



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ
ΔΙΑΛΕΙΠΟΥΣΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΞΥΓΓΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 04152

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΕΛΕΓΕΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2021

Η ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γελεγένης Γιάννης
Καθηγητής

Σαρρής Ιωάννης
Καθηγητής

Προεστάκης Εμμανουήλ
Λέκτορας Εφαρμογών

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

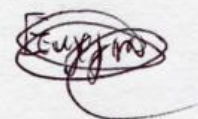
Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεώργιος Ξύγης του Νικόλαου, με αριθμό μητρώου 04152 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών

Γεώργιος Ξύγης



Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	7
1. Εισαγωγή:	8
1.1. Σκοπός και δομή της διπλωματικής εργασίας:	8
1.2. Ευνοϊκές συνθήκες κτιρίων για τον άνθρωπο:	9
1.2.1. Θερμική άνεση:	9
1.2.2. Σχετική υγρασία:	10
1.2.3. Ταχύτητα αέρα:	10
1.3. Γενικότερα για τον άνθρωπο και τα κτίρια:	10
1.3.1. Κτιριακό κέλυφος:	10
1.3.2. Θερμική μάζα κτιρίου:	11
1.3.3. Θερμικές ζώνες:	12
1.3.4. Έλεγχος εσωτερικών θερμικών κερδών / φορτίων:	13
2. Το κέλυφος και η θερμική μάζα του κτιρίου	14
2.1. Κτιριακό κέλυφος:	14
2.2. Η θερμική μάζα:	16
3. Προδιαγραφές για Ευρώπη και Ελλάδα:	18
3.1. Ευρώπη:	18
3.2. Ελλάδα:	18
3.3. Νομοθεσία:	21
4. Αναφορές στα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανοικοδόμηση κτιρίων:	22
5. Ο σχεδιασμός του κτιρίου για αποθήκευση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της θερμικής μάζας:	26
5.1. Ηλιακά κέρδη για θέρμανση:	26
5.1.1. Άμεσα κέρδη:	27
5.1.2. Έμμεσα κέρδη:	28
5.2. Τρόποι σκίασης για αποφυγή υπερθέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία:	32
5.2.1. Εξωτερικός σκιασμός:	32
5.2.2. Εσωτερικός σκιασμός:	33
5.2.2. Συμπεράσματα:	34
5.3. Προστασία σκεπής από την ακτινοβολία:	34
5.4. Ηλιακά κέρδη για φυσικό φωτισμό:	35
5.5. Φύτευση στις στέγες και στα δώματα:	35
5.6. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών:	36
5.7. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους:	37
5.8. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός:	38
5.9. Συμπεράσματα:	38

6. Μηχανικές μέθοδοι για τη θερμική ισορροπία εντός του κτιρίου.....	40
6.1. Φωτισμός:	40
6.2. Θέρμανση:.....	40
6.3. Αερισμός:.....	40
6.3.1. Υβριδικός αερισμός:.....	40
6.3.2. Εξαναγκασμένος αερισμός :	40
7. Θεωρητική και αναλυτική μελέτη της επίδρασης της θερμικής μάζας κτιρίου στην ενεργειακή του ζήτηση, με τη χρήση της μεθόδου των βαθμό-ημερών	41
7.1. Εισαγωγή:.....	41
7.2. Θερμοκρασία βάσης:	41
7.3. Βαθμό-ημέρες:	42
7.4. Εφαρμογές θέρμανσης:	45
7.5. Μη συνεχής θέρμανση:.....	46
7.6. Προσδιορισμός των κερδών:	47
7.7. Συντελεστές χρησιμοποίησης:	47
7.8. Ενδεικτικοί υπολογισμοί επίδρασης της θερμικής μάζας:	48
8. Άλλες μέθοδοι για την μοντελοποίηση των αναγκών των κτιρίων για θέρμανση:.....	51
9. Προσομοίωση ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας το EnergyPlus:	52
9.1. Εισαγωγή:.....	52
9.2. Κεντρικό παράθυρο:	53
9.3. Επεξήγηση του τρόπου εισαγωγής των δεδομένων του κτιρίου:	54
9.4. Παράμετροι Προσομοίωσης:	54
9.5. Τοποθεσία και Κλίμα:.....	56
Περιοχή: Τοποθεσία:.....	56
9.6. Χρονοδιαγράμματα:	57
9.7. Δομικά Υλικά Επιφανειών:	58
Υλικό παραθύρου: Τζάμια:.....	58
9.8. Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες:.....	60
Καθορισμός της σκίασης του κτιρίου:	62
9.9. Εσωτερικά Κέρδη:	62
9.10. Η ροή του αέρα του κτιρίου:.....	63
9.11. Θερμικά σώματα:	64
9.12. Ο εξοπλισμός θέρμανσης της εγκατάστασης:	64
9.13. Αναφορά αποτελεσμάτων:	64
9.14. Παρουσίαση σχεδίου κτιρίου:	65
10. Σύνοψη Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα:.....	67

10.1. Διαγράμματα θερμοκρασίας:	67
10.2. Ιστόγραμμα κατανάλωσης καυσίμου:	70
10.3. Συμπεράσματα:.....	70
Βιβλιογραφία	73

Περίληψη

Λόγω της τεχνολογικής άνησης των τελευταίων δεκαετιών έχουν αυξηθεί οι καθημερινές ενεργειακές ανάγκες στη ζωή του ανθρώπου, με την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια για την επίτευξη θερμικής άνεσης να είναι μάλλον μεγαλύτερη. Για αυτό το λόγο, έχουν αναπτυχθεί διάφορες λύσεις για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας στα κτίρια αλλά και για την εξοικονόμησή της. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι η κατασκευή κτιρίων με τέτοιο τρόπο που να ικανοποιούνται οι θερμικές τους ανάγκες και οι ανάγκες της ανθρωπότητας για την περιοχή στην οποία πρόκειται να ανοικοδομηθούν. Διάφορες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό τον σκοπό οι οποίες δεν χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας, αλλά βασίζονται περισσότερο στο σωστό σχεδιασμό του κτιρίου με τις κατάλληλες τεχνικές και στη σωστή επιλογή υλικών. Επομένως, σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να κατανοηθεί πώς μπορεί η κατάλληλη αποθήκευση και εκμετάλλευση της ενέργειας του περιβάλλοντος να βοηθήσει στις ενεργειακές δαπάνες των κτιρίων, ανάλογα με τις υπάρχουσες ανάγκες. Για την εξυπηρέτηση της κατανόησης αυτού του σκοπού, θα διατυπωθούν θεωρητικά διαφορές έννοιες αλλά και τεχνικές εκμετάλλευσης των θερμικών κερδών και της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της θερμικής μάζας, θα εξεταστούν διάφορα υλικά τα όποια χρησιμοποιούνται κατά την ανοικοδόμηση των κτιρίων ως προς τα θερμικά τους χαρακτηριστικά και θα γίνει αναφορά και εφαρμογή της μεθόδου των βαθμήμερών για την αναλυτική μελέτη των παραπάνω. Τέλος, μέσα από τη μοντελοποίηση ενός κτιρίου και τη μελέτη των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν για τις διάφορες επιδράσεις που έχουν τα χαρακτηριστικά του στην κάλυψη των θερμικών αναγκών του, θα επιβεβαιωθεί ότι η θερμική μάζα είναι βασικός ρυθμιστικός παράγοντας για τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Τα συμπεράσματα από τις διαφορετικές προσομοιώσεις του ίδιου κτιρίου, με αυξανόμενη την εσωτερική του τοιχοποιία για κάθε προσομοίωση, θα έχουν ως αποτέλεσμα μία διακύμανση της κατανάλωσης καυσίμου για τη θέρμανση του κτιρίου με εύρος μεταξύ των 45,9 kWh/m² και 36,8 kWh/m². Βάσει αυτού του αξιοσημείωτου εύρους που παρατηρείται στην κατανάλωση καυσίμου και μέσω των συμπερασμάτων που προκύπτουν από τα διαγράμματα των προσομοιώσεων, αποδεικνύεται ότι η θερμική μάζα του κτιρίου βοηθά σημαντικά στις ενεργειακές ανάγκες που έχει το κτίριο κατά την διάρκεια του χρόνου.

1. Εισαγωγή:

1.1. Σκοπός και δομή της διπλωματικής εργασίας:

Σκοπός της δημιουργίας αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να κατανοηθεί από τον αναγνώστη πώς μπορεί η θερμική μάζα του κτιρίου να ανταπεξέλθει και να συνεισφέρει αισθητά στην κάλυψη των διαφόρων αναγκών του κτιρίου για θέρμανση και στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Για την διευκόλυνση της κατανόησης αυτού του σκοπού θα δοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί που θα εισάγουν τον αναγνώστη στη ρίζα αυτού του προβλήματος. Στην συνέχεια αναλύονται διάφορες αρχιτεκτονικές - μηχανολογικές επεμβάσεις και σχεδιασμοί που μπορούν να γίνουν στο κτίριο για την εκμετάλλευση των εσωτερικών θερμικών κερδών, της ηλιακής ακτινοβολίας και των καιρικών συνθηκών που επικρατούν εξωτερικά του κτιρίου κατά την διάρκεια του χρόνου. Τέτοιες επεμβάσεις και σχεδιασμοί σε ένα κτίριο μπορούν να το βοηθήσουν να αποκομίσει θερμικά και ψυκτικά φορτία ανάλογα με την εποχή και τις εκάστοτε επικρατούσες ανάγκες. Έπειτα, θα διατυπωθεί το θεωρητικό υπόβαθρο για τη μέθοδο των βαθμό - ημερών που θα περιλαμβάνει μαθηματικές εξισώσεις και αριθμητικά παραδείγματα για την πιο εύκολη κατανόηση της χρήσης τους. Τέλος, θα μοντελοποιηθεί ένα τυπικό οικιακό κτίριο για να μελετηθούν οι διάφορες επιδράσεις που έχουν τα χαρακτηριστικά του στην κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός χρόνου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στο πρώτο κεφάλαιο εξηγούνται οι βασικές έννοιες. Αυτές οι έννοιες θα βοηθήσουν τον αναγνώστη της διπλωματικής εργασίας να κατανοήσει καλύτερα διαφόρους όρους που θα αναφερθούν σε αυτήν. Αρχικά, αναφέρονται βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να υπάρχουν στο κτίριο για να είναι ευχάριστη η οποιαδήποτε χρήση του από τον άνθρωπο. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η θερμική άνεση, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του αέρα. Εν συνεχεία, αναφέρονται γενικευμένοι όροι που χρειάζεται να γνωρίζει ο αναγνώστης για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η συμπεριφορά του κτιρίου, όπως είναι το κτιριακό κέλυφος και θερμική μάζα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι έννοιες του κτιριακού κελύφους και της θερμικής μάζας, αντιστοίχως. Αναλύεται ο βασικός ρόλος του κτιριακού κελύφους στην διαδικασία σχεδιασμού των κτιρίων και ο ρόλος της θερμικής μάζας που αποτελεί τον «κινητήριο μοχλό» των θερμοκρασιών και συμβάλλει στη μείωση των αναγκών ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και στην αποφυγή της υπερθέρμανσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό χώρο όσον αφορά στην Ευρώπη, παραθέτοντας ορισμένες από τις ελλείψεις που υπάρχουν στην χώρα μας στον αντίστοιχο τομέα. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται μια σύντομη αναφορά, κυρίως με την χρήση διαγραμμάτων, στα προβλήματα των ελληνικών κτιρίων όσον αφορά στην απώλεια ενέργειας σε σχέση με την αναλογία της θέρμανσης. Τελειώνοντας το κεφάλαιο γίνεται μνεία στην νομοθεσία που έχει συνταχτεί και εφαρμόζεται, τους τρόπους που λειτουργεί και τους στόχους που έχει.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα διάφορα και πιο συχνά δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανοικοδόμηση και την ανακαίνιση των κτιρίων. Επεξηγούνται τα βασικά χαρακτηριστικά του καθενός και ο ρόλος που επιτελεί το κάθε υλικό μέσα στην δομή του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα το κεφάλαιο αυτό εμβαθύνει στο βαθμό που μπορούν τα δομικά υλικά να επηρεάσουν τη θερμική μάζα του κελύφους.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρει τις διάφορες τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν πάνω στο κτίριο για να εκμεταλλευτεί την ηλιακή ακτινοβολία και τα εσωτερικά θερμικά του κέρδη. Αυτή θα αποθηκευτεί στην δομή του άρα και στην θερμική του μάζα και το κτίριο θα την χρησιμοποιήσει προς όφελος του. Με αυτόν τον τρόπο θα καλύψει όσο γίνεται περισσότερο τις θερμικές ανάγκες

του. Το κεφαλαίο αυτό πραγματεύεται τεχνικές που αξιοποιούνται περισσότερο όταν υπάρχει μεγάλη θερμική μάζα και εξηγεί την εφαρμογή τους.

Αντίθετα, το έκτο κεφαλαίο αναφέρεται σε τεχνικούς τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στο κτίριο. Δηλαδή αναφέρει τις διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, όπως την κεντρική θέρμανση που υπάρχει στο κτίριο για να το βοηθήσει να καλύψει της θερμικές ανάγκες του.

Το έβδομο κεφάλαιο αναπτύσσει τη θεωρητική και αναλυτική μελέτη της επίδρασης της θερμικής μάζας του κτιρίου στην ενεργειακή του ζήτηση, με τη χρήση της μεθόδου των βαθμώ-ημερών. Αυτό γίνεται αντιληπτό με την χρήση των θεωρητικών όρων που αναφέρονται μέσα στο κεφάλαιο. Τέλος, τα αριθμητικά παραδείγματα που περιέχει διευκολύνουν τον αναγνώστη στην κατανόηση των περισσότερων τύπων που αναφέρονται μέσα στο θεωρητικό κεφάλαιο.

Το όγδοο κεφάλαιο εισάγει πολύ σύντομα τον αναγνώστη στα διάφορα σύγχρονα υπολογιστικά περιβάλλοντα που υπάρχουν στην αγορά. Γίνεται με αυτόν τον τρόπο μια πολύ σύντομη επεξήγηση των τεχνικών που εφαρμόζονται για την επεξεργασία των δεδομένων που παρέχονται από τον χειριστή για να του δοθούν τα αποτελέσματα που επιζητεί. Αναφέρονται πολύ λίγα προγράμματα σε σχέση με αυτά που κυκλοφορούν στην αγορά.

Στο ένατο κεφάλαιο έχει επιλεγεί να γίνει η ενδεικτική μοντελοποίηση ενός τυπικού κτιρίου με το πρόγραμμα EnergyPlus. Παρέχονται μέσω γραπτών οδηγιών άλλα και πληθώρας φωτογραφιών από το περιβάλλον του προγράμματος αναλυτικά τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί για την μοντελοποίηση του κτιρίου. Μέσω του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων όπως καιρικών συνθηκών, συστημάτων θέρμανσης, δομικών υλικών και χαρακτηριστικών που επιλεγεί να έχει ο χειριστής του προγράμματος. Επομένως, καθορίζεται η θερμική μάζα που θα έχει το κτίριο της προσομοίωσης. Το πρόγραμμα με την σειρά του θα επεξεργαστεί τα δεδομένα αυτά και θα παρέχει μια τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου και πλήθος αποτελεσμάτων σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο.

Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων. Στο ένατο κεφάλαιο έχουν πραγματοποιηθεί διαφορετικές προσομοιώσεις για το ίδιο κτίριο στο οποίο η μόνη τροποποίηση σε κάθε προσομοίωση αφορά στις στρώσεις του ίδιου υλικού από το οποίο αποτελείται η τοιχοποιία του κτιρίου. Αυτές οι στρώσεις που διαφοροποιούν την τοιχοποιία του κτιρίου σε κάθε προσομοίωση επηρεάζουν τη θερμική μάζα του. Μέσα από την επεξεργασία που έχει γίνει στα αποτελέσματα που παρέχει το πρόγραμμα δημιουργήθηκαν διαγράμματα που παρουσιάζουν της ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση. Μέσα από τα θερμοκρασιακά διαγράμματα παρατηρείται η πορεία της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας των κτιρίων. Τέλος, τα διαγράμματα κατανάλωσης καυσίμου του λέβητα παρουσιάζουν την κατανάλωση καυσίμου που παρατηρείται στην μοντελοποίηση του κάθε κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο ο αναγνώστης μπορεί να παρατηρήσει τις προσομοιώσεις που έγιναν και να κατανοήσει την επίδραση που έχει η θερμική μάζα στις διαφορές θερμικές ανάγκες του κτιρίου.

1.2. Ευνοϊκές συνθήκες κτιρίων για τον άνθρωπο:

1.2.1. Θερμική άνεση:

Η θερμική άνεση ορίζεται ως η υποκειμενική αίσθηση που έχει το άτομο αναφορικά με τη θερμοκρασία στο χώρο που βρίσκεται, σε συνάρτηση με τους μικροκλιματικούς παράγοντες οι οποίοι επικρατούν στο χώρο αυτόν και επιδρούν πάνω του. Ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα αλληλεπιδρά με τον χώρο στον οποίο βρίσκεται σε διαφορετικό βαθμό ως ολότητα απ' ότι το κάθε μέλος του σώματος ξεχωριστά και ανταλλάσσει διαρκώς θερμότητα με αυτόν. Η αλληλεπίδραση

αυτή προέρχεται από το συνδυασμό των εξής παραγόντων και της επίδρασής τους στο άτομο: της θερμοκρασίας των διαφόρων επιφανειών με τις οποίες ανταλλάσσει θερμότητα το άτομο, της θερμοκρασίας του αέρα του χώρου μέσα στον οποίο βρίσκεται το άτομο και της υγρασίας του αέρα. Τα προηγούμενα επηρεάζουν τις κινήσεις των μαζών του αέρα λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής της θερμοκρασίας. Οι μεταβλητές που προαναφέρθηκαν συνιστούν το επονομαζόμενο «μικρό-κλίμα», το οποίο ορίζεται ως ένα φάσμα θερμοκρασίας που διαφέρει από άτομο σε άτομο λόγω διαφόρων παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί αφορούν στον ρουχισμό, στη φυσική και σωματική κατάσταση, στη διατροφή, στην ηλικία, στο φύλο και στις ατομικές συνήθειες του εκάστοτε ατόμου και επηρεάζουν την ιδανική θερμοκρασία άνεσης του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο κάθε φορά. Η ιδανική συνθήκη θερμικής άνεσης είναι μια κατάσταση ισορροπίας στην οποία το άτομο δεν θα καταπονηθεί από τις κλιματικές συνθήκες του χώρου στον οποίο θα βρίσκεται. Αυτή ορίζεται ως η βέλτιστη κατάσταση άνεσης και αποκαλείται «περιοχή ή ζώνη άνεσης». [1, 2]

1.2.2. Σχετική υγρασία:

Στο μικρό-κλίμα του χώρου που βρίσκεται το άτομο η σχετική υγρασία του αέρα είναι αλληλένδετη με την θερμική άνεση. Ο ξηρός αέρας (δηλ. ο αέρας με χαμηλό ποσοστό υγρασίας) βοηθάει στην απομάκρυνση μεγάλου ποσοστού υγρασίας και, κατά συνέπεια, στην απομάκρυνση των τοξινών οι οποίες παράγονται κατά το μεταβολισμό από το ανθρώπινο σώμα. Αντιθέτως, το μεγάλο ποσοστό υγρασίας στον αέρα δυσκολεύει την αναπνοή του ανθρώπου και προκαλεί συγκέντρωση θερμότητας και τοξινών στο σώμα και, ως εκ τούτου, κόπωση. Αυτό δε σημαίνει πως ο αέρας με υψηλό ποσοστό ξηρότητας είναι ευνοϊκός για τη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Ιδανικά χρειάζεται ο κατάλληλος συνδυασμός ξηρού και υγρού αέρα σε ένα περιβάλλον για να θεωρηθεί αυτό ευνοϊκό για τον άνθρωπο. Το ιδανικό ποσοστό υγρασίας ενός χώρου που ευνοεί την υγεία του ανθρώπου κυμαίνεται από 40 έως 55%, όμως αλληλεπιδρά άμεσα με την θερμοκρασία του χώρου. Επομένως, το ποσοστό αυτό διαμορφώνεται σύμφωνα με την τιμή της θερμοκρασίας και διαφέρει μεταξύ χειμερινών και καλοκαιρινών μηνών. [1], [3]

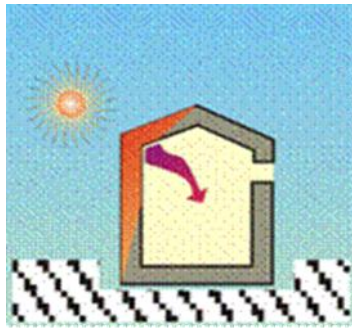
1.2.3. Ταχύτητα αέρα:

Η ιδανική ταχύτητα του αέρα εξαρτάται από την δραστηριότητα του ατόμου και είναι άμεσα συνδεδεμένη με όσα αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε χώρους στους οποίους πραγματοποιείται άθληση η ιδανική ταχύτητα αέρα να κυμαίνεται γύρω στα 45 cm/sec, ενώ για τους υπολοίπους κυμαίνεται από 10 έως 25 cm/sec. [1, 2]

1.3. Γενικότερα για τον άνθρωπο και τα κτίρια:

1.3.1. Κτιριακό κέλυφος:

Ως κτιριακό κέλυφος ορίζεται το άθροισμα των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το κτίριο. Αυτά καθορίζουν τους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του κτίσματος. Η σωστή σχεδίαση και κατασκευή του κτιριακού κελύφους καθορίζει την ενεργειακή συμπεριφορά που θα έχει. Πιο συγκεκριμένα, το κτιριακό κέλυφος είναι ο βασικός φορέας φυσικού δροσισμού, ο ρυθμιστής θερμότητας και είναι υπεύθυνο για την ακουστική και οπτική του κτιρίου κατά την διάρκεια του έτους. [1, 2, 3]



Σχήμα 1.1.: Σχηματική απεικόνιση των ηλιακών κερδών μέσω κτιριακού κελύφους.

1.3.2. Θερμική μάζα κτιρίου:

Κάθε κτίριο αποτελείται από μια μάζα δομικών υλικών. Από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος τις πρωινές ώρες, ένα μέρος της απορροφάται από τα δομικά υλικά του εκάστοτε κτιρίου, πράγμα που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του. Ανάλογα με την δομή που έχει το κτίριο και τα υλικά από τα οποία έχει κατασκευαστεί, μπορεί να δημιουργούνται στο εσωτερικό του θερμοκρασιακές συνθήκες που δεν είναι άνετες για το άτομο. Όμως, τις βραδινές ώρες δεν υπάρχει αντίστοιχη πηγή θερμότητας για να αντισταθμίσει τις ανάγκες του εκάστοτε κτιρίου. Για αυτό το λόγο, τα δομικά υλικά που θα έχει το κάθε κτίριο θα πρέπει να απορροφούν την περίσσεια θερμική ενέργεια κατά την διάρκεια των πρωινών ωρών και να την αποδίδουν όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα και σταδιακά στο κτίριο, για να μην υπάρχουν διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας. Όλη αυτή η διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιείται επιτυχώς κατά τους χειμερινούς αλλά και τους καλοκαιρινούς μήνες, αντίστοιχα. [1, 2, 3]

1.3.2.1. Χειμώνας:

Κατά τους χειμερινούς μήνες, οι επιφάνειες οι οποίες δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία, ενδείκνυνται να είναι κατασκευασμένες από βαριά δομικά υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας και βαμμένες εξωτερικά με σκουρόχρωμα χρώματα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο χρωματισμός με σκούρο χρώμα βοηθά στην απορρόφηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα δομικά υλικά παίζουν τον ρόλο του «ρυθμιστή» της ταχύτητας της εκπομπής θερμότητας στο υπόλοιπο κτίριο κατά την διάρκεια της μέρας. Όταν αυτή η εκπομπή θερμότητας πραγματοποιείται ομαλώς, μπορούν να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες. Τέλος, είναι χρήσιμο να μην βρίσκονται άλλες οικιακές επιφάνειες (π.χ. έπιπλα) πίσω από τους τοίχους οι οποίοι δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία διότι θα εμποδίζουν τον ομαλό διαμοιρασμό της θερμότητας από τους τοίχους στο κτίριο.

1.3.2.2 Καλοκαίρι:

Τους καλοκαιρινούς μήνες θα πρέπει να υπάρχει ένας συνδυασμός διαφόρων τρόπων σκίασης σε όποιο σημείο ενδείκνυται στο κτίριο και καλός αερισμός κατά τις νυχτερινές ώρες. Η κατάλληλη σκίαση των παραθύρων εμποδίζει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό του κτιρίου και, ανάλογα με τις άλλες μορφές σκίασης που ενδεχομένως να βρίσκονται στο κτίριο, να αποθηκεύεται στα τοιχώματα του κτιρίου. Καλό θα ήταν λοιπόν η σκίαση να βρίσκεται σε τοιχώματα αποτελούμενα από βαριά δομικά υλικά. Με τον κατάλληλο αερισμό επιτυγχάνεται η αποθήκευση δροσιάς στο κτίριο, τόσο στο εσωτερικό του, όσο και στην απομάκρυνση της περίσσειας θερμότητας που θα έχει αποθηκευτεί από τις πρωινές ώρες στα τοιχώματά του.

Τέλος, η επιλογή των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του κτιρίου και ο τρόπος αερισμού και σκίασής του που θα επιλεγθεί, θα καθοριστούν αναλόγως από τους

παρακάτω παράγοντες : από την χρήση για την οποία προορίζεται το κτίριο (π.χ. αν χρησιμοποιείται για να στεγάσει γραφεία, σχολείο, οικία κ.λ.π.), από τις ώρες χρήσης του, δηλ. τις ώρες κατά τις οποίες παρευρίσκονται άτομα μέσα σε αυτό, από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν και από τα διαθέσιμα υλικά που υπάρχουν για την κατασκευή του.

1.3.3.Θερμικές ζώνες:

Για τον ενεργειακό σχεδιασμό και, κατά συνέπεια, για τη σωστή χρήση της ενέργειας που απαιτείται για την λειτουργία του κτιρίου είναι συχνά απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες. Για να γίνει αυτό λαμβάνονται υπόψη δύο παράγοντες:

1. Ο σωστός σχεδιασμός από αρχιτεκτονικής άποψης ο οποίος γίνεται με βάση τα σύγχρονα ενεργειακά κριτήρια.
2. Ο σωστός σχεδιασμός και η λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Οι λειτουργίες ενός κτιρίου πρέπει να δύνανται να χωροθετηθούν αναλόγως με τις ανάγκες σε ενέργεια που έχει το κτίριο, σε οποιονδήποτε παράγοντα από τους παραπάνω κι αν αφορά αυτό. Οι ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου καθορίζονται από τη χρήση του, τις εσωτερικές του συνθήκες (θερμοκρασία, ποιότητα αέρα, φωτισμός, κ.ά.), τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και τις ώρες λειτουργίας.

Κατά τη χωρική ταξινόμηση και τον προσδιορισμό των θερμικών ζωνών των κτιρίων χρειάζεται να διευθετηθούν δύο παράγοντες:

1. Κατά πόσον τα τμήματα των κτιρίων εκτίθενται στην ακτινοβολία του ηλίου.
2. Πώς πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι χώροι των κτιρίων, ένας προς ένας.

Γενικότερα, χρειάζεται να πραγματοποιείται ομαδοποίηση των χώρων του κάθε κτιρίου ανάλογα με τις ανάγκες έχουν ενεργειακά, πως χρησιμοποιούνται, ποιες ώρες λειτουργούν. Οι χώροι επίσης πρέπει να έχουν προσανατολισμό τέτοιο ώστε να πραγματοποιείται εκμετάλλευση των κερδών που αποφέρει η ακτινοβολία του ηλίου σε θερμότητα. Παραδείγματος χάριν, χώροι στους οποίους γίνεται εκτεταμένη χρήση βάσει ωραρίου ή χώροι που απαιτούν υψηλή θερμοκρασία προτείνεται να έχουν νότιο προσανατολισμό. Βόρειο προσανατολισμό μπορούν να έχουν βοηθητικοί χώροι ή χώροι που δεν χρησιμοποιούνται συχνά, παρά μόνο σε περιπτώσεις ανάγκης. Εν γένει, οι χώροι που απαιτούν διαρκή και ομοιόμορφο φωτισμό είναι καλό να προσανατολίζονται βόρεια.

Στις θερμικές ζώνες, βάσει σχεδιασμού των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, αποτελεί σημείο αναφοράς για τη λειτουργία της κάθε περιοχής ένας κόμβος ελέγχου (π.χ. θερμοστάτης). Οι ζώνες ως περιοχές διαφοροποιούνται ανάλογα με το πώς χρησιμοποιούνται και με τις ανάγκες του εκάστοτε κτιρίου (π.χ. η θερμοκρασία ρυθμίζεται διαφορετικά απ' ότι σε άλλες θερμικές ζώνες). Κατά αυτόν τον τρόπο, τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης ελέγχονται με μεγαλύτερη ευκολία και πιο αποδοτικά.

Τέλος, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ενέργειας που καταναλώνεται για τη θέρμανση ή την ψύξη κάθε ζώνης, μπορεί να δημιουργηθεί ένα κεντρικό σύστημα με αυτόματη λειτουργία χάρη στο οποίο η τροφοδοσία των ζωνών, όσον αφορά στην ψύξη και τη θέρμανση, θα είναι αυτόνομη. Έτσι καθίσταται εφικτή η συνέχιση της τροφοδοσίας του δικτύου παρ' όλο που κάποιες ζώνες δεν θα τροφοδοτούνται όταν δε βρίσκονται υπό χρήση [3].

1.3.4. Έλεγχος εσωτερικών θερμικών κερδών / φορτίων:

Το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας σε ένα κτίριο πηγάζει από τους ενοίκους του (άνθρωποι - κατοικίδια) και τις ασχολίες τους. Κατά τη χειμερινή περίοδο, τα θερμικά κέρδη που προκύπτουν στο εσωτερικό του κτιρίου συμβάλλουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ως προς τη θέρμανση. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όμως, αυτά τα θερμικά φορτία μπορεί να είναι ιδιαίτερα αυξημένα και επιβαρύνουν έτσι το σύστημα ψύξης του κτιρίου. Για αυτό θα πρέπει αυτά τα φορτία να μειώνονται όσο το δυνατόν περισσότερο. Τα θερμικά φορτία στους εσωτερικούς χώρους προκύπτουν από:

1. Τους ενοίκους (άνθρωποι - κατοικίδια), δηλαδή από τη θερμότητα που εκπέμπει ο οργανισμός τους.
2. Τα συστήματα φωτισμού.
3. Τις ηλεκτρικές συσκευές.

Ο αριθμός των ενοίκων ενός κτιρίου, οι ώρες που βρίσκονται μέσα στο κτίριο και οι δραστηριότητές τους καθορίζουν τα κέρδη ενός χώρου σε θερμότητα. Επίσης αυτά καθορίζονται από τη χρήση που γίνεται στο κτίριο και από τα είδη, τον αριθμό και τη διάρκεια χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών. Επομένως, στα σχέδια των κτιρίων χρειάζεται να περιλαμβάνονται όλα τα θερμικά κέρδη που ενδεχομένως να προκύψουν στο εσωτερικό του. Αντίστοιχα, οι χώροι πρέπει να σχεδιάζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις της λειτουργιάς που καλείται να επιτελέσει το κτίριο. Παραδείγματος χάριν, ο προσανατολισμός ενός χώρου με υψηλά εσωτερικά θερμικά κέρδη, με λιγότερη ανάγκη για θέρμανση και μεγαλύτερη για ψύξη ή αερισμό, πρέπει να είναι τέτοιος μέσα στο κτίριο ούτως ώστε να απολαμβάνει τη σκίαση που προσφέρουν τα όμορα κτίρια, να είναι λιγότερο εκτεθειμένος στον ήλιο ή περισσότερο στον άνεμο, σε σύγκριση με άλλους χώρους των οποίων τα εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι χαμηλότερα.

Προκειμένου να επιτευχθεί μείωση των θερμικών φορτίων κατά τη θερινή περίοδο προτείνεται:

1. Φωτισμός με χαμηλές ενεργειακές δαπάνες. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα ενεργειακή οικονομία και σημαντική μείωση των θερμικών επιβαρύνσεων συγκριτικά με τους κοινούς λαμπτήρες.
2. Χρήση ηλεκτρικών συσκευών με καλή ενεργειακή απόδοση από τις οποίες διαφεύγει ελάχιστη θερμότητα προς τον περιβάλλοντα χώρο.
3. Τροποποίηση του κτιρίου και σωστή σχεδιαστική μέριμνα προκειμένου να αξιοποιείται στο έπακρο ο φυσικός φωτισμός. Κατάλληλος προγραμματισμός της χρήσης του τεχνητού φωτισμού μόνο όταν είναι αναγκαίος για να αποφευχθούν σπατάλες.
4. Αποφυγή κατάχρησης των ηλεκτρικών συσκευών.
5. Χρήση συστήματος διαχείρισης ενέργειας για την μείωση της ενεργειακής υπερκατανάλωσης, εφόσον κάτι τέτοιο κρίνεται κατάλληλο. [1, 3].

2. Το κέλυφος και η θερμική μάζα του κτιρίου

2.1. Κτιριακό κέλυφος:

Το κτιριακό κέλυφος παίζει βασικό ρόλο κατά το σχεδιασμό κτιρίων με υψηλή απόδοση. Αυτός ο ρόλος αφορά στη δημιουργία κτιρίων ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (π.χ. το κλίμα) ούτως ώστε να επιτυγχάνονται οι όσο το δυνατόν καλύτερες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης προκειμένου να είναι ικανοποιημένοι οι χρήστες και, κατ' επέκταση, να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν λιγότερο τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου. Για να επιτευχθεί αυτό, τα κτίρια πρέπει να έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να αξιοποιείται το επικρατές κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκονται με σκοπό τη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων τους.

Κατά την περίοδο του χειμώνα, ο ενεργειακός σχεδιασμός συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας και αερισμού στο ελάχιστο, καθώς αφήνει να πραγματοποιείται μόνο ο αερισμός που είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της υγιεινής του χώρου, και στη μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών που προκύπτουν από την ακτινοβολία του ηλίου. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα από τη μία πλευρά, τη μείωση της έκτασης χρήσης της τεχνητής θέρμανσης και από την άλλη, την ελάττωση των δαπανών που πραγματοποιούνται ώστε αυτή να επιτευχθεί στα κτίρια. Αναλόγως, κατά την περίοδο του καλοκαιριού ο ενεργειακός σχεδιασμός αποσκοπεί στη μείωση στο ελάχιστο των θερμικών φορτίων που προκύπτουν από την ακτινοβολία του ήλιου και στην υιοθέτηση όσο το δυνατόν καλύτερων τακτικών φυσικού δροσισμού προκειμένου να μειωθεί αισθητά η χρήση μεθόδων τεχνητής ψύξης.

Επομένως, το κέλυφος πρέπει να επιτελέσει το ρόλο ηλιακού συλλέκτη ο οποίος θα λειτουργεί επιλεκτικά. Αυτό σημαίνει ότι θα υποβοηθά κατά τη συλλογή της ακτινοβολίας του ηλίου, κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο όταν αυτή είναι και πιο χρήσιμη, στο σημείο πάντα που αυτό είναι εφικτό λόγω κλίματος, και κατά την απώθησή της το καλοκαίρι. Τα ανοίγματα του κτιρίου (παράθυρα, πόρτες), τα οποία πρέπει να φέρουν τους κατάλληλους εξοπλισμούς ηλιοπροστασίας, πρέπει επίσης να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό μιας και αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη συλλογή της ακτινοβολίας του ηλίου. Συγχρόνως, το κτιριακό κέλυφος πρέπει να επιτελεί και το ρόλο «φράγματος» ώστε να εμποδίζει τις θερμικές απώλειες, δηλαδή να εμποδίζει τη διαφυγή της θερμότητας που απέφερε η ακτινοβολία του ήλιου στο κτίριο προς τον περίγυρο αυτού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους. Το κτιριακό κέλυφος όμως καλείται να επιτελέσει άλλον έναν βασικό ρόλο, εκτός των δύο προαναφερθέντων, αυτόν της «θερμικής αποθήκης». Κατά αυτόν τον τελευταίο ρόλο, η θερμότητα που έχει συλλέξει το κτιριακό κέλυφος αποθηκεύεται και αργότερα διαχέεται σταδιακά στους χώρους του κτιρίου κυρίως τη νύχτα ή όταν οι κλιματικές συνθήκες δεν ευνοούν τη συλλογή θερμότητας, π.χ. όταν έχει συννεφιά. Αναλόγως με το δομικό υλικό που επιλέγεται για την κατασκευή του κτιριακού κελύφους, διαφέρει η δυνατότητα αποθήκευσης και διατήρησης της θερμότητας, καθώς αυτό ορίζεται από τη θερμοχωρητικότητά του. Η θερμότητα που δύναται να αποθηκεύσει ένα δομικό υλικό ή στοιχείο και η θερμοχωρητικότητά αυτών, είναι μεγέθη ανάλογα.

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, τις περισσότερες φορές η νυκτερινή θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Επομένως, η ψύξη του κτιρίου μπορεί να γίνει με φυσικό αερισμό. Με τον τρόπο αυτό, η αποθηκευμένη θερμότητα απελευθερώνεται μέσω συναγωγής από τα δομικά στοιχεία στο περιβάλλον. Επίσης, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής είναι δυνατόν να βοηθήσει στην επίτευξη

μεγαλύτερης κινητικότητας του αέρα εντός των εσωτερικών χώρων. Έτσι θα παρατηρηθεί αυξητική τάση στον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας μέσω συναγωγής, πράγμα που εν τέλει βοηθά στην μεταφορά της θερμότητας η οποία είναι δεσμευμένη στα δομικά υλικά προς το περιβάλλον κατά τις νυκτερινές ώρες με σχετικά χαμηλό κόστος. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, ιδανικό είναι να επιτευχθεί στο κτίριο το μέγιστο δυνατό επίπεδο θερμό-διαπερατότητας τις νυκτερινές ώρες και το ελάχιστο κατά τις πρωινές ώρες, αντίστοιχα.

Κατά το χειμώνα, εποχή κατά την οποία το κτίριο χρειάζεται θερμότητα με την οποία τροφοδοτείται μέσω της θέρμανσης, τα πράγματα διαφέρουν. Η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. Κατά τη χειμερινή περίοδο αποφεύγεται ο αερισμός του κτιρίου, διότι θα χρειαστούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας για την κάλυψη της διαφοράς θερμοκρασίας που θα δημιουργηθεί στο εσωτερικό του κτιρίου από τον αερισμό. Επομένως, πραγματοποιείται αερισμός των εσωτερικών χώρων μόνο στο βαθμό που απαιτείται για να διασφαλιστούν οι κατάλληλες συνθήκες βάσει των κανόνων υγιεινής.

Οι καθημερινές διαφορές της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτίριο αποτελούν πρόβλημα για την εξασφάλιση της θερμικής του άνεσης. Για να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης στα κτίρια, πρέπει να γίνεται σωστή διαχείριση της θερμικής ενέργειας που προκύπτει από την ηλιακή ακτινοβολία προκειμένου να μειωθούν οι ακραίες διαφορές της θερμοκρασίας που παρατηρούνται σε μια ολόκληρη μέρα. Η θερμική μάζα είναι ένα μέτρο ελέγχου της θερμοκρασίας που επικρατεί στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Ως εκ τούτου, τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο πρέπει να μπορούν να απορροφούν και να αποθηκεύουν ή να απελευθερώνουν την περιττή θερμική ενέργεια όταν το θερμικό φορτίο του κτιρίου είναι χαμηλό ή υψηλό, αντίστοιχα. Η ικανότητα αυτή που παρουσιάζουν τα υλικά δύναται να μειώσει τις διαφορές στη θερμοκρασία κατά την απορρόφηση θερμότητας τις πρωινές ώρες και κατά την απελευθέρωση θερμότητας κατά τις βραδινές ώρες. Αυτό πρέπει να γίνεται τόσο κατά τη διάρκεια της ψύξης όσο και κατά τη διάρκεια της θέρμανσης.

Η επιλογή του ιδανικού μεγέθους θερμικής μάζας, ανάλογα με την κατάσταση, σε συνδυασμό με την επιλογή των κατάλληλων τεχνικών παθητικής θέρμανσης και ψύξης συμβάλλει στον τρόπο με τον οποίο οι ενεργειακοί πόροι των κτιρίων μπορούν να τεθούν υπό διαχείριση. Για την επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερων αποτελεσμάτων, πρέπει να ακολουθηθούν συγκεκριμένες οδηγίες και να γίνουν οι κατάλληλες προβλέψεις και ενέργειες όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η επίτευξη της βέλτιστης θερμικής μάζας σχετίζεται άμεσα με τις ιδιότητες που παρουσιάζουν τα δομικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, με το πως είναι προσανατολισμένο και που βρίσκεται το κτίριο, με τη θερμομόνωση, τον αερισμό, το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται και τη λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης. Συνεπώς, η θερμότητα πρέπει να διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το κτίριο και αναλόγως με τον προσανατολισμό του. Τα κτίρια που χρησιμοποιούν τον ήλιο ως βασική πηγή θέρμανσης, θα πρέπει να απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά τις ώρες με ηλιοφάνεια, ενώ την ίδια στιγμή να διατηρούν σε φυσιολογικά επίπεδα τη θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό των κτιρίων, και να την απελευθερώνουν κατά τις νυκτερινές ώρες, ώστε να διατηρείται η εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων σταθερή. Ενώ σε κτίρια τα οποία χρησιμοποιούν τεχνητό ή φυσικό αερισμό για να ψυχθούν, η θερμότητα του εσωτερικού των κτιρίων πρέπει να απορροφάται από το κτιριακό κέλυφος μια καλοκαιρινή ημέρα και, στη συνέχεια, αυτή η συγκεντρωμένη θερμότητα να ανταλλάσσεται με κρύο αέρα, κάθε βράδυ.

Η αποθήκευση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την ανοικοδόμηση των κτιρίων εξαρτάται από το χρόνο, τις οριακές συνθήκες και τις θερμό-φυσικές ιδιότητες του υλικού. Οι ιδιότητες ενός υλικού ως προς την ικανότητα θερμικής αποθήκευσης

καθορίζουν το πόσο αποδοτικό είναι ένα σύστημα. Για να αποθηκεύεται θερμότητα αποτελεσματικά εντός του υλικού, αυτό χρειάζεται να έχει ανάλογη πυκνότητα και μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, έτσι ώστε το υλικό να είναι εξ ολοκλήρου θερμό – διαπερατό κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και εκπομπής της θερμότητας. Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως (συμπεριλαμβανομένων των πλίνθων, του σκυροδέματος και των λίθων), αν και είναι πολύ σημαντικά για την κατασκευή των κτιρίων, δε φαίνεται να επηρεάζουν αυξητικά τη θερμοχωρητικότητα του κτιριακού κελύφους. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών υλικά τα οποία διαθέτουν χαρακτηριστικά τα οποία είναι καταλληλότερα για την κατασκευή ενός κτιριακού κελύφους με θερμική μάζα μέγιστης λειτουργικότητας.

Η θερμομόνωση αποτελείται από μία ομάδα δομικών στοιχείων για την κατασκευή της και είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα έξοδα τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή και τη λειτουργία ενός κτιρίου. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη θερμομόνωση βοηθούν στην παρεμπόδιση της διαρροής θερμότητας του κτιρίου στο εξωτερικό περιβάλλον το χειμώνα και το αντίστροφο το καλοκαίρι. Αυτό συμβαίνει επειδή στο εσωτερικό τους περιέχεται ακίνητος αέρας παγιδευμένος στο εσωτερικό ινών (π.χ. υαλοβάμβακας) ή εντός κλειστών κυψελίδων (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμομόνωση του κτιρίου με τον απαιτούμενο αερισμό προστατεύει θερμικά το κτίριο κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Όταν το κτίριο δεν αερίζεται επαρκώς και το κτιριακό κέλυφος φέρει μεγάλα ποσά μόνωσης, παρεμποδίζεται η αποβολή της συγκεντρωμένης θερμότητας από αυτό προς το περιβάλλον και, κατ' επέκταση, η θερμική λειτουργία του κελύφους κατά τη θερινή περίοδο επιβαρύνεται. Επομένως, η τοποθέτηση περισσότερης μόνωσης δεν συνεισφέρει απαραίτητα με θετικό τρόπο στο κτίριο. Θα πρέπει να γίνεται μελέτη των προδιαγραφών στις οποίες οι κατασκευαστές επιδιώκουν να ανταποκρίνεται το κτίριο και να τοποθετείται ανάλογη θερμομόνωση σύμφωνα με αυτές. [3].

2.2. Η θερμική μάζα:

Η θερμική μάζα αποτελεί καίριο στοιχείο των κτιρίων, δεδομένου ότι η θερμότητα η οποία απορροφάται από τα δομικά στοιχεία των κτιρίων εκπέμπεται ετεροχρονισμένα από αυτά. Λόγω αυτής της ιδιότητας της θερμικής μάζας μειώνεται η ανάγκη να θερμαίνονται και να ψύχονται οι εσωτερικοί χώροι των κτιρίων. Αν δεν υπάρχει επαρκής παρουσία θερμικής μάζας, οι εξωτερικές και οι εσωτερικές θερμοκρασίες τείνουν να ισοσταθμίζονται ταχύτατα, πράγμα που έχει άμεση επιρροή στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου και συνεπάγεται τη διαρκή ενεργοποίηση των μονάδων θέρμανσης και ψύξης για την δημιουργία ιδανικών συνθηκών στο εσωτερικό του κτιρίου.

Η θερμική μάζα ενός κτιρίου και ο απαιτούμενος χρόνος για τη μεταβολή των εσωτερικών συνθηκών από τις εξωτερικές συνθήκες είναι μεγέθη ανάλογα. Παραδείγματος χάριν, ένα κτίριο με μεγάλη θερμική μάζα, κατά τη χειμερινή περίοδο θα μπορεί να αποθηκεύει υψηλά ποσά θερμότητας και, κατά συνέπεια, η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης θα είναι μειωμένη. Αντίστροφα λειτουργεί το σύστημα ψύξης μιας κατασκευής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Αυτό δεν πρέπει να μας οδηγεί στην επιδίωξη δημιουργίας κατασκευών με απεριόριστη θερμική μάζα για πρακτικούς λόγους, καθώς ένα τέτοιο εγχείρημα θα απαιτούσε υπερβολικά μεγάλη ποσότητα ενέργειας για την ισοστάθμιση έστω και μικρών διαφορών των εσωτερικών συνθηκών.

Η θερμότητα που προκύπτει από την ακτινοβολία του ηλίου κατά τις ώρες με ηλιοφάνεια απορροφάται από τα δομικά στοιχεία που συνθέτουν τη θερμική μάζα και στη συνέχεια διοχετεύεται στο κτίριο κατά τη διάρκεια της νύχτας κατά τη χειμερινή περίοδο. Αν τα προαναφερθέντα συνδυαστούν με τη διαπερατότητα των ανοιγμάτων του κτιρίου, χάρη στην οποία

διέρχεται και εγκλωβίζεται η ηλιακή ακτινοβολία, συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στην άνοδο της θερμοκρασίας του χώρου μέσω της θέρμανσης.

Κατά την περίοδο του καλοκαιριού η άμεση είσοδος της ακτινοβολίας του ηλίου στους εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να παρεμποδίζεται με τη χρήση σκιάστρων στα ανοίγματα του κτιρίου. Σε μια τέτοια περίπτωση, η θερμική μάζα καθυστερεί τη θερμοκρασιακή άνοδο μέχρι να πέσει η νύχτα κατά την οποία ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου είναι ευκολότερα επιτεύξιμος. Παρ' όλα αυτά, η καθυστέρηση της ανόδου της θερμοκρασίας για λίγες ώρες μπορεί να πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου με βάση το ελληνικό κλίμα.

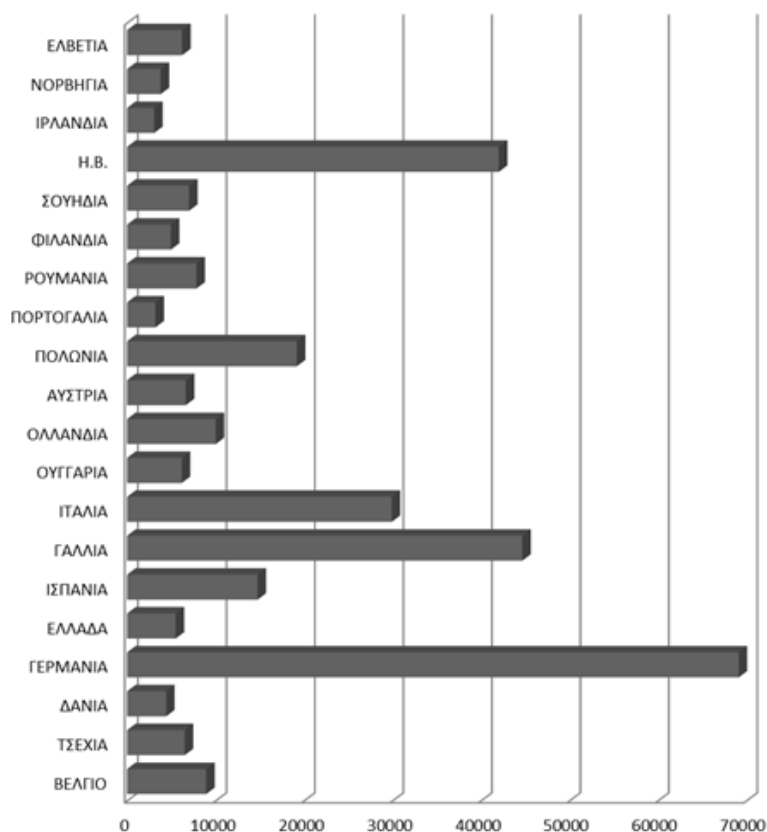
Η οροφή του κτιρίου είναι το τμήμα του το οποίο είναι περισσότερο ευεπηρέαστο από τη θερμική μάζα. Αυτό μπορεί εύκολα να εξηγηθεί εξαιτίας της άνωσης, σύμφωνα με την οποία οι πιο θερμές στρώσεις αέρα στους εσωτερικούς χώρους ανυψώνονται και συσσωρεύονται στα ψηλότερα σημεία. Κατά συνέπεια, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική μάζα της οροφής, τόσο πιο άμεσα απορροφώνται τα θερμικά κέρδη του κτιρίου, τα οποία με τη σειρά τους θα εισέλθουν εντός του κτιρίου ετεροχρονισμένα.

Το κλίμα της περιοχής ανέγερσης, το ωράριο με το οποίο θα λειτουργεί το κτίριο και η χρήση για την οποία προορίζεται είναι παράγοντες που πρέπει να υπολογιστούν όταν επιλέγεται και δημιουργείται η σωστή θερμική μάζα για το κτίριο. Παραδείγματος χάριν, αν ένα κτίριο πρόκειται να έχει επαγγελματική χρήση, και συγκεκριμένα να αποτελέσει χώρο γραφείων, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, χρειάζεται κατά την ανοικοδόμησή του να επιλεγεί θερμική μάζα τέτοια που να δημιουργεί την κατάλληλη επιβράδυνση στις αλλαγές του εσωτερικού περιβάλλοντος και άρα να μειώνει τις ανάγκες για ψύξη και θέρμανση, να καταλήγει στην εσωτερική θερμοκρασιακή άνοδο και να ενεργοποιεί τις μονάδες ψύξης και θέρμανσης μετά τη λήξη των εργασιμων ωρών κατά τις οποίες λειτουργεί το κτίριο. [3]

3. Προδιαγραφές για Ευρώπη και Ελλάδα:

3.1. Ευρώπη:

Στην Ευρώπη ο μεγαλύτερος τομέας κατανάλωσης της ενέργειας είναι ο κτιριακός. Το ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ανέρχεται στο 40%. Τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη υπάρχει μια σταδιακή αύξηση της ανέγερσης νέων κτιρίων σε σύγκριση με τον αριθμό των ανακαινίσεων των ήδη υπαρκτών κτιρίων, ο οποίος είναι πολύ μικρότερος. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση σε ενέργεια ακόμα περισσότερο. Η ενίσχυση της θερμικής μάζας των κτιρίων που δημιουργούνται ή προϋπάρχουν θα μείωνε την ζήτηση σε ενέργεια.



Διάγραμμα 3.1.1.: Η συνολική απεικόνιση της ενεργειακής κατανάλωσης σε MWh/h στον οικιακό τομέα στην Ευρώπη. Πηγή: Eurostat [4].

Το διάγραμμα 3.1.1. παρουσιάζει ότι πρώτη η Γερμανία, δεύτερη η Γαλλία και τρίτο το Ηνωμένο Βασίλειο είναι υπεύθυνες για παραπάνω από το μισό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Να σημειωθεί ότι ο πληθυσμός των κρατών αυτών είναι το 41% του συνόλου των κατοίκων της Ευρώπης. [4]

3.2. Ελλάδα:

Η Ελλάδα χρησιμοποιεί περισσότερο από το 25% της ενέργειας που έχει για να καλύψει τις ανάγκες θερμικής άνεσης στα κτίρια. Αυτό οφείλεται στην περιορισμένη μόνωση που έχουν τα περισσότερα κτίρια. Επιπρόσθετα, η ανεπαρκής ανακαίνιση παλιότερων ανοιγμάτων στα κτίρια προσθέτουν απώλειες θέρμανσης. Σύμφωνα με την δημοσίευση του Κανονισμού Ενεργειακής

Απόδοσης Κτιρίων το 2010, οριοθετείται μία μέγιστη τιμή θερμικής μετάδοσης για την δομή του κτιρίου (τοιχοποιία, οροφές, ανοίγματα κλπ.) και γενικότερα για το κέλυφος των κτιρίων για διαφορετικές γεωμετρίες και κλιματικές ζώνες με στόχο τη μείωση περίσσειας ενεργείας για την θέρμανση των χώρων. Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΑΝΕ (Υπουργείο Ανάπτυξης και Επενδύσεων), στην Ελλάδα τα κτίρια που χρησιμεύουν ως κατοικίες είναι το 73%. Από αυτά, το 70% δεν διαθέτει μόνωση, το 25% διαθέτει εξωτερική μόνωση λόγω της ανοικοδόμησης που είχε πραγματοποιηθεί μετά το 1981, το 20% δεν έχει επαρκή μόνωση και μόλις το 10% έχει ολοκληρωμένη μόνωση. Επομένως:

1. Το 2,1% διαθέτει διπλά τζάμια στα ανοίγματα.
2. Το 30,4% χρησιμοποιεί μόνωση δώματος.
3. Το 12,7% διαθέτη μόνωση στην πυλωτή.
4. Το 4,2% έχει προβλέψει να διαθέτει μόνωση στις σωληνώσεις της εγκατάστασης θέρμανσης.
5. Το 1,7% είναι μόνο επαρκώς μονωμένο.

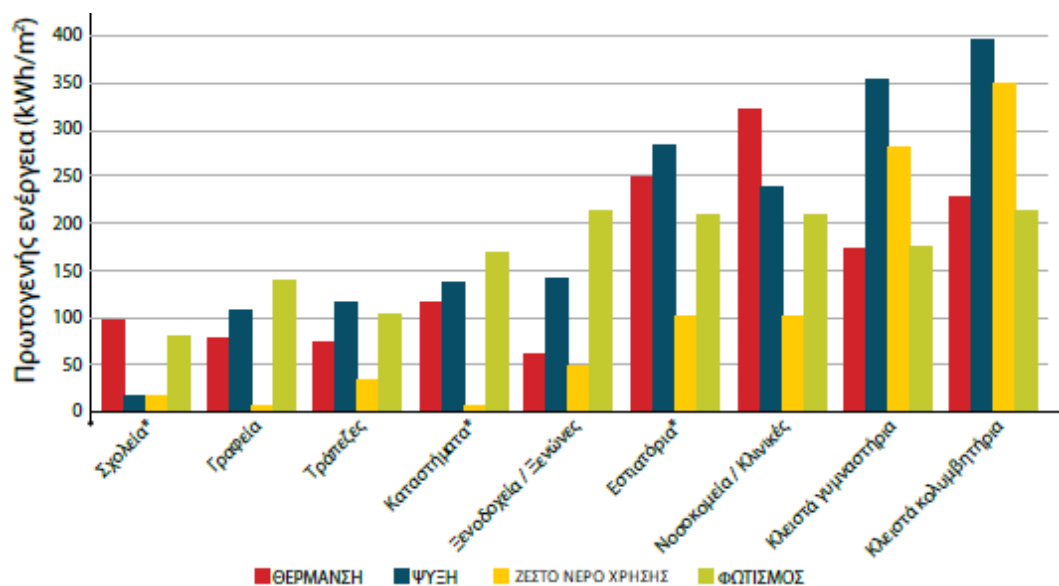


Γράφημα 3.2.1.: Απεικόνιση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση σε κατοικίες. [8].

Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας	Εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας	Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας	Μείωση εκπομπών CO2 (kg)
Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων	33-60%	-	3573.6
Αεροστεγάνωση ανοιγμάτων	16-21%	-	1712.2
Διπλά υαλοστάσια	14-20%	-	1539.2
Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	10-12%	-	951.4
Ηλιακοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης	-	50-80%	2709,7
Θερμομόνωση οροφής	2-14%	-	549.6
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων	15-17%	-	438,6
Ενεργειακοί λαμπτήρες	0,6	-	817,7
Θερμοστάτες αντιστάθμισης	2-3%	-	156,8
Θερμοστάτες χώρων	2-3%	-	146,9
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες φ.α.	19-21%	-	144
Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών	65-75%	-	93
Ανεμιστήρες οροφής	60%	-	78,2
Εξωτερικός σκιασμός	10-20%	-	-

Πίνακας 3.2.2.: Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Πηγή: ΥΠΑΝ [7].

Πιο αναλυτικά υπάρχει ετήσια αύξηση 5,4% στην κατανάλωση ενέργειας των κατοικιών στο χρονικό διάστημα 1965-2001. Σαν αποτέλεσμα υπάρχει αύξηση 2% της ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Ο λόγος της αύξησης είναι λόγω της αυξημένης ζήτησης των καταναλωτών. Παραπάνω στον πίνακα 3.2.2 φαίνεται η ενεργειακή εξοικονόμηση στον οικιακό τομέα που μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαφορές αλλαγές στο κτίριο. Ενώ στο διάγραμμα 3.2.3 απεικονίζεται η ενεργειακή κατανάλωση σε διαφορές κατηγορίες κτιρίων. Είναι σαφές ότι αθροιστικά η θερμική κατανάλωση είναι η μεγαλύτερη. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε μια κατοικία είναι για την θέρμανση του χώρου [7, 9].



Διάγραμμα 3.2.3.: Απεικόνιση της μέσης πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας για διαφορετικές κατηγορίες κτιρίων στον Ελλαδικό χώρο. Πηγή: Greenpeace [8].

3.3. Νομοθεσία:

Με αποκλειστικό στόχο την καταπολέμηση της ενεργειακής κατανάλωσης δημιουργήθηκε η οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, που φιλοδοξεί στην πραγματοποίηση του ενεργειακού και βιοκλιματικού σχεδιασμού τους. Αυτό αφορά στα κτίρια που ανήκουν στον τομέα της κατοικίας και στον τριτογενή τομέα, τα οποία αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας όπως προαναφέρθηκε. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. [9]

Φιλοδοξία της οδηγίας 2010/31/ΕΕ είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων, τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, τον αερισμό, τα συστήματα σκίασης και ηλιακής προστασίας καθώς και τα οικονομικά κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες και τη συνάρτηση κόστους/οφέλους. Η οδηγία περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

1. Κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Σύμφωνα με αυτή, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ενεργειακή απόδοση και όχι μόνο από την ποιότητα της μόνωσης των κτιρίων.
2. Την εφαρμογή ελάχιστων προϋποθέσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων και νέων κτιριακών μονάδων.
3. Την εφαρμογή ελάχιστων προϋποθέσεων για την ενεργειακή απόδοση:
 - i) Υφισταμένων κτιρίων, κτιριακών μονάδων και κτιριακών στοιχείων τα οποία υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση,
 - ii) Δομικών στοιχείων που απαρτίζουν τμήμα του κελύφους του κτιρίου και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους, όταν τοποθετούνται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται.
 - iii) Τεχνικών συστημάτων κτιρίων, σε περίπτωση εγκατάστασης νέου, αντικατάστασης ή αναβάθμισης.
4. Αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
5. Έκδοση ενεργειακής πιστοποίησης κτιρίων ή κτιριακών μονάδων.
6. Την τακτική επιθεώρηση τόσο των συστημάτων θέρμανσης αλλά και του κλιματισμού.
7. Την θέσπιση των ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακών επιδόσεων και τις εκθέσεις επιθεώρησης τους

Με όλα τα παραπάνω επιτυγχάνεται:

1. Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, δηλαδή μείωση της ενέργειας που σπαταλάται για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό, παροχή ζεστού νερού για την κάλυψη των αναγκών ενός κτιρίου.
2. Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), και κυρίως της ηλιακής ενέργειας, για την θέρμανση, ψύξη, φυσικό φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού για την κάλυψη των αναγκών ενός κτιρίου.
3. Περιορισμός των εκπομπών αέριων ρύπων που εκπέμπονται από το σύστημα θέρμανσης ή ψύξης, που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος.
4. Σύγκλιση των κτιριακών προτύπων με αυτά των κρατών μελών της ΕΕ, τα οποία έχουν ήδη υψηλότερα επίπεδα απαιτήσεων.

4. Αναφορές στα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανοικοδόμηση κτιρίων:

Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για το χτίσιμο του κτιρίου και αποτελούν τη θερμική μάζα του. Επομένως, με σωστό σχεδιασμό αλλά και με σωστή επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού των διαφόρων υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για να ανεγερθεί το κτίριο, θα αυξηθεί η θερμική του μάζα. Η εκμετάλλευση των εσωτερικών θερμικών κερδών και της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως προαναφέρθηκε, σε συνεργασία με μια σωστή θερμική μάζα προσαρμοσμένη στις θερμικές ανάγκες που έχει το κτίριο θα προσφέρει θερμικά οφέλη. Για την πραγματοποίηση του σκοπού αυτού, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος της «αποθήκευσης» της ηλιακής θερμότητας είναι μέσα από την ίδια την κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή από τους τοίχους και την οροφή του. Τα πιο διαδεδομένα θερμικά «βαριά» υλικά, όπως σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος, έχουν μεγάλη πυκνότητα και θερμοχωρητικότητα άρα και ικανότητα αποθήκευσης μεγάλης ποσότητας της εκπεμπόμενης από τον ήλιο θερμικής ακτινοβολίας και των εσωτερικών θερμικών κερδών.

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μεταδίδεται η θερμική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο πρώτος είναι ο άμεσος από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο κέλυφος του κτιρίου και ο δεύτερος γίνεται μέσα από τους θερμούς ανέμους που προσπίπτουν στο κέλυφος του κτιρίου. Επομένως, ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες που θα έχει το εκάστοτε κτίριο για θέρμανση θα πρέπει να γίνεται η σωστή επιλογή των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανέγερση του.

Στο εσωτερικό του κτιρίου θα πρέπει να υπάρξει σωστή χωροδιάταξη η οποία προκύπτει από τα έπιπλα που διαθέτει ο χώρος καθώς και από την διάταξη των εσωτερικών τοίχων. Από το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά τα ανοίγματα του κτιρίου και διαχέεται στο χώρο, θα πρέπει με την σωστή χωροδιάταξη να επιλέγεται το ποσοστό της θερμικής ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο, να αποθηκεύεται και να ρυθμίζεται για την αποφυγή υπερθέρμανσης. Επομένως, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό του εσωτερικού του κτιρίου να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην τοποθέτηση που θα έχουν τα έπιπλα για να μην εμποδίζουν την εισαγωγή της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα να αποθηκεύουν στην δομή τους θερμικά κέρδη. Το ίδιο και οι εσωτερικοί τοίχοι του. Στόχος είναι να επιτευχθούν σταθερά επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες στο εσωτερικό του κτιρίου.

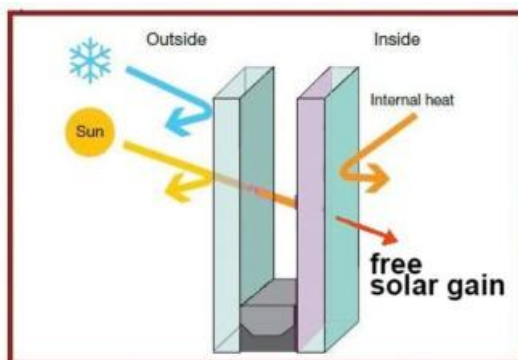
Τα συνήθη δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται και καθορίζουν τη θερμική μάζα ενός οικοδομήματος αλλά και των επίπλων που διαθέτει είναι τα ακόλουθα:

1. Ο λίθος (ή πέτρα) είναι από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο για την ανοικοδόμηση κτιρίων για την καθημερινότητά του. Πλέον δεν χρησιμοποιείται στην ίδια έκταση ως βασικό δομικό υλικό. Αποτελεί όμως μέρος του οικοδομήματος με κύρια διακοσμητικό χαρακτήρα και, κατ' επέκταση, έχει πολλές και διαφορετικές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται κυρίως στα δάπεδα, στην διακόσμηση εσωτερικών αλλά και εξωτερικών τοίχων αλλά και για την διακόσμηση των παραθύρων. Η πληθώρα της χρήσης του οφείλεται στα ελκυστικά χαρακτηριστικά που έχει, όπως είναι η διαθεσιμότητά του, η προσαρμογή που έχει σε πολλά είδη εδαφών, το ότι δεν χρειάζεται ιδιαίτερη συντήρηση, το ότι έχει ηχομονωτικές ιδιότητες και η ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα στην δομή του και να την απελευθερώνει σταδιακά στο χώρο. Το τελευταίο είναι το πιο βασικό χαρακτηριστικό αυτού του υλικού για την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Επομένως, η πέτρα είναι θερμομονωτικό υλικό και όπου χρησιμοποιείται μπορεί να παίξει μεγάλο ρόλο στην αποθήκευση της θερμότητας και στην

- αποφυγή μεγάλων διακυμάνσεων στη θερμοκρασία του χώρου. Το τελευταίο χαρακτηριστικό της ενισχύεται καλύτερα με τον σωστό σχεδιασμό του κτιρίου και την τοποθέτηση της σε αυτό.
2. Η ξυλεία η οποία επίσης χρησιμοποιείται και αυτή από την απαρχή της ανθρωπότητας, δεν έχει πλέον την ίδια ευρεία χρήση. Πλέον χρησιμοποιείται σπάνια ως κύριο δομικό υλικό, λόγω της ευθραυστότητας που έχει. Όμως για λόγους κυρίως διακοσμητικούς, οικονομικούς και λόγω της εύκολης μορφοποίησης που επιδέχεται βρίσκει χρήσεις στην διακόσμηση οροφών, δαπέδων και διαχωριστικών επιφανειών εντός του κτιρίου. Κυρίως χρησιμοποιείται κατά την κατασκευή. Οι παραπάνω χρήσεις του ξύλου γίνονται λόγω της καλής θερμικής αγωγιμότητάς του και των ηχομονωτικών ιδιοτήτων του. Δεν αλλάζει διαστάσεις με την αλλαγή θερμοκρασίας (συστολή, διαστολή) και δημιουργεί καλή ηχομόνωση. Η επιλογή της τοποθέτησης του πρέπει να γίνεται προσεκτικά για να βοηθάει με τις ιδιότητες του στην αποθήκευση και την ρύθμιση των θερμικών κερδών και στην αποφυγή της υπερθέρμανσης.
 3. Ο πλίνθος ή τούβλο είναι από τα πρώτα δομικά υλικά που σκέφτηκε ο άνθρωπος για να δημιουργήσει πιο εύκολα και γρήγορα κτίρια. Αποτελεί κεραμικό υλικό που χρησιμοποιείται πλέον στο χτίσιμο («γέμισμα») του κτιρίου και συναρμολογείται με τη βοήθεια κονιάματος για την σταθερότητα του. Υπάρχει πληθώρα ειδών και μεγεθών τούβλου και μπορεί να πάρει εύκολα πολλά σχήματα. Λόγω της μορφής του (εσωτερικά κενά που παγιδεύουν αέρα) έχει υψηλή θερμοχωρητικότητα. Επομένως, όταν θερμαίνεται αποθηκεύει τη θερμότητα και τη διοχετεύει με αργό και σταθερό ρυθμό στο χώρο λόγω της μεγάλης του ικανότητας θερμικής αποθήκευσης.
 4. Το σκυρόδεμα είναι μεταγενέστερο υλικό που πλέον έχει ευρεία χρήση στην ανοικοδόμηση κτιρίων και όχι μόνο. Η χρήση του γίνεται κυρίως στο κτιριακό κέλυφος. Τα κύρια υλικά από τα οποία αποτελείται είναι το τσιμέντο, το αμμοχάλικο και το νερό. Αποτελείται από ένα συνονθύλευμα υλικών που ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται αλλάζουν και μπορούν να προσαρμόσουν την χρήση του. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού του ποικίλει η ικανότητα που έχει να αποθηκεύει θερμότητα στην δομή του και να την εκπέμπει σταδιακά στο χώρο. Επομένως οι θερμό - αποθηκευτικές ικανότητές (πυκνότητα και θερμοχωρητικότητα) του μπορούν να προσαρμοστούν στις θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Τέλος, αυτό είναι που καθορίζει κυρίως τα μονωτικά υλικά και την ενεργειακή επάρκεια του κτιρίου.
 5. Η γυψοσανίδα είναι από τις πιο σύγχρονες κατασκευές που χρησιμοποιούνται στην ανοικοδόμηση κτιρίων. Χρησιμοποιείται κυρίως στον εσωτερικό διαχωρισμό των κτιρίων. Προτιμάται περισσότερο από την ανέγερση παραδοσιακών τοίχων γιατί είναι περισσότερο διαπερατή λόγω μικρής θερμικής μάζας. Με σωστή τοποθέτηση, λοιπόν, μπορεί να βοηθήσει πολύ στη ρύθμιση θερμότητας και ψύξης στο κτίριο.
 6. Τα μέταλλα είναι πολύ καλοί αγωγοί της θερμότητας, για αυτό το λόγο δεν έχουν καθόλου καλή ικανότητα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας. Δεν χρησιμοποιούνται αυτόνομα για την ενίσχυση της θερμικής αποθήκευσης στα κτίρια, αλλά λόγω των μηχανικών ιδιοτήτων που έχουν χρησιμοποιούνται στην σύνθεση κυρίως του κτιριακού κελύφους. Ο χάλυβας, που είναι μεταλλικό στοιχείο, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το τσιμέντο για την δημιουργία του οπλισμένου σκυροδέματος. Άλλες χρήσεις του σε ανοίγματα (π.χ. αλουμίνιο) με σωστή κραματοποίηση και επένδυση μονωτικών υλικών έχουν πολύ καλύτερη θερμική απόδοση.
 7. Το γυαλί μπορεί να φαίνεται ότι έχει διακοσμητικό ρόλο, όμως αν δεν γίνει σωστή τοποθέτηση του στο κέλυφος του κτιρίου, επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της ιδιομορφίας του, επιτρέποντας την υπέρυθη ακτινοβολία να περάσει και να θερμάνει το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Ταυτόχρονα φιλτράρει την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Λόγω των παραπάνω μπορεί να προκαλέσει και υπερθέρμανση στο κτίριο.

Σε αυτή την περίπτωση το κτίριο θα χρειαστεί μηχανισμούς σκίασης όπως και τρόπους για την συγκράτηση της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτοί οι τρόποι είναι οι ακόλουθοι:


- i. Οι μονοί υαλοπίνακες οι οποίοι πλέον έχουν περιορισμένη χρήση λόγω της αυξημένης εναλλαγής της θερμοκρασίας του κτιρίου σε σχέση με το περιβάλλον. Τοποθετούνται κυρίως όπου είναι απαραίτητη η γρήγορη μετάδοση θερμότητας (π.χ. τοίχοι Trombe).
- ii. Οι πολλαπλοί υαλοπίνακες που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες στρώσεις υαλοπινάκων και ενδιάμεσα υπάρχει κυρίως αέρας. Η όλη κατασκευή είναι σφραγισμένη και ενισχυμένη εξωτερικά για προστασία και δεν επιτρέπει στον εγκλωβισμένο αέρα να εξέλθει. Ο εγκλωβισμένος αέρας αυξάνει τη θερμική μόνωση της κατασκευής. Μπορεί επομένως να παίξει ρυθμιστικό παράγοντα θερμοκρασίας για το κτίριο. Τέλος έχει και ηχομονωτικό χαρακτήρα. Για αυτό το λόγο γίνεται ευδιάκριτη η διαδεδομένη χρήση τους σε σχέση με τους μονούς υαλοπίνακες.



Σχήμα 4.1.: Ο τρόπος ρύθμισης της ηλιακής ακτινοβολίας.

8. Το πλαστικό είναι θερμομονωτικό υλικό, έχει μεγάλη ικανότητα θερμικής αποθήκευσης. Μεγάλο πλεονέκτημά που το χαρακτηρίζει αποτελεί το ότι είναι πολύ εύπλαστο υλικό και μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή χρειάζεται και να προσαρμοστεί αναλόγως. Μερικές από τις μορφές του που βρίσκουν χρήση στα κτίρια είναι: το PVC το οποίο έχει μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως στα πλαίσια των παραθύρων, το πολυστυρένιο το οποίο χρησιμοποιείται έως λεπτή επένδυση σε διακοσμητικά στοιχεία, η μελαμίνη που χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή πάγκων και το Plexiglas που έχει ευρεία χρήση από τζαμαρίες έως και έπιπλα. Θα πρέπει να γίνει σωστή τοποθέτηση των πλαστικών επιφανειών για να εκμεταλλευτεί το κτίριο στο έπακρο τα θερμικά κέρδη που μπορούν να του προσφέρουν οι πλαστικές επιφάνειες.
9. Τα διάφορα φινιρίσματα δηλαδή βαφές, βερνίκια και κόλλες έχουν ρόλο πρακτικό, αλλά και διακοσμητικό. Με την επικάλυψη διαφόρων υλικών επιμηκύνεται ο χρόνος ζωής τους με χαρακτηριστικό παράδειγμα το ξύλο. Άλλες εφαρμογές τους εντοπίζονται σε εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου σαν βαφές που παίζουν το ρόλο μονωτή από την υγρασία, τους εξωτερικούς ανέμους και τα θερμικά φορτία. Ανάλογα με την απόχρωση του κάθε χρώματος που χρησιμοποιείται είναι και η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας που επιτυγχάνεται. Ως αποτέλεσμα, σε χώρους που χρειάζονται μεγάλα θερμικά φορτία επιλέγεται σκουρόχρωμη επιφάνεια ως επικάλυψη, ενώ όταν χρειάζονται δροσερά φορτία, επιλέγεται ανοιχτή.
10. Τα μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για να περιορίσουν σημαντικά τη θερμική αδράνεια του περιβλήματος και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
 - i. Το φελιζόλ το οποίο είναι θερμομονωτικό υλικό και χρησιμοποιείται σαν μονωτικό υλικό ανάμεσα στις τοιχοποιίες αλλά και την σκεπή του κτιρίου με μια μικρή επένδυση από μέταλλο.

- ii. Η πολυουρεθάνη που χρησιμοποιείται για μόνωση, στεγανοποιητικό υλικό αλλά και σε βερνίκια και κόλλες.
- iii. Ο υαλοβάμβακας ή αλλιώς πετροβάμβακας είναι ηχομονωτικό και θερμομονωτικό υλικό και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σαν μονωτικό υλικό. [10, 11, 12]

ΥΛΙΚΟ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (w/m.K)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ kg/ m ³	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ c (kJ/kg.K)
Τούβλο		0,727	1922	0,84
Ασβεστοκονίαμα		0,87	1800	1
Γυψοσανίδα		0,42	900	1
Οπλισματό Σκυρόδεμα		1,731	2243	0,84
Απλό Σκυρόδεμα		2,1	2400	1
Υαλοβάμβακας		0,04-0,05	40-80	1
Πολυουρεθάνη		0,031	40	2,09
Πετροβάμβακας		0,038-0,05	80	0,9
Διογκ. Πολυστερίνη		0,032-0,037	18-20	1,25
Εξηλ. Πολυστερίνη		0,032-0,034	20-25	1,25
Γρανίτης		3,5	2800	1
Μάρμαρο		3,5	2800	1
Πέτρα		0,87	1400	1
Χάλυβας		1,8	7800	0,45
Αλουμίνιο		200	2700	0,92
Χαλκός		372	8300	0,45
Άμμος		0,33	1520	0,80
Άσφαλτος		0,74	2110	0,92
Γυαλί		1	2230	0,84
Γύψος		0,43	1200	1,05

Πίνακας 4.2.: Τα συνήθη δομικά υλικά και τα βασικά θερμό-φυσικά μεγέθη τους [11].

Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν, αναλύθηκαν τα δομικά υλικά και δόθηκε έμφαση στο βαθμό που μπορούν να επηρεάσουν τη θερμική μάζα του κτιριακού κελύφους. Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τις βασικές ιδιότητες των περισσότερων υλικών που αναφέρθηκαν και χρησιμοποιούνται στην ανοικοδόμηση σήμερα. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο παρόν κεφάλαιο συμπεραίνουμε πως ανάλογα με την θερμική μάζα που καλείται να έχει ένα κτίριο, γίνεται και η ανάλογη επιλογή των υλικών που θα συνθέσουν την δομή του.

5. Ο σχεδιασμός του κτιρίου για αποθήκευση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της θερμικής μάζας:

Με τον κατάλληλο σχεδιασμό τόσο του κτιρίου πριν την ανέγερσή του, όσο και του περιβάλλοντα χώρου στον οποίο θα χτιστεί, είναι εφικτό η θερμική μάζα του κτιρίου να εκμεταλλευτεί όλους τους εξωτερικούς παράγοντες για να αποθηκεύσει στην δομή του κτιρίου τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία που χρειάζονται ώστε το κτίριο να αποτελεί ένα άνετο περιβάλλον για τους ενοίκους κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Αυτά τα κέρδη προέρχονται από τον ηλιασμό, την σκίαση και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου. Σε ένα ήδη υπάρχον κτίριο μπορεί να γίνει επέμβαση εξωτερικά για περαιτέρω ενίσχυση της θερμικής μάζας του (θερμομόνωση) και επεμβάσεις στα ανοίγματα που ήδη έχει. Όλα τα παρακάτω αναφέρονται σαν λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη θέρμανση του κτιρίου. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα αναφερθούν οι κύριες σχεδιαστικές επεμβάσεις για την αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας στην θερμική μάζα του κτιρίου και για την αποφυγή της υπερθέρμανσής του. [13]

5.1. Ηλιακά κέρδη για θέρμανση:

Η αποτελεσματική εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για την θέρμανση των κτιρίων, ιδίως το χειμώνα. Αυτή όμως χρειάζεται προσοχή για να μην επηρεάσει την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι. Ο άμεσος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι από τα «ανοίγματα» (παράθυρα) τα οποία έχει το κτίριο. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αξιοποιηθεί και έμμεσα από το κτιριακό κέλυφος μέσα από τις διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης της αποθηκευμένης ηλιακής ενέργειας στο κέλυφος του κτιρίου. Οι προϋποθέσεις για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι οι ακόλουθες:

1. Κατά την ενεργειακή μελέτη που θα πραγματοποιηθεί πριν την ανοικοδόμηση του κτιρίου να προβλέπεται η δημιουργία «ανοιγμάτων» στο κτιριακό κέλυφος, αρκετά ευμεγεθών, για τη μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο. Τους καλοκαιρινούς μήνες, όμως, θα πρέπει να υπάρχει επαρκής σκίαση για να μην υπερθερμαίνεται το κτίριο με περίσσεια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας.

2. Να βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου υλικά με μεγάλη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης (κεραμικές πλάκες σε δάπεδα, επένδυση με πέτρα σε τοίχους κ.τ.λ.), τα οποία κατά την διάρκεια της ημέρας θα αποθηκεύουν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, τις βραδινές ώρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, τα υλικά αυτά θα μπορούν να προσφέρουν θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου και να αναπληρώνουν με τη σειρά τους μέρος της θερμότητας που χρειάζεται το κτίριο.

3. Μέσα από το σχεδιασμό του κτιρίου να έχει οριστεί η σωστή θερμομόνωση που θα χρειάζεται το κτίριο για να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας.

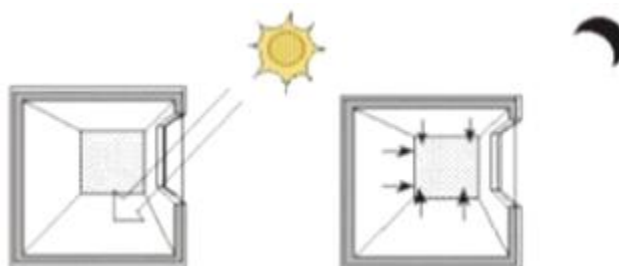
4. Τέλος, να έχουν προβλεφθεί οι ανάγκες στις οποίες πρέπει να ανταποκρίνεται το κτίριο κατά την λειτουργία του, ούτως ώστε, μέσα από το σωστό σχεδιασμό του κτιρίου, οι χώροι που θα έχουν ανάγκη από μεγαλύτερα θερμικά φορτία να έχουν τοποθετηθεί με κατάλληλο προσανατολισμό για να δέχονται μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό τους.

Υπάρχουν δύο τρόποι για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για τη μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών που θα προσφέρει αυτή στο κτίριο που τη δέχεται. Είναι οι τρόποι που εξασφαλίζουν άμεσα κέρδη και οι τρόποι που εξασφαλίζουν έμμεσα κέρδη και θα αναλυθούν παρακάτω. [15, 18, 20,]

5.1.1. Άμεσα κέρδη:

Τα συστήματα που εκμεταλλεύονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία ορίζονται ως «συστήματα άμεσου κέρδους». Ο τρόπος λειτουργίας αυτών των συστημάτων βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα στο κτίριο. Τότε, η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται από τα ανοίγματα μέσω των παραθύρων που αποτελούνται από υαλοπίνακες, μονούς, διπλούς ή και περισσότερους ή άλλου τύπου, ανάλογα με την χρήση που καλούνται να κάνουν. Για την μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών που εισέρχονται από τα ανοίγματα θα πρέπει να έχει υπολογιστεί η μόνωση στο κέλυφος βάσει των αναγκών του κτιρίου. Επίσης, μεγάλη βαρύτητα πρέπει να δοθεί κατά το σχεδιασμό του κτιρίου στον προσανατολισμό και τις διαστάσεις των ανοιγμάτων του. Η μελέτη για το μέγεθος των ανοιγμάτων πρέπει να γίνει βάσει των αναγκών που θα έχει το κτίριο μόλις ανεγερθεί για πρόσθετα θερμικά φορτία κατά τους χειμερινούς μήνες ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του σε θέρμανση. Στο σχεδιασμό θα πρέπει να υπολογιστεί και ένα σύστημα σκίασης για τους καλοκαιρινούς μήνες κατά τους οποίους τα ποσοστά θερμότητας που θα διεισδύουν από τα ανοίγματα θα υπερθερμαίνουν το κτίριο. Τα ανοίγματα θα πρέπει όμως να προστατεύονται και κατά τους χειμερινούς μήνες κατά την διάρκεια της νύχτας για να μην υπάρχουν θερμικές απώλειες από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Μερικοί τρόποι για να επιτευχθεί αυτό είναι με κινητά θερμομονωμένα παντζούρια, ρολά ή κουρτίνες. Τα θερμικά κέρδη που θα αποκομίσει το κτίριο από την ηλιακή ακτινοβολία θα μπορέσουν να καλύψουν από ένα μέρος έως ολόκληρες τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Σαν αποτέλεσμα αυτό θα έχει το κτίριο να δέχεται επαρκή θερμικά φορτία κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά και να αποφεύγεται η υπερθέρμανσή του το καλοκαίρι. Επομένως:

- Με νότιο προσανατολισμό των ανοιγμάτων το χειμώνα επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας και με σωστή οριζόντια σκίαση το καλοκαίρι η αποφυγή υπερθέρμανσης.
- Ο βόρειος προσανατολισμός των ανοιγμάτων προσφέρει στο κτίριο καλύτερη ποιότητα φωτισμού, μιας και δέχεται μόνο διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό είναι κάτι που πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπεται στο σχεδιασμό του κτιρίου διότι κατά αυτόν τον τρόπο, πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχεται και η δυνατότητα διαμεπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου.
- Ανοίγματα με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό έχουν παρόμοια συμπεριφορά και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται μόνο για φωτισμό του κτιρίου όταν είναι απαραίτητο. Πρέπει να έχουν κατακόρυφη εξωτερική σκίαση το καλοκαίρι διότι τις μεσημεριανές ώρες δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία.



Σχήμα 5.1.1.1.: Απεικόνιση της συλλογής και χρησιμοποίησης της ηλεκτρικής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια μιας μέρας.

Τέλος, ο επιθυμητός ηλιασμός και προσανατολισμός του κτιρίου είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθεί σε κτίρια που βρίσκονται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Για το λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί διάφορες λύσεις για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου σε

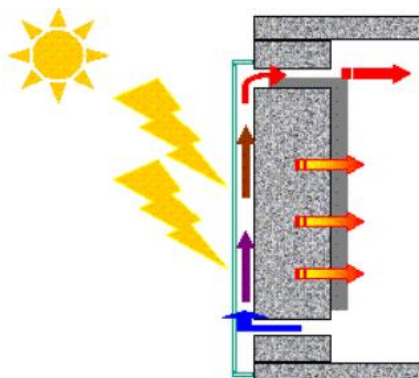
δυσμενείς προσανατολισμούς και σε καταστάσεις με μειωμένα θερμικά κέρδη από άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσα από τα ανοίγματα. Τέτοιες λύσεις είναι οι φεγγίτες ή κατάλληλα ανοίγματα στην οροφή του κτιρίου, ηλιακά αίθρια κ.τ.λ. [7, 14, 15, 16]

5.1.2. Έμμεσο κέρδη:

Με τον όρο έμμεσου κέρδους ορίζονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα που σαν σκοπό έχουν την συλλογή, την αποθήκευση στην δομή τους αλλά και την επαναχρησιμοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας με έμμεσο τρόπο στο εσωτερικό του κτιρίου. Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά συστήματα έμμεσου κέρδους τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. [7, 14, 15]

5.1.2.1. Ηλιακοί τοίχοι:

Ηλιακοί τοίχοι συνθέτονται από υαλοστάσιο που είναι προσαρμοσμένο σε απόσταση 5 έως 15 cm με τοιχοποιίες του κτιρίου. Οι τοιχοποιίες που είναι συνδεδεμένες αποτελούνται από τοίχους με μεγάλη θερμική μάζα. Σκοπός τους είναι η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας από το υαλοστάσιο, η αποθήκευσή της σε μορφή θερμότητας στην τοιχοποιία και, εν συνέχεια, η μετάδοση της αποθηκευμένης θερμότητας εντός του κτιρίου. Μέσα από ενεργειακές προσομοιώσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε περιοχές με ήπιο κλίμα έχει παρατηρηθεί εξοικονόμηση ενέργειας για την θέρμανση του κτιρίου από 10% έως και 35%. Υπάρχουν δυο παρόμοιες μορφές τοιχοποιίας με μικρές διάφορες στον τρόπο εφαρμογής τους. [18, 21, 23]



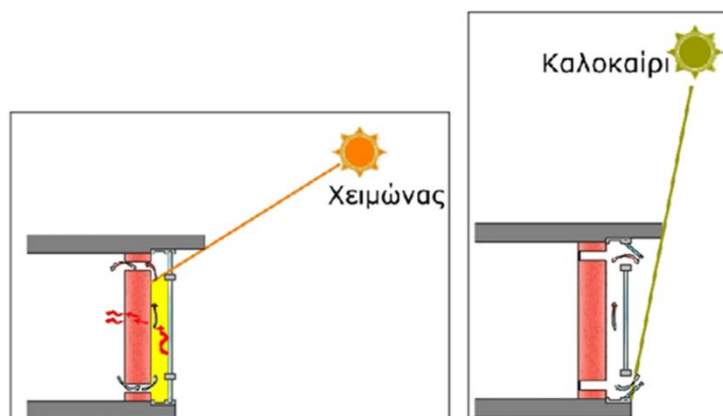
Σχήμα 5.1.2.1.1.: Τρόπος λειτουργίας της μετάδοσης θερμότητας με την χρήση των ανοιγμάτων και του τοιχώματος του κτιρίου [3].

5.1.2.1.1. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης ή τοίχοι Trombe:

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης είναι κατασκευασμένοι από οικοδομικά υλικά υψηλής θερμότητας αποθηκευτικής ικανότητας όπως σκυρόδεμα, λίθο, συμπαγή τούβλα ή ακόμα και νερό. Εξωτερικά είναι σκουρόχρωμα βαμμένοι για να δεσμεύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Περιλαμβάνουν εξωτερική επένδυση από γυαλί στην οποία οφείλεται η εσωτερική ανακύκλωση του αέρα κατά τη λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Αυτό πραγματοποιείται μέσω των θυλάκων που βρίσκονται στην κάτω και στην πάνω πλευρά της τοιχοποιίας και μέσω ενός ανοίγματος στην επάνω πλευρά του υαλοστασίου για την ανακύκλωση του αέρα. Το κάτω διάκενο στην τοιχοποιία υπάρχει για να μεταφέρει τα ψυχρά κύματα αέρα από το εσωτερικό τμήμα του κτιρίου στο υαλοστάσιο το οποίο έχει ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης. Εκεί θα γίνει ανταλλαγή της θερμότητας με αποτέλεσμα να ζεσταθεί ο αέρας. Τέλος, ο αέρας θα εισέλθει ξανά στο εσωτερικό του κτιρίου από το επάνω διάκενο. Αυτή η μετακίνηση του αέρα μπορεί να γίνει με φυσική ροή ή με βεβιασμένη ροή με την βοήθεια κάποιου ανεμιστήρα. Αυτή η διαδικασία δεν

πραγματοποιείται τους καλοκαιρινούς μήνες για την αποφυγή υπερθέρμανσης του εσωτερικού του κτιρίου. Επομένως, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης βρίσκουν μεγαλύτερη χρησιμότητα και αξιοποίηση κατά τους χειμερινούς μήνες. Το υαλοστάσιο διαθέτει και αυτό ανοίγματα τα οποία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες συνιστάται να είναι ανοιχτά για να μην υπερθερμαίνεται το εσωτερικό του κτιρίου. Για τον ίδιο λόγο, θα πρέπει να διαθέτει και σύστημα σκίασης το καλοκαίρι.

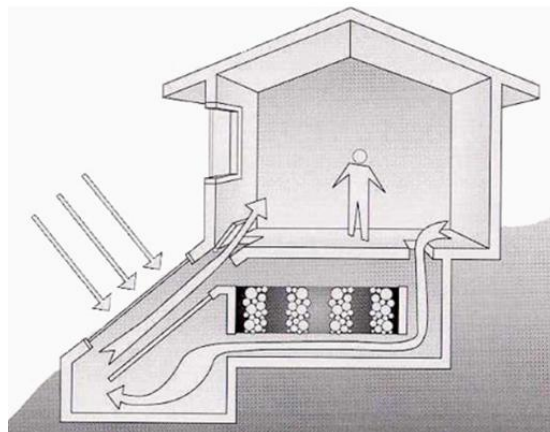
Η τοιχοποιία θερμικής αποθήκευσης κατά τις νυχτερινές ώρες θα αποδώσει την αποθηκευμένη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου επειδή έρχεται σε άμεση επαφή με την εσωτερική πλευρά του αλλά και μέσω του συστήματος με τις θυρίδες το οποίο προαναφέρθηκε. Η λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης περιλαμβάνει μεγάλη χρονική καθυστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου με αποτέλεσμα αυτή να αποδίδεται όταν δεν υπάρχει πλέον άμεση ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή κατά τις νυχτερινές ώρες όταν είναι και περισσότερο απαραίτητη. Για αυτό το λόγο, συνιστάται το υαλοστάσιο το βράδυ να παραμένει κλειστό για να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας. Τέλος, το υαλοστάσιο θα πρέπει να καθαρίζεται και να ξεσκονίζεται επαρκώς σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να αποφευχθεί μείωση της απόδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται από αυτό στον τοίχο θερμικής αποθήκευσης. [18, 21, 23]



Σχήμα 5.1.2.1.1.1.: Τρόπος λειτουργίας των ανοιγμάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού για τη μετάδοση της θερμότητας στο εσωτερικό του σπιτιού και την αποφυγή της υπερθέρμανσης [3].

5.1.2.1.2. Θερμοσιφωνικό πανέλο:

Είναι παρόμοιας κατασκευής με τον τοίχο Trombe ως προς τη λειτουργία του, χωρίς όμως να περιλαμβάνει την ύπαρξη της θερμικής μάζας. Η κύρια διαφορά που έχει είναι ότι ο τοίχος του είναι απομονωμένος θερμικά από το κενό με χρήση μονωτικού υλικού, κυρίως θερμομονωτικού. Η μεταφορά της θερμότητας πραγματοποιείται μέσω συναγωγής η οποία εκμεταλλεύεται τον αέρα του διακένου. Αυτός με την σειρά του κινείται μέσα από θυρίδες. Συνηθίζεται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου προς το πάτωμα να υπάρχει μεταλλική πλάκα απορρόφησης για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση για την ομοιόμορφη θέρμανση του κτιρίου. Επομένως, την χειμερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο συλλέκτη θα μετατρέπεται σε θερμότητα και θα μεταφερθεί στο εσωτερικό του πανέλου στο επάνω τμήμα διά μέσω θυρίδων. Οι θυρίδες που βρίσκονται στο πάτωμα αφήνουν τον αέρα να εισέλθει από το κτίριο στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πανέλου. Τη καλοκαιρινή περίοδο, αυτή η λειτουργία του αντιστρέφεται. Σκοπός αυτού είναι ο δροσερός αέρας του περιβάλλοντος να εισέλθει εσωτερικά του κτιρίου για να το δροσίσει. [18, 21, 23]



Σχήμα 5.1.2.1.2.1.: Απεικόνιση της συλλογής και χρησιμοποίησης της ηλεκτρικής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια μιας μέρας [3]

5.1.2.2. Ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο:

Αποτελεί κλειστό χώρο ο οποίος προσαρμόζεται ή αποτελεί τμήμα του κύριου κτιριακού κελύφους και καλύπτεται ως επί το πλείστον από γυάλινη επιφάνεια. Για να έχει αποτελεσματική λειτουργία θα πρέπει να έχει νότιο προσανατολισμό, θυρίδες και ανοίγματα (πόρτες και παράθυρα) στο εσωτερικό του για την μεταφορά του αέρα εντός του κτιρίου και σύστημα σκίασης και αερισμού για το καλοκαίρι. Ο τρόπος λειτουργίας του βασίζεται στον τρόπο λειτουργίας του θερμοκηπίου και έως ένα σημείο προσιδιάζει στον τρόπο λειτουργίας των τοίχων Trombe. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από τους υαλοπίνακες και ένα μέρος της μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο εσωτερικό του κτιρίου. Η υπόλοιπη αποθηκεύεται στα εσωτερικά δομικά στοιχεία που περικλείει το θερμοκήπιο και, στη συνέχεια, προσφέρεται στο χώρο ως θερμότητα. Τους καλοκαιρινούς μήνες οι θυρίδες δεν μεταφέρουν εσωτερικά του κτιρίου τον αέρα.



Σχήμα 5.1.2.2.1.: Τρόπος σύνδεσης του ηλιακού θερμοκηπίου με το κύριο κτίριο και η κυκλοφορία του αέρα που είναι στο θερμοκήπιο [3].

Καλό θα ήταν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες να υπάρχει σκίαση του θερμοκηπίου και τα ανοίγματα στο επάνω μέρος του θερμοκηπίου να είναι ανοιχτά για να επιτυγχάνεται αερισμός και να μην δημιουργείται υπερθέρμανση στο εσωτερικό του. Για τη μείωση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα συνιστάται η τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων στο θερμοκήπιο και θερμομονωτικά παραπετάσματα στο εσωτερικό του κατά τις νυχτερινές ώρες. Από ενεργειακές προσομοιώσεις που έχουν γίνει σε σπίτια που βρίσκονται σε ήπια κλίματα προκύπτει ότι το ηλιακό θερμοκήπιο

προσφέρει εξοικονόμηση στην ενέργεια θέρμανσης από 15 έως 30%. Τέλος, τα θετικά της δημιουργίας ηλιακού θερμοκηπίου είναι ότι δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος, χώρος για την καλλιέργεια φυτών και οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές αναλογικά με το μέγεθος του θερμοκηπίου σε σχέση με το κτίριο. Τα μειονεκτήματα της κατασκευής αυτής είναι ότι η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό, και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί, και ότι υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού. [16, 18, 23]

5.1.2.3. Ηλιακό αίθριο:

Σε κτίρια τα οποία διαθέτουν αίθρια στο εσωτερικό του οικοδομήματος, το επάνω τμήμα καλύπτεται με υαλοπίνακες και έτσι δημιουργείται το ηλιακό αίθριο. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία, μέσα από ανοίγματα ή συστήματα εξαερισμού, διασκορπίζεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Η υπόλοιπη αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του οικοδομήματος και στην συνέχεια προσφέρεται στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Το ηλιακό αίθριο προσφέρει κατά τους χειμερινούς μήνες ένα χώρο θερμικής άνεσης για τους ενοίκους του κτιρίου. Τους καλοκαιρινούς μήνες το κτίριο θα πρέπει να διαθέτει σύστημα σκίασης, ανοίγματα και σωστό εξαερισμό για να μην υπάρχει υπερθέρμανση στο εσωτερικό του και επιβάρυνση του κτιρίου με περίσσια θερμότητα. Επιπλέον, το ηλιακό αίθριο, ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που του έχουν δοθεί από το σχεδιασμό και κατά τη δημιουργία του, μπορεί να προσφέρει στο κτίριο πλούσιο και διάχυτο φως. [7, 16, 18, 21, 23]



Σχήμα 5.1.2.3.1.: Απεικόνιση παραδείγματος ηλιακού αίθριου.

5.1.3. Συμπεράσματα:

Ό, τι έχει αναφερθεί παραπάνω αφορά στην εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτίριο από το περιβάλλον. Το κτίριο θα αποθηκεύσει την ηλιακή ακτινοβολία στη θερμική του μάζα και σε χρονικό διάστημα που καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά (πυκνότητα, θερμική αγωγιμότητα, ειδική θερμότητα, πάχους) των δομικών υλικών του κτιρίου στα οποία αποθηκεύεται, θα την εκμεταλλευτεί για να επιτευχθεί μεγαλύτερη οικονομία με τη χρήση τεχνικών θέρμανσης του κτιρίου. Ορισμένες από τις τεχνικές που αναφερθήκαν διαθέτουν τρόπο για την αποφυγή υπερθέρμανσης, όμως σχεδόν όλες θα χρειαστούν αποτελεσματική σκίαση για την αποφυγή της υπερθέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία. Στο ακόλουθο κεφάλαιο θα δοθούν λύσεις σε αυτό το πρόβλημα.

5.2. Τρόποι σκίασης για αποφυγή υπερθέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία:

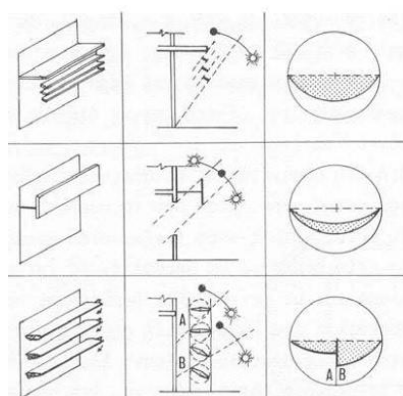
Όπως προαναφέρθηκε, η σκίαση είναι ένας βασικός παράγοντας για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του κτιρίου το καλοκαίρι από τα περιττά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως, τα συστήματα ηλιακών κερδών που προαναφέρθηκαν θα πρέπει να περιλαμβάνουν, όπως έχει αναφερθεί και στα αντίστοιχα κεφάλαια, τρόπους προστασίας τους από τα περιττά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται. Υπάρχουν δύο τρόποι σκιασμού του κτιρίου: εσωτερικά του κτιρίου και εξωτερικά. Το καλοκαίρι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και οι υψηλές θερμοκρασίες επιβαρύνουν το κτίριο, με αποτέλεσμα να προκαλείται κίνδυνος υπερθέρμανσης στους εσωτερικούς του χώρους. Για την επίτευξη του φυσικού δροσισμού απαιτείται τόσο η προστασία του κτιρίου από τον ήλιο, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, όσο και η μεταφορά της περίσσιας θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό αερισμό και άλλες τεχνικές που παρατίθενται παρακάτω. Συνεπώς, το κέλυφος του κτιρίου είναι καλό να φέρει τις εξής προτεινόμενες ρυθμίσεις και χαρακτηριστικά έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο φυσικός δροσισμός. [7, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23]

5.2.1. Εξωτερικός σκιασμός:

Ο εξωτερικός σκιασμός μπορεί να επιτευχθεί εν μέρει με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης, σε κατάλληλες θέσεις, στην περίπτωση χαμηλής δόμησης ή μεμονωμένων κτιρίων. Ο εξωτερικός σκιασμός, όμως, είναι ανάλογος για κάθε μια από τις πλευρές του κτιρίου με τα ποσά της ηλιακής ακτινοβολίας που αυτή δέχεται. Λόγω του διαφορετικού τους προσανατολισμού, οι πλευρές δέχονται διαφορετικά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας και, επομένως, υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για να επιτευχθεί η μέγιστη σκίαση για κάθε μία από αυτές. Συνεπώς, για κάθε προσανατολισμό έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθες μέθοδοι εξωτερικού σκιασμού: [18, 21, 23]

5.2.1.1. Νότιος προσανατολισμός:

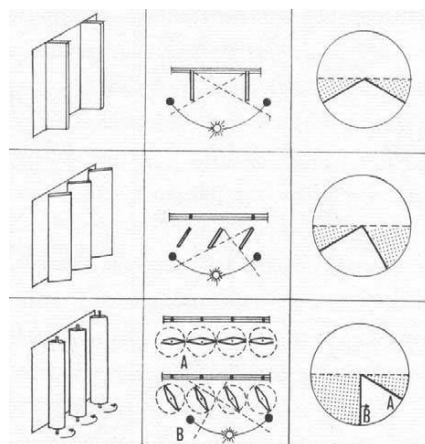
Για τις πλευρές με προσανατολισμό προς το νότο η πιο αξιόπιστη σκίαση πραγματοποιείται με οριζόντια σκίαστρα, σταθερά ή κινητά. Αυτό οφείλεται στην υψηλή περιστροφή του ήλιου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Μέσα από σωστό σχεδιασμό της απόστασης αλλά και το μέγεθος των πτερυγίων από το κτίριο επιτυγχάνεται πλήρης σκίαση το καλοκαίρι. Το χειμώνα πρέπει να συμβαίνει το αντίθετο ώστε να επιτρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει πάνω στα ανοίγματα του κτιρίου. [21, 23]



Σχήμα 5.2.1.1.1.: Τρόποι σκίασης νότιου προσανατολισμού. [23].

5.2.1.2. Ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός:

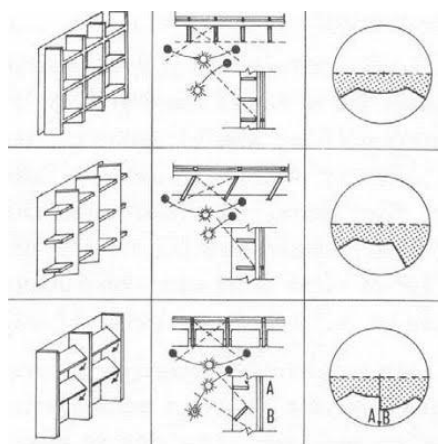
Για τις πλευρές με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό ο ήλιος είναι χαμηλά. Προτείνονται κατακόρυφες περσίδες με ελαφριά κλίση. [21, 23]



Σχήμα 5.2.1.2.1.: Τρόποι σκίασης δυτικού προσανατολισμού [23].

5.2.1.3. Νοτιοανατολικός και νοτιοδυτικός προσανατολισμός:

Για πλευρές του κτιρίου με νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, τα σκίαστρα που προτείνονται πρέπει να έχουν μορφή εσχάρας και για την πιο αποτελεσματική διάταξη χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν στοιχεία για το σχεδιασμό τους, όπως το ύψος και το αζιμούθιο που έχει ο ήλιος τους καλοκαιρινούς μήνες. [21, 23]



Σχήμα 5.2.1.3.1.: Τρόποι σκίασης νοτιοανατολικού και νοτιοδυτικού προσανατολισμού [23].

5.2.2. Εσωτερικός σκιασμός:

Η αποδοτικότητα της εσωτερικής σκίασης είναι μικρότερη από αυτήν της εξωτερικής (π.χ. η τοποθέτηση περσίδων στα ανοίγματα στο εσωτερικό του κτιρίου). Αυτό οφείλεται κυρίως στα θερμά στρώματα αέρα που είναι εγκλωβισμένα πίσω από αυτά. Αυτά τα ποσά εγκλωβισμένου θερμού αέρα μπορεί να προκαλέσουν υπερθέρμανση στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι κατασκευές που προτείνονται είναι αυτές που απομακρύνουν τα θερμά στρώματα αέρα από το κτίριο. Τέτοια είναι τα διάτρητα σκίαστρα. Είναι κυρίως κατασκευασμένα από μέταλλο και ξύλο. Άλλες τέτοιες κατασκευές είναι τα κοινά κινητά σκίαστρα, όπως οι κουρτίνες, που ανάλογα με την εποχή ρυθμίζεται η χρήση τους. [16, 23]

5.2.2. Συμπεράσματα:

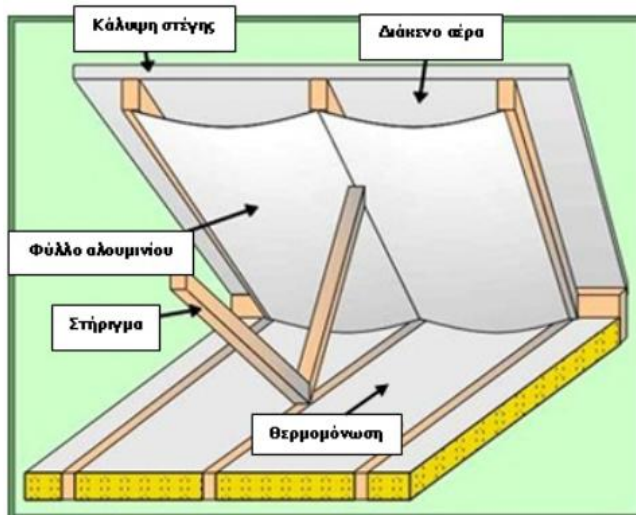
Για να θεωρηθεί ένα σύστημα σκίασης κατάλληλο για χρήση σε ένα κτίριο πρέπει να έχει ικανοποιητική μορφή και αποδοτικότητα. Η επιλογή του εξαρτάται άμεσα και από τη χρήση για την οποία προορίζεται το κτίριο και από τις ώρες λειτουργίας του. Στην περίπτωση μίας κατοικίας, μια τέντα καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της για ηλιοπροστασία, ενώ για ένα κτίριο γραφείων ή μια βιβλιοθήκη για την επιλογή του κατάλληλου είδους του σκιάστρου πρέπει να προσδιοριστούν με σαφήνεια οι μόνιμες, σταθερές θέσεις εργασίας και οι ανάγκες αυτών. Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ηλιοπροστασίας, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: τα σταθερά προστεγάσματα ή σκίαστρα, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους, παρουσιάζουν προβλήματα ως προς την απόδοσή τους γιατί η πλήρης σκίαση των ανοιγμάτων το μήνα Αύγουστο, που είναι απολύτως επιθυμητή, διακόπτει τον ηλιασμό του χώρου και το μήνα Απρίλιο, λόγω της ίδιας φαινόμενης τροχιάς του ήλιου. Συνεπώς, η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία παρουσιάζει πλεονεκτήματα, γιατί μπορεί να ρυθμίζεται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες των χρηστών του κτιρίου.

Κατά την επιλογή του συστήματος ηλιοπροστασίας δεν πρέπει να παραβλέπεται και ο αισθητικός παράγοντας. Η διαφάνεια και η διαπερατότητα του κελύφους προκειμένου ο εσωτερικός χώρος να φωτίζεται με τέτοιο τρόπο από τον εξωτερικό ώστε να ικανοποιεί την αισθητική και να πραγματοποιούνται «παιχνιδίσματα» του φωτός, αποτελούν σημαντικά ζητήματα που χρήζουν ανάλογης οργάνωσης. Η διαφοροποιούμενη μορφή της ηλιοπροστασίας, σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό της εκάστοτε πλευράς, παρέχει ποικιλία στην δημιουργία σχεδίων βάσει του φωτός και της σκιάς με τους κατάλληλους χειρισμούς του σκιάστρου. Κάτι τέτοιο αποτελεί βασικό στοιχείο σχεδιασμού και αισθητικής των όψεων ενός κτιρίου. Τέλος, όσον αφορά στον οικονομικό παράγοντα, μπορεί η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία να είναι πιο ακριβή σε σχέση με τη σταθερή ή τα εσωτερικά σκίαστρα, αλλά είναι συνάμα και πιο αποδοτική, άρα και πιο οικονομική στη λειτουργία της μακροπρόθεσμα. Αυτό εξηγείται επειδή απαλλάσσει τα κτίρια από την απορρόφηση υπερβολικής θερμότητας κατά τις υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού, και συνεπώς, από την εκτεταμένη χρήση του κλιματισμού η οποία είναι αισθητά πιο κοστοβόρα.

Το υλικό κατασκευής του ηλιοπροστατευτικού συστήματος επηρεάζει άμεσα την απόδοσή του. Σκίαστρα κατασκευασμένα με υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως το σκυρόδεμα, αποθηκεύουν θερμότητα την οποία ακτινοβολούν και ενώ εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, δεν αποτρέπουν την υπερθέρμανση του κτιρίου.

5.3. Προστασία σκεπής από την ακτινοβολία:

Η προστασία της σκεπής ενός κτιρίου από την ακτινοβολία ή αλλιώς το φράγμα ακτινοβολίας που βρίσκεται κυρίως σε κτίρια τα οποία έχουν ξύλινη σκεπή, είναι τεχνική που ενισχύεται σε συνδυασμό με θερμομονωτικά υλικά που περιλαμβάνονται στην οροφή του κτιρίου για τη μείωση της περίσσιας ηλιακής ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία της σκεπής έχει την δυνατότητα λόγω της θέσης που έχει ο ήλιος στην διάρκεια της ημέρας να προκαλέσει υπερθέρμανση στο κτίριο. Η κατασκευή της προστασίας της σκεπής περιλαμβάνει λεπτά φύλλα αλουμινίου που είναι ενσωματωμένα κάτω από τη στέγη. Το αλουμίνιο έχει υψηλό συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητας. Επομένως αυτή η διάταξη από αλουμίνιο δεν είναι διαπερατή από μεγάλο μέρος προσπίπτουσας στην στέγη ηλιακής ακτινοβολίας. Για να λειτουργήσει αυτό το σύστημα, θα πρέπει ταυτόχρονα να εξασφαλιστεί φυσικός ή τεχνητός αερισμός με την βοήθεια ανεμιστήρων στην στέγη. Με αυτόν τον τρόπο θα μετακινείται στο εξωτερικό η θερμότητα του συστήματος. Έτσι, θα αποφεύγεται η υπερθέρμανση του αλουμινίου και θα επιτυγχάνεται καλύτερη λειτουργία του συστήματος. [19, 21, 23]



Σχήμα 5.3.1.: Εσωτερική απεικόνιση του τρόπου προστασίας τις σκεπής από την ηλιακή ακτινοβολία [23].

5.4. Ηλιακά κέρδη για φυσικό φωτισμό:

Η ηλιακή ακτινοβολία, πέρα από θερμικά φορτία, μπορεί να προσφέρει και οπτική άνεση στους εσωτερικούς χώρους που απαρτίζουν το κτίριο. Ο σωστός σχεδιασμός για τη μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού του οικοδομήματος στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα σε αυτό, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στους χώρους του. Ο σωστός σχεδιασμός στοχεύει επίσης στην μείωση του τεχνητού φωτισμού και στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη χρήση της ηλιακής ενέργειας ως πηγής φυσικού φωτισμού ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό ενός κτιρίου:

1. Ανοίγματα στα κατακόρυφα τμήματα του κελύφους.
2. Ανοίγματα στην οροφή του κελύφους.
3. Αίθριοι χώροι.
4. Προσαρμογή φωταγωγών στο κέλυφος του κτιρίου.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στα βορινά ανοίγματα τα οποία πρέπει να είναι μικρά, να είναι προστατευμένα με την κατάλληλη σκίαση και να κλείνουν καλά. Είναι χρήσιμο να υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα στη βόρεια πλευρά του κτιρίου τα οποία να «βλέπουν» όσο γίνεται περισσότερο και για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα άμεσα στον ήλιο το χειμώνα, αλλά ταυτόχρονα να έχουν καλή σκίαση το καλοκαίρι. [19, 21, 23]

5.5. Φύτευση στις στέγες και στα δώματα:

Οι εξωτερικές επιφάνειες, και κυρίως οι στέγες, οι ταρατσες και τα δώματα, που αποτελούν το κτίριο δέχονται σημαντικές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως έχει προαναφερθεί, κατά τους χειμερινούς μήνες το κτίριο εκμεταλλεύεται αυτά τα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας προς όφελός του για την αύξηση της εσωτερικής του θερμοκρασίας. Όμως, τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει πρόβλημα υπερθέρμανσης η οποία προκαλείται από αυτά τα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Για να προβλεφθεί αυτό, στις στέγες και στα δώματα που απαρτίζουν το κτίριο μπορούν να δημιουργηθούν ειδικές υποδομές οι οποίες θα είναι κατάλληλες για τη φύτευση διαφόρων φυτών. Η διαδικασία αυτή για τη μείωση της υπερθέρμανσης του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία πραγματοποιείται τα τελευταία τριάντα χρόνια. Στις θετικές τις επιδράσεις συγκαταλέγονται η αναβάθμιση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος της πόλης από αισθητικής άποψης και η αποτελεσματική βελτίωση του μικροκλίματος λόγω τις μεγάλης απορρόφησης της ηλιακής

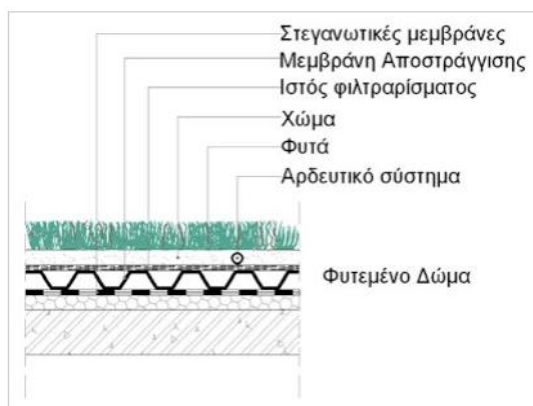
ακτινοβολίας. Επομένως, υπάρχει αισθητή μείωση της θερμοκρασίας του αέρα περιμετρικά των κτιρίων, στην παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων οξυγόνου και στο φιλτράρισμα της σκόνης που υπάρχει στο περιβάλλον. Στον ελλαδικό χώρο τους καλοκαιρινούς μήνες που ο φόβος της υπερθέρμανσης είναι πολύ μεγάλος ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από κατάφυτο δώμα σε σύγκριση με ένα απλό δώμα που βρίσκεται σε πυκνοκατοικημένη περιοχή, έχει υπολογιστεί ότι κυμαίνεται σε 15°C διαφοράς υπέρ του φυτεμένου δώματος. Η «πράσινη στέγη» από ενεργειακή άποψη στο ίδιο το κτίριο προσφέρει επιπλέον τα εξής:

1. Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται στο ακριβώς από κάτω επίπεδο των κτιρίων που κυρίως επιβαρύνεται από υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες έχει θερμοκό όφελος από 3 έως και 10°C.
2. Τους χειμερινούς μήνες υπάρχει μικρότερη θερμοκρασιακή μετακίνηση από το κτίριο στο περιβάλλον.
3. Λόγω τις προσεκτικής επιλογής για την σύνθεση του, τα τμήματα του κτιρίου που βρίσκονται κάτω από αυτό προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες, πράγμα που προσφέρει στο οικοδόμημα επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του.
4. Η ατμόσφαιρα που δημιουργείται στον χώρο είναι ευχάριστη, υγιεινή και προσφέρει επιπλέον ηχομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου.

Θα πρέπει κατά την δημιουργία του να δίνεται μεγάλη προσοχή στην κατασκευή του αλλά και στα υλικά που την συνθέτουν. Μια πολύ σύντομη περιγραφή της δημιουργίας του είναι η εξής:

1. Τοποθετείται επάνω από το κέλυφος του κτιρίου προστατευτική μεμβράνη για μόνωση από νερό και υγρασία.
2. Στην συνέχεια διασκορπίζεται ένα δίχτυ που προστατεύει την μόνωση του συστήματος από τις ρίζες των φυτών που θα περιλαμβάνει.
3. Ένα υπόστρωμα το οποίο εμποδίζει την υγρασία, πλάκες που συγκρατούν το νερό και ο ιστός φιλτραρίσματος που απομακρύνει το περίσσιο νερό αλλά εμποδίζει το χώμα.
4. Τέλος τοποθετείται ειδικό χώμα που προορίζεται για αυτή την κατασκευή και γίνεται η επιλογή των φυτών ανάλογα με τις ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν.

Αποτελεί μια κοστοβόρα επένδυση, η οποία όμως προσφέρει ηχομόνωση, ρύθμιση της ανταλλαγής θερμότητας από το κτίριο στο περιβάλλον και το αντίθετο για όλο το χρόνο.. [21, 23]



Σχήμα 5.5.1.: Πλάγια όψη δώματος [3].

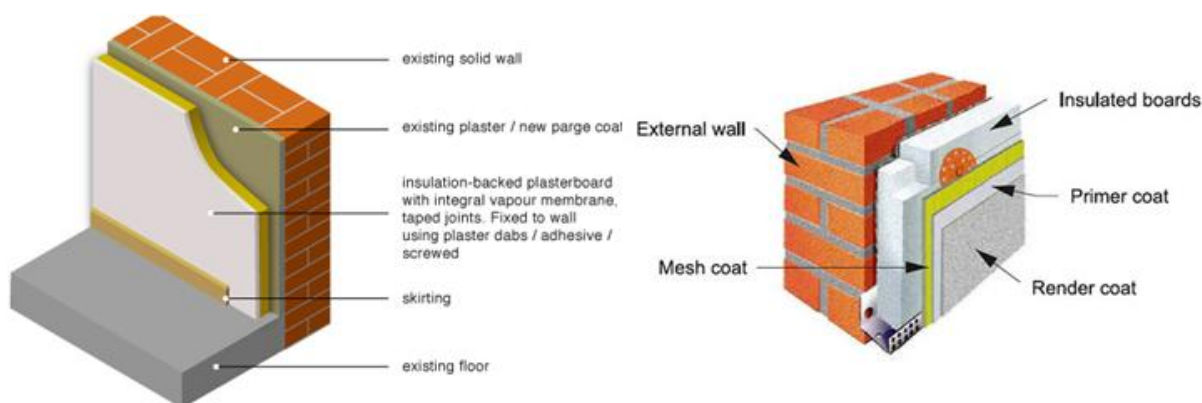
5.6. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών:

Κατά τη θερινή περίοδο λαμβάνει χώρα η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα δώματα, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι του κτιρίου να είναι περισσότερο θερμικά επιβαρυνμένοι. Επομένως συνιστάται οι δυτικοί τοίχοι του κτιρίου να βάφονται με ανοιχτές αποχρώσεις καθώς αυτές δεν απορροφούν το ίδιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τις σκουρόχρωμες. Η ανάγλυφη υφή που συχνά δίνεται στους τοίχους με διακοσμητικό σκοπό δεν συνιστάται διότι παγιδεύει μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας από ότι οι λείες επιφάνειες. [7, 18, 19]

5.7. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους:

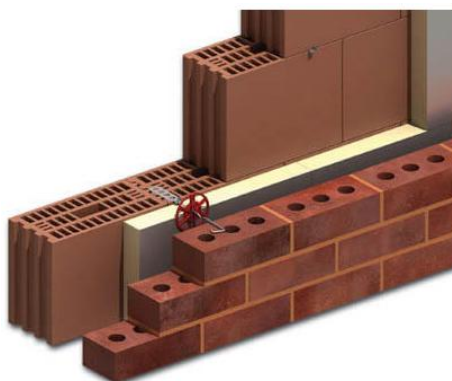
Η θερμομόνωση προστατεύει από διάφορες θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις το κτίριο από το περιβάλλον. Επομένως έχει ρυθμιστικό χαρακτήρα για την σωστή θερμική αγωγή συμπεριφορά του κτιρίου κατά την διάρκεια του έτους. Η δομή των θερμομονωτικών υλικών το πετυχαίνει αυτό λόγο της ύπαρξης ακίνητων αέριων σωματιδίων που είναι παγιδευμένα στο εσωτερικό της. Παρακάτω αναλύονται τα βασικά μέρη που τοποθετείται η θερμομόνωση στο κτιριακό κέλυφος:.

1. Η εξωτερική θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά στις κατακόρυφες επιφάνειες που έχει το κύριο κτίριο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η πιο σωστή θερμομόνωση διότι το κτίριο εκμεταλλεύεται την θερμοχωρητικότητα του κτιριακού του κελύφους. Υπάρχει επιπρόσθετη προστασία του κτιρίου από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια του χρόνου. Όμως, θα πρέπει να περιλαμβάνει εξωτερική προστασία της μόνωσης από καιρικές φθορές. Αυτή η δομή έχει υπολογιστεί ότι έχει θερμικό όφελος 45% σε σχέση με μη μονωμένα κτίρια.



Σχήμα 5.7.1.: Τρόποι εξωτερικής θερμομόνωσης κτιριακού κελύφους.

2. Στην εσωτερική θερμομόνωση του κτιρίου οι εσωτερικοί τοίχοι επενδύονται με θερμομονωτικό υλικό. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής είναι χαμηλότερα από την εξωτερική θερμομόνωση και δεν επιλέγεται πλέον σαν εφαρμογή. Επιπρόσθετα, λόγω της μεταγενέστερης τοποθέτησής της και αναλόγως με το πάχος της μόνωσης που τοποθετείται, υπάρχει μείωση των τετραγωνικών του κτιρίου.
3. Θερμομόνωση διπλής τοιχοποιίας (ή θέρμανση στον πυρήνα) ονομάζεται η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού ενδιάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική τοιχοποιία. Η χρήση της γίνεται κυρίως σε νέα ανοικοδομημένα κτίρια. Παρ' όλα αυτά, η εξωτερική θερμομόνωση λόγω της πλήρης εκμετάλλευσης της θερμοχωρητικότητας της θερμικής μάζας του κτιρίου, έχει καλύτερα αποτελέσματα.



Σχήμα 5.7.2.: Τοποθέτηση θερμομόνωσης εσωτερικά τις διπλής τοιχοποιίας στο κτιριακό κέλυφος.

4. Η οροφή του κτιρίου λόγω της θέσης της έχει άμεση επιβάρυνση από τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν. Έχει υπολογιστεί ότι το κτίριο από την οροφή του μπορεί να έχει θερμικές απώλειες έως και 40%. Ο καλύτερος θερμομονωτικός τρόπος είναι η εξωτερική θερμομόνωση για να υπάρχει εκμετάλλευση της θερμικής μάζας που θα έχουν τα υλικά που αποτελούν την οροφή.

Συμπερασματικά, η θερμική μάζα του κτιρίου χάνει την αποτελεσματικότητά της όσο η θερμομόνωση τοποθετείται από τα εξωτερικά προς τα εσωτερικά τοιχώματα του κτιρίου. Η εξωτερική θερμομόνωση είναι προτιμότερη, διότι εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων και τους προστατεύει με τον καλύτερο τρόπο από τις καιρικές συνθήκες όπως ήδη αναφέρθηκε. Η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού σε ένα δομικό στοιχείο μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του σχετικά με την παροδική ροή θερμότητας. Τις περισσότερες φορές, η καλύτερη απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού κοντά στο σημείο εισόδου της ροής θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι η τοποθέτηση της θερμομόνωσης στο εσωτερικό είναι πιο ευνοϊκή για τις κλιματικές περιοχές όπου η θέρμανση το χειμώνα κατέχει δεσπόζουσα θέση, ενώ αντίστοιχα στο εξωτερικό στις περιοχές όπου η ψύξη το καλοκαίρι είναι κυρίαρχη. [18, 21, 23]

5.8. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός:

Ως βιοκλιματικός σχεδιασμός ορίζεται ο σχεδιασμός ενός κτιρίου ο οποίος λαμβάνει υπόψη το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή που πρόκειται να ανεγερθεί ή στην περιοχή που ήδη βρίσκεται το κτίριο. Συνδυάζει τη συνύπαρξη και τη συνδυασμένη λειτουργία όλων των συστημάτων, ώστε να προκύπτουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

1. Εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων του.
2. Παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους, ανάλογη των αναγκών των χώρων του κτιρίου.
3. Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης που θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των μηχανημάτων δημιουργίας τεχνητής άνεσης το καλοκαίρι με τη χρήση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι).

Μερικές τεχνικές του είναι: η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα συστήματα φυσικού δροσισμού-φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας, όπως ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες, η αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω περιλαμβάνονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Από ενεργειακές μοντελοποιήσεις και προσομοιώσεις διαφόρων κτιρίων που έχουν βιοκλιματικό σχεδιασμό, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει ενεργειακή εξοικονόμηση έως και 33%. Συμπερασματικά, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός θα πρέπει να περιλαμβάνεται στα νέα ανεγερθέντα κτίρια και στα παλιότερα κτίρια να γίνονται οι αντίστοιχες τροποποιήσεις, στο βαθμό που είναι επιτρεπτό. [16, 22, 23]

5.9. Συμπεράσματα:

Ό, τι έχει αναφερθεί σε αυτό το κεφάλαιο έχει στόχο να δώσει στον αναγνώστη να καταλάβει τις διάφορες μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί για την εκμετάλλευση των θερμικών κερδών που υπάρχουν στο περιβάλλον που βρίσκεται το κτίριο. Επικεντρώνεται κυρίως στον τρόπο που εκμεταλλεύονται οι μέθοδοι αυτές τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν και πως τις

διαχωρίζουν προς όφελος του κτιρίου για να ρυθμίσουν την εσωτερική θερμοκρασία του και να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του εσωτερικού του από περίσσια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Γίνεται λοιπόν μικρή αναφορά στην θερμική μάζα που περιλαμβάνει η κάθε μέθοδος που παρουσιάζεται. Η θερμική μάζα κυρίως θίγεται λόγω των υλικών που απαιτούνται για κάθε μέθοδο και επεξηγείται πως αυτά με τη σειρά τους χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη θερμότητα προς όφελος του κτιρίου.

6. Μηχανικές μέθοδοι για τη θερμική ισορροπία εντός του κτιρίου.

6.1. Φωτισμός:

Ο φωτισμός ενός χώρου είναι απαραίτητος για οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα πρόκειται να πραγματοποιηθεί. Η ένταση του πρέπει να είναι ανάλογη των αναγκών του χρήστη. Επομένως, σε κάθε κτίριο είναι απαραίτητη η παρουσία των κατάλληλων μηχανισμών φωτισμού διότι η ηλιοφάνεια δεν είναι παρούσα για όλο το 24ωρο και τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν τις πρωινές ώρες ορισμένες φορές δεν επιτρέπουν να διαπεράσει τα κτίρια επαρκής ηλιακή ακτινοβολία. Κατά την λειτουργία τους καταναλώνουν ενέργεια και παράγουν τον απαραίτητο φωτισμό αλλά και θερμότητα. [1, 23, 24]

6.2. Θέρμανση:

Υπάρχουν δύο τρόποι παροχής θερμότητας σε ένα κτίριο, οι οποίοι απαιτούν κατανάλωση ενέργειας. Πρώτον, το μηχανικό σύστημα με μοναδική λειτουργία του την παραγωγή θερμότητας, δηλαδή το σύστημα θέρμανσης το οποίο αναλύεται παρακάτω και δεύτερον, οι διάφορες συσκευές οι οποίες υπάρχουν εντός του κτιρίου, έχουν άλλο ρόλο και χρησιμότητα και παράγουν θερμότητα δευτερευόντως. Τέτοιες είναι όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που έχει ένα κτίριο (ηλεκτρονικός υπολογιστής, κουζίνα, τηλεόραση, λαμπτήρες φωτισμού κ.ά.). Αυτές οι συσκευές δεν έχουν σαν πρωταρχικό ρόλο την παραγωγή θερμότητας, όμως, προκειμένου να λειτουργήσουν και κατά την διάρκεια της χρήσης τους, παράγουν θερμότητα. Η συμπλήρωση για την επίτευξη της επιθυμητής θέρμανσης ενός κτιρίου, πολυκατοικίας ή συγκροτήματος κτιρίων γίνεται με μηχανικό τρόπο μέσω της κεντρικής θέρμανσης και σε συνδυασμό με τη θερμική μάζα η οποία επιτελεί το σκοπό της αποθήκευσης και της διατήρησης της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα. [1, 23, 24]

6.3. Αερισμός:

6.3.1. Υβριδικός αερισμός:

Ο υβριδικός αερισμός γίνεται κυρίως με την χρήση ανεμιστήρων που συνήθως τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Έτσι με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενισχύεται το φαινόμενο του φυσικού αερισμού με θερμοκρασιακό όφελος 2-3 °C. [1, 23, 24]

6.3.2. Εξαναγκασμένος αερισμός :

Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις στις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι ανεπαρκής. Συνιστάται για χώρους στους οποίους απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους υγιεινής (όσον αφορά στην ποιότητα του αέρα) και ιδιαίτερα στα κτίρια του τομέα της υγείας (νοσοκομεία). Τέλος, η θερμική μάζα του κτιρίου αποβάλλει τη θερμότητα που είχε τυχόν αποθηκευτεί σε αυτήν και αποθηκεύει ψυκτικό φορτίο ανάλογο του θερμό-αποθηκευτικού χώρου του κτιρίου. Αυτό όταν κλείσει η συσκευή ψύξης εκπέμπεται εσωτερικά του κτιρίου. [1, 23, 24]

7. Θεωρητική και αναλυτική μελέτη της επίδρασης της θερμικής μάζας κτιρίου στην ενεργειακή του ζήτηση, με τη χρήση της μεθόδου των βαθμό-ημερών

7.1. Εισαγωγή:

Η ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου η οποία έχει οριστεί από το χρήστη αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης αφορά στη θέρμανση των χώρων, επομένως η διαχείριση ενέργειας αποκτά εξαιρετικό ενδιαφέρον όσο δεινότερες είναι οι κλιματολογικές συνθήκες μιας περιοχής. Υπάρχουν πολλοί τρόποι μελέτης για τη διαχείριση της ενέργειας των κτιρίων. Το βασικότερο πρόβλημα κατά τη μελέτη της είναι οι πολυάριθμοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την προσέγγιση της πραγματικότητας. Είναι κατανοητό ότι είναι δύσκολη και ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία, επομένως υπάρχουν διάφοροι θεωρητικοί τρόποι και προγράμματα που λαμβάνουν υπόψη όλα τα απαραίτητα δεδομένα και αποδίδουν όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα κοντινότερα στα πραγματικά δεδομένα που επικρατούν. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μελετηθεί η επίδραση της θερμικής μάζας με τη χρήση των βαθμό-ημερών σε θεωρητικό υπόβαθρο και θα δοθούν μικρά παραδείγματα υπολογισμού για να γίνει κατανοητή η χρήση των τύπων. Ο λόγος της μελέτης της χρήσης των βαθμό-ημερών στην παρούσα εργασία οφείλεται στο ότι έτσι συνεκτιμάται η θερμική μάζα στις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου με ικανοποιητική ακρίβεια. Επιπλέον, παρέχεται λύση στο πρόβλημα υπολογισμού των ετήσιων φορτίων, με τη χρήση προσεγγιστικών τιμών που έχουν αποδεκτή απόκλιση από τις πραγματικές. Ας σημειωθεί ότι οι βαθμό-ημέρες μπορούν να εφαρμόζονται και σε χώρους που δεν διατηρούν ενιαία εσωτερική θερμοκρασία παντού. Τέλος, κάθε κτίριο έχει θερμικά κέρδη, (από τον ήλιο, τις συσκευές κ. λ. π.), τα οποία πρέπει συνεκτιμώνται στο ετήσιο φορτίο. Η μέθοδος δίνει τη δυνατότητα να συμπεριληφθούν και αυτά τα φορτία με το να θεωρηθεί ελαφρώς χαμηλότερη η θερμοκρασία βάσης από την επιθυμητή θερμοκρασία. [1, 25, 26]

7.2. Θερμοκρασία βάσης:

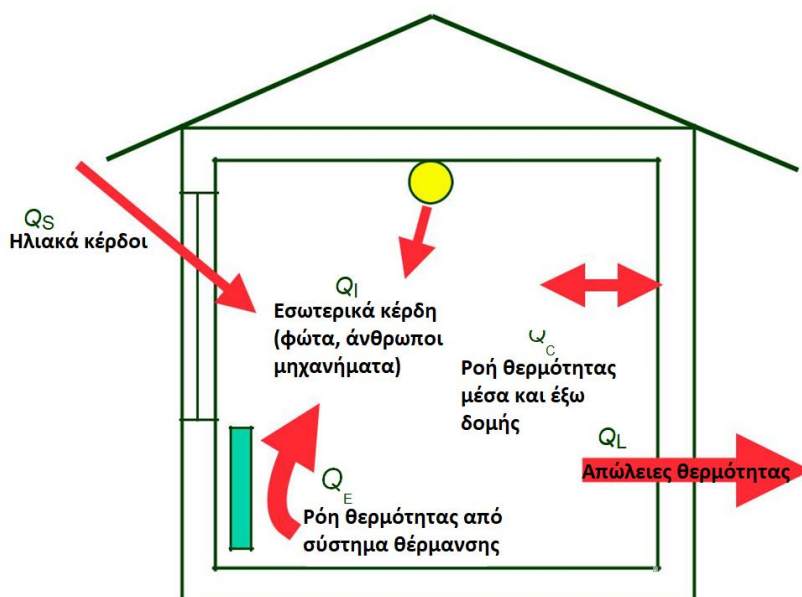
Ως θερμοκρασία βάσης ορίζεται η θερμοκρασία κατά την οποία τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου (θέρμανσης-ψύξης) δεν χρειάζεται να επέμβουν για να πετύχουν την θερμική άνεση στο κτίριο. Αυτή επηρεάζεται από τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Κατ'επέκταση, και δεδομένου ότι η θερμοκρασία βάσης αποτελεί συντελεστή καθορισμού της βαθμό-ημέρας, η βαθμό-ημέρα επηρεάζεται από την διαφορά των θερμοκρασιών που επικρατούν. Υπάρχει διαφορά στον ορισμό βαθμό-ημέρας και στον τρόπο χρήσης της στα κτίρια. Αυτή η διάφορα έγκειται στον τρόπο χρήσης της θερμοκρασίας βάσης. Η χρήση μιας κοινής «τυπικής» βασικής θερμοκρασίας δεν είναι κατάλληλη για όλα τα κτίρια. Αυτό συμβαίνει πρώτον, επειδή έχουν γίνει αλλαγές στους οικοδομικούς κανονισμούς των κτιρίων με την πάροδο των ετών και δεύτερον, επειδή στην εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος για την ανοικοδόμηση κτιρίων επικρατούν διαφορετικές συνθήκες (π.χ. γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, υψόμετρο) οι οποίες επηρεάζουν τη μείωση των απωλειών θερμότητας και τα εσωτερικά κέρδη των κτιρίων. Επομένως, υπάρχει ανάγκη προσδιορισμού της σωστής θερμοκρασίας βάσης σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου. [1, 26]

7.3. Βαθμό-ημέρες:

Το σύστημα θέρμανσης που διαθέτει ένα κτίριο καλείται να αναπληρώσει την διάφορα που θα υπάρξει μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική. Αντιθέτως, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εσωτερική, το σύστημα ψύξης του κτιρίου θα λειτουργήσει. Για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του εκάστοτε κτιρίου έχει αναπτυχθεί μια μέθοδος υπολογισμού η οποία ονομάζεται «μέθοδος των βαθμό-ημερών». Ουσιαστικά η βαθμό-ημέρα είναι το μέτρο της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την πάροδο του χρόνου σε σχέση με τη θερμοκρασία βάσης κτιρίου. Η πιο αυστηρή μέθοδος για τον υπολογισμό της είναι το άθροισμα των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας σε περιόδους ζέστης και με την αφαίρεσή τους, σε περιόδους κρύου, αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα αυτό θα διαιρεθεί με το 24 και έτσι προκύπτουν οι βαθμό-ημέρες. Ο υπολογισμός τωνς βαθμό – ημερών δίνεται από τους παρακάτω τύπους:

$$HDD = \frac{\sum_{j=1}^{24} (\theta_b - \theta_{o,j})}{24} \quad ((\theta_b - \theta_{o,j}) > 0) \quad (7.1)$$

Όπου HDD (Heating Degree-Days) είναι οι βαθμό-ημέρες θέρμανσης, θ_b είναι η θερμοκρασία βάσης και θ_o είναι η υπαίθρια θερμοκρασία την ώρα j . Ο δείκτης δηλώνει ότι λαμβάνονται μόνο θετικές τιμές.



Σχήμα 7.3.1.: Ενεργειακό ισοζύγιο σε θερμαινόμενο κτίριο [26].

Το άθροισμα των βαθμό-ημερών δίνει από ημερήσια αποτελέσματα έως ετήσια. Οι υπολογισμοί που λαμβάνονται υπόψη για τον καθορισμό των βαθμό-ημερών γίνονται κατά προσέγγιση για διευκόλυνσή μας, επομένως και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι προσεγγιστικά. Παρ' όλα αυτά, η βαθμό - ημέρα είναι πολύ εύχρηστη και παρέχει αποτελέσματα πολύ γρήγορα. Ο υπολογισμός της γίνεται χειρόγραφα μέσα από ένα σύνολο προσεγγιστικών εξισώσεων ή σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

$$Q_L = U' * \Delta T \quad (7.2)$$

$$U' = \frac{\sum A U + \frac{1}{3} N V}{1000} \quad (7.3)$$

$$Q_{\text{Θέρμανης}} = Q_L \cdot DD \cdot 24$$

(7.4)

Όπου Q_L είναι η απώλεια θερμότητας (kW), U' είναι ο συνολικός συντελεστής απώλειας θερμότητας ($\text{kW} \cdot \text{K}^{-1}$), ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας (K), A είναι η περιβάλλουσα επιφάνεια (m^2), N είναι ο ρυθμός διείσδυσης αέρα εκφρασμένος σε αλλαγές του αέρα ανά ώρα (h^{-1}) και V είναι ο όγκος του χώρου (m^3). $Q_{\text{Θέρμανης}}$ είναι η ζήτηση σε ενέργεια θέρμανσης ($\text{kW} \cdot \text{h}$) και DD είναι γενικά οι βαθμοί ημέρες (K-days) (Σημείωση: ο αριθμητικός συντελεστής 1/3 προκύπτει από τυπικές τιμές πυκνότητας και ειδικής θερμότητας του αέρα, καθώς και από τις μεταβολές της μετατροπής σε παροχή αέρα ανά ώρα).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα υπάρχει ενεργειακό ισοζύγιο στο οποίο το άθροισμα των εισροών θερμότητας στο κτίριο ισούται με τη συνολική απώλεια. Η προσέγγιση της βαθμό-ημέρας προϋποθέτει ότι όλα τα κέρδη μπορούν να υπολογιστούν για να δοθεί κάποια αντιπροσωπευτική εσωτερική θερμοκρασία που θα σχετίζεται με τη συνεισφορά του συστήματος θέρμανσης. Αυτό δεν σημαίνει ότι όλες οι απώλειες θερμότητας θα αντικαθίστανται από το σύστημα θέρμανσης. Τα ηλιακά κέρδη Q_s αποτελούν το σοβαρότερο πρόβλημα, διότι ο μέσος όρος των καθημερινών χρησίμων ηλιακών κερδών δεν είναι σταθερός. Διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και επηρεάζεται άμεσα από της καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή.

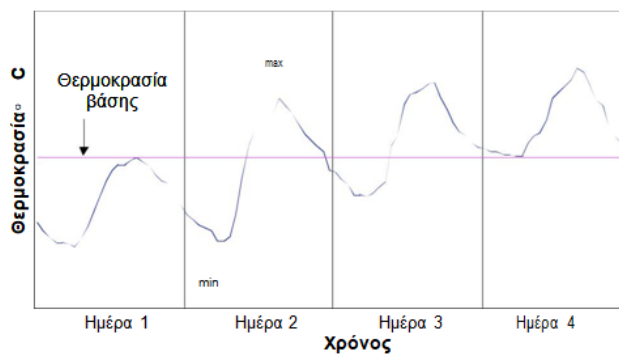
Η πλήρης θερμική προσομοίωση είναι η ιδανική μέθοδος για να κατανοηθούν οι ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν σε ένα κτίριο. Ταυτόχρονα όμως είναι μια δύσχρηστη και χρονοβόρα διαδικασία, διότι πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες. Αντιθέτως, οι βαθμό-ημέρες είναι μια γρήγορη μέθοδος της οποίας τα αποτελέσματα μπορεί να μην είναι τόσο ακριβή λόγω των λιγότερων παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της, αλλά βοηθά τον χρήστη στον ενεργειακό σχεδιασμό.

Η έννοια της θέρμανσης στις βαθμό-ήμερες λαμβάνει υπόψη δύο παράγοντες. Πρώτον, τον τρόπο οικοδόμησης ο οποίος είναι σύνθεση όλων των δομικών στοιχείων του κτιρίου και δεύτερον, τον συντελεστή διείσδυσης του αέρα, ο οποίος υπολογίζεται δυσκολότερα και αφορά ουσιαστικά στην εισροή αέρα στο κτίριο από το περιβάλλον. Οι θερμοκρασιακές διαφορές σε συνδυασμό με το συνολικό συντελεστή απωλειών θερμότητας δείχνουν την ζήτηση σε ενέργεια που χρειάζεται το κτίριο. Η απώλεια θερμότητας δεν αναπληρώνεται μόνο από το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου αλλά και από κάποια θερμικά κέρδη που υπάρχουν μέσα στο κτίριο. Από τους μέσους όρους της εσωτερικής θερμοκρασίας και τον μέσο όρο κερδών που παρέχονται στο κτίριο θα υπολογιστεί η θερμοκρασία βάσης. Ένα ακόμα ζήτημα είναι τα ηλιακά κέρδη που έχει ένα κτίριο τα οποία δεν είναι σταθερά. Ένας τρόπος υπολογισμού των ηλιακών κερδών είναι η μέθοδος CIBSE με ανάλογες πράξεις για την μετατροπή από μηνιαίες σε ημερήσιες βαθμίδες.

Η διακύμανση της θερμοκρασίας καθορίζεται από τα δομικά υλικά αλλά και από τον τρόπο κατασκευής του κτιρίου. Ένα ακόμα πρόβλημα για την εσωτερική διακύμανση θερμοκρασίας ενός κτιρίου είναι το μέγεθός του, η χρήση που γίνεται στο κτίριο και οι ώρες που αυτό μένει σε αχρησία. Μια μέση ημερήσια θερμοκρασία παρέχει προσεγγίσεις της ημερήσιας βαθμό-ημέρας και, κατά συνέπεια, των μηνιαίων βαθμό-ημερών και της απαιτούμενης μηνιαίας ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο. Μέσα από αυτή τη μέθοδο θα προκύψουν εξισώσεις που θα περιγράψουν προσεγγιστικά τις συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο. Μία από αυτές είναι η θέρμανση η οποία θα πρέπει να μετατραπεί σε κόστος και να υπολογιστεί επίσης η αποδοτικότητα των συστημάτων που περιλαμβάνει.

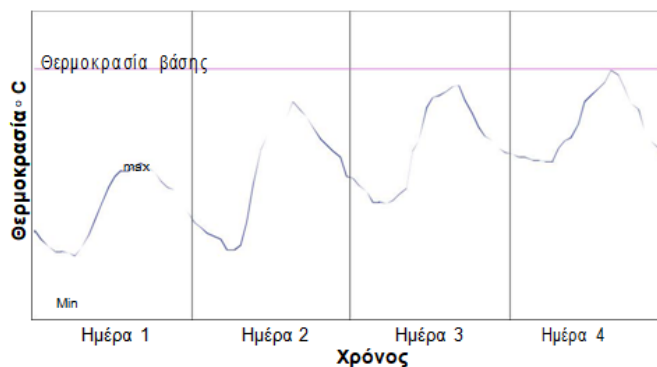
Η κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια πολύ μεγάλης κτιριακής μάζας μπορεί καταρχήν να είναι μεγαλύτερη από ότι σε κτίρια με μικρότερη μάζα, εάν αγνοήσουμε το ζήτημα της αξιοποίησης των θερμικών κερδών. Η αιτία είναι ότι λόγω του μεγάλου όγκου κτιριακής μάζας, τα θερμικά βαριά κατασκευασμένα κτίρια επηρεάζονται πιο αργά από τις διάφορες θερμικές αλλαγές που

συμβαίνουν και έχουν μεγαλύτερη θερμική αποθήκευση να καλύψουν. Ένα πείραμα που διεξήχθη από τους Noren et al., (1999) σε μια υποθετική κατοικία με δυνατότητα εναλλαγής των δομικών μαζών της και με μηχανισμό θέρμανσης καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, απέδειξε ότι τα περιστασιακά κέρδη απορροφώνται από την δομή του κτιρίου και παρέχονται στην συνέχεια στο εσωτερικό του αντικαθιστώντας μέρος από την θέρμανση. Στις βαθμό-ήμερες αυτό μεταφράζεται με μείωση της θερμοκρασίας βάσης και, συνεπώς, της ενέργειας για την θέρμανση του κτιρίου. Πρέπει λοιπόν να καθοριστεί ένας παράγοντας εκμετάλλευσης του κέρδους σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία βάσης και με μια σταθερά χρόνου δόμησης για τη συνεχή θέρμανση. Ένα ακόμα πρόβλημα που προκύπτει στα κατοικημένα κτίρια είναι πώς μόνο όταν η ονομαστική θερμοκρασία πέσει, όταν δηλαδή δεν λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης και δεν υπάρχουν άνθρωποι μέσα στο κτίριο, τα θερμικά κέρδη του κτιρίου τίθενται προς εκμετάλλευση. Όμως, ακόμα και όσον αφορά στην οικονομία θέρμανσης, υπερισχύουν τα κτίρια βαριάς δόμησης. Μια μοντελοποίηση που βοηθάει και περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω είναι η BS EN ISO 13790 στην οποία ο χρήστης τροποποιεί τις συνθήκες οριζοντάς τις έτσι ώστε να γίνεται πλήρης εκμετάλλευση όλων των παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη κατά την οικοδόμηση ενός κτιρίου.



Διάγραμμα 7.3.2.: Η διακύμανση της θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου για τέσσερις ημέρες, όπου η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης [26]

Ό, τι έχει αναφερθεί μέχρι στιγμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργειακή κατανάλωση που θα έχει ένα κτίριο. Για περαιτέρω μελέτη δημιουργείται το γράφημα ενέργειας - θέρμανσης κατά την περίοδο ενδιαφέροντος που θα σχηματίζει την απόδοση και θα ποικίλει ανάλογα με την διακύμανση της θερμοκρασίας. Το ιδανικό γράφημα θα σχηματίζει μια ευθεία γραμμή η οποία απεικονίζει την απόδοση. Όμως το σύνολο των γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή μελέτη της απόδοσης του κτιρίου σύμφωνα με τις προσδοκίες που έχουν τεθεί για αυτή και για τις αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο κτίριο με την πάροδο του χρόνου, διαφέρει σαν γράφημα από το ιδανικό. Πάνω σε αυτό το γράφημα σχεδιάζεται και η γραμμική σχέση μεταξύ της ενέργειας και των βαθμό-ημερών. Αν αυτή βρίσκεται κάτω από το ευθύγραμμο τμήμα που προαναφέρθηκε, υποδηλώνει εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης. Διαφορετικά υποδηλώνει κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 7.3.3.: Η διακύμανση της θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου για τέσσερις ημέρες, όπου η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι πάντα μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης [26].

Στόχο πάντα αποτελεί η μείωση της ενέργειας που παράγεται και στην συνέχεια καταναλώνεται για την δημιουργία άνετων συνθηκών στα κτίρια. Επομένως, πρέπει να βρεθούν τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας. Το πρόβλημα, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, είναι ότι ένα κτίριο είναι μια πολύπλοκη δομική μάζα και ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται, την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται και την εναλλαγή των καθημερινών καιρικών συνθηκών, διαφέρουν οι μαθηματικές συνθήκες και οι μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ενεργειακή μοντελοποίηση του. Όπως αναφέρθηκε υπάρχουν τεχνικές που μειώνουν τις μεταβλητές εισόδου όπως και άλλες μεταβλητές. Αποτέλεσμα των μειώσεων όλων των παραπάνω είναι η διευκόλυνση στη χρήση και την κατανόηση των εξισώσεων, η μείωση στα σφάλματα εισόδου, η εύκολη προσαρμογή στις απαιτήσεις που χρειάζεται κάθε κτίριο και, βασικότερα, η εξοικονόμηση χρόνου έρευνας. [26]

7.4. Εφαρμογές θέρμανσης:

Η ζήτηση θερμότητας ενός κτιρίου περιλαμβάνει απώλειες μετάδοσης της θερμότητας του κτιρίου, απώλειες αέρα και φορτία μηχανικού αερισμού. Λαμβάνοντας υπόψη τα φορτία διεύθυνσης του κτιρίου, το στιγμιαίο φορτίο στο σύστημα θέρμανσης δίνεται από:

$$Q_E = U * (\theta_{sp} - \theta_o) + Q_C \quad (-Q_E \text{ για } Q_E > 0) \quad (7.5)$$

Όπου Q_E είναι το στιγμιαίο φορτίο (kW), θ_{sp} (set-point) είναι η καθορισμένη εσωτερική θερμοκρασία του σημείου ρύθμισης (°C), θ_o είναι η εξωτερική θερμοκρασία (°C), Q_C είναι ένας όρος που υποδηλώνει τα θερμικά αποτελέσματα αποθήκευσης κτιρίου (kW)

Η ενεργειακή ζήτηση στο σύστημα θέρμανσης, E , είναι το άθροισμα αυτών των στιγμιαίων φορτίων με την πάροδο του χρόνου:

$$E = U \int \left(\theta_{sp} - \theta_o - \frac{Q_G}{U} \right) dt \quad (7.6)$$

Όπου: Q_G είναι το χρήσιμο κέρδος θερμότητας στο διάστημα (kW)

Στην περίπτωση ενός κτιρίου συνεχώς θερμαινόμενου, η ροή θερμότητας Q_C δεν υπολογίζεται. Επομένως:

$$E = U' \int \left(\theta_{sp} - \theta_o - \frac{Q_G}{U'} \right) dt \quad (7.7)$$

Ο όρος Q_G/U' θεωρείται η εσωτερική αύξηση της θερμοκρασίας λόγω κερδών (K).

Η θερμοκρασία βάσης ορίζεται ως η διαφορά της εσωτερικής θερμοκρασίας του σημείου ρύθμισης από εσωτερική αύξηση της θερμοκρασίας λόγω κερδών.

$$\theta_b = \theta_{sp} - Q_G/U' \quad (7.8)$$

Επομένως η ζήτηση ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης είναι:

$$E = U' \int (\theta_b - \theta_o) dt \quad (7.9)$$

Το σύνολο των βαθμό ημερών DD (Degree-Days):

$$DD = \int (\theta_b - \theta_o) dt \quad (7.10)$$

Τέλος η εκτιμώμενη κατανάλωση καυσίμου είναι:

$$F = (24 * U' DD) / \eta \quad (7.11)$$

Όπου F κατανάλωση καυσίμου (kW·h) και 24 είναι ο συντελεστής μετατροπής από ημέρες σε ώρες. [26]

7.5. Μη συνεχής θέρμανση:

Ως μη συνεχής (διακοπτόμενη) θέρμανση (π.χ. 8 ώρες ημερησίως) περιγράφεται ο όρος που σχετίζεται με τις θερμικές ιδιότητες του κτιρίου και πώς θα ανταποκριθεί αυτό στις αλλαγές, εξωτερικές και εσωτερικές, οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τα κτίρια που λειτουργούν κατά διαστήματα. Ένα κτίριο βαριάς θερμικής κατασκευής θα αποθηκεύσει περισσότερη θερμότητα κατά μέσο όρο από ένα κτίριο ελαφριάς θερμικής κατασκευής. Ο παράγοντας που θα διατηρήσει την απλότητα στην μέθοδο των βαθμό-ημερών είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας βάσης. Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας βάσης γίνεται αφαιρώντας τα μέσα κέρδη από τη μέση μηνιαία εσωτερική θερμοκρασία διαιρούμενα με το συντελεστή απώλειας θερμότητας. Η μέση θερμοκρασία εξαρτάται από μεταβλητές που μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα απλοποιημένο μοντέλο πρώτης τάξεως θερμικής απόκρισης του κτιρίου. Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί η ψύξη και η θέρμανση της δομής:

$$-C \frac{d\theta_i}{dt} = U' (\theta_i - \theta_o) \quad (7.12)$$

$$C \frac{d\theta_i}{dt} = Q_p - U' (\theta_i - \theta_o) \quad (7.13)$$

Όπου Q_p είναι η παραγωγή των συστημάτων θέρμανσης (σε πλήρες θερμικό φορτίο), $d\theta/dt$ είναι η βαθμίδα αλλαγής της θερμοκρασίας κτιρίου και C είναι η δραστική θερμική μάζα του κτιρίου που δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$C = \sum_n c_p \rho V_f \quad (7.14)$$

Όπου V_f είναι ο όγκος του δομικού στοιχείου που ανταποκρίνεται θερμικά (m^3), ρ είναι η πυκνότητα του στοιχείου ($kg \cdot m^{-3}$) και C_p είναι η ειδική θερμότητα του στοιχείου ($kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) για n ενεργά στοιχεία. [26]

Τέλος, η θερμοκρασία βάσης μπορεί να βρεθεί με τη βοήθεια της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας. Δηλαδή:

$$\theta_b = \bar{\theta}_i - \frac{Q_G}{U'} \quad (7.15)$$

7.6. Προσδιορισμός των κερδών:

Κατά την λειτουργία ενός θερμό-μονωμένου κτιρίου αλλά και κατά τη λειτουργία των κτιρίων γενικότερα, μερικές απώλειες θερμότητας αναπληρώνονται από εσωτερικές πηγές θερμότητας, όπως μηχανήματα, ή και από τον ίδιο τον άνθρωπο. Τα μέσα μηνιαία κέρδη στο χώρο τα οποία προέρχονται από εσωτερικές πηγές και από την ηλιακή ακτινοβολία είναι άλλος ένας τομέας αβεβαιότητας που αφορά στην ακρίβεια των υπολογισμών. Υπάρχουν δύο προβλήματα: πρώτον, ο καθορισμός του μεγέθους των κερδών και δεύτερον, το αν θα είναι πραγματικά χρήσιμα στην αντιστάθμιση της ζητούμενης θέρμανσης. Ο καλός έλεγχος της θέρμανσης χώρου είναι ένας ουσιαστικός παράγοντας που καθορίζει την αποδοτική λειτουργία. Ο υπολογισμός των μέσων εσωτερικών κερδών είναι αρκετά απλός. Η καταμέτρηση του αριθμού των ανθρώπων, των φώτων και του εξοπλισμού και ο πολλαπλασιασμός τους με τους αντίστοιχους ρυθμούς εκπομπών θερμότητας είναι το πρώτο βήμα.

Μια εναλλακτική εκτίμηση των συνολικών εσωτερικών κερδών με βάση το πλήθος των ενοίκων του κτιρίου που μετράται σε m^2 επιφάνειας δαπέδου ανά άτομο και υποδηλώνει ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των εσωτερικών κερδών και της «πυκνότητας» των ενοίκων είναι της μορφής:

$$q_i = 224,97 \cdot OD^{0,7334} \quad (7.16)$$

Όπου q_i είναι τα συνολικά εσωτερικά κέρδη ($W \cdot m^{-2}$) και OD (Occurancy Density) είναι η πυκνότητα των «ενοίκων» σε (m^2 ανά «ένοικο»).

Τα ηλιακή κέρδη αποτελούν βασικό παράγοντα και για αυτό πρέπει να είναι γνωστή η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται κάθε πρόσοψη του κτιρίου κάθε μήνα. Να σημειωθεί πως για τα παράθυρα θα πρέπει να γίνει ειδικός υπολογισμός τις ακτινοβολίας που επιτρέπουν να περάσει από μέσα τους. [26]

7.7. Συντελεστές χρησιμοποίησης:

Το BS EN ISO 13790 καθορίζει μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης του κέρδους. Αυτός ορίζεται από τον λόγο κέρδους προς απώλειες, ως εξής:

$$\gamma = Q'_G / Q_i \quad (7.17)$$

Όπου Q_G είναι μέσο μη διορθωμένο κέρδος και Q_i είναι το μέσο ποσοστό απώλειας θερμότητας από το διάστημα για την περίοδο που δίνεται από:

$$Q_i = U'(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_o) \quad (7.18)$$

Οι χρησιμοποιούμενες θερμοκρασίες θα πρέπει να είναι οι μέσες εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες για την υπό εξέταση περίοδο. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης δίνεται από:

$$\eta' = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}; \text{ if } \gamma \neq 1 \quad (7.19)$$

$$\eta' = \frac{a}{a - 1} \quad \text{Για } \gamma = 1 \quad (7.20)$$

Όπου το a είναι μια παράμετρος που εξαρτάται από το χρόνο πληρότητας και τη σταθερά του χρόνου δόμησης που είναι το αποτέλεσμα της εσωτερικής θερμικής ικανότητας του κτιρίου, διαιρούμενη με τη μέση θερμοπερατότητα των κατασκευαστικών υλικών που υπάρχουν στο θερμικό του περίβλημα, δηλαδή [26]:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (7.21)$$

Όπου είναι τ είναι η σταθερά του χρόνου δόμησης (h)

$$\tau = \frac{C}{3600 U'} \quad (7.22)$$

Operation	α_0	τ_0 / h
Συνεχή	1	15
Διαλείπουσα	0.8	70

Πίνακας 7.9.1.: Οι τιμές α_0 και τ_0 , για τον υπολογισμό των παραπάνω συντελεστών.

7.8. Ενδεικτικοί υπολογισμοί επίδρασης της θερμικής μάζας:

Παράδειγμα 1.:

Για παράδειγμα, θα υπολογισθεί η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ένα συνεχώς θερμαινόμενο κτίριο με συνολικό συντελεστή απώλειας θερμότητας $U=20 \text{ kW K}^{-1}$ και χρήσιμο κέρδος θερμότητας 130 kW. Το κτίριο διατηρείται στους 19 °C με μέση απόδοση συστήματος θέρμανσης 75%. Θα υπολογιστεί η αναμενόμενη κατανάλωση ενέργειας για το μήνα Νοέμβριο, όταν η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι 8 °C και για 12,5°C οι μηνιαίες βαθμό-ημέρες είναι 140.8 Kday:

- Η θερμοκρασία βάσης του κτιρίου βρίσκεται από την εξίσωση 7.8.:
 $\theta_b = \theta_{sp} - Q_G / U' = 19 - (130 / 20) = 12.5 \text{ }^\circ\text{C}$

- Η αναμενόμενη κατανάλωση καυσίμου βρίσκεται από την εξίσωση 7.11.:
 $F = (24 * U' DD) / \eta = (24 * 20 * 140.8) / 0.75 = 90 \text{ 112 kWh}$

Παράδειγμα 2.:

Επιχειρείται ο προσδιορισμός του μέσου ηλιακού κέρδους σε ένα ορθογώνιο κτίριο στο δυτικό Λονδίνο που έχει 360 m² υαλοπίνακες σε κάθε μία από τις βόρειες και νότιες προσόψεις, και 180 m² σε κάθε μία από τις ανατολικές και δυτικές προσόψεις. Τα παράθυρα έχουν διπλά τζάμια με καθαρό γυαλί και χωρίς περσίδες. Το μέσο ηλιακό κέρδος στο διάστημα για τον Ιανουάριο υπολογίζεται ως εξής με την βοήθεια του παρακάτω πίνακα (τιμές σε W/m²):

Month	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz
January	9.3	10.0	22.6	44.5	50.2	33.6	14.2	9.2	25.0
February	15.5	17.2	27.9	38.4	38.6	28.3	18.6	15.3	37.0
March	27.5	43.8	83.0	113.3	113.3	84.6	54.6	32.5	97.2
April	43.6	66.5	96.0	114.2	115.8	104.6	81.4	55.2	139.9
May	68.2	112.4	148.4	145.8	118.0	113.8	102.1	78.1	190.9
June	73.9	113.8	145.0	138.1	112.1	110.6	104.5	84.5	200.7
July	63.7	90.9	111.1	109.6	97.2	91.4	81.9	68.2	156.5
August	55.2	94.7	133.4	137.4	112.7	98.1	82.7	62.9	159.7
September	33.8	52.5	87.5	110.6	107.7	84.2	60.4	40.9	110.2
October	21.8	27.5	56.1	89.3	102.6	77.0	44.9	24.2	73.2
November	10.2	10.6	19.6	35.3	44.2	35.0	19.1	10.3	27.6
December	6.5	6.9	14.9	32.1	38.6	27.3	10.8	6.5	17.9

- Η λήψη της 24ωρης μέσης ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται από τον παραπάνω πίνακα για τις διάφορες προσόψεις και ο πολλαπλασιασμός κάθε μίας από τη σχετική περιοχή παρέχει:
360*9.3+360*50.2+180*22.6+180*14.2=28044 W=28 kW
- Η εφαρμογή του συντελεστή ηλιακής απολαβής 0,62 από τον παραπάνω πίνακα δίνει:
28*0.62=17.36 kW

Παράδειγμα 3.:

Ο προσδιορισμός των κερδών για ένα κτίριο 8000 m² που κατοικείται για 8 ώρες την ημέρα έχει συντελεστή απώλειας θερμότητας U'=8 kW·K⁻¹ και μια σταθερά χρόνου δόμησης τ=21,24 ώρες. Η μέση εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι 18,2 °C για μέση εξωτερική θερμοκρασία 8 °C. Για πυκνότητα ενοίκων 15 m² άτομο⁻¹ και ηλιακά κέρδη (κατά μέσο όρο για τις 24 ώρες) 16,6 kW, ο συντελεστής χρησιμοποίησης κέρδους και τα χρήσιμα περιστασιακά κέρδη στο κτίριο υπολογίζονται ως εξής.

- Τα συνολικά εσωτερικά κέρδη κατά τη διάρκεια των ωρών που κατοικείται μπορούν να εκτιμηθούν από την εξίσωση 7.16:
 $q_i = 224,97 * OD^{0,7334} = 224,97 * 15^{-0,7334} = 30,9 \text{ W m}^{-2}$
- Αυτό δίνει ένα μέγιστο εσωτερικό κέρδος:
30.9*8000/1000=247.2 kW
- Αυτό ανάγεται από 8 σε 24 ώρες για να προστεθεί στα ηλιακά κέρδη:
247.2*8/24+16.6=99 kW
- Το μέσο ποσοστό απώλειας θερμότητας βρίσκεται από την εξίσωση 7.18:
 $Q_1 = U' (\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_o) \tau = 8 * (18,2 - 8) = 81,6 \text{ kW}$

- Ο λόγος κέρδους προς απώλεια γ δίνεται από:
 $\gamma=99/81.6=1.21$
- Ο συντελεστής χρησιμοποίησης κέρδους υπολογίζεται με τη χρήση της εξίσωσης 7.19. Για τον υπολογισμό, η παράμετρος α βρίσκεται από την εξίσωση 7.21 και τον πίνακα 7.8.1:
 $\alpha=\alpha_0+(\tau/\tau_0)=0.8+(21.24/70)=1.1$
- Εξού και ο συντελεστής χρησιμοποίησης του κέρδους, είναι:
 $\eta=(1-\gamma^\alpha)/(1-\gamma^{\alpha+1})=(1-1,21^{1,1})/(1-1,21^{2,1})=0,47$ ή 47%
- Σε αυτή την περίπτωση τα χρήσιμα κέρδη για το χώρο είναι:
 $Q_G=0.47*99=47$ kW

Παράδειγμα 4.:

Ο προσδιορισμός των κερδών για ένα κτίριο 200 m² που κατοικείται για 8 ώρες την ημέρα έχει συντελεστή απώλειας θερμότητας $U'=8$ kWK⁻¹ και μια υπολογιζόμενη χρονική σταθερά τ_α 8 ωρών. Η μέση εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου είναι 20 °C για μέση εξωτερική θερμοκρασία 8 °C. Για πυκνότητα ενοίκων 15 m² άτομο⁻¹ και ηλιακά κέρδη (κατά μέσο 8 ώρες) 5.54 kW, ο συντελεστής χρησιμοποίησης κέρδους και τα χρήσιμα περιστασιακά κέρδη στο κτίριο υπολογίζονται ως εξής.

- Τα συνολικά εσωτερικά κέρδη κατά τη διάρκεια των ωρών που κατοικείται μπορούν να εκτιμηθούν από την εξίσωση 7.16:
 $q_i=224,97*OD^{0,7334}=224,97*15^{-0,7334}=30.9$ W m⁻²
- Αυτό δίνει ένα μέγιστο εσωτερικό κέρδος:
 $30.9*200/1000=6.18$ kW
- Αυτό πρέπει να είναι κατά μέσο όρο 8 ώρες και να προστεθεί στα ηλιακά κέρδη:
 $6.18*8/8+5.54=11.78$ kW
- Το μέσο ποσοστό απώλειας θερμότητας βρίσκεται από την εξίσωση 7.18:
 $Q_1 = U'(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_o) \tau = 8*(20-8) = 96$ kW
- Ο λόγος κέρδους προς απώλεια γ δίνεται από:
 $\gamma=11.78/96=0.123$
- Ο συντελεστής χρησιμοποίησης κέρδους υπολογίζεται με τη χρήση της εξίσωσης 7.19. Για τον υπολογισμό, η παράμετρος α βρίσκεται από την εξίσωση 7.21 και τον πίνακα 7.8.1:
 $\alpha=\alpha_0+(\tau/\tau_0)=0.8+(8/70)=0,914$
- Εξού και ο συντελεστής χρησιμοποίησης του κέρδους ο οποίος είναι:
 $\eta=(1-\gamma^\alpha)/(1-\gamma^{\alpha+1})=(1-0,123^{0,914})/(1-0,123^{0,914+1})=0,8684$ ή 86,84%
- Σε αυτή την περίπτωση τα χρήσιμα κέρδη για το χώρο είναι:
 $Q_G=0,8684*11.78=10,23$ kW

Τα παραπάνω παραδείγματα δείχνουν πως η αξιοποίηση των κερδών (συντελεστής η) εξαρτάται από τον παράγοντα α και αυτός από τη χρονική σταθερά του κτιρίου (τ) που με τη σειρά της εξαρτάται από τη (δραστική) θερμική μάζα (C) του κτιρίου. Τα στοιχεία αυτά θα δείξουμε σε λεπτομερή προσομοίωση σε επόμενο κεφάλαιο (κεφ. 9).

8. Άλλες μέθοδοι για την μοντελοποίηση των αναγκών των κτιρίων για θέρμανση:

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε διάφορες μοντελοποιήσεις για την πρόβλεψη της θερμικής κατανάλωσης των κτιρίων. Διακρίνονται κυρίως σε δύο τεχνικές προσέγγισης:

1. Η τεχνική προσέγγισης «Top-down» (“από πάνω προς τα κάτω”) η οποία μελετά το κτίριο ως μια ενιαία πηγή ενέργειας και δεν ερευνά μεμονωμένα τις τελικές χρήσεις. Πραγματοποιεί υπολογισμούς στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων μέσω μακροπρόθεσμων ιστορικών ενεργειακών δεδομένων.

2. Η τεχνική προσέγγισης «Bottom-up» (“από κάτω προς τα πάνω”) η οποία μελετά την ενεργειακή κατανάλωση μιας απομονωμένης τελικής χρήσης και την αυξάνει για τη εύρεση της ενεργειακής κατανάλωσης μιας περιοχής ή και χώρας.

Η κάθε προσέγγιση έχει την δομή της σε διαφορετική εξέλιξη και διαφορετικές πληροφορίες, τεχνικές μελέτης ή προσομοίωσης και προσφέρει τα αποτελέσματα με διαφορετικό τρόπο. Ορισμένες από αυτές μεθοδολογίες υπολογισμού παρέχονται στο ακόλουθο στον πίνακα.

Methodology	Method
Statistical analyses	ARX model Conditional demand analysis – CDA Energy-signature EModel Finnish load model USELOAD
Energy simulation programs	DOE-2 Engineering method – EM ESP-r EnergyPlus FRES
Intelligent computer systems	Feedback Artificial Neural Networks - ANN Feed Forward Neural Networks Neural Networks – NN Probabilistic Neural Network - PNN

Πίνακας 8.1.: Ταξινομημένες μεθοδολογίες σύμφωνα με τις τεχνικές υπολογισμού τους [32].

Η στατιστική ανάλυση (Statistical analysis) χρησιμοποιεί δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης που προϋπάρχουν. Έτσι η μέθοδος επεξεργάζεται αναδρομικά ή στατιστικά τα δεδομένα. Ορισμένα τέτοια προγραμματιστικά περιβάλλοντα είναι τα: «Energy – signature», «EModel» και «CDA».

Οι προγραμματιστικές προσομοιώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων (Energy simulation programs) χρειάζονται μεγάλο όγκο δεδομένων, όπως τις καιρικές συνθήκες, την αναλυτική δομή του κτιρίου και άλλα. Παρέχουν όμως τεράστιο όγκο επεξεργασμένων αποτελεσμάτων για την μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης, θερμοκρασιακά αποτελέσματα σε χρονική έως ετήσια μορφή και διαφορές απώλειες αερισμού. Ορισμένα τέτοια προγραμματιστικά περιβάλλοντα είναι τα: «DOE-2», το «ESP-r» και το «EnergyPlus».

Ευφυή συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών (Intelligent computer systems) χρησιμοποιούν εξειδικευμένα συστήματα. Αποφασίζουν χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα που έχουν λάβει από τα εισαχθέντα δεδομένα, τα οποία μπορούν να τροποποιούνται κατά την διάρκεια τις προσομοίωσης. Ορισμένα τέτοια προγραμματιστικά περιβάλλοντα είναι: «Neural Network», «Feedback Artificial Neural Network» και «Feed Forward Neural Network» [32].

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα EnergyPlus για να προσομοιώσουμε και μελετήσουμε την επίδραση της θερμικής μάζας στις ενεργειακές ανάγκες διαλείπουσας θέρμανσης μιας τυπικής κατοικίας.

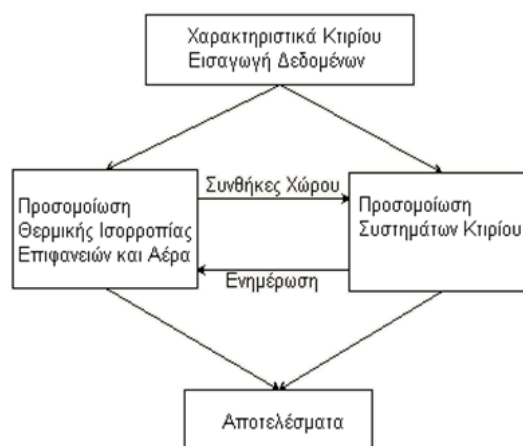
9. Προσομοίωση ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας το EnergyPlus:

9.1. Εισαγωγή:

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα αναπαραγωγής των περισσότερων λειτουργιών που εμφανίζονται σε ένα κτίριο. Αυτό πραγματοποιείται με εισαγωγή πληθώρας δεδομένων. Μερικά από αυτά τα δεδομένα είναι τα στοιχεία για το σύστημα θέρμανσης/ψύξης, ο αριθμός των ενόικων, οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται μέσα σε αυτό και το κλίμα που επικρατεί. Μέσα από την επεξεργασία που πραγματοποιεί παρέχει δεδομένα όπως θερμικά κέρδη και διάφορες ενεργειακές καταναλώσεις που γίνονται στο κτίριο, όπως η κατανάλωση του λέβητα. Αποτελεί εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τον χρήστη διότι παρέχει χρήσιμα αποτελέσματα για την καθοδήγηση της λειτουργίας ενός ήδη υπαρκτού κτιρίου ή για την δημιουργία ενός καινούργιου. Τα συμπεράσματά του βοηθούν στην δημιουργία διαφόρων μοντελοποιήσεων που είναι χρήσιμες για την κατανόηση της συμπεριφοράς του κτιρίου. Ορισμένες παροχές που προσφέρει το EnergyPlus είναι οι εξής:

- Δυνατότητα εισαγωγής πραγματικών θερμοκρασιακών και καιρικών συνθηκών.
- Δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων που αφορούν τη δομή του κτιρίου όπως: διάταξη ανοιγμάτων, δομικά υλικά, αριθμό ατόμων, τεχνητό και φυσικό φωτισμό των χώρων, τον αερισμό και κλιματισμό.
- Καθορισμός της ανταλλαγής θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον.
- Υπολογισμός της κατανάλωσης καύσιμου.

Τα παραπάνω δεδομένα παρέχονται προς επεξεργασία σε πίνακες στους οποίους ο χειριστής έχει καθορίσει τι ακριβώς τον ενδιαφέρει να μελετηθεί και τον χρόνο κατά τον οποίο θα γίνεται η δειγματοληψία. Για να γίνει καλύτερα κατανοητό το αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής εργασίας, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο η θερμική μάζα συμβάλλει στις θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου, θα πραγματοποιηθούν ορισμένες προσομοιώσεις κτιρίων με τη χρήση του προγράμματος. Θα δημιουργηθούν προγράμματα που θα έχουν ίδιες καιρικές συνθήκες, όμοιο σχεδιασμό και τρόπους θέρμανσης και ηλεκτρικής οικιακής κατανάλωσης, αλλά διαφορές στη θερμική μάζα του κάθε κτιρίου. Παρακάτω ακολουθεί σχηματικά η διαδοχή των λειτουργιών που ακολουθεί το πρόγραμμα προσομοίωσης: [27]

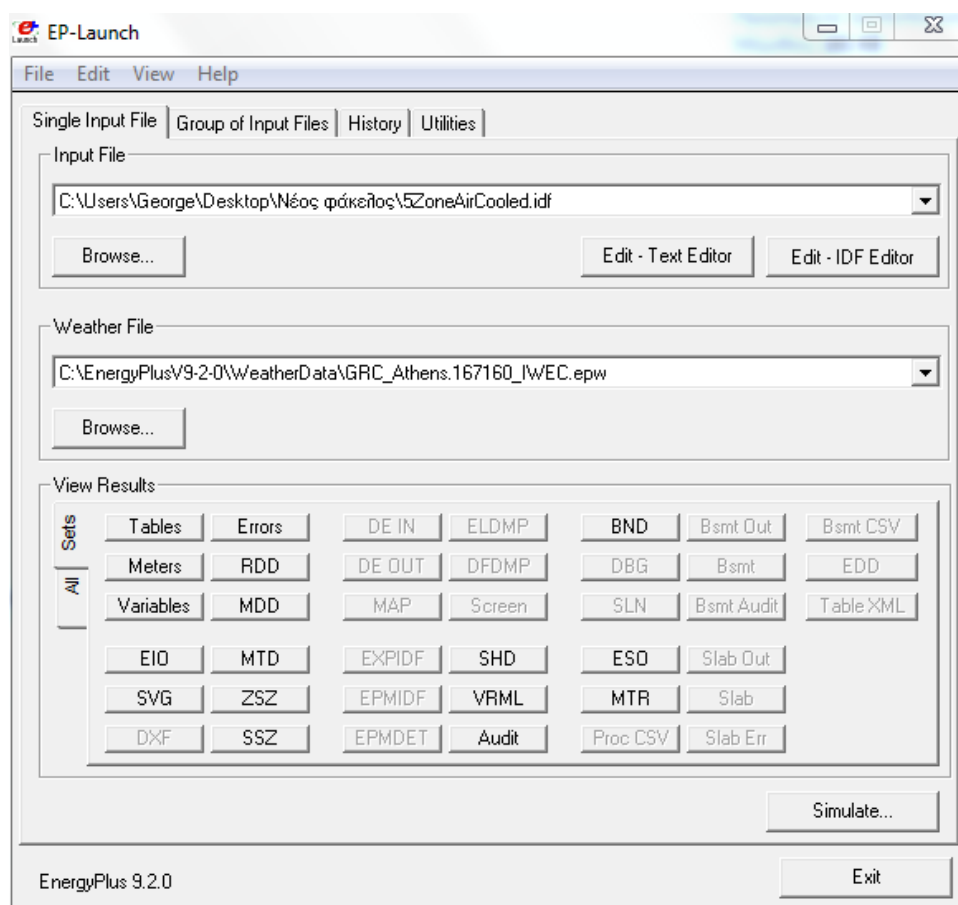


Σχήμα 9.1.1. : Η διαδοχή των λειτουργιών που ακολουθεί το πρόγραμμα προσομοίωσης [27].

9.2. Κεντρικό παράθυρο:

Με την έναρξη του προγράμματος EnergyPlus ανοίγει το κεντρικό παράθυρο EP-Launch στο οποίο γίνεται η επιλογή των δεδομένων. Αναλυτικά στην καρτέλα «Single Input File», με την επιλογή «Input File» και στην συνέχεια «Browse», προσφέρεται η δυνατότητα επιλογής του αρχείου για το κτίριο (.idf), δηλαδή του αρχείου που περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που θα μελετηθεί, όπως επίσης και η δυνατότητα επεξεργασίας του με την επιλογή «Input File» και «Edit-IDF Editor».

Για την εργασία έχει επιλεγεί το ήδη υπάρχον μοντέλο κτιρίου «5ZoneAirCooled». Σε αυτό έχει προσαρμοσθεί το μέγεθος του στα περίπου 101m² (που είναι η επιφάνεια δαπέδου μιας τυπικής κατοικίας) και έχει τροποποιηθεί το πάχος των τοιχωμάτων σε κάθε προσομοίωση. Περιλαμβάνει 5 δωμάτια και υπολογίζει από μόνο του την κατανάλωση καύσιμου που χρειάζεται. Ακολουθεί σχετική εικόνα του κεντρικού παραθύρου επεξεργασίας για το οποίο γίνεται λόγος:

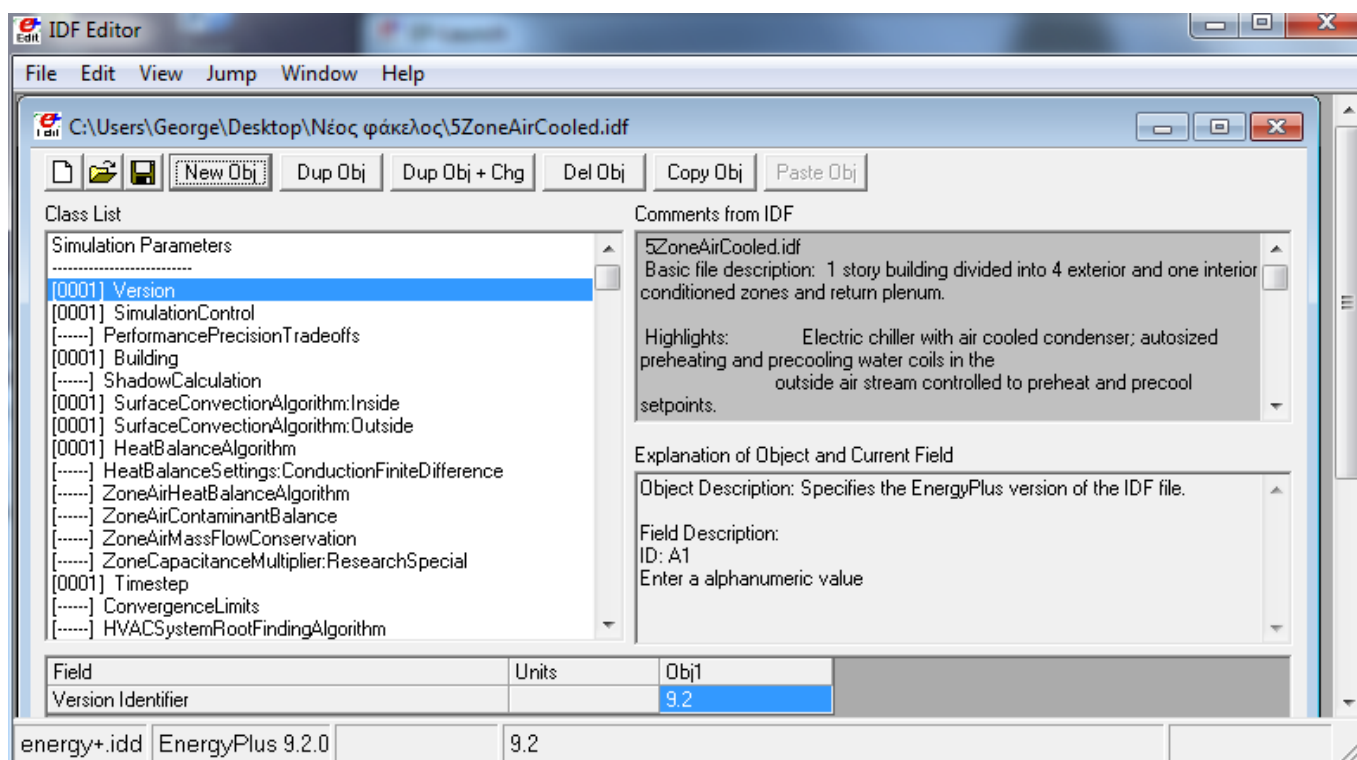


Εικόνα 9.2.1.: Παράθυρο EP-Launch.

Οι επιλογές «Weather File» και «Browse» παρέχουν την δυνατότητα επιλογής του αρχείου καιρού που παρέχει τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου μοντελοποιείται το κτίριο στην διάρκεια ενός έτους. Επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί το αρχείο «GRC_Athens.167160_IWEC.epw» που περιέχει τις καιρικές συνθήκες της Αθήνας. Στην ιστοσελίδα του EnergyPlus υπάρχει προς χρήση το συγκεκριμένο αρχείο. Περιλαμβάνει προσεγγιστικές θερμοκρασίες των δώδεκα μηνών του τυπικού έτους. Για να ελεγχθούν οι παράμετροι που έχουν επιλεγεί στην επεξεργασία της προσομοίωσης υπάρχει η επιλογή «Simulate». Στο πλαίσιο «View Results» υπάρχουν προς επεξεργασία τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

9.3. Επεξήγηση του τρόπου εισαγωγής των δεδομένων του κτιρίου:

Με την επιλογή «Edit-IDF Editor» εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο στο οποίο μέσα από τις υποομάδες που υπάρχουν γίνεται η εισαγωγή και η επεξεργασία των δεδομένων του κτιρίου που θέλει ο χρήστης. Η εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω των εντολών «New Obj», «Dup Obj», «Del Obj», «Copy Obj», «Paste Obj» που βρίσκονται στη γραμμή εργαλείων του παραθύρου. Κάθε κατηγορία συνοδεύεται από μια σύντομη περιγραφή για την πιο εύκολη κατανόηση της. Το «Help» παρέχει επιπλέον βοήθεια σε απορίες. Με την επιλογή «File» και στην συνέχεια «Open Data Set» παρέχονται παραδείγματα αρχείων ολοκληρωμένων προσομοιώσεων κτιρίων. Αυτά μπορούν να τεθούν υπό επεξεργασία από τον χρήστη. Τέλος, το αρχείο του κτιρίου που έχει δημιουργηθεί αποθηκεύεται σε μορφή (.idf) και είναι διαθέσιμο για προσομοίωση και περαιτέρω μετατροπές. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έχει χρησιμοποιηθεί η έκδοση του προγράμματος «Version 9.2».



Εικόνα 9.3.1.: Παράθυρο IDF Editor.

9.4. Παράμετροι Προσομοίωσης:

Έλεγχος προσομοίωσης:

- «Do Zone Sizing Calculation»: Λογαριάζει τα θερμοκρασιακά φορτία σύμφωνα με ένα ιδανικό μοντέλο.
- «Do System Sizing Calculation»: Λογαριάζει το σύνολο των θερμοκρασιακών φορτίων σε σχέση με ένα απλοποιημένο μοντέλο.
- «Do Plant Sizing Calculation»: Λογαριάζει την δυναμικότητα των θερμοκρασιακών συστημάτων.
- «Run Simulation for Sizing Periods»: Επεξεργασία καθορισμένων ημερομηνιών.
- «Run Simulation for Weather File Run Period»: Υπολογίζει την χρονική περίοδο που ορίζει ο χρήστης.

Κατά τις προσομοιώσεις που θα πραγματοποιηθούν επιλέχθηκε να γίνουν οι παρακάτω υπολογισμοί:

Field	Units	Obj1
Do Zone Sizing Calculation		Yes
Do System Sizing Calculation		Yes
Do Plant Sizing Calculation		Yes
Run Simulation for Sizing Periods		No
Run Simulation for Weather File Run Periods		Yes
Do HVAC Sizing Simulation for Sizing Periods		
Maximum Number of HVAC Sizing Simulation Passes		

Εικόνα 9.4.1.: Υποκατηγορία Simulation Control.

Κτίριο:

Με την επιλογή "κτίριο" πραγματοποιείται η ονομασία του κτιρίου. Το πρόγραμμα καθορίζει τις υπόλοιπες παραμέτρους:

Field	Units	Obj1
Name		Building
North Axis	deg	30
Terrain		City
Loads Convergence Tolerance Value		0,04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0,4
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Εικόνα 9.4.2.: Υποκατηγορία Building.

Αλγόριθμος Επιφανειακής Μεταφοράς: Εσωτερικά:

Εδώ έχει επιλεγθεί από το πρόγραμμα ο αλγόριθμος που θα «τρέξει» για να υπολογιστεί η μετάδοση θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίων:

Field	Units	Obj1
Algorithm		Simple

Εικόνα 9.4.3.: Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm: Inside.

Αλγόριθμος Επιφανειακής Μεταφοράς: Εξωτερικά:

Αντίστοιχα, εδώ το πρόγραμμα έχει επιλέξει τον αλγόριθμο που επεξεργάζεται την συναγωγή θερμότητας από το περιβάλλον:

Field	Units	Obj1
Algorithm		Simple

Εικόνα 9.4.4.: Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm: Outside

Αλγόριθμος Θερμικής Ισορροπίας:

Εδώ έχει καθοριστεί ο αλγόριθμος «Conduction Transfer Function» για τον υπολογισμό της μεταγωγής θερμότητας :

Field	Units	Obj1
Algorithm		ConductionTransfer

Εικόνα 9.4.5.: Υποκατηγορία Heat Balance Algorithm.

Αριθμός Βημάτων για Υπολογισμούς :

Εδώ γίνεται η επιλογή των βημάτων ανά ώρα που πραγματοποιούνται στην προσομοίωση:

Field	Units	Obj1
Number of Timesteps per Hour		4

Εικόνα 9.4.6.: Υποκατηγορία Timestep.

9.5. Τοποθεσία και Κλίμα:

Περιοχή: Τοποθεσία:

Εδώ καθορίζεται η ακριβής θέση του κτιρίου με συντεταγμένες για το γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ζώνη ώρας και το υψόμετρο που βρίσκεται το κτίριο της προσομοίωσης:

Field	Units	Obj1
Name		Athens
Latitude	deg	37,9
Longitude	deg	23,73
Time Zone	hr	2
Elevation	m	15

Εικόνα 9.5.1.: Υποκατηγορία Site: Location.

Περίοδος Εκτέλεσης:

Εδώ καθορίζεται το χρονικό περιθώριο μέσα στο οποίο θέλει ο χρήστης να εξελιχθεί η προσομοίωση.

Field	Units	Obj1
Name		Run Period 1
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
Begin Year		
End Month		12
End Day of Month		31
End Year		
Day of Week for Start Day		Tuesday
Use Weather File Holidays and Special Days		Yes
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes

Εικόνα 9.5.2.: Υποκατηγορία Run Period.

Περιοχή: Θερμοκρασία Εδάφους: Επιφάνεια κτιρίου:

Εδώ καθορίζονται οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών που επικρατούν ανά μήνα για ένα έτος:

Field	Units	Obj1
January Ground Temperature	C	14,89
February Ground Temperature	C	15,78
March Ground Temperature	C	17,24
April Ground Temperature	C	18,87
May Ground Temperature	C	20,07
June Ground Temperature	C	21,45
July Ground Temperature	C	22,49
August Ground Temperature	C	23,67
September Ground Temperature	C	21,12
October Ground Temperature	C	19,65
November Ground Temperature	C	17,45
December Ground Temperature	C	15,02

Εικόνα 9.5.3.: Υποκατηγορία Site: Ground Temperature: Building Surface.

9.6. Χρονοδιαγράμματα:

Εδώ ορίζεται το χρονοδιάγραμμα για το κτίριο, δηλαδή οι προκαθορισμένες ώρες κατά τις οποίες πραγματοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες του κτιρίου:

Όρια τιμών προγράμματος:

Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζονται τα όρια των τιμών που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Any Number	Fraction	Temperature	Control Type	On/Off	FlowRate
Lower Limit Value	varies		0	-60	0	0	0
Upper Limit Value	varies		1	200	4	1	10
Numeric Type			CONTINUOUS	CONTINUOUS	DISCRETE	DISCRETE	CONTINUOUS
Unit Type				Temperature			

Εικόνα 9.6.1.: Υποκατηγορία Type Limits.

Προγραμματισμός δραστηριότητας:

Εδώ προγραμματίζονται οι διάφορες δραστηριότητες και χρήσεις του κτιρίου, ο εξοπλισμός των ηλεκτρικών συσκευών όπως και φωτισμός και η δραστηριότητα των διαφόρων ένοικων του:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Name		OCCUPY-1	LIGHTS-1	EQUIP-1	INFIL-SCH	ActSchd	ShadeTransSch	Htg-SetP-Sch	PlenumHtg-SetP	Clg-SetP-Sch	PlenumClg-SetP-Scl	Zone Control Type
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Any Number	Fraction	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Control Type
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 3/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: WeekDays Sur	For: WeekDays Sur	For: WeekDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: SummerDesignI	For: AllDays	For: SummerDesignI	For: AllDays	For: SummerDesignI
Field 3	varies	Unit: 8:00	Unit: 8:00	Unit: 8:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00
Field 4	varies	0	0.05	0.02	1	117.239997864	0	16.7	12.8	23.9	40	2
Field 5	varies	Unit: 11:00	Unit: 9:00	Unit: 9:00	Through: 10/31			For: WinterDesignD		For: WinterDesignD		For: WinterDesignD
Field 6	varies	1	0.9	0.4	For: AllDays			Unit: 24:00		Unit: 24:00		Unit: 24:00
Field 7	varies	Unit: 12:00	Unit: 10:00	Unit: 14:00	Unit: 24:00			22.2		29.4		1
Field 8	varies	0.8	0.95	0.9	0			For: WeekDays		For: WeekDays		For: AllOtherDays
Field 9	varies	Unit: 13:00	Unit: 11:00	Unit: 15:00	Through: 12/31			Unit: 6:00		Unit: 6:00		Unit: 24:00
Field 10	varies	0.4	1	0.8	For: AllDays			16.7		29.4		4
Field 11	varies	Unit: 14:00	Unit: 12:00	Unit: 16:00	Unit: 24:00			Unit: 20:00		Unit: 20:00		
Field 12	varies	0.8	0.95	0.7	1			22.2		23.9		
Field 13	varies	Unit: 18:00	Unit: 13:00	Unit: 18:00				Unit: 24:00		Unit: 24:00		
Field 14	varies	1	0.8	0.5				16.7		29.4		
Field 15	varies	Unit: 19:00	Unit: 14:00	Unit: 20:00				For: WeekEnds Hol		For: WeekEnds Hol		
Field 16	varies	0.5	0.9	0.3				Unit: 24:00		Unit: 24:00		
Field 17	varies	Unit: 24:00	Unit: 18:00	Unit: 24:00				16.7		29.4		
Field 18	varies	0	1	0.02				For: AllOtherDays		For: AllOtherDays		
Field 19	varies	For: Weekends Wir	Unit: 19:00	For: Weekends				Unit: 24:00		Unit: 24:00		
Field 20	varies	Unit: 24:00	0.6	Unit: 24:00				16.7		29.4		
Field 21	varies	0	Unit: 21:00	0.2								
Field 22	varies		0.2									
Field 23	varies		Unit: 24:00									
Field 24	varies		0.05									
Field 25	varies		For: Weekends Wir									
Field 26	varies		Unit: 24:00									
Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22		
Min OA Sched	FanAvailSched	CoolingCoilAvailSch	CoolingPumpAvailSch	ReheatCoilAvailSch	CW Loop Temp Sch	HW Loop Temp Sch	PlantOnSched	Seasonal Reset Sur	OA Cooling Supply	OA Heating Supply		
Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Temperature	Temperature	Fraction	Temperature	Temperature	Temperature		
Through: 12/31	Through: 3/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 3/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 3/31	Through: 12/31	Through: 12/31		
For: Weekdays	For: AllDays	For: WeekDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays		
Unit: 6:00	Unit: 24:00	Unit: 6:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00		
0.02	1	0	1	1	7.22	82	1	16	11.5	4.5		
Unit: 20:00	Through: 9/30	Unit: 20:00		Through: 9/30				Through: 9/30				
1	For: WeekDays	1		For: WeekDays				For: AllDays				
Unit: 24:00	Unit: 6:00	Unit: 24:00		Unit: 6:00				Unit: 24:00				
0.02	0	0		0				13				
For: AllOtherDays	Unit: 20:00	For: SummerDesignI		Unit: 20:00				Through: 12/31				
Unit: 24:00	1	Unit: 24:00		1				For: AllDays				
0.02	Unit: 24:00	1		Unit: 24:00				Unit: 24:00				
0	For: AllOtherDays	0		0				16				
For: SummerDesignI	Unit: 24:00	Unit: 24:00		For: SummerDesignI								
Unit: 24:00	0	0		Unit: 24:00								
1	For: AllOtherDays	1		1								
Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00		Unit: 24:00								
0	0	0		0								
Through: 12/31				Through: 12/31								
For: AllOtherDays				For: AllOtherDays								
Unit: 24:00				Unit: 24:00								
0				0								
Through: 12/31				Through: 12/31								
For: AllDays				For: AllDays								
Unit: 24:00				Unit: 24:00								
1				1								

Εικόνα 9.6.2.: Υποκατηγορία Schedule: Compact.

9.7. Δομικά Υλικά Επιφανειών:

Υλικά:

Τα δεδομένα του πίνακα έχουν οριστεί από το πρόγραμμα και έχουν τροποποιηθεί από το χρήστη για να δημιουργηθεί ένα κτίριο εξαιρετικά «ελαφριάς» δόμησης:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		WD10	RG01	BR01	IN46	WD01	PW03	IN02	GP01	GP02	CC03
Roughness		MediumSmooth	Rough	VeryRough	VeryRough	MediumSmooth	MediumSmooth	Rough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0,2	0,0127	0,0094999997	0,076200001	0,019099999	0,0127	0,090099998	0,0127	0,015900001	0,1016
Conductivity	W/m-K	0,115	1,442	0,162	0,023	0,115	0,115	0,043000001	0,16	0,16	1,31
Density	kg/m3	513	881	1121	24	513	545	10	801	801	2243
Specific Heat	J/kg-K	1381	1674	1464	1590	1381	1213	837	837	837	837
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,78	0,65	0,7	0,5	0,78	0,78	0,75	0,75	0,75	0,65
Visible Absorptance		0,78	0,65	0,7	0,5	0,78	0,78	0,75	0,75	0,75	0,65

Εικόνα 9.7.1.: Υποκατηγορία Material με δεδομένα καθορισμένα από το πρόγραμμα.

Υλικά: Χωρίς μάζα:

Εδώ πραγματοποιείται η εισαγωγή των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται εξαιτίας της θερμικής τους αντίστασης:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		CP01	MAT-CLNG-1
Roughness		Rough	Rough
Thermal Resistance	m2-K/W	0,367	0,65225929
Thermal Absorptance		0,9	0,65
Solar Absorptance		0,75	0,65
Visible Absorptance		0,75	0,65

Εικόνα 9.7.2.: Υποκατηγορία Material: No Mass.

Υλικά: Κενό Αέρα:

Εδώ ορίζεται η εισαγωγή του αέρα ως δομικού υλικού μόνωσης μεταξύ επιφανειών:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		AL21	AL23
Thermal Resistance	m2-K/W	0,157	0,153

Εικόνα 9.7.3.: Υποκατηγορία Material: Air Gap.

Υλικό παραθύρου: Τζάμια:

Εδώ ορίζεται η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που αποτελούν τα παράθυρα:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		CLEAR 3MM	GREY 3MM
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	0,003	0,003
Solar Transmittance at Normal Incidence		0,837	0,626
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0,075	0,061
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0,075	0,061
Visible Transmittance at Normal Incidence		0,898	0,611
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0,081	0,061
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0,081	0,061
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0,84	0,84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0,84	0,84
Conductivity	W/m-K	0,9	0,9

Εικόνα 9.7.4.: Υποκατηγορία Window Material: Glazing.

Υλικό παραθύρου: Αέριο:

Εδώ καθορίζεται ο αέρας μεταξύ των παραθύρων με διπλά τζάμια ο οποίος είναι αυξανόμενος για καλύτερα θερμικά κέρδη:

Field	Units	Obj1
Name		AIR 13MM
Gas Type		Air
Thickness	m	0,0127

Εικόνα 9.7.5.: Υποκατηγορία Window Material: Gas καθορισμένη από το πρόγραμμα και για την θερμική ελαφριά κατασκευή.

Κατασκευή:

Τα παραπάνω δεδομένα συντελούν σε αυτή την υποκατηγορία στην οποία καθορίζεται η τοιχοποιία, αρά και η θερμική μάζα, που θα έχει το κάθε κτίριο στην προσομοίωση που θα γίνει. Οι προσομοιώσεις που αφορούν τις «βαριές» τοιχοποιίες είναι παρόμοιες διότι σε αυτές αλλάζουν οι ιδιότητες των υλικών και όχι τα ίδια τα υλικά:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		ROOF-1	WALL-1	CLNG-1	FLOOR-SLAB-1	INT-WALL-1	DbI Clr 3mm/13mm Air	Sgl Grey 3mm
Outside Layer		RG01	Lime and Cement	MAT-CLNG-1	Caramic floor tiler	GP02	CLEAR 3MM	CLEAR 3MM
Layer 2		Expandes Polystyre	Armed Concrete		Armed Concrete	AL21	AIR 13MM	AIR 13MM
Layer 3		Armed Concrete	Expandes Polystyre		Expandes Polystyre	GP02	CLEAR 3MM	CLEAR 3MM
Layer 4		Wood	Wall air space					
Layer 5			Brick					
Layer 6			Lime and Cement					

Εικόνα 9.7.6.: Υποκατηγορία Construction.

Για να υπάρξει διαφοροποίηση στις καταναλώσεις αερίου οι οποίες θα οφείλονται στην θερμική μάζα, θα προστεθούν στρώσεις στην τοιχοποιία από το υλικό WD10 μόνο στους εσωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Δηλαδή, σε κάθε προσομοίωση που θα πραγματοποιηθεί για κτίριο θερμικά βαριάς κατασκευής, θα υπάρχει σταδιακή αύξηση των στρώσεων στους εσωτερικούς τοίχους. Η σταδιακή αύξηση των στρώσεων στην εσωτερική τοιχοποιία του κτιρίου συνεπάγεται ανάλογη αύξηση της θερμικής του μάζας. Αυτό καθίσταται εφικτό λόγω του ότι η θερμική μάζα του κτιρίου εκμεταλλεύεται τα θερμικά κέρδη που αποθηκεύονται στην εσωτερική τοιχοποιία με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να εξομαλύνονται οι ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση στην κάθε

περίπτωση. Έτσι, η επίδραση των εξωτερικών θερμοκρασιακών συνθηκών του περιβάλλοντος στο κτίριο θα μειωθεί, πράγμα που θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των θερμικών αναγκών του.

9.8. Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες:

Τοποθέτηση Επιφανειών σύμφωνα με Γεωμετρικούς Κανόνες:

Εδώ καθορίζεται η κατασκευή του κελύφους του κτιρίου:

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		UpperLeftCorner
Vertex Entry Direction		CounterClockWise
Coordinate System		relative

Εικόνα 9.8.1: Υποκατηγορία Global Geometry Rules.

Ζώνη:

Εδώ καθορίζονται οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου. Κάθε δωμάτιο από το ίδιο το πρόγραμμα έχει καθοριστεί να αποτελεί και μία θερμική ζώνη. Επομένως οι θερμικές ζώνες είναι πέντε. Στους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν στο δέκατο κεφάλαιο θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των θερμοκρασιών των δωματίων.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		PLENUM-1	SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE5-1
Direction of Relative North	deg	0	0	0	0	0	0
X Origin	m	0	0	0	0	0	0
Y Origin	m	0	0	0	0	0	0
Z Origin	m	0	0	0	0	0	0
Type		1	1	1	1	1	1
Multiplier		1	1	1	1	1	1
Ceiling Height	m	0.609600067	2.438400269	2.438400269	2.438400269	2.438400269	2.438400269
Volume	m3	283,2	239,247360229	103,311355591	239,247360229	103,311355591	447,682556152
Floor Area	m2						
Zone Inside Convection Algorithm							
Zone Outside Convection Algorithm							
Part of Total Floor Area							

Εικόνα 9.8.2.: Υποκατηγορία Zone.

Επιφάνεια Κτιρίου: Λεπτομέρειες:

Εδώ καθορίζονται από το πρόγραμμα οι επιφάνειες που αποτελούν το κτίριο που μοντελοποιείται:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14
Name		WALL-1PF	WALL-1PR	WALL-1PB	WALL-1PL	TOP-1	CT-1P	C2-1P	C3-1P	C4-1P	C5-1P	FRONT-1	C1-1	F1-1	SB12
Surface Type		WALL	WALL	WALL	WALL	ROOF	FLOOR	FLOOR	FLOOR	FLOOR	FLOOR	WALL	CEILING	FLOOR	WALL
Construction Name		WALL-1	WALL-1	WALL-1	WALL-1	ROOF-1	CLNG-1	CLNG-1	CLNG-1	CLNG-1	CLNG-1	WALL-1	CLNG-1	FLOOR-SLAB	INT-WALL-1
Zone Name		PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	PLENUM-1	SPACE1-1	SPACE1-1	SPACE1-1	SPACE1-1
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Outdoors	Surface	Surface	Surface
Outside Boundary Condition Object							C1-1	C2-1	C3-1	C4-1	C5-1		C1-1P		SB21
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground		0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0
Number of Vertices		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	11	11	0	0	8,1	8,1	8,1	1,1	8,1	0	1,1	8,1	11
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	9,2	9,2	9,2	1,1	7	7	1,1	7	0	1,1	1,1	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4
Vertex 2 X-coordinate	m	0	11	11	0	0	11	11	1,1	0	8,1	0	0	11	11
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	0	9,2	9,2	0	0	9,2	7	0	1,1	0	0	0	0
Vertex 2 Z-coordinate	m	2,4	2,4	2,4	2,4	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	0
Vertex 3 X-coordinate	m	11	11	0	0	11	0	11	0	0	1,1	11	11	0	8,1
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	9,2	9,2	0	0	0	0	9,2	9,2	1,1	0	0	0	1,1
Vertex 3 Z-coordinate	m	2,4	2,4	2,4	2,4	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	11	11	0	0	11	1,1	8,1	11	1,1	1,1	11	8,1	1,1	8,1
Vertex 4 Y-coordinate	m	0	9,2	9,2	0	9,2	1,1	1,1	9,2	7	7	0	1,1	1,1	1,1
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4

Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27	Obj28	Obj29	Obj30
SB14	SB15	RIGHT-1	C2-1	F2-1	SB21	SB23	SB25	BACK-1	C3-1	F3-1	SB32	SB34	SB35	LEFT-1	C4-1
WALL	WALL	CEILING	FLOOR	WALL	WALL	WALL	WALL	CEILING	FLOOR	WALL	WALL	WALL	WALL	CEILING	CEILING
INT-WALL-1	INT-WALL-1	WALL-1	CLNG-1	FLOOR-SLAB	INT-WALL-1	INT-WALL-1	INT-WALL-1	WALL-1	CLNG-1	FLOOR-SLAB	INT-WALL-1	INT-WALL-1	INT-WALL-1	WALL-1	CLNG-1
SPACE1-1	SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE2-1	SPACE2-1	SPACE2-1	SPACE2-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE3-1	SPACE3-1	SPACE3-1	SPACE3-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE4-1
Surface	Surface	Outdoors	Surface	Ground	Surface	Surface	Surface	Outdoors	Surface	Ground	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface
SB41	SB51		C2-1P		SB12	SB32	SB52		C3-1P		SB23	SB43	SB53		C4-1P
NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun
NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind
0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1,1	8,1	11	8,1	8,1	8,1	11	8,1	11	11	8,1	8,1	0	1,1	0	1,1
1,1	1,1	0	1,1	7	1,1	9,2	7	9,2	9,2	7	9,2	7	7	9,2	7
2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
1,1	8,1	11	11	11	8,1	11	8,1	11	0	1,1	8,1	0	1,1	0	0
1,1	1,1	0	0	9,2	1,1	9,2	7	9,2	9,2	7	9,2	7	9,2	7	9,2
0	0	0	2,4	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	2,4
0	1,1	11	11	11	11	8,1	8,1	0	1,1	0	11	1,1	8,1	0	0
0	1,1	9,2	9,2	0	0	7	1,1	9,2	7	9,2	9,2	7	7	7	0
0	0	0	2,4	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	2,4
0	1,1	11	8,1	8,1	11	8,1	8,1	0	8,1	11	11	1,1	8,1	0	1,1
0	1,1	9,2	7	1,1	0	7	1,1	9,2	7	9,2	9,2	7	7	0	1,1
2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Obj31	Obj32	Obj33	Obj34	Obj35	Obj36	Obj37	Obj38	Obj39	Obj40
F4-1	SB41	SB43	SB45	C5-1	F5-1	SB51	SB52	SB53	SB54
FLOOR	WALL	WALL	WALL	CEILING	FLOOR	WALL	WALL	WALL	WALL
FLOOR-SLAB	INT-WALL-1	INT-WALL-1	INT-WALL-1	CLNG-1	FLOOR-SLAB	INT-WALL-1	INT-WALL-1	INT-WALL-1	INT-WALL-1
SPACE4-1	SPACE4-1	SPACE4-1	SPACE4-1	SPACE5-1	SPACE5-1	SPACE5-1	SPACE5-1	SPACE5-1	SPACE5-1
Ground	Surface	Surface	Surface	Surface	Ground	Surface	Surface	Surface	Surface
NoSun	SB14	SB34	SB54	C5-1P		SB15	SB25	SB35	SB45
NoWind	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1,1	0	1,1	1,1	1,1	8,1	1,1	8,1	8,1	1,1
1,1	0	7	1,1	7	7	1,1	1,1	7	7
0	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4
0	0	1,1	1,1	1,1	8,1	1,1	8,1	8,1	1,1
0	0	7	1,1	1,1	1,1	1,1	7	7	7
0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0
0	1,1	0	1,1	8,1	1,1	8,1	1,1	1,1	1,1
9,2	1,1	9,2	7	1,1	1,1	1,1	7	7	1,1
0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0
1,1	1,1	0	1,1	8,1	1,1	8,1	8,1	1,1	1,1
7	1,1	9,2	7	7	7	1,1	7	7	1,1
0	2,4	2,4	2,4	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4

Εικόνα 9.8.3.: Υποκατηγορία Building Surface: Detailed.

Καθορισμός ανοιγμάτων: Λεπτομέρειες:

Εδώ ορίζεται ο αριθμός, οι διαστάσεις και η χωροθέτηση των ανοιγμάτων του κτιρίου:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		WF-1	DF-1	WR-1	WB-1	DB-1	WL-1
Surface Type		WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	GLASSDOOR	WINDOW
Construction Name		Dbl Clr 3mm/13mm	Sgl Grey 3mm	Dbl Clr 3mm/13mm	Dbl Clr 3mm/13mm	Sgl Grey 3mm	Dbl Clr 3mm/13mm
Building Surface Name		FRONT-1	FRONT-1	RIGHT-1	BACK-1	BACK-1	LEFT-1
Outside Boundary Condition Object							
View Factor to Ground		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Frame and Divider Name							
Multiplier		1	1	1	1	1	1
Number of Vertices		4	4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	3	6,5	11	8,26	3	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	2,3	9,2	9,2	6,9
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Vertex 2 X-coordinate	m	3	6,5	11	8,26	3	0
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	0	2,3	9,2	9,2	6,9
Vertex 2 Z-coordinate	m	0,9	0	0,9	0,9	0	0,9
Vertex 3 X-coordinate	m	5	7,2	11	4	2,1	0
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	0	6,9	9,2	9,2	2,3
Vertex 3 Z-coordinate	m	0,9	0	0,9	0,9	0	0,9
Vertex 4 X-coordinate	m	5	7,2	11	4	2,1	0
Vertex 4 Y-coordinate	m	0	0	6,9	9,2	9,2	2,3
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

Εικόνα 9.8.4.: Υποκατηγορία Fenestration Surface: Detailed.

Καθορισμός της σκίασης του κτιρίου:

Εδώ ορίζεται ο αριθμός, οι διαστάσεις και η χωροθέτηση των επιφανειών σκίασης του κτιρίου:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Main South Overhang	South Door Overhang
Base Surface Name		FRONT-1	FRONT-1
Transmittance Schedule Name		ShadeTransSch	ShadeTransSch
Number of Vertices		4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	21
Vertex 1 Y-coordinate	m	-1,3	-2
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,2	2,6
Vertex 2 X-coordinate	m	0	21
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	0
Vertex 2 Z-coordinate	m	2,2	2,6
Vertex 3 X-coordinate	m	19,8	24,1
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	0
Vertex 3 Z-coordinate	m	2,2	2,6
Vertex 4 X-coordinate	m	19,8	24,1
Vertex 4 Y-coordinate	m	-1,3	-2
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,2	2,6

Εικόνα 9.8.5.: Shading: Zone: Detailed.

9.9. Εσωτερικά Κέρδη:

Μέσω των δεδομένων αυτής της ενότητας το πρόγραμμα υπολογίζει τα αποτελέσματα της απόκρισης του συστήματος θέρμανσης και των εσωτερικών θερμοκρασιών του κτιρίου.

Άτομα:

Εδώ καθορίζεται το πλήθος των ατόμων και τα θερμικά κέρδη από την παρουσία τους εντός του κτιρίου. Σε κάθε δωμάτιο ανάλογα με το μέγεθος του αλλάζει και η χωρητικότητα του. Έχει γίνει επιλογή για τρεις ενοίκους λόγο των τετραγωνικών του κτιρίου.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		SPACE1-1 People 1	SPACE2-1 People 1	SPACE3-1 People 1	SPACE4-1 People 1	SPACE5-1 People 1
Zone or ZoneList Name		SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE5-1
Number of People Schedule Name		OCCUPY-1	OCCUPY-1	OCCUPY-1	OCCUPY-1	OCCUPY-1
Number of People Calculation Method		people	people	people	people	people
Number of People		1	1	1		
People per Zone Floor Area	person/m2					
Zone Floor Area per Person	m2/person					
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction						
Activity Level Schedule Name		ActSchd	ActSchd	ActSchd	ActSchd	ActSchd

Εικόνα 9.9.1.: Υποκατηγορία Construction.

Φωτισμός:

Εδώ καθορίζεται η ισχύς εγκατάστασης που έχει το κτίριο και οι επιλογές έχουν καθοριστεί από το πρόγραμμα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		SPACE1-1 Lights 1	SPACE2-1 Lights 1	SPACE3-1 Lights 1	SPACE4-1 Lights 1	SPACE5-1 Lights 1
Zone or ZoneList Name		SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE5-1
Schedule Name		LIGHTS-1	LIGHTS-1	LIGHTS-1	LIGHTS-1	LIGHTS-1
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	1584	684	1584	684	2964
Watts per Zone Floor Area	W/m2					
Watts per Person	W/person					
Return Air Fraction		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fraction Radiant		0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Fraction Visible		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fraction Replaceable		0	0	0	0	0
End-Use Subcategory		GeneralLights	GeneralLights	GeneralLights	GeneralLights	GeneralLights

Εικόνα 9.9.2.: Υποκατηγορία Lights.

Ηλεκτρικός εξοπλισμός:

Εδώ καθορίζεται η ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών που περιλαμβάνει το κτίριο και οι επιλογές έχουν καθοριστεί από το πρόγραμμα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		SPACE1-1 ElecEq 1	SPACE2-1 ElecEq 1	SPACE3-1 ElecEq 1	SPACE4-1 ElecEq 1	SPACE5-1 ElecEq 1
Zone or ZoneList Name		SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE5-1
Schedule Name		EQUIP-1	EQUIP-1	EQUIP-1	EQUIP-1	EQUIP-1
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	1056	456	1056	456	1976
Watts per Zone Floor Area	W/m2					
Watts per Person	W/person					
Fraction Latent		0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Fraction Lost		0	0	0	0	0

Εικόνα 9.9.3.: Υποκατηγορία Electric Equipment.

9.10. Η ροή του αέρα του κτιρίου:

Διήθηση ζώνης: Ρυθμός ροής σχεδιασμού:

Εδώ καθορίζεται η διείσδυση του αέρα στο κτίριο λόγω της ύπαρξης μικρών κενών στην δομή της ύλης των κουφωμάτων. Η διήθηση καθορίζεται ως το επίπεδο σχεδιασμού που τροποποιείται από το συνδυασμό χρονοδιαγράμματος, διαφοράς θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		SPACE1-1 Infil 1	SPACE2-1 Infil 1	SPACE3-1 Infil 1	SPACE4-1 Infil 1	SPACE5-1 Infil 1
Zone or ZoneList Name		SPACE1-1	SPACE2-1	SPACE3-1	SPACE4-1	SPACE5-1
Schedule Name		INFIL-SCH	INFIL-SCH	INFIL-SCH	INFIL-SCH	INFIL-SCH
Design Flow Rate Calculation Method		flow/zone	flow/zone	flow/zone	flow/zone	flow/zone
Design Flow Rate	m3/s	0,032	0,014	0,032	0,014	0,062
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2					
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2					
Air Changes per Hour	1/hr					
Constant Term Coefficient		0	0	0	0	0
Temperature Term Coefficient		0	0	0	0	0
Velocity Term Coefficient		0,2237	0,2237	0,2237	0,2237	0,2237
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0	0	0

Εικόνα 9.10.1.: Υποκατηγορία Zone Infiltration: Design Flow Rate.

9.11. Θερμικά σώματα:

Νερό θέρμανσης:

Αυτή η υποκατηγορία καθορίζει τα θερμαντικά σώματα του κτιρίου και έχει καθοριστεί από το πρόγραμμα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		SPACE1-1 Zone Co	SPACE2-1 Zone Co	SPACE3-1 Zone Co	SPACE4-1 Zone Co	SPACE5-1 Zone Co	OA Heating Coil 1	Main Heating Coil 1
Availability Schedule Name		ReheatCoilAvailSch	ReheatCoilAvailSch	ReheatCoilAvailSch	ReheatCoilAvailSch	ReheatCoilAvailSch	CoolingCoilAvailSch	ReheatCoilAvailSch
U-Factor Times Area Value	W/K	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Maximum Water Flow Rate	m3/s	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Water Inlet Node Name		SPACE1-1 Zone Co	SPACE2-1 Zone Co	SPACE3-1 Zone Co	SPACE4-1 Zone Co	SPACE5-1 Zone Co	OA Heating Coil 1	Main Heating Coil 1
Water Outlet Node Name		SPACE1-1 Zone Co	SPACE2-1 Zone Co	SPACE3-1 Zone Co	SPACE4-1 Zone Co	SPACE5-1 Zone Co	OA Heating Coil 1	Main Heating Coil 1
Air Inlet Node Name		SPACE1-1 Zone Co	SPACE2-1 Zone Co	SPACE3-1 Zone Co	SPACE4-1 Zone Co	SPACE5-1 Zone Co	Outside Air Inlet Node	Main Cooling Coil 1
Air Outlet Node Name		SPACE1-1 In Node	SPACE2-1 In Node	SPACE3-1 In Node	SPACE4-1 In Node	SPACE5-1 In Node	OA Heating Coil 1 A	Main Heating Coil 1
Performance Input Method		UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ	UFactorTimesAreaΔ
Rated Capacity	W	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Rated Inlet Water Temperature	C	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2	82,2
Rated Inlet Air Temperature	C	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Rated Outlet Water Temperature	C	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1
Rated Outlet Air Temperature	C	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
Rated Ratio for Air and Water Convection								
Design Water Temperature Difference	deltaC	11	11	11	11	11	11	11

Εικόνα 9.11.1.: Coil Heating Water.

9.12. Ο εξοπλισμός θέρμανσης της εγκατάστασης:

Ζεστό νερό λέβητα:

Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζεται ο λέβητας του κτιρίου. Τα δεδομένα έχουν καθοριστεί από το ίδιο το πρόγραμμα, όπως το καύσιμο του λέβητα, που είναι φυσικό αέριο, και η απόδοση του, η οποία ανέρχεται στο 80%:

Field	Units	Obj1
Name		Central Boiler
Fuel Type		NaturalGas
Nominal Capacity	W	autosize
Nominal Thermal Efficiency		0,8
Efficiency Curve Temperature Evaluation Variable		LeavingBoiler
Normalized Boiler Efficiency Curve Name		BoilerEfficiency
Design Water Flow Rate	m3/s	autosize
Minimum Part Load Ratio		0
Maximum Part Load Ratio		1,2
Optimum Part Load Ratio		1
Boiler Water Inlet Node Name		Central Boiler Inlet Node
Boiler Water Outlet Node Name		Central Boiler Outlet Node
Water Outlet Upper Temperature Limit	C	100
Boiler Flow Mode		LeavingSetpointModulated

Εικόνα 9.12.1.: Υποκατηγορία Boiler Hot Water.

9.13. Αναφορά αποτελεσμάτων:

Αναφορά αποτελεσμάτων: Λεξικό μεταβλητών προγράμματος:

Στην υποκατηγορία αυτή δημιουργείται ένας κατάλογος που ομαδοποιεί τις μεταβλητές εξόδου και τους μετρητές που είναι διαθέσιμοι αναφορικά με το μοντέλο που προσομοιώνεται. Η λίστα ποικίλλει ανάλογα με τους τύπους αντικειμένων που υπάρχουν στο αρχείο idf. Η επιλογή έχει καθοριστεί από το ίδιο το πρόγραμμα:

Field	Units	Obj1
Key Field		Regular
Sort Option		

Εικόνα 9.13.1.: Υποκατηγορία Output: Variable Dictionary.

Αναφορά Αποτελεσμάτων: Επιφάνειες: Σχέδιο:

Στην υποκατηγορία αυτή παράγονται οι αναφορές/αρχεία με δυνατότητα απόδοσης γραφικών ή εισάγονται σε άλλα προγράμματα:

Field	Units	Obj1
Report Type		VRML
Report Specifications 1		

Εικόνα 9.13.2.: Υποκατηγορία Output: Surfaces: Drawing.

Αναφορά αποτελεσμάτων: Μεταβλητή:

Στην υποκατηγορία αυτή επιλέγονται οι μεταβλητές που θα τοποθετηθούν στο αρχείο εξόδου όπου θα γίνει η επεξεργασία τους για την δημιουργία των διαγραμμάτων, και, εν συνεχεία, των συμπερασμάτων της διπλωματικής εργασίας. Έχει επιλεχθεί να δίνεται ένας μέσος όρος για κάθε μέρα του έτους στις μετρήσεις αυτές:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Key Value		*	*	*	*	*	OA Mixing Bc	OA Mixing Bc	OA Mixing Bc	OA Mixing Bc	OA Heating C
Variable Name		Site Outdoor	Zone Air Terr	Zone Mean A	Zone Air Syst	Zone Air Syst	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node
Reporting Frequency		Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily
Schedule Name											
Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22
OA Heating C	OA Heating C	OA Heating C	Mixed Air Nor	Mixed Air Nor	Mixed Air Nor	VAV Sys 1 O	VAV Sys 1 O	VAV Sys 1 O	VAV Sys 1 O	OA Cooling C	OA Cooling C
System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node	System Node
Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily
Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27	Obj28	Obj29	Obj30	Obj31	Obj32	Obj33	Obj34
Main Cooling	OA Heating C	OA Heating C	Main Heating *	*	*	*	*	*	*	*	*
System Node	System Node	System Node	System Node	Heating Coil T	Cooling Coil T	Cooling Coil E	Plant Supply	Plant Supply	Boiler Gas R	Boiler Heating	Chiller Electric C
Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily
Obj35	Obj36	Obj37	Obj38	Obj39	Obj40	Obj41					
*	*	*	*	*	*	*					
Chiller Evapo	Chiller Evapo	Chiller Evapo	Chiller Evapo	Chiller Conde	Pump Mass F	Pump Outlet					
Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily					

Εικόνα 9.13.3.: Υποκατηγορία Output: Variable.

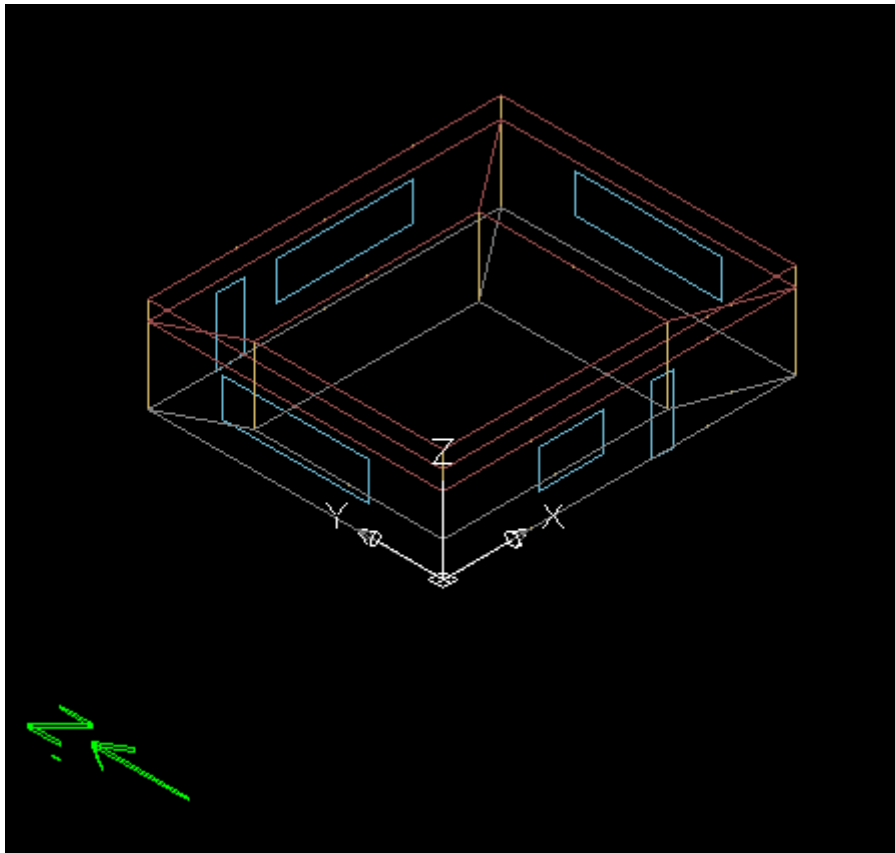
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Key Name		Electricity:Facility	Electricity:Building	InteriorLights:Electricity	Electricity:HVAC	Electricity:Plant	Gas:Facility	Gas:Plant
Reporting Frequency		Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily	Daily

Εικόνα 9.13.4.: Υποκατηγορία Output: Meter File Only.

9.14. Παρουσίαση σχεδίου κτιρίου:

Όταν ολοκληρωθεί η εισαγωγή και η επεξεργασία των δεδομένων του κτιρίου από την καρτέλα «View Results» και στη συνέχεια «Sets» είναι δυνατή η προβολή της μορφής του κτιρίου μέσω του «Drawing File» μέσα από την ενεργοποίηση του AutoCAD 2007 (.dxf). Πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι

το κτίριο που επιλέχθηκε και μοντελοποιήθηκε ανήκει στα ήδη έτοιμα του προγράμματος EnergyPlus. Πιο συγκεκριμένα έχει συνολική επιφάνεια δαπέδου περί τα 100m^2 (με πλάτος 11m, μήκος 9,2m και ύψος 3m). Παρακάτω είναι η προβολή του κτιρίου σε τρισδιάστατη μορφή με την βοήθεια του προγράμματος AutoCAD:



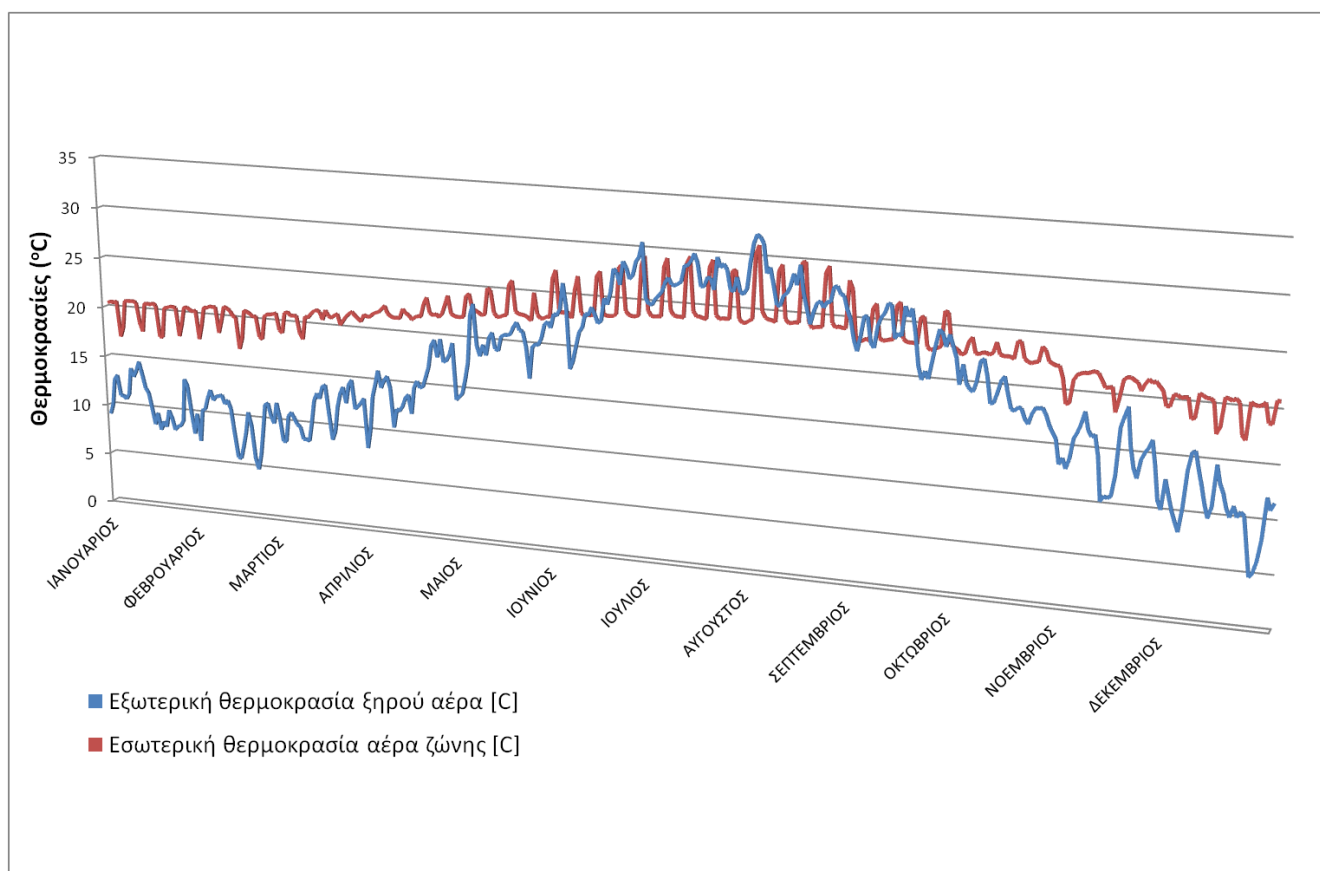
Εικόνα 9.14.1.: Σχέδια κτιρίου από AutoCAD.

10. Σύνοψη Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα:

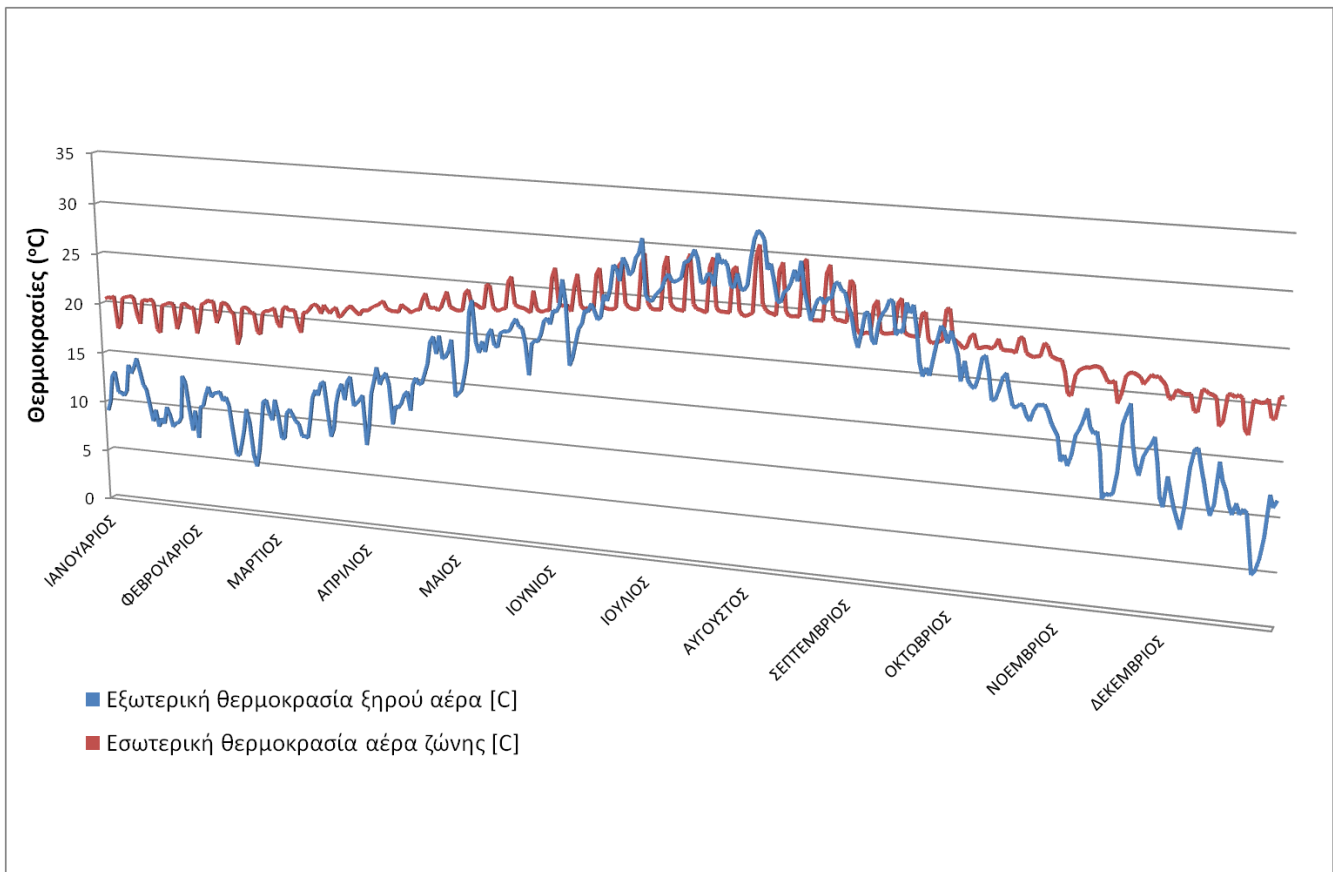
Οι επιλογές «Meters» και «Variables» δίνουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε μορφή αρχείου Excel και έτσι είναι εύκολη η επεξεργασία τους. Η επιλογή «Tables» δίνει αποτελέσματα σε μορφή HTML. Για την πιο εύκολη μελέτη των αποτελεσμάτων αυτά θα μετατραπούν για να χρησιμοποιηθούν τα αρχεία σε μορφή Excel. Τα αρχεία αυτά θα τεθούν υπό επεξεργασία και θα δημιουργηθούν διαγράμματα πάνω στα αποτελέσματα που έχουν δοθεί από τα προγράμματα. Αυτά παρατίθενται παρακάτω:

10.1. Διαγράμματα θερμοκρασίας:

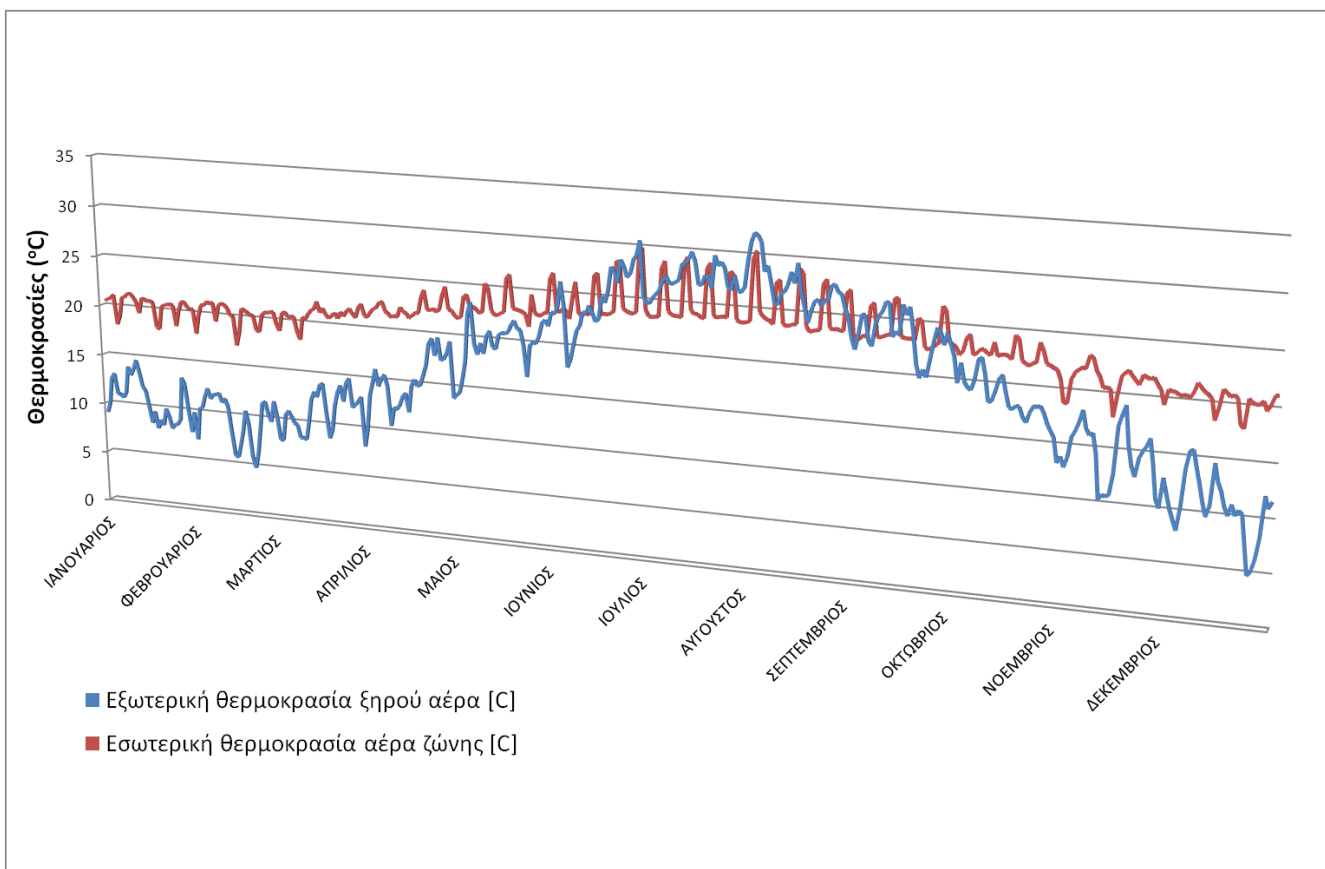
Στα ακόλουθα διαγράμματα απεικονίζονται οι θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν εξωτερικά αλλά και εσωτερικά του κτιρίου υπό μελέτη.



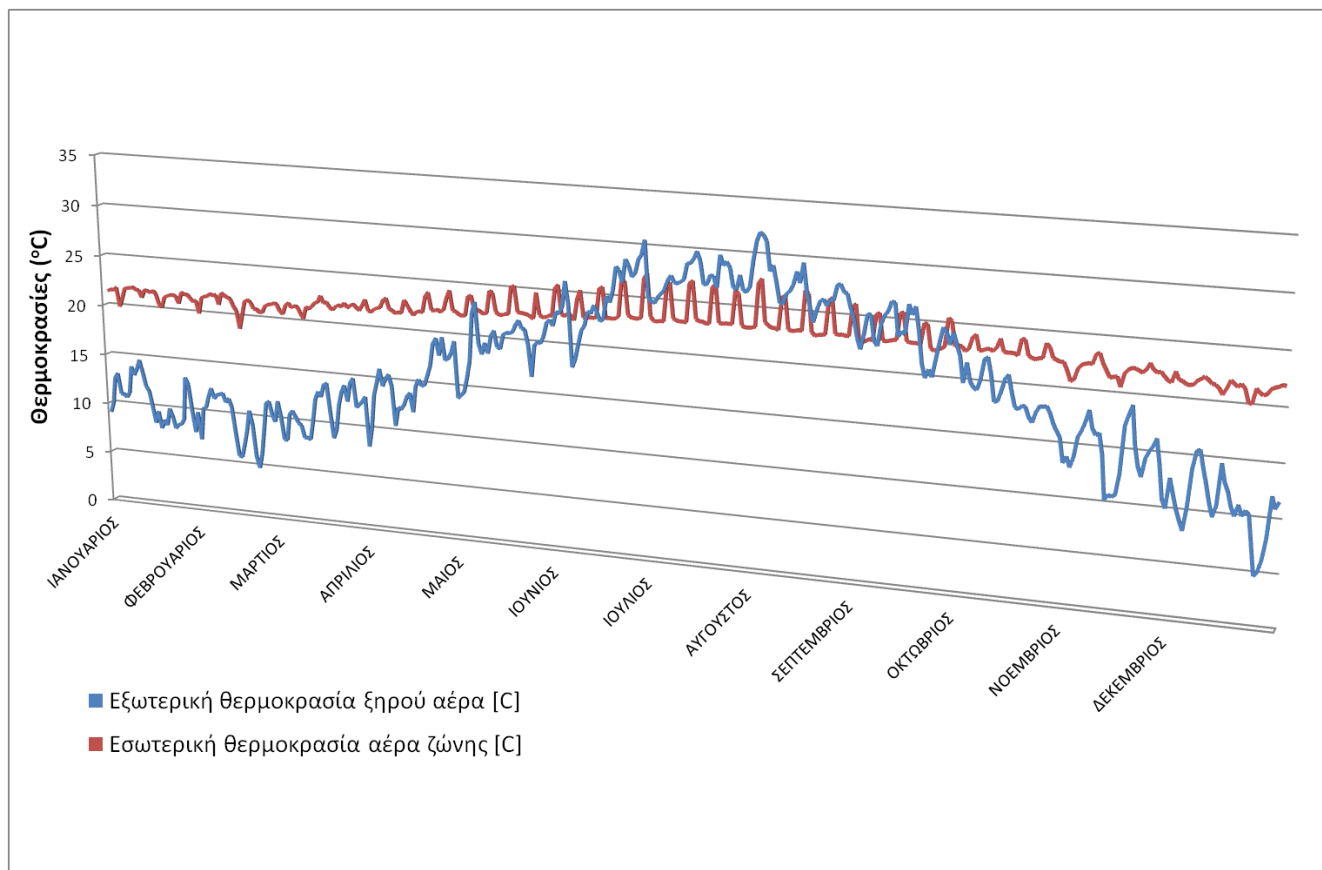
Διάγραμμα 10.1.1.: Θερμοκρασίες κτιρίου για θερμικά ελαφριά κατασκευή.



Διάγραμμα 10.2.1.: Θερμοκρασίες κτιρίου για θερμικά βαριά κατασκευή (πρώτη εκδοχή).



Διάγραμμα 10.1.3.: Θερμοκρασίες κτιρίου θερμικά βαριά κατασκευή (δεύτερη εκδοχή).



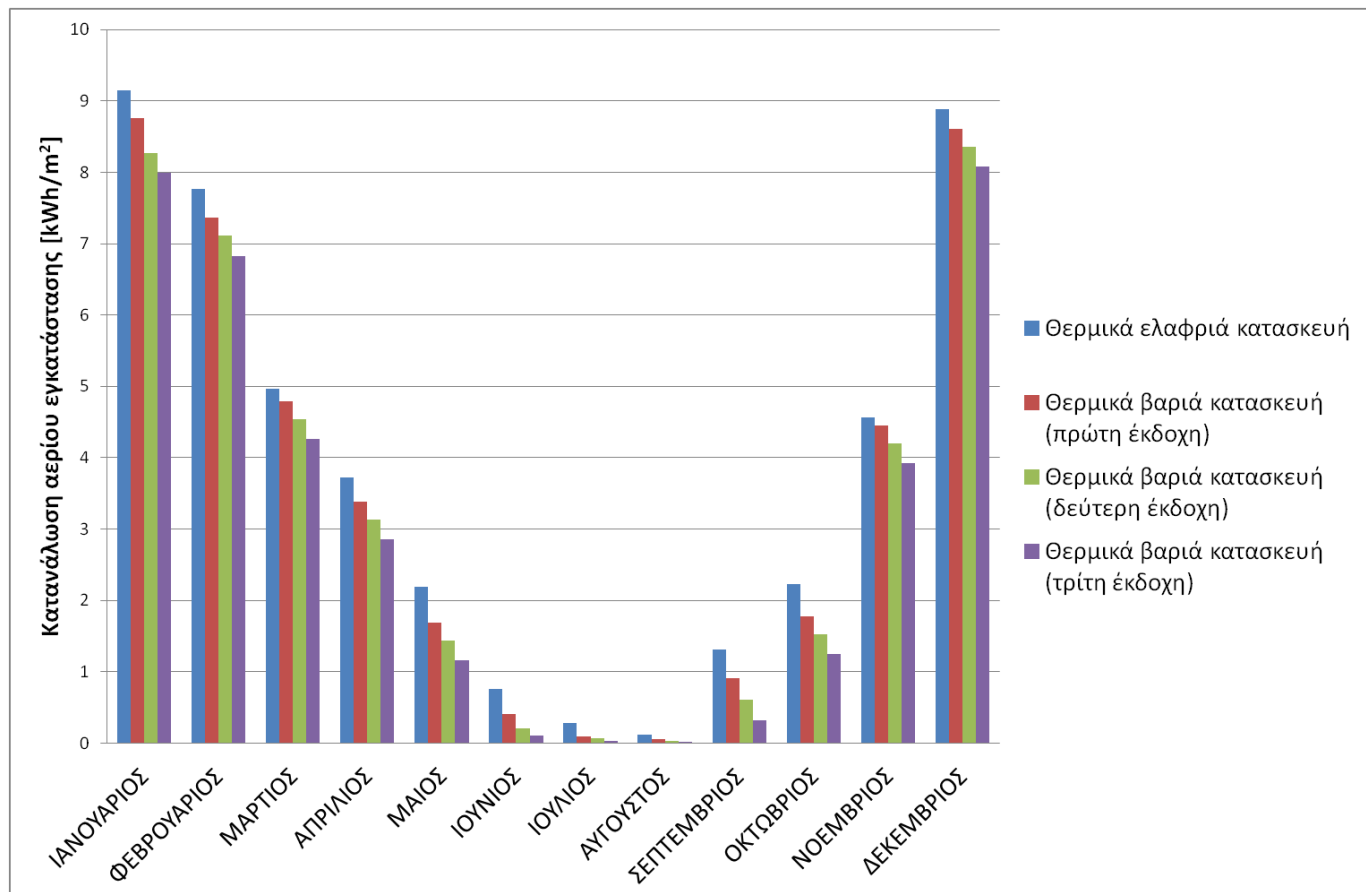
Διάγραμμα 10.1.4.: Θερμοκρασίες κτιρίου θερμικά βαριά κατασκευή (τρίτη εκδοχή).

Όπως είναι λογικό, οι θερμοκρασίες εξωτερικού χώρου ξηρού αέρα είναι όμοιες, μιας και ορίζονται από την υποκατηγορία «Site:Ground Temperature: Building Surface» που περιλαμβάνει τις μέσες θερμοκρασίες που επικρατούν ανά μήνα για ένα σπίτι της Αθήνας. Οι κύριες διαφορές εντοπίζονται στις εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα. Στο κτίριο που έχει επιλεγθεί να γίνει η μοντελοποίηση υπάρχουν πέντε ζώνες για να θερμανθούν καθορισμένες από το πρόγραμμα. Οι θερμοκρασίες τους έχουν αθροιστεί και έχει βρεθεί ο μέσος όρος τους για να εξετάζεται το κτίριο ως μια ζώνη θέρμανσης. Αυτές οι έσω-θερμοκρασιακές διαφορές υπάρχουν κυρίως εξαιτίας της υποκατηγορίας «Material», η οποία είναι η πιο βασική και επηρεάζει τη θερμική μάζα του κτιρίου, αλλά και της υποκατηγορίας «Schedule: Compact» στην οποία ορίζονται οι διάφορες δραστηριότητες και χρήσεις του κτιρίου. Η υποκατηγορία «Fenestration Surface:Detailed» είναι σχεδόν παρόμοια για όλα τα κτίρια. Τέλος, τα διαγράμματα αυτά εξαρτώνται και από τον θερμοστάτη του συστήματος θέρμανσης που έχει καθοριστεί να ενεργοποιείται όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 20°C. Το σύστημα αυτό λειτουργεί κατά τους ψυχρούς μήνες μόνο, όπως είναι λογικό.

Επομένως, αποδεικνύεται ότι η θερμική μάζα του κτιρίου με ελαφριά τοιχοποιία επηρεάζεται πιο εύκολα, έχει μεγαλύτερες θερμοκρασιακές μεταβολές και χρειάζεται μεγαλύτερα θερμικά φορτία, που της τα παρέχει ο λέβητας, για την εξισορρόπηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του χρόνου. Αντιθέτως, τα κτίρια βαριάς τοιχοποιίας, όσο αυξάνεται η τοιχοποιία, τόσο διατηρούν σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χρόνου και δεν έχουν σημαντικές θερμοκρασιακές μεταβολές.

10.2. Ιστόγραμμα κατανάλωσης καυσίμου:

Το ακόλουθο ιστόγραμμα παρουσιάζει τις μηνιαίες καταναλώσεις καυσίμου του λέβητα της προσομοίωσης. Έχει καθοριστεί από το πρόγραμμα σαν καύσιμη ύλη το αέριο θέρμανσης. Το αέριο σε αντίθεση με το πετρέλαιο θέρμανσης έχει καλύτερη καύση, άρα και απόδοση. Οι διάφορες διακυμάνσεις που παρουσιάζονται οφείλονται στο γεγονός ότι το κτίριο επηρεάζεται από το εξωτερικό κλίμα που επικρατεί στην περιοχή όπου βρίσκεται το κτίριο. Όσο μεγαλώνει η θερμική μάζα στο εσωτερικό των μοντελοποιήσεων, τόσο υπάρχει μείωση στην κατανάλωση της εγκατάστασης για να καλυφθούν οι θερμικές απαιτήσεις θέρμανσης.



Ιστόγραμμα 10.2.1.: Μηνιαίες καταναλώσεις αερίου λέβητα.

10.3. Συμπεράσματα:

Όπως προαναφέρθηκε, το συγκεκριμένο κτίριο που επιλέχθηκε για την προσομοίωση, όταν είναι μικρής θερμικής μάζας έχει μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου για να επιτευχθούν οι θερμοκρασιακές συνθήκες που έχει καθορίσει ο χρήστης, σε αντίθεση με τα κτίρια βαριάς τοιχοποιίας που έχουν κλιμακωτά αυξανόμενο πάχος υλικών στο εσωτερικό τους, αρά θερμική μάζα που τα βοηθά να ρυθμίζουν την εσωτερική θερμοκρασία τους. Αυτό αποδεικνύεται από το παραπάνω ιστόγραμμα. Συμπερασματικά προκύπτει ότι:

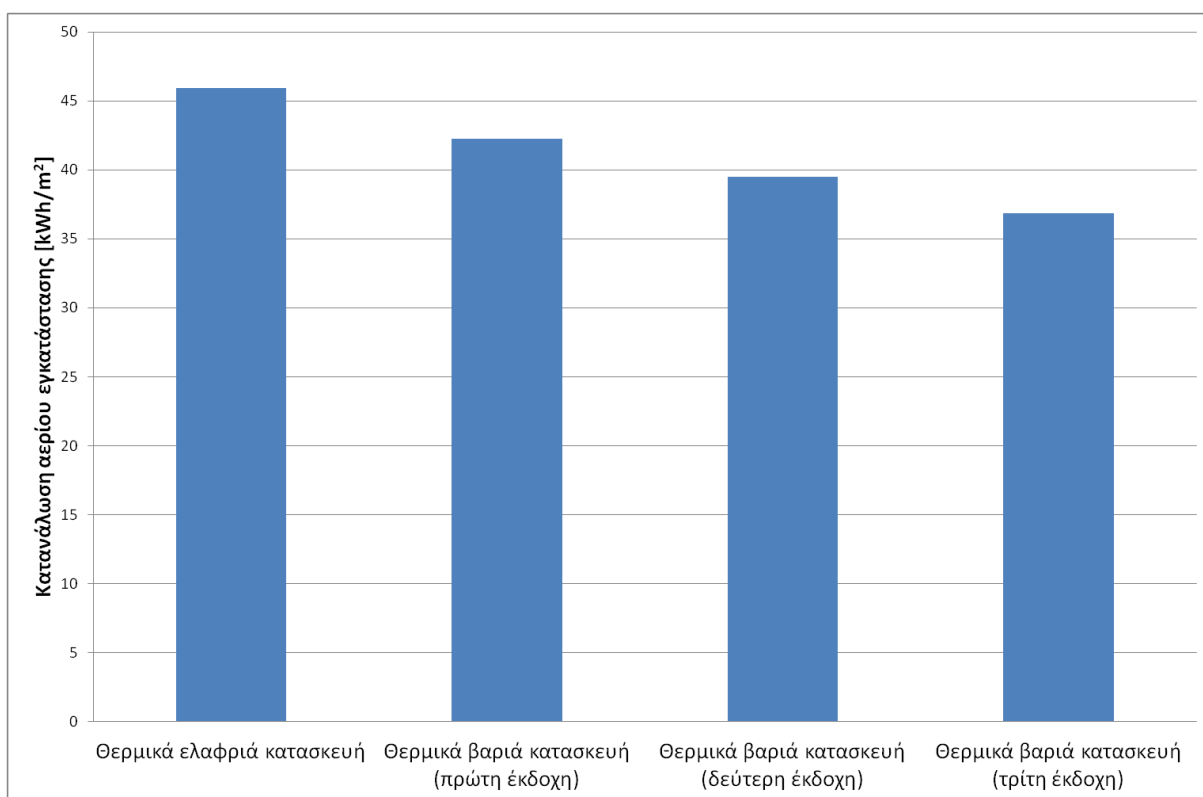
- Αρχικά ο λόγος που δεν υπάρχει προσθήκη στρώσεων επιπλέον υλικών με θερμοχωρητικές ιδιότητες στο κέλυφος του κτιρίου είναι για να μην υπάρχει απομόνωση από τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν και αλλοιώνεται έτσι το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Πρέπει το κτίριο να επηρεάζεται από τις εξωτερικές συνθήκες έως ένα βαθμό για να αξιοποιήσει την εσωτερική θερμική του μάζα η οποία αυξάνεται όσο αυξάνονται οι στρώσεις του υλικού στο εσωτερικό του,

καθώς αποθηκεύονται εκεί θερμικά κέρδη. Αν, δηλαδή, τοποθετηθούν υλικά με θερμοχωρητικές ιδιότητες εξωτερικά, θα υπάρξει μόνωση του περιβλήματος του κτιρίου άρα οι διάφορες μειώσεις στην κατανάλωση καυσίμου που θα υπάρξουν δεν θα οφείλονται μόνο στην θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία εξετάζεται σε αυτή την εργασία. Με αυτό τον τρόπο είναι πιο κατανοητή η επίδραση που θα έχει η θερμική μάζα στις θερμικές ανάγκες του κτιρίου.

- Γενικά παρατηρείται ότι το κτίριο σε όλες τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν χρειάζεται μεγαλύτερη κατανάλωση καύσιμου για την διατήρηση της θερμοκρασίας που έχει οριστεί το χειμώνα. Ο λόγος που γίνεται εστίαση σε αυτό είναι ότι σε αυτή την διπλωματική εργασία ερευνάται η επίδραση της θερμικής μάζας στις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου. Όμως, όσο αλλάζει η θερμική μάζα στις προσομοιώσεις που έγιναν, παρατηρείται σταδιακά μια σταθεροποίηση στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου τόσο κατά τους χειμερινούς, όσο και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το ίδιο ισχύει και για τις καταναλώσεις αερίου. Αυτό τεκμηριώνει το γεγονός ότι η θερμική μάζα αποτελεί σημαντικό παράγοντα ρύθμισης της θερμοκρασίας του κτιρίου.

- Ως προς τη θερμοκρασία, στο κτίριο ελαφριάς τοιχοποιίας παρατηρούνται αισθητές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και χρειάζεται θερμικά και ψυκτικά φορτία μεγαλύτερης ποσότητας, σε σχέση με ένα κτίριο βαριάς τοιχοποιίας. Όσο αυξάνονται οι στρώσεις στην τοιχοποιία στο εσωτερικό του κτιρίου, τόσο εξομαλύνονται οι ανάγκες που έχει το κτίριο.

- Αναφορικά με την κατανάλωση καυσίμου, γίνεται χρήση του κατά τους χειμερινούς μήνες που υπάρχει ζήτηση για θέρμανση του κτιρίου. Μέσα από το μηνιαίο ιστόγραμμα που παρουσιάστηκε παρατηρείται σταδιακή μείωση της κατανάλωσης καύσιμου όσο αυξάνονται οι στρώσεις του υλικού στους εσωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Οι καταναλώσεις αερίου που εμφανίζονται τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται σε ζεστό νερό χρήσης.



Ιστόγραμμα 10.3.1.: Ετήσιες καταναλώσεις καύσιμου των προσομοιώσεων των κτιρίων διαφορετικής κατασκευής.

Στο παραπάνω ιστόγραμμα παρουσιάζεται αναλογικά η ετήσια κατανάλωση καύσιμου για τις διαφορετικές προσομοιώσεις του κτιρίου. Πιο αναλυτικά, το κτίριο θερμικά ελαφριάς κατασκευής χρειάζεται ετησίως $45,9 \text{ kWh/m}^2$, το κτίριο θερμικά βαριάς κατασκευής στην πρώτη εκδοχή χρειάζεται ετησίως $42,3 \text{ kWh/m}^2$, το κτίριο θερμικά βαριάς κατασκευής στη δεύτερη εκδοχή χρειάζεται ετησίως $39,5 \text{ kWh/m}^2$ και, τέλος, το κτίριο θερμικά βαριάς κατασκευής στην τρίτη εκδοχή χρειάζεται ετησίως $36,8 \text{ kWh/m}^2$. Όσον αφορά στην ηλεκτρική κατανάλωση των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών, παραμένει όμοια και σταθερή για όλο το χρόνο της προσομοίωσης για όλες τις μοντελοποιήσεις που έγιναν διότι αυτές αναφέρονται στο ίδιο κτίριο το οποίο δεν υφίσταται καμία σχετική τροποποίηση, πέρα από τη θερμική μάζα, η οποία αλλάζει κάθε φορά.

Δεν υπάρχουν τεράστιες διαφορές στην κατανάλωση αερίου, όπως και ούτε μεγάλες μεταβολές στις εσωτερικές θερμοκρασίες του κτιρίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κτίριο δεν έχει μονωθεί εξωτερικά, προκειμένου να μελετηθεί καλύτερα η διακύμανση των συνθηκών που θα επικρατούν στο εσωτερικό του από την αύξηση των εσωτερικών στρωμάτων στην τοιχοποιία του.

Από όλα τα παραπάνω, είναι κατανοητό ότι η θερμική μάζα που καθορίζεται από τα δομικά υλικά που αποτελούν το κτίριο, είναι σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας για τις θερμικές ανάγκες που εμφανίζει το κτίριο. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοχωρητικότητα, η πυκνότητα αλλά και η θερμική αγωγιμότητα του κάθε υλικού που αποτελούν την τοιχοποιία, αλλά και το μέρος που θα επιλεγεί για να τοποθετηθεί αυτή, όπως και το πάχος που θα έχει, ρυθμίζουν την εσωτερική θερμοκρασία της κατασκευής. Προκύπτει άμεσα, λοιπόν, πως η θερμική μάζα παίζει πρωταρχικό ρόλο στη ρύθμιση των ιδανικών συνθηκών που έχει ορίσει ο χρήστης να επικρατούν στο κτίριο. Έχουν αναφερθεί ακόμα διάφοροι τρόποι ενίσχυσης και αξιοποίησης των κλιματικών αλλαγών σε συνδυασμό με την θερμική μάζα. Συγκεκριμένα, ο σχεδιαστής του κτιρίου θα πρέπει κατά το σχεδιασμό να λαμβάνει υπόψη του τις συνθήκες που επικρατούν εξωτερικά προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη τοιχοποιία. Η επιλογή της κατάλληλης τοιχοποιίας βοηθά στο να αποθηκεύει η θερμική μάζα του κτιρίου ψυκτικά φορτία το καλοκαίρι και θερμικά φορτία το χειμώνα, τα οποία θα εκμεταλλεύεται το κτίριο για την επίτευξη μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας και για τον περιορισμό των θερμοκρασιακών διαφορών που μπορεί να προκύπτουν. Τα παραπάνω συμπεράσματα μπορούν να διαφοροποιούνται κατά περίπτωση (π.χ. να διαπιστώνεται μικρότερη ζήτηση ενέργειας σε θερμικά ελαφριές κατασκευές), ανάλογα με τα θερμικά κέρδη, τις απώλειες του κτιρίου και τη σχέση των μεγεθών αυτών, όπως δείχθηκε λεπτομερώς στην αναλυτική μελέτη του ζητήματος.

Βιβλιογραφία

1. Γελεγένης Ι. Σημειώσεις Διαχείριση Ενέργειας/ Τ.Ε.Ι. Αθηνών: Τμήμα Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας, Ιούνιος 2017.
2. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αποτελέσματα έργου Κ.Π.Σ.- Ε.Π.Ε. – Μέτρο 3.1.4, Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής. Κέντρο ανανεώσιμων πηγών & εξοικονόμησης ενέργειας. <http://www.cres.gr/cres/index.html> Ημερομηνία επίσκεψης: 08/10/2020.
3. Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία. (Eurostat) https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Main_Page Ημερομηνία επίσκεψης: 26/10/2020.
4. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας/ Αθήνα 2011/ Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, Θεσμικό πλαίσιο-Μεθοδολογία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.
5. Υπουργείο Ανάπτυξης και Επενδύσεων. <http://www.mindev.gov.gr> Ημερομηνία επίσκεψης: 19/09/2020.
6. Ελληνική στατιστική υπηρεσία/ Έτος 2011-2012/ ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ: Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά.
7. Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (άρθρο 9/ Αθήνα, Δεκέμβριος 2017/ Οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων).
8. Greenpeace <https://www.greenpeace.org/greece> Ημερομηνία επίσκεψης: 13/11/2020.
9. Δομικά υλικά. <https://fragoulakis.gr/> Ημερομηνία επίσκεψης: 19/09/2020.
10. Καθηγητής: Α. Μοροπούλου και ΕΔΙΠ Κ. Λαμπρόπουλος/ Αθήνα 2013/ Μάθημα: Δομικά Υλικά και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια/ Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
11. Βασικές έννοιες γύρω από την θερμομόνωση και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα <https://bioclima.gr/vasikes-ennoies-themomonosi> Ημερομηνία επίσκεψης: 20/01/2021.
12. Εκδόσεις ΚΤΙΡΙΟ Επιλογή στην Δόμηση/ Αυγούστου 2014/ Μηνιαίο περιοδικό/ τεύχος 08.
13. Εκδόσεις ΚΤΙΡΙΟ Επιλογή στην Δόμηση/ Φεβρουάριος 2011 /Επιμέλεια: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Μ.ΑΓΙΣ / Τίτλος: Οδηγός Ενεργειακού Σχεδιασμού/ ISBN13: 9789606803086.
14. Εκδόσεις ΚΤΙΡΙΟ Επιλογή στην Δόμηση /Απρίλιος 2012 / Επιμέλεια: ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ / Τίτλος: Οδηγός Σχεδιασμού Εγκαταστάσεων / ISBN13: 9789606803123.
15. Θ. Νικολάκος/ Αθήνα 2015/ Βιοκλιματικός σχεδιασμός παθητικά συστήματα /2Τ141. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΕΛΥΦΩΝ. 10-06-2014.
16. Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ε./ Θεσσαλονίκη 2006/ «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα»/ University Studio Press.
17. Κλειώ Ν. Αξαρλή/Θεσσαλονίκη Μάρτιος 2009/ 1-13 Γενικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.
18. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΚΥΠΡΙΩΝ ΠΟΛΙΤΩΝ 2010 <https://www.cea.org.cy> Ημερομηνία επίσκεψης: 17/10/2020.
19. Χ. Α. Κωνσταντινίδου, Α. Μ. Παπαδόπουλος/ Αθήνα 2012/ Η επιρροή της θερμομόνωσης σε κατασκευές μεγάλης θερμοχωρητικότητας για θερμά κλίματα.
20. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia> Ημερομηνία επίσκεψης: 22/11/2020.
21. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κατοικίας. <https://greencom.gr/> Ημερομηνία επίσκεψης: 26/10/2020.
22. Π. Σταμάτης Δ./ Αθήνα 2007/ Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια: οικιακά, αθλητικά κέντρα, βιομηχανίες, μεταφορές/ : ΤεκΔΟΤΙΚΗ.
23. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: Στατιστική Ανάλυση για το έτος 2015, Μάρτιος 2016.
24. Τι είναι οι βαθμοημέρες. http://ziakopoulos.blogspot.com/2014/10/blog-post_18.html Ημερομηνία επίσκεψης: 10/9/2020.

25. Εκδότης: CIBSE/ London Οκτώβριος 2006 Degree-days: theory and application TM41 / ISBN13: 9781903287767.
26. EnergyPlus Documentation Getting Started with EnergyPlus Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus.
27. ΔΙΠΕ – ΥΠΕΧΩΔΕ. 2000. «Οικολογική Δόμηση». Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, ISBN 960-393-133-0.
28. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying the document REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL / Brussels, 18.11.2015 SWD(2015) 245 final/ PART 1-2.
29. Τεχνική Οδηγία/Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας TOTEE 20701-1/2010/Αθήνα-Απρίλιος 2012,
30. Linda Pedersen/ Αγγλία 2007/ *Load Modeling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems*, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology Trondheim
31. Alexandri, E., and Jones, P./ Βόλος 2006/ «Sustainable Urban Future in Southern Europe - What about the Heat Island Effect? » ERSA 2006