



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε τυπική κατοικία στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, με εφαρμογή μεθόδου των βαθμοημερών ψύξης και θέρμανσης»

Κοτάκης Βασίλης Α.Μ.: 272017060

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Μουστρής Κωνσταντίνος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Μουστρής Κωνσταντίνος	
Σπυρόπουλος Γεώργιος	
Ζαφειράκης Δημήτριος	

Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κοτάκης Βασίλης του Κυριάκου, με αριθμό μητρώου 272017060 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και πως κάθε βοήθεια στην οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένης και αναφέρεται στην εργασία. 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 εμένα 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


Κοτάκης Βασίλης

Ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία αποτελεί το τελευταίο βήμα σπουδών ενός φοιτητή. Αποτελεί μια εργασία στην οποία ο φοιτητής ξεδιπλώνει τις γνώσεις του για ένα θέμα που τον ενδιαφέρει. Στη δική μου περίπτωση, Προκειμένου να φτάσει σε αυτό το τελευταίο βήμα ένας φοιτητής ατελείωτες ώρες δουλειάς με πολλές εργασίες και εξεταστικές δαπανήθηκαν. Σε αυτό το μακρύ ταξίδι είχα την τιμή να συνεργαστώ με αρκετούς ανθρώπους που με βοήθησαν σε όλη την φοιτητική μου ζωή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Μουστρή Κωνσταντίνο που με ανέλαβε σε αυτή τη διπλωματική εργασία για τη βοήθεια και την επίβλεψή του προκειμένου να κατανοήσω καλύτερα το θέμα και να υλοποιήσω την εργασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που ήταν πάντα δίπλα μου, πίστευε σε μένα και με στήριξε σε όλη την πορεία των σπουδών μου.

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα αντλήσουμε από δέκα (10) μετεωρολογικούς σταθμούς σε διάφορες περιοχές της Θεσσαλονίκης τα δεδομένα για βαθμομέρες ψύξης και θέρμανσης για κάθε μία. Οι τιμές θα συλλεχθούν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και θα δείξουν τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για μια κατοικία. Οι τιμές αυτές θα εφαρμοστούν σε μια μονοκατοικία σε κάθε μία από τις δέκα εξεταζόμενες περιοχές. Επειδή η διπλωματική αυτή αναφέρεται σε κτίρια, θα μας απασχολήσουν και τα ενεργειακά κτίρια. Θα γίνει, λοιπόν, ανάλυση τόσο και στη θερμομονωτική επάρκεια της μονοκατοικίας που έχει επιλεγεί με την απαραίτητη μεθοδολογία και τα απαραίτητα σκαριφήματα προκειμένου να έχουμε μια απεικόνιση του προς μελέτη κτιρίου. Η μελέτη χωρίζεται σε δύο περιπτώσεις, όπου η πρώτη αναφέρεται σε μία τυπική θερμομόνωση που χαρακτηρίζει ένα κέλυφος της επικράτειας και η δεύτερη περίπτωση όπου στην κατοικία έχει γίνει μια ριζική ανακαίνιση στη θερμομόνωση. Για τις βαθμομέρες ψύξης και θέρμανσης θα ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που θα αναλυθεί εκτενώς. Οι υπολογισμοί που θα προκύψουν θα δείξουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Επομένως, για να γίνει ολοκληρωμένη η ανάλυση θα παρουσιαστούν αναλυτικά μεθοδολογία, πίνακες και διαγράμματα. Τέλος, θα βρεθεί ένα οικονομικό κόστος για κάθε έναν από τους εξεταζόμενους σταθμούς σε κάθε περίπτωση.

Λέξεις κλειδιά: Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, Ενεργειακά κτίρια, Οικονομικό κόστος, Θεσσαλονίκη

Abstract

In this particular thesis we will draw the data from ten (10) meteorological stations in various areas of Thessaloniki for cooling and heating degree days for each one. The values will be collected by the National Observatory of Athens and will show the energy demand for heating and cooling for a residence. These values will be applied to a detached house in each of the ten areas considered. Since this diplomacy refers to buildings, we will also be concerned with energy buildings. Therefore, there will be an analysis of the thermal insulation adequacy of the single-family house that has been selected with the necessary methodology and the necessary sketches in order to have an illustration of the building to be studied. The study is divided into two cases, where the first refers to a typical thermal insulation that characterizes a building of the territory of Greece and the second case where the residence has undergone a radical renovation in the thermal insulation. For the cooling and heating degree days, a specific methodology will be followed which will be analyzed extensively. The resulting calculations will show the energy needs of the building. Therefore, to complete the analysis, methodology, tables and diagrams will be presented in detail. Finally, a financial cost will be found for each of the examined stations for each case.

Key words: Heating and cooling degree days, Energy buildings, Economic cost, Thessaloniki

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	6
1. Εισαγωγή.....	11
1.1. Γενικά εισαγωγικά	11
1.1.1. Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης.....	11
1.1.2. Θερμομόνωση.....	13
1.2. Τρέχουσα τεχνολογική στάθμιση	15
1.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	15
1.3.1. Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης.....	15
1.3.1.1. Ωριαία δεδομένα	15
1.3.1.2. Μοντέλο UKMO	16
1.3.1.3. Μέθοδος ASHRAE	17
1.3.1.4. Μέθοδος Hitchin	17
1.3.2. Θερμομονωτική επάρκεια	17
1.4. Τεκμηρίωση έρευνας.....	18
2. Μεθοδολογία	19
2.1. Μεθοδολογική προσέγγιση και παραδοχές.....	19
2.1.1. Ενεργειακή κατανάλωση.....	21
2.1.1.1. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση.....	21
2.1.1.2. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη	22
2.1.1.3. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας	22
2.1.1.4. Οικονομικό κόστος.....	23
2.1.2. Θερμική ανάλυση	23
2.1.2.1. Αδιαφανή στοιχεία	23
2.1.2.2. Διαφανή στοιχεία	24
2.2. Ερευνητική υποδομή.....	25
2.3. Μελέτη περίπτωσης	25
2.3.1. Κάτοψη.....	26
2.3.2. Βόρεια πλευρά	28
2.3.3. Νότια πλευρά.....	28
2.3.4. Δυτική πλευρά	29
2.3.5. Ανατολική πλευρά	29
2.3.6. Πρώτη περίπτωση.....	30
2.3.6.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία	30
2.3.6.2. Διαφανή δομικά στοιχεία.....	32
2.3.7. Δεύτερη περίπτωση.....	32
2.3.7.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία	32

2.3.7.2. Διαφανή δομικά στοιχεία.....	35
3. Αναμενόμενα αποτελέσματα και ανάλυση	35
3.1. Πρώτη περίπτωση	37
3.1.1. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη για την πρώτη περίπτωση	37
3.1.2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για την πρώτη περίπτωση.....	39
3.1.3. Οικονομικό κόστος πρώτης περίπτωσης.....	40
3.1.4. Θερμική ανάλυση για την πρώτη περίπτωση	41
3.1.4.1. Αδιαφανή στοιχεία	41
3.1.4.2. Διαφανή στοιχεία	42
3.2. Δεύτερη περίπτωση.....	43
3.2.1. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη για τη δεύτερη περίπτωση.....	43
3.2.2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για τη δεύτερη περίπτωση.....	45
3.2.3. Οικονομικό κόστος δεύτερης περίπτωσης	46
3.2.4. Θερμική ανάλυση για τη δεύτερη περίπτωση	46
3.2.4.1. Αδιαφανή στοιχεία	47
3.2.4.2. Διαφανή στοιχεία	48
3.3. Συγκρίσεις δύο περιπτώσεων	49
3.3.1. Σύγκριση μέσω πινάκων	50
3.3.2. Σύγκριση μέσω διαγραμμάτων.....	53
4. Συμπεράσματα.....	59
5. Βιβλιογραφία	62

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των δέκα (10) σταθμών	19
Πίνακας 2. Χρονική περίοδο συλλογής τιμών των δέκα (10) σταθμών	20
Πίνακας 3. Αρχικά δεδομένα της οροφής	30
Πίνακας 4. Αρχικά δεδομένα της εξωτερικής τοιχοποιίας.....	31
Πίνακας 5. Αρχικά δεδομένα του περιμετρικού δοκαριού	31
Πίνακας 6. Αρχικά δεδομένα δαπέδου.....	32
Πίνακας 7. Δεδομένα της οροφής μετά την ανακαίνιση.....	33
Πίνακας 8. Δεδομένα της εξωτερικής τοιχοποιίας μετά την ανακαίνιση	33
Πίνακας 9. Δεδομένα του περιμετρικού δοκαριού μετά την ανακαίνιση	34
Πίνακας 10. Δεδομένα δαπέδου μετά την ανακαίνιση	34
Πίνακας 11. Αποτελέσματα βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης.....	35
Πίνακας 12. Πραγματική κλιματική ζώνη κάθε περιοχής	36
Πίνακας 13. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση στην πρώτη περίπτωση	37

Πίνακας 14. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη στην πρώτη περίπτωση	38
Πίνακας 15. Απαίτηση σε BTU για κάθε χώρο.....	38
Πίνακας 16. Συνολική απαίτηση κάθε χώρου σε cfm.....	39
Πίνακας 17. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στην πρώτη περίπτωση	39
Πίνακας 18. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη στην πρώτη περίπτωση.....	40
Πίνακας 19. Κόστος πρωτογενούς ενέργειας στην πρώτη περίπτωση	40
Πίνακας 20. Αποτελέσματα δεδομένων οροφής πρώτης περίπτωσης.....	41
Πίνακας 21. Αποτελέσματα δεδομένων εξωτερικής τοιχοποιίας πρώτης περίπτωσης	41
Πίνακας 22. Αποτελέσματα δεδομένων του περιμετρικού δοκαριού πρώτης περίπτωσης	41
Πίνακας 23. Αποτελέσματα δεδομένων του δαπέδου πρώτης περίπτωσης	42
Πίνακας 24. Χαρακτηριστικά δεδομένων πόρτας πρώτης περίπτωσης.....	42
Πίνακας 25. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τα παράθυρα πρώτης περίπτωσης.....	42
Πίνακας 26. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τη μπαλκονόπορτα πρώτης περίπτωσης.....	43
Πίνακας 27. Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης πρώτης περίπτωσης	43
Πίνακας 28. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση στη δεύτερη περίπτωση.....	44
Πίνακας 29. Ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη στη δεύτερη περίπτωση	44
Πίνακας 30. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στη δεύτερη περίπτωση.....	45
Πίνακας 31. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη στη δεύτερη περίπτωση	45
Πίνακας 32. Κόστος πρωτογενούς ενέργειας στη δεύτερη περίπτωση	46
Πίνακας 33. Σύγκριση αποτελεσμάτων πρώτης περίπτωσης με τα μέγιστα επιτρεπτά όρια.....	47
Πίνακας 34. Αποτελέσματα δεδομένων οροφής δεύτερης περίπτωσης	47
Πίνακας 35. Αποτελέσματα δεδομένων εξωτερικής τοιχοποιίας δεύτερης περίπτωσης	48
Πίνακας 36. Αποτελέσματα δεδομένων του περιμετρικού δοκαριού δεύτερης περίπτωσης.....	48
Πίνακας 37. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τα παράθυρα δεύτερης περίπτωσης	48
Πίνακας 38. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τη μπαλκονόπορτα δεύτερης περίπτωσης	49
Πίνακας 39. Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης δεύτερης περίπτωσης.....	49
Πίνακας 40. Απευθείας σύγκριση θερμικών αποτελεσμάτων των δύο περιπτώσεων	50
Πίνακας 41. Απευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης πρώτης και δεύτερης περίπτωσης	51
Πίνακας 42. Απευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων πρωτογενούς ενέργειας πρώτης και δεύτερης περίπτωσης	51
Πίνακας 43. Απευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων οικονομικού κόστους πρώτης και δεύτερης περίπτωσης	52
Πίνακας 44. Ετήσιο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο.....	52
Πίνακας 45. Ετήσια εξοικονόμηση κόστους από τις δύο περιπτώσεις.....	52
Πίνακας 46. Ημερήσια εξοικονόμηση κόστους από τις δύο περιπτώσεις	53

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.....	13
Εικόνα 2. Μετεωρολογικοί σταθμοί της Θεσσαλονίκης.....	20

Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.....36

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1. Κάτοψη κελύφους	27
Σχήμα 2. Το κέλυφος σε τρισδιάστατη μορφή	28
Σχήμα 3. Βόρεια πλευρά	28
Σχήμα 4. Νότια πλευρά	29
Σχήμα 5. Δυτική πλευρά	29
Σχήμα 6. Ανατολική πλευρά.....	29

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης	54
Διάγραμμα 2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (%) για θέρμανση (PECh) και ψύξη (PECc) για τις δέκα (10) περιοχές για την πρώτη περίπτωση	54
Διάγραμμα 3. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (%) για θέρμανση (PECh) και ψύξη (PECc) για τις δέκα (10) περιοχές για τη δεύτερη περίπτωση.....	55
Διάγραμμα 4. Απευθείας διαγραμματική σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη των δύο περιπτώσεων.....	56
Διάγραμμα 5. Οικονομικό κόστος (€) για τις (10) περιοχές για την πρώτη και τη δεύτερη περίπτωση	56
Διάγραμμα 6. Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο	57
Διάγραμμα 7. Εξοικονόμηση ημερήσιου κόστους (€) για τους δέκα (10) μετεωρολογικούς σταθμούς.....	57
Διάγραμμα 8. Σύγκριση αποτελεσμάτων θερμοπερατότητας με τα αντίστοιχα όρια της TOTEE για τις δύο περιπτώσεις	58

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά εισαγωγικά

Ξεκινώντας, η διπλωματική εργασία ως προς την εισαγωγή της θα χωριστεί σε δύο μέρη. Αυτό θα γίνει γιατί κάθε μέρος μελετάει διαφορετικά δεδομένα.

Αρχικά, θα γίνει μια εισαγωγή στις βαθμομημέρες θέρμανσης και ψύξης. Σε αυτή την εισαγωγή θα εξηγηθεί και θα αναλυθεί σε θεωρητικό επίπεδο τι σημαίνει ο ορισμός βαθμομημέρες όπως και μερικά άλλα εισαγωγικά στοιχεία.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο μέρος θα γίνει μια εισαγωγή στις θερμομονώσεις. Θα αναλυθεί το τι είναι η θερμομόνωση, που εφαρμόζεται και σε τι χρειάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

1.1.1. Βαθμομημέρες θέρμανσης και ψύξης

Σε μια εποχή όπου η ανάλυση και βελτιστοποίηση ενεργειακών κτιρίων δεσπόζει και εξελίσσεται μέρα με τη μέρα, αυτή η διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να κάνει σαφή την έννοια των βαθμομημερών ψύξης (BHΨ) και θέρμανσης (BHΘ) που έχουν άμεση σχέση με τα ενεργειακά κτίρια. Ένας από τους κλιματικούς δείκτες μιας περιοχής είναι οι βαθμομημέρες ψύξης και θέρμανσης. Η κλιματική αλλαγή παρατηρείται πως βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη και δίχως αμφιβολία θα συνεχίσει έτσι τις επόμενες δεκαετίες, ακόμη και σε περίπτωση που οι προσπάθειες που γίνονται για τον περιορισμό του φαινομένου είναι απολύτως επιτυχείς [1]. Με αυτή την παραδοχή, λοιπόν, είναι σημαντικό δείκτης οι βαθμομημέρες.

Αρχικά, ως προσδιοριστεί η έννοια των βαθμομημερών ψύξης και θέρμανσης. Οι βαθμομημέρες θέρμανσης (BHΘ) (με δείκτη HDD) δίνονται συνήθως από το ετήσιο άθροισμα των απωλειών της ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα από κάποια θερμοκρασία αναφοράς ή βάσης [2]. Αντίστοιχα, οι βαθμομημέρες ψύξης (BHΨ) (με δείκτη CDD) δίνονται συνήθως από το ετήσιο άθροισμα των απωλειών της ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα από κάποια βασική θερμοκρασία που θα μπορούσε να διαφέρει.

Γνωρίζοντας πλέον τι είναι οι βαθμομημέρες, θα αντληθούν πληροφορίες και τιμές που έχουν συλλεχθεί από τοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς για μια περιοχή της Ελλάδας μέσω του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών [3]. Οι τιμές αυτές επηρεάζονται από δύο βασικούς παράγοντες, όπως είναι η γεωγραφική θέση της εκάστοτε περιοχής αλλά και το υψόμετρο αυτής. Αυτές οι τιμές θα χρησιμοποιηθούν σε διάφορες περιοχές που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους και θα εφαρμοστούν σε μία πρότυπη μονοκατοικία με ανοίγματα και πόρτες χρησιμοποιώντας την Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) όπου θα προσδιοριστούν και οι απαραίτητες πρότυπες τιμές που χρειάζονται για τους υπολογισμούς [4]. Για να γίνει μια σύγκριση σε ίδιες παραμέτρους θα θεωρηθεί πως αυτή η μονοκατοικία παραμένει ίδια σε κάθε περιοχή. Η ευρύτερη περιοχή που θα εξεταστεί είναι αυτή της Θεσσαλονίκης. Οι βαθμομημέρες για την κατοικία θα δείξουν τις ενεργειακές απαιτήσεις για την κάθε περιοχή που ανήκει στον αντίστοιχο μετεωρολογικό σταθμό.

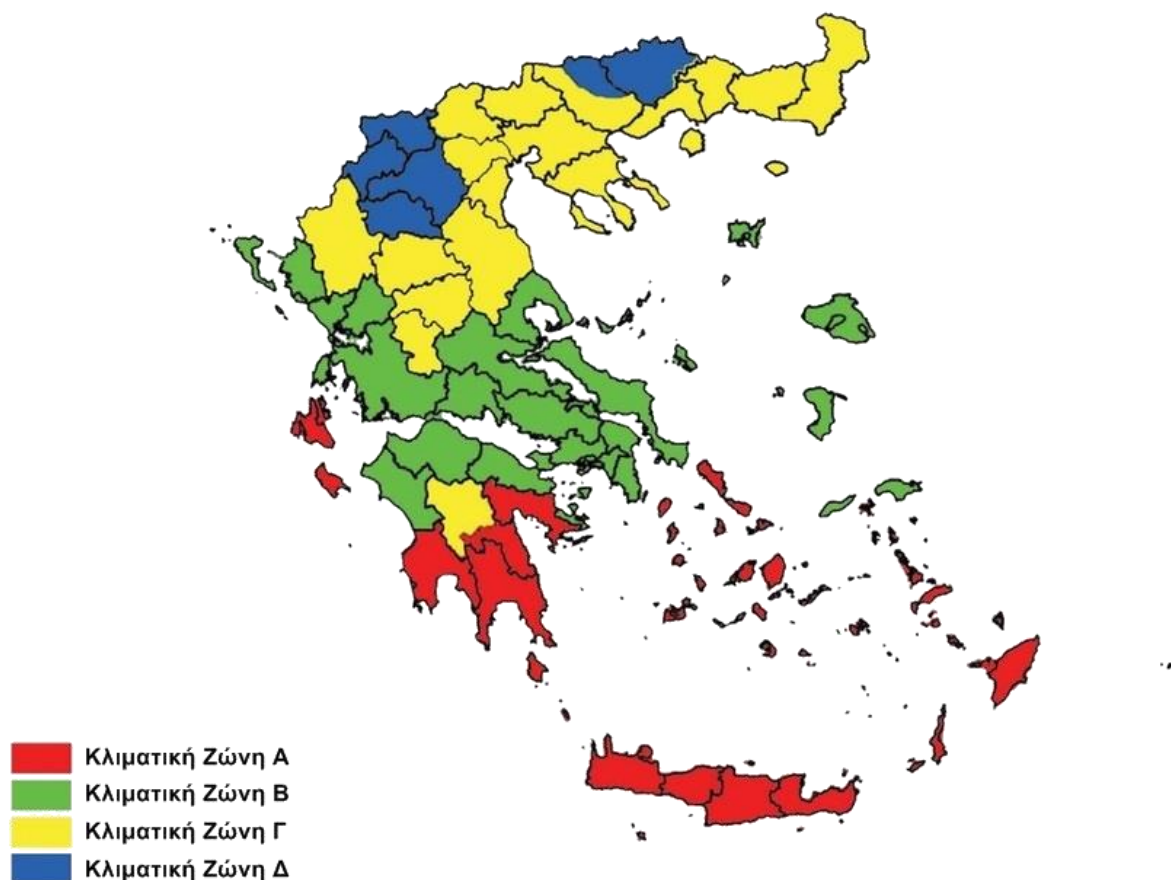
Όπως γίνεται αντιληπτό από τις ενεργειακές απαιτήσεις, σημαντικό είναι να προσδιοριστεί και ο παράγοντας της θερμικής άνεσης. Η θερμική άνεση, που συνήθως χαρακτηρίζεται από την άποψη της θερμικής αίσθησης και της ουδέτερης θερμοκρασίας, αντανακλάται από τις αντιλήψεις των

ανθρώπων για το θερμικό περιβάλλον και είναι ένας σημαντικός δείκτης της ποιότητας αυτού του περιβάλλοντος [5].

Η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζει τις διαφορετικές αντιλήψεις των ανθρώπων για το θερμικό περιβάλλον. Συνήθως αντιπροσωπεύεται από το Thermal Sensation Vote (TSV) και ποσοτικοποιείται μέσω ερωτηματολογίων [6].

Η ουδέτερη θερμοκρασία ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία το ανθρώπινο σώμα δεν αισθάνεται ούτε πολύ ζεστό ούτε πολύ κρύο σε μια δεδομένη τοποθεσία και μπορεί να υπολογιστεί μελετώντας και αναλύοντας το TSV με τον δείκτη θερμικού περιβάλλοντος [7]. Το θερμικό περιβάλλον και η θερμική προσαρμογή είναι δύο κυρίαρχοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση των κατοίκων και είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι [8, 9, 10]. Το θερμικό περιβάλλον αναφέρεται στις φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπου διαμένουν οι άνθρωποι και μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με παραμέτρους μικροκλίματος, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η ηλιακή ακτινοβολία [11]. Η θερμική προσαρμογή αναφέρεται στην ικανότητα του σώματος να προσαρμόζεται στο περιβάλλον θερμικό περιβάλλον και περιλαμβάνει ανθρώπινους φυσιολογικούς παράγοντες (μεταβολισμός, επίπεδο δραστηριότητας, ηλικία, φύλο, φυλή κ.λπ.), ψυχολογικούς παράγοντες (συνήθειες ζωής, προσδοκίες άνεσης κ.λπ.), και την ανθρώπινη συμπεριφορά (για παράδειγμα, άνοιγμα παραθύρων, παραμονή σε εσωτερικούς χώρους κ.λπ.) [12, 13]. Δεδομένου ότι η ψυχολογική προσαρμογή και η ανθρώπινη συμπεριφορά προσαρμόζονται ευκολότερα και είναι πιο ευέλικτα από τη φυσιολογική προσαρμογή, θεωρούνται γενικά οι δύο κυρίαρχοι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη θερμική άνεση. Στην προκειμένη διπλωματική εργασία δε θα εξεταστεί σε βάθος η θερμική άνεση ως προς τους παράγοντες που αναλύθηκαν παραπάνω, όμως, είναι σημαντικό να αναφερθεί, καθώς, η επεξεργασία και ο υπολογισμός τιμών θα επηρεάσουν σε ένα μικρό βαθμό τα τελικά συμπεράσματα.

Σημαντικό είναι να αναφερθούν οι κλιματικές ζώνες. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις (4) κλιματικές ζώνες οι οποίες προκύπτουν με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Αυτές είναι οι ζώνες Α', Β', Γ' και Δ'.



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας

Παρακάτω, θα παρουσιαστεί πίνακας που δείχνει πως διαχωρίζονται οι νομοί της Ελλάδας με βάση τη ζώνη, όπου θα προκύψει και το συμπέρασμα σε ποια ζώνη ανήκει ο εκάστοτε μετεωρολογικός σταθμός που μελετάται με βάση τις βαθμοημέρες του.

Αξίζει να αναφερθεί επίσης πως σε κάθε νομό της επικράτειας, για περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω [14].

Τέλος, με βάση τις θερμικές ανάγκες θα υπολογιστεί το ενδεικτικό ποσό που αυτές θα κοστίσουν για να καλυφθούν. Επομένως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ένας λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί σαν αναφορά για να γίνει ο οικονομικός υπολογισμός.

1.1.2. Θερμομόνωση

Η μόνωση είναι μία κατηγορία πολύ σημαντική και βρίσκει πολλαπλές εφαρμογές στα κτίρια και τα κελύφη. Μπορεί να εφαρμοστεί σε αδιαφανή στοιχεία – όπως είναι η οροφή, η εξωτερική τοιχοποιία, το περιμετρικό δοκάρι, το δάπεδο και η πόρτα – και διαφανή στοιχεία όπως είναι τα ανοίγματα. Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα γίνει ανάλυση ως προς την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιριακού κελύφους και τα μονωτικά υλικά αλλά και τα ανοίγματα. Όπου εξωτερική

τοιχοποιία περιλαμβάνονται και το περιμετρικό δοκάρι και οι θερμογέφυρες. Είναι αρκετά σημαντικό να υπάρχει καλή μόνωση σε ένα κτίριο καθώς έτσι μειώνονται (και ενίοτε λύνονται) προβλήματα όπως είναι η ενεργειακή εξάρτηση που υπάρχει όπως και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ξανά ο παράγοντας της θερμικής άνεσης. Γνωστό είναι πως το αποτέλεσμα της ενεργειακής αναβάθμισης θα είναι η θερμική άνεση.

- Όσον αφορά την ενεργειακή εξάρτηση, μιλάμε για ένα πρόβλημα που μαστίζει όλη την Ευρώπη, συνεπώς και την Ελλάδα. Ειδικότερα η ανάγκη για θέρμανση των κατοικιών στην Ελλάδα ανέρχεται στο 70% περίπου της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει συνεχή αύξηση, κυρίως λόγω της χρήσης κλιματιστικών, που έχει ως αποτέλεσμα εκτός από την σημαντική οικονομική επιβάρυνση λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, και την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους [15].
- Βρίσκοντας το βέλτιστο σύστημα θερμομόνωσης θα μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση που υπάρχει. Επιτυγχάνονται έτσι δύο σημαντικά κριτήρια όπως είναι η ενεργειακή αναβάθμιση και είναι φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.
- Τα είδη μόνωσης που θα συγκριθούν και θα επιλεγθούν θα είναι τέτοια που βρίσκονται εύκολα στην αγορά και είναι οικονομικά.

Γενικά, παρατηρείται μια προσπάθεια που υπάρχει στην Ελλάδα και στην Ευρώπη για να υπάρξει μια πνοή ανακαίνισης και ενεργειακής αναβάθμισης υπάρχοντων κτιρίων με φθηνά, ελαφριά, με καλή θερμομόνωση υλικά. Καθώς η παρούσα διπλωματική θα αναφερθεί στην Ελλάδα είναι σημαντικό να γίνει μια πολύ σύντομη ιστορική αναφορά στους κανόνες θερμομόνωσης. Συγκεκριμένα, στην περίοδο της μεταπολίτευσης και συγκεκριμένα τον Ιούλιο του 1979 δημοσιεύτηκε ένα επίσημο άρθρο που έγινε γνωστό με την ονομασία Κ.Θ.Κ. (Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων) [16]. Όπως είναι φυσικό δίνονται και τα όρια θερμοπερατότητας που ισχύουν για διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία. Τα κτίρια αυτής της περιόδου, τα οποία αποτελούν την συντριπτική πλειοψηφία στην επικράτεια, είναι παντελώς απροστάτευτα. Κατόπιν υπήρξε η σταδιακή εφαρμογή του Κ.Θ.Κ. με ό,τι προβλήματα αυτή αρχικά, λόγω έλλειψης εμπειρίας, είχε. Η συγκεκριμένη νομοθεσία δεν ήταν ιδιαίτερα αυστηρή ως προς τα όριά της και με την εξέλιξη της τεχνολογίας οδηγηθήκαμε στη δημιουργία μιας νέας νομοθεσίας που ισχύει από το 2010 και έπειτα με όνομα Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) [17]. Από το 2010 και μετά αυτή η νομοθεσία ανανεώνεται συστηματικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της μηχανικής.

1.2. Τρέχουσα τεχνολογική στάθμιση

Να σημειωθεί πως ο υπολογισμός των βαθμοημερών μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες κλίμακες [18]:

- Βαθμοώρες, που υπολογίζονται από την ωριαία καταγραφή θερμοκρασίας.
- Χρήση ημερήσιων μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών.
- Χρήση μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών.
- Άμεσος υπολογισμός μηνιαίων βαθμοημερών από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και τη μηνιαία τυπική απόκλιση.

1.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να γίνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία θα αναλυθούν διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού των βαθμοημερών. Από αυτούς τους τρόπους που θα παρουσιαστούν στο Κεφάλαιο 2 της διπλωματικής θα επιλεγεί μία μέθοδος, αυτή η οποία είναι η πιο κατάλληλη.

Θα γίνει επίσης μια ανάλυση ως προς τις θερμομονώσεις. Θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που θα επιλεγεί και θα εξηγηθούν οι λόγοι που αυτή είναι η πιο κατάλληλη. Προκειμένου να εξηγηθεί ο λόγος που επιλέχθηκε η μεθοδολογία αυτή, θα γίνει, αντίστοιχα, η ιστορική αναδρομή ως προς διάφορες έρευνες που έχουν γίνει με τα χρόνια.

1.3.1. Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης

Ξεκινώντας με τις βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφορες προτεινόμενες μεθοδολογίες που μπορούν να ακολουθηθούν.

1.3.1.1. Ωριαία δεδομένα

Πρόκειται για τον πιο ακριβή υπολογισμό. Με τη χρήση ωριαίων δεδομένων ($0 \leq k \leq 24$) οι μετεωρολογικοί σταθμοί που θα μελετηθούν μπορούν να μετρήσουν τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (T_i) και χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία βάσης που θα τεθεί μπορούν έτσι να υπολογιστούν οι βαθμοημέρες. Οι τύποι υπολογισμού των ημερήσιων τιμών για βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, αντίστοιχα (HDD και CDD), χρησιμοποιώντας ωριαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα είναι οι παρακάτω:

$$HDD = \frac{\sum_{i=1}^k T_{Hb} - T_i}{24} \text{ αν } (T_{Hb} - T_i) > 0, \text{ με } 0 \leq k \leq 24 \quad (1.3.1)$$

$$CDD = \frac{\sum_{i=1}^k T_i - T_{Cb}}{24} \text{ αν } (T_i - T_{Cb}) > 0, \text{ με } 0 \leq k \leq 24 \quad (1.3.2)$$

Όπου T_{Hb} και T_{Cb} είναι η αντίστοιχη θερμοκρασία βάσης του αέρα για βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, αντίστοιχα (HDD και CDD). Οι ωριαίες αυτές τιμές αθροίζονται δίνοντας τις τιμές της χρονικής περιόδου για την οποία μετρούνται.

Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην τεχνική οδηγία που εκδόθηκε από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, το οποίο είναι αρμόδιο για τεχνικά θέματα, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική οδηγία, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου για την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, οι προαναφερθείσες τιμές ορίζονται ως η θερμοκρασία βάσης για τους HDD και CDD.

Στη συνέχεια, οι ωριαίες τιμές συλλέγονται για κάθε μέρα του κάθε μήνα. Το άθροισμα της κάθε ώρας της κάθε ημέρας του κάθε μήνα δίνει τις μηνιαίες βαθμομέρες. Επομένως, ο μαθηματικός τύπος είναι ο παρακάτω:

$$DD_m = \sum_{i=1}^n DD_{d,i} \quad (1.3.3)$$

Όπου DD_m είναι οι μηνιαίες βαθμομέρες, n είναι οι ημέρες του εκάστοτε μήνα και $DD_{d,i}$ είναι οι ημερήσιες βαθμομέρες την i μέρα του μήνα.

Τέλος, αν το δείγμα είναι αρκετά μεγάλο όσο είναι τουλάχιστον ένα έτος, τότε ο μαθηματικός τύπος για τις ετήσιες βαθμομέρες δίνεται παρακάτω:

$$DD_a = \sum_{k=1}^{12} DD_{m,j} \quad (1.3.4)$$

Αντίστοιχα, όπου DD_a είναι οι ετήσιες βαθμομέρες, 12 είναι οι μήνες του έτους και $DD_{m,j}$ είναι οι μηνιαίες βαθμομέρες τον j μήνα του έτους.

1.3.1.2. Μοντέλο UKMO

Η μέθοδος UKMO (United Kingdom Met Office) είναι μία από τις πιο γνωστές στο συγκεκριμένο κλάδο [19]. Σε αυτή τη μέθοδο, λοιπόν, χρησιμοποιούνται μόνο η θερμοκρασία βάσης και η μέγιστη και ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία. Προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης στην περίπτωση αυτή υπάρχουν τέσσερις (4) πιθανές σχέσεις που παρουσιάζονται παρακάτω:

$$HDD_d = \begin{cases} T_b - 0,5(T_{max} + T_{min}), & T_{max} \leq T_b \\ 0,5(T_b - T_{min}) - 0,25(T_{max} - T_b), & T_{min} < T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) < (T_b - T_{min}) \\ 0,25(T_b - T_{min}), & T_{max} > T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) > (T_b - T_{min}) \\ 0, & T_{min} \geq T_b \end{cases} \quad (1.3.5)$$

$$CDD_d = \begin{cases} 0,5(T_{max} + T_{min}), & T_{min} \geq T_b \\ 0,5(T_{max} - T_b) - 0,25(T_b - T_{min}), & T_{max} > T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) > (T_b - T_{min}) \\ 0,25(T_{max} - T_b), & T_{min} < T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) < (T_b - T_{min}) \\ 0, & T_{max} \leq T_b \end{cases} \quad (1.3.6)$$

Όπου T_b είναι η θερμοκρασία βάσης, T_{max} και T_{min} η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία ημερήσια θερμοκρασία αντίστοιχα. Οι συντελεστές 0,5 και 0,25 προκύπτουν εμπειρικά και εξαρτώνται από αρκετούς παράγοντες, με τον πιο κύριο να είναι η τοποθεσία.

1.3.1.3. Μέθοδος ASHRAE

Η μέθοδος ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) πρόκειται για τη μέθοδο μέσω των ημερησίων θερμοκρασιών. Στην ουσία, η ημερήσια βαθμομέρα, προκύπτει από τη διαφορά της ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας βάσης [20]. Αν θεωρηθεί πως η ετήσια θερμοκρασία βάσης για βαθμομέρες θέρμανσης είναι οι 18 °C τότε υπάρχει η ακόλουθη μαθηματική εξίσωση:

$$\text{HDD}_{18} = \sum_{i=1}^{365} \left[T_b - \left(\frac{T_i^{\max} + T_i^{\min}}{2} \right) \right]^+ \quad (1.3.7)$$

Όπου HDD προκύπτει από τη διαφορά της θερμοκρασίας βάσης και τη μέση ημερήσια θερμοκρασία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Υπολογίζεται από το μέσο του αθροίσματος μεταξύ των μέγιστων και ελάχιστων ημερησίων θερμοκρασιών. Το σήμα της πρόσθεσης στο τέλος αναφέρει πως στον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη μόνο οι θετικές διαφορές.

Ως προς τα σύμβολα, το T_b αναφέρεται στη θερμοκρασία βάσης και τα T_i^{\max} και T_i^{\min} αναφέρονται στη μέγιστη και την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία, αντίστοιχα.

1.3.1.4. Μέθοδος Hitchin

Η μέθοδος Hitchin πρωτοεμφανίστηκε το 1983 και αναφέρεται στην εκτίμηση των μηνιαίων βαθμομερών [21]. Πρόκειται για μια πιο απλή μέθοδο υπολογισμού που απαιτεί μια χαμηλή χρονική ανάλυση δεδομένων εισόδου. Αυτό από μόνο του δείχνει πως ενδέχεται να υπάρχουν περιορισμένα μετεωρολογικά δεδομένα. Ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού είναι ο παρακάτω:

$$\text{HDD} = \frac{N \cdot (T_b - T_0)}{1 - e^{-k(T_b - T_0)}} \quad (1.3.8)$$

Όπου N είναι οι ημέρες του μήνα, T_b είναι η θερμοκρασία βάσης, T_0 είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού αέρα και k είναι η σταθερά που σχετίζεται με την τοποθεσία. Πιο συγκεκριμένα ισχύει ότι $k = \frac{2,5}{\sigma}$ με σ να είναι η τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας.

1.3.2. Θερμομονωτική επάρκεια

Αυτό το αντικείμενο μελέτης συγκεντρώνει το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων σε όλες τις περιοχές του κόσμου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Verichev, Zamorano, Sepulveda, Cardenas και Caprio (2020) [22] βλέπουμε πως γίνεται μια προσπάθεια εύρεσης καλύτερης θερμομόνωσης για μια περιοχή στη Χιλή. Τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν μια σειρά πινάκων στους οποίους αναγράφονται τα καλύτερα θερμομονωτικά υλικά με τις ιδιότητές τους.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Amani και Kiaee (2019) [23] χρησιμοποιώντας μια ομάδα θερμομονωτικών υλικών προσπάθησαν με τη βοήθεια μηχανολογικών προγραμμάτων και την αρχή Pareto να καταλήξουν στη βέλτιστη επιλογή μονωτικών υλικών που μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα κτίριο. Συμπέραναν πως υπάρχει πληθώρα επιλογών και συνδυασμών υλικών που θα τους έδιναν το επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο δεν είναι άλλο από την ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους.

Κατά τους Li, Peng και Liu (2020) [24] γίνεται εκτενής έρευνα στη θερμομόνωση από οργανικά υλικά και προτείνονται τα είδη πολυστερίνης και πολουρεθάνης σε αφρούς. Λόγω των αρκετών πυρκαγιών στην Κίνα ζητούνται νέες λύσεις στα κτιριακά κελύφη και στην έρευνα βγήκαν συμπεράσματα όσον αφορά τις κατεργασίες πάνω στα υλικά αυτά, τις καιρικές συνθήκες, την επαφή τοίχου και μόνωσης και τη σύγκριση των δύο αυτών υλικών με νούμερα.

Κατά τους Gulotta, Cellura, Guarino, Longo (2020) [25] το άρθρο τους εστιάζει στους κανόνες θερμομόνωσης στην Ευρώπη και γίνονται έρευνες με γραφήματα για πολλές χώρες όπως και σαν τελικό συμπέρασμα υπάρχει μια προσπάθεια για να γίνουν ριζικές ανακαινίσεις υπαρχόντων κτιρίων.

Οι Alkhatib, Lemarchand, Norton και O'Sullivan (2020) [26] ανέφεραν τη σημασία που έχει η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για παροχή διαφόρων επιπέδων θερμομόνωσης και αποθήκευση ενέργειας από εξωτερικούς τοίχους και παράθυρα. Εξέτασαν μηχανισμούς, τεχνολογίες και αλγορίθμων που μπορούν να συμβάλλουν στη ρύθμιση της θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και στον έλεγχο των προσόψεων των κτιρίων.

Επίσης, οι Adamczyk και Dylewski (2016) [27] έκαναν την έρευνα τους για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και την επιβάρυνση. Μίλησαν για την ευαισθητοποίηση για τα οικολογικά αποτελέσματα για τους τύπους θερμομόνωσης.

Όλες οι μελέτες έχουν κάτι κοινό. Αυτό δεν είναι άλλο πως στα αποτελέσματα των ερευνών πάντα υπάρχουν παραπάνω από μία λύσεις και μεθοδολογίες βελτιστοποίησης. Δείχνεται έτσι πως η κατηγορία της θερμομόνωσης έχει πολλά παρακλάδια και πολλούς εναλλακτικούς τρόπους κατασκευής και εφαρμογής.

1.4. Τεκμηρίωση έρευνας

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης. Αυτοί οι τρόποι, ανακεφαλαιώνοντας, είναι τα ωριαία δεδομένα, το μοντέλο UKMO, η μέθοδος ASHRAE και η μέθοδος Hitchin.

Στην προκειμένη περίπτωση μελέτη θα γίνει με τη μέθοδο των ωριαίων δεδομένων. Σήμερα, με την ανάπτυξη της μηχανικής και της τεχνολογίας πλέον υπάρχουν και εξειδικευμένα λογισμικά με τα οποία μπορούν να υπολογιστούν οι βαθμοημέρες και βαθμοώρες θέρμανσης και ψύξης. Ωστόσο, τώρα θα επιλεγθεί μια πιο απλή μέθοδος (όπως είναι τα ωριαία δεδομένα) λαμβάνοντας υπόψη κάποιες σημαντικές παραμέτρους.

Για να μπορούν να προσδιοριστούν, όμως, οι βαθμοώρες θα πρέπει να υπάρχει μια θερμοκρασία βάσης [28]. Η θερμοκρασία βάσης, όπως ειπώθηκε πιο πάνω, είναι μια συγκεκριμένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στην οποία είμαστε στο σημείο μηδέν σε ενεργειακές απώλειες. Δηλαδή, σε εκείνη τη θερμοκρασία τα κέρδη και οι απώλειες είναι ίσα. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία θα θεωρήσουμε ως θερμοκρασίες βάσεις τις εξής:

- Για τον υπολογισμό βαθμοωρών θέρμανσης τους 18 °C.
- Για τον υπολογισμό βαθμοωρών ψύξης τους 28 °C.

2. Μεθοδολογία

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν όλα τα στοιχεία που δίνονται για το θέμα της διπλωματικής. Στη συνέχεια, με βάση αυτά τα στοιχεία, θα αναλυθεί με λεπτομέρεια η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί.

2.1. Μεθοδολογική προσέγγιση και παραδοχές

Η πόλη της Θεσσαλονίκης βρίσκεται βόρεια στην Ελλάδα. Με βάση τα δημογραφικά στατιστικά για τον πληθυσμό της Θεσσαλονίκης ισχύουν τα παρακάτω:

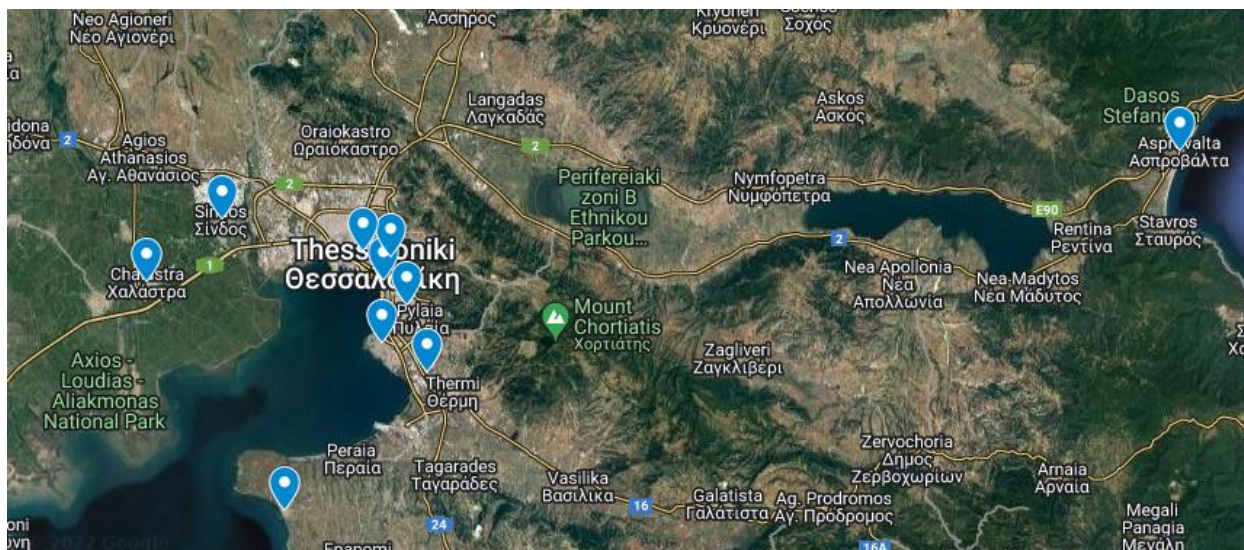
- το 2011 ανέρχεται περίπου στα 1.11 εκατομμύρια.
- το 2021 ανέρχεται περίπου στα 1.09 εκατομμύρια. [29]

Για τις δέκα εξεταζόμενες περιοχές αυτής της διπλωματικής λεπτομέρειες ως προς το υψόμετρο και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως το μήκος και το πλάτος, παρατίθεται ο Πίνακας 1.

Πίνακας 1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των δέκα (10) σταθμών

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Υψόμετρο (m)	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος
1	ΔΕΘ	29	40.60	29.0
2	Νέα μηχανιώνα	16	40.47	22.8
3	Κορδελιό	37	42.60	22.9
4	Σίνδος	4	40.70	22.8
5	Χαλάστρα	1	40.60	22.8
6	Νόησις	60	40.60	23.0
7	Καλαμαριά	5	40.60	22.9
8	Ασπροβάλτα	20	42.60	23.7
9	Επταπύργιο	175	40.64	22.9
10	Λαγκαδάς	87	40.70	23.1

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2. Μετεωρολογικοί σταθμοί της Θεσσαλονίκης) απεικονίζεται ο χάρτης της Θεσσαλονίκης, καθώς και οι δέκα (10) μετεωρολογικοί σταθμοί που θα μελετηθούν.



Εικόνα 2. Μετεωρολογικοί σταθμοί της Θεσσαλονίκης

Στη συνέχεια, στον παρακάτω Πίνακας 2 φαίνεται σε ποια χρονική περίοδο αντιστοιχεί το δείγμα των βαθμοωρών θέρμανσης και ψύξης.

Πίνακας 2. Χρονική περίοδο συλλογής τιμών των δέκα (10) σταθμών

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Χρονική περίοδος	Διάστημα (ημέρες)
1	ΔΕΘ	01/01/2018 – 31/12/2020	1096
2	Νέα μηχανιώνα	01/03/2015 – 31/08/2020	2010
3	Κορδελιό	01/01/2018 – 31/12/2020	1096
4	Σίνδος	01/03/2015 – 31/08/2020	2010
5	Χαλάστρα	01/01/2018 – 31/12/2020	1096
6	Νόησις	01/01/2019 – 31/12/2020	731
7	Καλαμαριά	01/01/2012 – 31/12/2020	3288
8	Ασπροβάλτα	01/01/2013 – 31/12/2020	2922
9	Επταπύργιο	01/01/2018 – 31/12/2020	1096
10	Λαγκαδάς	01/06/2008 – 31/08/2020	4596

Σε αυτό το σημείο σημαντικό να αναφερθεί πως η χρονική περίοδος δεν είναι ίδια για κάθε σταθμό. Για το λόγο αυτό αναγράφεται στον παραπάνω πίνακα το ακριβές διάστημα ημερών που έγινε η συλλογή των δειγμάτων για τις βαθμοώρες.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί θα είναι η μέθοδος των ωριαίων δεδομένων. Αυτή επιλέχθηκε γιατί η συλλογή θερμοκρασιών κάθε ώρας δίνει στο τέλος πιο ακριβή αποτελέσματα. Επομένως, ο υπολογισμός των βαθμοημερών γίνεται με την εξίσωση (1.3.1) και (1.3.2).

Για το λόγο αυτό στις τιμές βαθμοωρών θέρμανσης και ψύξης προέκυψε μια μέση τιμή κάθε έτους και με βάση αυτή την παραδοχή θα γίνουν οι υπολογισμοί.

2.1.1. Ενεργειακή κατανάλωση

Η ενεργειακή κατανάλωση θα αναλυθεί σε δύο (2) κατηγορίες. Αυτές είναι η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και αντίστοιχα για ψύξη.

2.1.1.1. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση συμβολίζεται με Q_h και μετριέται σε κιλοβατώρες (kWh). Για ένα κτίριο γνωστό και θεωρώντας πως αυτό θερμαίνεται συνεχώς ο μαθηματικός τύπος είναι [30]:

$$Q_h = \frac{U' \cdot AHDD \cdot 24}{n} \quad (2.1.1)$$

Όπου

- U' δηλώνει το συνολικό συντελεστή θερμικής απώλειας του κτιρίου μετρημένος σε kWh/K
- $AHDD$ δηλώνει το ετήσιο άθροισμα των βαθμοημερών θέρμανσης μετρούμενος σε °Cday
- 24 είναι οι ώρες της ημέρας μετρημένες σε h
- n δηλώνει το βαθμό απόδοσης του λέβητα της μονοκατοικίας, ο οποίος είναι συντελεστής, δεν έχει μονάδες και παίρνει τιμές $0 < n < 1$

Όπως είναι λογικό, με αλλαγή λέβητα αλλάζει και η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση. Ο συντελεστής θερμικής απώλειας κτιρίου δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$U' = \frac{A \cdot U + \frac{1}{3} \cdot N \cdot V}{1000} \quad (2.1.2)$$

Όπου

- U δηλώνει το συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε υλικού είτε μιλάμε για εξωτερική τοιχοποιία, είτε για άνοιγμα μετρημένος σε W/m^2K
- A δηλώνει το εμβαδόν της εκάστοτε μετρούμενης περιοχής και έχει μονάδα μέτρησης το m^2
- N είναι ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα ανά ώρα μετρημένες σε 1/h
- V είναι ο όγκος του χώρου που μελετάται σε m^3

Ο συντελεστής $1/3$ εξαρτάται από την πυκνότητα ρ και την ειδική θερμότητα του αέρα C_p . Θεωρούμε πως έχουμε τυπικές τιμές πυκνότητας και ειδικής θερμότητας του αέρα. Επειδή το δεύτερο σκέλος της σχέσης (2) αναφέρεται στις απώλειες θερμότητας που έχουμε εξαιτίας του φυσικού αερισμού τότε ο συντελεστής $1/3$ προκύπτει από το γινόμενο της πυκνότητας με την ειδική θερμότητα του αέρα. Επομένως, αναλυτικά έχουμε

$$\begin{aligned}
\rho \cdot C_p &= 1.2 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.005 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 1.2 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.005 \frac{kW \cdot s}{kg \cdot K} \\
&= 1.2 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.005 \cdot \frac{1000 W \cdot h}{3600 kg \cdot K} = 1.2 \cdot 1.005 \cdot \frac{1000 W \cdot h}{3600 kg \cdot K} \frac{kg}{m^3} \\
&= 0.335 \frac{W \cdot h}{m^3 \cdot K} = \frac{1 W \cdot h}{3 m^3 \cdot K}
\end{aligned} \tag{2.1.3}$$

Για το συντελεστή θερμοπερατότητας και το εμβαδόν της εκάστοτε περιοχής θα πρέπει να γίνει θερμική ανάλυση στο προς μελέτη κτιριακό κελύφος. Δηλαδή, θα πρέπει να εξεταστεί η θερμομόνωση που υπάρχει και τα ανοίγματα που έχουν επιλεχθεί. Σε αυτό θα βοηθήσει αρκετά το σκαρίφημα του κτιριακού κελύφους, όπως και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. όπου δίνει για κάθε δομικό στοιχείο και υλικό τους συντελεστές που χρειάζονται για την ανάλυση. Αυτό θα γίνει στην επόμενη παράγραφο αυτής της ενότητας, αφότου αναλύσουμε αρχικά τη μέθοδο επεξεργασίας βαθμοωρών.

2.1.1.2. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη

Αναλύσαμε, λοιπόν, την ετήσια κατανάλωση για θέρμανση. Αντίστοιχα, υπάρχει η ετήσια κατανάλωση για ψύξη ενός κτιριακού κελύφους. Αυτή συμβολίζεται με Q_c , μετριέται επίσης σε κιλοβατώρες (kWh) και δίνεται από το μαθηματικό τύπο

$$Q_c = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot ACDD \cdot 24}{COP} \tag{2.1.4}$$

Όπου

- \dot{m} δηλώνει το ρυθμό ροής μάζας κιλού αέρα που ψύχεται κάθε δευτερόλεπτο μετρούμενος σε kg/s
- C_p είναι η ειδική θερμότητα του αέρα μετρημένη σε kJ/kgK
- $ACDD$ δηλώνει το ετήσιο άθροισμα των βαθμοημερών ψύξης μετρούμενος σε Kday
- 24 είναι οι ώρες της ημέρας μετρούμενες σε h
- COP δηλώνει το βαθμό απόδοσης του κλιματιστικού της μονοκατοικίας, ο οποίος είναι συντελεστής και δεν έχει μονάδες

Για το βαθμό απόδοσης του κλιματιστικού όπως αναφέρθηκε και πριν θα πρέπει να γίνει η ενεργειακή ανάλυση του κτιριακού κελύφους προκειμένου να γίνει και μία ανάλυση χώρου αυτού. Δηλαδή, θα πρέπει να δούμε πόσα υπνοδωμάτια υπάρχουν, αλλά και τι εμβαδόν έχουν αυτά, όπως ακριβώς και τι εμβαδόν έχει το σαλόνι και η κουζίνα. Αυτό χρειάζεται για να προσδιοριστεί το είδους κλιματιστικού που θα μπει σε κάθε χώρο, αλλά και πόσα κλιματιστικά θα μπουν στο σύνολο στη μονοκατοικία. Αυτό θα εξεταστεί επίσης στην επόμενη παράγραφο. Όπως και πριν με την ετήσια κατανάλωση για θέρμανση, έτσι και τώρα αν αλλάξει το κλιματιστικό αλλάζει και η ετήσια κατανάλωση για ψύξη.

2.1.1.3. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης και ψύξης θα πρέπει να γίνει μετατροπή σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας προκειμένου να γίνει ορθή σύγκριση. Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, με απλά λόγια, είναι η ενέργεια που δεν έχει μετασχηματιστεί ή μετατραπεί. Είναι, λοιπόν, η ενέργεια αυτή με την οποία θα βρούμε το τελικό οικονομικό κόστος.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο

$$PEC = Q_h \cdot \alpha \quad (2.1.5)$$

$$PEC = Q_c \cdot \alpha \quad (2.1.6)$$

Όπου Q_h , Q_c οι ετήσιες καταναλώσεις για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα μετρημένες σε kWh. Όπου α είναι ο συντελεστής μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας. Εφόσον είναι συντελεστής δεν έχει μονάδες μέτρησης. Ανάλογα το καύσιμο ο συντελεστής α παίρνει και την αντίστοιχη τιμή. Με τον καιρό μπορεί να αλλάζει επειδή εξαρτάται από το μείγμα παραγωγής καυσίμου. Όπως είναι λογικό, ανάλογα με τις αλλαγές του συντελεστή α , η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας PEC επίσης αλλάζει.

2.1.1.4. Οικονομικό κόστος

Το οικονομικό κόστος αφορά τη χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος προκειμένου να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες του κτιριακού κελύφους που μελετάται. Στην προκειμένη περίπτωση, η μεθοδολογία για το οικονομικό κόστος θα υπολογιστεί με βάση ένα λογαριασμό της ΔΕΗ. Δηλαδή, η μαθηματική εξίσωση που θα ακολουθηθεί είναι η εξής:

$$C = (Q_h + Q_c) \cdot \left[\left(\frac{2}{3} \cdot DC \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot NC \right) \right] \quad (2.1.7)$$

Όπου C είναι το συνολικό κόστος ενέργειας εκφρασμένο σε €, PEC_h και PEC_c είναι η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας εκφρασμένη σε kWh και DC (Day Cost) και NC (Night Cost) είναι οι χρεώσεις ανά κιλοβατώρα μέρας και νύχτας, αντίστοιχα, εκφρασμένες σε €/kWh.

Οι συντελεστές $2/3$ και $1/3$ εκφράζουν το συντελεστή ωρών μιας ημέρας. Με άλλα λόγια, γνωρίζοντας πως μια ημέρα έχει είκοσι τέσσερις (24) ώρες και πως η νυχτερινή χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι οκτώ (8) ώρες τότε η νυχτερινή χρέωση ισχύει το $1/3$ της συνολικής ημέρας. Επομένως, οι υπόλοιπες δεκαέξι (16) ώρες της ημερήσιας χρέωσης καταλαμβάνει τα υπόλοιπα $2/3$ της ημέρας.

2.1.2. Θερμική ανάλυση

Για να δούμε το συγκεκριμένο θέμα της θερμικής ανάλυσης σε εξωτερικούς τοίχους και ανοίγματα με αριθμούς θα πρέπει και εδώ να γίνει μια μεθοδολογική προσέγγιση. Αρχικά θα γίνουν κάποιες παραδοχές πάνω στις οποίες θα προσαρμόσουμε τη μεθοδολογική μας προσέγγιση. Επομένως, για τη μεθοδολογική λύση που θα προταθεί θα ακολουθηθεί μια σειρά κανόνων και παραδοχών. Ξεκινώντας από τα κύρια βήματα, τους περιορισμούς και τις βασικές παραδοχές που θα ληφθούν υπόψη θα οδηγηθούμε στα ορθά αποτελέσματα που θα μας βοηθήσουν στην επιτυχή εκπλήρωση της μελέτης.

2.1.2.1. Αδιαφανή στοιχεία

Τα αδιαφανή στοιχεία χωρίζονται σε τέσσερις (4) κατηγορίες που είναι η οροφή, η εξωτερική τοιχοποιία, το δάπεδο και η πόρτα. Για όλα εκτός της πόρτας ισχύει η ίδια μεθοδολογία. Η μεθοδολογία για την πόρτα είναι ίδια με εκείνη των διαφανών στοιχείων, επομένως, θα υπολογιστεί σε εκείνη την παράγραφο.

Για αρχή, θεωρούμε πως το κέλυφός μας έχει μια μόνωση ενός (1) στρώματος. Η θερμομόνωση θα εξεταστεί με βάση την τιμή της θερμοπερατότητας U . Η θερμοπερατότητα εξαρτάται άμεσα από τη θερμική αντίσταση $R_{ολ}$. Η θερμική αντίσταση υπολογίζεται από τις τιμές θερμικής αντίστασης εσωτερικού R_i και εξωτερικού R_a αέρα και το συνολικό άθροισμα από το πηλίκιο του πάχους ως προς τη θερμική αγωγιμότητα του εκάστοτε υλικού δ_i/λ_i .

$$R_{ολ} = R_i + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_a \left(\frac{m^2K}{W} \right) \quad (2.1.8)$$

Μετά ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο

$$U = \frac{1}{R_{ολ}} \left(\frac{W}{m^2K} \right) \quad (2.1.9)$$

Οι τιμές των δομικών υλικών θα ακολουθήσουν μερικές παραδοχές και πρότυπα.

Για αρχή, όλα τα δομικά υλικά αυτής της μελέτης πάνε με βάση τα πρότυπα του Πίνακα 1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) (σελίδα 48844).

Λαμβάνουμε υπόψη πως από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και τον Πίνακα 1.4 (υποενότητα 2.2 σελίδα 48618) όλες οι περιοχές της Θεσσαλονίκης που εξετάζονται ανήκουν στη ζώνη Γ' της επικράτειας.

Για τη ζώνη Γ' από τον Πίνακα 3.3α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (υποενότητα 4.2 σελίδα 48653) ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με την τιμή 0.40 (W/m²K) για τον εξωτερικό τοίχο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

2.1.2.2. Διαφανή στοιχεία

Τα διαφανή στοιχεία χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες που είναι τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες. Όπως και για τα αδιαφανή στοιχεία, έτσι και στα διαφανή όλα τα στοιχεία υπολογίζονται με την ίδια μεθοδολογία. Εδώ θα γίνει μια υποσημείωση πως με τη μεθοδολογία που ακολουθείται για τα διαφανή στοιχεία, θα ακολουθηθεί η ίδια για την πόρτα και ας είναι αδιαφανές στοιχείο.

Όπως και για τη θερμομόνωση έτσι και για τα ανοίγματα ο υπολογισμός θα γίνει με βάση την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U_w . Αυτός ο συντελεστής εξαρτάται από τις επιφάνειες υάλωσης A_g και πλαισίου A_f , όπως και από τις θερμογέφυρες μεταξύ πλαισίου – υαλοπίνακα L_g . Αντίστοιχα, θα πρέπει να έχουν υπολογιστεί και οι συντελεστές θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπου αερίων στο διάκενο υαλοπινάκων U_g και πλαισίου U_f , όπως και οι γραμμικές θερμοπερατότητες για τους διάφορους τύπου υαλοπινάκων Ψ_g . Ο μαθηματικός τύπος που ακολουθεί αφορά το συντελεστή θερμοπερατότητας U_w .

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum L_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (2.1.10)$$

Για όλα τα παραπάνω θα λάβουμε στον ίδιο τύπο υπόψη όλα τα ανοίγματα της μονοκατοικίας. Για το λόγο αυτό φαίνεται πως σε όλους τους όρους υπάρχει το Σ που υποδηλώνει άθροισμα.

Σε αυτή την περίπτωση επίσης ακολουθούνται μερικές παραδοχές και πρότυπα.

Για αρχή, όλα τα δομικά υλικά αυτής της μελέτης πάνε με βάση τα πρότυπα του Πίνακα 1 (ενότητα 4 σελίδα 48844) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας).

Για τη ζώνη Γ' από τον Πίνακα 3.3α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (υποενότητα 4.2 σελίδα 48653) ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με την τιμή 2.40 (W/m²K) για τον κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Επειδή σε αυτή την περίπτωση υπάρχει και η εξωτερική πόρτα ακολουθεί και αυτή τα πρότυπα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. από τον Πίνακα 3.3α (υποενότητα 4.2 σελίδα 48653) όπου ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με την τιμή 2.40 (W/m²K) για τον κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

2.2. Ερευνητική υποδομή

Για την εφαρμογή της μεθοδολογία που προτάθηκε παραπάνω θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω προγράμματα:

- Microsoft Excel
- Google Earth [31]
- AutoCAD [32]
- ArchiCAD [33]

Στο πρόγραμμα του Microsoft Excel θα υπολογιστούν με ακρίβεια όλες οι παραπάνω σχέσεις (2.1-2.9). Αυτές αφορούν τις βαθμοώρες θέρμανσης και ψύξης και πως αυτές μετατρέπονται σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Επίσης, θα γίνει η θερμική ανάλυση του κτιριακού κελύφους που έχει δοθεί. Στη συνέχεια, σε πίνακες που θα προκύψουν από τους υπολογισμούς του Excel θα τοποθετηθούν όλα τα αποτελέσματα της κάθε περιοχής ξεχωριστά.

Στο πρόγραμμα του Google Earth έγινε μια απεικόνιση των τοποθεσιών των δέκα (10) μετεωρολογικών σταθμών που θα μελετηθούν στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Επίσης σημαντικό να γίνει είναι μια απεικόνιση της κάτοψης του κελύφους. Αυτό θα γίνει μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD το οποίο θα δείξει τη διαρρύθμιση του κελύφους που μελετάται.

Τέλος, στο πρόγραμμα ArchiCAD επίσης γίνεται μια απεικόνιση του κτιρίου, αυτή τη φορά σε τρισδιάστατη (3D) μορφή. Σε εκείνο το σχέδιο φαίνονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα ανοίγματα και η τοιχοποιία της κατοικίας μου θα μελετηθεί.

2.3. Μελέτη περίπτωσης

Στη συνέχεια, υπάρχει η μελέτη περίπτωσης που αναφέρεται με ακρίβεια στο αντικείμενο που θα μελετηθεί. Παρακάτω απεικονίζεται το κτιριακό κέλυφος στο οποίο θα γίνει η σύγκριση για κάθε περιοχή της Θεσσαλονίκης (Σχήμα 1). Τα παρακάτω σχήματα αφορούν την κάτοψη, τη βόρεια πλευρά, τη νότια πλευρά, τη δυτική πλευρά και την ανατολική πλευρά.

Σε αυτή την περίπτωση σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το κτιριακό κέλυφος που θα μελετηθεί θα αναλυθεί σε δύο περιπτώσεις. Τόσο στην πρώτη, όσο και στη δεύτερη περίπτωση θα υπολογιστούν τα παρακάτω:

- Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση
- Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη
- Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας
- Οικονομικό κόστος

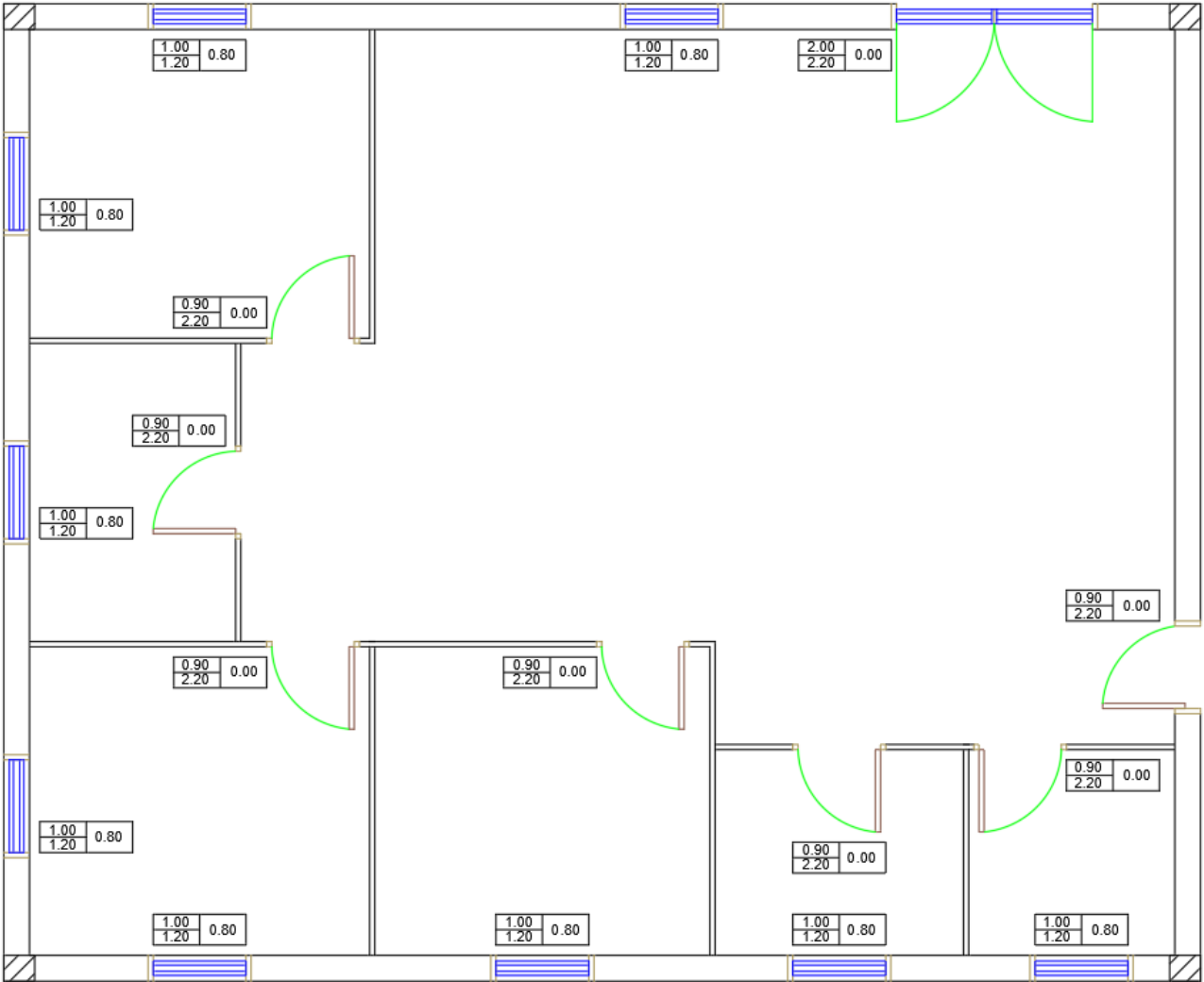
Η πρώτη περίπτωση είναι αυτή κατά την οποία το κέλυφος έχει μια θερμομόνωση όπως έχει ένα τυπικό σπίτι της επικράτειας της Ελλάδος. Θα αναλυθούν όλα τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται η εξωτερική τοιχοποιία και τα ανοίγματα. Αυτά θα συγκριθούν με τα αντίστοιχα όρια της θερμικής ζώνης στην οποία ανήκει το προς μελέτη κέλυφος και θα υπολογιστούν τα παραπάνω.

Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή κατά την οποία στο κέλυφος έχει γίνει ριζική ανακαίνιση. Τα δομικά υλικά που έχουν επιλεγεί για την εξωτερική τοιχοποιία και τα ανοίγματα είναι διαφορετικά από την πρώτη περίπτωση. Συνεπώς, η θερμομόνωση και ο συντελεστής θερμοπερατότητας επίσης θα διαφέρουν από την πρώτη περίπτωση.

2.3.1. Κάτοψη

Τονίζεται πως στο Σχήμα 1 το κέλυφος στα δυτικά αποτελείται από τρεις (3) χώρους - δωμάτια (όπου έχουμε δύο υπνοδωμάτια και ένα μπάνιο). Στα νότια το κέλυφος αποτελείται από επίσης από τρεις (3) χώρους (ένα υπνοδωμάτιο, ένα home office και ένα WC). Το σαλόνι και η κουζίνα αποτελούν ένα ενιαίο δωμάτιο. Άρα, ανακεφαλαιώνοντας, το παραπάνω κτιριακό κέλυφος έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τρία (3) υπνοδωμάτια όπου το καθένα είναι 9.9 m^2
- Ένα (1) μπάνιο που είναι 6.0 m^2 και ένα (1) WC που είναι 4.0 m^2 .
- Ένα (1) home office που είναι 5.0 m^2 .
- Το συνολικό εμβαδόν του κελύφους είναι 100 m^2 .
- Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν ύψος 3.0 m , μετρώντας από το ανώτατο ύψος του δαπέδου έως το κατώτατο ύψος της οροφής για όλους τους χώρους.
- Το κέλυφος είναι ισόγειο καθώς είναι μονοκατοικία.



Σχήμα 1. Κάτοψη κελύφους

Στη συνέχεια στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η κατοικία από το πρόγραμμα ArchiCAD σε τρισδιάστατη μορφή.

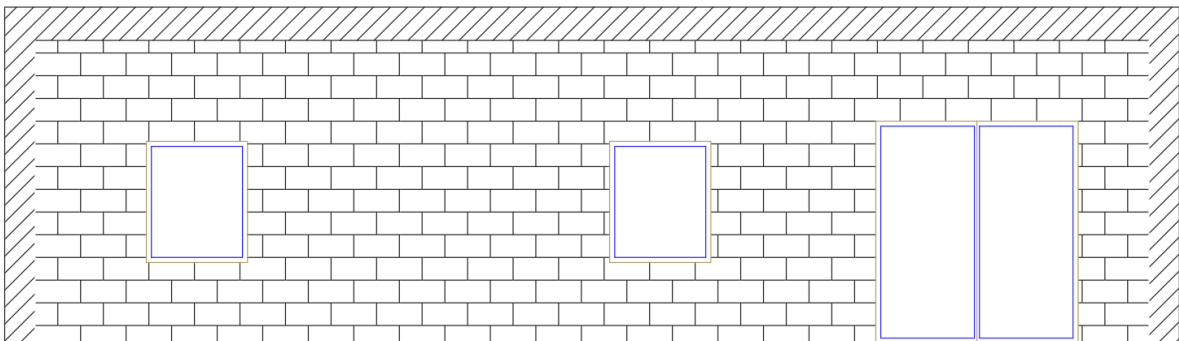


Σχήμα 2. Το κέλυφος σε τρισδιάστατη μορφή

2.3.2. Βόρεια πλευρά

Σύμφωνα με το Σχήμα 3 η βόρεια πλευρά αποτελείται από τα παρακάτω:

- Δύο (2) παράθυρα με μήκος 1.0 m, ύψος 1.2 m και ύψος από το έδαφος 0.8 m
- Μία μπαλκονόπορτα με μήκος 2.0 m, ύψος 2.2 m και ύψος από το έδαφος 0.0 m

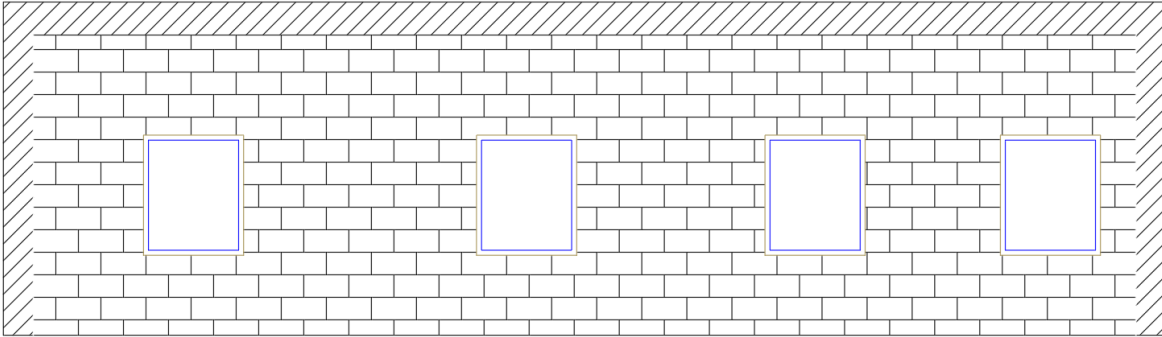


Σχήμα 3. Βόρεια πλευρά

2.3.3. Νότια πλευρά

Σύμφωνα με το Σχήμα 4 η νότια πλευρά αποτελείται από τα παρακάτω:

- Τέσσερα (4) παράθυρα με μήκος 1.0 m, ύψος 1.2 m και ύψος από το έδαφος 0.8 m

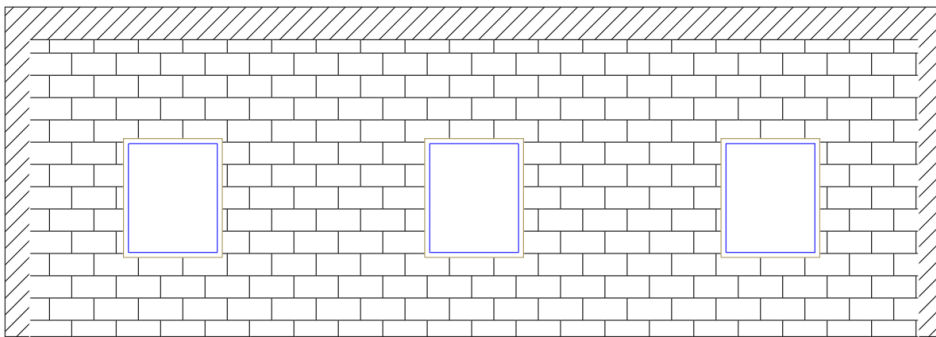


Σχήμα 4. Νότια πλευρά

2.3.4. Δυτική πλευρά

Σύμφωνα με το Σχήμα 5 η δυτική πλευρά αποτελείται από τα παρακάτω:

- Τρία (3) παράθυρα με μήκος 1.0 m, ύψος 1.2 m και ύψος από το έδαφος 0.8 m

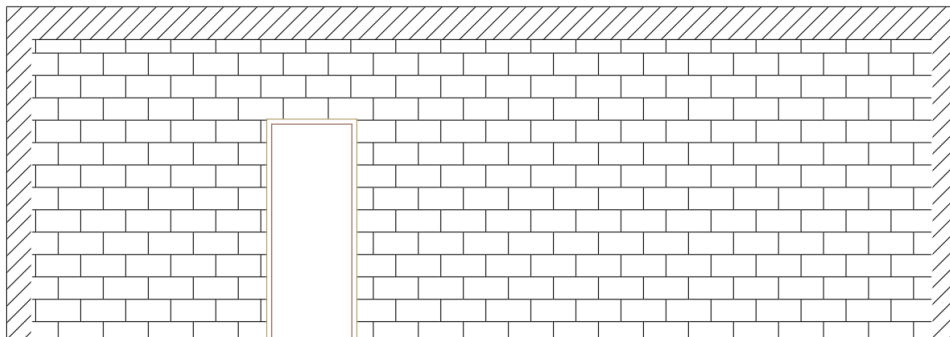


Σχήμα 5. Δυτική πλευρά

2.3.5. Ανατολική πλευρά

Από το Σχήμα 6 η ανατολική πλευρά αποτελείται από τα παρακάτω:

- Μία πόρτα εισόδου με μήκος 0.9 m, ύψος 2.2 m και ύψος από το έδαφος 0.0 m



Σχήμα 6. Ανατολική πλευρά

Θα αναλυθούν, λοιπόν, οι δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση αναφερόμαστε σε μία τυπική κατοικία της επικράτειας. Στη δεύτερη περίπτωση αναφερόμαστε σε μια κατοικία στην οποία έχει γίνει μια ριζική ανακαίνιση.

2.3.6. Πρώτη περίπτωση

Ξεκινώντας με την πρώτη περίπτωση, μελετήθηκαν τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται η κατοικία. Στους παρακάτω πίνακες, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης δομικών υλικών για αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία.

2.3.6.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Αρχικά στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν τα στοιχεία της οροφής.

Πίνακας 3. Αρχικά δεδομένα της οροφής

	δ _i (m)	λ _i (W/mK)	δ _i /λ _i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρας (R _i)	-	-	0.100
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκους)	0.05	0.045	1.111
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.15	2.300	0.065
Ελαφρομπετόν με EPS	0.02	0.065	0.308
Ασφαλτόπανο	0.01	0.230	0.043
Γυψοσανίδες	0.07	0.210	0.333
Εσωτερικός αέρας (R _a)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.045$ (W/mK).
- Η πλάκα είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα (1% σίδηρος) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 2.3$ (W/mK).
- Το ελαφρομπετόν είναι τα Σύμμεικτα ελαφροσκυροδέματα με διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.065$ (W/mK).
- Το ασφαλτόπανο είναι τα Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.23$ (W/mK).
- Οι γυψοσανίδες είναι Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.21$ (W/mK).

Για την τοιχοποιία προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 4. Αρχικά δεδομένα της εξωτερικής τοιχοποιίας

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Οπτοπλινθοδομή	0.06	0.450	0.133
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκοι)	0.03	0.045	0.667
Οπτοπλινθοδομή	0.09	0.450	0.200
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Ο οπτόπλινθος 6 cm είναι η Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτιπλίνθους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.45$ (W/mK).
- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.045$ (W/mK).
- Ο οπτόπλινθος 9 cm είναι η Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτιπλίνθους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.45$ (W/mK).
- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).

Για το περιμετρικό δοκάρι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 5. Αρχικά δεδομένα του περιμετρικού δοκαριού

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Δοκάρι B120	0.19	1.510	0.126
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκοι)	0.04	0.045	0.889
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Το περιμετρικό δοκάρι είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητας (παλαιού τύπου B120) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 1.51$ (W/mK).
- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.045$ (W/mK).
- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).

Για το δάπεδο προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 6. Αρχικά δεδομένα δαπέδου

	δi (m)	λi (W/mK)	$\delta i/\lambda i$ (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	0.02	0.870	0.100
Πετροβάμβακας σε μορφή παπλώματος	0.01	0.035	0.286
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	0.03	0.039	0.769
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.14	2.300	0.061
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το δάπεδο είναι από Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Κάτω από το δάπεδο είναι μια στρώση από Πετροβάμβακα σε μορφή παπλώματος με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.035$ (W/mK).
- Μετά είναι μια θερμομόνωση από Πετροβάμβακα σε μορφή πλακών με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.039$ (W/mK).
- Τέλος είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα 1% με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 2.300$ (W/mK).

Τέλος, στα αδιαφανή δομικά στοιχεία ανήκει η εξώπορτα. Για αυτή η μελέτη έδειξε ότι αποτελείται από ξύλινο πλαίσιο. Με βάση τον Πίνακα 10 της TOTEE (ενότητα 4 σελίδα 48860) η πόρτα είναι μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm.

2.3.6.2. Διαφανή δομικά στοιχεία

Στα διαφανή δομικά στοιχεία αποτελούνται τα ανοίγματα, όπως είναι τα παράθυρα και οι μπαλκονόπορτες.

Ξεκινώντας με τα παράθυρα, η μελέτη έδειξε ότι με βάση τον Πίνακα 11α της TOTEE (ενότητα 4 σελίδα 48861) αποτελούνται από ξύλινο πλαίσιο χωρίς επίστρωση και χαμηλής εκπομπής.

Με βάση τον Πίνακα 10 της TOTEE (ενότητα 4 σελίδα 48860) τα παράθυρα αποτελούνται από σκληρή ξυλεία μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm.

Από τον Πίνακα 9 της TOTEE (ενότητα 4 σελίδα 48860) τα παράθυρα αποτελούνται από διπλή υάλωση, ο υαλοπίνακας είναι χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής και οι διαστάσεις των υαλοπινάκων είναι 4-6-4 mm και ενδιάμεσά τους υπάρχει αέρας.

Για την μπαλκονόπορτα η μελέτη έδειξε ότι και αυτή έχει τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά με αυτά των παραθύρων.

2.3.7. Δεύτερη περίπτωση

Για τη δεύτερη περίπτωση, η μελέτη των δομικών υλικών της κατοικίας έγινε μετά από τη ριζική ανακαίνιση. Στους παρακάτω πίνακες, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης δομικών υλικών για αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία μετά τη ριζική ανακαίνιση.

2.3.7.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Αρχικά στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν τα στοιχεία της οροφής.

Πίνακας 7. Δεδομένα της οροφής μετά την ανακαίνιση

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρας (Ri)	-	-	0.100
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Διογκωμένη Πολυστερίνη (πλάκες)	0.06	0.033	1.818
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.15	2.300	0.065
Ελαφρομπετόν με EPS	0.02	0.065	0.308
Ασφαλτόπανο	0.01	0.230	0.043
Γυψοσανίδες	0.07	0.210	0.333
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες με EPS 200 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.033$ (W/mK).
- Η πλάκα είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα (1% σίδηρος) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 2.3$ (W/mK).
- Το ελαφρομπετόν είναι τα Σύμμεικτα ελαφροσκυροδέματα με διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.065$ (W/mK).
- Το ασφαλτόπανο είναι τα Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.23$ (W/mK).
- Οι γυψοσανίδες είναι Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.21$ (W/mK).

Για την τοιχοποιία προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 8. Δεδομένα της εξωτερικής τοιχοποιίας μετά την ανακαίνιση

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Οπτοπλινθοδομή	0.06	0.450	0.122
Διογκωμένη Πολυστερίνη	0.07	0.035	2.000
Οπτοπλινθοδομή	0.09	2.300	0.039
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της TOTEE (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Ο οπτόπλινθος 6 cm είναι η Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτιπλίνθους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.45$ (W/mK).

- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες με EPS 100 και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.035$ (W/mK).
- Ο οπτόπλινθος 9 cm είναι η Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτιπλίνθους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.45$ (W/mK).
- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).

Για το περιμετρικό δοκάρι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 9. Δεδομένα του περιμετρικού δοκαριού μετά την ανακαίνιση

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Δοκάρι B120	0.19	1.510	0.126
Διογκωμένη Πολυστερίνη	0.09	0.040	2.250
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της ΤΟΤΕΕ (σελίδα 48844):

- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).
- Το περιμετρικό δοκάρι είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητας (παλαιού τύπου B120) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 1.51$ (W/mK).
- Η θερμομόνωση που προστέθηκε είναι η Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες με EPS 50 και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.040$ (W/mK).
- Το επίχρισμα είναι το Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).

Για το δάπεδο προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 10. Δεδομένα δαπέδου μετά την ανακαίνιση

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	0.02	0.870	0.100
Πετροβάμβακας σε μορφή παπλώματος	0.01	0.035	0.286
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	0.03	0.039	0.769
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.14	2.300	0.061
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040

Θεωρούμε τις εξής παραδοχές από τον Πίνακα 1 της ΤΟΤΕΕ (σελίδα 48844):

- Το δάπεδο είναι από Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.87$ (W/mK).

- Κάτω από το δάπεδο είναι μια στρώση από Πετροβάμβακα σε μορφή παπλώματος με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.035$ (W/mK).
- Μετά είναι μια θερμομόνωση από Πετροβάμβακα σε μορφή πλακών με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.039$ (W/mK).
- Τέλος είναι το Οπλισμένο σκυρόδεμα 1% με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 2.300$ (W/mK).

Τέλος, στα αδιαφανή δομικά στοιχεία ανήκει η πόρτα η εξωτερική. Για την πόρτα αυτή αποφασίστηκε να μην αλλάξει, επομένως, όπως στην πρώτη περίπτωση, έτσι και στη δεύτερη, η εξώπορτα μένει ίδια.

2.3.7.2. Διαφανή δομικά στοιχεία

Για τα παράθυρα, η μελέτη μετά τη ριζική ανακαίνιση έδειξε πως μένουν ίδια ακριβώς. Η μόνη διαφορά είναι πως το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες (4-6-4 mm) τώρα είναι το αργό και όχι ο αέρας που ήταν στην πρώτη περίπτωση.

Όπως και στην πρώτη περίπτωση, έτσι και στη δεύτερη, για την μπαλκονόπορτα η μελέτη έδειξε ότι και αυτή έχει τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά με αυτά των παραθύρων.

3. Αναμενόμενα αποτελέσματα και ανάλυση

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν σε πίνακες και διαγράμματα όλα τα αναμενόμενα αποτελέσματα με βάση τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Ξεκινώντας, λοιπόν, από τις εξισώσεις (1.3.1) και (1.3.2) στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης.

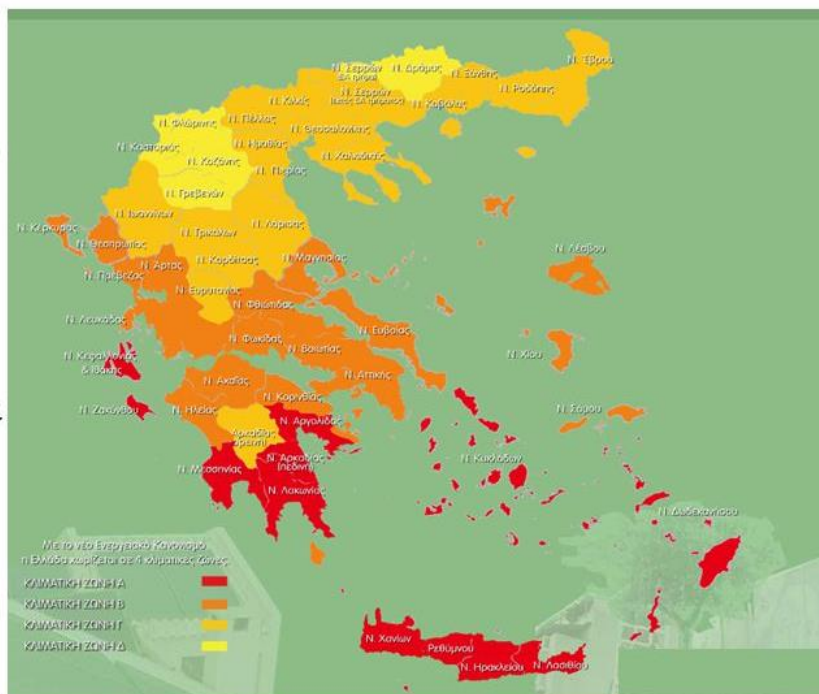
Πίνακας 11. Αποτελέσματα βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Ετήσιες Βαθμοώρες (°C) Θέρμανσης (18°C)	Ετήσιες Βαθμοώρες (°C) Ψύξης (28°C)
1	ΔΕΘ	25710.97	1145.22
2	Νέα μηχανιώνα	28608.91	152.00
3	Κορδελιό	28885.86	1605.60
4	Σίνδος	29104.98	425.60
5	Χαλάστρα	30082.34	12.80
6	Νόησις	30541.80	787.20
7	Καλαμαριά	32081.99	639.56
8	Ασπροβάλτα	35579.19	323.71
9	Επταπύργιο	42189.00	589.20
10	Λαγκαδάς	45508.64	179.98

Βρίσκοντας τις βαθμοώρες θέρμανσης είναι σημαντικό να γίνει ένας ενδεχόμενος επαναπροσδιορισμός κλιματικής ζώνης για κάθε περιοχή. Αυτό θα γίνει γιατί οι κλιματικές ζώνες όπως ειπώθηκε πιο πάνω έχουν βγει με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Παρακάτω, είναι η που εξηγεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια κάθε κλιματική ζώνη σε ποιες βαθμομέρες θέρμανσης αντιστοιχεί.

- Ζώνη Α από 601 - 1100 ΒΗΘ
- Ζώνη Β από 1101 - 1600 ΒΗΘ
- Ζώνη Γ από 1601 - 2200 ΒΗΘ
- Ζώνη Δ >2201 ΒΗΘ

Σημείωση: Οι βαθμομέρες θέρμανσης (ΒΗΘ) είναι υπολογισμένες σε θερμοκρασία βάσης τους 18°C.



Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας

Με βάση την παραπάνω εικόνα πρέπει οι βαθμοώρες θέρμανσης που έχουν υπολογιστεί να μετατραπούν σε βαθμομέρες. Αυτό γίνεται διαιρώντας τις βαθμοώρες με τις ώρες της ημέρας (24 ώρες). Επομένως, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας στον οποίο έχει γίνει η μετατροπή σε βαθμομέρες και με βάση την Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας ο Πίνακας 12 δείχνει την πραγματική κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει η εκάστοτε περιοχή.

Πίνακας 12. Πραγματική κλιματική ζώνη κάθε περιοχής

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Βαθμοώρες (°C) Θέρμανσης (18°C)	Βαθμομέρες (°C) Θέρμανσης (18°C)	Πραγματική Ζώνη
1	ΔΕΘ	25710.97	1071.29	A
2	Νέα μηχανιώνα	28608.91	1192.04	B
3	Κορδελιό	28885.86	1203.58	B
4	Σίνδος	29104.98	1212.71	B
5	Χαλάστρα	30082.34	1253.43	B
6	Νόησις	30541.80	1272.58	B
7	Καλαμαριά	32081.99	1336.75	B
8	Ασπροβάλτα	35579.19	1482.47	B
9	Επταπύργιο	42189.00	1757.88	Γ
10	Λαγκαδάς	45508.64	1896.19	Γ

3.1. Πρώτη περίπτωση

Με βάση τα παραπάνω για την πρώτη περίπτωση (όπου δεν υπάρχει επαρκής θερμομόνωση στην κατοικία) προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

3.1.1. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη για την πρώτη περίπτωση

Για την ενεργειακή κατανάλωση στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και στον Πίνακα 14 η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη, αντίστοιχα.

Πίνακας 13. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση στην πρώτη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Q _h (kWh)
1	ΔΕΘ	8870.35
2	Νέα μηχανιώνα	9870.14
3	Κορδελιό	9965.69
4	Σίνδος	10041.29
5	Χαλάστρα	10378.48
6	Νόησις	10536.99
7	Καλαμαριά	11068.36
8	Ασπροβάλτα	12274.90
9	Επταπύργιο	14555.30
10	Λαγκαδάς	15700.59

Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως ακολουθώντας τις εξισώσεις (2.1.1) και (2.1.2) οι συντελεστές είχαν μερικές ορισμένες τιμές.

Αρχικά, για την εξίσωση (2.1.1) οι τιμές αυτές ήταν:

- Ο συνολικός συντελεστής θερμικής απώλειας είναι ίσος με $U' = 0.311 \text{ kWh/K}$
- Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα της μονοκατοικίας είναι ίσος με $\eta = 0.9$

Για την εξίσωση (2.1.2) οι τιμές ήταν:

- Το $A \cdot U$ αναφέρεται στο άθροισμα της κάθε επιφάνειας του κτιρίου με το πηλίκο του αντίστοιχου συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε δομικού υλικού και είναι ίσο με $A \cdot U = 260.51 \text{ W/K}$
- Ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα ανά ώρα είναι ίσος με $N = \frac{0.5}{h}$ με βάση τον Πίνακα 3.25 της ΤΟΤΕΕ (υποενότητα 4.4.4. σελίδα 48699)
- Ο όγκος του χώρου που μελετάται είναι $V = 299.97 \text{ m}^3$

Σημαντικό να σημειωθεί είναι πως οι τιμές του εμβαδόν της εκάστοτε μετρούμενης περιοχής και ο αντίστοιχος συντελεστής θερμοπερατότητας για το κάθε δομικό στοιχείο, αντίστοιχα, υπολογίστηκαν από τις (2.1.8) και (2.1.9).

Πίνακας 14. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη στην πρώτη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Q _c (kWh)
1	ΔΕΘ	317.98
2	Νέα μηχανιώνα	42.20
3	Κορδελιό	445.80
4	Σίνδος	118.17
5	Χαλάστρα	3.55
6	Νόησις	218.57
7	Καλαμαριά	177.58
8	Ασπροβάλτα	89.88
9	Επταπύργιο	163.59
10	Λαγκαδάς	49.97

Για την εξίσωση (2.1.4) οι τιμές ήταν:

- Ο ρυθμός ροής μάζας κιλού αέρα που ψύχεται κάθε δευτερόλεπτο είναι $\dot{m} = 0.80 \text{ kg/s}$
- Η ειδική θερμότητα του αέρα μετρήθηκε ίση με $C_p = 1.01 \text{ kJ/kgK}$ με βάση τη θερμοκρασία των 18°C [34]
- Ο βαθμός απόδοσης του κλιματιστικού της μονοκατοικίας υπολογίστηκε $COP = 2.9$ με βάση την [35]

Επίσης, σημαντικό είναι να γίνει αναφορά στο πως υπολογίστηκε ο ρυθμός ροής μάζας κιλού αέρα που ψύχεται κάθε δευτερόλεπτο. Αρχικά, χρειάζεται να προσδιοριστούν τα BTU (British Thermal Unit) που αντιστοιχούν σε κάθε δωμάτιο της κατοικίας με βάση τα τετραγωνικά μέτρα του κάθε δωματίου. Γνωρίζοντας πως κάθε τετραγωνικό μέτρο (m²) αντιστοιχεί σε 215.28 BTU [36] τότε προκύπτει ο Πίνακας 15 που δείχνει πόσα BTU χρειάζεται κάθε δωμάτιο.

Πίνακας 15. Απαίτηση σε BTU για κάθε χώρο

Χώρος	Τετραγωνικά μέτρα (m ²)	Απαίτηση (BTU)
YN1	9.9	2131.26
YN2	9.9	2131.26
YN3	9.9	2131.26
ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ	75.07	16160.94
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	104.77	22554.71

Σε αυτό το σημείο γίνεται η παραδοχή πως ένας χώρος τα ελάχιστα BTU που θα πρέπει να αντιστοιχούν είναι τα 8000 BTU καθώς δε βγαίνουν κλιματιστικά κάτω από αυτή την τιμή. Επομένως, στους χώρους YN1, YN2 και YN3 (YN: υπνοδωμάτιο) αντί για 2131.26 BTU θα τοποθετηθούν κλιματιστικά 8000 BTU.

Στο χώρο ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ η απαίτηση είναι 16160.94 BTU, επομένως, τοποθετώντας ένα κλιματιστικό των 18000 BTU καλύπτονται οι ανάγκες για ψύξη.

Στη συνέχεια, γνωρίζοντας πως 1 BTU αντιστοιχούν σε 0.03 κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm: Cubic Feet per Minute) [37] τότε στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται τα απαιτούμενα κυβικά πόδια ανά λεπτό για την ψύξη που χρειάζονται σε κάθε χώρο της κατοικίας.

Πίνακας 16. Συνολική απαίτηση κάθε χώρου σε cfm

Χώρος	BTU	CFM
YN1	8000.00	266.67
YN2	8000.00	266.67
YN3	8000.00	266.67
ΣΑΛΟΝΙ- ΚΟΥΖΙΝΑ	18000.00	600.00
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	42000.00	1400.00

Εφόσον 1 cfm αντιστοιχεί σε 1.70 m³/h [38] τότε το συνολικό άθροισμα της απαίτησης ψύξης για όλους τους χώρους είναι ίσο με 2378.60 m³/h.

Με την πυκνότητα να είναι ρ=1.21 kg/m³ [39] τότε ο ρυθμός ροής μάζας κιλού αέρα που ψύχεται ανά δευτερόλεπτο είναι

$$\dot{m} = \rho \cdot 2378.60 \frac{m^3}{h} = 1.21 \frac{kg}{m^3} \cdot 2378.60 \frac{m^3}{h} = 2884.29 \frac{kg}{h} = 0.80 \frac{kg}{s}$$

Καταλήγοντας, στο σύνολο θα χρειαστούν τέσσερα (4) κλιματιστικά στην κατοικία.

- Από ένα κλιματιστικό των 8000 BTU σε κάθε υπνοδωμάτιο (σύνολο τρία)
- Ένα κλιματιστικό των 18000 BTU στο χώρο σαλόνι-κουζίνα

3.1.2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για την πρώτη περίπτωση

Για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται οι Πίνακας 17 και Πίνακας 18 για θέρμανση και ψύξη, αντίστοιχα. Αυτά τα αποτελέσματα των υπολογισμών των παρακάτω πινάκων προκύπτουν από τις εξισώσεις (2.1.5) και (2.1.6).

Πίνακας 17. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στην πρώτη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	PEC _h (kWh)
1	ΔΕΘ	25724.00
2	Νέα μηχανιώνα	28623.41
3	Κορδελιό	28900.50
4	Σίνδος	29119.73
5	Χαλάστρα	30097.59
6	Νόησις	30557.28
7	Καλαμαριά	32098.25
8	Ασπροβάλτα	35597.22
9	Επταπύργιο	42210.38
10	Λαγκαδάς	45531.71

Πίνακας 18. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη στην πρώτη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	PEC _c (kWh)
1	ΔΕΘ	922.13
2	Νέα μηχανιώνα	122.39
3	Κορδελιό	1292.83
4	Σίνδος	342.69
5	Χαλάστρα	10.31
6	Νόησις	633.85
7	Καλαμαριά	514.97
8	Ασπροβάλτα	260.65
9	Επταπύργιο	474.42
10	Λαγκαδάς	144.92

Με βάση τις εξισώσεις (2.1.1) και (2.1.2) ο συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια είχε την τιμή 2.90 καθώς για τη χρήση των θερμικών σωμάτων και κλιματιστικών χρησιμοποιήθηκε ως πηγή ενέργειας η ηλεκτρική από τον Πίνακα 1.2 της ΤΟΤΕΕ (σελίδα 48617).

3.1.3. Οικονομικό κόστος πρώτης περίπτωσης

Τέλος, για το οικονομικό κόστος με βάση την εξίσωση (2.1.7) προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 19. Κόστος πρωτογενούς ενέργειας στην πρώτη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Κόστος (€)
1	ΔΕΘ	€ 946.21
2	Νέα μηχανιώνα	€ 1,020.77
3	Κορδελιό	€ 1,072.18
4	Σίνδος	€ 1,046.22
5	Χαλάστρα	€ 1,069.14
6	Νόησις	€ 1,107.61
7	Καλαμαριά	€ 1,158.11
8	Ασπροβάλτα	€ 1,273.33
9	Επταπύργιο	€ 1,515.75
10	Λαγκαδάς	€ 1,621.99

Στην εξίσωση (2.1.7) οι χρεώσεις ανά κιλοβατώρα μέρας και νύχτας είναι ίσες με:

- Για τη μέρα DC = 0.11498 €
- Για τη νύχτα NC = 0.07898 €

Αντίστοιχα για τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας (PEC_c και PEC_h) οι τιμές που επιλέχθηκαν είναι από τα αποτελέσματα των Πίνακας 17 και Πίνακας 18 για τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό.

3.1.4. Θερμική ανάλυση για την πρώτη περίπτωση

Από τη θερμική ανάλυση που έγινε για την πρώτη περίπτωση παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

3.1.4.1. Αδιαφανή στοιχεία

Για τα αδιαφανή στοιχεία (οροφή, εξωτερική τοιχοποιία, δοκάρι, δάπεδο, πόρτα) υπάρχουν οι Πίνακας 20, Πίνακας 21, Πίνακας 22, Πίνακας 23 και Πίνακας 24. Υπολογίστηκαν, όπως είναι προφανές, από τις εξισώσεις (2.1.8), (2.1.9) και (2.1.10).

Πίνακας 20. Αποτελέσματα δεδομένων οροφής πρώτης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρας (Ri)	-	-	0.100
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκους)	0.05	0.045	1.111
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.15	2.300	0.065
Ελαφρομπετόν με EPS	0.02	0.065	0.308
Ασφαλτόπανο	0.01	0.230	0.043
Γυψοσανίδες	0.07	0.210	0.333
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			2.012
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.497

Πίνακας 21. Αποτελέσματα δεδομένων εξωτερικής τοιχοποιίας πρώτης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Οπτοπλινθοδομή	0.06	0.450	0.133
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκοι)	0.03	0.045	0.667
Οπτοπλινθοδομή	0.09	0.450	0.200
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			1.193
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.838

Πίνακας 22. Αποτελέσματα δεδομένων του περιμετρικού δοκαριού πρώτης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Δοκάρι B120	0.19	1.510	0.126
Διογκωμένη Πολυστερίνη (κόκκοι)	0.04	0.045	0.889
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			1.178
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.849

Πίνακας 23. Αποτελέσματα δεδομένων του δαπέδου πρώτης περίπτωσης

	δi (m)	λi (W/mK)	$\delta i/\lambda i$ (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	0.02	0.870	0.100
Πετροβάμβακας σε μορφή παπλώματος	0.01	0.035	0.286
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	0.03	0.039	0.769
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.14	2.300	0.061
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			1.356
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.738

Τέλος για την πόρτα, με την εξίσωση (2.1.10) ισχύει ότι η επιφάνεια του γυαλιού είναι μηδενική ($A_g = L = 0$), άρα δεν εμφανίζονται θερμογέφυρες. Στον Πίνακα 24 εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά της πόρτας, όπως αντλήθηκαν από την TOTEE και τον Πίνακα 10 (ενότητα 4 σελίδα 48860).

Πίνακας 24. Χαρακτηριστικά δεδομένων πόρτας πρώτης περίπτωσης

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f (W/m ² K)
Ξύλινο πλαίσιο	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm	2.0

Εφόσον ισχύει ότι $A_g = L = 0$ τότε στην εξίσωση (2.1.10) φαίνεται πως $U_w = U_f$.

3.1.4.2. Διαφανή στοιχεία

Στα διαφανή στοιχεία (παράθυρα, μπαλκονόπορτα) υπάρχουν οι Πίνακας 25 και Πίνακας 26. Υπολογίστηκαν από την εξίσωση (2.1.10).

Για τα παράθυρα μελετήθηκαν με βάση την TOTEE και συγκεκριμένα τους Πίνακες 9, 10 και 11α (ενότητα 4 σελίδα 48860 και 48861).

Με βάση αυτό το πρότυπο, στον Πίνακα 25 φαίνονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 25. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τα παράθυρα πρώτης περίπτωσης

Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Διαστάσεις (mm)	Αέρας
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	4-6-4	3.3
	Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	
	Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm	
		Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	

Όπως και τα παράθυρα, έτσι και η μπαλκονόπορτα μελετήθηκε με βάση την TOTEE και συγκεκριμένα τους Πίνακες 9, 10 και 11α (ενότητα 4 σελίδα 48860 και 48861).

Με βάση αυτό το πρότυπο, στον Πίνακα 26 φαίνονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 26. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τη μπαλκονόπορτα πρώτης περίπτωσης

Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Διαστάσεις (mm)	Αέρας
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	4-6-4	3.3
	Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	
	Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm	
		Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	

Εύκολα φαίνεται πως τόσο τα παράθυρα όσο και η μπαλκονόπορτα αποτελούνται από τα ίδια χαρακτηριστικά.

Συλλέγοντας τα παραπάνω αποτελέσματα όλης της υποενότητας της θερμικής ανάλυσης για την πρώτη περίπτωση, στον παρακάτω Πίνακα 27 φαίνονται όλοι οι συντελεστές θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία.

Πίνακας 27. Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης πρώτης περίπτωσης

Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)	
Εξωτερική τοιχοποιία	0.84
Δάπεδο	0.85
Οροφή	0.75
Παράθυρα	3.01
Μπαλκονόπορτα	3.15
Πόρτα	2.00

3.2. Δεύτερη περίπτωση

Τελειώνοντας την πρώτη περίπτωση παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα. Σε αυτή την υποενότητα θα παρουσιαστούν, αντίστοιχα, τα αποτελέσματα της δεύτερης περίπτωσης της μελέτης αυτής. Στην περίπτωση αυτή, όπως ειπώθηκε και πιο πάνω, στην κατοικία που μελετάται έχει γίνει μια ριζική ανακαίνιση στη θερμική ανάλυση. Αυτή η ριζική ανακαίνιση θα οδηγήσει σε αρκετές αλλαγές στα αποτελέσματα τόσο στην ενεργειακή κατανάλωση όσο και στο οικονομικό κόστος.

3.2.1. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη για τη δεύτερη περίπτωση

Ξεκινώντας και εδώ με την ενεργειακή κατανάλωση στον Πίνακα 28 και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης.

Πίνακας 28. Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση στη δεύτερη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Q _h (kWh)
1	ΔΕΘ	6788.07
2	Νέα μηχανιώνα	7553.17
3	Κορδελιό	7626.29
4	Σίνδος	7684.14
5	Χαλάστρα	7942.18
6	Νόησις	8063.48
7	Καλαμαριά	8470.11
8	Ασπροβάλτα	9393.43
9	Επταπύργιο	11138.51
10	Λαγκαδάς	12014.94

Σε αυτή την περίπτωση ακολουθώντας τις εξισώσεις (2.1) και (2.2) οι συντελεστές είχαν μερικές αλλαγές στις τιμές τους.

Αρχικά, για την εξίσωση (2.1.1) η τιμή που άλλαξε ήταν μόνο ο συνολικός συντελεστής θερμικής απώλειας που τώρα είναι ίσος με $U' = 0.238 \text{ kWh/K}$.

Για την εξίσωση (2.1.2) η τιμή που άλλαξε ξανά ήταν μόνο το $A \cdot U$ που όπως ειπώθηκε πιο πάνω αναφέρεται στο άθροισμα της κάθε επιφάνειας του κτιρίου με το πηλίκο του αντίστοιχου συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε δομικού υλικού και είναι ίσο με $A \cdot U = 187.62 \text{ W/K}$.

Όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση ψύξης τα αποτελέσματα μένουν ίδια. Αυτό συμβαίνει καθώς τα κλιματιστικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι επίσης ίδια. Δε θα γίνει καμία αλλαγή γιατί βάσει των αποτελεσμάτων της πρώτης περίπτωσης τα κλιματιστικά που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν πως υπερκαλύπτουν τις θερμικές ανάγκες των χώρων της κατοικίας.

Επίσης, σημαντικό είναι αναφερθεί πως η ενεργειακή κατανάλωση ψύξης είναι ξεκάθαρα θέμα κλιματιστικών και δεν επηρεάζεται από τη θερμομόνωση. Τυπικά, στον Πίνακα 29 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη.

Πίνακας 29. Ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη στη δεύτερη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Q _c (kWh)
1	ΔΕΘ	317.98
2	Νέα μηχανιώνα	42.20
3	Κορδελιό	445.80
4	Σίνδος	118.17
5	Χαλάστρα	3.55
6	Νόησις	218.57
7	Καλαμαριά	177.58
8	Ασπροβάλτα	89.88
9	Επταπύργιο	163.59
10	Λαγκαδάς	49.97

Εφόσον τα αποτελέσματα παραμένουν ίδια δεν υπάρχει λόγος να αναλυθούν σε βάθος οι τιμές της εξίσωσης (2.1.4).

3.2.2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για τη δεύτερη περίπτωση

Στη δεύτερη περίπτωση παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά τη ριζική ανακαίνιση. Όπως πριν έτσι και τώρα με βάσει τις εξισώσεις (2.1.5) και (2.1.6) οι Πίνακας 30 και Πίνακας 31 παρουσιάζονται.

Πίνακας 30. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στη δεύτερη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	PEC _h (kWh)
1	ΔΕΘ	19685.41
2	Νέα μηχανιώνα	21904.19
3	Κορδελιό	22116.24
4	Σίνδος	22284.00
5	Χαλάστρα	23032.31
6	Νόησις	23384.09
7	Καλαμαριά	24563.33
8	Ασπροβάλτα	27240.93
9	Επταπύργιο	32301.68
10	Λαγκαδάς	34843.34

Πίνακας 31. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη στη δεύτερη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	PEC _c (kWh)
1	ΔΕΘ	922.13
2	Νέα μηχανιώνα	122.39
3	Κορδελιό	1292.83
4	Σίνδος	342.69
5	Χαλάστρα	10.31
6	Νόησις	633.85
7	Καλαμαριά	514.97
8	Ασπροβάλτα	260.65
9	Επταπύργιο	474.42
10	Λαγκαδάς	144.92

Καθώς η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας έχει άμεση σύνδεση με τις ενεργειακές καταναλώσεις στην περίπτωση της ψύξης οι τιμές παραμένουν ίδιες με την πρώτη περίπτωση.

Ξανά με βάση τις εξισώσεις (2.1.1) και (2.1.2) ο συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια παραμένει στην τιμή 2.90 καθώς για τη χρήση των θερμικών σωμάτων και κλιματιστικών χρησιμοποιήθηκε ως πηγή ενέργειας η ηλεκτρική από τον Πίνακα 1.2 της TOTEE (υποενότητα 1.2 σελίδα 48617).

3.2.3. Οικονομικό κόστος δεύτερης περίπτωσης

Με βάση την εξίσωση (2.1.7) εμφανίζεται στον Πίνακα 32 το οικονομικό κόστος της κατοικίας για τη δεύτερη περίπτωση.

Πίνακας 32. Κόστος πρωτογενούς ενέργειας στη δεύτερη περίπτωση

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Κόστος (€)
1	ΔΕΘ	€ 731.78
2	Νέα μηχανιώνα	€ 782.17
3	Κορδελιό	€ 831.26
4	Σίνδος	€ 803.48
5	Χαλάστρα	€ 818.25
6	Νόησις	€ 852.89
7	Καλαμαριά	€ 890.54
8	Ασπροβάλτα	€ 976.59
9	Επταπύργιο	€ 1,163.89
10	Λαγκαδάς	€ 1,242.45

Οι χρεώσεις με βάση την (2.1.7) παραμένουν ίδιες. Δηλαδή:

- Για τη μέρα DC = 0.11498 €
- Για τη νύχτα NC = 0.07898 €

Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας επιλέχθηκαν από τους Πίνακα 30 και Πίνακα 31.

3.2.4. Θερμική ανάλυση για τη δεύτερη περίπτωση

Τώρα για τη δεύτερη περίπτωση θα γίνει η θερμική ανάλυση του κελύφους. Σε αυτή την υποενότητα θα γίνουν και θα παρουσιαστούν οι μεγάλες αλλαγές.

Αξίζει να αναφερθεί η TOTEE εδώ. Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4α της TOTEE (υποενότητα 4.2 σελίδα 48654) είναι γνωστό πως η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις (4) ζώνες κλιματικές. Οι δέκα (10) μετεωρολογικοί σταθμοί που μελετώνται σε αυτή τη διπλωματική με βάση την Εικόνα 2. Μετεωρολογικοί σταθμοί της Θεσσαλονίκης ανήκουν όλοι στη ζώνη Γ'. Όμως, προκύπτει η Εικόνα 3 η οποία δίνει μια διαφορετική οπτική επειδή οι κλιματικές ζώνες πάνε με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης.

Κάθε κλιματική ζώνη έχει τα δικά της όρια σε συντελεστή θερμοπερατότητας. Για ένα κέλυφος που είναι κάτω από αυτά τα όρια σε κάθε δομικό του στοιχείο, αυτό σημαίνει πως είναι επαρκώς θερμομονωμένο.

Η θερμομονωτική επάρκεια γίνεται με τις εξισώσεις (2.1.8), (2.1.9) και (2.1.10). Αν μετά τη μελέτη, το κέλυφος που μελετάται είναι πάνω από τα όρια σε κάποιο ή κάποια δομικά στοιχεία, είναι σοφό να γίνει μια ανακαίνιση που θα βοηθήσει στην ανανέωση του κελύφους κατασκευαστικά, αλλά και θερμικά.

Από τα αποτελέσματα της πρώτης περίπτωσης και από τα όρια που εκφράζει η ζώνη ενδιαφέροντος (Γ') θα γίνει μια σύγκριση συντελεστών θερμοπερατότητας με τα ανώτατα όρια που ορίζει η περιοχή.

Πίνακας 33. Σύγκριση αποτελεσμάτων πρώτης περίπτωσης με τα μέγιστα επιτρεπτά όρια

Δομικό στοιχείο	Αποτελέσματα πρώτης περίπτωσης U (W/m ² K)	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Εξωτερική τοιχοποιία	0.838	0.45
Δάπεδο	0.738	0.75
Οροφή	0.497	0.40
Παράθυρα	3.011	2.80
Μπαλκονόπορτα	3.149	2.80
Πόρτα	2.000	2.80

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, από τον παραπάνω πίνακα τα δομικά στοιχεία που είναι πάνω από τα όρια είναι:

- Εξωτερική τοιχοποιία
- Δάπεδο
- Οροφή
- Παράθυρα
- Μπαλκονόπορτα

Μόνο η πόρτα είναι εντός των ορίων και για αυτό το λόγο στην πόρτα δε θα υπάρξει παρέμβαση.

3.2.4.1. Αδιαφανή στοιχεία

Για τα αδιαφανή στοιχεία (οροφή, εξωτερική τοιχοποιία, δοκάρι, δάπεδο, πόρτα) υπάρχουν οι Πίνακας 34, Πίνακας 35 και Πίνακας 36. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή την περίπτωση, όπως είναι προφανές, γίνεται με τις εξισώσεις (2.1.8), (2.1.9) και (2.1.10), όμοια με την πρώτη περίπτωση.

Η δομή της παρουσίασης των αδιαφανών στοιχείων θα γίνει με παρόμοιο τρόπο που έγινε στην πρώτη περίπτωση. Δηλαδή:

- Πρώτα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της οροφής
- Έπειτα είναι τα αποτελέσματα της εξωτερικής τοιχοποιίας
- Μετά είναι τα αποτελέσματα του περιμετρικού δοκαριού
- Το δάπεδο είναι ήδη κάτω από τα επιτρεπτά όρια, συνεπώς δε θα γίνει καμία αλλαγή από την πρώτη περίπτωση
- Για την πόρτα όπως ειπώθηκε πιο πάνω επειδή είναι ήδη κάτω από τα επιτρεπτά όρια δε θα γίνει καμία αλλαγή, άρα θα παραμείνει ίδια με την πρώτη περίπτωση

Πίνακας 34. Αποτελέσματα δεδομένων οροφής δεύτερης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρας (R _i)	-	-	0.100
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Διογκωμένη Πολυστερίνη (πλάκες)	0.06	0.033	1.818
Οπλισμένο σκυρόδεμα 1%	0.15	2.300	0.065
Ελαφρομετόν με EPS	0.02	0.065	0.308
Ασφαλτόπανο	0.01	0.230	0.043

Γυψοσανίδες	0.07	0.210	0.333
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			2.719
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.368

Πίνακας 35. Αποτελέσματα δεδομένων εξωτερικής τοιχοποιίας δεύτερης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Οπτοπλινθοδομή	0.06	0.450	0.133
Διογκωμένη Πολυστερίνη (πλάκες)	0.07	0.035	2.000
Οπτοπλινθοδομή	0.09	0.450	0.200
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			2.526
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.396

Πίνακας 36. Αποτελέσματα δεδομένων του περιμετρικού δοκαριού δεύτερης περίπτωσης

	δ_i (m)	λ_i (W/mK)	δ_i/λ_i (m ² K/W)
Εξωτερικός αέρα (Ri)	-	-	0.130
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Δοκάρι B120	0.19	1.510	0.126
Διογκωμένη Πολυστερίνη (πλάκες)	0.09	0.040	2.250
Ασβεστοκονίαμα	0.01	0.870	0.011
Εσωτερικός αέρας (Ra)	-	-	0.040
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R			2.539
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K			0.394

3.2.4.2. Διαφανή στοιχεία

Στα διαφανή στοιχεία (παράθυρα, μπαλκονόπορτα) υπάρχουν οι Πίνακας 37 και Πίνακας 38. Υπολογίστηκαν, όπως και στην πρώτη περίπτωση από την εξίσωση (2.1.10).

Τα παράθυρα μελετήθηκαν με βάση την TOTEE και συγκεκριμένα τους Πίνακες 9, 10 και 11α (ενότητα 4 σελίδα 48860 και 48861).

Με βάση αυτό το πρότυπο, στον Πίνακα 37 φαίνονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 37. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τα παράθυρα δεύτερης περίπτωσης

Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Διαστάσεις (mm)	Αργό
Διπλή	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	4-6-4	2.2
	Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	
	Εύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm	
		Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	

Όπως και τα παράθυρα, έτσι και η μπαλκονόπορτα μελετήθηκε με βάση την TOTEE και συγκεκριμένα τους Πίνακες 9, 10 και 11α (ενότητα 4 σελίδα 48860 και 48861).

Με βάση αυτό το πρότυπο, στον Πίνακα 38 φαίνονται τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 38. Χαρακτηριστικά δεδομένων για τη μπαλκονόπορτα δεύτερης περίπτωσης

Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Διαστάσεις (mm)	Αργό
Διπλή	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	4-6-4	2.2
Υλικό πλαισίου		Χαρακτηριστικό πλαισίου	
Εύλινο πλαίσιο		Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm	
		Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	

Εύκολα φαίνεται πως τόσο τα παράθυρα όσο και η μπαλκονόπορτα αποτελούνται από τα ίδια χαρακτηριστικά.

Να σχολιαστεί πως οι βασικές αλλαγές που γίνανε τόσο στα παράθυρα όσο και στη μπαλκονόπορτα είναι οι εξής:

- Το χημικό στοιχείο που υπάρχει ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες (καθώς έχουμε διπλή υάλωση) πλέον είναι το αργό και όχι ο αέρας
- Οι υαλοπίνακες των παραθύρων και της μπαλκονόπορτας πλέον είναι με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου

Το αργό ως χημικό στοιχείο ως ιδιότητα έχει χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας U_g από το χημικό στοιχείο του αέρα ($2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ έναντι $3.3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Επομένως, όμοια με την πρώτη περίπτωση, συλλέγοντας τα παραπάνω αποτελέσματα όλης της υποενοτήτας της θερμικής ανάλυσης τώρα για τη δεύτερη περίπτωση, στον παρακάτω Πίνακα 39 φαίνονται όλοι οι συντελεστές θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία.

Πίνακας 39. Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης δεύτερης περίπτωσης

Συντελεστής θερμοπερατότητας $U \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
Εξωτερική τοιχοποιία	0.396
Δάπεδο	0.738
Οροφή	0.368
Παράθυρα	2.103
Μπαλκονόπορτα	2.151
Πόρτα	2.000

3.3. Συγκρίσεις δύο περιπτώσεων

Σε αυτή την υποενοτήτα θα γίνουν συγκρίσεις αποτελεσμάτων στις δύο (2) περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, αυτές οι συγκρίσεις θα δείξουν πόσο επιδραστική ήταν η ριζική ανακαίνιση που έγινε στο κέλυφος τόσο σε θερμικό όσο και σε ενεργειακό και οικονομικό κομμάτι.

Αρχικά, τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε πίνακες και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν σε διαγράμματα για να γίνει πιο κατανοητή η σύγκριση.

3.3.1. Σύγκριση μέσω πινάκων

Ξεκινώντας με τους πίνακες τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν με αντίθετη φορά από ότι παρουσιάστηκαν στις υποενότητες 3.1 και 3.2. Με άλλα λόγια, η σύγκριση θα ξεκινήσει πρώτα από τη θερμική ανάλυση και μετά θα συνεχιστεί με την ενεργειακή κατανάλωση και το οικονομικό κόστος στο τέλος. Ο λόγος που θα γίνει αυτό θα εξηγηθεί στην ενότητα 4.

Ξεκινώντας, στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια απευθείας σύγκριση στοιχείο προς στοιχείο για τα αποτελέσματα των δύο (2) περιπτώσεων ως προς τη θερμική ανάλυση.

Πίνακας 40. Απευθείας σύγκριση θερμικών αποτελεσμάτων των δύο περιπτώσεων

Δομικό στοιχείο	Αποτελέσματα πρώτης περίπτωσης U (W/m ² K)	Αποτελέσματα δεύτερης περίπτωσης U (W/m ² K)	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Εξωτερική τοιχοποιία	0.838	0.396	0.45
Δάπεδο	0.738	0.738	0.75
Οροφή	0.746	0.381	0.40
Παράθυρα	3.011	2.103	2.80
Μπαλκονόπορτα	3.149	2.151	2.80
Πόρτα	2.000	2.000	2.80

Όπως φαίνεται ξεκάθαρα, στην πρώτη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας σχεδόν σε όλα τα δομικά στοιχεία ήταν πάνω από τη μέγιστη επιτρεπτή τιμή που ορίζει η ζώνη Γ'.

Στη δεύτερη περίπτωση, ωστόσο, μετά τη ριζική ανακαίνιση ο συντελεστής θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία είναι κάτω από τα όρια της ζώνης Γ', που σημαίνει πως τα υλικά που επιλέχθηκαν ήταν τα σωστά.

Είναι σημαντικό να ειπωθεί επίσης πως πέρα από το ότι πλέον το κέλυφος είναι στα όρια που ορίζει η ΤΟΤΕΕ, η ριζική ανακαίνιση προσφέρει και θερμική άνεση στους κατοίκους του κελύφους.

Ωστόσο, το ότι η κατοικία βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια είναι κάτι πολύ ωφέλιμο και σε ενεργειακό κομμάτι.

Λόγω του ότι η κατοικία είναι επαρκώς θερμομονωμένη αυτό σημαίνει πως σε αλλαγές θερμοκρασίας περιβάλλοντος είναι και πιο σταθερή. Δηλαδή, πιο δύσκολα θα ανέβει ή θα κατέβει η θερμοκρασία της κατοικίας. Αυτό είναι κάτι που συμβαίνει παθητικά, χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου γιατί η αλλαγή της θερμοκρασίας εξαρτάται εν πολλοίς από τα δομικά υλικά και τις ιδιότητές τους.

Παρά όλα αυτά, σε καμία περίπτωση αυτό δε σημαίνει πως τα θερμαντικά σώματα και τα κλιματιστικά πλέον είναι αχρείαστα στην κατοικία αυτή. Προφανώς και είναι χρήσιμα. Απλώς

τώρα με τη ριζική ανακαίνιση ενδέχεται τα σώματα και τα κλιματιστικά αυτά να χρησιμοποιηθούν λιγότερο καθώς οι θερμικές απώλειες θα είναι λογικά μικρότερες.

Από τις υποενότητες 3.1.1, 3.1.2 και 3.2.1, 3.2.2 προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες σύγκρισης για την ενεργειακή κατανάλωση.

Ξεκινώντας με την ενεργειακή κατανάλωση προκύπτει ο Πίνακας 41.

Πίνακας 41. Απευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης πρώτης και δεύτερης περίπτωσης

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΣ	Πρώτη	Δεύτερη
		περίπτωση	περίπτωση
		Q _h (kWh)	Q _h (kWh)
1	ΔΕΘ	8870.35	6788.07
2	Νέα μηχανιώνα	9870.14	7553.17
3	Κορδελιό	9965.69	7626.29
4	Σίνδος	10041.29	7684.14
5	Χαλάστρα	10378.48	7942.18
6	Νόησις	10536.99	8063.48
7	Καλαμαριά	11068.36	8470.11
8	Ασπροβάλτα	12274.90	9393.43
9	Επταπύργιο	14555.30	11138.51
10	Λαγκαδάς	15700.59	12014.94

Στη συνέχεια από τον Πίνακας 42 φαίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων πρωτογενούς ενέργειας.

Πίνακας 42. Απευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων πρωτογενούς ενέργειας πρώτης και δεύτερης περίπτωσης

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΣ	Πρώτη	Δεύτερη
		περίπτωση	περίπτωση
		PEC _h (kWh)	PEC _h (kWh)
1	ΔΕΘ	25724.00	19685.41
2	Νέα μηχανιώνα	28623.41	21904.19
3	Κορδελιό	28900.50	22116.24
4	Σίνδος	29119.73	22284.00
5	Χαλάστρα	30097.59	23032.31
6	Νόησις	30557.28	23384.09
7	Καλαμαριά	32098.25	24563.33
8	Ασπροβάλτα	35597.22	27240.93
9	Επταπύργιο	42210.38	32301.68
10	Λαγκαδάς	45531.71	34843.34

Στον Πίνακας 43 προκύπτει η σύγκριση των αποτελεσμάτων για το οικονομικό κόστος.

Πίνακας 43. Αλευθείας σύγκριση αποτελεσμάτων οικονομικού κόστους πρώτης και δεύτερης περίπτωσης

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Κόστος A (€)	Κόστος B (€)
1	ΔΕΘ	€ 946.21	€ 731.78
2	Νέα μηχανιώνα	€ 1,020.77	€ 782.17
3	Κορδελιό	€ 1,072.18	€ 831.26
4	Σίνδος	€ 1,046.22	€ 803.48
5	Χαλάστρα	€ 1,069.14	€ 818.25
6	Νόησις	€ 1,107.61	€ 852.89
7	Καλαμαριά	€ 1,158.11	€ 890.54
8	Ασπροβάλτα	€ 1,273.33	€ 976.59
9	Επταπύργιο	€ 1,515.75	€ 1,163.89
10	Λαγκαδάς	€ 1,621.99	€ 1,242.45

Στη συνέχεια, είναι ο Πίνακας 44 που δείχνει το ετήσιο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο (m²).

Πίνακας 44. Ετήσιο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Περίπτωση A (€/m ²)	Περίπτωση B (€/m ²)
1	ΔΕΘ	€ 9.46	€ 7.32
2	Νέα μηχανιώνα	€ 10.21	€ 7.82
3	Κορδελιό	€ 10.72	€ 8.31
4	Σίνδος	€ 10.46	€ 8.03
5	Χαλάστρα	€ 10.69	€ 8.18
6	Νόησις	€ 11.08	€ 8.53
7	Καλαμαριά	€ 11.58	€ 8.91
8	Ασπροβάλτα	€ 12.73	€ 9.77
9	Επταπύργιο	€ 15.16	€ 11.64
10	Λαγκαδάς	€ 16.22	€ 12.42

Τέλος, στους Πίνακας 45 και Πίνακας 46 παρουσιάζεται η εξοικονόμηση χρημάτων που γίνεται με τη ριζική ανακαίνιση του κελύφους στον ένα (1) χρόνο αλλά και ημερησίως.

Πίνακας 45. Ετήσια εξοικονόμηση κόστους από τις δύο περιπτώσεις

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Κόστος (€)	Κόστος (€)	Εξοικονόμηση (€)
1	ΔΕΘ	€ 946.21	€ 731.78	€ 214.43
2	Νέα μηχανιώνα	€ 1,020.77	€ 782.17	€ 238.60
3	Κορδελιό	€ 1,072.18	€ 831.26	€ 240.91
4	Σίνδος	€ 1,046.22	€ 803.48	€ 242.74
5	Χαλάστρα	€ 1,069.14	€ 818.25	€ 250.89
6	Νόησις	€ 1,107.61	€ 852.89	€ 254.72
7	Καλαμαριά	€ 1,158.11	€ 890.54	€ 267.57
8	Ασπροβάλτα	€ 1,273.33	€ 976.59	€ 296.73
9	Επταπύργιο	€ 1,515.75	€ 1,163.89	€ 351.86
10	Λαγκαδάς	€ 1,621.99	€ 1,242.45	€ 379.55

Πίνακας 46. Ημερήσια εξοικονόμηση κόστους από τις δύο περιπτώσεις

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Πρώτη περίπτωση (€/day)	Δεύτερη περίπτωση (€/day)	Εξοικονόμηση (€/day)
1	ΔΕΘ	€ 2.59	€ 2.00	€ 0.59
2	Νέα μηχανιώνα	€ 2.80	€ 2.14	€ 0.65
3	Κορδελιό	€ 2.94	€ 2.28	€ 0.66
4	Σίνδος	€ 2.87	€ 2.20	€ 0.67
5	Χαλάστρα	€ 2.93	€ 2.24	€ 0.69
6	Νόησις	€ 3.03	€ 2.34	€ 0.70
7	Καλαμαριά	€ 3.17	€ 2.44	€ 0.73
8	Ασπροβάλτα	€ 3.49	€ 2.68	€ 0.81
9	Επταπύργιο	€ 4.15	€ 3.19	€ 0.96
10	Λαγκαδάς	€ 4.44	€ 3.40	€ 1.04

Όπως είναι λογικό η εξοικονόμηση ετήσιου και ημερήσιου κόστους προέκυψε από την αφαίρεση του κόστους της πρώτης περίπτωσης ενός μετεωρολογικού σταθμού με το κόστος του αντίστοιχου σταθμού της δεύτερης περίπτωσης.

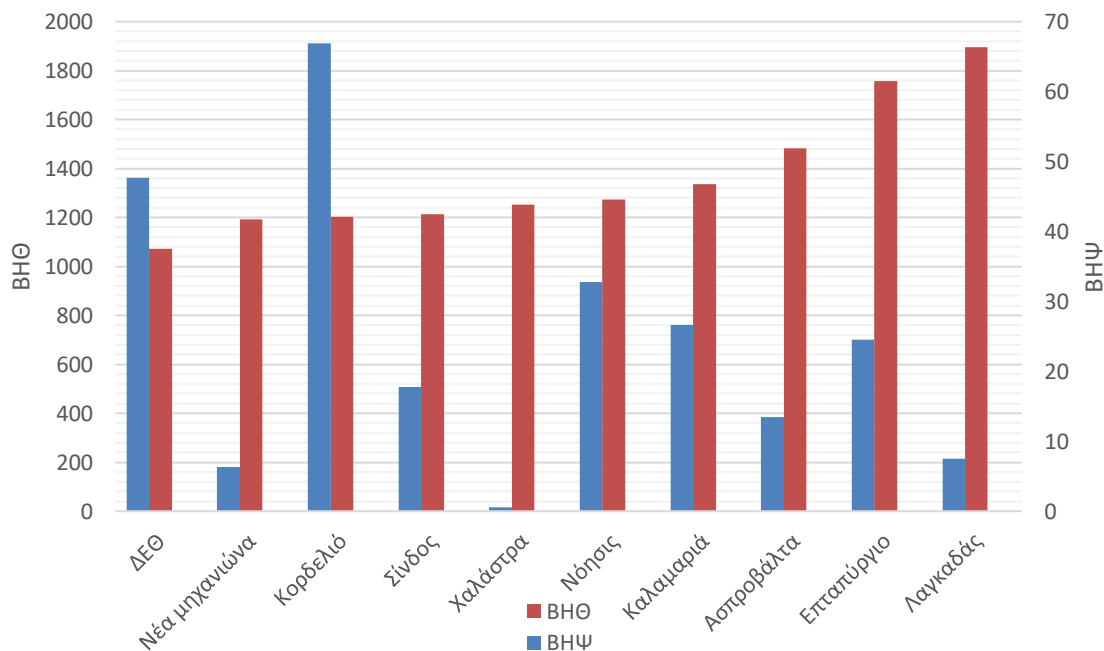
Το κόστος ανά ημέρα προέκυψε από την αναλογία του ετήσιου κόστους (365 ημέρες) στον ημερησίου κόστους (1 ημέρα).

3.3.2. Σύγκριση μέσω διαγραμμάτων

Σε αυτή την υποενότητα θα γίνει η απευθείας σύγκριση μέσω διαγραμμάτων προκειμένου να γίνουν πιο κατανοητές οι διαφορές που έχουν οι δύο (2) περιπτώσεις.

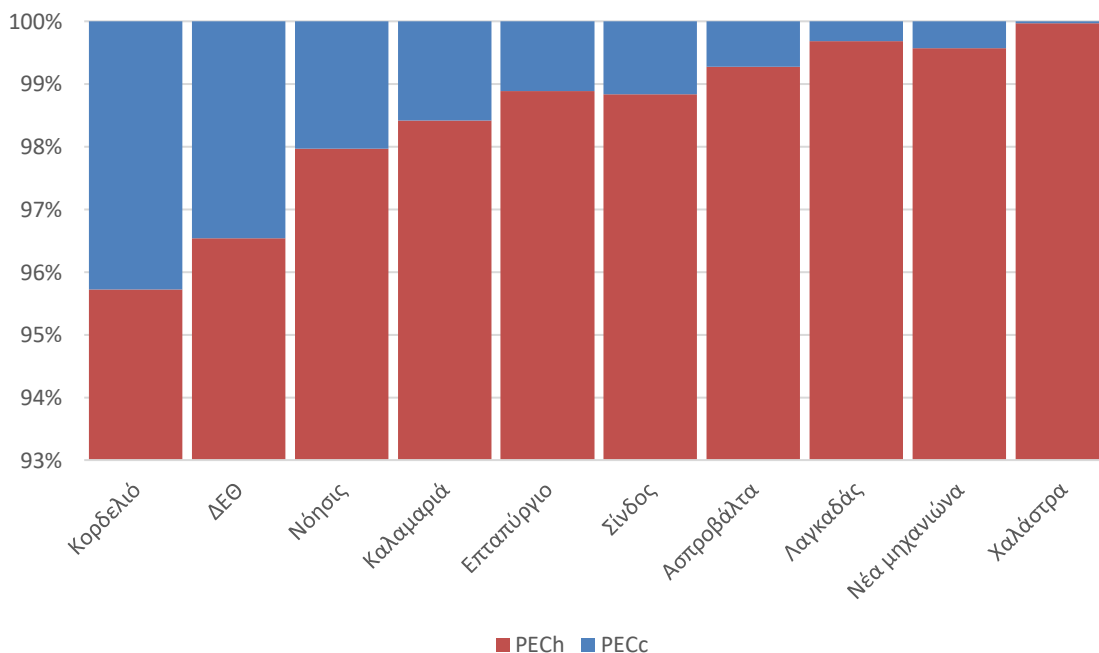
Τα διαγράμματα αυτά θα παρατεθούν με τη σειρά που έγινε και ο υπολογισμός των υποενοτήτων 3.1.2, 3.1.3 και 3.1.4 για την πρώτη περίπτωση και 3.2.2, 3.2.3 και 3.2.4 για τη δεύτερη περίπτωση, αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, λοιπόν, και συγκεκριμένα από τον Πίνακα 11 στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης για τις δέκα (10) περιοχές.



Διάγραμμα 1. Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης

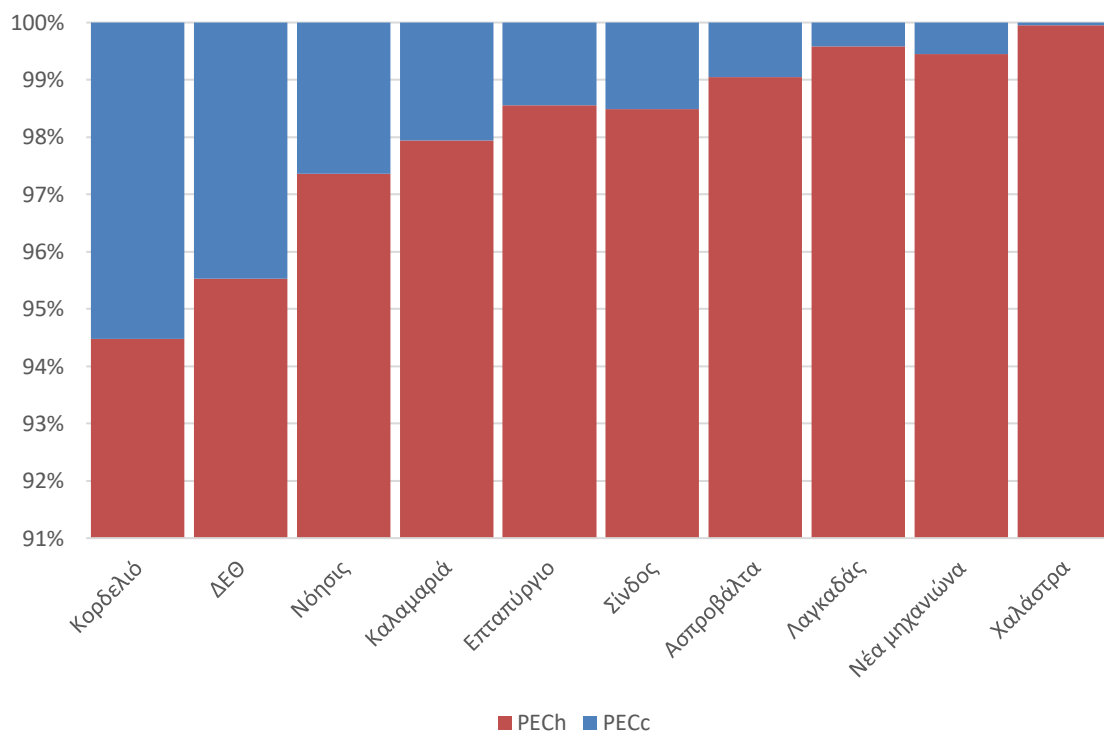
Από τους Πίνακες 17 και Πίνακας 18 στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζονται ποσοστιαία οι τιμές της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξης για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς για την πρώτη περίπτωση.



Διάγραμμα 2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (%) για θέρμανση (PECh) και ψύξη (PECc) για τις δέκα (10) περιοχές για την πρώτη περίπτωση

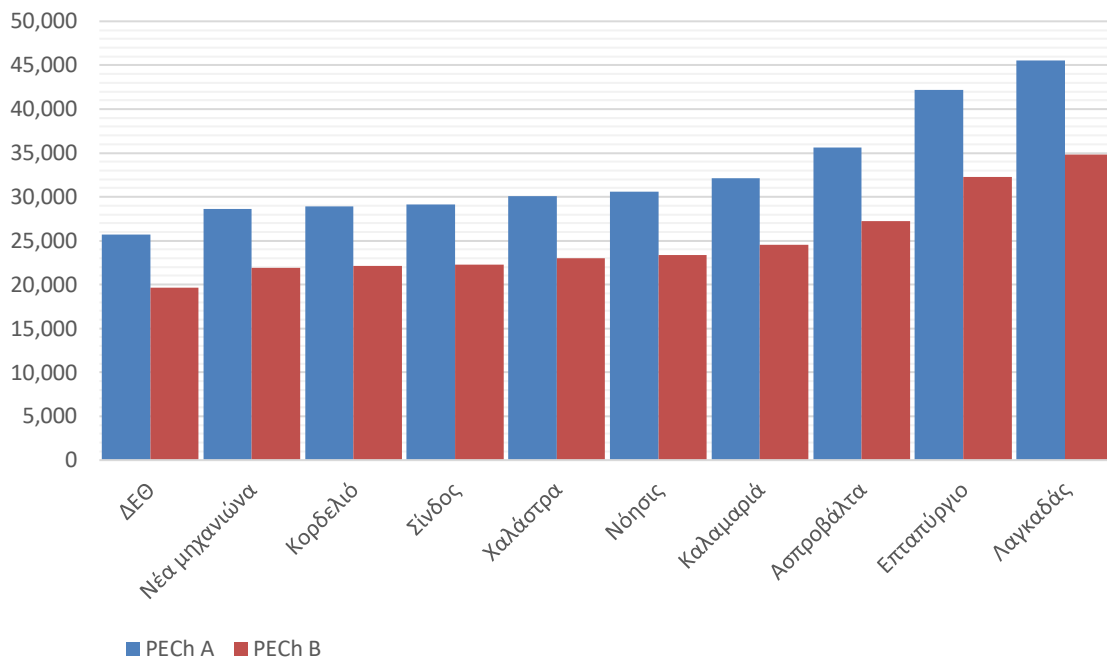
Εδώ θα πρέπει να σχολιαστεί πως το διάγραμμα πηγαίνει με φθίνουσα σειρά με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη.

Αντίστοιχα, από τους Πίνακες 30 και Πίνακας 31 προκύπτει και το Διάγραμμα 3 όπου παρουσιάζονται ποσοστιαία οι τιμές της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και ψύξης για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς για τη δεύτερη περίπτωση.



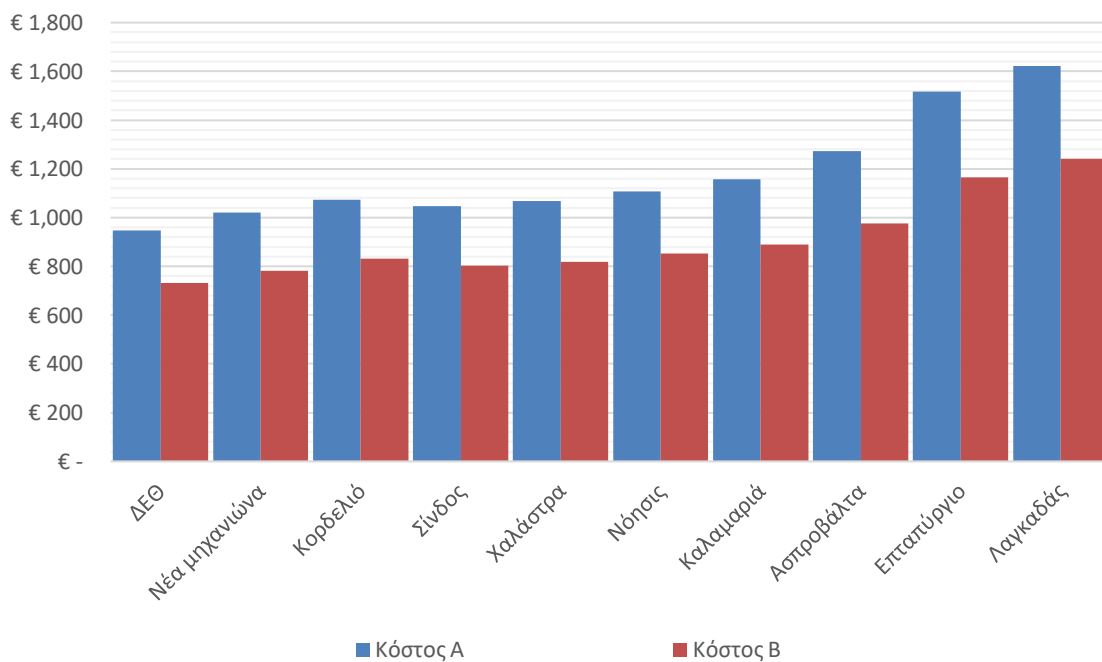
Διάγραμμα 3. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (%) για θέρμανση (PECh) και ψύξη (PECc) για τις δέκα (10) περιοχές για τη δεύτερη περίπτωση

Στη συνέχεια, προκειμένου να υπάρχει μια απευθείας σύγκριση των δύο περιπτώσεων κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση βάσει του Πίνακας 42 παρακάτω υπάρχει το Διάγραμμα 4.



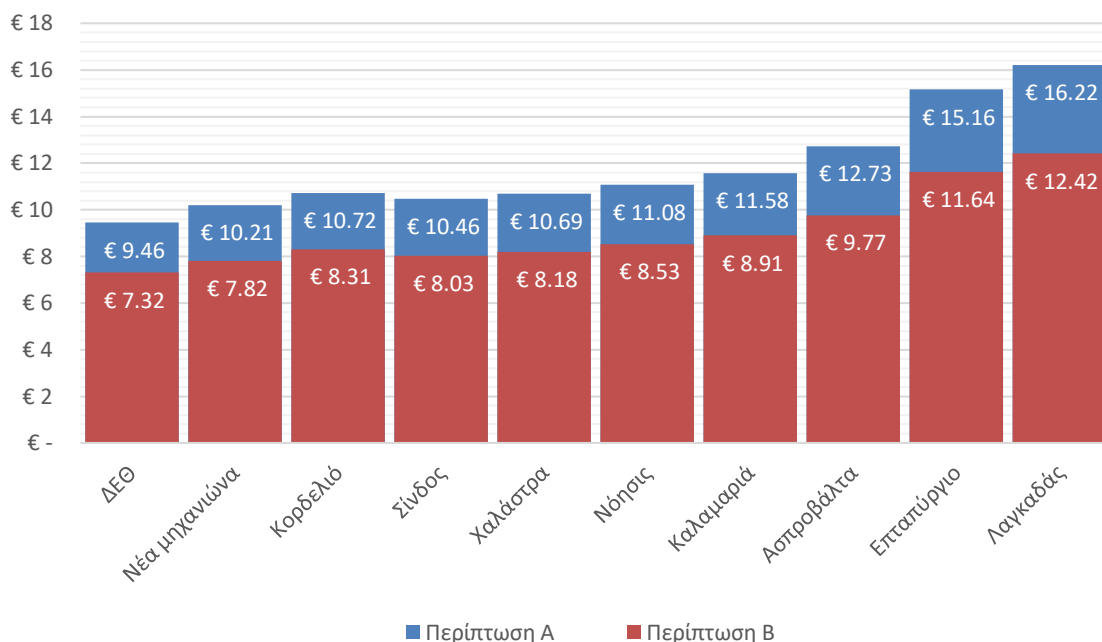
Διάγραμμα 4. Απευθείας διαγραμματική σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη των δύο περιπτώσεων

Στο Διάγραμμα 5 από τα αποτελέσματα του Πίνακα 43 παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος για την κάλυψη θερμικών αναγκών για τις δύο περιπτώσεις.



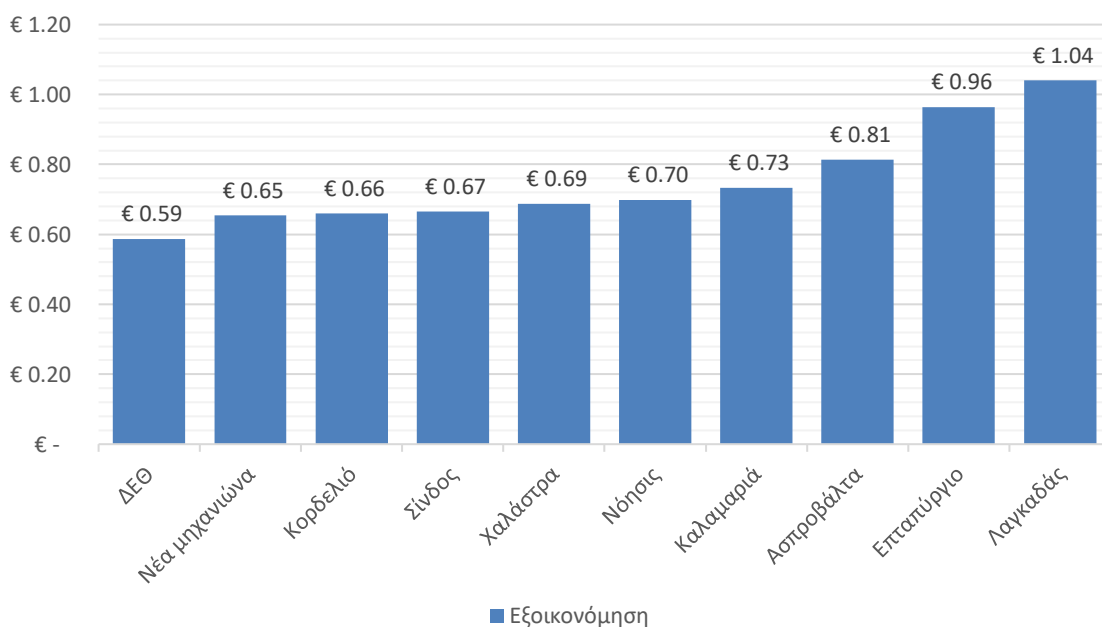
Διάγραμμα 5. Οικονομικό κόστος (€) για τις (10) περιοχές για την πρώτη και τη δεύτερη περίπτωση

Παρακάτω στο Διάγραμμα 6 με βάση τον Πίνακα 45 φαίνεται και το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο για κάθε σταθμό και περίπτωση αντίστοιχα.



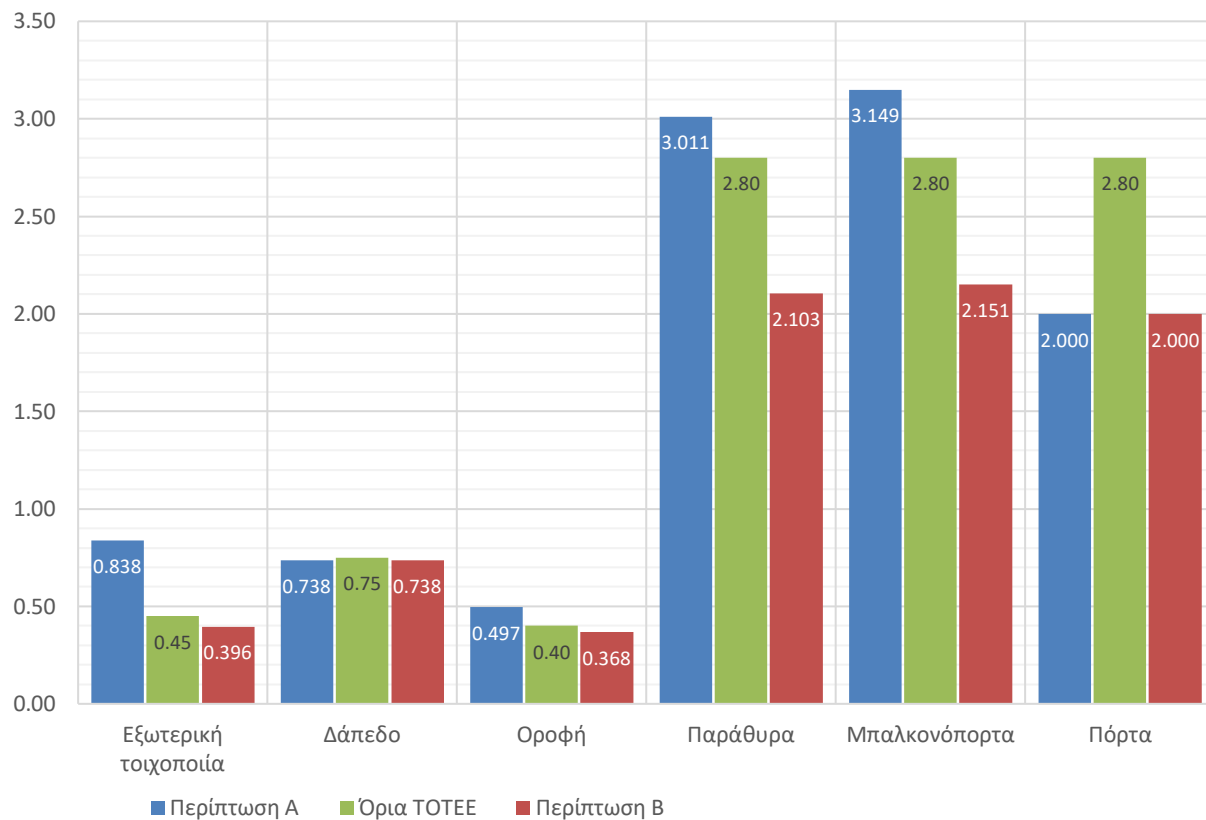
Διάγραμμα 6. Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο

Μετά, στο Διάγραμμα 7 από τον Πίνακα 46 παρουσιάζεται η εξοικονόμηση ημερήσιου κόστους που γίνεται λόγω της ριζικής ανακαίνισης για τις δέκα (10) εξεταζόμενες περιοχές-θέσεις.



Διάγραμμα 7. Εξοικονόμηση ημερήσιου κόστους (€) για τους δέκα (10) μετεωρολογικούς σταθμούς

Τέλος, στο Διάγραμμα 8 φαίνονται συγκριτικά οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας την πρώτης και της δεύτερης περίπτωσης (περίπτωση Α και Β, αντίστοιχα). Παράλληλα, φαίνονται και τα όρια της TOTEE ως μέτρο σύγκρισης των τιμών που προέκυψαν με τα αντίστοιχα όρια.



Διάγραμμα 8. Σύγκριση αποτελεσμάτων θερμοπερατότητας με τα αντίστοιχα όρια της ΤΟΤΕΕ για τις δύο περιπτώσεις

Φαίνεται και εδώ πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τα δομικά στοιχεία της περίπτωσης Β (δεύτερη περίπτωση) είναι αρκετά κάτω από το επιτρεπόμενο όριο της ΤΟΤΕΕ. Σε μια διαγραμματική διάταξη φαίνεται πιο καθαρά. Το πράσινο κομμάτι δείχνει τα όρια της ΤΟΤΕΕ, επομένως, όποια στήλη τελειώνει κάτω από το πράσινο όριο δείχνει καθαρά πως το εκάστοτε δομικό στοιχείο είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

4. Συμπεράσματα

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία γίνεται μια λεπτομερής εκτίμηση βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης (HDD και CDD) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης σε δέκα (10) διαφορετικές περιοχές. Η κάθε περιοχή αποτελείται από έναν μετεωρολογικό σταθμό και δίνει μετρήσεις για τις βαθμοημέρες.

Οι μετρήσεις αυτές υπολογίστηκαν με τη μέθοδο των ωριαίων δεδομένων καθώς πρόκειται για την πιο ακριβή μέθοδο. Τα δεδομένα θερμοκρασίας αέρα αναφέρονται σε μια περίοδο έως και πέντε (5) ετών ανάλογα το σταθμό. Καθώς η περίοδος για τον κάθε σταθμό είναι διαφορετική αποφασίστηκε τα δεδομένα να εξεταστούν με βάση το μέσο όρο του ενός έτους.

Έπειτα, με βάση τα δεδομένα της θερμοκρασίας αέρα, έγινε μια έρευνα στην οποία σε κάθε περιοχή τοποθετούνταν μια υποθετική μονοκατοικία προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση των βαθμομερών στη θερμική άνεση. Για το λόγο αυτό, ήταν αναγκαίο να γίνει μια ενεργειακή ανάλυση στην κατοικία ως προς τη θερμική ζώνη στην οποία ανήκει η κατοικία αλλά και τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελούνται τα δομικά της στοιχεία.

Αυτή η κατοικία εξετάστηκε σε δύο σενάρια. Το ένα όπου η κατοικία δεν έχει υποστεί καμία αλλαγή στα δομικά της υλικά και το άλλο όπου έχει γίνει μια ριζική ανακαίνιση προκειμένου να τηρεί τα όρια της TOTEE.

Υπολογίζοντας, λοιπόν, μέσω μαθηματικών τύπων βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης αλλά και την ενεργειακή ανάλυση του υποθετικού κελύφους για τις δύο περιπτώσεις προέκυψαν αρκετοί πίνακες και διαγράμματα. Οι πίνακες είναι εκεί για να μαζέψουν όλα τα αποτελέσματα και τα διαγράμματα έχουν στόχο να μετατρέψουν τα νούμερα σε εικόνα που βοηθούν στην πιο ακριβή κατανόηση των πινάκων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγάλες διαφορές τόσο για βαθμοημέρες θέρμανσης (HDD) όσο και για ψύξης (CDD) μεταξύ των δέκα (10) εξεταζόμενων περιοχών.

Ο ετήσιος αριθμός HDD είναι οριακά διπλάσιος στο σταθμό του Λαγκαδά από τον αντίστοιχο της ΔΕΘ. Τα αποτελέσματα αυτά κοιτώντας το υψόμετρο της κάθε περιοχής (Πίνακας 1) είναι σε ένα βαθμό λογικά. Παρά αυτό, όμως, οι βαθμοημέρες δεν αυξάνονται από σταθμό σε σταθμό γραμμικά με το υψόμετρο.

Ο ετήσιος αριθμός CDD παρουσιάζει τα πιο ενδιαφέροντα αποτελέσματα κοιτάζοντας το Διάγραμμα 1. Πηγαίνοντας με βάσεις το υψόμετρο της κάθε περιοχής αλλά και τα αποτελέσματα των βαθμομερών θέρμανσης, τα αποτελέσματα δε δικαιολογούνται από καμία από τις δύο παραμέτρους. Αρχικά, για τα υψόμετρα (Πίνακας 1) θα περίμενε κανείς πως για παράδειγμα η Χαλάστρα (υψόμετρο 1 m) θα είχε υψηλότερη τιμή βαθμομερών ψύξης από το Επταπύργιο (υψόμετρο 175 m). Όμως, κοιτώντας την Εικόνα 2 παρατηρείται πως οι περιοχές που έχουν τον μεγαλύτερο πληθυσμό στη Θεσσαλονίκη (ΔΕΘ, Κορδελιό, Νόησις, Καλαμαριά, Επταπύργιο, Λαγκαδάς) βρίσκονται στο κέντρο της πόλης σε σχέση με τις άλλες που βρίσκονται δυτικά (Σίνδος, Χαλάστρα), ανατολικά (Ασπροβάλτα) ή νότια (Νέα Μηχανιώνα). Είναι αρκετά πιθανό, λοιπόν, όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανθρώπινη δραστηριότητα η ανάγκη σε θέρμανση, ψύξη ή και στα δύο να είναι αυξημένη.

Τελικό συμπέρασμα για τις βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, το οποίο είναι πολύ σημαντικό, είναι πως ενώ βάσει της Εικόνα 1 όλες οι περιοχές που μελετώνται είναι στην κλιματική ζώνη Γ' η Εικόνα 3 δείχνει την κλιματική αλλαγή που έχει έρθει συγκρίνοντας και με τα αποτελέσματα των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης.

Η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με τη θερμική αστική νησίδα έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση τριών (3) διαφορετικών κλιματικών ζωνών στην υπό εξέταση περιοχή. Έτσι εξηγούνται και σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα κυρίως των CDD, καθώς η θερμική αστική νησίδα στην ουσία είναι το φαινόμενο στο οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης είναι μεγαλύτερη από αυτή των προαστίων της.

Συνεχίζοντας, με το ίδιο υποθετικό κτίριο στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου εκτός από το δάπεδο και την εξωτερική πόρτα της κατοικίας (εξωτερική τοιχοποιία, οροφή, παράθυρα, μπαλκονόπορτα) είναι πάνω από τα όρια της TOTEE (Πίνακας 40). Αυτό δείχνει πως ενδέχεται τα αποτελέσματα σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη αναγκών σε θέρμανση και ψύξη αλλά και το οικονομικό κόστος που θα προκύψουν να είναι φουσκωμένα.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 25724 kWh (ΔΕΘ) έως 45531 kWh (Λαγκαδάς). Η αντίστοιχη κατανάλωση για ψύξη κυμαίνεται από μόλις 10 kWh (Χαλάστρα) έως 1293 kWh (Κορδελιό).

Το οικονομικό κόστος προκειμένου να καλυφθεί η ολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (αθροίζοντας θέρμανση και ψύξη) κυμαίνεται από 946.21 € (ΔΕΘ) έως 1,621.99 € (Λαγκαδάς).

Στη δεύτερη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου (εξωτερική τοιχοποιία, δάπεδο, οροφή, παράθυρα, μπαλκονόπορτα, πόρτα) τώρα είναι κάτω από τα όρια της TOTEE (Πίνακας 40). Είναι, λοιπόν, σημαντικά τα αποτελέσματα που θα βγουν για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οικονομικού κόστους στην τελική σύγκριση.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στη δεύτερη περίπτωση κυμαίνεται από 19685 kWh (ΔΕΘ) έως 34843 kWh (Λαγκαδάς). Η αντίστοιχη κατανάλωση για ψύξη παραμένει ίδια. Αυτό συμβαίνει γιατί η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για ψύξη δεν εξαρτάται από τα δομικά στοιχεία του κελύφους. Εξαρτάται μόνο από τον εσωτερικό χώρο του κελύφους. Ο εσωτερικός χώρος της κατοικίας δεν αλλάζει ως προς το εμβαδόν και τον όγκο, επομένως τα κλιματιστικά που χρησιμοποιούνται παραμένουν ίδια και στη δεύτερη περίπτωση, καθώς και στην πρώτη υπερκάλυπταν τις ανάγκες. Αντίθετα, η κατανάλωση για θέρμανση αλλάζει καθώς στη δεύτερη περίπτωση αλλάζουν αρκετά και τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατοικία σε κάθε δομικό στοιχείο.

Το οικονομικό κόστος προκειμένου να καλυφθεί η ολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (αθροίζοντας θέρμανση και ψύξη) κυμαίνεται από 731.78 € (ΔΕΘ) έως 1,242.45 € (Λαγκαδάς). Εύκολα φαίνεται πως η εξοικονόμηση χρημάτων από την πρώτη περίπτωση στη δεύτερη ξεκινάει από τα 214.43 € (ΔΕΘ) έως και τα 379.55 € (Λαγκαδάς). Η εξοικονόμηση αυτή οφείλεται εν πολλοίς στην ανακαίνιση που έγινε στην κατοικία. Αλλάζοντας δομικά υλικά στα όρια που αναφέρει η TOTEE θωρακίζεται με αυτόν τον τρόπο θερμικά η κατοικία.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας εξαρτάται από την ενεργειακή κατανάλωση (Q_h , Q_c). Η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση (Q_h) εξαρτάται από το συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας που προκύπτει από όλα τα δομικά στοιχεία της κατοικίας. Ακολουθώντας, λοιπόν, τα όρια της ΤΟΤΕΕ οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πέφτουν, συνεπώς πέφτουν τόσο η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση όσο και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, αντίστοιχα.

Η εξοικονόμηση κόστους αναλογικά στη μία (1) ημέρα ξεκινάει από τα 0.59 € (ΔΕΘ) έως 1.04 € (Λαγκαδάς). Ενδέχεται σε μια πρώτη ματιά το ποσό αυτό μεμονωμένα να μη φαίνεται ιδιαίτερα μεγάλο, κρίνοντας, όμως, από το ποσό που εξοικονομείται στον έναν (1) χρόνο τότε είναι μια επένδυση που κάνει απόσβεση σε βάθος διετίας. Κρίνεται, λοιπόν, ως μια επένδυση που αξίζει.

5. Βιβλιογραφία

- [1] Papakostas K., Mavromatis T., Kyriakis N. (2009) Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109004881>
- [2] Harvey D.L.D. (2020) Using modified multiple heating-degree-day (HDD) and cooling-degree-day (CDD) indices to estimate building heating and cooling loads
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820314134>
- [3] Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Ημερομηνία πρόσβασης: Νοέμβριος 2022)
http://www.gsrt.gr/central.aspx?sId=126I491I1148I646I517729&olID=661&neID=662&neTa=1_16_EPOP&ncID=0&neHC=0&tbid=0&lrID=2&oldUIID=aI661I0I126I491I1148I0I2&actionID=load
- [4] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) (2017)
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak
- [5] Chen L., Kalonji G., Xu L., Ma P., Hu L. (2022) Combining microclimatic monitoring with questionnaires, for understanding thermal comfort in Linpan, a typical agricultural ecosystem settlement in the Chengdu plain
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322010988>
- [6] Ma X., Fukuda H., Zhou D., Wang M. (2019) Study on outdoor thermal comfort of the commercial pedestrian block in hot-summer and cold-winter region of southern China-a case study of The Taizhou Old Block
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517719300998>
- [7] Melo Pinto N., Paula Xavier A.A., Hatakeyama K. (2015) Thermal comfort in industrial environment: conditions and parameters
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915006630>
- [8] Zeng Y., Dong L. (2014) Thermal human biometeorological conditions and subjective thermal sensation in pedestrian streets in Chengdu, China
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-014-0883-8>
- [9] Lai D., Guo D., Hou Y., Lin C., Chen Q. (2014) Studies of outdoor thermal comfort in northern China
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314000869>
- [10] Wang Z., Zhang H., He Y., Luo M., Li Z., Hong T., Lin B (2020) Revisiting individual and group differences in thermal comfort based on ASHRAE database
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778819334589>

- [11] Jiang J., Wang D., Liu Y., Di Y., Liu J. (2020) A field study of adaptive thermal comfort in primary and secondary school classrooms during winter season in Northwest China
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320301608>
- [12] Wu J., Liu C., Wang H. (2021) Analysis of Spatio-temporal patterns and related factors of thermal comfort in subtropical coastal cities based on local climate zones
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321009604>
- [13] Lin T. (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309000432>
- [14] Άρθρο 6 – Κοινή Υπουργική Απόφαση ΔΕΠΕΑ/οικ.178581/30.6.2017 – Κλιματικές ζώνες (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022) <https://www.lawspot.gr/nomikes-pliories/nomothesia/kya-depea-oik178581-3062017/arthro-6-koini-ypourgiki-apofasi-depea>
- [15] Βλαχάκη-Σταματοπούλου (2016) Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιριακού Αποθέματος: Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' οίκον»
<https://ir.lib.uth.gr/xmlui/handle/11615/46792>
- [16] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ (1979). Τεύχος τέταρτον, Κανονισμός δια την θερμομόνωσιν κτιρίων.
https://elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/362d_79.1317112513734.pdf
- [17] ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΛΕΜΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ (2017). ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, Σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.Εν.Α.Κ.
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf
- [18] Moustris K.P., Nastos P.T., Bartzokas A., LArissi I.K., Zacharia P.T., Paliatsos A.G. (2014) Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-014-1308-7>
- [19] Caprio M., Lopez-Ochoa L.M., Las-Heras-Casas J., Verichev K. (2021) Influence of heating degree day calculation methods in designing the thermal envelope of buildings
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221014625>
- [20] ASHRAE Fundamentals Handbook-SI Edition (2001) Chapter 31: energy estimating and modeling methods. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA
<https://sovathrothsama.files.wordpress.com/2016/03/ashrae-hvac-2001-fundamentals-handbook.pdf>

- [21] Hitchin E.R. (1983) Estimating monthly degree days
https://www.researchgate.net/publication/239405317_Estimating_monthly_degree-days/link/57d65fb908ae0c0081e8cb39/download
- [22] Verichev K., Zamorano M., Fuentes-Sepulveda A., Cardenas N., Carpio M. (2020) Adaptation and mitigation to climate change of envelope wall thermal insulation of residential buildings in a temperate oceanic climate.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821000037>
- [23] Amani N., Kiaee E. (2019) Developing a two-criteria framework to rank thermal insulation materials in nearly zero energy buildings using multi-objective optimization approach.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620326391>
- [24] Li X., Peng C., Liu L. (2020) Experimental study of the thermal performance of a building wall with vacuum insulation panels and extruded polystyrene foams.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135943112033283X>
- [25] Gulotta T.M., Cellura M., Guarino F., Longo S. (2020) A bottom-up harmonized energy-environmental models for Europe (BOHEEME): A case study on the thermal insulation of the EU-28 building stock.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820333703>
- [26] Alkhatib H., Lemarchand P., Norton B., O'Sullivan D.T.J. (2020) Deployment and control of adaptive building facades for energy generation, thermal insulation, ventilation and daylighting: A review.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431120338102>
- [27] Adamczyk J., Dylewski R. (2016) Analysis of the sensitivity of the ecological effects for the investment based on the thermal insulation of the building: A Polish case study
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617312933>
- [28] Azevezo J.A., Chapman L., Muller C.L. (2015) Critique and suggested modifications of the degree days methodology to enable long-term electricity consumption assessments: a case study in Birmingham, UK
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/met.1525>
- [29] Απογραφή Θεσσαλονίκης (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022) <https://www.voria.gr/article/apografi-2021---thessaloniki-ta-stichia-ana-dimo---pou-miothike-plithismos-pou-afxithike>
- [30] Kolokotroni M., Davies M., Croxford B., Bhuiyan S., Mavrogianni A. (2010) A validated methodology for the prediction of heating and cooling energy demand for buildings within the Urban Heat Island: Case-study of London
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10002616>

[31] Google Earth (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://earth.google.com/web/@40.6344597,22.90430263,-9.68930617a,48299.23933502d,35y,0h,0t,0r>

[32] AutoCAD (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

[33] ArchiCAD (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022) <https://graphisoft.com/solutions/archicad>

[34] Cp calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

https://www.ohio.edu/mechanical/thermo/property_tables/air/air_Cp_Cv.html#:~:text=The%20nominal%20values%20used%20for,%2C%2C%20and%20k%20%3D%201.4.

[35] COP calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_performance#:~:text=Most%20air%20conditioners%20have%](https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_performance#:~:text=Most%20air%20conditioners%20have%20)

[36] BTU calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://www.pioneerminisplit.com/blogs/news/how-many-btus-you-need-for-your-room-or-house#:~:text=Generally%2C%20your%20temperature%20control%20system,capability%20of%20around%208%2C000%20BTU>

[37] CFM calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://yourductlesstech.com/btu-calculators#:~:text=BTU%20to%20CFM%20Formula%20%2D%2012%2C000%20BTU%20%3D%20400%20CFM>

[38] m³/h calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://www.easycalculation.com/unit-conversion/cfm-to-m3h-calculator.php>

[39] ρ calculation (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2022)

<https://www.omnicalculator.com/physics/ideal-gas-density>