



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνη Καθηγήτρια Α. Στέγγου-Σαγιά

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ



Φρετζάγιας Αγαμέμνων

Αθήνα, 2008

| | |
|---|-----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 2 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 3 |
| VisualDoe 4.0..... | 3 |
| Εισαγωγή..... | 3 |
| 1) Project..... | 4 |
| 2) Blocks | 7 |
| 3) Rooms | 10 |
| 4) Facades | 15 |
| 5) Systems..... | 19 |
| 6) Zones | 26 |
| Αποτελέσματα-Αναφορές..... | 29 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2..... | 37 |
| 4M | 37 |
| Εισαγωγή..... | 37 |
| 1) Αρχεία..... | 38 |
| 2) Στοιχεία..... | 38 |
| 3) Εμφάνιση | 44 |
| 4) Παράθυρα | 45 |
| Αποτελέσματα-Αναφορές..... | 56 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3..... | 58 |
| ENER-WIN | 58 |
| Εισαγωγή..... | 58 |
| 1) Project information | 59 |
| 2) Weather data | 61 |
| 3) Economics data..... | 62 |
| 4) Building sketch | 63 |
| 5) Zone description | 65 |
| Αποτελέσματα-Αναφορές..... | 68 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4..... | 72 |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ | 72 |
| Α) Θεωρητικό μέρος..... | 72 |
| Β) Εφαρμογή..... | 84 |
| B1) Περιγραφή Ταχ. Καταστήματος | 84 |
| B2)Αποτελέσματα Ενεργειακής Προσομοίωσης..... | 89 |
| B3) Προτεινόμενες λύσεις | 94 |
| Γ) Συμπεράσματα..... | 105 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 107 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη μέχρι σήμερα πορεία της ανθρωπότητας, η ανάπτυξη εμφανίζεται άμεσα εξαρτημένη από τις εξελίξεις στον τομέα της ενέργειας. Η οικονομική ανάπτυξη και το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας συνδέεται με την κατανάλωση ενέργειας, τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της οποίας αποτελούν αποφασιστικό παράγοντα για την προώθηση των αναπτυξιακών επιλογών.

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι βασική προτεραιότητα των περισσότερων κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με απώτερο σκοπό την συμπίεση της τιμής του πετρελαίου και την μείωση της εκπομπής CO₂. Ενδεικτικό της συντονισμένης προσπάθειας είναι η ψήφιση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EC, σύμφωνα με την οποία τα κράτη μέλη καλούνται να θεσμοθετήσουν μεθοδολογίες υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, καθώς και πρακτικές ενεργειακής πιστοποίησης με θέσπιση ανωτάτων ορίων ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτιρίων και των σχετικών πιστοποιητικών που θα είναι απαραίτητα σε κάθε αγοραπωλησία ή ενοικίαση.

Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων πρέπει τουλάχιστον να περιλαμβάνει τους ακόλουθους παράγοντες α) θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (κέλυφος και εσωτερικά χωρίσματα, κ.λπ.). Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν και την αεροστεγανότητα β) εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσία θερμού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους γ) εγκατάσταση κλιματισμού δ) αερισμό ε) ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά την κατοικία) στ) θέση και προσανατολισμό των κτιρίων, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών ζ) παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία η) φυσικό αερισμό θ) εσωτερικές κλιματικές συνθήκες στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες

Ο ρόλος της ενεργειακής προσομοίωσης στην υποστήριξη σχεδιασμού του κελύφους και των εσωτερικών εγκαταστάσεων γίνεται πιο κατανοητός με την παρουσίαση των λογισμικών VisualDoe 4.0, ENER-WIN, 4M και με την εφαρμογή του λογισμικού ενεργειακής ανάλυσης της 4M σε υπάρχον κτίριο των ΕΛΤΑ στο Χολαργό. Στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναλυτική περιγραφή της δομής και των λειτουργιών του λογισμικού VisualDoe 4.0 καθώς επίσης παρουσιάζεται και η μέθοδος εισαγωγής δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή των απαραίτητων αναφορών για τα ψυκτικά και θερμικά φορτία του κτιρίου. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το λογισμικό 4M και ομοίως περιγράφονται με λεπτομέρεια όλες οι λειτουργίες του και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης του υπό μελέτη κτιρίου. Στο κεφάλαιο 3 αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά του ENER-WIN που είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης. Στο κεφάλαιο 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου των ΕΛΤΑ στο Χολαργό με το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης της εταιρίας 4M. Τέλος προτείνονται λύσεις για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

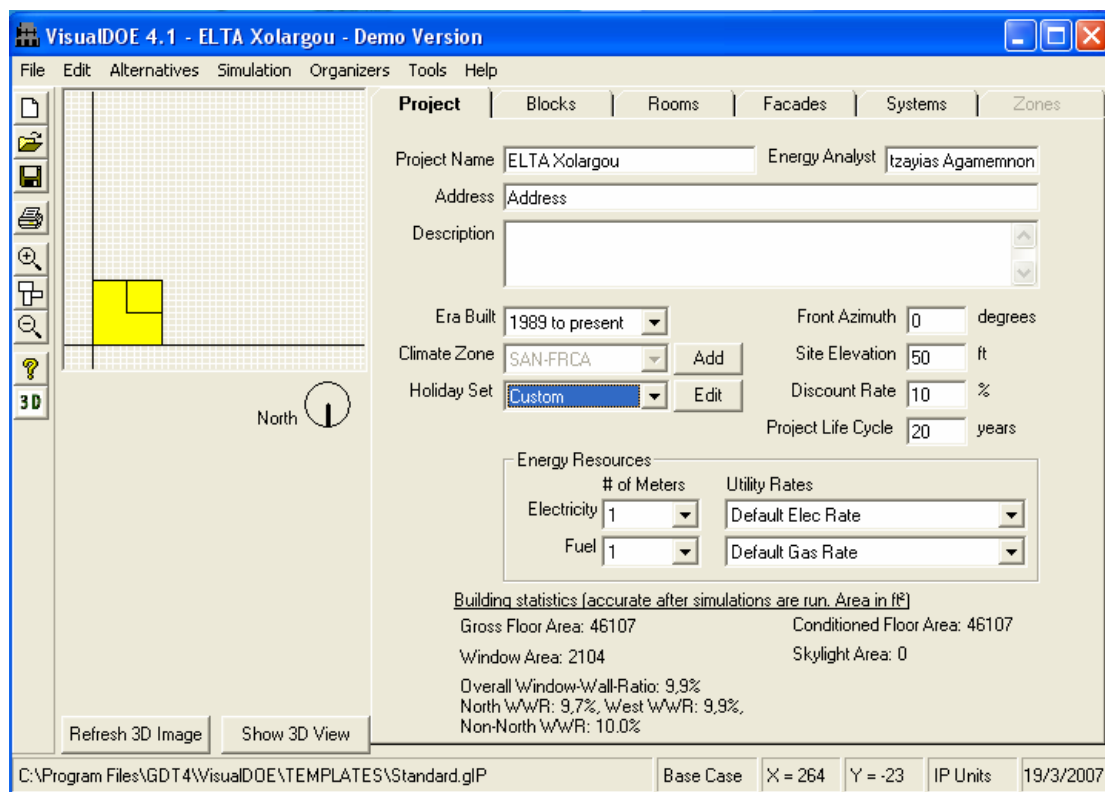
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

VisualDoe 4.0

Εισαγωγή

Το VisualDOE 4.0 είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης το οποίο επιτρέπει σε αρχιτέκτονες και γενικότερα σε μηχανικούς να υπολογίσουν σε σύντομο χρόνο τα ενεργειακά κέρδη ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας τις διαφορετικές επιλογές κατά την φάση του σχεδιασμού του και όχι μόνο. Το πρόγραμμα καλύπτει όλα τα βασικά στοιχεία ενός κτιρίου όπως ενδεικτικά είναι ο φωτισμός, η θέρμανση του νερού, η θέρμανση ο κλιματισμός και ο εξαερισμός. Το VisualDOE χρησιμοποιεί σαν υπολογιστικό εργαλείο το DOE2 και εξάγει αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης και μέγιστης κατανάλωσης σε ωριαία βάση. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των βασικών λειτουργιών του προγράμματος.

Εκτελώντας το πρόγραμμα VisualDOE εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

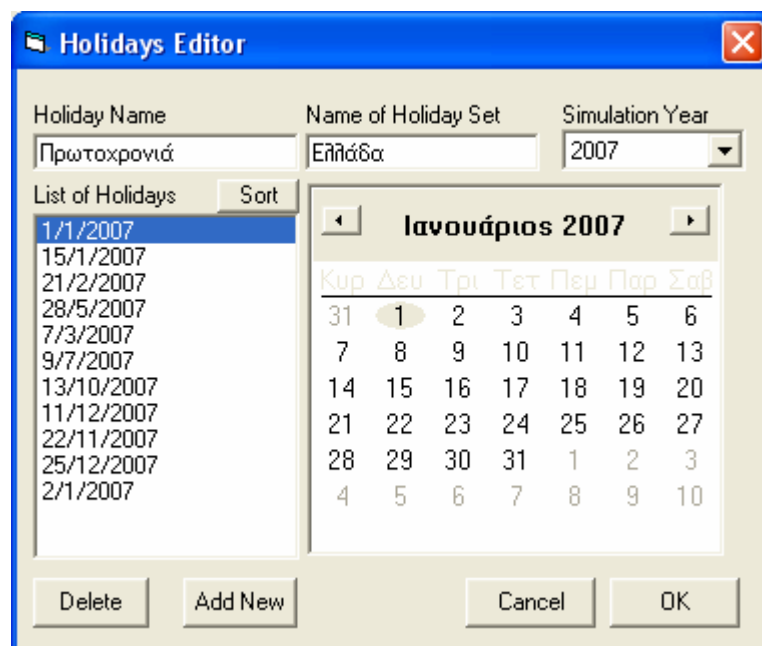


Εικόνα 1.1-Καρτέλα Project

Οι έξι καρτέλες που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης είναι: **1) Project 2) Blocks 3) Rooms 4) Facades 5) Systems 6) Zones** και στη συνέχεια γίνεται αναλυτική επεξήγηση για κάθε μια ξεχωριστά.

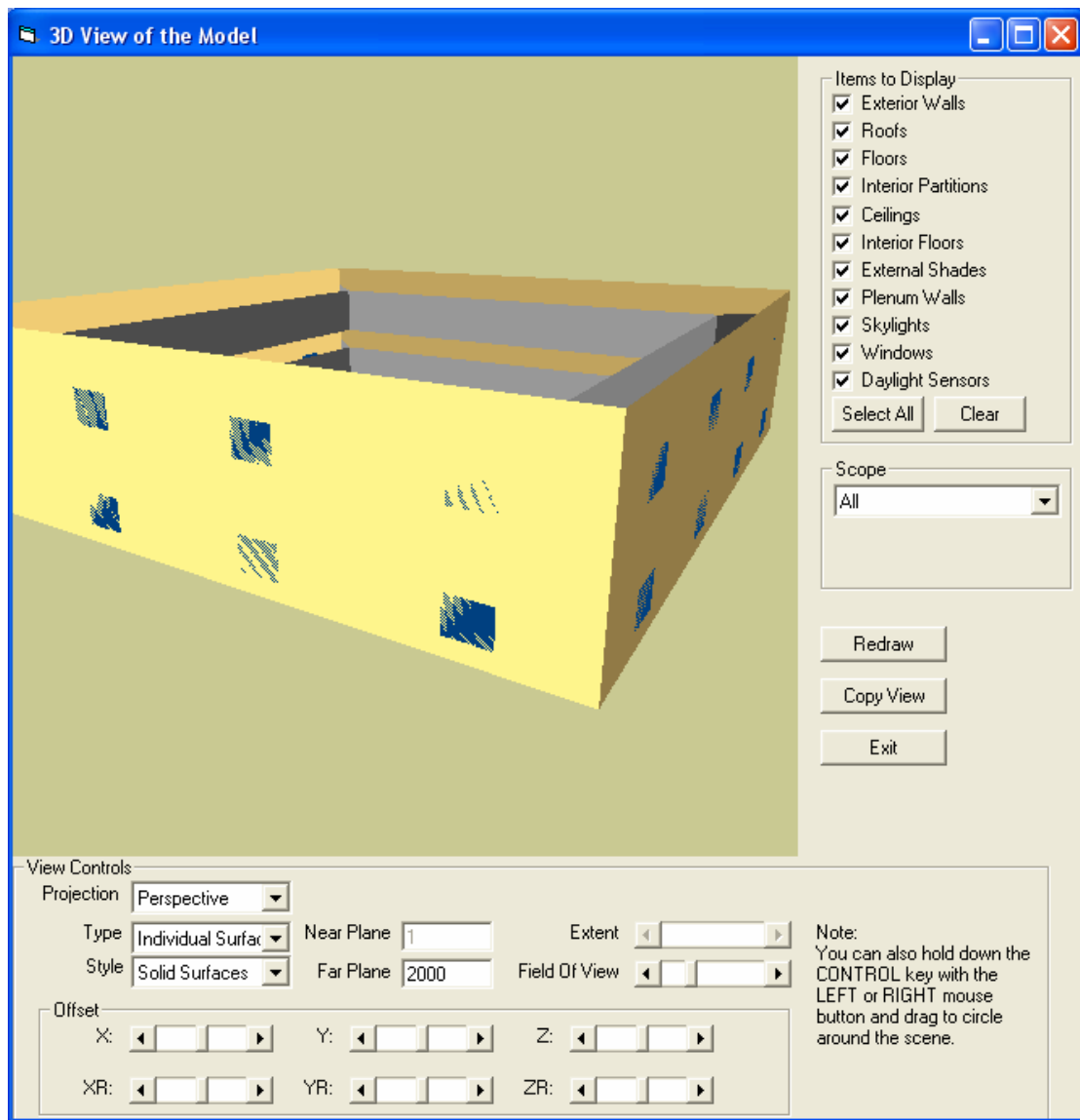
1) Project

- **Project Name:** Συμπληρώνουμε το όνομα της μελέτης μας
- **Address:** Γράφουμε την διεύθυνση που βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο
- **Description:** Περιληπτικά γράφουμε μια σύντομη και γενική περιγραφή του έργου
- **Energy Analyst:** Γράφουμε το όνομα του μηχανικού που θα πραγματοποιήσει την ενεργειακή ανάλυση
- **Era Built:** Αν η μελέτη μας είναι ένα ήδη υπάρχον κτίριο επιλέγουμε την ημερομηνία που έχει κατασκευαστεί. Οι τέσσερις χρονικές περίοδοι από τις οποίες μπορεί να επιλέξει ο χρήστης είναι πριν το 1950, 1951-1977, 1978-1988 και τέλος από το 1989 μέχρι σήμερα
- **Climate Zone:** Επιλέγουμε την περιοχή στην οποία βρίσκεται ή πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο μας. Το πρόγραμμα περιέχει αρχεία καιρού για τις περισσότερες Αμερικάνικες πολιτείες και για ορισμένες πόλεις εκτός Αμερικής.
- **Holidays Set:** Ο χρήστης επιλέγει τις ημέρες διακοπών κατά την διάρκεια της χρονιάς έτσι ώστε να αφαιρεθεί η αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση αφού αυτές τις ημέρες το κτίριο δεν θα λειτουργεί. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι U.S. για τις επίσημες διακοπές των Η.Π.Α., None για καθόλου διακοπές κατά την διάρκεια της χρονιάς και Custom όπου εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο και ορίζει ο χρήστης τις μέρες των διακοπών



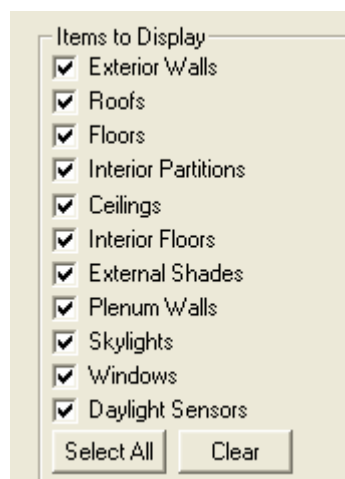
Εικόνα 1.2- Ημερολόγιο διακοπών

- **Front Azimuth:** Εισάγουμε σε μοίρες το αζιμούθιο της πρόσοψης του κτιρίου δηλαδή της όψης που βρίσκεται στο κάτω μέρος του σχεδίου. Έτσι λοιπόν βάζοντας την τιμή 0 το πρόγραμμα καταλαβαίνει ότι η πρόσοψη του κτιρίου είναι προσανατολισμένη προς το Βορρά και χρησιμοποιώντας την ωρολογιακή φόρα προκύπτουν όλες οι άλλες περιπτώσεις. Δηλαδή με την τιμή 90 έχουμε ανατολική όψη, με την τιμή 180 νότια κ.τ.λ.
- **Site Elevation:** Συμπληρώνουμε σε ποιο ύψος πάνω από τη θάλασσα βρίσκεται ή πρόκειται να κατασκευαστεί το υπό μελέτη κτίριο. Οι μονάδες μέτρησης είναι πόδια (feet) για μονάδες στο σύστημα I.P. και μέτρα (m) για μονάδες στο σύστημα S.I.
- **Discount Rate:** Είναι το επιτόκιο αναγωγής σε ποσοστό % και χρησιμεύει στον υπολογισμό του κόστους του κύκλου ζωής του έργου. Σημειώνεται ότι πρέπει να δοθεί η πραγματική τιμή του επιτοκίου χωρίς δηλαδή να συνυπολογίζεται και ο πληθωρισμός
- **Project Life Cycle:** Είναι η 'οικονομική ζωή' του έργου (σε έτη) και χρησιμεύει στον υπολογισμό της παρούσας αξίας.
- **Show 3D View:** Με την επιλογή αυτή βλέπουμε την τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου μας και προκύπτει το παρακάτω παράθυρο

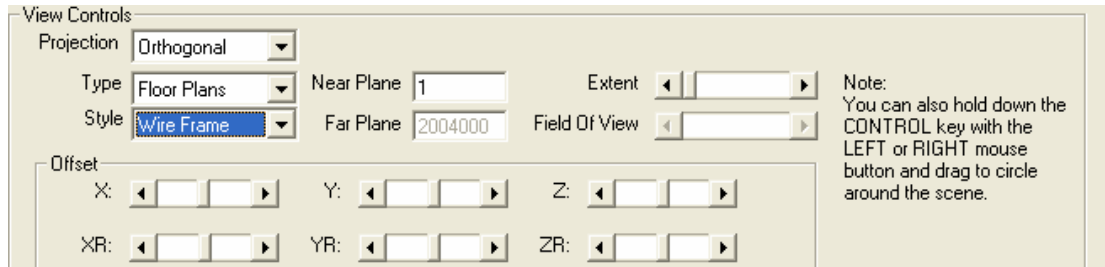


Εικόνα 1.3- Τρισδιάστατη όψη κτιρίου

Πάνω δεξιά υπάρχει το μενού Items to Display όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει πια στοιχεία του κτιρίου θέλει να εμφανίζονται στην τρισδιάστατη αυτή άποψη όπως ενδεικτικά αναφέρονται η οροφή, τα παράθυρα κ.τ.λ.



Με την επιλογή Scope μπορούμε να επιλέξουμε πιο μέρος του κτιρίου θέλουμε να φαίνεται στην τρισδιάστατη αυτή εικόνα. Τέλος από το μενού View Controls που βρίσκεται στο κάτω μέρος του παραθύρου μπορούμε να επιλέξουμε τη μορφή που θα έχει η τρισδιάστατη άποψη όπως ενδεικτικά αναφέρεται η μορφή συρματοπλέγματος (wire frame) κ.τ.λ.

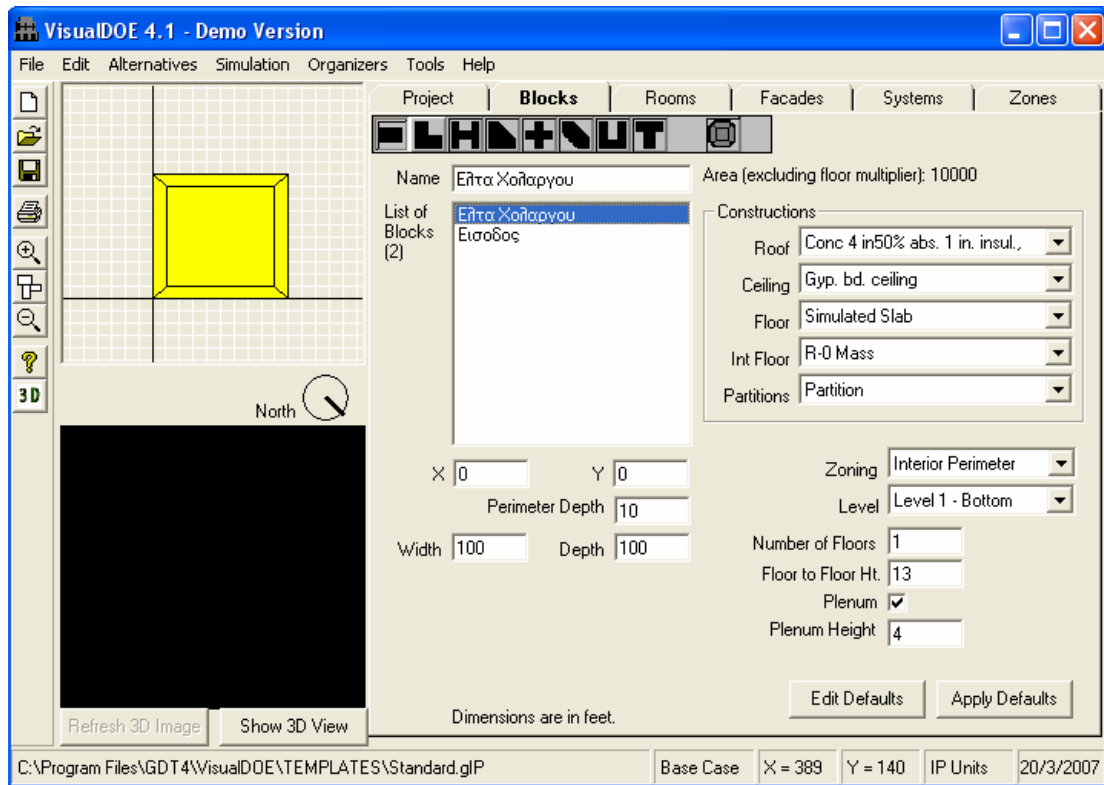


Εικόνα 1.4-Επιλογές για την τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου

- **Refresh 3D Image:** Με την επιλογή αυτή ανανεώνεται η τρισδιάστατη εικόνα με βάση τις αλλαγές που έχουμε κάνει.
- **Energy Resources:** Ο χρήστης εδώ προσδιορίζει ποιες είναι οι πηγές ενέργειας στο κτίριο όσον αφορά τα υγρά καύσιμα και τον ηλεκτρισμό.

2) Blocks

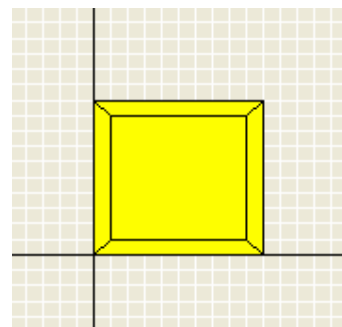
Με την επιλογή της καρτέλας Blocks εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



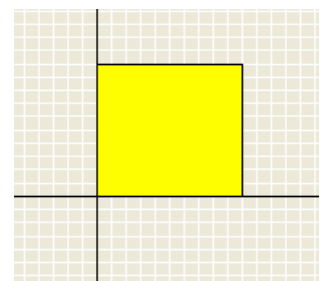
Εικόνα 1.5-Καρτέλα Blocks

Ο χρήστης μπορεί με τη λογική Drag and Drop να πάρει κάποιο από τα έτοιμα σχήματα που υπάρχουν στο δεξιό μέρος και να τα 'αφήσει' στο χώρο σχεδιασμού που υπάρχει αριστερά. Έτσι βηματικά γίνεται ο σχεδιασμός του κτιρίου.

- **Name:** Συμπληρώνουμε το όνομα του Block το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει τους σαράντα χαρακτήρες
- **Constructions:** Επιλέγουμε το είδος του υλικού από την βιβλιοθήκη του προγράμματος για κάθε μέρος του κτιρίου όπως η οροφή, τα πατώματα κ.τ.λ.
- **Zoning:** Εδώ ο χρήστης διαλέγει το τρόπο με τον οποίο θα κατηγοριοποιηθεί ο χώρος σε ζώνες ίδιων συνθηκών (thermal zones). Οι διαθέσιμες επιλογές είναι Interior Perimeter, Single Zone και Custom Block. Με την πρώτη επιλογή ο χώρος χωρίζεται σε ζώνες με μία περιμετρική ζώνη να αντιστοιχεί σε κάθε όψη. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται το πως χωρίζεται σε πέντε ζώνες ίδιων συνθηκών ένας ορθογώνιος χώρος με την επιλογή Interior Perimeter



Με την επιλογή Single Zone ολόκληρος ο χώρος θεωρείται ως μία ενιαία ζώνη ίδιων συνθηκών όπως φαίνεται δίπλα. Αυτή η επιλογή είναι ιδανική για χώρους που παρουσιάζουν

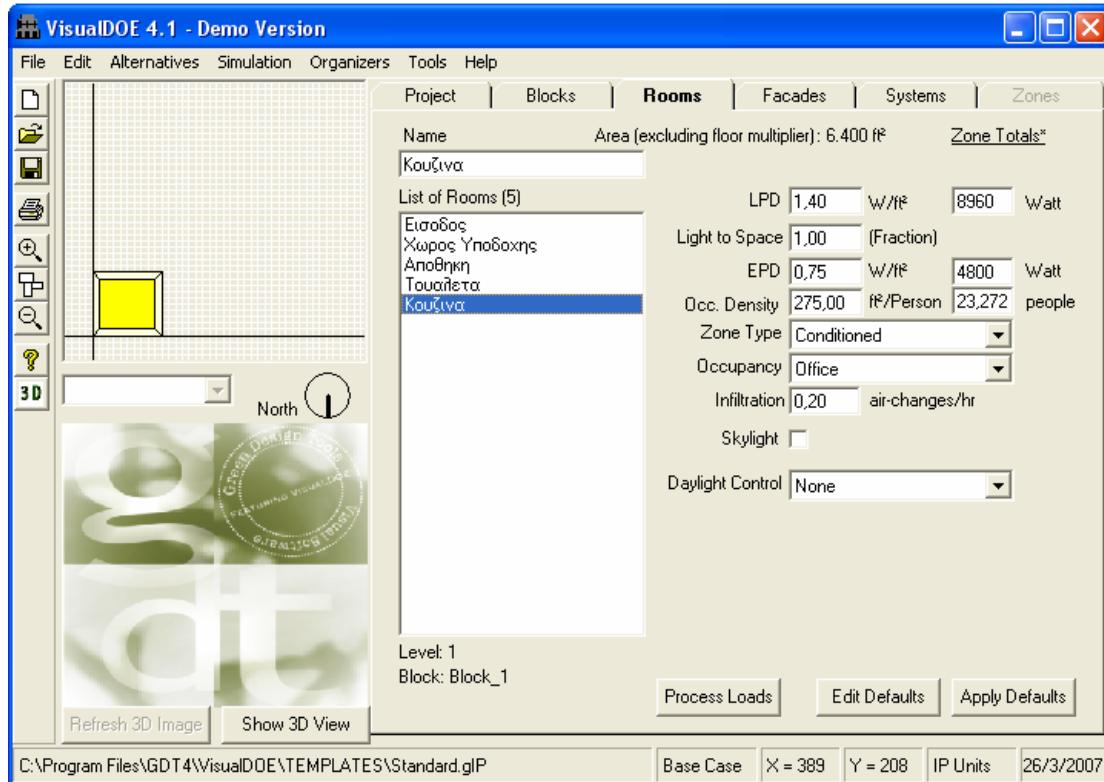


ομοιόμορφη θερμική συμπεριφορά, έχουν μικρές διαστάσεις και έναν μόνο θερμοστάτη

- **Level:** Επιλέγουμε τον αριθμό του επιπέδου στο οποίο θα τοποθετήσουμε τον χώρο. Το πρόγραμμα κάθε φορά που εισάγουμε έναν νέο χώρο (με την προαναφερθείσα λειτουργία Drag & Drop) αυξάνει και τον αριθμό των επιπέδων. Σημειώνεται ότι ο χρήστης μπορεί να βάλει περισσότερους από έναν χώρο στο ίδιο επίπεδο για παράδειγμα όταν θέλει να φτιάξει έναν χώρο με πολύπλοκο γεωμετρικό σχήμα
- **Number of Floors:** Συμπληρώνουμε τον αριθμό των ορόφων για το συγκεκριμένο χώρο και μόνο και όχι για το σύνολο του κτιρίου. Ο συνολικός αριθμός των ορόφων του κτιρίου προκύπτει αυτόματα από το άθροισμα όλων των ορόφων των επιμέρους χώρων που έχει εισάγει ο χρήστης
- **Floor to Floor Ht:** Ο χρήστης εδώ προσδιορίζει την απόσταση (σε ft ή σε m για μονάδες στο S.I.) από την ανώτερη επιφάνεια ενός ορόφου έως την ανώτερη επιφάνεια του από πάνω ορόφου
- **Plenum:** Εάν υπάρχει κλειστός χώρος στο πάνω μέρος του ορόφου, που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, τότε ο χρήστης επιλέγει την συγκεκριμένη παράμετρο. Δηλαδή όταν ένας όροφος έχει αυτόν τον κλειστό χώρο το ύψος του ταβανιού μπορεί να βρεθεί αν αφαιρέσουμε από το ύψος του ορόφου, το ύψος του κλειστού χώρου
- **Plenum Height:** Εισάγουμε (σε ft ή σε m για μονάδες στο S.I.) το ύψος του κλειστού χώρου. Στην ουσία είναι η απόσταση από την οροφή μέχρι τον από πάνω όροφο
- **Perimeter Depth:** Ο χρήστης εδώ συμπληρώνει (σε ft ή σε m για μονάδες στο S.I.) το βάθος των περιμετρικών ζωνών. Σημειώνεται ότι η επιλογή αυτή υπάρχει μόνο αν έχουμε επιλέξει Interior Perimeter στο Zoning. Αυτό συμβαίνει προφανώς γιατί, όπως έχει εξηγηθεί και στην αντίστοιχη παράγραφο, μόνο τότε δημιουργούνται περιμετρικές ζώνες ίδιων συνθηκών για τις οποίες χρειάζεται να ορίσουμε το βάθος τους
- **Width, W2, W3, W4, W5:** Συμπληρώνουμε (σε ft ή σε m για μονάδες στο S.I.) το πλάτος του χώρου. Εάν ο χώρος είναι ορθογώνιος τότε το ένα πλάτος είναι αρκετό. Στην περίπτωση όμως που π.χ. έχουμε εισάγει έναν χώρο σχήματος L πρέπει να εισάγουμε το βασικό πλάτος και άλλη μία διάσταση. Γενικά όσο πιο πολύπλοκος είναι ο χώρος μας τόσο περισσότερα πλάτη χρειάζονται για τον καθορισμό του
- **Depth, D2, D3, D4, D5:** Ισχύουν και εδώ όλα τα παραπάνω με τη διαφορά ότι εδώ συμπληρώνουμε βάθος
- **X,Y:** Εισάγουμε (σε ft ή σε m για μονάδες στο S.I.) τις συντεταγμένες τις κάτω αριστερής γωνίας του χώρου. Πρόκειται για ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων, οπότε για θετική τιμή του X έχουμε μετατόπιση του χώρου δεξιά ενώ για αρνητική τιμή, έχουμε μετατόπιση αριστερά. Ομοίως γίνεται μετατόπιση πάνω-κάτω για τις αντίστοιχες τιμές του Y.

3) Rooms

Με την επιλογή της καρτέλας Rooms εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



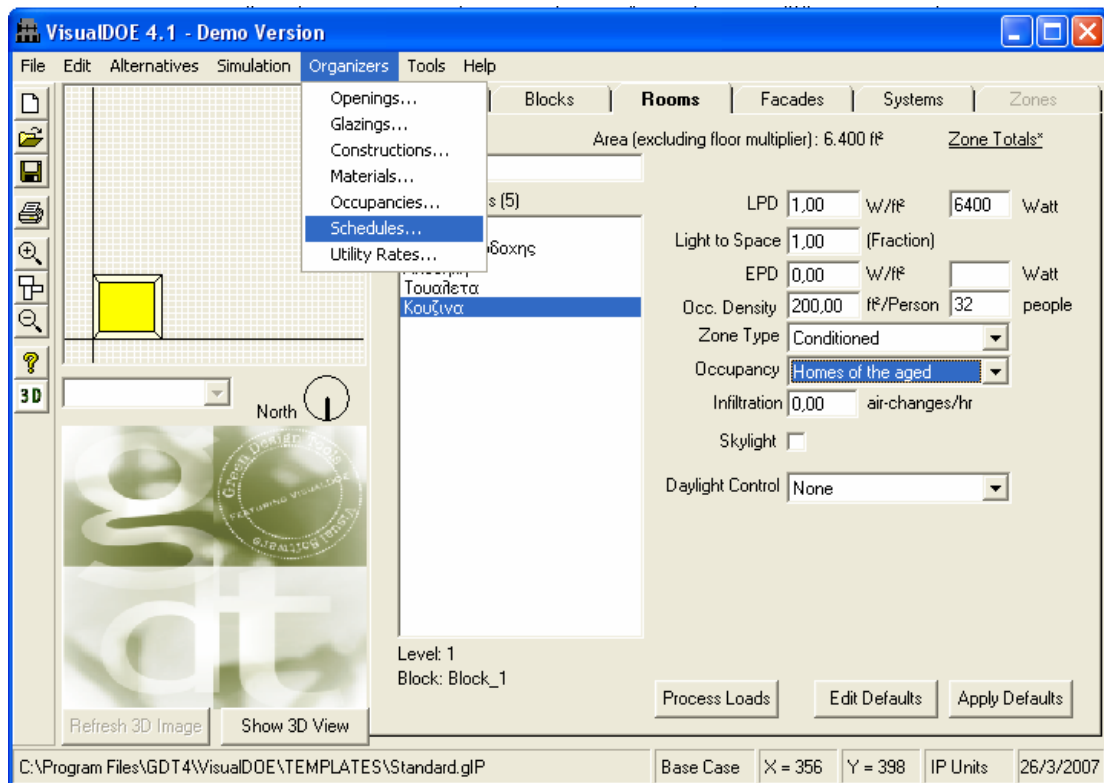
Εικόνα 1.6-Καρτέλα Rooms

Έχοντας δημιουργήσει και διαστασιολογήσει τους χώρους του κτιρίου μας από την καρτέλα Blocks προχωρούμε στην συμπλήρωση της καρτέλας Rooms όπου θα εξετάσουμε τις ιδιότητες του κάθε δωματίου ξεχωριστά. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης.

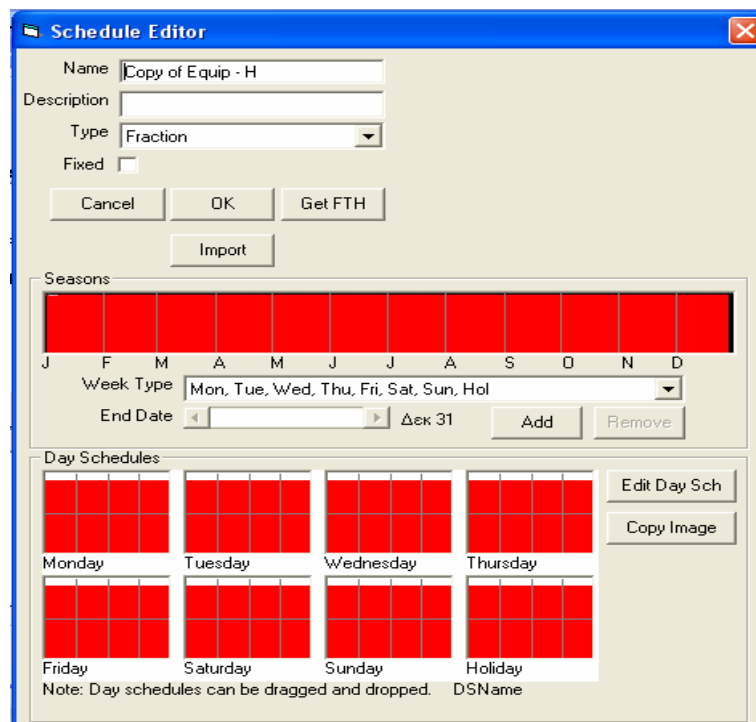
- **Name:** Συμπληρώνουμε το όνομα του δωματίου χρησιμοποιώντας μέχρι 14 χαρακτήρες
- **LPD (Lighting Power Density):** Ο χρήστης συμπληρώνει την ισχύ που καταναλώνεται από τα φώτα του δωματίου. Οι μονάδες είναι W/m^2 ή μπορούμε να συμπληρώσουμε την συνολική κατανάλωση του δωματίου και το πρόγραμμα να υπολογίσει μόνο του την κατανάλωση που αντιστοιχεί σε κάθε τετραγωνικό μέτρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που υπάρχουν αισθητήρες κίνησης στο δωμάτιο πρέπει να συνεκτιμήσουμε στους υπολογισμούς μας για την κατανάλωση την σχετική μείωση. Μπορούμε να ακολουθήσουμε τον εξής εμπειρικό κανόνα: οι ώρες χρήσης των λαμπτήρων μειώνονται περίπου 30% για μικρούς κλειστούς χώρους, 15% για μεγάλους και ανοιχτούς χώρους και 50% για αποθηκευτικούς χώρους
- **EPD (Equipment Power Density):** Εδώ συμπληρώνουμε την ισχύ που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό του δωματίου όπως Η/Υ κ.τ.λ. Οι μονάδες

είναι W/m^2 ή μπορούμε να συμπληρώσουμε την συνολική κατανάλωση του δωματίου και το πρόγραμμα να υπολογίσει μόνο του την κατανάλωση που αντιστοιχεί σε κάθε τετραγωνικό μέτρο

- **Light To Space:** Συμπληρώνουμε ως ποσοστό επί της εκατό το ποιο μέρος της θερμότητας που παράγεται από τους λαμπτήρες αποδίδεται στον χώρο μας. Συνήθως ο δείκτης αυτός έχει την τιμή 1 που σημαίνει ότι το 100% της θερμότητας που δημιουργείται από τους λαμπτήρες, αποδίδεται στον χώρο
- **Occ. Density (Occupant Density):** Στο πεδίο αυτό συμπληρώνουμε την πυκνότητα ανθρώπων στο δωμάτιο, δηλαδή πόσα τετραγωνικά μέτρα αντιστοιχούν για κάθε άνθρωπο. Μπορούμε να συμπληρώσουμε τον συνολικό αριθμό των ανθρώπων που θα βρίσκονται στο δωμάτιο και το πρόγραμμα να υπολογίσει την αντίστοιχη πυκνότητα σε μονάδες άνθρωποι/ m^2
- **Zone Type:** Οι επιλογές εδώ είναι Conditioned και Unconditioned. Για τα δωμάτια που έχουν συστήματα θέρμανσης, ψύξης ή εξαερισμού επιλέγουμε Conditioned ενώ για τα υπόλοιπα επιλέγουμε Unconditioned
- **Occupancy:** Από το μενού επιλέγουμε το είδος του κτιρίου και το πρόγραμμα βασισμένο στην έτοιμη βιβλιοθήκη υπολογίζει ποιες ώρες κάθε ημέρας του χρόνου θα υπάρχουν άνθρωποι σε αυτό. Για παράδειγμα αν επιλέξουμε νοσοκομείο αυτόματα συνεπάγεται ότι θα υπάρχουν άνθρωποι κάθε ημέρα. Σημειώνεται ότι ο χρήστης μπορεί να φτιάξει τις δικό του πρόγραμμα κατοίκησης επιλέγοντας από το βασικό μενού Organizers→Schedules όπως φαίνεται παρακάτω .Στη συνέχεια από το παράθυρο που προκύπτει μπορεί να ρυθμίσει ακριβώς ποιες ώρες της ημέρας υπάρχουν άνθρωποι στο κτίριο. Ακολουθούν τα αντίστοιχα παράθυρα που εμφανίζονται αν ακολουθηθεί η παραπάνω διαδικασία.

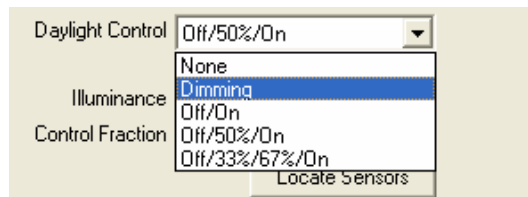


Εικόνα 1.7-Εύρεση Χρονοδιαγράμματος



Εικόνα 1.8-Χρονοδιάγραμμα

- **Infiltration:** Συμβουλευόμενοι τους πίνακες της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) συμπληρώνουμε τις αλλαγές αέρα ανά ώρα που συμβαίνουν στο συγκεκριμένο δωμάτιο. Τυπικές τιμές του ACH(Air Changes per Hour) είναι 0,3 για καλά μονωμένες κατασκευές και 0,5 για μέτρια μονωμένες
- **Skylight:** Εάν έχουμε φεγγίτη στο δωμάτιο επιλέγουμε την συγκεκριμένη παράμετρο
- **Daylight Control:** Εάν έχουμε κάποιο αυτόματο σύστημα ελέγχου των φωτιστικών το επιλέγουμε από το μενού που προκύπτει. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι None, Dimming, On/Off, Off/50%/On και Off/33%/67%/On και αναλύονται στη συνέχεια



Εικόνα 1.9-Επιλογές συστήματος ελέγχου φωτιστικών

None: Επιλέγουμε None αν προφανώς δεν έχουμε εγκατεστημένο κανένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων

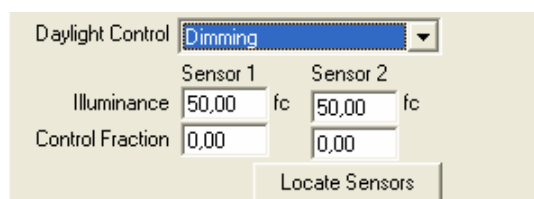
Dimming: Με ειδικούς αισθητήρες το σύστημα καταλαβαίνει αν έχουμε περισσότερη φωτεινότητα στο δωμάτιο από την προκαθορισμένη. Στην περίπτωση αυτή η ένταση των φωτιστικών μειώνεται μέσω της χρήσης αυτόματου ροοστάτη και επιτυγχάνεται η επιθυμητή φωτεινότητα του χώρου, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια

Off/On: Τα φωτιστικά σώματα μπορούν να είναι είτε αναμμένα είτε σβηστά. Δηλαδή αν η προκαθορισμένη φωτεινότητα μπορεί να διατηρηθεί μόνο από το φως της ημέρας τα φώτα παραμένουν σβηστά αλλιώς ανάβουν

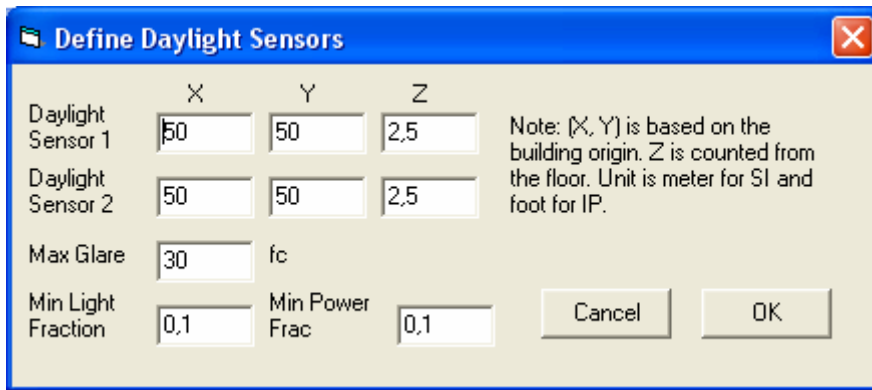
Off/50%/On: Τα φωτιστικά σώματα μπορούν να είναι σβηστά ή αναμμένα στο 50% της ονοματικής τους ισχύς ή πλήρως αναμμένα. Δηλαδή αν η προκαθορισμένη φωτεινότητα μπορεί να διατηρηθεί μόνο από το φως της ημέρας τα φώτα παραμένουν σβηστά αλλιώς ανάβουν βηματικά, πρώτα στο 50% της ισχύς και αν χρειαστεί στο 100%

Off/33%/67%/On: Η λογική είναι ίδια με την ακριβώς από πάνω μόνο που εδώ τα φωτιστικά σώματα ανάβουν σε 3 βήματα αντί για δυο

Αφού επιλέξουμε ποιο από τα παραπάνω συστήματα έχουμε (αν έχουμε κάποιο) πρέπει να συμπληρώσουμε τα παρακάτω πεδία



Εικόνα 1.10-Επιλογή Ροοστάτη



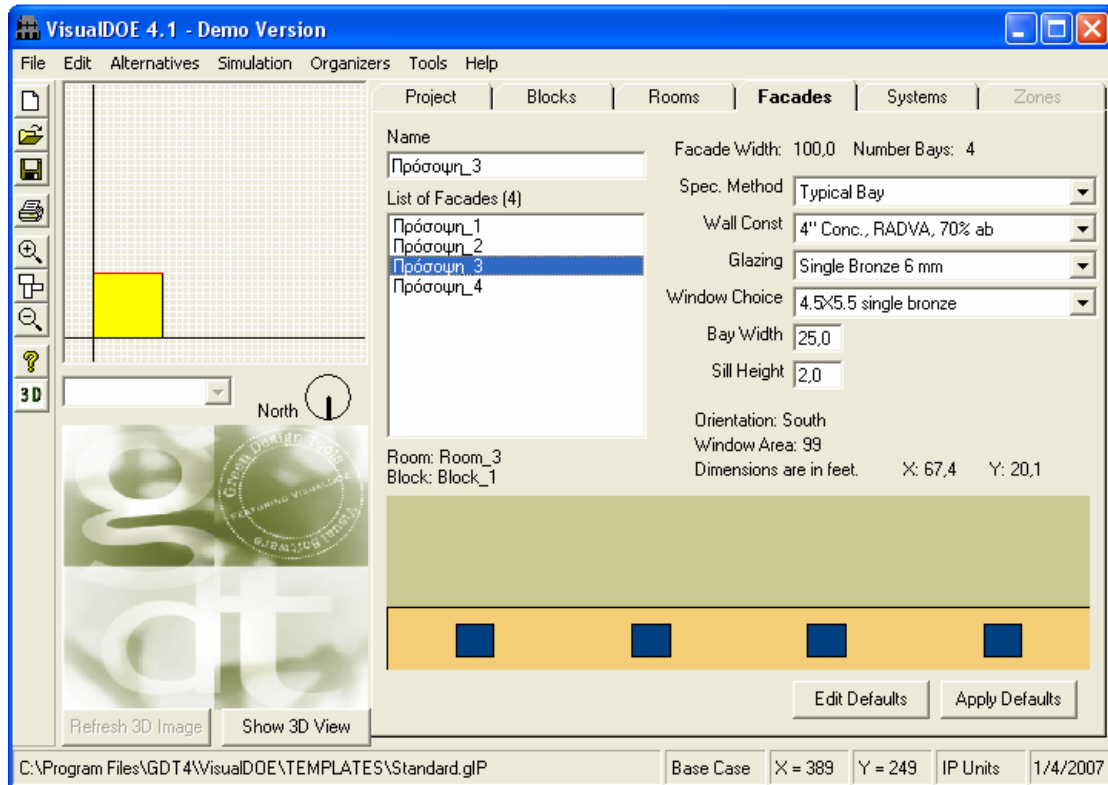
Εικόνα 1.11-Προσδιορισμός Αισθητήρων

Επειδή το φως της ημέρας είναι ένα σχετικά περίπλοκο φαινόμενο το VisualDoe κάνει κάποιες απλουστεύσεις. Θεωρεί ότι υπάρχουν δύο αισθητήρες που μετρούν το φως της ημέρας, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο κέντρο του χώρου και σε ύψος γραφείου. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την θέση των αισθητήρων στον χώρο επιλέγοντας **Locate Sensors** και συμπληρώνοντας τις συντεταγμένες στα αντίστοιχα πεδία

- **Illuminance:** Οι μονάδες για το σύστημα S.I. είναι το lux όπου γνωρίζουμε ότι $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$. Σε αυτό το πεδίο ορίζουμε την φωτεινότητα που επιτυγχάνεται στο δωμάτιο όταν τα φώτα λειτουργούν στο 100% της ισχύος τους και είναι στην ουσία και η επιθυμητή φωτεινότητα. Έτσι εάν με τη συμβολή του φωτός ξεπεραστεί αυτή η επιθυμητή φωτεινότητα τότε τα φώτα μπορεί να σκοτεινιάσουν, να σβήσουν κ.τ.λ. ανάλογα με ποιο σύστημα αυτόματου ελέγχου των φωτιστικών έχουμε εγκατεστημένο. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι όσο μικρότερη είναι η επιθυμητή φωτεινότητα που έχουμε ορίσει τόσο μεγαλύτερη οικονομία θα επιτυγχάνεται στην κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος
- **Control Fraction:** Συμπληρώνουμε ποιο ποσοστό από τα φωτιστικά σώματα του δωματίου ελέγχονται από αυτόματο σύστημα. Για παράδειγμα αν ελέγχεται το 20% συμπληρώνουμε την τιμή 0,2 στο πεδίο. Αυτή η επιλογή υπάρχει γιατί προφανώς μέσα στο δωμάτιο μπορεί να υπάρχουν και φώτα που λειτουργούν συνεχώς κ.τ.λ.

4) Facades

Με την επιλογή της καρτέλας Facades εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Εικόνα1.12-Καρτέλα Facades

Έχοντας δημιουργήσει και διαστασιολογήσει τους χώρους του κτιρίου μας από την καρτέλα Blocks προχωρούμε στην συμπλήρωση της καρτέλας Facades έτσι ώστε να καθορίσουμε τις ιδιότητες των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου. Στο αριστερό μέρος του παραθύρου επιλέγουμε την όψη, της οποίας τα χαρακτηριστικά θα συμπληρώσουμε. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης.

- **Spec. Method:** Επιλέγουμε το είδος της διάταξης των ανοιγμάτων του κτιρίου. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι No openings αν δεν έχουμε καθόλου ανοίγματα σε αυτή την πρόσοψη, Custom Facade αν θέλουμε να διατάξουμε μόνοι μας τα ανοίγματα σε αυτόν τον τοίχο και Typical Bay.

| | |
|---------------|----------------------------|
| Spec. Method | Typical Bay |
| Wall Const | No openings Typical Bay |
| Glazing | Custom Facade |
| Window Choice | 4.5x5.5 single bronze |
| Bay Width | 25 |
| Sill Height | 0 |

Εικόνα 1.13-Είδη ανοιγμάτων κτιρίου

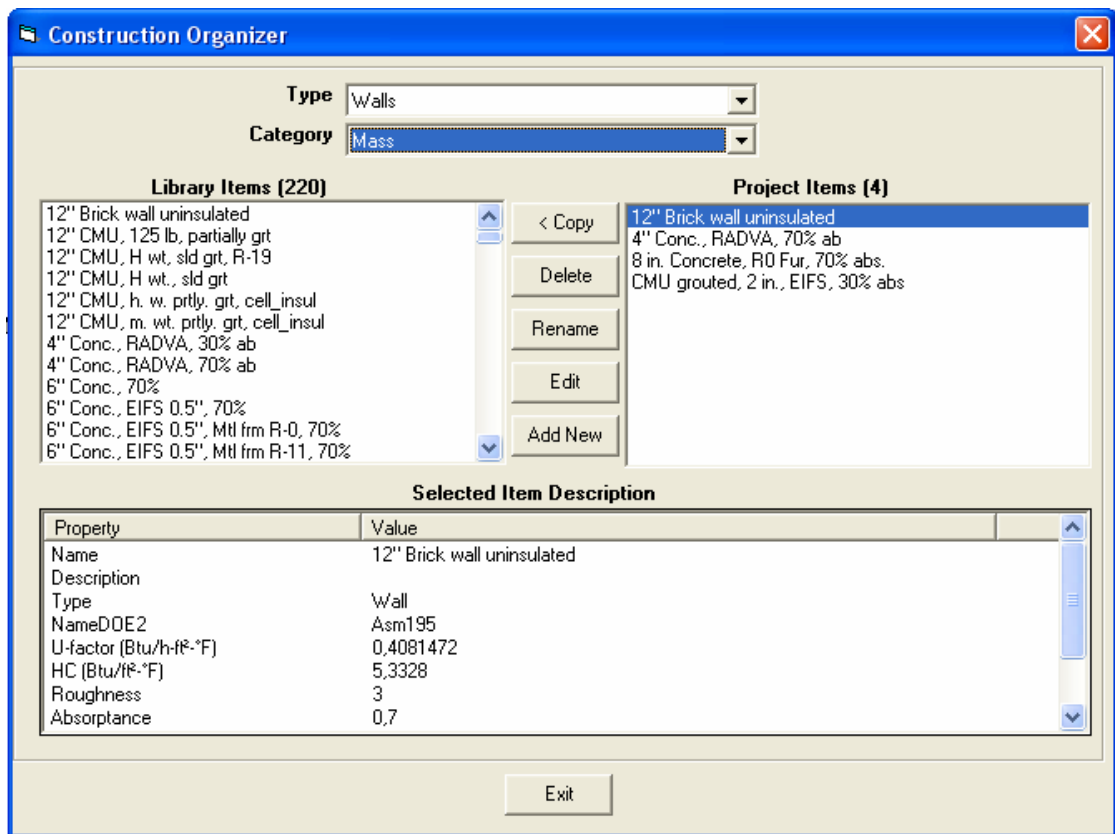
Εάν επιλέξουμε Typical Bay θα πρέπει να καθορίσουμε και κάποια άλλα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να προσδιορισθεί η θέση των ανοιγμάτων, για τα οποία θα γίνει αναφορά στη συνέχεια.

- **Wall Construction:** Από το μενού που προκύπτει επιλέγουμε το είδος του τοίχου (με οπλισμένο σκυρόδεμα, με τούβλα κ.τ.λ.)

| | |
|---------------|---|
| Spec. Method | Typical Bay |
| Wall Const | 4" Conc., RADVA, 70% ab |
| Glazing | 12" Brick wall uninsulated 4" Conc., RADVA, 70% ab |
| Window Choice | 8 in. Concrete, R0 Fur, 70% abs. CMU grouted, 2 in., EIFS, 30% abs |
| Bay Width | Mtl. bldg. 9" insul. Simulated Below-Grade Wall |
| Sill Height | 0 |

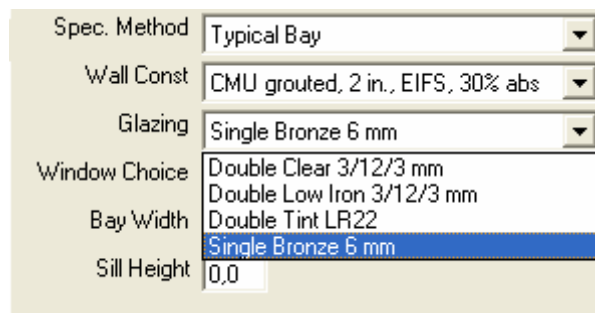
Εικόνα 1.14-Είδη τοίχων

Σημειώνεται ότι αν θέλουμε κάποιο άλλο είδος μπορούμε να το βρούμε επιλέγοντας από το βασικό μενού Organizers → Constructions οπότε θα προκύψει το παρακάτω παράθυρο με μεγαλύτερη λίστα



Εικόνα 1.15-Βιβλιοθήκη υλικών τοιχοποιίας

- **Glazing:** Επιλέγουμε το είδος του τζαμιού από το μενού που προκύπτει



Εικόνα 1.16-Είδη τζαμιών

Σημειώνεται ότι όπως και πριν αν θέλουμε κάποιο άλλο είδος μπορούμε να το βρούμε επιλέγοντας από το βασικό μενού Organizers → Glazings

- **Window Choice:** Επιλέγουμε το είδος του παραθύρου από το μενού που προκύπτει

| | |
|---------------|---|
| Spec. Method | Typical Bay |
| Wall Const | 4" Conc., RADVA, 70% ab |
| Glazing | Double Clear 3/12/3 mm |
| Window Choice | 4.5x5.5 single bronze |
| Bay Width | 1.5x5.5 single bronze 2x6 single bronze 4.5x5.5 single bronze 6x6 Double Clear |
| Sill Height | |

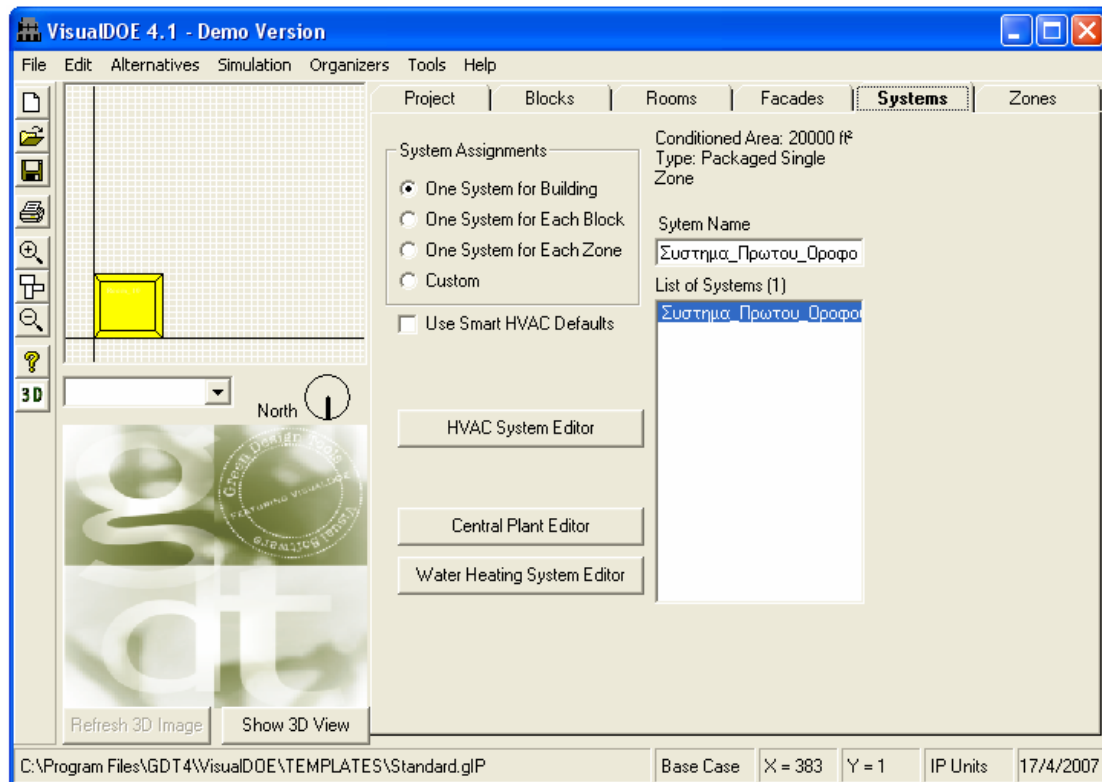
Εικόνα 1.17-Είδη παραθύρων

Σημειώνεται ότι όπως και πριν αν θέλουμε κάποιο άλλο είδος μπορούμε να το βρούμε επιλέγοντας από το βασικό μενού Organizers → Openings

- **Bay Width:** Εισάγουμε την τιμή (σε m για μονάδες στο S.I.) του πλάτους του κύριου τμήματος του τοίχου, με βάση το οποίο το πρόγραμμα θα τοποθετήσει τον ανάλογο αριθμό παραθύρων. Για παράδειγμα αν το πλάτος ολόκληρης της πρόσοψης είναι 100 m και εμείς ορίσουμε το πλάτος του κυρίου τμήματος 20 m τότε το VisualDOE θα διαιρέσει την όψη σε 5 κύρια τμήματα (100m:20m/κύριο τμήμα). Σε καθένα από αυτά θα τοποθετηθεί ένα παράθυρο σύμφωνα με τις επιλογές που έχουμε κάνει παραπάνω στα πεδία Glazing και Window Choice
- **Sill Height:** Εισάγουμε την τιμή (σε m για μονάδες στο S.I.) του ύψους για το κάτω μέρος του παραθύρου. Είναι δηλαδή η απόσταση του χαμηλότερου σημείου του παραθύρου από το έδαφος

5) Systems

Με την επιλογή της καρτέλας Systems εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Εικόνα 1.18-Καρτέλα Systems

Σε αυτήν την καρτέλα ο χρήστης συμπληρώνει τις βασικές παραμέτρους για τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) του κτιρίου. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης.

Στην πάνω αριστερά γωνία της καρτέλας υπάρχουν τέσσερις επιλογές για τον προσδιορισμό του είδους του συστήματος που χρησιμοποιούμε στο κτίριο μας. Οι επιλογές αυτές είναι:

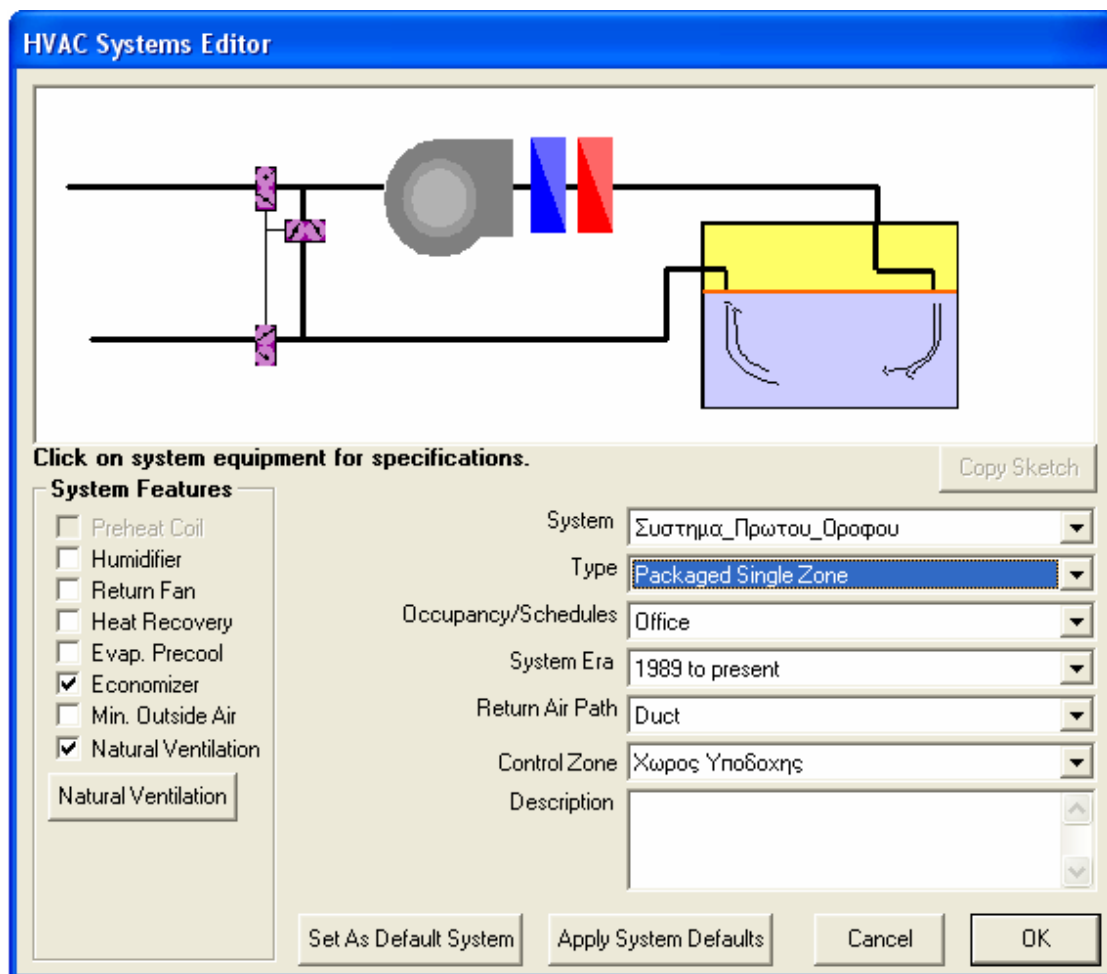
- **One System for Building:** Με αυτή την επιλογή το κτίριο θα έχει μόνο ένα σύστημα HVAC για όλες τις ζώνες ίδιων συνθηκών του κτιρίου και έτσι δίπλα στην λίστα των συστημάτων (List of Systems) εμφανίζεται ένα μόνο σύστημα το οποίο βέβαια μπορεί να τροποποιήσει ο χρήστης. Περισσότερα για τα συστήματα θα αναφέρουμε στη συνέχεια στην αντίστοιχη ενότητα
- **One System for Each Block:** Με αυτή την επιλογή το κτίριο θα έχει ένα σύστημα HVAC για κάθε Block που έχουμε εισάγει (βλ. Σελ. 5). Για παράδειγμα εάν έχουμε πέντε Block θα έχουμε και πέντε ξεχωριστά συστήματα HVAC τα οποία θα εμφανίζονται δίπλα στην λίστα

- **One System for Each Zone:** Εδώ κάθε ζώνη ιδίων συνθηκών (Βλ. Σελ. 5) θα έχει ένα σύστημα HVAC και στη λίστα με τα συστήματα θα υπάρχει ο ανάλογος αριθμός συστημάτων. Όταν επιλέγουμε το σύστημα από την λίστα αυτόματα τονίζεται η ζώνη στην οποία αντιστοιχεί
- **Custom:** Με αυτή την επιλογή μπορούμε να δημιουργήσουμε τα δικά μας συστήματα που ταιριάζουν στις απαιτήσεις μας και με την λογική Drag and Drop να τα αντιστοιχίσουμε με τις ζώνες

Κάτω από τις επιλογές για τον προσδιορισμό του συστήματος υπάρχει η επιλογή **Use Smart HVAC Defaults**. Αν επιλέξουμε την παράμετρο αυτή το πρόγραμμα προσδιορίζει αυτόματα τα συστήματα HVAC με βάση το μέγεθος του κτιρίου, και τον αριθμό των ανθρώπων σε αυτό.

Ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση για τις τρεις επιλογές **α) HVAC System Editor β) Central Plant Editor και γ) Water Heating System Editor**.

α) HVAC System Editor: Με την επιλογή αυτή μπορούμε να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Εμφανίζεται ένα διάγραμμα του συστήματος όπως το παρακάτω



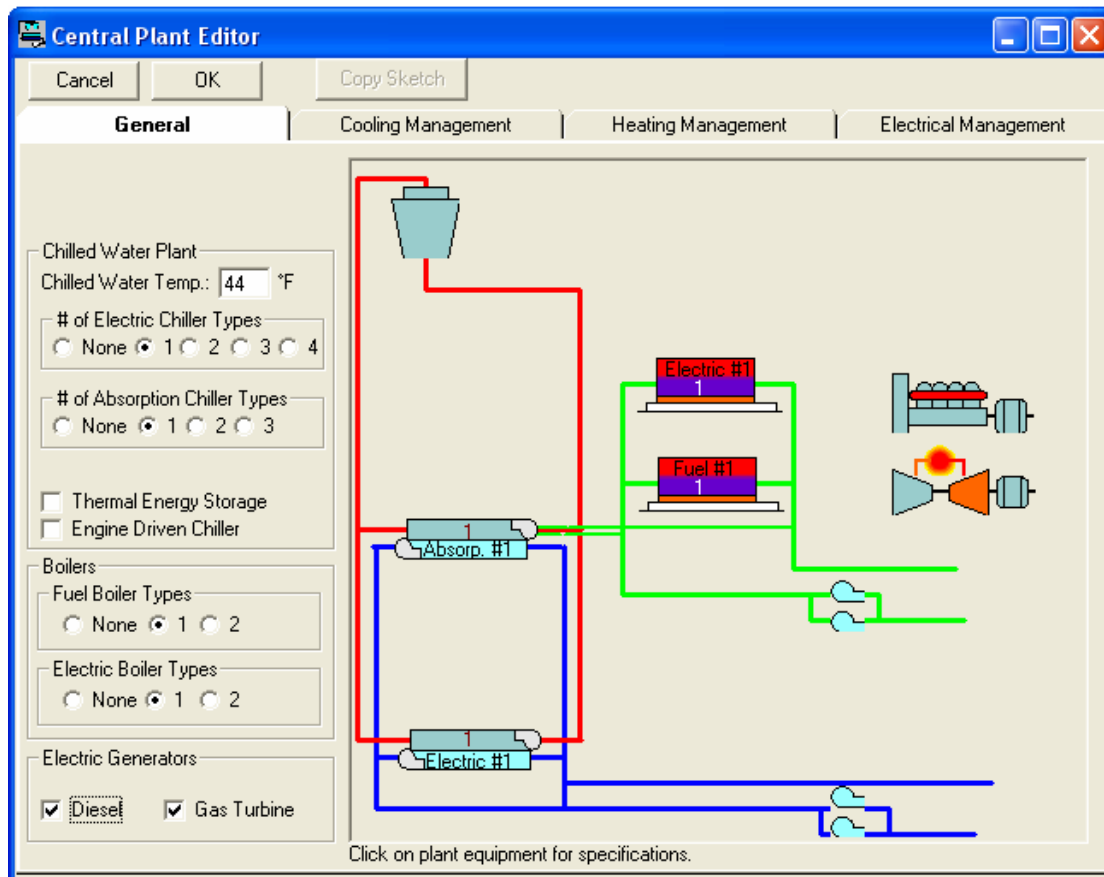
Εικόνα 1.19-Χαρακτηριστικά συστήματος HVAC

Στο διάγραμμα εμφανίζονται εποπτικά τα κύρια μέρη του συστήματος, όπως είναι ο Economizer, ο υγραντήρας κ.τ.λ. Το διάγραμμα αλλάζει ανάλογα με το είδος του συστήματος που επιλέγουμε και ανάλογα με το ποιο από τα παραπάνω

εξαρτήματα έχουμε επιλέξει στα κουτάκια που υπάρχουν αριστερά. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης.

- **System:** Αυτή η λίστα περιέχει όλα τα συστήματα που έχουμε δημιουργήσει στην καρτέλα Systems. Όταν τελειώσουμε με την τροποποίηση του συστήματος προχωρούμε στην επιλογή του επόμενου από την λίστα
- **Type:** Σε αυτή την λίστα υπάρχουν όλα τα είδη συστήματος. Διαλέγουμε αυτό που είναι εγκατεστημένο στον εν λόγω χώρο (αν πρόκειται για ήδη υπάρχον κτίριο) ή αυτό που πρόκειται να εγκαταστήσουμε
- **Occupancy/Schedules:** Επιλέγουμε από την λίστα το είδος χρήσης του συγκεκριμένου χώρου, δηλαδή αν πρόκειται για γραφεία, σχολείο, ξενοδοχείο κ.τ.λ.
- **System Era:** Επιλέγουμε την περίοδο κατά την οποία η πλειοψηφία των εξαρτημάτων του συστήματος αγοράστηκε και εγκαταστάθηκε στο κτίριο. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι πριν το 1950, 1951-1977, 1978-1988 και 1989 μέχρι σήμερα
- **Return Air Path:** Επιλέγουμε τον τρόπο με τον οποίο επιστρέφει ο αέρας (μέσω αγωγού κ.τ.λ.)
- **Control Zone:** Αυτή η λίστα περιέχει όλους τους χώρους που εξυπηρετούνται από το συγκεκριμένο σύστημα. Επιλέγουμε έναν από αυτούς τους χώρους ως χώρο ελέγχου. Αυτή η επιλογή είναι πολύ σημαντική, ειδικά όταν έχουμε πολλές ζώνες που εξυπηρετούνται από ένα μονοζωνικό σύστημα αφού το σύστημα θα προσπαθεί να διατηρήσει τις συνθήκες άνεσης στο χώρο ελέγχου
- **Description:** Σε αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να γράψει μια σύντομη περιγραφή του συστήματος

β) Central Plant Editor: Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει συνοπτικά την κεντρική εγκατάσταση ψύξης-θέρμανσης του κτιρίου. Το διάγραμμα περιέχει μόνο τα βασικά μέρη της συνολικής εγκατάστασης όπως είναι τα boilers, οι πύργοι ψύξης, οι κυκλοφορητές κ.τ.λ. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης



Εικόνα 1.20-Διάγραμμα κεντρικής εγκατάστασης κτιρίου

Υπάρχουν τέσσερις καρτέλες στον Central Plant Editor οι οποίες είναι οι General, Cooling Management, Heating Management και Electrical Management.

General: Σε αυτή την καρτέλα εισάγουμε τις βασικές πληροφορίες για την εγκατάσταση του κτιρίου και ουσιαστικά φτιάχνουμε την δομή του συστήματος

- **Chilled Water Temp:** Είναι η θερμοκρασία (σε °C για σύστημα S.I.) του νερού που πηγαίνει στα coils.
- **Electric Chiller Types:** Επιλέγουμε τον αριθμό των διαθέσιμων Chiller
- **Absorption Chiller Types:** Επιλέγουμε τον αριθμό των διαθέσιμων Chiller
- **Thermal Energy Storage:** Αν επιλέξουμε το κουτάκι εμφανίζεται στο διάγραμμα δίπλα το αντίστοιχο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Πατώντας στο διάγραμμα μπορούμε να καθορίσουμε τις ιδιότητες του συστήματος
- **Boilers:** Επιλέγουμε το είδος και τον αριθμό των boilers που υπάρχουν στην εγκατάσταση μας
- **Electric Generators:** Επιλέγουμε το είδος της γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος που έχουμε στο κτίριο μας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι Diesel και Gas Turbine

Cooling Management: Σε αυτή την καρτέλα καθορίζουμε το με ποια αλληλουχία θα δουλεύουν οι chillers ανάλογα με το φορτίο τους (σε τόνους)

Central Plant Editor

Cancel OK Copy Sketch

General **Cooling Management** Heating Management Electrical Management

Chiller Type #1: 1#1 - Auto

Absorp. Chiller Type #1: 1#A1 - 50

Engine-driven Chiller: 1#EC - 0

Thermal Energy Storage: T - Auto

Custom Cooling Ranges

Schedule: All Year

Time Periods: All Year

Equipment Operation: Run equipment as prioritized

CHW Plant Availability Schedule: Always Available

Load Range (Tons)

From: 0

To: 0

| | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Priority #1: | | | | | | | | | |
| Priority #2: | | | | | | | | | |
| Priority #3: | | | | | | | | | |
| Priority #4: | | | | | | | | | |
| Priority #5: | | | | | | | | | |
| Priority #6: | | | | | | | | | |
| Priority #7: | | | | | | | | | |
| Priority #8: | | | | | | | | | |
| Priority #9: | | | | | | | | | |

* To delete an item use the right mouse button.

Εικόνα 1.21-Διαχείριση ψυκτικών φορτίων

Το μέγεθος του κάθε chiller είναι δίπλα στον αριθμό του. Δηλαδή με την ένδειξη #2-100 καταλαβαίνουμε ότι πρόκειται για τον chiller τύπου 2 με μέγιστο φορτίο 100 ψυκτικούς τόνους. Για να γίνει κατανοητό το πως ακριβώς φτιάχνουμε το πρόγραμμα για την διαχείριση του φορτίου ψύξης ακολουθεί ένα παράδειγμα.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο chillers έναν 100 ψυκτικών τόνων (#1-100) και έναν 200 ψυκτικών τόνων (#2-200). Θέλουμε να δουλεύει ο #1 όταν το φορτίο είναι μέχρι 100 ψυκτικούς τόνους, ο #2 όταν το φορτίο είναι από 100 έως 200 ψυκτικούς τόνους και να δουλεύουν και οι δύο μαζί όταν το φορτίο είναι μεγαλύτερο από 200 ψυκτικούς τόνους. Με τη λογική Drag & Drop παίρνουμε τον #1 και τον αφήνουμε στην πρώτη στήλη οπότε από πάνω έχουμε την ένδειξη από 0 έως 100 ψυκτικούς τόνους. Στη συνέχεια αφήνουμε τον #2 στην δεύτερη στήλη και η ένδειξη είναι από 100 έως 200 ψυκτικούς τόνους. Τέλος στην τρίτη στήλη αφήνουμε και τους δύο μαζί οπότε έχουμε την ένδειξη από 200 έως 300 ψυκτικούς τόνους.

Heating Management: Με την επιλογή αυτή προκύπτει η αντίστοιχη καρτέλα για την διαχείριση του φορτίου θέρμανσης.

Central Plant Editor

Cancel OK Copy Sketch

General Cooling Management **Heating Management** Electrical Management

Fuel Boiler Type #1: 1#F1 - Auto

Electric Boiler Type #1: 1#E1 - Auto

Schedule: All Year

Time Periods: All Year

Equipment Operation: Run equipment as prioritized

HW Plant Availability Schedule: Always Available

Custom Heating Ranges

Load Range (MBtu/hr)

From:

To:

| | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Priority #1: | | | | | | | | |
| Priority #2: | | | | | | | | |
| Priority #3: | | | | | | | | |
| Priority #4: | | | | | | | | |
| Priority #5: | | | | | | | | |
| Priority #6: | | | | | | | | |
| Priority #7: | | | | | | | | |
| Priority #8: | | | | | | | | |
| Priority #9: | | | | | | | | |

* To delete an item use the right mouse button.

Εικόνα 1.22-Διαχείριση θερμικών φορτίων

Ισχύουν τα ίδια με την καρτέλα **Cooling Management** όσον αφορά τον τρόπο ονομασίας των boilers και την διαδικασία με την οποία φτιάχνουμε το πρόγραμμα για την αλληλουχία λειτουργίας τους.

Electrical Management: Με την επιλογή αυτή προκύπτει η αντίστοιχη καρτέλα για την διαχείριση του ηλεκτρικού φορτίου

Central Plant Editor

Cancel OK Copy Sketch

General Cooling Management Heating Management **Electrical Management**

Cogeneration Tracking Mode: Scheduled

Mode Schedule: TimePeriod

Diesel Generators: 1#D - Auto

Gas Turbine Generators: 1#G - Auto

Schedule: All Year

Time Periods: All Year

Equipment Operation: Run equipment as prioritized

Custom Electrical Ranges

Load Range (kW)

From:

To:

| | | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| Priority #1: | | | | |
| Priority #2: | | | | |
| Priority #3: | | | | |
| Priority #4: | | | | |
| Priority #5: | | | | |
| Priority #6: | | | | |
| Priority #7: | | | | |
| Priority #8: | | | | |

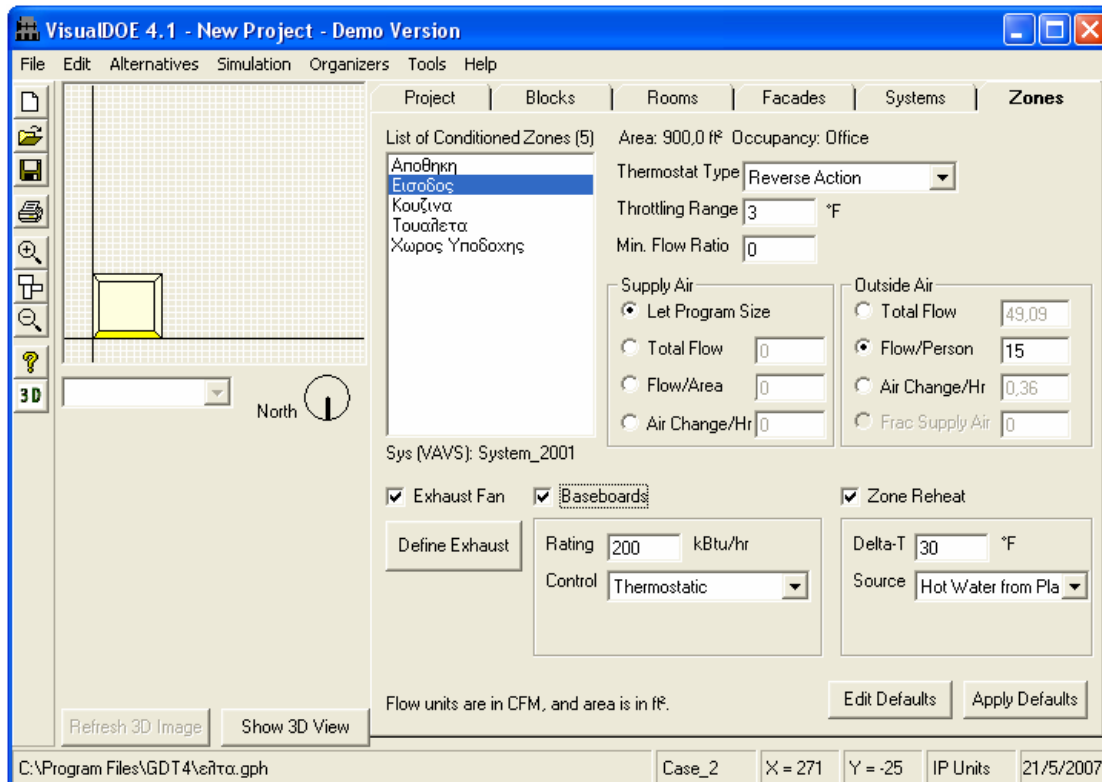
* To delete an item use the right mouse button.

Εικόνα 1.23-Διαχείριση ηλεκτρικού φορτίου

Ισχύουν τα ίδια με πριν όσον αφορά τον τρόπο ονομασίας των γεννητριών και την διαδικασία με την οποία φτιάχνουμε το πρόγραμμα για την αλληλουχία λειτουργίας τους.

6) Zones

Με την επιλογή της καρτέλας Zones εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Εικόνα 1.24-Καρτέλα Zones

Σε αυτήν την καρτέλα ο χρήστης συμπληρώνει τις βασικές παραμέτρους για τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) της κάθε ζώνης ίδιων συνθηκών του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα το είδος του θερμοστάτη. Η καρτέλα Zones είναι παρόμοια με την καρτέλα Rooms. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης.

- **Thermostat Type:** Οι επιλογές είναι Proportional (Αναλογικός), Reverse Action (Αντίστροφης Δράσης) και Two-position (Δύο θέσεων). Με έναν αναλογικό θερμοστάτη η απόδοση του συστήματος είναι γραμμικά ανάλογη με την θερμοκρασιακή διαφορά του σημείου σχεδίασης από τον χώρο ελέγχου. Ο θερμοστάτης δύο θέσεων χρησιμοποιείται σε κατοικίες και το σύστημα ψύξης ή θέρμανσης είναι πλήρως ανοιχτό ή πλήρως κλειστό
- **Throttling Range:** Σε αυτό το πεδίο ο χρήστης συμπληρώνει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασιακή απόκλιση από το σημείο σχεδίασης. Οι μονάδες είναι °C για σύστημα S.I.

- **Minimum Flow Ratio:** Είναι η ελάχιστη επιτρεπόμενη ροή αέρα εκφρασμένη ως κλάσμα της μέγιστης ροής. Μια τυπική τιμή για αυτό το πεδίο είναι 0,3 και οι μονάδες είναι lt/λεπτό για σύστημα S.I.
- **Supply Air:** Σε αυτό το πλαίσιο υπάρχουν τέσσερις επιλογές για τον καθορισμό της παροχής αέρα και οι οποίες είναι Let Program Size, Total Flow (cfm ή l/s), Flow/Area (cfm/ft² ή (l/s)/m²) και Air Change/Hour.
- **Outside Air:** Είναι η ποσότητα του εξωτερικού αέρα που φτάνει στη ζώνη μέσω του συστήματος HVAC και μπορεί να καθοριστεί με τους εξής τέσσερις τρόπους: Total Flow (cfm ή l/s), Flow/Person (cfm/person ή (l/s)/person), Air Change/Hour και Fraction Supply Air. Συμπληρώνοντας ένα από αυτά τα πεδία το πρόγραμμα αυτόματα υπολογίζει τις τιμές και στα υπόλοιπα
- **Zone Reheat:** Εάν το σύστημα μας έχει την δυνατότητα επαναθέρμανσης του αέρα τσεκάρουμε το κουτάκι και εμφανίζονται δύο πεδία που είναι τα Delta-T και Source.
 - **Delta-T:** Είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στη τερματική μονάδα σε °C για μονάδες στο σύστημα S.I.
 - **Heat Source:** Σε αυτό το πεδίο καθορίζουμε την πηγή θέρμανσης για την επαναθέρμανση του αέρα. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι Hot Water from Plant (Ζεστό νερό από την εγκατάσταση) και Electric Resistance (Ηλεκτρική αντίσταση)
- **Exhaust Fan:** Εάν υπάρχει ανεμιστήρας εξαγωγής του αέρα επιλέγουμε το κουτάκι και με την επιλογή Define Exhaust προκύπτουν τα παρακάτω παράθυρα

Zone Exhaust

Specification Method

Static Pressure/Efficiency

Power/Unit Volume

Air Volume: cfm

Static Pressure: in. water

Mech. Efficiency:

Drive Efficiency:

Motor Efficiency:

Note: DOE-2 will increase the outside air volume to this amount automatically no matter what the MIN-AIR-SCH is. Exhaust fan runs at constant speed based on the supply fan schedule.

Cancel OK

Εικόνα 1.25-Προσδιορισμός ανεμιστήρα εξαγωγής αέρα μέσω της στατικής πίεσης και της αποδοτικότητας

Εικόνα1.26-Προσδιορισμός ανεμιστήρα εξαγωγής αέρα μέσω της ισχύς και της παροχής όγκου

Υπάρχουν δύο τρόποι καθορισμού του ανεμιστήρα εξαγωγής: Μέσω της στατικής πίεσης και της αποδοτικότητας (**Static Pressure/Efficiency**) και μέσω της ισχύς του ανεμιστήρα και την παροχή όγκου (**Power/Unit Volume**)

Static Pressure/Efficiency

- **Air Volume:** Είναι η παροχή όγκου αέρα (cfm ή l/s) του ανεμιστήρα εξαγωγής
- **Static Pressure:** Εισάγουμε την στατική πίεση του αέρα (in ή Pa)
- **Mechanical Efficiency:** Είναι η μηχανική απόδοση του ανεμιστήρα
- **Motor Efficiency:** Εισάγουμε τον βαθμό απόδοσης του κινητήρα

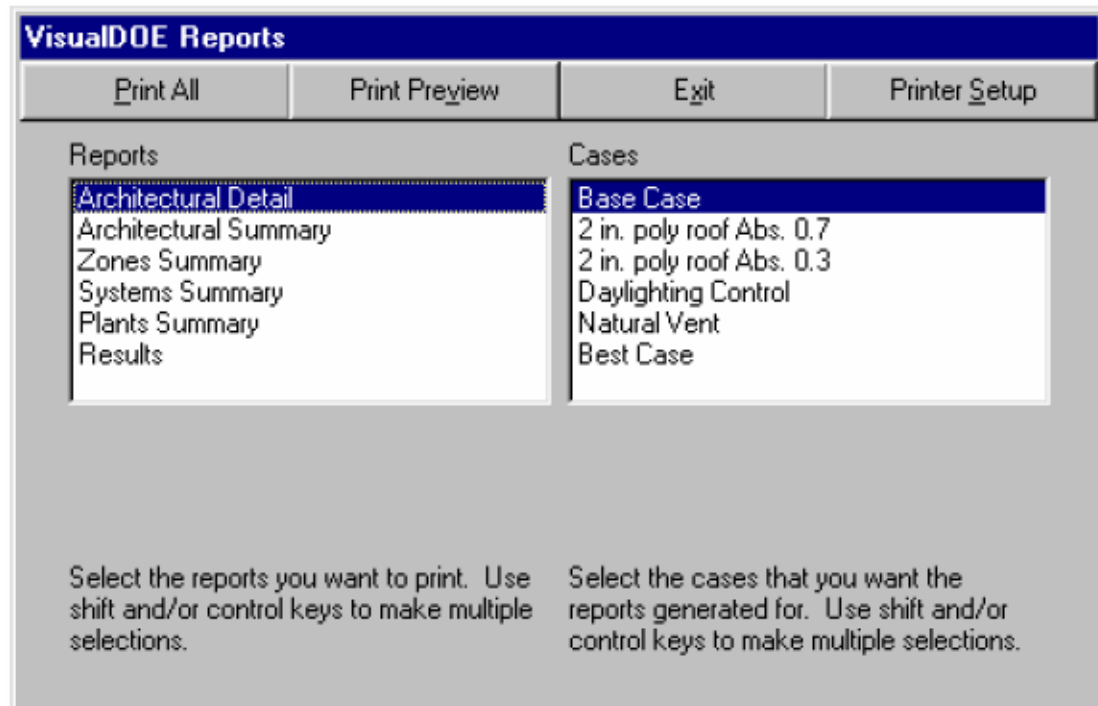
Power/Unit Volume

- **Air Volume:** Είναι η παροχή όγκου αέρα (cfm ή l/s) του ανεμιστήρα εξαγωγής
- **Power:** Είναι η ισχύς (bhp ή Watt) που χρειάζεται ο ανεμιστήρας για να λειτουργήσει
- **Baseboards:** Εάν έχουμε θερμαντικά στοιχεία τοποθετημένα στο φάνωμα κατά μήκος του σανιδώματος βάσης του τοίχου τότε επιλέγουμε το συγκεκριμένο πεδίο. Πρέπει να συμπληρώσουμε τον ρυθμό θερμότητας (**Rating KBtu/hr ή Watt**)

Αποτελέσματα-Αναφορές

Με την επιλογή Simulation→Reports μπορούμε να δούμε συνοπτικά τα δεδομένα που έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα καθώς επίσης και τα αποτελέσματα

Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των διαθέσιμων αναφορών που μπορεί να εξάγει το πρόγραμμα.



Εικόνα1.27-Επιλογή αναφοράς

- **Architectural Detail:** Αυτή η αναφορά συνοψίζει τις πληροφορίες που έχουμε εισάγει σχετικά με το είδος των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή καθώς επίσης και για το μέγεθος και το σχήμα του κτιρίου

Print Preview

Export RTF Export PDF Close

VisualDOE 4.0 - Architectural Details July 29, 2003

Project Information
 Name: Training Exercise
 Description: This is a 19-story hotel
 Analysis done by: moi@Eley Associates
 Gross Area: 492,200 ft²
 Project File: c:\dev\visdoe\training\2003\march\rd\cd\training\files\exercise\exercise.gp
 Case Name: Base Case
 Case Description: Base Case
 Number of Blocks: 3

Block 1, Level 1: Base Assembly

| Block Information | | Ceiling and Plenum Heights | |
|-------------------|--------------------|----------------------------|-------|
| Shape | Lshape1 | Floor to Floor Height | 20 ft |
| Zoning | Perimeter Interior | Plenum Height | 4 ft |
| Zone Depth | 10 ft | Number of Floors | 3 |
| Number of Zones | 7 | | |
| Number of Facades | 6 | | |

| Block Dimensions | | Widths (ft) | | Depths (ft) | |
|------------------|---|-------------|-----|-------------|-----|
| Coordinates (ft) | | Width | 200 | Depth | 200 |
| X | 0 | W2 | 160 | | 40 |
| Y | 0 | | | | |
| Z | 0 | | | | |

| Block Constructions | | U-Factor (Btu/h-ft ² -°F) | Heat Cap. (Btu/ft ² -°F) |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Roof | Mtl. Frm. R-19, 70% abs | 0.079 | 1.9 |
| Ceiling | Suspended Ceiling | 0.489 | 0.2 |
| Floor | R-7 Mass | 0.134 | 9.3 |
| Int. Floor | R-0 Mass | 0.182 | 9.3 |
| Interior Wall | Partition | 0.367 | 1.0 |

| Facade Dimensions | | | |
|-------------------|----------------|--------------------|-------------------|
| Name | Bay Width (ft) | Window Height (ft) | Window Width (ft) |
| Surface_107 | 16 | 8 | 8 |
| Surface_110 | 16 | 8 | 8 |
| Surface_116 | 16 | 16 | 10 |
| Surface_118 | 16 | 16 | 10 |

| Facade Shading | | | | | | | |
|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Name | Window Recess (ft) | Interior Shading | Exterior Shading | Overhang Distance (ft) | Overhang Projection (ft) | Side Fin Distance (ft) | Side Fin Projection (ft) |
| Surface_107 | 0 | No | No | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| Surface_110 | 0 | No | No | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| Surface_116 | 0 | No | No | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| Surface_118 | 0 | No | No | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |

| Facade Constructions | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|--------------------------------------|------|-------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Name | Window Construction | U-Factor (Btu/h-ft ² -°F) | SC | VLT | Wall Construction | U-Factor (Btu/h-ft ² -°F) | HC (Btu/ft ² -°F) |
| Surface_104 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 6" Conc., Mtl frm R-11, 70% | 0.072 | 8.0 |
| Surface_107 | Single Bronze 6 mm | 1.087 | 0.71 | 0.534 | 6" Conc., Mtl frm R-11, 70% | 0.072 | 8.0 |
| Surface_110 | Single Bronze 6 mm | 1.087 | 0.71 | 0.534 | 6" Conc., Mtl frm R-11, 70% | 0.072 | 8.0 |
| Surface_113 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 6" Conc., Mtl frm R-11, 70% | 0.072 | 8.0 |
| Surface_116 | Single Bronze 6 mm | 1.087 | 0.71 | 0.534 | 6" Conc., Mtl frm R-11, 70% | 0.072 | 8.0 |

Εικόνα 1.28-Αναφορά για τις αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες

- **Architectural Summary:** Αυτή η αναφορά περιέχει αθροιστικές λεπτομέρειες όπως το συνολικό εμβαδόν των διαφόρων επιφανειών και παραθύρων του κτιρίου κ.τ.λ

Print Preview

Export RTF Export PDF Close

VisualDOE 4.0 - Architectural Summary July 29, 2003

Project Information
 Name: Training Exercise
 Description: This is a 19-story hotel
 Analysis done by: moi@ Eley Associates
 Project File: c:\dov\visualdoe\training\2003 march\vd cd\training files\exercice\exercice.gph
 Case Name: high efficient chiller
 Case Description: efficiency of 0.48 kW/ton
 Gross Area: 492,200 ft²
 Conditioned Area: 492,200 ft²
 Window-Wall-Ratio: 0.228
 Skylight-Roof-Ratio: 0
 Number of Blocks: 3
 Note: This report includes floor multipliers

Occupancies Summary

| Name | Area (ft ²) | Avg. LPD (W/ft ²) | Avg. EPD (W/ft ²) |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Restaurant | 8,000 | 2.0 | 1.0 |
| Hotel | 369,000 | 1.0 | 0.5 |
| Assembly | 115,200 | 2.0 | 1.0 |
| Building Totals & Averages | 492,200 | 1.25 | 0.63 |

Constructions Summary

| Name | Net Area (ft ²) | U-Factor (Btu/h-ft ² -°F) | Heat Cap. (Btu/ft ² -°F) | Absorptance | Type | Category | Layers |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|----------|--------|
| Partition | 139,266 | 0.39 | 1.04 | 0.3 | Partitions | Light | 3 |
| R-0 Mass | 492,200 | 0.18 | 9.33 | 0.7 | Floors | Light | 3 |
| R-7 Mass | 38,400 | 0.13 | 9.33 | 0.7 | Floors | Light | 3 |
| Mtl. Firm. R-19, 70% abs | 16,600 | 0.08 | 1.96 | 0.7 | Roofs | Light | 4 |
| 6" Conc., Mtl firm R-11, 70% | 110,096 | 0.07 | 6.0 | 0.7 | Walls | Light | 2 |

Fenestrations Summary

| Name | Ucog (Btu/h-ft ² -°F) | SHGC | Tvis | North (ft ²) | East (ft ²) | South (ft ²) | West (ft ²) | Total (ft ²) | No. |
|----------------------------|----------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----|
| Single Bronze 6 x 6 | 1.067 | 0.610 | 0.534 | 0 | 2,304 | 2,304 | 0 | 4,608 | 72 |
| Single Bronze 10 x 16 | 1.067 | 0.610 | 0.534 | 960 | 0 | 0 | 960 | 1,920 | 12 |
| Single Bronze 6 x 5 | 1.067 | 0.610 | 0.534 | 9,000 | 9,600 | 3,000 | 3,600 | 25,200 | 630 |
| Single Bronze 16 x 10 | 1.067 | 0.610 | 0.534 | 0 | 0 | 160 | 320 | 480 | 3 |
| Single Clear 16 x 10 | 1.067 | 0.815 | 0.881 | 0 | 0 | 160 | 160 | 320 | 2 |
| Building Totals & Averages | 1.067 | 0.612 | 0.537 | 9,960 | 11,904 | 5,624 | 5,040 | 32,528 | 719 |

Εικόνα1.29-Αναφορά για τις αθροιστικές αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες

- **Zones Summary:** Σε αυτή την αναφορά συνοψίζονται οι πληροφορίες σχετικά με τις ζώνες ίδιων συνθηκών του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένου και των εσωτερικών φορτίων όπως και την παροχή αέρα

Print Preview

Export RTF Export PDF Close

VisualDOE 4.0 - Zones Summary July 29, 2003

Project Information
 Name: Training Exercise
 Description: This is a 19-story hotel
 Analysis done by: moi@Eley Associates
 Project File: c:\dev\visualdoe\training\2003 march\vd cd\training files\exercise\exercise.gph
 Case Name: High efficient chiller
 Case Description: efficiency of 0.48 kWton
 Number of Blocks: 3

Zone Loads

| Name | Area (ft ²) | LPD (W/ft ²) | EPD (W/ft ²) | Occupancy | Occupant Density (ft ² /person) | Daylight Control | Illuminance (fc) | Control Fraction | Infiltration (ach) | Peak Load C/Ht (kBtu/h) |
|--------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|--|------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------|
| Asm1 | 4500 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/56.7 |
| Asm2 | 5700 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/71.82 |
| Asm3 | 5700 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/71.82 |
| Asm4 | 4500 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/56.7 |
| Asm5 | 1200 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/15.12 |
| Asm6 | 1200 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 50.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/15.12 |
| Asm Core | 52400 | 2.00 | 1.00 | Assembly | 200.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/164.24 |
| Dinning Area | 6000 | 2.00 | 1.00 | Restaurant | 100.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/356.7 |
| Kitchen | 2000 | 2.00 | 5.00 | Restaurant | 100.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/210.3 |
| SGuestRooms | 7500 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/8.43 |
| WGuestRooms | 7500 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/8.43 |
| NWGuestRooms | 39000 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/49.03 |
| NGuestRooms | 10500 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/13.2 |
| EGuestRooms | 13500 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/16.97 |
| SEGuestRooms | 36000 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/45.26 |
| CGuestRooms | 255000 | 1.00 | .50 | Hotel | 250.0 | None | n.a. | n.a. | 0.2 | 0/320.61 |

Supply Air

| Name | Total Flow (cfm) | Flow/Area (cfm/ft ²) | Air change/hour | Min. Flow Ratio | Cap. (kBtu/hr) | Cool/Heat |
|--------------|------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| Asm1 | 1500 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /583 |
| Asm2 | 1900 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /739 |
| Asm3 | 1900 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /739 |
| Asm4 | 1500 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /583 |
| Asm5 | 400 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /156 |
| Asm6 | 400 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /156 |
| Asm Core | 30800 | 1 | 3.75 | 0.3 | n.a. | /1197.5 |
| Dinning Area | AutoSized - 9436 | 0 | 0 | 1 | n.a. | /611.5 |
| Kitchen | AutoSized - 5564 | 0 | 0 | 1 | n.a. | /350.5 |
| SGuestRooms | 250 | 0.5 | 3 | 1 | 9.2 | /11.5 |
| WGuestRooms | 250 | 0.5 | 3 | 1 | 9.2 | /11.5 |
| NWGuestRoom | 1300 | 0.5 | 3 | 1 | 47.8 | /596 |
| s | | | | | | |
| NGuestRooms | 350 | 0.5 | 3 | 1 | 12.8 | /160 |
| EGuestRooms | 450 | 0.5 | 3 | 1 | 16.6 | /206 |
| SEGuestRooms | 1200 | 0.5 | 3 | 1 | 44.3 | /550 |
| CGuestRooms | 6500 | 0.5 | 3 | 1 | 315.0 | /3997 |

Outside Air

| Name | Total Flow (cfm) | Flow(cfm)/Person | Air change/hour | Fraction Supply Air |
|--------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Asm1 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm2 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm3 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm4 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm5 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm6 | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Asm Core | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Dinning Area | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| Kitchen | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| SGuestRooms | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| WGuestRooms | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| NWGuestRooms | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |
| NGuestRooms | n.a. | 15 | n.a. | n.a. |

Εικόνα 1.30-Αναφορά για τις θερμικές ζώνες

- **Systems Summary:** Αυτή η αναφορά περιέχει πληροφορίες για κάθε σύστημα

VisualDOE 4.0 - Systems Summary July 29, 2003

Project Information
 Name: Training Exercise
 Address: Address
 Description: This is a 19-story hotel
 Analysis done by: moi @ Eley Associates
 Project File: c:\dev\visdoe\training\2003 march\vd cd\training files\exercise\exercise.gph
 Case Name: high efficient chiller
 Case Description: efficiency of 0.40 kW/ton
 Number of Systems: 3

Systems Summary

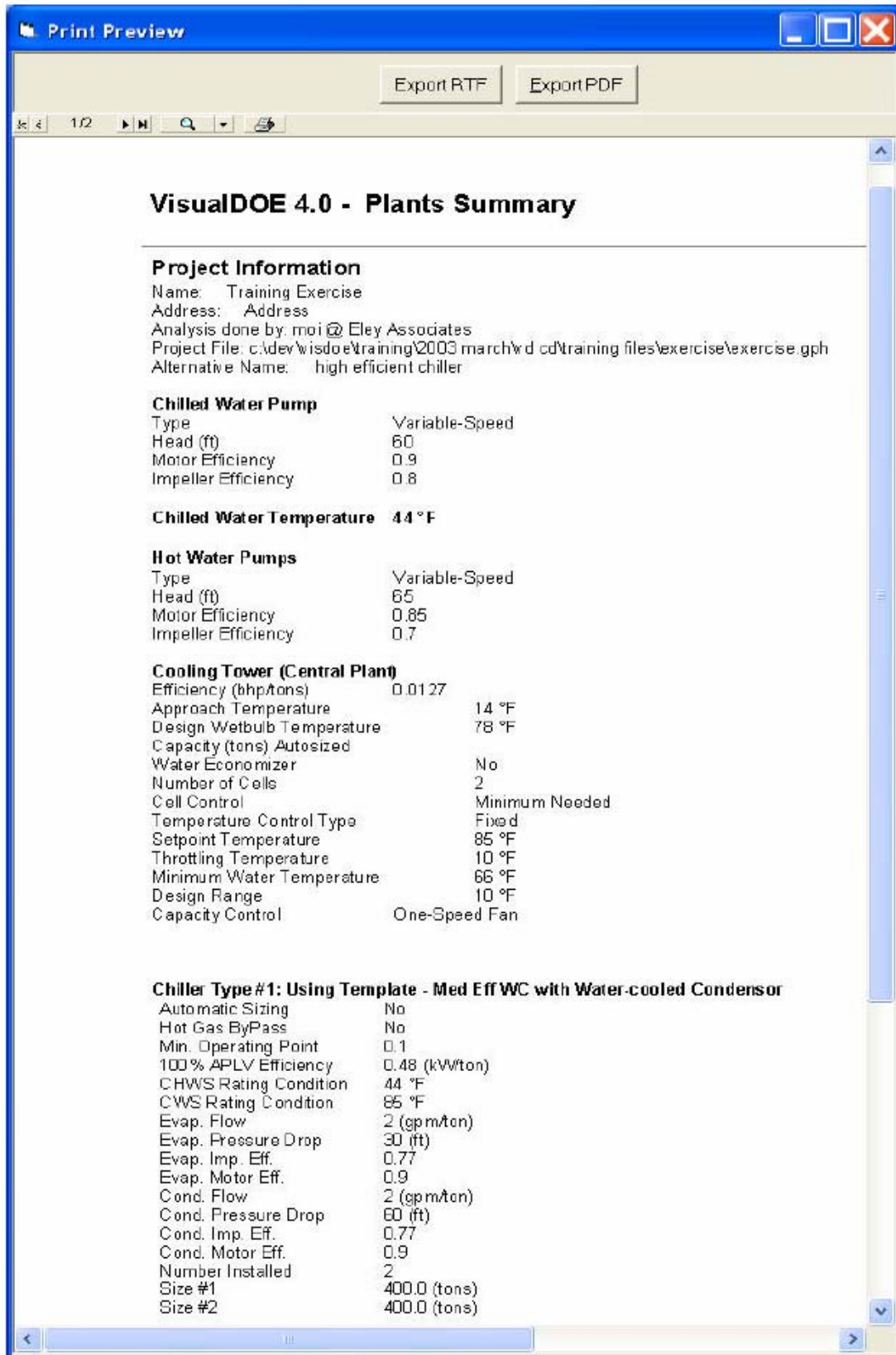
| Name | Type | Cond. Area (ft ²) | Supply (CFM) | Min. OA | Cooling Cap (kBtu/h) | Heating Cap (kBtu/h) | Cooling Peak (kBtu/h) | Heating Peak (kBtu/h) | Cooling Energy (MBtu) | Heating Energy (MBtu) |
|-----------------|------|-------------------------------|--------------|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Asm VAV | VAVS | 115200 | 120000 | 0.307 | 5388.9 | 0 | 2621.7 | 1767.5 | 3332 | 1022 |
| Restaurant CAV | RHFS | 8000 | 16000 | 0.393 | 686.6 | 0 | 611.2 | 314.6 | 1111 | 1217 |
| Guest Room FPFC | FPFC | 369000 | 184500 | 0.12 | 0 | 0 | 2857.8 | 662.6 | 8615 | 291 |

Systems Summary per Conditioned Area

| Name | Type | Cond. Area (ft ²) | Supply (CFM/ft ²) | Min. OA | Cooling Cap (Btu/h/ft ²) | Heating Cap (Btu/h/ft ²) | Cooling Peak (Btu/h/ft ²) | Heating Peak (Btu/h/ft ²) | Cooling Energy (kBtu/ft ²) | Heating Energy (kBtu/ft ²) |
|-----------------|------|-------------------------------|-------------------------------|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Asm VAV | VAVS | 115200 | 1.042 | 0.307 | 47 | 0 | 22 | 16 | 29 | 9 |
| Restaurant CAV | RHFS | 8000 | 1.875 | 0.393 | 86 | 0 | 76 | 39 | 139 | 152 |
| Guest Room FPFC | FPFC | 369000 | 0.5 | 0.12 | 0 | 0 | 8 | 2 | 23 | 1 |

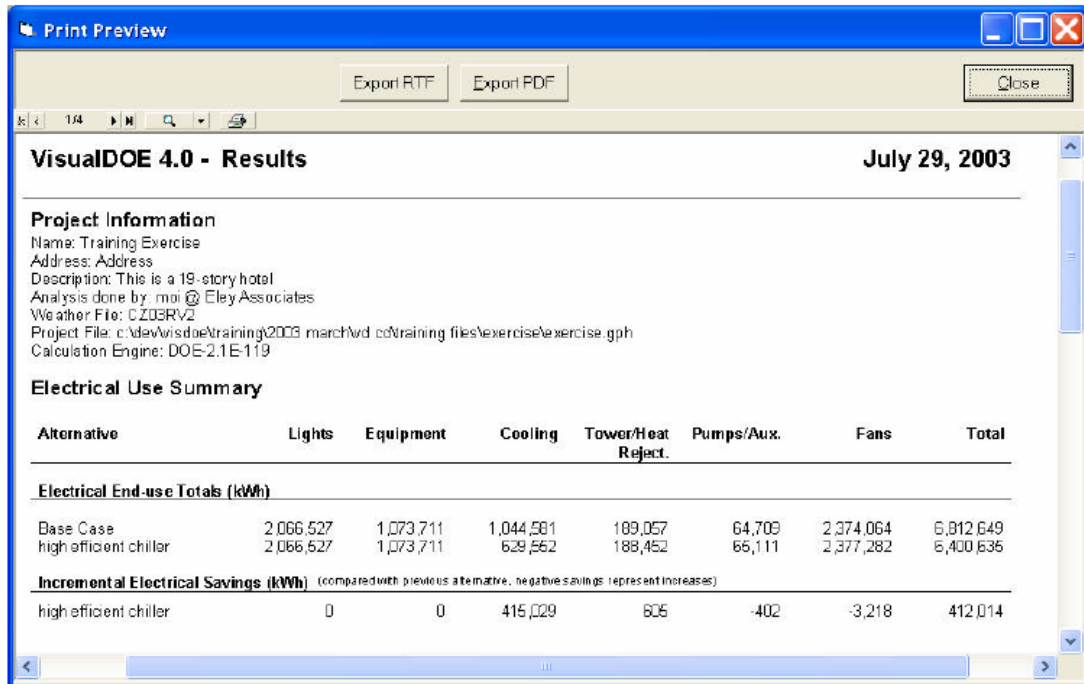
Εικόνα 1.31-Αναφορά για τα συστήματα του κτιρίου

- **Plants Summary:** Αυτή η αναφορά συνοψίζει πληροφορίες σχετικά με την κεντρική εγκατάσταση ψύξης-θέρμανσης του κτιρίου



Εικόνα 10.32-Αναφορά για την κεντρική εγκατάσταση του κτιρίου

- **Results:** Όταν το πρόγραμμα τελειώσει την προσομοίωση δημιουργεί μια σειρά αναφορών που αφορούν την μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και αερίου, την μέγιστη ζήτηση για κάθε μήνα καθώς επίσης και τα αντίστοιχα ετήσια κόστη



Print Preview July 29, 2003

Export RTF Export PDF Close

1/4

VisualDOE 4.0 - Results

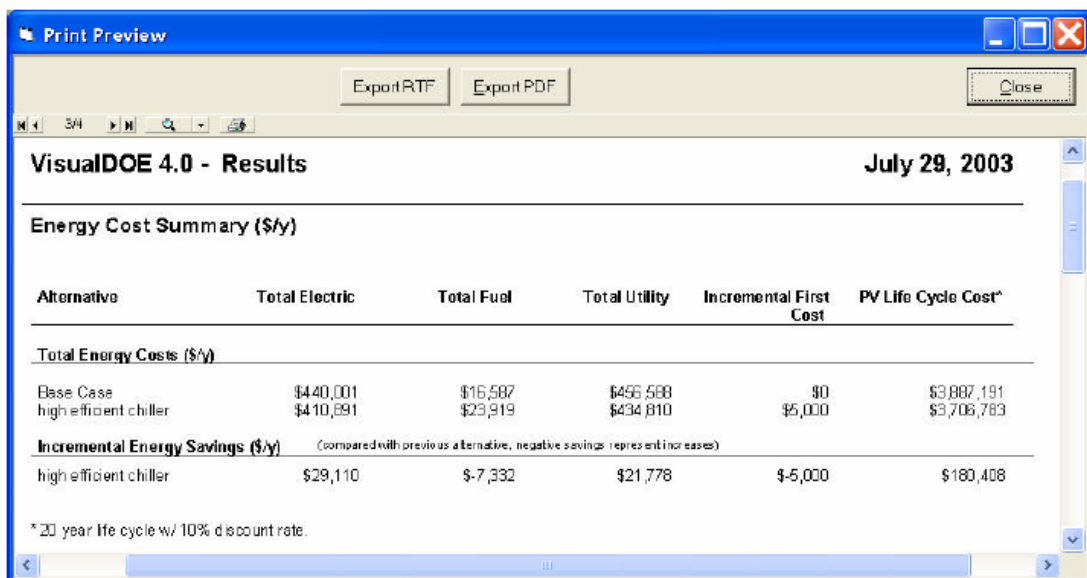
Project Information

Name: Training Exercise
 Address: Address
 Description: This is a 19-story hotel
 Analysis done by: moi@Eley Associates
 Weather File: CZ03RV2
 Project File: c:\dev\visdoe\training\2003_march\wd_c\training_files\exercise\exercise.gph
 Calculation Engine: DOE-2.1E-119

Electrical Use Summary

| Alternative | Lights | Equipment | Cooling | Tower/Heat Reject. | Pumps/Aux. | Fans | Total |
|--|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------|-----------|-----------|
| Electrical End-use Totals (kWh) | | | | | | | |
| Base Case | 2,066,527 | 1,073,711 | 1,044,581 | 189,057 | 64,709 | 2,374,064 | 6,812,649 |
| high efficient chiller | 2,066,527 | 1,073,711 | 629,562 | 188,452 | 65,111 | 2,377,282 | 6,400,636 |
| Incremental Electrical Savings (kWh) (compared with previous alternative, negative savings represent increases) | | | | | | | |
| high efficient chiller | 0 | 0 | 415,029 | 605 | -402 | -3,218 | 412,014 |

Εικόνα 11.33-Αναφορά για την κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα



Print Preview July 29, 2003

Export RTF Export PDF Close

3/4

VisualDOE 4.0 - Results

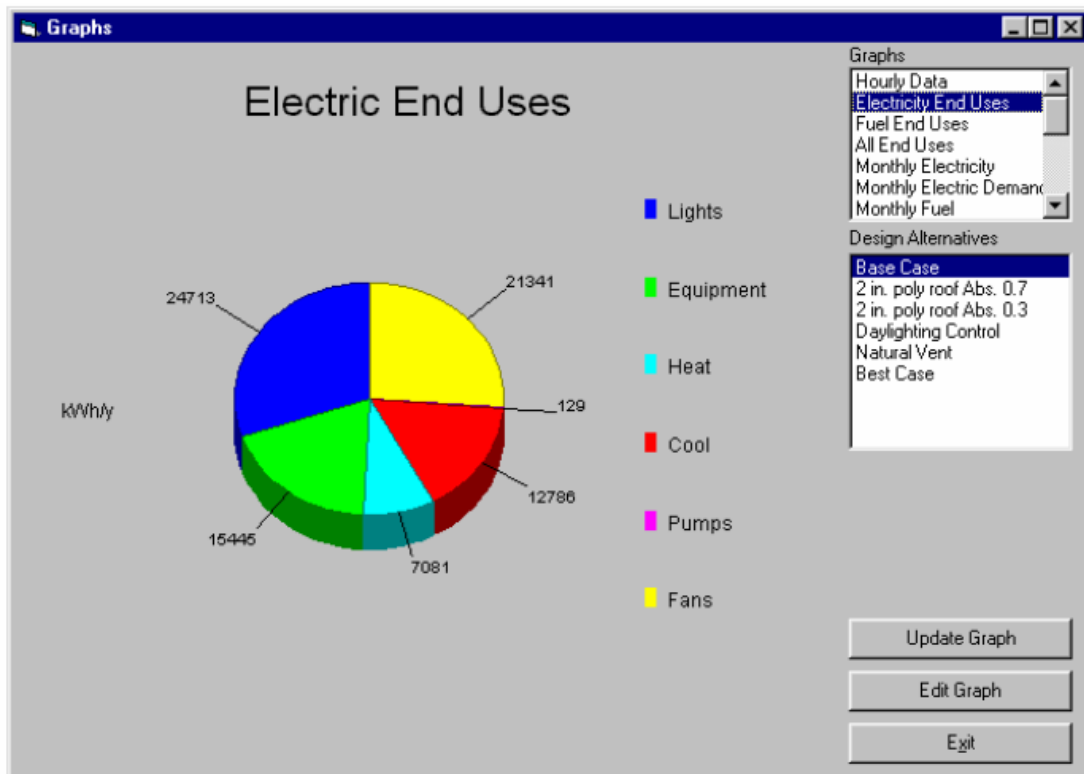
Energy Cost Summary (\$/y)

| Alternative | Total Electric | Total Fuel | Total Utility | Incremental First Cost | PV Life Cycle Cost* |
|---|----------------|------------|---------------|------------------------|---------------------|
| Total Energy Costs (\$/y) | | | | | |
| Base Case | \$440,001 | \$16,587 | \$456,588 | \$0 | \$3,887,191 |
| high efficient chiller | \$410,891 | \$23,919 | \$434,810 | \$5,000 | \$3,706,783 |
| Incremental Energy Savings (\$/y) (compared with previous alternative, negative savings represent increases) | | | | | |
| high efficient chiller | \$29,110 | -\$7,332 | \$21,778 | -\$5,000 | \$180,408 |

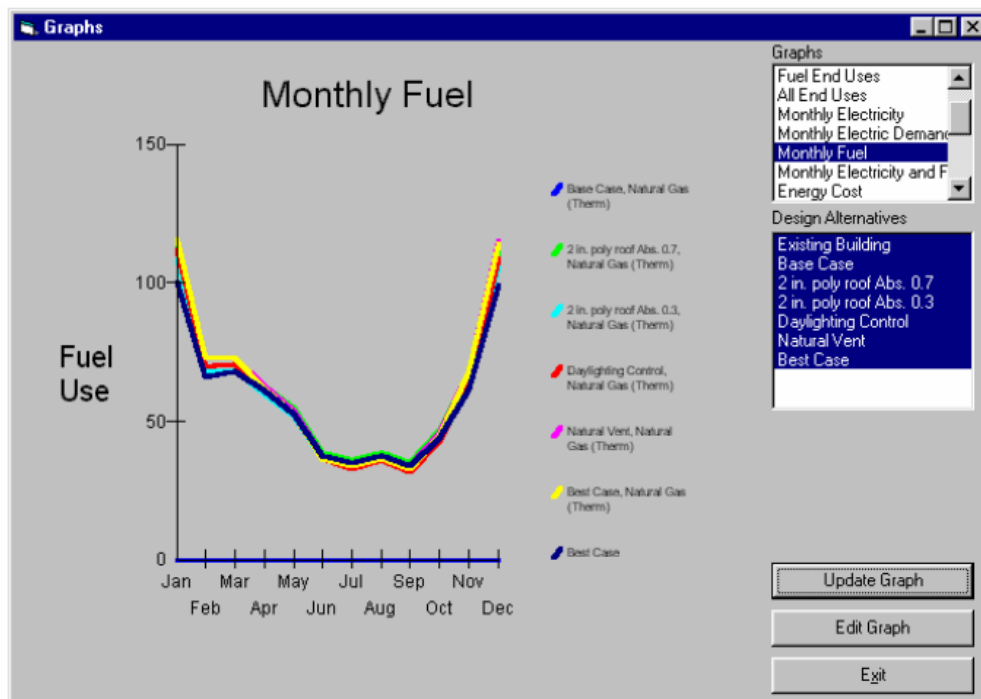
* 20 year life cycle w/ 10% discount rate.

Εικόνα 12.34-Αναφορά για το ετήσιο κόστος κατανάλωσης ενέργειας

Τέλος το VisualDoe έχει την δυνατότητα να παράγει μια σειρά από γραφήματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο. Ακολουθούν ενδεικτικά μερικά γραφήματα



Εικόνα 13.35-Αναφορά για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας με βάση το αίτιο κατανάλωσης



Εικόνα 1.36-Αναφορά για την μηνιαία κατανάλωση καυσίμων

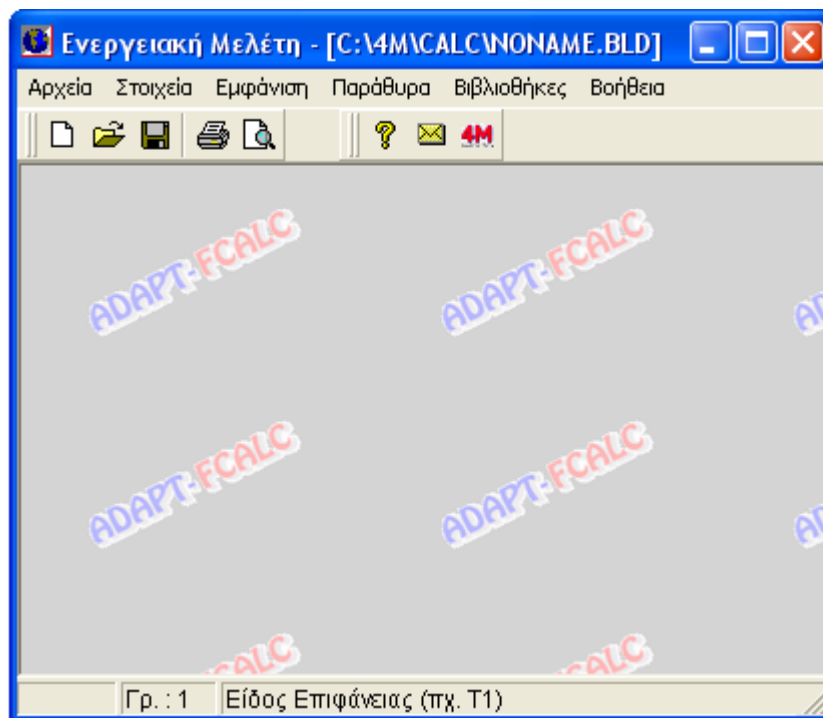
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

4M

Εισαγωγή

Η ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου μπορεί να γίνει με την χρήση του προγράμματος της εταιρίας 4M που είναι το πιο διαδεδομένο στην Ελλάδα για την εκπόνηση ηλεκτρομηχανολογικών μελετών. Το κομμάτι της ενεργειακής ανάλυσης αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνολικού προγράμματος και γίνεται εκτενής παρουσίαση του στη συνέχεια.

Εκτελώντας το πρόγραμμα της ενεργειακής ανάλυσης, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

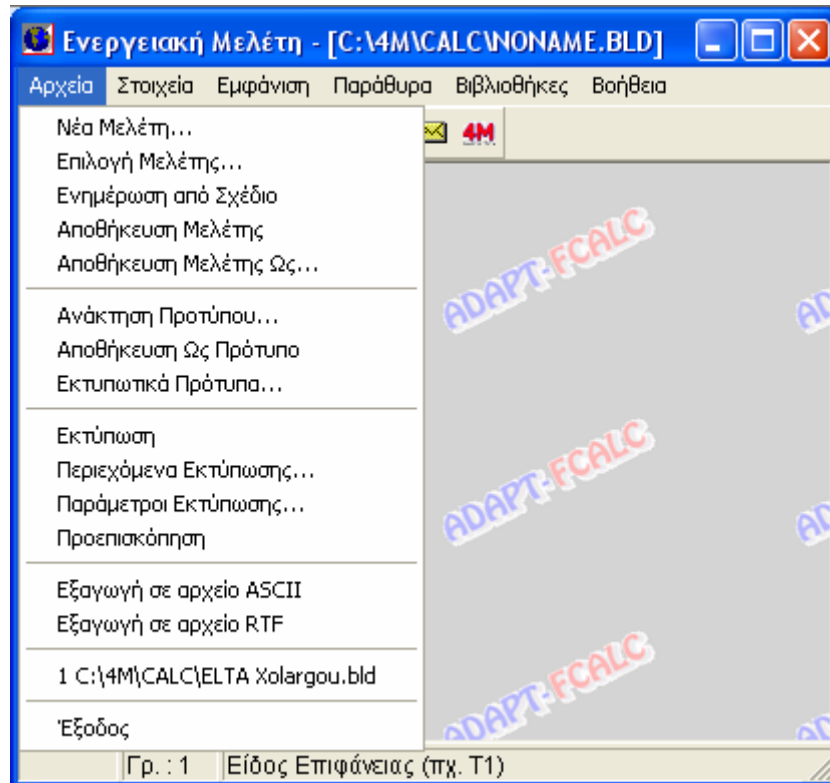


Εικόνα 2.1-Αρχικό παράθυρο με την εκκίνηση του προγράμματος

Οι βασικές επιλογές με τις υποεπιλογές τους περιγράφονται και αναλύονται στη συνέχεια

1) Αρχεία

Με την επιλογή αρχεία προκύπτουν 15 νέες επιλογές οι οποίες φαίνονται παρακάτω

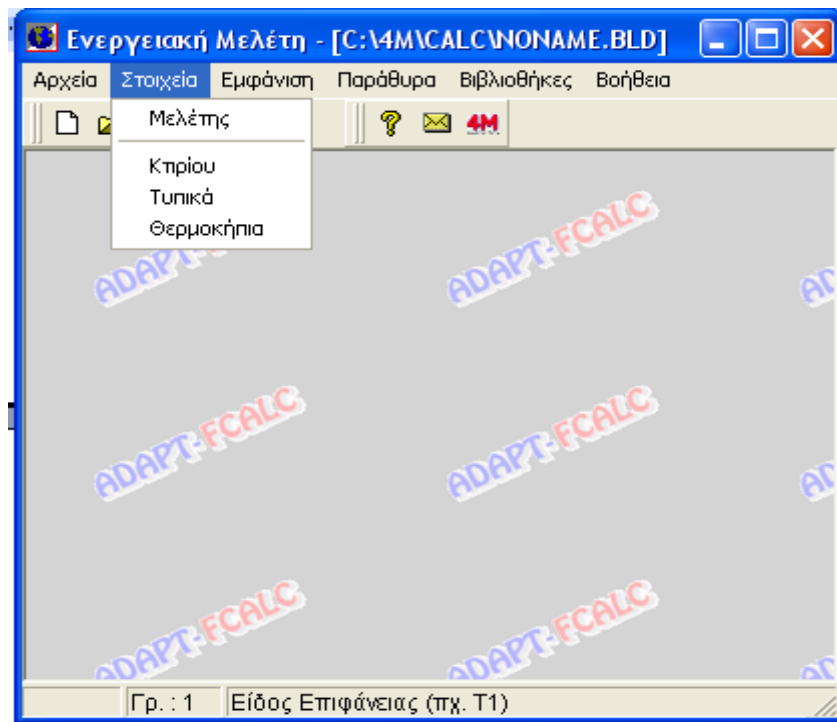


Εικόνα 2.2-Υποεπιλογές της επιλογής αρχεία

Δεν χρήζουν ιδιαίτερης εξήγησης οι παραπάνω επιλογές αφού η λογική τους είναι ίδια με αυτή όλων των γνωστών λειτουργικών συστημάτων (Windows).

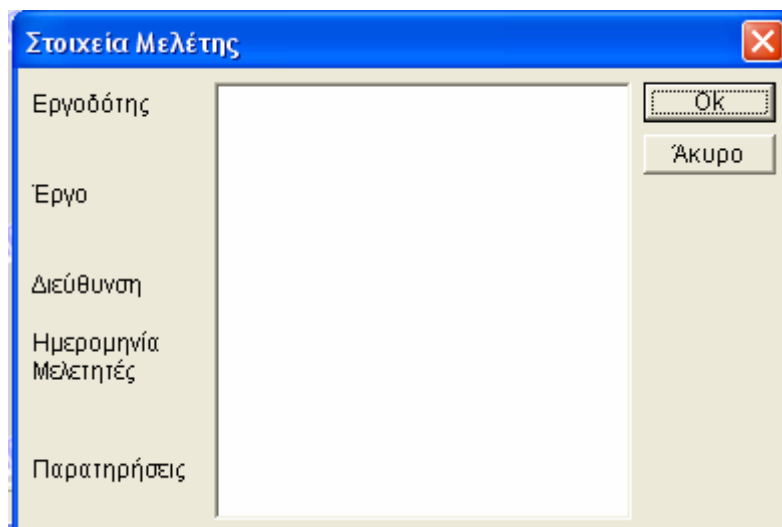
2) Στοιχεία

Με την επιλογή στοιχεία προκύπτουν 4 νέες επιλογές οι οποίες φαίνονται παρακάτω και γίνεται επεξήγηση για καθεμία επιλογή.



Εικόνα 2.3-Υποεπιλογές της επιλογής στοιχεία

- **Στοιχεία Μελέτης:** Συμπληρώνουμε τα γενικά στοιχεία της μελέτης όπως το ποιος είναι ο εργοδότης, το όνομα του έργου κ.τ.λ.



Εικόνα 2.4-Στοιχεία μελέτης

- **Στοιχεία Κτιρίου:** Όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο παράθυρο συμπληρώνουμε την Τοποθεσία, τον Μήνα Αναφοράς δηλαδή τον μήνα για τον οποίο θα εμφανίζονται οι υπολογισμοί μέσα στα φύλλα των υπολογισμών (σημειώνεται ότι στις συγκεντρωτικές καταστάσεις γίνεται αυτόματα υπολογισμός για όλους τους μήνες) καθώς επίσης και την Εξωτερική Θερμοκρασία Αέρα (υπολογίζεται αυτόματα ανάλογα με τον μήνα και την πόλη), την Θερμοκρασία του χώρου, των μη Θερμαινόμενων Χώρων και τη Θερμοκρασία Εδάφους. Επίσης συμπληρώνουμε τον Συντελεστή Προσαύξησης Χώρων, τον Αριθμό Επιπέδων, το Τυπικό Ύψος Επιπέδου και το Σύστημα Μονάδων.

| Παράμετρος | Τιμή |
|---|-------|
| Τοποθεσία | ΑΘΗΝΑ |
| Μήγας Αναφοράς | 1 |
| Εξωτερική Θερμοκρασία Αέρα (°C) | 10.5 |
| Θερμοκρασία Χώρου (°C) | 20 |
| Θερμοκρασία μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C) | 12 |
| Θερμοκρασία Εδάφους (°C) | 5.50 |
| Συντελεστής Προσαύξησης Χώρων (%) | 10 |
| Αριθμός Επιπέδων (1 - 15) | 1 |
| Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m) | 3 |
| Συστ. Μονάδων (1:Kcal/h 2:Watt) | 1 |

F11 : Επιλογή από πίνακα

Εικόνα 2.5-Στοιχεία κτιρίου

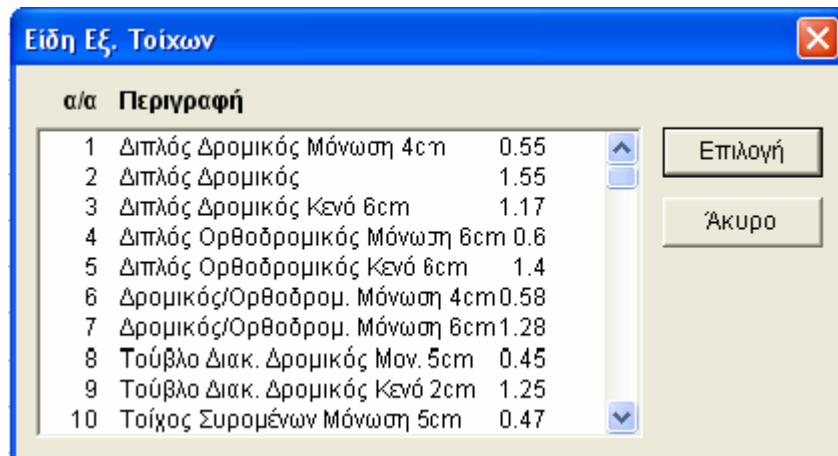
- Τυπικά Στοιχεία:** Στα τυπικά στοιχεία επιλέγουμε από τις βιβλιοθήκες του προγράμματος πιέζοντας το αντίστοιχο πλήκτρο μέσα στο πεδίο ή ορίζουμε τα είδη των τοίχων, των δαπέδων, των ορόφων και των ανοιγμάτων που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε στην μελέτη μας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τις δυνατές τιμές για κάθε πεδίο.

| Εξ.Τοίχοι Οροφές | Συντ.Κ (Kcal/m²hc) | Εστ.Τοίχοι Δάπεδα | Συντ.Κ (Kcal/m²hc) | Ανοίγματα | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Συντ.Κ (Kcal/m²hc) | Κατ. Λίστ. |
|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------|------------|----------|--------------------|------------|
| T1 | | E1 | | A1 | | | | |
| T2 | | E2 | | A2 | | | | |
| T3 | | E3 | | A3 | | | | |
| T4 | | E4 | | A4 | | | | |
| T5 | | E5 | | A5 | | | | |
| T6 | | E6 | | A6 | | | | |
| T7 | | E7 | | A7 | | | | |
| T8 | | E8 | | A8 | | | | |
| T9 | | Δ1 | | A9 | | | | |
| T10 | | Δ2 | | A10 | | | | |
| T11 | | Δ3 | | A11 | | | | |
| O1 | | Δ4 | | A12 | | | | |
| O2 | | Δ5 | | A13 | | | | |
| O3 | | Δ6 | | A14 | | | | |
| O4 | | Δ7 | | A15 | | | | |
| O5 | | Δ8 | | A16 | | | | |

Τυπική Τιμή 0.9

Εικόνα 2.6-Τυπικά στοιχεία

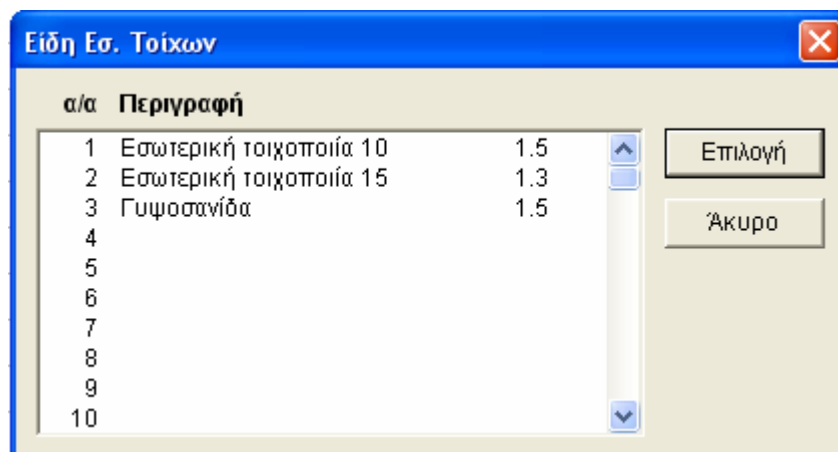
Για εξωτερικούς τοίχους και οροφές ο συντελεστής θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) μπορεί να πάρει τις κάτωθι τιμές ανάλογα με το είδος του τοίχου



| α/α | Περιγραφή | Τιμή |
|-----|--------------------------------|------|
| 1 | Διπλός Δρομικός Μόνωση 4cm | 0.55 |
| 2 | Διπλός Δρομικός | 1.55 |
| 3 | Διπλός Δρομικός Κενό 6cm | 1.17 |
| 4 | Διπλός Ορθοδρομικός Μόνωση 6cm | 0.6 |
| 5 | Διπλός Ορθοδρομικός Κενό 6cm | 1.4 |
| 6 | Δρομικός/Ορθοδρομ. Μόνωση 4cm | 0.58 |
| 7 | Δρομικός/Ορθοδρομ. Μόνωση 6cm | 1.28 |
| 8 | Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm | 0.45 |
| 9 | Τούβλο Διακ. Δρομικός Κενό 2cm | 1.25 |
| 10 | Τοίχος Συρομένων Μόνωση 5cm | 0.47 |

Εικόνα 2.7-Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) για εξωτερικούς τοίχους

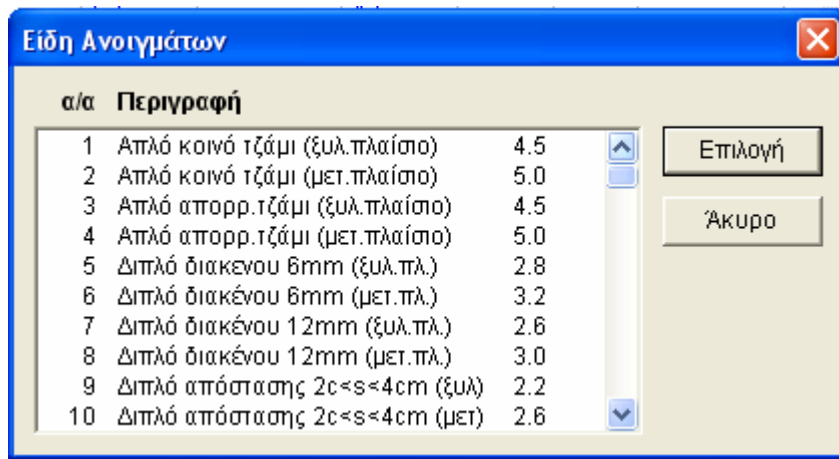
Για εσωτερικούς τοίχους και δάπεδα ο συντελεστής θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) μπορεί να πάρει τις κάτωθι τιμές ανάλογα με το είδος του τοίχου



| α/α | Περιγραφή | Τιμή |
|-----|-------------------------|------|
| 1 | Εσωτερική τοιχοποιία 10 | 1.5 |
| 2 | Εσωτερική τοιχοποιία 15 | 1.3 |
| 3 | Γυψοσανίδα | 1.5 |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |

Εικόνα 2.8- Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) για εσωτερικούς τοίχους

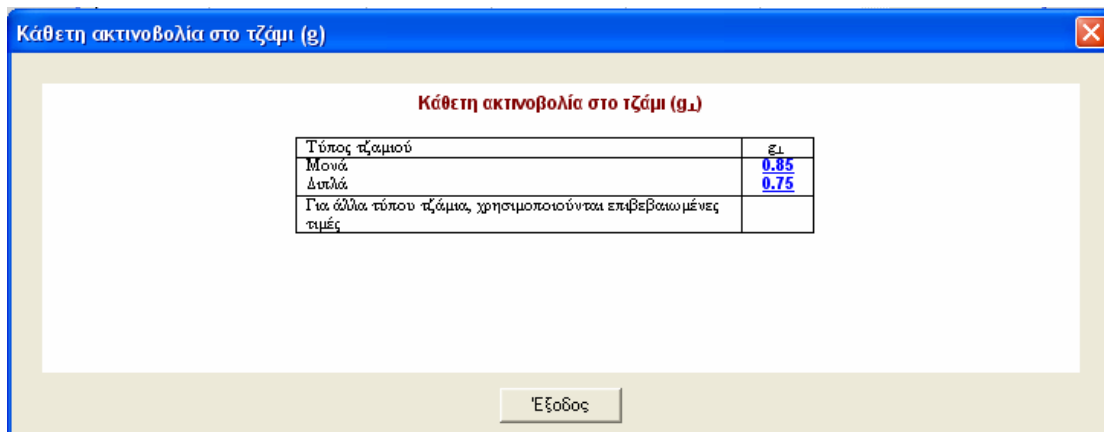
Για τα ανοίγματα ο συντελεστής θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) μπορεί να πάρει τις κάτωθι τιμές ανάλογα με το είδος του ανοίγματος



| α/α | Περιγραφή | τιμή |
|-----|--------------------------------|------|
| 1 | Απλό κοινό τζάμι (ξυλ.πλαίσιο) | 4.5 |
| 2 | Απλό κοινό τζάμι (μετ.πλαίσιο) | 5.0 |
| 3 | Απλό απορρ.τζάμι (ξυλ.πλαίσιο) | 4.5 |
| 4 | Απλό απορρ.τζάμι (μετ.πλαίσιο) | 5.0 |
| 5 | Διπλό διακένου 6mm (ξυλ.πλ.) | 2.8 |
| 6 | Διπλό διακένου 6mm (μετ.πλ.) | 3.2 |
| 7 | Διπλό διακένου 12mm (ξυλ.πλ.) | 2.6 |
| 8 | Διπλό διακένου 12mm (μετ.πλ.) | 3.0 |
| 9 | Διπλό απόστασης 2c<s<4cm (ξυλ) | 2.2 |
| 10 | Διπλό απόστασης 2c<s<4cm (μετ) | 2.6 |

Εικόνα 2.9- Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας ($\text{Watt/m}^2\text{°C}$) για ανοίγματα

Ο συντελεστής g_L για την κάθετη ακτινοβολία στα τζάμια μπορεί να πάρει τις παρακάτω τιμές ανάλογα με το είδος του τζαμιού



| Τύπος τζαμιού | g_L |
|--|-------|
| Μονό | 0.85 |
| Διπλό | 0.75 |
| Για άλλα τύπου τζάμια, χρησιμοποιούνται επιβεβαιωμένες τιμές | |

Εικόνα 2.10- Συντελεστής g_L για την κάθετη ακτινοβολία στο τζάμι

Η γωνία σκίασης ορίζοντα παίρνει τις τιμές 0, 20 και 40 μοίρες ενώ η γωνία σκίασης σκέπαστρων και η γωνία σκίασης πτερυγίων παίρνουν τις τιμές 0, 30, 45 και 60 μοίρες.

Ο συντελεστής κουρτίνας F_c μπορεί να πάρει τις κάτωθι τιμές ανάλογα με τον τύπο της κουρτίνας

Συντελεστής κουρτίνας (Fc)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ F_c

| Τύπος κουρτίνας | Οπτικές ιδιότητες | | F _c | |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| | απορροφη- τικήτητα | μεταδοτι- κότητα | εσωτερική κουρτίνα | εξωτερική κουρτίνα |
| Λευκές βενετσιάνικες γρόλιες | 0.1 | 0.05 | 0.25 | 0.10 |
| | | 0.1 | 0.30 | 0.15 |
| | | 0.3 | 0.45 | 0.35 |
| Λευκές κουρτίνες | 0.1 | 0.5 | 0.65 | 0.55 |
| | | 0.7 | 0.80 | 0.75 |
| | | 0.9 | 0.95 | 0.95 |
| Χρωματιστό ύφασμα | 0.3 | 0.1 | 0.42 | 0.17 |
| | | 0.3 | 0.57 | 0.37 |
| | | 0.5 | 0.77 | 0.57 |
| Ύφασμα επικαλυμμένο με αλουμίνιο | 0.2 | 0.05 | 0.20 | 0.08 |

Έξοδος

Εικόνα 2.11- Συντελεστής κουρτίνας Fc ανάλογα με τον τύπο κουρτίνας

Τέλος η τυπική τιμή για τον συντελεστή πλαισίου και τον διορθωτικό συντελεστή είναι 0,9.

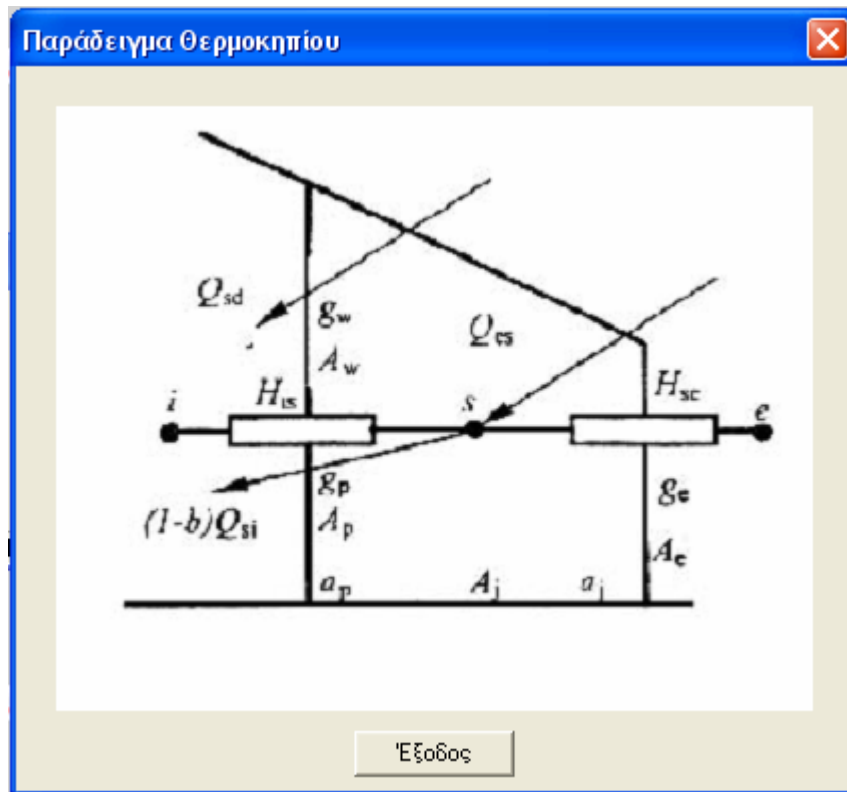
- **Στοιχεία Θερμοκηπίων:** Συμπληρώνουμε τις τιμές των παρακάτω συντελεστών με τη χρήση του βοηθητικού σχήματος

Στοιχεία Θερμοκηπίων

| | | |
|---|----------------------------------|-------|
| Συντελεστής σκίασης θερμοκηπίου (e) | <input type="text" value="0.8"/> | Ok |
| Συντελεστής σκίασης ενδιάμεσου τοίχου (w) | 0.8 | Άκυρο |
| Θερμική αγωγιμότητα θερμοκηπίου (Hse) | 2 | |
| Θερμική αγωγιμότητα ενδιάμεσου τοίχου (His) | 0.3 | |

F11 : Βοηθητικό Σχήμα

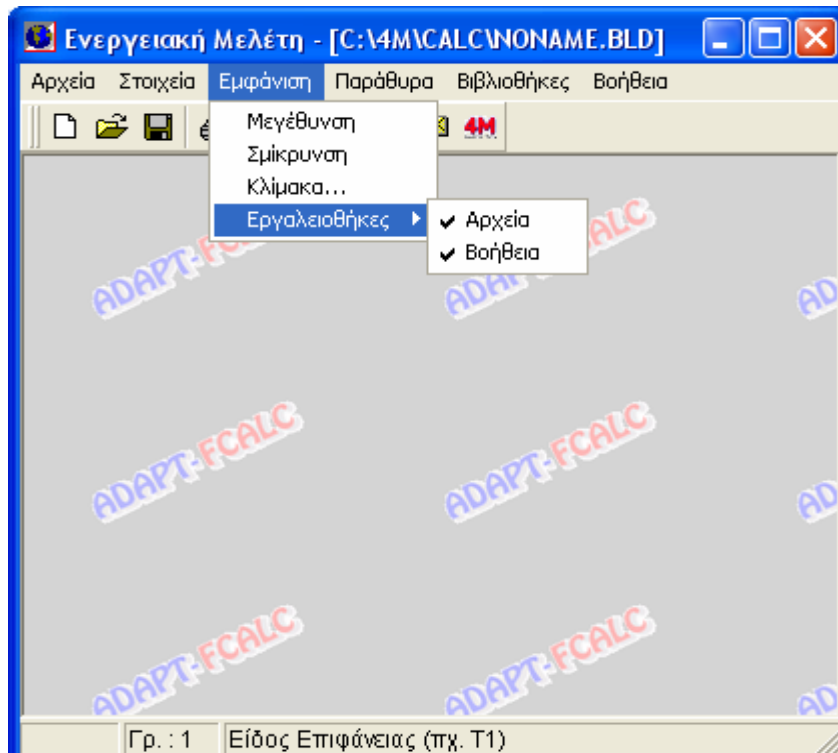
Εικόνα 2.12-Στοιχεία θερμοκηπίων



Εικόνα 2.13-Παράδειγμα θερμοκηπίου

3) Εμφάνιση

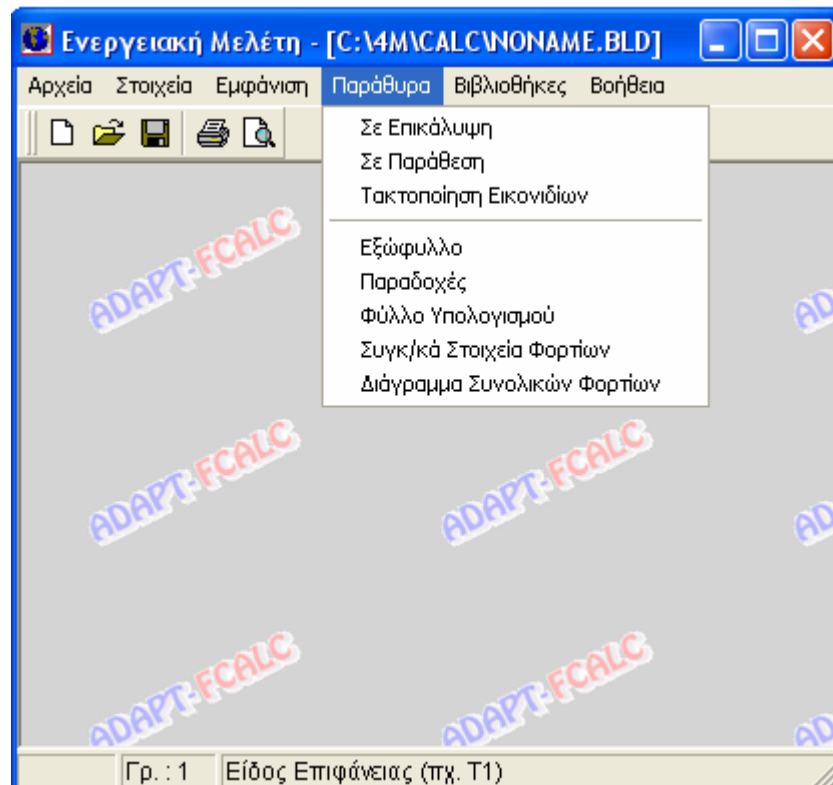
Με την επιλογή εμφάνιση προκύπτουν 4 νέες επιλογές οι οποίες φαίνονται παρακάτω και δεν χρήζουν κάποιας ιδιαίτερης επεξήγησης



Εικόνα 2.14-Υποεπιλογές της επιλογής εμφάνιση

4) Παράθυρα

Η επιλογή παράθυρα περιλαμβάνει μια σειρά από υπολογισμών και αποτελεσμάτων στα οποία φαίνονται οι αναλυτικοί υπολογισμοί της μελέτης. Το κύριο παράθυρο που αποτελεί και την καρδιά των υπολογισμών της εφαρμογής είναι το Φύλλο Υπολογισμού, το οποίο περιγράφεται στη συνέχεια.



Εικόνα 2.15-Υποεπιλογές της επιλογής παράθυρα

Οι επιλογές σε επικάλυψη, σε παράθεση και τακτοποίηση εικονιδίων αφορούν την διάταξη των παραθύρων του προγράμματος. Με την επιλογή εξώφυλλο εμφανίζεται το εξώφυλλο της μελέτης συμπληρωμένο με βάση τα στοιχεία που έχει δώσει ο χρήστης (βλ. Σελ. 3)

- **Παραδοχές:** Με την επιλογή αυτή εμφανίζονται **α) τα βοηθήματα** που χρησιμοποιήθηκαν από τους κατασκευαστές του προγράμματος, **β) ένας πίνακας μεγεθών** στον οποίο περιέχονται όλα τα μεγέθη και αναλυτικές επεξηγήσεις και **γ) οι παραδοχές και οι κανόνες υπολογισμών** για την εκτέλεση της ενεργειακής ανάλυσης. Ακολουθούν όλα τα παραπάνω:

α) Βοηθήματα

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με τους κανόνες της European Committee For Standardization, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα **βοηθήματα**:

EUROPEAN STANDARD prEN 832
EUROPEAN STANDARD EN ISO 13789
EUROPEAN STANDARD prEN 410
EUROPEAN STANDARD EN ISO 13370

β) Πίνακας Μεγεθών

| A/A | Σύμβολο | Μονάδα | Ερμηνεία | Παρατηρήσεις |
|-----|--------------|--|---|--|
| 1 | Q_l | J | Ολική απώλεια θερμότητας για ένα κτίριο μιας ζώνης για δεδομένη χρονική περίοδο | $Q_l = H(\theta_i - \theta_e)t = (H_T + H_V)(\theta_i - \theta_e)t = (H_T + V n \rho_a c_a)(\theta_i - \theta_e)t$ |
| 2 | H | W/K | Συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου | |
| 3 | θ_i | °C | Set-point (επιθυμητή θερμοκρασία) | |
| 4 | θ_e | °C | Μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά την περίοδο υπολογισμού | |
| 5 | t | sec | διάρκεια χρονικής περιόδου | |
| 6 | H_T | W/K | Συντελεστής θερμικών απωλειών μετάδοσης θερμότητας | $H_T = \rho_a c_a V_{sp} \delta \kappa / \Delta$ |
| 7 | H_V | W/K | Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού | $H_V = V \rho_a c_a = V n \rho_a c_a$ |
| 8 | V | m ³ /sec ή m ³ /h | Παροχή αέρα στο κτίριο που περιλαμβάνει αέρα και από μη θερμαινόμενους χώρους | |
| 9 | $\rho_a c_a$ | J/m ³ K ή Wh/m ³ K | θερμοχωρητικότητα αέρα | 1200 J/m ³ K ή 0,34 Wh/m ³ K |
| 10 | V | m ³ | Όγκος κτιρίου | |
| 11 | n | h ⁻¹ | Εναλλαγές αέρα | $n_{min} = 0,5 h^{-1}$ για κατοικίες – για κτίρια με ελεγχόμενες απαιτήσεις αερισμού, με μεγάλη διάρκεια χωρίς απασχόληση και δωμάτια με υψηλές οροφές το n μπορεί να είναι μικρότερο. |
| 12 | V_{sp} | m ³ /sec ή m ³ /h | Set-point της ροής του αέρα που περνά από το αεριζόμενο επίπεδο | |
| 13 | U_e | W/m ² K | Εξωτερική θερμική αγωγιμότητα | |
| 14 | U_i | W/m ² K | Εσωτερική θερμική αγωγιμότητα | |
| 15 | δ | | Ο λόγος της διαφοράς συσσωρευμένης εσωτερικής – εξωτερικής θερμοκρασίας όταν λειτουργεί ο εξαερισμός, προς την τιμή του για όλη την περίοδο υπολογισμού | $\delta = 0,3 * \gamma_{ai} + 0,03 * (0,0003^{\wedge} \gamma_{ai} - 1)$ |
| 16 | V_T | m ³ /sec ή m ³ /h | Συνολική παροχή αέρα | $V_T = V_f + V_x = V_f (1 - n_V) + V_x$ |

| | | | | |
|----|----------------|---------------------|---|---|
| 17 | V_f | m^3/sec ή m^3/h | Παροχή από ανεμιστήρες που είναι σε λειτουργία | |
| 18 | V_x | m^3/sec ή m^3/h | Παροχή που οφείλεται στην ανεμόπτωση και στη διαστρωμάτωση αέρα, με ανοικτούς ανεμιστήρες, για μη στεγανό κέλυφος του κτιρίου | Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία για την περιοχή του κτιρίου ==> $V_x = V_{n50} e / (1 + f/e^2)$ |
| 19 | n_{50} | | εναλλαγές αέρα που προκαλούν 50 Pa διαφορά πίεσης εσωτερικά - εξωτερικά. | |
| 20 | e, f | | συντελεστές σκίασης | |
| 21 | V_0 | m^3/sec ή m^3/h | Παροχή αέρα με φυσικό εξαερισμό | ανεμιστήρες κλειστοί |
| 22 | V_x' | m^3/sec ή m^3/h | Πρόσθετη παροχή διείσδυσης αέρα με κλειστούς ανεμιστήρες λόγω ανεμόπτωσης και διαστρωμάτωσης | $V_x' = V_{n50} e$ |
| 23 | β | | Κλάσμα της χρονικής περιόδου με τους ανεμιστήρες ανοικτούς | |
| 24 | n_v | | Συντελεστής απόδοσης εναλλάκτη αέρα-αέρα | |
| 25 | t_u | | Περίοδος εφαρμογής διακοπτόμενης λειτουργίας | |
| 26 | θ_{i0} | $^{\circ}C$ | Θερμοκρασία κανονικού set-point | |
| 27 | θ_{isb} | $^{\circ}C$ | Θερμοκρασία set-back | |
| 28 | C | | Ενεργός θερμική χωρητικότητα ζώνης λόγω διακοπών, υπολογιζόμενη με μέγιστο πάχος 3cm | $C = \sum \chi_j A_j$ |
| 29 | χ_j | | Θερμοχωρητικότητα της εσωτερικής επιφάνειας του στοιχείου j του κτιρίου | Πίνακας Η.1 EN ISO 13789 |
| 30 | A_j | m^2 | Επιφάνεια στοιχείων βαριάς κατασκευής | |
| 31 | R_{ij} | m^2K/W | Θερμική αντίσταση της εσωτερικής επιφάνειας των παραπάνω στοιχείων | |
| 32 | H_w | W/K | Συντελεστής απωλειών μετάδοσης θερμότητας για ελαφριά στοιχεία όπως παράθυρα και πόρτες | |
| 33 | Φ_{pp} | W | Peak του συστήματος θέρμανσης | |
| 34 | H_{ic} | W/K | Συντελεστής θερμικών απωλειών μεταξύ οικοδομής και εσωτερικού περιβάλλοντος | $H_{ic} = \sum_j (A_j / R_{ij})$ |
| 35 | Q_g' | J | Ολικό θερμικό κέρδος | $Q_g' = Q_i' + Q_s'$ |
| 36 | Q_i' | J | Εσωτερικά θερμικά κέρδη | $Q_i = \Phi_i t = t$ |
| 37 | Φ_{ih} | W | Μέση ισχύς εσωτερικών κερδών σε θερμαινόμενους χώρους | |
| 38 | Φ_{iu} | W | Μέση ισχύς εσωτερικών κερδών σε μη θερμαινόμενους χώρους | |
| 39 | Φ_i | W | Μέση ισχύς εσωτερικών κερδών | Πίνακας για Ελλάδα ή $5W/m^2$ |
| 40 | b | | λόγος που ορίζεται από το EN ISO 13789 | |
| 41 | Q_s | J | Ηλιακό κέρδος | $Q_s = \sum_j I_{sj} \sum_n A_{snj}$ |
| 42 | j | | όλοι οι προσανατολισμοί | |
| 43 | n | | όλες οι επιφάνειες | |
| 44 | I_{sj} | kWh/m^2 | Ολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια προσανατολισμού j | |
| 45 | A_{snj} | m^2 | Δρούσα απορροφητική επιφάνεια της ηλιακής ακτινοβολίας της επιφάνειας n με προσανατολισμό j | $A_s = A F_s F_c F_f g$ |
| 46 | A | m^2 | Επιφάνεια του ανοίγματος της επιφάνειας | |
| 47 | F_s | | Συντελεστής διόρθωσης σκίασης | $0 < F_s < 1, F_s = I_{s,ps} / I_s = F_h F_o F_f$ |
| 48 | F_c | | Συντελεστής κουρτίνας | Πίνακας G.5 prEN 832 |
| 49 | F_f | | Συντελεστής πλαισίου | =λόγος της διαφανούς επιφάνειας προς τη |

| | | | | |
|----|---------------|---------------------|--|------------------------------------|
| | | | | συνολική επιφάνεια του υαλοστασίου |
| 50 | g | | ολική ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας | $g = F_w \cdot g_{\square}$ |
| 51 | g_{\square} | | Κάθετη ακτινοβολία στο τζάμι | Πίνακας G.1 prEN 832 |
| 52 | F_w | | Διορθωτικός συντελεστής | = 0,9 |
| 53 | F_h | | Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τον ορίζοντα | Πίνακας G.2 prEN 832 |
| 54 | F_o, F_f | | Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για σκέπαστρα και πτέρυγες | Πίνακες G.3, G.4 prEN 832 |
| 55 | $I_{s,ps}$ | kWh/ m ² | Ολική ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η απορροφητική επιφάνεια με την μόνιμη σκίαση κατά τη διάρκεια της εποχής θέρμανσης | |
| 56 | I_s | kWh/ m ² | Ολική ηλιακή ακτινοβολία που θα προσέπιπτε στην επιφάνεια αν δεν ήταν σκιασμένη | |
| 57 | L_s | | Συντελεστής απωλειών μετάδοσης θερμότητας από το έδαφος σε μόνιμη κατάσταση | EN ISO 13370 |

Πίνακας 2.1- Χρησιμοποιούμενα μεγέθη

γ) Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

Στο θεωρητικό μέρος του κεφαλαίου 5 υπάρχουν αναλυτικά οι παραδοχές και οι κανόνες υπολογισμού που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

- **Φύλλο Υπολογισμού:** Με την επιλογή αυτή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο:

Εικόνα 2.16-Φύλλο υπολογισμού

Τα φύλλα υπολογισμών χώρων αποτελούν περιεχόμενα των επιπέδων (ορόφων) του κτιρίου. Στο φύλλο υπολογισμών παρατηρούμε τα δεδομένα που

αναφέρονται σε αυτό και τις γραμμές και στήλες που θα πρέπει να συμπληρωθούν προκειμένου να υπολογιστεί η ενεργειακή κατανάλωση του συγκεκριμένου χώρου.

Σε κάθε Χώρο Επιπέδου (αριστερά) αντιστοιχεί ένα Φύλλο Απωλειών (δεξιά), με τη δυνατότητα συμπλήρωσης μέχρι 60 διαφορετικών δομικών στοιχείων και χωρίζεται σε δύο μέρη.

Στο πάνω μέρος, κάθε γραμμή του φύλλου υπολογισμών αντιστοιχεί σε ένα δομικό στοιχείο ενώ κάθε στήλη αναφέρεται στα στοιχεία πρόκειται να συμπληρωθούν ή να προκύψουν αυτόματα κατά τη διαδικασία συμπλήρωσης του φύλλου. Βοηθητικές οδηγίες για την συμπλήρωση των στοιχείων αυτών εμφανίζονται στον υπότιτλο. Για κάθε γραμμή, πρώτα απ' όλα θα πρέπει να συμπληρωθεί η πρώτη στήλη που αναφέρεται σε κάποιο τύπο δομικού στοιχείου. Αν πρόκειται για τυπικό στοιχείο, τότε συμπληρώνονται αυτόματα στις αντίστοιχες στήλες τα ανάλογα δεδομένα του φύλλου τυπικών στοιχείων κτιρίου. Πχ. αν στην πρώτη στήλη κάποιας γραμμής πληκτρολογηθεί Α1, τότε περνιούνται αυτόματα στις αντίστοιχες στήλες της ίδιας γραμμής οι διαστάσεις του τυπικού ανοίγματος 1 και ο αντίστοιχος συντελεστής Κ. Για τα δομικά στοιχεία που δεν είναι τυπικά δεν πληκτρολογείται αύξων αριθμός της μορφής Α, Γ κ.τ.λ.

Σε κάθε περίπτωση συμπληρώνεται αυτόματα σαν διαφορά θερμοκρασίας, η διαφορά των τιμών που δόθηκε κατά τη συμπλήρωση του φύλλου γενικών στοιχείων ενώ ακόμα στην στήλη «αριθμός όμοιων επιφανειών» συμπληρώνεται η μονάδα (1). Οι τιμές αυτές φυσικά μπορούν να αλλάξουν όποτε θελήσει ο χρήστης.

Για κάθε γραμμή-δομικό στοιχείο πρέπει να έχουν οριστεί: Ο προσανατολισμός (Β για Βορινό ΒΑ για Βορειοανατολικό κ.τ.λ), η ένδειξη «Αφαιρούμενο» (με Α) εφόσον πρόκειται για στοιχείο που αφαιρείται από το αμέσως πιο πάνω του, ο συντελεστής A_z εφόσον αναφερόμαστε σε Άνοιγμα, το μήκος και το ύψος του δομικού στοιχείου, ο αριθμός όμοιων επιφανειών, ο συντελεστής θερμοπερατότητας και η διαφορά θερμοκρασίας.

Στην 3^η στήλη (συντελεστής A_z) που αφορά στοιχεία ηλιασμού (εφόσον βέβαια υπάρχει άνοιγμα) αν πιέσουμε F11 εμφανίζεται η επόμενη οθόνη με τους συντελεστές που απαιτούνται για τον υπολογισμό των ηλιακών κερδών. Οι περισσότεροι από τους συντελεστές αυτούς μπορεί να έχουν ήδη τιμή από τα «Τυπικά Άνοιγματα» αλλά ο χρήστης μπορεί επιλεκτικά να αλλάξει και από εδώ τους συντελεστές εφόσον το κρίνει σκόπιμο.

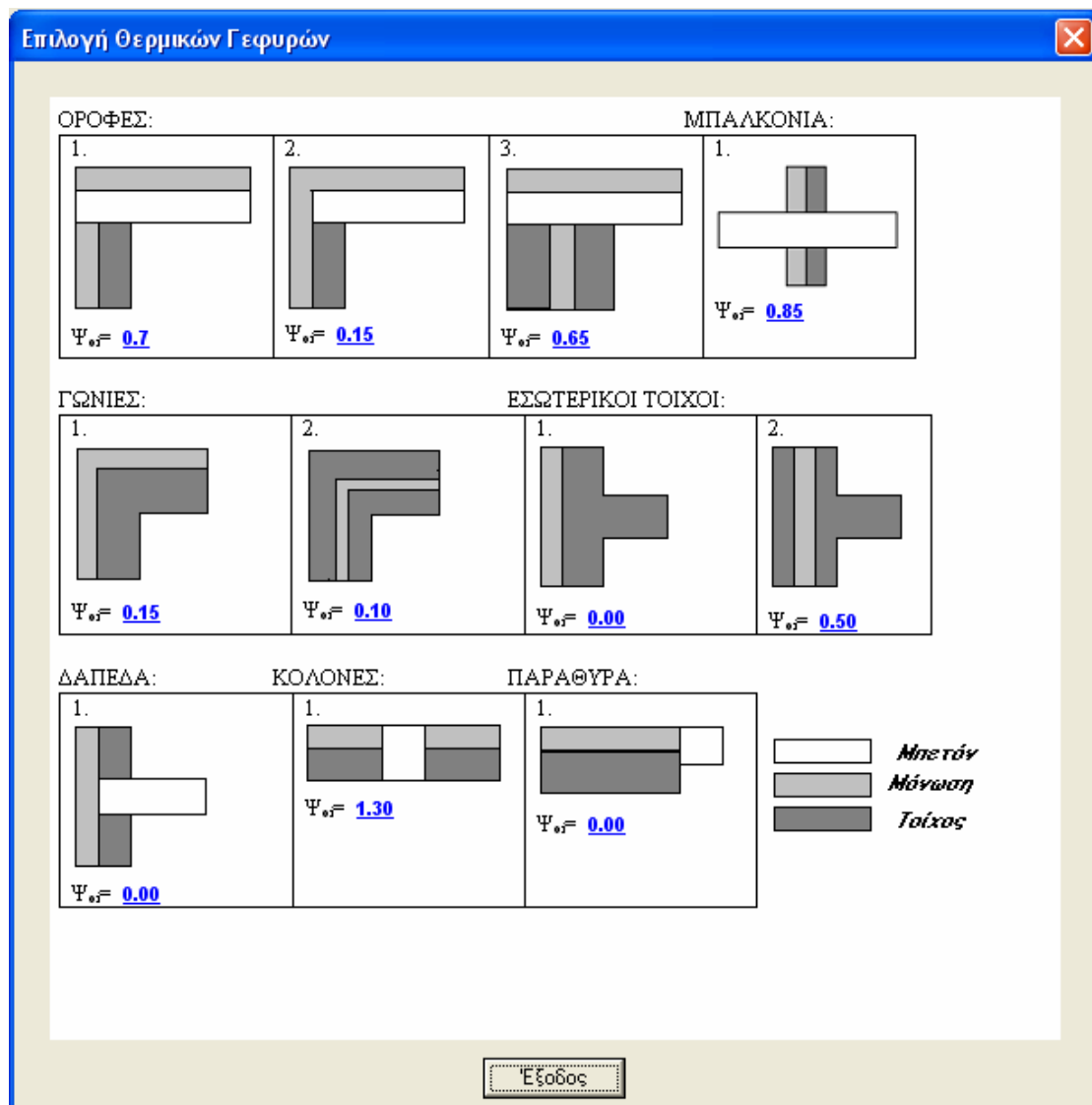
| Παράμετρος | Τιμή |
|--------------------------|------|
| Γωνία σκίασης ορίζοντα | 0.85 |
| Γωνία σκίασης σκέπαστρων | 20 |
| Γωνία σκίασης πτερυγίων | 30 |
| Συντελεστής κουρτίνας | 30 |
| Συντελεστής πλαισίου | 0.25 |
| Διορθωτικός συντελεστής | 0.9 |

0, 20, 40 (°)

Εικόνα 2.17-Στοιχεία ηλιασμού

Στο κάτω μέρος του φύλλου υπολογισμών υπάρχουν μια σειρά από πρόσθετα φορτία τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

Ο συντελεστής Ψ λαμβάνεται πιέζοντας F11 όπου εμφανίζεται το ακόλουθο βοηθητικό παράθυρο με τις συνηθέστερες περιπτώσεις, οι οποίες φαίνονται σχηματικά.



Εικόνα 2.20-Επιλογή θερμικών γεφυρών

Θερμοκήπια: Εφόσον έχουμε θερμοκήπια συμπληρώνουμε τα στοιχεία του παρακάτω παραθύρου που εμφανίζεται πιέζοντας F11

| | |
|---|-----|
| Συντελεστής σκίασης θερμοκηπίου (e) | 0.8 |
| Συντελεστής σκίασης ενδιάμεσου τοίχου (w) | 0.8 |
| Επιφάνεια ανοιγμάτων ενδιάμεσου τοίχου (Aw) | |
| Επιφάνεια θερμοκηπίου (Ae) | |
| Λοιπές επιφάνειες (Ap) | |
| Θερμική αγωγιμότητα θερμοκηπίου (Hse) | 2 |
| Θερμική αγωγιμότητα ενδιάμεσου τοίχου (His) | 0.3 |

F11 : Βοηθητικό Σχήμα

Εικόνα 2.21-Στοιχεία για το θερμοκήπιο

Φορτίο Αερισμού: Συμπληρώνουμε τα ακόλουθα στοιχεία

| | |
|--|---|
| Μέσο Μήκος (m) | |
| Μέσο Πλάτος (m) | |
| Μέσο Ύψος (m) | 3 |
| Αριθμός Εναλλαγών Αέρα Σχεδίασης | |
| Ελάχιστος Αριθμός Εναλλαγών Αέρα | |
| Μηχανικός Αερισμός: | |
| Ώρες Λειτουργίας/24ωρο | |
| Παροχή από ανεμιστήρες σε λειτουργία | |
| Επιθυμητή παροχή από ανεμιστήρες σε λειτουργία | |
| Παροχή λόγω ανεμόπτωσης | |
| Επιθυμητή παροχή λόγω ανεμόπτωσης | |

Εικόνα 2.22-Στοιχεία αερισμού

Για τον ελάχιστο αριθμό εναλλαγών αέρα πιέζοντας F11 εμφανίζεται το παρακάτω βοηθητικό παράθυρο με ενδεικτικές τιμές

Τιμές Εναλλαγών Αέρα για Ελάχιστο Αερισμό

ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ

| Multi-family κτίρια | Single-family κτίρια | Επίπεδο στεγανότητας | | | | |
|---------------------|---|------------------------------|------------|---------------------|------------|------------|
| < 2 2 - 5 > 5 | < 4 4 - 10 > 10 | Υψηλό | Μεσαίο | Χαμηλό | | |
| | Περισσότερες από μια εκτεθειμένες προσόψεις | Μόνο μία εκτεθειμένη πρόσοψη | | | | |
| | Στεγανότητα κτιρίου | | | Στεγανότητα κτιρίου | | |
| Τάξη προστασίας | Χαμηλό | Μεσαίο | Υψηλό | Χαμηλό | Μεσαίο | Υψηλό |
| Χωρίς | <u>1.2</u> | <u>0.7</u> | <u>0.5</u> | <u>1.0</u> | <u>0.6</u> | <u>0.5</u> |
| Μερική | <u>0.9</u> | <u>0.6</u> | <u>0.5</u> | <u>0.7</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> |
| Βαριά | <u>0.6</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> |
| | Στεγανότητα κτιρίου | | | | | |
| Τάξη προστασίας | Χαμηλό | Μεσαίο | Υψηλό | | | |
| Χωρίς | <u>1.5</u> | <u>0.8</u> | <u>0.5</u> | | | |
| Μερική | <u>1.1</u> | <u>0.6</u> | <u>0.5</u> | | | |
| Βαριά | <u>0.7</u> | <u>0.5</u> | <u>0.5</u> | | | |

Έξοδος

Εικόνα 2.23-Τιμές εναλλαγών αέρα για ελάχιστο αερισμό

Εφόσον προβλέπεται μηχανικός αερισμός θα πρέπει να συμπληρώσουμε τα στοιχεία που βρίσκονται κάτω από τον αντίστοιχο τίτλο. Αρχικά συμπληρώνουμε το πόσες ώρες κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου θα λειτουργεί ο μηχανικός αερισμός. Σε ότι αφορά την παροχή από ανεμιστήρες σε λειτουργία και παροχή λόγω ανεμόπτωσης πιέζοντας F11 εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο στο οποίο συμπληρώνουμε την παροχή προσαγωγής, την παροχή απόρριψης, τον συντελεστή f και τον συντελεστή σκίασης e .

Στοιχεία Εναλλαγών

Παροχή Προσαγωγής

Παροχή Απόρριψης

Συντελεστής f

Συντελεστής Σκίασης e

Ok

Άκυρο

F11 : Επιλογή από πίνακα

Εικόνα 2.24-Στοιχεία εναλλαγών

Οι τυπικές τιμές του f και του e παρουσιάζονται στα ακόλουθα βοηθητικά παράθυρα που εμφανίζονται πιέζοντας F11 μέσα στο αντίστοιχο πεδίο

Τυπικές Τιμές Συντελεστή f

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ f

| Πάνω από μία εκτεθειμένες προσόψεις | Μόνο μία εκτεθειμένη πρόσοψη |
|-------------------------------------|------------------------------|
| <u>15</u> | <u>20</u> |

Έξοδος

Εικόνα 2.25-Τυπικές τιμές συντελεστή f

Τυπικές Τιμές Συντελεστή Σκίασης e

Συντελεστής Σκίασης e

| | Πάνω από μία εκτεθειμένες προσόψεις | Μόνο μία εκτεθειμένη πρόσοψη |
|---|-------------------------------------|------------------------------|
| Χωρίς σκίαση : κτίρια σε ανοικτό χώρο, ψηλά κτίρια σε πόλεις | <u>0.100</u> | <u>0.030</u> |
| Μέτρια σκίαση : κτίρια σε περιοχές με δέντρα ή άλλα κτίρια στο περιβάλλοντα χώρο, περίχωρα | <u>0.070</u> | <u>0.020</u> |
| Υψηλή σκίαση : κτίρια μέσου ύψους σε πόλεις, κτίρια σε δάση | <u>0.040</u> | <u>0.010</u> |

Έξοδος

Εικόνα 2.26-Τυπικές τιμές συντελεστή σκίασης e

Τοίχοι Trombe: Ο υπολογισμός για τους τοίχους Trombe γίνεται με την συμπλήρωση του εμβαδού του τοίχου και την επιλογή του συγκεκριμένου τύπου τοίχου Trombe μέσω της βιβλιοθήκης.

Στοιχεία Τοίχων Trombe

Εμβαδόν Τοίχου (m²)

Τύπος Τοίχου

Ok

Άκυρο

F11 : Επιλογή από βιβλιοθήκη

Εικόνα 2.27-Στοιχεία τοίχων Trombe

Για την επιλογή του τύπου πιέζουμε F11 για να επιλέξουμε έναν από τις βιβλιοθήκες. Αν δεν υπάρχει ο ζητούμενος τοίχος μπορεί αυτός να δημιουργηθεί συμπληρώνοντας στη βιβλιοθήκη τα αναλυτικά χαρακτηριστικά του τοίχου όπως φαίνεται παρακάτω

Τοίχοι Trombe

| | |
|----|----------|
| 1 | Τοίχος 1 |
| 2 | Τοίχος 2 |
| 3 | Τοίχος 3 |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | |
| 24 | |
| 25 | |
| 26 | |

Περιγραφή

Εσ. θερμική αντ. τοίχου (Ri)

Εξ. θερμική αντ. τοίχου (Re)

Θερμ. αντ. στρώματος αέρα (Ri)

Set-point παροχής αέρα χώρου

Συντ. μεταγωγικής επιφ. (hc)

Συντ. ακτινοβολούσας επιφ. (hr)

Επιφ. ηλιαζόμενου τοίχου (A)

Συντ. πλαισίου (Ff)

Συντ. διόρθωσης σκίασης (Fs)

Συντ. απορρόφησης επιφ. (α)

Θερμ. ηλιακής ακτινοβολίας (gw)

Υαλοστάσιο (1) ή αδιαφανές (2)

Ok Άκυρο

Εικόνα 2.28-Δημιουργία τοίχου Trombe

Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη: Στην περίπτωση που έχουμε άτομα, φωτιστικά ή άλλες αιτίες συμπληρώνουμε τα πεδία του παρακάτω παραθύρου ώστε να υπολογιστεί το φορτίο από τα εσωτερικά κέρδη (αρνητικό πρόσημο γιατί ουσιαστικά πρόκειται για θερμικά κέρδη). Μπορούμε να συμπληρώσουμε αριθμό ατόμων και φωτιστικών ή απευθείας την ισχύ των κερδών στο κάτω μέρος του παραθύρου.

Στοιχεία Εσωτερικών Θερμικών Κερδών

Κέρδη Ατόμων

Μέσο θερμικό κέρδος ανά άτομο

Αριθμός ατόμων

Ώρες παρουσίας ατόμων (h/24h)

Κέρδη Φωτιστικών

Πλήθος φωτιστικών

Μέση ισχύς φωτιστικών

Συντελεστής απόδοσης

Ώρες λειτουργίας (h/24h)

Γενικά Κέρδη

Μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών σε θερμαινόμενους χώρους

Μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών σε μη θερμαινόμενους χώρους

Συντελεστής

Μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών

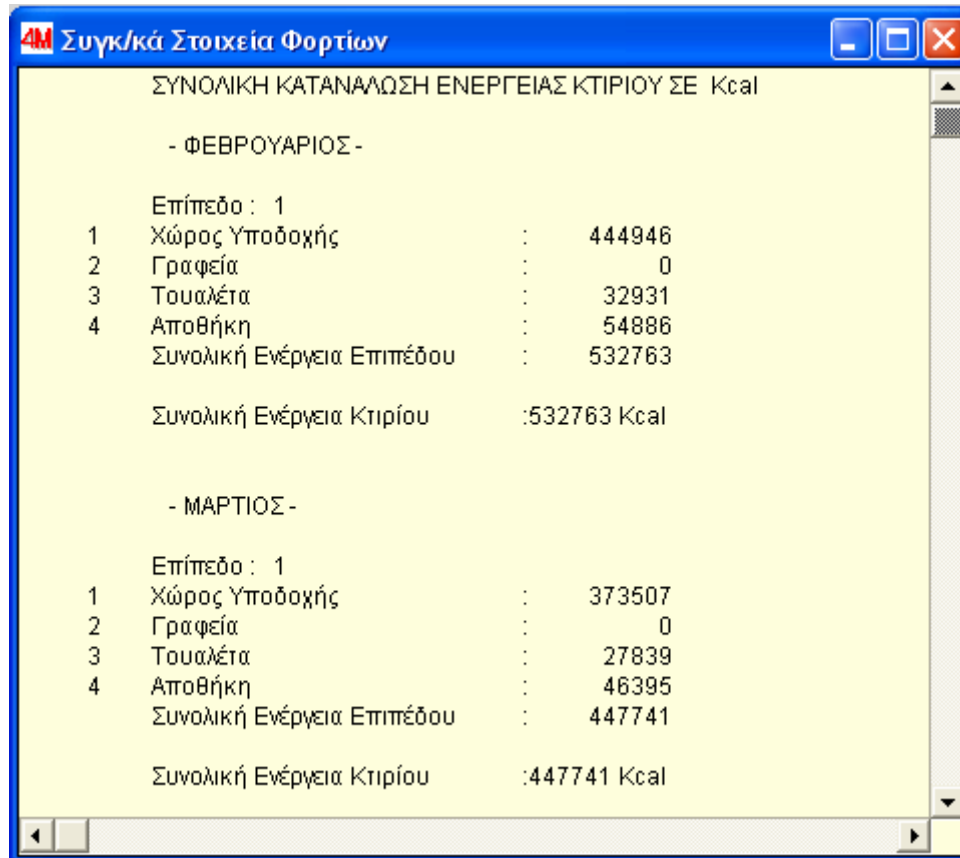
Τυπική τιμή 70 (Watt / άτομο)

Ok Άκυρο

Εικόνα 2.29-Στοιχεία εσωτερικών θερμικών κερδών

Αποτελέσματα-Αναφορές

- **Συγκεντρωτικά Στοιχεία Φορτίων:** Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται συγκεντρωτική κατάσταση με το φορτίο που αντιστοιχεί σε κάθε χώρο και επίπεδο για όλους τους μήνες, χωριστά και αθροιστικά



4M Συγκ/κά Στοιχεία Φορτίων

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ Kcal

- ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ -

Επίπεδο : 1

| | | | |
|---|----------------------------|---|--------|
| 1 | Χώρος Υποδοχής | : | 444946 |
| 2 | Γραφεία | : | 0 |
| 3 | Τουαλέτα | : | 32931 |
| 4 | Αποθήκη | : | 54886 |
| | Συνολική Ενέργεια Επιπέδου | : | 532763 |

Συνολική Ενέργεια Κτιρίου :532763 Kcal

- ΜΑΡΤΙΟΣ -

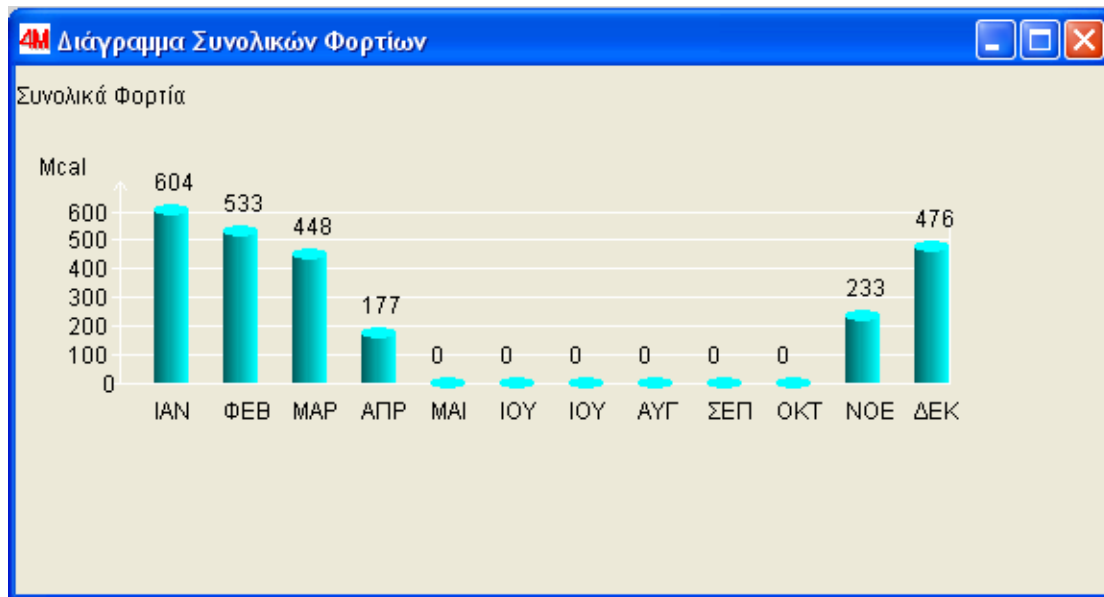
Επίπεδο : 1

| | | | |
|---|----------------------------|---|--------|
| 1 | Χώρος Υποδοχής | : | 373507 |
| 2 | Γραφεία | : | 0 |
| 3 | Τουαλέτα | : | 27839 |
| 4 | Αποθήκη | : | 46395 |
| | Συνολική Ενέργεια Επιπέδου | : | 447741 |

Συνολική Ενέργεια Κτιρίου :447741 Kcal

Εικόνα 2.30-Συγκεντρωτικά στοιχεία φορτίων

- **Διάγραμμα Συνολικών Φορτίων:** Παρουσιάζονται τα συνολικά φορτία του κτιρίου για κάθε μήνα σε γραφική απεικόνιση



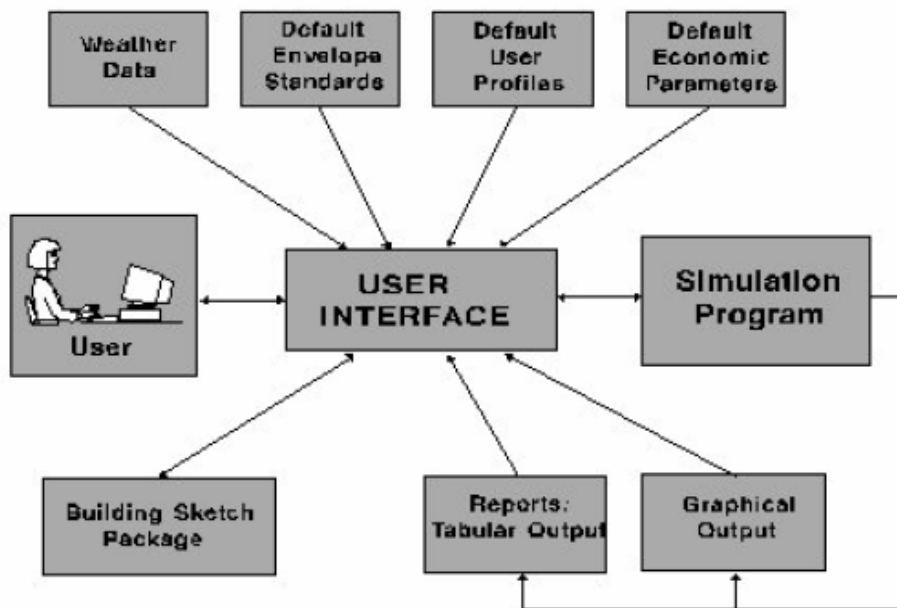
Εικόνα 2.31-Διάγραμμα συνολικών φορτίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ENER-WIN

Εισαγωγή

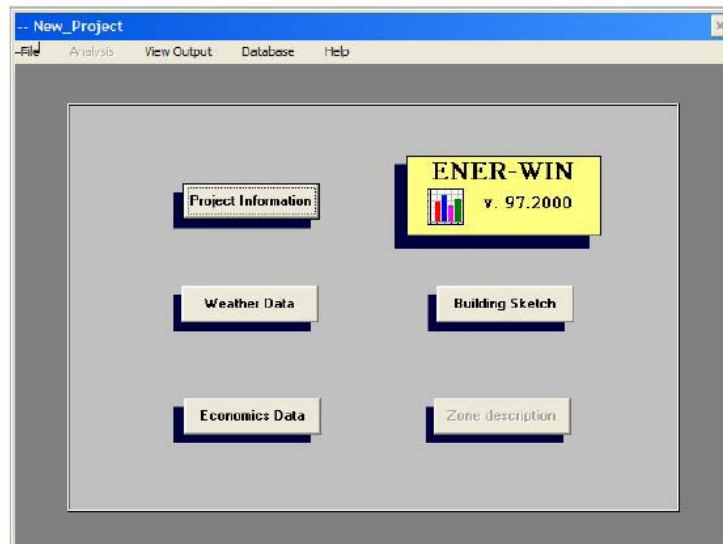
Το ENER-WIN είναι δομημένο σε δύο βασικά μέρη τα οποία είναι το interface που χρησιμοποιεί ο χρήστης (γραμμένο σε VISUAL BASIC) και το πρόγραμμα προσομοίωσης (γραμμένο σε FORTRAN). Ακολουθεί το διάγραμμα που καταδεικνύει την γενική λειτουργία του προγράμματος



Εικόνα 3.1-Δομή προγράμματος

Καθένα από τα παραπάνω μέρη του προγράμματος θα αναλυθούν στη συνέχεια. Αρχικά θα επεξηγηθεί η λειτουργία του interface και τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης (μηχανικός) ώστε τελικά να πραγματοποιήσει την ενεργειακή ανάλυση.

Το αρχικό παράθυρο μετά την έναρξη του προγράμματος είναι το κάτωθι



Εικόνα 3.2-Αρχικό παράθυρο προγράμματος

Οι πέντε επιλογές είναι οι: 1) **Project information** 2) **Weather data** 3) **Economics data** 4) **Building sketch** 5) **Zone description** και επεξηγούνται αναλυτικά στη συνέχεια.

1) **Project information**

Με αυτή την επιλογή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο:

Εικόνα 3.3-Παράθυρο project information

- **Building Type:** Με την επιλογή αυτή προκύπτει ένα μενού το οποίο περιέχει δεκαπέντε διαφορετικούς τύπους κτιρίων όπως γραφεία, σχολεία κ.τ.λ. Ο μηχανικός επιλέγει τον τύπο κτιρίου που επιθυμεί ανάλογα με το αντικείμενο της μελέτης του. Με την επιλογή αυτή χρησιμοποιούνται κάποιες προεπιλεγμένες ρυθμίσεις του προγράμματος.

- **Project Name, Project Description, Design Stage και Scheme Number:** Χρησιμοποιούνται για την καλύτερη περιγραφή του περιεχομένου της μελέτης του μηχανικού και δεν επηρεάζουν τα αριθμητικά αποτελέσματα.
- **Location:** Είναι η τοποθεσία (χώρα, πόλη) στην οποία είναι το αντικείμενο μελέτης του μηχανικού. Συμπληρώνεται αυτόματα μέσω της επιλογής **Get Weather**
- **Evaluation year:** Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί αυτή την ημερομηνία για να υπολογίσει την παρούσα αξία του κόστους που προκύπτει από τις τιμές που έχουν δοθεί για την κατανάλωση του καυσίμου και τον εξοπλισμό του κτιρίου.
- **Orientation, Floor area:** Οι τιμές σε αυτά τα πεδία που αφορούν τον προσανατολισμό του κτιρίου και το εμβαδόν των ορόφων συμπληρώνονται αυτόματα αφού ολοκληρωθεί η σχεδίαση του χώρου προς μελέτη.
- **Construction Cost:** Αυτή η τιμή εκφράζει το βασικό κόστος κατασκευής του κτιρίου χωρίς να υπολογίζεται το κόστος κατασκευής που σχετίζεται με την ενέργεια έστω και έμμεσα. Έτσι σε αυτό το κόστος δεν περιλαμβάνεται το κόστος για τοίχους, ταβάνια, πόρτες, παράθυρα και Η/Μ εξοπλισμό.
- **Occ.Days/week:** Σε αυτό το πεδίο επιλέγουμε πόσες μέρες την εβδομάδα χρησιμοποιείται το κτίριο από ανθρώπους. Η τιμή αυτή συμπληρώνεται αυτόματα αν έχουμε κάνει την επιλογή του κτιρίου (**building type**). Για παράδειγμα αν έχουμε επιλέξει για τύπο κτιρίου τα γραφεία τότε το πεδίο θα πάρει την τιμή 5 ενώ αν επιλέξουμε νοσοκομείο θα πάρει την τιμή 7. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορούμε να βάλουμε και δεκαδικές τιμές, για παράδειγμα το 5,5 σημαίνει ότι το κτίριο χρησιμοποιείται από Δευτέρα έως Παρασκευή και μισή μέρα το Σάββατο.
- **Annual Holidays:** Επιλέγουμε πόσες μέρες τον χρόνο δεν χρησιμοποιείται το κτίριο από ανθρώπους. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπολογίζονται και τυχόν Σαββατοκύριακα αφού αυτή η επιλογή έχει γίνει από το προηγούμενο πεδίο. Για παράδειγμα αν εδώ βάλουμε την τιμή 12 το πρόγραμμα θα υποθέσει ότι μία μέρα τον μήνα το κτίριο δεν χρησιμοποιείται και θα μειώσει αναλόγως την υπολογισθείσα κατανάλωση ενέργειας. Δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας για κάθε μήνα θα μειωθεί κατά ένα κλάσμα με αριθμητή το 1 και παρονομαστή της μέρες που χρησιμοποιείται το κτίριο (π.χ. 1/25 αν ο τύπος του κτιρίου είναι γραφεία)

2) Weather data

Με αυτή την επιλογή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο:

The screenshot shows a software window titled "Weather Data" with the following fields and data:

State Name: JAPAN City Name: NAGOYA
 WBAN: n.a. Latitude: 35.1 Longitude: -137.0
 Time Zone: +135.0 Elevation: 91.4

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Dry Bulb Ave: | 2.7 | 4.9 | 7.7 | 13.2 | 18.2 | 21.8 | 25.1 | 27.8 | 23.8 | 17.4 | 11.5 | 5.9 | Deg. C |
| Ave. Std. Dev: | 1.9 | 3.0 | 2.4 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 3.5 | 2.2 | 2.4 | 2.8 | Deg. C |
| Dry Bulb Max: | 6.8 | 10.3 | 13.3 | 18.1 | 23.0 | 26.0 | 28.6 | 32.1 | 27.8 | 22.2 | 16.5 | 10.3 | Deg. C |
| Max. Std. Dev: | 2.3 | 3.7 | 3.1 | 3.2 | 3.7 | 3.4 | 3.7 | 3.1 | 4.3 | 2.4 | 2.9 | 3.3 | Deg. C |
| Dew Point Ave: | -3.3 | -2.9 | -0.5 | 7.1 | 12.4 | 16.7 | 21.9 | 22.2 | 18.3 | 11.6 | 4.7 | 0.2 | Deg. C |
| DP Std. Dev: | 2.9 | 3.2 | 3.5 | 4.7 | 3.4 | 3.3 | 1.2 | 1.8 | 3.6 | 3.2 | 3.7 | 3.7 | Deg. C |
| Solar Radiation: | 10153 | 12753 | 15309 | 16660 | 16976 | 14991 | 14434 | 17160 | 12617 | 9549 | 9687 | 8847 | kJ/sqm |
| Wind Speed: | 3.5 | 3.5 | 3.8 | 4.2 | 3.8 | 3.4 | 2.8 | 4.1 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.6 | m/sec. |

Buttons: Save As New, Save As Update, Cancel, OK >>

For New or Revision only

If Std. Deviations are unknown, enter Monthly Extreme DB's ever recorded, or Monthly Means of Annual Extreme:

Extreme Dry Bulb: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 Deg. C

OR:

Mean Ann. Extreme: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 Deg. C

Εικόνα 3.4-Δεδομένα για τον καιρό

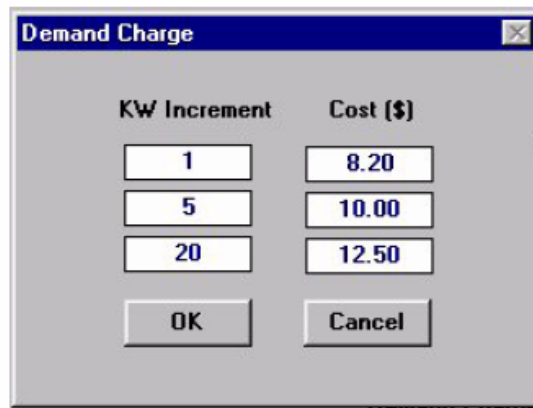
Μπορούμε να επιλέξουμε οποιαδήποτε πόλη περιέχεται στην βάση δεδομένων του προγράμματος. Προφανώς η πόλη που επιλέγουμε είναι η πόλη στην οποία βρίσκεται η πρόκειται να κατασκευασθεί το υπό μελέτη κτίριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετές Ελληνικές πόλεις (Αθήνα, Ιωάννινα κ.τ.λ). Με την επιλογή της πόλης συμπληρώνονται αυτόματα όλα τα πεδία που αφορούν κλιματολογικές συνθήκες όπως υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.τ.λ.

3) Economics data

Με αυτή την επιλογή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο:

Εικόνα 3.5-Οικονομικά δεδομένα κτιρίου

- **Economic Life:** Είναι η ‘οικονομική ζωή’ του έργου (σε έτη) και χρησιμεύει στον υπολογισμό της παρούσας αξίας.
- **Mechanical System Life:** Είναι ο χρόνος ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού (σε έτη). Αν αυτός ο χρόνος ζωής είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο του συνολικού έργου τότε το πρόγραμμα υποθέτει ότι γίνεται ξανά επένδυση για μηχανολογικό εξοπλισμό μετά το πέρας της περιόδου ενώ αν είναι μεγαλύτερος τότε προστίθεται το αντίστοιχο κόστος στην παρούσα αξία.
- **Solar System Life:** Είναι ο χρόνος ζωής του συστήματος ηλιακής ενέργειας. Σε αυτήν την έκδοση του προγράμματος αυτή η τιμή δεν χρησιμοποιείται.
- **Discount Rate:** Είναι το επιτόκιο αναγωγής και χρησιμεύει στον υπολογισμό της παρούσας αξίας.
- **Building Cost Escalation:** Είναι το ετήσιο επιτόκιο αύξησης του κόστους που σχετίζεται με την κατασκευή του κτιρίου. Χρησιμοποιείται όταν το έτος έναρξης κατασκευής του κτιρίου είναι διαφορετικό από το έτος της μελέτης.
- **Electric rates:** Το πρώτο κουτί αναφέρεται στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε \$/Kwh και το δεύτερο στην ετήσια αύξηση του.
- **Gas rates:** Το πρώτο κουτί αναφέρεται στο κόστος του καυσίμου σε \$/GJoule και το δεύτερο στην ετήσια αύξηση του.
- **Water rates :** Το πρώτο κουτί αναφέρεται στο κόστος του νερού σε \$/1000Litres και το δεύτερο στην ετήσια αύξηση του.
- **Demand Charge Schedule:** Εάν υπάρχει κλιμακωτή χρέωση στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας βάζουμε την επιλογή Y (Yes) και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

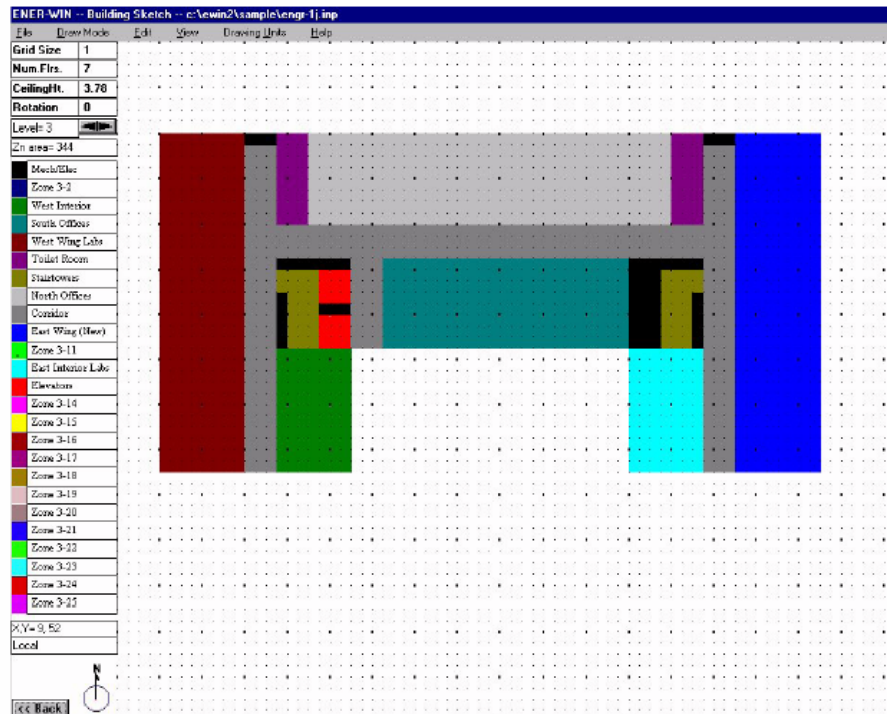


Εικόνα 3.6-Κλιμακωτή χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος

Για παράδειγμα εδώ έχουμε ότι το 1KW κοστίζει 8,20 \$, τα επόμενα 5 κοστίζουν 10\$ και τα επόμενα 20 κοστίζουν 12,5 \$. Για μεγαλύτερη κατανάλωση από 20 KW το πρόγραμμα υποθέτει ότι η τιμή παραμένει ίδια (εδώ είναι τα 12,50\$).

4) Building sketch

Με την επιλογή αυτή προκύπτει παρακάτω παράθυρο:



Εικόνα 3.7-Σχεδιασμός κτιρίου

Σε αυτό το πλέγμα πρέπει να σχεδιάσουμε το κτίριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα δέχεται μόνο ορθογώνια σχήματα αν και με κάποια προσπάθεια παραπάνω από τον χρήστη μπορούν να προσεγγισθούν και άλλα σχήματα, όπως τρίγωνα, κύκλοι κ.τ.λ. Όπως και πριν θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των

επιλογών, που εμφανίζονται πάνω αριστερά, σε αυτή την υπορουτίνα του προγράμματος.

| | |
|------------|------|
| Grid Size | 1 |
| Num.Flrs. | 7 |
| CeilingHt. | 3.78 |
| Rotation | 0 |
| Level= 3 | ◀▶ |

- **Grid Size:** Ουσιαστικά με αυτή την επιλογή ρυθμίζουμε την κλίμακα του σχεδίου. Το νούμερο που θα βάλουμε σε αυτό το πεδίο αφορά την διάσταση ενός κελιού του πλέγματος.
- **Num.Flrs:** Αυτή η μεταβλητή δέχεται μόνο ακέραιες τιμές. Εκφράζει τον αριθμό ίδιων ορόφων που υπάρχουν στο κτίριο με αυτόν που σχεδιάζει ο χρήστης. Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται προφανώς να ξανασχεδιασθούν οι όροφοι που επαναλαμβάνονται στο κτίριο.
- **Ceiling Ht.:** Σε αυτό το πεδίο βάζουμε το ύψος του κάθε ορόφου. Δέχεται και δεκαδικές τιμές.
- **Rotation:** Με αυτήν την μεταβλητή γίνεται ο προσανατολισμός του κτιρίου. Το πρόγραμμα θεωρεί ότι το πάνω μέρος του σχεδίου είναι προσανατολισμένο προς το Βορρά και αυτό φαίνεται και από την ένδειξη της πυξίδας που είναι κάτω αριστερά. Ο χρήστης βάζοντας την επιθυμητή τιμή περιστροφής σε μοίρες μπορεί να καθορίσει ποια είναι η μεριά του κτιρίου που βρίσκεται στον Βορρά. Σημειώνεται ότι δεν περιστρέφεται το σχέδιο, όπως θα περίμενε κανείς, αλλά εμφανίζεται μια κόκκινη ένδειξη στην πυξίδα.



- **Level = n:** Αυτή η τιμή εκφράζει το επίπεδο του κτιρίου το οποίο σχεδιάζουμε. Για λόγους εποπτικότητας καλό θα είναι αυτή η τιμή να συμφωνεί με τον αριθμό του ορόφου αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο. Με τα βελάκια μπορούμε να βάλουμε την τιμή που θέλουμε και το σχέδιο παραμένει ίδιο, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να ξανασχεδιασθούν τμήματα του κτιρίου που παραμένουν ίδια από όροφο σε όροφο όπως οι σκάλες, τα ασανσέρ κ.τ.λ.

Κάτω από αυτές τις επιλογές υπάρχουν 25 χρώματα, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη ζώνη του κτιρίου και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιοδήποτε χρώμα για να σχεδιάσει καθώς επίσης και να 'μετονομάσει' το κάθε χρώμα ανάλογα με το τι σχεδιάζει. Έτσι λοιπόν χώροι του κτιρίου με ίδιες ή παρόμοιες ενεργειακές συμπεριφορές πρέπει να σημαίνονται με το ίδιο χρώμα. Στη συνέχεια μέσω της επιλογής **Zone description** θα καθοριστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε ζώνης

5) Zone description

Με αυτή την επιλογή προκύπτει η παρακάτω οθόνη για τη συγκεκριμένη ζώνη που έχουμε επιλέξει. Προφανώς η γενική μορφή της κάθε καρτέλας είναι ίδια για όλες τις ζώνες και ο χρήστης απλώς αλλάζει τις παραμέτρους που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

The screenshot shows the 'Zone Description' window with the following data:

Input Fields:
 Bldg. Type: Office | BS'99 simulation study | NAGOYA, JAPAN !
 Zone No: 15 | West wing class | Floor Area: 240 | Internal Mass: 500 kg/sq.m.

| Occupancy | | Hot Water | | Ventilation | | Lights + Equipment | | | Temp. Profiles | | | | HVAC System | | | |
|---------------|-----------|------------------|-----------|-------------|-----------|--------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------|-----------|-----------|-------------|--------|--------|---|
| No. of people | Prof. No. | Ltr./day /person | Prof. No. | Rate | Prof. No. | Light. Type | Cost \$/sq.m. | Watt/ sq.m. Light Equip | Prof. No. | Normal S | Holiday W | AC type S | Heating W | 1 to 9 | 1 to 3 | |
| 10 | 1 | 0 | 1 | CS0.7 | 5 | 1 | 25 | 18 | 7 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 1 |

| Nat. Vent. (Yes/No) | Nat. Vent. L/sec. | Infiltration Rate (ACH) | Daylight (Yes/No) | Daylighting Depth (m) | Target Lux | Econ Cycle | Static Pres. | Cool. COP | Heat COP | Cost (\$/ton) | |
|---------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|------------|------------|--------------|-----------|----------|---------------|-------|
| No | 8 | 0.4 | No | 0 | 0 | No | 498 | 2.49 | 0.7 | 1200 | 54.00 |

Buttons: Copy Changes to All Zones | Copy Changes to Zone ...

| Wall ID. No. | Wall Area (sq.m.) | Orient. from North (deg) | Surface Exposure (1 to 7) | Exterior Shade RLTF fract. | Window ID. No. | Glass Area (sq.m.) | Roof-wall slope | S/W/B | Ven. Blind 0 or 1 | Diff. Shade Trans. | Sill Ht. (m.) | Ht. of window top | Grd. Reflec. (fract.) |
|--------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|--------------------|-----------------|-------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 36.5 | 0 | 2 | NO. NO. NO. | 1 | 0.0 | 90 | B | 0 | 0 | .75 | 2.25 | 0.0 |
| 1 | 136.8 | 270 | 2 | T.2 R.5 L.5 | 1 | 20 | 90 | B | 0 | 0 | .75 | 2.25 | 0.0 |
| 1 | 36.5 | 180 | 2 | NO. NO. NO. | 1 | 0.0 | 90 | B | 0 | 0 | .75 | 2.25 | 0.0 |
| 14 | 46 | 0 | 7 | NO. NO. NO. | 1 | 0.0 | 0 | B | 0 | 0 | .75 | 2.25 | 0.0 |
| 14 | 194 | 0 | 75 | NO. NO. NO. | 1 | 0.0 | 0 | B | 0 | 0 | .75 | 2.25 | 0.0 |

Buttons: OK | Undo Last | Cancel

Εικόνα 3.8-Προσδιορισμός δεδομένων για τις θερμικές ζώνες

Σε αυτήν την καρτέλα θα υπάρχουν τιμές σε όλα τα πεδία που προέκυψαν είτε από το σχέδιο του κτιρίου είτε από την βάση δεδομένων του προγράμματος ανάλογα με τον τύπο κτιρίου που έχουμε επιλέξει. Για παράδειγμα η επιφάνεια που καταλαμβάνει το κτίριο (**Floor Area**) έχει υπολογισθεί από το σχέδιο ενώ ο αριθμός των ανθρώπων και η εσωτερική μάζα του κτιρίου (**Internal Mass**) έχει επιλεγεί από τη βάση δεδομένων του προγράμματος.

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πεδίων αυτής της καρτέλας.

- **Internal Mass:** Είναι η συνολική μάζα του κτιρίου σε κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο. Αυτή η τιμή περιλαμβάνει την μάζα των μεσοτοιχιών, των ταβανιών, των επίπλων, των βιβλίων κ.τ.λ.
 - **Number of people:** Είναι ο μέγιστος αριθμός ανθρώπων που αναμένεται να βρίσκονται σε αυτή την ζώνη.
- Occupancy profile number:** Με αυτή την επιλογή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο

Occupancy Profiles (percentage) - c:\ewin2\sample\engr-nu2.inp

Edit

| | A. M. | | | | | | | | | | | | P. M. | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 Office | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 50 | 95 | 95 | 95 | 50 | 95 | 95 | 95 | 95 | 90 | 90 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | |
| 2 Elementary School | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 75 | 30 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 Secondary School | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 75 | 90 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 45 | 15 | 5 | 15 | 20 | 20 | 10 | 2 | 2 | |
| 4 Theater / Cinema | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 40 | 40 | 80 | 80 | 80 | 10 | 0 | |
| 5 Hospital | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | |
| 6 Clinic | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 50 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 50 | 30 | 30 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 Fast Food Rest. | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 60 | 90 | 90 | 35 | 35 | 35 | 60 | 60 | 60 | 40 | 30 | 10 | 10 | |
| 8 Full Menu Rest. | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 60 | 90 | 90 | 35 | 35 | 35 | 60 | 60 | 60 | 40 | 30 | 10 | 10 | |
| 9 Gymnasium | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 20 | 50 | 50 | 50 | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 | 20 | 50 | 50 | 50 | 10 | 0 | 0 | |
| 10 Auditorium | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 80 | 80 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 Mercantile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 | 50 | 50 | 70 | 70 | 70 | 70 | 80 | 70 | 50 | 50 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 Warehouse | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 70 | 90 | 90 | 90 | 90 | 50 | 85 | 80 | 85 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 Hotel / Motel | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 70 | 40 | 40 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 30 | 50 | 50 | 50 | 70 | 70 | 80 | 90 | 90 | |
| 14 Nursing Home | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | |
| 15 Residential | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 80 | 80 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 80 | 80 | 85 | 85 | 85 | 95 | 95 | 95 | |
| 16 User's Alt. Profile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 80 | 0 | 80 | 0 | 80 | 0 | 80 | 0 | 30 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17 User's Alt. Profile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 User's Alt. Profile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 19 User's Alt. Profile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20 User's Alt. Profile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

OK Undo Last

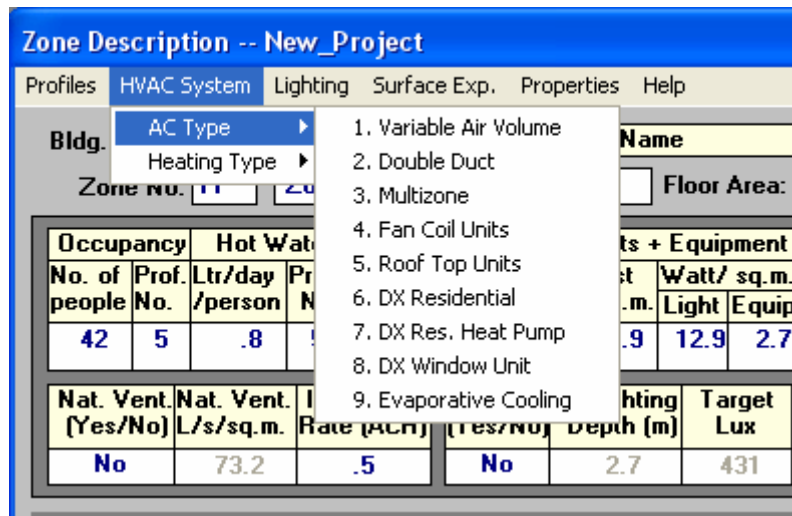
Εικόνα 3.9-Προσδιορισμός ανθρώπινης πυκνότητας

Η πρώτη γραμμή της καρτέλας έχει την ώρα και ακριβώς από κάτω είναι ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκονται στο κτίριο. Επιλέγουμε το προφίλ που θέλουμε ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου. Μπορούμε να δημιουργήσουμε και καινούργιο προφίλ βάζοντας δικές μας τιμές για τον αριθμό των ανθρώπων.

- **Hot water profile:** Όπως πριν εμφανίζεται μία καρτέλα η οποία αφορά στην χρήση ζεστού νερού ανάλογα με την ώρα. Ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις με παραπάνω.
- **Ventilation:** Αυτό το πεδίο αφορά τον εξαερισμό του κτιρίου. Δεν περιλαμβάνεται ο φυσικός εξαερισμός. Προσοχή πρέπει να δοθεί στις μονάδες που θα χρησιμοποιήσει ο χρήστης και οποίες μπορεί να είναι: CP (L αέρα / s* άνθρωπο), CS (L αέρα / s* m² δαπέδου) ή PA (ποσοστό % εξωτερικού αέρα).
- **Ventilation profile:** Ίδια καρτέλα όπως και στο ζεστό νερό. Η διαφορά εδώ έγκειται στο ότι οι τιμές που μπορούμε να βάλουμε είναι το 0 και το 1 που δηλώνουν κλειστό και ανοιχτό σύστημα εξαερισμού αντίστοιχα.
- **Lighting Type:** Επιλέγουμε τον τύπο φωτισμού του κτιρίου. Υπάρχουν έξι επιλογές όπως λάμπες φθορισμού, πυρακτώσεως κ.τ.λ.
- **Lighting cost:** Είναι το κόστος εγκατάστασης του φωτισμού σε \$/ τ.μ. δαπέδου. Αυτή η τιμή είναι σημαντική αν εναλλακτικές πηγές φωτός χρησιμοποιηθούν στο κτίριο.
- **Lighting power density:** Είναι η ένταση του φωτισμού σε watt/τ.μ
- **Equipment power density:** Είναι η ηλεκτρική ισχύς σε watt/τ.μ. που χρειαζόμαστε για τις μικροσυσκευές που υπάρχουν στο κτίριο όπως Η/Υ, ψυγεία κ.τ.λ.
- **Power density profile:** Με την ίδια λογική με πριν εμφανίζεται μια καρτέλα στην οποία ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου που έχουμε επιλέξει, εμφανίζεται ως ποσοστό % των συνδεδεμένων φορτίων η κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα συναρτήσει της ώρας.
- **Temperature profiles:** Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά προφίλ θερμοκρασίας από τα οποία μπορεί να επιλέξει ο χρήστης και τα οποία το πρόγραμμα

χρησιμοποιεί για να ορίσει τις ανώτερες και κατώτερες θερμοκρασίες για το καλοκαίρι και τον χειμώνα.

- **HVAC System, AC Type:** Από το μενού που φαίνεται παρακάτω επιλέγουμε το σύστημα κλιματισμού και θέρμανσης



Εικόνα 3.10-Επιλογή συστήματος κλιματισμού και θέρμανσης

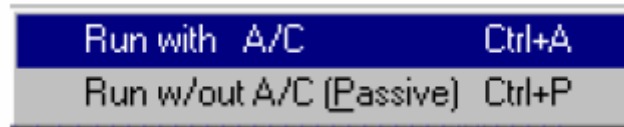
Από το μενού θέρμανσης μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα στο φυσικό αέριο, το ηλεκτρικό και την αντλία θέρμανσης

- **Econ.Cycle:** Ο χρήστης επιλέγει YES η NO στο πεδίο που υπάρχει. Με την επιλογή YES το πρόγραμμα καταλαβαίνει ότι όταν το επιτρέπουν οι συνθήκες θα χρησιμοποιηθεί 100% εισαγωγή φυσικού αέρα από το περιβάλλον.
- **Static.Pres:** Είναι η απώλεια στατικής πίεσης στο κύκλωμα του αέρα και το πρόγραμμα χρησιμοποιεί αυτήν την τιμή για να υπολογίσει την απαιτούμενη ισχύ των ανεμιστήρων.
- **Cool. COP:** Είναι ο συντελεστής απόδοσης της κεντρικής εγκατάστασης εκφρασμένος ως το πηλίκο (ψυκτικό φορτίο στο σημείο σχεδίασης)/ (συνολική ισχύς).
- **Heat COP:** Όμοια με πριν είναι ο συντελεστής απόδοσης για το σύστημα θέρμανσης.
- **First Cost:** Σε αυτό το πεδίο βάζουμε το κόστος εγκατάστασης των HVAC συστημάτων σε \$/ton.
- **Maint.Cost:** Είναι το ετήσιο κόστος συντήρησης των HVAC συστημάτων σε \$/ton
- **Nat.Vent:** Υπάρχει η επιλογή YES η NO. Αν επιλέξουμε το YES τότε το πρόγραμμα υποθέτει ότι μπορεί να υπάρχει φυσικός κλιματισμός του κτιρίου. Δηλαδή σε περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από την εσωτερική γίνεται φυσικός αερισμός του κτιρίου κατά ένα ποσοστό που καθορίζεται από τον χρήστη
- **Daylighting:** Ομοίως με πριν υπάρχει η επιλογή YES ή NO. Αν επιλέξουμε το YES τότε εισάγουμε το ποσοστό πηγίων ρύθμισης για τα φώτα που υπάρχουν στο κτίριο.

Στο κάτω μισό της οθόνης **Zone description** υπάρχουν πληροφορίες που αφορούν τους τοίχους, την επιφάνεια της οροφής και των πατωμάτων και έχουν προέλθει από την φάση του σχεδιασμού του κτιρίου.

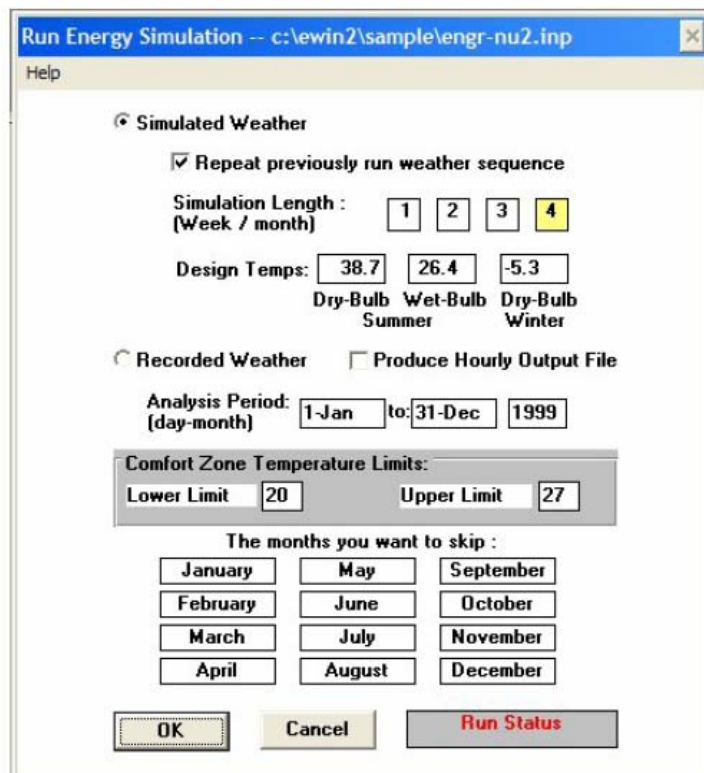
Αποτελέσματα-Αναφορές

Έχοντας εισάγει τις παραπάνω πληροφορίες στο πρόγραμμα μπορούμε πλέον να τρέξουμε την προσομοίωση. Επιλέγουμε **Analysis** και προκύπτουν δύο επιλογές οι οποίες είναι εκτέλεση με A/C και εκτέλεση χωρίς A/C (παθητικό κτίριο) και φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 3.11-Επιλογές για την προσομοίωση

Αφού κάνουμε την επιλογή προκύπτει το παρακάτω παράθυρο:

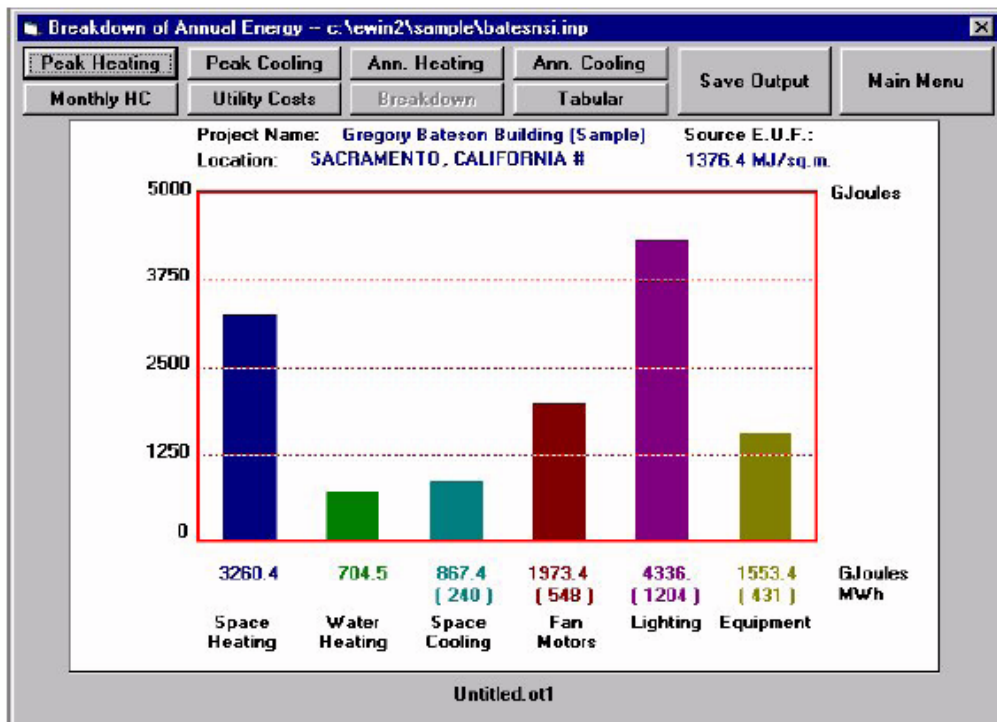


Εικόνα 3.12--Επιλογές για την προσομοίωση

Μπορούμε να ορίσουμε διάφορες παραμέτρους όπως ενδεικτικά οι κάτωθι:

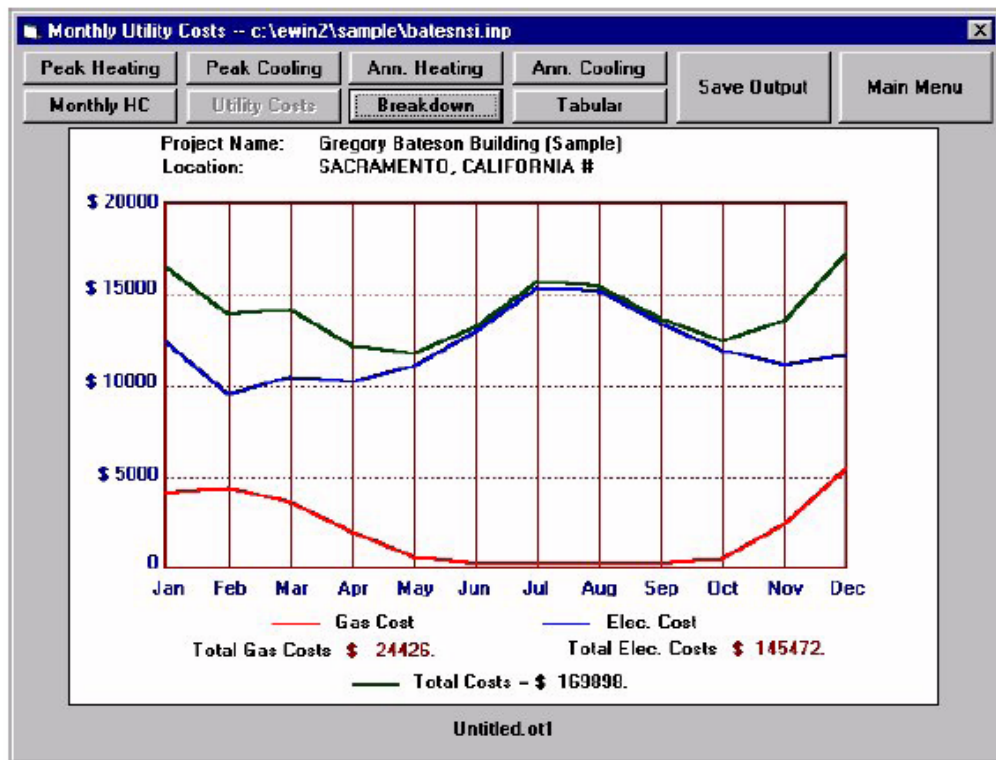
- Την περίοδο την οποία αφορά η ανάλυση μας
- Τα όρια για την ανώτατη και κατώτατη αποδεκτή θερμοκρασία στο χώρο
- Τους μήνες που το κτίριο δεν θα κατοικείται

Αφού πατήσουμε **OK** το πρόγραμμα κάνει την προσομοίωση και τα αποτελέσματα προκύπτουν σε πίνακες όπως οι παρακάτω. Ο πρώτος πίνακας μας δείχνει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ένα κτίριο:



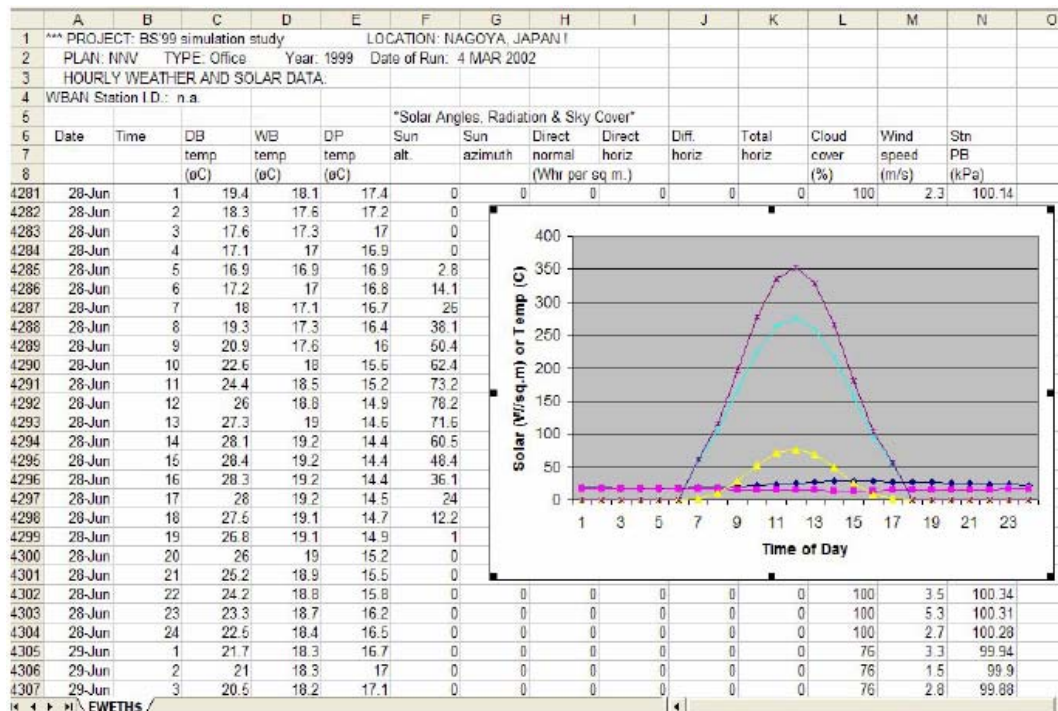
Εικόνα 3.13-Ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Με την επιλογή **Breakdown** εμφανίζεται ο παρακάτω πίνακας για το μηνιαίο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας (κόκκινη καμπύλη για το φυσικό αέριο, μπλε καμπύλη για το ηλεκτρικό και πράσινη για το συνολικό)



Εικόνα 3.14- Μηνιαίο κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

Εκτός από τις παραπάνω απεικονίσεις των αποτελεσμάτων το πρόγραμμα μπορεί να μας παρέχει τα αποτελέσματα και σε μορφή φύλλου EXCEL όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Εικόνα 3.15-Αποτελέσματα σε μορφή φύλλου excel

Συνοπτικά αναφέρονται στη συνέχεια τα πιθανά αποτελέσματα του προγράμματος (εξαρτώνται από τις επιλογές του χρήστη και για αυτό αναφέρονται ως πιθανά)

- **Header page:** Υποδεικνύει τον χρήστη και την τρέχουσα έκδοση του προγράμματος καθώς επίσης και στοιχεία που αφορούν τον καιρό και τα οικονομικά.
- **Material Descriptions:** Περιγραφεί τα υλικά για τα παράθυρα και τους τοίχους που είτε έχουν επιλεγεί από τον χρήστη είτε έχουν προεπιλεγεί αυτόματα από το πρόγραμμα.
- **Project and Building Data:** Περιγράφει τα βασικά στοιχεία του κτιρίου και μια λίστα με δεδομένα σχετική με κάθε ζώνη του κτιρίου, έτσι όπως έχει καθορισθεί από τον χρήστη
- **Monthly Summaries of Heating and Cooling:** Εμφανίζει την μηνιαία και ετήσια κατανάλωση ενέργειας και τα αντίστοιχα κόστη.
- **Peak Load and Annual Load Breakdown:** Εμφανίζει τις μέρες που έχουμε την μέγιστη ζήτηση ενέργειας.
- **Design Loads by Zones:** Παρουσιάζει το φορτίο κάθε ζώνης, το μέγεθος των αγωγών και του HVAC εξοπλισμού κ.τ.λ.
- **Peak Demand Profiles:** Εμφανίζει την ωριαία ζήτηση ενέργειας για τις μέρες του χειμώνα και του καλοκαιριού που έχουμε την μέγιστη ζήτηση ενέργειας.
- **Present Worth Cost Analysis:** Παρουσιάζει την παρούσα αξία του έργου
- **Weather Data Summary:** Εμφανίζει τα δεδομένα σχετικά με τον καιρό

- **Floating Space Temperatures in each zone:** Εμφανίζει ένα εικοσιτετράωρο προφίλ για την θερμοκρασία κάθε ζώνης κατά την διάρκεια των πιο ζεστών και πιο κρύων ημερών της εποχής.
- **Hourly outdoor temperature and whole building energy demand:** Εμφανίζει την ωριαία θερμοκρασία εξωτερικά του κτιρίου και την συνολική ζήτηση ενέργειας του κτιρίου.
- **Hourly indoor zone temperatures and relative humidity values:** Εμφανίζει την ωριαία θερμοκρασία εσωτερικά του κτιρίου και τις τιμές σχετικής υγρασίας
- **Hourly outdoor temperatures, sun angles, and diffuse and direct solar radiation:** Εμφανίζει την ωριαία θερμοκρασία εξωτερικά του κτιρίου, την γωνία του ήλιου και την διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

A) Θεωρητικό μέρος

Στην ενεργειακή μελέτη έχουν ακολουθηθεί οι κανόνες της European Committee For Standardization, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) EUROPEAN STANDARD prEN 832
- β) EUROPEAN STANDARD EN ISO 13789
- γ) EUROPEAN STANDARD prEN 410
- δ) EUROPEAN STANDARD EN ISO 13370

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές σχέσεις που χρησιμοποιεί το λογισμικό της 4M.

1) **Η ολική απώλεια θερμότητας** για ένα κτίριο μιας ζώνης για δεδομένη χρονική περίοδο Q_1 (J) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q_1 = H \cdot (\theta_I - \theta_c) \cdot t = (H_T + H_V) \cdot (\theta_I - \theta_c) \cdot t = (H_T + V \cdot n \cdot \rho_a \cdot c_a) \cdot (\theta_I - \theta_c) \cdot t \quad (4.1)$$

όπου:

- H (W/K) συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου
- θ_I (°C) Set-point (επιθυμητή θερμοκρασία)
- θ_c (°C) μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά την περίοδο υπολογισμού
- t (sec) διάρκεια χρονικής περιόδου
- H_T (W/K) συντελεστής θερμικών απωλειών μετάδοσης θερμότητας με

$$H_T = \rho_a \cdot c_a \cdot V_{sp} \cdot \delta \cdot \kappa / \Delta \quad (4.2)$$

όπου:

- $\rho_a \cdot c_a = 1200 \text{ J/m}^3\text{K}$ ή $0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ θερμοχωρητικότητα του αέρα
- V_{sp} (m^3/sec ή m^3/h) Set-point της ροής του αέρα που περνά από το αεριζόμενο επίπεδο
- $\delta = 0,3 \cdot \gamma_{al} + 0,03 \cdot (0,0003^{\gamma_{al}} - 1)$ Ο λόγος της διαφοράς συσσωρευμένης εσωτερικής – εξωτερικής θερμοκρασίας όταν λειτουργεί ο εξαερισμός, προς την τιμή του για όλη την περίοδο υπολογισμού

- H_V (W/K) συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού με

$$H_V = V' \cdot \rho_a \cdot c_a = V \cdot n \cdot \rho_a \cdot c_a \quad (4.3)$$

όπου:

- V' (m^3/sec ή m^3/h) παροχή αέρα στο κτίριο που περιλαμβάνει αέρα και από μη θερμαινόμενους χώρους
- n (h^{-1}) εναλλαγές αέρα με $n_{min}=0,5h^{-1}$ για κατοικίες ενώ για κτίρια με ελεγχόμενες απαιτήσεις αερισμού, με μεγάλη διάρκεια χωρίς απασχόληση και δωμάτια με υψηλές οροφές το n μπορεί να είναι μικρότερο
- V (m^3) όγκος κτιρίου

2) Η συνολική παροχή του αέρα V_T (m^3/sec ή m^3/h) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_T' = V_f' + V_x' = V_f' \cdot (1 - n_V) + V_x' \quad (4.4)$$

όπου:

- V_f' (m^3/sec ή m^3/h) παροχή από ανεμιστήρες που είναι σε λειτουργία
- V_x' (m^3/sec ή m^3/h) παροχή που οφείλεται στην ανεμόπτωση και στη διαστρωμάτωση αέρα, με ανοικτούς ανεμιστήρες, για μη στεγανό κέλυφος του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία για την περιοχή του κτιρίου χρησιμοποιείται ο τύπος

$$V_x' = V \cdot n_{50} \cdot e / (1 + f/e^2) \quad (4.5)$$

όπου:

- n_{50} εναλλαγές αέρα που προκαλούν 50 Pa διαφορά πίεσης εσωτερικά - εξωτερικά
- e, f συντελεστές σκίασης
- n_V συντελεστής απόδοσης εναλλάκτη αέρα

3) Η πρόσθετη παροχή διείσδυσης αέρα με κλειστούς ανεμιστήρες λόγω ανεμόπτωσης και διαστρωμάτωσης V_x' (m^3/sec ή m^3/h) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_x' = V \cdot n_{50} \cdot e \quad (4.6)$$

4) Η ενεργός θερμική χωρητικότητα ζώνης λόγω διακοπών, υπολογιζόμενη με μέγιστο πάχος 3cm:

$$C = \sum \chi_j A_j \quad (4.7)$$

όπου:

- χ_j θερμοχωρητικότητα της εσωτερικής επιφάνειας του στοιχείου j του κτιρίου που προκύπτει από τον πίνακα Η.1 EN ISO 13789
- A_j (m^2) επιφάνεια στοιχείων βαριάς κατασκευής

5) Ο συντελεστής θερμικών απωλειών μεταξύ οικοδομής και εσωτερικού περιβάλλοντος H_{ic} (W/K) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$H_{ic} = \sum_j (A_j / R_{ij}) \quad (4.8)$$

όπου:

- R_{ij} ($m^2 K/W$) θερμική αντίσταση της εσωτερικής επιφάνειας των παραπάνω στοιχείων
- A_j (m^2) επιφάνεια στοιχείων βαριάς κατασκευής

6) Το ολικό θερμικό κέρδος Q_g' (J) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q_g' = Q_i' + Q_\sigma' \quad (4.9)$$

όπου:

- Q_i' (J) εσωτερικά θερμικά κέρδη με

$$Q_i = \Phi_i \cdot t \quad (4.10)$$

όπου:

- Φ_i μέση ισχύς εσωτερικών κερδών που προκύπτει από τον αντίστοιχο πίνακα για Ελλάδα ή $5W/m^2$
- t (sec) διάρκεια χρονικής περιόδου
- Q_σ' (J) ηλιακό κέρδος με

$$Q_\sigma' = \sum_j I_{sj} \sum_n A_{snj} \quad (4.11)$$

όπου:

- j όλοι οι προσανατολισμοί

- n όλες οι επιφάνειες
- I_{sj} (kWh/m^2) Ολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια προσανατολισμού j
- A_{snj} (m^2) δρούσα απορροφητική επιφάνεια της ηλιακής ακτινοβολίας της επιφάνειας n με προσανατολισμό j με

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_c \cdot F_f \cdot g \quad (4.12)$$

όπου:

- A (m^2) επιφάνεια του ανοίγματος της επιφάνειας
- F_s συντελεστής διόρθωσης σκίασης με $0 < F_s < 1$ και $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$ όπου F_h είναι ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τον ορίζοντα και $F_o \cdot F_f$ είναι οι συντελεστές διόρθωσης σκίασης για σκέπαστρα και πτέρυγες
- F_c συντελεστής κουρτίνας
- F_f συντελεστής πλαισίου που ισούται με το λόγο της διαφανούς επιφάνειας προς τη συνολική επιφάνεια του υαλοστασίου
- g ολική ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας με $g = F_w \cdot g_{\square}$ όπου $F_w = 0,9$ ο διορθωτικός συντελεστής και g_{\square} η κάθετη ακτινοβολία στο τζάμι όπως προκύπτει από τον πίνακα G.1 prEN 832

7) Η προσαύξηση λόγω θερμικών γεφυρών υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 13370 και ισούται με το γινόμενο του μήκος επαφής δύο διαφορετικών επιφανειών επί έναν αντίστοιχο συντελεστή. Το φορτίο για τις σημειακές θερμικές γέφυρες είναι πολύ μικρό και σπάνια συνυπολογίζεται.

8) Θερμοκώπια

Οι απώλειες υπολογίζονται σύμφωνα με τα παραπάνω. Τα ηλιακά κέρδη στους θερμαινόμενους χώρους από το θερμοκώπιο Q_{Ss} , είναι το άθροισμα των άμεσων κερδών διαμέσου του διαχωριστικού τοίχου Q_{Sd} και των έμμεσων Q_{Si} από τη θέρμανση του θερμοκώπιου από τον ήλιο:

$$Q_{Ss} = Q_{Sd} + Q_{Si} \quad (4.13)$$

Με μια πρώτη προσέγγιση φαίνεται ότι οι απορροφητικές επιφάνειες είναι όλες σκιασμένες σε ίδιο ποσοστό από εξωτερικά εμπόδια και το εξωτερικό περίβλημα του θερμοκώπιου.

Τα άμεσα ηλιακά κέρδη είναι το άθροισμα των κερδών διαμέσου των διαφανών (δείκτης w) και αδιαφανών (δείκτης p) μερών του διαχωριστικού τοίχου:

$$Q_{Sd} = q_p \cdot F_s \cdot F_{Ce} \cdot F_{Fe} \cdot g_e \cdot (F_{Cw} \cdot F_{Fw} \cdot g_w \cdot A_w + \alpha_{Sp} \cdot A_p \cdot U_p / U_{Pe}) \quad (4.14)$$

Τα έμμεσα κέρδη υπολογίζονται από το άθροισμα των κερδών κάθε απορροφητικής επιφάνειας j στο θερμοκήπιο αλλά χωρίς τα άμεσα κέρδη των αδιαφανών κομματιών του διαχωριστικού τοίχου:

$$Q_{Si} = (1-b) \cdot F_S \cdot F_{Ce} \cdot F_{Fe} \cdot g_e \cdot (\sum_j q_{Sj} \cdot \alpha_{Sj} \cdot A_j - q_P \cdot \alpha_{Sp} \cdot A_P \cdot U_P / U_{Pe}) \quad (4.15)$$

Ο συντελεστής b ορίζεται στο EN ISO 13789.

9) Τοίχοι Trombe

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών βασίζεται στην επιθυμητή και την εξωτερική θερμοκρασία. Τα ηλιακά κέρδη υπολογίζονται σύμφωνα με τα παραπάνω. Ο επιπρόσθετος συντελεστής θερμικών απωλειών ενός τέτοιου τοίχου υπολογίζεται από την:

$$\Delta H = V \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot [U_e \cdot U_i]^2 \cdot \delta \quad (4.16)$$

όπου:

- V' : Set-point παροχής αέρα στον χώρο
- $\rho_a \cdot c_a$: Θερμοχωρητικότητα αέρα
- U_e : Εξωτερική θερμική αγωγιμότητα με

$$U_e = (R_e + R_l / 2)^{-1} \quad (4.17)$$

όπου

- R_e : Εξωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ στρώματος αέρα και εξωτερικού
- R_l : Θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα
- U_i : Εσωτερική θερμική αγωγιμότητα με

$$U_i = (R_i + R_l / 2)^{-1} \quad (4.18)$$

όπου

- R_i : Εσωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ στρώματος αέρα και εσωτερικού
- R_l : Θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα
- δ λόγος της συσσωρευμένης διαφοράς εσωτερικής - εξωτερικής θερμοκρασίας όταν ο αερισμός λειτουργεί, προς την τιμή της καθ' όλη τη διάρκεια υπολογισμού με

$$\delta = 0,3 \cdot \gamma_{al} + 0,03 \cdot (0,0003^{\gamma_{al}} - 1) \quad (4.19)$$

όπου:

- γ_{al} λόγος των ηλιακών κερδών προς τις απώλειες θέρμανσης του στρώματος αέρος κατά τη διάρκεια υπολογισμού

10) Εξωτερικοί τοίχοι

Το φορτίο Q_i κατά την ώρα i υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_i = K \cdot A \cdot Dt_{ei} \quad (4.20)$$

όπου:

- K ο συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου
- A το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου
- Dt_{ei} ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την ώρα i

Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά λαμβάνεται από πίνακες ανάλογα με το βάρος του τοίχου και τον προσανατολισμό του. Οι τιμές του πίνακα 1 διορθώνονται σύμφωνα με συντελεστή διόρθωσης (υπολογίζεται από τον πίνακα 4 σύμφωνα με την ημερήσια διακύμανση και τη διαφορά της εξωτερικής θερμοκρασίας στις 3μμ του υπολογιζόμενου μήνα από τη θερμοκρασία χώρου) και το χρώμα του τοίχου.

για σκούρο χρώμα:

$$Dt_{ei} = (Dt_{emi} + D) \quad (4.21)$$

για ενδιάμεσο χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.78 \cdot (Dt_{emi} + D) + 0.22 \cdot (Dt_{esi} + D) \quad (4.22)$$

για ανοικτό χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.55 \cdot (Dt_{emi} + D) + 0.45 \cdot (Dt_{esi} + D) \quad (4.23)$$

όπου:

- D συντελεστής διόρθωσης τοίχων
- Dt_{emi} ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ανάλογα με τον προσανατολισμό και το βάρος, για τοίχο εκτεθειμένο σε ήλιο
- Dt_{esi} ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα, ανάλογα με το βάρος, για τοίχο σκιασμένο (Βόρειος προσανατολισμός)

Αν ο τοίχος είναι σκιασμένος, τότε το σκιασμένο τμήμα του τοίχου υπολογίζεται με ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ($D_{tes\ i} + D$) ενώ το υπόλοιπο τμήμα με την θερμοκρασιακή διαφορά που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή:

$$Q_i = (K \cdot D_{te\ i} \cdot R_e) + (K \cdot (D_{tes\ i} + D) \cdot R_{es}) \quad (4.24)$$

όπου:

- R_e επιφάνεια εκτεθειμένη στον ήλιο
- R_{es} σκιασμένη επιφάνεια

11) Οροφές

Ο υπολογισμός των φορτίων από οροφές είναι αντίστοιχος με τον υπολογισμό των εξωτερικών τοίχων, χρησιμοποιώντας διαφορετικό πίνακα ισοδύναμων θερμοκρασιακών διαφορών.

12) Εσωτερικοί τοίχοι

Ο υπολογισμός των φορτίων από εσωτερικούς τοίχους προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου με το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου και με την ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας για κάθε ώρα.

$$Q_i = K \cdot A \cdot D_{ti} \quad (4.25)$$

όπου:

- Q_i το φορτίο κατά την ώρα i
- i οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ
- K ο συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου
- A το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου
- D_{ti} η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά σε μη κλιματιζόμενους χώρους για την ώρα i

13) Δάπεδα

Τα φορτία από τα δάπεδα υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = K \cdot A \cdot Dt \quad (4.26)$$

όπου:

- Q το υπολογιζόμενο φορτίο
- K ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου
- A το εμβαδόν της επιφάνειας του δαπέδου
- Dt η διαφορά της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου από τη θερμοκρασία εδάφους (θεωρείται σταθερή)

14) Ανοίγματα

Τα φορτία από τα ανοίγματα προκύπτουν από το άθροισμα των φορτίων από θερμική αγωγιμότητα και των φορτίων από ακτινοβολία.

$$Q_i = Q_{ki} + Q_{ai} \quad (4.27)$$

όπου:

- Q_i το συνολικό φορτίο από τα ανοίγματα κατά την ώρα i
- Q_{ki} το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας κατά την ώρα i
- Q_{ai} το φορτίο λόγω ακτινοβολίας κατά την ώρα i

Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας (Q_{ki}) δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{ki} = K \cdot A \cdot D_{ti} \quad (4.28)$$

όπου:

- i οι ώρες της ημέρας
- K ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος
- A το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος
- D_{ti} η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για αγωγιμότητα ανοιγμάτων κατά την ώρα i .

Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της επιφάνειας του ανοίγματος με το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι διορθωμένο κατά τους απαραίτητους συντελεστές:

$$Q_{ai} = (A \times D_i \times E_{S_{out\ i}} \times E_{S_{in}} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4))) + (A \times D_{es\ i} \times (1 - E_{S_{out\ i}}) \times E_{S_{in}} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4))) \quad (4.29)$$

όπου:

- i οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ
- A το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος
- D_i το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι, για τον δοθέντα προσανατολισμό
- D_{esi} το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό σκιασμένο τζάμι (βόρειος προσανατολισμός)
- $E_{S_{out\ i}}$ ο συντελεστής εξωτερικής σκίασης
- $E_{S_{in}}$ ο συνολικός συντελεστής για ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από τζάμια με ή χωρίς μηχανισμό σκίασης
- S_1 ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το πλαίσιο του ανοίγματος. Έχει τιμή 1 για τζάμια με ξύλινο πλαίσιο και 1.17 για τζάμια χωρίς πλαίσιο ή μεταλλικό πλαίσιο

- **S2** συντελεστής που εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι ομίχλης. Έχει τιμή 1 για περιοχή χωρίς ομίχλη και τιμή 0.90 για περιοχή με ομίχλη
- **At** το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο
- **Tadp** η τιμή του σημείου δρόσου

15) Φορτία φωτισμού

Τα φορτία λόγω φωτισμού υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{fi} = (F_{1i} \cdot 1.25 \cdot 0.86) + (F_{2i} \cdot 0.86) \quad (4.30)$$

όπου:

- **Q_{fi}** το φορτίο φωτισμού κατά την ώρα i
- **F_{1i}** η ισχύς των λαμπτήρων φωτισμού κατά την ώρα i
- **F_{2i}** η ισχύς των λαμπτήρων πυράκτωσης κατά την ώρα i

16) Υπολογισμός φορτίων ατόμων

Το θερμικό φορτίο από τα άτομα διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \cdot N_{ji} \quad (4.31)$$

$$j=1$$

$$Q_{li} = \sum_{j=1}^k F_{lj} \cdot N_{ji} \quad (4.32)$$

$$j=1$$

όπου:

- **Q_{ai}** το αισθητό φορτίο από τα άτομα την ώρα i
- **Q_{li}** το λανθάνον φορτίο από τα άτομα την ώρα i
- **j** ο τύπος βαθμού ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα της Carrier.
- **F_{aj}** το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j που εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου
- **F_{lj}** το λανθάνον φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j. Εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου
- **N_{ji}** ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i

Ειδικότερα, ανάλογα με τον βαθμό ενεργητικότητας και την εσωτερική θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου, τα λανθάνοντα και αισθητά φορτία λαμβάνονται από τον ακόλουθο πίνακα:

| ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΤΟΜΩΝ | Αισθητά και Λανθάνοντα Φορτία (σε Kcal/h) ανάλογα με εσωτερική θερμοκρασία χώρου | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|-----|
| | T=23.5 | | T=24.5 | | T=25.5 | | T=26.5 | | T=27.5 | |
| | A | Λ | A | Λ | A | Λ | A | Λ | A | Λ |
| Καθισμένοι σε ακινησία | 60 | 26 | 56 | 30 | 52 | 34 | 48 | 38 | 44 | 52 |
| Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία | 64 | 39 | 59 | 44 | 55 | 48 | 50 | 53 | 46 | 57 |
| Καθισμένοι, τρώγοντας | 76 | 69 | 70 | 75 | 65 | 80 | 60 | 85 | 55 | 90 |
| Δουλειά Γραφείου | 76 | 54 | 70 | 60 | 65 | 65 | 60 | 70 | 55 | 75 |
| Ιστάμενοι ή περπατώντας αργά | 90 | 70 | 83 | 77 | 77 | 83 | 71 | 89 | 65 | 95 |
| Καθιστική εργασία (Εργοστάσιο) | 10 | 98 | 93 | 10 | 86 | 11 | 79 | 11 | 73 | 125 |
| | 0 | | | 5 | | 2 | | 9 | | |
| Ελαφρά εργασία (Εργοστάσιο) | 10 | 16 | 93 | 16 | 86 | 17 | 79 | 18 | 73 | 187 |
| | 0 | 0 | | 7 | | 4 | | 1 | | |
| Μέτριος Χορός | 12 | 20 | 11 | 21 | 10 | 21 | 95 | 22 | 87 | 235 |
| | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 9 | | 7 | | |
| Βαριά εργασία (Εργοστάσιο) | 16 | 24 | 15 | 25 | 14 | 26 | 13 | 27 | 12 | 284 |
| | 5 | 0 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | |
| Βαριά εργασία (Γυμναστήριο) | 18 | 26 | 17 | 27 | 16 | 29 | 14 | 30 | 13 | 315 |
| | 7 | 3 | 3 | 7 | 0 | 0 | 7 | 3 | 5 | |

Πίνακας 4.1-Αισθητά και λανθάνοντα φορτία

17) Φορτία συσκευών

Όπως το φορτίο από τα άτομα έτσι και το φορτίο από τις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_a = \left(\sum_{j=1}^k F_{a_j} \cdot N_j \right) + Q_1 \quad (4.33)$$

$$Q_l = \left(\sum_{j=1}^k F_{l_j} \cdot N_j \right) + Q_2 \quad (4.34)$$

όπου:

- Q_a το συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές
- Q_l το συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές
- j ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με τον πίνακα 7
- F_{a_j} το αισθητό φορτίο μίας συσκευής τύπου j
- F_{l_j} το λανθάνον φορτίο μίας συσκευής τύπου j
- N_j ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο
- Q_1 συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες
- Q_2 συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

Ειδικότερα, τα θερμικά κέρδη για τις διάφορες Συσκευές (σε kcal/h), λαμβάνονται από τον ακόλουθο πίνακα:

| ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ | Αισθητό Φορτίο | Λανθάνον Φορτίο |
|------------------|----------------|-----------------|
| | (kcal/h) | (kcal/h) |
| Μικρή αερίου | 500 | 125 |
| Μεγάλη αερίου | 1500 | 400 |
| Ηλεκτρική 300 W | 400 | 200 |
| Ηλεκτρική 1 KW | 600 | 150 |
| Ηλεκτρική 2 KW | 1200 | 300 |
| Ηλεκτρική 4 KW | 2000 | 800 |
| Κινητήρας 1/4 HP | 200 | - |
| Κινητήρας 1 HP | 700 | - |
| Κινητήρας 5 HP | 3000 | - |

Πίνακας 4.2-Θερμικά κέρδη

18) Φορτία από χαραμάδες

Τα φορτία αυτά λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές και υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \cdot a_j \cdot b \right) \cdot Dt_i \quad (4.35)$$

όπου:

- Q_i το συνολικό φορτίο από χαραμάδες την ώρα i
- P_j η περίμετρος του ανοίγματος j
- n ο αριθμός των ανοιγμάτων
- a_j ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j . Εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος
- b συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτιρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση του ανοιγμάτων. Η τιμή του κυμαίνεται από 0.24 έως 1.6
- Dt_i η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

19) Αερισμός

Ο υπολογισμός αυτός αφορά την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό των κλιματιζόμενων χώρων. Το φορτίο του αερισμού διακρίνεται σε αισθητό και σε λανθάνον, και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{a_i} = 0.29 \cdot V \cdot n \cdot Dt_i \quad (4.36)$$

$$Q_{l_i} = 0.71 \cdot V \cdot n \cdot D_g \quad (4.37)$$

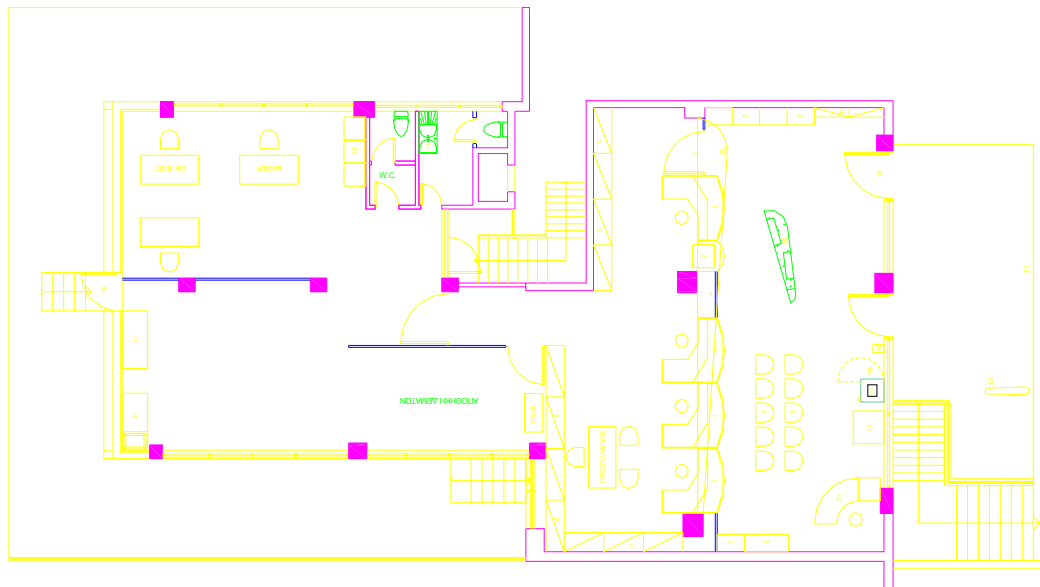
όπου:

- Q_{a_i} το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i
- Q_{l_i} το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i
- V ο όγκος του χώρου
- n ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα
- Dt_i η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i
- D_g η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική απόλυτη υγρασία. Η διαφορά αυτή θεωρείται σταθερή για όλες τις ώρες υπολογισμού

B) Εφαρμογή

B1) Περιγραφή Ταχ. Καταστήματος

Το Ταχ. Κατάστημα Χολαργού στεγάζεται σε μισθωμένο οίκημα, που βρίσκεται επί της οδού Ασπασίας 70, στην πλατεία Δημοκρατίας στον Χολαργό. Το ακίνητο αποτελείται από ισόγειο 225 τ.μ. περίπου.



Εικόνα 4.1-Κάτοψη ισογείου

Ύστερα από επίσκεψη σε συνεργασία με τους επιβλέποντες μηχανικούς των ΕΛΤΑ, Ιωάννη Καπίρη (Πολιτικό Μηχανικό Τ.Ε.) και Δημήτριο Πολυτσόπουλο (Μηχανολόγο Μηχανικό Τ.Ε.) καθώς επίσης και τον προϊστάμενο του υποκαταστήματος Γεροντούκο Γεώργιο διαπιστώθηκαν και καταγράφηκαν τα κάτωθι:

1) Ύψος Ταχ. Καταστήματος

Το ύψος είναι 3,40 m μέχρι την ψευδοροφή, ενιαίο σε όλη την επιφάνεια του καταστήματος. Πάνω από την ψευδοροφή υπάρχει κενός χώρος ύψους 40 cm όπου υπάρχουν οι ηλεκτρικές γραμμές και οι εγκαταστάσεις του εξαερισμού.



Εικόνα 4.2-Χώρος υποδοχής πελατών

2) Υαλοστάσια

Τα τζάμια που υπάρχουν στη πρόσοψη του καταστήματος είναι διπλά και όλα τα υπόλοιπα είναι μονά πάχους 5 mm. Ακολουθούν οι διαστάσεις για κάθε πλευρά του καταστήματος καθώς επίσης και ο υπολογισμός του ποσοστού των ανοιγμάτων για κάθε πλευρά του.

A) Πρόσοψη (Βορράς)

Στην πρόσοψη του καταστήματος υπάρχει υαλοστάσιο με αλουμινένιο πλαίσιο μήκους 8,8 m, ύψους 3,40 m και εμβαδόν $8,8 \times 3,4 = 29,92 \text{ m}^2$. Το συνολικό εμβαδόν της πρόσοψης είναι $12,7 \times 3,4 = 40,732 \text{ m}^2$. Η πόρτα έχει εμβαδόν $1,3 \times 2,1 = 2,73 \text{ m}^2$ και το παράθυρο της πόρτας $0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ m}^2$. Η κολώνα έχει εμβαδόν $0,5 \times 3,4 = 1,7 \text{ m}^2$. Άρα υπολογίζουμε το ποσοστό των ανοιγμάτων στην πρόσοψη

$$(29,92 + 0,25 - 2,73 - 1,7) / 40,732 = 63,19\%$$



Εικόνα 4.3-Πρόσοψη καταστήματος

B) Ανατολική πλευρά καταστήματος

Το συνολικό εμβαδόν της ανατολικής πλευράς είναι $21,6 \times 3,4 = 73,44 \text{ m}^2$. Το υαλοστάσιο έχει εμβαδόν $11,55 \times 0,43 = 4,9665 \text{ m}^2$ και οι δυο κολώνες αποκόπτουν από αυτό εμβαδόν ίσο με $(0,5 \times 0,43) + (0,35 \times 0,43) = 0,3665 \text{ m}^2$. Άρα το ποσοστό των ανοιγμάτων στην ανατολική πλευρά είναι

$$(4,9665 - 0,3665) / 73,44 = 6,26\%$$



Εικόνα 4.4-Ανατολική πλευρά καταστήματος

Γ) Δυτική πλευρά καταστήματος

Το συνολικό εμβαδόν της δυτικής πλευράς είναι $21,6 \times 3,4 = 73,44 \text{ m}^2$. Το υαλοστάσιο έχει εμβαδόν $6,85 \times 0,43 = 2,9455 \text{ m}^2$ και η κολώνα αποκόπτει από αυτό εμβαδόν ίσο με $0,35 \times 0,43 = 0,1505 \text{ m}^2$. Επίσης τα ανοίγματα στα δύο W.C έχουν εμβαδόν $2(0,6 \times 0,5) = 0,6 \text{ m}^2$. Άρα το ποσοστό των ανοιγμάτων στην δυτική πλευρά του καταστήματος είναι

$$(2,9455 + 0,6 - 0,1505) / 73,44 = 4,62\%$$



Εικόνα 4.5-Δυτική πλευρά καταστήματος

Δ) Νότια πλευρά καταστήματος

Το συνολικό εμβαδόν της νότιας πλευράς είναι $9,3 \times 3,4 = 31,62 \text{ m}^2$. Το υαλοστάσιο έχει εμβαδόν $(4,65 + 4,45) \times 0,43 = 3,913 \text{ m}^2$. Άρα το ποσοστό των ανοιγμάτων στην ανατολική πλευρά είναι

$$3,913 / 31,62 = 12,37\%$$

3) Υλικά τοίχων

Λόγω της παλαιότητας του κτιρίου δεν υπάρχουν στοιχεία για την μόνωση των τοίχων περιμετρικά του καταστήματος. Η εκτίμηση που έγινε είναι ότι οι εξωτερικοί τοίχοι είναι διπλοί, δρομικοί με μόνωση πάχους 4 cm. Εσωτερικά υπάρχουν δύο τοίχοι από γυψοσανίδα.

4) Σκιάσεις

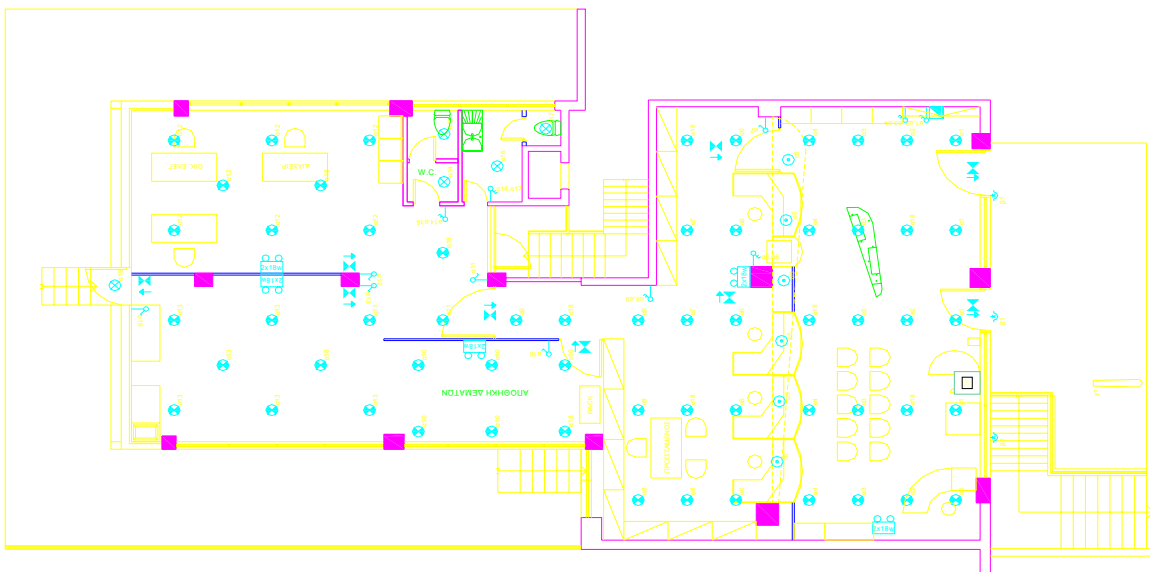
Δεν υπάρχουν πουθενά στο κατάστημα κινητές σκιάσεις (κουρτίνες). Η πρόσοψη του καταστήματος είναι συνεχώς υπό σκιά λόγω της ύπαρξης τριών δένδρων ύψους περίπου 7 m.



Εικόνα 4.6-Πρόσοψη καταστήματος

5) Φωτισμός

Εσωτερικά του καταστήματος υπάρχουν 59 φωτιστικά ψευδοροφής με κατανάλωση 2 x 26 watt το καθένα. Στα W.C. υπάρχουν 4 φωτιστικά αρματούρα με κατανάλωση 25 watt το καθένα και πάνω από τα γραφεία των υπαλλήλων υπάρχουν 6 φωτιστικά οριζόντιου στοιχείου με κατανάλωση 2 x 13 watt το καθένα. Τέλος στην πρόσοψη υπάρχουν 3 φωτιστικά που λειτουργούν με ξεχωριστό χρονοδιακόπτη.



Εικόνα 4.7-Φωτισμός

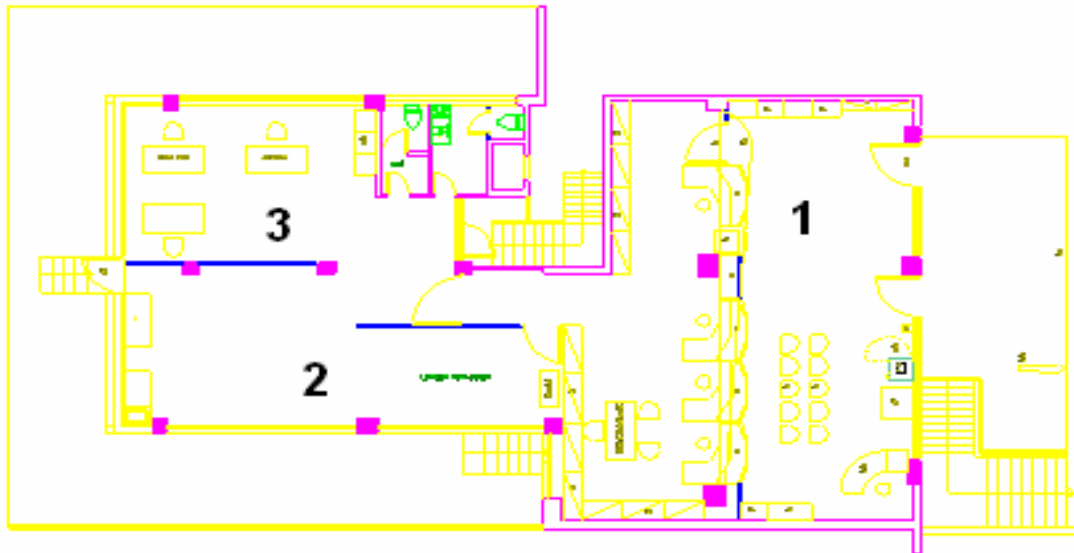
B2)Αποτελέσματα Ενεργειακής Προσομοίωσης

Για την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου έχει χρησιμοποιηθεί το λογισμικό ADAPT της εταιρίας 4M και ειδικότερα οι εφαρμογές της Ενεργειακής ανάλυσης και των Ψυκτικών φορτίων

Η ενεργειακή προσομοίωση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα παρακάτω στοιχεία, που προέκυψαν από την αυτοψία σε συνεργασία με μηχανικούς των ΕΛΤΑ και από την εύρεση πληροφοριών και σχεδίων από την Διεύθυνση Τεχνικών Έργων και υποδομών της υπηρεσίας.

- Προσανατολισμός του κτιρίου
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασίας και υγρασίας)
- Φωτισμός
- Κλιματισμός
- Αερισμός
- Παρουσία ανθρώπων στο χώρο (εσωτερικά θερμικά κέρδη)
- Υλικά κτιρίου (τοίχων, οροφής, δαπέδου, ανοιγμάτων)
- Σκιάσεις

Ο καθορισμός των ζωνών ίδιων συνθηκών (Thermal Zones) έγινε όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα



Εικόνα 4.9-Καθορισμός ζωνών ίδιων συνθηκών

όπου

- Η ζώνη με τον αριθμό 1 είναι ο χώρος υποδοχής και εξυπηρέτησης των πελατών
- Η ζώνη με τον αριθμό 2 είναι η αποθήκη δεμάτων
- Η ζώνη με τον αριθμό 3 είναι τα γραφεία (διευθυντή, προσωπικού υποστήριξης)

Επιλέχθηκε αυτός ο διαχωρισμός γιατί οι ζώνες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Συγκεκριμένα

Στο χώρο υποδοχής πελατών (1) έχουμε

- Μεγάλη συνολική επιφάνεια (98 τ.μ)
- Αυξημένη παρουσία ανθρώπων στο χώρο (πελάτες και υπάλληλοι καθημενο-ελαφρά εργασία)
- Μεγάλη κλιματιστική ισχύ (συνολικά 74000 Btu/h)
- Αυξημένο πλήθος φωτιστικών (συνολική ισχύ 1716 Watt)
- Μεγάλο άνοιγμα στη πρόσοψη

Στην αποθήκη δεμάτων (2) έχουμε

- Μικρή συνολική επιφάνεια (67 τ.μ)
- Μειωμένη παρουσία ανθρώπων στο χώρο (ένας υπάλληλος ιστάμενος που τακτοποιεί τα δέματα-ελαφρά εργασία)
- Μικρή κλιματιστική ισχύ (συνολικά 34000 Btu/h)
- Μειωμένο πλήθος φωτιστικών (συνολική ισχύ 728 Watt)
- Μικρό άνοιγμα περιμετρικά του χώρου (φεγγίτης)

Στο γραφείο του διευθυντή (3) έχουμε

- Μικρή συνολική επιφάνεια (60 τ.μ)
- Μέτρια παρουσία ανθρώπων στο χώρο (διευθυντής και πελάτες που επιθυμούν να τον συναντήσουν)
- Μικρή κλιματιστική ισχύ (συνολικά 24000 Btu/h)
- Μειωμένο πλήθος φωτιστικών (συνολική ισχύ 716 Watt)
- Μικρό άνοιγμα περιμετρικά του χώρου (φεγγίτης)

Στην ενότητα Β1 έχουμε αναφέρει αναλυτικά τα στοιχεία του κτιρίου που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας

Πίνακας 4.3- Βασικά στοιχεία κτιρίου

| | Χώρος υποδοχής | Αποθήκη δεμάτων | Γραφείο διευθυντή |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Ύψος (m) | 3,40 | 3,40 | 3,40 |
| Εμβαδόν (m ²) | 98 | 67 | 60 |
| Είδος τζαμιών | διπλά | μονά | μονά |
| Υλικά εξωτερικών τοίχων | διπλοί δρομικοί με μόνωση πάχους 4 cm | διπλοί δρομικοί με μόνωση πάχους 4 cm | διπλοί δρομικοί με μόνωση πάχους 4 cm |
| Υλικά εσωτερικών τοίχων | - | γυψοσανίδα | γυψοσανίδα |
| Εμβαδόν ανοιγμάτων (m ²) | 25,74 | 6,97 | 4,86 |
| Ισχύς κλιματιστικών (Btu/h) | 74000 | 34000 | 24000 |
| Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία (°C) | 24 | 24 | 24 |
| Ισχύς φωτιστικών (Watt) | 1716 | 728 | 716 |
| Παρουσία ανθρώπων (άνθρωποι / ώρα) | 30 | 1 | 3 |
| Συσκευές κατανάλωσης ενέργειας (υπολογιστές με εκτυπωτή) | 5 | 1 | 2 |

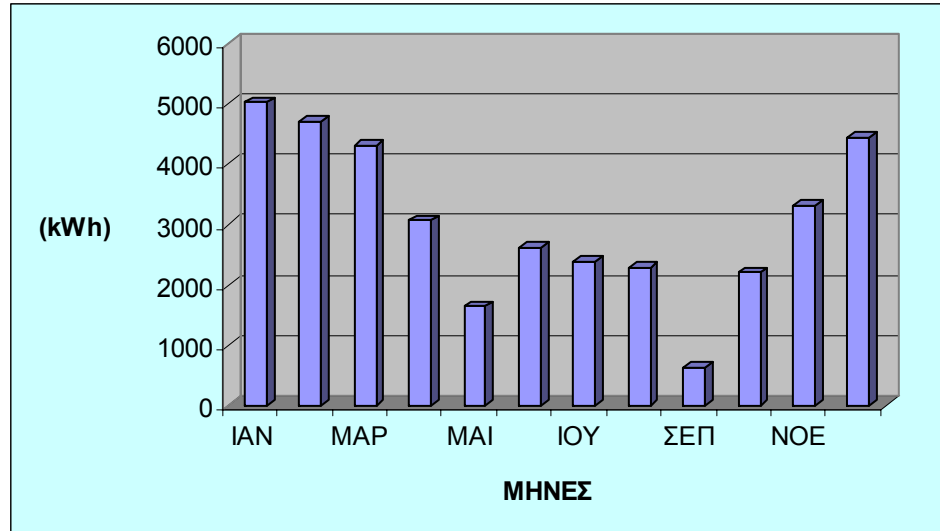
Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας.

Πίνακας 4.4- Συντελεστές θερμοπερατότητας κτιρίου

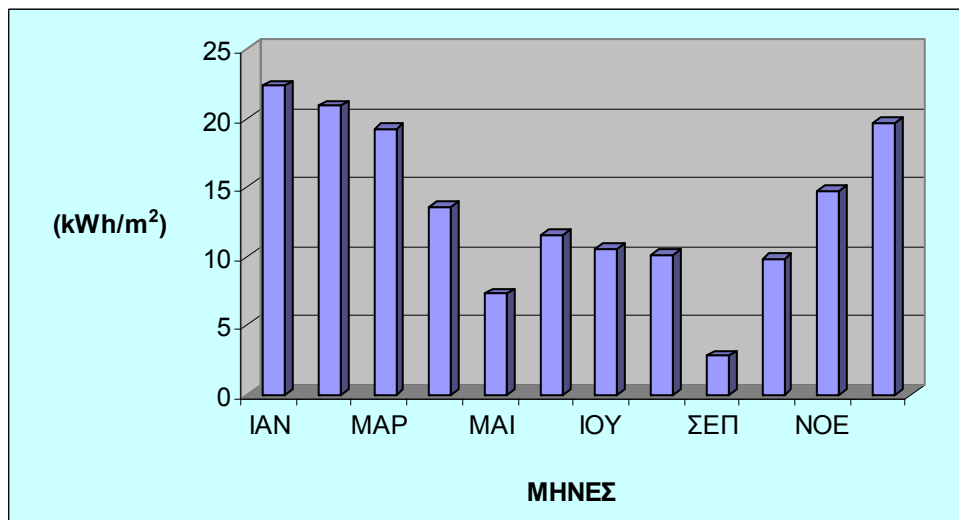
| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,55 |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,5 |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,6 |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 5 |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 5 |

Η συνολική ετήσια κατανάλωση του κτιρίου όπως προκύπτει από τους λογαριασμούς της ΔΕΗ είναι 36140,837 kWh

Με την ενεργειακή προσομοίωση προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

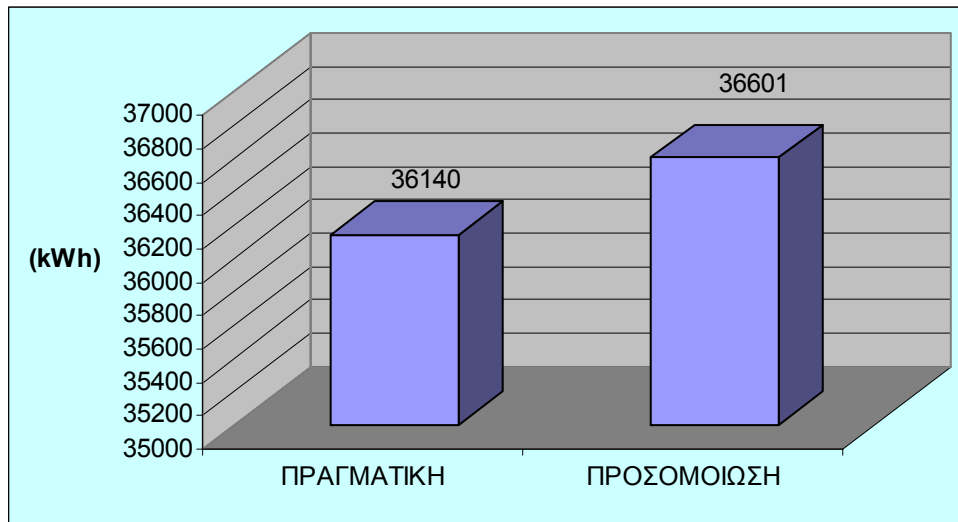


Διάγραμμα 4.1-Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας



Διάγραμμα 4.2- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας

- Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ της πραγματικής ετήσιας κατανάλωσης και της προσομοίωσης είναι 460,163 kWh δηλαδή έχουμε μια ετήσια διαφορά της τάξης των $460,163 \text{ kWh} \cdot 0,09821 \text{ €/ kWh} = 45,19\text{€}$.



Διάγραμμα 4.3-Σύγκριση πραγματικής κατανάλωσης με προσομοίωση

- Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι με την ενεργειακή προσομοίωση έχουμε μια αρκετά ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής κατανάλωσης αφού αν αναγάγουμε την ετήσια διαφορά στους 12 μήνες του έτους προκύπτει μια διαφορά της τάξης των 38,347 kWh.

B3) Προτεινόμενες λύσεις

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες προτεινόμενες λύσεις για την μείωση της κατανάλωσης του κτιρίου.

1) Αλλαγή εσωτερικών τοίχων

Όπως φαίνεται και στην κάτοψη του κτιρίου υπάρχουν δύο εσωτερικοί τοίχοι κατασκευασμένοι από γυψοσανίδα (φαίνονται με μπλε χρώμα στην αποθήκη δεμάτων βλ. Εικόνα 5.1)

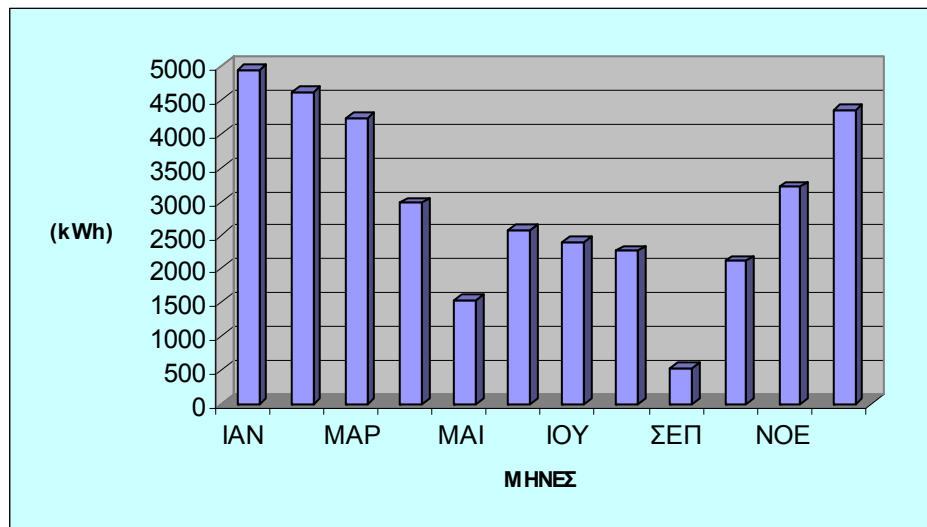
Η αντικατάσταση αυτών των δύο τοίχων με εσωτερική τοιχοποιία πάχους 15 cm που έχει χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας, $K=1,3 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ αντί $1,5 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ που έχει η γυψοσανίδα, αποφέρει μια μικρή μείωση στην ετήσια κατανάλωση του κτιρίου.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνεται ο συντελεστής που έχει μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχει η πραγματική τιμή.

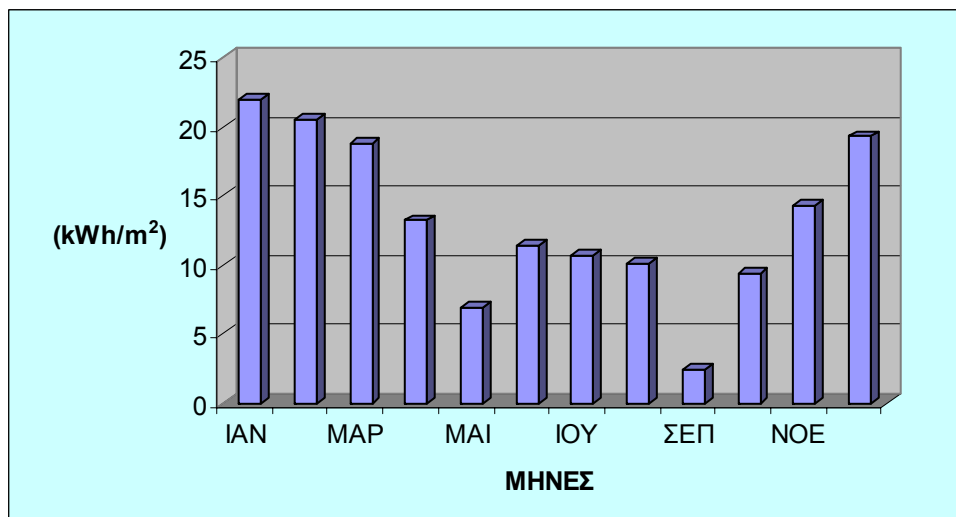
Πίνακας 4.5- Αλλαγή συντελεστή θερμοπερατότητας εσωτερικών τοίχων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,55 |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,3 (1,5) |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,6 |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 5 |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 5 |

Συγκεκριμένα με την ενεργειακή προσομοίωση προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:



Διάγραμμα 4.4- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με αλλαγή εσωτερικών τοίχων



Διάγραμμα 4.5- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με αλλαγή εσωτερικών τοίχων

Παρατηρούμε λοιπόν ότι προκύπτει μια μείωση της ετήσιας κατανάλωσης κατά 2,41 % (882 kWh) δηλαδή ένα ετήσιο οικονομικό όφελος $882 \text{ kWh} * 0,09821 \text{ €/Kwh} = 86,62 \text{ €}$.

2) Αλλαγή τζαμιών στα ανοίγματα

Στη πρόσοψη του καταστήματος (βλ. Εικόνα 5.3) υπάρχει ένα υαλοστάσιο με διπλά τζάμια, διακένου $2\text{cm} < s > 4\text{cm}$, με μεταλλικό πλαίσιο και συντελεστή θερμοπερατότητας $K=2.6 \text{ Watt/m}^2\text{c}$. Στην αποθήκη δεμάτων και στα γραφεία (βλ. Εικόνες 5.4-5.5) υπάρχουν κοινά τζάμια με μεταλλικό πλαίσιο και συντελεστή θερμοπερατότητας $K=5 \text{ Watt/m}^2\text{c}$.

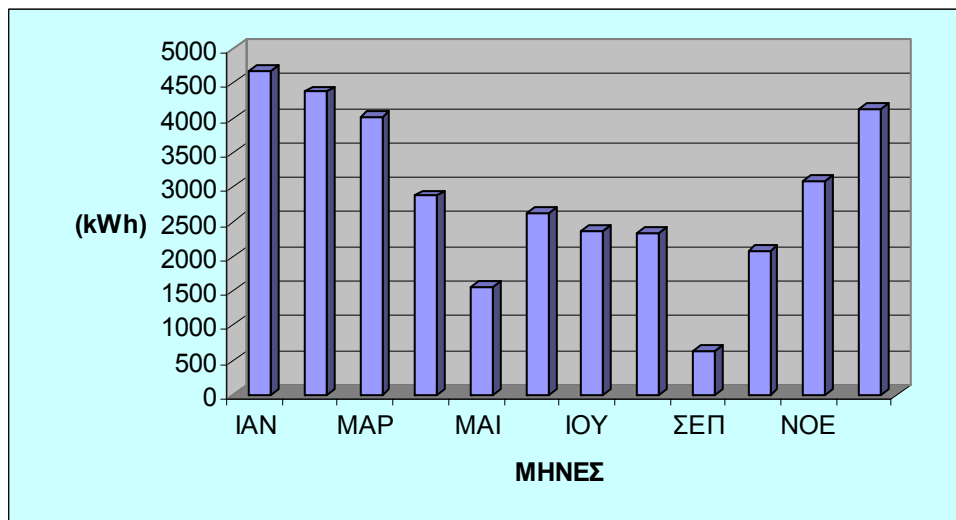
Η αντικατάσταση των υπαρχόντων τζαμιών με διπλά τζάμια, διακένου $2\text{cm} < s > 4\text{cm}$, με μεταλλικό πλαίσιο και χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας, $K=2,2 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ αντί $5 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ αντίστοιχα, αποφέρει μείωση στην ετήσια κατανάλωση του κτιρίου.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνονται οι συντελεστές που έχουν μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχουν οι πραγματικές τιμές.

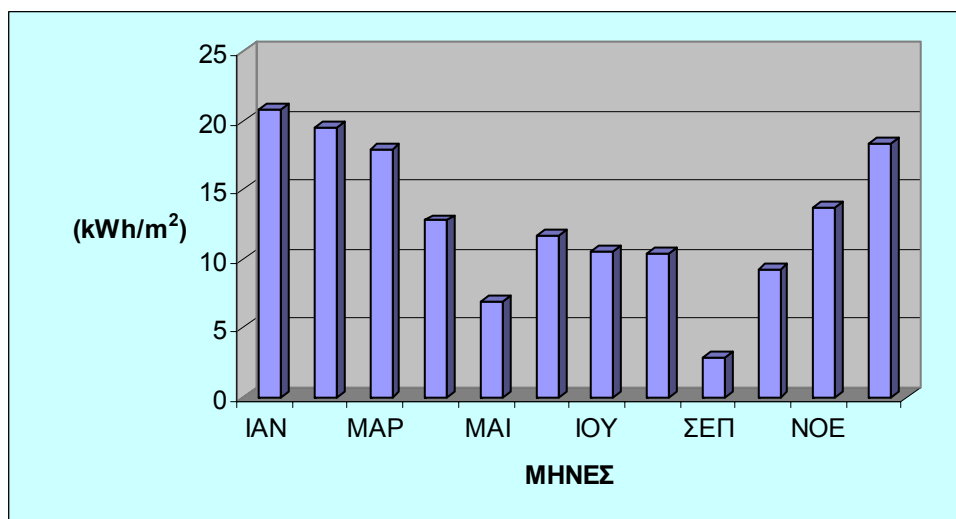
Πίνακας 4.6- Αλλαγή συντελεστών θερμοπερατότητας ανοιγμάτων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ($\text{Watt/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) |
|-------------------------------|--|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,55 |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,5 |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,2 (2,6) |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 2,2 (5) |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 2,2 (5) |

Συγκεκριμένα με την ενεργειακή προσομοίωση προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα



Διάγραμμα 4.6- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με αλλαγή ανοιγμάτων



Διάγραμμα 4.7- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με αλλαγή ανοιγμάτων

Παρατηρούμε λοιπόν ότι προκύπτει μια μείωση της ετήσιας κατανάλωσης κατά 4,84 % (1770 kWh) δηλαδή ένα ετήσιο οικονομικό όφελος $1770 \text{ kWh} * 0,09821 \text{ €/Kwh} = 173,83 \text{ €}$.

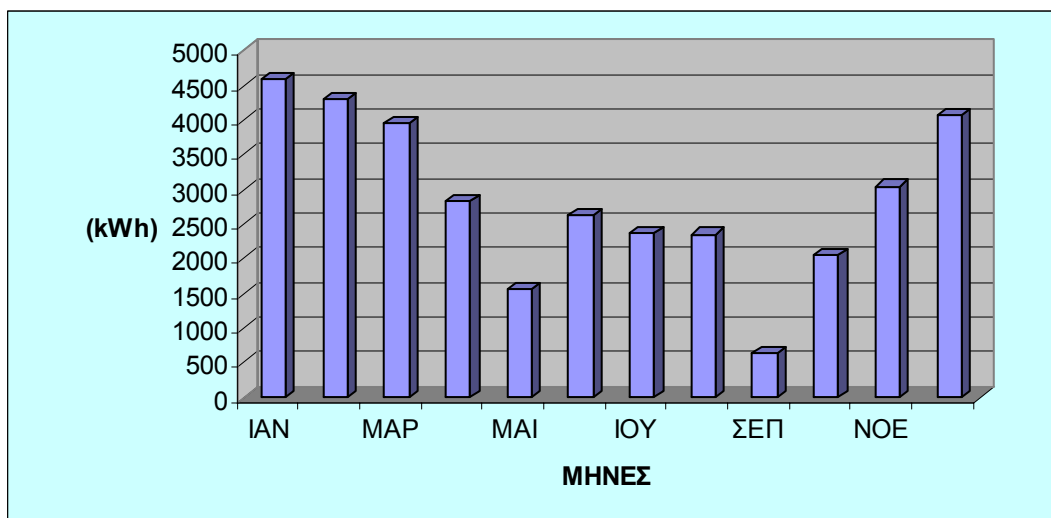
Μπορούμε να επιτύχουμε ακόμα μεγαλύτερη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης αν αντικαταστήσουμε τα τζάμια με διπλά, με ακόμα χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας $K=2,0 \text{ Watt/m}^2 \text{ °C}$.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνονται οι συντελεστές που έχουν μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχουν οι πραγματικές τιμές.

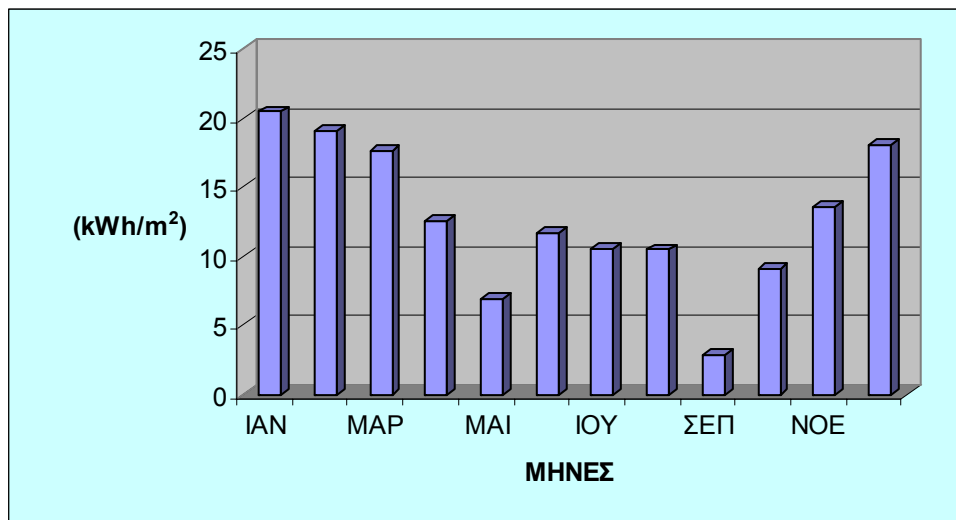
Πίνακας 4.7- Αλλαγή συντελεστή θερμοπερατότητας ανοιγμάτων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,55 |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,5 |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,0 (2,6) |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 2,0 (5) |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 2,0 (5) |

Συγκεκριμένα με την ενεργειακή προσομοίωση προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα



Διάγραμμα 4.8- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με αλλαγή ανοιγμάτων



Διάγραμμα 4.9- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με αλλαγή ανοιγμάτων

Έτσι έχουμε μια μείωση της ετήσιας κατανάλωσης κατά 5,93 % (2169 kWh) δηλαδή ένα ετήσιο οικονομικό όφελος $2169 \text{ kWh} \cdot 0,09821 \text{ €/ kWh} = 213,02\text{€}$.

3) Τοποθέτηση μόνωσης στους τοίχους του κτιρίου

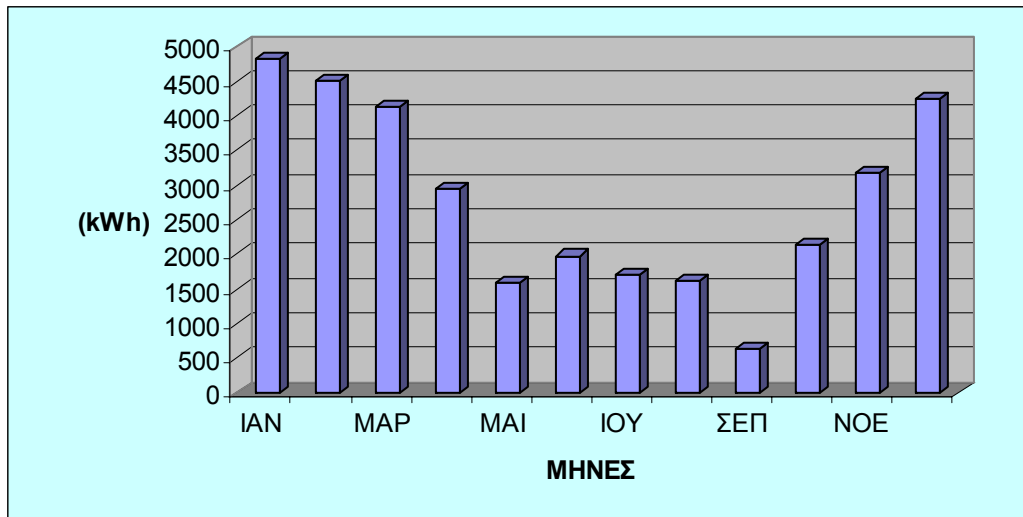
Λόγω της παλαιότητας του κτιρίου δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την μόνωση των τοίχων. Η εκτίμηση που έγινε είναι ότι οι εξωτερικοί τοίχοι είναι διπλοί, δρομικοί με μόνωση πάχους 4 cm και συντελεστή θερμοπερατότητας $K=0,55 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης στα 5 cm έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας και πιο συγκεκριμένα γίνεται $K=0,45 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Με αυτήν την προσθήκη μόνωσης προκύπτει σημαντική μείωση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνεται ο συντελεστής που έχει μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχει η πραγματική τιμή

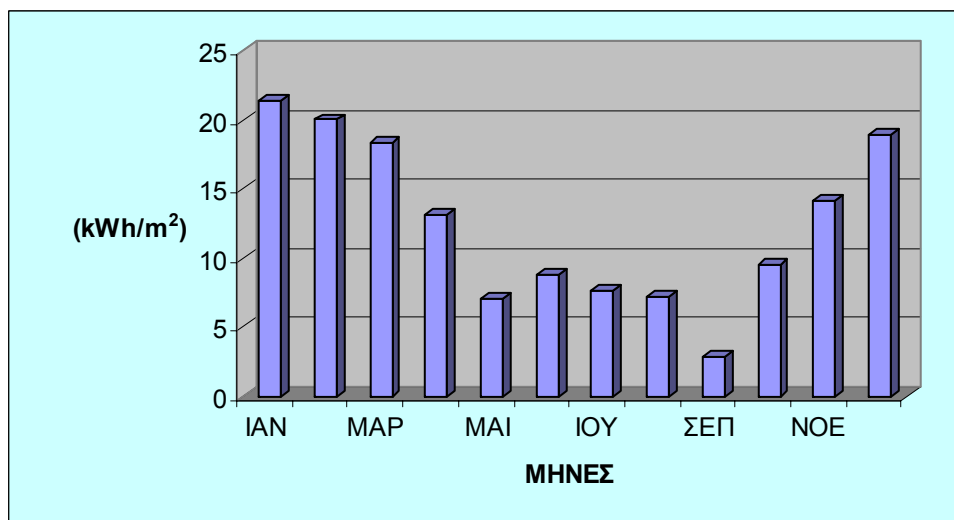
Πίνακας 4.8- Αλλαγή συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,45 (0,55) |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,5 |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,6 |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 5 |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 5 |

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης



Διάγραμμα 4.10- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους



Διάγραμμα 4.11- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους

Η ετήσια μείωση στην κατανάλωση ενέργειας είναι 8,43% (3085 kWh) που αντιστοιχούν σε ετήσιο οικονομικό όφελος $3085 \text{ kWh} * 0,09821 \text{ €/ kWh} = 302,98\text{€}$.

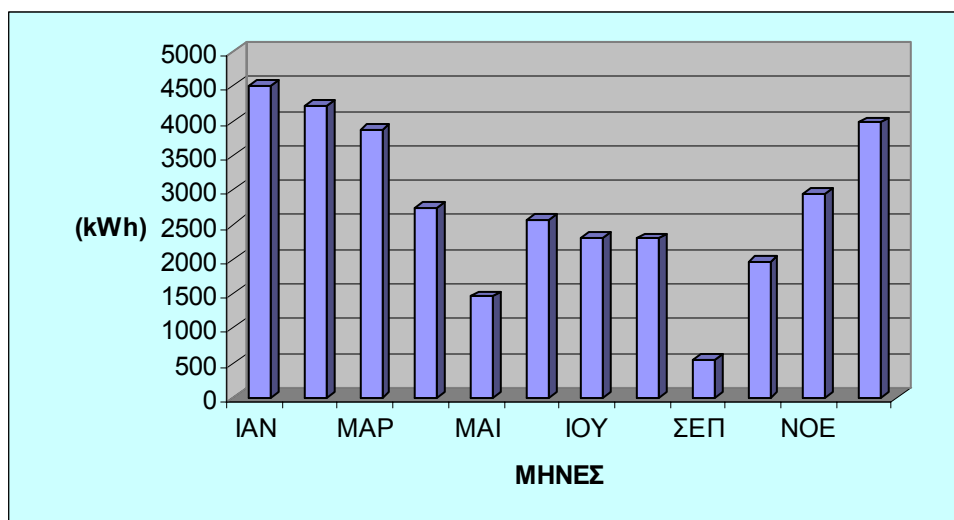
4) Αλλαγή εσωτερικών τοίχων και αλλαγή τζαμιών στα ανοίγματα

Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω λύσεων αποφέρει μείωση στη ετήσια κατανάλωση του κτιρίου. Με την ενεργειακή προσομοίωση για εσωτερικούς τοίχους με συντελεστή θερμοπερατότητας $K= 1,3 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ και διπλά τζάμια με συντελεστή θερμοπερατότητας $K= 2,0 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ προκύπτει μείωση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

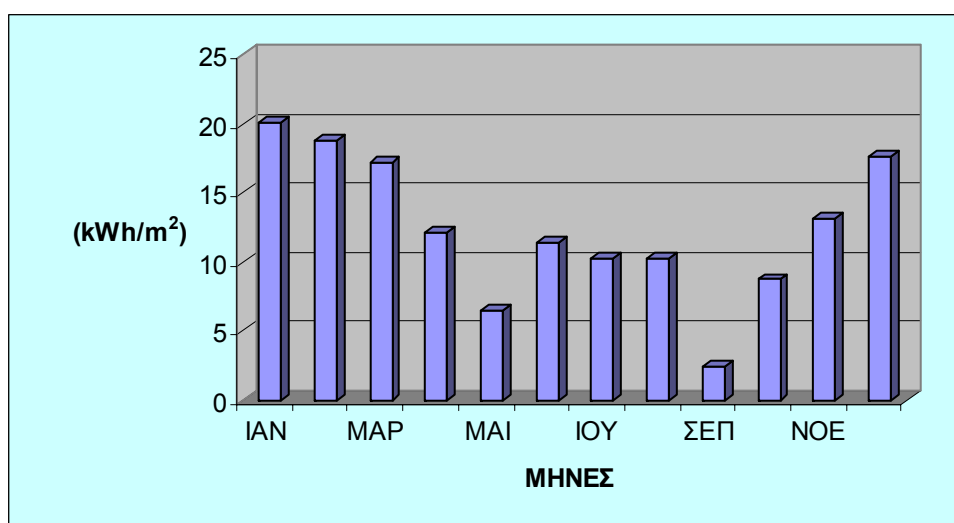
Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνονται οι συντελεστές που έχουν μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχουν οι πραγματικές τιμές.

Πίνακας 4.9- Αλλαγή συντελεστών θερμοπερατότητας εσωτερικών τοίχων και ανοιγμάτων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,55 |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,3 (1,5) |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,0 (2,6) |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 2,0 (5) |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 2,0 (5) |



Διάγραμμα 4.12- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με αλλαγή ανοιγμάτων και εσωτερικών τοίχων



Διάγραμμα 4.13- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με αλλαγή ανοιγμάτων και εσωτερικών τοίχων

Παρατηρούμε ότι προκύπτει μια μείωση της ετήσιας κατανάλωσης κατά 8,65 % (3166 Kwh), δηλαδή ένα ετήσιο οικονομικό όφελος $3166 \text{ kWh} * 0,09821 \text{ €/kWh} = 310,93 \text{ €}$.

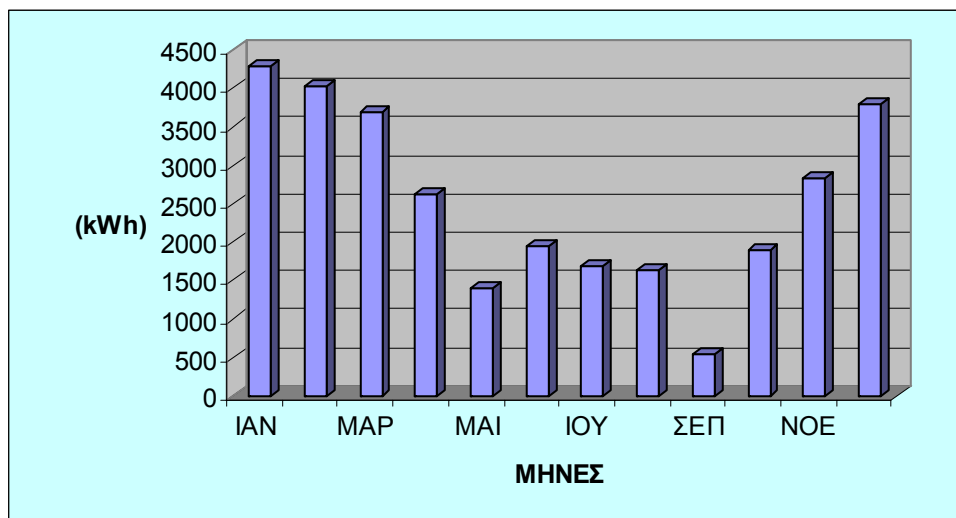
5) Αλλαγή εσωτερικών τοίχων, τζαμιών και μόνωσης τοίχων

Με το συνδυασμό όλων των παραπάνω επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης. Έτσι αν αντικαταστήσουμε τις γυψοσανίδες με εσωτερική τοιχοποιία, τα κοινά τζάμια με διπλά και τοποθετήσουμε επιπλέον μόνωση στους τοίχους προκύπτει σημαντική μείωση στην ετήσια κατανάλωση.

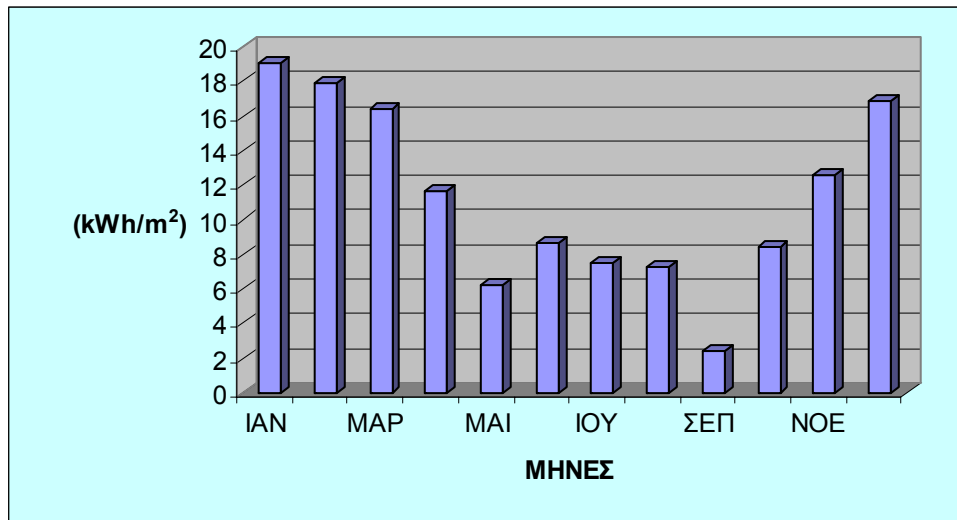
Ακολουθεί ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας κάθε επιφάνειας και με έντονο χρώμα φαίνονται οι συντελεστές που έχουν μεταβληθεί. Μέσα στην παρένθεση υπάρχουν οι πραγματικές τιμές.

Πίνακας 4.10- Αλλαγή συντελεστών θερμοπερατότητας ανοιγμάτων εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων

| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Watt/m ² °C) |
|-------------------------------|---|
| Εξωτερικοί τοίχοι | 0,45 (0,55) |
| Εσωτερικοί τοίχοι | 1,3 (1,5) |
| Οροφή | 0,48 |
| Δάπεδο | 0,56 |
| Άνοιγμα 1 (Πρόσοψη) | 2,0 (2,6) |
| Άνοιγμα 2 (Αποθήκη δεμάτων) | 2,0 (5) |
| Άνοιγμα 3 (Γραφείο διευθυντή) | 2,0 (5) |



Διάγραμμα 4.14- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας με αλλαγή ανοιγμάτων εσωτερικών τοίχων και τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους



Διάγραμμα 4.15- Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με αλλαγή ανοιγμάτων εσωτερικών τοίχων και τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους

Η ετήσια μείωση που προκύπτει είναι 16,90% (6187 kWh) που αντιστοιχεί σε ετήσιο οικονομικό όφελος $6187 \text{ kWh} * 0,09821 \text{ €/ kWh} = 607,63 \text{ €}$

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας με όλες τις παραπάνω λύσεις, τα οφέλη που αντιστοιχούν σε κάθε μία και την απαιτούμενη κλίμακα εργασιών

Πίνακας 4.11- Συγκεντρωτικά στοιχεία προτεινόμενων λύσεων

| ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΥΣΗ | ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (%) | ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (kWh) | ΕΤΗΣΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ (€) | ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Αλλαγή εσωτερικών τοίχων | 2,41 | 882 | 86,62 | Μικρή |
| Αλλαγή τζαμιών | 5,93 | 2169 | 213,02 | Μικρή |
| Τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους | 8,43 | 3085 | 302,98 | Μεγάλη |
| Αλλαγή εσωτερικών τοίχων και τζαμιών | 8,65 | 3166 | 310,93 | Μέτρια |
| Αλλαγή εσωτερικών τοίχων, τζαμιών και τοποθέτηση μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους | 16,90 | 6187 | 607,63 | Μεγάλη |

Όπως φαίνεται λοιπόν αρχικά πρέπει να γίνει αλλαγή των εσωτερικών τοίχων και των τζαμιών (μείωση 8,65% με μέτρια απαιτούμενη κλίμακα εργασιών) και στη συνέχεια πρέπει σταδιακά να γίνει η τοποθέτηση μόνωσης στους τοίχους (μείωση 16,90%).

Γ) Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω προσομοιώσεις με απλές και σχετικά οικονομικές λύσεις μπορεί να μειωθεί σημαντικά η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, μέχρι και 16,90%.

Βέβαια επειδή οι παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα ήδη υπάρχον κτίριο είναι περιορισμένες είναι προτιμότερο να γίνεται ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου πριν προχωρήσει η ενοικίαση ή η αγορά του.

Προς αυτή την κατεύθυνση κινείται και η οδηγία 2002/91/EC. Η οδηγία επιβάλλει την έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού για όλα τα νέα και υφιστάμενα κτίρια, εκτός περιορισμένων εξαιρέσεων. Στα μεγάλα κτίρια η ανάρτηση του πιστοποιητικού σε δημόσιο χώρο είναι δεσμευτική. Το πιστοποιητικό αυτό ονομάζεται Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας Κτιρίου (ΔΕΤΑ), θεωρείται απαραίτητο και αναπόσπαστο στοιχείο της οικοδομικής άδειας κάθε κτιρίου και χωρίς αυτό είναι αδύνατη η ολοκλήρωση οποιασδήποτε δικαιοπραξίας (πώληση, ενοικίαση, μεταβίβαση κ.λ.π.), που αφορά στο κτίριο.

Γενικότερα ο ευρύτερος δημόσιος τομέας μπορεί να έχει υποδειγματικό ρόλο στην προώθηση της εξοικονόμησης και την ορθολογική χρήση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα αφού τα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα είναι περίπου 200.000 και αντιπροσωπεύουν το 5% του τριτογενή τομέα.

Σύμφωνα με σχετική μελέτη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), εκτιμάται ότι, οι ετήσιες ενεργειακές δαπάνες των δημόσιων κτιρίων ξεπερνούν τα 450 εκατ.€. Η ίδια μελέτη έδειξε ότι:

- Η μέση ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας η οποία μπορεί να επιτευχθεί με οικονομικά αποδοτικό κόστος, είναι της τάξης του 22% της προβλεπόμενης συμβατικής κατανάλωσης στα νέα ή ανακατασκευαζόμενα δημόσια κτίρια.
- Η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης στα κτίρια αυτά, θα μειώσει τις μέσες ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 425.000 χιλιάδες τόνους CO₂/έτος, ενώ θα επιφέρει οικονομικά οφέλη της τάξης των 110 εκατ. €/έτος.

Στην Ελλάδα ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 35% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και είναι εκείνος στον οποίο γίνεται η μεγαλύτερη σπατάλη ενέργειας. Στην πρώτη θέση βρίσκονται οι μεταφορές με ποσοστό 38% και στη Τρίτη θέση η βιομηχανία με 27%.

Έτσι λοιπόν κρίνεται αναγκαία:

- 1) Η ενεργειακή πιστοποίηση όλων των υφισταμένων κτιρίων του δημοσίου και του ευρύτερου δημοσίου τομέα και σαν πρώτο κριτήριο για την επιλογή του κτιρίου που θα στεγάσει μια δημόσια υπηρεσία, θα πρέπει να είναι η κατάταξη του σύμφωνα με το Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας Κτιρίου (ΔΕΤΑ)
- 2) Θέσπιση ξεχωριστού κλιμακίου σε κάθε δημόσιο οργανισμό (επιθεωρητές ενέργειας) που
 - Μελετά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων
 - Πραγματοποιεί ελέγχους και θα προτείνει βελτιώσεις

- Ανταμείβει τα λιγότερο ενεργοβόρα κτίρια (επιπλέον χρηματοδότηση, ηθικές και χρηματικές αμοιβές στους υπαλλήλους
- 3) Η τεχνολογική βελτίωση του κτιριακού κελύφους των κτιρίων
 - 4) Η τεχνολογική βελτίωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων
 - 5) Η εισαγωγή νέων ενεργειακών τεχνολογιών και καυσίμων
 - 6) Η στροφή σε λιγότερο ενεργειοβόρα προϊόντα (π.χ. χρήση οικολογικών μονωτικών υλικών, ημικατεργασμένου χαρτιού για την παραγωγή τελικών προϊόντων κ.λπ.)
 - 7) Η εντατική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων, ιδιαίτερα στην παραγωγή ηλεκτρισμού, από τις ΑΠΕ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Αθηνάς Στέγγου Σαγιά “Διαχείριση της Ενέργειας”, Αθήνα 2006
- 2) Α. Στέγγου-Σαγιά, Κ. Α. Αντωνόπουλος, Χ. Αγγελοπούλου “Θερμική άνεση και ενεργειακή χρήση”
- 3) A. Stegou-Sagia, K. Antonopoulos, C. Angelopoulou, G. Kotsiovelos "The impact of Glazing on Energy Consumption and Comfort"
- 4) A. Stegou-Sagia, K. Antonopoulos, Z. Sagia, I. Parnikolaou “Energy Performance in Buildings”
- 5) VisualDOE 4.0 User’ Manual, (March 2004)
- 6) Υπολογιστικό Περιβάλλον (ADAPT/ FCALC) Τόμος Α, Πακέτο Η/Μ μελετών FINE
- 7) ENER-WIN User’s Manual, (March 2002)
- 8) TRNSYS 16 User’s Manual
- 9) Ολυμπίας Ζώγου και Τάσου Σταματέλλου “Εφαρμογές της Ενεργειακής Προσομοίωσης Κτιρίων στο Σχεδιασμό Κελύφους Εσωτερικών Εγκαταστάσεων”
- 10) Σταμάτη Δ.Πέρδιου “Ενεργειακή Πιστοποίηση Κτιρίων και Ενεργειακή Πολιτική”