



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Ανάλυση αρχών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, με έμφαση
στη διαστασιολόγηση των συστημάτων**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΟΥΣΤΑΚΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: Ιωάννης Γελεγένης

Αθήνα 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κτηριακός τομέας εμφανίζει μεγάλο ρυθμό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλλει στη μείωση αυτού του φαινομένου με τη βοήθεια των κλιματικών δεδομένων ενός τόπου. Η συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται στο όφελος του κόστους ενέργειας θέρμανσης-ψύξης με την αύξηση του κόστους ενός νότια προσανατολισμένου παραθύρου ενός κτηρίου. Σκοπός δηλαδή είναι το μέγιστο άνοιγμα του παραθύρου με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω ηλιακής ακτινοβολίας. Με τη βοήθεια του προγράμματος Energy Plus και του climate consultant 6.0 πραγματοποιείται η βιοκλιματική ανάλυση στο ίδιο κτήριο, σε δύο διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, έτσι ώστε να δούμε πώς τα κλιματικά δεδομένα επηρεάζουν τις ανάγκες θέρμανσης-ψύξης μιας περιοχής και κατά συνέπεια το σκοπό αυτής της μελέτης.

ABSTRACT

The building sector displays a high rate of increase in energy consumption. Bioclimatic design contributes to reduce this phenomenon with the help of climatic data of a place. This study refers the benefits of heating-cooling energy costs by increasing the cost of a south-facing window of a building. The purpose is to maximize the window opening with the highest possible energy savings through solar radiation. With the help of Energy Plus and climate consultant 6.0 programs, bioclimatic analysis is performed in the same building in two different regions of Greece, so that we can see how climate data affects the heating-cooling needs of a region and therefore the purpose of this study.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	
1.1 Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό	7
1.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	7
1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ.)	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
2.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	9
2.2 Συστήματα άμεσου κέρδους	9
2.3 Ανοίγματα	10
2.3.1 Νότια ανοίγματα	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (N.Z.E.B.)	
3.1 Τα βιοκλιματικά διαγράμματα και ο ψυχομετρικός χάρτης	11
3.1.1 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay	12
3.1.2 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni	13
3.1.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay	14
3.1.4 Πίνακες Mahoney	15
3.2 Εισαγωγή στα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης	16
3.3 Αναφορές σε κτήρια μηδενικής κατανάλωσης	17
3.4 Λόγος παραθύρου –τοίχου σε κτήρια (WWR)	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS	
4.1 Τι είναι πρόγραμμα Energy Plus	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS	
5.1 Σχήμα κτηρίου	23

5.2 Περίπτωση 1 ^η : Αθήνα	24
5.2.1 Κλιματικά Δεδομένα Κτηρίου	24
5.2.2 Βιοκλιματική – Οικονομική ανάλυση νότιου ανοίγματος	27
5.3 Περίπτωση 2 ^η : Θεσσαλονίκη	34
5.3.1 Κλιματικά Δεδομένα Κτηρίου	34
5.3.2 Βιοκλιματική - Οικονομική ανάλυση νότιου ανοίγματος	36
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	42
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	44

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σημερινή εποχή όπου υπάρχει κρίση και γενικότερα ενεργειακή κρίση, ο άνθρωπος έχει στρέψει το ενδιαφέρον του στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και στην δημιουργία τεχνολογιών οι οποίες θα εκμεταλλεύονται όσο το δυνατόν περισσότερο την διαθέσιμη ενέργεια. Γενικότερα τα τελευταία χρόνια είναι έντονη η προσπάθεια που γίνεται για την εξοικονόμηση της ενέργειας και της σωστής χρήσης της σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα στις μετακινήσεις, στον κτηριακό και στον βιομηχανικό τομέα.

Όσον αφορά τον κτηριακό τομέα με τον οποίο και θα ασχοληθούμε, η κατανάλωση ενέργειας αφορά πολύ μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως αφού ο άνθρωπος περνά πολύ μεγάλο χρόνο της ζωής του μέσα σε κτήρια. Επομένως είναι υψίστης πλέον σημασίας να γίνεται εξοικονόμηση και σωστή αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας στον κτηριακό τομέα καθώς επίσης η καταναλισκόμενη αυτή ενέργεια να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αλλοίωση και καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Τα σύγχρονα αυτά κτήρια πετυχαίνουν ελαχιστοποιημένες καταναλώσεις χάρη στην σημαντική βοήθεια του βιοκλιματικού σχεδιασμού .

Σε αυτήν την εργασία αναλύεται η μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο μέσω των άμεσων παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και συγκεκριμένα των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων.

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι το βέλτιστο - οικονομικό όφελος θέρμανσης ενός κτηρίου, και συγκεκριμένα του νότιου ανοίγματος αυτού, μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας .

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, τις αρχές του καθώς και μια αναφορά στον κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ.).

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συστήματα άμεσου κέρδους και συγκεκριμένα οι προδιαγραφές κατασκευής νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή αναφορά σε κτήρια μηδενικής κατανάλωσης στην Ελλάδα , αναλύεται ο όρος n.z.e.b. , διατυπώνεται ο ορισμός του WWR (λόγου παραθύρου – τοίχου) και αναφέρονται αναλυτικά τα βιοκλιματικά διαγράμματα που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό κτηρίων με σκοπό την ελαχιστοποίηση χρήσης ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή παρουσίαση του προγράμματος Energy Plus που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη .

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η βιοκλιματική – οικονομική ανάλυση του νότια προσανατολισμένου ανοίγματος ενός κτηρίου όπου σταθμίζεται το κόστος του παραθύρου με το όφελος στο κόστος ενέργειας, σε διαφορετικό εμβαδόν παραθύρου κάθε φορά, για 2 περιοχές της Ελλάδας, Αθήνα και Θεσσαλονίκη.

1. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1 Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ένας κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη το τοπικό κλίμα μιας περιοχής και εξασφαλίζει τις κατάλληλες εσωκλιματικές συνθήκες με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες περιβαλλοντικές πηγές. Δηλαδή χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτηρίων, τους δροσερούς ανέμους για την ψύξη, τη βλάστηση για τη σκίαση και το φυσικό φως για τον φωτισμό.

Σκοπός του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η κατασκευή κτηρίων που θα έχουν όσο το δυνατόν λιγότερες θερμικές απώλειες και τη μεγαλύτερη δυνατή διατήρηση θερμικής ενέργειας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλίσει μία σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια. Στις μεσογειακές χώρες, που χαρακτηρίζονται από ήπιο κλίμα, με αυξημένη ηλιοφάνεια και δροσερούς καλοκαιρινούς ανέμους, υπάρχει μεγάλη δυνατότητα κατασκευής κτηρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτήρια, όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτήρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα μη μονωμένα κτήρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

1.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός του κτηρίου οφείλει να συνάδει με τις ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του:

- α) το κτήριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα
- β) το κτήριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- γ) το κτήριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- δ) το κτήριο να λειτουργεί ως κέλυφος προστασίας και αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι

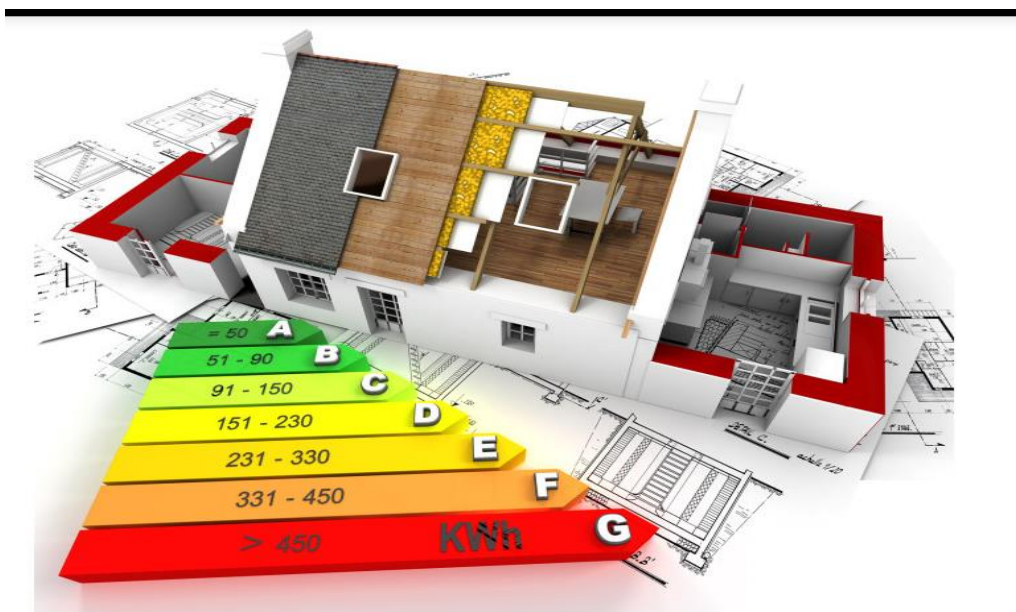
1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ)

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

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται στα άρθρα 4 και 5 του Κ.Εν.Α.Κ., προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτηρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια, αναφέρονται στο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους και στα τεχνικά συστήματα.

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



Εικόνα 1.1 Κατηγοριοποίηση ενεργειακής κλάσης κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)

2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ονομάζονται τα συστήματα θέρμανσης που αξιοποιούν τον ήλιο για την θέρμανση του κτηρίου χωρίς τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού.

Ο βασικός τους σκοπός είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας, στη συνέχεια η αποθήκευσή και η διανομή της στους χώρους του κτηρίου υπό μορφή θερμότητας. Τα παθητικά συστήματα διακρίνονται σε 3 κατηγορίες : α) Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, β) Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους και γ) Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.

2.2 Συστήματα άμεσου κέρδους

Το πιο απλό σύστημα που αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την θέρμανση του κτηρίου είναι το άμεσο κέρδος μέσω των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων.

Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

Σημαντικό ρόλο για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος παίζει η επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και η επιλογή των δομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδο, οροφή). Ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτηρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα.

Η θερμότητα που αποθηκεύεται αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο –καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί, απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου-, αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιο-φάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).

Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτηρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους από ένα κτήριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρη-τικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτηρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

2.3 Ανοίγματα

Ένας από τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η λειτουργία του κτηρίου ως ηλιακός συλλέκτης είναι τα ανοίγματα. Το γυαλί είναι ένα υλικό με κακές θερμομονωτικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, όταν η εσωτερική θερμοκρασία ενός χώρου είναι 20 °C και η εξωτερική 0 °C, έχουμε τις παρακάτω απώλειες:

- 7 W/cm² για καλά θερμομονωμένη τοιχοποιία
- 60 W/cm² για διπλό υαλοπίνακα
- 116 W/cm² για μονό υαλοπίνακα.

2.3.1 Νότια ανοίγματα

Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτηρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, μόνο όταν έχουν προσανατολισμό νότιο ή ±30° ανατολικά ή δυτικά του νότου.

Η κατασκευή νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- α) Επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση του κτηρίου
- β) Εξασφαλίζει μεγάλα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα και μικρά το καλοκαίρι.
- γ) Παρουσιάζει μικρότερο κίνδυνο υπερθέρμανσης το καλοκαίρι σε σχέση με αυτόν, που συνεπάγεται η ύπαρξη ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων.
- δ) Η ηλιοπροστασία γίνεται εύκολα με τη χρήση απλών οριζόντιων σκιάστρων.

Στο νότο προτείνονται μεγάλα ανοίγματα με μονό ή διπλό υαλοπίνακα (τζάμι).

3: ΚΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (N.Z.E.B.)

3.1 Τα βιοκλιματικά διαγράμματα και ο ψυχομετρικός χάρτης

Τα βιοκλιματικά διαγράμματα συνδέουν τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κλίματος όπως η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία κ.α. με την ανθρώπινη αίσθηση της άνεσης μέσα στους εσωτερικούς χώρους των κτηρίων. Έτσι μέσω αυτών δίνονται οι κατευθυντήριες για τον σχεδιασμό του κτηρίου τέτοιες ώστε να μεγιστοποιείται η αίσθηση άνεσης μέσα στο κτήριο και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιείται η χρήση ενέργειας.

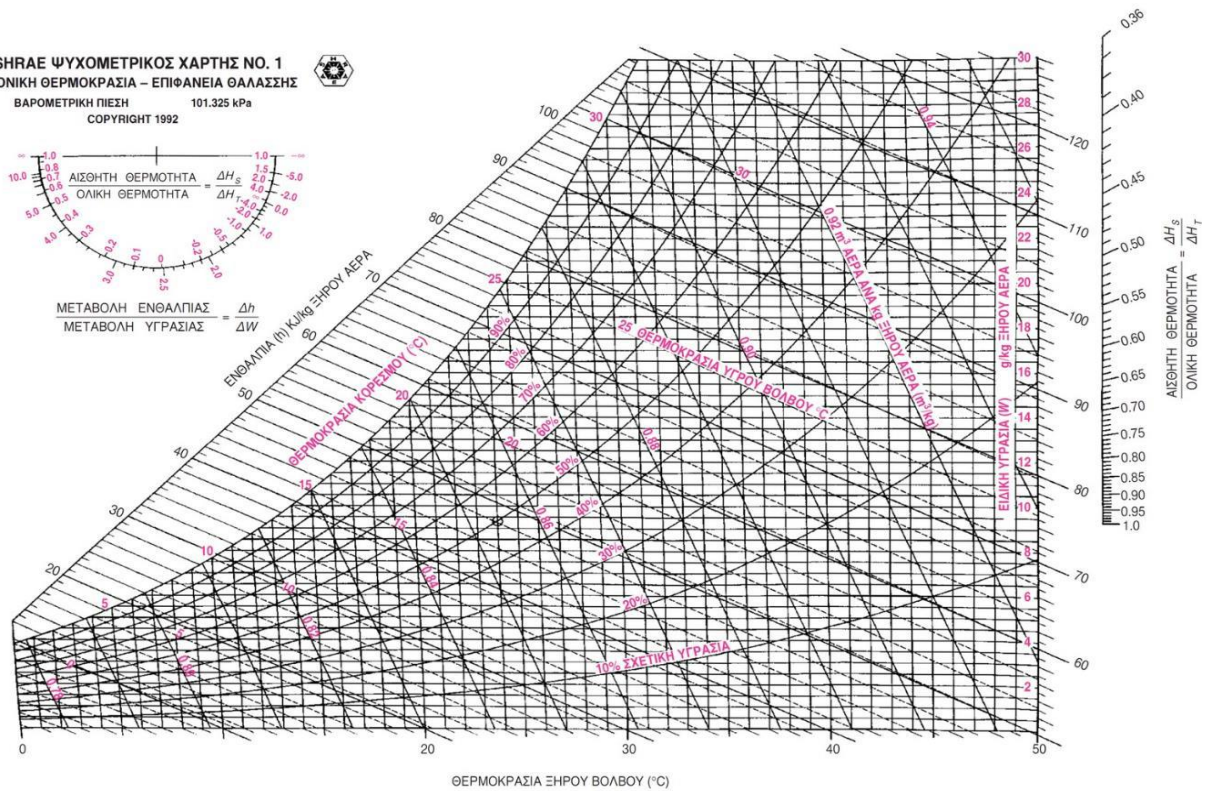
Όπως θα παρουσιασθεί παρακάτω υπάρχουν περισσότερα από ένα βιοκλιματικά διαγράμματα ενώ όλα έχουν ένα κοινό στοιχείο και ταυτόχρονα στόχο: “την περιοχή άνεσης”. Η περιοχή άνεσης χαρακτηρίζεται από ένα εύρος κλιματικών συνθηκών στις οποίες ο μέσος όρος των ανθρώπων νιώθει θερμικά άνετα. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα είναι τα εξής:

- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay
- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni
- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay
- Πίνακας Mahoney

Παρακάτω θα αναλυθούν εκτενέστερα αυτά τα βιοκλιματικά διαγράμματα.

Κάποια από τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιούν τον ψυχομετρικό χάρτη για την απεικόνιση των πληροφοριών. Ψυχομετρικός χάρτης ή ψυχομετρικό διάγραμμα είναι η γραφική απεικόνιση των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του αέρα καθώς και των σχέσεων που αυτά έχουν μεταξύ τους. Ο χάρτης αυτός απεικονίζει τα εξής στοιχεία: θερμοκρασία υγρού και ξηρού βολβού, ειδική ενθαλπία, σχετική υγρασία, το σημείο δρόσου και τον ειδικό όγκο αέρα.

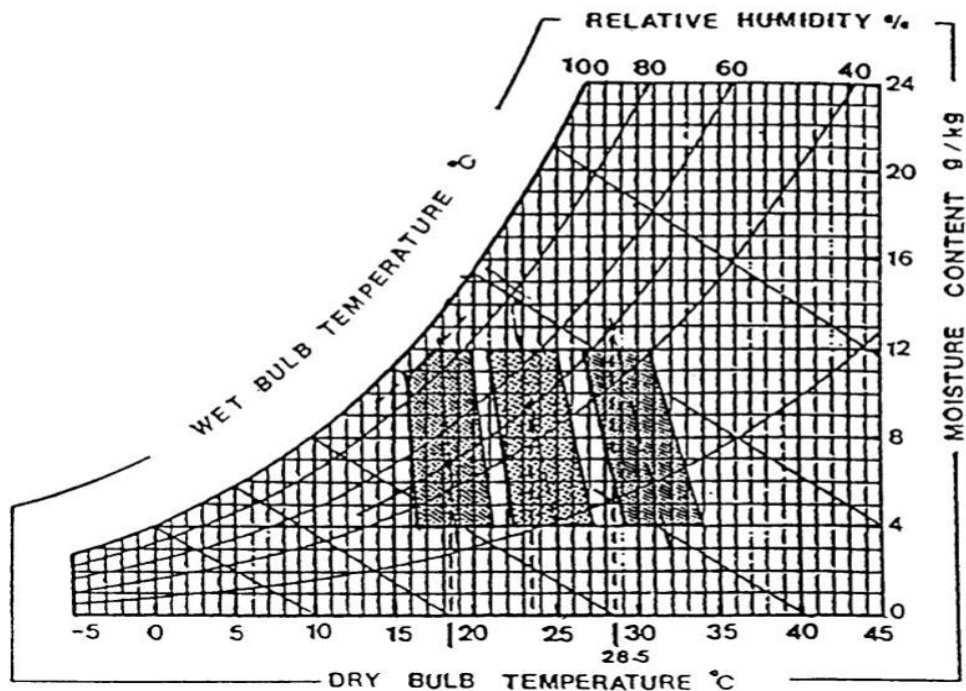
Ο ψυχομετρικός χάρτης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο δίνει στον μελετητή την δυνατότητα εύρεσης 5 θερμοδυναμικών στοιχείων του αέρα γνωρίζοντας μόνο δύο. Η μορφή του ψυχομετρικού χάρτη φαίνεται στο σχήμα 3.1. Να τονισθεί εδώ πως κάθε ψυχομετρικός χάρτης είναι έγκυρος μόνο για μια συγκεκριμένη πίεση αέρα (η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο υψόμετρο). Η ανάγνωση του πολύπλοκου αυτού διαγράμματος απαιτεί βασικές γνώσεις, εξοικείωση με αυτό καθώς και εξάσκηση παρόλα αυτά δεν θα αναφερθούν περειαίρω λεπτομέρειες για αυτό σε αυτή την εργασία. (πηγή Ali Sayigh and Hamid Marafia, 1998)



Σχήμα 3.1 Ο ψυχομετρικός χάρτης (πηγή ASHRAE)

3.1.1 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay

Αυτό το διάγραμμα ουσιαστικά είναι το ίδιο με το διάγραμμα του Givoni με την μόνη διαφορά πως ο Szokolay έλαβε υπόψιν στο διάγραμμα του τη θερμική ουδετερότητα. Με τον όρο θερμική ουδετερότητα εννοείται η θερμοκρασία αυτή στην οποία ένας άνθρωπος αισθάνεται θερμικά ουδέτερα ή γενικά άνετα. Με την θερμική ουδετερότητα ασχολήθηκαν ο Humphrey και ο Auliciemes οι οποίοι ουσιαστικά μελετήσαν το θέμα αυτό με την βοήθεια εργαστηριακών μετρήσεων σε ανθρώπους. Τελικά το συγκεκριμένο διάγραμμα απεικονίζει περισσότερες από μια περιοχές θερμικής άνεσης ανάλογα με την περιοχή και την ευαισθησία των ανθρώπων ώστε τα αποτελέσματα να ανταποκρίνονται ακόμα καλύτερα στην πραγματικότητα.



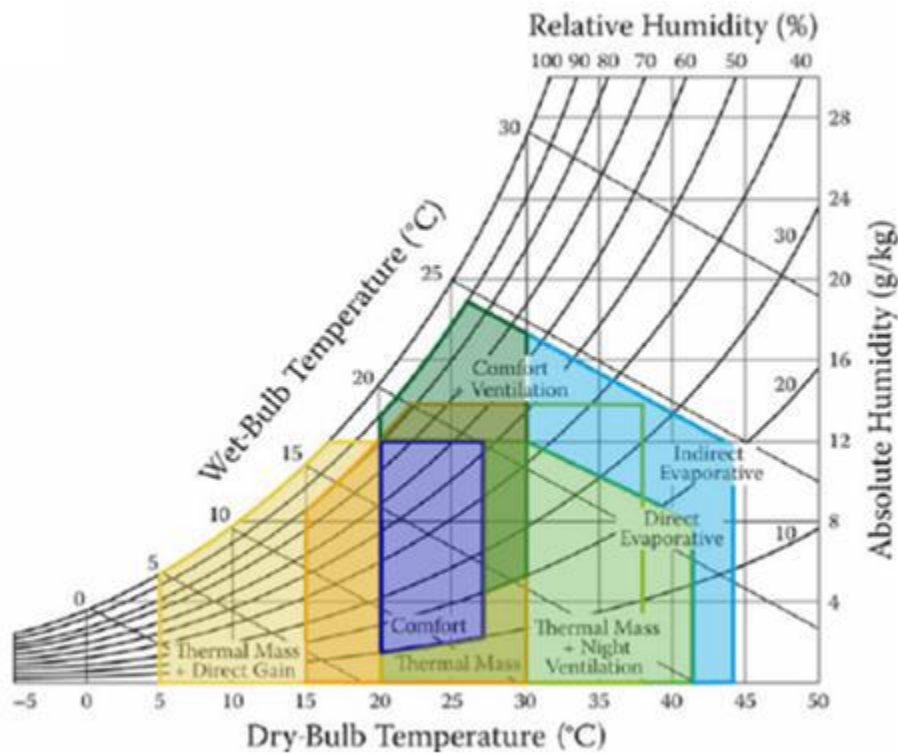
Σχήμα 3.2 Βιοκλιματικό διάγραμμα Szokolay

3.1.2 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni

Το διάγραμμα αυτό είναι βασισμένο πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη πάνω στον οποίο τοποθετούνται 8760 σημεία (όσες και οι ώρες που έχει ένα έτος) όπου το κάθε σημείο δείχνει τις θερμοδυναμικές συνθήκες του εξωτερικού αέρα για κάθε μία από τις ώρες τους έτους. Εφόσον στον ψυχομετρικό χάρτη είναι γνωστό πως απεικονίζονται τα θερμοδυναμικά στοιχεία του εξωτερικού αέρα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni τελικά συνδέει τα στοιχεία του εξωτερικού αέρα με αυτά του εσωτερικού.

Σε κάποιο σημείο (κοντά στο κέντρο) φαίνεται οριοθετημένη μια περιοχή η οποία είναι η περιοχή άνεσης. Όλα τα σημεία που βρίσκονται εντός αυτής της περιοχής υποδεικνύουν συνθήκες θερμικής άνεσης. Στη συνέχεια η κάθε τεχνολογία βιοκλιματικού σχεδιασμού που χρησιμοποιείται στο κτήριο προσθέτει μια επιπλέον οριοθέτηση θερμικής άνεσης στο διάγραμμα έτσι ώστε ακόμα περισσότερα σημεία να βρίσκονται πλέον στα πλαίσια θερμικής άνεσης.

Με αυτόν τον τρόπο το βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni δίνει στον μελετητή κατευθυντήριες για την εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης και άμεσου κέρδους, φυσικού δροσισμού και αερισμού, θερμικής μάζας και θερμικής μάζας με νυκτερινό αερισμό, δροσισμού μέσω εξάτμισης και σκιασμού.



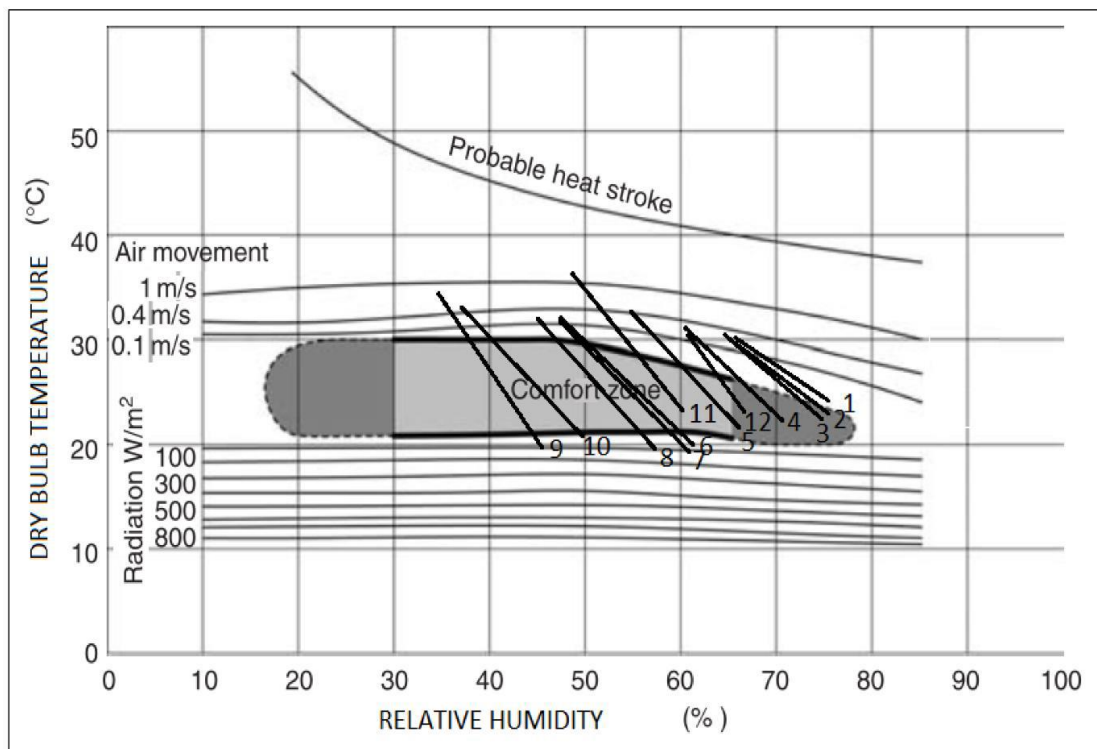
Σχήμα 3.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni

3.1.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay

Το βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay ήταν από τις πρώτες προσπάθειες που έγιναν για τον σχεδιασμό περιβαλλοντικά φιλικών κτηρίων. Αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1950 και είχε ως στόχο να συνδέσει τα χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής με τον σχεδιασμό του κτηρίου.

Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει τις ζώνες θερμικής άνεσης των ανθρώπων σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία, την μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, την ταχύτητα αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία και την ψύξη μέσω εξάτμισης. Όπως φαίνεται και από το σχήμα η τεταγμένη του διαγράμματος είναι η θερμοκρασία ξηρού βολβού και η τετμημένη είναι η σχετική υγρασία αντίστοιχα. Στο κέντρο του διαγράμματος φαίνεται η περιοχή άνεσης και για σημεία εκτός αυτής της ζώνης το διάγραμμα προτείνει λύσεις ώστε να επικρατήσουν και πάλι συνθήκες θερμικής άνεσης.

Σημαντικό μειονέκτημα του διαγράμματος αυτού είναι πως έχει να προτείνει πολύ λίγες λύσεις για τον σχεδιασμό του κτηρίου γεγονός που το καθιστά ανούσιο για χρήση στην δεκαετία του 2010 όπου τα κτήρια πλέον σχεδιάζονται με πολύπλοκες βιοκλιματικές τεχνικές. Οι δώδεκα αριθμημένες γραμμές που απεικονίζονται στο σχήμα είναι οι μήνες του έτους ενώ οι "οριζόντιες" γραμμές πάνω και κάτω από την περιοχή θερμικής άνεσης δείχνουν τι μέτρα πρέπει να ληφθούν υπόψιν για να διατηρηθεί η θερμική άνεση (σε περίπτωση που ένα σημείο τέμνει κάποια από αυτές τις γραμμές).



Σχήμα 3.4 Το βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgay

3.1.4 Πίνακες Mahoney

Οι πίνακες Mahoney χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του κλίματος μιας περιοχής προκειμένου να παρέχουν κατασκευαστικές κατευθυντήριες για τα κτήρια. Συνολικά σε αυτήν την μεθοδολογία χρησιμοποιούνται έξι πίνακες εκ των οποίων οι τέσσερις χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και οι δύο για την πληροφόρηση του μελετητή για τις κατασκευαστικές κατευθυντήριες. Εισάγονται στους αντίστοιχους πίνακες η μέση, μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία και σχετική υγρασία καθώς επίσης και δεδομένα για την βροχόπτωση. Τελικά από την μέθοδο αυτή δίνονται κατευθυντήριες σχετικά με την τελική διάταξη του κτηρίου και των εσωτερικών χώρων, τα ανοίγματα, τους τοίχους, την οροφή, την διάταξη των εξωτερικών χώρων και την προστασία από την βροχή.

3.2 Εισαγωγή στα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης

Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (near zero energy buildings-nzeb) είναι κτήρια πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ταυτόχρονα χαμηλής κατανάλωσης τα οποία συνήθως ενσωματώνουν στον σχεδιασμό τους τεχνολογίες αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προκειμένου ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της ζητούμενης ενέργειας ή και όλη να καλύπτεται από αυτές. Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης αποτελούν μια σύγχρονη άποψη για το οικολογικό κτήριο η οποία συνεχώς αναπτύσσεται και αποδεικνύει τη συλλογική προσπάθεια του ανθρώπου να ελαχιστοποιήσει το ίχνος του στο φυσικό περιβάλλον.

Γενικότερα στον κόσμο πολλές είναι οι εφαρμογές των nzeb μέχρι στιγμής κυρίως σε χώρες όπου απαιτείται υποχρεωτικά από το θεσμικό πλαίσιο. Στην Ελλάδα το άρθρο 9 θεσπίζει πως από την 1/1/2021 θα πρέπει κάθε νέο κτήριο να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Επομένως σήμερα υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές nzeb στην χώρα καθώς δεν επιβάλλεται υποχρεωτικά από την νομοθεσία ενώ ταυτόχρονα το κόστος για τον σχεδιασμό και την κατασκευή είναι ακόμα σχετικά υψηλό εφόσον η συγκεκριμένη «μόδα» των nzeb δεν έχει ακόμα ωριμάσει.

Από τεχνολογικής άποψης τα nzeb πετυχαίνουν πολύ χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση κυρίως διότι ενσωματώνουν στον σχεδιασμό τους τεχνολογίες βιοκλιματικού σχεδιασμού με τις οποίες είναι εφικτή η κάλυψη αναγκών όπως φωτισμός θέρμανση ή δροσισμός χώρων χωρίς την επιπλέον κατανάλωση ενέργειας ενώ παράλληλα όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που περιέχεται σε αυτά είναι πολύ υψηλής απόδοσης. Η μόνωση του κελύφους είναι ένα από τα στοιχεία κλειδιά στον σχεδιασμό των κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Μέσω αυτής η ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται ακόμα περισσότερο λόγω των μειωμένων θερμικών απωλειών.

Η μόνωση του κελύφους αφορά και την σωστή επιλογή των υαλοπινάκων (διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα κλπ. Αλουμινένιο ή συνθετικό περίβλημα κλπ.) ανάλογα με το αντίστοιχο κλίμα της περιοχής ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες και από αυτά. Εξίσου σημαντικό στοιχείο των nzeb είναι η κάλυψη των ήδη μικρών αναγκών ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις (και εφόσον είναι εφικτό) ο σχεδιασμός περιλαμβάνει μία ή περισσότερες τεχνολογίες αξιοποίησης ΑΠΕ, συνήθως ηλιακής και αιολικής ενέργειας εγκατεστημένες στο ίδιο το κέλυφος του κτηρίου. Το συνηθέστερο είναι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και ηλιακών συλλεκτών στην οροφή για την κάλυψη των αναγκών σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια όπως θα δειχθεί και παρακάτω.

Ιδιαίτερη σημασία για τα nzeb έχει η νέα δυνατότητα του προγράμματος ενεργειακού συμψηφισμού (net metering) μέσω του οποίου μπορεί να γίνει συμψηφισμός της παραγόμενης και καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και το κτήριο αντίστοιχα.

Έτσι ακόμα και εάν η παραγωγή δεν καλύπτει το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο τότε η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από το δίκτυο ενώ στην αντίθετη περίπτωση όπου η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση η επιπλέον ενέργεια παρέχεται στο δίκτυο. (πηγή photovoltaic, 2017)

Συνοπτικά τα βασικά στοιχεία κλειδιά του σχεδιασμού στα κτήρια nzeb είναι:

- Ο σωστός σχεδιασμός του κτηρίου σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.
- Η σωστή μελέτη μόνωσης με στόχο την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.
- Η προμήθεια ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υψηλής ενεργειακής απόδοσης.
- Η ενσωμάτωση τεχνολογιών αξιοποίησης ΑΠΕ στο κέλυφος του κτηρίου.

3.2 Αναφορές σε κτήρια μηδενικής κατανάλωσης



Εικόνα 3.5 Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, [www.evonymos.org]

Αποτελεί ένα παράδειγμα κτηρίου μηδενικής ενέργειας στο κέντρο της Αθήνας με συνεχείς εργασίες ανακαίνισης. Ορισμένα από τα μέτρα αναβάθμισης που έχουν ληφθεί είναι :

- Μόνωση κελύφους: Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους με 4 cm πάχος
- Αντικατάσταση Κουφωμάτων με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής
- Αεροστεγάνωση με σκοπό τη μη διαρροή αέρα προς τα έξω

- Συστήματα σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτηρίου
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ
- Ηλιακοί Συλλέκτες για την κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης
- Σύστημα θέρμανσης ενεργειακά αποδοτικό με φυσικό αέριο
- Υβριδικός εξαερισμός εγκατεστημένος στην οροφή του κτηρίου
- Φυσικό σύστημα ψύξης μέσω του συστήματος εξαερισμού
- Σύστημα τεχνητού φωτισμού με ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες φιλικούς προς το περιβάλλον
- Εγκατάσταση BEMS. Είναι ένα “έξυπνο” σύστημα διαχείρισης και ελέγχου όλων των διατάξεων. Το σύστημα αυτό ελέγχει το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, τη λειτουργία των ΑΠΕ και μετράει το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας.



Εικόνα 3.6 Κτήριο του ΚΑΠΕ απόλυτης ενεργειακής αυτονομίας στο Λαύριο, [\[www.crees.gr\]](http://www.crees.gr)

Το συγκεκριμένο κτήριο είναι ένα συγκρότημα γραφείων το οποίο αναβαθμίστηκε σε ένα εξελιγμένο κτήριο μηδενικής ενέργειας ενώ αρχικά ήταν ένα εγκαταλειμμένο εργοστάσιο ζυμαρικών. Στο κτήριο αυτό έχουν εφαρμοστεί τεχνολογίες όπως:

- Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ
- Εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με χρήση συνολικά 6 ανεμογεννητριών
- Ηλεκτρόλυση δηλαδή μια τεχνολογία η οποία αποθηκεύει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια όχι σε μπαταρίες αλλά σε καθαρή μορφή υδρογόνου.

- Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.), τα οποία έχουν ως στόχο την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.
- Διαφανής θερμομόνωση συνολικής επιφάνειας 8m² για ενίσχυση των ηλιακών κερδών των νότιων χώρων.
- Γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού.
- Αντλία θερμότητας αέρα-νερού με βοήθεια ηλίου που καλύπτει το φορτίο του πρώτου ορόφου Στο υπόγειο του κτιρίου έχουν εγκατασταθεί επίσης δύο αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα ημικεντρικού τύπου ισχύος 18kW.
- Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου (BEMS), που έχει σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου ώστε να είναι δυνατή η άμεση πρόσβαση, απρόσκοπτη λειτουργία, ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου.

3.4 Λόγος παραθύρου –τοίχου σε κτήρια (WWR)

Ο λόγος περιοχής παραθύρου προς τοίχο (WWR) έχει σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό. Από τη μία, τα ηλιακά κέρδη θερμότητας θα αυξηθούν καθώς ο λόγος WWR αυξάνεται, από την άλλη η ανταλλαγή θερμότητας επίσης θα αυξηθεί για το συντελεστή θερμότητας του παραθύρου που είναι συνήθως μεγαλύτερο από του τοίχου.

Ορισμός: Ο συντελεστής αναλογίας παραθύρου – τοίχου (WWR-window to wall ratio) είναι το εμβαδόν των παραθύρων διαιρούμενο με το εμβαδόν του τοίχου, που είναι τοποθετημένα τα παράθυρα, όπως τον βλέπει κανείς μέσα από το δωμάτιο. Το εμβαδόν του τοίχου περιλαμβάνει και το εμβαδόν των παραθύρων στον τοίχο και υπολογίζεται ως το γινόμενο του ύψους του τοίχου από το πάτωμα μέχρι την οροφή πολλαπλασιασμένο με το οριζόντιο μήκος του τοίχου.

$$WWR \% = \frac{\text{Επαραθύρου}}{\text{Επαραθύρου} + \text{Ετοίχου}} \quad \text{Σχέση 3.7}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ENERGY PLUS

4.1 Το είναι το πρόγραμμα Energy Plus

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης θερμικών φορτίων, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στην εξέλιξη δύο παλαιότερων αντίστοιχων προγραμμάτων, των BLAST και DOE-2. Τα δύο προγράμματα δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ως απόρροια της ανησυχίας που εκδηλώθηκε για την ενεργειακή κρίση τόσο το 1973, όσο και το 1979, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη το μεγάλο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας κατά τη λειτουργία των κτηρίων παγκοσμίως.

Η λειτουργία του προγράμματος βασίζεται στην περιγραφή από το χρήστη της γεωμετρίας, των δομικών στοιχείων που το συνθέτουν και του προσανατολισμού του κτηρίου, καθώς και των σχετικών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη λειτουργία του. Κατόπιν υπολογίζονται τα απαραίτητα για τη διατήρηση του θερμοστατικού ελέγχου θερμικά και ψυκτικά φορτία, μελετάται και αξιολογείται η συνεισφορά δευτερευόντων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και αποτιμάται η συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του βασικού εξοπλισμού. Πολλά χαρακτηριστικά και πολλές παράμετροι προσομοίωσης του προγράμματος προέρχονται από τα συγγενικά του προγράμματα. Επιπρόσθετα, το πρόγραμμα παρέχει στο χρήστη και την παρακάτω δυνατότητα υπολογισμών:

- Μηνιαίων απωλειών ενέργειας των θερμικών ζωνών προς το περιβάλλον, λόγω της ροής θερμότητας από αγωγιμότητα.
- Μηνιαίων τιμών ενεργειακών απωλειών των θερμικών ζωνών λόγω αερισμού των ζωνών.
- Μηνιαίων τιμών των ηλιακών κερδών των θερμικών ζωνών από τα διαφανή στοιχεία
- Μηνιαίων τιμών των θερμικών κερδών από τους χρήστες, το φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό των ζωνών.
- Μηνιαίων τιμών απαιτούμενου ενεργειακού φορτίου για ψύξη ή θέρμανση των θερμικών ζωνών.
- Δυνατότητα υπολογισμού των θερμικών φορτίων του κτηρίου με χρήση της μεθόδου θερμικής ισορροπίας, βάσει της οποίας για κάθε δομικό στοιχείο συνεκτιμώνται ταυτόχρονα τόσο τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, όσο και αυτά λόγω της μεταφοράς θερμότητας. Ο υπολογισμός γίνεται τόσο για την εξωτερική, όσο και για την εσωτερική πλευρά του στοιχείου και για κάθε χρονικό βήμα ανάλυσης.

- Δυνατότητα χρήσης μαθηματικών εξισώσεων για την περιγραφή της ροής θερμότητας διαμέσου των δομικών στοιχείων του κτηρίου, όπως τους τοίχους, τα πατώματα, τις στέγες κ.τ.λ.

- Βελτιστοποίηση του προσαρμοστικού μοντέλου μεταφοράς θερμότητας στο έδαφος με χρήση τρισδιάστατων εδαφικών μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων και απλοποιημένων αναλυτικών μοντέλων.

- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας, το οποίο υπολογίζει απορρόφηση και αποβολή υγρασίας είτε ως ενσωμάτωση από στρώμα σε στρώμα στις λειτουργίες μεταφοράς και αγωγιμότητας είτε ως αποτελεσματικό μοντέλο βάθους διείσδυσης υγρασίας.

- Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να αξιοποιήσει τα μοντέλα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτηρίου, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τη χρήση του χώρου, τις τιμές υγρασίας που έχουν καταγραφεί, τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου κ.τ.λ.

- Τη δυνατότητα διενέργειας ελέγχων φυσικού φωτισμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν τον υπολογισμό της έντασης του εσωτερικού φωτισμού, την προσομοίωση και τον έλεγχό του, τον έλεγχο των φωτιστικών σωμάτων και την επίδραση του μειωμένου τεχνητού φωτισμού στη θέρμανση και στην ψύξη.

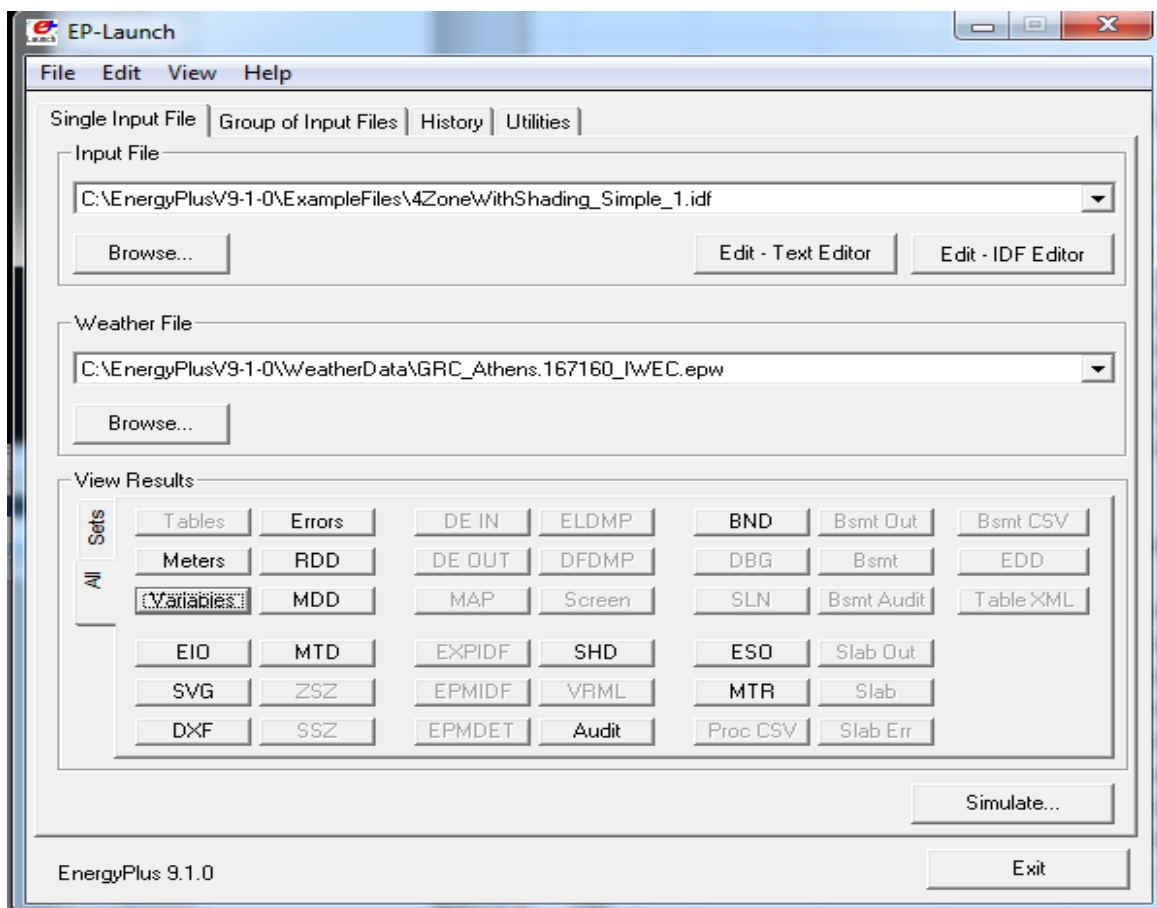
- Η ικανότητα υπολογισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στην οποία προβλέπονται οι συγκεντρώσεις CO₂, SOX, NOX, CO και αιωρούμενων σωματίδια και η παραγωγή υδρογονανθράκων τόσο για την περιοχή, όσο και για τη μακρινή ενεργειακή μετατροπή.

- Έλεγχος του ποσοστού φυσικού φωτισμού με τη βοήθεια υπολογιστικών μοντέλων, που λαμβάνουν υπόψη τη φωτεινότητα των εσωτερικών χώρων και μελετών της επίδρασης που θα έχει μια πιθανή μείωση του ποσοστού του τεχνητού φωτισμού στις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

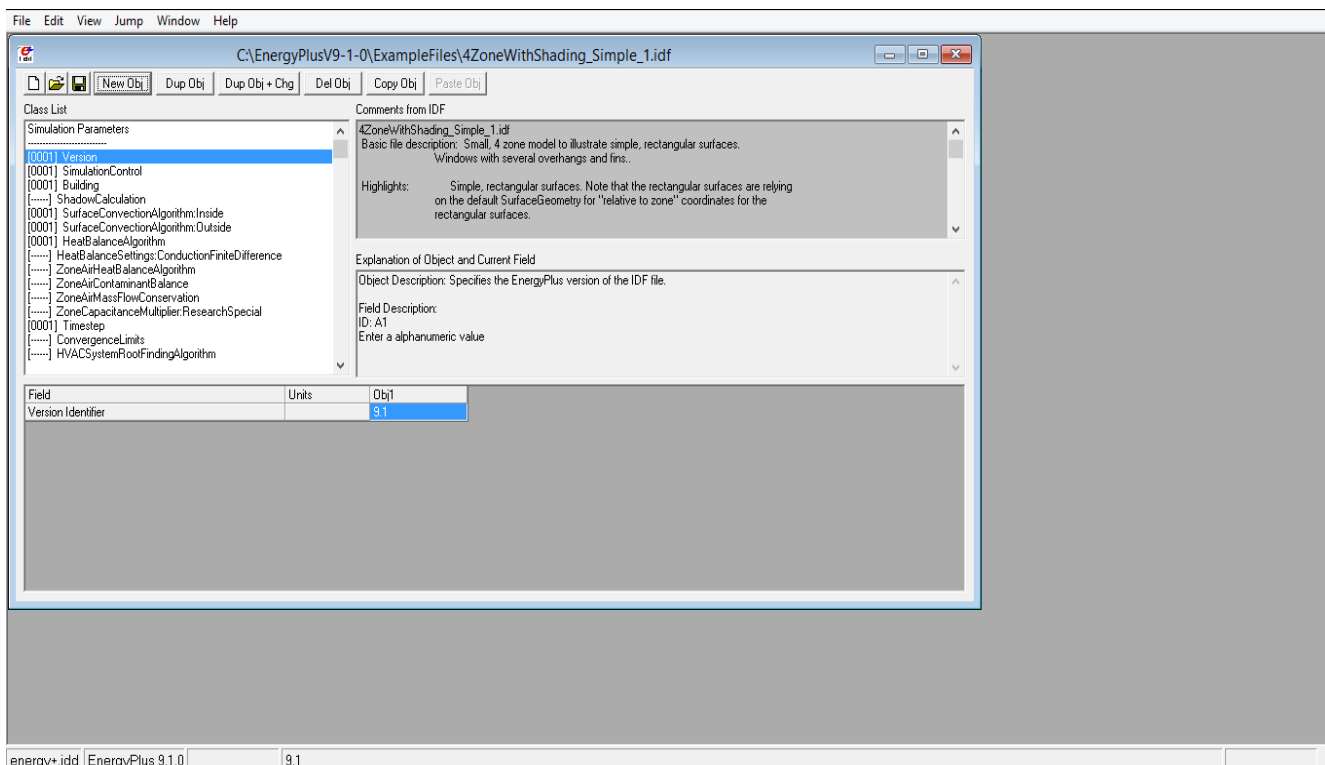
- Τέλος παρέχεται η επιλογή στο χρήστη να αλληλεπιδράσει το λογισμικό του Energy Plus με άλλα περιβάλλοντα προσομοίωσης όπως WINDOW (για ανοίγματα), COMIS (μοντέλο ροής αέρα), και το SPARK, που επιτρέπουν πιο λεπτομερή ανάλυση κάποιων τμημάτων του κτηρίου. Παρά τις δυνατότητες αυτές, το πρόγραμμα αυτό, όπως και κάθε πρόγραμμα προσομοίωσης, αδυνατεί να καλύψει το σύνολο των εφαρμογών που ενδέχεται να παρουσιαστούν.

Έτσι, στόχος του είναι να αντιμετωπίσει τις περισσότερες περιπτώσεις κτηρίων και εγκαταστάσεων θέρμανση - ψύξης - αερισμού είτε άμεσα, είτε έμμεσα, μέσω σύνδεσης με άλλα βοηθητικά προγράμματα, τα οποία υπολογίζουν θερμικά φορτία και κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας ή και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (ως και μεγαλύτερα του ενός έτους).

Παρακάτω υπάρχουν και εικόνες που αντιστοιχούν στο πεδίο εφαρμογής του προγράμματος.



Εικόνα 4.1 Πρόγραμμα Energy Plus

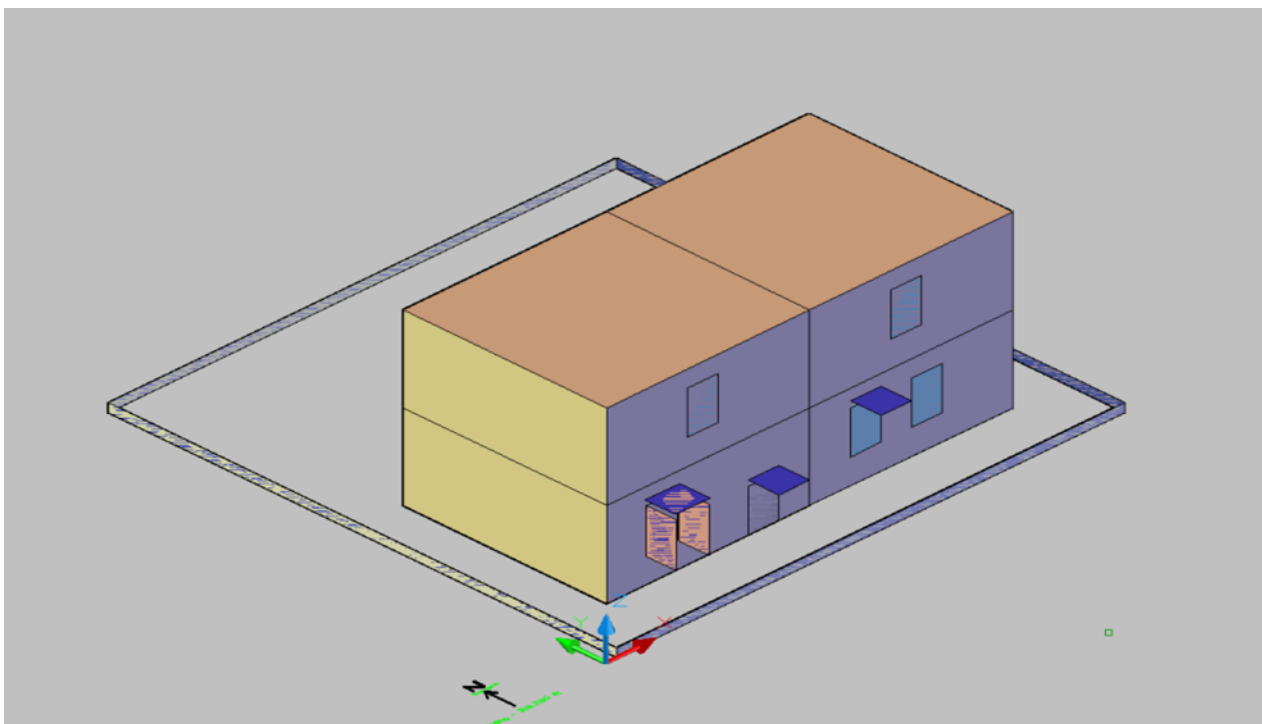


Εικόνα 4.2 Πρόγραμμα Energy Plus

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS

5.1 Σχήμα κτηρίου

Για την βιοκλιματική ανάλυση νότια προσανατολισμένου ανοίγματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό EnergyPlus9.1.0. Τοποθετώντας ένα κτήριο που σχεδιάστηκε στο Autocad δυο ορόφων, χωρισμένο σε 4 ζώνες και κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη αντίστοιχα (πηγή EnergyPlus-Weather Data) θα εστιάσουμε στο παράθυρο της Ζώνης 3 (πάνω αριστερά) όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω.



Σχήμα 5.1 Νότιο – δυτική όψη κτηρίου μελέτης σε μορφή 3D

Τα δεδομένα για το άνοιγμα της Ζώνης 3 έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.2 Δεδομένα Ζώνης 3

	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)
ΤΟΙΧΟΣ	20	10
ΑΝΟΙΓΜΑ	3	6

Το άνοιγμα δεν ξεκινάει από την αρχή τον αξόνων (x,z)= (0,0). Έτσι έχουμε (x,z) = (8,2). Αναλυτικά στην βιοκλιματική ανάλυση μπορούμε να διακρίνουμε και πώς αλλάζει και αυτή η παράμετρος έτσι ώστε το άνοιγμα να βρίσκεται πάντα στο κέντρο του τοίχου.

5.2 Περίπτωση 1^η: Αθήνα

5.2.1 Κλιματικά δεδομένα κτηρίου

Σε αυτό το σημείο θα γίνει η βιοκλιματική ανάλυση για νοτιο προσανατολισμό κατοικίας στην Αθήνα. Για τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων καθώς και την γραφική απεικόνιση των διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό climate consultant 6.0 το οποίο λαμβάνει ως δεδομένα τα κλιματικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και αποδίδει στον μελετητή κατευθυντήριες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτηρίου καθώς επίσης και πολλά χρήσιμα για την μελέτη διαγράμματα.

WEATHER DATA SUMMARY													LOCATION:	ATHENS, -, GRC
													Latitude/Longitude:	37.9° North, 23.73° East, Time Zone from Greenwich 2
													Data Source:	IWEC Data 167160 WMO Station Number, Elevation 15 m
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	213	267	338	394	441	512	525	493	443	321	215	192	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	253	240	282	310	341	452	496	459	451	299	198	216	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	112	149	170	187	190	168	150	159	148	152	127	109	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	543	668	874	924	974	997	984	956	845	736	548	478	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	868	911	942	910	916	895	886	886	870	788	805	843	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Max Hourly)	257	354	432	470	569	489	432	488	419	363	292	266	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	2067	2814	4011	5143	6215	7479	7529	6626	5420	3522	2141	1809	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2447	2525	3356	4047	4817	6596	7109	6170	5504	3273	1967	2039	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1094	1574	2008	2447	2681	2458	2161	2133	1818	1671	1262	1032	Wh/sq.m	
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	23079	29029	36842	43039	48400	55910	57713	54067	48395	35062	23518	20857	lux	
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	22796	22481	27187	30008	33037	43986	48379	44004	43333	28027	17875	19394	lux	
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	10	9	11	15	19	24	27	27	23	19	14	10	degrees C	
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	4	3	5	7	11	12	15	15	14	12	9	5	degrees C	
Relative Humidity (Avg Monthly)	67	67	65	60	62	50	50	51	56	65	71	68	percent	
Wind Direction (Monthly Mode)	0	0	0	0	200	0	70	0	0	20	0	0	degrees	
Wind Speed (Avg Monthly)	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	m/s	
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	11	12	13	15	19	22	23	22	21	18	15	12	degrees C	

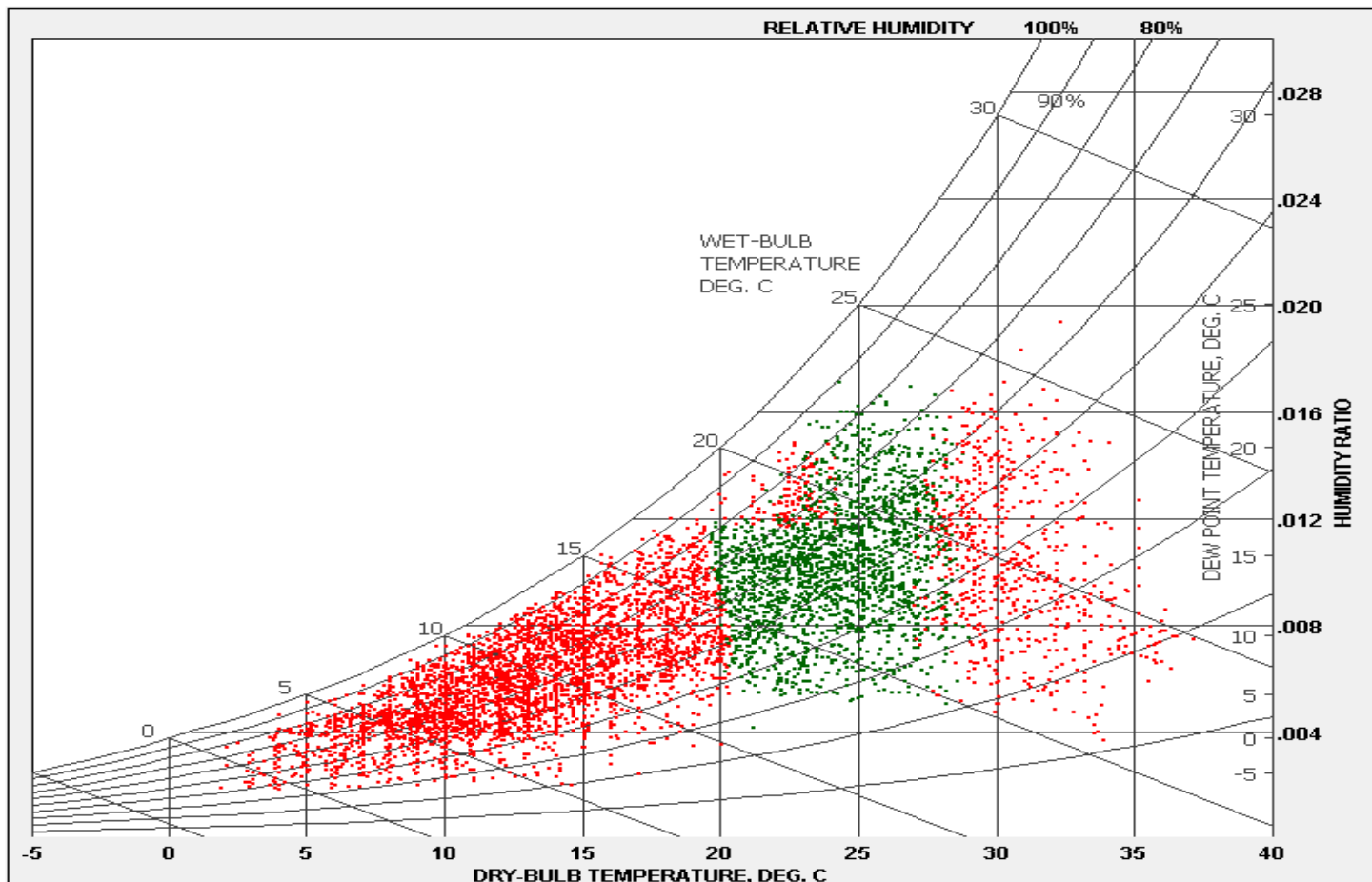
Σχήμα 5.3 Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (πηγή climate consultant 6.0)

Παρακάτω αναγράφονται στα ελληνικά τα κλιματικά δεδομένα που μας δίνει το climate consultant 6.0 (η σειρά είναι η ίδια που παρουσιάζεται στο σχήμα 5.3)

- Ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου (μέση ωριαία) - Wh/m^2
- Άμεση ακτινοβολία (μέση ωριαία) - Wh/m^2
- Διάχυτη ακτινοβολία (μέση ωριαία) - Wh/m^2
- Ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου (μέγιστη ωριαία) - Wh/m^2
- Άμεση ακτινοβολία (μέγιστη ωριαία) - Wh/m^2
- Διάχυτη ακτινοβολία (μέγιστη ωριαία) - Wh/m^2
- Ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου (μέση ημερήσια ολική) - Wh/m^2
- Άμεση ακτινοβολία (μέση ημερήσια ολική) - Wh/m^2
- Διάχυτη ακτινοβολία (μέση ημερήσια ολική) - Wh/m^2
- Φωτισμός στο οριζόντιο επίπεδο (μέσος ωριαίος) - LUX
- Άμεσος φωτισμός (μέσος ωριαίος) - LUX
- Θερμοκρασία ξηρού βολβού (μέση μηνιαία) - $^{\circ}C$
- Σημείο δρόσου (μέσο μηνιαίο) - $^{\circ}C$
- Σχετική υγρασία (μέση μηνιαία) - %
- Κατεύθυνση ανέμου (μηνιαία βάση) - μοίρες
- Ταχύτητα ανέμου (μέση μηνιαία) - m/s
- Θερμοκρασία εδάφους (μέση μηνιαία με βάθος 3) - $^{\circ}C$

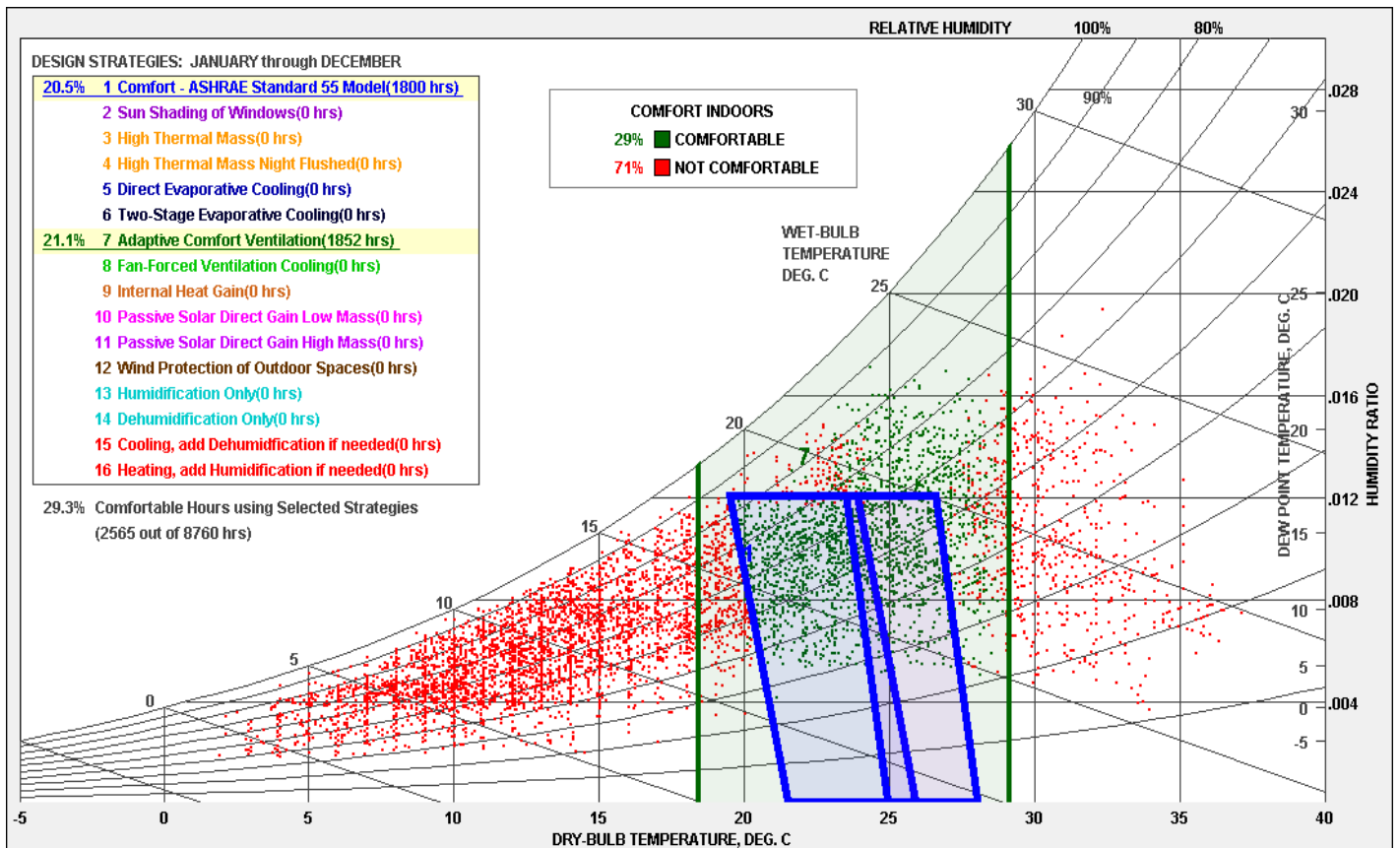
Κατά την εκπόνηση της μελέτης με το climate consultant 6.0 λήφθηκε υπόψη το πρότυπο ASHRAE 55 για τον προσδιορισμό των συνθηκών θερμικής άνεσης και της αντίστοιχης οριοθέτησης πάνω στο βιοκλιματικό διάγραμμα. Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται ο ψυχομετρικός χάρτης στον οποίο έχουν τοποθετηθεί από το λογισμικό 8760 σημεία τα οποία απεικονίζουν τις συνθήκες εξωτερικού αέρα για κάθε μια από τις ώρες τους έτους. Όπως φαίνεται και από το σχήμα κάποια από αυτά τα σημεία είναι κόκκινα (και μάλιστα τα περισσότερα) και κάποια είναι πράσινα.

Τα σημεία με κόκκινο χρώμα υποδηλώνουν συνθήκες εκτός θερμικής άνεσης ενώ τα πράσινα το αντίθετο. Είναι εύκολα αντιληπτό πως ενώ τα σημεία που απεικονίζονται στον χάρτη αφορούν συνθήκες εξωτερικού αέρα σχετίζονται άμεσα με τις συνθήκες εσωτερικού αέρα. Ουσιαστικά οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες μεταφράζονται μέσω αλγορίθμων από το πρόγραμμα σε συνθήκες εσωτερικού χώρου και έπειτα οι τελευταίες κρίνονται με βάση το πρότυπο ASHRAE 55 για το αν ανήκουν στα πλαίσια της θερμικής άνεσης ή όχι.



Σχήμα 5.4 Ψυχομετρικός χάρτης με ωριαίες μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασία (βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni).

Στο **Σχήμα 5.5** φαίνεται ξανά ο ψυχομετρικός χάρτης όμως αυτή την φορά είναι τοποθετημένα σε αυτόν τα όρια των συνθηκών θερμικής άνεσης οπότε τώρα λογίζεται επίσημα ως βιοκλιματικό διάγραμμα. Υπάρχουν δυο οριοθετημένες περιοχές στον χάρτη μια εκ των οποίων είναι μπλε και δείχνει την περιοχή θερμικής άνεσης σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE 55 και όλα τα σημεία εντός αυτής είναι πράσινα. Η πράσινη οριοθέτηση αφορά τον φυσικό αερισμό των εσωτερικών χώρων και υποδεικνύει τα όρια στα οποία λειτουργεί αποτελεσματικά ο φυσικός αερισμός καθώς και τις επιπλέον ώρες θερμικής άνεσης που αυτός προσφέρει (όλα τα σημεία που είναι πράσινα και βρίσκονται εντός των ορίων του φυσικού αερισμού). Σε αυτό το στάδιο που δεν έχει επιλεγεί καμία τεχνική βιοκλιματικού σχεδιασμού κυριαρχούν συνθήκες θερμικής άνεσης μόνο το 29% των ωρών του έτους ή αλλιώς 2540 ώρες.



Σχήμα 5.5 Climate consultant 6.0 - Βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni με οριοθετημένη την περιοχή άνεσης

5.2.2 Βιοκλιματική – Οικονομική ανάλυση νότιου ανοίγματος

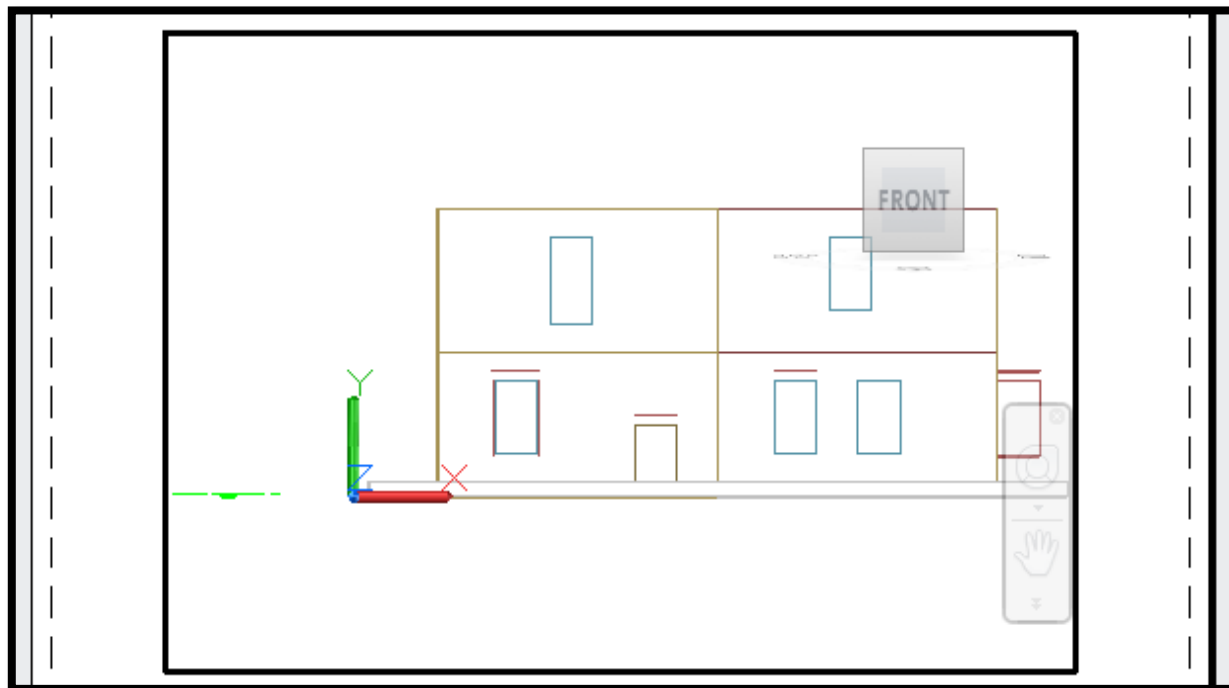
Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό Energy Plus στο κτήριο του Σχήματος 5.1

Αυξάνοντας κάθε φορά το άνοιγμα και τρέχοντας το πρόγραμμα έχουμε σαν αποτελέσματα σε μορφή excel τις συνολικές ωριαίες ανάγκες θέρμανσης και ψύξης¹ της κάθε ζώνης του κτιρίου αλλά και τις συνολικές όλου του κτιρίου.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα καθώς και η αύξηση του ανοίγματος της ζώνης 3 που γινόταν σε κάθε περίπτωση ώστε να προσπαθήσουμε να φτάσουμε ένα βέλτιστο αποτέλεσμα.

Αρχικά ξεκινάμε το παράδειγμα με εμβαδόν παραθύρου τα 18m² όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω:

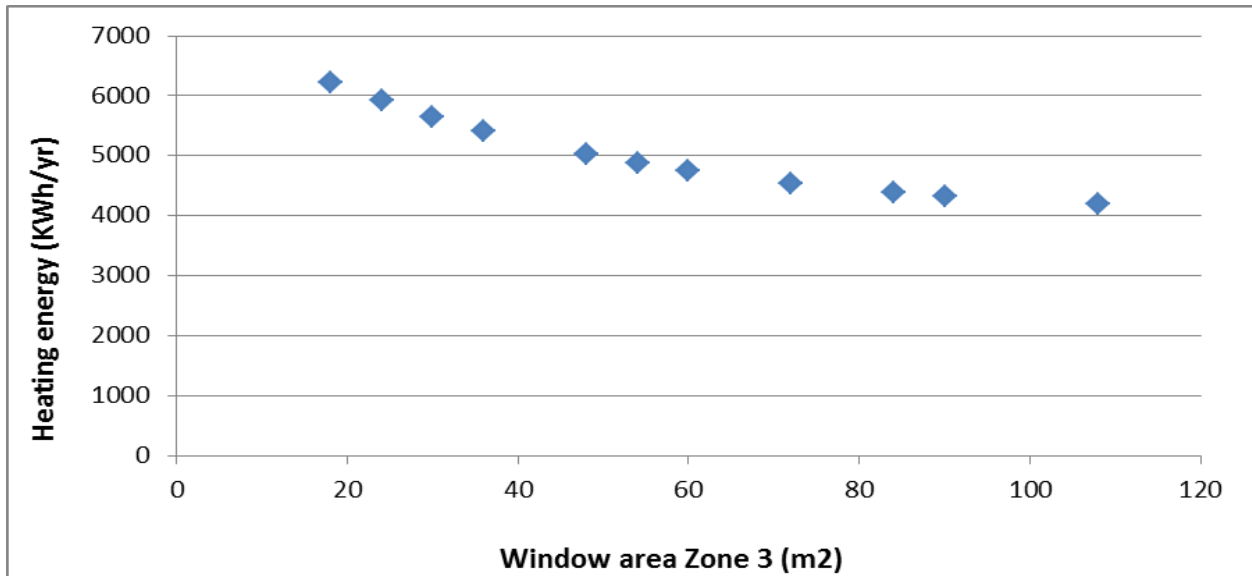
¹ Οι πίνακες των αποτελεσμάτων για την ψύξη παρουσιάζονται και σχολιάζονται στις ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.



Σχήμα 5.6 Νότια όψη κτηρίου πριν τη βελτιστοποίηση

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Z (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ X (m)	ΩΡΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΖΩΝΗ 3 (KWh/yr)
18	3	6	2	8	6222.3
24	4	6	2	8	5916.4
30	5	6	2	7.5	5646.4
36	6	6	2	7	5410.5
48	8	6	2	6	5036.2
54	9	6	2	5.5	4874
60	10	6	2	5	4746.6
72	12	6	2	4	4542.4
84	14	6	2	3	4388.7
90	15	6	2	2.5	4327.4
108	18	6	2	1	4204

Πίνακας 5.7 Ωριαίες ανάγκες θέρμανσης ζώνης 3 (αποτελέσματα από λογισμικό Energy Plus)



Σχήμα 5.8 Οι ανάγκες θέρμανσης σε συνάρτηση με το εμβαδόν του ανοίγματος

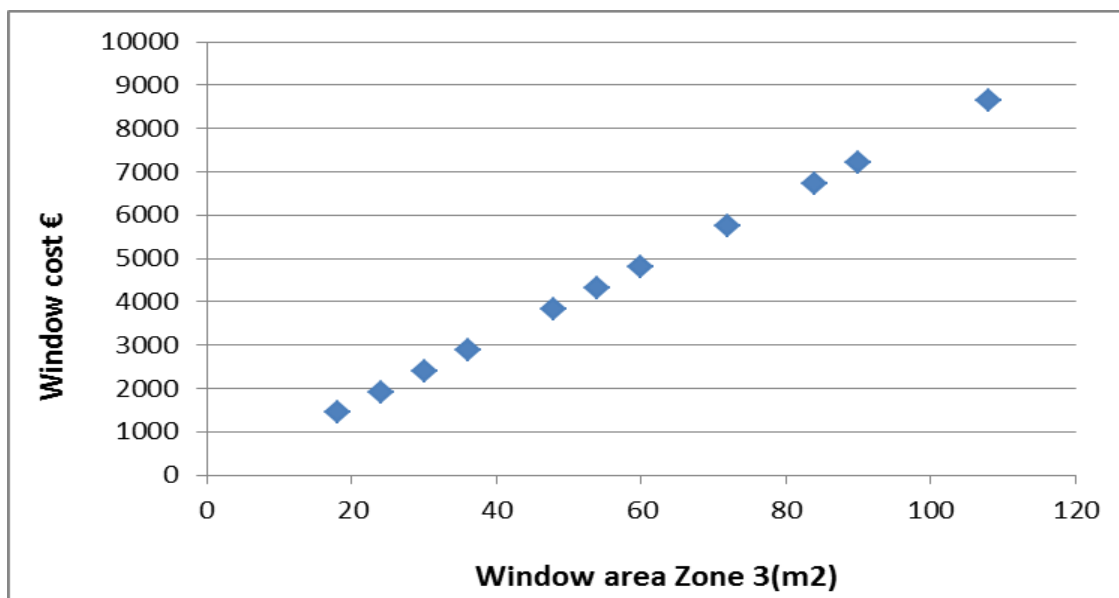
Θεωρώντας τα εξής οικονομικά στοιχεία:

- Κόστος ανοίγματος 80ευρώ/m²
- Χρόνος ζωής n = 30 έτη
- Προεξοφλητικό επιτόκιο i= 3.5%
- Κόστος ενέργειας 0,10ευρώ/kWh.

προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες με τα αντίστοιχα γραφήματα.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ €
18	1440
24	1920
30	2400
36	2880
48	3840
54	4320
60	4800
72	5760
84	6720
90	7200
108	8640

Πίνακας 5.9 Αποτελέσματα για το κόστος ανοίγματος



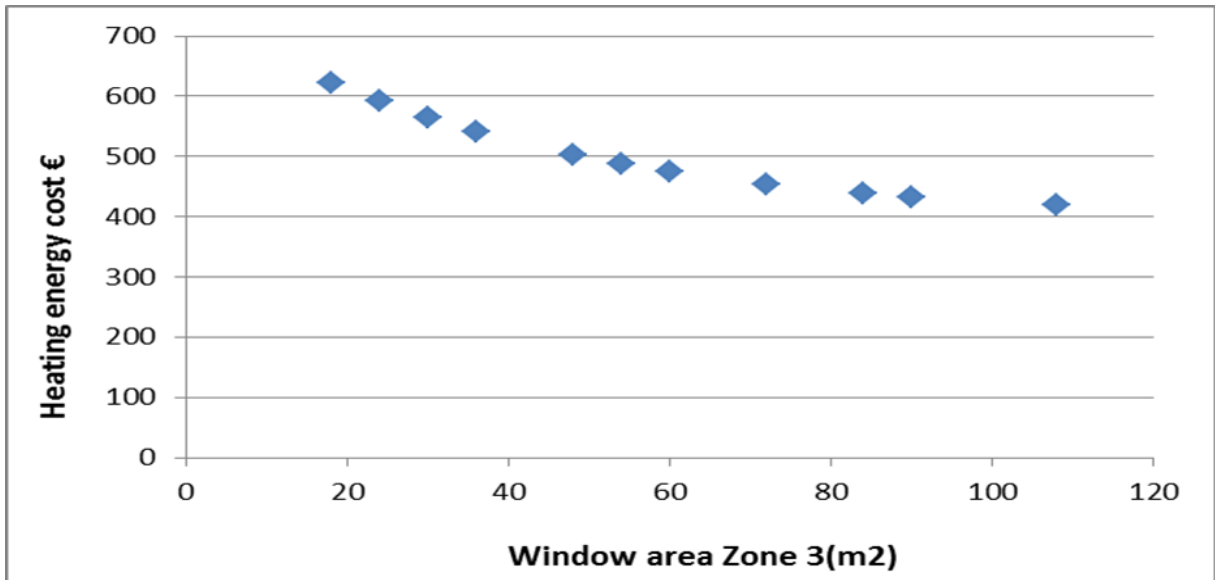
Σχήμα 5.10 Συνάρτηση κόστος ανοίγματος – εμβαδόν ανοίγματος

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m2)	ΔΚπαραθ (€)
18	
24	480
30	960
36	1440
48	2400
54	2880
60	3360
72	4320
84	5280
90	5760
108	7200

Πίνακας 5.11 Διαφορά κόστους παραθύρου από το αρχικό σύμφωνα με την αύξηση του εμβαδού του ανοίγματος

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m2)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €
18	622.23
24	591.64
30	564.64
36	541.05
48	503.62
54	487.4
60	474.66
72	454.24
84	438.87
90	432.74
108	420.4

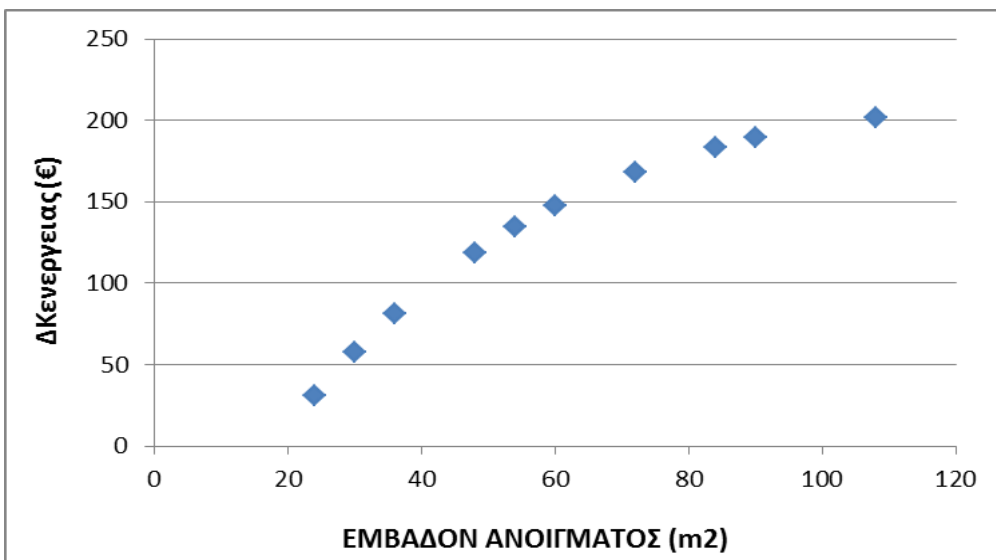
Πίνακας 5.12 Αποτελέσματα για το κόστος ενέργειας



Σχήμα 5.13 Συνάρτηση κόστος ενέργειας- εμβαδόν ανοίγματος

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m2)	ΔΚενεργειας (€)
18	
24	30.59
30	57.59
36	81.18
48	118.69
54	134.83
60	147.57
72	167.99
84	183.36
90	189.49
108	201.83

Πίνακας 5.14 Διαφορά κόστους ενέργειας από την αρχική σύμφωνα με την αύξηση του εμβαδού του ανοίγματος.



Σχήμα 5.15 Διαφορά κόστους ενέργειας-εμβαδού του ανοίγματος.

Στη συνέχεια έχοντας τα παραπάνω αποτελέσματα σε συνδυασμό με τα οικονομικά στοιχεία που θέσαμε μπορούμε να προχωρήσουμε στην οικονομική ανάλυση.

Για αυτό θα χρειαστεί να υπολογίσουμε την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ).

$$\text{ΚΠΑ (€)} = \Delta\text{Κενέργειας} * \text{PWF} - \Delta\text{κπαραθ.}$$

Σχέση 5.16

$$\text{Όπου } \text{PWF}(n,i) = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n * i}$$

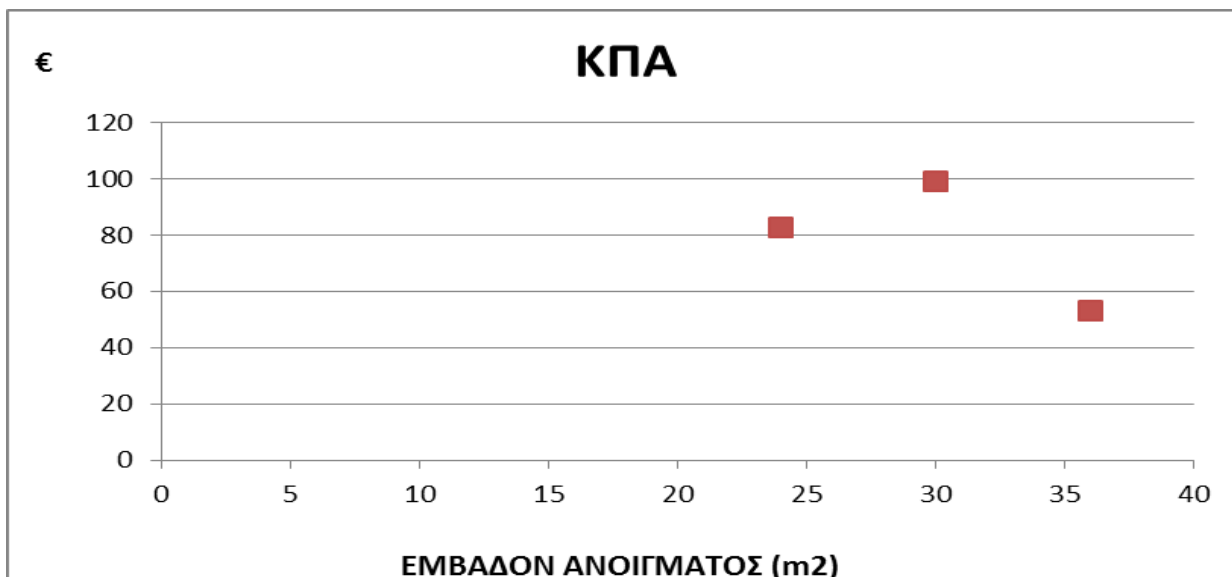
Σχέση 5.17

Ορισμός:

Ως καθαρή παρούσα αξία ΚΠΑ (net present value, NPV) που αποκτά μια επένδυση σε n έτη μετά από την υλοποίησή της, ορίζεται η διαφορά μεταξύ των εσόδων που αναμένεται να συσσωρευτούν σε αυτήν τη χρονική περίοδο (n έτη) από τη μια, μείον την αρχική επένδυση και τις αντίστοιχες συσσωρευμένες δαπάνες, με όλες τις παραπάνω ποσότητες εκφρασμένες σε παρούσες αξίες.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m2)	ΔΚενεργειας €	ΔΚπαραθ. €	ΚΠΑ €
18			
24	30.59	480	82.55
30	57.59	960	99.08
36	81.18	1440	52.9
48	118.69	2400	-217.29
54	134.83	2880	-400.48
60	147.57	3360	-646.19
72	167.99	4320	-1230.66
84	183.36	5280	-1908.01
90	189.49	5760	-2275.28
108	201.83	7200	-3488.35

Πίνακας 5.18 Αποτελέσματα ΚΠΑ



Σχήμα 5.19 Συναρτήσεις ΚΠΑ με το αντίστοιχο εμβαδόν ανοίγματος (παρουσιάζονται οι περιπτώσεις μόνο με οικονομικό όφελος ΚΠΑ \geq 0)

Από το σχήμα διακρίνουμε ότι η τιμή με το μεγαλύτερο εμβαδόν ανοίγματος και ΚΠΑ \geq 0 κυμαίνεται μεταξύ $36 < \chi < 48 \text{ m}^2$.

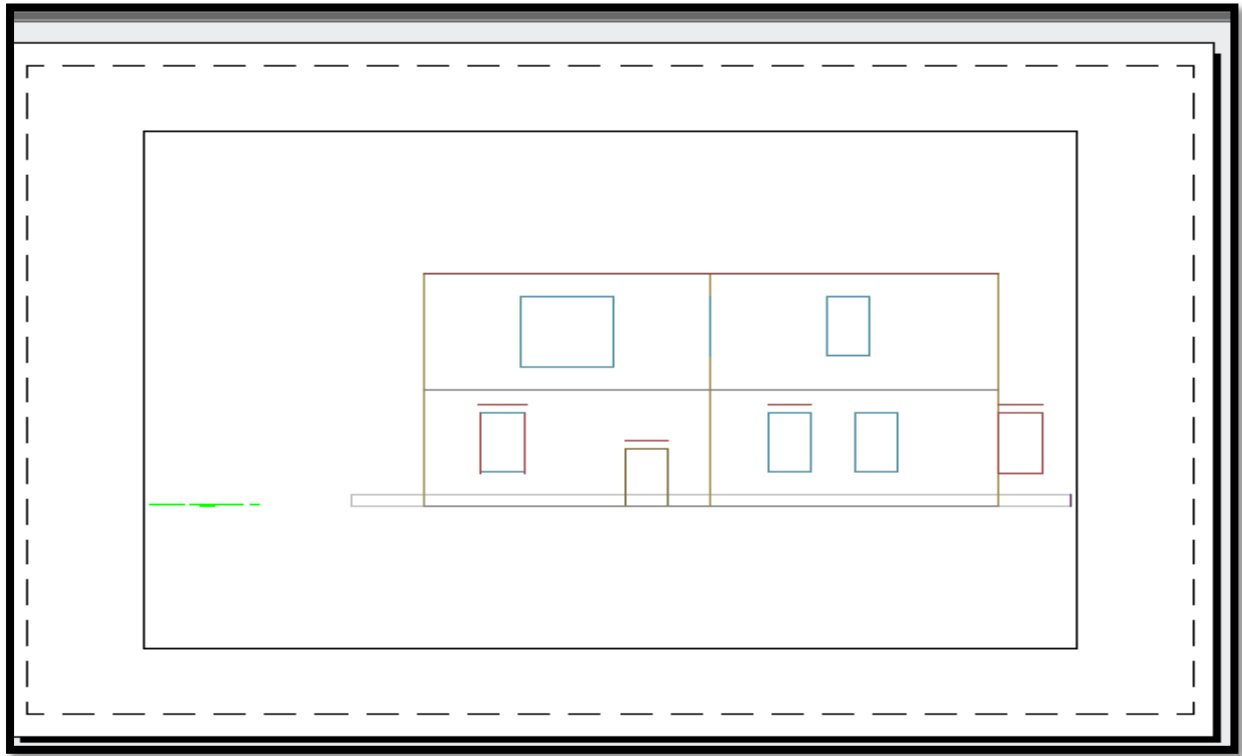
Έτσι θεωρώντας σταθερό το ύψος του ανοίγματος 6 m ψάχνουμε ένα μήκος μεταξύ των παραπάνω ορίων. Παίρνοντας το μέσο αυτών 42 m^2 φαίνεται πάλι μη συμφέρουσα η επένδυση. Οπότε καταλήξαμε στα 39 m^2 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.20, καθώς έχουμε και κέρδος 6.18 € από αυτό και είναι και το βέλτιστο άνοιγμα που μπορούμε να έχουμε.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ m^2	ΩΡΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (KWh/yr)	Δ Κενεργειας €	Δ Κπαραθ. €	ΚΠΑ €
42	5207.52	101.48	1920	-53.78
39	5305.35	91.69	1680	6.18

Πίνακας 5.20

Δεν λάβαμε υπόψη τις τιμές 40 m^2 και 41 m^2 επειδή όπως αναφέρθηκε πιο πάνω κρατώντας σταθερό το ύψος του παραθύρου θέλαμε ένα πιο ακριβές μήκος.

Έτσι για 39 m^2 από τη **Σχέση 3.7** έχουμε $WWR = 19.5\%$



Σχήμα 5.21 Νότια όψη κτηρίου μετά την βελτιστοποίηση

5.3 Περίπτωση 2^η: Θεσσαλονίκη

5.3.1 Κλιματικά Δεδομένα Κτηρίου

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν τα κλιματικά δεδομένα για την Θεσσαλονίκη με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που παρουσιάστηκαν για την Αθήνα με τη βοήθεια του climate consultant 6.0.

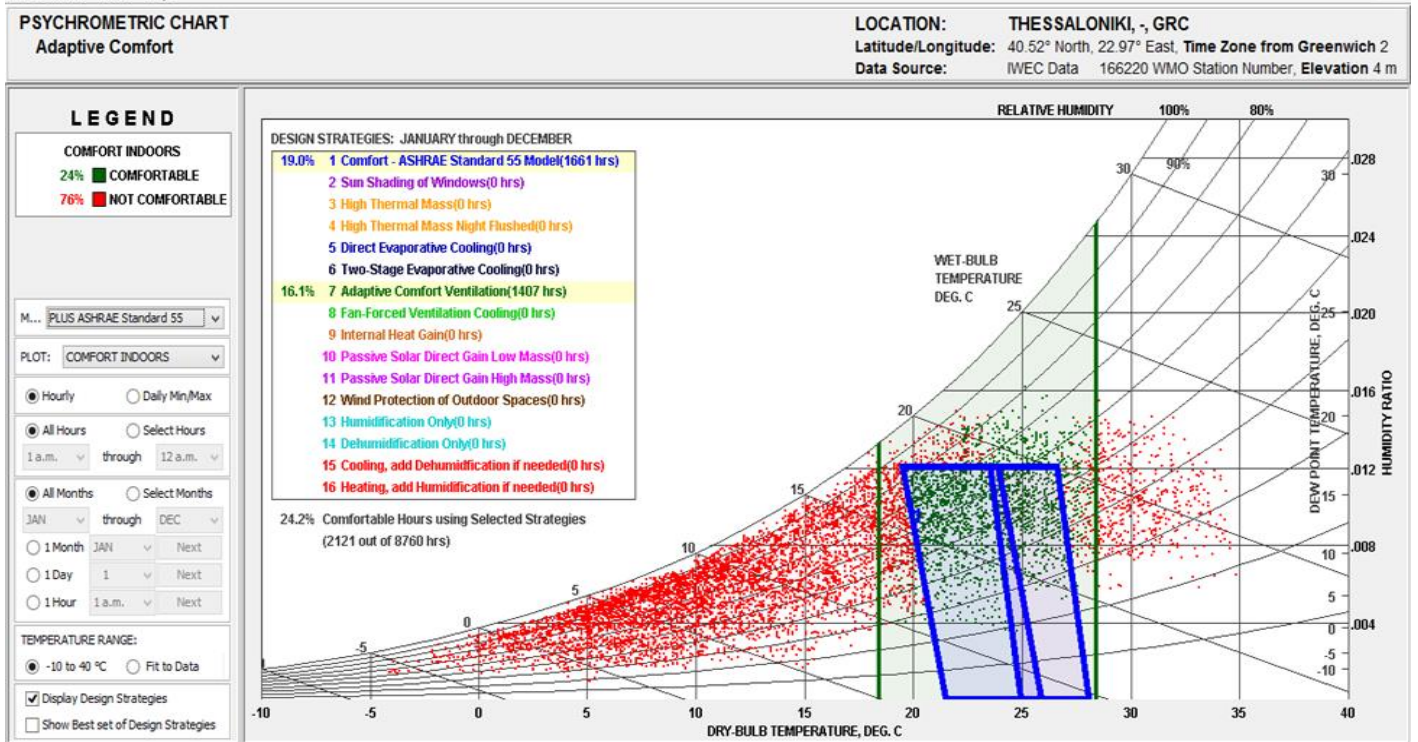
WEATHER DATA SUMMARY

LOCATION: THESSALONIKI, -, GRC
Latitude/Longitude: 40.52° North, 22.97° East, **Time Zone from Greenwich 2**
Data Source: IWEC Data 166220 WMO Station Number, **Elevation 4 m**

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	184	280	336	371	421	478	486	460	389	291	201	162	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	220	373	256	258	305	371	422	407	349	289	226	178	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	100	113	180	187	197	193	166	164	163	133	109	100	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	501	648	816	902	951	976	962	910	834	711	518	429	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	816	894	829	810	884	865	872	851	825	800	793	808	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	252	340	439	423	601	682	462	415	408	318	268	213	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	1745	2895	3965	4893	6012	7098	7078	6243	4786	3187	1960	1485	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2073	3812	3014	3420	4343	5514	6151	5535	4297	3183	2176	1625	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	949	1181	2134	2457	2831	2870	2419	2232	2009	1451	1069	918	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	19939	30159	36411	40623	46135	52318	53416	50492	42564	31834	21874	17618	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	19813	34839	24955	25167	29598	35872	40964	38991	33115	26989	20420	15511	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	6	6	9	13	18	23	25	25	21	15	11	7	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	2	1	1	7	9	12	15	15	14	11	5	4	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	77	69	58	69	60	53	54	57	66	75	70	81	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	90	0	110	0	0	0	110	0	0	110	0	0	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	3	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	12	9	8	8	10	14	17	20	21	20	18	15	degrees C

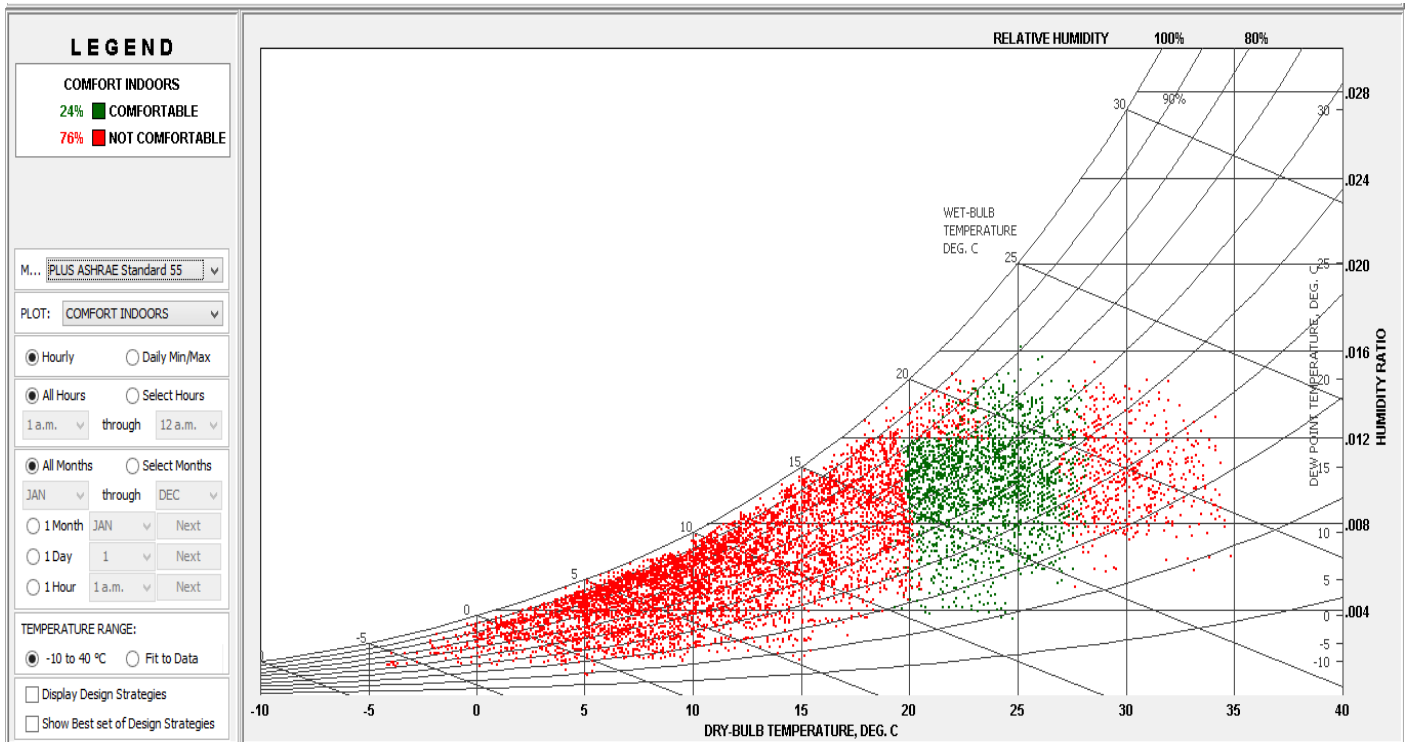
Back Next

Σχήμα 5.22 Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (πηγή climate consultant 6.0)



Σχήμα 5.23 Climate consultant 6.0 - Βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni με οριοθετημένη την περιοχή άνεσης

Κατά την εκπόνηση της μελέτης με το climate consultant 6.0 λήφθηκε πάλι υπόψη το πρότυπο ASHRAE 55 για τον προσδιορισμό των συνθηκών θερμικής άνεσης και της αντίστοιχης οριοθέτησης πάνω στο βιοκλιματικό διάγραμμα.



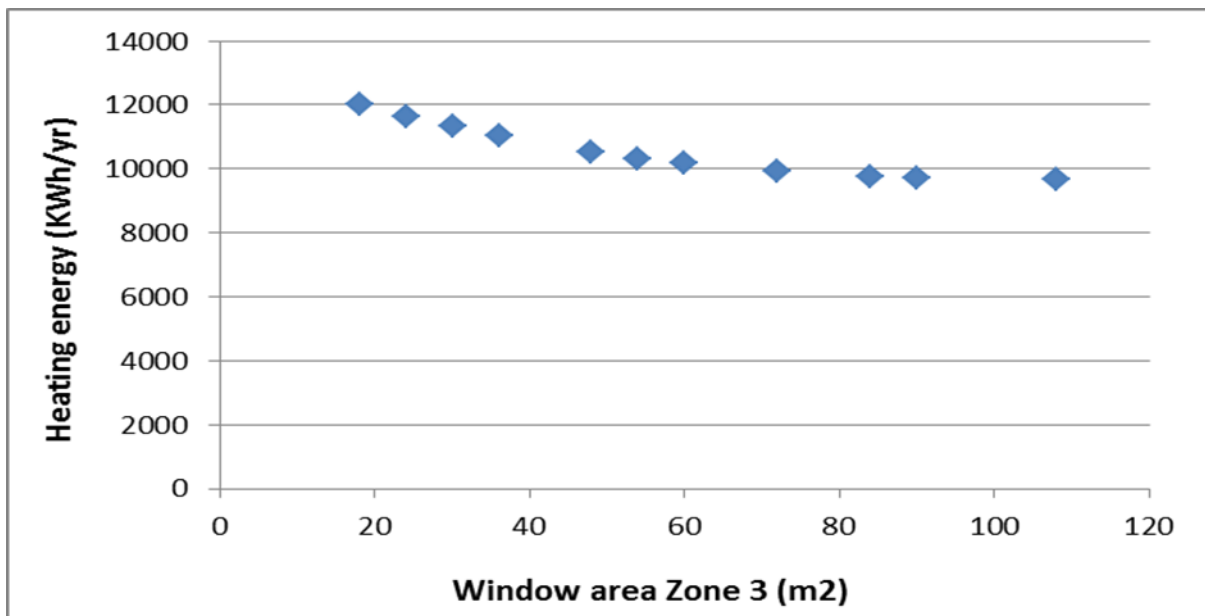
Σχήμα 5.24 Ψυχομετρικός χάρτης με ωριαίες μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασία (βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni)

5.3.2 Βιοκλιματική - Οικονομική ανάλυση νότιου ανοίγματος

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα για τη Θεσσαλονίκη αυτή τη φορά, καθώς και η αύξηση του ανοίγματος της ζώνης 3 που γινόταν σε κάθε περίπτωση ώστε να προσπαθήσουμε να φτάσουμε ένα βέλτιστο αποτέλεσμα.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Z (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ X (m)	ΩΡΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΖΩΝΗΣ 3 (KWh/yr)
18	3	6	2	8	12007.98
24	4	6	2	8	11654.54
30	5	6	2	7.5	11329.4
36	6	6	2	7	11029.38
48	8	6	2	6	10530.83
54	9	6	2	5.5	10327.01
60	10	6	2	5	10173.39
72	12	6	2	4	9927.45
84	14	6	2	3	9778.22
90	15	6	2	2.5	9727.44
108	18	6	2	1	9662.6

Πίνακας 5.25 Ωριαίες ανάγκες θέρμανσης ζώνης 3 (αποτελέσματα από λογισμικό Energy Plus)

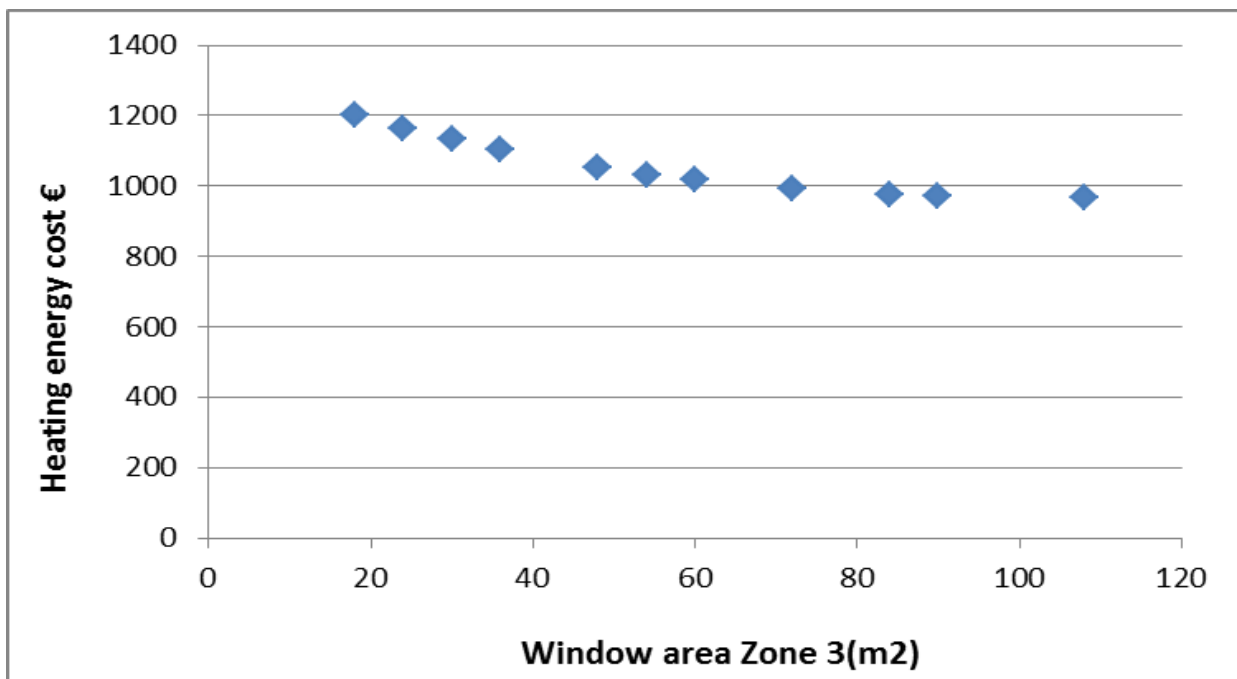


Σχήμα 5.26 Οι ανάγκες θέρμανσης σε συνάρτηση με το εμβαδόν του ανοίγματος

Το κόστος του παραθύρου και το ΔΚπαραθ. σε κάθε περίπτωση δεν αλλάζουν ισχύουν τα ίδια δεδομένα όπως και για την Αθήνα. Το ίδιο αρχικό κόστος ισχύει και για 1 KWh , αλλάζει όμως σε κάθε περίπτωση αφού έχουμε νέα ανάγκη για θέρμανση.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €
18	1200.79
24	1165.45
30	1132.94
36	1102.94
48	1053.08
54	1032.7
60	1017.34
72	992.75
84	977.82
90	972.74
108	966.26

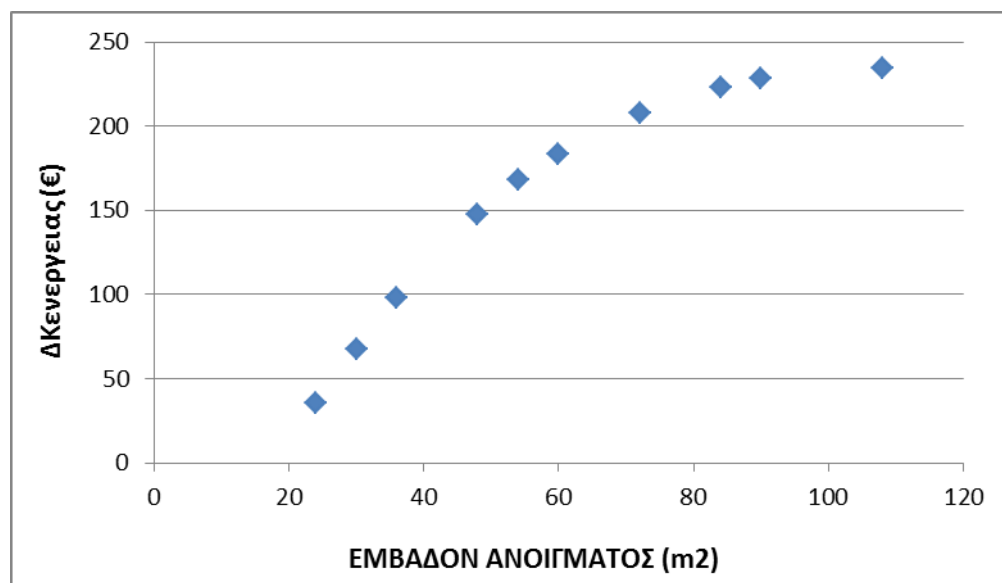
Πίνακας 5.27 Αποτελέσματα για το κόστος ενέργειας



Σχήμα 5.28 Συνάρτηση κόστος ενέργειας- εμβαδόν ανοίγματος

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m2)	ΔΚενεργειας (€)
18	
24	35.34
30	67.86
36	97.86
48	147.72
54	168.09
60	183.46
72	208.05
84	222.98
90	228.05
108	234.54

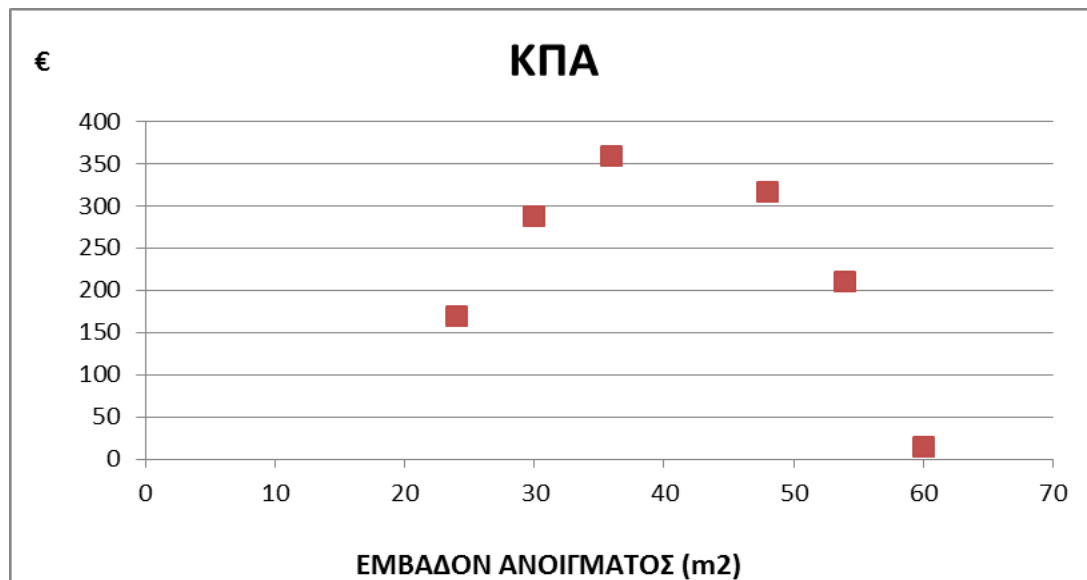
Πίνακας 5.29 Διαφορά κόστους ενέργειας από την αρχική σύμφωνα με την αύξηση του εμβαδού του ανοίγματος.



Πίνακας 5.30 Διαφορά κόστους ενέργειας-εμβαδού του ανοίγματος.

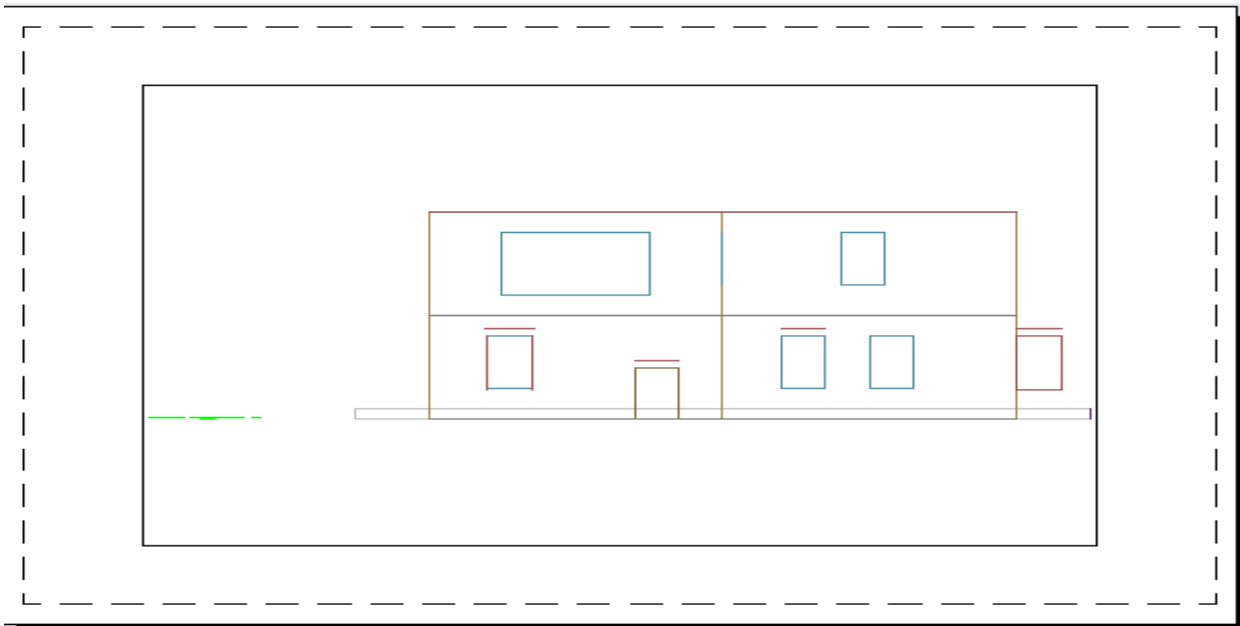
ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΔΚενεργειας €	ΔΚπαραθ. €	ΚΠΑ €
18			
24	35.34	480	169.9
30	67.86	960	287.95
36	97.86	1440	359.65
48	147.72	2400	316.57
54	168.09	2880	211.18
60	183.46	3360	13.83
72	208.05	4320	-493.96
84	222.98	5280	-1179.39
90	228.05	5760	-1566.16
108	234.54	7200	-2886.81

Πίνακας 5.31 Αποτελέσματα ΚΠΑ



Σχήμα 5.32 Συναρτήσεις ΚΠΑ με το αντίστοιχο εμβαδόν ανοίγματος (παρουσιάζονται οι περιπτώσεις μόνο με οικονομικό όφελος ΚΠΑ≥0)

Από τις σχέσεις 5.16 και 5.17 προκύπτει Πίνακας 5.31 όπου και παίρνουμε ως εμβαδόν ανοίγματος για την περίπτωση της Θεσσαλονίκης τα 60 m² όπου αντιστοιχεί ΚΠΑ 13.83€ οριακά θετικό . Έτσι από τη Σχέση 3.7 έχουμε WWR = 30%.



Σχήμα 5.33 Νότια όψη κτηρίου μετά την βελτιστοποίηση

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

¹ Στην μελέτη μας παραπάνω δεν λάβαμε υπόψη την ανάγκη ψύξης γιατί καθώς αυξάνεται το εμβαδόν ανοίγματος αυξάνονται και οι KWh ψύξης. Αυτό δεν προϋποθέτει βελτιστοποίηση ανοίγματος εκτός αν τοποθετηθεί κάποιου είδους σκίαστρο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα οι προεξοχές της κεραμοσκεπής.

Σκοπός είναι να ελαχιστοποιηθούν οι ώρες όπου υπάρχει ανεπιθύμητος ηλιασμός μέσο της αύξησης του μήκους των προεξοχών, όμως καθώς αυξάνει το μήκος της προεξοχής από την μια πλευρά μειώνονται τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι αλλά ταυτόχρονα θα μειωθούν και τον χειμώνα όπου είναι επιθυμητά. Η λύση που θα επιλεγεί εδώ έχει ως εξής: επειδή χρειάζεται σκίασμός τους θερινούς μήνες και ηλιασμός τους χειμερινούς θα επιλεγεί μήκος προεξοχών τέτοιο ώστε να εμποδίζει ασήμαντα τον ηλιασμό τους χειμερινούς μήνες και παράλληλα να προστατεύει επαρκώς αλλά όχι πλήρως τους καλοκαιρινούς μήνες. Για τον πλήρη σκίασμό από τον ήλιο τους θερινούς μήνες θα τοποθετηθεί τέντα την οποία θα χειρίζεται χειροκίνητα ο χρήστης.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες με τις ωριαίες ανάγκες ψύξης χωρίς κάποιου είδους σκίαστρο που υπολογίστηκαν από το λογισμικό ταυτόχρονα με τη θέρμανση για Αθήνα και Θεσσαλονίκη αντίστοιχα.

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Ζ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Χ (m)	ΩΡΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΨΥΞΗΣ ΖΩΝΗ 3 (KWh/yr)
18	3	6	2	8	7538
24	4	6	2	8	8159.1
30	5	6	2	7.5	8787.7
36	6	6	2	7	9425.7
48	8	6	2	6	10715.8
54	9	6	2	5.5	11369.1
60	10	6	2	5	12018
72	12	6	2	4	13324.7
84	14	6	2	3	14627.5
90	15	6	2	2.5	15264.9
108	18	6	2	1	17179.4

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m ²)	ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Ζ (m)	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΞΟΝΑ Χ (m)	ΩΡΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΨΥΞΗΣ ΖΩΝΗ 3 (KWh/yr)
18	3	6	2	8	4870.82
24	4	6	2	8	5389.18
30	5	6	2	7.5	5921.37
36	6	6	2	7	6454.23
48	8	6	2	6	7545.02
54	9	6	2	5.5	8112.08
60	10	6	2	5	8683.14
72	12	6	2	4	9811.35
84	14	6	2	3	10911.1
90	15	6	2	2.5	11454.62
108	18	6	2	1	13066.57

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη διαπιστώνουμε ότι σε μια περιοχή, όπως η Θεσσαλονίκη με περισσότερη υγρασία και λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία, οι ωριαίες ανάγκες για θέρμανση αυξάνονται οπότε χρειαζόμαστε μεγαλύτερο άνοιγμα του παραθύρου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το ποσοστό WWR αυξάνεται κατά 10% τελικά μιας και αυξάνεται το ΔΚενεργειας και το ΔΚπαραθ.

Ακόμη σε μια περιοχή με περισσότερες ωριαίες ανάγκες θέρμανσης αυξάνοντας το εμβαδόν του παραθύρου πετυχαίνουμε μεγαλύτερο όφελος στο κόστος ενέργειας.

Από την άλλη, όπως αναφέρθηκε και στις παρατηρήσεις με τη βοήθεια ενός κατάλληλου σκίαστρου μπορούμε να πετύχουμε ένα παρόμοιο αποτέλεσμα και όσο αφορά τις ανάγκες για ψύξη.

Μπορεί λοιπόν, να υπάρξει δυνατότητα βελτιστοποίησης της διαστασιολόγησης ενός συστήματος με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, με τη χρήση ηλιακής ακτινοβολίας όπου είναι και μία από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε. (2017) Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Κλιματική αλλαγή – Περιβάλλον – Βιωσιμότητα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Αξαρχή Κ. (2009^α) Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη
- Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα (2002), Εκδόσεις ΚΑΠΕ
- Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη <http://www.evonymos.org>
- ΚΑΠΕ – Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας (www.cres.gr)
- Κωνσταντινίδου Χ. (2008) Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική & Ενεργειακός Σχεδιασμός, ΣΕΛΚΑ
- Μαλεβίτη Ε. (2012) Ενεργειακή διαχείριση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας “Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια σελ. 69-74”, Εκδόσεις πεδίο, Αθήνα
- Νικολούδης Ι. Στέλιος (2013) Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική “Πτυχιακή εργασία” Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ
- Παπανδρέου Θ. Δημήτριος (2015) Κτίρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – εξοικονόμηση ενέργειας με ηλιοθερμικά συστήματα. “Πτυχιακή εργασία” Σχολή Μηχανικών – Τομέας θερμότητας ΕΜΠ
- Πέρδιος Σ. (2007^α) Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια - αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές, ΤΕΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ, Αθήνα
- Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων – Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας, ΤΕΕ
- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Κλιματικών Αλλαγών (www.ypeka.gr)
- Φλώρου Ε. (2013) Ηλιακά και παθητικά συστήματα και άλλοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας “Πτυχιακή εργασία” ΤΕΙ Πειραιά
- Ali Sayligh and Hamid Marafia (1998) Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design-Chapter 1, Renewable and sustainable energy reviews 2, 3-24.
- ASHRAE, 2010, ASHRAE standard, thermal environment conditions for human occupancy
- Energy plus. Εγχειρίδιο χρήσης του ομώνυμου προσομοιωτικού προγράμματος.

- Guohui Feng et al. (2017) “Study on the Influence of Window-Wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings” Procedia Engineering [online], vol 205, pp730-737. Available from <http://www.sciencedirect.com> (Accessed 10 June 2019)
- Photovoltaic, 2017, Τι είναι το net metering;
<http://www.photovoltaic.gr/el/master/page/blog/law-branch/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-net-metering>
(Accessed 20 June 2019)