε  $W/(m^2 K)$ .

$A_i$  : το εμβαδόν της δομικής μονάδας  $I$  του κτιριακού κελύφους ( $m^2$ ).

$\theta_e$  : μηνιαία μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος ( $^{\circ}C$ ).

$\theta_{int,s}$  : εσωτερική θερμοκρασία που απαιτείται για θέρμανση/ψύξη ( $^{\circ}C$ ).

$t$  = συνολική διάρκεια (h).

### Θερμικές απώλειες αερισμού:

Η απώλεια θερμότητας λόγω αερισμού από το λογισμικό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{ve} = \rho_a c_a (\sum b_{ve} \cdot F_{ve} \cdot V_{ve}) (\theta_{int,set} - \theta_e) t$$

$\rho_a c_a$  = θερμοχωρητικότητα αέρα, J/m<sup>3</sup> K,

$b_{ve}$  : συντελεστής διόρθωσης όταν η θερμοκρασία εισόδου είναι διαφορετική με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

$F_{ve}$  : συντελεστής διόρθωσης λόγω χρόνου αερισμού.

$V_{ve}$  : όγκος αέρα παροχής κατά τη θέρμανση/ψύξη (m<sup>3</sup>/s).

$\theta_{int,set}$  : επιθυμητή θερμοκρασία δωματίου θέρμανσης/ψύξης (°C).

$\theta_e$  : μηνιαία μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος (°C).

$t$  : συνολική διάρκεια (h).

### Ηλιακά κέρδη:

$$Q_{sol} = \sum (F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} - F_r \cdot \Phi_r) t$$

$F_{sh}$  : συντελεστής μείωσης λόγω σκίασης.

$A_{sol}$  : χρήσιμη συλλέκτη επιφάνεια του δομικού στοιχείου, με συγκεκριμένη γωνία κλίσης και προσανατολισμό (m<sup>2</sup>).

$I_{sol}$ : μηνιαία μέση ένταση ηλιακής ακτινοβολίας του δομικού στοιχείου ,με συγκεκριμένη γωνία κλίσης και προσανατολισμό (W/m<sup>2</sup>).

$\Phi_r$  : ροή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας θερμότητας στο περιβάλλον από το δομικό στοιχείο (W).

$F_r$  : συντελεστής θέασης μεταξύ περιβάλλοντος και δομικού στοιχείου.

$t$  : συνολική διάρκεια (h)

### 3.1.2. Εναλλακτικά σενάρια διερεύνησης.

Σενάριο 1:

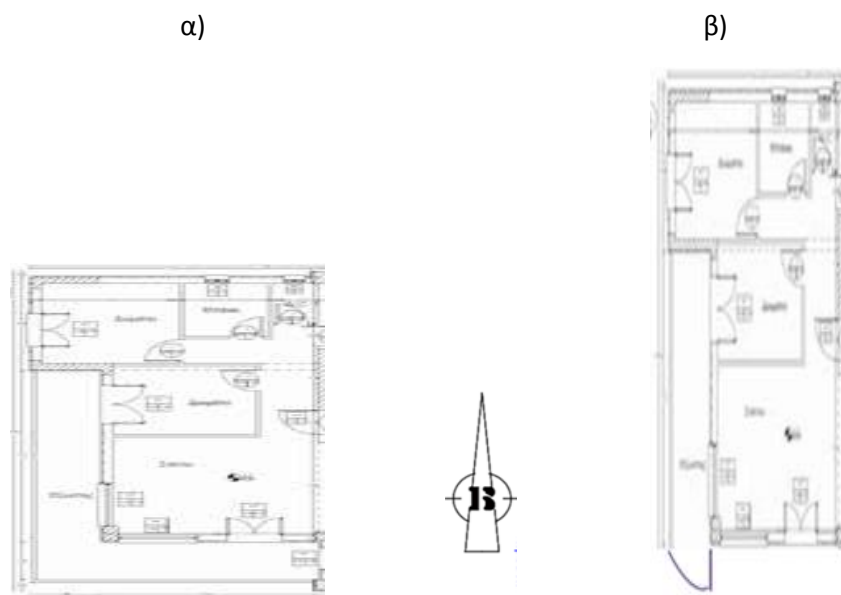
Αρχικά έγινε προσομοίωση ώστε να αναδείξουμε την σημασία της θερμομόνωσης, υπολογίστηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις για την περίπτωση κελύφους χωρίς θερμομόνωση Πίνακας 14 και στη συνέχεια με θερμομόνωση με πάχος το οποίο να καλύπτει τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ Πίνακας 15 και γίνεται σύγκριση των απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης για δύο περιοχές του εξεταζόμενου διαμερίσματος, την Αθήνα που βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β και την Θεσσαλονίκη που βρίσκεται στη κλιματική ζώνη Γ, καθώς και για δύο διαφορετικές γεωμετρίες ίδιας επιφάνειας, α)9x9x3 και β)4x20,3x3.

Σενάριο 2:

Στην συνέχεια στα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοιχοποιία και οροφή) τοποθετήθηκε θερμομονωτικό υλικό ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του Κ.ΕΝ.Α.Κ. [7] για την κλιματική ζώνη Β και Γ αντίστοιχα και διερευνάται η επίδραση του πάχους της μόνωσης αυξομειώνοντας τη ανά προσανατολισμό, αλλά και της οροφής, με σημείο αναφοράς το ελάχιστο πάχος μόνωσης ώστε τα δομικά στοιχεία του κελύφους να έχουν τις μέγιστες τιμές που επιτρέπει ο κανονισμός. Η προσομοίωση θα γίνει και για δύο γεωμετρίες α)9x9x3 και β)4x20,3x3 για την Αθήνα που βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β και την Θεσσαλονίκη που βρίσκεται στη κλιματική ζώνη Γ, ώστε να διαπιστωθεί ποια πλευρά έχει την μεγαλύτερη επίδραση στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης. Η θέση του μονωτικού υλικού στην προσομοίωση, έγινε στις εξωτερικές πλευρές του διαμερίσματος, γνωστή ως θερμοπρόσοψη που είναι πλέον η πιο διαδεδομένη.

### 3.1.3. Στοιχεία διαμερίσματος και παραδοχές.

Το ιδεατό αυτό διαμέρισμα Εικόνα 3α,β είναι τελευταίου ορόφου, πανταχόθεν ελεύθερο, η γεωμετρία του είναι τετραγωνικής και ορθογώνιας διατομής με επιφάνεια 81m<sup>2</sup>, έχει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και φέρουσα μπατική τοιχοποιία πάχους 19 cm. Θεωρήθηκε πως έχει αδιαβατικό δάπεδο, δεν υπήρχαν θερμογέφυρες και αντιμετωπίστηκε ως μία θερμική ζώνη. Η απόδοση θερμότητας στον χώρο από φωτισμό, άτομα, συσκευές δεν λήφθηκε υπόψη και ο ρυθμός διείσδυσης αέρα από χαραμάδες και παράθυρα θεωρήθηκε 0,75 ACH (αλλαγές αέρα χώρου την ώρα). Τα ανοίγματα είναι τοποθετημένα και στις τέσσερις όψεις, ίδιων διαστάσεων (4m<sup>2</sup>). Οι θερμοκρασίες σχεδίασης είναι 20 και 24 °C. Τα δομικά στοιχεία με τα χαρακτηριστικά τους παρατίθενται στον Πίνακα 14.



Εικόνα 3: Σκαρίφημα ιδεατού διαμερίσματος α) τετραγωνικού , β) ορθογώνιου επιπέδου.

Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων χωρίς μόνωση.

Περιγραφή	U-VALUE (W/m <sup>2</sup> k)
Εξωτερικός τοίχος από μπατική τοιχοποιία πάχους 19 cm, και σοβά συνολικού πάχους 1cm.	2,20
Οροφή με σπλισμένο σκυρόδεμα 25cm, εσωτερικό σοβά 0,5cm, ελαφροσκυρόδεμα για ρήση 5cm και κεραμικά πλακίδια 1cm.	2,71
Πορτοπαράθυρα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα, κενό αέρα 16mm (4x16x4).	2,60

Για την διερεύνηση της επίδρασης της μόνωσης ως θερμομονωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη XPS με  $\lambda=0,030\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Το απαιτούμενο πάχος της μόνωσης ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) του δομικού στοιχείου (μπετόν και τοιχοποιία) που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για τις δύο κλιματικές Ζώνες Β και Γ να ισούται με τις μέγιστες τιμές κατά Κ.Εν.Α.Κ. υπολογίστηκαν και αναγράφονται για την ζώνη Β στον Πίνακα 15 και για την ζώνη Γ στον πίνακα 16.



**Πίνακας 15: Τοποθέτηση στα υπάρχοντα δομικά στοιχεία εξηλασμένη πολυστερίνη,  $\lambda=0,030 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , ώστε να είναι σύμφωνα με τις μέγιστες τιμές κατά Κ.Ε.ν.Α.Κ. ζώνη Β. (Κτήριο Αναφοράς)**

Περιγραφή	U-VALUE (W/m <sup>2</sup> K)
Εξωτερικός τοίχος από 19cm μπατική τοιχοποιία (πάχους 19 εκ.), και σοβά συνολικού πάχους 1cm και <b>5,3cm θερμομόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη</b>	0,45
Οροφή με οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm, εσωτερικό σοβά 0,5cm, ελαφροσκυρόδεμα για ρήση 5cm, κεραμικά πλακίδια 1cm και <b>6,4 cm θερμομόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη</b>	0,40
Παράθυρα με διπλό υαλοπίνακα, κενό αέρα 16mm ώστε η τιμή να είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη κατά Κ.Ε.ν.Α.Κ. .	2,60

**Πίνακας 16: Τοποθέτηση στα υπάρχοντα δομικά στοιχεία εξηλασμένη πολυστερίνη,  $\lambda=0,030 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , ώστε να είναι σύμφωνα με τις μέγιστες τιμές κατά Κ.Ε.ν.Α.Κ. ζώνη Γ. (Κτήριο Αναφοράς)**

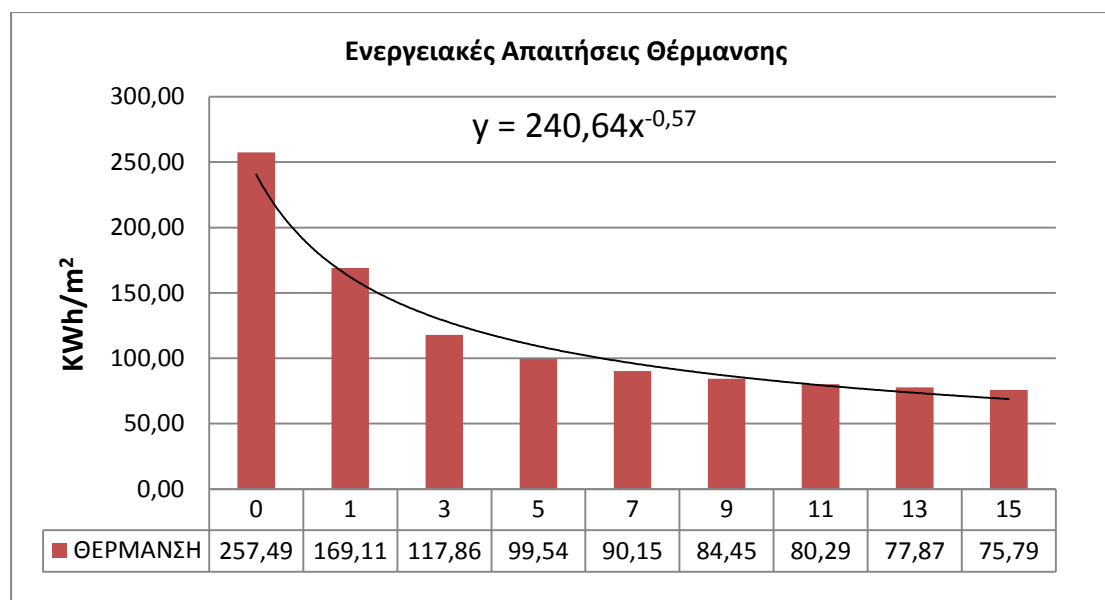
Περιγραφή	U-VALUE (W/m <sup>2</sup> k)
Εξωτερικός τοίχος από 19cm μπατική τοιχοποιία (πάχους 19 εκ.), και σοβά συνολικού πάχους 1cm και <b>6,14 cm θερμομόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη</b>	0,40
Οροφή με οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm, εσωτερικό σοβά 0,5cm, ελαφροσκυρόδεμα για ρήση 5cm και κεραμικά πλακίδια 1cm και <b>7,46 cm θερμομόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη</b>	0,35
Παράθυρα με διπλό υαλοπίνακα, κενό αέρα 16mm ώστε η τιμή να είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη κατά Κ.Ε.ν.Α.Κ. .	2,40

## 4. Αποτελέσματα και σχολιασμός.

### 4.1.1. Σενάριο 1α περιοχή Αθήνας, κλιματικής ζώνης Β και γεωμετρίας 9x9x3.

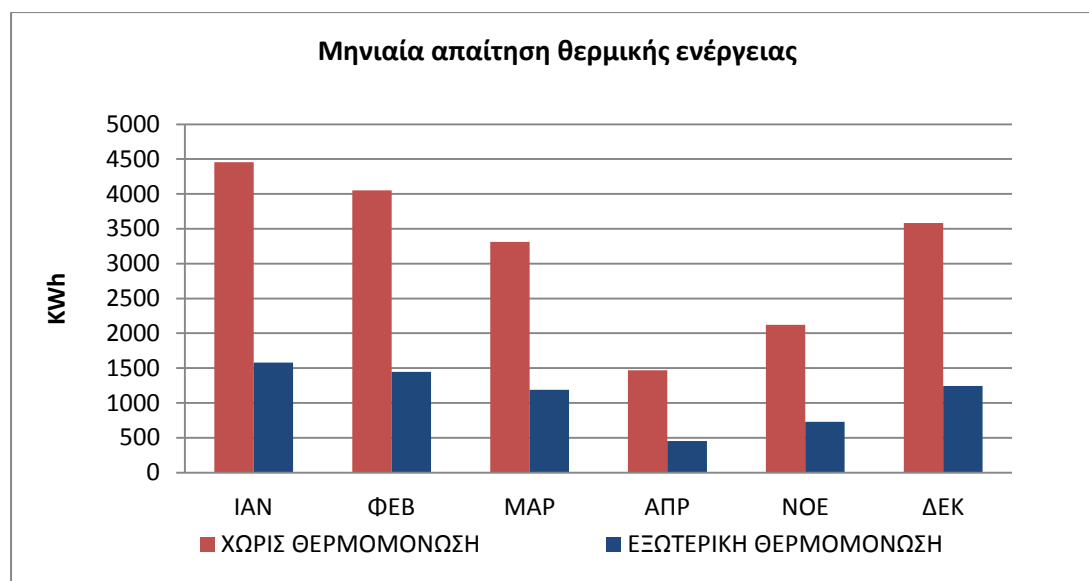
Για την περιοχή της Αθήνας κλιματική ζώνη Β, η προσομοίωση έδειξε ότι η ετήσια ζήτηση για θέρμανση των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος Εικόνα 3α γεωμετρίας (9x9x3) 81 m<sup>2</sup>, απαιτούσε 20857 KWh, ενώ με το μικρότερο πάχος που κατασκευάζεται και μπορεί να βρεθεί στην αγορά θερμική μόνωση (3 cm) η ετήσια ζήτηση θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε στις 9546 KWh μειωμένη κατά 54%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της μόνωσης για τη θέρμανση, μεταβάλλεται από 257,49 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 75,79 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 12. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση ενέργειας χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 34,3%, για 3cm 54,2%, για 5cm 61,3%, για 7cm 65%, για 9cm 67,2%, για 11cm 68,8%, για 13cm 69,8% και για 15cm 70,6%. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται μέχρι τα 7 cm, ενώ μετά τα 7 cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 12: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (9X9X3).**

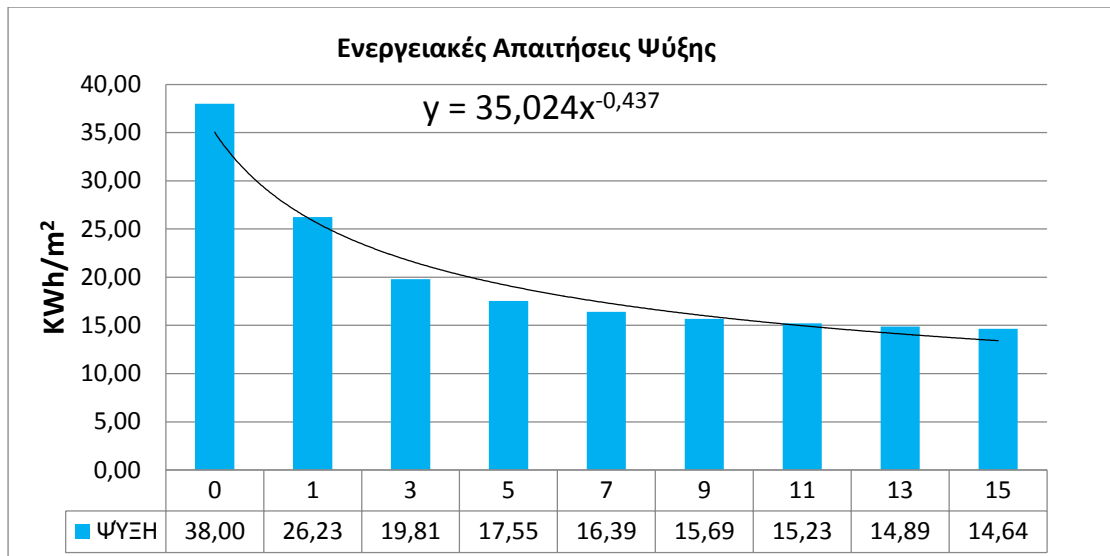
Στο Διάγραμμα 13 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείται η θέρμανση, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 66%.



**Διάγραμμα 13: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).**

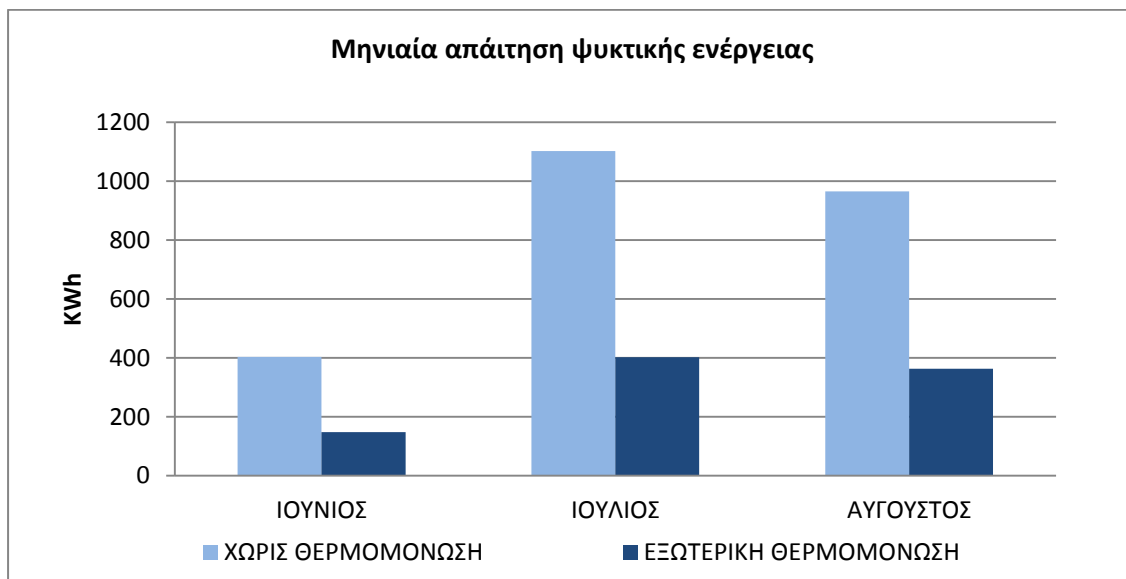
Αντίστοιχα η ετήσια ζήτηση για την ψύξη των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος απαιτούσε 3078 KWh ενώ με την ελάχιστη θερμική μόνωση που κατασκευάζεται πάχους (3 cm), η ετήσια ζήτηση ψυκτικής ενέργειας υπολογίστηκε στις 1604 KWh μειωμένη κατά 48%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της μόνωσης για τη ψύξη μεταβάλλεται από 38,00 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 14,64 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 14. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 31%, για 3cm 47,9%, για 5cm 53,8%, για 7cm 56,9%, για 9cm 58,7%, για 11cm 59,9%, για 13cm 60,8% και για 15cm 61,5%. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται μέχρι τα 7 cm, μετά τα 7cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 14:** Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

Στο Διάγραμμα 15 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείτε η ψύξη, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 66%.



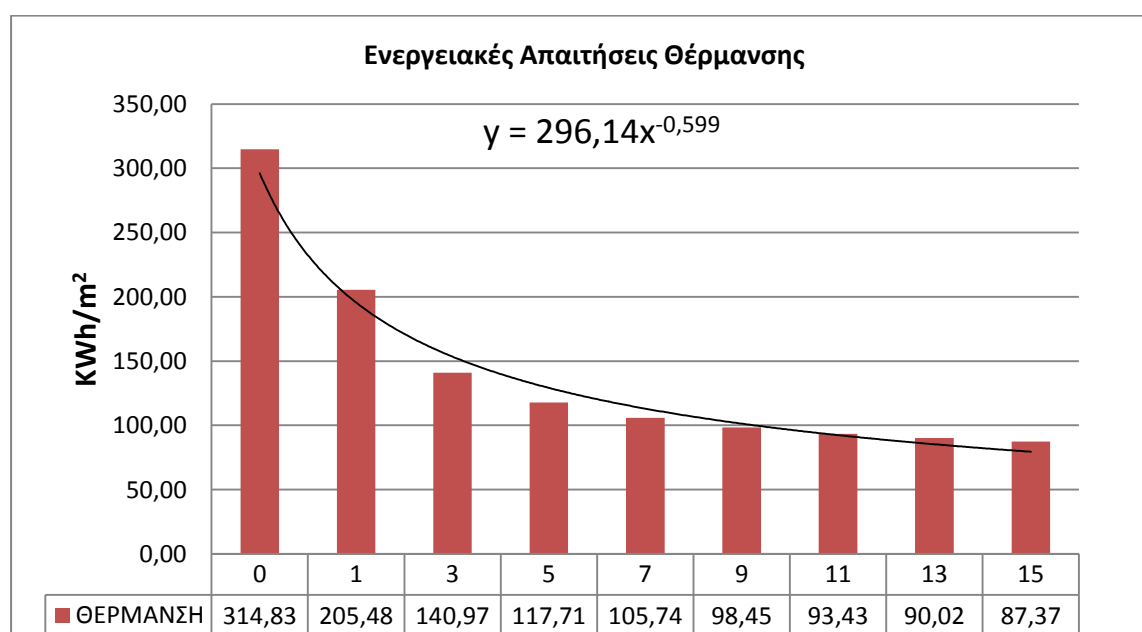
**Διάγραμμα 15:** Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).

#### 4.1.2. Σενάριο 1β περιοχή Αθήνας, κλιματικής ζώνης Β και γεωμετρίας 4x20,3x3.

Για την περιοχή της Αθήνας κλιματική ζώνη Β, και γεωμετρίας διαμερίσματος (4x20,3x3) 81 m<sup>2</sup> Εικόνα 3β, υπολογίστηκε ότι η ετήσια ζήτηση για θέρμανση των χώρων χωρίς θερμομόνωση απαιτούσε 25500 KWh ,ενώ με θερμική μόνωση πάχους (3 cm) η ετήσια ζήτηση θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε στις 11418 KWh μειωμένη κατά 55,2%.

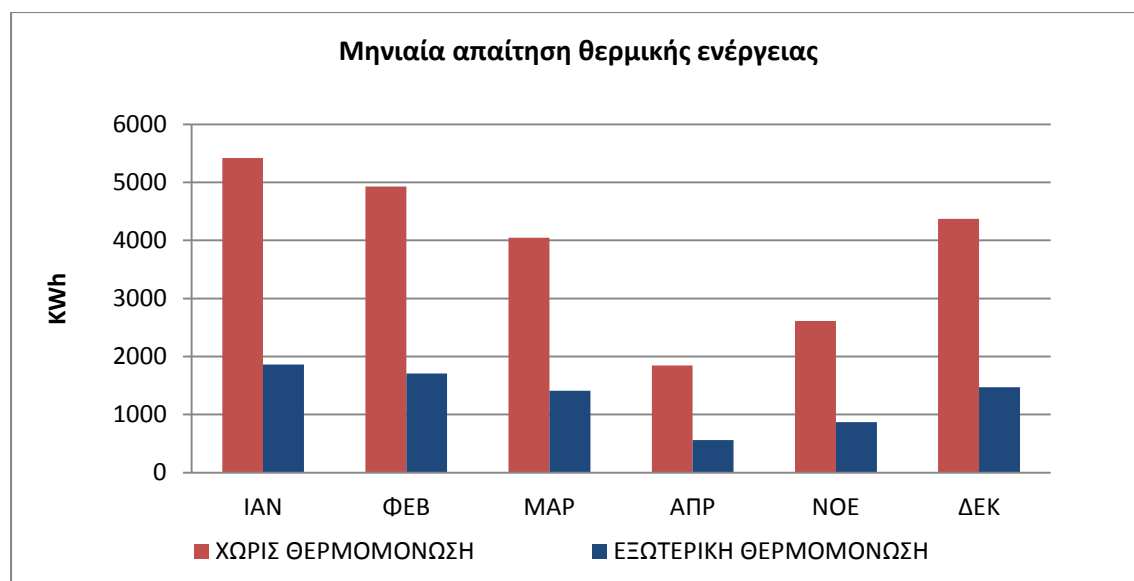
Σε σχέση με το διαμέρισμα γεωμετρίας (9X9X3) Εικόνα 3α ίδιας επιφάνειας 81m<sup>2</sup>, οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι αυξημένες κατά 18,2% στην περίπτωση χωρίς μόνωση, ενώ με την μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 16,4%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της μόνωσης για τη θέρμανση, μεταβάλλεται από 314,83 KWh/m<sup>2</sup>(χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 87,37 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 16. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση ενέργειας χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 34,7%, για 3cm 55,2%, για 5cm 62,6%, για 7cm 66,4%, για 9cm 68,7%, για 11cm 70,3%, για 13cm 71,4% και για 15cm 72,2%. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται μέχρι τα 7 cm, ενώ μετά τα 7 cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 16: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (4X20,3x3).**

Στο Διάγραμμα 17 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείται η θέρμανση, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 67%.

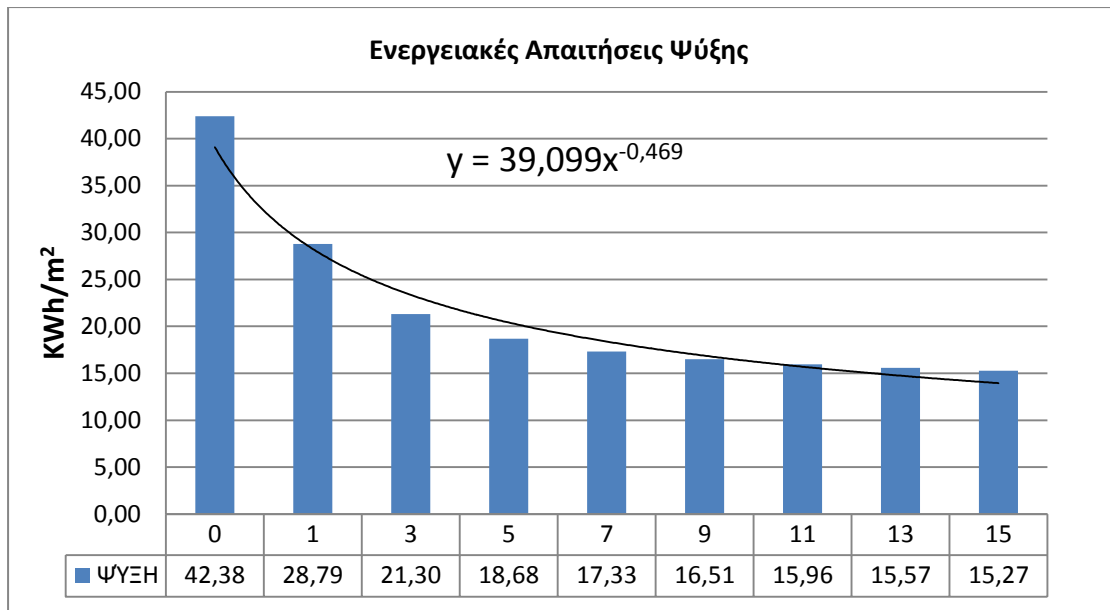


**Διάγραμμα 17: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (4X20,3x3).**

Αντίστοιχα η ετήσια ζήτηση για την ψύξη των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος απαιτούσε 3433 KWh ενώ με θερμική μόνωση πάχους (3 cm), η ετήσια ζήτηση ψυκτικής ενέργειας υπολογίστηκε στις 1725 KWh μειωμένη κατά 49,7%.

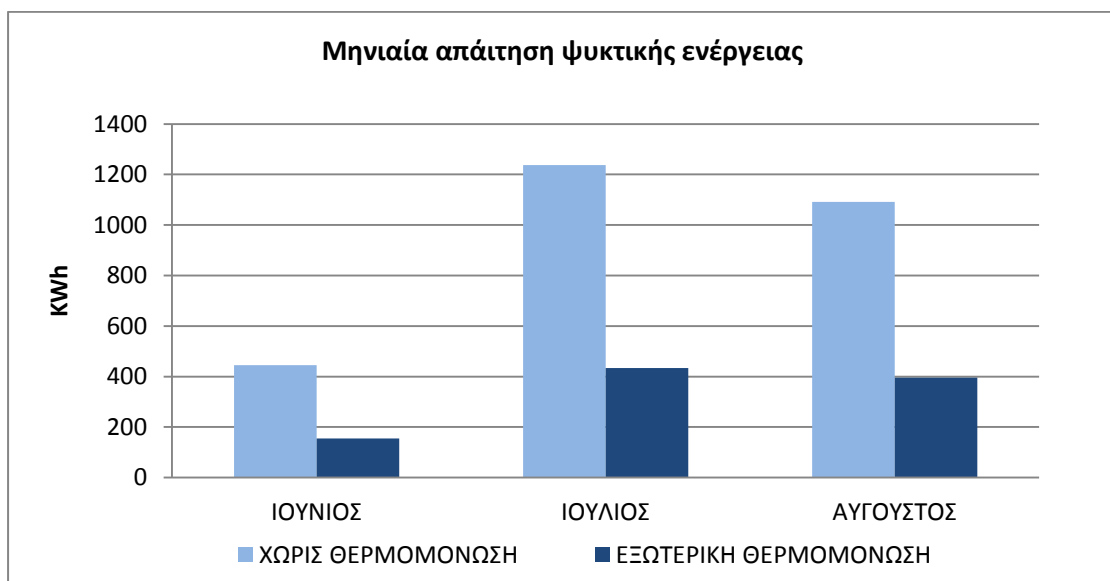
Σε σχέση με το διαμέρισμα γεωμετρίας (9X9x3) Εικόνα 3α ίδιας επιφάνειας 81m<sup>2</sup>, οι απαιτήσεις ψύξης είναι αυξημένες κατά 10,3% στην περίπτωση χωρίς μόνωση, ενώ με την μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 7,03%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της μόνωσης για τη ψύξη μεταβάλλεται από 42,38 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 15,27 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 18. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 32,1%, για 3cm 49,7%, για 5cm 55,9%, για 7cm 59,1%, για 9cm 61%, για 11cm 62,3%, για 13cm 63,3% και για 15cm 64%. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται μέχρι τα 7 cm, μετά τα 7cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 18:** Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Β διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Στο Διάγραμμα 19 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείτε η ψύξη, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 67%.

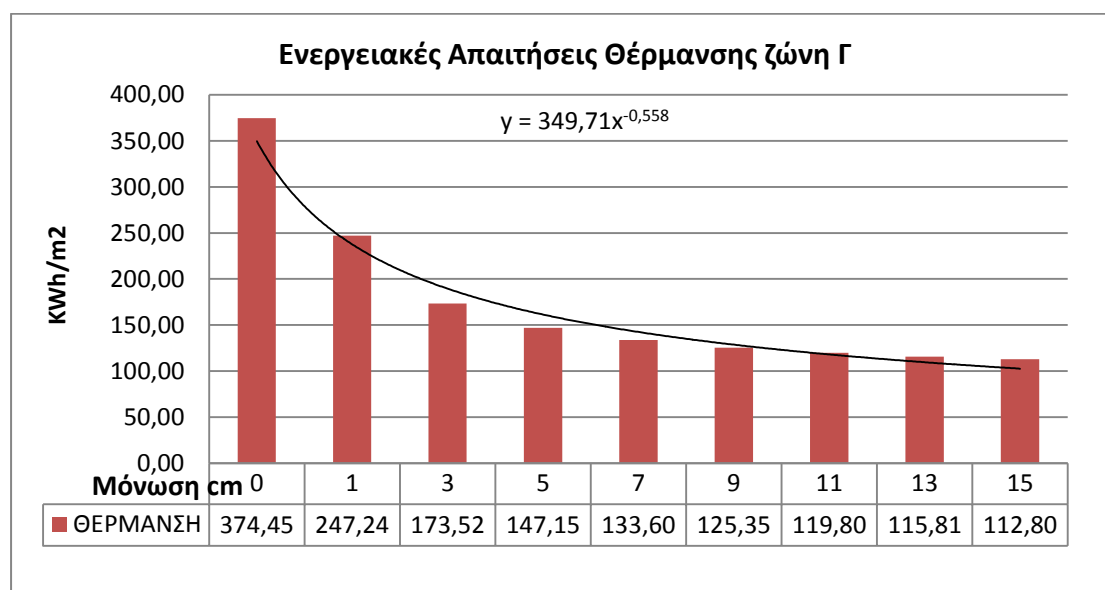


**Διάγραμμα 19:** Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

#### 4.1.3. Σενάριο 1α περιοχή Θεσσαλονίκης, κλιματικής ζώνης Γ και γεωμετρίας 9x9x3.

Για την κλιματική ζώνη Γ η προσομοίωση και γεωμετρίας διαμερίσματος (9x9x3) 81 m<sup>2</sup> Εικόνα 3α, έδειξε ότι η ετήσια ζήτηση για θέρμανση των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος απαιτούσε 30330 KWh ενώ με την ελάχιστη θερμική μόνωση που μπορεί να τοποθετηθεί (3cm) η ετήσια ζήτηση θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε 14055 KWh μειωμένη κατά 53,7%.

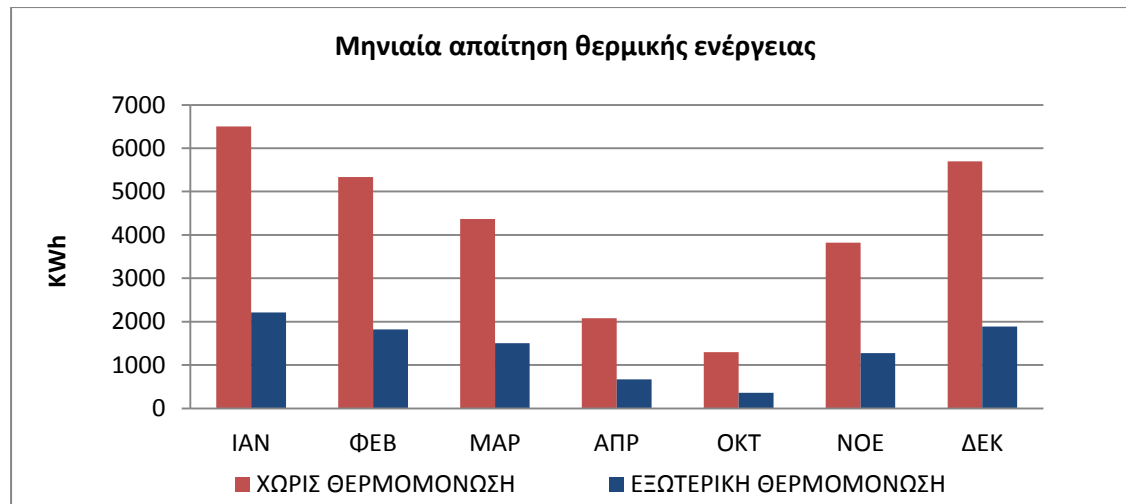
Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση μεταβάλλεται από 374,45 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 112,80 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 20. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 34%, για 3cm 53,7%, για 5cm 60,7%, για 7cm 64,3%, για 9cm 66,5%, για 11cm 68%, για 13cm 69,1% και για 15cm 69,9%. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση θερμικών απαιτήσεων είναι μέχρι τα 7 cm, μετά τα 7 cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



Διάγραμμα 20: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (9X9X3).

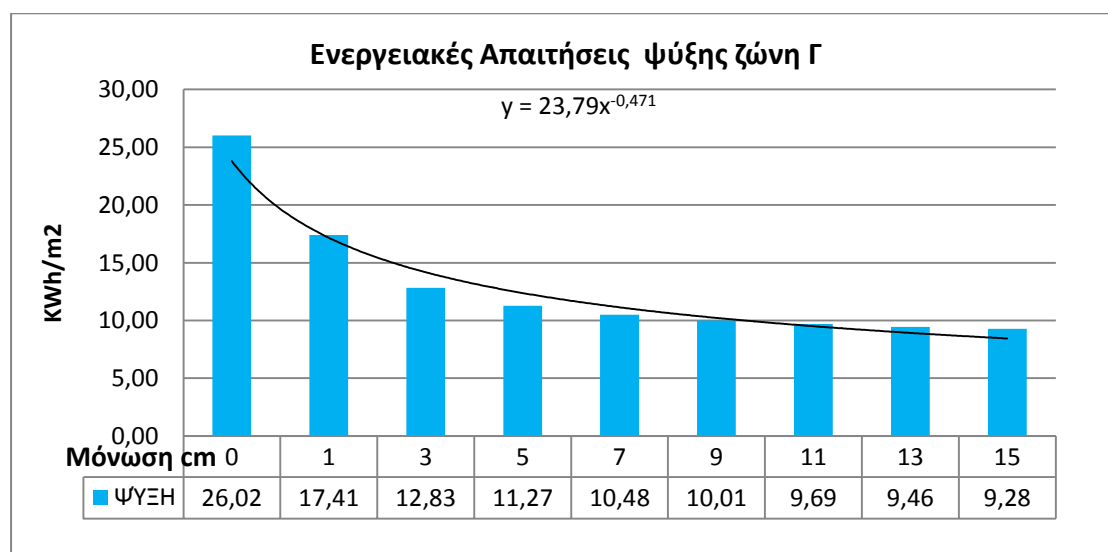


Στο Διάγραμμα 21 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείται η θέρμανση, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 66%.



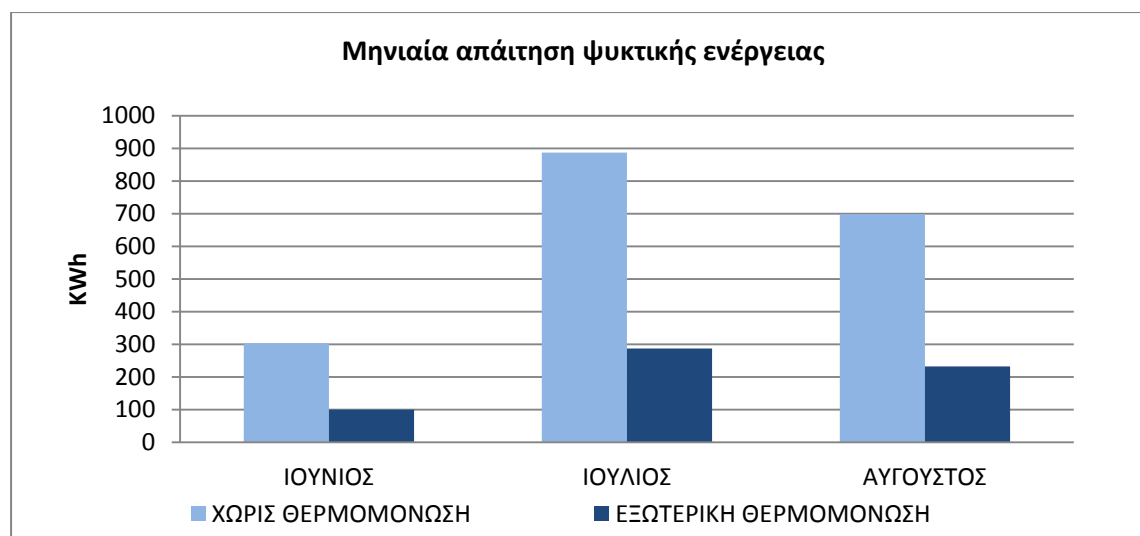
**Διάγραμμα 21: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).**

Αντίστοιχα για τη ζώνη Γ η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τη ψύξη μεταβάλλεται από 26,02 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 9,28 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 22. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 33,1%, για 3cm 50,7%, για 5cm 56,7%, για 7cm 59,7%, για 9cm 61,5%, για 11cm 62,8%, για 13cm 63,7% και για 15cm 64,3%. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση είναι μέχρι τα 5 cm, μετά τα 5 cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 22: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (9Χ9Χ3).**

Στο Διάγραμμα 23 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείται η ψύξη, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 66%.



**Διάγραμμα 23: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (9Χ9Χ3).**

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε την επίδραση που έχει η θερμομόνωση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης καθώς και το όφελος που μας προσφέρει ανάλογα με το πάχος της. Όπως ήταν αναμενόμενο λόγω κλίματος και εξωτερικών θερμοκρασιών, το ίδιο διαμέρισμα στην ζώνη Β, παρουσιάζει λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης από ότι στην ζώνη Γ, ενώ αντίστροφα οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη είναι μικρότερες στην ζώνη Γ από ότι στην ζώνη Β.

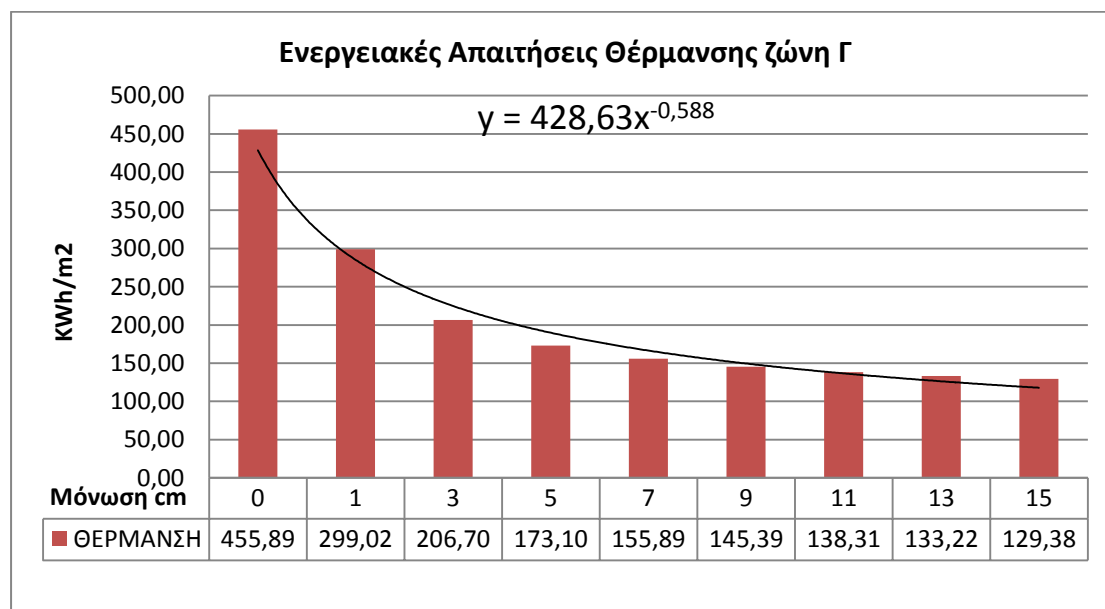
Επίσης φαίνεται πως η ποσοστιαία μείωση ανάλογα του πάχους είναι μεγαλύτερη για την θέρμανση στην κλιματική ζώνη Β έναντι της Γ, ενώ αντίθετα η ποσοστιαία μείωση για την απαίτηση ψύξης είναι μεγαλύτερη στην ζώνη Γ έναντι της Β.

#### 4.1.4. Σενάριο 1β περιοχή Θεσσαλονίκης, κλιματικής ζώνης Γ και γεωμετρίας 4Χ20,3Χ3.

Για την κλιματική ζώνη Γ η προσομοίωση και γεωμετρίας διαμερίσματος (4x20,3x3) 81 m<sup>2</sup> Εικόνα 3β, έδειξε ότι η ετήσια ζήτηση για θέρμανση των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος απαιτούσε 36928 KWh ενώ με την ελάχιστη θερμική μόνωση που μπορεί να τοποθετηθεί (3cm) η ετήσια ζήτηση θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε 16743 KWh μειωμένη κατά 53,7%.

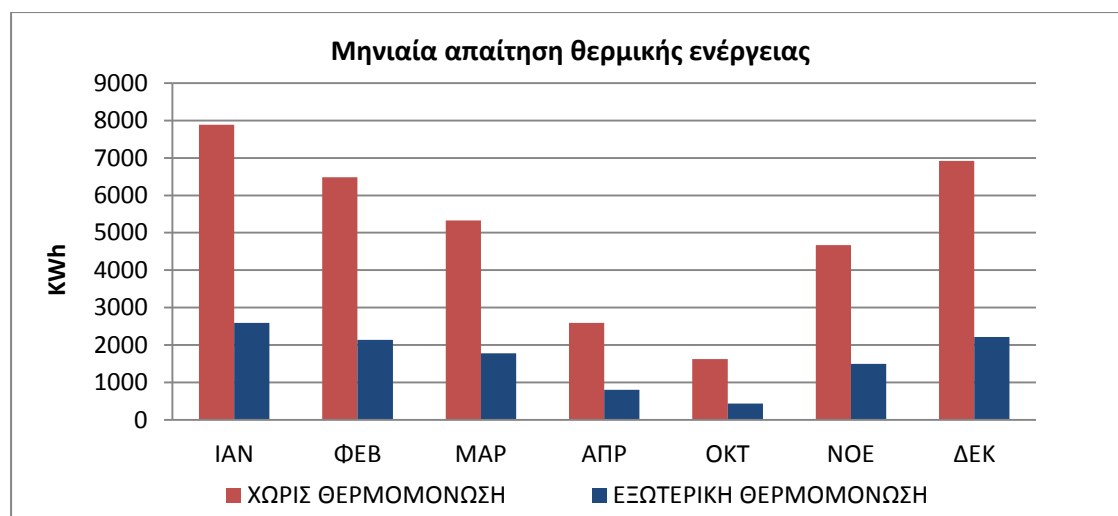
Σε σχέση με το διαμέρισμα γεωμετρίας (9Χ9Χ3) Εικόνα 3α ίδιας επιφάνειας 81m<sup>2</sup>, οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι αυξημένες κατά 17,9% στην περίπτωση χωρίς μόνωση, ενώ με την μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 16,5%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση μεταβάλλεται από 455,89 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 129,38 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 24. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 34,4%, για 3cm 54,7%, για 5cm 62%, για 7cm 65,8%, για 9cm 68,1%, για 11cm 69,7%, για 13cm 70,8% και για 15cm 71,6%. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση θερμικών απαιτήσεων είναι μέχρι τα 7 cm, μετά τα 7 cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 24: Ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).**

Στο Διάγραμμα 25 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείται η θέρμανση, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 68%.

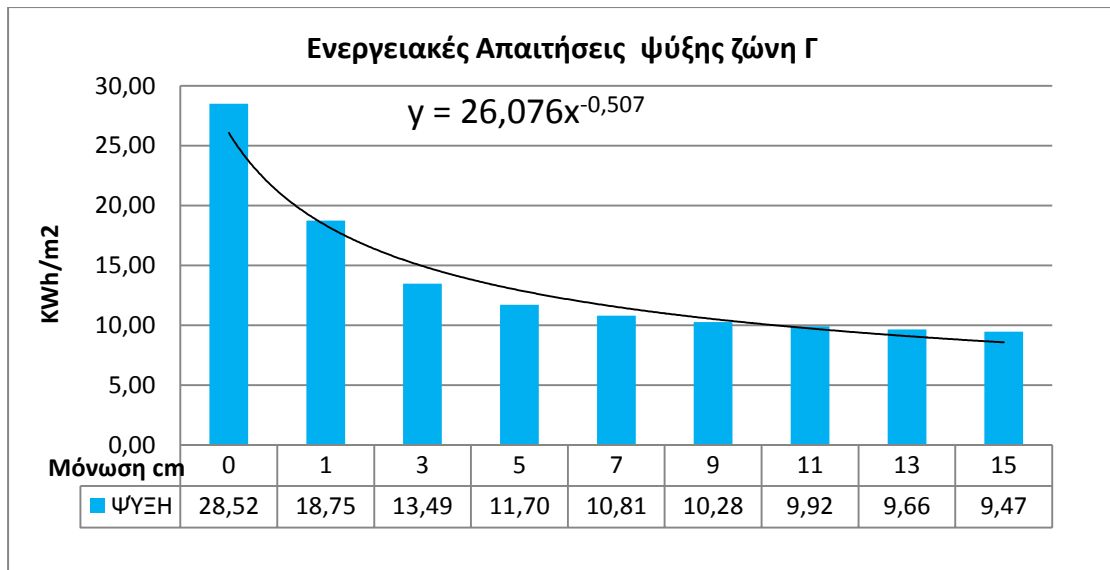


**Διάγραμμα 25: Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση θερμικής ενέργειας διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).**

Αντίστοιχα η ετήσια ζήτηση για την ψύξη των χώρων μη θερμομονωμένου διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3) απαιτούσε 2310 KWh ενώ με θερμική μόνωση πάχους (3 cm), η ετήσια ζήτηση ψυκτικής ενέργειας υπολογίστηκε στις 1092 KWh, μειωμένη κατά 54,7%.

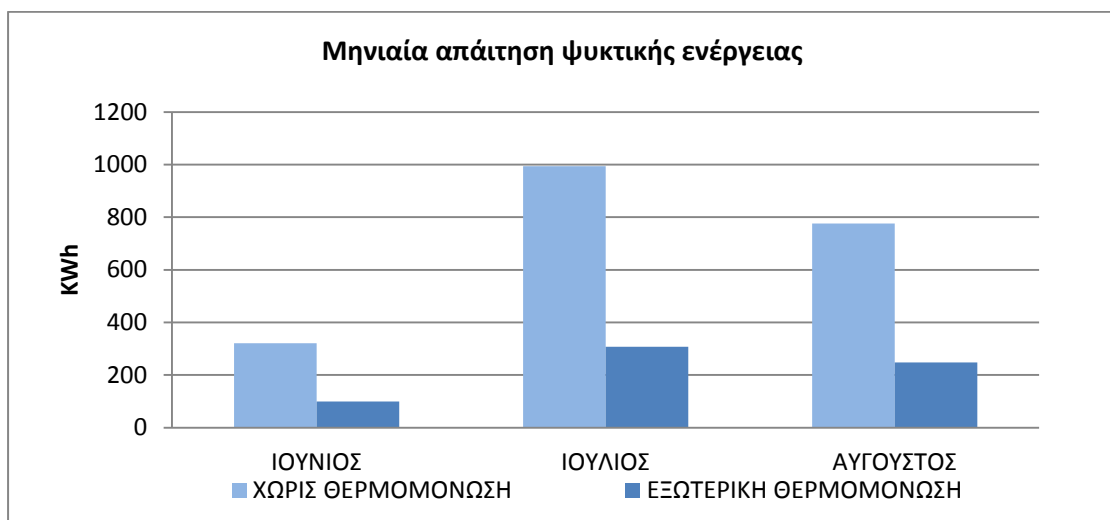
Σε σχέση με το διαμέρισμα γεωμετρίας (9Χ9Χ3) Εικόνα 3α ίδιας επιφάνειας 81m<sup>2</sup>, οι απαιτήσεις ψύξης είναι αυξημένες κατά 8,7% στην περίπτωση χωρίς μόνωση, ενώ με την μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 4,9%.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της μόνωσης για τη ψύξη μεταβάλλεται από 28,52 KWh/m<sup>2</sup> (χωρίς την χρήση θερμικής μόνωσης), έως 9,47 KWh/m<sup>2</sup> (με θερμική μόνωση πάχους 15cm) Διάγραμμα 26. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μείωση από την κατανάλωση χωρίς μόνωση και ανάλογα το πάχος της που εξετάζουμε, είναι για 1cm 34,2%, για 3cm 52,7%, για 5cm 59%, για 7cm 62,1%, για 9cm 64%, για 11cm 65,2%, για 13cm 66,1% και για 15cm 66,8%. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται μέχρι τα 7 cm, μετά τα 7cm η μείωση που επιτυγχάνουμε είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πάχος της μόνωσης.



**Διάγραμμα 26:** Ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη για τη κλιματική ζώνη Γ διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

Στο Διάγραμμα 27 απεικονίζεται ενδεικτικά για τους σημαντικότερους μήνες που απαιτείτε η ψύξη, η επίδραση της θερμικής μόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας, με την μέση μείωση να είναι 68%.



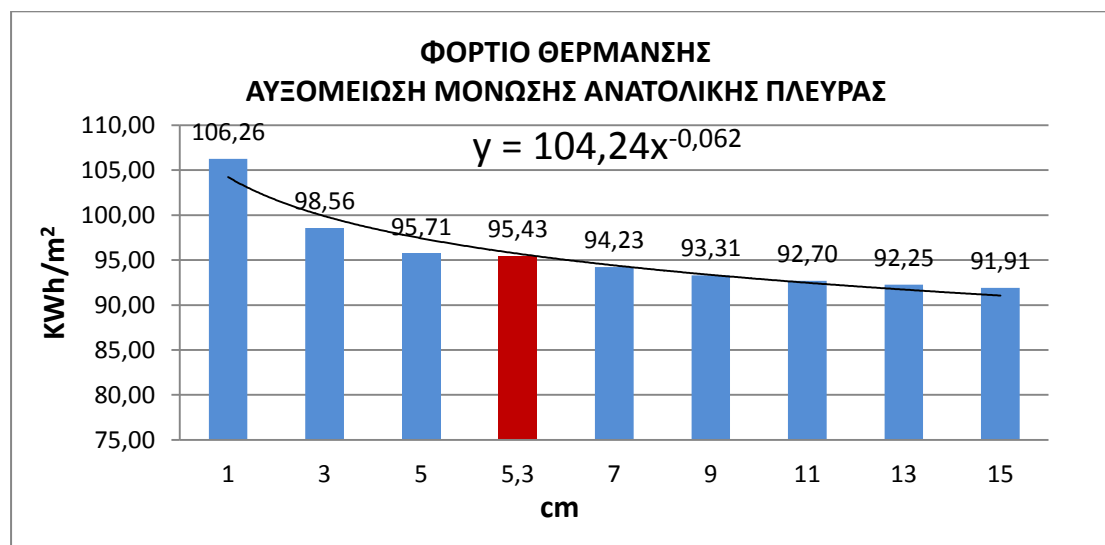
**Διάγραμμα 27:** Επίδραση της θερμομόνωσης στη μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ενέργειας διαμερίσματος (4Χ20,3Χ3).

#### 4.1.5. Σενάριο 2α Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Αθήνα ζώνη Β, διαμερίσματος 9Χ9x3.

Στη δεύτερη περίπτωση προσομοίωσης, διαμορφώσαμε τα δομικά στοιχεία έτσι ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας U να έχει τιμές σύμφωνα με τις μέγιστες τιμές κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. Πίνακας 15-16 (Κτήριο Αναφοράς). Στην συνέχεια αυξομειώσαμε το πάχος της μόνωσης ανά προσανατολισμό έχοντας σταθερό το πάχος της στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία σύμφωνα με το Κτήριο Αναφοράς, αλλά και της οροφής, για να δούμε την επίδραση ανά περίπτωση (προσανατολισμού και οροφής).

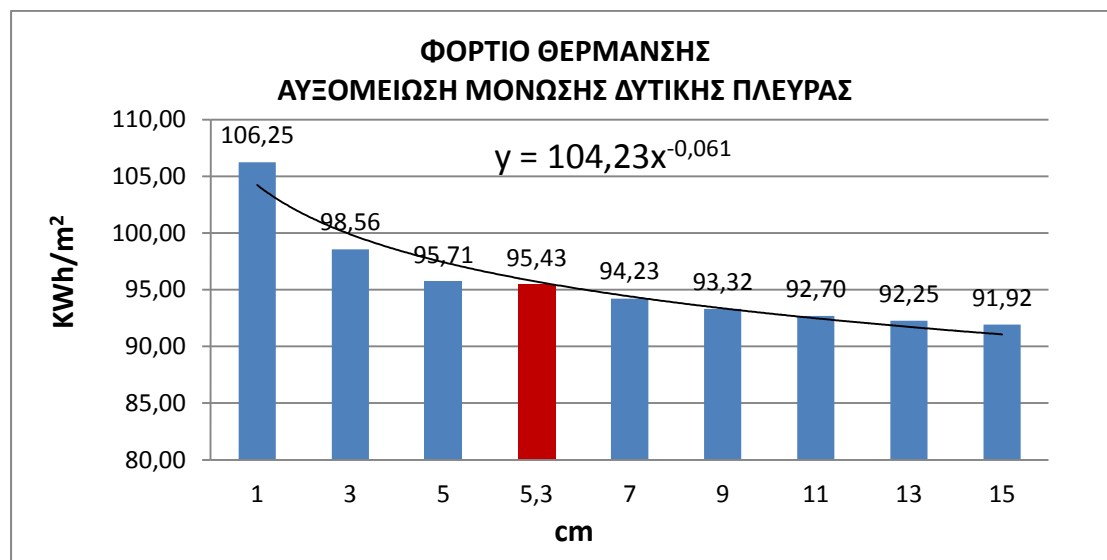
Για την Αθήνα κλιματική ζώνη Β, διαμέρισμα 9Χ9Χ3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την θέρμανση για όλους τους προσανατολισμούς, όπως ήταν αναμενόμενο, έδειξαν ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, ενώ με την αύξηση της και σε σχέση με το σημείο αναφοράς, υπάρχουν μικρές μειώσεις όχι όμως σημαντικές. Επίσης παρατηρείτε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις απαιτήσεις μεταξύ των προσανατολισμών όπως θα περιμέναμε. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 28-29-30-31.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 28 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 11,35%, για 3cm 3,28% και στα 5cm 0,29%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,26%, για 9cm 2,22%, για 11cm 2,87%, για 13cm 3,33% και για 15cm η μείωση είναι 3,69%.



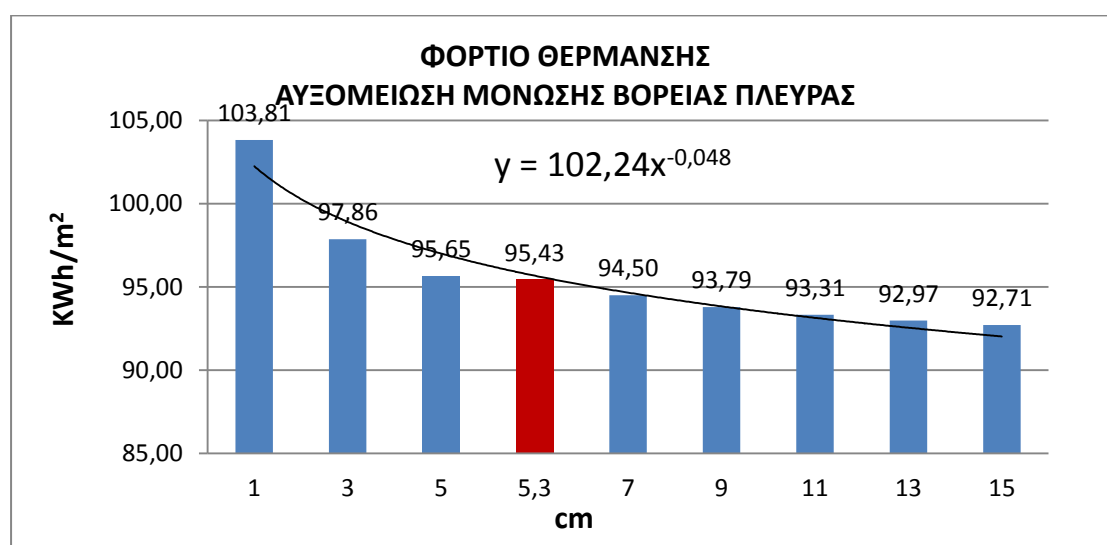
**Διάγραμμα 28: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9Χ9x3).**

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 29 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 11,34%, για 3cm 3,28% και στα 5cm 0,29%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,26%, για 9cm 2,22%, για 11cm 2,86%, για 13cm 3,33% και για 15cm η μείωση είναι 3,68%.



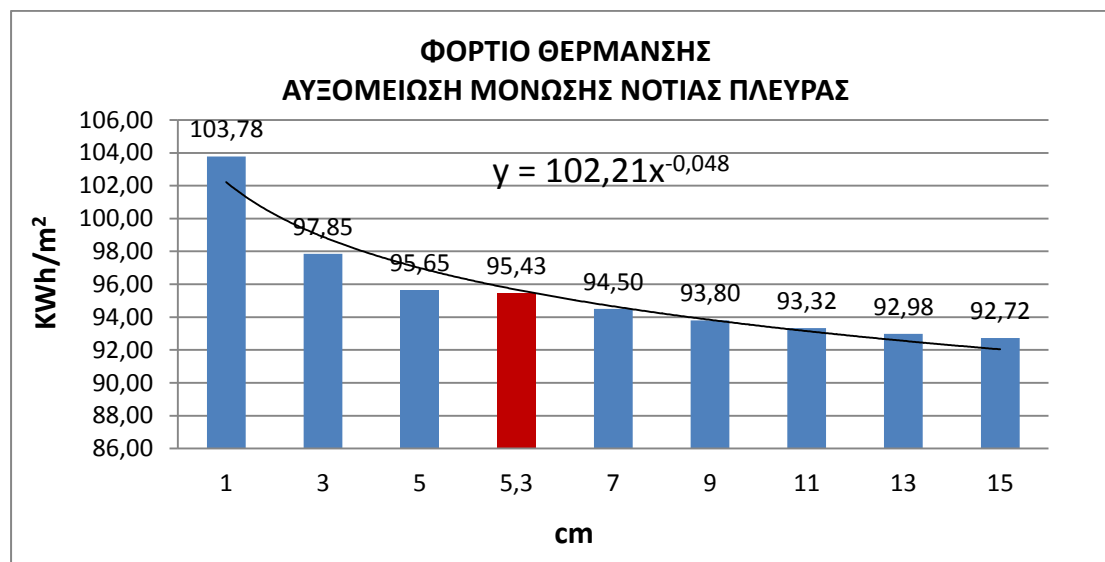
**Διάγραμμα 29: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9Χ9x3).**

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 30 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 8,74%, για 3cm 2,54% και στα 5cm 0,23%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,98%, για 9cm 1,72%, για 11cm 2,22%, για 13cm 2,58% και για 15cm η μείωση είναι 2,85%.



**Διάγραμμα 30: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9Χ9x3).**

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 31 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 8,74%, για 3cm 2,53% και στα 5cm 0,23%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,97%, για 9cm 1,71%, για 11cm 2,21%, για 13cm 2,57% και για 15cm η μείωση είναι 2,84%.

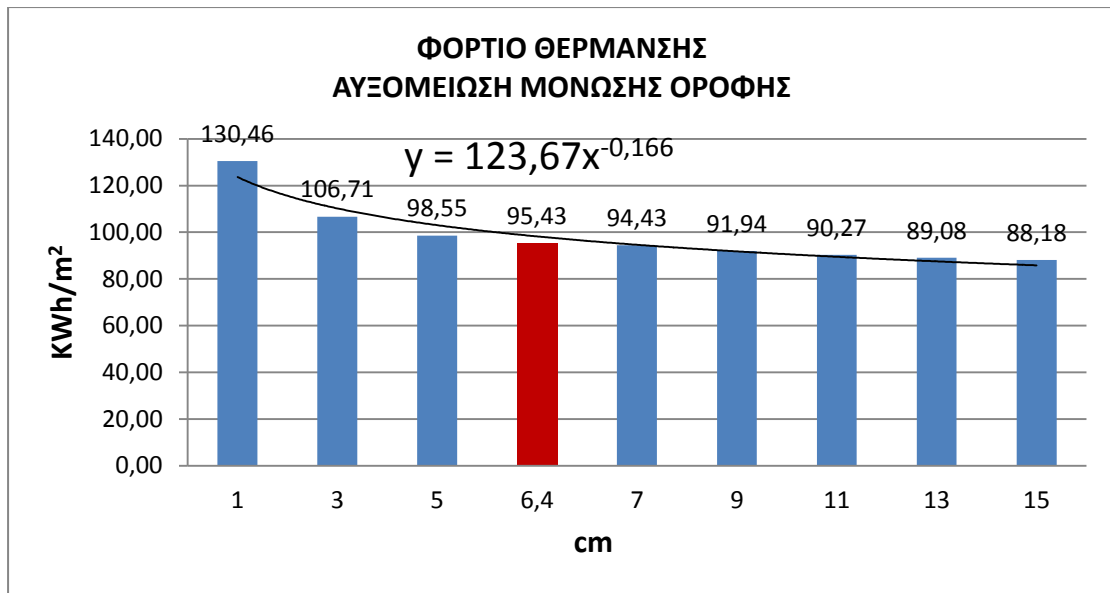


**Διάγραμμα 31: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9Χ9x3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω. Η οροφή έχει την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης στην αυξομείωση της μόνωσης.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 32 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 36,7%, για 3cm 11,8% και στα 5cm 3,3%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1%, για 9cm 3,7%, για 11cm 5,4%, για 13cm 6,7% και για 15cm η μείωση είναι 7,6%.

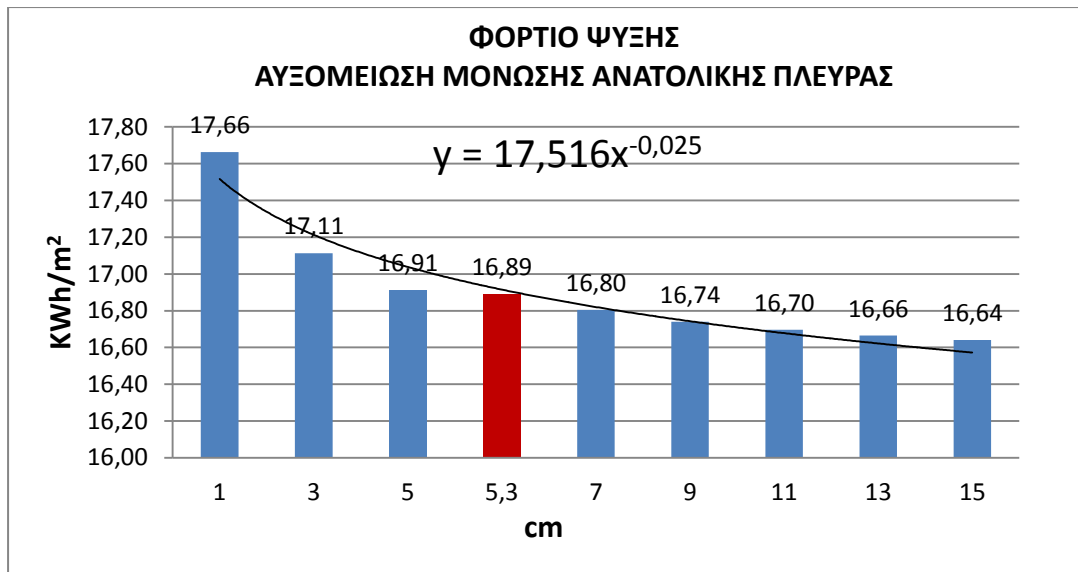




**Διάγραμμα 32: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9X9x3).**

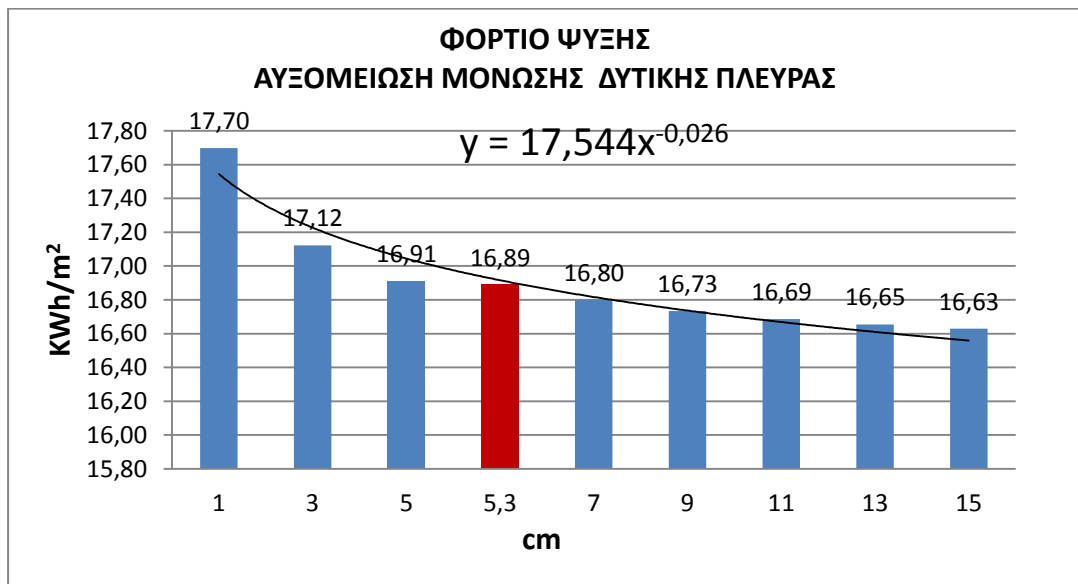
Αντίστοιχα για την Αθήνα κλιματική ζώνη Β και το διαμέρισμα γεωμετρίας 9X9x3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την ψύξη και για όλους τους προσανατολισμούς έδειξαν όπως ήταν αναμενόμενο ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις όχι όμως στο μέγεθος της περίπτωσης της θέρμανσης, καθώς και με την αύξηση της μόνωσης οι απαιτήσεις μειώνονται όχι όμως σε μεγάλο βαθμό. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 33-34-35-36.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 33 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την ψύξη είναι για 1cm 4,58%, για 3cm 1,32% και στα 5cm 0,12%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων ψύξης υπολογίστηκε για 7cm 0,51%, για 9cm 0,89%, για 11cm 1,15%, για 13cm 1,33% και για 15cm η μείωση είναι 1,47%.



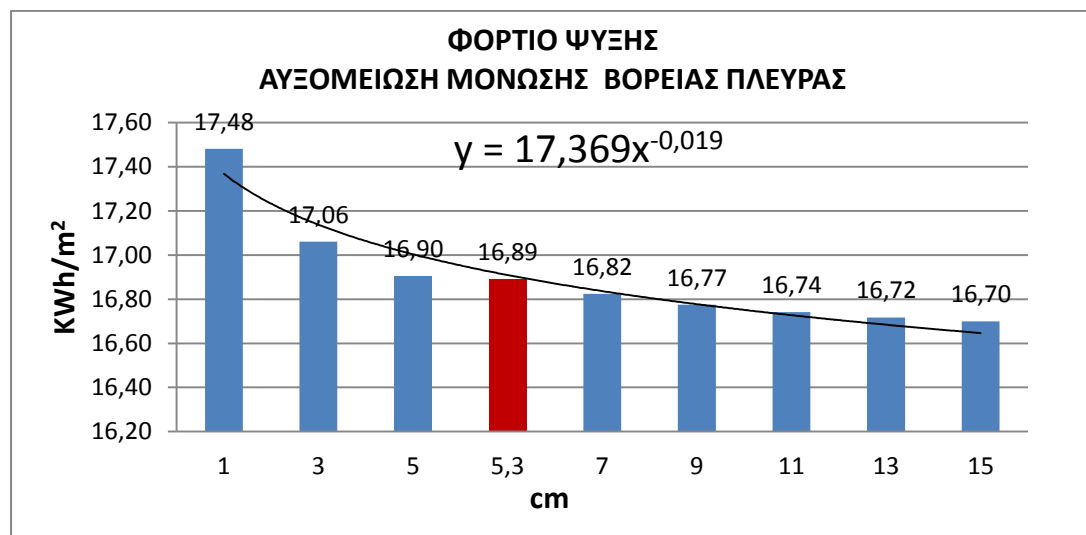
**Διάγραμμα 33:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3).

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 34 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 4,79%, για 3cm 1,38% και στα 5cm 0,12%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,53%, για 9cm 0,93%, για 11cm 1,20%, για 13cm 1,39% και για 15cm η μείωση είναι 1,54%.



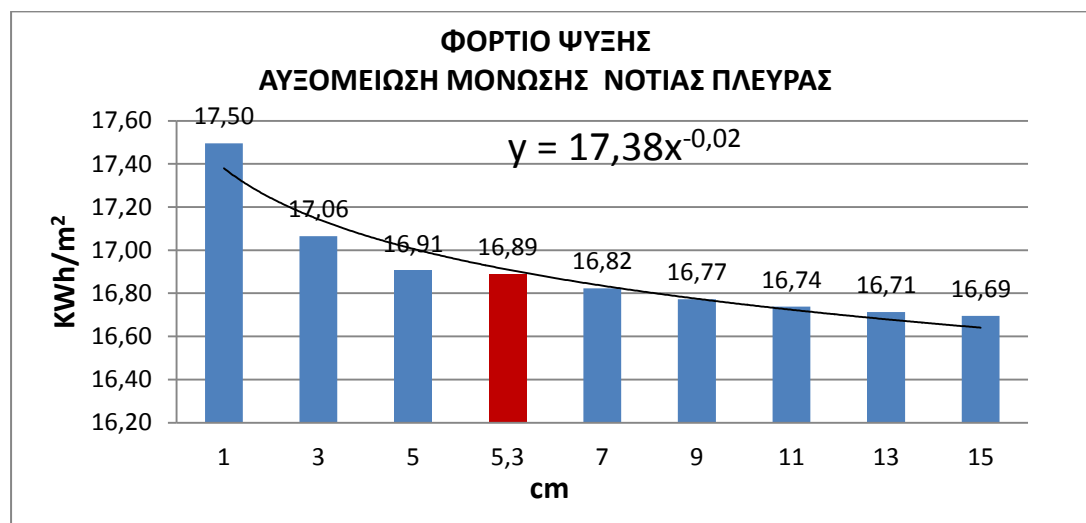
**Διάγραμμα 34:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9X9x3).

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 35 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 3,51%, για 3cm 1,01% και στα 5cm 0,09%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,39%, για 9cm 0,68%, για 11cm 0,88%, για 13cm 1,02% και για 15cm η μείωση είναι 1,13%.



**Διάγραμμα 35: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9Χ9Χ3).**

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 36 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 3,59%, για 3cm 1,03% και στα 5cm 0,09%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,4%, για 9cm 0,7%, για 11cm 0,9%, για 13cm 1,04% και για 15cm η μείωση είναι 1,16%.

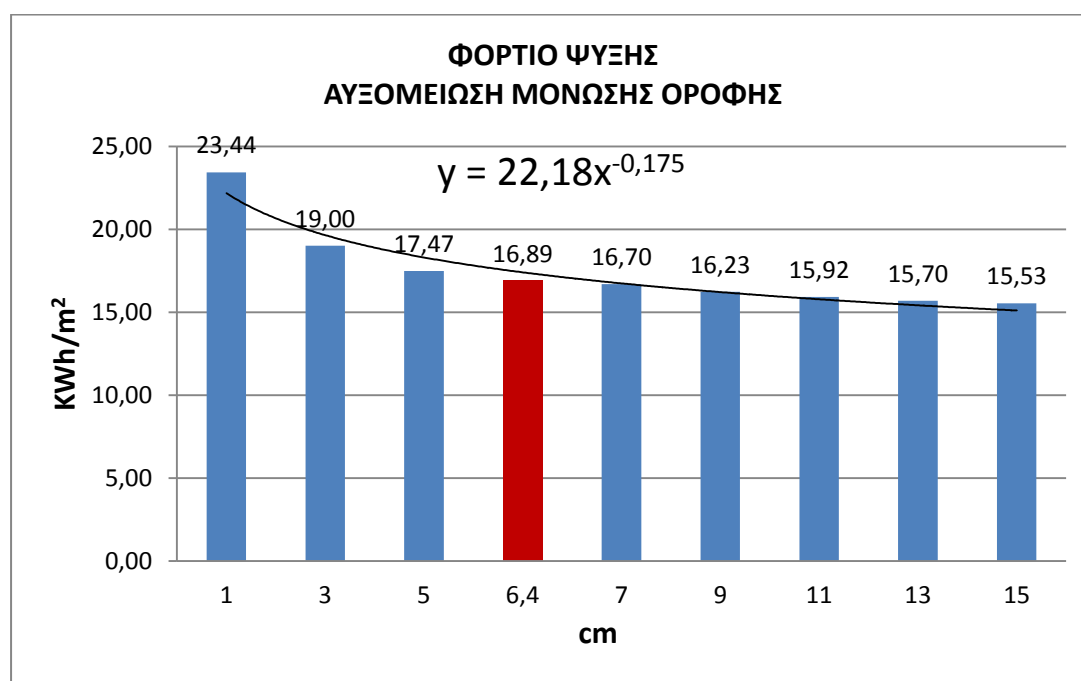


**Διάγραμμα 36: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (9Χ9Χ3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνονται οι απαιτήσεις ψύξης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 37 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων υπολογίστηκε για 1cm 38,78%, για 3cm 12,52% και στα 5cm 3,46%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,12%, για 9cm 3,88%, για 11cm 5,73%, για 13cm 7,06% και για 15cm η μείωση είναι 8,06%.

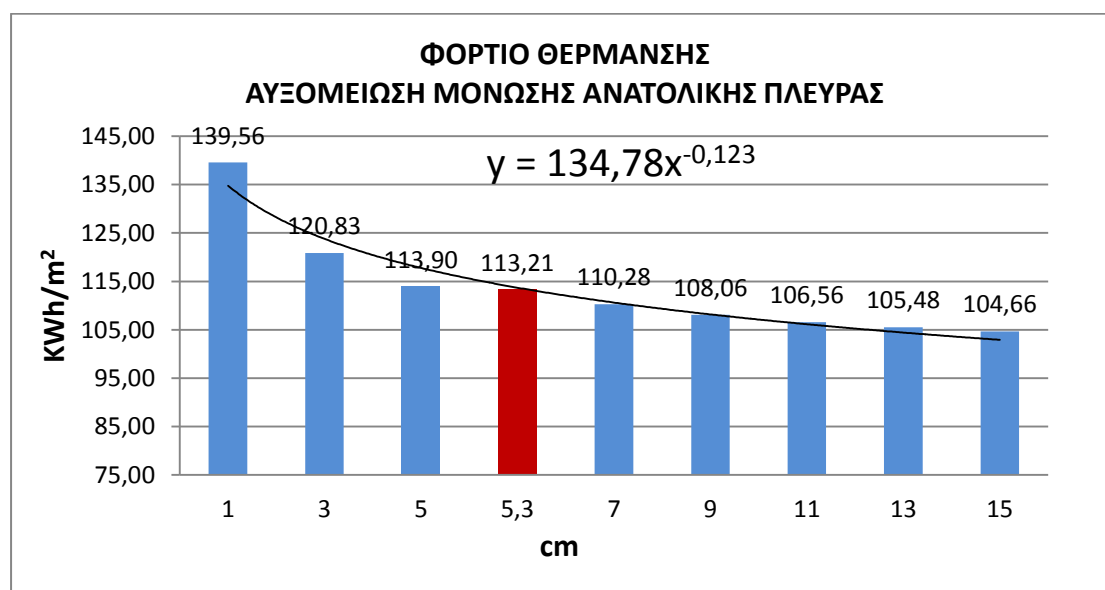


**Διάγραμμα 37: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9Χ9Χ3).**

#### 4.1.6. Σενάριο 2β Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Αθήνα ζώνη Β, διαμερίσματος 4Χ20,3Χ3.

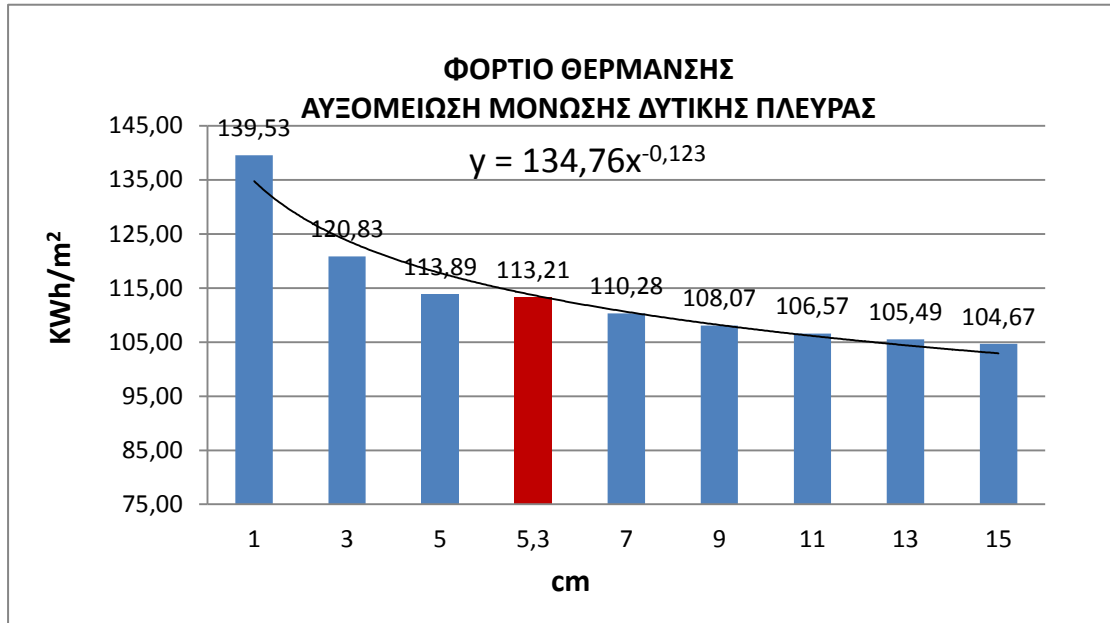
Για την Αθήνα κλιματική ζώνη Β και το διαμέρισμα 4Χ20,3Χ3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την θέρμανση για όλους τους προσανατολισμούς, έδειξαν ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, ενώ με την αύξηση της και σε σχέση με το σημείο αναφοράς, υπάρχουν μειώσεις όχι όμως σημαντικές. Επίσης παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις απαιτήσεις μεταξύ των προσανατολισμών όπως θα περιμέναμε. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 38-39-40-41.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 38 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 23,27%, για 3cm 6,73% και στα 5cm 0,60%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 2,59%, για 9cm 4,55%, για 11cm 5,87%, για 13cm 6,82% και για 15cm η μείωση είναι 7,55%.



**Διάγραμμα 38:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4Χ20,3Χ3).

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 39 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 23,25%, για 3cm 6,72% και στα 5cm 0,60%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 2,59%, για 9cm 4,55%, για 11cm 5,87%, για 13cm 6,82% και για 15cm η μείωση είναι 7,55%.



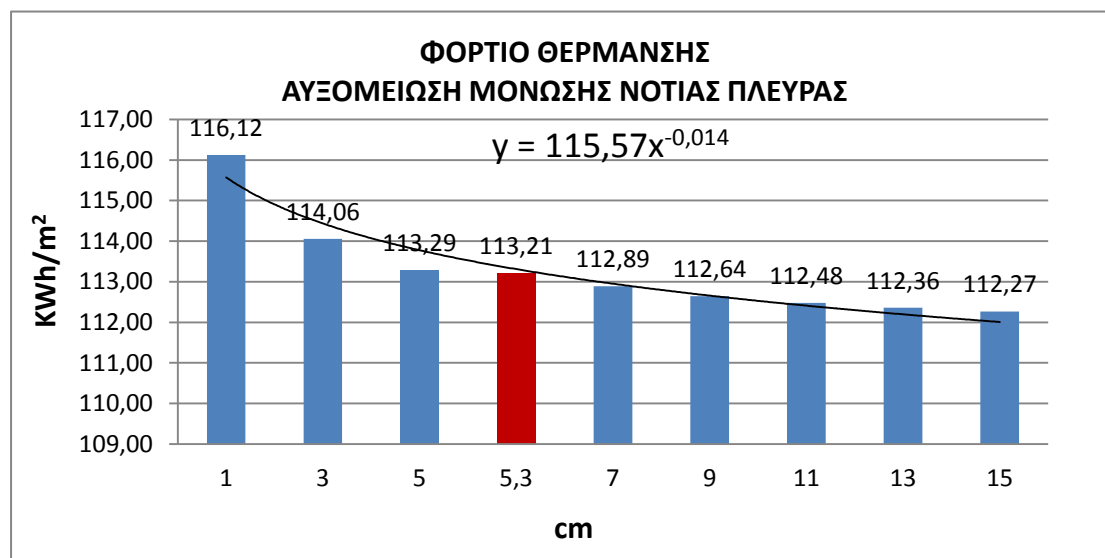
**Διάγραμμα 39:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4Χ20,3x3).

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 40 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,58%, για 3cm 0,75% και στα 5cm 0,07%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,29%, για 9cm 0,51%, για 11cm 0,65%, για 13cm 0,76% και για 15cm η μείωση είναι 0,84%.



**Διάγραμμα 40:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4Χ20,3x3).

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 41 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,57%, για 3cm 0,74% και στα 5cm 0,07%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,29%, για 9cm 0,50%, για 11cm 0,65%, για 13cm 0,76% και για 15cm η μείωση είναι 0,84%.

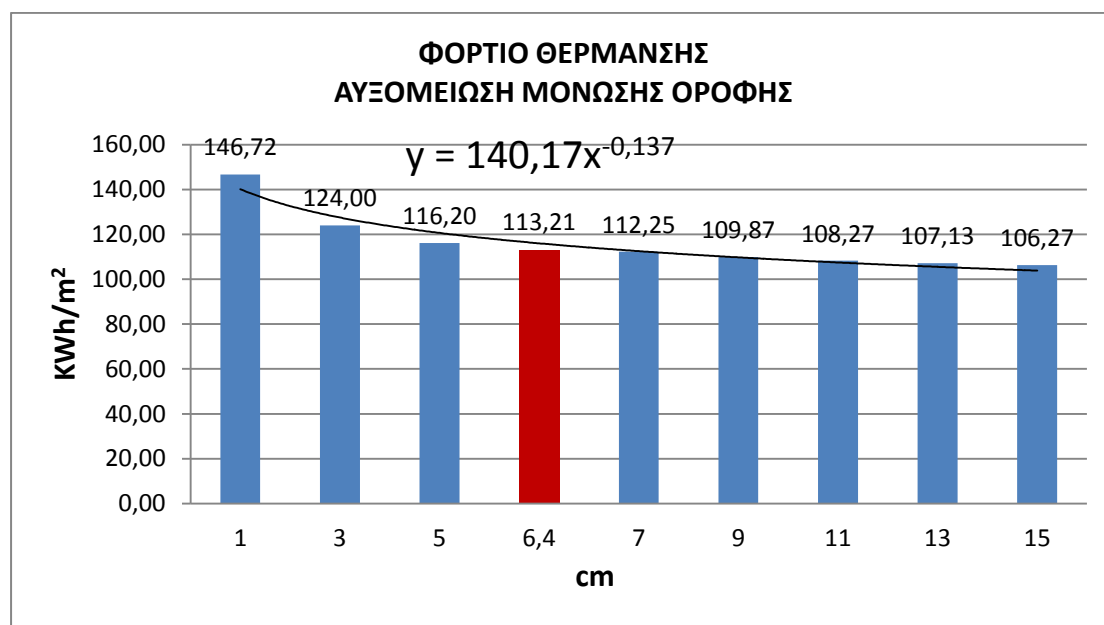


**Διάγραμμα 41: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β του διαμερίσματος 4X20,3x3, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 42 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 29,59%, για 3cm 9,53% και στα 5cm 2,64%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,85%, για 9cm 2,96%, για 11cm 4,37%, για 13cm 5,38% και για 15cm η μείωση είναι 6,14%.

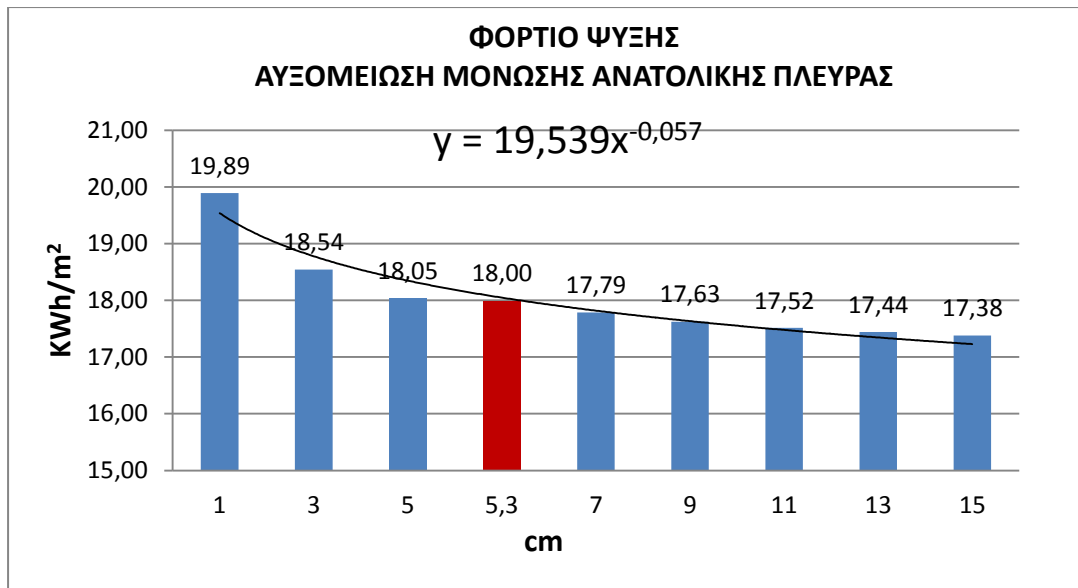


**Διάγραμμα 42: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4X20,3x3).**

Αντίστοιχα για την Αθήνα κλιματική ζώνη Β και το διαμέρισμα γεωμετρίας 4X20,3x3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την ψύξη και για όλους τους προσανατολισμούς έδειξαν όπως ήταν αναμενόμενο ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις όχι όμως στο μέγεθος της θέρμανσης, καθώς και με την αύξηση της μόνωσης οι απαιτήσεις μειώνονται ελάχιστα. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 43-44-45-46.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 43 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την ψύξη είναι για 1cm 10,54%, για 3cm 3,04% και στα 5cm 0,27%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων ψύξης υπολογίστηκε για 7cm 1,18%, για 9cm 2,07%, για 11cm 2,67%, για 13cm 3,10% και για 15cm η μείωση είναι 3,42%.





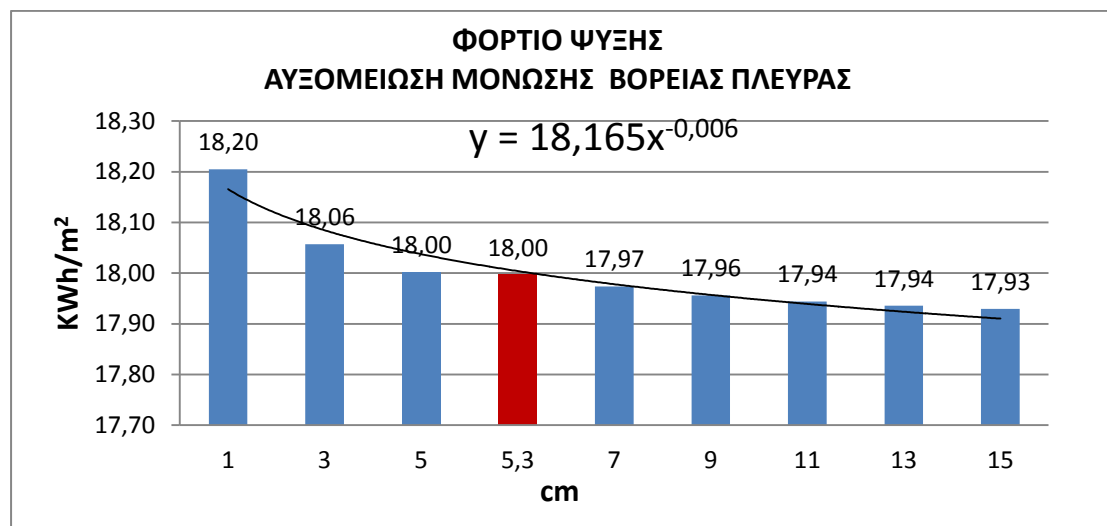
**Διάγραμμα 43:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 44 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 10,99%, για 3cm 3,18% και στα 5cm 0,28%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,23%, για 9cm 2,16%, για 11cm 2,78%, για 13cm 3,23% και για 15cm η μείωση είναι 3,57%.



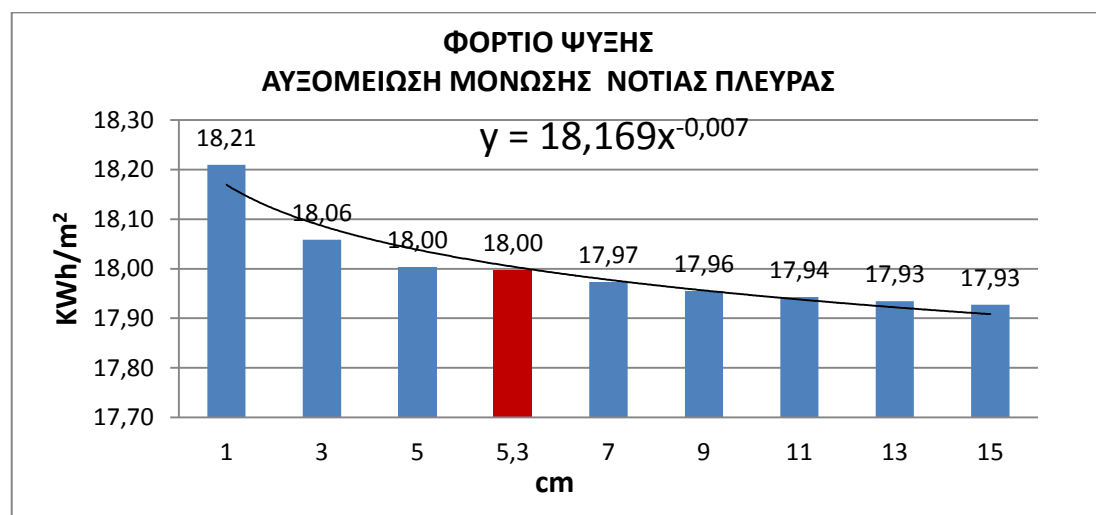
**Διάγραμμα 44:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 45 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 1,16%, για 3cm 0,33% και στα 5cm 0,03%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,13%, για 9cm 0,23%, για 11cm 0,29%, για 13cm 0,34% και για 15cm η μείωση είναι 0,38%.



**Διάγραμμα 45: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).**

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 46 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (5,3cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 1,18%, για 3cm 0,34% και στα 5cm 0,03%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,13%, για 9cm 0,23%, για 11cm 0,30%, για 13cm 0,35% και για 15cm η μείωση είναι 0,39%.

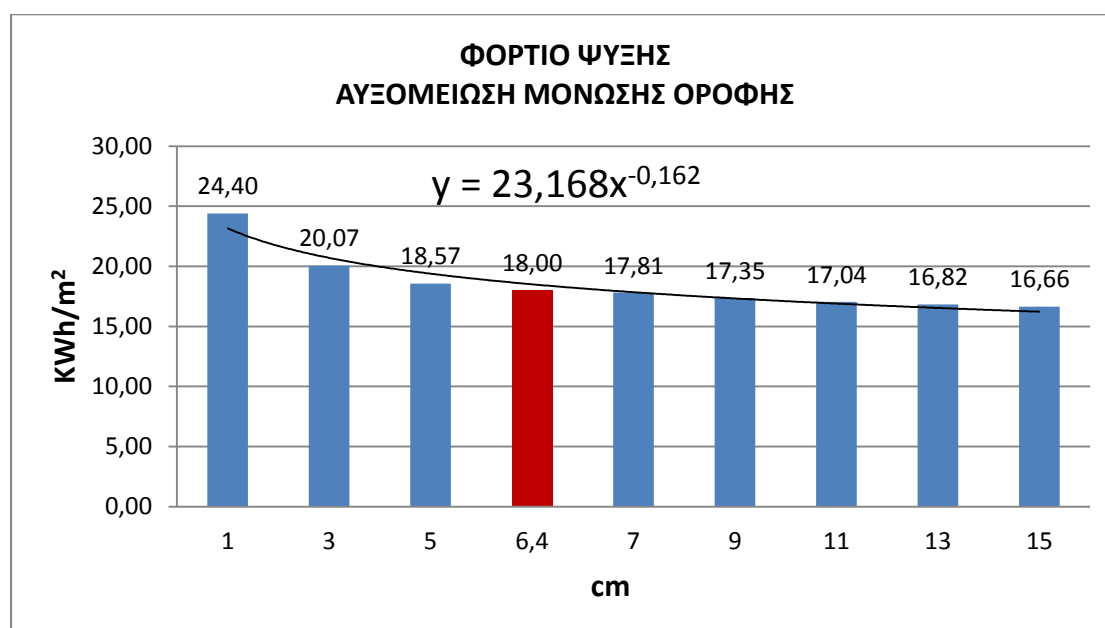


**Διάγραμμα 46: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 47 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,4cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων υπολογίστηκε για 1cm 35,58%, για 3cm 11,51% και στα 5cm 3,19%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,03%, για 9cm 3,58%, για 11cm 5,29%, για 13cm 6,52% και για 15cm η μείωση είναι 7,44%.

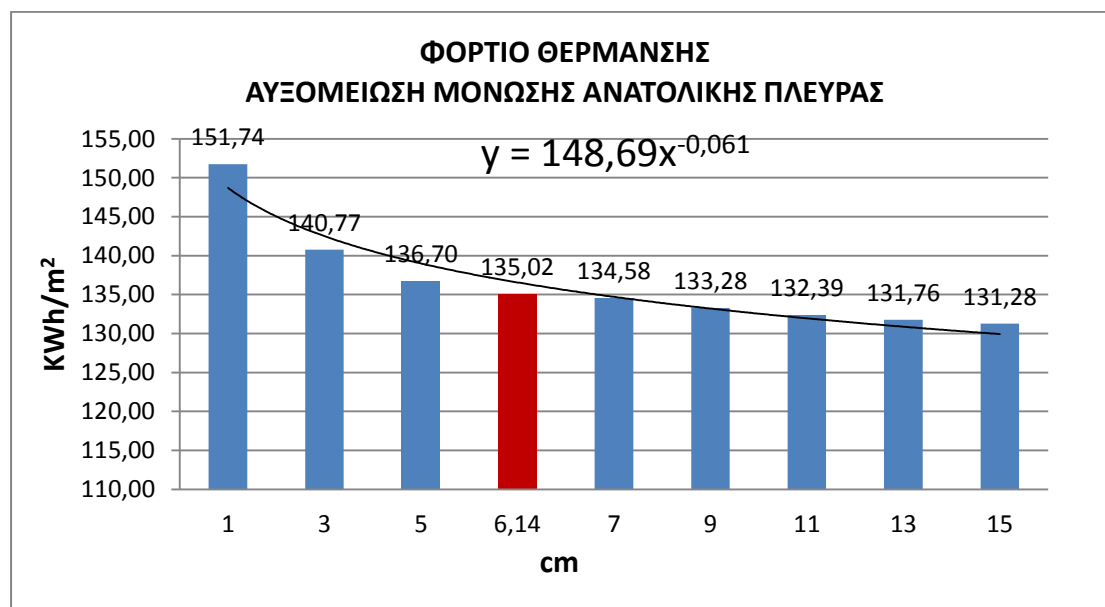


**Διάγραμμα 47:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4x20,3x3).

#### 4.1.7. Σενάριο 2α Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Θεσσαλονίκη ζώνη Γ, διαμερίσματος 9X9x3.

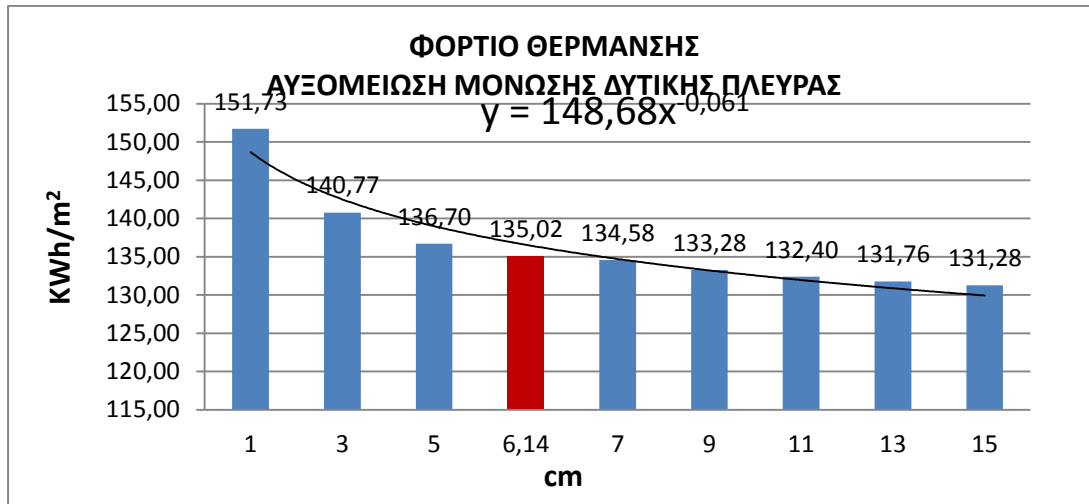
Για την κλιματική ζώνη Γ, οι ανάγκες θέρμανσης είναι αυξημένες σε σχέση με τη ζώνη Β όπως ήταν αναμενόμενο. Από τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την θέρμανση, για όλους τους προσανατολισμούς παρατηρούμε ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, ενώ με την αύξηση της μόνωσης από το σημείο αναφοράς υπήρξαν μικρές μειώσεις αλλά δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους όπως θα περιμέναμε. Δηλαδή για όλες τις πλευρές περιμετρικά η επίδραση είναι σχεδόν ίδια. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 48-49-50-51.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 48 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 12,38%, για 3cm 4,26% και στα 5cm 1,25%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,33%, για 9cm 1,29%, για 11cm 1,94%, για 13cm 2,41% και για 15cm η μείωση είναι 2,77%.



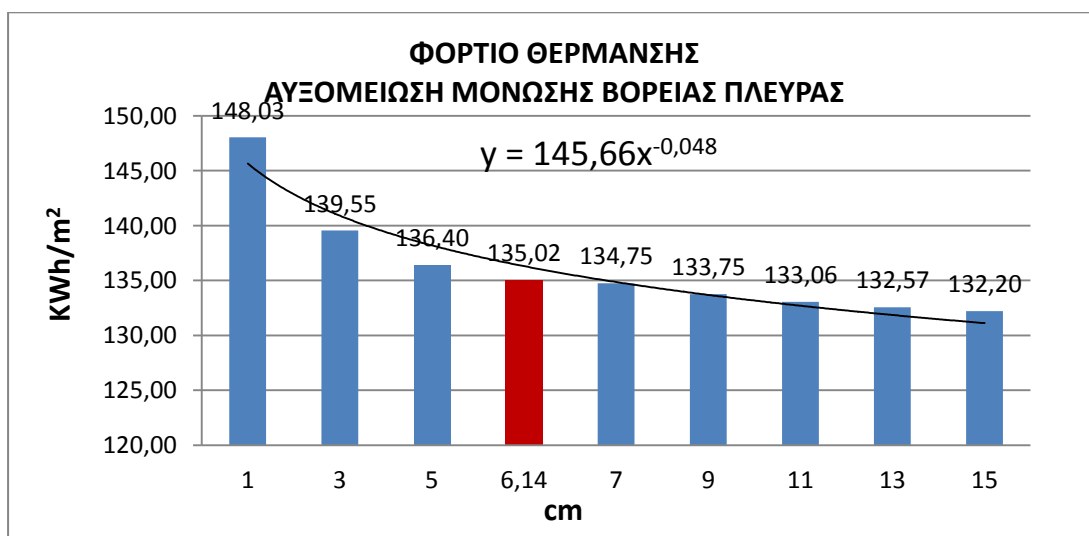
Διάγραμμα 48: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9X9x3) .

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 49 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 12,37%, για 3cm 4,26% και στα 5cm 1,25%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,33%, για 9cm 1,29%, για 11cm 1,94%, για 13cm 2,41% και για 15cm η μείωση είναι 2,77%.



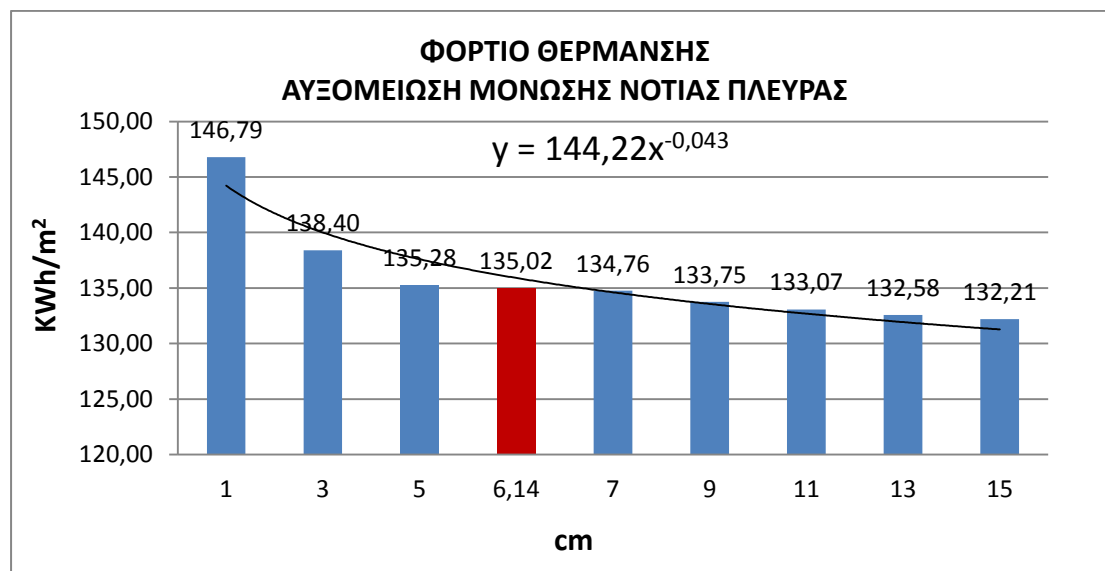
**Διάγραμμα 49: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9Χ9Χ3) .**

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 50 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 9,64%, για 3cm 3,35% και στα 5cm 1,02%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,20%, για 9cm 0,94%, για 11cm 1,45%, για 13cm 1,81% και για 15cm η μείωση είναι 2,09%.



**Διάγραμμα 50: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9Χ9Χ3).**

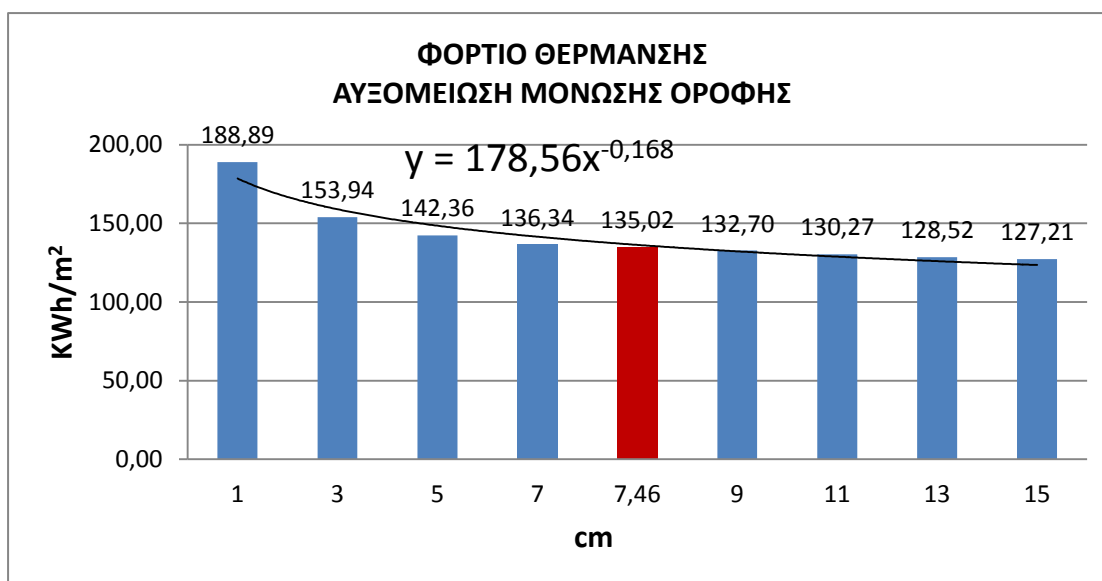
Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 51 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 8,72%, για 3cm 2,50% και στα 5cm 0,19%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,20%, για 9cm 0,94%, για 11cm 1,44%, για 13cm 1,81% και για 15cm η μείωση είναι 2,08%.



**Διάγραμμα 51: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9Χ9x3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω. Η οροφή έχει την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης στην αυξομείωση της μόνωσης.

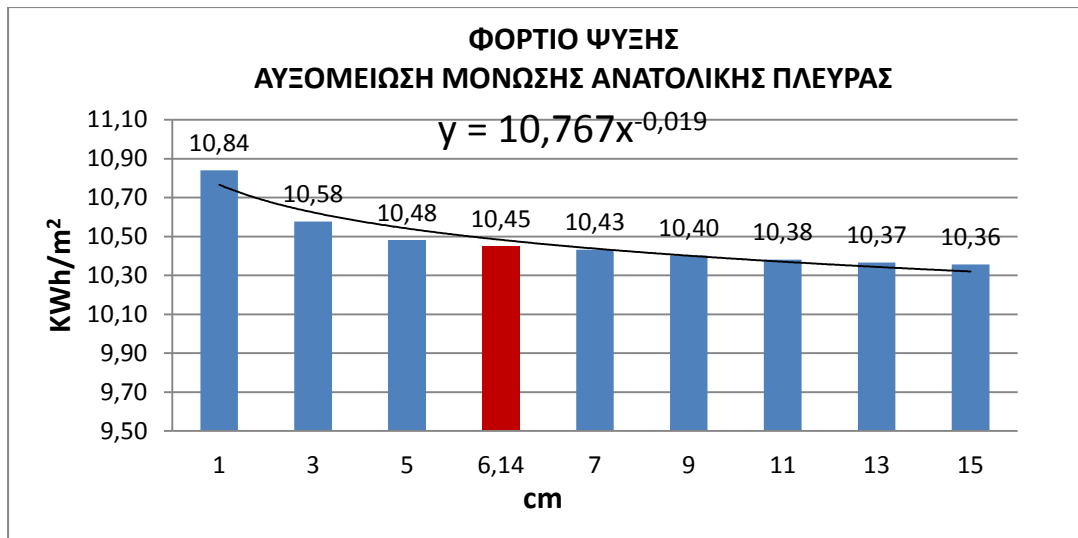
Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 52 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 39,9%, για 3cm 14,01%, για 5cm 5,44% και για 7cm 0,98. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 9cm 1,72%, για 11cm 3,52%, για 13cm 4,81% και για 15cm η μείωση είναι 5,78%.



**Διάγραμμα 52: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (9Χ9Χ3) .**

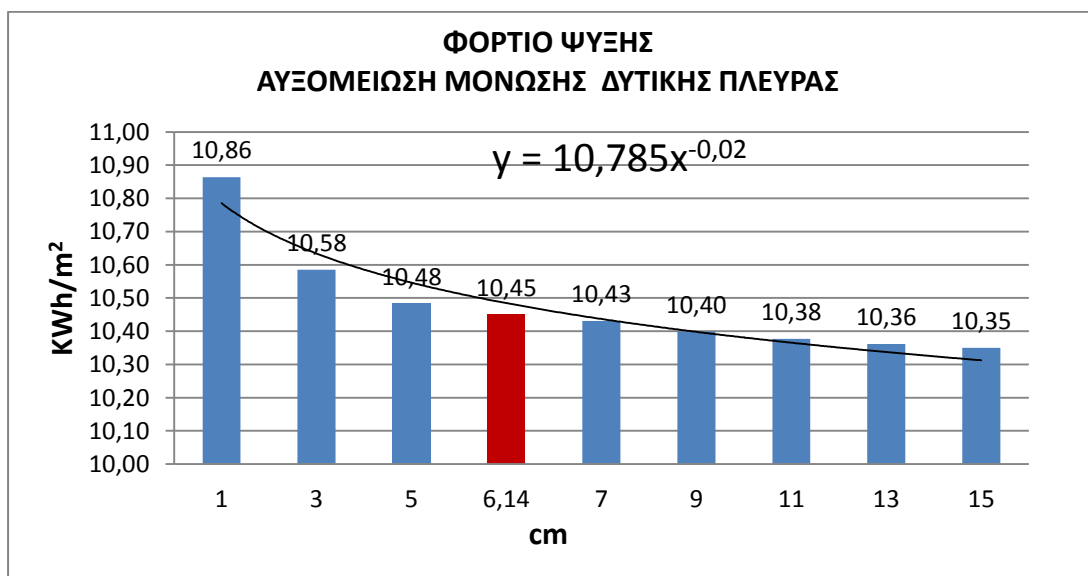
Αντίστοιχα για την Θεσσαλονίκη κλιματική ζώνη Γ και το διαμέρισμα γεωμετρίας 9Χ9Χ3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την ψύξη και για όλους τους προσανατολισμούς έδειξαν όπως ήταν αναμενόμενο ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις όχι όμως στο μέγεθος της περίπτωσης της θέρμανσης, καθώς και με την αύξηση της μόνωσης οι απαιτήσεις μειώνονται όχι όμως σε μεγάλο βαθμό. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 53-54-55-56.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 53 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την ψύξη είναι για 1cm 3,74%, για 3cm 1,21% και στα 5cm 0,30%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων ψύξης υπολογίστηκε για 7cm 0,17%, για 9cm 0,46%, για 11cm 0,66%, για 13cm 0,80% και για 15cm η μείωση είναι 0,91%.



**Διάγραμμα 53:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (9x9x3).

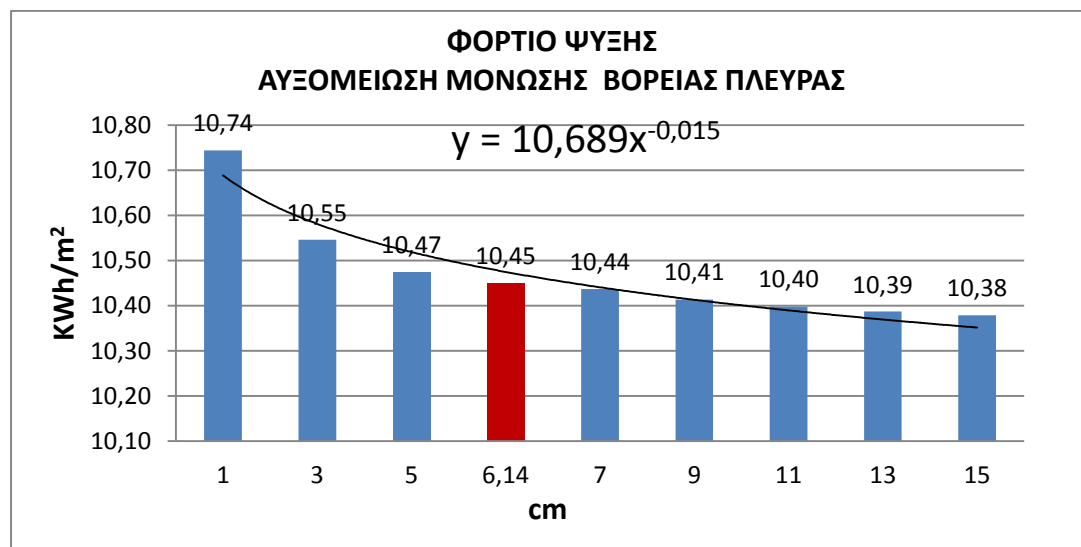
Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 54 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 3,96%, για 3cm 1,29% και στα 5cm 0,32%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,18%, για 9cm 0,49%, για 11cm 0,70%, για 13cm 0,85% και για 15cm η μείωση είναι 0,96%.



**Διάγραμμα 54:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (9x9x3).

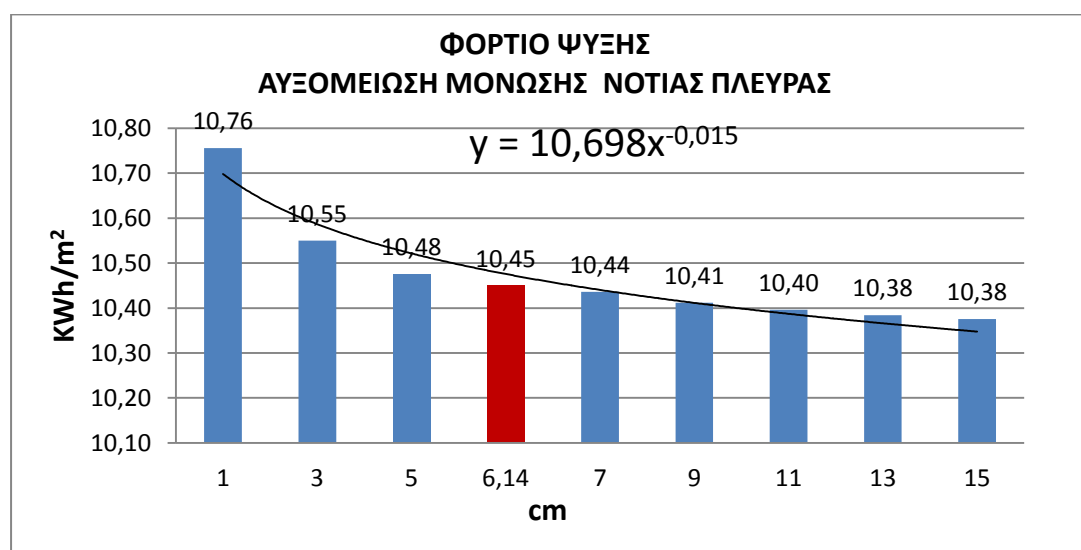


Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 55 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,81%, για 3cm 0,92% και στα 5cm 0,23%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,13%, για 9cm 0,35%, για 11cm 0,50%, για 13cm 0,61% και για 15cm η μείωση είναι 0,69%.



**Διάγραμμα 55:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (9Χ9x3) .

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 56 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,93%, για 3cm 0,96% και στα 5cm 0,24%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,14%, για 9cm 0,37%, για 11cm 0,52%, για 13cm 0,63% και για 15cm η μείωση είναι 0,72%.

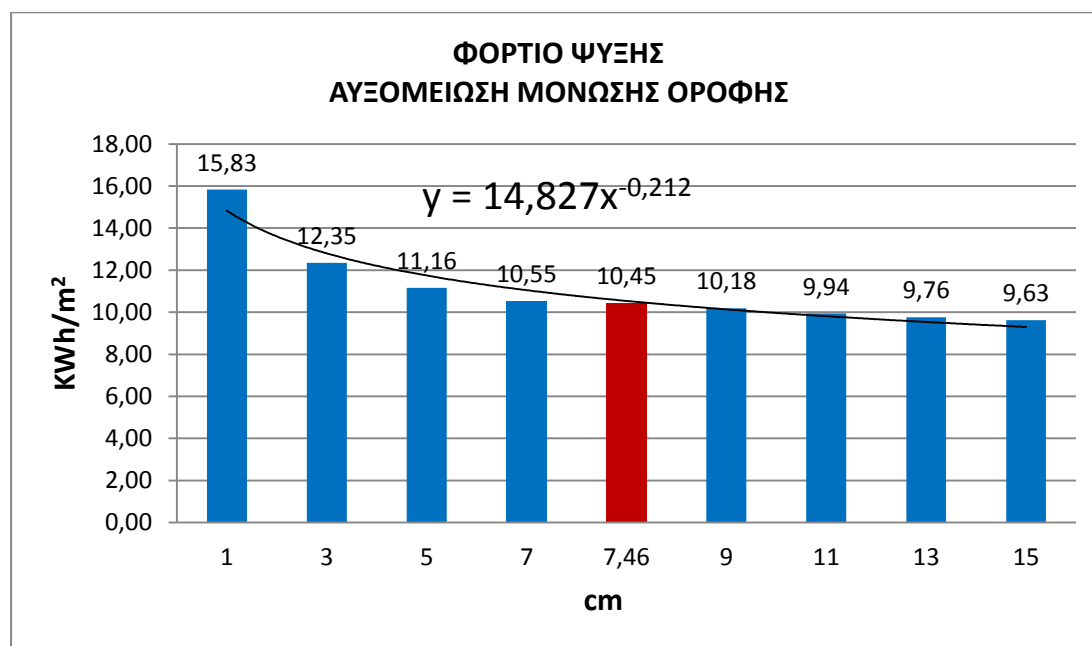


**Διάγραμμα 56:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (9Χ9x3).

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 57 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων υπολογίστηκε για 1cm 51,49%, για 3cm 18,22% για 5cm 6,76% και για 7cm 0,95%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 9cm 2,55%, για 11cm 4,90%, για 13cm 6,58% και για 15cm η μείωση είναι 7,84%.

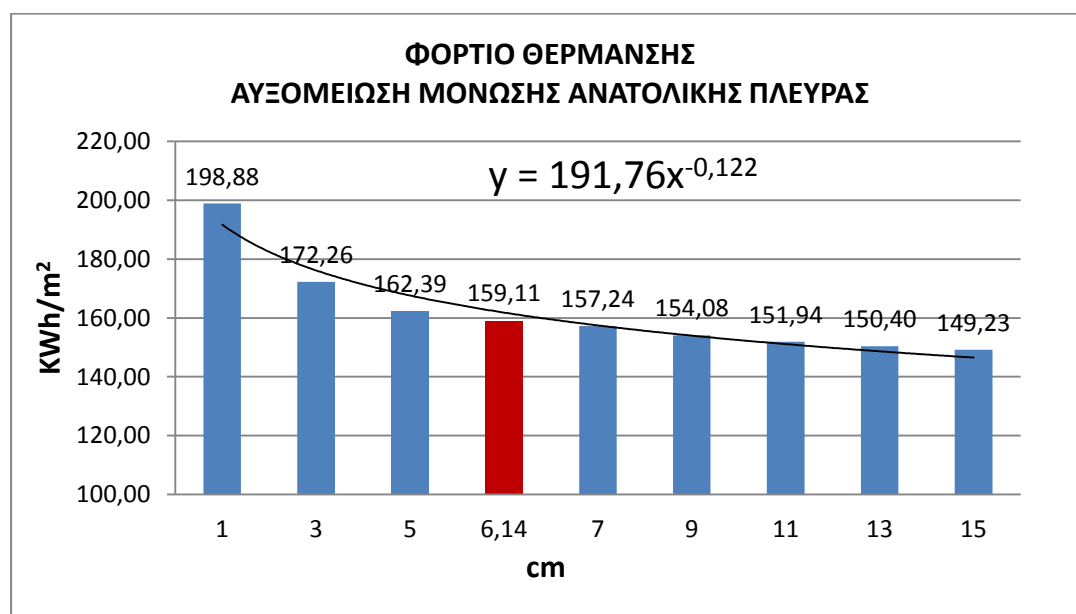


**Διάγραμμα 57:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής(9Χ9x3).

#### 4.1.8. Σενάριο 2β Επίδραση μόνωσης ανά προσανατολισμό, και οροφής για την Θεσσαλονίκη ζώνη Γ, διαμερίσματος 4X20,3x3.

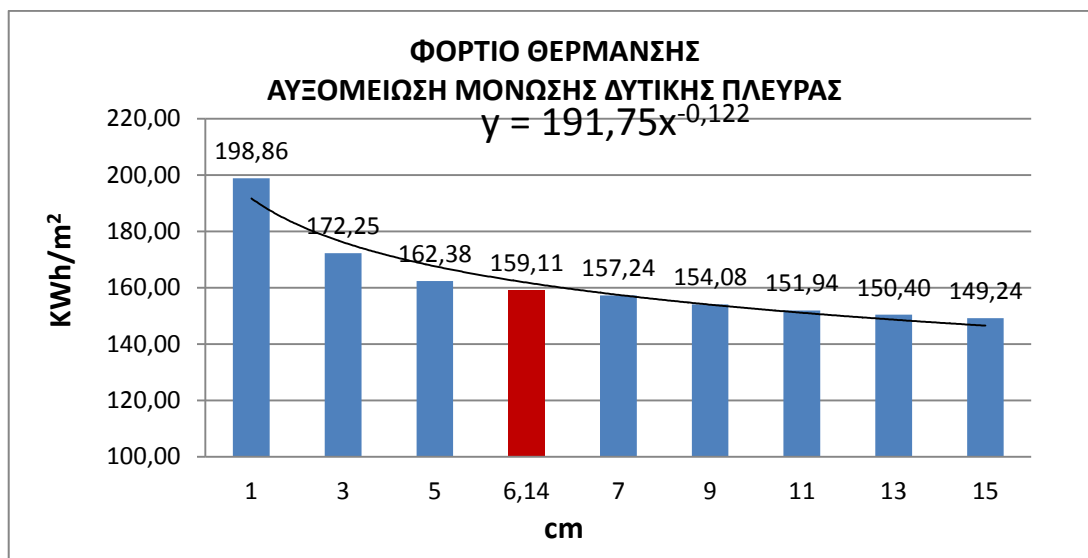
Για την Θεσσαλονίκη κλιματική ζώνη Γ, και το διαμέρισμα γεωμετρίας 4X20,3X3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την θέρμανση για όλους τους προσανατολισμούς, έδειξαν όπως ήταν αναμενόμενο ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, ενώ με την αύξηση της και σε σχέση με το σημείο αναφοράς, υπάρχουν μειώσεις όχι όμως σημαντικές. Επίσης παρατηρείτε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις απαιτήσεις μεταξύ των προσανατολισμών όπως θα περιμέναμε. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 58-59-60-61.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 58 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 24,99%, για 3cm 8,26% και στα 5cm 2,06%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,18%, για 9cm 3,17%, για 11cm 4,51%, για 13cm 5,48% και για 15cm μείωση είναι 6,21%.



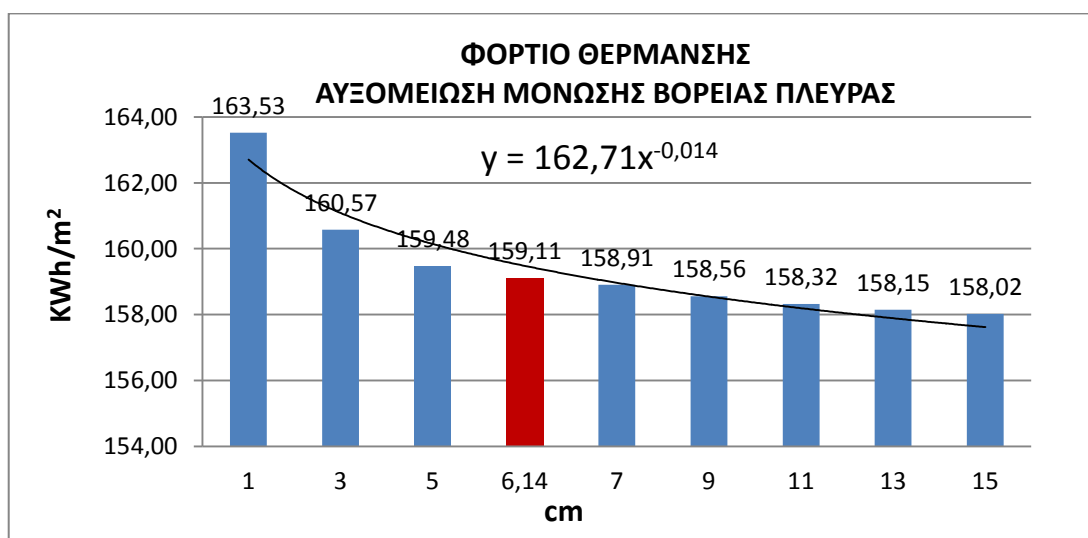
Διάγραμμα 58: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4X20,3x3).

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 59 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 24,98%, για 3cm 8,26% και στα 5cm 2,06%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 1,18%, για 9cm 3,16%, για 11cm 4,51%, για 13cm 5,48% και για 15cm η μείωση είναι 6,21%.



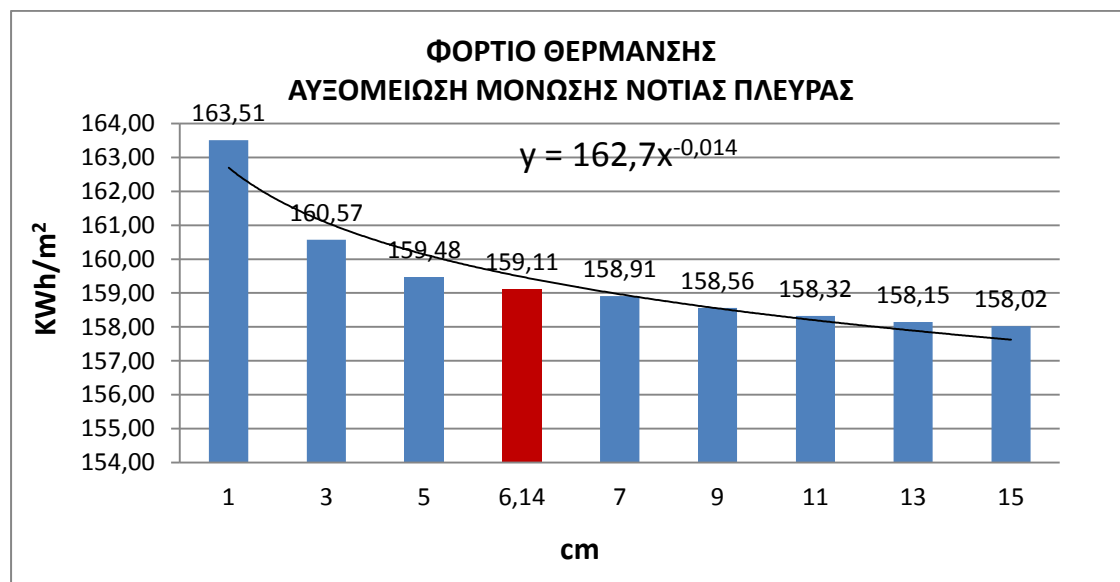
**Διάγραμμα 59: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4X20,3x3).**

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 60 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,77%, για 3cm 0,92% και στα 5cm 0,23%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,13%, για 9cm 0,35%, για 11cm 0,50%, για 13cm 0,61% και για 15cm η μείωση είναι 0,69%.



**Διάγραμμα 60: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).**

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 61 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 2,76%, για 3cm 0,91% και στα 5cm 0,23%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,13%, για 9cm 0,35%, για 11cm 0,50%, για 13cm 0,61% και για 15cm η μείωση είναι 0,69%.

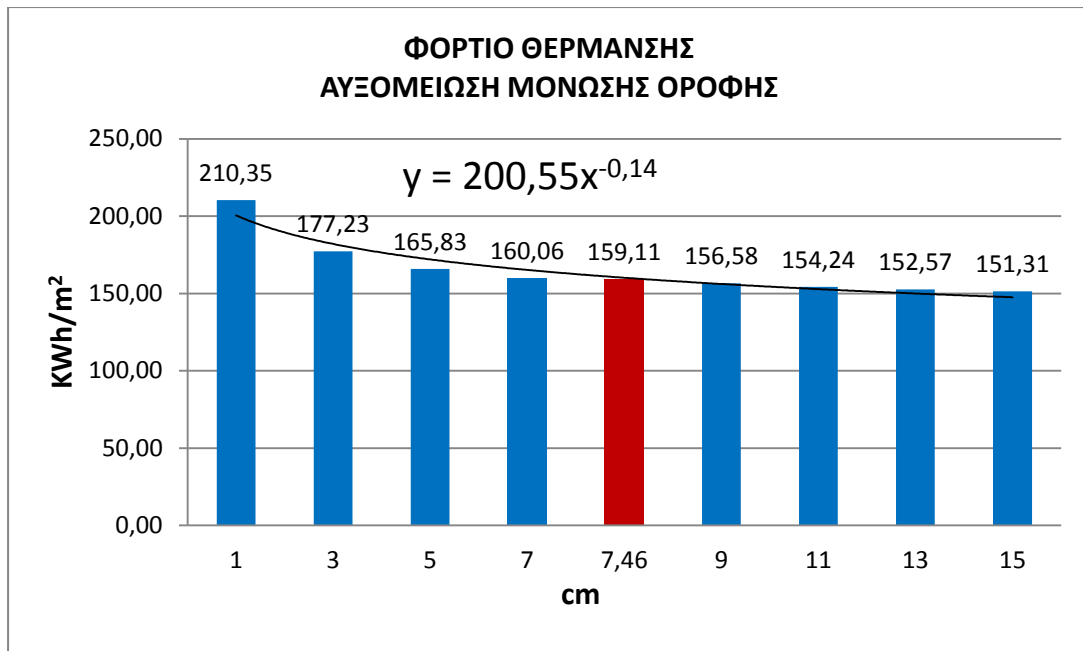


**Διάγραμμα 61: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).**

Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Γ του διαμερίσματος 4X20,3x3, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

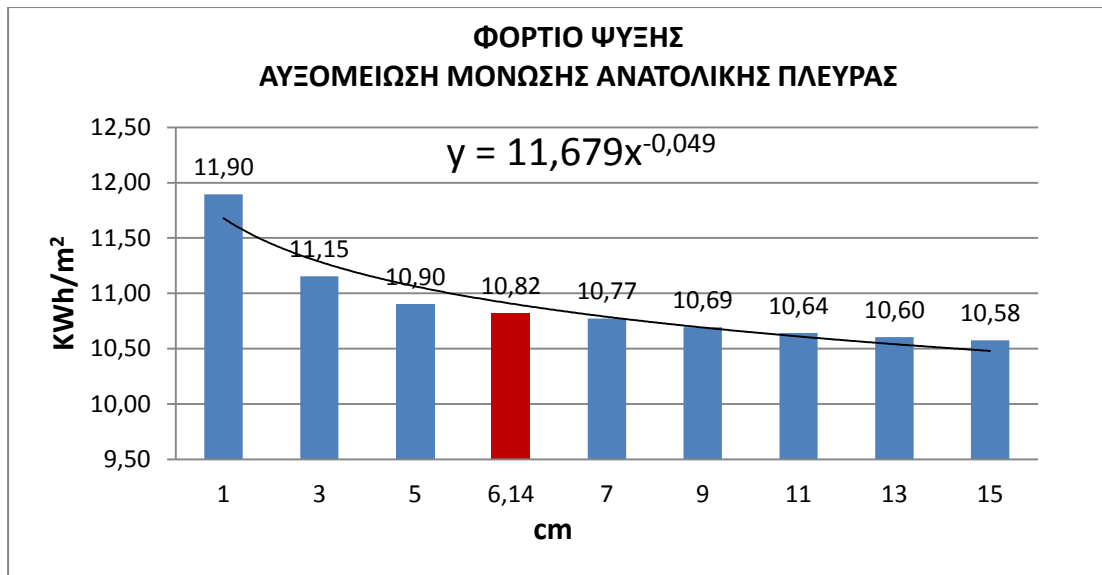
Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 62 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (7,46 cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 31,42%, για 3cm 10,72% και στα 5cm 3,60%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,59%, για 9cm 2,18%, για 11cm 3,64%, για 13cm 4,68% και για 15cm η μείωση είναι 5,46%.



**Διάγραμμα 62: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής (4Χ20,3x3).**

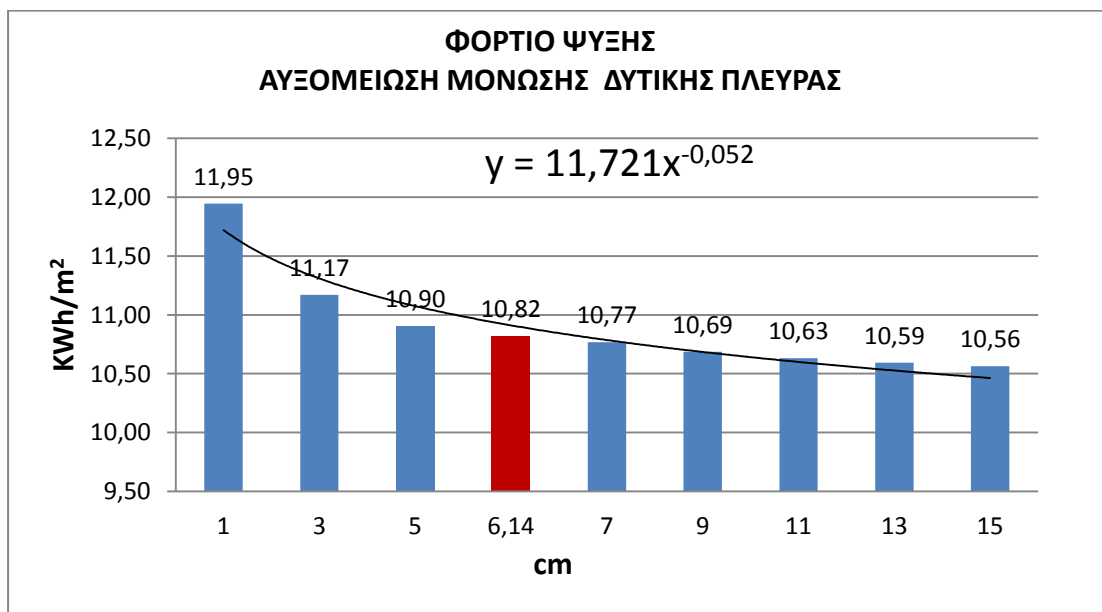
Αντίστοιχα για την Θεσσαλονίκη κλιματική ζώνη Γ και το διαμέρισμα γεωμετρίας 4Χ20,3x3, τα αποτελέσματα της επίδρασης του πάχους μόνωσης για την ψύξη και για όλους τους προσανατολισμούς έδειξαν όπως ήταν αναμενόμενο ότι όταν μειώνεται η μόνωση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις όχι όμως στο μέγεθος της θέρμανσης, καθώς και με την αύξηση της μόνωσης οι απαιτήσεις μειώνονται ελάχιστα. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στα παρακάτω Διαγράμματα 63-64-65-66.

Συγκεκριμένα για την ανατολική πλευρά Διάγραμμα 63 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14 cm), μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την ψύξη είναι για 1cm 9,96%, για 3cm 3,11% και στα 5cm 0,76%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων ψύξης υπολογίστηκε για 7cm 0,43%, για 9cm 1,14%, για 11cm 1,62%, για 13cm 1,97% και για 15cm η μείωση είναι 2,23%.



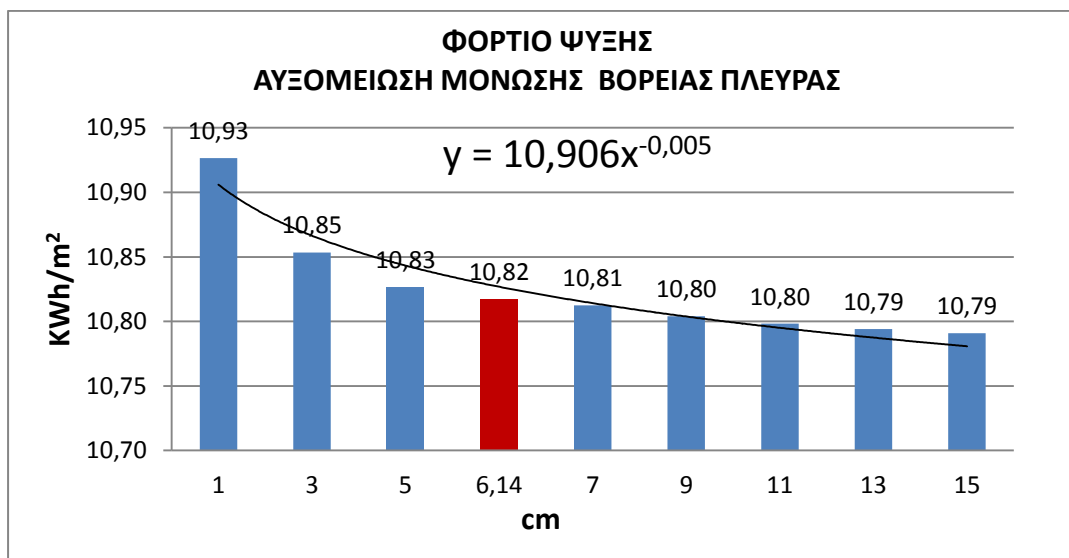
**Διάγραμμα 63:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της ανατολικής πλευράς (4Χ20,3x3).

Για την δυτική πλευρά Διάγραμμα 64 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 10,43%, για 3cm 3,27% και στα 5cm 0,80%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,45%, για 9cm 1,21%, για 11cm 1,72%, για 13cm 2,08% και για 15cm η μείωση είναι 2,36%.



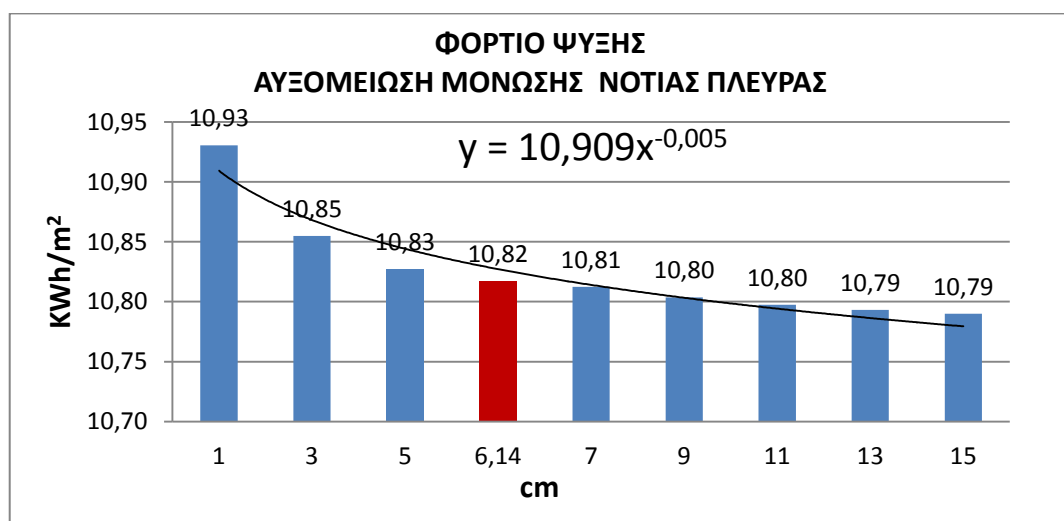
**Διάγραμμα 64:** Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της δυτικής πλευράς (4Χ20,3x3).

Για την βόρεια πλευρά Διάγραμμα 65 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 1,01%, για 3cm 0,33% και στα 5cm 0,08%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,05%, για 9cm 0,13%, για 11cm 0,18%, για 13cm 0,22% και για 15cm η μείωση είναι 0,25%.



**Διάγραμμα 65: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας πλευράς (4X20,3x3).**

Για την Νότια πλευρά Διάγραμμα 66 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (6,14cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων είναι για 1cm 1,04%, για 3cm 0,34% και στα 5cm 0,09%. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 7cm 0,05%, για 9cm 0,13%, για 11cm 0,19%, για 13cm 0,23% και για 15cm η μείωση είναι 0,26%.



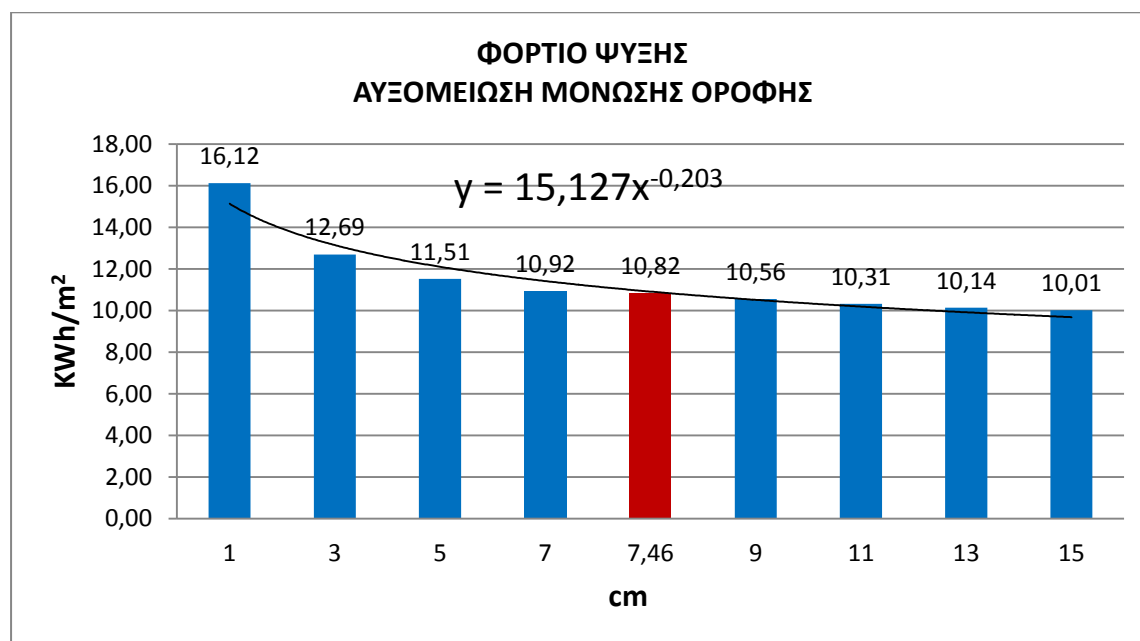
**Διάγραμμα 66: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της νότιας πλευράς (4X20,3x3).**



Επαναλαμβάνοντας εκ' νέου την ίδια διαδικασία για την ζώνη Β, έχοντας δηλαδή σταθερά τα δεδομένα των περιμετρικών δομικών στοιχείων αυτή τη φορά (κτηρίου αναφοράς), και αυξομειώνοντας το πάχος μόνωσης της οροφής, παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης με τη μείωση της μόνωσης αυξάνονται όπως είναι αναμενόμενο, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό όμως σε σχέση με την ανάλογη μείωση των περιμετρικών πλευρών όλων των προσανατολισμών. Αντίστοιχα με την αύξηση της μόνωσης μετά το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό και εδώ σε σχέση με την ανάλογη μείωση όλων των περιμετρικών δομικών στοιχείων που μελετήσαμε παραπάνω.

Αυτό δείχνει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης στην αυξομείωση της μόνωσης την έχει η οροφή.

Συγκεκριμένα για την οροφή, Διάγραμμα 67 σε σχέση με το σημείο αναφοράς (7,46cm) μειώνοντας την μόνωση η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων υπολογίστηκε για 1cm 49,03%, για 3cm 17,33% για 5cm 6,42% και για 7cm 0,90%,. Ενώ αντίστοιχα κατά την αύξηση της μόνωσης η μείωση των απαιτήσεων υπολογίστηκε για 9cm 2,43%, για 11cm 4,66%, για 13cm 6,26% και για 15cm η μείωση είναι 7,46%.



**Διάγραμμα 67: Επίδραση ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης αυξομειώνοντας την μόνωση της οροφής(4Χ20,3x3).**

## 5. Συμπεράσματα.

Στόχος της εργασίας είναι να αναδείξουμε την σημασία της θερμικής μόνωσης των δομικών στοιχείων, ως προς τις ενεργειακές απαιτήσεις μίας κατοικίας για την περίοδο της θέρμανσης και της ψύξης. Αναδεικνύουμε το ποσοστό επίδρασης σε μη θερμικά μονωμένης κατοικίας έναντι μονωμένης, καθώς και την επίδραση της μόνωσης ανάλογα το πάχος της για όλες τις όψεις της κατοικίας, για δύο κλιματικές ζώνες Β και Γ καθώς και για δύο γεωμετρίες της κατοικίας για τα ίδια τετραγωνικά επιφάνειας δαπέδου.

- ✚ Τα αποτελέσματα για την αξιολόγηση και την αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης, συγκρίνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας με και χωρίς θερμομόνωση, καθώς και την επίδραση της ανάλογα το πάχος της έδειξαν:

Για την κατοικία στην περιοχή Αθήνας κλιματική ζώνη Β και γεωμετρίας (9Χ9x3) 81m<sup>2</sup> Σενάριο 1α,

- Οι ετήσιες απαιτήσεις θέρμανσης χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 20857 KWh. Οι απαιτήσεις θέρμανσης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 54% περίπου, ενώ με πάχος (5,3cm τοιχοποιίες και 6,4 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις θέρμανσης μειώθηκαν κατά 63% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των θερμικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1,5% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.
- Οι ετήσιες ψυκτικές απαιτήσεις χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 3078 KWh. Οι απαιτήσεις ψύξης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 48% περίπου, ενώ με πάχος (5,3cm τοιχοποιίες και 6,4 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις ψύξης μειώθηκαν κατά 56% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των ψυκτικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1,5% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.

Για την κατοικία στην περιοχή Αθήνας κλιματική ζώνη Β και γεωμετρίας (4X20,3x3) 81m<sup>2</sup> Σενάριο 1β,

- Οι ετήσιες απαιτήσεις θέρμανσης χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 25501 KWh. Οι απαιτήσεις θέρμανσης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 55% περίπου, ενώ με πάχος (5,3cm τοιχοποιίες και 6,4 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις θέρμανσης μειώθηκαν κατά 64% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των θερμικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1,6% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.
- Οι ετήσιες ψυκτικές απαιτήσεις χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 3078 KWh. Οι απαιτήσεις ψύξης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 48% περίπου, ενώ με πάχος (5,3cm τοιχοποιίες και 6,4 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις ψύξης μειώθηκαν κατά 56% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των ψυκτικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1,5% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.

Για την κατοικία στην περιοχή Θεσσαλονίκης κλιματική ζώνη Β και γεωμετρίας (9X9x3) 81m<sup>2</sup> Σενάριο 1α,

- Οι ετήσιες απαιτήσεις θέρμανσης χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 30330 KWh. Οι απαιτήσεις θέρμανσης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 54% περίπου, ενώ με πάχος (6,14cm τοιχοποιίες και 7,46 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις θέρμανσης μειώθηκαν κατά 64% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των θερμικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1,5% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.

- Οι ετήσιες ψυκτικές απαιτήσεις χωρίς θερμομόνωση υπολογίστηκαν 2107 KWh. Οι απαιτήσεις ψύξης με χρήση της ελάχιστης σε πάχος μόνωσης που κατασκευάζεται (3cm σε τοιχοποιίες και οροφή) μειώθηκαν κατά 51% περίπου, ενώ με πάχος (6,14cm τοιχοποιίες και 7,46 οροφής), ώστε τα όρια θερμομόνωσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του κελύφους της κατοικίας να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός Κ.ΕΝ.Α.Κ. , οι απαιτήσεις ψύξης μειώθηκαν κατά 60% περίπου. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέραν του ορίου κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. επιφέρει ελάχιστη μείωση των ψυκτικών απαιτήσεων, με μέση μείωση 1% για κάθε 2 cm πρόσθετης μόνωσης μέχρι τα 15cm.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η γεωμετρία της κατοικίας έχει σημασία στις ενεργειακές απαιτήσεις, παρόλο που έχουν την ίδια επιφάνεια δαπέδου 81m<sup>2</sup>, καθώς οι απαιτήσεις θέρμανσης της κατοικίας (4X20,3x3) στην περίπτωση χωρίς μόνωση υπολογίστηκαν αυξημένες σε σχέση με την κατοικία (9X9x3) κατά 18,2%, με μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 16,4%, και με τα όρια θερμομόνωσης να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός η αύξηση είναι 15,7%. Για την ψύξη οι απαιτήσεις είναι αυξημένες κατά 10,3% στην περίπτωση χωρίς μόνωση, με την μόνωση (3cm) η αύξηση είναι 7% και με τα όρια θερμομόνωσης να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός η αύξηση είναι 6,2%.

- ✚ Τα αποτελέσματα για την αξιολόγηση της θερμικής μόνωσης, συγκρίνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας αυξομειώνοντας το πάχος της θερμομόνωσης ξεχωριστά για την κάθε μία όψη, αλλά και την οροφή, έχοντας στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία τα όρια θερμομόνωσης ώστε να είναι αυτά που ορίζει ο κανονισμός, μας δίνει την δυνατότητα για να δούμε ποια πλευρά της κατοικίας έχει την μεγαλύτερη επίδραση, έδειξαν:

Σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάσαμε την μεγαλύτερη επίδραση την έχει η οροφή, με τα μεγαλύτερα ποσοστά επίδρασης να δημιουργούνται κατά την μείωση της μόνωσης τόσο στην οροφή αλλά και σε όλες τις όψεις της κατοικίας. Μείωση πάχους κάτω των ορίων θερμομόνωσης που ορίζει ο κανονισμός επιδράει αρνητικά αυξάνοντας σε μεγάλο ποσοστό τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες, ενώ η αύξηση της μόνωσης πέραν του ορίου του κανονισμού έχει μικρό ποσοστό μείωσης τόσο των θερμικών αλλά και ψυκτικών αναγκών. Από τα αποτελέσματα που εξάγαμε φαίνεται ότι μείωση πέραν των ορίων του κανονισμού επιδράει περισσότερο κατά

την θέρμανση στη ψυχρότερη περιοχή, αυτή της Θεσσαλονίκης στην κλιματική ζώνη Γ.

Για τις περιπτώσεις αυξομείωσης της μόνωσης ανά προσανατολισμό για τις δύο κλιματικές ζώνες στην θέρμανση τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

Κατά την μείωση της μόνωσης πέραν του ορίου του κανονισμού στην ανατολική και δυτική πλευρά, μεγαλύτερη επίδραση υπάρχει κατά την μείωση της μόνωσης στο διαμέρισμα ορθογώνιας γεωμετρίας, ενώ αντίθετα αυξομειώνοντας την μόνωση της βόρειας και νότιας πλευράς παρατηρούμε ότι μεγαλύτερη επίδραση υπάρχει κατά την μείωση της μόνωσης στο διαμέρισμα τετράγωνης γεωμετρίας. Αντίστοιχα αποτελέσματα είχαμε και στην περίπτωση της ψύξης αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό από ότι στη θέρμανση.

Κατά την αύξηση της μόνωσης πέραν του ορίου σε όλες τις περιπτώσεις και προσανατολισμούς δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές όπως θα περιμέναμε, ωστόσο πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για τη κατοικία που εξετάζουμε σε όλες τις περιπτώσεις είναι μικρές.

Σίγουρα αξίζει να μελετηθεί για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, οι περιπτώσεις όπου το κτήριο έχει μεγάλες διαστάσεις άρα και μεγαλύτερες επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Στις περιπτώσεις αυτές ίσως αξίζει να τοποθετηθεί διαφορετικό πάχος μόνωσης σε κάποιον προσανατολισμό, μεγαλύτερο από αυτό που ορίζει ο κανονισμός, αλλά η υλοποίηση των επιδιώξεων αυτών θα πρέπει να γίνεται μόνο αν οι λειτουργικές δαπάνες και το κόστος επένδυσης δεν επιδρούν απαγορευτικά για τους χρήστες και σίγουρα θα πρέπει να γίνεται τεχνοοικονομική μελέτη.

## 6. Βιβλιογραφία

[1] EU (2010) “Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast),” *Official Journal of the European Union*, pp. 13–35.

[2] Commission, European. The Directorate-General for Energy. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-effic>.

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

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

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

[6] E. Rodrigues, M. S. Fernandes, N. Soares, Á. Gomes, A. R. Gaspar, and J. J. Costa, “The potential impact of low thermal transmittance construction on the European design guidelines of residential buildings,” *Energy Build.*, vol. 178, pp. 379–390, 2018, doi:10.1016/j.enbuild.2018.08.009.

[7] K. M. S. Chvatal and H. Corvacho, “The impact of increasing the building envelope insulation upon the risk of overheating in summer and an increased energy consumption,” *J. Build.Perform. Simul.*, vol. 2, no. 4, pp. 267–282, 2009, doi: 10.1080/19401490903095865.

[8] Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2013. Δελτίο Τύπου – Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: [http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SFA40/-](http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SFA40/)

[9] ΕΛΣΤΑΤ, 2013, ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ, 2011-2012.

[10] Δρούτσα, Κ. Γ., Κοντογιαννίδης, Σ., Δασκαλάκη, Ε. Γ., & Μπαλαράς, Κ. Α. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΩΝ

[11] <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria>

[12] EU Commission and Parliament, Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD Recast

[13] Ελλάδα, Τ. Ε. (2011). Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό, Α. Επιθεώρηση κτηρίων, Θεματική ενότητα ΔΚ3/ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ/Έκδοση/Αθήνα, Ιούνιος

[14] ASHRAE Handbook “Fundamentals”. American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2005.

[15]Gaglia, Athina G., Spyros Lykoudis, Athanassios A. Argiriou, Constantinos A. Balaras, και Evangelos Dialynas. ‘Energy efficiency of PV panels under real outdoor conditions—An experimental assessment in Athens, Greece’. Renewable Energy 101 (Φεβρουάριος 2017): 236–43. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.08.051>.

[16] ΕΤΗΣΙΑ\_ΕΚΘΕΣΗ\_ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ\_ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ Υπουργείου περιβάλλοντος και ανάπτυξης 30/6/2020

[17] Τ.Ε.Ε, Τ. Ε. (2011) Θεσμικό πλαίσιο-Μεθοδολογία ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

[18]Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2010, “*Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτηρίων*” Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Αθήνα.

[19] Κ.Εν.Α.Κ. ,2010. Εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β’ 407) «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων»

[20] Antoniadou, P., and Papadopoulos, A.M., 2017, “Occupant’s thermal comfort: State of the art and the prospects of personalized assessment in office buildings,” Energy and Buildings, 153, pp. 136 – 149.

[21] European Union, 2018, “Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy

performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency,” Official Journal of the European Union, 156, pp.75-91.

[22] CEN (European Committee for Standardization), 2019, “EN 16798-1: Energy performance of buildings – Ventilation for buildings. Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.”

[23] CEN (European Committee for Standardization), 2018, “EN 12665: Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements.”

[24] CEN (European Committee for Standardization), 2007, “EN 13779: Ventilation for nonresidential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.”

[25] ANSI/ASHRAE, 2019, “Standard 62.1-2019: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality,” American Society of heating, refrigerating and air conditioning engineers.

[26] ΤΟΤΕΕ 20701-4/2017 ΟΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΙΘΕΡΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ και ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ γ έκδοση.

[27] (Πρότυπο ASHRAE 62.1, 2013) Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

[28] Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

[29] ANSI/ASHRAE 55:2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

[30] Fanger, P.O. (1970). Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw Hill.

[31] ΤΕΕ 2011 Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό.

[32] Mumovic, D. and Santamouris, M. (2009). A handbook of sustainable building design& engineering. London: Earthscan.

[33] de Dear, R.J. and Brager, G.S. (1998) Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference.

[34] ΕΛΟΤ 1501-03-06-02-02:2009 Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων.

[35] ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού της Κυπριακής Δημοκρατίας (2010), «ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ», 2η έκδοση

[36] Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης (εγχειρίδιο ΚΑΠΕ)

[37] Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-1/2010.

[38] Furundzic, A. K., Kosoric, V., & Golic, K. (2012). Potential for reduction of CO2 emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment. Sustainable Cities and Society, 2(1), 50-62.

[39] EnergyHUB for ALL, Ενεργειακή Κατανάλωση κτηρίων, Κ.Α.Π.Ε., Πικέρμι, 2017.



[40] Έκθεση του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος Αθήνα, Μάρτιος 2021.

[41] ΚΑΠΕ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ, 2011-2012.

[43] Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την ανακαίνιση του δημόσιου και ιδιωτικού κτηριακού αποθέματος Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας Αθήνα, Μάρτιος 2021

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

[45] Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 (β' έκδοση), ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 (α' έκδοση), ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 (β' έκδοση), ΤΟΤΕΕ 20701- 4/2010 (β' έκδοση)

[46] Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ. ) – ΦΕΚ Β(407)