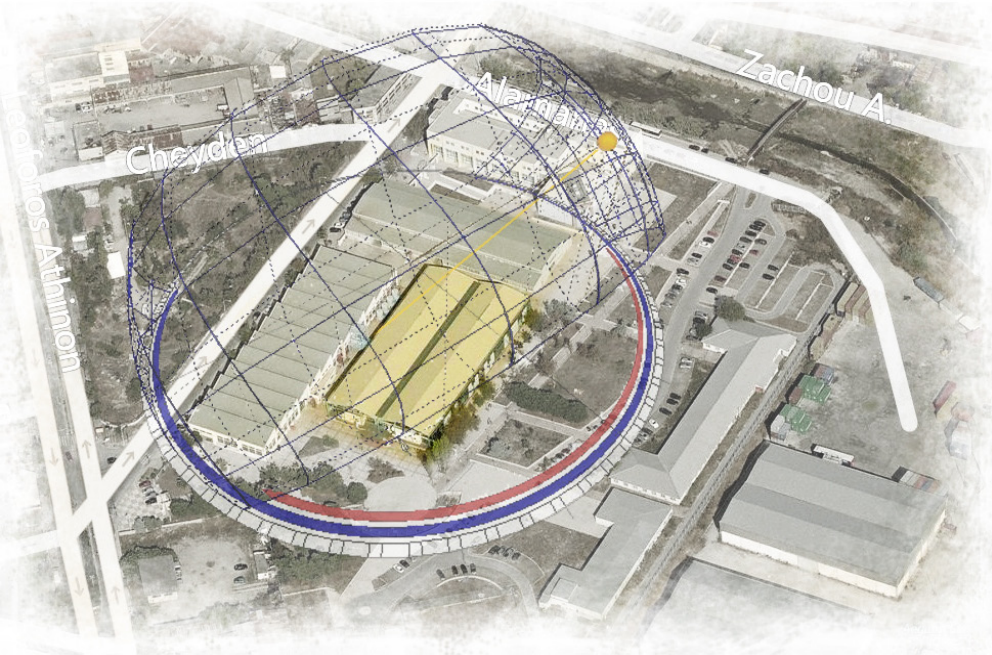
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

ΙΩΑΝΝΑ ΧΡΙΣΤΙΑ



Άρης Τσαγκρασούλης :Επιβλέπων

Ερευνητική Εργασία, Φεβρουάριος 2014

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας , Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Περίληψη

Η σύσταση της ατμόσφαιρας αλλοιώνεται με τη συνεχή αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακαι και άλλων αερίων. Η εξάρτηση από τις ενεργειακές πηγές, η επιβάρυνση του ηλεκτρικού δικτύου και η δημιουργία του φαινομένου της αστικής νησίδας είναι μόνο μερικά από τα προβλήματα που ερχόμαστε όλοι να αντιμετωπίσουμε. Η ,όχι και τόσο παλιά, αντίληψη πως όλα τα ενεργειακά προβλήματα ενός κτιρίου τα λύνουμε προσθέτοντας μηχανήματα έχει περάσει ανεπιστρεπτί στο παρελθόν. Τόσο η εξάντληση των φυσικών πόρων όσο και η ανάγκη για αλλαγή νοοτροπίας ως προς το φυσικό περιβάλλον επιβάλλουν την εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού σε καινούργια ή υπάρχοντα κτίρια.

Η παρούσα ερευνητική εργασία ασχολείται με την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου της Αρχιτεκτονικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η μελέτη χωρίζεται σε τρία μέρη επιχειρώντας μέσα από έρευνα την παρουσίαση πρότασης για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

Το πρώτο μέρος ασχολείται με τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, τα χαρακτηριστικά του εξωτερικού χώρου και τις προδιαγραφές του εσωτερικού χώρου ώστε ο χρήστης να νιώθει άνετα μέσα σε αυτό.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η καταγραφή του κτιριακού αποθέματος τριτογενούς τομέα στην Ελλάδα καθώς και η διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων.

Στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν στο υφιστάμενο κτίριο και η σύγκρισή τους με τις πρέπουσες προδιαγραφές και στη συνέχεια η πρόταση για παρέμβαση στο σύστημα φωτισμού και στο κέλυφος του κτιρίου.

Summary

The composition of the atmosphere deteriorates due to the constant increase of the CO_2 and other gases emissions. The dependence on energy sources, the surcharge of the electric system and the creation of urban heat island are some of the problems that we are called to deal with. The ,not too old, perception that all the energy problems of a building are solved by using even more mechanical equipment has no longer value. The decrease of the natural resources and the need of changing our attitude towards the environment impose the appliance of energy design on new or existing buildings.
The current study involves with the energy upgrading of the building of the department of Architecture of the University of Thessaly. The study is divided in three parts, attempting through research the presentation of a proposal for the reduction of the energy consumption of the building.
The first parts deals with the basic factors that affect the building's energy behaviour, the features of the environment and the specifications of the inside space so as the users feel comfortable.
At the second part the record of the building stock of the tertiary sector and the procedure of the energy inspection are presented.
At the third part the measurements of the existing building are presented, the compare with the specifications that are valid and at the end the proposal for intervention in the light system and in the building's shell.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ πολύ τον Άρη Τσαγκρασούλη για την καθοδήγησή του και την συνεχή προσπάθειά του στον τομέα της έρευνας. Επίσης ευχαριστώ την οικογένειά μου και όλους του φίλους που συμμετείχαν στην ολοκλήρωση του ερευνητικού.

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ Ι

Εισαγωγή 9

1. Ηλιακή γεωμετρία
   1.1 Κίνηση της Γης 10
   1.2 Κίνηση του Ήλιου 11
   1.3 Γραφική αναπαράσταση 12

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός 14
   2.1 Θερμική Άνεση 15
   2.2 Οπτική Άνεση 20
   2.3 Ακουστική Άνεση 21

3. Φωτισμός 22
   3.1 Θεμελιώδη μεγέθη φωτομετρίας 23
   3.2 Φυσικός Φωτισμός 24
   3.3 Τεχνητός Φωτισμός 28

4. Χαρακτηριστικά Κτιρίου
   4.1 Μορφή του Κτιρίου 33
   4.2 Υλικά Κτιρίου 34
   4.3 Κέλυφος Κτιρίου 40
   4.4 Σκίαση 45
   4.5 Περιβάλλων Χώρος Κτιρίου

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

5. Η γεωγραφική θέση και κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας 52
   5.1 Κλιματικές ζώνες στην Ελληνική επικράτεια 54

6. Ενεργειακή Κατανάλωση 55
   6.1 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ελλάδα 56

7. Κτιριακό απόθεμα 59

8. Ενεργειακή Επιθεώρηση
   8.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων 62
   8.2 Πρόγραμμα και χρήση 65

9. Ενεργειακός Σχεδιασμός σε Υφιστάμενο Κτίριο 66

ΜΕΡΟΣ III

10. Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
10.1 Τοποθεσία 68

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου
11.1 Μετρήσεις και παρατηρήσεις 70

12. Πρόταση για το Φωτισμό 77

13. Πρόταση για το Κέλυφος
13.1 Πρόταση για αερισμό 104
13.2 Πρόταση για αερισμό 105
13.3 Πρόταση για φωτοβολταϊκά 108

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης 109
14.1 Υπάρχον κτίριο 110
14.2 Πρόταση για αλλαγή συστήματος φωτισμού και υαλοστασίων 111
14.3 Πρόταση για προσθήκη ανοιγμάτων στην οροφή 112
14.4 Πρόταση για αφαίρεση των υπαρχόντων υαλοστασίων οροφής 113
14.5 Υπολογισμός συμπεριφοράς υπάρχοντος κτιρίου με 0.7 αερισμό 114
14.6 Υπολογισμός συμπεριφοράς προτεινόμενου κτιρίου με 0.7 αερισμό 115
14.7 Υπολογισμός συμπεριφοράς υπάρχοντος κτιρίου με 1 αερισμό 116
14.8 Υπολογισμός συμπεριφοράς προτεινόμενου κτιρίου με 1 αερισμό 117
14.9 Υπολογισμός συμπεριφοράς υπάρχοντος κτιρίου με 2 αερισμό 118
14.10 Υπολογισμός συμπεριφοράς προτεινόμενου κτιρίου με 2 αερισμό 119
14.11 Συμπεράσματα 122

15. Παράρτημα
15.1 Ανάλυση τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα ανά κλάδο, χρήση και καύσιμο 124
15.2 Ώρες, ημέρες και περίοδοι λειτουργίας σε σχέση με τη κατηγορία και τη χρήση του χώρου. 126
15.3 Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών και ανάγκη για νωπό αέρα ανά χρήση κτιρίου 128
15.4 Στάθμη φωτισμού, ισχύς και επίπεδο αναφοράς μέτρησης σε σχέση με τη χρήση του κτιρίου. 130
15.5 Κλιματικά δεδομένα για την πόλη του Βόλου 132
15.6 Όροι δόμησης για την πόλη του Βόλου 136

16. Βιβλιογραφία 138

Εισαγωγή

Η εξέλιξη της τεχνολογίας, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου και οι αυξανόμενες ανάγκες έχουν σημαδέψει όχι μόνο τον τρόπο ζωής, αλλά και το περιβάλλον. Ο αντίκτυπος της ανθρώπινης δραστηριότητας στο φυσικό περιβάλλον είναι πολύ μεγάλος με καταστροφικές επιπτώσεις. Ο άνθρωπος επεδίωξε την ανάπτυξη χωρίς να λαμβάνει υπ' όψιν τη <<βιώσιμη ανάπτυξη>>, με αποτέλεσμα να φτάσει μέχρι και την κακοποίηση του περιβάλλοντος. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της σύγχρονης εποχής, με ανυπολόγιστο κόστος για το σύγχρονο ανθρώπινο πολιτισμό. Η θερμοκρασία αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, προκαλώντας τεράστιες αλλαγές στην επιφάνεια του πλανήτη. Η οικοδομική δραστηριότητα του ανθρώπου συμβάλλει σημαντικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι ανάγκες ενός κτιρίου σε ενέργεια μεταφράζονται σε όλο και μεγαλύτερες εγκαταστάσεις μηχανημάτων με αποτέλεσμα υψηλές εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO2). Στην Ελλάδα συγκεκριμένα υπολογίζεται πως η χρήση κλιματιστικών μονάδων αυξήθηκε τα τελευταία χρόνια κατά 900%. Σημαντικό είναι πως το 45% της καθημερινής κατανάλωσης ενέργειας αντιστοιχεί στον κτιριακό τομέα. Είναι κατά συνέπεια αναγκαίο να γίνει επαναπροσδιορισμός του τρόπου σχεδιασμού των κτιρίων, με τέτοιο τρόπο ώστε όχι μόνο να μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των ενοίκων για θερμική και οπτική άνεση αλλά και να χρησιμοποιούν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια.

1. Ηλιακή Γεωμετρία

1.1 Κίνηση της Γης

Για τον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου ο ήλιος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τα παράθυρα προσφέρει επιθυμητή θερμότητα το χειμώνα αλλά το καλοκαίρι είναι δυνατό να προκαλέσει πρόβλημα υπερθέρμανσης. Το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού είναι η ηλιακή γεωμετρία, δηλαδή η μελέτη της θέσης του ήλιου σε σχέση με συγκεκριμένο σημείο της γης.

Η ηλιακή γεωμετρία συνδέεται με τις δύο κύριες κινήσεις της γης:

- Την ημερήσια περιστροφή γύρω από τον άξονα Β-Ν, από τα δυτικά προς τα ανατολικά, η οποία διαρκεί 24 ώρες
- Την ετήσια κίνηση γύρω από τον ήλιο και διαρκεί 365 μέρες, 5 ώρες, 48 λεπτά και 46 δευτερόλεπτα. Το διάστημα αυτό λέγεται έτος. Η κίνηση αυτή γίνεται σε ελλειπτική τροχιά (με τον ήλιο στη θέση της μιας εστίας) και με μεταβλητή ταχύτητα (ανάλογα με την απόστασή της από τον ήλιο.

Κατά τη διάρκεια ενός έτους, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης (δ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στη ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες της τιμές είναι +23.45^{o} στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και -23,45^{o} στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο) ενώ στις 21/3 και 23/9 είναι 90° (εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία, αντίστοιχα).

Η αυξομείωση της απόκλισης μεταβάλλει την κατανομή της ηλιακής πρόσπτωσης στην επιφάνεια της γης, με αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών (που εμφανίζονται αντίστροφα στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο) και τη διακύμανση της χρονικής διάρκειας μέρας και νύχτας κατά τη διάρκεια του έτους.

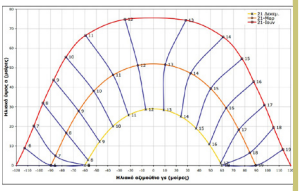
Εικ: 1, Πηγή: http://greeksagainstnwo.blogspot.gr

1. Ηλιακή Γεωμετρία

1.2 Κίνηση του Ήλιου

Ηλιακή τροχιά

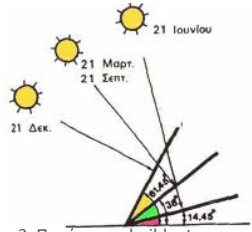
Η ημερήσια τροχιά του Ήλιου είναι μια καμπύλη στον ουράνιο θόλο που σχηματίζεται από τις διαδοχικές φαινόμενες θέσεις του Ήλιου κατά τη κίνησή του από την ανατολή στη δύση. Από γεωμετρική άποψη, κάθε ημερήσια ηλιακή τροχιά είναι η τομή του αντίστοιχου ηλιακού κώνου με τον ημισφαιρικό ουράνιο θόλο. Αν σημειώσουμε τις τροχιές διαφόρων ημερών σε ένα διαφανές ημισφαίριο μπορούμε αργότερα να αναφερόμαστε στη θέση του Ήλιου σε οποιαδήποτε καταγεγραμμένη στιγμή.



Εικ.2, Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

Γωνία πρόσπτωσης

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάποιο επίπεδο εξαρτάται κυρίως από τη γωνία μεταξύ των ακτινών και του επιπέδου. Η γωνία αυτή μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας. Για οριζόντιο επίπεδο είναι μηδέν κατά την ανατολή και τη δύση. Κατά το 'ηλιακό μεσημέρι' παρουσιάζεται η μέγιστη ημερήσια τιμή της, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και την ημερομηνία.



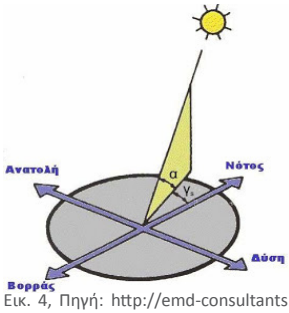
Εικ. 3, Πηγή: www.buildnet.gr

Ηλιακές γωνίες

Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών (ηλιακό υψόμετρο και αζιμούθιο) που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του Ήλιου στη δεδομένη στιγμή.

• Το υψόμετρο (α) είναι η γωνιά μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο 0°, ενώ το υψόμετρο του ζενίθ είναι 90°.

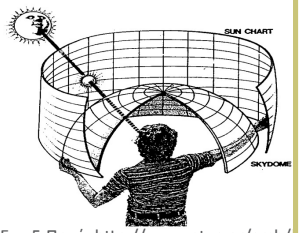
• Το αζιμούθιο (γ) είναι η γωνία της οριζόντιας προβολής της ακτίνας και της διεύθυνσης που λαμβάνεται ως αφετηρία. Μετράται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα, με αφετηρία τον Βορρά ή τον Νότο, ανάλογα με την επιλεγμένη σύμβαση.



Εικ. 4, Πηγή: http://emd-consultants.blogspot.gr/2013/01/blog-post_2.html

Ουράνιος θόλος

Ο ουρανός θεωρείται ως ένα ημισφαίριο που εδράζεται στο οριζόντιο επίπεδο της τοποθεσίας. Κάθε σημείο του χώρου προβάλλεται σε σημείο του ουράνιου θόλου και προσδιορίζεται με βάση το γωνιακό υψόμετρο και αζιμούθιό του, όπως ακριβώς τα σημεία της Υδρογείου ορίζονται με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος τους.



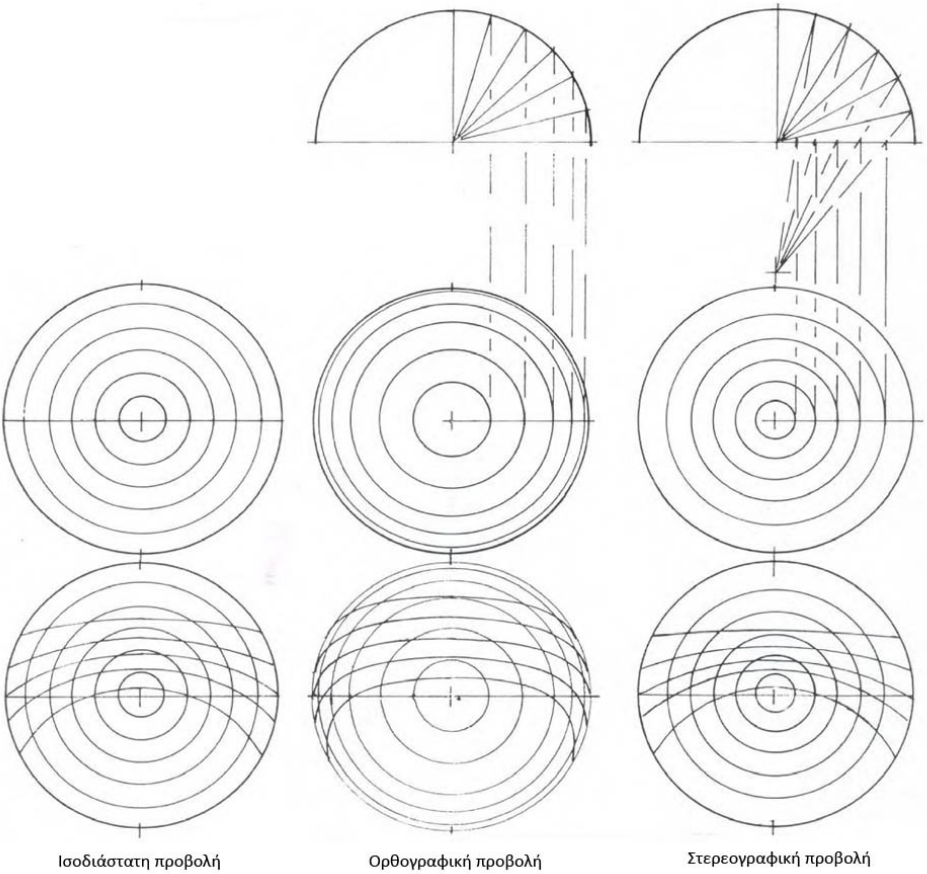
Εικ. 5,Πηγή: http://www.ntua.gr/arch/geometry/postgrad/Geometry6GR.pdf

1. Ηλιακή Γεωμετρία

1.3 Γραφική αναπαράσταση

Τα ηλιακά διαγράμματα είναι χάρτες του ουράνιου θόλου που απεικονίζουν τη τροχιά του Ήλιου όπως φαίνεται από τα σημεία συγκεκριμένου γεωγραφικού πλάτους σε επιλεγμένες ημέρες. Προσφέρουν μια γρήγορη εικόνα των ηλιακών κινήσεων στη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με παρόμοιες γραφικές μεθόδους στη μελέτη του ηλιασμού. Γενικότερα, τα διαγράμματα αυτά αποτελούν 'χάρτες' του ουρανού, όπου κάθε σημείο του ουράνιου θόλου αντιστοιχεί σε ζεύγος γωνιακών συντεταγμένων, όπως ακριβώς σε κάθε γεωγραφικό χάρτη. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να παρασταθούν όχι μόνο οι θέσεις του Ήλιου αλλά και άλλα στοιχεία,
π.χ. μια βουνοκορφή.
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να αποτυπωθεί ο τρισδιάστατος ουρανός σε δισδιάστατο διάγραμμα.
Η *ισοδιάστατη προβολή* είναι ειδική μέθοδος κεντρικής προβολής της οποίας το κέντρο κινείται κατακόρυφα κάτω από τον παρατηρητή, έτσι ώστε οι ισοϋψείς κύκλοι να προβάλλονται στη βάση του θόλου κατά κανονικές αποστάσεις.
Στην *ορθογραφική προβολή* τα σημεία του ουράνιου θόλου προβάλλονται κάθετα στο επίπεδο της βάσης του, της οποίας το περίγραμμα παριστάνει τον ορίζοντα. Με αυτή τη μέθοδο οι χαμηλές θέσεις του Ήλιου εμφανίζονται πυκνά κοντά στον ορίζοντα, μειώνοντας την ακρίβεια ανάγνωσης, ενώ οι υψηλές θέσεις εμφανίζονται αραιά προς το κέντρο του διαγράμματος.
Στην *στερεογραφική προβολή*, οι προβολές των ισοϋψών κύκλων πυκνώνουν προς το κέντρο και αραιώνουν προς τον ορίζοντα, βελτιώνοντας έτσι την ευκρίνεια για χαμηλές θέσεις του Ήλιου, Στη προβολή αυτή, οι μαθηματικές σχέσεις και η γραφική παράστασή τους είναι πιο εύκολη, με τις ημερήσιες και ωριαίες καμπύλες ως κυκλικά τόξα, κατασκευάσιμα με κανόνα και διαβήτη βάσει απλών τύπων.

1. Ηλιακή Γεωμετρία



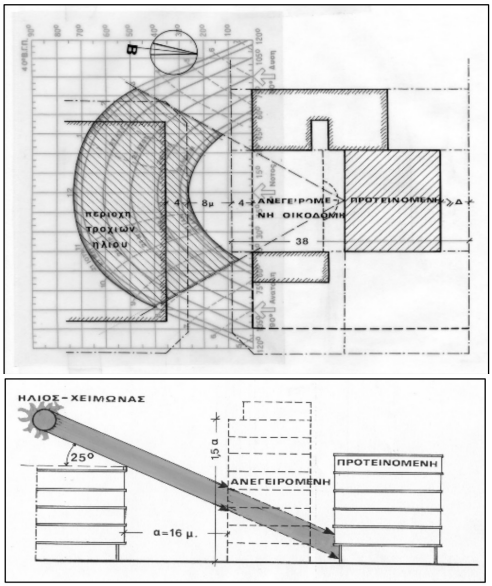
Εικ. 6, Πηγή: Steven V. Szokolay : Solar Geometry, Plea Notes, in association with the University of Queensland, Department of Architecture, 2007

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται βάσει αρχών και προδιαγραφών ώστε αφενός να εξοικονομούν ενέργεια για τη θέρμανση και την ψύξη τους (μείωση θερμικού και ψυκτικού φορτίου) και αφετέρου να εκμεταλλεύονται τις ήπιες μορφές ενέργειας, για την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού τους φορτίου και ταυτόχρονα να επιτυγχάνεται και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός έχει σκοπό τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνει ένα κτίριο, των αντίστοιχων ρύπων αλλά και του φορτίου αιχμής για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτηρίων. Η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση κτιρίων επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσώκλιμα που να παρέχει, με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες. Ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός βασίζεται στις αρχές της βελτιστοποιημένης ενεργειακά αρχιτεκτονικής, και στην ένταξη συστημάτων ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, όπως παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων ενός κτιρίου.

Έλεγχος ηλιασμού ανεγειρόμενης οικοδομής και προτεινόμενη θέση αυτής



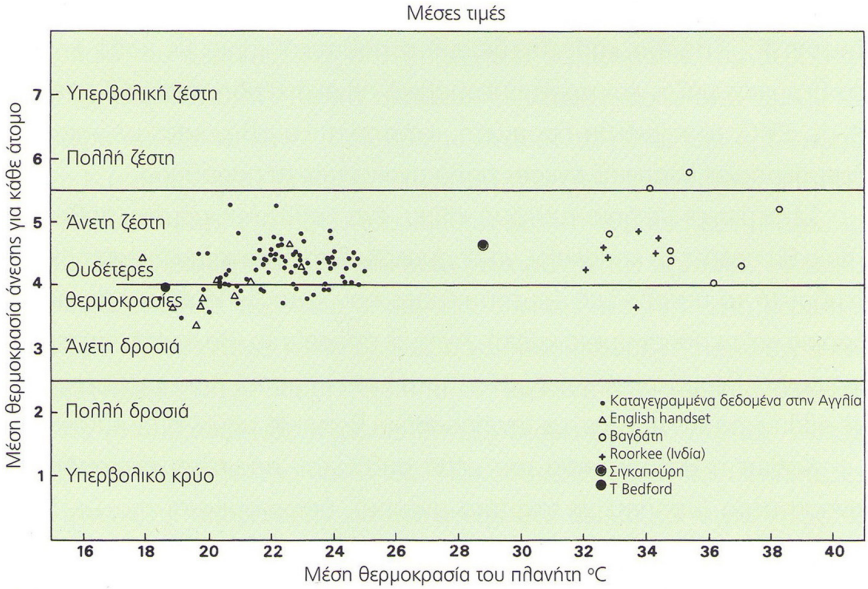
Εικ.7,8, Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.1 Θερμική Άνεση

Η ύπαρξη των κτιρίων, είτε αυτά εξυπηρετούν ως χώροι διαβίωσης ή ως χώροι εργασίας, έχει ως στόχο να υποβοηθήσει την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και να παρέχει προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών παραμέτρων στο εσωτερικό του.

Με τον όρο *Θερμική Άνεση*, εκφράζουμε το πόσο άνετα αισθανόμαστε σε ένα χώρο. Ο βαθμός αυτός καθορίζεται άμεσα από τη θερμοκρασία του αέρα, σε συνάρτηση με τη διαφορά θερμοκρασίας των τοίχων, της οροφής, των παραθύρων και του πατώματος, του ποσοστού υγρασίας του χώρου αλλά και ατομικών παραγόντων όπως ο ρυθμός μεταβολισμού και ο ρουχισμός. Κάθε μεταβολή στο συνδυασμό αυτών των στοιχείων δημιουργεί και μια άμεσα αντιληπτή μεταβολή στο δείκτη θερμικής άνεσης. Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5 και 25°C (με σχετική υγρασία 50%). Σε ένα καλά μονωμένο χώρο, οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ του εσωτερικού αέρα και των τοίχων είναι πολύ μικρές. Αυτό σημαίνει πολύ μικρή κυκλοφορία κρύου αέρα και βελτιωμένη θερμική άνεση. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικοί οι θερμοί τοίχοι: όσο υψηλότερη η επιφανειακή θερμοκρασία του τοίχου τόσο καλύτερο το κλίμα του εσωτερικού χώρου. Σημαντικός παράγοντας είναι και η τοποθεσία καθώς, σύμφωνα με τον Michael Humphreys οι άνθρωποι που ζουν σε θερμότερα κλίματα αισθάνονται άνετα σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Εικ.9).

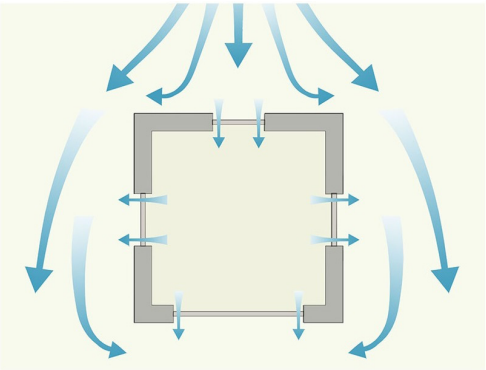


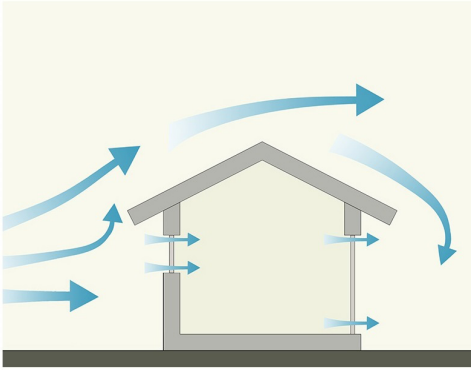
Εικ.9, Πηγή: Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas: Εco Δομείν, Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα 2009

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.1 Θερμική Άνεση/ Αερισμός

Ένας κλιματικός παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά τη θερμική λειτουργία του κτιρίου είναι ο κυρίαρχος άνεμος της περιοχής, κάθε εποχή. Ο αέρας κινείται από τις περιοχές υψηλότερης προς τις περιοχές χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η κάθε πλευρά του κτιρίου επηρεάζεται διαφορετικά από τον άνεμο, ανάλογα με τη θέση της ως προς την κύρια κατεύθυνσή του. Θετική (υψηλότερη) πίεση δημιουργείται στην προσήνεμη (η πλευρά που είναι στραμμένη στην κατεύθυνση του ανέμου. Το αντίθετο είναι η υπήνεμη) όψη του κτιρίου και αρνητική (χαμηλότερη) πίεση δημιουργείται στην υπήνεμη. Η αύξηση της αιολικής πίεσης αυξάνει τη μετάδοση θερμότητας εξαιτίας της συναγωγής μεταξύ κελύφους και μάζας του αέρα και επιτρέπει τη διείσδυση του ανέμου στο κτίριο δια μέσου των αρμών του κελύφους. Στην περίπτωση ψυχρών ανέμων έχουμε αυξημένες απώλειες θερμότητας από το κτίριο, ενώ στην περίπτωση θερμών ανέμων έχουμε αύξηση των εσωτερικών θερμικών φορτίων.
Άρα χρησιμοποιώντας την διαφορά πίεσης τόσο έξω από το κτίριο όσο και στο εσωτερικό του, επιτυγχάνεται επαρκής αερισμός του κτιρίου.





Εικ. 10, 11, Πηγή:http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/prosanatolismos/

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

Ως Φυσικό Αερισμό ονομάζουμε την κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο αλλά και μεταξύ του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Πρόκειται για ένα λεπτό ζήτημα καθώς είναι αρκετά δύσκολος ο έλεγχος της κίνησης του αέρα. Ο αέρας με μεγαλύτερη ταχύτητα γίνεται αισθητός ως ψυχρότερος καθώς έχει επίπτωση στην απώλεια θερμότητας του σώματος με μεταφορά. Γι' αυτό οι ταχύτητες του αέρα πρέπει να διατηρούνται χαμηλές το χειμώνα. Η επιθυμητή κατάσταση είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης για τους ενοίκους μέσω της κίνησης του αέρα χωρίς μηχανικά μέσα. Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων κατά τους θερινούς μήνες μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους.

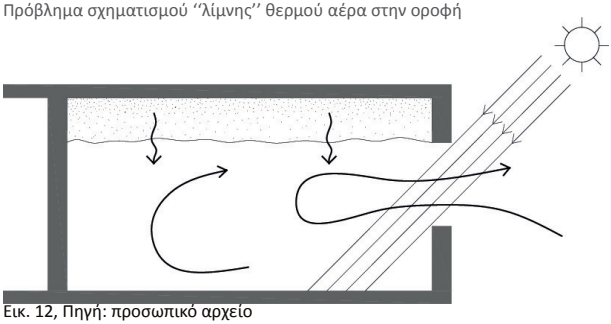
Ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται, ο φυσικός αερισμός μπορεί να είναι:

- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα

Ο αερισμός του κτιρίου είναι απαραίτητος για την ανανέωση του αέρα, για την άμεση και έμμεση ρύθμιση θερμικής άνεσης (εγκαθιστώντας ένα σύστημα που θα εκμεταλλεύεται τον αερισμό για το δροσισμό ή τη θέρμανση του κτιρίου). Η ποσότητα του φρέσκου αέρα που χρειάζεται ένας χώρος ποικίλλει από την ελάχιστη που απαιτείται για την αναπνοή (2 lt/s) μέχρι την αυξημένη που είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση των οσμών (16-32 lt/s).[12]

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής, ο τεχνητός αερισμός είναι απαραίτητος. Συνιστάται για χρήσεις χώρων κατά τις οποίες απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητας αέρα και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Πρόβλημα σχηματισμού ''λίμνης'' θερμού αέρα στην οροφή



Εικ. 12, Πηγή: προσωπικό αρχείο

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.1 Θερμική Άνεση/ Υγρασία/Ρυθμός Μεταβολισμού

Η υγρασία είναι καθοριστικός παράγοντας που σχετίζεται με τη θερμική άνεση, ιδίως όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή. Εξαιτίας της μη ύπαρξης στοιχείων για την υγρασία στην περιοχή της Ευρώπης, η καλύτερη παράμετρος για να δουλέψει κανείς είναι η πίεση των υδρατμών. Οι μέσες τιμές για την πίεση των υδρατμών είναι σχετικά σταθερές για όλη τη μέρα. Η σχετική υγρασία όμως ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Σε μέσες θερμοκρασίες αέρα (15-25°C) και κάτω από σταθερές συνθήκες παραμονής, η υγρασία του αέρα έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση. Αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 10% θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα με αύξησης θερμοκρασίας του αέρα κατά 0,3^{o}C. Σε συνθήκες μετακίνησης ενός ατόμου σε άλλους χώρους με διαφορετικά επίπεδα υγρασίας, η θερμική επίδραση μπορεί να είναι 2-3 φορές μεγαλύτερη.[14]

Ο άνθρωπος έχει ένα θερμορυθμιστικό σύστημα το οποίο εξασφαλίζει ότι η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος παραμένει σταθερή, περίπου στους 37 ^{O}C. Ο μεταβολικός ρυθμός είναι η τιμή της ενέργειας που παράγεται από το ανθρώπινο σώμα και μεταβάλλεται ανάλογα με τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Ο ρυθμός μεταβολισμού ορίζεται σε μονάδες 'met' όπου ένα met ισούται με 58.2 W/m^2 η οποία είναι επίσης η ενέργεια που παράγεται ανά μονάδα επιφάνειας για ένα καθισμένο άτομο που ξεκουράζεται.[37]

Δραστηριότητα	Ρυθμός μεταβολισμού	
	W/m^2	met
Ξαπλωμένος	46	0,8
Καθήμενος, χαλαρωμένος	58	1,0
Όρθιος, χαλαρωμένος	70	1,2
Καθιστική δραστηριότητα (γραφείο, κατοικία, σχολείο)	70	1,2
Δραστηριότητα όρθιου (ψώνια, εργαστήριο)	93	1,6
Δραστηριότητα όρθιου (εμποροϋπάλληλος	116	2,0
Μεσαία δραστηριότητα (επίμονη μηχανική εργασία)	165	2,8

Εικ. 13, Πηγή: http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3347/3/kambitsisk_thermalcomfort.pdf

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.2 Θερμική Άνεση/ Ρουχισμός

Είναι γωστό πως ανάλογα με τα ρούχα που είμαστε ντυμένοι είμαστε περισσότερο ή λιγότερο εκτεθιμένοι στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η αντίσταση στην μετάδοση θερμότητας που παρέχεται από ένα σύνολο ρουχισμού εκφράζεται σε μονάδες clo[37] όπου clo = 5.55 kcal/m^2hr.

Ντύσιμο	I_{cl}	
	m^2°C/W	clo
Shorts	0,015	0,1
Τυπικό τροπικό ντύσιμο	0,045	0,3
Ελαφρύ καλοκαιρινό ντύσιμο	0,08	0,5
Ελαφριά ενδυμασία εργασίας	0,11	0,7
Χειμερινό ντύσιμο	0,16	1,0
Βαρύ παραδοσιακό ευρωπαϊκό κοστούμι	0,23	1,5

Εικ. 14, Πηγή: http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3347/3/kambitsisk_thermalcomfort.pdf

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.3 Οπτική Άνεση

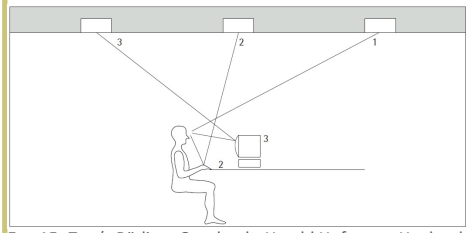
Η οπτική άνεση σε ένα χώρο καθορίζεται, σε γενικές γραμμές, από τρεις παραμέτρους: την ποσότητα του φυσικού φωτισμού, την κατανομή του στο χώρο και την ύπαρξη ή απουσία θάμβωσης. Το φαινόμενο της θάμβωσης χαρακτηρίζεται από τη μείωση της οπτικής ικανότητας που δημιουργείται όταν υπάρχουν περιοχές με υψηλή λαμπρότητα μέσα στο οπτικό πεδίο του ατόμου. Το φαινόμενο οφείλεται στη δυσκολία προσαρμογής του αμφιβληστροειδή στις συνθήκες φωτεινότητας.[29]

Η πρόληψη φαινομένων θάμβωσης αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό παράγοντα κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις θάμβωσης:

- άμεση θάμβωση, που προκύπτει όταν είναι ορατή η πηγή φωτισμού από το σημείο παρατήρησης (βρίσκεται μέσα στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή) και εξαρτάται από τη λαμπρότητα, την ανακλαστικότητα και το μέγεθος της επιφάνειας που βλέπω, τη διάταξη των φωτιστικών σε σχέση με τη θέση του σημείου αναφοράς – παρατηρητή και τέλος το επίπεδο φωτισμού.
- θάμβωση από ανάκλαση, που προκύπτει όταν υπάρχουν υψηλά ανακλαστικές επιφάνειες στο άμεσο οπτικό πεδίο του παρατηρητή όπου ανακλώνται οι πηγές φωτός.

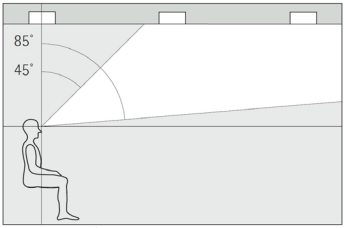
Και οι δύο τύποι θάμβωσης μπορούν να προκαλέσουν θάμβωση ανικανότητας (disability glare) ή ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare).Η ψυχολογική θάμβωση είναι αυτή που συναντάμε μέσα στα κτίρια και είναι ιδιαίτερα ενοχλητική αλλά δεν σε σταματάει να δουλέψεις, αντίθετα με τη θάμβωση ανικανότητας (π.χ. τα μεγάλα φώτα αντίθετα διερχόμενου αυτοκινήτου κατά τη νυχτερινή οδήγηση).

Είδη θάμβωσης: 1.άμεση 2.από ανάκλαση 3. στην οθόνη



Εικ. 15, Πηγή: Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann: Hanbook of Lighting Design

Άμεση θάμβωση



Εικ. 16, Πηγή: Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann: Handbook of Lighting Design

Όλοι οι χώροι κύριας χρήσης των κτιρίων πρέπει να έχουν επαρκή φυσικό φωτισμό και αερισμό, άμεσο ή έμμεσο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 354 του κτιριοδομικού κανονισμού όχι μόνο γιατί το μάτι προσαρμόζεται ευκολότερα σ' αυτό, αλλά και γιατί ο άνθρωπος νοιώθει την ανάγκη να έχει επαφή με το εξωτερικό του περιβάλλον.[30] Για την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν θάμβωση. Για τις απαιτούμενες τιμές φωτισμού θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

2. Ενεργειακός Σχεδιασμός

2.4 Ακουστική Άνεση

Ο πιο γενικευμένος ορισμός που περιλαμβάνει τους κραδασμούς, τους υπερήχους και τους ήχους είναι μία μηχανική διαταραχή, η οποία μεταδίδεται δια μέσου ενός στερεού (το οποίο έχει κάποια ελαστικότητα), υγρού ή αερίου με κύματα.[3]

Η διαφορά μεταξύ ενός ήχου και ενός θορύβου είναι πολύ υποκειμενική. Εξαρτάται κάθε φορά από το άτομο, το χώρο και το χρόνο. Θόρυβος περιγράφεται καλύτερα ως οποιοσδήποτε ανεπιθύμητος ήχος.

Η στάθμη της ηχητικής πίεσης διακρίνεται σε τρείς κατηγορίες σε ένα χώρο με συγκεκριμένη χρήση:

•Η επιθυμητή στάθμη (ανώτατο όριο), η οποία καθορίζεται από τα κριτήρια ποιότητας και άνεσης ανάλογα με την χρήση του χώρου

•Η στάθμη που στατιστικά αναμένεται να υπάρξει στο χώρο αυτό και συνήθως χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ηχοπροστασίας των γειτονικών χώρων.

•Η στάθμη η οποία μετρείται σε ένα χώρο τη δεδομένη στιγμή και με συγκεκριμένες συνθήκες.

Σύγκριση επιθυμητών τιμών με τα διάφορα κριτήρια

ΧΡΗΣΗ ΧΩΡΟΥ	L_A- dB(A)	NR- dB	NC- dB	RC- dB	ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΙΣΘΗΣΗ
Αίθουσα συναυλιών, μελοδράματος, στούντιο ηχογράφησης ή εκπομπής ομιλίας, μεγάλες συνεδριακές αίθουσες, μεγάλα θέατρα, υπνοδωμάτια σε ήσυχη περιοχή	20-30	10-20	10-20	15-20	Πολύ ήσυχος χώρος
Στούντιο τηλεόρασης, στούντιο ηχογράφησης, μικρά συνεδριακά αίθουσες διδασκαλίας βιβλιοθήκες, δωμάτια σε Ξενοδοχεία, κατοικίες, νοσοκομειακοί θάλαμοι, διευθυντικά γραφεία	30-35	25	25	25-30	
Καθιστικά, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, μικρές αίθουσες συσκέψεων, διδασκαλίας, βιβλιοθήκες, γραφεία, νοσοκομειακοί θάλαμοι	35-40	30	30	30	Ήσυχος χώρος
Εργαστήρια (ανάλογα με τις εργασίες), εστιατόρια, μπαρ Ξενοδοχείων	40-45	35	35	35	
Εργαστήρια (ανάλογα με τις εργασίες),Χώροι υποδοχής, κτίρια αεροδρομίων, καταστήματα	45-50	40	40	40	Μέτρια θορυβώδης
Καφενεία, εστιατόρια, γραφεία σε ανοιχτό χώρο	50-55	40	35-45	35-40	
Κουζίνες, ουπερμάρκετ, πλυντήρια	65-55	50-55	50-55	50	Θορυβώδης

Εικ.17, Πηγή: AS107-1977 Office Buildings, CIBSE Guide, Beranek (1971), ASHRAE Handbook:1991

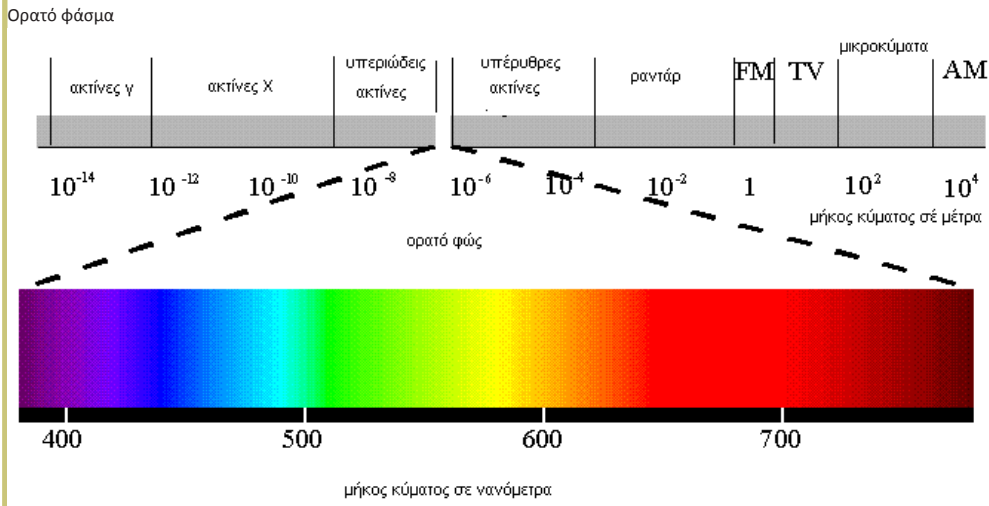
Ενδεικτικές στάθμες ηχητικών πιέσεων

P(Pa)	L_A dB(A)	ε	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΗΓΩΝ
200	140	5	Κινητήρας jet σε απόσταση 20m
112	135	5	
63,2	130	5	
35,6	125	5	Όριο πόνου
20,0	120	4	Συναυλίες rock κοντά στα ηχεία,δοκιμή κινητήρα jet σε απόσταση 25m
11,2	115	4	Κέντρο διασκέδασης κοντά στα ηχεία
6,32	110	4	Χώρος εφεδρικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους χωρίς ειδικά μέτρα
3,56	105	4	Ντίσκο
2,00	100	3	Αεριοσφυρα σε απόσταση 1m
1,12	95	3	Τρομπέτα σε χώρο δοκιμών
0,63	90	3	Θορυβώδες εργοστάσιο
0,36	85	3	Βαριά οδική κυκλοφορία σε απόσταση περίπου 10 μέτρων
0,200	80	2	Μηχανοστάσια, Δυνατή ομιλία σε απόσταση ενός μέτρου Χώροι συγκέντρωσης κοινού
0,112	75	2	Σύνηθες εστιατόριο
0,063	70	2	Θορυβώδες γραφείο
0,036	65	2	Κανονική ομιλία σε απόσταση ενός μέτρου
0,020	60	1	Ήσυχο γραφείο
0,0112	55	1	Κανονική ομιλία σε απόσταση ενός μέτρου
0,0063	50	1	Ήσυχο εστιατόριο
0,0036	45	1	Οικιακή περιοχή (τη νύχτα)
0,0020	40	1	Ήσυχη βιβλιοθήκη,
0,0011	35	0	Όριο εσωτερικού κατοικίας από θόρυβο οδικής κυκλοφορίας
0,00063	30	0	Ήσυχο υπνοδωμάτιο στην εξοχή
0,00036	25	0	Κανονική αναπνοή σε απόσταση ενός μέτρου
0,00020	20	0	Studio ηχογράφησης
0,00011	15	0	
0,00006	10	0	Ανηχοϊκός θάλαμος μετρήσεων
0,00004	5	0	
0,00002	0	0	Όριο ακοής

Εικ.18, Πηγή: Διονύσιος Ευθυμιάτος: Ακουστική και Κτιριακές Εφαρμογές, θεωρία και πράξη

3. Φωτισμός

Η αντίληψη μας για τον κόσμο καθορίζεται από την αίσθηση της όρασης. Το μάτι μας αντιλαμβάνεται ένα μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το επονομαζόμενο ορατό φάσμα. Το φάσμα καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που ‘‘μεταφράζονται’’ από το μάτι στα χρώματα του φάσματος, δηλαδή τα χρώματα του ουράνιου τόξου.



Εικ. 19, Πηγή: http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm

3. Φωτισμός

3.1 Θεμελιώδη μεγέθη φωτομετρίας

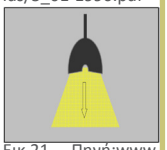
Φωτεινή ροή

Είναι το σύνολο της ορατής ακτινοβολίας που προέρχεται από μία πηγή φωτός και γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι .Η μονάδα μέτρησης είναι το lumen (lm).

Εικ.20, Πηγή:www.lucarte.gr/up-lds/5_01-1996.pdf

Φωτεινή ένταση I

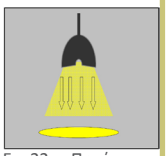
Είναι η ορατή φωτεινή ροή που εκπέμπεται προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Δηλαδή είναι ο λόγος της εξερχόμενης ροής dΦ φωτεινής πηγής προς την τιμή της στερεάς γωνίας από την οποία διέρχεται η ροή. I=dΦ/dω. Μετριέται σε candela (cd).



Εικ.21, Πηγή:www.lucarte.gr/up-lds/5_01-1996.pdf

Λαμπρότητα L

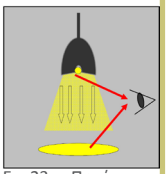
Είναι το βασικότερο μέγεθος της φωτοτεχνίας γιατί προκαλεί στο ανθρώπινο μάτι την αίσθηση της φωτεινότητας των διαφόρων αντικειμένων τα οποία διακρίνονται από την λαμπρότητα την οποία ακτινοβολούν. Η μονάδα μέτρησης είναι cd/m^2.



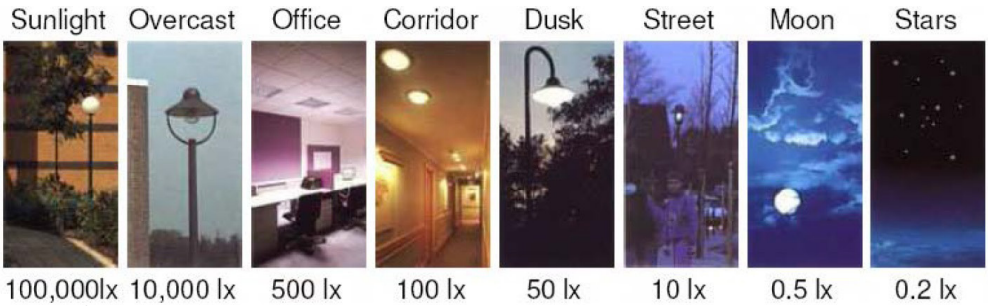
Εικ.22, Πηγή:www.lucarte.gr/up-lds/5_01-1996.pdf

Ένταση Φωτισμού E

Είναι ο λόγος της φωτεινής ροής την οποία δέχεται κάποια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής. Μονάδα μέτρησης το lux (lx)



Εικ.23, Πηγή:www.lucarte.gr/up-lds/5_01-1996.pdf



Εικ.24, Πηγή: Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann: Handbook of Lighting Design

3. Φωτισμός

3.2 Φυσικός Φωτισμός

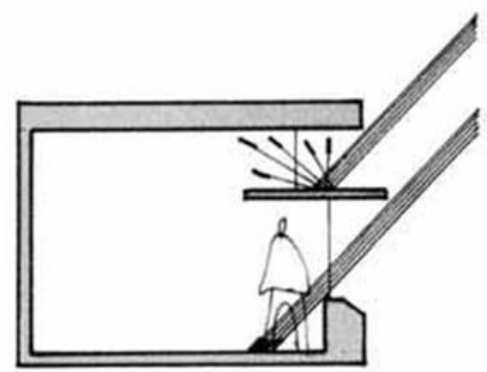
Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια, στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους. Τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου έχουν άμεση σχέση με τη χρήση φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο, καθώς αυτός εξαρτάται από το μέγεθος της περιμετρικής ζώνης. Πρακτικά η ζώνη αυτή εκτείνεται σε μήκος 2.5 – 3 φορές το πρέκι του παραθύρου, ενώ το φυσικό φως εισχωρεί κατά μέσο όρο σε βάθος 4 – 6 μέτρα από τους εξωτερικούς τοίχους. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται επίσης από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα /ανακλαστικότητα). Η ποσότητα αυτή μπορεί επίσης να επηρεαστεί από την κατάσταση του ουρανού και τις μεταβολές που σχετίζονται με τιε εναλλαγές ώρας, εποχής.
Όσον αφορά την ποιότητα του φυσικού φωτισμού, αυτή επηρεάζεται από τη λαμπρότητα του ουράνιου θόλου, την αντανακλαστική ικανότητα των εσωτερικών επιφανειών, τη θέση των ανοιγμάτων καθώς ακόμα και τον τύπο του παραθύρου.
Η μελέτη του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει δύο βασικά στάδια. Το στάδιο της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και το στάδιο της διανομής του φωτός στο χώρο. Στο πρώτο στάδιο παραλαμβάνεται φώς που είτε προέρχεται άμεσα από τον ήλιο, είτε είναι διάχυτο στον ουρανό είτε προέρχεται από αντανακλάσεις των επιφανειών του εξωτερικού χώρου. Το φως αυτό είναι λιγότερο ζεστό και πιο μαλακό και συνεπώς πιο ευχάριστο για την όραση. Μερικά παραδείγματα αρχιτεκτονικών στοιχείων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία είναι τα εξής:

- Παράθυρα, που συνήθως βρίσκονται σε μια πλευρά του χώρου ενδείκνυνται για χώρους που προορίζονται για γραφική εργασία, πχ σχολικές αίθουσες, γραφειακούς χώρους.

Εικ.25, Πηγή: http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

3. Φωτισμός

- Ράφια φωτισμού, που ενδείκνυνται για νότιο προσανατολισμό και λειτουργούν σε συνδυασμό με τις επιφάνειες του εσωτερικού καθώς μπορούν να ανακατευθύνουν το φως μέσω αντανακλάσεων σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου, που είναι αναγκαίο. Η αντανακλαστική ικανότητα των επιφανειών του εσωτερικού είναι εξαιρετικά σημαντική σ' αυτήν την περίπτωση.



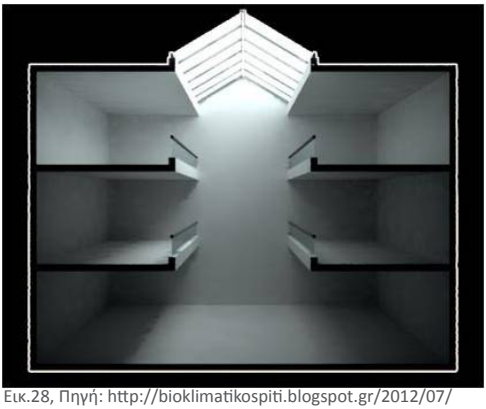
Εικ.26, Πηγή: http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

- Φεγγίτες, που συνήθως χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με κύρια πλευρικά ανοίγματα (που βρίσκονται όμως σε άλλη πλευρά του χώρου). Βρίσκονται ψηλά, κοντά στο ζενίθ του ουράνιου θόλου, επιτρέποντας στο φυσικό φώς να εισχωρήσει σε μεγαλύτερο βάθος. Δε χρησιμοποιούνται για θέαση στο εξωτερικό όμως παρέχουν εξαιρετικής ποιότητας φως στο επίπεδο εργασίας μειώνοντας τη θάμβωση που προέρχεται από αντανάκλαση από το δάπεδο.

Εικ. 27, Πηγή: http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

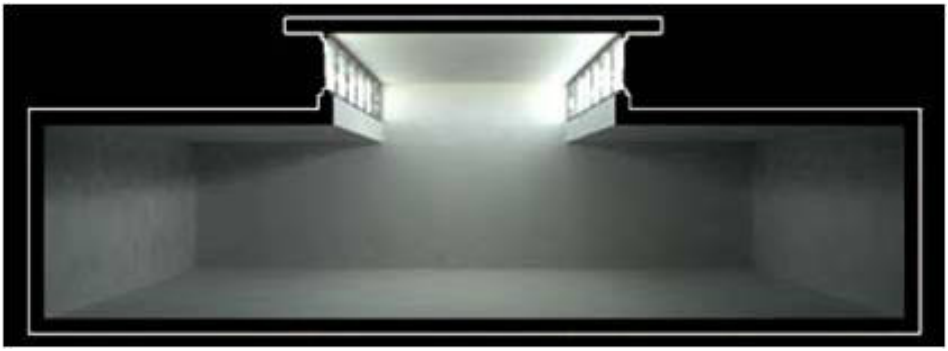
3. Φωτισμός

- Αίθρια ηλιασμού, δηλαδή κεντρικά τοποθετημένες περιοχές στο κτίριο, ανοιχτές προς τον ουρανό, στις οποίες χρησιμοποιείται συνήθως γυαλί. Τα κέρδη σε φώς είναι μεγάλα όμως εξίσου μεγάλα είναι και τα κέρδη σε θερμότητα που πρέπει να αντισταθμιστούν. Το άνοιγμα πρέπει να είναι τόσο ώστε να παρέχει αρκετό φως με την εισρροή λιγότερης θερμότητας διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης.



Εικ.28, Πηγή: http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

- Ανοίγματα οροφής, δηλαδή οριζόντια – συνήθως – ανοίγματα στην οροφή που διαχέουν το φως στο εσωτερικό. Τις περισσότερες φορές, λόγω της θέσης τους, δεν παρέχουν θέαση στο εξωτερικό, ενώ μπορεί να συμβάλλουν στη δημιουργία θάμβωσης που όμως δεν είναι ενοχλητική όταν τα ανοίγματα αυτά έχουν στενό πλάτος και βρίσκονται σε μεγάλο ύψος.



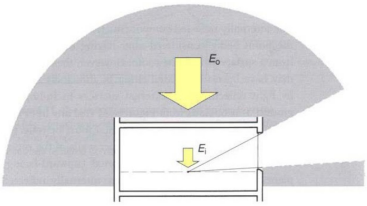
Εικ. 29, Πηγή: http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

3. Φωτισμός

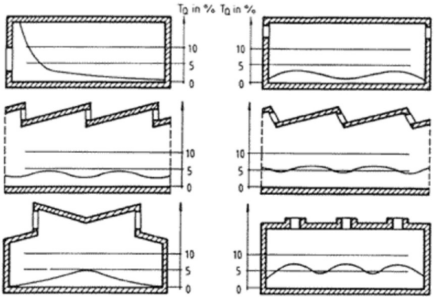
Τα ποσοτικά κριτήρια του φωτισμού στα κτίρια αναφέρονται στις τιμές φωτισμού (lx) κυρίως για τεχνητό αλλά και για φυσικό φωτισμό, ή στον Συντελεστή Φυσικού Φωτισμού (%) για φυσικό φωτισμό, συνήθως στο επίπεδο εργασίας, δηλαδή σε ύψος 70-80cm από το δάπεδο. Ο Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (Daylight Factor) είναι ο λόγος του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο του εσωτερικού χώρου (Ei), συνήθως στο ύψος του επιπέδου εργασίας, προς τον αντίστοιχο φωτισμό σε εξωτερικό ανεμπόδιστο σημείο (Eo) σε συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, εκφρασμένος επί τοις εκατό. Η κατανομή του φυσικού και του τεχνητού φωτισμού μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση προγραμμάτων όπως το Dialux.

Διακύμανση του Σ.Φ.Φ για ανοίγματα σε διαφορετική θέση

Ορισμός του Σ.Φ.Φ



Σ.Φ.Φ. = Ei / Eo x 100 %



Εικ. 30,31, Πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf

Ανάλογα με την χρήση των χώρων συνιστώνται οι παρακάτω τιμές Συντελεστή Φυσικού Φωτός:

Χρήση	ΣΦΦ [%]
Χώροι ενδιαίτησης, παιδικά δωμάτια	2 – 3
Υπνοδωμάτια	1 – 2
Αποθήκες, διάδρομοι	1
Εργοτάξια, απλή χειρωνακτική εργασία	2
Γραφεία, χώροι συναρμολόγησης, εργαστήρια	5
Εργασίες ακριβείας. Σχεδιαστήρια, τυπογραφεία	10

Εικ. 32, Πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf

3. Φωτισμός

3.3 Τεχνητός Φωτισμός

Για πολλούς χώρους εργασίας η προσφερόμενη ποσότητα φυσικού φωτός δεν είναι ικανοποιητική ακόμη και κάτω από τις καλύτερες συνθήκες φυσικού φωτισμού. Έτσι προκύπτει η ανάγκη για τεχνητό φωτισμό. Απαιτείται ο φωτισμός στο χώρο εργασίας να έχει επάρκεια σε ποσότητα και υψηλή ποιότητα.
Για να καλυφθούν οι ανάγκες τεχνητού φωτισμού αξιοποιούνται τρεις διαφορετικές μέθοδοι φωτισμού:

- γενικός φωτισμός: ο οποίος παράγει ομοιόμορφο φωτισμό, διάχυτο σε όλο το χώρο εργασίας.
- τοπικός φωτισμός: που χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση ειδικής φωτεινότητας σε ένα σημείο
- συμπληρωματικός φωτισμός: που χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση ειδικής φωτεινότητας, χρώματος, ή για εξυπηρέτηση ειδικού σκοπού (π.χ φωτισμός ασφαλείας)

Για τα απαραίτητα επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου βλέπε παράρτημα Ι, πίνακα 15.4 σελ. 130.

3. Φωτισμός

3.3 Τεχνητός Φωτισμός/Λαμπτήρες

Σήμερα υπάρχει ευρεία γκάμα λαμπτήρων για χρήση στον τριτογενή τομέα. Οι παράμετροι που καθορίζουν την χρήση τους σε σχέση με τις απαιτήσεις του πρότυπου είναι :

- Η φωτεινή απόδοση (lm/W) .

Λαμπτήρας	Φωτεινή απόδοση [lm/W]
Πυράκτωσης	10 - 18
Αλογόνου	15 - 25
Συμπαγής φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	50 - 70
Γραμμικός φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	60 - 100
Αλογονιδίων μετάλλων (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	65 - 110
Φωτοδίοδοι (LED) (συμπεριλαμβανομένου του οδηγού (driver))	30 - 60

Εικ. 33, http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Fotismos/Lamptires.php

- Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης (Ra). Ο δείκτης αυτός περιγράφει την πιστότητα με την οποία αποδίδονται τα χρώματα του περιβάλλοντος υπό την ακτινοβολία του λαμπτήρα.

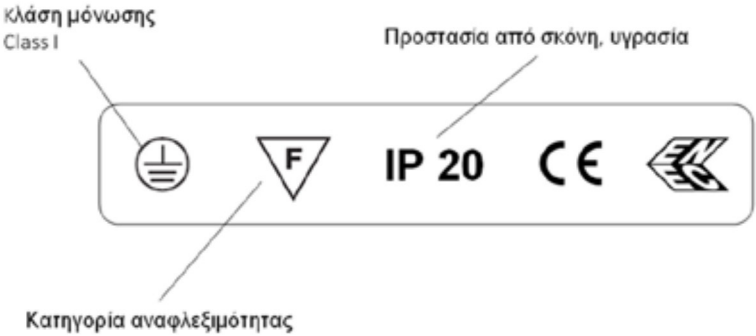
40-69 όχι ικανοποιητική
70-84 καλή
85-100 πολύ καλή

Ο φωτισμός από λαμπτήρες πυράκτωσης αποδίδει άριστα τα χρώματα των αντικειμένων (δείκτης Ra=100)

- Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT). Οι λαμπτήρες χαρακτηρίζονται ως θερμοί όταν CCT<=3300 oK, ουδέτεροι όταν 3300 0K< CCT < =5300 oK και ψυχροί όταν 5300 oK<CCT. Ενδέχεται να υπάρξει μεταβολή της συσχετισμένη θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου συνήθως προς το τέλος της ονομαστικής διάρκειας ζωής με αποτέλεσμα μετά την αντικατάσταση ενός μικρού αριθμού λαμπτήρων να μην είναι αισθητικά αποδεκτό.

3. Φωτισμός

- Η ονομαστική διάρκεια ζωής, η οποία καθορίζεται από το χρονικό διάστημα στο οποίο ποσοστό 50% των λαμπτήρων, έπαυσε να λειτουργεί με συγκεκριμένο χρονοπρόγραμμα κύκλων έναυσης-σβέσης και θέσης λειτουργίας. Η ονομαστική διάρκεια δεν λαμβάνει υπόψη την μείωση της απόδοσης του λαμπτήρα λόγω γήρανσής του, συνεπώς, πολλές φορές είναι χρήσιμο να χρησιμοποιείται η οικονομική διάρκεια ζωής, που είναι το χρονικό διάστημα, στο οποίο η φωτεινή ροή του λαμπτήρα ελαττώνεται π.χ. στο 60%-80% της αρχικής (δεδομένα κατασκευαστή).



Εικ. 34, http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Fotismos/Fotistika.php

- Την επίτευξη του απαραίτητου επιπέδου φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας σε συνδυασμό με την απαιτούμενη ομοιομορφία

- Την ισορροπημένη κατανομή λαμπροτήτων το χώρο για τον αποφυγή του φαινομένου της θάμβωσης

- Την εμφάνιση των φωτιστικών και τη σύνδεσή τους με τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του χώρου.

- Την ευκολία συντήρησης.

3. Φωτισμός

3.3 Τεχνητός Φωτισμός/ballast

Για την σύνδεση των λαμπτήρων με το δίκτυο είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό κύκλωμα να περιλαμβάνει το ballast, εξοπλισμό απαρίτητο για την έναυση και τη λειτουργία αυτών των λαμπτήρων.
Τα ballast που χρησιμοποιούνται σήμερα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών έχει πολλά πλεονεκτήματα.
Η εξοικονόμηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 15% και εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Συνήθως η κατανάλωση του λαμπτήρα είναι χαμηλότερη όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast και οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού

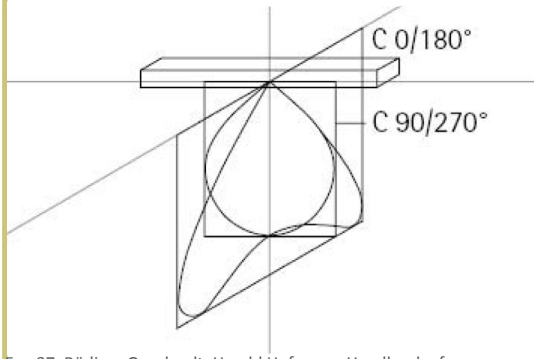
Εικ.35, Πηγή: www.ricardo.gr

Εικ.35, Πηγή:www.vrisko.gr

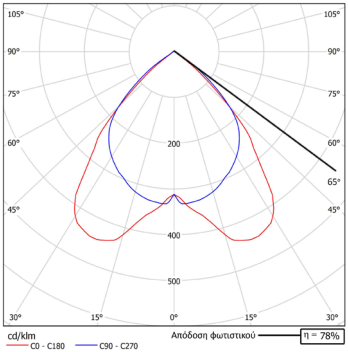
3. Φωτισμός

3.3 Τεχνητός Φωτισμός/Φωτομετρικές καμπύλες και διεύθυνση φωτός

Οι φωτομετρικές καμπύλες εμφανίζονται σε δύο κάθετα επίπεδα που περνάνε από το οπτικό κέντρο του φωτιστικού . Καθώς οι φωτεινές πηγές εκπέμπουν προς όλες τις κατευθύνσεις, εμείς παίρνουμε την τομή σε διάφορα επίπεδα οπότε φτάνουμε στις φωτομετρικές καμπύλες. Ουσιαστικά , η φωτομετρική καμπύλη θα δώσει τη διανομή της φωτεινής έντασης στις διάφορες κατευθύνσεις γύρω από την πηγή. Για την αποφυγή θάμβωσης η φωτομετρική καμπύλη πρέπει να είναι μικρότερη από 65° και η απόδοση (η) όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (Εικ.38)

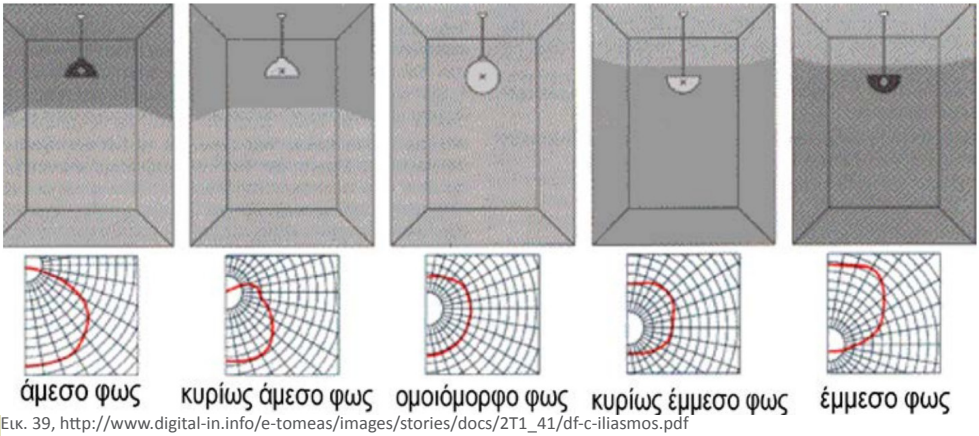


Εικ. 37, Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann: Handbook of Lighting Design, Erco edition



Εικ. 38, Προσωπικό αρχείο

Όταν το φως έρχεται από συγκεκριμένη κατεύθυνση ρίχνει καθαρές σκιές. Η πλαστικότητα των αντικειμένων γίνεται διακριτή με τη βοήθεια των σκιών. Όταν ο φωτισμός είναι διάχυτος και ομοιόμορφος δεν είναι εύκολη η αναγνώριση των σωμάτων στις τρεις διαστάσεις τους. Παρόμοιο αποτέλεσμα έχει ο έμμεσος φωτισμός.



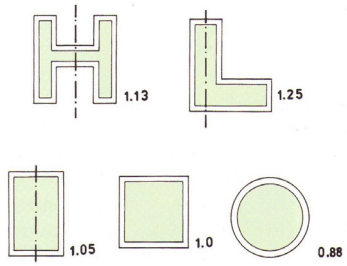
Εικ. 39, http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.1 Μορφή του κτιρίου

Τα κτίρια σύμφωνα με μια αντίληψη είναι το τρίτο ‘‘δέρμα’’ μας. Για να επιβιώσει ο άνθρωπος έχει ανάγκη τρία δέρματα, το πρώτο, που είναι το πραγματικό δέρμα, το δεύτερο, που είναι τα ρούχα και το τρίτο που είναι τα κτίρια. Όσο πιο ακραίες είναι οι συνθήκες τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη του κτιρίου.
Κάθε κτίριο θα πρέπει να σχεδιάζεται βάσει των κλιματικών συνθηκών της περιοχής δόμησης, του φυσικού κ κοινωνικοπολιτικού περιβάλλοντος και του επιθυμητού χρόνου ζωής.
Οι πρώτες κιόλας γραμμές που δίνουν το σχήμα ενός κτιρίου είναι καθοριστικές για τη μετέπειτα συμπεριφορά του. Γενικά ισχύει πως όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος τόσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν που χάνει ή απορροφά θερμότητα. Ο λόγος του εμβαδού της επιφάνειας ως προς τον όγκο είναι πολύ σημαντικός για τη μεταφορά θερμότητας μέσα και έξω από το κτίριο.

Ο λόγος της περιμέτρου προς το εμβαδόν



Εικ. 40, Πηγή: Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas: *Εco Δομείν*

Το ιδανικό σενάριο είναι το εμβαδό να παραμένει σταθερό και ο όγκος του να μικρύνει όσο το δυνατόν περισσότερο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σχεδιασμού βασισμένου στον ελάχιστο όγκο είναι το ιγκλού. Με το κυκλικό σχήμα έχει τον ελάχιστο όγκο άρα λίγη μεταφορά θερμότητας στο περιβάλλον και λειτουργεί εκμεταλλευόμενο τη στρωμάτωση του αέρα. Οι κάτοικοι του ιγκλού δραστηριοποιούνται στο ψηλότερο μέρος της κατασκευής, εκεί όπου συγκεντρώνεται ο ζεστός αέρας και ο κρύος αέρας περιορίζεται στο χαμηλότερο επίπεδο της εισόδου.
Προκειμένου τα κτίρια να εκμεταλλεύονται το φως, τον ήλιο και τον αέρα πρέπει να σχεδιάζονται βάσει κατάλληλου προσανατολισμού. Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι ≈ 1/1,5[9] . Ιδανικά, οι χώροι με απαίτηση χαμηλότερης θερμοκρασίας, τοποθετούνται στη βορινή πλευρά, ώστε να παίζουν το ρόλο του φράγματος των θερμικών απωλειών, μεσολαβώντας ανάμεσα στους θερμούς χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Αντίθετα, οι χώροι που κατοικούνται όλη τη μέρα και έχουν απαιτήσεις για υψηλή θερμοκρασία τοποθετούνται στο νότιο προσανατολισμό.

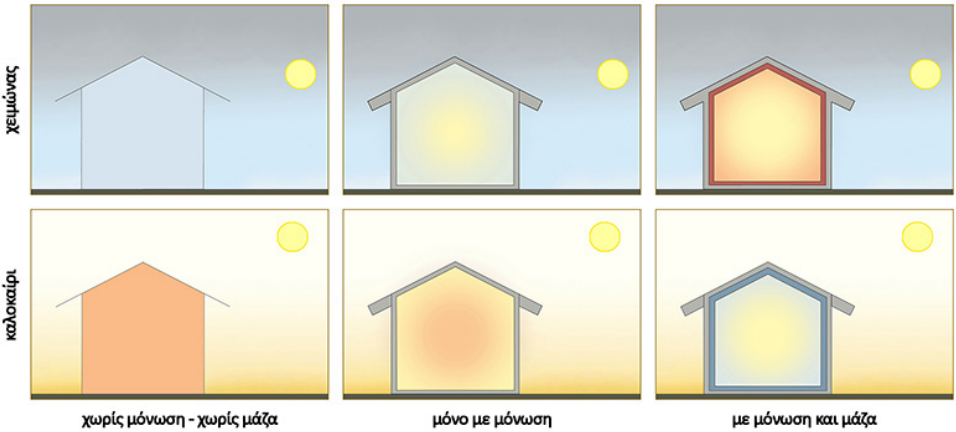
4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.2 Υλικά κτιρίου/Θερμική μάζα

Η επιλογή των δομικών υλικών και συστημάτων για την κατασκευή ενός κτιρίου επηρεάζει τόσο την ενεργειακή του συμπεριφορά, όσο και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η επίδραση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση, βασίζεται στη θερμοχωρητικότητα του κτιρίου και στη θέση της θερμικής μάζας, στη θερμομονωτική ικανότητα κελύφους, στην εμπεριεχόμενη ενέργεια των υλικών, στη θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων και των υαλοστασίων, στη θερμομόνωση του κτιρίου και στην εξωτερική του επίστρωση.

Θερμοχωρητικότητα κτιρίου είναι η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του, δηλαδή στη θερμική του μάζα. Η θερμική μάζα αποτελείται από το σύνολο των θερμοσυσσωρευτικών υλικών των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή, δηλαδή τα βαριά υλικά όπως πέτρα, μάρμαρο, σκυρόδεμα, τούβλο (ψημένο ή ωμό), πηλός, κεραμικά υλικά. Η θερμική μάζα απορροφά θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, την οποία συσσωρεύει και αποθηκεύει. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτιρίου. Τα δομικά στοιχεία αποθηκεύουν θερμότητα όταν ο εσωτερικός αέρας είναι θερμότερος από αυτά, ενώ, όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα.

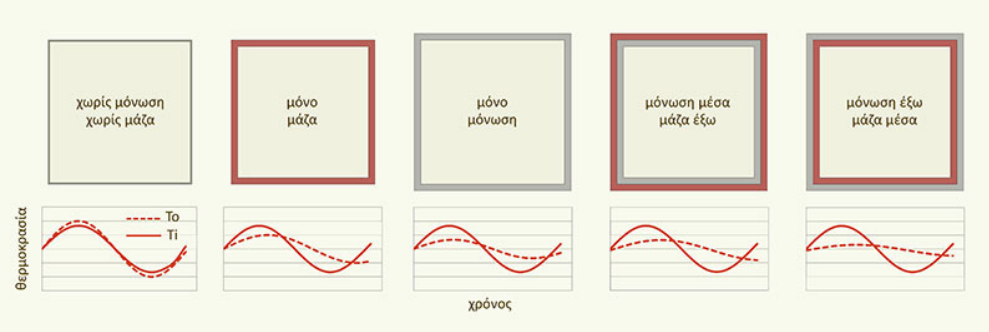
Όσο μεγαλύτερη θερμική μάζα έχουν τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του κτιρίου, τόσο πιο αργά αλλάζει η θερμοκρασία τους και κατά συνέπεια θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου αλλάζει με αργό ρυθμό. Για παράδειγμα μία πέτρινη κατοικία συλλέγει θερμότητα κατά τη διάρκεια της μέρας και την εκπέμπει κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ακόμα και αν οι κάτοικοι ανοίξουν μια πόρτα για λίγο, η θερμοκρασία στο εσωτερικό δεν θα έχει μεγάλη μείωση. Αντιθέτως, ένα κτίριο χωρίς θερμική μάζα είναι ευάλωτο στις απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας καθώς επηρεάζουν άμεσα τη θερμοκρασία στο



Εικ. 41, Πηγή:http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-tirion/thermomonosi-thermiki-maza/

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

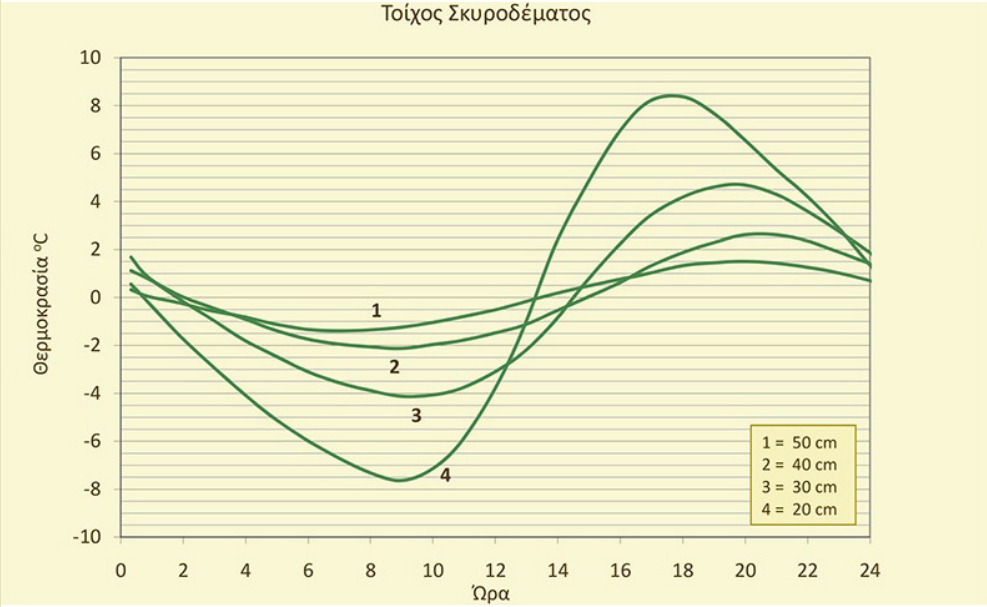
Ο ρόλος της θερμομόνωσης και της θερμικής μάζας στην θερμική άνεση και διακύμανση θερμοκρασίας.

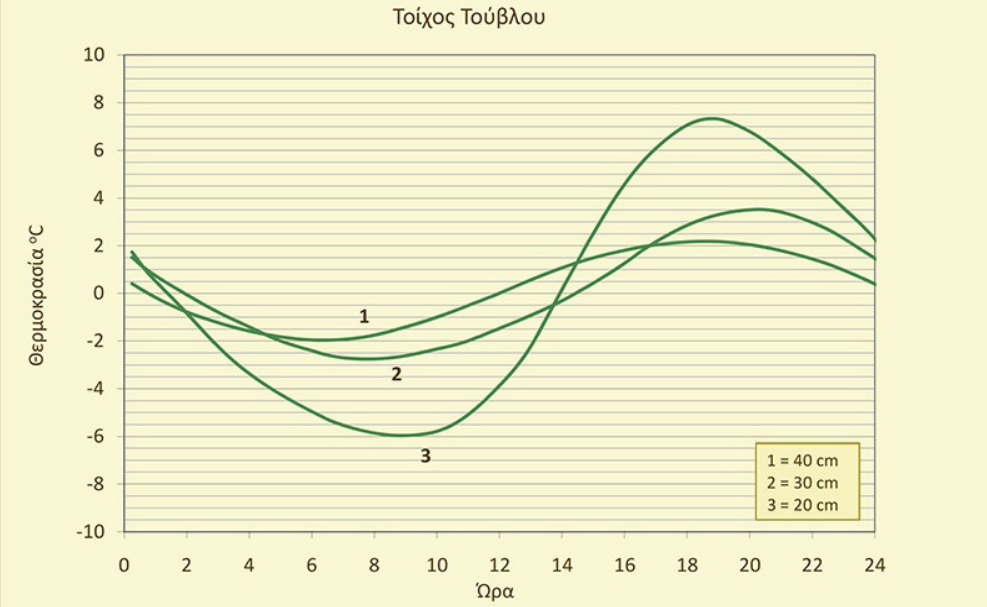


Εικ. 42, Πηγή:http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-tirion/thermomonosi-thermiki-maza/

Η θερμική μάζα τοποθετείται στο εσωτερικό του κτιρίου. Ιδανική τοποθεσία είναι ένα σημείο όπου η θερμική μάζα κατά τη διάρκεια του χειμώνα ζεσταίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της μέρας και το βράδυ εκπέμπει την ενέργεια που συνέλεξε.
Η σωστή θερμική λειτουργία του κτιρίου και η διατήρηση της θερμικής ισορροπίας μεταξύ των χώρων του (μείωση θερμοκρασιακών διακυμάνσεων), δεν εξαρτάται μόνο από τη συνολική ποσότητα της θερμικής μάζας αλλά και από την ισορροπημένη κατανομή της.
Η θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών διαφέρει από υλικό σε υλικό. Τα πυκνότερα υλικά έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Έτσι π.χ. η πέτρα έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τον οπτόπλινθο.
Για κάθε υλικό, ο χρόνος που απαιτείται για την απορρόφηση θερμότητας είναι ίσος με το χρόνο που απαιτείται για την απόδοση θερμότητας. Ο χρόνος αυτός διαφέρει όμως από υλικό σε υλικό, γιατί εξαρτάται, από τη θερμοχωρητικότητα και από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού. Έτσι π.χ. το σκυρόδεμα απορροφά και αποδίδει θερμότητα γρηγορότερα από τον πηλό.
Τα ειδικά θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών επηρεάζουν τόσο τα επίπεδα θερμικής άνεσης, όσο και τη διακύμανση των εσωτερικών θερμοκρασιών στα κτίρια.

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου





Εικ. 43,44, Πηγή:http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/thermomonosi-thermiki-maza/

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.2 Υλικά κτιρίου/ Εμπεριεχόμενη ενέργεια

Κατά την κατασκευή ενός κτιρίου τα δομικά υλικά χρειάζονται επεξεργασία πριν την χρήση τους. Κατά συνέπεια χρειάζεται ενέργεια και παράγονται απορρίμματα. Η επιλογή των υλικών είναι καθοριστική για τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο ενός κτιρίου, δηλαδή την επιβάρυνση που επιφέρει στο περιβάλλον η παρουσία του, από τη διαδικασία κατασκευής του έως και τη διαχείρισή του όταν πάψει να είναι χρήσιμο[12]. Για τον υπολογισμό της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ενός κτιρίου απαιτείται η ακριβής αποτίμηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου ως αποτέλεσμα της καθημερινής του χρήσης και της παρασκευής και της μεταφοράς των δομικών υλικών.
Οι παράγοντες που καθορίζουν την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από το υλικό είναι:

- επιπτώσεις στο περιβάλλον του από την παραγωγή του υλικού, ή της πρώτης ύλης για την παραγωγή του, ή την εξόρυξη του
- εμπεριεχόμενη ενέργεια του υλικού, δηλαδή την συνολική ενέργεια που απαιτείται για την αποκομιδή, επεξεργασία και μεταφορά του.
- οι εκπομπές CO2 που εκλύονται κατά την παραγωγή του
- η τοξικότητα του υλικού

Η μείωση της εμπεριεχόμενης ενέργειας της κατασκευής αποτελεί συνδυασμό διαφόρων παραγόντων. Η χρήση υλικών με χαμηλό κόστος συντήρησης, η χρήση υλικών που μπορούν εύκολα να διαχωριστούν και η αποφυγή κατασκευής κτιρίων μεγαλύτερων από τις πραγματικές ανάγκες, ώστε να ελαχιστοποιείται η άσκοπη χρήση υλικών, αποτελούν αποτελεσματικούς τρόπους για τη μείωση της εμπεριεχόμενης ενέργειας της κατασκευής. Επιπλέον, θα πρέπει να ενθαρρύνεται η ανακαίνιση και η αλλαγή χρήσεων σε υπάρχουσες κατασκευές αντί για την κατεδάφιση τους και τη δημιουργία νέων, όπως επίσης και η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση υλικών από κατεδαφισμένα κτίρια. Παρόλα αυτά, για να είναι δυνατό κάτι τέτοιο, θα πρέπει να έχει παραβλεφθεί κατά τη διάρκεια της κατασκευής η επιλογή και χρήση κατάλληλων υλικών. Επειδή, όμως, η επανάχρηση ορισμένων υλικών δεν αρκεί τις περισσότερες φορές για τη δημιουργία νέων κατασκευών, τα υπόλοιπα υλικά θα πρέπει να επιλέγονται από την τοπική αγορά ώστε να αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας για τη μεταφορά τους.

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

υλικό	εμπεριεχόμενη ενέργεια [MJ/kg]
αλουμίνιο	227
διογκωμένη πολυστερίνη [EPS]	100,2
συνθετικό καουτσούκ	110
χαλκός	100
πλαστικά [γενικά]	90
πολυβινυλοχλωρίδιο [PVC]	80
εξηλασμένη πολυστερίνη [XPS]	67,2
ακρυλικό χρώμα	61,5
υαλοβάμβακας	39,4
γαλβανισμένος χάλυβας	38
PVC [ανακυκλωμένο]	30
φελλός	27,1
αλουμίνιο [ανακυκλωμένο]	27
λινόλεουμ	25
χάλυβας [ανακυκλωμένος]	18
γρανίτης [εισαγωγής]	13,9
γυαλί	12,7
ξύλο mdf	11,3
ξύλο κόντρα πλακέ	10,4
ξύλο νοβοπάν	8
γρανίτης [τοπικός]	5,9
τσιμέντο	5,6
ασβέστης	5
γυψοσανίδα	4,4
σοβάς	2,9
τούβλα	2,5
μάρμαρο	2
προκατασκευασμένο σκυρόδεμα	2
πέτρα	0,8
αχυρόμπαλες	0,4

Εικ. 45, Πηγή:http://www.zeroenergybuildings.org/2011/11/blog-post_5813.html

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.2 Υλικά κτιρίου/ Ανάκλαση εσωτερικών επιφανειών

Η φωτεινή ακτινοβολία δεν διασχίζει ανεμπόδιστα την ύλη, μόλις το φως προσπίπτει σε μία οποιαδήποτε επιφάνεια, ένα μέρος της συνολικής προσπίπτουσας φωτεινής ροής θα ανακλαστεί. (ορίζεται ο συντελεστής ανάκλασης ρ για κάθε επιφάνεια)

Μπορούμε να έχουμε τα εξής είδη ανάκλασης :

- Κανονική ανάκλαση
- Διαχέουσα ανάκλαση
- Ημιδιαχέουσα ανάκλαση
- Μικτή ανάκλαση
-

Για κάθε βαμμένη επιφάνεια και ανάλογα με το υλικό της ορίζουμε και τα αντίστοιχα ποσοστά ανάκλασης (όλα τα μεγέθη επί τις εκατό). Τα ποσοστά ανάκλασης είναι για την οροφή max=85%, για τους τοίχους max=50%, και για το πάτωμα max=30%.

ΧΡΩΜΑ	ΦΩΣ ΠΟΥ ΑΝΑΚΛΑΤΑΙ (%)
Λευκό	80%
Κίτρινο ανοιχτό	65%
Κρεμ-μπεζ	60%
Κίτρινο	60%
Γκρι	50%
Πράσινο ανοιχτό	40%
Πράσινο σκούρο	20%
Κόκκινο (διάφορες αποχρώσεις)	12-25%
Μπλε ανοιχτό – ραφ	12-25%
Μπλε σκούρο	10%
Μαύρο	5%

Εικ. 46, Πηγή: rizosdimitris.blogspot.com

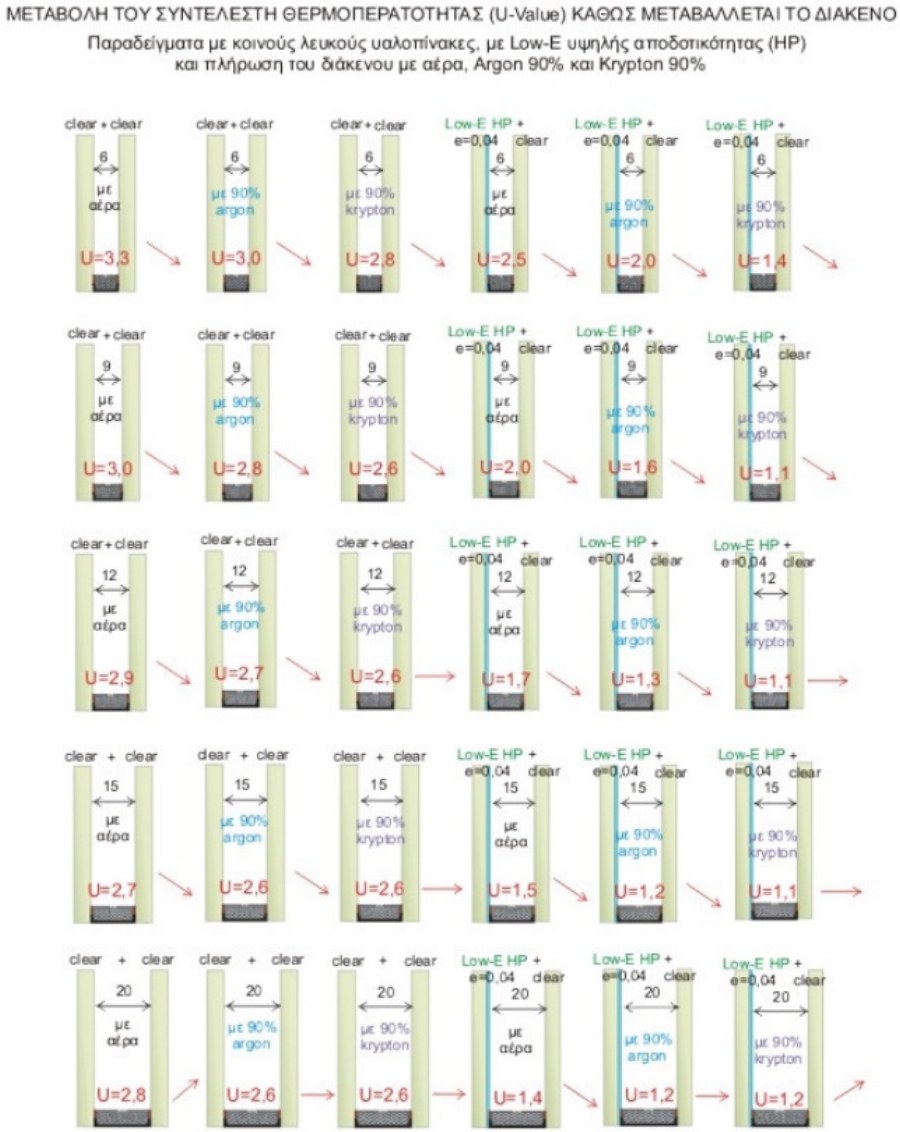
4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.3 Κέλυφος κτιρίου/ Θερμοπερατότητα δομικών στοιχείων και ανοιγμάτων

Ο όρος *θερμοπερατότητα* U (Watt) προσδιορίζει πόσο εύκολα διαπερνά η θερμότητα, μέσα σε μία ώρα, ένα υλικό είτε στρώσεις ίδιων ή διαφορετικών υλικών ορισμένου πάχους d και εμβαδού ενός τετραγωνικού μέτρου. Η θερμική αντίσταση ενός υλικού εξαρτάται από δύο παράγοντες: από το πάχος του υλικού d και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για να υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας οποιουδήποτε στοιχείου μπορούμε να το κάνουμε χρησιμοποιώντας τη σελίδα: *http://lakenak.sourceforge.net/demo/kenak.php?page=2* όπου επιλέγουμε από την κατηγορία κέλυφος το στοιχείο που θέλουμε να υπολογίσουμε, τα υλικά απο τα οποία αποτελείται, το πάχος τους και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται και έχουμε το αποτέλεσμα.

Τα ανοίγματα ενός κτιρίου εξυπηρετούν τις ανάγκες των χρηστών για φυσικό φωτισμό και αερισμό. Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή ± 30 ο ανατολικά ή δυτικά του νότου. Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό ακόμα και μέχρι 60% της επιφάνειας, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη, για αποφυγή υπερθέρμανσης και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά, για περιορισμό θερμικών απωλειών.[1] Κατά προσέγγιση, και για το γεωγραφικό πλάτος των 40°, το μέγεθος των νότιων ανοιγμάτων πρέπει να είναι το 1/ 5 της επιφάνειας του πατώματος.

Όσον αφορά τα υλικά των ανοιγμάτων, η θερμοπερατότητα τους είναι πρέπει να είναι περιορισμένη. Η μετάδοση της θερμότητας από τη μια πλευρά ενός παραθύρου στην άλλη, γίνεται με τρεις τρόπους: μέσω του στερεού πλαισίου (αγωγή), μέσω της κυκλοφορίας του αερίου που μεσολαβεί (συναγωγή) και με απευθείας εκπομπή (ακτινοβολία). Το τζάμι αντιπροσωπεύει, σχεδόν, το 90% της επιφάνειας ενός κουφώματος. Επομένως οι θερμικές απώλειες ενός κουφώματος βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την επιφάνεια του τζαμιού. Η ικανότητα ενός τζαμιού να μην επιτρέπει τη διακίνηση θερμότητας από τη μια πλευρά στην άλλη, καθορίζεται από ένα μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής θερμοπερατότητας (Ug). Μετριέται σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο και διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, εκφρασμένη σε βαθμούς της κλίμακας Kelvin. Όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής Ug τόσο καλύτερη θερμομόνωση επιτυγχάνεται.



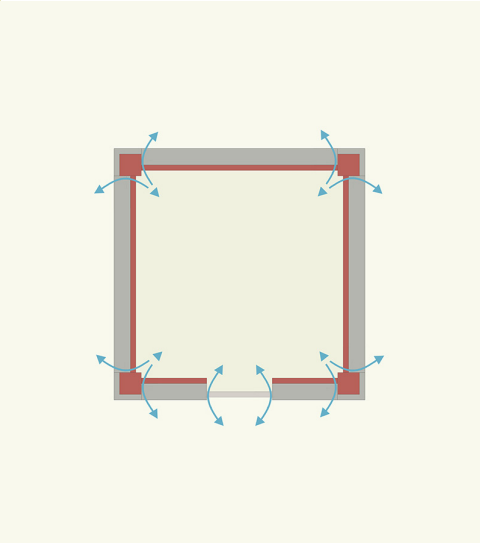
Εικ. 47, Πηγή: http://www.klountzosglass.gr/st/index.php/energeiakos

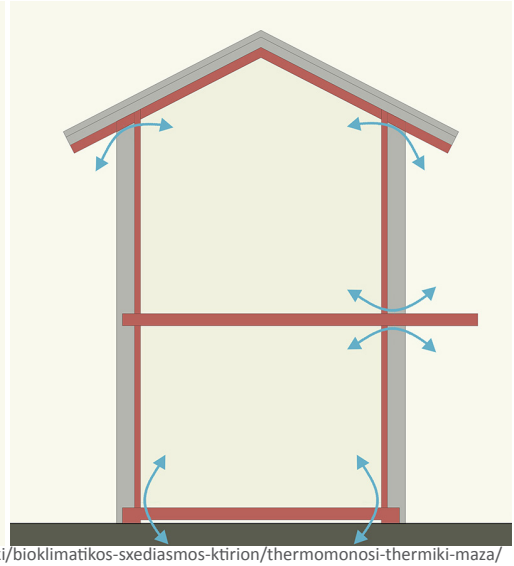
4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.3 Κέλυφος κτιρίου/ Θερμομόνωση

Όσο καλή μελέτη και να έχει γίνει για τα προηγούμενα μέρη του κτιρίου, χωρίς την κατάλληλη θερμομόνωση οι απώλειες αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό. Η θερμομόνωση των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κελύφους, δηλαδή οι εξωτερικές τοιχοποιίες πλήρωσης και η στέγη, πρέπει να είναι συνεχής χωρίς θερμογέφυρες.
Θερμογέφυρες είναι όλα τα τμήματα του εξωτερικού κτιριακού κελύφους που έχουν μειωμένη θερμομόνωση σε σχέση με το υπόλοιπο κέλυφος. Είναι όλα τα εκτεθειμένα δομικά στοιχεία, οι αρμοί συναρμογής υλικών και δομικών στοιχείων, τα κενά και οι κακοτεχνίες της κατασκευής. Με τη θερμομόνωση επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα δομικά στοιχεία που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Ένα κτίριο με επαρκή θερμομόνωση διατηρεί τις επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Η θερμομονωντική επάρκεια του κτιρίου, εξαρτάται από τη θερμομονωτική ικανότητα των επί μέρους δομικών του στοιχείων

Συνήθεις Θερμογέφυρες





Εικ. 48,49, Πηγή:http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/thermomonosi-thermiki-maza/

Πρακτικά κατά τη διάρκεια μελέτης ενός κτιρίου, πρέπει να διαχωριστούν οι θερμαινόμενοι από τους μη θερμαινόμενους χώρους με σκοπό οι θερμαινόμενοι χώροι να ενταχθούν στη μελέτη θερμοπροστασίας αντιθέτως με του μη θερμαινόμενους.

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.4 Κέλυφος κτιρίου/ Εξωτερική επίστρωση

Όσον αφορά την εξωτερική επίστρωση των τοίχων ενός κτιρίου μία επιπλέον βοήθεια στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι τα ''ψυχρά'' χρώματα. Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται δηλαδή για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει), χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης. Αναλόγως με το πού τοποθετείται το ψυχρό υλικό, έχουν θεσπισθεί όρια ως προς την ανακλαστικότητα και το συντελεστή εκπομπής του

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.ΕΝ.Α.Κ., για το κτίριο αναφοράς, η απορροφητικότητα α των εξωτερικών του επιφανειών λαμβάνεται ίση με

- 0,40 για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία
- 0,40 για τα δώματα και
- 0,60 για επικλινείς στέγες

Εκτός της ανάκλασης ή της εκπομπής τα θερμομονωτικά χρώματα έχουν την δυνατότητα να παρέχουν θερμική μόνωση, με προσθήκη στα στερεά του χρώματος, υαλικών ή κεραμικών σφαιριδίων ως πληρωτικό υλικό. Τα σφαιρίδια αυτά είναι ουσιαστικά μικροσκοπικές μπάλες γυαλιού ή κεραμικού υλικού με κενό αέρα στο εσωτερικό γεγονός το οποίο δημιουργεί θερμομόνωση τόσο στη ζέστη αλλά και στο κρύο. Το κενό αέρος δημιουργεί θερμομόνωση υψηλής αποδοτικότητας αντίστοιχη με αυτή που παρέχουν για παράδειγμα τα διπλά τζάμια.

Υλικό	Συντελεστής Ανάκλασης (%)	Υλικό	Συντελεστής Ανάκλασης (%)
Άσφαλτος	10	Πέτρα	5-50
Αλουμίνιο (γυαλιστερό)	70-85	Εφυαλωμένα πλακίδια (άσπρα)	60-90
Σκυρόδεμα	30-50	Χιόνι	60-75
Γυαλί διαυγές	7	Γρασίδι σκούρο πράσινο	10
Γυαλί ανακλαστικό	20-40	Γρασίδι ξεραμένο	35
Γυαλί με επικάλυψη καθρέφτη	80-90	Μέση φύτευση	25
Ξύλο	5-40		

Εικ. 50, Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

Χρώμα	Συντελεστής ανάκλασης (%)	Χρώμα	Συντελεστής ανάκλασης (%)
Μαύρο χρώμα	3	Κόκκινη λαδομπογιά	26
Μαύρο χρώμα (ματ)	5	Κόκκινα τούβλα	30
Μαύρη λαδομπογιά	9	Φυσικό σκυρόδεμα	35
Μαύρο σκυρόδεμα	10	Πράσινο	41
Σκούρο γκρί	9	Πορτοκαλί	42
Σκούρο πράσινο (λαδί)	11	Κίτρινο	43
Σκούρο καφέ	12	Ανοιχτό πράσινο	53
Καφέ σκυρόδεμα	15	Άσπρο	75
Σκούρο μπλε-γκρι	12	Ασημί	75

Εικ. 51, Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

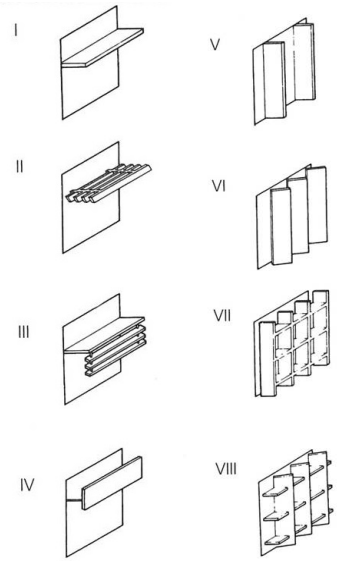
4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.4 Σκίαση

Για τον σχεδιασμό ενός αποδοτικού συστήματος σκίασης είναι απαραίτητο ο σχεδιαστής να γνωρίζει πότε ζητείται η ηλιακή ακτινοβολία και πότε όχι. Για ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος αυτή η ζήτηση μπορεί συνδεθεί με συγκεκριμένες θέσεις του ηλίου. Η γη αποθηκεύει θερμότητα εποχιακά, με αποτέλεσμα έχοντας τον ήλιο σε ίδια γωνία, δύο διαφορετικές ημερομηνίες (π.χ 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου) η σκίαση που απαιτείται είναι διαφορετική καθώς την άνοιξη συνήθως χρειάζεται περισσότερη θερμότητα από τις αρχές του φθινοπώρου.

Ο τύπος, το μέγεθος και η θέση των συστημάτων σκίασης εξαρτάται από το μέγεθος του προσλαμβανόμενου φορτίου όπως και από τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία του τμήματος του κτιρίου στο οποίο τοποθετείται. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες σκιάστρων, σταθερά και κινητά.

Ξεκινώντας με τα σταθερά, τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο νότο καλό είναι να σκιάζονται με οριζόντια στοιχεία (προβόλους) που μπορούν να εμποδίζουν την έντονη ακτινοβολία χωρίς να περιορίζουν το φωτισμό. Για ανοίγματα με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό ενδείκνυται η χρήση κατακόρυφων σκιάστρων που μπορούν να εμποδίζουν την ακτινοβολία με μικρές γωνίες πρόσπτωσης, ή ακόμα και ο συνδυασμός δύο τύπων (κατακόρυφου και οριζόντιου) που δημιουργούν ένα πλαίσιο προστασίας γύρω από το άνοιγμα. Βόρεια ανοίγματα συνήθως δεν έχουν ανάγκη από ηλιοπροστασία εκτός μόνο στην περίπτωση που δέχονται έντονη ακτινοβολία προερχόμενη από αντανακλάσεις, όποτε για την περίπτωση αυτή μικρά κατακόρυφα στοιχεία αρκούν. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής κυψελωτών σκιάστρων που στην ουσία αποτελούνται από ένα σύνολο κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων. Ενδείκνυνται για νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, είναι πολύ αποτελεσματικά, περιορίζουν όμως σε σημαντικό βαθμό τη θέαση στο εξωτερικό.

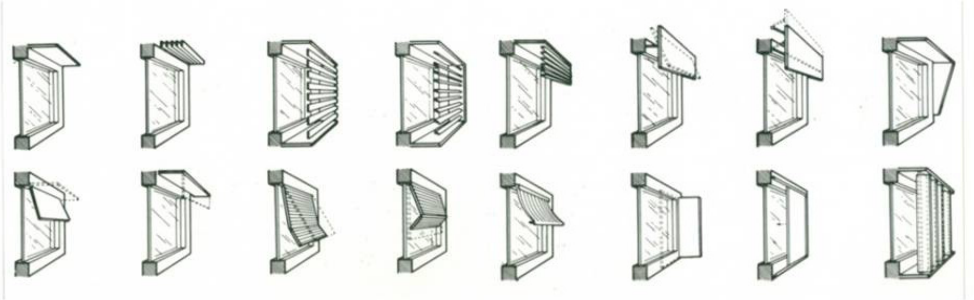


Εικ. 52, Πηγή:http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

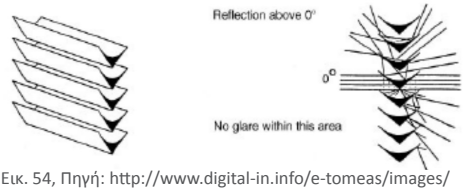
Στη δεύτερη κατηγορία, αυτή των κινητών σκιάστρων, η ευελιξία είναι μεγαλύτερη. Τα σκίαστρα αυτά έχουν μεγάλη προσαρμοστικότητα στην εναλλαγή των συνθηκών. Αυτό άλλωστε είναι και το μεγάλο τους πλεονέκτημα. Πέρα όμως από αυτό συμβάλλουν και στην αισθητική του χώρου και επίσης έχουν τη δυνατότητα να περιορίζουν το φαινόμενο της θάμβωσης. Το μειονέκτημά τους είναι ότι προκειμένου να περιορίσουν την ανεπιθύμητη ακτινοβολία εμποδίζουν ολοκληρωτικά τη θέα.

Κινητά σκίαστρα



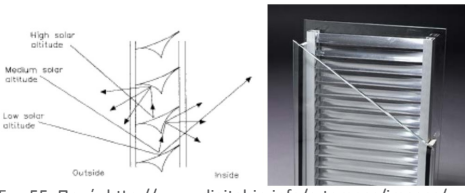
Εικ. 53, Πηγή:http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html

Μια καινοτόμο λύση αποτελεί το σύστημα ''ψάρι'' (''fish''system) στο οποίο σταθερά σκιάδια τριγωνικής διατομής αποτρέπουν τη θάμβωση και ανακατευθύνουν τμήμα του φυσικού φωτός προς την οροφή του χώρου. Μειονέκτημα αποτελεί η περιορισμένη θέα προς τα έξω.



Εικ. 54, Πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf

Μία ακόμα πρόταση για σκιάδια ενσωματωμένα σε υαλοστάσιο είναι τα τριγωνικής διατομής ανακλαστικά σκιάδια της εταιρίας Okalux. Τα σιάδια αυτά το χειμώνα ανακατευθύνουν το φως στην οροφή ενώ το καλοκαίρι σκιάζουν. Η ακριβής μορφή τους καθορίζεται κάθε φορά από το γεωγραφικό πλάτος του κάθε τόπου.



Εικ. 55, Πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf

Τέλος υπάρχει και η επιλογή χρήσης ειδικών τύπων υαλοστασίων που μπορούν να περιορίσουν την έντονη ακτινοβολία, όπως είναι τα απορροφητικά γυαλιά που απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, τα αντανακλαστικά τζάμια που με χρήση λεπτού στρώματος οξειδίου μετάλλου αυξάνεται η αντανακλαστική τους ικανότητα (καλό είναι δε η επίστρωση αυτή να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου, όταν πρόκειται για μονό υαλοστάσιο, ώστε να αντανακλά την ανεπιθύμητη ακτινοβολία προτού αυτή απορροφηθεί από το τζάμι – στο στάδιο της πρόσπτωσης- ή στην περίπτωση διπλού υαλοστασίου να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του εσωτερικού υαλοστασίου ώστε να εξασφαλίζεται και η προστασία της από τη φθορά των καιρικών συνθηκών), ή τα φωτοχρωμικά τζάμια που έχουν τη δυνατότητα να σκουραίνει το χρώμα τους και συνεπώς να μειώνεται η διαπερατότητά τους, με την αύξηση της έντασης της ακτινοβολίας.

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.5 Περιβάλλων χώρος κτιρίου

Ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία είναι δύο σημαντικοί φυσικοί παράγοντες που μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη κατάλληλη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου δηλαδή τα φυτά και τον αστικό εξοπλισμό. Η κατάλληλη γεωμετρική τοποθέτηση της βλάστησης και των δομικών στοιχείων στους ανοιχτούς χώρους είναι δυνατόν να δημιουργήσει συνθήκες σκίασης τη θερινή περίοδο και ηλιασμού τη χειμερινή περίοδο, με παράλληλη διοχέτευση ή χειραγώγηση των ανέμων.

Ειδικότερα, ο σχεδιασμός της φύτευσης με δέντρα ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους λειτουργεί αποτελεσματικά σε σχέση με τα κτίρια στις ακόλουθες περιπτώσεις:

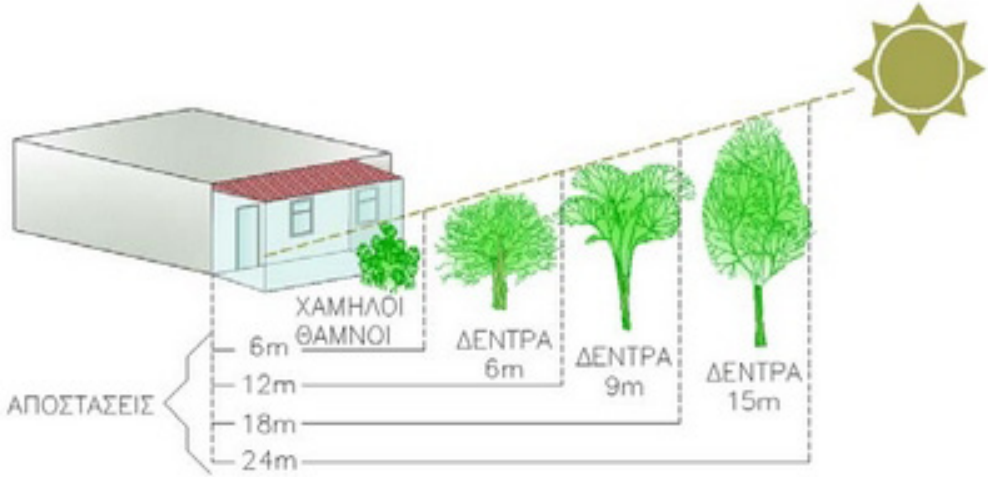
- ως ανεμοφράκτης για το χειμώνα, προστατεύοντας τα κτίρια
- ως στοιχείο ελέγχου της ανεμορροής, κατευθύνοντας το δροσερό άνεμο το καλοκαίρι
- ως στοιχείο σκιασμού των ανοικτών χώρων και ως πηγή δροσισμού των κτιρίων το καλοκαίρι, παρέχοντας δροσιά μέσω της διαπνοής
- ως ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας
- ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο
- ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων

Επίσης:

- προστατεύει από τη διάβρωση,
- μειώνει το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο,
- βελτιώνει την ποιότητα του αέρα και μειώνει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας,
- μειώνει την οπτική όχληση και δημιουργεί ιδιωτικότητα.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην επιλογή της κατάλληλης φύτευσης. Για παράδειγμα, για την προστασία των υπαίθριων χώρων και των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα επιλέγονται δέντρα ή φυτά αειθαλή. Αντίθετα, για τη διευκόλυνση του ηλιασμού των υπαίθριων χώρων το χειμώνα επιλέγονται δέντρα και φυτά φυλλοβόλα.
Το είδος του φυτού (θάμνοι, δένδρα, αναρριχόμενα, κλπ), το μέγεθος και το σχήμα του φυτού, όταν αυτό είναι πλήρως αναπτυγμένο, η αναλογία μεταξύ κορμού και κόμης, η πυκνότητα του φυλλώματος, η ταχύτητα της ανάπτυξης, η δυνατότητα διατήρησης ή όχι του φυλλώματος όλες τις εποχές (αειθαλή, φυλλοβόλα), ο χρόνος έναρξης ανάπτυξης του φυλλώματος, είναι μερικοί από τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση και με τον κύριο σκοπό της φύτευσης, για την επιλογή των πλέον κατάλληλων φυτικών ειδών.
Η ποιότητα του εδάφους και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις για την ανάπτυξη και διατήρηση της φύτευσης (ανάγκες σε νερό, ευκολία συντήρησης κ.α.) πρέπει επίσης να αξιολογούνται. Πάντως τα τοπικά φυτικά είδη που ευδοκιμούν στην περιοχή θα πρέπει να είναι η βάση για την οποιαδήποτε επιλογή.

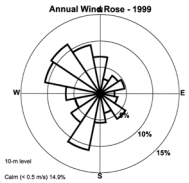
4. Χαρακτηριστικά κτιρίου



Εικ. 56, Πηγή:https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου

4.4 Περιβάλλων χώρος κτιρίου/Έλεγχος ανεμορροής



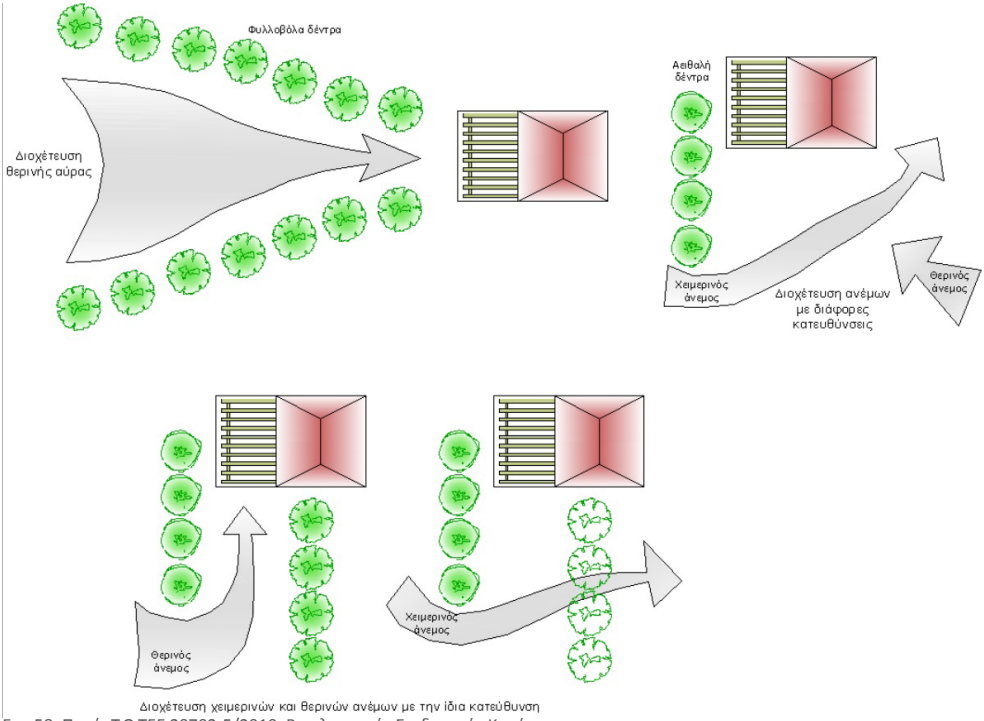
Εικ. 57, Πηγή:http://www.bnl.gov/esd/docs/met_data/99wind_rose.htm

Είναι απαραίτητη η γνώση της κατεύθυνσης και της έντασης των τοπικών ανέμων στη διάρκεια του έτους. Αυτό μπορεί να γίνει βρίσκοντας διάγραμμα (ροδόγραμμα) για την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου στην εκάστοτε περιοχή. Ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του ανέμου σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύπλοκος, εφόσον εφαρμόζονται διαφορετικές στρατηγικές για τη χειραγώγηση των ψυχρών ανέμων ή για τη διευκόλυνση της θερινής αύρας. Μέσω της κατάλληλης διάταξης της βλάστησης είναι δυνατόν να τροποποιηθούν η πορεία, η ροή του ανέμου, η ταχύτητα ακόμα και η ένταση του ανέμου.

Τα φυτά συνεισφέρουν στη μείωση των θερμικών απωλειών των κτιρίων, γιατί μπορούν να εκτρέψουν τον ψυχρό άνεμο ή να μειώσουν την ταχύτητά του. Συνήθως οι θερμικές απώλειες αερισμού που προκαλούνται από τη διαφυγή από τους αρμούς είναι υπεύθυνες για το 1/3 από τις συνολικές θερμικές απώλειες των κτιρίων. Σε ημέρες με έντονο άνεμο και για κτίρια που βρίσκονται στην ύπαιθρο, οι απώλειες αερισμού μπορεί να φτάσουν και το 50% των συνολικών θερμικών απωλειών[15]. Μικρή μείωση στην ταχύτητα του ανέμου που προσπίπτει στο κτίριο, συμβάλλει σε μεγάλη μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού, επειδή οι απώλειες αερισμού είναι ευθέως ανάλογες με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου.

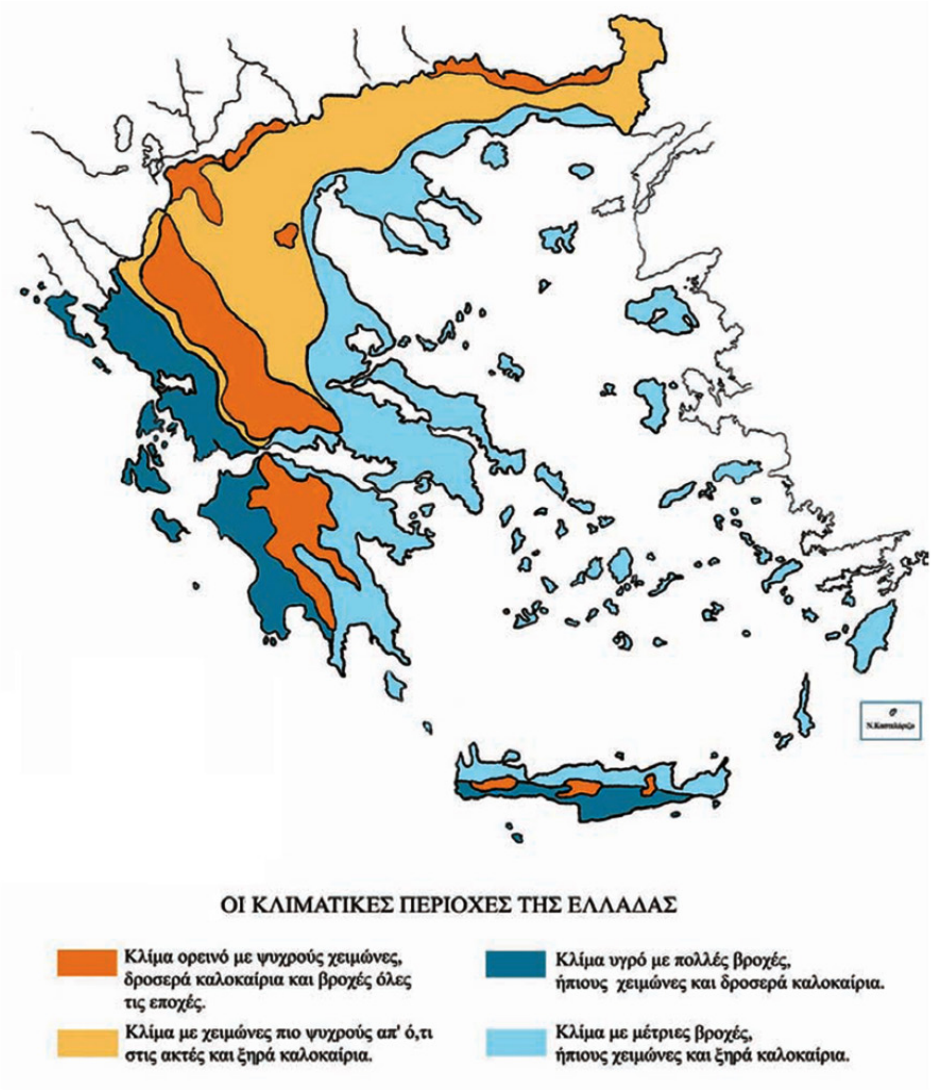
Με την ίδια λογική, η βλάστηση μπορεί να βοηθήσει το καλοκαίρι στον περιορισμό της υπερθέρμανσης αλλάζοντας την κατεύθυνση του ανέμου και αυξάνοντας την ταχύτητά του, συμβάλλοντας στο φυσικό δροσισμό και κατ' επέκταση στη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου.

4. Χαρακτηριστικά κτιρίου



Εικ. 58, Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

5. Γεωγραφική θέση και κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα



Εικ. 59, Πηγή:http://123-op.blogspot.gr/

5. Γεωγραφική θέση και κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα

Από την αρχαιότητα ακόμη η ανάγκη του ανθρώπου για μόνιμη εγκατάσταση τον οδήγησε να επιλέξει μέρη τα οποία του παρείχαν προστασία και ικανοποιούσαν τις οικονομικο-πολιτικές του ανάγκες. Η άλλοτε στενή σχέση με το περιβάλλον σήμερα έχει υποβαθμιστεί σε ένα βαθμό. Παρ' όλα αυτά το φυσικό ανάγλυφο και οι κλιματικές συνθήκες ακόμα επηρεάζουν την ανθρώπινη δραστηριότητα σε πολλούς τομείς. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης – ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης. Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, είναι η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι, η ηλιακή ακτινοβολία ηλιοφάνεια και ένταση σε μηναία βάση, οι άνεμοι – χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί – κατεύθυνση και ένταση, η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι. Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικόπεδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι – ήλιος το χειμώνα, δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι – με παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας.[10]

Η Ευρώπη ανήκει στο βόριο ημισφαίριο και το κλίμα της ποικίλλει από βόριο εύκρατο μέχρι εύκρατο μεσογειακό. Το νοτιοανατολικό άκρο χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση ορεινών όγκων και οριοθετείται, ως προς το νότο, από τη μεσόγειο.

Ως προς τη γεωγραφική θέση της, η Ελλάδα βρίσκεται στο βόριο ημισφαίριο, στον τροπικό του Καρκίνου, στο σημείο συνάντησης τριών ηπείρων (Ευρώπη, Ασία, Αφρική). Αποτελείται από ηπειρωτικό και νησιωτικό τμήμα και χαρακτηρίζεται ως θαλάσσια αφού το ηπειρωτικό τμήμα βρέχεται από τη Μεσόγειο από τρείς διευθύνσεις (ανατολικά, νότια, δυτικά) και κατατάσσεται στην εύκρατη θερμική ζώνη. Συγκεκριμένα το κλίμα είναι μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και ζεστά και ξηρά καλοκαίρια (η μέση θερμοκρασία τον Ιούλιο μήνα είναι σταθερά άνω των 25 βαθμών Κελσίου). Αλλά το πιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ελληνικού κλίματος είναι η υψηλή ηλιοφάνεια.

5. Γεωγραφική θέση και κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα

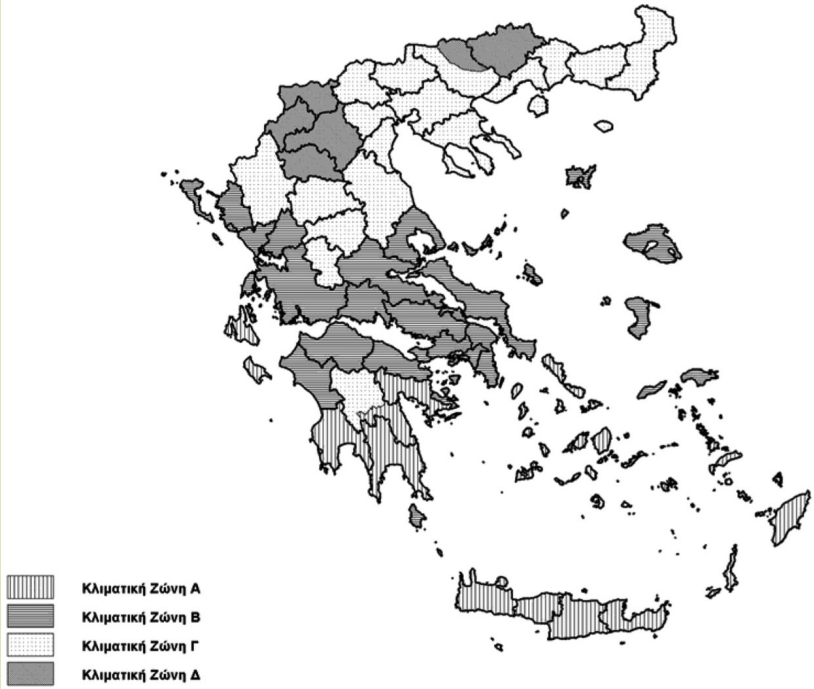
5.1 Κλιματικές ζώνες στην Ελληνική επικράτεια

Το ελληνικό κλίμα χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες με μεγάλη ημερήσια ηλιοφάνεια, αλλά με χαμηλές νυχτερινές θερμοκρασίες θερμά καλοκαίρια με σημαντική πτώση της νυχτερινής θερμοκρασίας. Η Ελλάδα είναι, εξαιτίας των παραπάνω κυρίαρχων κλιματικών χαρακτηριστικών, ιδανικός τόπος για τη μέγιστη απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και την επίτευξη υψηλού βαθμού ενεργειακής αυτάρκειας των κτηρίων, με σχεδόν μηδενικό κόστος.

Τα βιοκλιματικά κτίρια μπορούν να εξοικονομήσουν, στο ελληνικό κλίμα, έως 70% της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης το χειμώνα και έως 100% της απαιτούμενης ενέργειας ψύξης το καλοκαίρι.

Σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. [9]

Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας



Εικ. 60, Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών

6. Ενεργειακή κατανάλωση

Ο κτιριακός τομέας απορροφά, κατά μέση τιμή, το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και το 60% στην Ελλάδα. Τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων, καθώς και για την χρήση συσκευών. Η δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού προβλήματος καθώς και χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο, 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe (όπου 1Mtoe= 11.627,9 Kwh).

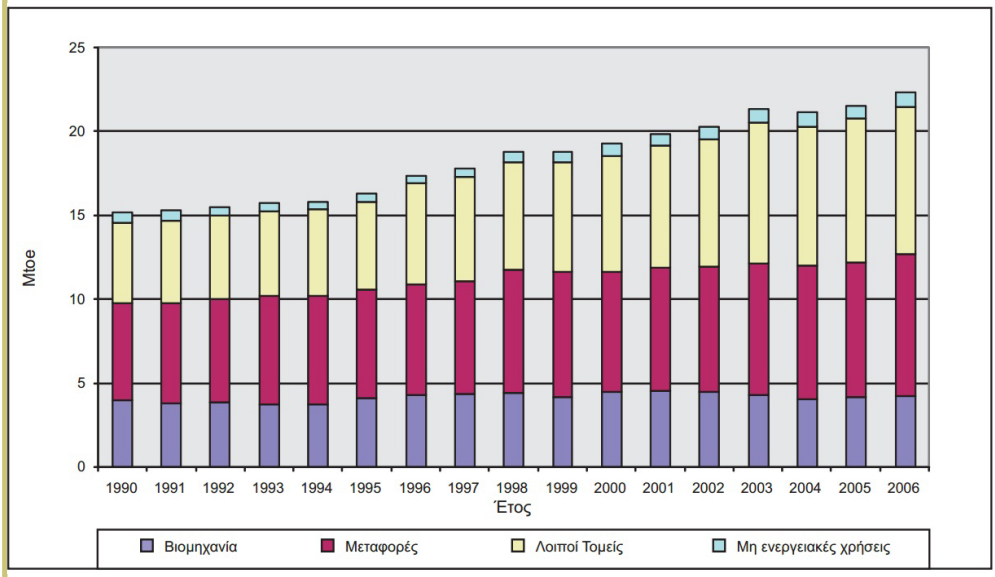
6. Ενεργειακή κατανάλωση

6.1 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ελλάδα

Η παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα βασίζεται στον λιγνίτη που είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σχεδόν απόκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το 85.7% της συνολικής εγχωριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά κάυσιμα (πετρέλαιο και λιγνίτης). Το φυσικό αέριο εισάχθηκε πρώτη φορά το 1996 και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαιρουμένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών, άρχισαν να αποτελούν αξιοσημείωτη πηγή για την παραγωγή ενέργειας από τα τέλη της δεκαετίας του '90. [46]

Η κατανάλωση τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν σχεδόν σταθερή την περίοδο 1990-1994 και η ποσότητα κατανάλωσης ήταν γύρω στα 15 Mtoe, αφαιρώντας τις μη ενεργειακές χρήσεις. Μεταξύ των ετών 1995-1996 η κατανάλωση τελικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 6,5% περίπου,με ταυτόχρονη ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας, ενώ από τότε ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης είναι γύρω στο 2,5%. Συνολικά, την περίοδο 1990-2006, η κατανάλωση τελικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 50% περίπου, κυρίως ως συνέπεια της οικονομικής ανάπτυξης[1]. Το 2006 η τελική κατανάλωση ενέργειας ήταν 21,45 Mtoe.

Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα

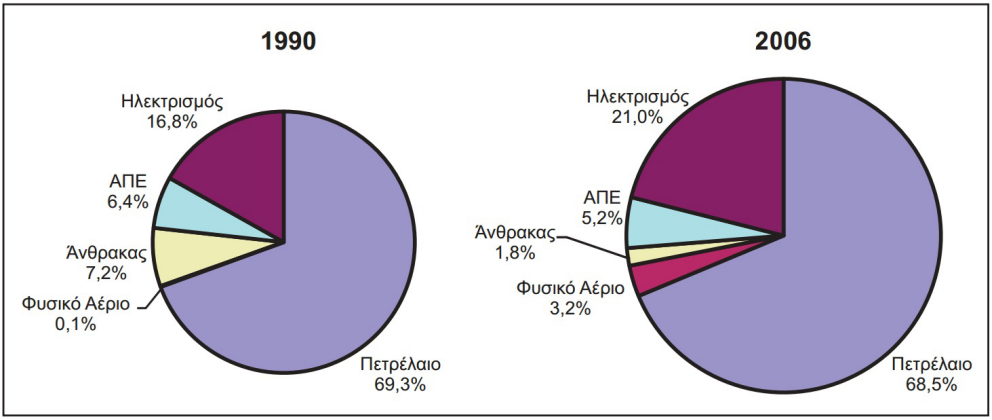


Εικ. 61, Πηγή: http://www.cres.gr/

6. Ενεργειακή κατανάλωση

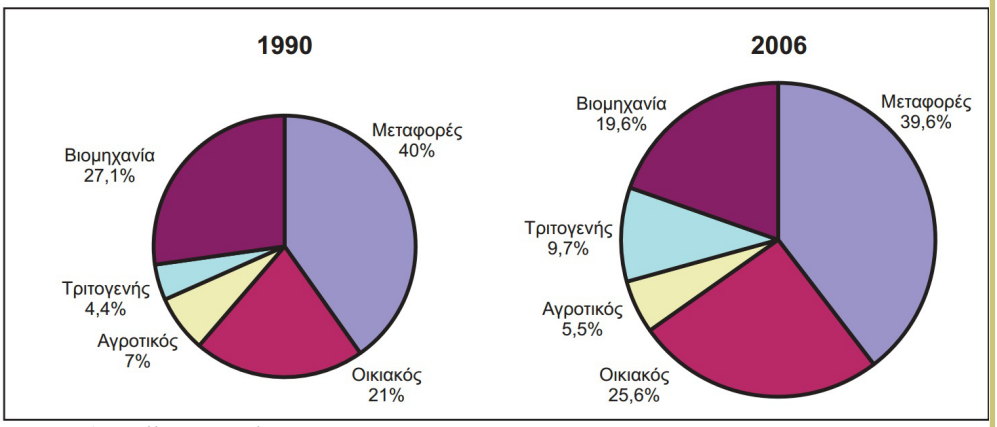
Ο τριτογενής τομέας παρουσίασε μεγελύτερο ρυθμό αύξησης κατανάλωσης ενέργειας στο διάστημα μεταξύ 1990-2006 με 2 Mtoe το 2006, κατανάλωση τριπλάσια από τα επίπεδα του 1990 και μέσο ρυθμό αύξησης 7,2% το χρόνο.

Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο (1990,2006)



Εικ. 62, Πηγή: http://www.cres.gr/

Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα

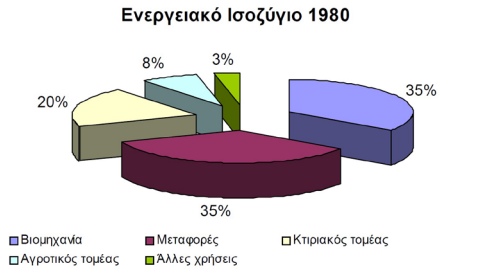


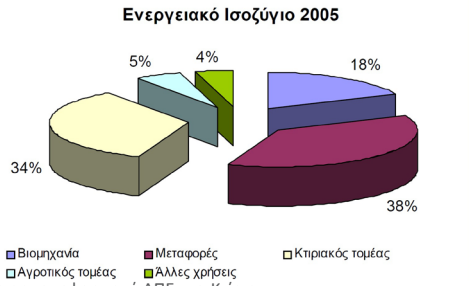
Εικ. 63, Πηγή: http://www.cres.gr/

6. Ενεργειακή κατανάλωση

Οι εκπομπές ανά μονάδα ακάθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα είναι από τις υψηλότερες στην ΕΕ και αυτό λόγω του λιγνίτη και του πετρελαίου ως βασική πηγή ενέργειας. Οι μισές περίπου εκπομπές CO^2 στην Ελλάδα προέρχονται από τον τομέα παραγωγής ηλέκτρισμού και θερμότητας με το 83% να οφείλεται στην καύση λιγνίτη.

Κατανομή ρύπων





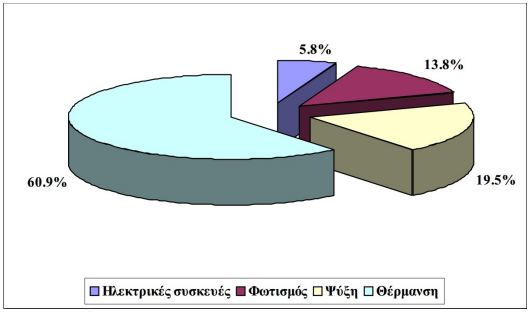
Εικ. 64, 65, Πηγή: Κ.Α.Μπαλαράς, Δυνατότητα Εξοικονόμησης Ενέργειας και εφαρμογή ΑΠΕ στα Κτίρια

Ο ιδιωτικός τομέας καταναλώνει το 71 % της συνολικής τελικής ενέργειας του τριτογενή τομέα, ενώ ο δημόσιος το 31%. Το 81% στο σύνολο της τελικής ενέργειας στον ιδιωτικό τομέα καταναλώνεται σε ηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 19% σε θερμική. Αντίστοιχα, στον δημόσιο τομέα 65% στο σύνολο της τελικής ενέργειας κατέχει η ηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 35% η θερμική ενέργεια.

Στο δημόσιο τομέα ο κλάδος των κτιρίων γραφείων παρουσιάζει την μεγαλύτερη κατανάλωση σε ποσοστό 43% και έπεται ο κλάδος των νοσοκομείων με 20% του συνόλου του Δημοσίου τομέα. Αντίστοιχα, στον ιδιωτικό τομέα τα εμπορικά καταστήματα, καταναλώνουν το 45% της συνολικής τελικής ενέργειας του τομέα και ακολουθούν τα ξενοδοχεία με 29%.

Από την κατανομή ενέργειας ανά χρήση στα δημόσια κτίρια, προκύπτουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά που αφορούν στις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη (60,9% και 19,5% αντίστοιχα) όπως παρουσιάζεται στο διπλανό σχήμα.

Κατανομή ενέργειας στα δημόσια κτίρια



Εικ.66 Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε 1995

7. Κτιριακό απόθεμα

Από τα 4 εκ. κτίρια που καταγράφηκαν το 2001 στην Ελλάδα, το 19% βρίσκεται στην Ά ζώνη, το 45% στην ΄Β ζώνη, το 32% στην ΄Γ Ζώνη και το 4 % στην ΄Δ ζώνη. Επίσης σχετικά με τη χρήση των κτιρίων διαπιστώθηκε πως το 76.97% των κτιρίων είναι κατοικίες, το 2.7% είναι γραφεία και εμπορικά, το 0.82 είναι ξενοδοχεία, το 0.46 είναι σχολεία, το 0.06% νοσοκομεία και οι άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν το 17.92% [31]. Την ίδια χρονολογία εκτιμάται πως περίπου το 10% των κτιρίων διαθέτουν πλήρη μόνωση, το 20% διαθέτει ελλιπή μόνωση ενώ το 70% δεν διαθέτει μόνωση.

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979, είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

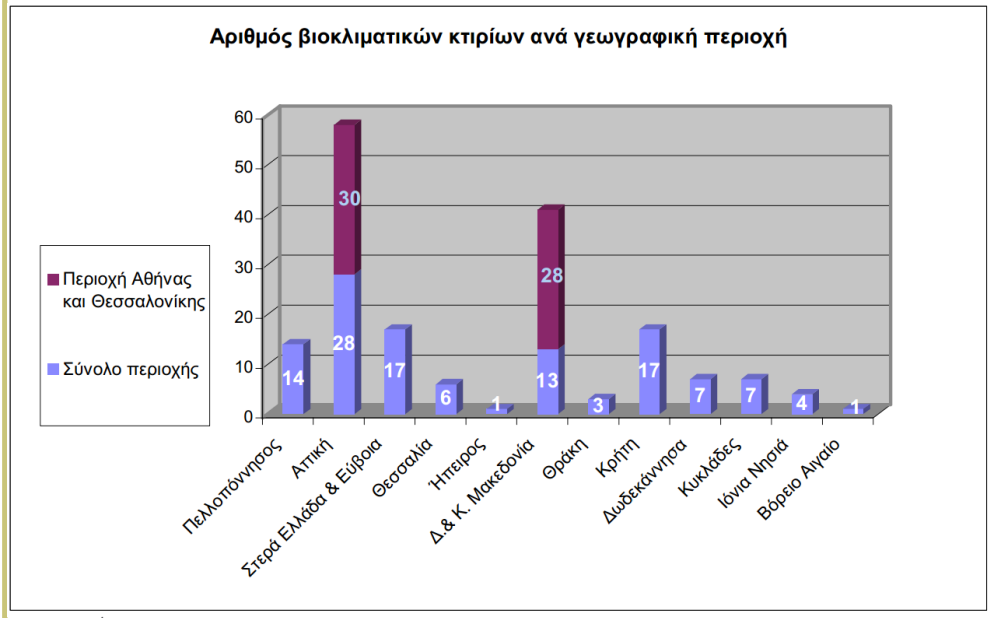
Ποσοστό κτιρίων ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής και τη κλιματική ζώνη

Περιοχή	Πριν το 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1985	Μετά το 1986	Σύνολο κτιρίων
Ζώνη Α	16,2	17,3	18,5	14,6	14,7	9,1	7,4	100,0
Ζώνη Β	6,9	12,1	17,5	21,4	21,5	11,2	6,8	100,0
Ζώνη Γ	4,8	12,2	20,9	24,4	20,2	9,4	6,2	100,0
Σύνολο	7,8	13,1	18,9	21,1	19,8	10,1	6,7	100,0

Πηγή: http://www.statistics.gr

7. Κτιριακό απόθεμα

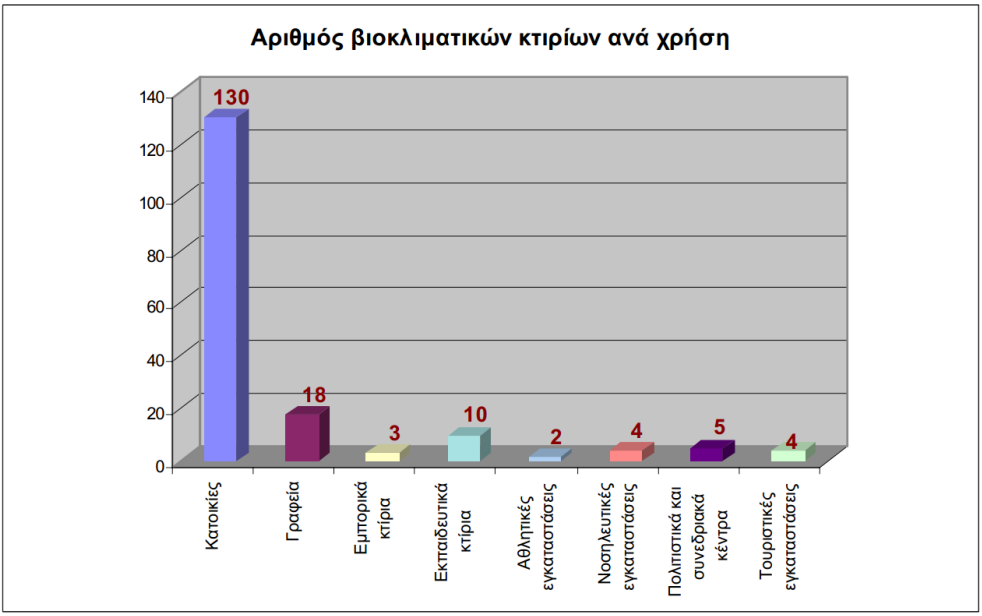
Σύμφωνα με το έργο Κ.Π.Σ-Ε.Π.Ε.-Μέτρο 3.1.4: ''Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα'' που εκπονήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε το 2002 υπήρχαν περίπου 180 εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων.



Εικ. 67, Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε 1995

Τα παθητικά συστήματα στο κέλυφος των κτιρίων αφορούν κυρίως τον τομέα κατοικίας χαμηλού ύψους (έναν-δύο ορόφους). Στην Ελλάδα από τα μέσα του '90 έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται βιοκλιματικός σχεδιασμός σε κτίρια του τριτογενή τομέα.[45]
Από τα κτίρια που καταγράφηκαν το 74% περιλαμβάνει κτίρια κατοικίας ενώ για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα τα μεγαλύτερα ποσοστά είναι για κτίρια γραφείων και εκπαίδευσης.

7. Κτιριακό απόθεμα



Εικ. 68, Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε 1995

Από τα συστήματα και τις τεχνικές που έχουν ευρύτερα εφαρμοστεί σε βιοκλιματικά κτίρια την κυρίαρχη θέση κατέχουν απλές τεχνικές για την μεγιστοποίηση των νότιων ανοιγμάτων, που εμφανίζονται στο 81% των κτιρίων και χρήση ηλιακών χώρων έμμεσου κέρδους (θερμοκήπια) που εμφανίζονται στο 42% των κτιρίων. Ηλιακοί τοίχοι (Trombe, μάζας και θερμοσιφωνικά πανέλα) εμφανίζονται στο 27% των κτιρίων που καταγράφηκαν. Από τους ηλιακούς τοίχους το 68% αποτελούν οι τοίχοι Trombe, 11% οι τοίχοι μάζας, 4% τοίχοι νερού και 17% τα θερμοσιφωνικά πανέλα. Σε μια περίπτωση μόνο υπάρχει rock bed το οποίο λειτουργεί σε συνδιασμό με θερμοσιφωνικό πανέλο.

Για τη θερινή περίοδο, οι κύριες τεχνικές δροσισμού που καταγράφηκαν είναι η σκίαση, η ελαχιστοποίηση των δυτικών ανοιγμάτων και ο διαμπερής αερισμός. Το 29% των περιπτώσεων χρησιμοποιεί εσωτερικά η εξωτερικά συστήματα σκίασης και το 9% χρησιμοποιεί φύτευση περιβάλλοντος χώρου.[45]

8. Ενεργειακή επιθεώρηση

8.1 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Εκτιμώντας τις πιθανότητες να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας, το 40% της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη (60% στην Ελλάδα) προέρχεται από τα κτίρια και στον τομέα αυτό βρίσκεται περίπου το μισό των δυνατοτήτων μας να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας. Επομένως, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυτόν τον τομέα αποτελεί προτεραιότητα στο πλαίσιο των στόχων «20-20-20» για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Το Δεκέμβριο του 2009, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμφώνησε με το κοινοβούλιο και το συμβούλιο να κατασκευάζονται όλα τα νέα κτίρια από το 2020 με μηδενική (ή περίπου μηδενική) ενεργειακή κατανάλωση. Τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους πρέπει να πληρούν τα ίδια κριτήρια μετά την 31η Δεκεμβρίου 2018 [28]. Είναι υποχρεωτικό για κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε να εκδώσει Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση (National Energy Efficiency Action Plans (NEEAP's). Σε αυτά τα σχέδια, μεταξύ άλλων, πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένοι στόχοι σχετικά με το ποσοστό των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και να καθορίζονται συγκεκριμένες ενέργειες σχετικά με το πώς θα επιτευχθεί αυτό, καθώς επίσης πώς θα παρακολουθείται η πρόοδος.

Στην Ελλάδα με τον ΚΕΝΑΚ τίθεται σε ισχύ ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

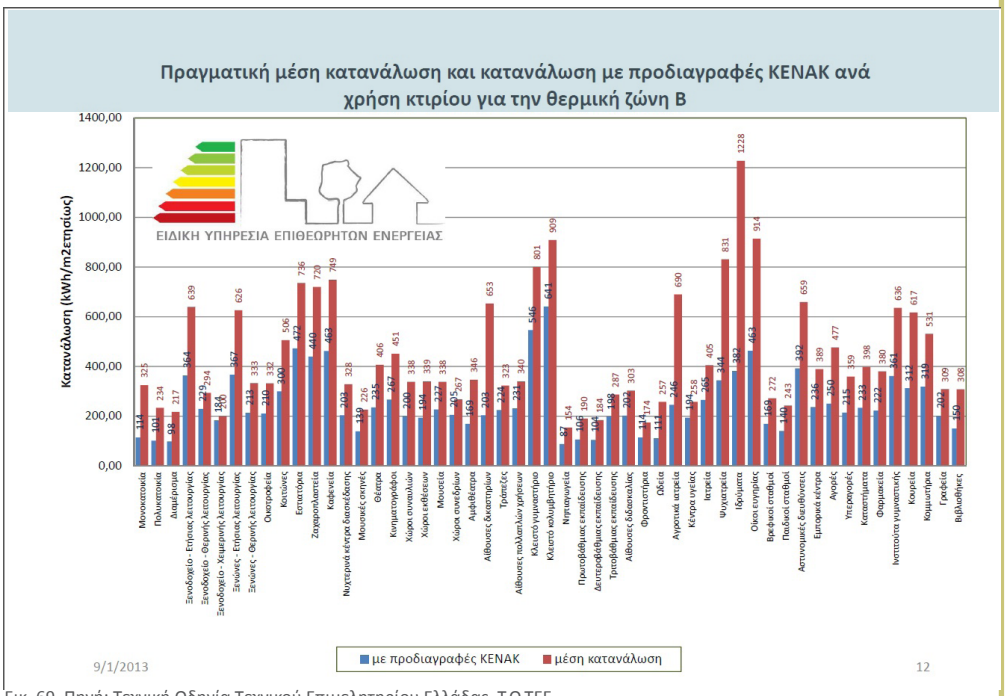
- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
- Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης και θα εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία αναφέρεται:

α) στην απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στο σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και

β) στη σύγκρισή του με κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς θεωρείται κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο που πληροί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά [27].

8. Ενεργειακή επιθεώρηση



Εικ. 69, Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.ΤΕΕ

8. Ενεργειακή επιθεώρηση

Για την καταγραφή των δεδομένων και τεχνικών χαρακτηριστικών ενός κτιρίου στο έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης το κτίριο πρέπει να χωριστεί σε θερμικές ζώνες.

Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση και ίδιες συνθήκες λειτουργίας. Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών, εφαρμόζεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες[7]:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 ^{o}C σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση και προφίλ λειτουργίας. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων συνήθως έχουν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο) ανταλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες). Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από ενιαίο σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού), των οποίων η επιφάνεια είναι μικρότερη από το 80% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

Ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες αφορά κυρίως στα κτίρια του τριτογενούς τομέα, που αποτελούνται από χώρους με διαφορετικές συνθήκες και ωράριο λειτουργίας.

8. Ενεργειακή επιθεώρηση

8.2 Πρόγραμμα και χρήση

Το να είναι γνωστό πότε και πως λειτουργεί ένα κτίριο είναι καθοριστικής σημασίας για τις ανάγκες του σε ενέργεια. Ένα κτίριο που έχει λίγη χρήση χρειάζεται επιπλέον ενέργεια για την θέρμανση ή την ψύξη του, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής. Ένα κτίριο όμως που χρησιμοποιείται εντατικά είναι πιθανόν να παράγει τόση θερμότητα εξαιτίας των ανθρώπων που όχι μόνο να μην χρειάζεται επιπλέον θέρμανση, αλλά να απαιτείται ψύξη, ακόμα και τον χειμώνα. Επιπλέον, ο εξοπλισμός ενός κτιρίου, όπως οι υπολογιστές, και τα φώτα παράγουν θερμότητα αν είναι σε σταθερή λειτουργία.

Το είδος της χρήσης του κτιρίου επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το χρονοδιάγραμμα των θερμικών κερδών. Ανάλογα με τις ώρες που λειτουργεί ένα κτίριο μεταβάλλονται και τα θερμικά κέρδη. Για παράδειγμα ένα κτίριο γραφείων παράγει περισσότερη θερμότητα το πρωί και το απόγευμα, μειωμένη το μεσημέρι όταν οι εργαζόμενοι πάνε για μεσημεριανό γεύμα και ακόμα μεγαλύτερη μείωση το βράδυ και τα σαββατοκύριακα[13].

Συγκεκριμένα το ωράριο λειτουργίας ενός κτιρίου ή ενός τμήματός του που αποτελεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη εξαρτάται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- από τη χρήση του κτιρίου
- από τον ανθρώπινο παράγοντα, δηλαδή από τις ιδιαιτερότητες που προσδίδουν σε κάθε γενική χρήση του κτιρίου οι επιλογές και οι συνήθειες των χρηστών του
- από τις τοπικές συνθήκες, κλιματικές, λειτουργικές (ωράρια λειτουργίας)κ.α[7].

9. Ενεργειακός σχεδιασμός σε υφιστάμενο κτίριο

Σημαντική παράμετρος του ενεργειακού σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι η εξισορρόπηση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου, δηλαδή η εξισορρόπηση των θερμικών κερδών και των θερμικών απωλειών του. Σε περίπτωση που τα θερμικά κέρδη δεν επαρκούν για να καλύψουν τα θερμικές απώλειες του κτιρίου το χειμώνα, παράγεται θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους μέσω συστημάτων θέρμανσης, ώστε να ισοσταθμιστεί η διαφορά στο ισοζύγιο. Αντίστοιχα το καλοκαίρι, σε περίπτωση που τα θερμικά κέρδη προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας, παρέχεται ψύξη στο χώρο ώστε και πάλι να εξισορροπήσει το ισοζύγιο. Κατά τη διαδικασία βελτίωσης των υφισταμένων κτιρίων οι δυνατότητες παρέμβασης στο κτιριακό αφορούν:

- στη μείωση των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας από τα δομικά στοιχεία με τη προσθήκη θερμομόνωσης στα συμπαγή στοιχεία και την βελτίωση ή αντικατάσταση των κουφωμάτων με κουφώματα με καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας
- στη μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού με τη δημιουργία ανεμοφρακτών, τη βελτίωση της αεροστεγανότητας των ανοιγμάτων και την μείωση των οδών διαφυγής της θερμότητας (π.χ. καμινάδες)
- στην αύξηση της θερμικής προσόδου από τον ήλιο για τη χειμερινή περίοδο με την αύξηση των νότιων ανοιγμάτων, την προσθήκη παθητικών συστημάτων
- στην μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στη θερινή περίοδο με τη πρόβλεψη της κατάλληλης ηλιοπροστασίας
- στην αύξηση του φυσικού αερισμού-δροσισμού, με την σωστή χρήση των ανοιγμάτων για τα οποία πιθανώς να χρειαστούν νέα κουφώματα με τα κατάλληλα ανοιγόμενα τμήματα
- στην κατάλληλη διαμόρφωση του άμεσου περιβάλλοντα χώρου, με στόχο την αντιμετώπιση του ανέμου, ανάλογα με την εποχή, και κατά συνέπεια την μείωση των θερμικών απωλειών ή την αύξηση του φυσικού δροσισμού (π.χ. δενδροφύτευση – φράγμα χειμερινού ψυχρού ανέμου για το χειμώνα ή δενδροφύτευση που οδηγεί τους δροσερούς ανέμους προς το κτίριο για το καλοκαίρι).

10. Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

10.1 Τοποθεσία

Ο Βόλος βρίσκεται στην Θεσσαλία (Γ.Μήκος 22°48’°’’/Γ.Πλάτος 39°13’°’’) και είναι 14,62 μ. πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Έχει μέση ετήσια θερμοκρασία 16,9°C, με μέση Ιανουαρίου 7,6°C και Ιουλίου 26,6°C και χωρίς μεγάλες βροχοπτώσεις (500-600 χιλιοστά). Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε παράρτημα Ι.

Η πόλη του Βόλου

Εικ. 70, Πηγή: https://maps.google.gr/

Οι πολυτεχνικές σχολές: 1)Χωροταξία 2)Πολιτικοί μηχανικοί 3)Μηχανολόγοι Μηχανικοί 4) Αρχιτέκτονες Μηχανικοί

Εικ. 71, Πηγή: https://maps.google.gr/

10. Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Η Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας βρίσκεται στην πόλη του Βόλου, στην περιοχή του Πεδίον του Άρεως. Είναι ένα βιομηχανικό κτίριο που στέγαζε το μηχανουργείο Παπαρήγα. Είναι ιδιαίτερο κτίριο γιατί εκτός από της εσωτερική του διαρρύθμιση είναι το κτίριο στο οποίο έχω περάσει τον περισσότερο χρόνο της φοιτητικής μου ζωής, οπότε με συνδέει και προσωπικά. Το κτίριο είναι μεταλλική κατασκευή με το εξωτερικό κέλυφος κατά κύριο λόγο γυάλινο σε συνδυασμό με χρήση μπετόν. Το εσωτερικό του οργανώνεται με τέσσερις όγκους οι οποίοι αποτραβιούνται στο εσωτερικό του κτιρίου και φιλοξενούν τις αίθουσες και γραφεία, το αμφιθέατρο το οποίο επίσης δεν έρχεται σε επαφή με το κέλυφος του κτιρίου, την αίθουσα του μεταπτυχιακού και το πατάρι του μεταπτυχιακού που είναι ο μόνος χώρος που έχει σαν όριο το κέλυφος του κτιρίου. Η οροφή του κτιρίου αποτελείται από δύο δίρριχτες μεταλλικές στέγες με εσωτερική μόνωση.

Εικ. 72, Πηγή: προσωπικό αρχείο

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

11.1 Μετρήσεις και παρατηρήσεις

Το πρώτο βήμα που έγινε για τη μελέτη που έγινε για τη μελέτη του κτιρίου ήταν να γίνουν μετρήσεις για τον τεχνητό φωτισμό, την άνεση μέσα στο κτίριο και τη σκίαση που προσφέρουν οι περσίδες.

Όσον αφορά στον φωτισμό, τα επίπεδα φωτισμού σε όλες τις αίθουσες και τα γραφεία ήταν αρκετά πιο χαμηλά από τα προτεινόμενα. Οι μετρήσεις έγιναν σε χώρους που οργανώθηκαν σε κάναβο 1x1 και ύψος 0.80m για αίθουσες και γραφεία και 0.15m για διαδρόμους. Τα αποτελέσματα (σε μέσο όρο) είναι 166 lux για τις αίθουσες του ισογείου, 162 lux για τις αίθουσες του ορόφου, 27.7 lux για τους διάδρομους, 196 lux για την αίθουσα των υπολογιστών, 290 lux για το πατάρι και 197.3 για την αίθουσα του μεταπτυχιακού, 620 lux για την πρώτη σειρά καθισμάτων στο αμφιθέατρο και 287.6 για τα γραφεία.

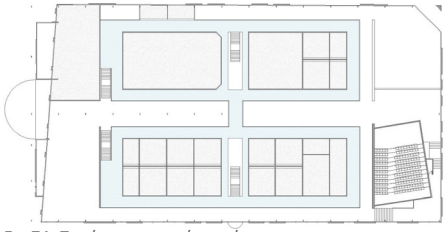
Σχετικά με την κατανάλωση στο κτίριο ενδεικτικά αναφέρω πως οι αίθουσες Α,Β και η αίθουσα υπολογιστών έχουν μέση κατανάλωση 35W/m^2, οι αίθουσες Γ,Δ 12.3W/m^2,το φουαγιέ 15.6W/m^2, το αμφιθέατρο 13.6W/m^2, οι διάδρομοι 2.1W/m^2 , το κυλικείο 2W/m^2 , η αίθουσα του μεταπτυχιακού 16.3W/m^2 και το πατάρι του 10.56W/m^2, οι αίθουσες του ορόφου 15W/m^2 και τα γραφεία μέση τιμή 12W/m^2.

Η εγκατεστημένη ισχύς του κτιρίου συνολικά είναι **14,83W/m^2**. Είναι σαφές πως η κατανάλωση είναι αρκετά μεγάλη, ιδιαίτερα στις αίθουσες, (το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 προτείνει ισχύ της τάξης του **9.1W/m^2** για κτίριο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης) και η στάθμη φωτισμού είναι αρκετά χαμηλή (τα κτίρια τριτοβάθμιας εκπαίδευσης πρέπει να έχουν 500lux στην επιφάνεια εργασίας[7]).

Κάτοψη ισογείου

Εικ.73, Πηγή: προσωπικό αρχείο

Κάτοψη ισογείου



Εικ.74, Πηγή: προσωπικό αρχείο

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Ταυτόχρονα έγιναν μετρήσεις για την ακουστική άνεση του χώρου. Οι πρώτες έγιναν βράδυ, όσο η σχολή δεν είχε κόσμο, με τα μηχανήματα σε λειτουργία για να γίνει αντιληπτό αν τα μηχανήματα είναι στην επιθυμητή στάθμη ακουστικής πίεσης. Η μέση τιμή ήταν 40db, η οποία είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

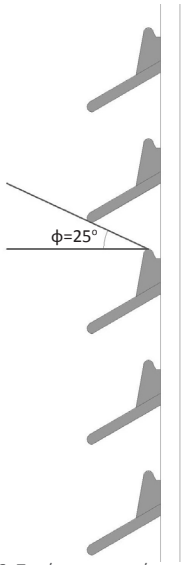
Limits for stationary equipment used in weather protected locations

		Environmental class		
Environmental Description	**L_{WAd} units**	**3.1**	**3.2**	**3.3**
Telecommunication equipment room (unattended)	bels	7,5	7,5	7,5
Telecommunication equipment room (attended)	bels	7,2	7,2	7,2
Business area (> 4 m from desk work locations)	bels	6,8	nr	nr
Business area (< 4 m from desk work locations)	bels	6,3	nr	nr
Office (floor-standing equipment)	bels	5,5	nr	nr
Office (desktop equipment)	bels	5,0	nr	nr
Power room	bels	8,3	8,3	8,3

Εικ.75, Πηγή: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/300753/01.02.01_40/en_300753v010201o.pdf

Μετρήσεις έγιναν και κατα τη διάρκεια μαθήματος σε αίθουσες του ισογείου με μέση τιμή τα 62db η οποία είναι πάνω από το όριο καθώς για εργαστήρια τα όρια είναι 50-55db.

Όσον αφορά στη σκίαση του κτιρίου, η δυτική του όψη σκιάζεται από περσίδες με μήκος 8 εκ. και μεταξύ τους απόσταση 8 εκ., που είναι το ιδανικό για την σκίαση και η γωνία αποκοπής είναι 25°.



Εικ.76, Πηγή: προσωπικό αρχείο

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Ένα ακόμα ζήτημα που χρήζει προσοχής είναι το πρόβλημα της θάμβωσης, κυρίως στην αίθουσα των υπολογιστών. Τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται δεν περιλαμβάνουν ανακλαστήρα και η φωτεινή πηγή είναι στο οπτικό πεδίο του χρήστη του υπολογιστή, πράγμα που μετά από κάποια διάρκεια παραμονής οδηγεί σε ψυχολογική θάμβωση.

Αίθουσα Α, Θάμβωση λόγω φωτιστικού

Εικ. 77, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

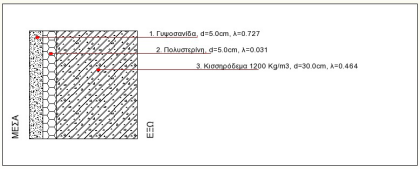
11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Στην προσπάθεια υπολογισμού της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, έγινε υπολογισμός του Uvalue των εξωτερικών τοίχων σύμφωνα με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους.

Υπολογισμός Uvalue εξωτερικού τοίχου

Δομικό Στοιχείο: Ζώνη Β **Umax=0.50**

Α/Α	Πάχος (m)	Είδος στρώσης	Τύπος στρώσης	Συντ. λ	d/λ
1	0.05	Γυψοσανίδες	Γυψοσανίδα	0.727	0.069
2	0.05	Μονωτικά	Πολυστυρίνη	0.031	1.613
3	0.3	Μπετόν	Κισσηρόδεμα 1200 Kg/m3	0.464	0.647
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
	0.400			$R_{Λ}$=	2.329
		αντιστάσεις θερμικής μετάβασης:	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	R_{i}=	0.130
				R_{a}=	0.040
		θερμική αντίσταση κεραμοσκεπής:		R_{u}=	
		στρώμα αέρα πάχους:	mm	R_{S}=	
		ροή: ◉ οριζόντια ○ από κάτω προς τα πάνω ○ από πάνω προς τα κάτω			
		ανακλαστική επιφάνεια με ε = ○ 0.80 ○ 0.05 ○ 0.10 ○ 0.20			
		U = 0.400 ✓		$R_{Ο}$=	2.499



Εικ. 78, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

Το Uvalue υπολογίστηκε 0.4 που είναι κάτω από το όριο (το Uvalue που προτείνεται για τη Ζώνη Β για εξωτερικούς τοίχους είναι 0.5). Εντούτοις επιδέχεται βελτίωση.

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Όσον αφορά στη θερμική άνεση του κτιρίου, με βάση μετρήσεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η θερμοκρασία στις αίθουσες ήταν γύρω στους 19 °C. Πιο συγκεκριμένα, στις 15/12/12 12:30 με εξωτερική θερμοκρασία 13 °C η θερμοκρασία της αίθουσας Β ήταν 19 °C ενώ οι θερμοκρασίες των τοίχων ήταν ανάμεσα σε 20.5 °C-23 °C και το ποσοστό υγρασίας στον αέρα ήταν 37%. Την ίδια ώρα στο κυλικείο η θερμοκρασία ήταν 19.2 °C και στην αίθουσα Ε η θερμοκρασία ήταν 20 °C με θερμοκρασία τολιχου 18.2 °C και θερμοκρασία υαλοστασίου 17.7 και 17.5 °C. Την ίδια μέρα το απόγευμα στισ 19:15 η θερμοκρασία του διαδρόμου ήταν 17.1 °C.
Στις 17/12/13 ώρα 18:00 με εξωτερική θερμοκρασία 10 °C η αίθουσα Β έχει 19.7 °C, η αίθουσα των υπολογιστών έχει 22.2 °C και ο διάδρομος 19.1 °C. Στις 20:20 το πατάρι των μεταπτυχιακών έχει 17 °C (εκεί είναι που εντοπίζεται και το μεγαλύτερο πρόβλημα θερμικής άνεσης) ενώ στην αίθουσα του μεταπτυχιακού ,ώρα 21:30, η θερμοκρασία είναι στους 22.5 °C ενώ η εξωτερική θερμοκρασία είναι στους 5 °C.

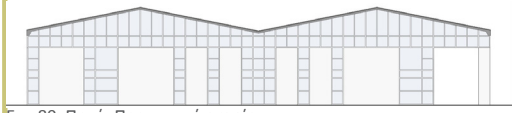
Το μεγάλλο ποσοστό ανοιγμάτων των όψεων κάνει το κτίριο πιο ευάλωτο στην αλλαγή της θερμοκρασίας του, ιδιαίτερα όταν φυσάει. Πιο συγκεκριμένα για κάθε όψη το ποσοστό ανοιγμάτων είναι το εξής:

Νότια όψη

Εικ. 79, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Από τα 437,9 m² όλης της επιφάνειας της όψης τα 248.6 m² είναι υαλοστάσια δηλαδή το **56.8%** της όψης είναι γυάλινο.

Ανατολική όψη



Εικ. 80, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Η ανατολική όψη έχει 260,9 m² επιφάνεια από την οποία τα 137.2 m² είναι υαλοστάσια δηλαδή το **52.6%** της όψης είναι γυάλινο.

11. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου

Βόρεια όψη

Εικ. 81, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Η βόρεια όψη έχει 397,8 m^2 επιφάνεια της οποίας τα 242.9 m^2 είναι υαλοστάσια δηλαδή το **61.0%** της όψης είναι γυάλινο.

Δυτική όψη

Εικ. 82, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Η επιφάνεια της δυτικής όψης είναι 283,7 m^2 και τα 167.4 m^2 είναι υαλοστάσια δηλαδή το **59.0%** της όψης είναι γυάλινο.

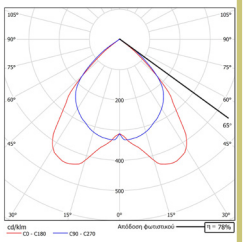
Όπως φαίνεται το ποσοστό των ανοιγμάτων είναι αρκετά μεγάλο με αποτέλεσμα την άμεση επιρροή της εσωτερικής θερμοκρασίας από την εξωτερική, ειδικά στην περίπτωση που φυσάει, καθώς το κτίριο είναι ελαφράς κατασκευής και οι απώλειες θερμότητας είναι μεγάλες.

12. Πρόταση για το φωτισμό

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου προσανατολίζεται στην επίλυση των εξής:

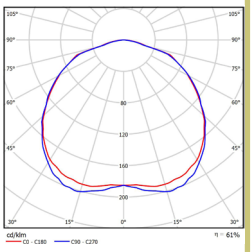
- Συστήματος φωτισμού
- Σκίαση του κτιρίου
- Αλλαγή των υαλοστασίων
- Φυσικός αερισμός

Έχοντας τις μετρήσεις για τον υπάρχων φωτισμό και την τωρινή εγκατεστημένη ισχύ στη σχολή, ακολούθησε η έρευνα για το νέο σύστημα φωτισμού που έγινε μέσω του προγράμματος Dialux, επιλέγοντας την μελέτη εσωτερικού χώρου.



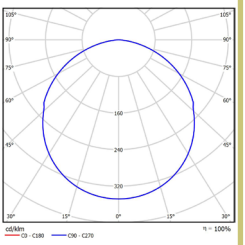
Εικ. 83, Πηγή: Dialux

Στόχος της πρότασης είναι με την επιλογή των συγκεκριμένων φωτιστικών να επιτευχθούν τα απαραίτητα επίπεδα φωτισμού σε κάθε χώρο, την ομοιομορφία (Emin/Em) πάνω από 0.6 και συγχρόνως η εγκατεστημένη ανά τετραγωνικό μέτρο να είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια (βλ.παράρτημα Ι πίνακας 15.3).

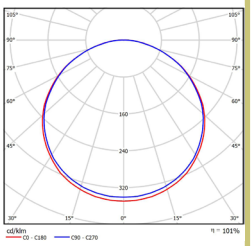


Εικ. 84, Πηγή: Dialux

Με σκοπό την ευκολία συντήρησης χρησιμοποιούνται τεσσάρων ειδών φωτιστικά, ανάλογα τον χώρο στον οποίο χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα για την αίθουσα των υπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά με φωτομετρική καμπύλη μικρότερη από τις 60° για αποφυγή της θάμβωσης. Επίσης επιλέχθηκαν φωτιστικά με μεγάλη απόδοση. Το αποτέλεσμα ήταν η συνολική ισχύς να είναι **7.92 W/m²** δηλαδή σχεδόν η μισή από το υπάρχον κτίριο.



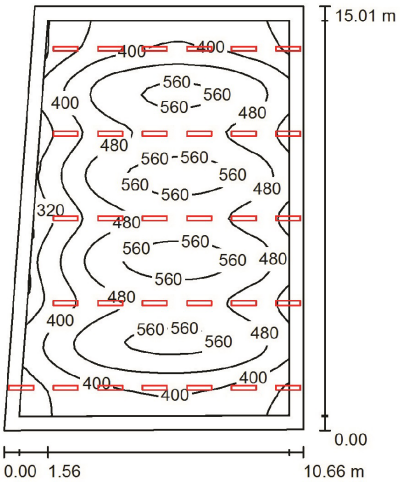
Εικ. 85, Πηγή: Dialux



Εικ. 86, Πηγή: Dialux

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.1 Κυλικείο



Ύψος χώρου: 5.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 4.500 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:193

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	457	238	600	0.521
Δάπεδο	20	411	207	559	0.504
Οροφή	70	80	58	92	0.723
Τοίχοι (4)	50	162	61	1803	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 64 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.348, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.175.

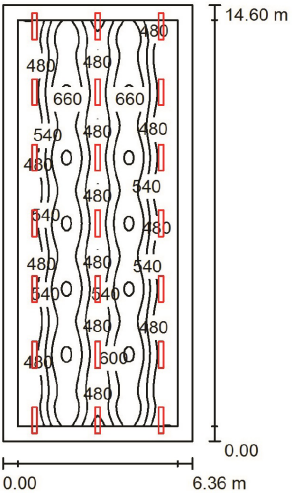
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	31	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
			Συνολικά: 92295	Συνολικά: 117800	1426.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 9.40 W/m² = 2.06 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 151.62 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.2 Αίθουσα Μεταπτυχιακού



Ύψος χώρου: 2.800 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.800 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:188

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	541	414	668	0.765
Δάπεδο	20	476	290	605	0.609
Οροφή	70	96	81	117	0.838
Τοίχοι (4)	50	205	85	565	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 128 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.367, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.178.

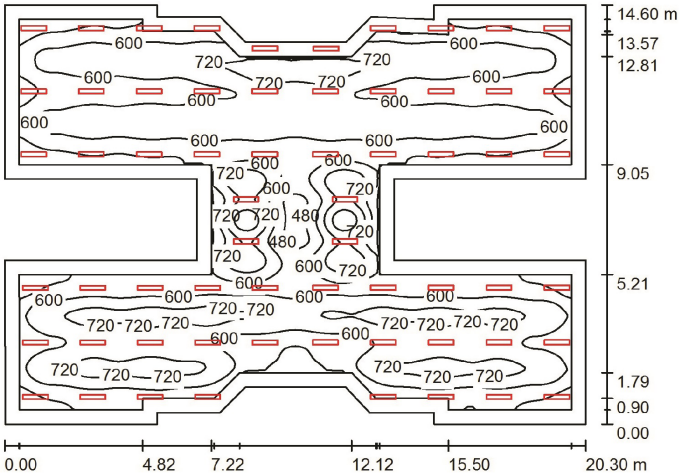
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	21	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	62523	Συνολικά: 79800	966.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 10.40 W/m² = 1.92 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 92.85 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.3 Αίθουσα Α



Ύψος χώρου: 3.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80 — Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:188

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	612	377	935	0.615
Δάπεδο	20	540	270	694	0.501
Οροφή	70	109	75	257	0.686
Τοίχοι (28)	50	225	84	2334	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 128 x 128 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

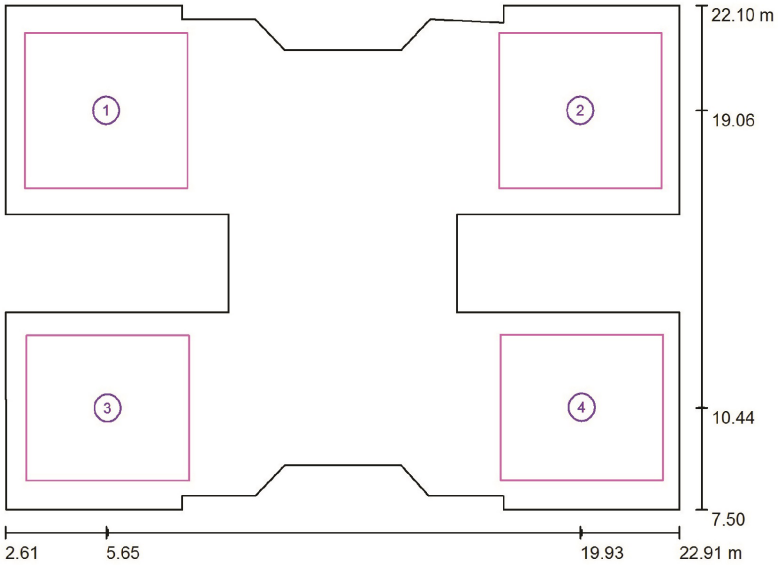
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.363, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.178.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	62	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	184591	Συνολικά: 235600	2852.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 11.76 W/m² = 1.92 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 242.53 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Κλίμακα 1 : 167

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

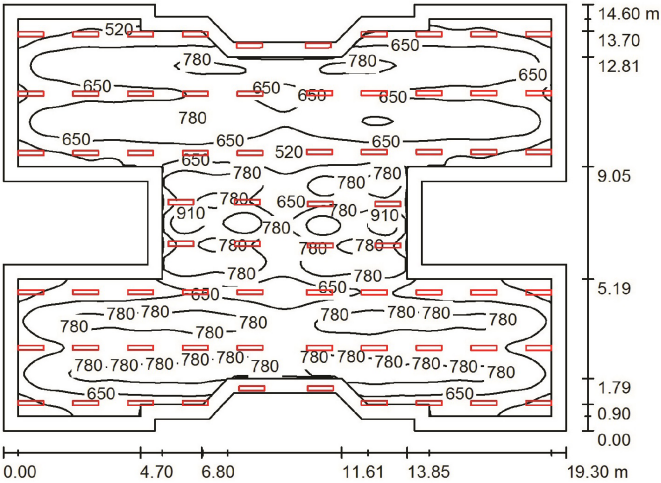
Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	32 x 32	583	392	700	0.673	0.560
2	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	32 x 32	580	386	696	0.666	0.555
3	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	32 x 32	635	398	772	0.627	0.516
4	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	32 x 32	628	389	766	0.620	0.508

Περίληψη των αποτελεσμάτων

Τύπος	Αριθμός	Μέσος όρος [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Κάθετα	4	606	386	772	0.64	0.50

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.4 Αίθουσα B



Ύψος χώρου: 3.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80 — Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:188

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	694	406	1007	0.584
Δάπεδο	20	620	297	858	0.479
Οροφή	70	126	90	626	0.715
Τοίχοι (28)	50	252	87	4086	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 128 x 128 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.359, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.181.

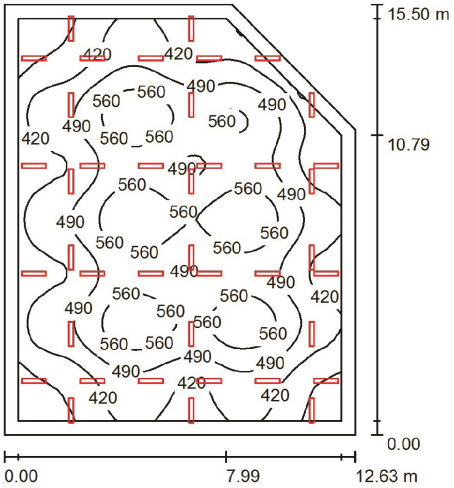
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	68	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	202454	Συνολικά: 258400	3128.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 13.11 W/m² = 1.89 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 238.55 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.5 Φουαγιέ



Ύψος χώρου: 5.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 5.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:199

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	477	294	613	0.617
Δάπεδο	20	435	245	585	0.564
Οροφή	70	90	61	183	0.682
Τοίχοι (5)	50	188	73	1539	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 64 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.396, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.189.

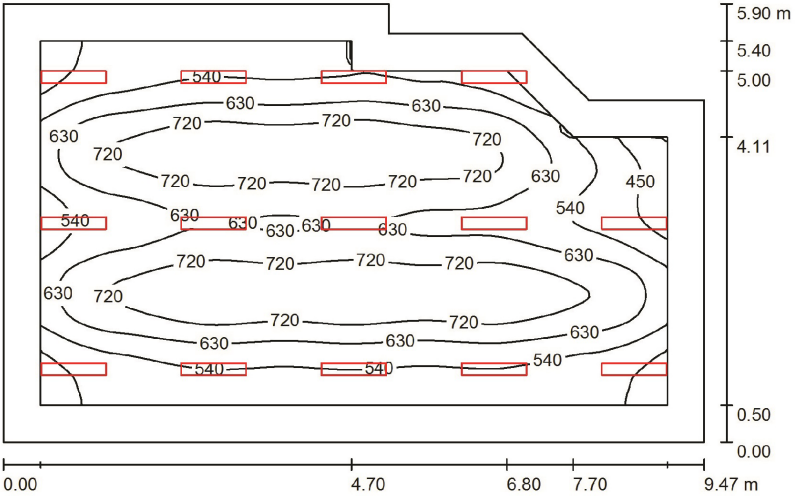
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	40	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	119091	Συνολικά: 152000	1840.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 9.91 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 185.74 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.6 Αίθουσα Γ-Δ



Ύψος χώρου: 3.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 3.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:76

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	624	359	790	0.575
Δάπεδο	20	519	226	700	0.436
Οροφή	70	104	73	164	0.702
Τοίχοι (8)	50	216	75	680	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 64 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

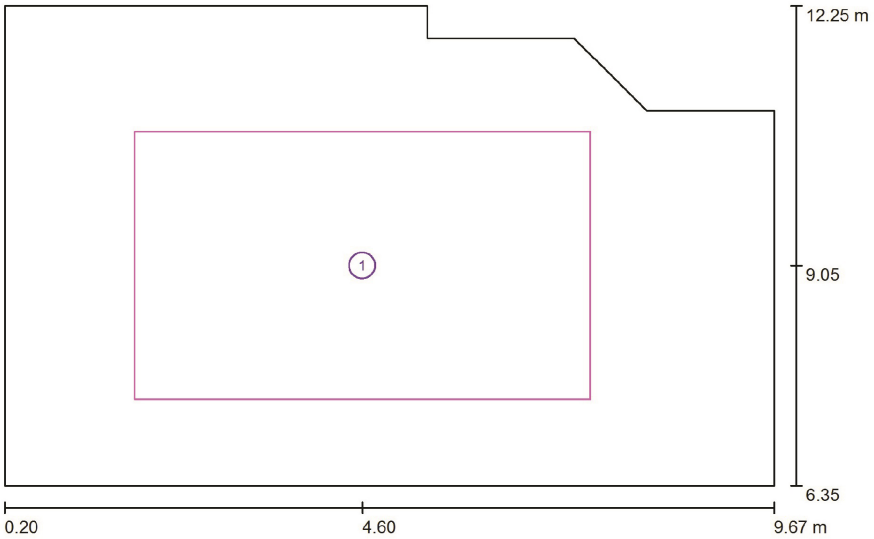
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.341, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.167.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	14	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	41682	Συνολικά: 53200	644.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 12.30 W/m² = 1.97 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 52.37 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



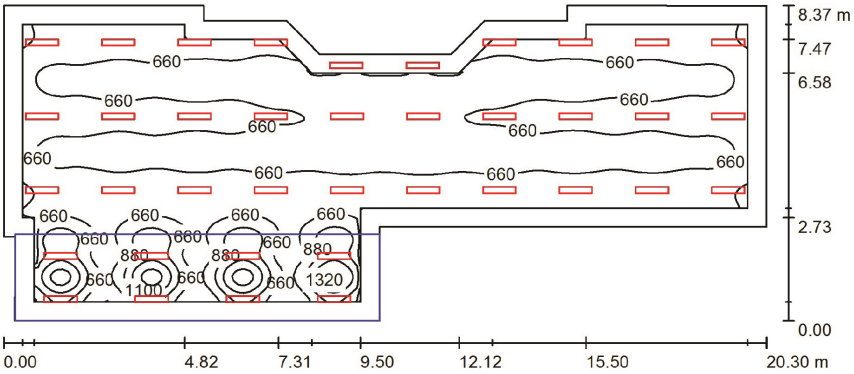
Κλίμακα 1 : 68

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	32 x 32	699	528	791	0.755	0.667

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.7 Αίθουσα Υπολογιστών



Ύψος χώρου: 3.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:146

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	683	401	1473	0.588
Δάπεδο	20	600	277	859	0.462
Οροφή	70	92	2.12	178	0.023
Τοίχοι (16)	50	209	27	1645	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 128 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

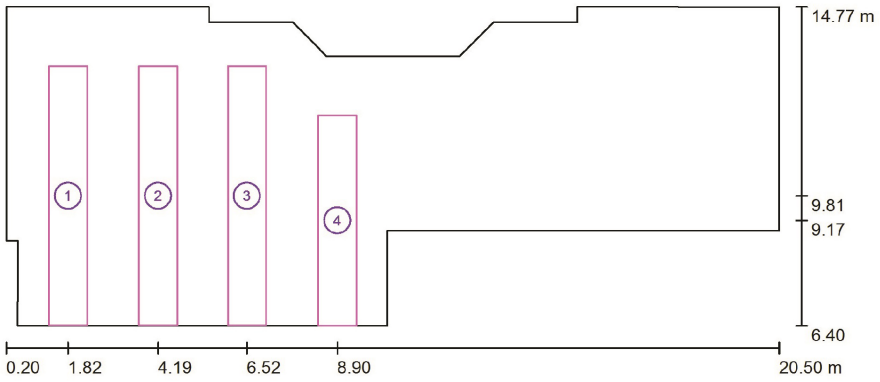
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.277, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.135.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	38	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	113136	Συνολικά: 144400	1748.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 12.88 W/m² = 1.88 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 135.74 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Κλίμακα 1 : 146

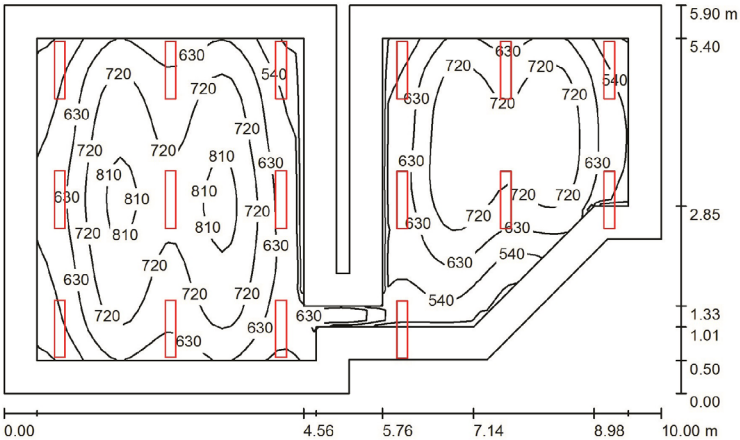
Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	8 x 32	770	462	1466	0.600	0.315
2	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	8 x 32	785	478	1477	0.608	0.323
3	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	8 x 32	796	481	1482	0.604	0.324
4	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	8 x 32	839	499	1475	0.596	0.339

Περίληψη των αποτελεσμάτων

Τύπος	Αριθμός	Μέσος όρος [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Κάθετα	4	795	462	1482	0.58	0.31

12.8 Γραμματεία



Ύψος χώρου: 3.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 3.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:76

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	662	425	843	0.642
Δάπεδο	20	525	314	716	0.597
Οροφή	70	109	66	238	0.610
Τοίχοι (12)	50	239	87	4129	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 32 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.358, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.164.

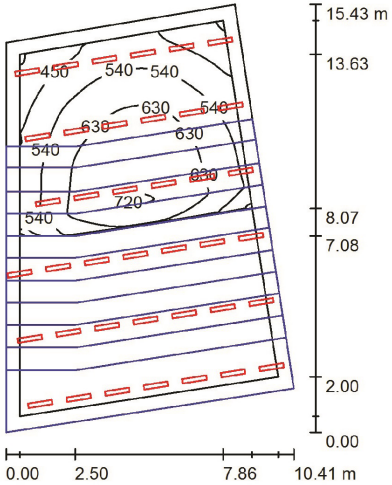
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	16	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
			Συνολικά: 47636	Συνολικά: 60800	736.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 13.99 W/m² = 2.11 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 52.60 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.9 Αμφιθέατρο



Ύψος χώρου: 6.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 6.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:199

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	572	296	726	0.518
Δάπεδο	20	124	0.83	578	0.007
Οροφή	70	140	100	205	0.714
Τοίχοι (4)	50	216	5.22	2175	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.850 m
Κάνναβος: 128 x 128 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

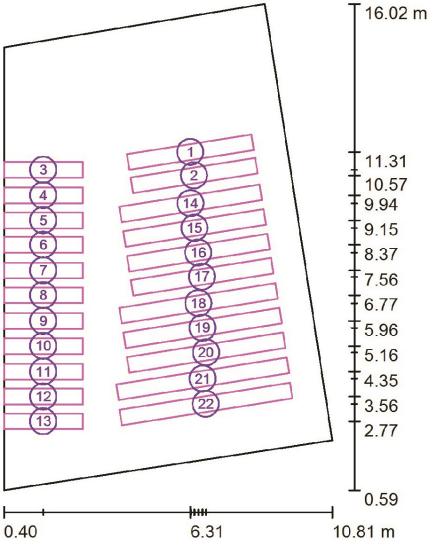
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.410, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.244.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	39	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	116114	Συνολικά: 148200	1794.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 13.60 W/m² = 2.38 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 131.90 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Κλίμακα 1 : 176

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	655	554	702	0.845	0.789
2	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	681	573	729	0.842	0.786
3	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	520	429	610	0.825	0.703
4	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	537	433	633	0.806	0.685
5	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	542	438	637	0.808	0.688
6	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	553	453	652	0.819	0.694
7	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	568	457	670	0.804	0.682
8	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	564	459	662	0.815	0.694
9	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	583	457	694	0.784	0.658

12. Πρόταση για το φωτισμό

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

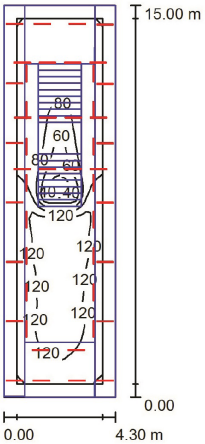
Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	611	485	719	0.793	0.674
11	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	585	475	681	0.812	0.698
12	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	572	440	689	0.770	0.639
13	Επιφάνεια υπολογισμού 3	Κάθετα	8 x 2	570	442	686	0.776	0.645
14	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	692	578	739	0.835	0.782
15	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	712	591	763	0.829	0.774
16	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	725	598	779	0.824	0.767
17	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	717	594	770	0.828	0.771
18	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	742	605	798	0.816	0.759
19	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	757	615	815	0.812	0.755
20	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	726	597	777	0.823	0.769
21	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	742	607	792	0.818	0.766
22	Επιφάνεια υπολογισμού 2	Κάθετα	16 x 2	726	588	786	0.810	0.748

Περίληψη των αποτελεσμάτων

Τύπος	Αριθμός	Μέσος όρος [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Κάθετα	22	665	429	815	0.65	0.53

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.10 Σκάλα



Ύψος χώρου: 6.000 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80 Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:193

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	101	29	128	0.291
Δάπεδο	20	96	31	125	0.324
Οροφή	70	21	8.00	38	0.376
Τοίχοι (4)	50	59	9.95	424	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.150 m
Κάνναβος: 16 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

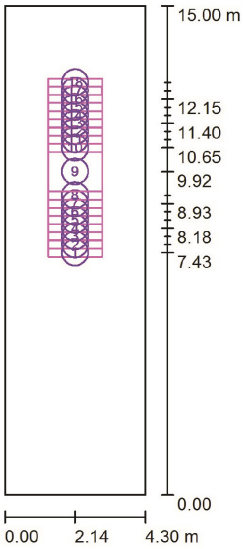
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.571, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.210.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	48	WHITECROFT CNSL4K600 CONCERT STARLINE (1.000)	404	400	7.0
			Συνολικά: 19394	Συνολικά: 19200	336.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 5.21 W/m² = 5.14 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 64.50 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Κλίμακα 1 : 171

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	114	112	117	0.978	0.959
2	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	132	130	134	0.983	0.969
3	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	138	135	141	0.976	0.954
4	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	143	139	147	0.972	0.946
5	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	148	143	153	0.967	0.935
6	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	154	150	159	0.972	0.944
7	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	162	157	166	0.971	0.944
8	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	172	168	175	0.978	0.957
9	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 16	188	169	199	0.903	0.850

12. Πρόταση για το φωτισμό

Κατάλογος επιφανειών υπολογισμού

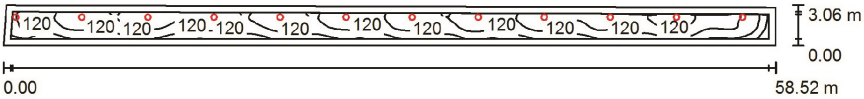
Αρ.	Ονομασία	Τύπος	Κάνναβος	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	181	172	192	0.948	0.897
11	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	189	175	207	0.927	0.843
12	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	179	156	213	0.869	0.732
13	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	173	146	218	0.846	0.671
14	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	158	132	203	0.839	0.653
15	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	148	126	195	0.856	0.649
16	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	16 x 4	133	114	189	0.861	0.604
17	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	101	100	102	0.990	0.977
18	Επιφάνεια υπολογισμού 1	Κάθετα	8 x 2	101	98	103	0.971	0.949

Περίληψη των αποτελεσμάτων

Τύπος	Αριθμός	Μέσος όρος [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Κάθετα	18	157	98	218	0.62	0.45

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.11 Διάδρομος



Ύψος χώρου: 5.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 4.500 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:419

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	117	82	127	0.702
Δάπεδο	20	111	72	123	0.645
Οροφή	70	33	25	51	0.771
Τοίχοι (4)	50	80	24	674	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.150 m
Κάνναβος: 128 x 16 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

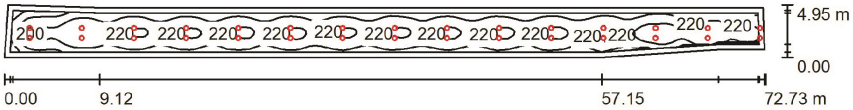
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.686, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.282.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	12	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.34.02.C.00.226.10.XX SILVA GLASS 2 2x26W (1.000)	4261	7000	66.0
			Συνολικά: 51136	Συνολικά: 84000	792.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 4.57 W/m² = 3.90 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 173.25 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Ύψος χώρου: 5.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 4.500 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:520

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	208	142	239	0.680
Δάπεδο	20	197	133	227	0.674
Οροφή	70	47	37	100	0.790
Τοίχοι (7)	50	117	34	2824	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.150 m
Κάνναβος: 128 x 16 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

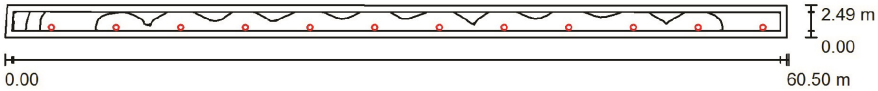
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.558, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.225.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	30	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.34.02.C.00.226.10.XX SILVA GLASS 2 2x26W (1.000)	4261	7000	66.0
			Συνολικά: 127840	Συνολικά: 210000	1980.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 5.92 W/m² = 2.84 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 334.43 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό



Ύψος χώρου: 5.000 m, Ύψος συναρμολόγησης: 4.500 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:433

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	120	60	130	0.499
Δάπεδο	20	113	54	125	0.482
Οροφή	70	34	19	41	0.550
Τοίχοι (4)	50	82	20	615	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.150 m
Κάνναβος: 128 x 8 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.699, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.284.

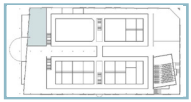
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

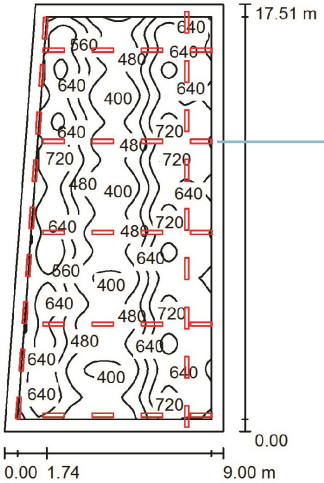
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	12	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.34.02.C.00.226.10.XX SILVA GLASS 2 2x26W (1.000)	4261	7000	66.0
		Συνολικά:	51136	Συνολικά: 84000	792.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 5.32 W/m² = 4.43 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 148.83 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.12 Πατάρι Μεταπτυχιακού





Στο πατάρι του μεταπτυχιακού προτείνεται προσθήκη μιας δοκού που να στηρίζει μία σειρά από φωτιστικά για την επίτευξη της απαραίτητης ομοιομορφίας στον χώρο

Ύψος χώρου: 3.200 m, Ύψος συναρμολόγησης: 3.200 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:225

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	581	373	759	0.643
Δάπεδο	20	535	327	673	0.612
Οροφή	70	119	92	170	0.773
Τοίχοι (4)	50	275	106	912	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 128 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.481, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.205.

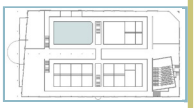
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

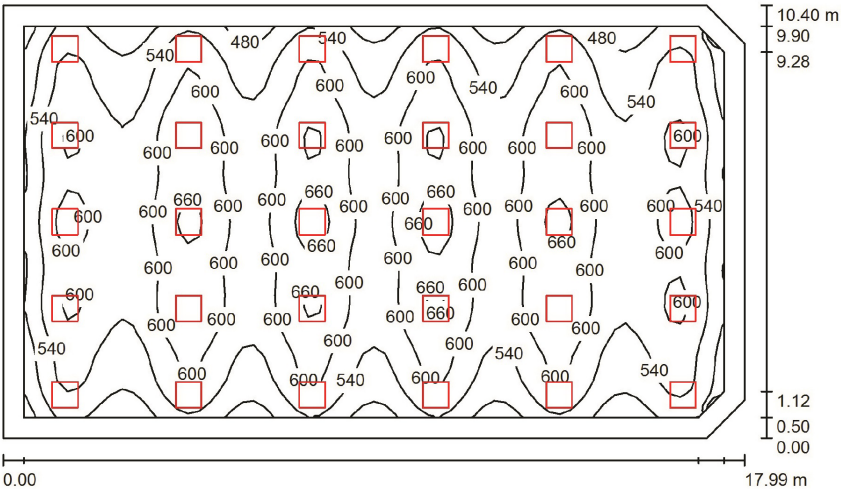
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	38	BRIGHTSPECIALLIGHTING 1.67.C2.0.00.F21.00.XX NOTUS 2 CROSS 2x21W (1.000)	2977	3800	46.0
		Συνολικά:	113136	Συνολικά: 144400	1748.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 11.94 W/m² = 2.06 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 146.43 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.13 Αίθουσα Ε





Ύψος χώρου: 2.800 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.800 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:134

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	574	392	689	0.684
Δάπεδο	20	509	277	610	0.544
Οροφή	70	117	98	158	0.840
Τοίχοι (6)	50	296	113	496	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 64 x 32 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.513, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.204.

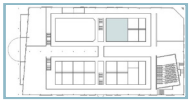
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

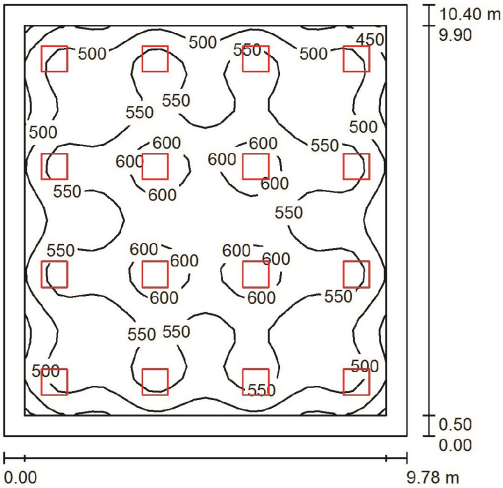
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	30	LUXXLICHTTECHNIK 300118 LED Ceiling panel 620x620mm - 3200K - VDE certified (1.000)	4395	4395	51.0
			Συνολικά: 131847	Συνολικά: 131850	1530.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 8.21 W/m² = 1.43 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 186.34 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.14 Αίθουσα Z





Ύψος χώρου: 2.800 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.800 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:134

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	538	394	642	0.733
Δάπεδο	20	459	262	556	0.570
Οροφή	70	108	85	121	0.790
Τοίχοι (4)	50	268	102	388	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.800 m
Κάνναβος: 32 x 32 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.496, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.200.

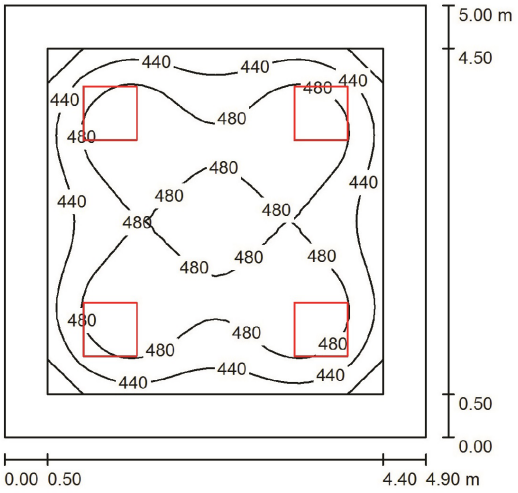
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	16	LUXXLICHTTECHNIK 300118 LED Ceiling panel 620x620mm - 3200K - VDE certified (1.000)	4395	4395	51.0
			Συνολικά: 70318	Συνολικά: 70320	816.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 8.02 W/m² = 1.49 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 101.78 m²)

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.15 Γραφείο



Ύψος χώρου: 2.800 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.800 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:65

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	468	363	517	0.775
Δάπεδο	20	346	230	414	0.665
Οροφή	70	98	71	109	0.722
Τοίχοι (4)	50	236	84	366	/

Επίπεδο εργασίας:

		UGR	Κατά μήκος-	Εγκάρσια	προς τον άξονα φωτιστικών
Ύψος:	0.800 m	Αριστερός τοίχος	20	20	
Κάνναβος:	32 x 32 Σημεία	Κάτω τοίχος	20	20	
Περιφερική ζώνη:	0.500 m	(CIE, SHR = 1.00.)			

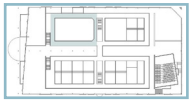
Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.524, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.210.

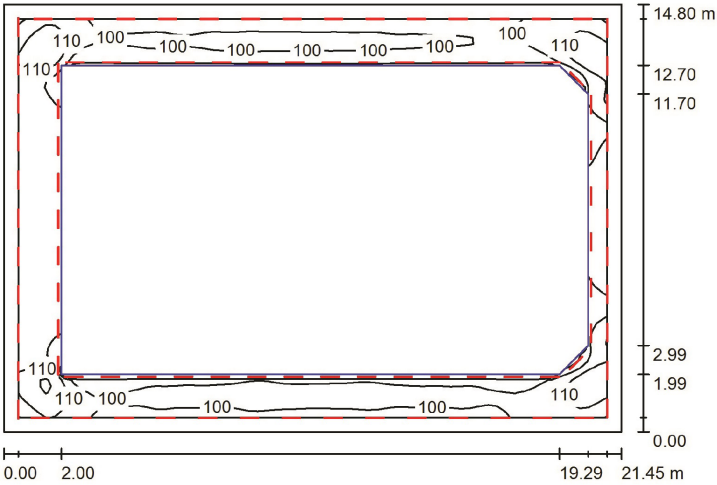
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	4	LUXXLICHTTECHNIK 300118 LED Ceiling panel 620x620mm - 3200K - VDE certified (1.000)	4395	4395	51.0
		Συνολικά:	17580	Συνολικά: 17580	204.0

12. Πρόταση για το φωτισμό

12.16 Διάδρομος ορόφου





Ύψος χώρου: 2.900 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80 Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:191

Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	102	83	126	0.812
Δάπεδο	20	37	0.00	121	0.000
Οροφή	70	17	0.81	143	0.048
Τοίχοι (4)	50	77	39	185	/

Επίπεδο εργασίας:

Ύψος: 0.150 m
Κάνναβος: 64 x 64 Σημεία
Περιφερική ζώνη: 0.500 m

Δείκτης έντασης φωτισμού (σύμφωνα με το LG7): Τοίχοι / επίπεδο εργασίας: 0.768, Οροφή / επίπεδο εργασίας: 0.167.

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	95	WHITECROFT CNSL4K600 CONCERT STARLINE (1.000)	404	400	7.0
			Συνολικά: 38384	Συνολικά: 38000	665.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 2.10 W/m² = 2.05 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια: 317.40 m²)

Πρόταση για φωτιστικά διαδρόμου

Εικ. 87, Πρόταση για φωτιστικά διαδρόμου

13. Πρόταση για το κέλυφος

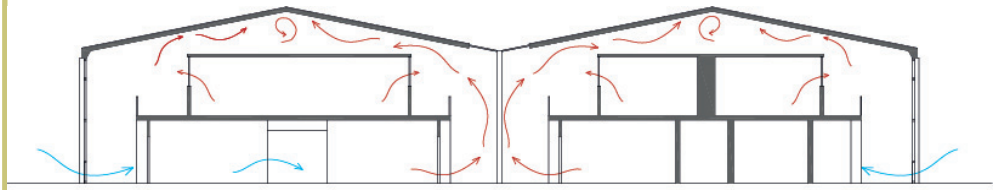
13.1 Υπάρχουσα κατάσταση αερισμού

Αν και γυάλινο κτίριο με πολλά ανοίγματα, λιγοστά μένουν ανοιχτά τους θερινούς μήνες με αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας, ιδιαίτερα στις αίθουσες του ορόφου. Για τον αερισμό ενός κτιρίου επαρκώς χρειάζονται ανοίγματα της τάξης του **5%** του πατώματος. Στην περίπτωσή μας, έχοντας **2870m²**, χρειάζονται **143,5m²**. Αυτή τη στιγμή τα ανοίγματα καταλαμβάνουν **125m²**. Εκτός του γεγονότος ότι είναι ανεπαρκή, τα περισσότερα στο επίπεδο του ισογείου ανοίγουν σπάνια και κατα συνέπεια ανοιχτά είναι μόνο τα πιο ψηλά παράθυρα που και αυτά είναι σε μικρή ανάκλιση εξωτερικά του κτιρίου. Λαμβάνοντας υπ'όψιν την κίνηση του αέρα, δηλαδή ότι ο κρύος αέρας είναι χαμηλά και καθώς ζεσταίνεται ανεβαίνει.
Η οροφή του κτιρίου είναι δύο δίριχτες στέγες χωρίς κάποιο άνοιγμα, άρα ο ζεστός αέρας εγκλωβίζεται εκεί.

Εξωτερικά ανοίγματα

Εικ. 88, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

Υπάρχουσα κατάσταση αερισμού



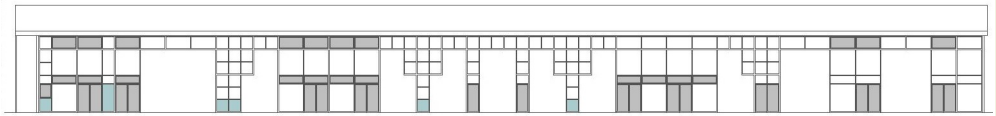
Εικ. 89, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

13. Πρόταση για το κέλυφος

13.2 Πρόταση αερισμού

Όπως προαναφέραμε, ο κρύος αέρας έχει μεγαλύτερο βάρος, όσο ζεσταίνεται ανεβαίνει σε ύψος, άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα προτιμώμενα ανοίγματα είναι στη στάθμη του δαπέδου του ισογείου ώστε να έχουμε την βέλτιστη εισροή κρύου αέρα. Μετατρέποντας πολλά από τα ήδη υπάρχοντα υαλοστάσια σε ανοιγόμενα εξασφαλίζουμε μεγαλύτερο αριθμό τετραγωνικών από τον απαιτούμενο.Η πρόταση αφορά τα ανοίγματα στις δύο μεγάλες πλευρές του κτιρίου.

Πρόταση για ανοίγματα δυτικής όψης. Όπου γκρι είναι τα υπάρχοντα ανοίγματα και όπου γαλάζιο τα προτεινόμενα



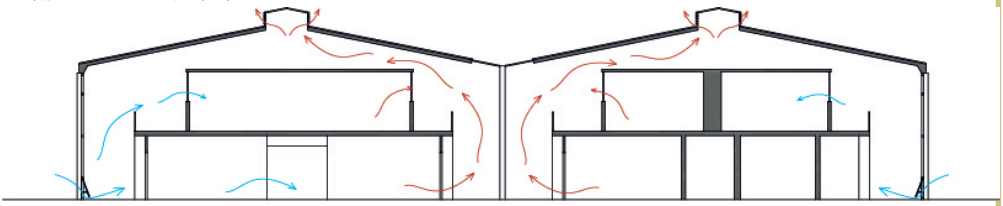
Εικ. 90, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

Πρόταση για ανοίγματα Βόρειας όψης. Όπου γκρι είναι τα υπάρχοντα ανοίγματα και όπου γαλάζιο τα προτεινόμενα

Εικ. 91, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

Μπαίνοντας στο κτίριο ο αέρας θερμαίνεται και κινείται προς τα πάνω. Με την προσθήκη ανοίγματος με περσίδες στην οροφή (γνωστό και ως ηλιακή καμινάδα) διοχετεύεται στο περιβάλλον ο θερμός αέρας και δημιουργείται ρεύμα αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι πετυχαίνονται περισσότερες αλλαγές αέρα στο ίδιο χρονικό διάστημα και η θερμοκρασία μειώνεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα νέα ανοίγματα στο ισόγειο έχουν επιφάνεια 39.4m^2 και τα ανοίγματα της οροφής 116.8m^2, σύνολο **156.2 m^2 νέων ανοιγμάτων** (με ανάγκη για 143.5m^2). Αυτό σημαίνει πως τα υπάρχοντα ανοίγματα δεν είναι απαραίτητα για τον αερισμό του κτιρίου αλλά μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται (το σύνολο όλων των ανοιγμάτων είναι 281.2 m^2).

Υπάρχουσα κατάσταση αερισμού



Εικ. 92, Πηγή:Προσωπικό Αρχείο

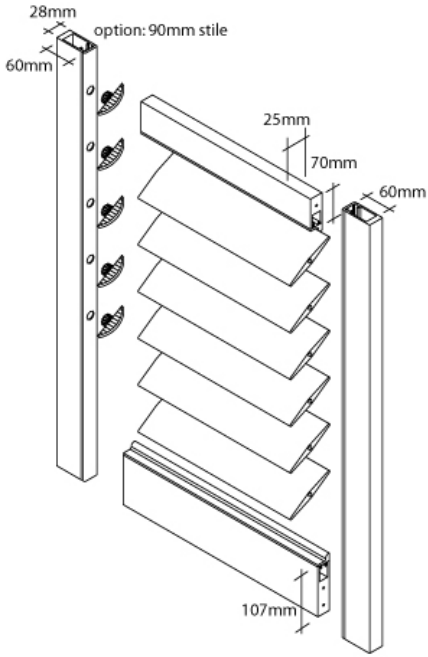
13. Πρόταση για το κέλυφος

Τι γίνεται όμως αν η θερμοκρασία στο εσωτερικό είναι μέσα στα όρια της θερμικής άνεσης; Οι περσίδες και τα ανοίγματα κλείνουν και αυτόματα ο αέρας εγκλωβίζεται στο κτίριο, όσο έχει κατάλληλη θερμοκρασία. Για την ακρίβεια τα ανόιγματα ισογείου και οροφής ελέγχονται από ένα σ΄συστημα το οποίο ελέγχει την θερμοκρασία εντός και εκτός του κτιρίου. Μόλις η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου ξεπεράσει τους 26 ^{o}C, με την προυπόθεση πως η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη, ανοίγουν τα ανοίγματα και μέσω του φυσικού αερισμού η θερμοκρασία εντός του κτιρίου μειώνεται. Ακόμα και άν η θερμοκρασία δεν μειωθεί δραστικά, η αίσθηση που δημιουργεί το ρεύμα αέρα κάνει τον χρήστη να αισθάνεται θερμικά άνετα.

Τα ανοίγματα στο ισόγειο μπορούν να είναι τριών τύπων: είτε ανακλινόμενα προς το εσωτερικό του κτιρίου με την κάτω πλευρά σταθερή (hopper window), είτε διπλής κρέμασης (double hung) είτε με περσίδες (glass shutters http://www.shuttersrus.com.au/) που κλείνουν αεροστεγώς, όπως τα ανοίγματα στην οροφή. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί συνδιασμός αυτών. Η προσωπική μου προτίμηση είναι οι γυάλινες περσίδες καθώς επιτρέπουν καλύτερη εισρροή αέρα και έχουν καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα αλλά έχουν υψηλότερη τιμή.

Glass shutters

Εικ. 93, Πηγή: http://xgha.net/



Εικ. 94, Πηγή: http://www.shuttersrus.com.au/

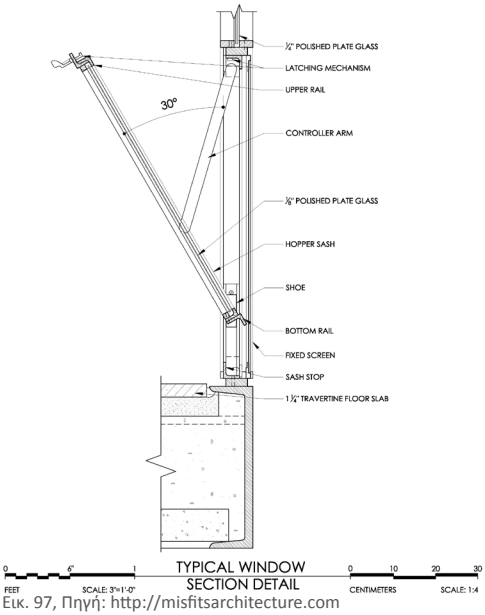
13. Πρόταση για το κέλυφος

Hopper window

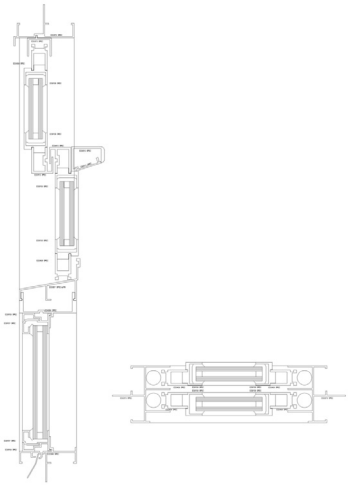
Εικ. 95, Πηγή: http://www.armorexteriorsinc.com

Double hung window

Εικ. 96, Πηγή: http://www.armacladwindows.com/



Εικ. 97, Πηγή: http://misfitsarchitecture.com



Εικ. 98, Πηγή:http://www.capral.com.au/

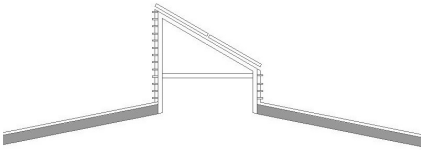
13. Πρόταση για το κέλυφος

13.3 Πρόταση για φωτοβολταϊκά

Στα ανοίγματα της οροφής προτείνεται να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πανέλα σε νοτιοανατολικό προσανατολισμό και σε γωνία 30°. Αυτό βοηθάει και την τελική μορφή του ανοίγματος καθώς η μεγάλη του πλευρά ειναι σε βοριοδυτικό προσανατολισμό και οι επικρατέστεροι άνεμοι στην πόλη είναι ανατολικοί, οπότε το άνοιγμα είναι προστατευμένο.
Σύνολο τοποθετούνται 72 φωτοβολταϊκά με ισχύ 235W το καθένα άρα σύνολο 16920W ή 16.92 kW. Το μοντέλο είναι το Bosch c-Si M 60 235W.
Από το πρόγραμμα PVGIS υπολογίζεται πως για την συγκεκριμένη τοποθεσία, με 30° κλίση, συνολικά τα φωτοβολταϊκά παράγουν 24200 kWh ετησίως.

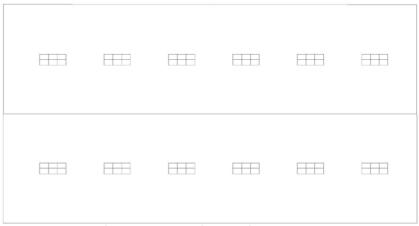
Επίσης με τα προτεινόμενα ανοίγματα στην οροφή το κτίρο δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος της περιοχής που είναι 16.5m[14]. Βλέπε παράρτημα IV, πίνακα 15.7, σελίδα 132.

Τομή ανοίγματος στέγης



Εικ. 99, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Κάτοψη στέγης



Εικ. 100, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 39°21'35" North, 22°55'50" East, Elevation: 1 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 17.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.9% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.5%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 24.5%

	Fixed system: inclination=30 deg., orientation=-23 deg.			
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	40.40	1250	2.92	90.5
Feb	51.70	1450	3.81	107
Mar	65.10	2020	4.90	152
Apr	76.80	2300	5.91	177
May	83.40	2590	6.63	205
Jun	89.30	2680	7.27	218
Jul	91.50	2840	7.48	232
Aug	89.00	2760	7.26	225
Sep	72.30	2170	5.75	172
Oct	55.50	1720	4.29	133
Nov	42.10	1260	3.14	94.1
Dec	37.30	1160	2.72	84.4
Year	66.30	2020	5.18	158
Total for year		24200		1890

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

Disclaimer:

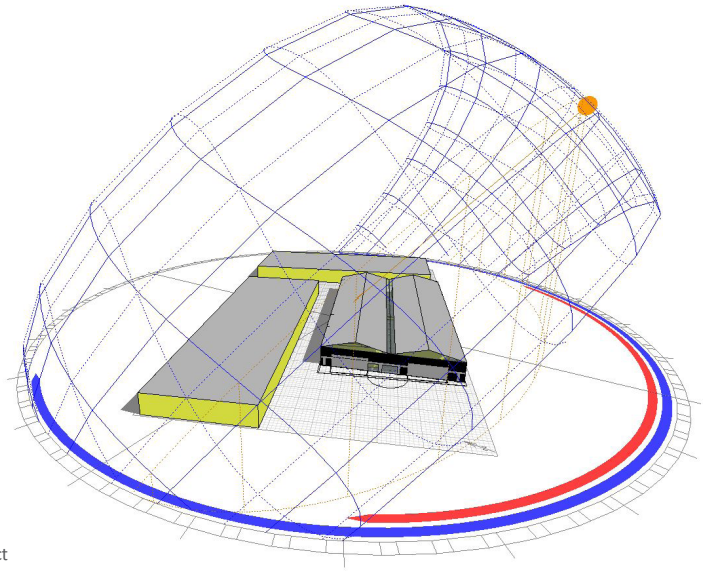
The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.
This information is:
- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).
Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Εικ. 101, Πηγή:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

Οι νέες τιμές για την κατανάλωση χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, που είναι το Ecotect της Autodesk. Το κτίριο συνολικά θεωρήθηκε ως μία ενιαία ζώνη εφόσον οι πόρτες των αιθουσών είναι σχεδόν πάντα ανοιχτές με αποτέλεσμα την συνεχή αλληλεπίδραση με το υπόλοιπο κτίριο. Οι ρυθμίσεις έγιναν με βάση την κατανάλωση συνολικά των ηλεκτρικών συσκευών, το αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στον χώρο ανάλογα την ημέρα και ώρα και τον ρουχισμό τους, την ύπαρξη ή όχι θέρμανσης και ψύξης και τις αλλαγές του αέρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην συνέχεια.

Κατά το ΤΟΤΕΕ η θερμοκρασία που χρειάζεται ένας χώρος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για την επίτευξη θερμικής άνεσης είναι 20 ^{o}C το χειμώνα και 26 ^{o}C το καλοκαίρι.
Όσον αφορά το κέλυφος του κτιρίου της Αρχιτεκτονικής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το αίσθημα δυσφορίας καθώς η θερμοκρασία μεταβάλλεται πολύ γρήγορα σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία και ,ειδικά κατά τους θερινούς μήνες γίνεται αισθητό, δεν αερίζεται επαρκώς. με πολύ μεγάλη επιφάνεια από υαλοστάσια (τα οποία στις δύο μεγάλες πλευρές του κτιρίου είναι διπλά, ενώ στις μικρές μονά) κάνουν το κτίριο ‘’νευρικό’’ στις αλλαγές θερμοκρασίας. Συνεπώς πρέπει να μειώσουμε την αλληλεπίδραση του κτιρίου με το περιβάλλον. Αυτό θα επιτευχθεί αλλάζοντας τα υαλοστάσια με χαμηλής εκπομπής (low-e) με χαμηλότερο Uvalue (από 3,6 σε 3 W/m^{2}K)

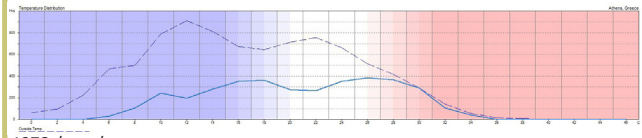


Εικ. 102, Πηγή: ecotect

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.1 Υπάρχον κτίριο

Ετήσια κατανομή θερμοκρασιών



1278 ώρες άνεσης

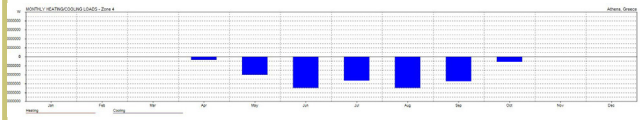
Στο υπάρχον κτίριο η εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού είναι 14.83 W/m^2 . Τα υαλοστάσια στις μεγάλες πλευρές είναι διπλά, σε μεταλλικό πλαίσιο, με Uvalue: 3.6 W/m^{2}K και στις μικρές μονά με Uvalue: 6 W/m^{2}K. Η δυτική όψη σκιάζεται από σύστημα οριζόντιων περσίδων με γωνία αποκοπής τις 25°. Στο μέσο της οροφής υπάρχει λωρίδα με υαλοστάσια σταθερά.

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Comfort Band: 20.0 - 26.0 C
In Comfort: 1278 Hrs (35.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	3	0.1%
6.0	29	0.8%
8.0	107	2.9%
10.0	243	6.7%
12.0	196	5.4%
14.0	279	7.6%
16.0	352	9.6%
18.0	362	9.9%
20.0	276	7.6%
22.0	267	7.3%
24.0	352	9.6%
26.0	383	10.5%
28.0	365	10.0%
30.0	291	8.0%
32.0	107	2.9%
34.0	41	1.1%
36.0	1	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1278	35.0%

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 53.6 Kwh



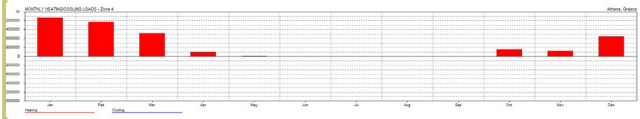
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 312767 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	3298592	3298592
May	0	19873852	19873852
Jun	0	35144816	35144816
Jul	0	26688272	26688272
Aug	0	34910244	34910244
Sep	0	27369668	27369668
Oct	0	5761840	5761840
Nov	0	129439	129439
Dec	0	0	0
TOTAL	0	153176720	153176720
PER M^2	0	53617	53617
Floor Area:		2856.845 m2	

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 41.5 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

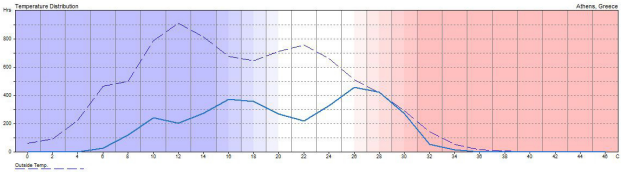
Max Heating: 330589 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	34519612	0	34519612
Feb	30672796	0	30672796
Mar	20705542	0	20705542
Apr	3694303	0	3694303
May	255076	0	255076
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	6186339	0	6186339
Nov	5015188	0	5015188
Dec	17653070	0	17653070
TOTAL	118701936	0	118701936
PER M^2	41550	0	41550
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.2 Πρόταση για αλλαγή συστήματος φωτισμού και υαλοστασίων σε χαμηλής εκπομπής με διπλό τζάμι και Uvalue=3.00

Ετήσια κατανομή θερμοκρασιών



1275 ώρες άνεσης

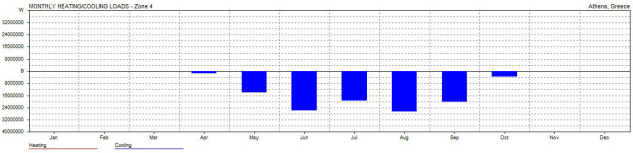
ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00
Comfort Band: 20.0 - 26.0 C
In Comfort: 1275 Hrs (34.9%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	2	0.1%
6.0	29	0.8%
8.0	119	3.3%
10.0	244	6.7%
12.0	205	5.6%
14.0	274	7.5%
16.0	374	10.2%
18.0	358	9.8%
20.0	271	7.4%
22.0	219	6.0%
24.0	329	9.0%
26.0	456	12.5%
28.0	425	11.6%
30.0	274	7.5%
32.0	57	1.6%
34.0	18	0.5%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1275	34.9%

Στη πρόταση 14.2 τροποποιείται η εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού που είναι 7.92 W/m^2 και τα υαλοστάσια σε όλες τις πλευρές που είναι διπλά, χαμηλής εμπομπής με Uvalue: 3.0 W/m^{2}K.

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 38.7 Kwh



Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

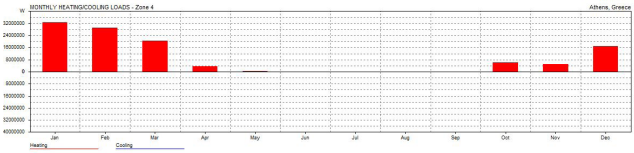
Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 242096 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	1511690	1511690
May	0	14033606	14033606
Jun	0	25661980	25661980
Jul	0	19519812	19519812
Aug	0	26375130	26375130
Sep	0	20101618	20101618
Oct	0	3445308	3445308
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	110649136	110649136
PER M*	0	38731	38731

Floor Area: 2856.845 m2

Εξοικονόμηση 28%

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 39.9 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 292411 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

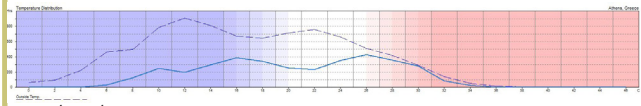
MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	32519222	0	32519222
Feb	29227144	0	29227144
Mar	20488594	0	20488594
Apr	3581016	0	3581016
May	220840	0	220840
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	6179894	0	6179894
Nov	4949490	0	4949490
Dec	16797156	0	16797156
TOTAL	113963360	0	113963360
PER M*	39891	0	39891

Floor Area: 2856.845 m2

Εξοικονόμηση 4%

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.3 Προσθέτουμε στη πρόταση 14.2, ανοίγματα στην οροφή



1270 ώρες άνεσης

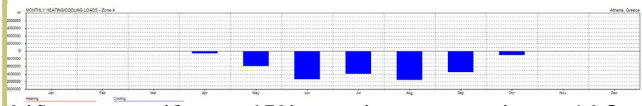
ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Comfort Band: 20.0 - 26.0 C
In Comfort: 1270 Hrs (34.8%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	3	0.1%
6.0	31	0.8%
8.0	127	3.5%
10.0	249	6.8%
12.0	196	5.4%
14.0	296	8.1%
16.0	388	10.6%
18.0	343	9.4%
20.0	254	7.0%
22.0	234	6.4%
24.0	352	9.6%
26.0	430	11.8%
28.0	357	9.8%
30.0	281	7.7%
32.0	84	2.3%
34.0	29	0.8%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1270	34.8%

Στη πρόταση 14.3 διατηρούνται όλες οι προσθήκες της προηγούμενης πρότασης και προστίθενται ανοίγματα στα ψηλότερα σημεία της στέγης.

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 44.6 Kwh



Αύξηση κατανάλωσης 15% σε σχέση με τη πρόταση 14.2

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

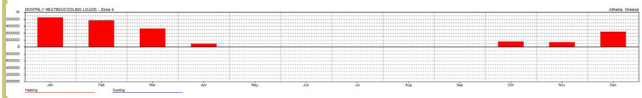
Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 283460 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	2269047	2269047
May	0	15493415	15493415
Jun	0	29303674	29303674
Jul	0	23695798	23695798
Aug	0	30366208	30366208
Sep	0	22176312	22176312
Oct	0	4095835	4095835
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	127400288	127400288
PER M²	0	44595	44595

Floor Area: 2856.845 m2

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 38.7 Kwh



Αύξηση κατανάλωσης κατά 3% σε σχέση με τη πρόταση 14.2

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

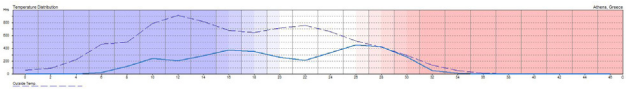
Max Heating: 287669 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	31776438	0	31776438
Feb	28493988	0	28493988
Mar	19952042	0	19952042
Apr	3234095	0	3234095
May	217099	0	217099
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	5981350	0	5981350
Nov	4662624	0	4662624
Dec	16373416	0	16373416
TOTAL	110691048	0	110691048
PER M²	38746	0	38746

Floor Area: 2856.845 m2

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.4 Στην πρόταση 14.3, αφαιρουμε τα υπάρχοντα ανοίγματα οροφής



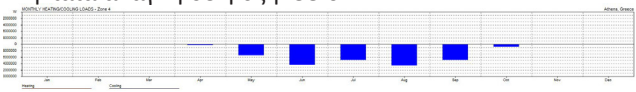
ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Comfort Band: 20.0 - 26.0 C
In Comfort: 1265 Hrs (34.6%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	2	0.1%
6.0	30	0.8%
8.0	122	3.3%
10.0	244	6.7%
12.0	206	5.6%
14.0	288	7.9%
16.0	379	10.4%
18.0	355	9.7%
20.0	264	7.2%
22.0	212	5.8%
24.0	336	9.2%
26.0	453	12.4%
28.0	425	11.6%
30.0	267	7.3%
32.0	55	1.5%
34.0	16	0.4%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1265	34.6%

Η τελική πρόταση 14.4 περιλαμβάνει όλες τις προηγούμενες αλλαγές και αφαιρούνται τα σταθερά υπάρχοντα υαλοστάσια της οροφής.

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 38.0 Kwh



Εξοικονόμηση επιπλέον 15% σε σχέση με τη πρόταση 14.3

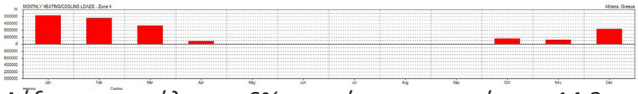
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 242946 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	1421813	1421813
May	0	13573942	13573942
Jun	0	25390914	25390914
Jul	0	19289284	19289284
Aug	0	26294720	26294720
Sep	0	19686322	19686322
Oct	0	3001167	3001167
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	108658160	108658160
PER M²	0	38034	38034
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 41.2 Kwh



Αύξηση κατανάλωσης 6% σε σχέση με τη πρόταση 14.3

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

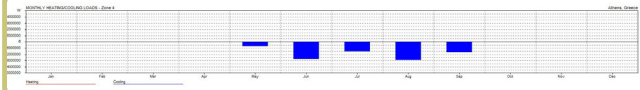
Max Heating: 297134 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	33633700	0	33633700
Feb	30310342	0	30310342
Mar	21430834	0	21430834
Apr	3786224	0	3786224
May	225076	0	225076
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	6531399	0	6531399
Nov	5242900	0	5242900
Dec	17473010	0	17473010
TOTAL	118633480	0	118633480
PER M²	41526	0	41526
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.5 Υπάρχον 0.7 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 20 Kwh



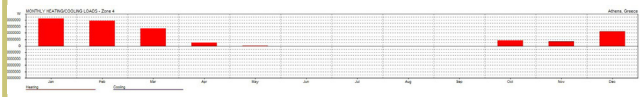
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 272427 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	4167103	4167103
Jun	0	16500333	16500333
Jul	0	9053154	9053154
Aug	0	17386620	17386620
Sep	0	9997810	9997810
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	57105016	57105016
PER M²	0	19989	19989
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 53.1 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

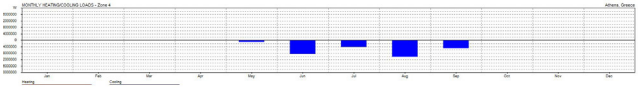
Max Heating: 380182 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	42554328	0	42554328
Feb	38630156	0	38630156
Mar	26982492	0	26982492
Apr	5196766	0	5196766
May	395240	0	395240
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	8437488	0	8437488
Nov	7023146	0	7023146
Dec	22478868	0	22478868
TOTAL	151698480	0	151698480
PER M²	53100	0	53100
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.6 Πρόταση 0.7 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 10 Kwh



Εξοικονόμηση 81% σε σχέση με το υπάρχον

Με ελεγχόμενο αερισμό του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες η κατανάλωση σε ψύξη μπορεί να μειωθεί μέχρι και 81% σε σχέση με την υπάρχουσα κατανάλωση.

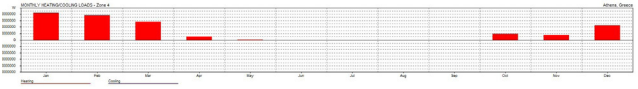
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 209881 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	991530	991530
Jun	0	8502986	8502986
Jul	0	4156512	4156512
Aug	0	10228700	10228700
Sep	0	4894408	4894408
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	28774136	28774136
PER M²	0	10072	10072
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 53.5 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

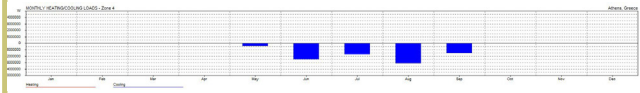
Max Heating: 346727 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	41839940	0	41839940
Feb	38456424	0	38456424
Mar	27938694	0	27938694
Apr	5419957	0	5419957
May	298332	0	298332
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	9066023	0	9066023
Nov	7455788	0	7455788
Dec	22531110	0	22531110
TOTAL	153006272	0	153006272
PER M²	53558	0	53558
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.7 Υπάρχον 1 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 19.5 Kwh



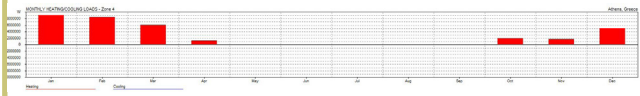
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 310430 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	2737360	2737360
Jun	0	14873961	14873961
Jul	0	10231229	10231229
Aug	0	18512974	18512974
Sep	0	9226371	9226371
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	55581892	55581892
PER M²	0	19456	19456
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 70.9 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

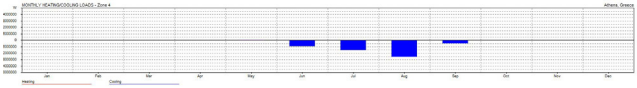
Max Heating: 454571 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	54747988	0	54747988
Feb	50773028	0	50773028
Mar	36629856	0	36629856
Apr	7476250	0	7476250
May	645175	0	645175
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	11974274	0	11974274
Nov	10419410	0	10419410
Dec	29978948	0	29978948
TOTAL	202644928	0	202644928
PER M²	70933	0	70933
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.8 Πρόταση 1 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 11.8 Kwh



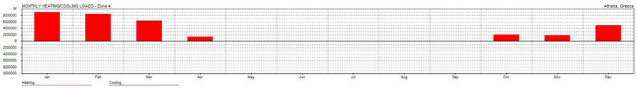
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 374562 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	310565	310565
Jun	0	5660579	5660579
Jul	0	9181244	9181244
Aug	0	15432885	15432885
Sep	0	3100082	3100082
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	33685356	33685356
PER M²	0	11791	11791
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 72.1 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

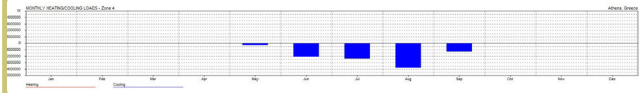
Max Heating: 421116 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	54242492	0	54242492
Feb	50731172	0	50731172
Mar	37871728	0	37871728
Apr	8174382	0	8174382
May	705702	0	705702
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	12885636	0	12885636
Nov	11235475	0	11235475
Dec	30246202	0	30246202
TOTAL	206092784	0	206092784
PER M²	72140	0	72140
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.9 Υπάρχον 2 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 20.6 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 437107 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	1746147	1746147
Jun	0	12532699	12532699
Jul	0	14194890	14194890
Aug	0	22554994	22554994
Sep	0	7726398	7726398
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	58755128	58755128
PER M²	0	20566	20566
Floor Area:	2856.845 m2		

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 133.1 Kwh

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

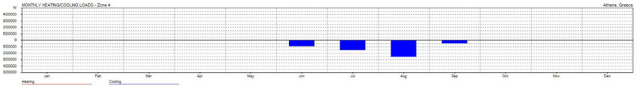
Max Heating: 702535 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	96091384	0	96091384
Feb	91655192	0	91655192
Mar	69649296	0	69649296
Apr	16483089	0	16483089
May	1830301	0	1830301
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	246059	0	246059
Oct	25374782	0	25374782
Nov	23134624	0	23134624
Dec	55706960	0	55706960
TOTAL	380171712	0	380171712
PER M²	133074	0	133074
Floor Area:	2856.845 m2		

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.10 Πρόταση 2 αερισμός

Μηνιαία ανάγκη σε ψύξη: 11.8 Kwh



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 0.0 C - No Heating.
Max Cooling: 374562 W at 12:00 on 1st August

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0	0
Feb	0	0	0
Mar	0	0	0
Apr	0	0	0
May	0	310565	310565
Jun	0	5660579	5660579
Jul	0	9181244	9181244
Aug	0	15432885	15432885
Sep	0	3100082	3100082
Oct	0	0	0
Nov	0	0	0
Dec	0	0	0
TOTAL	0	33685356	33685356
PER M²	0	11791	11791

Floor Area: 2856.845 m2

Μηνιαία ανάγκη σε θέρμανση: 135.2 Kwh

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

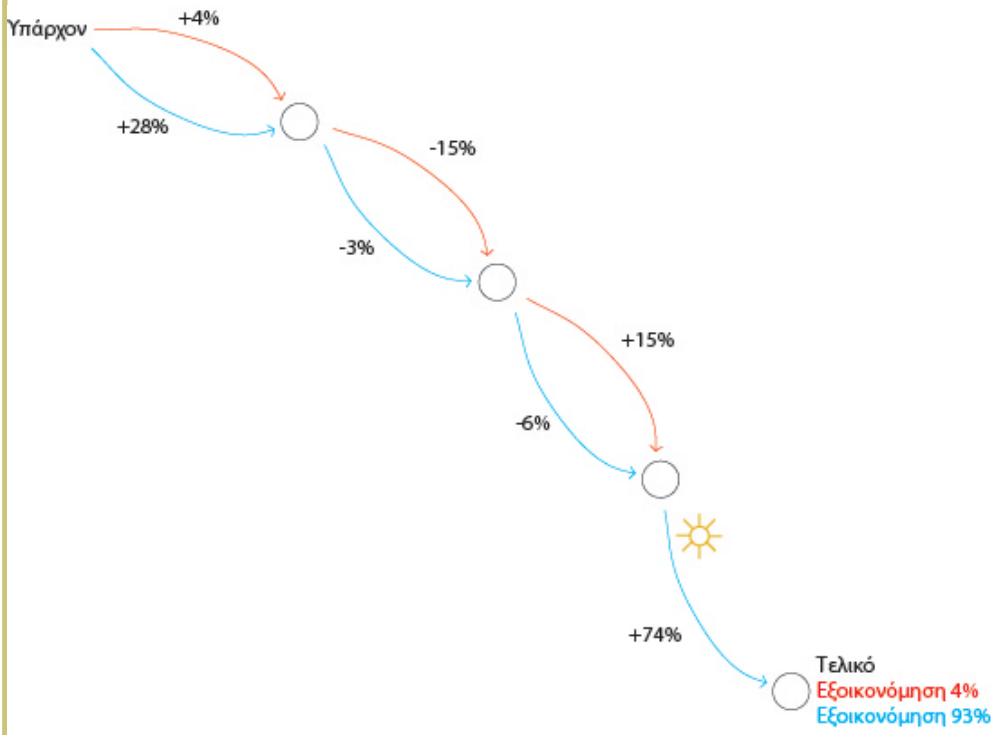
Zone: Zone 4
Operation: Weekdays 09-23, Weekends 00-00.
Thermostat Settings: 20.0 - 30.0 C

Max Heating: 669080 W at 23:00 on 23rd February
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	95754056	0	95754056
Feb	91815040	0	91815040
Mar	71724960	0	71724960
Apr	17832224	0	17832224
May	1862373	0	1862373
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	0	0	0
Oct	26428952	0	26428952
Nov	24670088	0	24670088
Dec	56228048	0	56228048
TOTAL	386315712	0	386315712
PER M²	135225	0	135225

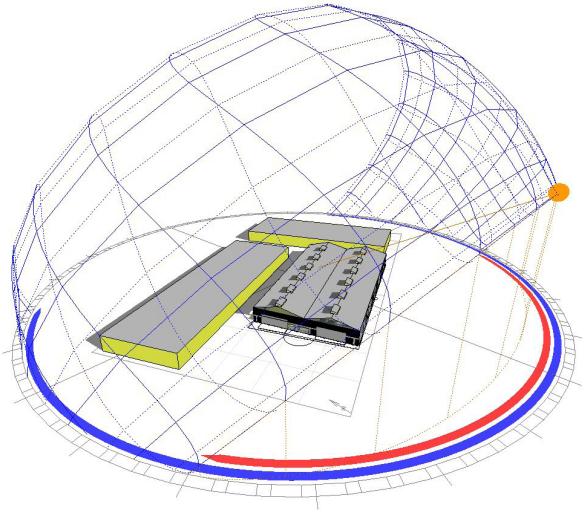
Floor Area: 2856.845 m2

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης



Εικ. 103, Πηγή: Προσωπικό αρχείο

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης



Εικ. 104, Πηγή: ecotect

14. Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

14.11 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή αναβάθμιση ενός υπάρχοντος κτιρίου είναι αρκετά απαιτητική καθώς από την αρχή υπάρχουν πολλοί περιορισμοί. Στην περίπτωση του κτιρίου της Αρχιτεκτονικής έγινε προσπάθεια μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου και παράλληλα την επίτευξη άνεσης για τους χρήστες.
Η πρώτη επέμβαση στο σύστημα φωτισμού κατάφερε να μειώσει στο μισό τις ανάγκες του κτιρίου για φωτισμό με πολύ καλύτερη απόδοση.
Όσον αφορά στη συνολική κατανάλωση του κτιρίου, ο σημαντικότερος παράγοντας εξοικονόμησης είναι η αλλαγή των υαλοστασίων , καθώς πάνω από το 50% του κελύφους του κτιρίου αποτελείται από υαλοστάσια.
Έγιναν δοκιμές για αύξηση του πάχους της μόνωσης στους τοίχους και στην οροφή με πολύ μικρή βελτίωση, οπότε απορρίφθηκαν καθώς το κόστος κατασκευής θα ήταν πολύ μεγαλύτερο χωρίς να υπάρχει υπολογίσιμη απόσβεση της προσθήκης.
Με την προσθήκη ανοιγμάτων στην οροφή η κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη αυξήθηκαν κατά πολύ. Ένας σημαντικός παράγοντας όμως είναι η αδυναμία του ecotect να υπολογίσει την συμπεριφορά του κτιρίου γενικώς συμπεριλαμβάνοντας τον παράγοντα του αερισμού και ειδικώς με την λειτουργία του νέου συστήματος αερισμού που μπορεί να δημιουργήσει ρεύμα αερισμού που συμβάλει στην αύξηση των επιπέδων θερμικής άνεσης, αντίστοιχα με 1-3°C χαμηλότερης θερμοκρασίας. Με αυτόν τον τρόπο καθυστερούν σημαντικά τη λειτουργία των μονάδων κλιματισμού με μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.
Οπότε συνολικά η τελική πρόταση περιλαμβάνει την αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού, την αντικατάσταση των υαλοστασίων με υαλοστάσια με μειωμένη θερμοπερατότητα, την προσθήκη νέων ανοιγμάτων οροφής για την αύξηση του φυσικού αερισμού και το κλείσιμο των ήδη υπαρχόντων ανοιγμάτων οροφής.
Έγιναν δοκιμές και με διάφορες αλλαγές αέρα. Το κτίριο είναι πολύ ευάλωτο στον αερισμό . Με 0.7 αλλαγές αέρα έχει τις χαμηλότερες καταναλώσεις για ψύξη, ακόμα και από τις 0.5 αλλαγές, με αυξημένη κατανάλωση στη θέρμανση ενώ με 1 και 2 αλλαγές αέρα οι καταναλώσεις τόσο της ψύξης όσο και της θέρμανσης αυξάνονται κατα πολύ.
Η πρόταση είναι κατα τους θερινούς μήνες, το κέλυφος της σχολής να ανοίγει με αποτέλεσμα την μέχρι και 81% μείωση του ψυκτικού φορτίου σε σχέση με το υπάρχον κτίριο και παράλληλα την δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες.

15. Παράρτημα I

15.1 Ανάλυση τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα ανα κλάδο, χρήση και καύσιμο.

M.O. 2001-05	GWh	Φ. Αέριο	LPG	Πετρέλαιο	Μαζουτ	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Ξενοδοχεία	Ψύξη Χώρων - Ηπειρωτικό	4	-	-	-	366	370
	Ψύξη Χώρων - Νησιά	-	-	-	-	330	330
	Θέρμανση Χώρων - Ηπειρωτικό	109	-	281	68	239	697
	Θέρμανση Χώρων - Νησιά	-	-	253	-	215	469
	Φωτισμός - Ηπειρωτικό	-	-	-	-	271	271
	Φωτισμός - Νησιά	-	-	-	-	244	244
	Άλλα Ηλεκτρικά - Ηπειρωτικό	-	-	-	-	525	525
	Άλλα Ηλεκτρικά - Νησιά	-	-	-	-	473	473
	Ζεστό Νερό Χρήσης - Ηπειρωτικό	14	-	70	-	111	195
	Ζεστό Νερό Χρήσης - Νησιά	-	-	63	-	100	164
	Μαγείρεμα	10	141	-	-	151	302
	Σύνολο	136	141	668	68	3,027	4,040
Ιδιωτικά Νοσοκομεία	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	77	77
	Θέρμανση Χώρων	37	-	98	38	-	173
	Φωτισμός	-	-	-	-	89	89
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	200	200
	Ζεστό Νερό Χρήσης	7	-	71	-	19	97
	Μαγείρεμα	2	24	-	-	-	26
	Σύνολο	46	24	170	38	385	663
Δημόσια Νοσοκομεία	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	137	137
	Θέρμανση Χώρων	62	-	142	65	-	269
	Φωτισμός	-	-	-	-	158	158
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	356	356
	Ζεστό Νερό Χρήσης	12	-	102	-	34	148
	Μαγείρεμα	4	36	-	-	-	40
	Σύνολο	78	36	244	65	685	1,108
Εμπορικός Τομέας	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	824	824
	Θέρμανση Χώρων	17	113	564	-	1,099	1,793
	Φωτισμός	-	-	-	-	824	824
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	2,198	2,198
	Ζεστό Νερό Χρήσης	2	-	63	-	550	614
	Σύνολο	19	113	627	-	5,496	6,254
Εκπαίδευση	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	54	54
	Θέρμανση Χώρων	4	0	255	-	36	295
	Φωτισμός	-	-	-	-	249	249
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	90	90
	Ζεστό Νερό Χρήσης	0	0	13	-	23	37
	Σύνολο	4	0	269	-	452	725

Πηγή: http://ec.europa.eu/

15. Παράρτημα I

Δημόσια Κτίρια Γραφείων	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	224	224
	Θέρμανση Χώρων	8	-	1,063	-	26	1,097
	Φωτισμός	-	-	-	-	369	369
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	685	685
	Ζεστό Νερό Χρήσης	0	-	11	-	13	24
Κτίρια Γραφείων	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	296	296
	Θέρμανση Χώρων	45	7	226	-	148	426
	Φωτισμός	-	-	-	-	415	415
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	593	593
	Ζεστό Νερό Χρήσης	1	-	5	-	30	35
	Σύνολο	46	7	231	-	1,482	1,766
Αθλητικά Κέντρα	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	88	88
	Θέρμανση Χώρων	9	12	32	-	-	53
	Φωτισμός	-	-	-	-	75	75
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	57	57
	Ζεστό Νερό Χρήσης	0	1	2	-	7	10
	Σύνολο	10	12	33	-	227	282
Αεροδρόμια	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	9	9
	Θέρμανση Χώρων	0	-	3	-	5	9
	Φωτισμός	-	-	-	-	12	12
	Άλλα Ηλεκτρικά	-	-	-	-	11	11
	Ζεστό Νερό Χρήσης	0	-	0	-	0	0
	Σύνολο	0	-	3	-	37	41
Άλλος Τριτογενής	Ψύξη Χώρων - Ηπειρωτικό	-	-	-	-	113	113
	Ψύξη Χώρων - Νησιά	-	-	-	-	20	20
	Θέρμανση Χώρων - Ηπειρωτικό	24	14	136	37	151	362
	Θέρμανση Χώρων - Νησιά	-	2	24	6	27	60
	Φωτισμός - Ηπειρωτικό	-	-	-	-	150	150
	Φωτισμός - Νησιά	-	-	-	-	26	26
	Άλλα Ηλεκτρικά - Ηπειρωτικό	-	-	-	-	302	302
	Άλλα Ηλεκτρικά - Νησιά	-	-	-	-	53	53
	Ζεστό Νερό Χρήσης - Ηπειρωτικό	0	-	-	-	38	39
	Ζεστό Νερό Χρήσης - Νησιά	-	-	-	-	7	7
	Σύνολο	25	17	160	43	888	1,132
Λοιπός Δημόσιος Τομέας	Ψύξη Χώρων	-	-	-	-	31	31

Πηγή: http://ec.europa.eu/

15. Παράρτημα Ι

15.2 Ώρες, ημέρες και περίοδοι λειτουργίας σε σχέση με τη κατηγορία και τη χρήση του χώρου.

Όλοι οι πίνακες του παραρτήματος Ι προέρχονται από την τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-1/2010

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	**Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών**	**Ώρες λειτουργίας**	**Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα**	**Περίοδος λειτουργίας σε μήνες**
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	18	7	12
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	24	7	12
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
	Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά	24	7	ανά χρήση
Συνάθροισης κοινού	Εστιατόριο	12	7	12
	Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	15	7	12
	Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	6	4	12
	Θέατρο, κινηματογράφος	7	7	12
	Χώρος συναυλιών	6	7	12
	Χώρος εκθέσεων, μουσείο	6	7	12
	Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	6	5	12
	Τράπεζα	8	5	12
	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	14	3	12
	Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	14	7	12
	Λουτρό (κοινόχρηστο)	14	7	12
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο	8	5	8 (Οκτ.-Μαΐ.)
	Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	8	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)
	Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	13	5	10
	Φροντιστήριο, ωδείο	7	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)

15. Παράρτημα I

Υγείας και κοινωνικής πρόνοια	Νοσοκομείο, κλινική	24	7	12
	Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	12	7	12
	Χειρουργείο (τακτικό)	8	5	12
	Εξωτερικών ιατρείων	8	5	12
	Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	12	5	12
	Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	24	7	12
	Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	8	5	11
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	24	7	12
	Αστυνομική διεύθυνση	24	7	12
Εμπορίου	Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	12	6	12
	Κατάστημα, φαρμακείο	9	6	12
	Ινστιτούτο γυμναστικής, κουρείο, κομμωτήριο	12	6	12
Γραφείων	Γραφείο	10	5	12
	Βιβλιοθήκη	6	5	12
Βιομηχανίας & βιοτεχνίας	Συνεργείο συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφείο, ξυλουργείο	12	6	12
	Παρασκευαστήριο τροφίμων	12	6	12
	Καθαριστήριο, σιδερωτήριο, οργανωμένο πλυντήριο ενδυμάτων	12	6	12
	Αυτοτελές κέντρο μηχανογράφησης	24	7	12
Αποθήκευσης	Γενική αποθήκη, αποθήκη καταστήματος, αποθήκη μουσείου	24	7	12
Στάθμευσης & πρατηρίων καυσίμων	Χώρος στάθμευσης, πρατήριο υγρών καυσίμων, πλυντήριο αυτοκινήτων	14	6	12

15. Παράρτημα I

15.3 Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών και ανάγκη για νωπό αέρα ανά χρήση κτιρίου

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m^2 επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m^3/h/άτομο]	Νωπός αέρας [m^3/h/m^2]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	15	30	4,50
θερινής λειτουργίας	15	30	4,50
χειμερινής λειτουργίας	15	30	4,50
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	15	30	4,50
θερινής λειτουργίας	15	30	4,50
χειμερινής λειτουργίας	15	30	4,50
Οικοτροφείο και κοιτώνας	10	15	1,50
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	8	15	1,20
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά	30	30	9,00
Εστιατόριο	80	70	56,00
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	80	70	56,00
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	70	70,00
Θέατρο, κινηματογράφος	100	30	30,00
Χώρος συναυλιών	100	22	22,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	80	22	17,60
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	30	33,00
Τράπεζα	40	30	12,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Λουτρό (κοινόχρηστο)	10	60	6,00
Νηπιαγωγείο	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	50	22	11,00
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	50	22	11,00
Φροντιστήριο, ωδείο	55	22	12,10

15. Παράρτημα Ι

Νοσοκομείο, κλινική	30	70	21,00
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	35	7,70
Χειρουργείο (τακτικό)	20	80	0,25
Εξωτερικών ιατρείων	10	45	4,50
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	15	50	7,50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	5	15	0,75
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	25	45	11,25
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	22	4,40
Αστυνομική διεύθυνση	10	30	3,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	14	22	3,08
Κατάστημα, φαρμακείο,	14	22	3,08
Ινστιτούτο γυμναστικής, κουρείο, κομμωτήριο	15	30	4,50

15. Παράρτημα I

15.4 Στάθμη φωτισμού, ισχύς και επίπεδο αναφοράς μέτρησης σε σχέση με τη χρήση του κτιρίου.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m^2]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	3,6	0,8
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	5,5	0,8
θερινής λειτουργίας	300	5,5	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	5,5	0,8
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	5,5	0,8
θερινής λειτουργίας	300	5,5	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	5,5	0,8
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	5,5	0,8
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	4,5	0,8
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά	100	1,8	0,5
Εστιατόριο	200	3,6	0,8
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	4,5	0,8
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	1,8	0,8
Θέατρο, κινηματογράφος	100	1,8	0,8
Χώρος συναυλιών	100	1,8	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	3,6	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	9,1	0,8
Τράπεζα	500	9,1	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	5,5	0,8
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	5,5	0,5
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	3,6	0,5
Νηπιαγωγείο	300	5,5	0,8
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	5,5	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	9,1	0,8
Φροντιστήριο, ωδείο	500	9,1	0,8

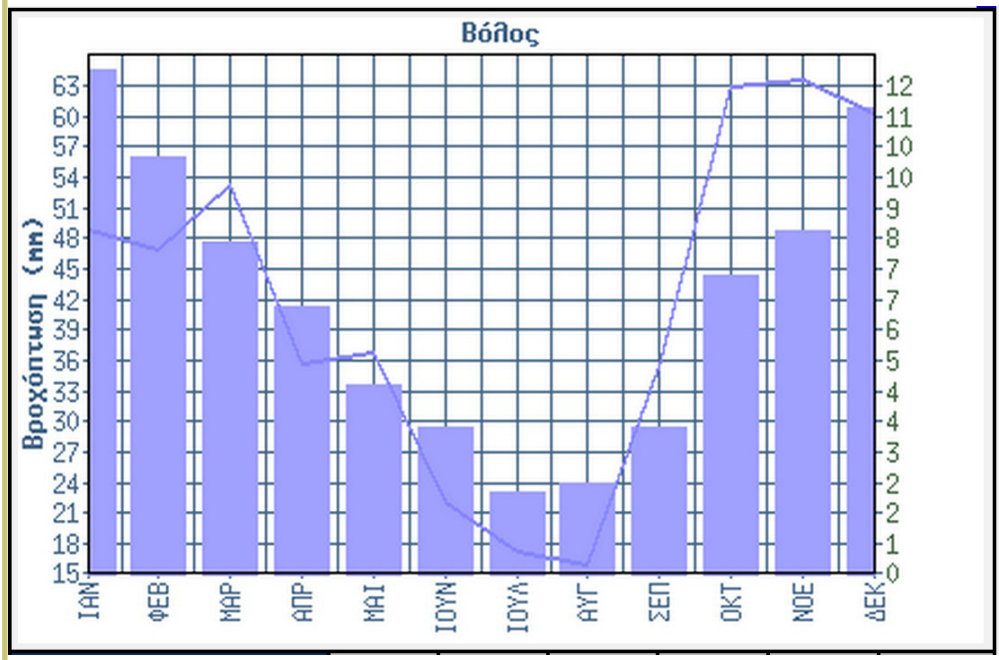
15. Παράρτημα Ι

Νοσοκομείο, κλινική	300	5,5	0,8
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	1,8	0,8
Χειρουργείο (τακτικό)	1000	18,2	0,8
Εξωτερικών ιατρείων	500	9,1	0,8
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	9,1	0,8
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	5,5	0,8
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	5,5	0,8
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	5,5	0,8
Αστυνομική διεύθυνση	500	9,1	0,8
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	5,5	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	9,1	0,8
Ινστιτούτο γυμναστικής, κουρείο, κομμωτήριο	400	7,3	0,8
Γραφείο	500	9,1	0,8
Βιβλιοθήκη	500	9,1	0,8
Συνεργείο συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφείο, ξυλουργείο	500	9,1	0,8
Παρασκευαστήριο τροφίμων	400	7,3	0,8
Καθαριστήριο, σιδερωτήριο, οργανωμένο πλυντήριο ενδυμάτων	300	5,5	0,8
Αυτοτελές κέντρο μηχανογράφησης	500	9,1	0,8
Γενική αποθήκη, αποθήκη καταστήματος, αποθήκη μουσείου	150	2,7	0
Χώρος στάθμευσης, πρατήριο υγρών καυσίμων, πλυντήριο αυτοκινήτων	100	1,8	0

15. Παράρτημα II

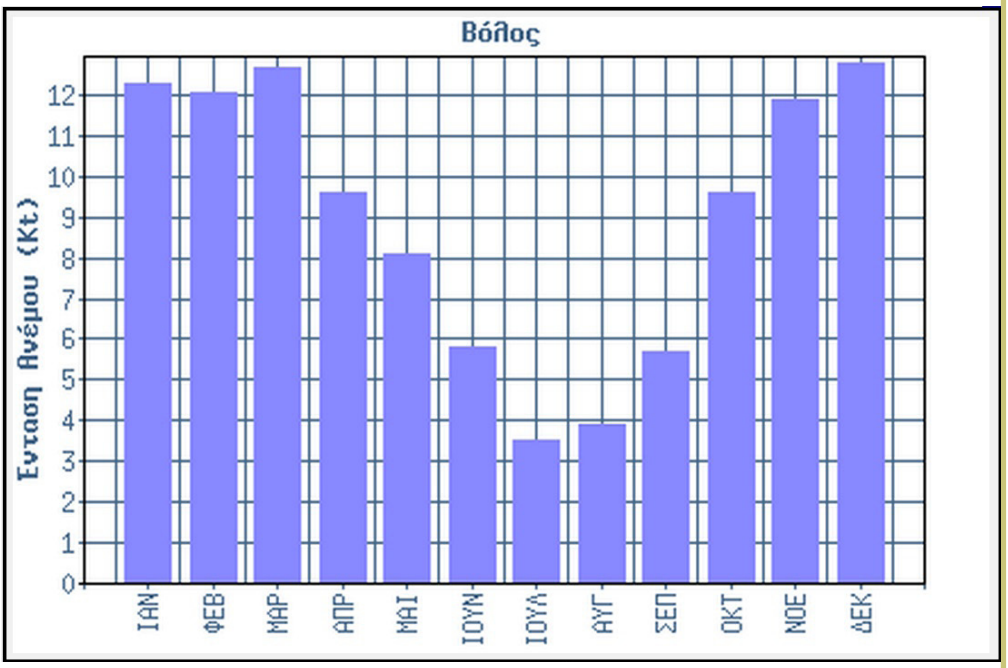
15.5 Πίνακες Κλιματολογικών Δεδομένων Βόλου

Όλοι οι πίνακες με τα κλιματικά δεδομένα προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, από την περίοδο δεδομένων 1956-1997.



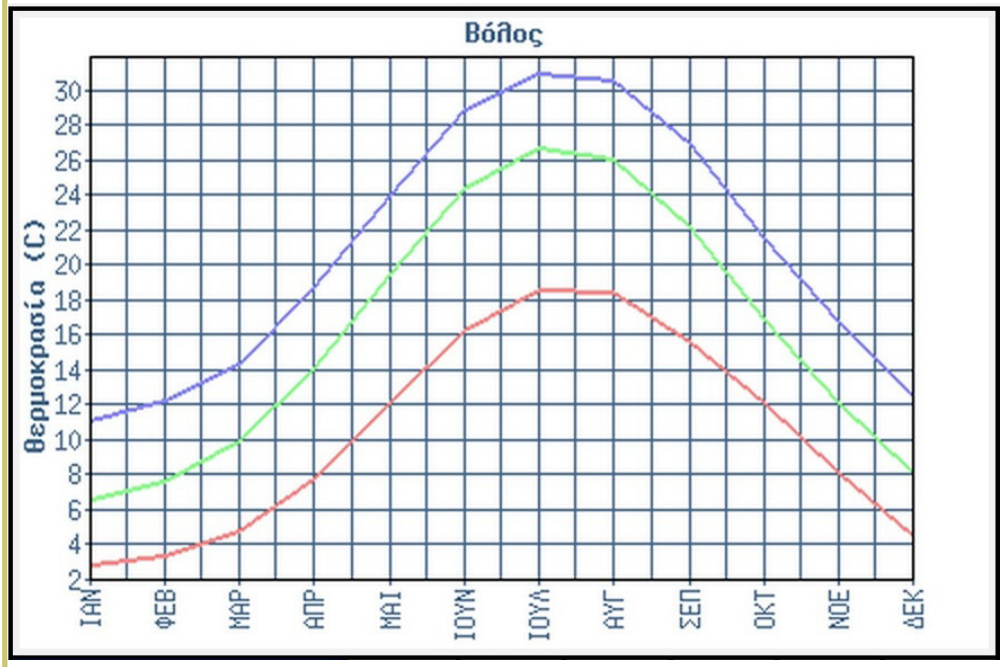
1ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	49.0	46.9	53.3	35.8	36.8	22.1
Συνολικές Μέρες Βροχής	12.3	10.2	8.1	6.5	4.6	3.6
2ο Εξάμηνο	**ΙΟΥΛ**	**ΑΥΓ**	**ΣΕΠ**	**ΟΚΤ**	**ΝΟΕ**	**ΔΕΚ**
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	17.4	15.9	35.6	63.1	63.6	60.5
Συνολικές Μέρες Βροχής	2.0	2.2	3.6	7.3	8.4	11.4

15. Παράρτημα



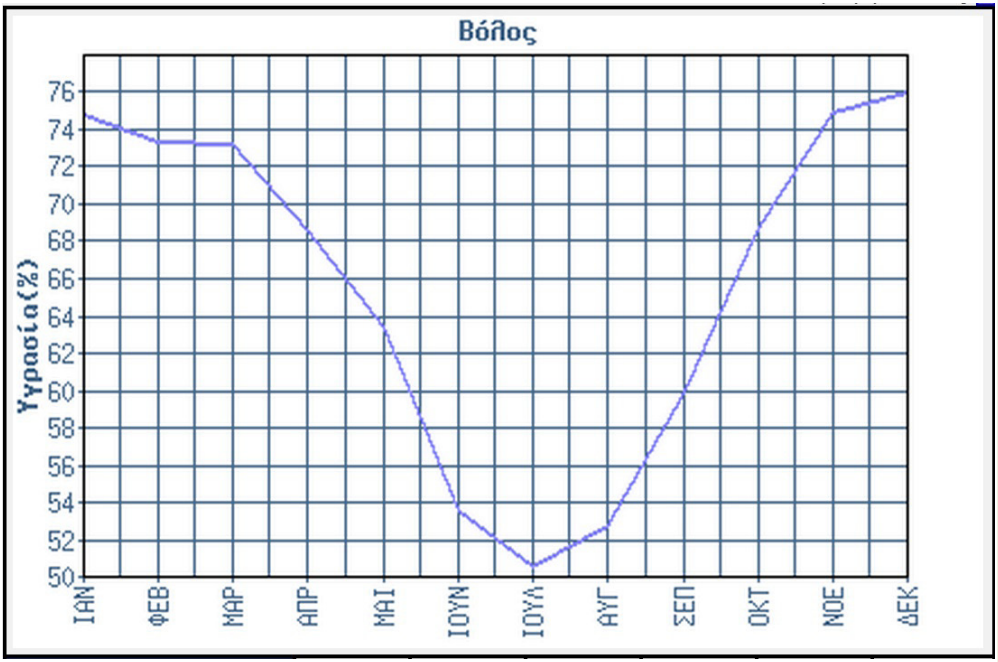
1ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	ΒΔ	Δ	Α	Α	Α	Α
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	12.3	12.1	12.7	9.6	8.1	5.8
2ο Εξάμηνο	**ΙΟΥΛ**	**ΑΥΓ**	**ΣΕΠ**	**ΟΚΤ**	**ΝΟΕ**	**ΔΕΚ**
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Α	Α	Α	Α	Δ	ΒΔ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	3.5	3.9	5.7	9.6	11.9	12.8

15. Παράρτημα II



1ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	2.8	3.4	4.8	7.7	12.1	16.3
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	6.6	7.6	9.9	14.1	19.5	24.5
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	11.1	12.3	14.3	18.8	24.0	29.0
2ο Εξάμηνο	**ΙΟΥΛ**	**ΑΥΓ**	**ΣΕΠ**	**ΟΚΤ**	**ΝΟΕ**	**ΔΕΚ**
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	18.6	18.5	15.7	12.1	8.2	4.5
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	26.8	26.1	22.2	16.9	12.1	8.2
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	31.0	30.7	27.0	21.6	16.8	12.6

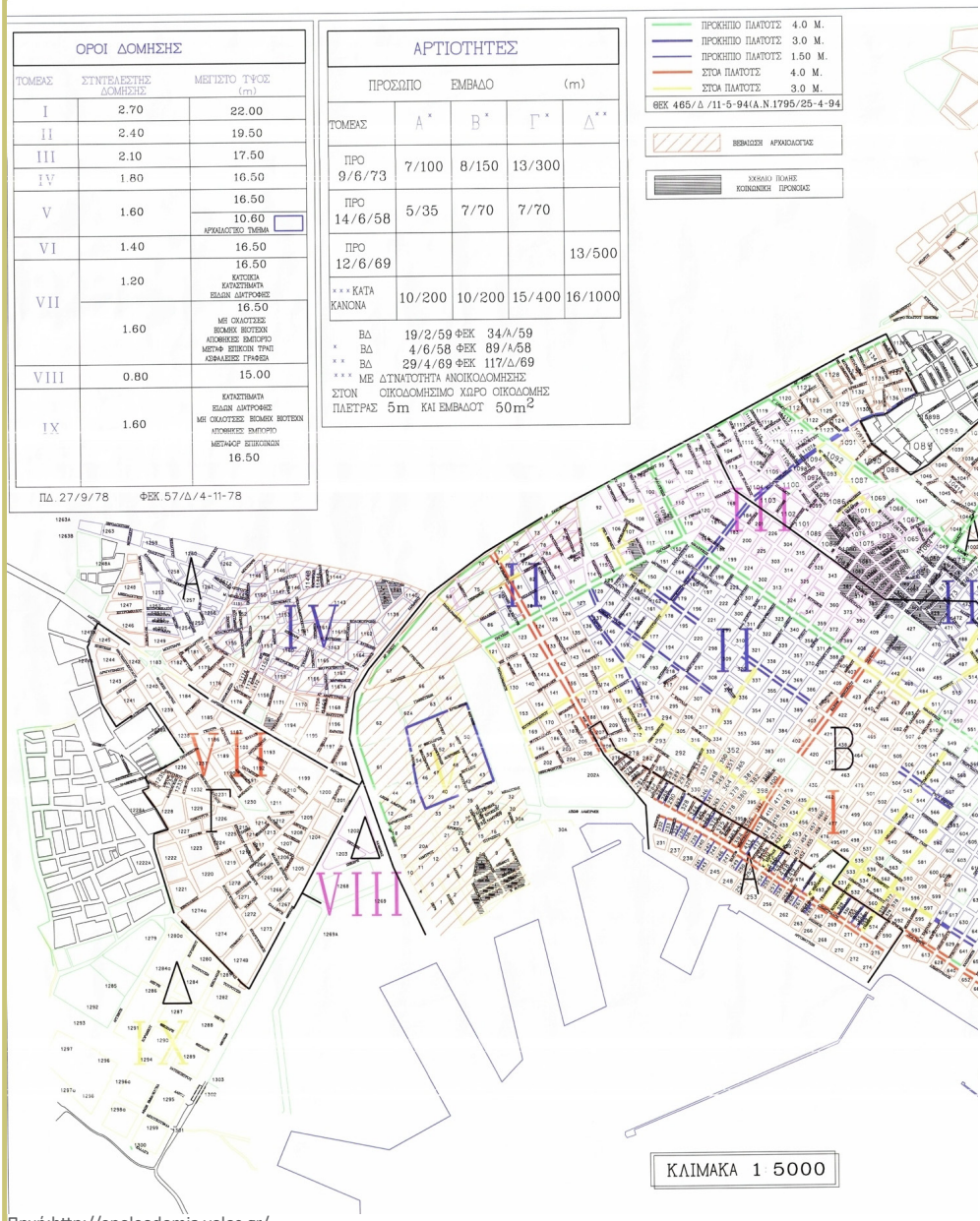
15. Παράρτημα II



1ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	74.8	73.3	73.2	68.7	63.5	53.7
2ο Εξάμηνο	**ΙΟΥΛ**	**ΑΥΓ**	**ΣΕΠ**	**ΟΚΤ**	**ΝΟΕ**	**ΔΕΚ**
Μέση Μηνιαία Υγρασία	50.7	52.8	60.0	68.8	74.9	76.0

15. Παράρτημα IV

15.6 Όροι δόμησης για τον Βόλο



Πηγή:http://epoleodomia.volos.gr/

16. Βιβλιογραφία

16.1 Ελληνική

1. Αγησίλαος Οικονόμου, Ρόιδω Μητούλα: *Οικολογική Διαχείριση Κτιρίων, Οικισμών και Πόλεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση* , Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2010
2. Ακρίβου Αναστασία: *Το Φυσικό Φως στο Μουσείο, ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο*, ερευνητική εργασία, Σεπτέμβριος 2010
3. Διονύσιος Ευθυμιάτος: *Ακουστική και Κτιριακές Εφαρμογές, θεωρία και πράξη*,Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2007
4. Καράμαλη Αθηνά, Μπίκουλη Μαρία: *Σχεδιασμός νέου κελύφους στο κτίριο της Αρχιτεκτονικής σχολής του Π.Θ.* , Διπλωματική εργασία, 2005
5. Κωνσταντίνου Αδαμάκη, *Τα βιομηχανικά κτήρια του Βόλου. Αρχιτεκτονική καταγωγή και πολεοδομικός ρόλος*, Διδακτορική διατριβή
6. Σπυρόπουλος Δημήτρης: *transframing patterns, searching the ideal balance*, ερευνητική εργασία, Φεβρουάριος 2013
7. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης* , Α Εκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
8. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010, *Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων*, Ά Έκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
9. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, *Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών* , Α Εκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
10. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων* , Α Εκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
11. Φραγγης Φωκάς: *Θερμική άνεση σε κτίρια γραφείων*, διπλωματική εργασία, Αθήνα, Ιανουάριος 2011

16.2 Ξένη

12. Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas: *Εco Δομείν*, Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα 2009
13. G. Z. Brown, Mark DeKay: *Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies*, Β' Έκδοση, Οκτώβριος 2000
14. The Energy Research Group, School Of Architecture, University College Dublin: *Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική, Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια*, Εκδόσεις Μάλλιαρης-Παιδεία
15. Steven V. Szokolay : *Solar Geometry*, Plea Notes, in association with the University of Queensland, Department of Architecture, 2007
16. Norbert Lechner : *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*, 2008
17. Fergus Nicol, Michael Humphreys, Susan Roaf : *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practic*, 2012
18. Axel Jacobs: *SynthLight Handbook, Chapter 1: Fundamentals*, London Metropolitan University, March 2004
19. Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann: *Handbook of Lighting Design*, Erco edition Germany, 1992

16. Βιβλιογραφία

20. Κλειώ Ν. Αξαρλή: *Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με γενικό τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων»*
21. Κ.Α.Μπαλαράς: *Δυνατότητα Εξοικονόμησης Ενέργειας και εφαρμογή ΑΠΕ στα Κτίρια*
22. http://www.ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/articles/2009-07-41.pdf
23. http://www.ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/articles/2010-08-91.pdf
24. http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm
25. http://www.afoistamou.gr/gyalia-energeia/gyali-a-energeiakh-katanalwsh
26. http://repository.edulll.gr/edulll/bitstream/10795/1497/11/1497_01.pdf
27. http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR
28. http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_el.htm
29. http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/248B0AD129F4F64CC2257168003765BC/$file/fotismos.pdf
30. http://www.minenv.gr/1/13/131/13108/g13108354.html
31. http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414_balaras.pdf
32. https://canadasafetycouncil.org/workplace-safety/office-noise-and-acoustics
33. http://www.prismaglass.gr/dat/prisma_storage/dat/67AEE251/news19.pdf
34. http://www.ecoarchitects.gr/seminaria/oikologika_ylika-Menelaos_Xenakis.pdf
35. http://bioklimatikospiti.blogspot.gr/2012/07/blog-post_7283.html
36. http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3347/3/kambitsisk_thermalcomfort.pdf
37. http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/CBE%20Research%20Thermal%20Comfort/ASHRAE%20Adaptive%20Thermal%20Comfort%20Standard.pdf
38. http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf
39. http://www.vasileiadi.gr/%CE%94%CE%B9%CE%AC%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CE%9B%CE%B1%CE%BC%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82
40. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#
41. http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki
42. http://www.cocoon.gr/solar-panels-bosch.html
43. http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmos.pdf
44. http://epoleodomia.volos.gr/cgi-bin/pages/page.pl?arcode=090317141650&arlang=Greek
45. http://www.cres.gr/kape/education/bioclimatic_brochure.pdf
46. http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf

ΙΩΑΝΝΑ ΧΡΙΣΤΙΑ
Άρης Τσαγκρασούλης :Επιβλέπων
Ερευνητική Εργασία, Φεβρουάριος 2014
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας , Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών