



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ eQuest**



ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΤΣΕΚΕΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ , ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ , ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015

Ευχαριστώ θερμά τον επίκουρο καθηγητή του Ε.Μ.Π και επιβλέποντα της παρούσης διπλωματικής εργασίας Χρήστο Τζιβανίδη για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος αλλά και για την βοήθεια που μου παρείχε καθ'όλα τα στάδια εκπόνησης του .

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Γ. Μαραγιάννη, Μηχανολόγο Μηχανικό MSc για την πολύτιμη συνδρομή του στην διαδικασία εκμάθησης του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας, είναι η παρουσίαση του προγράμματος ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων eQuest . Το πρόγραμμα αυτό υπάρχει στα πλαίσια προσπάθειας που πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια για την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα . Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται βήμα προς βήμα η λεπτομερής προσομοίωση ενός διώροφου νοσοκομείου στην περιοχή της Αττικής . Η προσομοίωση αυτή αφορά το κέλυφος του κτιρίου αλλά και τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται , τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και άλλες παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται η κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο . Αφού υπολογίστηκαν οι ετήσιες ανάγκες σε φυσικό αέριο και ηλεκτρισμό, πραγματοποιήθηκε μία παραμετρική μελέτη η οποία αποτυπώνει τον τρόπο με τον οποίο διάφορες παράμετροι συντελούν στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου .

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is to introduce a building energy simulation tool, eQuest . This program exists in an effort carried out in recent years on energy efficiency measures regarding the building sector . In particular , it is presented a step by step simulation of a two storey hospital in the Attica region . This simulation concerns the building envelope and the materials that form it ,the electromechanical cooling and heating systems as well as other parameters which determine the energy consumption of the building . After having calculated the annual needs in natural gas and electricity , a parametric study took place which illustrates the manner in which various parameters are contributing to the energy behavior of the building .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	7
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	7
1.3 ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	13
1.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	19
2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	25
3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ eQuest.....	28
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ eQuest.....	32
4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ DESIGN DEVELOPMENT WIZARD.....	32
4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ DETAILED MODE DATA ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ.....	59
4.2.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	61
4.2.2 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	68
4.2.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	71
4.2.4 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	71
4.2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	74
4.2.6 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ.....	76
4.2.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΙΡΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ.....	77
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	79
5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	79

6. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	86
6.1 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	86
6.2 ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ.....	91
6.3 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	96
6.4 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΕΡΑ.....	101
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	107
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	107
7.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια , η συνεχόμενη αύξηση της τιμής της ενέργειας καθώς και η παραγωγή ατμοσφαιρικών ρύπων από την καύση κυρίως στερεών καυσίμων, δημιουργεί την ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων με τις οποίες θα επιτευχθεί μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων . Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει η προσομοίωση ενός κτιρίου με το λογισμικό eQUEST , θα υπολογιστούν οι ανάγκες του σε θέρμανση και ψύξη καθ'όλη την διάρκεια ενός έτους και θα διερευνηθεί πως παράμετροι όπως η ανανέωση αέρα , υλικά κελύφους ή ο προσανατολισμός του κτιρίου συμβάλλουν στην διαμόρφωση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων .

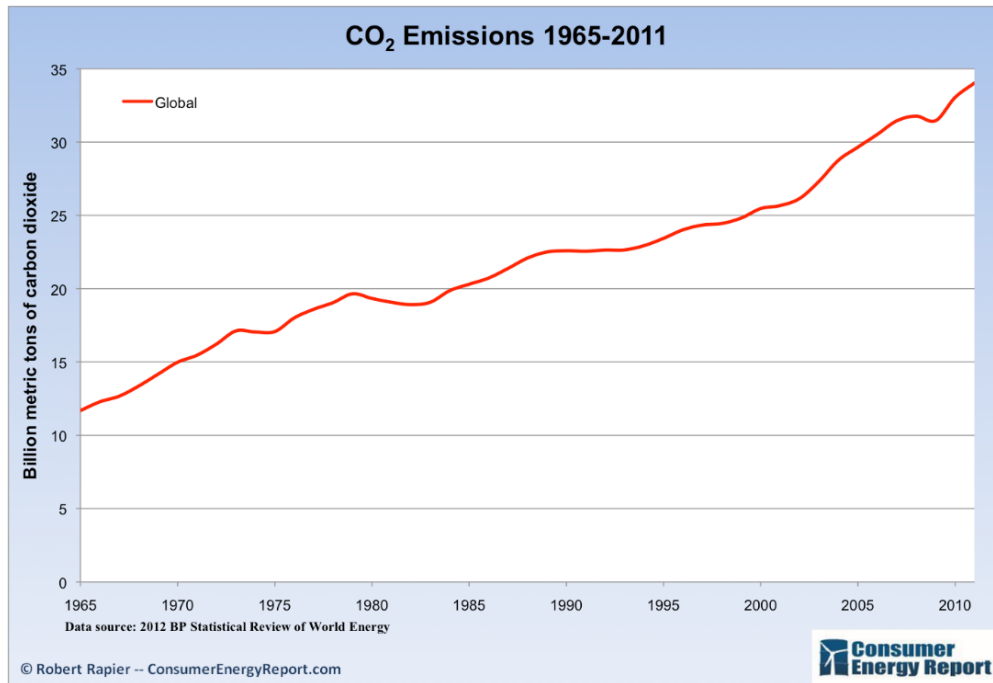
1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στην δομή της σύγχρονης κοινωνίας και αν εξαιρέσουμε τον τομέα της γεωργίας και της δασοκομίας , έχει την μεγαλύτερη επίδραση στο περιβάλλον από κάθε άλλη ανθρωπογενή δραστηριότητα . Όπως γίνεται φανερό , η αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια διεγείρει σημαντικά ερωτήματα που αφορούν το μέλλον του πλανήτη μας , καθώς είναι πολλά τα προβλήματα που συνδέονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων . Η παραγωγή του CO₂ είναι ένα αναπόφευκτο αποτέλεσμα της καύσης υδρογονανθράκων , ένωση η οποία αν και φαινομενικά ακίνδυνη , έχει καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον άρα και στον ίδιο τον άνθρωπο.

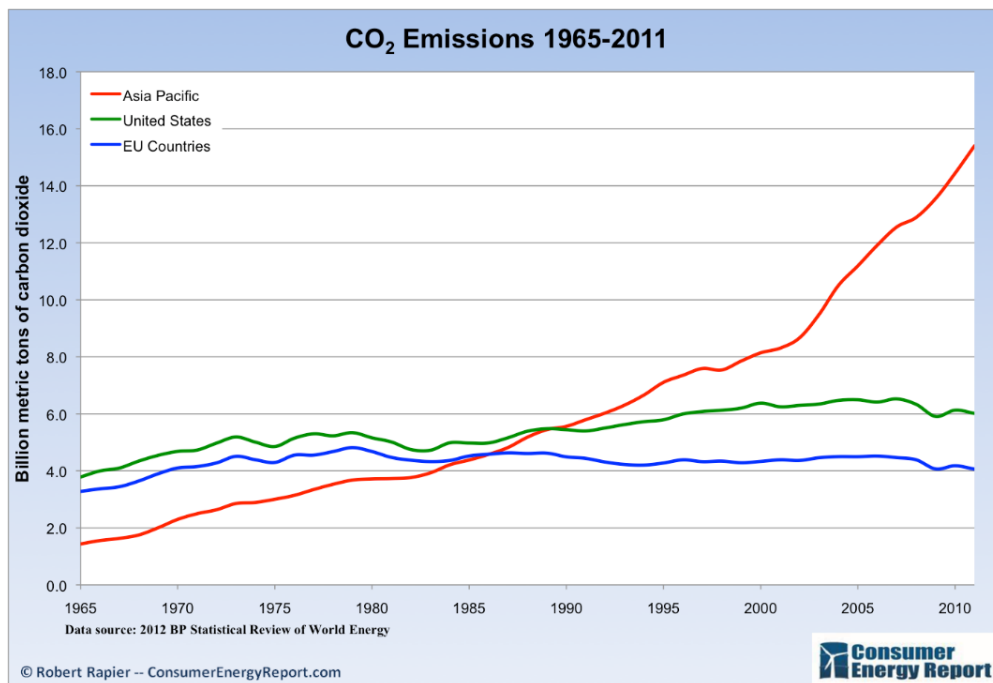


Εικόνα 1.1. Παραγωγή CO₂ από σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας , Environment Magazine

Πολλοί θεωρούν ότι η ποσότητα του CO₂ που παράγουν οι δραστηριότητες του ανθρώπου είναι ελάχιστη σε σύγκριση με αυτή που παράγει ο ίδιος ο πλανήτης μέσω των φυσικών του διεργασιών (ηφαίστεια , πυρκαγιές) . Αυτό είναι μόνο εν μέρει σωστό καθώς στην πραγματικότητα ο πλανήτης δεν μπορεί να απορροφήσει όλο το επιπλέον CO₂ που εμείς παράγουμε. Η ξηρά και οι ωκεανοί έχουν την δυνατότητα να απορροφήσουν μόλις το 40% του ανθρωπογενώς παραγόμενου CO₂ με αποτέλεσμα το υπόλοιπο να καταλήγει στην ατμόσφαιρα . Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή του CO₂ έχει αυξηθεί δραματικά κυρίως λόγω των αναπτυσσόμενων χωρών όπως η Κίνα . Σύμφωνα με νέα έρευνα του πανεπιστημίου της Οξφόρδης , η οποία ανέλυσε και ταξινόμησε τους λιγότερο αποδοτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας από άνθρακα στον πλανήτη , έβγαλε το συμπέρασμα ότι το 39% εξ 'αυτών βρίσκονται στην Κίνα . Αξίζει να αναφερθεί ότι οι 100 πιο ρυπογόνοι σταθμοί προκαλούν 75% περισσότερη ρύπανση από έναν σύγχρονο σταθμό .

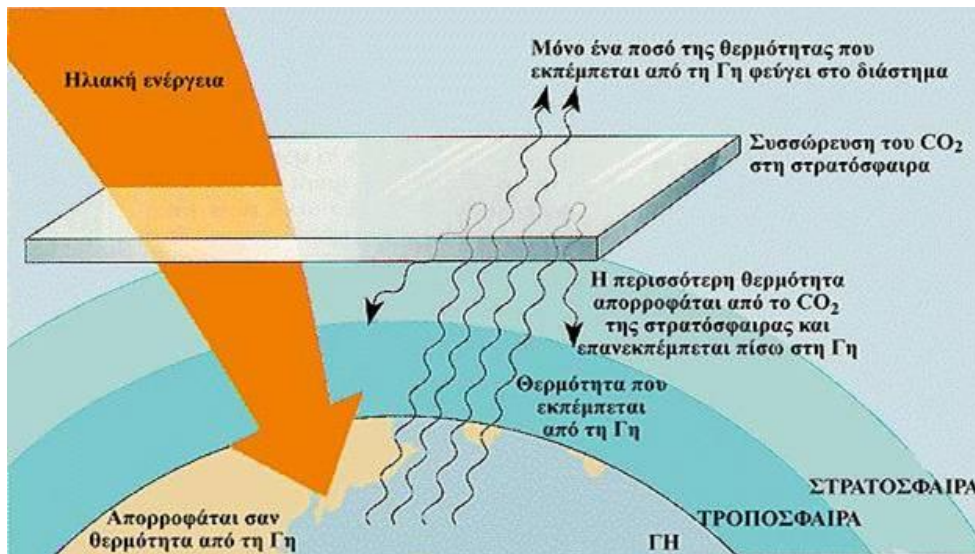


Εικόνα 1.2. Αύξηση της παραγωγής CO₂ τα τελευταία 45 χρόνια , Consumer Energy Report



Εικόνα 1.3. Παραγωγή CO₂ ανά τον κόσμο , Consumer Energy Report

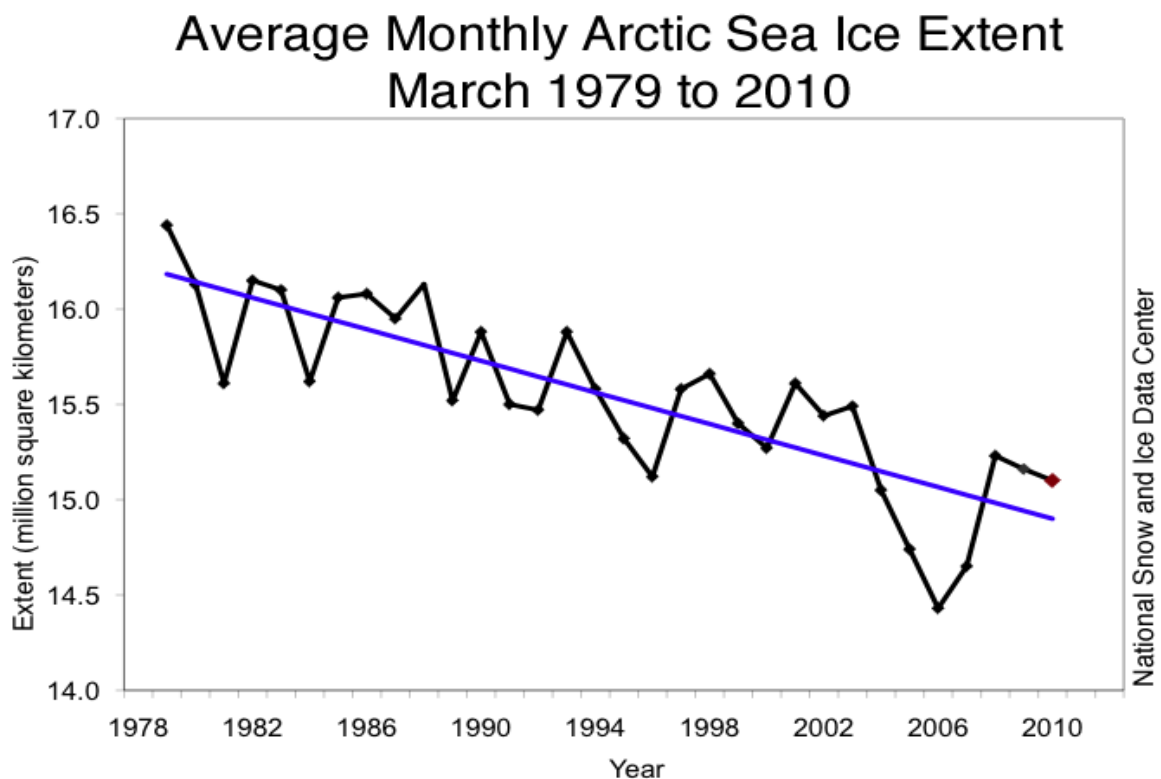
Η σημαντικότερη επίπτωση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι η δημιουργία του γνωστού φαινομένου του θερμοκηπίου . Καθώς η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει στην επιφάνεια της γης , αυξάνει την θερμοκρασία της με αποτέλεσμα αυτή να αρχίσει να ακτινοβολεί την θερμότητα προς την ατμόσφαιρα σε διαφορετικό μήκος κύματος . Οι υδρατμοί των αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO₂ δημιουργούν ένα κάλυμμα το οποίο αποτρέπει ένα μεγάλο ποσοστό της ακτινοβολούμενης ενέργειας να επιστρέψει πίσω στο διάστημα. Έτσι , είναι προφανές πως αυτό συμβάλλει στην ραγδαία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης , με καταστροφικές για όλητην ζωή πάνω σε αυτήν , συνέπειες .



Εικόνα 1.4. Φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω της συσσωρευσης CO₂ στην στρατόσφαιρα

Μία από αυτές είναι το λιώσιμο των αρκτικών πάγων. Σύμφωνα με την NASA , το πάχος των αρκτικών πάγων μειώνεται κατά 9% ανά δεκαετία και έχει ήδη μειωθεί κατά 40 % από το 1960 . Η απώλεια μεγάλης ποσότητας πάγων σημαίνει

περισσότερη απορροφούμενη ακτινοβολία καθώς σε υγρή μορφή το νερό αντανακλά μόνο το 7% της ακτινοβολίας ενώ το χιόνι 85%. Τον τελευταίο αιώνα, το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά 4 με 8 ίντσες και εκτιμάται ότι μέχρι το 2100 η στάθμη θα μπορούσε να αυξηθεί έως και 23 ίντσες δηλαδή περίπου 6 δέκατα του μέτρου. Υπολογίζεται πως αύξηση της στάθμης της θάλασσας κατά μόλις 200 χιλιοστά θα αφήσει άστεγους πάνω από 740.000 ανθρώπους στην Νιγηρία και ότι μέχρι το 2100 τα νησιά των Μαλβίδων δεν θα είναι πλέον κατοικήσιμα.



Εικόνα 1.5. Μείωση της έκτασης των πάγων στην Αρκτική Θάλασσα τα τελευταία 30 χρόνια, National Snow and Ice Data Center

Η δραματική αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη , συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αρνητική διαμόρφωση των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν πάνω σε αυτόν . Σύμφωνα με επιστήμονες του περιοδικού Nature , η μέγιστη ταχύτητα των ανέμων έχει αυξηθεί κατά πολύ από το 1981 με άμεσο αποτέλεσμα την ολοένα και πυκνότερη εμφάνιση βίαιων καταιγίδων , οι οποίες αφήνουν θύματα και χιλιάδες άστεγους κάθε χρόνο .



Εικόνα 1.6. Η Νέα Ορλεάνη μετά τον τυφώνα Κατρίνα , BBC News

Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι είναι επιτακτικής φύσεως η εύρεση λύσης για το περιβαλλοντικό αυτό πρόβλημα . Με σκοπό την λήψη μέτρων για την επίτευξη του προβλήματος αυτού , κρίθηκε αναγκαία η συνεργασία των κρατών σε παγκόσμιο επίπεδο , η οποία οδήγησε το 1997 στο Πρωτόκολλο του Κιότο . Κεντρικός άξονας του είναι η δέσμευση ανεπτυγμένων χωρών για την μείωση έξι αερίων του θερμοκηπίου (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC, SF_6) σε ποσοστό

8 % για την Ευρώπη την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με την περίοδο του 1990 . Στην Ελλάδα , μέχρι το 2000 , η εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου είχε αυξηθεί κατά 23,4% ενώ προβλεπόταν ότι η αύξηση θα γίνει 35% μέχρι το 2010 αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται κάποια μείωση των εκπομπών αυτών . Αξιοσημείωτο είναι πως η ΔΕΗ πληρώνει περίπου 12 εκατ. ευρώ τον χρόνο για να αγοράσει δικαιώματα ρύπανσης . Είναι προφανής λοιπόν η ανάγκη ορθολογικής χρήσης των διαφόρων πηγών ενέργειας ώστε να ελαχιστοποιούνται οι περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες .

1.3 ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα κτίρια , σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat το Δεκέμβριο του 2008 , καταναλώνουν το 39% της παγκόσμιας ενέργειας ενώ στην Αμερική σύμφωνα με στοιχεία της EIA (Energy Information Administration) το ποσοστό της συνολικής ενέργειας που δαπανάται στα κτίρια αγγίζει το 41% . Ακόμη , στον οικιακό και τριτογενή τομέα καταναλώνεται πάνω από το 50% του παγκόσμια παραγόμενου ηλεκτρισμού και παράγεται περίπου το 1/3 των αερίων του θερμοκηπίου . Στα οικιακά κτίρια η κύρια αιτία κατανάλωσης ενέργειας είναι η θέρμανση ενώ στα εμπορικά ο φωτισμός .

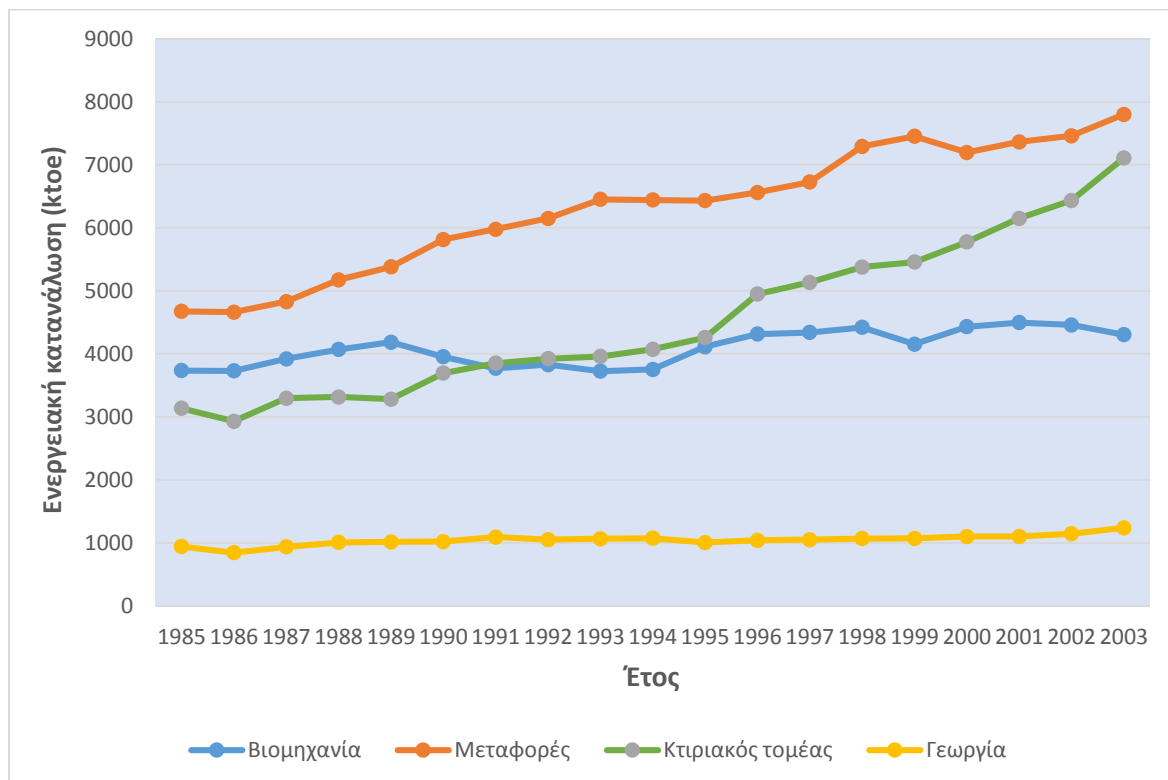


Εικόνα 1.7. Ενεργειακή κατανάλωση ανά δραστηριότητα

Στην Ελλάδα , σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Ανάπτυξης το 2007 , η συμμετοχή των κτιρίων στο ενεργειακό ισοζύγιο ανέρχεται στο 24% . Η χρήση των οικιακών συσκευών , φωτισμού και κλιματισμού καταναλώνουν το 18% της ενέργειας ενώ η ανάγκη για θέρμανση αποτελεί το 70% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου . Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ελληνικά κτίρια καταναλώνουν μέχρι και 30 % περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα σε σύγκριση με κτίρια άλλων ευρωπαϊκών χωρών . Χαρακτηριστική είναι η αύξηση της ενεργειακής ζήτησης στον τομέα των κτιρίων την περίοδο 1993-2003 όπου και παρατηρείται υπερδιπλασιασμός την ενεργειακής κατανάλωσης στον εμπορικό και τριτογενή τομέα . Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους ορισμένοι των οποίων είναι :

- Η ύπαρξη πολλών παλαιών κτιρίων τα οποία κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 και δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένα με αποτέλεσμα να απαιτούν μεγάλα ποσά θερμότητας για να καλύψουν τις ανάγκες για θερμική άνεση κυρίως τον χειμώνα .

- Η πληθώρα νέων ηλεκτρικών συσκευών που υποτίθεται ότι βελτιώνουν το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων .
- Η συνεχής ανάγκη για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας ιδίως το καλοκαίρι που έχει ως συνέπεια την εγκατάσταση νέων κλιματιστικών μονάδων .
- Η έλλειψη κατάλληλης νομοθεσίας όσον αφορά την ενέργεια στις κατασκευές .



Εικόνα 1.8. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα στην Ελλάδα ,ΤΕΕ

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υπέρογκης ενεργειακής κατανάλωσης, στον κτιριακό τομέα , έχουν θεσπιστεί πρότυπα που αφορούν τον ορθό σχεδιασμό

των κτιρίων και εξασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και γενικότερα την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία του είτε αυτή είναι σε μορφή ηλεκτρισμού είτε σε καυσίμου. Τα πρότυπα αυτά καθορίζονται μέσω μελετών και ερευνών από οργανισμούς μηχανικών με τον πιο γνωστό να είναι ο ASHRAE (American Society of Heating , Refrigerating and Air conditioning Engineers) . Το τελευταίο πρότυπο του οργανισμού αυτού είναι το ASHRAE 90.1 και εφαρμόζεται από το 2007. Στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε πολλές άλλες χώρες , υπάρχει η πιστοποίηση LEED που εξασφαλίζει ότι ένα δεδομένο κτίριο είναι 'πράσινο' και ενεργειακώς βιώσιμο. Ο εθελοντικός οργανισμός LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) δημιουργήθηκε από το USGBC (United States Green Building Council) και έχει ως κύριο σκοπό την ανάπτυξη προτύπων που αφορούν την κατασκευή , την λειτουργία και την διατήρηση κτιρίων αλλά και ολόκληρων συνοικιών. Αποτελείται από περίπου 20000 μέλη και μόνο αυτά έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν ή να προτείνουν νέα ή βελτιωμένα πρότυπα. Το 2012 έγινε με επιτυχία το πρώτο LEED σεμινάριο στην Ελλάδα στο οποίο συμμετείχαν πολυάριθμοι φορείς οι οποίοι έλαβαν Certificate of Attendance , με το οποίο έλαβαν το δικαίωμα της μετέπειτα ατομικής εξέτασης τους για την απόκτηση πιστοποίησης LEED.

Στην Ευρώπη , το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε την Οδηγία 2002/91/ΕΚ για ενεργειακώς αποδοτικά κτίρια με την οποία τα κράτη μέλη έπρεπε να εναρμονιστούν μέχρι και τον Ιανουάριο του 2006 . Συνοπτικά , η παραπάνω Οδηγία περιλαμβάνει τις παρακάτω βασικές αρχές :

- Κοινή μεθοδολογία στον υπολογισμό ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων .

- Ελάχιστες απαιτήσεις ή πρότυπα για νέα ή για υπάρχοντα κτίρια που υφίστανται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση .
- Συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια και τοιχοκόλληση των πιστοποιητικών σε δημόσιου τύπου κτίρια .
- Επιθεώρηση λεβήτων ανάλογα με την ισχύ και την παλαιότητα τους .
- Επιθεώρηση κλιματιστικών συσκευών ανάλογα με την ισχύ τους (ετήσια για >12 KW)

Η παραπάνω Οδηγία αφορά τα κτίρια του οικιακού και του τριτογενή τομέα και εφαρμόζεται υποχρεωτικά στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Στην ανέργεση νέων κτιρίων κατοικίας , ξενοδοχείων , δημοσίων κτιρίων , υγείας και κοινωνικής πρόνοιας , εμπορίου , γραφείων , βιομηχανιών και βιοτεχνιών .
- Στην επέκταση παλαιών κτιρίων .
- Στην ανακαίνιση , στην αλλαγή χρήσης ή στην αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων .

Της υποχρεωτικής αυτής Οδηγίας εξαιρούνται τα παρακάτω κτίρια :

- Τα ανοικτά κτίρια δηλαδή κτίρια τα οποία αποτελούνται κυρίως από ημιυπαίθριους χώρους .
- Θρησκευτικά κτίρια .
- Διατηρητέα κτίρια των οποίων η φυσιογνωμία θα αλλοιωνόταν σε περίπτωση εφαρμογής της Οδηγίας .

- Νέες μικρές κατοικίες μικρότερες από 50 m² .
- Προσθήκες σε υπάρχοντα κτίρια επιφάνειας μικρότερης των 30 m² .
- Βιομηχανίες ή βιοτεχνίες των οποίων η θέρμανση ή ψύξη προέρχεται από το δίκτυο της παραγωγικής τους διαδικασίας .
- Κτίρια εξειδικευμένης χρήσης όπως χειρουργεία ή χώροι μνημείων

Στην Ελλάδα , τον Μάιο του 2008 κατατέθηκε στην Βουλή σχέδιο νόμου (Ν.3661/2008) «Μέτρα μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια» ο οποίος προβλέπει :

- Κατάρτιση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) με τον οποίο καθορίζονται ελάχιστες προδιαγραφές για νέα ή ριζικώς ανακαινισμένα κτίρια .
- Έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης διάρκειας 10 χρόνων για νέα κτίρια άνω των 50 τ.μ .
- Για κτίρια άνω των 1000 τ.μ , υποβολή κατάλληλης μελέτης στην αντίστοιχη πολεοδομία για την εγκατάσταση εναλλακτικών πηγών ενέργειας .
- Δημιουργία σώματος ενεργειακών επιθεωρητών οι οποίοι θα εκπονούν τις αντίστοιχες μελέτες και θα εκδίδουν τα παραπάνω πιστοποιητικά .
- Τακτικές επιθεωρήσεις σε λέβητες και σε εγκαταστάσεις κλιματισμού .
- Επιβολή προστίμων στην μη συμμόρφωση των ελαχίστων προδιαγραφών .

Τέλος , τα κτίρια χωρίστηκαν στις ενεργειακές κατηγορίες Α-Η κάθε μία από τις οποίες αντιπροσωπεύει την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου . Για την πιστοποίηση της κατηγορίας ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται οι δείκτες R_s και R_r . Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος R_s αντιστοιχεί

στην κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος . Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς R_r εκφράζει την μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου . Και οι δύο παραπάνω δείκτες εκφράζονται σε $KWh / (m^2 \cdot \acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma)$. Όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κατ ' ελάχιστον μέσα στα όρια της ενεργειακής κατηγορίας B για να θεωρούνται αποδεκτά .



Εικόνα 1.9. Κατηγορίες κτιρίων ανάλογα με την ενεργειακή κατανάλωση τους, TEE

1.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για να είναι σε θέση οι μηχανικοί να ελέγξουν αν ένα κτίριο είναι ενεργειακά βιώσιμο ή για να το σχεδιάσουν ώστε να είναι , τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πληθώρα από προγράμματα προσομοίωσης κτιρίων . Αυτό θα έχει άμεσο αποτέλεσμα στην μείωση των θερμικών απωλειών , των ψυκτικών φορτίων καθώς και στην βελτίωση των συνθηκών άνεσης για τους ανθρώπους που κατοικούν σε αυτά. Εκτός αυτού , τα προγράμματα αυτά είναι πολύ χρήσιμα και

χρησιμοποιούνται ευρέως για την διαστασιολόγηση των συστημάτων κλιματισμού αφού με την βοήθεια τους είμαστε σε θέση να προβλέψουμε το μέγιστο θερμικό και ψυκτικό φορτίο των υπό μελέτη χώρων καθώς και πότε παρατηρείται αυτό . Έτσι έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε τον κατάλληλο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και να συγκρίνουμε εναλλακτικά συστήματα ώστε να διακρίνουμε πιο είναι το καταλληλότερο και πιο οικονομικά βιώσιμο για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα που επίσης προσφέρουν τα προγράμματα προσομοίωσης είναι η πρόβλεψη του κόστους κατασκευής των κτιρίων υπό σχεδιασμό αλλά και των απαιτούμενων χρηματικών ποσών που θα δαπανηθούν καθ'όλη την διάρκεια ενός έτους λειτουργίας για τα διάφορα συστήματα. Βέβαια , σε όλα τα παραπάνω είναι αναγκαίο να προστεθεί και η εμπειρία του μελετητή ώστε να είναι σε θέση να επαληθεύσει ή να διαψεύσει ορισμένα παράλογα αποτελέσματα που πιθανόν να προκύψουν από ένα προγραμματιστικό λάθος.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση τέτοιου είδους προγραμμάτων δεν αφορούν μόνο τους μηχανικούς , τους κατασκευαστές και τους ενοίκους αλλά και το ίδιο το περιβάλλον καθώς όχι μόνο είμαστε σε θέση να προβλέπουμε την ετήσια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων ρύπων αλλά και να την μειώσουμε κάνοντας το κτίριο αποδοτικότερο .

Πολλά από τα προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί είναι δωρεάν προς χρήση ενώ άλλα είναι διαθέσιμα προς αγορά. Ορισμένα από αυτά είναι τα DOE-2, BLAST , Energy-10 , ESP-r , FLOVENT , TRACE 700 , PowerDOE με τα πιο διαδεδομένα να είναι τα TRNSYS , EnergyPlus και eQUEST . Δυστυχώς η πλειονότητα αυτών των προγραμμάτων για να καταλήξουν σε σχετικά ακριβή αποτελέσματα απαιτούν

πολύ χρόνο ενασχόλησης του χρήστη για την εκμάθηση του ίδιου του προγράμματος αλλά και για τον πλήρη καθορισμό όλων των απαραίτητων παραμέτρων σχετικά με τα υλικά του κτιρίου, την ανανέωση αέρα, τον εξοπλισμό, το σύστημα σωληνώσεων και αεραγωγών, των ωρών λειτουργίας, τα εσωτερικά φορτία καθώς και πολλές άλλες πληροφορίες για το κτίριο, οι οποίες στην φάση σχεδίασης του κτιρίου δεν είναι διαθέσιμες.

Το Energy-10 δημιουργήθηκε το 1997 από το NREL (National Renewable Energy Laboratory) που βρίσκεται στην πόλη Golden της πολιτείας του Colorado με επικεφαλής τον Doug Balcomb. Αναπτύχθηκε ως ένα χρήσιμο εργαλείο για αρχιτέκτονες και μηχανικούς και είναι πλήρως ικανό να διαχειριστεί μικρά εμπορικά και αστικά οικοδομήματα έκτασης έως 10000 ft². Εξού και η ονομασία του προγράμματος. Όπως ισχυρίζεται ο επικεφαλής, με αυτό το πρόγραμμα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εκπονήσει μια γρήγορη μελέτη μέσα σε 10 μόλις λεπτά.

Τα πρόγραμμα BLAST όπως και το DOE-2 άρχισαν να αναπτύσσονται την δεκαετία του 70 με την χρηματοδότηση του υπουργείου Αμύνης και υπουργείου Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών. Εκείνη την εποχή δεν ήταν σαφές πιο από τα δύο θα αποτελούσε χρήσιμο εργαλείο στην μοντελοποίηση κτιρίων. Κάθε ένα από αυτά περιείχαν εκατοντάδες υπορουτίνες και είχαν δοκιμαστεί από πολλούς σχεδιαστές. Το EnergyPlus είναι η ένωση των δύο παραπάνω προγραμμάτων και ουσιαστικά αποτελεί την σύνθεση των καλύτερων χαρακτηριστικών τους. Πάνω στο EnergyPlus εφαρμόστηκαν καινοτόμες μέθοδοι προσομοίωσης της αλληλεπίδρασης συστημάτων θέρμανσης-ψύξης με τις διάφορες θερμικές ζώνες και έκδοσης αποτελεσμάτων με χρονικά βήματα μικρότερα της μίας ώρας. Η beta

έκδοση του έγινε διαθέσιμη στα τέλη του 1999 ενώ το πλήρες πρόγραμμα μέσα στο 2000 .

Ένα άλλο πρόγραμμα που άρχισε να αναπτύσσεται την δεκαετία του 70 είναι το ESP-r , όταν οι αναλυτικές μέθοδοι επίλυσης αρκετών προβλημάτων φάνηκαν ανεπαρκείς και ευνοήθηκαν πολύ οι αριθμητικές μέθοδοι επίλυσης . Επιλέχθηκε η μέθοδος πεπερασμένων όγκων και αναπτύχθηκαν μονοζωνικά μοντέλα τα οποία με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκαν σε πολυζωνικά . Το 1980 έγινε η σύνδεση του με το λειτουργικό Linux και προστέθηκαν διάφορα μοντέλα κεντρικής θέρμανσης , ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και συστημάτων αυτομάτου ελέγχου . Αργότερα , το 1990 προστέθηκαν μοντέλα συστημάτων κλιματισμού και πολυάριθμα άλλα που συνδέονται με την ανάπτυξη της υπολογιστικής ρευστομηχανικής . Τέλος , το 2000 ενσωματώθηκαν τα υλικά αλλαγής φάσης καθώς και ακουστικά μοντέλα .

Όσον αφορά το πρόγραμμα TRNSYS , δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο του Ουισκόνσιν και είναι διαθέσιμο προς αγορά από το 1975 . Από τότε , εξελίσσεται συνεχώς με την πιο πρόσφατη έκδοση του να είναι η δέκατη έβδομη . Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι ιδανικό για έρευνες καθώς έχει την δυνατότητα να προσφέρει λεπτομερή ανάλυση όλων των συστημάτων των οποίων η συμπεριφορά εξαρτάται από το πέρασ του χρόνου . Μεταξύ άλλων , περιέχει μοντέλα για θερμικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα , για συστήματα κλιματισμού , ανανεώσιμων πηγών ενέργειας , συμπαραγωγής και κυψελών καυσίμου . Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του προγράμματος TRNSYS είναι η δυνατότητα που έχει ο χρήστης να τροποποιήσει τον κώδικα του προγράμματος ώστε να εξυπηρετήσει τις δικές του ανάγκες ή και να εισάγει καινούρια μοντέλα

χρησιμοποιώντας κοινές γλώσσες προγραμματισμού όπως FORTRAN , C , C++, PASCAL και άλλες . Επιπλέον μπορεί να συνδεθεί εύκολα με άλλες εφαρμογές (Microsoft Excel , Matlab) πριν ή και κατά την διάρκεια της προσομοίωσης . Συνοπτικά , το TRNSYS αποτελείται στο σύνολο του από τα εξής προγράμματα : Το στούντιο προσομοίωσης (TRNSYS Simulation Studio) και το εκτελέσιμο αρχείο του TRNExe.exe , το γραφικό περιβάλλον όπου γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων του κτιρίου TRNBuild.exe και τον επεξεργαστή μέσω του οποίου δημιουργούνται αυτόνομα προγράμματα (TRNSED.exe) .

Ένα πρόγραμμα που δίνει μεγάλη έμφαση στην υπολογιστική ρευστομηχανική είναι το FLOVENT καθώς περιέχει μοντέλα που προβλέπουν την ροή του αέρα σε τρεις διαστάσεις , την μεταφορά θερμότητας μέσα αλλά και γύρω από το κτίριο . Είναι κατάλληλο για τον σωστό σχεδιασμό των συστημάτων κλιματισμού και παρέχει την δυνατότητα απεικόνισης με 3D γεωμετρία της ροής του αέρα μέσα στους διάφορους χώρους του κτιρίου .

Τέλος , το TRACE 700 είναι ένα πρόγραμμα πλήρως εναρμονισμένο με τις μεθοδολογίες και τα πρότυπα που ορίζει η ASHRAE και το σύστημα κατάταξης για πράσινα κτίρια LEED . Περιέχει πληθώρα μοντελοποιημένων συστημάτων και μηχανολογικού εξοπλισμού και είναι κατάλληλο για την διαστασιολόγηση τους λαμβάνοντας υπ' όψιν παραμέτρους όπως τα υλικά κατασκευής και την χρήση ανοιγμάτων για φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας . Για την απόκτηση του είναι απαραίτητη η καταβολή συγκεκριμένου χρηματικού ποσού .

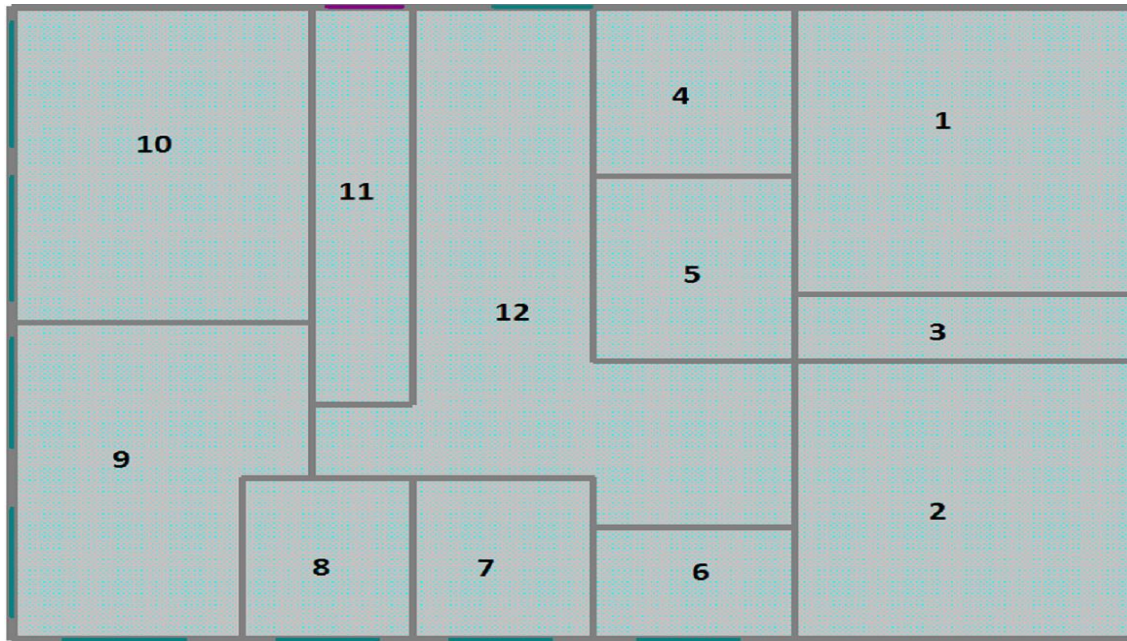
Απαραίτητη προϋπόθεση για να εξάγουν αποτελέσματα τα προγράμματα μοντελοποίησης , είναι να υπάρχει το κατάλληλο αρχείο στο οποίο εμπεριέχονται οι μετεωρολογικές συνθήκες που αφορούν την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται

το κτίριο προς μελέτη . Τα μετεωρολογικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία είναι της μορφής TMY (Typical Meteorological Year) και αποτελούν την σύνθεση πραγματικών ωριαίων μετρήσεων οι οποίες έχουν να κάνουν με την θερμοκρασία , την υγρασία , την ταχύτητα του ανέμου , την ηλιοφάνεια και άλλα . Η ακρίβεια των μετρήσεων αυτών παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στα τελικά αποτελέσματα και για αυτό τον λόγο είναι αναγκαίος ο ακριβής καθορισμός τους . Συνήθως οι μετρήσεις αυτές για να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές διαρκούν τριάντα χρόνια . Μια μελέτη που έγινε από τον κ. Αργυρίου το 1999 στην Ελλάδα , έδειξε ότι η σύνθεση μετεωρολογικών δεδομένων πολλών χρόνων , σε αντίθεση από την χρήση μετεωρολογικών δεδομένων ενός τυχαίου χρόνου , εκτιμά με μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματικότητα .

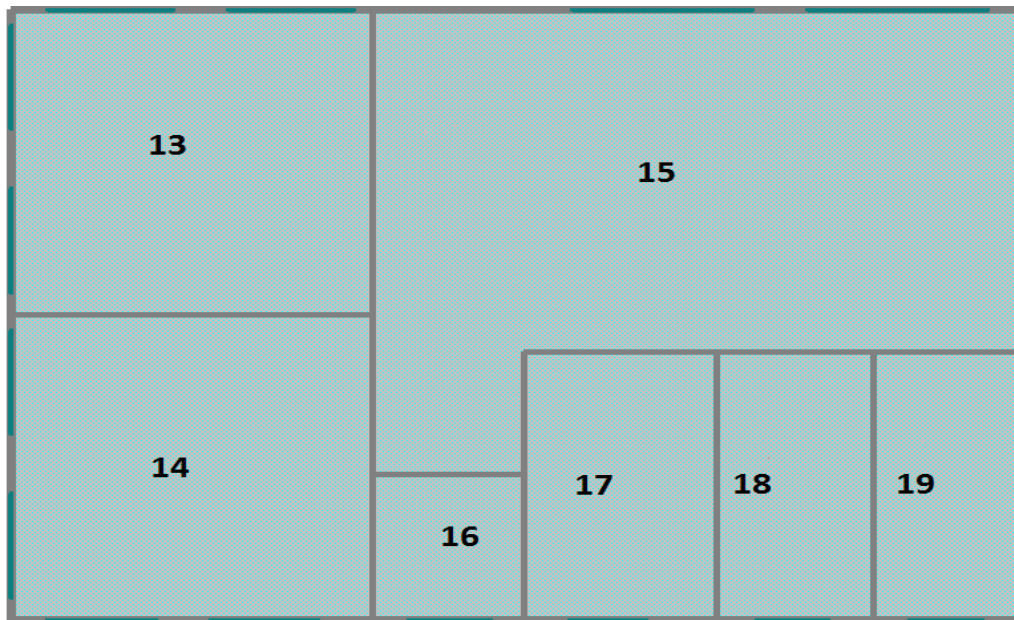
Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα eQUEST για την ενεργειακή προσομοίωση ενός νοσοκομείου και για την μελέτη διαφόρων παραμέτρων όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου , τα υλικά των τοιχωμάτων και η ανανέωση του αέρα και πως αυτά συμβάλλουν στην ενεργειακή συμπεριφορά του δοσμένου κτιρίου. Η επιλογή του συγκεκριμένου προγράμματος έγινε διότι είναι φιλικό προς τον χρήστη-μελετητή και του προσφέρει την δυνατότητα εκπόνησης μίας γρήγορης προκαταρκτικής μελέτης . Σε επόμενο κεφάλαιο , θα παρουσιαστεί αναλυτικά βήμα προς βήμα η κατασκευή του κτιρίου ώστε ο αναγνώστης να είναι σε θέση να καταλάβει με ευκολία την δομή και την λογική του προγράμματος και πως αυτό χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του κελύφους , των συστημάτων κλιματισμού και των επιμέρους φορτίων του χώρου .

2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το προς μελέτη κτίριο αφορά δύο ορόφους νοσοκομείου που βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας . Ο πρώτος όροφος έχει συνολικό εμβαδό 214 m^2 ή 2296 ft^2 και η κάτοψη του πάρθηκε από το προαιρετικό θέμα του μαθήματος Κλιματισμού που διδάχτηκε το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 . Σε αυτόν περιέχονται δύο χειρουργεία , δύο χώροι πλύσης για καθένα από τα χειρουργεία , δύο χώροι αποθήκευσης υλικού , τρία μικρά δωμάτια μεταξύ των δύο χειρουργείων τα οποία μοντελοποιήθηκαν ως ενιαίος χώρος , ένα δωμάτιο στο οποίο βρίσκεται ο κλίβανος , ο χώρος ανάνηψης , ένα αποδυτήριο για άντρες και ένα για γυναίκες τα οποία μοντελοποιήθηκαν και αυτά σαν ενιαίος χώρος , ο προθάλαμος , καθώς και ένας μικρός διάδρομος που συνδέει τον χώρο του προθαλάμου με τα αποδυτήρια . Ο δεύτερος όροφος , ίδιου συνολικού εμβαδού είναι εικονικός και χρησιμοποιήθηκε καθαρά για λόγους ολοκληρωμένης εκμάθησης του προγράμματος eQUEST . Αυτός περιέχει δύο χώρους ανάνηψης , τρία δωμάτια ιατρικής περίθαλψης , ένα WC και τον χώρο αναμονής. Παρακάτω γίνεται περιγραφή της διάταξης των δύο ορόφων με χρήση εικόνων από το ίδιο το πρόγραμμα eQUEST .



Εικόνα 2.1. Κάτοψη πρώτου ορόφου , eQUEST



Εικόνα 2.2. Κάτοψη δευτέρου ορόφου, eQUEST

Οι αριθμοί αντιστοιχούνε στους διάφορους χώρους του κτιρίου , οι οποίοι αποτελούνε ταυτόχρονα και τις διάφορες θερμικές ζώνες στις οποίες έχει χωριστεί το σύνολο του . Με τον όρο θερμική ζώνη αναφερόμαστε στον όγκο του αέρα ο οποίος βρίσκεται σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία μαζί με τις επιφάνειες που τον περιέχουν ή περιέχονται σε αυτόν οι οποίες έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύσουν ή να μεταφέρουν θερμότητα . Ουσιαστικά , η διαφοροποίηση των χώρων σε θερμικές ζώνες έγκειται στην χρήση και στο σύστημα που χρησιμοποιείται για την θέρμανση- ψύξη τους . Για χάρη ευελιξίας , το παρών κτίριο χωρίστηκε σε τόσες θερμικές ζώνες όσοι και οι διαφορετικοί χώροι που περιέχονται σε αυτόν ώστε να υπάρχει μελλοντικά η δυνατότητα να αλλάξουν οι συνθήκες ενός μεμονωμένου δωματίου .

Πίνακας 2.1. Αντιστοίχιση αριθμών με χώρους

1	ΣΗΠΤΙΚΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ
2	ΑΣΗΠΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ
3	ΜΙΚΡΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
4	ΠΛΥΣΗ ΣΗΠΤΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟΥ
5	ΠΛΥΣΗ ΑΣΗΠΤΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟΥ
6	ΧΩΡΟΣ ΚΛΙΒΑΝΟΥ
7	ΑΠΟΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ Νο.1
8	ΑΠΟΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ Νο.2
9	ΑΝΑΝΗΨΗ Νο.1
10	ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ
11	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ
12	ΠΡΟΘΑΛΑΜΟΣ
13	ΑΝΑΝΗΨΗ Νο.2
14	ΑΝΑΝΗΨΗ Νο.3
15	ΧΩΡΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ
16	WC
17	ΧΩΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ Νο.1
18	ΧΩΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ Νο.2
19	ΧΩΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ Νο.3

3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ eQUEST

Το eQUEST αναπτύχθηκε από τους J.J Hirsh and Associates σε συνεργασία με το εθνικό εργαστήριο του Berkeley (Lawrence Berkeley National Lab) ή αλλιώς LBNL και χρηματοδοτήθηκε μερικώς από το DOE (United States Department of Energy). Αποτελεί ίσως το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα προσομοίωσης στην Καλιφόρνια και γενικότερα χρησιμοποιείται κατά κόρον στην Αμερική . Είναι ένα δωρεάν και εύκολο προς χρήση πρόγραμμα σε αντίθεση με το DOE-2 , το οποίο αν και αναπτύχθηκε από τους ίδιους προγραμματιστές είναι αρκετά δυσκολότερο διότι η προσομοίωση του κτιρίου γίνεται μόνο με ανάπτυξη κατάλληλου κώδικα σε μορφή κειμένου. Το eQUEST ουσιαστικά αποτελεί την πρόσθεση γραφικών και wizards στην προγραμματιστική μηχανή του λογισμικού DOE-2 . Με τον τρόπο αυτό , προσφέρει μια ολοκληρωμένη γραφική αποτύπωση του κελύφους του κτιρίου και των διαφόρων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που αυτό περιέχει, γεγονός το οποίο διασφαλίζει για τον χρήστη κατάλληλη εποπτεία πάνω στο σχεδιαζόμενο οικοδόμημα και τον διευκολύνει στην σύνδεση χώρων και εξοπλισμού. Βέβαια , αυτό δεν σημαίνει ότι η μοντελοποίηση ενός κτιρίου με το eQUEST είναι μια εύκολη υπόθεση καθώς υπάρχει πληθώρα παραμέτρων που πρέπει να εισαχθούν και που έχουν μεγάλο αντίκτυπο στα τελικά αποτελέσματα . Για αυτόν ακριβώς τον λόγο είναι και αναγκαία η εμπειρική γνώση και η κριτική ικανότητα του χρήστη πάνω στα αποτελέσματα με βάση τα οποία πρέπει να είναι σε θέση να αντιληφθεί αν οι παράμετροι που υπέθεσε είναι κοντά στην πραγματικότητα και ποιες από αυτές πρέπει να διορθώσει ώστε να μοντελοποιήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το μελετούμενο κτίριο. Ίσως για

τον λόγο αυτό άλλωστε η μοντελοποίηση ενός κτιρίου θεωρείται και μια μορφή τέχνης.

Για την προσομοίωση , το λογισμικό eQUEST χρησιμοποιεί ένα αρχείο κειμένου το οποίο περιέχει BDL κώδικα (Building Description Language) , το ίδιο αρχείο που χρησιμοποιεί και το DOE-2 . Στον χρήστη δίνεται η δυνατότητα να τροποποιήσει άμεσα τα περιεχόμενα του αρχείου χωρίς την χρήση του λογισμικού eQUEST . Οι βασικές πλατφόρμες του προγράμματος πάνω στις οποίες μπορεί να δουλέψει ο χρήστης είναι τρεις :

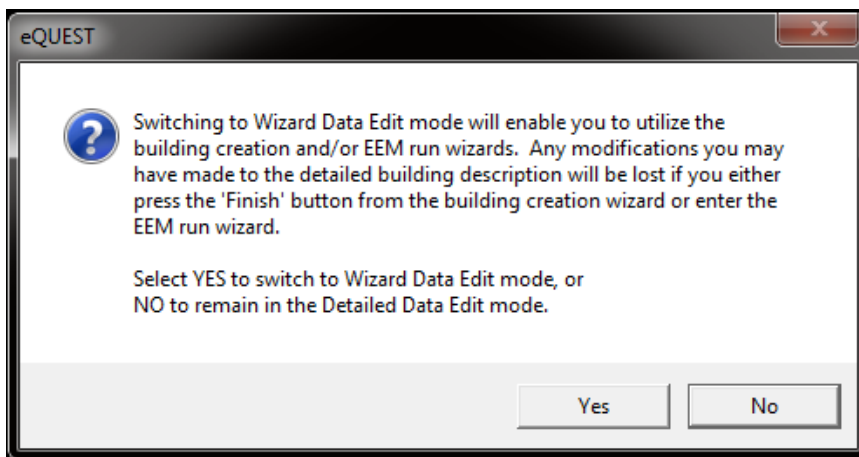
- **Schematic Design Wizard** : Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιείται για μικρές κατασκευές ή για τα πρώιμα στάδια μιας μελέτης όταν οι πληροφορίες που γνωρίζουμε είναι ελάχιστες .
- **Design Development Wizard (DD Wizard)** : Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιείται σε πολυπλοκότερες κατασκευές ή σε μεταγενέστερα στάδια της μελέτης όταν γνωρίζουμε περισσότερες πληροφορίες για το κτίριο όπως ώρες λειτουργίας , υλικά κατασκευής και λεπτομέρειες που αφορούν τα συστήματα θέρμανσης-ψύξης . Αυτή είναι η πλατφόρμα που θα χρησιμοποιήσουμε στο πρώτο στάδιο σχεδίασης του κτιρίου στην παρούσα διπλωματική .



Εικόνα 3.1. Επιλογή της πλατφόρμας για το αρχικό στάδιο σχεδίασης, eQUEST

- **Detailed Data Interface** : Η πλατφόρμα αυτή αποτελεί το τελικό στάδιο σχεδίασης του κτιρίου όπου καθορίζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια παράμετροι που αφορούν τα στρώματα των υλικών από τα οποία αποτελούνται το κέλυφος και οι εσωτερικοί τοίχοι, τα διάφορα εσωτερικά θερμικά κέρδη, την τοποθέτηση υαλοπινάκων και θυρών καθώς και πολλά άλλα.

Βασικός κανόνας για την σχεδίαση ενός κτιρίου με την χρήση του λογισμικού αυτού είναι ότι πρακτικά δεν είναι δυνατή η εναλλαγή από την Detailed Data Interface στους wizards διότι αν και δίνεται το δικαίωμα αυτό στον σχεδιαστή, χάνεται οποιαδήποτε τροποποίηση έχει γίνει σε αυτήν.



Εικόνα 3.2. Εναλλαγή από Detailed Data Interface σε Wizard

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι τιμές στα διάφορα κελιά που εμφανίζονται με πράσινο έχουν καθοριστεί από το πρόγραμμα ενώ αυτές που εμφανίζονται με κόκκινο είναι αυτές που εμείς τροποποιήσαμε . Επιπροσθέτως , μας δίνεται η δυνατότητα με δεξί κλικ πάνω σε κάθε κελί να λάβουμε πληροφορίες για την τιμή που πρέπει να εισαχθεί , καθώς πολλές από τις παραμέτρους είναι κωδικοποιημένες με αρχικά γράμματα και δεν είναι προφανές τι ακριβώς συμβολίζει η κάθε μία .

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ eQUEST

4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ DESIGN DEVELOPMENT WIZARD

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο , το πρώτο στάδιο προσομοίωσης αφορά την σχεδίαση του κτιρίου σε έναν από τους δύο wizards . Αφού επιλέξουμε τον Design Development Wizard , το πρόγραμμα μας κατευθύνει στο επόμενο βήμα που έχει να κάνει με τις βασικές πληροφορίες που αφορούν το κτίριο προς σχεδίαση (Project and Site Data) . Για την εισαγωγή των πληροφοριών αυτών πρόκειται να εμφανιστεί ένας αριθμός παραθύρων , κάθε ένα από τα οποία εμφανίζεται αφού συμπληρωθεί το προηγούμενο του . Σημειώνεται ότι δεν χρησιμοποιείται όλος ο αριθμός των παραθύρων σε όλες τις περιπτώσεις .

Στο πρώτο παράθυρο εισάγουμε το όνομα του συγκεκριμένου έργου στο κελί Project Name . Στο αμέσως επόμενο κελί (Building Type) επιλέγουμε τον τύπο του σχεδιαζόμενου κτιρίου . Διαλέγουμε νοσοκομείο με ασθενείς των οποίων η διαμονή δεν ξεπερνά τις 24 ώρες . Η επιλογή αυτή είναι άκρως σημαντική διότι καθορίζει ένα πλήθος παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με την διαφορετική χρήση κάθε κτιρίου . Στα επόμενα τρία κελιά καθορίζεται η τοποθεσία της κατασκευής . Η τοποθεσία συνδέεται άρρηκτα με το αρχείο του καιρού που θα επιλεγεί . Καθώς το λογισμικό eQUEST δεν περιέχει στις προκαθορισμένες τοποθεσίες του την περιοχή της Αττικής , θα γίνει η επιλογή μιας τυχαίας τοποθεσίας και αφού σχεδιαστεί πλήρως το κτίριο , θα γίνει αλλαγή του αρχείου

που περιέχει τις μετεωρολογικές συνθήκες της τοποθεσίας αυτής με το αντίστοιχο της Αττικής . Το κελί Jurisdiction έχει να κάνει με την διαφοροποίηση στην προεπιλογή προτύπων . Τέλος τα δύο επόμενα κελιά αναφέρονται στις τιμές του ηλεκτρισμού και του φυσικού αερίου . Διαλέγουμε την επιλογή custom ώστε να είμαστε σε θέση να τις επιλέξουμε εμείς σε επόμενο στάδιο .

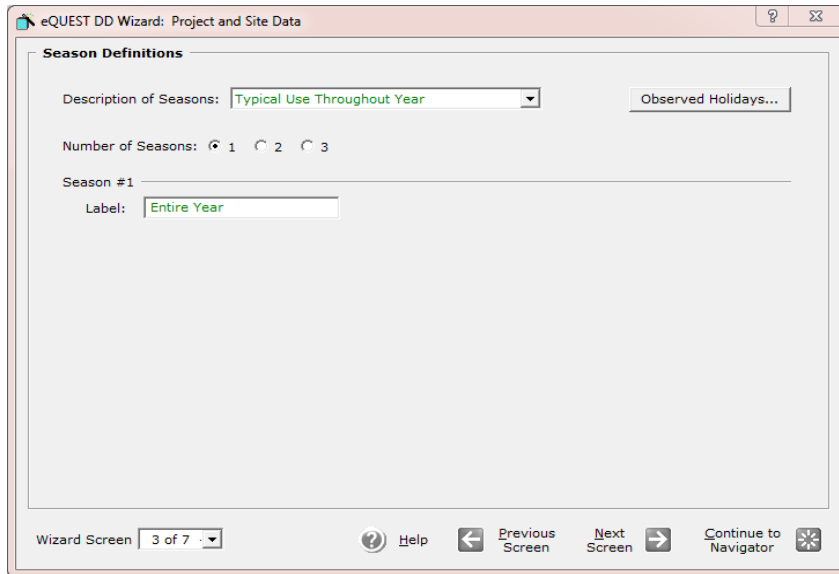
The screenshot shows the 'eQUEST DD Wizard: Project and Site Data' window. It is divided into several sections:

- General Information:** Project Name: Project Hospital; Code Analysis: - none -; Building Type: Health, Medical Clinic/Prof. Bldg (outpatie).
- Building Location and Jurisdiction:** Location Set: All eQUEST Locations; State: California; City: Los Angeles; Jurisdiction: - other -.
- Utilities and Rates:** Electric: - custom -; Gas: - custom -.
- Other Data:** Analysis Year: 2015; Usage Details: Hourly Enduse Profile.

At the bottom, there is a 'Wizard Screen' indicator (1 of 7), a 'Help' button, and navigation buttons for 'Previous Screen', 'Next Screen', and 'Continue to Navigator'.

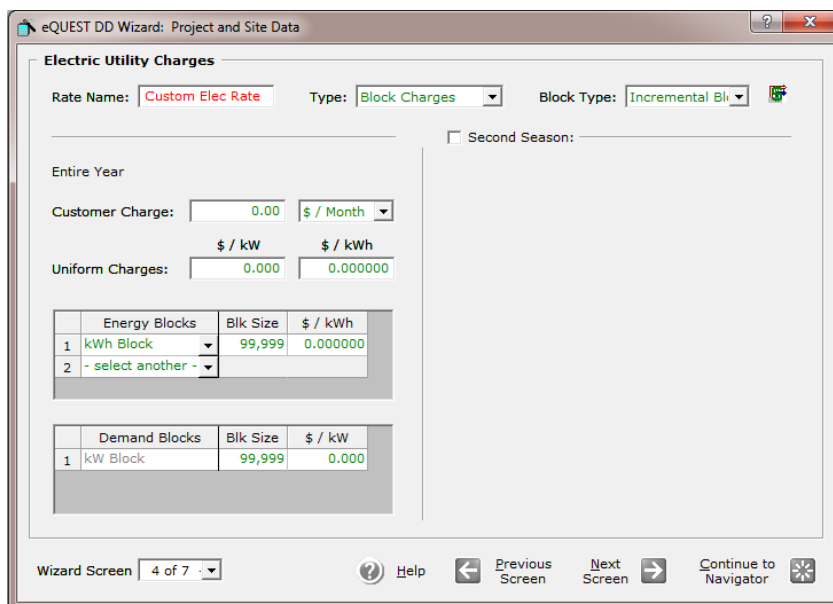
Εικόνα 4.1. Εισαγωγή γενικών πληροφοριών , eQUEST

Το επόμενο παράθυρο αφορά τον ορισμό των περιόδων που αφορούν την διαφορετική χρήση του κτιρίου . Στο συγκεκριμένο έργο η περίοδος είναι μία και ορίζεται για όλη την διάρκεια του χρόνου αφού η χρήση του παραμένει η ίδια . Στο κελί Observed Holidays ορίζονται οι μέρες αργίας , δηλαδή οι μέρες που το κτίριο δεν λειτουργεί .



Εικόνα 4.2. Ορισμός περιόδων λειτουργίας, eQUEST

Τα δύο επόμενα παράθυρα σχετίζονται με τον ορισμό της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου και εμφανίστηκαν διότι στο πρώτο παράθυρο στα αντίστοιχα κελιά έγινε η επιλογή custom. Παρέχεται η δυνατότητα να υπάρχει και δεύτερη περίοδος με διαφορετικό κόστος της εκάστοτε πηγής ενέργειας.



Εικόνα 4.3. Τιμολόγηση ηλεκτρικού ρεύματος, eQUEST

Fuel Utility Charges

Rate Name: Type: Block Type:

Second Season: _____

Entire Year

Customer Charge: \$ / Month

Uniform Charges: \$ / Therm/hr \$ / Therm

Energy Blocks	Blk Size	\$ / Therm
1 Therm Block	99,999	0.000000
2 - select another -		

Demand Blocks	Blk Size	\$ / Thm/hr
1 Therm/hr Block	99,999	0.0000

Wizard Screen

Help Previous Screen Next Screen Continue to Navigator

Εικόνα 4.4. Τιμολόγηση φυσικού αερίου, eQUEST

Το μόνο που απομένει για να ολοκληρωθεί η διαδικασία ορισμού των γενικών πληροφοριών που αφορούν την τοποθεσία και το οικοδόμημα είναι η συμπλήρωση των κελιών που περιέχουν την διεύθυνση, την πόλη αλλά και τα στοιχεία του ιδιοκτήτη.

Project Information

Building Location

Address:

City, State Zip:

Building Owner

Name: Phone:

Address:

City, State Zip:

Component Name Prefix: Suffix:

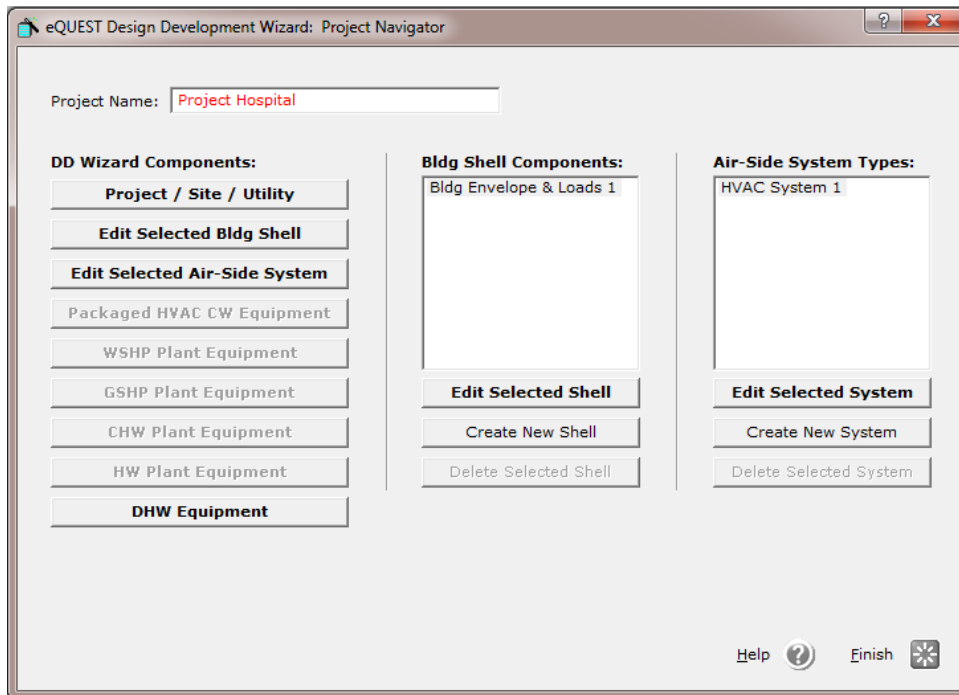
(# of Prefix + Suffix characters cannot exceed 4)

Wizard Screen

Help Previous Screen Next Screen Continue to Navigator

Εικόνα 4.5 Διεύθυνση και στοιχεία ιδιοκτήτη, eQUEST

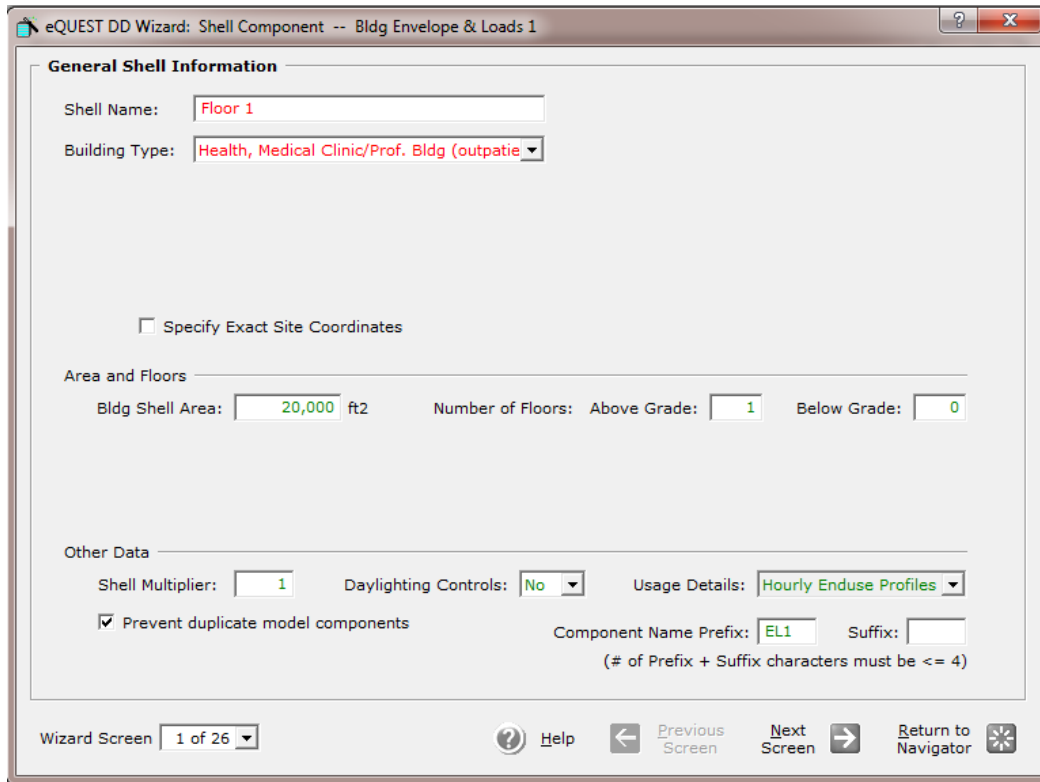
Αφού τελειώσει η εισαγωγή των γενικών πληροφοριών , πατώντας την επιλογή Continue to Navigator , το πρόγραμμα θα μας οδηγήσει σε ένα παράθυρο που περιέχει συνολικά όλες τις λειτουργίες του wizard . Πιο αναλυτικά , περιέχει την δημιουργία του κτιριακού κελύφους , τον ορισμό των συστημάτων κλιματισμού , των λεβήτων και των ψυκτών .



Εικόνα 4.6. Πλοηγός του wizard , eQUEST

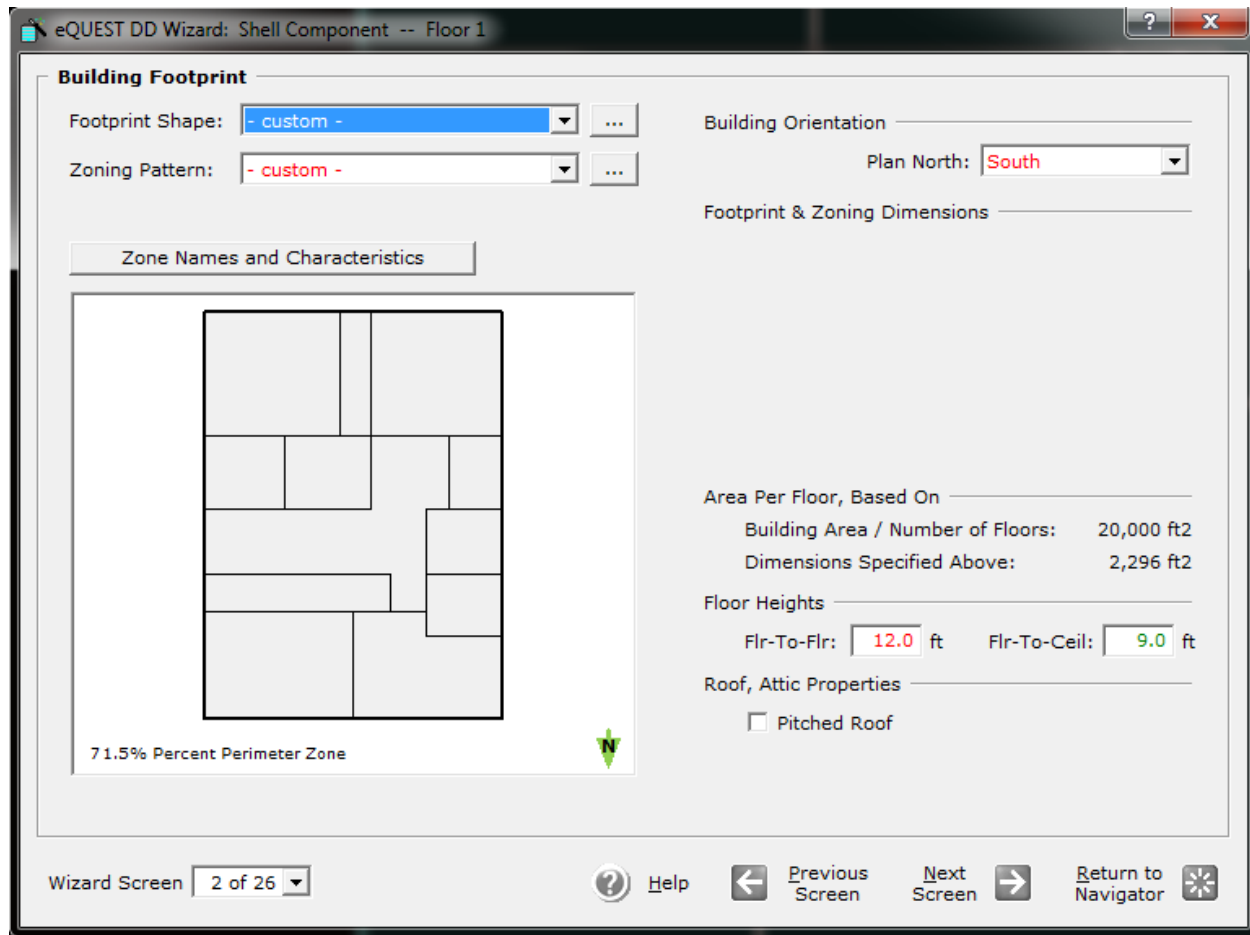
Το επόμενο βήμα και ίσως το πιο χρονοβόρο , είναι η δημιουργία του κελύφους. Για να ξεκινήσει η διαδικασία αυτή , επιλέγουμε το Bldg Envelope & Loads και στη συνέχεια την επιλογή Edit Selected Shell . Το πρώτο παράθυρο που θα εμφανιστεί περιέχει πληροφορίες όπως το όνομα του κελύφους , την έκταση του , τον αριθμό των ορόφων καθώς και πόσοι από αυτούς βρίσκονται υπογείως . Πρέπει να σημειωθεί πως δεν είναι αναγκαία η συμπλήρωση του κελιού που αφορά την

έκταση του ορόφου καθώς αυτή καθορίζεται πλήρως σε επόμενο βήμα από την ακριβή σχεδίαση της κάτοψης του .



Εικόνα 4.7. Καθορισμός ονόματος κελύφους και αριθμού ορόφων ,eQUEST

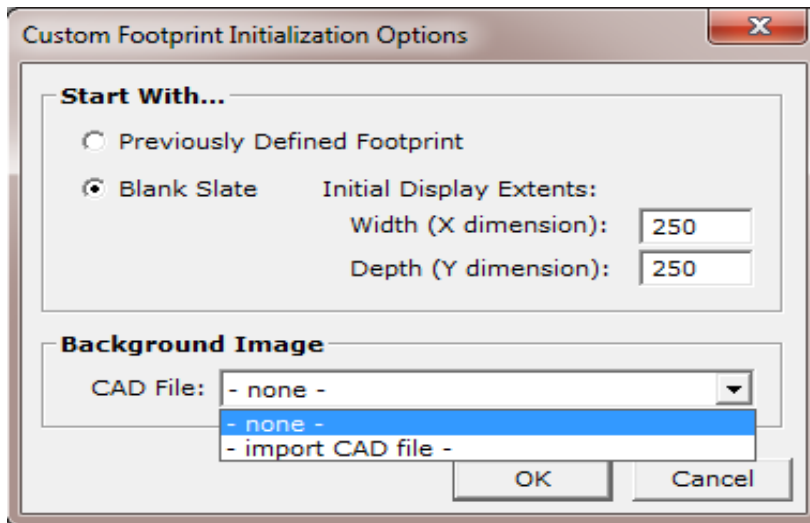
Τώρα που συμπληρώθηκαν τα παραπάνω , μεταφερόμαστε στο επόμενο κελί στο οποίο θα οριστεί γεωμετρικά το κέλυφος του ορόφου , θα χωριστεί σε θερμικές ζώνες και θα επιλεγθεί ο προσανατολισμός του . Στο κελί αυτό πρόκειται να δαπανηθεί και ο περισσότερος χρόνος καθώς η σχεδίαση του ορόφου απαιτεί ιδιαίτερη ακρίβεια αφού από αυτήν καθορίζεται η έκταση του κτιρίου και συνεπώς τα θερμικά και ψυκτικά φορτία .



Εικόνα 4.8. Παραμετροποίηση κελύφους, eQUEST

Αρχικά, ορίζουμε τον προσανατολισμό (Building Orientation) και το ύψος κάθε ορόφου αλλά και την απόσταση του από τον επόμενο. (Floor Heights) . Τυπικά μεγέθη για τα παραπάνω είναι εννέα και δώδεκα πόδια δηλαδή περίπου τρία και τέσσερα μέτρα . Εφόσον οριστούν τα παραπάνω, πρέπει να σχεδιαστεί η περιφέρεια του κελύφους . Για να γίνει αυτό, κατευθυνόμαστε στο κελί που αναφέρεται στο σχήμα του (Footprint Shape) και ύστερα στην επιλογή custom . Σε περίπτωση που έχουμε στην διάθεση μας ένα αρχείο CAD με την κάτοψη του ορόφου, στο αμέσως επόμενο παράθυρο κάτω από την ταμπέλα Background

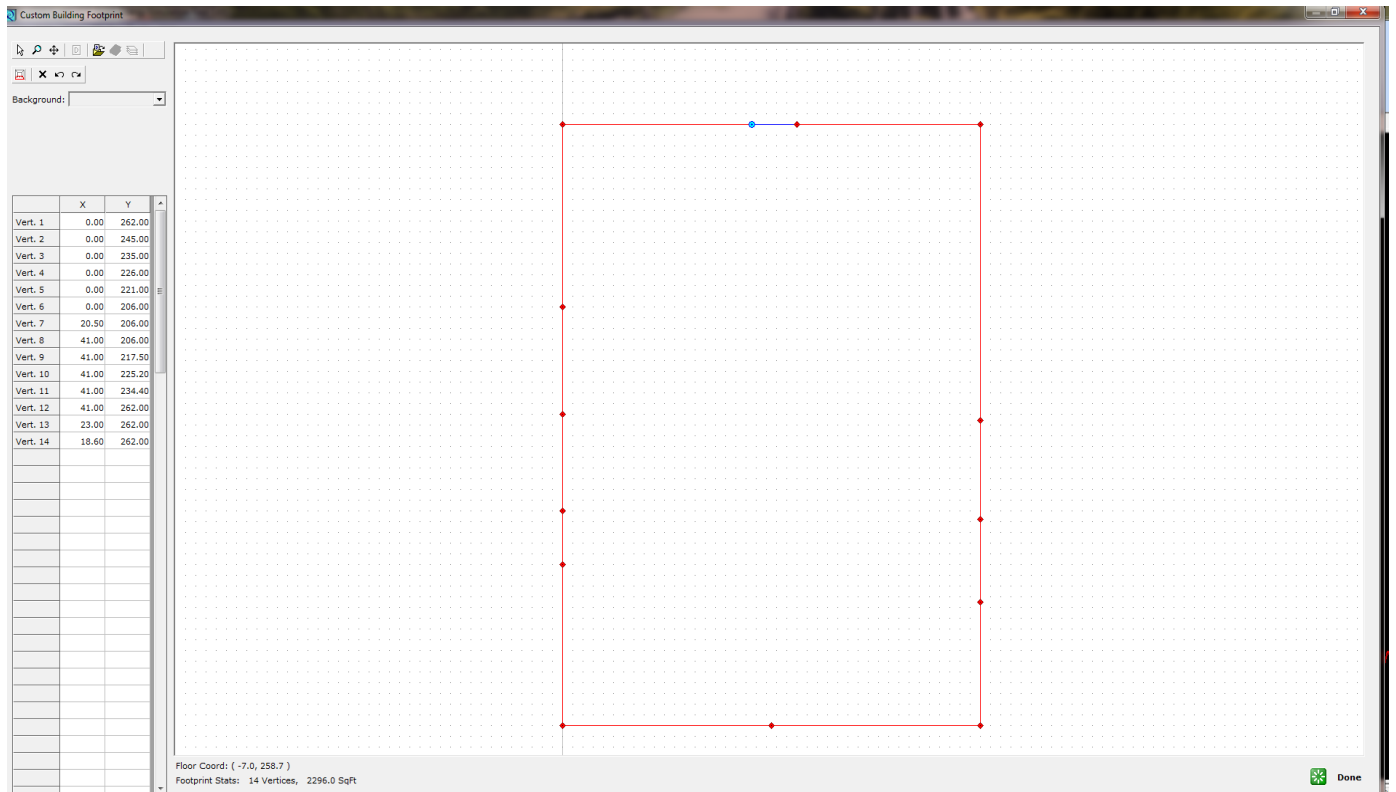
Image μας δίνεται η δυνατότητα να ορίσουμε το υπόβαθρο με βάση την κάτοψη αυτή ώστε να είναι ευκολότερη η σχεδίαση του . Σε αντίθετη περίπτωση , επιλέγουμε none για να σχεδιαστεί εξ 'αρχής .



Εικόνα 4.9. Επιλογές αρχικοποίησης, eQUEST

Εφόσον έγιναν οι επιλογές αρχικοποίησης , το πρόγραμμα εμφανίζει την πλατφόρμα σχεδίασης της περιφέρειας του ορόφου . Στα αριστερά εμφανίζονται οι συντεταγμένες κάθε σημείου , δύο από τα οποία αποτελούν ένα διάνυσμα . Κάθε διάνυσμα είναι φρόνιμο να αντιπροσωπεύει τα όρια κάθε χώρου ώστε σε επόμενο στάδιο να είναι απλούστερος ο διαχωρισμός του ορόφου σε θερμικές ζώνες . Σημαντικός κανόνας είναι πως καθώς σχεδιάζεται το περίγραμμα του κτιρίου πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι στον ορισμό των διανυσμάτων διαγράφεται ανθρωπολογική φορά . Σε περίπτωση που υπάρχει η ανάγκη σχεδίασης κάποιας λεπτομέρειας και η ανάλυση του πλέγματος δεν μας το επιτρέπει , πατώντας δεξί κλικ έχουμε την δυνατότητα να τροποποιήσουμε τις

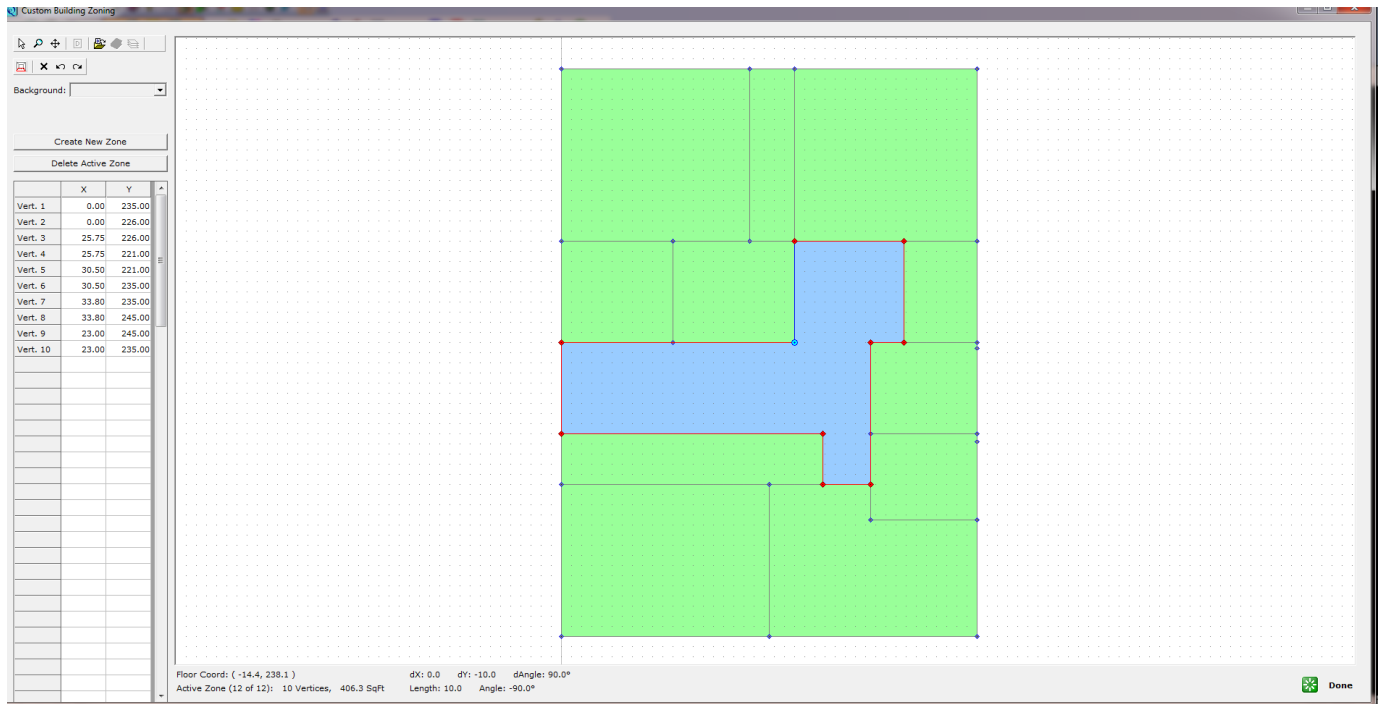
ιδιότητες του πλέγματος αυξάνοντας την ανάλυση του είτε αλλάζοντας την επιλογή snap priority η οποία ουσιαστικά καθορίζει την λεπτομερή τοποθεσία του κάθε σημείου . Οι διαστάσεις αναφέρονται σε πόδια (feet) και πρέπει να καθορίζονται όσο το δυνατόν πιο ακριβείς .



Εικόνα 4.10. Σχεδιασμός περιγράμματος ορόφου , eQUEST

Αφού διαγράψουμε το περίγραμμα , επιστρέφουμε στο αρχικό παράθυρο και το επόμενο που πρέπει να κάνουμε είναι ο χωρισμός του ορόφου σε θερμικές ζώνες. Για τον λόγο αυτό μεταφερόμαστε στην επιλογή Zoning Pattern . Τηρώντας και εδώ τον κανόνα περί ανθρωπολογιακής φοράς , διαγράφουμε το περίγραμμα κάθε θερμικής ζώνης . Μόλις τελειώσουμε με την σχεδίαση μιας θερμικής ζώνης , πατάμε την επιλογή Create New Zone για να μας δοθεί η δυνατότητα να

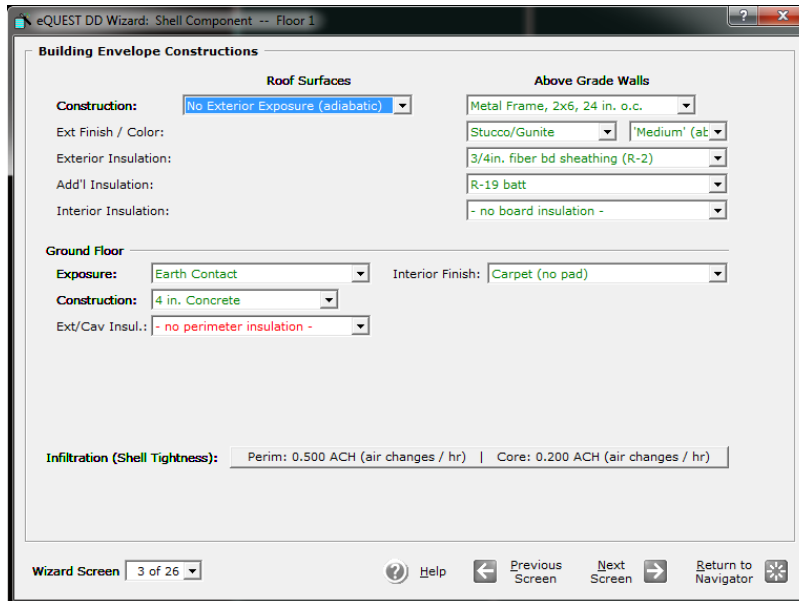
σχεδιάσουμε την επόμενη . Με τον τρόπο αυτό , καθορίζουμε όλες τις θερμικές ζώνες από τις οποίες αποτελείται ο όροφος του κτιρίου .



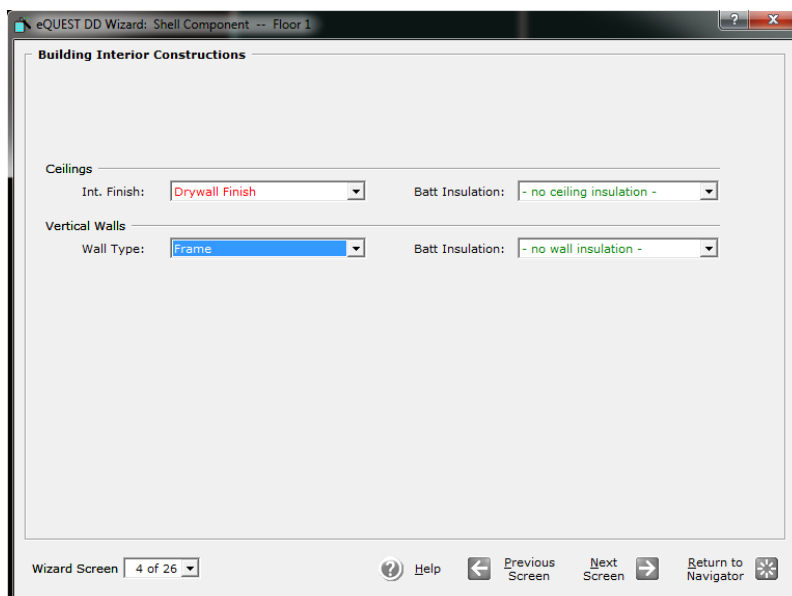
Εικόνα 4.11. Σχεδίαση θερμικών ζωνών, eQUEST

Πλέον , είναι πλήρως καθορισμένη η γεωμετρία του ορόφου . Έτσι μεταφερόμαστε στο επόμενο παράθυρο που αφορά τις κατασκευές του ορόφου δηλαδή τους τοίχους , το δάπεδο και την οροφή . Στο παράθυρο αυτό έχουμε την δυνατότητα να καθορίσουμε τα υλικά των κατασκευών αλλά και με ποιους χώρους αυτοί συνορεύουν . Στην περίπτωση του πρώτου ορόφου , το δάπεδο συνορεύει με το έδαφος (επιλογή Earth Contact) ενώ η οροφή με τον δεύτερο όροφο οπότε δεν έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (επιλογή No Exterior Exposure). Όσον αφορά τα υλικά των δομικών στοιχείων , θα τα αφήσουμε ως έχουν καθώς θα καθοριστούν σε επόμενο στάδιο στην Detailed Data πλατφόρμα . Το ίδιο θα γίνει και με την περίπτωση της διείσδυσης αέρα . Παρόμοιας φύσης είναι και το

επόμενο παράθυρο που αφορά τα υλικά φινιρίσματος και την εσωτερική μόνωση. Θα αφήσουμε ως έχουν τις προεπιλεγμένες επιλογές .



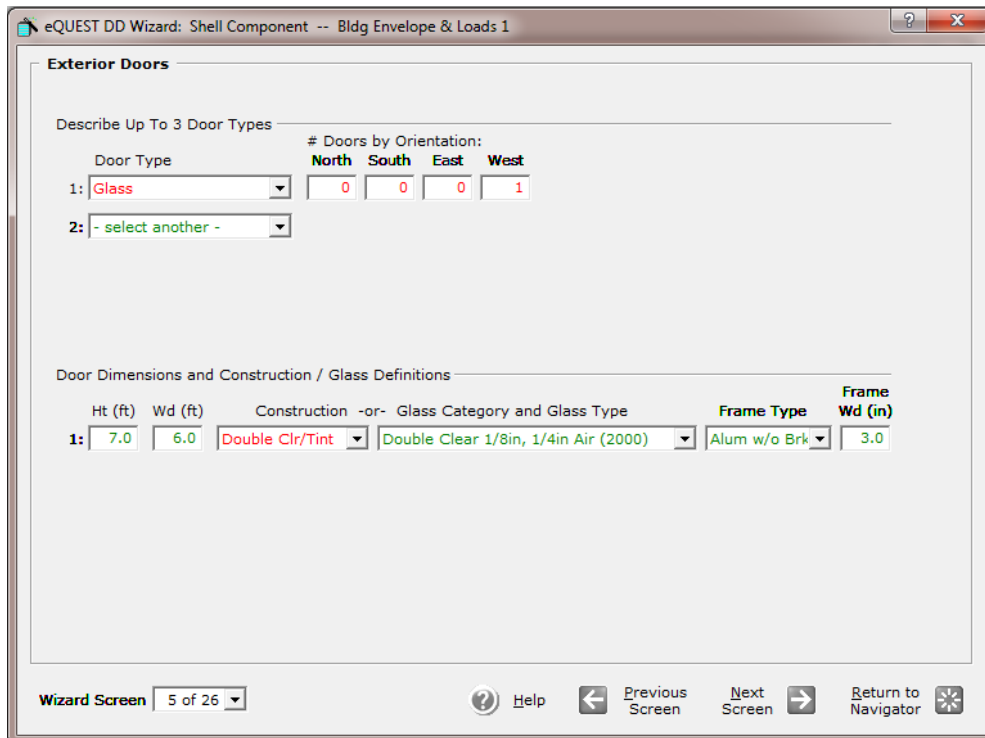
Εικόνα 4.12. Επεξεργασία δομικών στοιχείων, eQUEST



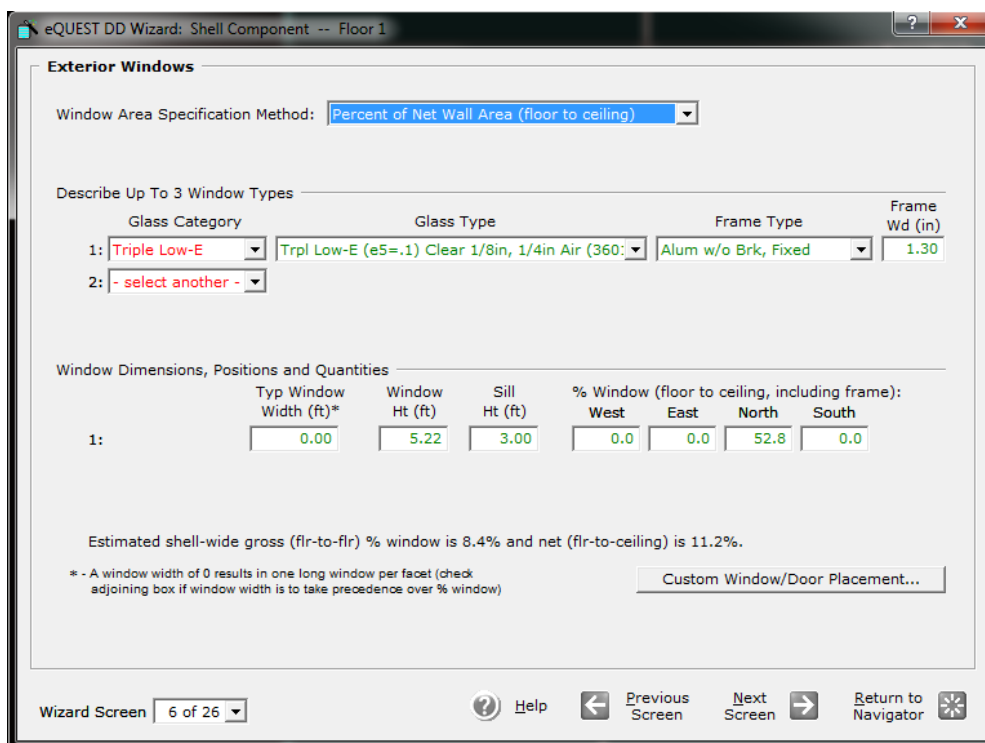
Εικόνα 4.13. Υλικά εσωτερικού φινιρίσματος και μόνωσης, eQUEST

Τα δύο επόμενα παράθυρα αφορούν την τοποθέτηση των κουφωμάτων , δηλαδή παραθύρων και θυρών , στο κέλυφος του κτιρίου . Στο πρώτο καθορίζουμε το

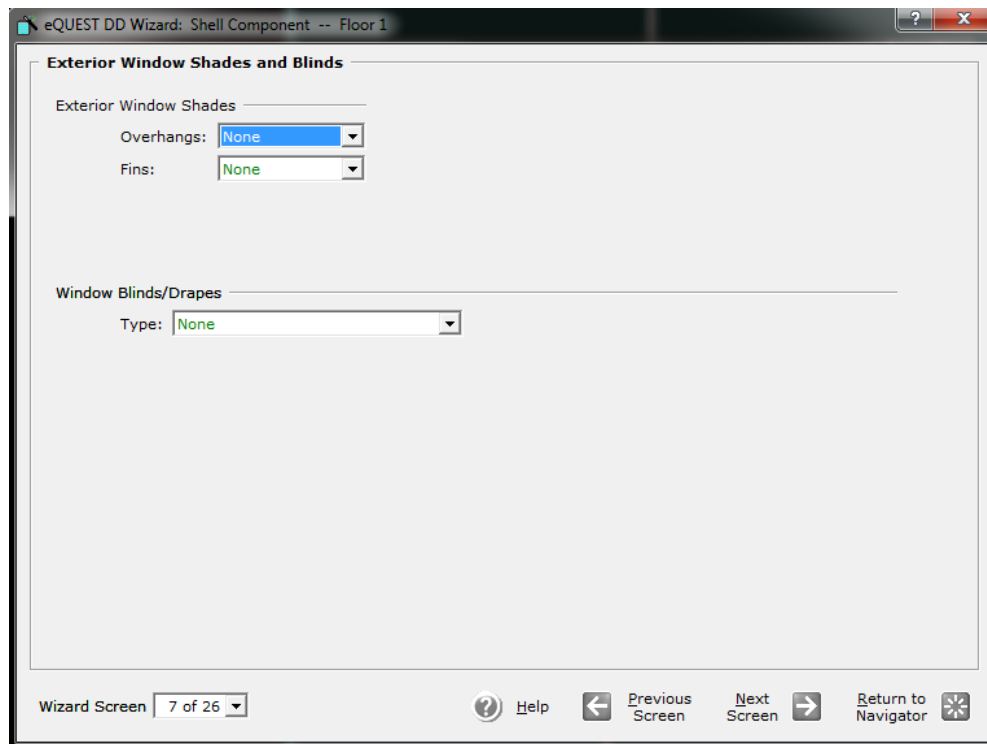
υλικό και τον τύπο των θυρών που θα χρησιμοποιηθούν , τις διαστάσεις τους αλλά και πόσες από αυτές θα τοποθετηθούν σε κάθε κατεύθυνση . Αρκεί να τοποθετήσουμε μόνο μία πόρτα σε μια τυχαία κατεύθυνση η οποία θα αποτελέσει το πρότυπο για την περαιτέρω τοποθέτηση των υπολοίπων πορτών στην Detailed Data πλατφόρμα όπου θα οριστούν και οι διαστάσεις τους . Ο τύπος των θυρών θα είναι Double Clear δηλαδή διπλού γυαλιού με κενό αέρος ώστε να προσφέρουν καλύτερη θερμομόνωση . Στο δεύτερο παράθυρο , καθορίζουμε τον τύπο των υαλοπινάκων , τις διαστάσεις τους και τον αριθμό τους . Παρόμοια με πριν , το μόνο που αρκεί να καθορίσουμε είναι ο τύπος των παραθύρων αφού η πλήρης τοποθέτηση τους θα γίνει στην Detailed Data πλατφόρμα . Επιλέγουμε Triple Low-E τύπο υαλοπινάκων (επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής) , δηλαδή υαλοπίνακας με τρία διαδοχικά τζάμια τα οποία χωρίζονται από δύο κενά αέρος και που στην μία του πλευρά διαθέτει επίστρωση μεταλλικών οξειδίων η οποία λειτουργεί ως μονωτικό και δεν επιτρέπει την μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό ή και αντίστροφα . Αξίζει να σημειωθεί πως αυτός ο τύπος υαλοπινάκων αποτρέπει έως και το 70 % της υπεριώδους ακτινοβολίας να εισέλθει στο κτίριο , ακτινοβολία που συμβάλλει στην φθορά υφασμάτων και επίπλων . Για τον πλήρη καθορισμό των υαλοπινάκων, μένει να επιλέξουμε αν θα τοποθετήσουμε σε αυτά κάποιο είδος σκιάστρου . Αυτό επιτυγχάνεται στο αμέσως επόμενο παράθυρο , όπου υπάρχει η επιλογή να χρησιμοποιήσουμε προβόλους ή στόρια για την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία και την αύξηση των θερμικών κερδών . Στην προκαταρκτική αυτή μελέτη δεν θα τοποθετηθούν σκιάστρα .



Εικόνα 4.14. Ορισμός θυρών, eQUEST



Εικόνα 4.15. Ορισμός υαλοπινάκων, eQUEST



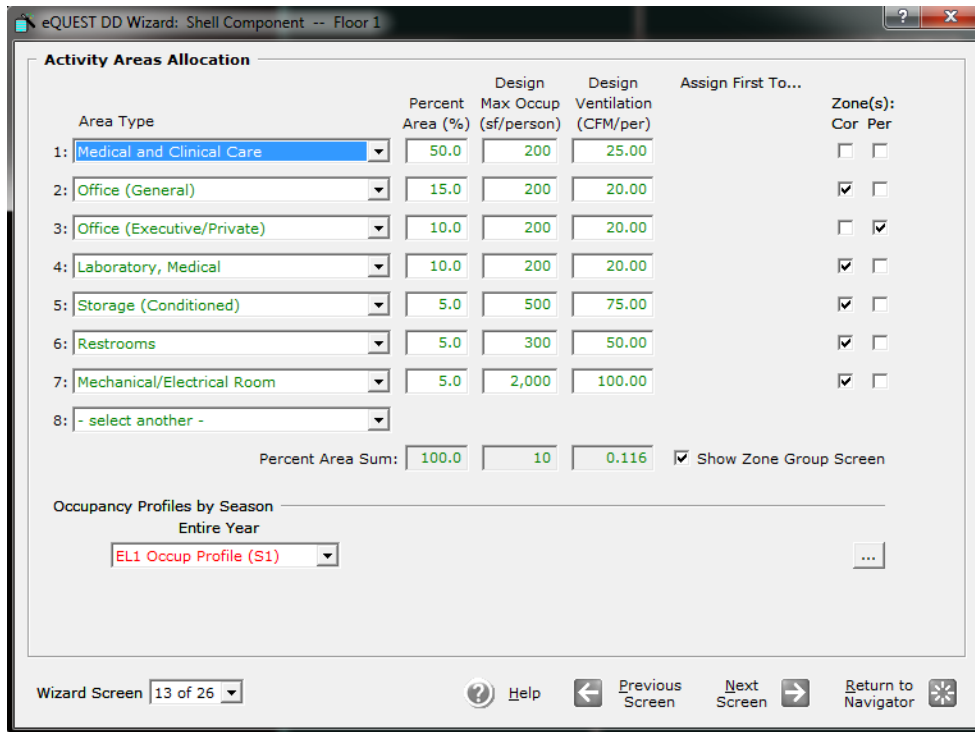
Εικόνα 4.16. Τοποθέτηση σκιάστρων , eQUEST

Το επόμενο πολύ σημαντικό βήμα είναι ο προσδιορισμός του ημερήσιου ωραρίου λειτουργίας και των ημερών που το κτίριο δεν λειτουργεί . Η πληροφορία αυτή συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τις ετήσιες οικονομικές δαπάνες της κατασκευής καθώς με βάση αυτή καθορίζεται η λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού και του υπόλοιπου μηχανολογικού εξοπλισμού (ψύκτης , λέβητας , κλπ) . Στην παρούσα εφαρμογή επιλέγουμε ένα τυπικό ωράριο λειτουργίας από τις 08:00 το πρωί έως τις 17:00 το απόγευμα . Το Σάββατο και η Κυριακή θεωρούμε πως είναι μη εργάσιμες ημέρες όπως και οι ημέρες αργίας , οι οποίες έχουν καθοριστεί σε προηγούμενο στάδιο . Για τον ορισμό των παραπάνω αρκεί να επιλέξουμε την παράμετρο Typical Use που προϋποθέτει τυπική χρήση του κτιρίου .



Εικόνα 4.17. Προσδιορισμός ωραρίου λειτουργίας, eQUEST

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ορισμού του ωραρίου λειτουργίας, εμφανίζεται το παράθυρο που αφορά την ανάθεση της συνολικής έκτασης του ορόφου σε χώρους διαφορετικής λειτουργίας και συνθηκών που επικρατούν μέσα σε αυτούς, όπως η ανανέωση αέρα και η πυκνότητα ανθρώπων. Αυτές οι προεπιλογές αναφέρονται σε ένα πρότυπο είδος νοσοκομείου και δεν μας απασχολούν ιδιαίτερα καθώς οι παραπάνω παράμετροι θα καθοριστούν λεπτομερώς για κάθε θερμική ζώνη στην πλατφόρμα Detailed Data όπου θα γίνει και η ονοματολογία κάθε χώρου. Οπότε περιοριζόμαστε αφήνοντας τις τιμές του παρόντος παραθύρου ως έχουν.



Εικόνα 4.18. Παραμετροποίηση χώρων κτιρίου, eQUEST

Το παράθυρο που ακολουθεί αναφέρεται στην αντιστοίχιση των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης με τις θερμικές ζώνες (Zone Group Definitions) . Θα επιστρέψουμε σε αυτό αφού πρώτα καθορίσουμε τα συστήματα κλιματισμού . Όλα τα εναπομείναντα παράθυρα που ακολουθούν έχουν να κάνουν με τα εσωτερικά θερμικά φορτία από φωτισμό , εργαστηριακό εξοπλισμό και άλλες πηγές θερμότητας . Τα φορτία αυτά θα προσδιοριστούν πλήρως για κάθε θερμική ζώνη στην Detailed Data πλατφόρμα με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ανάγκη παρέμβασης στις τιμές των παραθύρων αυτών .

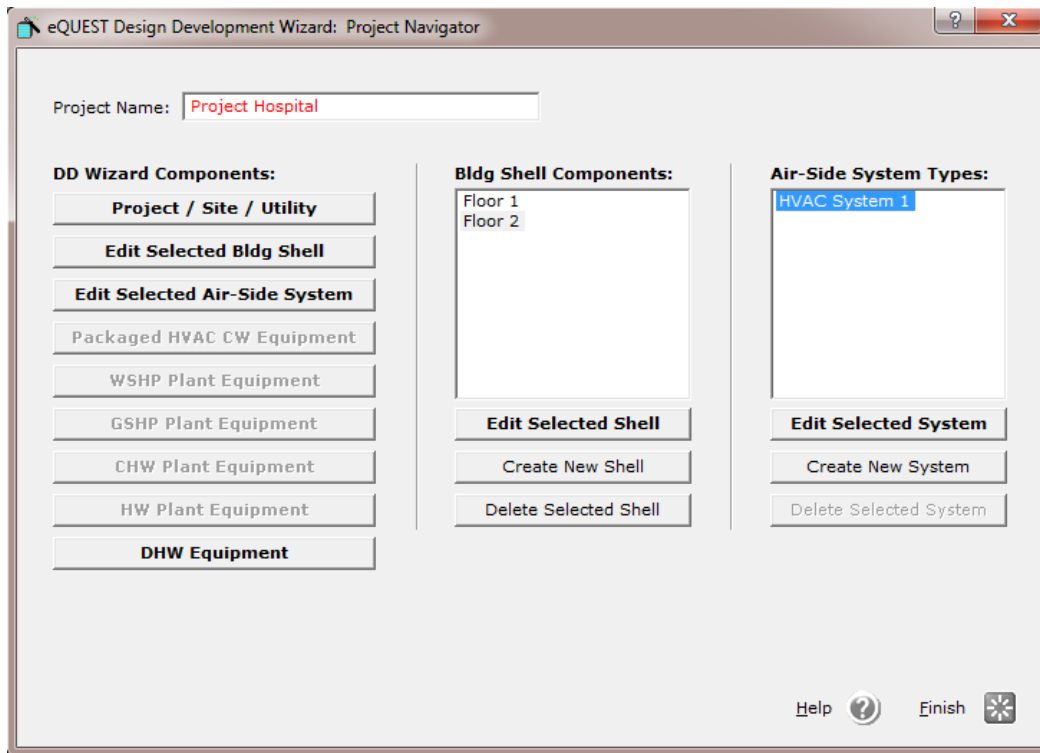
Έχοντας τελειώσει με το κέλυφος του πρώτου ορόφου , το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση του δεύτερου . Αφού επιστρέψουμε στο παράθυρο Project Navigator που περιέχει συνολικά όλες τις λειτουργίες του wizard , αρκεί να επιλέξουμε Create New Shell . Έχοντας δώσει ένα όνομα στο κέλυφος αυτό , προχωρούμε στην

διαδικασία που ακολουθήσαμε και για τον πρώτο όροφο . Το μόνο πράγμα που απαιτεί την προσοχή μας είναι η κατάλληλη τοποθέτηση του νέου κελύφους . Από την στιγμή που το κέλυφος αυτό αποτελεί τον δεύτερο όροφο του κτιρίου , η εγκατάσταση του γίνεται ακριβώς πάνω από το προηγούμενο κέλυφος , δηλαδή τον πρώτο όροφο . Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα , στην ταμπέλα Shell Location within Site επιλέγουμε Immediately Above Floor 1 .

Εικόνα 4.19. Διαδικασία κατάλληλης τοποθέτησης δευτέρου ορόφου , eQUEST

Τελειώνοντας με την δημιουργία του κελύφους και του δευτέρου ορόφου , αυτό που θέλουμε να κάνουμε έπειτα είναι ο προσδιορισμός των συστημάτων κλιματισμού . Για να πραγματοποιηθεί αυτό , στο παράθυρο του Project Navigator, στην κατηγορία Air Side System Types επιλέγουμε το HVAC System 1 και πατώντας

Edit Selected System μας δίνεται η δυνατότητα να τροποποιήσουμε το υπάρχων πρότυπο σύστημα σύμφωνα με τις ανάγκες μας .



Εικόνα 4.20. Κεντρικός πλοηγός wizard , eQUEST

Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται μπορούμε να δώσουμε όνομα στο νέο σύστημα που ορίζεται ώστε σε περίπτωση που τα συστήματα είναι παραπάνω από ένα να είμαστε σε θέση να τα διαχωρίσουμε . Το όνομα , θα ήταν θεμιτό να είναι αντιπροσωπευτικό του συστήματος και να καθορίζει την φύση του . Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας , για την ανάγκες την θέρμανσης και ψύξης επιλέχτηκε η χρήση τετρασωλήνιου συστήματος από fan coils ώστε να είναι ταυτόχρονα δυνατή και η ψύξη αλλά και η θέρμανση διαφόρων χώρων του κτιρίου . Το κρύο νερό που θα τροφοδοτεί τα fan coils θα προέρχεται από έναν

ψύκτη , του οποίου τα χαρακτηριστικά θα καθοριστούν αργότερα . Αντίστοιχα , το ζεστό νερό θα παράγεται σε έναν λέβητα ο οποίος με την σειρά του θα καθοριστεί σε επόμενο στάδιο . Σημειώνεται ότι το σύστημα θα επιλεγεί για όλο το κτίριο , για αυτό άλλωστε γίνεται και η επιλογή System per Site στο παράθυρο που απεικονίζεται παρακάτω . Σε περίπτωση που θέλαμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά συστήματα για κάθε όροφο ή θερμική ζώνη , χρησιμοποιούμε τις επιλογές System per Floor ή System per Zone .

HVAC System Definition

System Type Name:

Cooling Source:

Heating Source:

Hot Water Src:

System Type:

System per Area:

Component Name Prefix:

Suffix:

(# Prefix+Suffix characters must be <= 4)

Prevent duplicate model components

System Assignment to Thermal Zones*

	Shell Component(s)	Description of Assigned Zones
1	<input type="text" value="Floor 1"/>	<input type="text" value="All Zones"/>
2	<input type="text" value="- undefined -"/>	

* Assignments here are superseded by HVAC assignments made on the zone group screen (by shell)

Wizard Screen

Εικόνα 4.21. Ορισμός συστήματος κλιματισμού , eQUEST

Έχοντας συμπληρώσει τα στοιχεία του συστήματος , πρέπει να καθοριστούν οι επιθυμητές τιμές θερμοκρασιών των χώρων , οι οποίες θα ελέγχονται από έναν θερμοστάτη ο οποίος βρίσκεται μέσα σε κάθε θερμική ζώνη . Αρχικά θα ορίσουμε μια αυθαίρετη τιμή για τις θερμοκρασίες που αφορούν τις περιόδους θέρμανσης

και ψύξης και στην Detailed Data πλατφόρμα θα ορίσουμε τις πραγματικές επιθυμητές τιμές για κάθε θερμική ζώνη σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας . Οι θερμοκρασίες αναφέρονται σε τιμές Fahrenheit .

HVAC Zones: Temperatures and Air Flows

System(s): 1: 4-Pipe Fan Coils, HW Heat

Thermostats

Occupied (°F)		Unoccupied (°F)	
Cool	Heat	Cool	Heat
75.0	70.0	82.0	64.0

Thermostat Location: Within Zone

Design Temperatures and Air Flows

	Indoor	Supply
Cooling Design Temp:	75.0 °F	55.0 °F
Heating Design Temp:	72.0 °F	95.0 °F
Minimum Design Flow:	0.50 cfm/ft2	

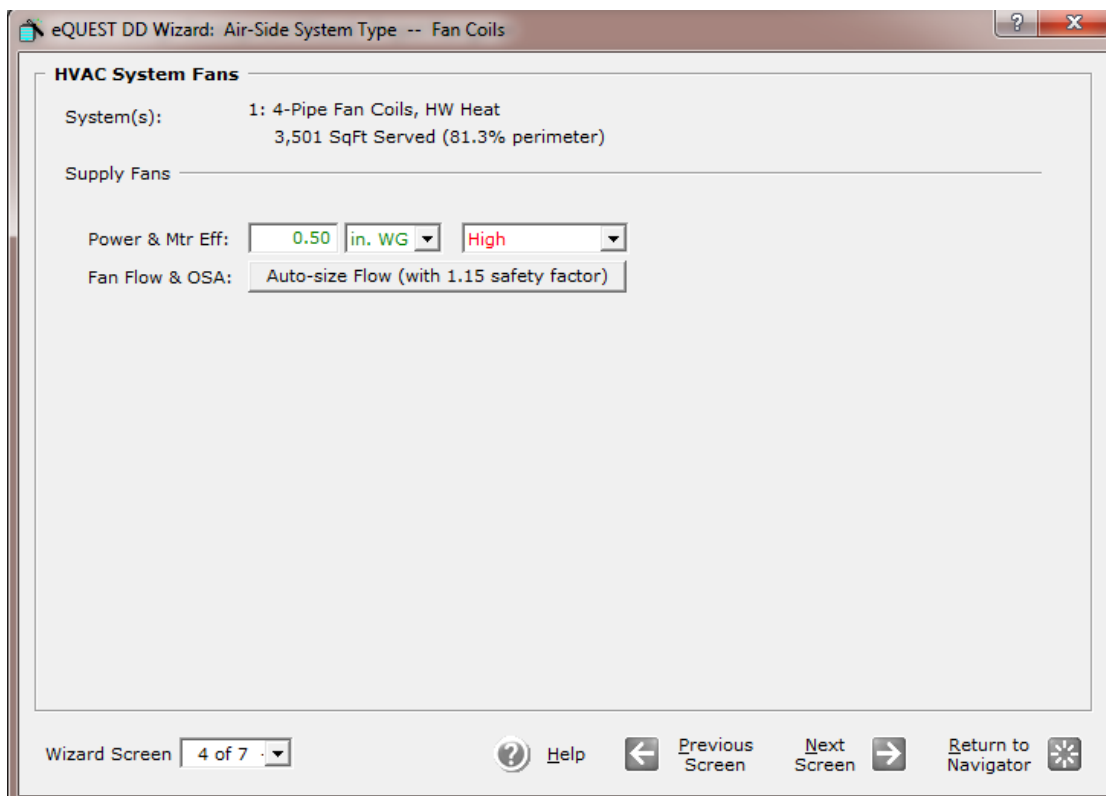
Wizard Screen 2 of 7

Help Previous Screen Next Screen Return to Navigator

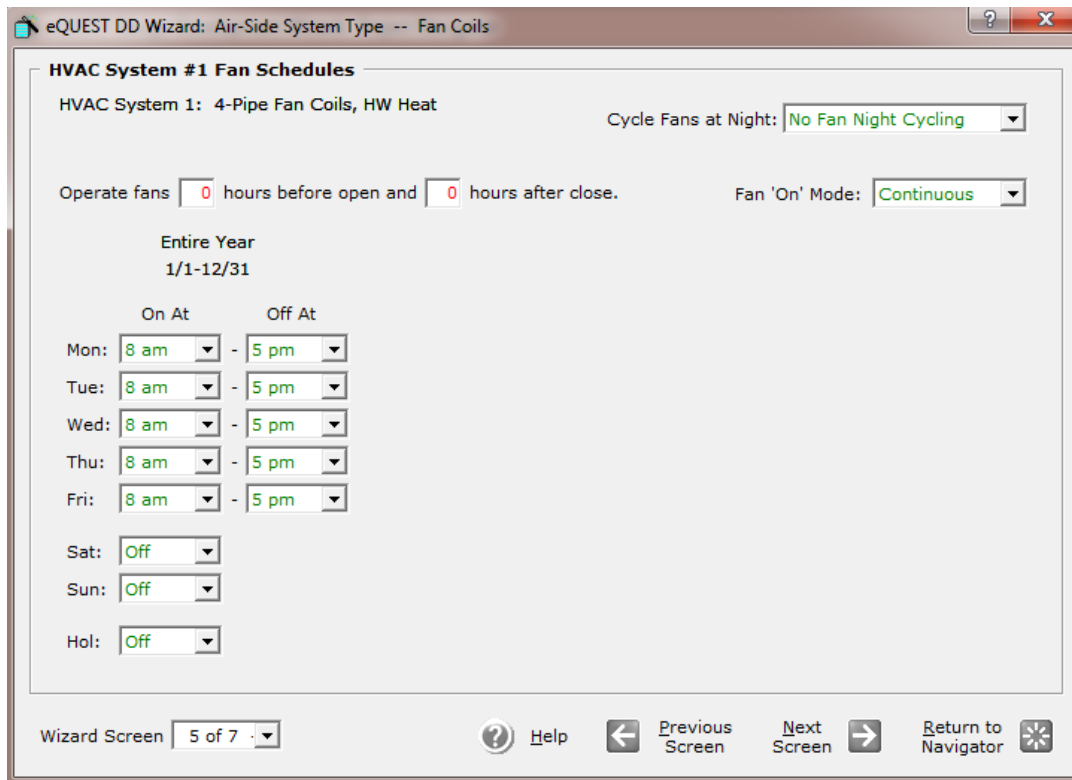
Εικόνα 4.22. Επιλογή συνθηκών κτιρίου, eQUEST

Τα δύο τελευταία παράθυρα που μας αφορούν , σχετίζονται με τους ανεμιστήρες του συστήματος των fan coil . Το πρώτο έχει να κάνει με την ισχύ των ανεμιστήρων και την αποδοτικότητα τους . Καθώς δεν διαθέτουμε πληροφορίες για την ισχύ τους , την αφήνουμε ως έχει . Όσον αφορά την αποδοτικότητα τους , την επιλέγουμε υψηλή . Στο δεύτερο , καθορίζεται το πρόγραμμα (schedule) των ανεμιστήρων . Επιλέγουμε να λειτουργούν μόνο τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου.

Υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργούν ορισμένες ώρες πριν την έναρξη ή και μετά την λήξη του ωραρίου λειτουργίας . Επιπλέον υπάρχει η επιλογή Night Fan Cycling, η οποία σχετίζεται με την λειτουργία των ανεμιστήρων την νύχτα . Η επιλογή αυτή επιτρέπει στους ανεμιστήρες να είναι σε μια κατάσταση λειτουργίας on/off κυρίως τις βραδυνές ώρες όπου η θερμοκρασία πέφτει . Αυτό συμβαίνει ώστε να αποτραπεί η υπερβολική μείωση της πίεσης στον συμπυκνωτή , η οποία μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση αλλά και προβλήματα που σχετίζονται με το λιπαντικό του συμπιεστή .



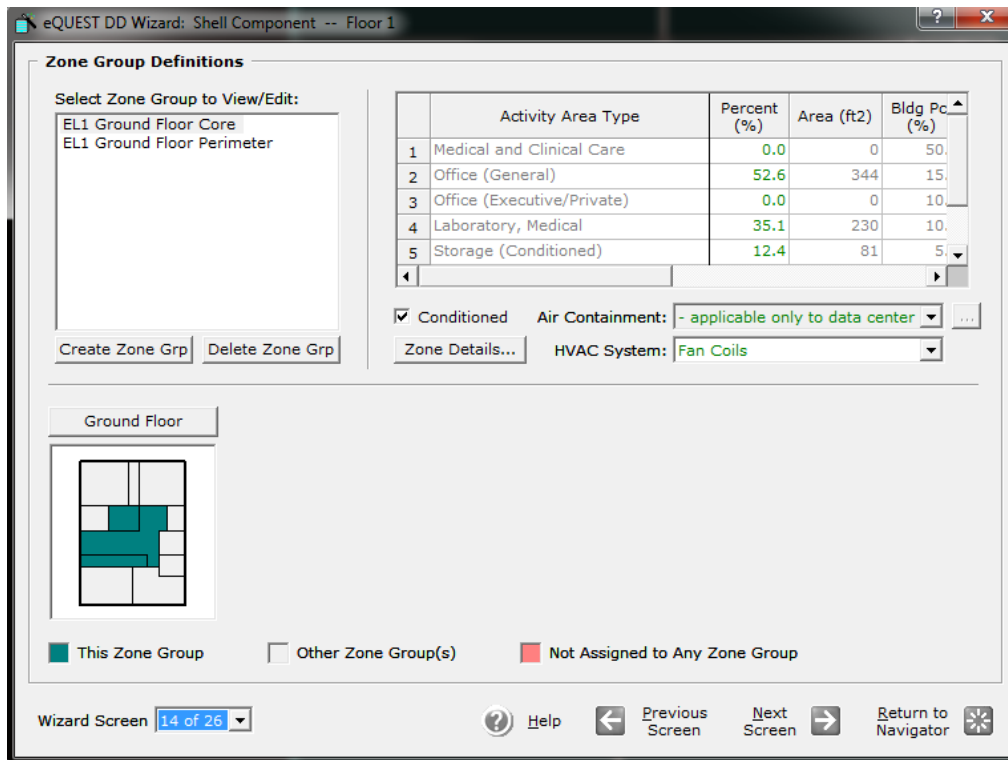
Εικόνα 4.23. Παραμετροποίηση ανεμιστήρων , eQUEST



Εικόνα 4.24. Ωράριο λειτουργίας συστήματος κλιματισμού , eQUEST

Με το σύστημα κλιματισμού πλέον καθορισμένο , το επόμενο επιθυμητό βήμα είναι η σύνδεση του συστήματος με τις θερμικές ζώνες . Για να γίνει αυτό , επιστρέφουμε στα παράθυρα που αφορούν τα κελύφη των δύο ορόφων και κατευθυνόμαστε σε αυτό με το όνομα Zone Group Definitions . Στο παράθυρο αυτό , έχουμε την δυνατότητα να δημιουργήσουμε σύνολα θερμικών ζωνών στα οποία χρησιμοποιείται το ίδιο σύστημα κλιματισμού . Εξ ' ορισμού , το πρόγραμμα έχει δημιουργήσει δύο τέτοια σύνολα . Το ένα αποτελείται από τις θερμικές ζώνες που συνορεύουν με το εξωτερικό περιβάλλον (Perimeter Zones) και το άλλο από τις υπόλοιπες (Core Zones) . Από την στιγμή που στην παρούσα εργασία έχει οριστεί μόνο ένα σύστημα κλιματισμού , δεν είναι αναγκαία η παρέμβαση μας

καθώς το πρόγραμμα το έχει συνδέσει με τα δύο προκαθορισμένα σύνολα θερμικών ζωνών (Perimeter ,Core) .



Εικόνα 4.25. Σύνδεση χώρων με σύστημα κλιματισμού , eQUEST

Αφού πραγματοποιήθηκε η ανάθεση του συστήματος κλιματισμού στις θερμικές ζώνες του κτιρίου , το μόνο που απομένει πριν περάσουμε στην Detailed Data πλατφόρμα είναι η δημιουργία των συσκευών που τροφοδοτούν με ζεστό ή με κρύο νερό το σύστημα των fan coils . Στον κεντρικό πλοηγό του wizard , υπάρχουν οι αντίστοιχες επιλογές CHW Equipment (Chilled Water Equipment) και HW Equipment (Hot Water Equipment) . Το πρώτο αναφέρεται στον ψύκτη και το δεύτερο στον λέβητα .

Ξεκινώντας με τον ψύκτη , στο πρώτο παράθυρο που εμφανίζεται εισάγονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν την μηχανή . Αρχικά , εισάγεται η πληροφορία που

αφορά την πτώση πίεσης στις σωληνώσεις , από την οποία διαστασιολογείται και η αναγκαία ισχύς της αντλίας . Στην περίπτωση αυτή , καμία πληροφορία δεν δίνεται για το συγκεκριμένο ζήτημα με αποτέλεσμα να αφήσουμε την προεπιλογή ως έχει . Το ίδιο εφαρμόζουμε και για την διαφορά θερμοκρασίας του νερού στα fan coils (Design DT) . Οι επόμενες επιλογές έχουν να κάνουν με τον ορισμό των αντλιών . Πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μία αντλία η οποία θα επιβάλλει μεταβλητή παροχή κρύου νερού στον βρόχο ώστε να ικανοποιείται κάθε φορά το υπάρχων φορτίο . Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου που επιλέγεται για την ρύθμιση των στροφών της αντλίας είναι του τύπου VSD (Variable Speed Drive) . Ο τύπος του ψύκτη που επιλέγεται είναι Electric Reciprocating Hermetic και ο συμπυκνωτής της ορίζεται ως αερόψυκτος . Η ονομασία της εγκατάστασης προκύπτει από το είδος του συμπιεστή που χρησιμοποιείται για την αύξηση της πίεσης του ψυκτικού ρευστού μετά τον ατμοποιητή . Λόγω έλλειψης πληροφοριών , αφήνεται στο ίδιο το πρόγραμμα να διαστασιολογήσει τον ψύκτη με βάση τα ψυκτικά φορτία (auto-size) . Μια τυπική τιμή του COP για τέτοιου είδους εγκαταστάσεις κυμαίνεται από 3,5 έως 5 . Επιλέγουμε μία ενδιάμεση τιμή ίση με 4 ώστε να είναι αντιπροσωπευτική . Στο επόμενο και τελευταίο παράθυρο ορίζεται το πρόγραμμα λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασης το οποίο στην εν προκειμένω περίπτωση ταυτίζεται με το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου . Τέλος , η θερμοκρασία του νερού που τροφοδοτεί τα fan coils αφήνεται ως έχει καθώς η τιμή που έχει προκαθοριστεί είναι αρκετά ικανοποιητική (περίπου 7 βαθμούς κελσίου) .

eQUEST DD Wizard: CHW Plant Equipment

Cooling Primary Equipment

Chilled Water System

CHW Loop: Head: ft Design DT: °F

Pump Configuration: Number of System Pumps:

CHW Loop Flow: Pump Control:

Loop Pump: Head: ft Flow: gpm Motor Efficiency:

Estimated CHW Load: 3,501 ft² Served x Size Factor: / ft²/ton = 8.8 tons.
 Total Chiller Capacity by Type: Type 1: (auto-sized) Type 2: (none) = (auto-sized)

Describe Up To 2 Chillers

	Chiller 1	Chiller 2
Chiller Type(s):	<input type="text" value="Electric Reciprocating Hermetic"/>	<input type="text" value="- select another -"/>
Condenser Type(s):	<input type="text" value="Packaged Air-Cooled"/>	

Chiller Counts & Sizes:

Chiller Efficiency:

Pump Head / Flow: ft gpm

Pump Eff / Control:

Wizard Screen

Help Previous Screen Next Screen Return to Navigator

Εικόνα 4.26. Ορισμός ψύκτη, eQUEST

eQUEST DD Wizard: CHW Plant Equipment

Chilled Water System Control and Schedule

Setpoint is: Setpoint Value: °F

Operation:

Entire Year
1/1-12/31

	On At	Off At
Mon:	<input type="text" value="8 am"/>	<input type="text" value="5 pm"/>
Tue:	<input type="text" value="8 am"/>	<input type="text" value="5 pm"/>
Wed:	<input type="text" value="8 am"/>	<input type="text" value="5 pm"/>
Thu:	<input type="text" value="8 am"/>	<input type="text" value="5 pm"/>
Fri:	<input type="text" value="8 am"/>	<input type="text" value="5 pm"/>
Sat:	<input type="text" value="Off"/>	
Sun:	<input type="text" value="Off"/>	
Hol:	<input type="text" value="Off"/>	

Wizard Screen

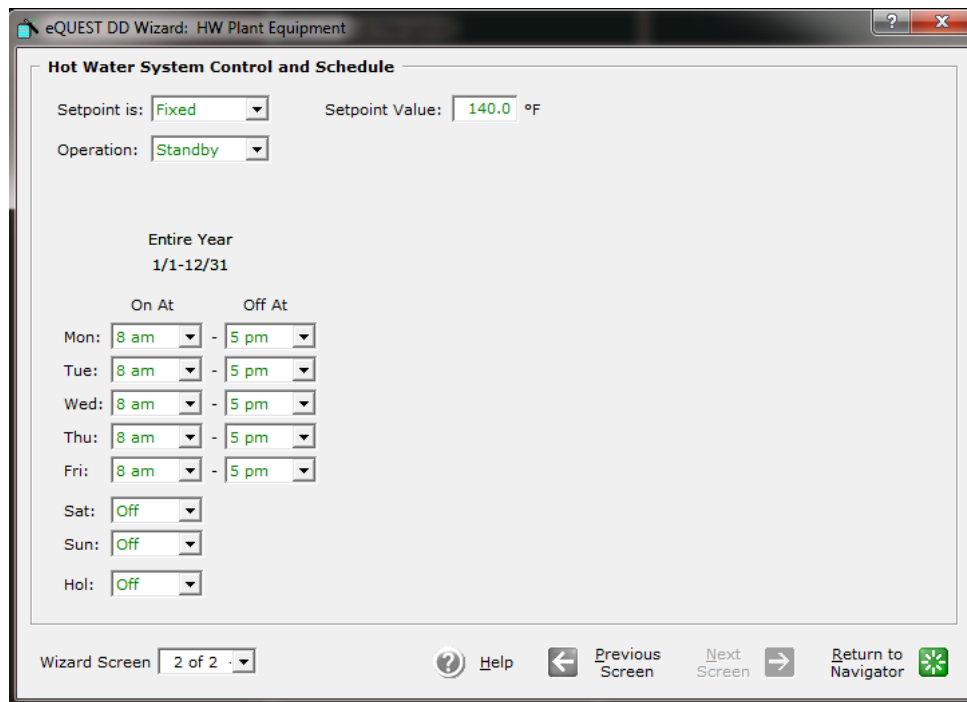
Help Previous Screen Next Screen Return to Navigator

Εικόνα 4.27. Ωράριο λειτουργίας ψύκτη, eQUEST

Αφού ολοκληρώσουμε την διαδικασία ορισμού της ψυκτικής εγκατάστασης , το επόμενο που θέλουμε να ορίσουμε είναι ο λέβητας που τροφοδοτεί με ζεστό νερό τα fan coils για τις ανάγκες της θέρμανσης τον χειμώνα . Τα δύο παράθυρα που αφορούν τον λέβητα είναι της ίδιας λογικής με αυτά που αναφέρονται στον ψύκτη. Αρχικά εισάγονται οι πληροφορίες που αφορούν τις αντλίες του βρόχου ζεστού νερού , οι οποίες είναι ακριβώς ίδιες με αυτές για τον βρόχο κρύου νερού. Η διαφορά θερμοκρασίας στα fan coils αφήνεται όπως είναι . Επιλέγεται λέβητας συμπύκνωσης φυσικού αερίου με βαθμό απόδοσης ίσο με 102% , ο οποίος για αυτονόητους λόγους θα διαστασιολογηθεί παρόμοια με πριν από το ίδιο το πρόγραμμα . Η θερμοκρασία του ζεστού νερού έχει ήδη προεπιλεχτεί ίση με 60 βαθμούς κελσίου .

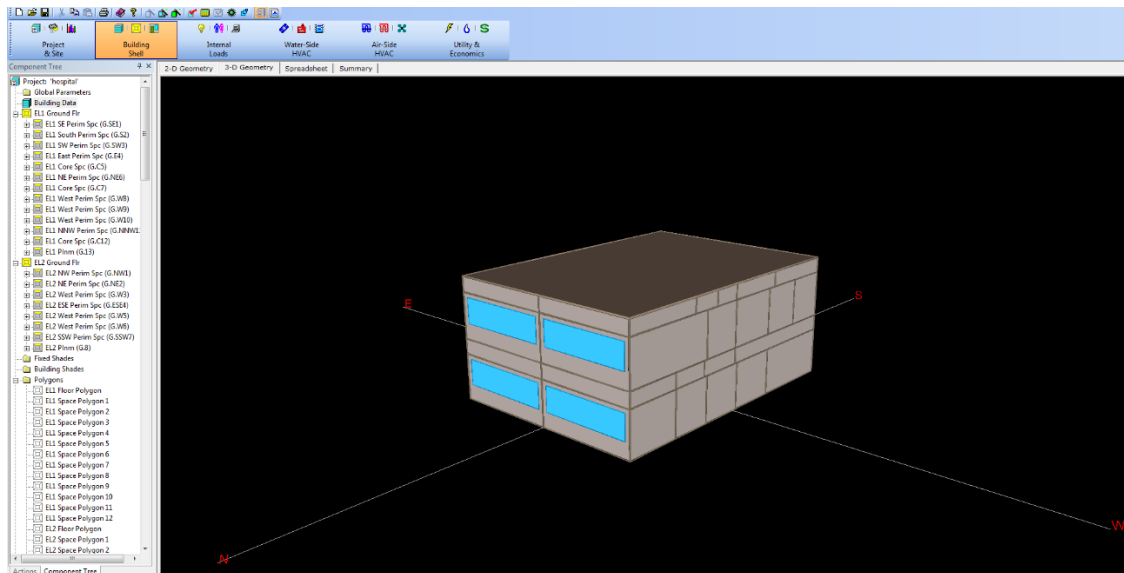
The screenshot shows the 'eQUEST DD Wizard: HW Plant Equipment' window. The 'Heating Primary Equipment' section is active. Under 'Hot Water System', the 'HW Loop: Head' is set to 41.6 ft, 'Design DT' is 40.0 °F, 'Pump Configuration' is 'Both System and Boiler Pumps', 'Number of System Pumps' is 1, 'HW Loop Flow' is 'Variable', 'Pump Control' is 'VSD', and 'Motor Efficiency' is 'High'. Under 'Describe Up To 2 Boilers', 'Boiler 1' is a 'Condensing HW Boiler' on 'Nat. Gas' with a count of 1, 'Auto-size' output, and 102.0% efficiency. 'Boiler 2' is set to '- select another -'. At the bottom, the wizard screen is 1 of 2, and navigation buttons for Help, Previous Screen, Next Screen, and Return to Navigator are visible.

Εικόνα 4.28. Ορισμός λέβητα , eQUEST



Εικόνα 4.29. Ωράριο λειτουργίας λέβητα , eQUEST

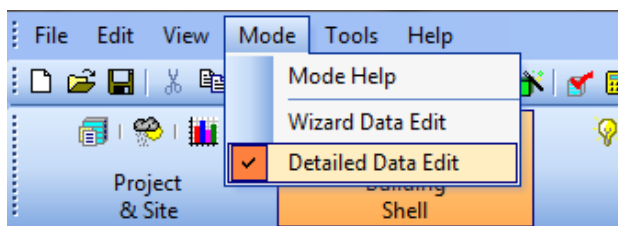
Έχοντας ορίσει πλήρως το κέλυφος του κτιρίου και όλα τα απαραίτητα μηχανολογικά συστήματα , σειρά έχει ο καθορισμός περαιτέρω λεπτομερειών του οικοδομήματος που δεν ήμασταν σε θέση να ορίσουμε από τον wizard . Αυτό θα πραγματοποιηθεί στην πλατφόρμα Detailed Data , όπου έχουμε μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων και μας δίνεται η δυνατότητα να επέμβουμε σε πληθώρα άλλων παραμέτρων . Για να μεταφερθούμε στην πλατφόρμα αυτή αρκεί να επιλέξουμε την δυνατότητα Finish στον κεντρικό πλοηγότη του wizard . Αμέσως μετά , το πρόγραμμα θα εφαρμόσει όλες τις προεπιλογές που έγιναν στην πλατφόρμα wizard και θα εμφανίσει γραφικά το κέλυφος του κτιρίου μαζί με ένα πλήθος άλλων επιλογών . Σε αυτό το σημείο , θα ήταν συνετό να ελέγξουμε την γεωμετρία του κελύφους σε τρεις διαστάσεις ώστε να βεβαιωθούμε ότι είναι η επιθυμητή . Αρκεί να επιλέξουμε την καρτέλα Building and Shell και ύστερα την επιλογή 3-D Geometry .



Εικόνα 4.30. Έλεγχος γεωμετρίας κτιρίου , eQUEST

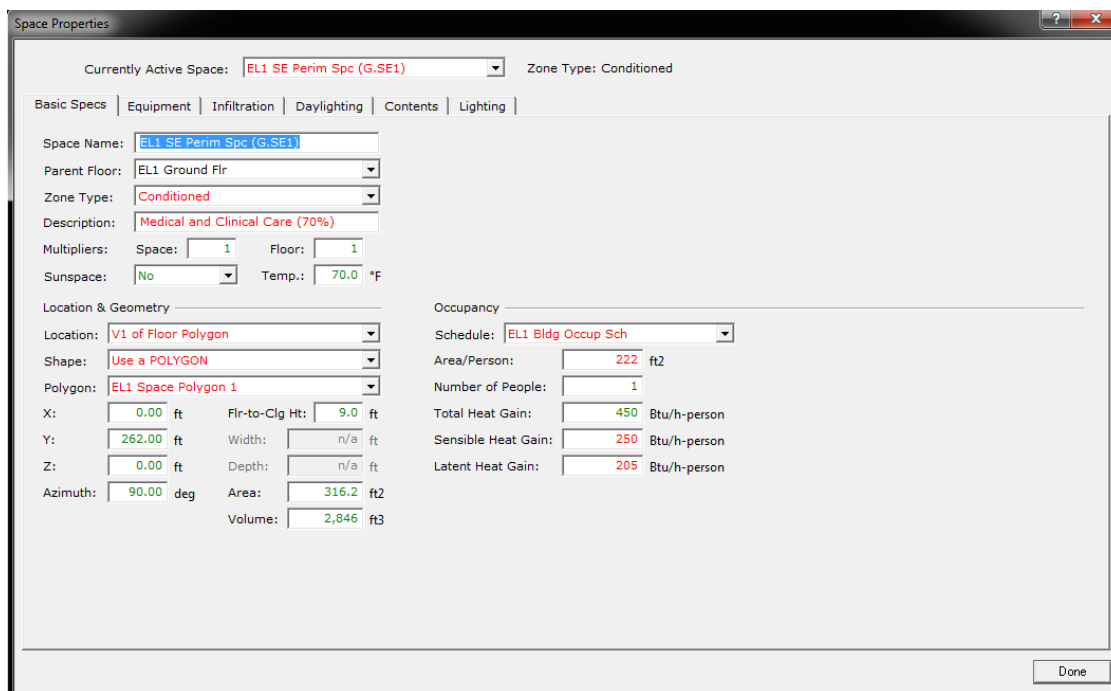
4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ DETAILED MODE DATA ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ

Αφού βεβαιωθούμε ότι η γεωμετρία αντιπροσωπεύει πλήρως το κτίριο προς μελέτη , το τελευταίο βήμα για να μεταφερθούμε στην Detailed Data πλατφόρμα είναι να επιλέξουμε στην καρτέλα Mode την δυνατότητα Detailed Data Edit . Τώρα πλέον είμαστε σε θέση να εισάγουμε όλες τις αναγκαίες παραμέτρους για τον πλήρη ορισμό του κτιρίου .

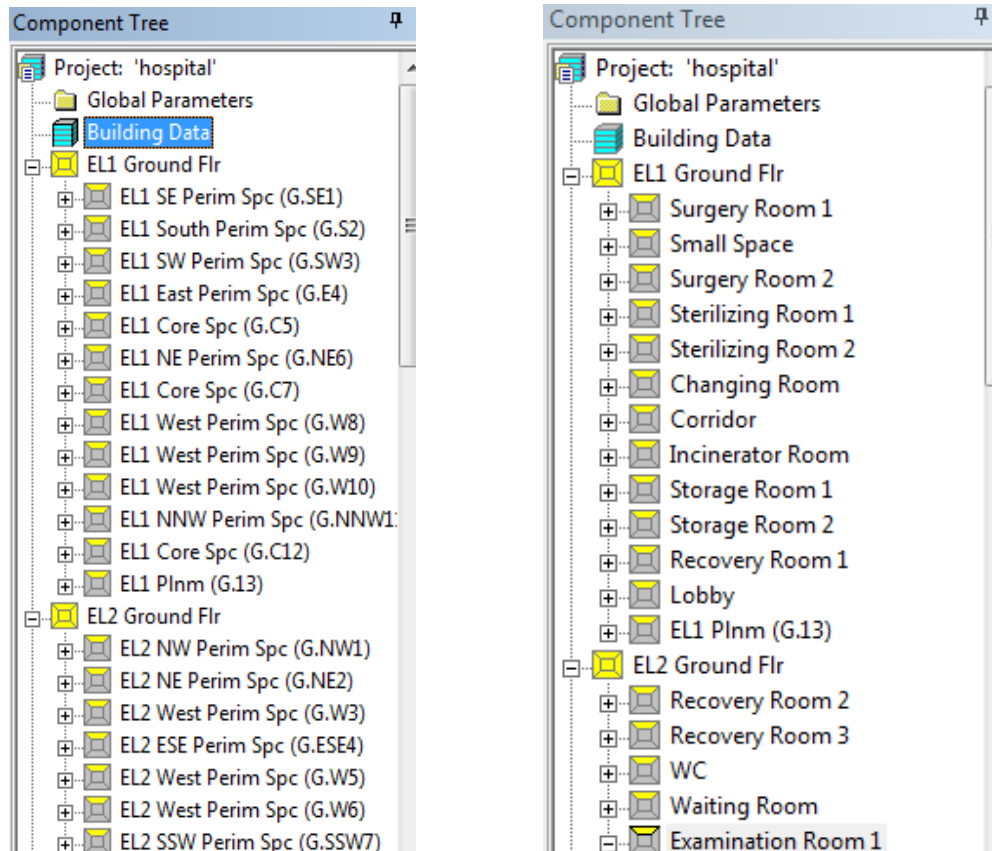


Εικόνα 4.31. Εναλλαγή σε Detailed Data Edit , eQUEST

Πριν ξεκινήσει η εισαγωγή των παραμέτρων αυτών , καλό θα ήταν να ονομαστεί κάθε χώρος (θερμική ζώνη) του κτιρίου ώστε να είναι ευκολότερη η διαχείριση του . Στην καρτέλα Component Tree , εντοπίζονται όλοι οι χώροι των δύο ορόφων με προσωνύμια που τους έχουν δοθεί από το ίδιο το πρόγραμμα . Για να ονομάσουμε κάθε χώρο , αρκεί να μεταφερθούμε στις ιδιότητες του με διπλό αριστερό κλικ . Με τον τρόπο αυτό , στο παράθυρο που εμφανίζεται , στην καρτέλα Space Name μπορούμε να του δώσουμε την ονομασία η οποία συνήθως αναφέρεται στην χρήση που του αντιστοιχεί .



Εικόνα 4.32. Ονομασία θερμικών χωρών , eQUEST

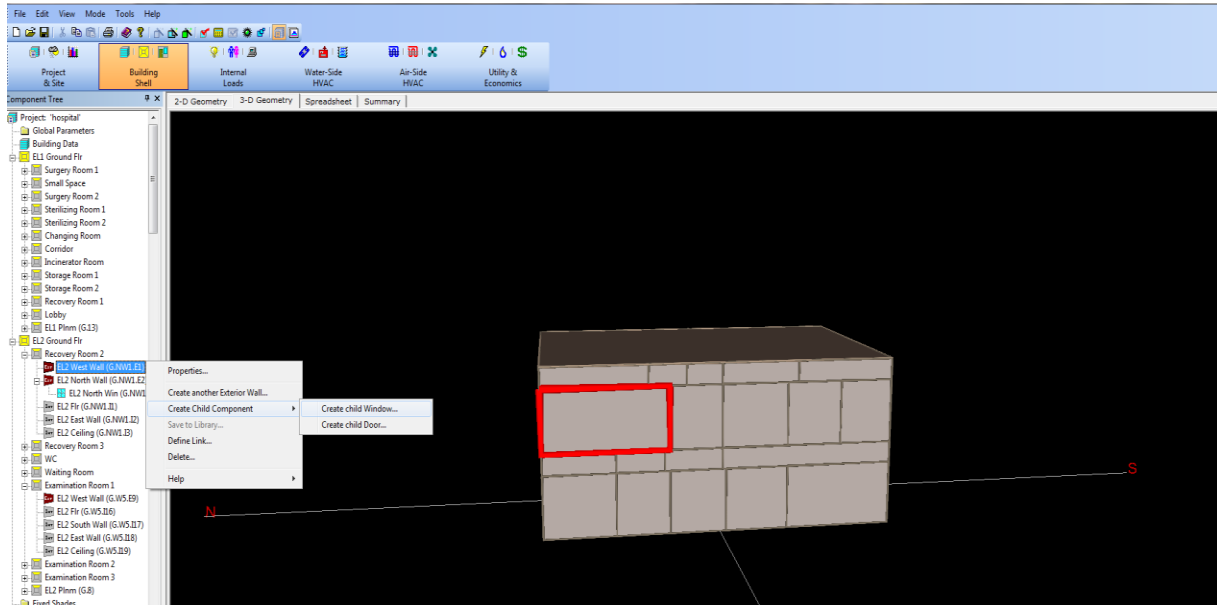


Εικόνα 4.33. Ονοματολογία των χώρων του κτιρίου ,eQUEST

4.2.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

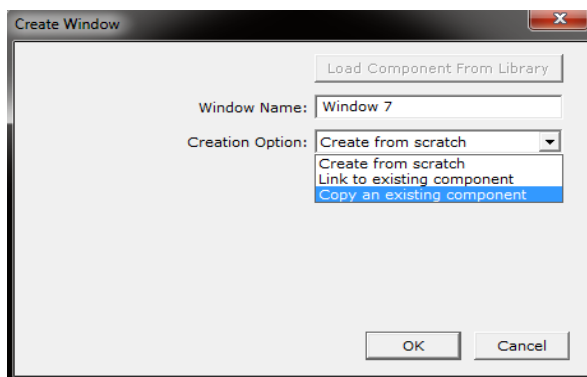
Εφόσον τελείωσε η διαδικασία ονομασίας των θερμικών ζωνών , τώρα είναι η κατάλληλη στιγμή να ολοκληρώσουμε πλήρως το κέλυφος του κτιρίου δηλαδή να τοποθετήσουμε σε αυτό τα παράθυρα και τις πόρτες που χρειάζονται αλλά και να ορίσουμε τα υλικά της κατασκευής . Το πρώτο βήμα για την τοποθέτηση των παραθύρων και πορτών είναι να επιλέξουμε τον τοίχο στον οποίο θα γίνει η εγκατάσταση του εκάστοτε κουφώματος . Αφού γίνει αυτό , με δεξί κλικ του

τοιχώματος αυτού στην καρτέλα Component Tree καθοδηγούμεστε στο παράθυρο στο οποίο θα ορίσουμε τις διαστάσεις και την θέση του κουφώματος πάνω στην κατασκευή .

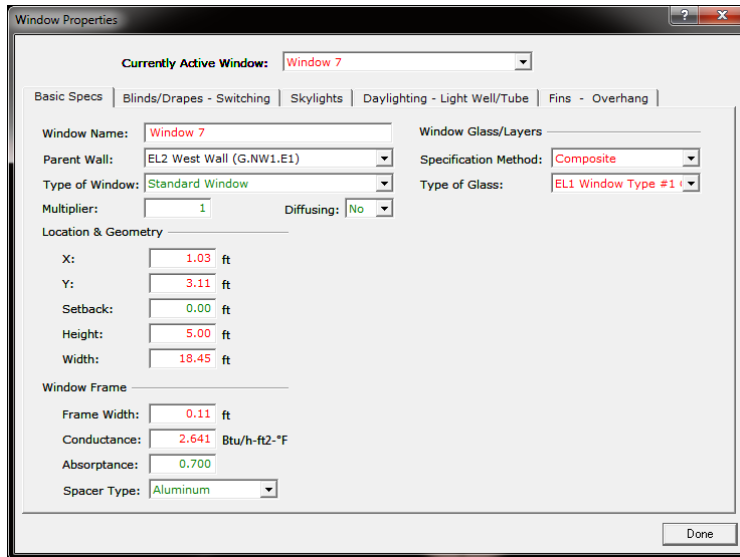


Εικόνα 4.34. Δημιουργία παραθύρων , eQUEST

Έχοντας ορίσει τα πρότυπα κουφώματα στην πλατφόρμα wizard , αρκεί να αντιγράψουμε τα ήδη υπάρχοντα . Έτσι , καταλήγουμε στο παράθυρο στο οποίο περιέχονται αναλυτικά όλες οι πληροφορίες που αφορούν το κούφωμα όπου δίνονται και επιπλέον δυνατότητες όπως η χρήση σκιάστρων.

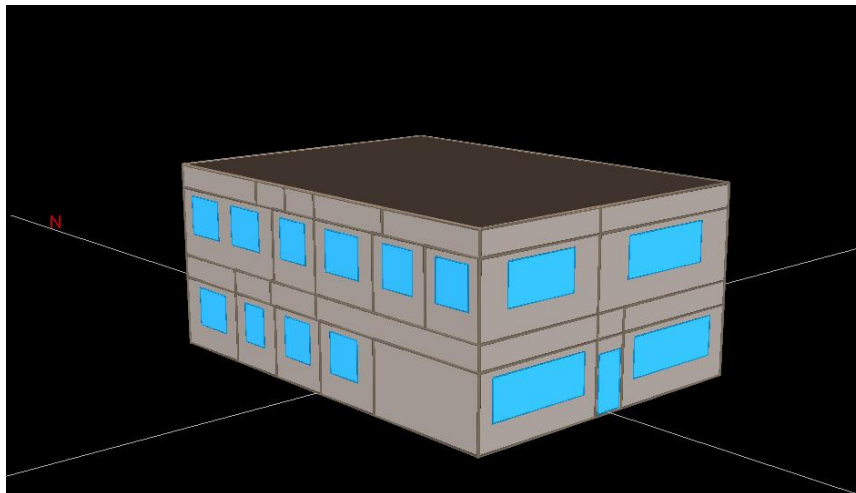


Εικόνα 4.35. Αρχικοποίηση παραθύρου , eQUEST

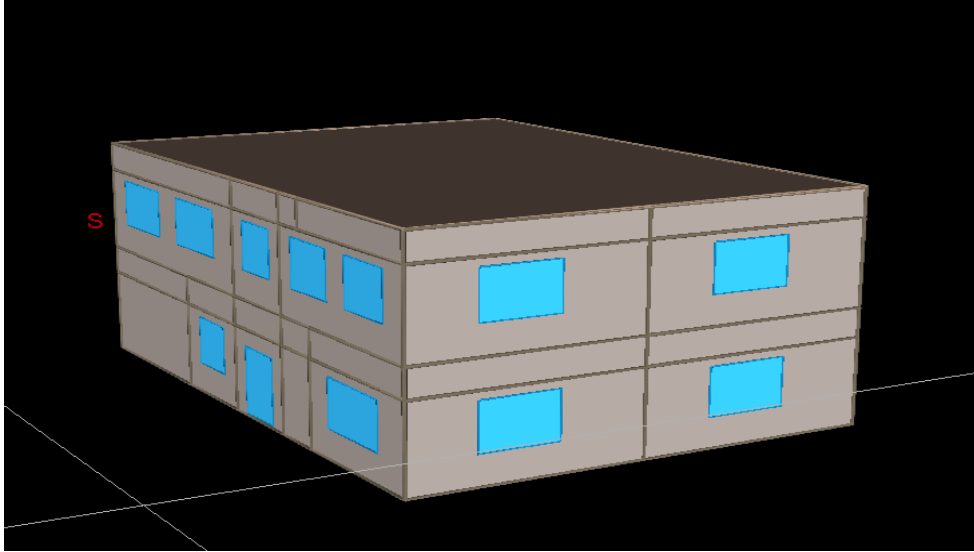


Εικόνα 4.36. Ορισμός διαστάσεων παραθύρου , eQUEST

Με τον τρόπο αυτό , για κάθε τοίχο ορίζουμε το αντίστοιχο κούφωμα και το διαστασιολογούμε σύμφωνα με τη γραφική απεικόνιση του κτιρίου . Αξίζει να αναφερθεί ότι οι πόρτες που χρησιμοποιούνται στο παρών κτίριο είναι γυάλινες και για τον λόγο αυτό η διαδικασία που ακολουθείται για την τοποθέτηση τους είναι ακριβώς η ίδια με αυτή των παραθύρων . Η ολοκληρωμένη μορφή του κτιρίου σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις εμφανίζεται παρακάτω .



Εικόνα 4.37. Νοτιοδυτική πλευρά κτιρίου , eQUEST



Εικόνα 4.38. Βορειοανατολική πλευρά κτιρίου , eQUEST

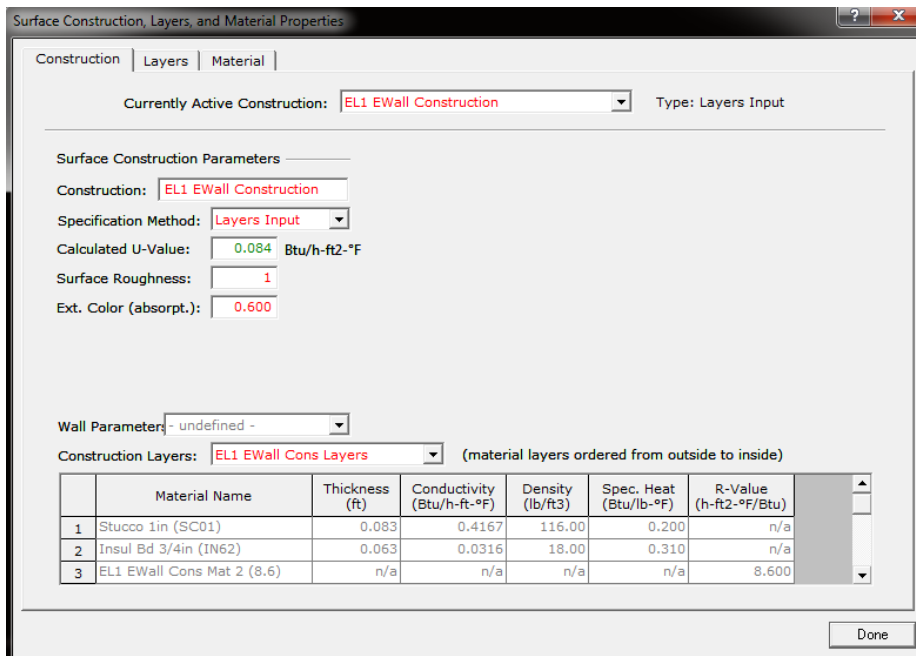
Το μόνο που απομένει για τον πλήρη ορισμό του κελύφους είναι η επιλογή των υλικών από τα οποία αποτελούνται τα δομικά στοιχεία του . Τα δομικά στοιχεία των οποίων τα στρώματα υλικών θα καθορίσουμε είναι τα εξής :

- Εξωτερικοί τοίχοι
- Εσωτερικοί τοίχοι
- Οροφή
- Δάπεδο δευτέρου ορόφου

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων-Κ.Εν.Α.Κ, για την Κλιματική Ζώνη Β στην οποία περιέχεται μεταξύ άλλων και η περιοχή της Αττικής οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U για οροφές και εξωτερικούς τοίχους είναι 0.45 και 0.50 αντίστοιχα σε $\frac{W}{(m^2)K}$. Όσον αφορά το δάπεδο και τους εσωτερικούς τοίχους , τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι 1 και 0.9 αντίστοιχα . Οπότε η επιλογή των υλικών και

του πάχους τους θα γίνουν με γνώμονα την ικανοποίηση των άνωθε επιτρεπόμενων τιμών .

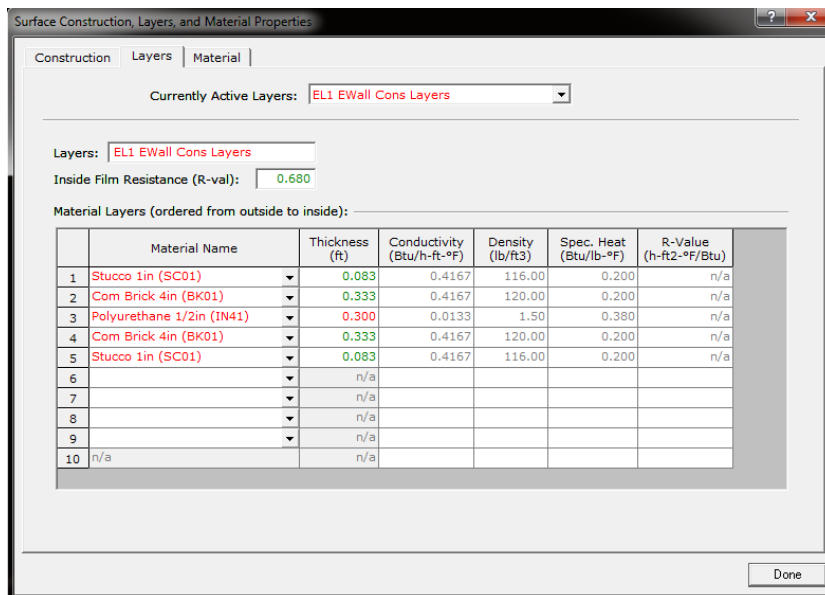
Πίσω στο eQUEST , στο Component Tree που αφορά το κέλυφος του κτιρίου (Building Shell) , βρίσκεται το υποσύνολο των κατασκευών (Constructions) στο οποίο περιέχονται τα διάφορα δομικά στοιχεία των οποίων τα υλικά επιθυμούμε να τροποποιήσουμε . Με διπλό αριστερό κλικ σε κάθε δομικό στοιχείο , ανοίγει το παράθυρο που περιέχει αναλυτικά το στρώμα υλικών και τον συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας του εκφρασμένο σε $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F}$.



Εικόνα 4.39. Δομικά υλικά κτιρίου , eQUEST

Για να τροποποιήσουμε το στρώμα των υλικών , μεταφερόμαστε στο παράθυρο Layers όπου έχουμε το δικαίωμα να επιλέξουμε τα υλικά του δομικού στοιχείου αλλά και το πάχος του κάθε υλικού . Επίσης , στο παράθυρο αυτό αναφέρονται

για κάθε υλικό οι τιμές της ειδικής θερμοχωρητικότητας , θερμικής αγωγιμότητας και πυκνότητας . Με τον τρόπο αυτό , για κάθε δομικό στοιχείο δημιουργούμε το επιθυμητό σύνολο υλικών με την προϋπόθεση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας να είναι κάτω των μεγίστων τιμών που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ .



Εικόνα 4.40. Ορισμός δομικών υλικών, eQUEST

Παρακάτω θα παρουσιαστούν σε πίνακες οι επιλογές των υλικών που έγιναν . Σημειώνεται ότι η σειρά των υλικών που παρουσιάζονται στους πίνακες αναφέρεται σε κατεύθυνση από το εξωτερικό προς το εσωτερικό .

Πίνακας 4.1. Στρώμα υλικών εξωτερικού τοίχου

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ (m)	C_p (KJ/kgK)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)
Επίχρισμα	0.0253	0.837	0.721	1858
Οπτοπλινθοδομή	0.1015	0.837	0.721	1922
Πολυουρεθάνη	0.0914	1.59	0.023	24
Οπτοπλινθοδομή	0.1015	0.837	0.721	1858

Επίχρισμα	0.0253	0.837	0.721	1922
Συνολικό U ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)	0.227			

Πίνακας 4.2. Στρώμα υλικών εσωτερικού τοίχου

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ (m)	C _p (KJ/kgK)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)
Γύψος	0.0128	0.837	0.16	800
Πολυουρεθάνη	0.03	1.59	0.023	24
Οπτοπλινθοδομή	0.1015	0.837	0.721	1858
Γύψος	0.0128	0.837	0.16	800
Συνολικό U ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)	0.57			

Πίνακας 4.3. Στρώμα υλικών οροφής κτιρίου

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ (m)	C _p (KJ/kgK)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)
Επίχρισμα	0.025	0.837	0.721	1858
Σκυρόδεμα	0.03	0.837	1.8	2242
Πολυουρεθάνη	0.06	1.59	0.023	24
Επίχρισμα	0.025	0.837	0.721	1858
Συνολικό U ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)	0.352			

Πίνακας 4.4. Στρώμα υλικών δαπέδου δευτέρου ορόφου

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ (m)	C _p (KJ/kgK)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)
Γύψος	0.0128	0.837	0.16	800
Σκυρόδεμα	0.03	0.837	1.8	2242
Πολυουρεθάνη	0.03	1.59	0.023	24
Γύψος	0.0128	0.837	0.16	800

Linoleum δάπεδο	-	-	-	-
Συνολικό U ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)	0.59			

4.2.2 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

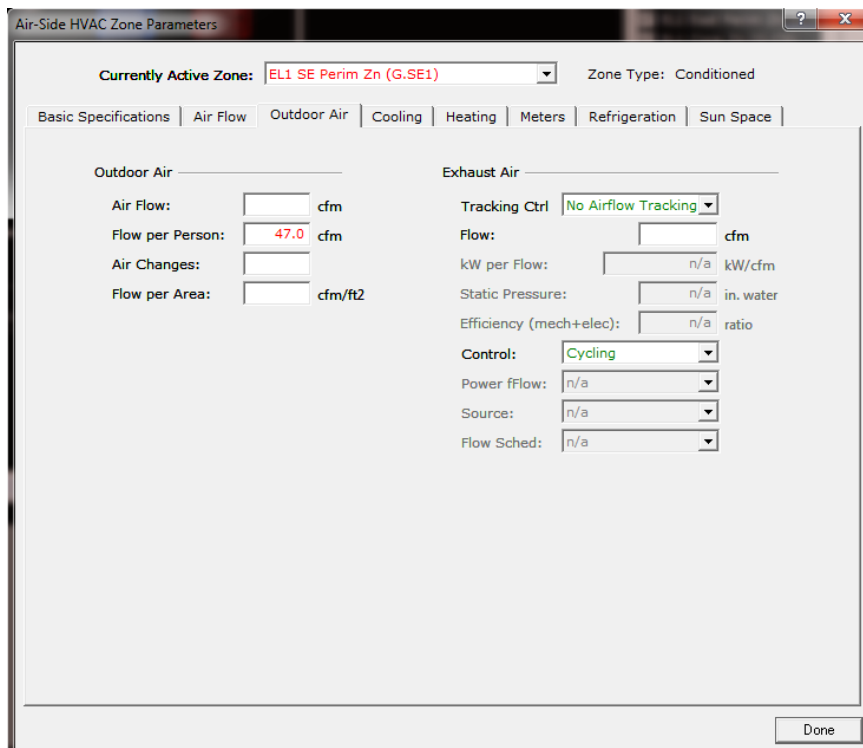
Το επόμενο που χρειάζεται να ορίσουμε για κάθε θερμική ζώνη είναι η ανανέωση αέρα , δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος . Αυτό γίνεται ώστε να εξασφαλίζονται ορισμένες συνθήκες υγιεινής και άνεσης για τον χώρο αυτό. Οι απαιτήσεις για την ανανέωση αέρα διαμορφώνονται σύμφωνα με την χρήση του κάθε χώρου αλλά και τον πληθυσμό των χρηστών του. Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και ειδικά των νοσοκομείων αφού οι τιμές για την ανανέωση αέρα είναι ιδιαίτερα υψηλές σε αυτά. Σύμφωνα με την Γενική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας , οι απαιτούμενες τιμές για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου που μελετάμε είναι οι παρακάτω .

Πίνακας 4.5. Τιμές ανανέωσης αέρα ανά άτομο

ΧΩΡΟΣ	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ (m ³ /h/άτομο)	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ (cfm/άτομο)
1	80	47
2	80	47
3	30	17
4	70	41
5	70	41
6	30	17
7	30	17
8	30	17
9	35	20
10	60	35
11	50	29
12	50	29
13	35	20

14	35	20
15	50	29
16	50	29
17	45	26
18	45	26
19	45	26

Για να εισάγουμε τις τιμές αυτές στο πρόγραμμα , μεταφερόμαστε στην κατηγορία των AIR SIDE HVAC , στην κεντρική πλατφόρμα του eQuest . Πράττοντας αυτό , στο Component Tree εμφανίζονται οι διάφορες θερμικές ζώνες του κτιρίου. Έτσι , επιλέγοντας τον κάθε χώρο εμφανίζεται το παράθυρο που αφορά τις ρυθμίσεις του σχετικά με το σύστημα κλιματισμού . Στην υποκατηγορία Outdoor Air του παραθύρου αυτού , έχουμε την δυνατότητα να ορίσουμε την παροχή του νωπού αέρα που επιθυμούμε να εισάγεται στον συγκεκριμένο χώρο ανά μονάδα χρόνου.



Εικόνα 4.41. Ορισμός ανανέωσης αέρα , eQUEST

Στις υποκατηγορίες Cooling και Heating του ίδιου παραθύρου , μπορούμε να τροποποιήσουμε την εσωτερική επιθυμητή θερμοκρασία του κάθε χώρου για την θερινή και χειμερινή εποχή αντίστοιχα . Σύμφωνα και πάλι με την Γενική Οδηγία του T.E.E , οι επιθυμητές θερμοκρασίες για την κάθε θερμική ζώνη και για τις δύο εποχές εμφανίζονται παρακάτω .

Πίνακας 4.6. Επιθυμητές τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας

ΧΩΡΟΣ	Θερμοκρασία χειμερινής περιόδου (Celsius)	Θερμοκρασία θερινής περιόδου (Celsius)
1	18	20
2	18	20
3	22	26
4	22	26
5	22	26
6	22	26
7	22	26
8	22	26
9	22	25
10	22	26
11	22	26
12	22	26
13	22	25
14	22	25
15	22	26
16	22	26
17	20	26
18	20	26
19	20	26

4.2.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Σε κάθε χώρο , πρέπει να είναι εξασφαλισμένη η οπτική άνεση δηλαδή η επάρκεια ποσότητας και ποιότητας φωτισμού ώστε να επιτρέπεται η ευχάριστη διαμονή και αποτελεσματική εκτέλεση διεργασιών χωρίς να προκαλείται οπτική κόπωση . Η ισχύς φωτισμού μετριέται σε Watt ανά μονάδα εμβαδού , της οποίας τις τιμές λαμβάνουμε ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου από την Τεχνική Οδηγία του T.E.E , η οποία αναφέρεται στα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού . Για να ορίσουμε την παράμετρο αυτή στο πρόγραμμα , οδηγούμαστε στην κατηγορία Internal Loads της κεντρικής πλατφόρμας . Με σκοπό να είναι ευκολότερη η εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων , επιλέγουμε την μορφή Spreadsheet , όπου και υπάρχει η καρτέλα Display Mode με την χρήση της οποίας πραγματοποιείται εύκολα η εναλλαγή μεταξύ των διαφορετικών τύπου φορτίων (φωτισμός, διείσδυση αέρα , εξοπλισμός κ.α).

Πίνακας 4.7. Ισχύς φωτισμού

ΧΩΡΟΣ	Ισχύς φωτισμού σε W/m ²	Ισχύς φωτισμού σε W/ft ²
1	18.2	1.69
2	18.2	1.69
3	5.5	0.511
4	5.5	0.511
5	5.5	0.511
6	5.5	0.511
7	5.5	0.511
8	5.5	0.511
9	1.8	0.167
10	3.6	0.334
11	5.5	0.511
12	5.5	0.511
13	1.8	0.167
14	1.8	0.167
15	5.5	0.511
16	5.5	0.511
17	9.1	0.845
18	9.1	0.845
19	9.1	0.845

	Space Name	Parent Floor	Activity Desc.	Lighting W / Area 1 (W/ft2)	Lighting kW 1 (kW)	Lighting Schedule 1	Lighting Type 1	Light to Space 1 (ratio)
1	Recovery Room 2	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.17		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
2	Recovery Room 3	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.17		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
3	WC	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
4	Waiting Room	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
5	Examination Room 1	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.85		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
6	Examination Room 2	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.85		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
7	Examination Room 3	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	0.85		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
8	EL2 Plnm (G.8)	EL2 Ground Flr	(no default)	n/a	n/a	undefined -	Sus Fluor	n/a
9	Surgery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	1.69		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
10	Small Space	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
11	Surgery Room 2	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	1.69		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
12	Sterilizing Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
13	Sterilizing Room 2	EL1 Ground Flr	Office (General)	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
14	Changing Room	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.33		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
15	Corridor	EL1 Ground Flr	Office (General)	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
16	Incinerator Room	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
17	Storage Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
18	Storage Room 2	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
19	Recovery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	0.17		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
20	Lobby	EL1 Ground Flr	Office (General)	0.51		EL1 Bldg InsLt Sch	Sus Fluor	1.00
21	EL1 Plnm (G.13)	EL1 Ground Flr	(no default)	n/a	n/a	undefined -	Sus Fluor	n/a

Εικόνα 4.42. Ορισμός ισχύος φωτισμού , eQUEST

4.2.4 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Κάθε άνθρωπος , λόγω των εσωτερικών του διεργασιών , παράγει ένα ποσό θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο στον οποίο βρίσκεται . Η θερμότητα αυτή χωρίζεται σε δύο μέρη . Στο λανθάνων φορτίο το οποίο θεωρείται ως στιγμιαίο φορτίο και το αισθητό του οποίου το 70% περίπου απορροφάται μέσω ακτινοβολίας από τα δομικά στοιχεία και αποδίδεται στον χώρο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα διά συναγωγής . Το ποσό της θερμότητας που παράγει το ανθρώπινο σώμα σχετίζεται με την φύση της εργασίας που εκτελεί κάποια ορισμένη χρονική στιγμή . Το ίδιο το πρόγραμμα έχει προκαθορίσει το ποσό θερμότητας που εκλύει κάθε άτομο για την φύση της συγκεκριμένης εργασίας , η οποία είναι περίπου 130 Watt . Αρκεί λοιπόν να καθορίσουμε τον πληθυσμό των ατόμων που βρίσκονται σε κάθε χώρο αντίστοιχα . Η Γενική Οδηγία του T.E.E

προσφέρει έναν προτεινόμενο αριθμό ανθρώπων ανά 100 m² επιφάνειας δαπέδου για κάθε διαφορετικής χρήσης χώρο. Αυτός ο αριθμός θα αναχθεί στους χώρους του παρόντος κτιρίου ανάλογα με το εμβαδό τους .

Πίνακας 4.8. Αριθμός χρηστών ανά χώρο

ΧΩΡΟΣ	Αριθμός χρηστών
1	6
2	6
3	1
4	2
5	2
6	2
7	2
8	2
9	6
10	3
11	2
12	7
13	8
14	8
15	24
16	1
17	2
18	2
19	2

The screenshot shows the eQUEST software interface with the 'Internal Loads' tab selected. Below the navigation bar, there is a 'Display Mode' dropdown set to 'Occupancy'. The main table lists 21 rooms with the following columns: Space Name, Parent Floor, Activity Desc., Occupancy Schedule, Area/Person (ft2), Number of People, Total Ht Gain (Btu/h-person), People Sens (Btu/h-person), and People Lat (Btu/h-person).

	Space Name	Parent Floor	Activity Desc.	Occupancy Schedule	Area/Person (ft2)	Number of People	Total Ht Gain (Btu/h-person)	People Sens (Btu/h-person)	People Lat (Btu/h-person)
1	Surgery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	5.80	450	250	205
2	Small Space	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	1.40	450	250	205
3	Surgery Room 2	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	5.60	450	250	205
4	Sterilizing Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	2.00	450	250	205
5	Sterilizing Room 2	EL1 Ground Flr	Office (General)	EL1 Bldg Occup S	216	2.00	450	251	234
6	Changing Room	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	2.80	450	250	205
7	Corridor	EL1 Ground Flr	Office (General)	EL1 Bldg Occup S	216	2.40	450	251	234
8	Incinerator Room	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	2.00	450	250	205
9	Storage Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	2.00	450	250	205
10	Storage Room 2	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	2.00	450	250	205
11	Recovery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	222	5.50	450	250	205
12	Lobby	EL1 Ground Flr	Office (General)	EL1 Bldg Occup S	216	7.40	450	251	234
13	EL1 Plnm (G.13)	EL1 Ground Flr	(no default)	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
14	Recovery Room 2	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	8.40	450	251	214
15	Recovery Room 3	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	8.40	450	251	214
16	WC	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	1.00	450	251	214
17	Waiting Room	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	25.00	450	251	214
18	Examination Room 1	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	2.00	450	251	214
19	Examination Room 2	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	2.00	450	251	214
20	Examination Room 3	EL2 Ground Flr	Medical and Clini	EL1 Bldg Occup S	220	2.00	450	251	214
21	EL2 Plnm (G.8)	EL2 Ground Flr	(no default)	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Εικόνα 4.43. Ορισμός αριθμού χρηστών για κάθε θερμική ζώνη , eQUEST

4.2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η ύπαρξη εξοπλισμού σε έναν χώρο έχει ως αποτέλεσμα την απόδοση ορισμένου φορτίου σε αυτόν . Συγκριτικά με τα υπόλοιπα φορτία , τα φορτία λόγω εξοπλισμού θα μπορούσαν να θεωρηθούν αμελητέα , όπως θεωρούνται και στην Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701/1/2010 . Για χάρη πληρότητας στην παρούσα εργασία , θα ληφθεί υπόψη η ύπαρξη ορισμένου εξοπλισμού σε κάποιες από τις θερμικές ζώνες του κτιρίου . Όπως και στην περίπτωση των ανθρώπων , το θερμικό κέρδος από τις συσκευές χωρίζεται σε αισθητό και λανθάνον . Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι συσκευές αυτές και παράλληλα τα φορτία που αυτές αποδίδουν στον χώρο . Σημειώνεται ότι για τις τιμές των φορτίων συμβουλευτήκαν εγχειρίδια του ASHRAE . Για την συμπλήρωση των φορτίων των συσκευών μεταφερόμαστε στην καρτέλα Equipment . Εξαίρεση αποτελεί το φορτίο του κλιβάνου το οποίο συμπληρώνεται στην καρτέλα Internal Energy Sources καθώς στην προηγούμενη καρτέλα ο εξοπλισμός αναφέρεται σε πηγή ενέργειας μόνο τον ηλεκτρισμό ενώ ο κλιβανός λειτουργεί με φυσικό αέριο .

Πίνακας 4.9. Φορτία εξοπλισμού , eQUEST

ΧΩΡΟΣ	Εξοπλισμός	Αριθμός	Αισθητό φορτίο (W)	Λανθάνον φορτίο (W)
4	Αποστειρωτής	1	190	350
5	Αποστειρωτής	1	190	350
6	Κλίβανος	1	3000	0
15	Υπολογιστής	3	100	50
16	Στεγνωτήρας	1	675	120
17	Υπολογιστής	1	100	50
18	Υπολογιστής	1	100	50
19	Υπολογιστής	1	100	50

Internal Loads				Water-Side HVAC		Air-Side HVAC		Utility & Economics	
Internal Loads Spreadsheet Summary									
Display Mode: <input type="text" value="Equipment"/>									
	Space Name	Parent Floor	Activity Desc.	Equipment Schedule 1	Equip W / Area 1 (W/ft2)	Equip kW 1 (kW)	Equip Sensible 1 (ratio)	Equip Latent 1 (ratio)	
1	Surgery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.00	1.00	0.00	
2	Small Space	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.00	1.00	0.00	
3	Surgery Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.00	1.00	0.00	
4	Sterilizing Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.54	0.35	0.65	
5	Sterilizing Room 2	EL1 Ground Flr	Office (C	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.54	0.35	0.65	
6	Changing Room	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
7	Corridor	EL1 Ground Flr	Office (C	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
8	Incinerator Room	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
9	Storage Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
10	Storage Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
11	Recovery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
12	Lobby	EL1 Ground Flr	Office (C	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
13	EL1 Plnm (G.13)	EL1 Ground Flr	(no defa	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
14	Recovery Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
15	Recovery Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000		1.00	0.00	
16	WC	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.80	0.85	0.15	
17	Waiting Room	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.45	0.67	0.33	
18	Examination Room 1	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.15	0.67	0.33	
19	Examination Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.15	0.67	0.33	
20	Examination Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg Misc Sc	0.000	0.15	0.67	0.33	
21	EL2 Plnm (G.8)	EL2 Ground Flr	(no defa	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	

Εικόνα 4.44. Καθορισμός φορτίων εξοπλισμού, eQUEST

Internal Loads				Water-Side HVAC		Air-Side HVAC		Utility & Economics	
Internal Loads Spreadsheet Summary									
Display Mode: <input type="text" value="Internal Energy Sources"/>									
	Space Name	Parent Floor	Activity Desc.	Source Schedule	Source Type	Input Power (Btu/h)	Sensible Heat Gain (ratio)	Latent Heat Gain (ratio)	
1	Surgery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
2	Small Space	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
3	Surgery Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
4	Sterilizing Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
5	Sterilizing Room 2	EL1 Ground Flr	Office (C	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
6	Changing Room	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
7	Corridor	EL1 Ground Flr	Office (C	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
8	Incinerator Room	EL1 Ground Flr	Medical	EL1 Bldg OffEq Sch	Gas	10,200.0	1.00	0.00	
9	Storage Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
10	Storage Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
11	Recovery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
12	Lobby	EL1 Ground Flr	Office (C	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
13	EL1 Plnm (G.13)	EL1 Ground Flr	(no defa	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
14	Recovery Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
15	Recovery Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
16	WC	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
17	Waiting Room	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
18	Examination Room 1	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
19	Examination Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
20	Examination Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	
21	EL2 Plnm (G.8)	EL2 Ground Flr	(no defa	- undefined -	n/a	n/a	n/a	n/a	

Εικόνα 4.45. Καθορισμός φορτίου αποτεφρωτήρα, eQUEST

4.2.6 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ

Η διείσδυση αέρα στο κέλυφος κάθε θερμικής ζώνης πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων στα κουφώματα , δηλαδή στις επιφάνειες συναρμογής τους με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία . Ο αερισμός εξαρτάται από την ποιότητα των χαραμάδων ως προς την αεροστεγανότητα τους , από το συνολικό τους μήκος και από τον αριθμό των κουφωμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου . Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε , για κουφώματα με μεταλλικό πλαίσιο και διπλό υαλοπίνακα η διείσδυση του αέρα πέρνει τιμές 4,8 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) για πόρτες και 6,2 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) για παράθυρα . Αρκεί λοιπόν να καταγράψουμε την επιφάνεια των κουφωμάτων που συνορεύουν με το εξωτερικό περιβάλλον σε κάθε θερμική ζώνη και να την πολλαπλασιάσουμε με τους παραπάνω συντελεστές .

Πίνακας 4.10. Επιφάνεια κουφωμάτων και διείσδυσης αέρα ανά χώρο , eQUEST

ΧΩΡΟΣ	Επιφάνεια πορτών (m^2)	Επιφάνεια παραθύρων (m^2)	Συνολική διείσδυση αέρα (m^3/h)
1	0	6.5	40.3
2	0	6.5	40.3
3	2.34	0	11.3
4	0	2.32	14.4
5	0	0	0
6	0	2.32	14.4
7	0	2.32	14.4
8	0	1.8	11.2
9	0	6	37.2
10	0	7	43.4
11	3.25	0	15.6
12	0	0	0
13	0	8.8	55
14	0	8.8	55
15	0	15.6	96.7
16	0	2.32	14.4
17	0	2.8	17.3
18	0	2.32	14.4
19	0	6.96	43.1

The screenshot shows the eQUEST software interface with the 'Internal Loads' tab selected. Below the navigation bar, the 'Display Mode' is set to 'Infiltration'. A table lists 21 rooms with their respective infiltration parameters and results.

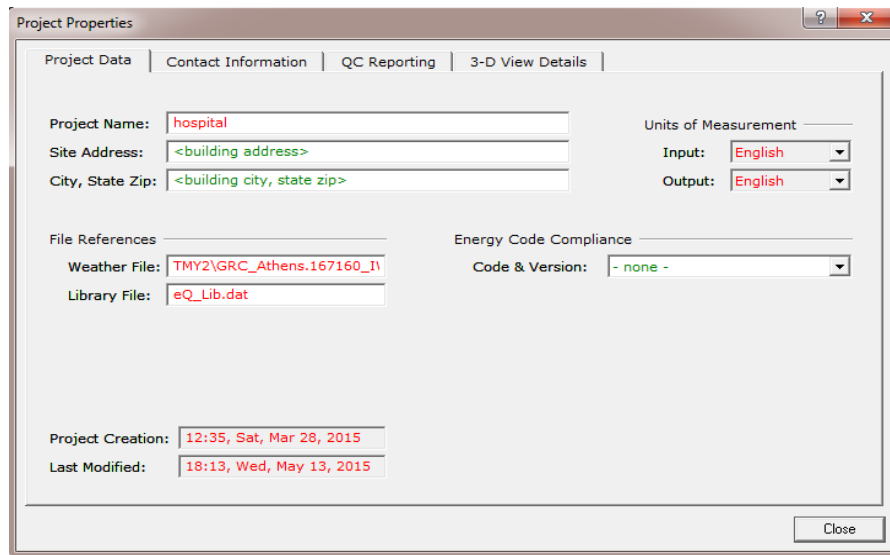
	Space Name	Parent Floor	Activity Desc.	Infiltration Method	Infiltration Schedule	A-C Air Changes/hr	A-C Infiltration Flow (cfm/ft2)
1	Surgery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0750
2	Small Space	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0880
3	Surgery Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0780
4	Sterilizing Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0770
5	Sterilizing Room 2	EL1 Ground Flr	Office (C	Air Change	ZG0-S1 (FC) C-Inf	0.00	0.0000
6	Changing Room	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1200
7	Corridor	EL1 Ground Flr	Office (C	Air Change	ZG0-S1 (FC) C-Inf	0.00	0.0720
8	Incinerator Room	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1170
9	Storage Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0890
10	Storage Room 2	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0740
11	Recovery Room 1	EL1 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1250
12	Lobby	EL1 Ground Flr	Office (C	Air Change	ZG0-S1 (FC) C-Inf	0.00	0.0000
13	EL1 Plnm (G.13)	EL1 Ground Flr	(no defa	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0000
14	Recovery Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1070
15	Recovery Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1070
16	WC	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1000
17	Waiting Room	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0630
18	Examination Room 1	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0530
19	Examination Room 2	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0530
20	Examination Room 3	EL2 Ground Flr	Medical	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.1500
21	EL2 Plnm (G.8)	EL2 Ground Flr	(no defa	Air Change	ZG0-S1 (FC) P-Inf	0.00	0.0000

Εικόνα 4.46. Ορισμός τιμών διείσδυσης αέρα , eQUEST

4.2.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΙΡΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

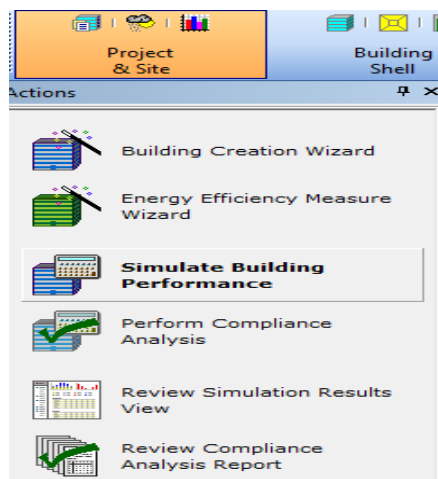
Το τελευταίο βήμα που απομένει πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης είναι ο καθορισμός του κατάλληλου αρχείου καιρού TMY . Αρχικά , το αρχείο αυτό πρέπει να τοποθετηθεί στον κατάλληλο φάκελο δεδομένων του προγράμματος του οποίου το μονοπάτι είναι το C:\Users\Documents\eQUEST3-65 Data\Weather\TMY2. Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω ενέργεια , στο Component Tree της κατηγορίας Project & Site της Detailed Data πλατφόρμας , επιλέγουμε το στοιχείο που βρίσκεται στην κορυφή του 'δέντρου' το οποίο αναφέρεται σε γενικής φύσεως πληροφορίες σχετικά με το έργο . Για να οριστεί λοιπόν το επιθυμητό αρχείο

καιρού , στο κελί Weather File του παραθύρου που εμφανίζεται , συμπληρώνουμε το ακριβές όνομα του .



Εικόνα 4.47. Επιλογή αρχείου καιρού , eQUEST

Έχοντας όλες τις αναγκαίες παραμέτρους καθορισμένες , το μόνο που απομένει είναι η πραγματοποίηση της ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου . Το μόνο που αρκεί να πραγματοποιήσουμε είναι η επιλογή της ενέργειας Simulate Building Performance . Αμέσως μετά , το πρόγραμμα θα εκτελέσει όλες τις απαραίτητες εντολές και θα δημιουργήσει τα αρχεία των αποτελεσμάτων .



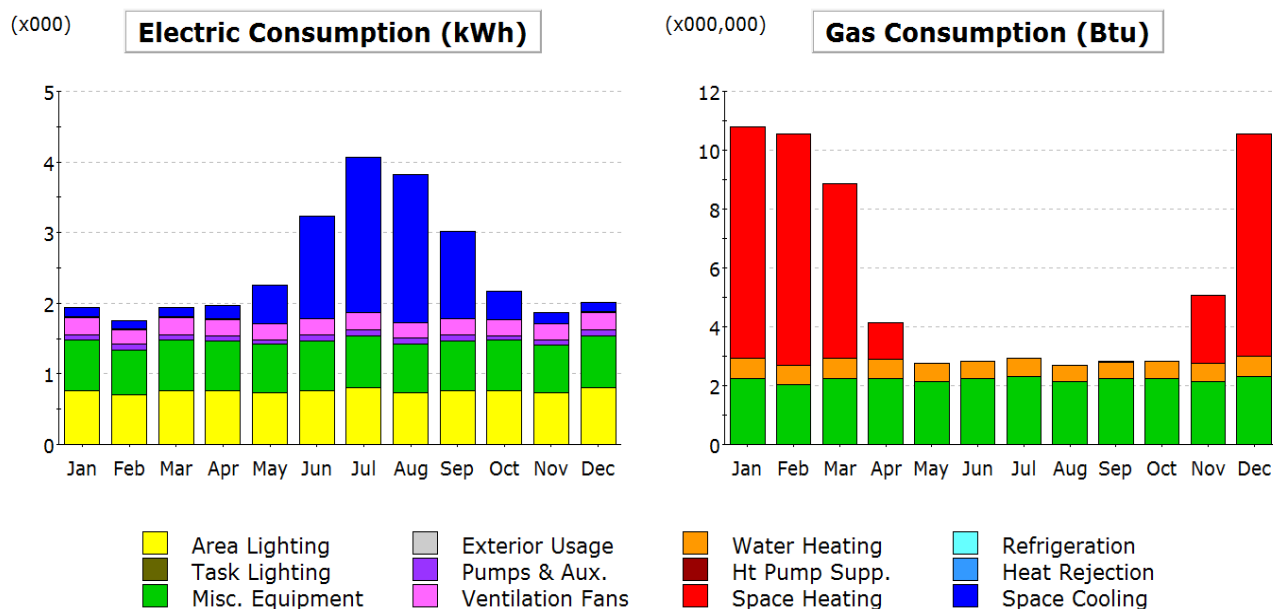
Εικόνα 4.48. Εκτέλεση προσομοίωσης

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στο παρών κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του κτιρίου αλλά και ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η αναζήτηση των πιο σημαντικών εξ αυτών.

Το eQUEST αφού εκτελέσει την προσομοίωση , δημιουργεί δύο διαφορετικού τύπου αποτελέσματα . Ο πρώτος τύπος αφορά γραφικά διαγράμματα τα οποία αντικατοπτρίζουν τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου ως προς κάθε είδους δραστηριότητα . Από τα παρακάτω διαγράμματα γίνεται φανερό ότι μεγάλο μέρος της δαπανώμενης ενέργειας αφορά την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι και την θέρμανση του τον χειμώνα . Ακόμα , αξίζει να αναφερθεί ότι παρατηρείται μία ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη του κτιρίου και τους χειμερινούς μήνες . Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στην παρουσία καλής μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου σε συνδυασμό με τις αρκετά χαμηλές απαιτούμενες θερμοκρασίες στις αίθουσες των χειρουργείων . Βέβαια , το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα να απενεργοποιήσουμε την χρήση του ψύκτη τον χειμώνα δημιουργώντας κατάλληλα προγράμματα λειτουργίας της μηχανής . Έχοντας την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου , μπορούμε να εκτελέσουμε έναν γρήγορο υπολογισμό των ετησίων εξόδων της εγκατάστασης εφόσον γνωρίζουμε τις αντίστοιχες τιμές του φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος . Όσον αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα , μια τυπική τιμή είναι 0.14 €/KWh ενώ για το φυσικό αέριο είναι 0.053 €/KWh . Έτσι , το ετήσιο κόστος του ηλεκτρισμού ανέρχεται στα 4,270€ ενώ για το φυσικό αέριο στα 1038€ με το συνολικό κόστος να είναι 5308€ .



Εικόνα 5.1. Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού ρεύματος ανά δραστηριότητα , eQUEST

Το δεύτερο αρχείο αποτελεί μια ολοκληρωμένη μελέτη για την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου που αποτελείται από 1400 σελίδες . Στις σελίδες αυτές υπάρχουν αναλυτικά για κάθε θερμική ζώνη τα μέγιστα φορτία του χώρου αλλά και των ψυκτικών στοιχείων με βάση τα οποία γίνεται και η διαστασιολόγηση των μηχανών (λέβητες και ψύκτες στην περίπτωση μας) . Εκτός των φορτίων , αναγράφονται για κάθε ώρα οι τιμές των εσωτερικών θερμοκρασιών του κάθε χώρου καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας . Παράμετρος που επιβάλλεται να ελεγχθεί είναι το σύνολο των ωρών στην διάρκεια ενός έτος για τις οποίες δεν επιτυγχάνονται οι επιθυμητές θερμοκρασίες εντός του χώρου . Σύμφωνα με το πρότυπο του ASHRAE δεν πρέπει να υπερβαίνουν το όριο των 300 ωρών (above throttling range) . Στην συγκεκριμένη μελέτη , ο αριθμός των ωρών για τις οποίες

δεν επιτυγχάνονται οι επιθυμητές θερμοκρασίες δεν υπερβαίνει τις 140 , τιμή η οποία βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια . Επιπρόσθετα , έχουμε την δυνατότητα να ελέγξουμε τις ενεργειακές καταναλώσεις κάθε δραστηριότητας , τις ώρες λειτουργίας του κάθε εξοπλισμού αλλά και να συγκρίνουμε διάφορα μεγέθη όπως παραδείγματος χάριν τα μέγιστα ψυκτικά ή θερμικά φορτία των στοιχείων με την ισχύ της κάθε μηχανής . Πιο αναλυτικά , ορισμένα από τα πιο σημαντικά σημεία της μελέτης είναι τα εξής :

- **BEPU**

Στο σημείο αυτό , μπορούμε να διαπιστώσουμε τον αριθμό των ωρών κατά τις οποίες δεν ικανοποιούνται οι τιμές των εσωτερικών θερμοκρασιών που έχουμε ορίσει . Σε περίπτωση που ο αριθμός αυτός υπερβαίνει το 300 , αρκεί να αυξήσουμε το throttling range στους θερμοστάτες των χώρων στους οποίους παρατηρείται η συγκέντρωση των ωρών αυτών . Εκτός αυτού , παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου σε κιλοβατώρες και θερμίδες ανά δραστηριότητα και συνολικά .

REPORT- BEPU Building Utility Performance													WEATHER FILE- EPW ATHENS, -,GRC	
	LIGHTS	TASK LIGHTS	MISC EQUIP	SPACE HEATING	SPACE COOLING	HEAT REJECT	PUMPS & AUX	VENT FANS	REFRIG DISPLAY	HT PUMP SUPPLEM	DOMEST HOT WTR	EXT USAGE	TOTAL	
EM1 ELECTRICITY KWH	9096.	0.	8365.	86.	8797.	0.	959.	2748.	0.	0.	0.	0.	30052.	
FM1 NATURAL-GAS THERM	0.	0.	265.	328.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	75.	0.	668.	
TOTAL ELECTRICITY	30052. KWH		6.544 KWH		/SQFT-YR GROSS-AREA		6.544 KWH		/SQFT-YR NET-AREA					
TOTAL NATURAL-GAS	668. THERM		0.146 THERM		/SQFT-YR GROSS-AREA		0.146 THERM		/SQFT-YR NET-AREA					
PERCENT OF HOURS ANY SYSTEM ZONE OUTSIDE OF THROTTLING RANGE =	5.36													
PERCENT OF HOURS ANY PLANT LOAD NOT SATISFIED =	0.00													
HOURS ANY ZONE ABOVE COOLING THROTTLING RANGE =	140													
HOURS ANY ZONE BELOW HEATING THROTTLING RANGE =	0													
NOTE: ENERGY IS APPORTIONED HOURLY TO ALL END-USE CATEGORIES.														

Ετήσιες καταναλώσεις και σύνολο ωρών εκτός φορτίου , eQuest

• SS-J

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο , παρουσιάζονται οι τιμές των φορτίων ψύξης και θέρμανσης των στοιχείων ανά ώρα την ημέρα κατά την οποία παρατηρείται η μέγιστη τους τιμή. Για λόγους πληρότητας , αναγράφονται και οι τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βολβού . Στην παρούσα μελέτη , η ημέρα κατά την οποία παρατηρείται το μέγιστο ψυκτικό φορτίο είναι η 27^η Αυγούστου στις 2 το μεσημέρι και το μέγιστο θερμικό φορτίο την 16^η Φεβρουαρίου στις 9 το πρωί .

HOUR	AUG 27				FEB 16			AUG 7			
	HOURLY COOLING LOAD (KBTU)	SENSIBLE HEAT RATIO	DRY-BULB TEMP	WET-BULB TEMP	HOURLY HEATING LOAD (KBTU)	DRY-BULB TEMP	WET-BULB TEMP	HOURLY COOLING LOAD (KBTU)	SENSIBLE HEAT RATIO	DRY-BULB TEMP	WET-BULB TEMP
1	0.000	0.000	75.F	70.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	79.F	70.F
2	0.000	0.000	74.F	69.F	0.000	43.F	38.F	0.000	0.000	77.F	68.F
3	0.000	0.000	73.F	68.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	77.F	68.F
4	0.000	0.000	73.F	67.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	77.F	69.F
5	0.000	0.000	72.F	66.F	0.000	42.F	37.F	0.000	0.000	76.F	69.F
6	0.000	0.000	74.F	66.F	0.000	41.F	36.F	0.000	0.000	78.F	70.F
7	29.836	0.701	75.F	67.F	0.000	41.F	36.F	84.656	0.650	80.F	70.F
8	129.402	0.693	77.F	68.F	-75.441	41.F	38.F	182.877	0.683	82.F	70.F
9	162.945	0.656	80.F	70.F	-134.051	39.F	36.F	198.399 *	0.677	85.F	72.F
10	192.136	0.632	84.F	73.F	-113.028	41.F	38.F	212.229 *	0.662	87.F	73.F
11	208.759	0.621	88.F	75.F	-101.232	43.F	39.F	218.650	0.666	90.F	74.F
12	181.757	0.706	89.F	72.F	-98.786	43.F	39.F	216.240	0.666	91.F	75.F
13	167.780	0.810	90.F	70.F	-94.897	43.F	38.F	225.582	0.659	92.F	75.F
14	254.779	0.542	90.F	80.F	-80.416	45.F	39.F	229.631	0.667	94.F	76.F
15	218.497 *	0.619	90.F	77.F	-78.432	43.F	37.F	229.571 *	0.654	92.F	76.F
16	194.124	0.703	90.F	73.F	-80.177	43.F	37.F	220.548 *	0.633	89.F	75.F
17	0.000	0.000	90.F	70.F	-80.628	45.F	38.F	0.000	0.000	87.F	75.F
18	0.000	0.000	88.F	68.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	85.F	74.F
19	0.000	0.000	86.F	67.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	83.F	74.F
20	0.000	0.000	84.F	66.F	0.000	43.F	38.F	0.000	0.000	81.F	73.F
21	0.000	0.000	83.F	65.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	80.F	73.F
22	0.000	0.000	83.F	65.F	0.000	43.F	38.F	0.000	0.000	80.F	72.F
23	0.000	0.000	82.F	64.F	0.000	44.F	39.F	0.000	0.000	79.F	72.F
24	0.000	0.000	80.F	64.F	0.000	43.F	37.F	0.000	0.000	79.F	72.F
SUM											
MAX	254.779				-134.051			2018.382			

Τιμές μεγίστων φορτίων ανά ώρα , eQuest

• LS-C

Σε αντίθεση με το προηγούμενο κεφάλαιο , εδώ αποτυπώνονται τα μέγιστα φορτία του κτιρίου , δίχως να περιλαμβάνονται τα φορτία λόγω εισαγωγής νωπού αέρα μέσα στο κτίριο . Τα φορτία των στοιχείων αποτελούνται από το άθροισμα των φορτίων του κτιρίου , της ανανέωσης αέρα και ορισμένων απώλειων που εμφανίζονται κυρίως στις σωληνώσεις προσαγωγής του νερού στα fan coils .

	SENSIBLE		LATENT		SENSIBLE	
	(KBTU/H)	(KW)	(KBTU/H)	(KW)	(KBTU/H)	(KW)
WALL CONDUCTION	2.053	0.601	0.000	0.000	-2.227	-0.653
ROOF CONDUCTION	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WINDOW GLASS+FRM COND	22.155	6.491	0.000	0.000	-13.385	-3.922
WINDOW GLASS SOLAR	25.289	7.410	0.000	0.000	2.632	0.771
DOOR CONDUCTION	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
INTERNAL SURFACE COND	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
UNDERGROUND SURF COND	0.345	0.101	0.000	0.000	-2.097	-0.614
OCCUPANTS TO SPACE	14.962	4.384	14.404	4.221	0.391	0.115
LIGHT TO SPACE	7.184	2.105	0.000	0.000	0.499	0.146
EQUIPMENT TO SPACE	4.623	1.354	3.264	0.956	0.195	0.057
PROCESS TO SPACE	6.529	1.913	0.000	0.000	0.364	0.107
INFILTRATION	10.921	3.200	0.000	0.000	-10.914	-3.198
TOTAL	94.060	27.560	17.668	5.177	-24.544	-7.191
TOTAL / AREA	0.020	0.065	0.004	0.012	-0.005	-0.017
TOTAL LOAD	111.728 KBTU/H		32.736 KW		-24.544 KBTU/H	
TOTAL LOAD / AREA	24.33 BTU/H.SQFT		76.736 W/M2		5.345 BTU/H.SQFT	
					-7.191 KW	
					16.857 W/M2	

Μέγιστα φορτία κτιρίου , eQuest

• SS-O

Η χρησιμότητα της ενότητας αυτής είναι να μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις τιμές της θερμοκρασίας όλων των θερμικών ζωνών για κάθε ώρα της ημέρας και για όλο το έτος .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

TOTAL HOURS AT TEMPERATURE LEVEL AND TIME OF DAY																									
HOURL	1AM	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1PM	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
ABOVE 85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-85	0	0	0	0	0	0	64	15	20	27	37	42	48	50	51	44	1	0	0	0	0	0	0	0	399
75-80	0	0	0	0	0	0	58	26	31	29	24	26	28	37	34	34	9	0	0	0	0	0	0	0	336
70-75	0	0	0	0	0	0	20	26	20	29	43	45	45	42	42	47	31	0	0	0	0	0	0	0	390
65-70	0	0	0	0	0	0	20	151	190	176	157	148	140	132	134	136	50	0	0	0	0	0	0	0	1434
60-65	0	0	0	0	0	0	8	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
BELOW 60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Αριθμός ωρών για τις οποίες η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ ενός ορίου , eQuest

- **SS-K**

Τέλος , στο σημείο αυτό καταγράφονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του κτιρίου αναφορικά με τις ώρες θέρμανσης ή ψύξης για ολόκληρο το εικοσιτετράωρο . Επιπλέον , υπολογίζονται οι διαφορές των τιμών της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμοκρασίας για τις ώρες που οι ζώνες κλιματίζονται αλλά και για όλες τις ώρες της ημέρας .

MONTH	AVERAGE SPACE TEMP					AVERAGE TEMPERATURE DIFFERENCE BETWEEN OUTDOOR& ROOM AIR			SUMMED TEMP DIFFERENCE BETWEEN OUTDOOR& ROOM AIR	
	ALL HOURS (F)	COOLING HOURS (F)	HEATING HOURS (F)	FAN ON HOURS (F)	FAN OFF HOURS (F)	ALL HOURS (F)	BETWEEN OUTDOOR& ROOM AIR FAN ON HOURS (F)	BETWEEN OUTDOOR& ROOM AIR FAN OFF HOURS (F)	HEATING HOURS (F)	ALL HOURS (F)
JAN	69.62	71.25	71.23	71.23	68.94	-18.34	-17.73	-18.59	162.48	568.41
FEB	69.01	71.23	71.19	71.17	68.10	-19.75	-18.65	-20.21	155.06	552.90
MAR	71.21	71.87	71.86	71.83	70.94	-18.69	-17.65	-19.13	160.66	579.54
APR	75.81	75.26	72.89	75.26	76.06	-16.68	-13.45	-18.09	59.66	500.25
MAY	80.86	78.36	78.79	78.36	81.84	-13.57	-8.26	-15.65	3.21	421.51
JUN	82.82	77.81	80.64	77.81	85.03	-6.53	1.74	-10.16	0.93	264.31
JUL	84.40	78.21	0.00	78.21	87.18	-3.27	5.63	-7.26	0.00	226.29
AUG	84.84	78.28	0.00	78.28	87.42	-3.17	6.82	-7.10	0.00	233.89
SEP	83.89	79.75	80.11	79.75	85.71	-8.88	-2.63	-11.63	3.66	291.79
OCT	80.93	79.71	77.85	79.71	81.44	-14.44	-10.26	-16.20	4.37	447.73
NOV	73.29	73.90	72.59	73.90	73.04	-15.19	-12.32	-16.37	74.81	455.71
DEC	69.11	71.39	71.39	71.36	68.11	-17.56	-16.66	-17.97	159.00	544.51
ANNUAL	77.20	75.61	71.82	75.58	77.88	-12.96	-8.56	-14.83	783.83	5086.84

Μέσες τιμές θερμοκρασιών χώρου , eQuest

Στην συνέχεια , θα παρουσιαστούν σε διαγράμματα τα μέγιστα ψυκτικά και θερμικά φορτία για κάθε μήνα του έτους . Στα συγκεκριμένα διαγράμματα , θα συμπεριληφθούν και τα φορτία λόγω ανανέωσης αέρα τα οποία είναι ιδιαίτερα υψηλά , γεγονός το οποίο οφείλεται στις μεγάλες παροχές εισαγωγής νωπού αέρα σε κάθε νοσοκομείο για ευνόητους λόγους υγιεινής .



Μέγιστα ψυκτικά φορτία ανά μήνα



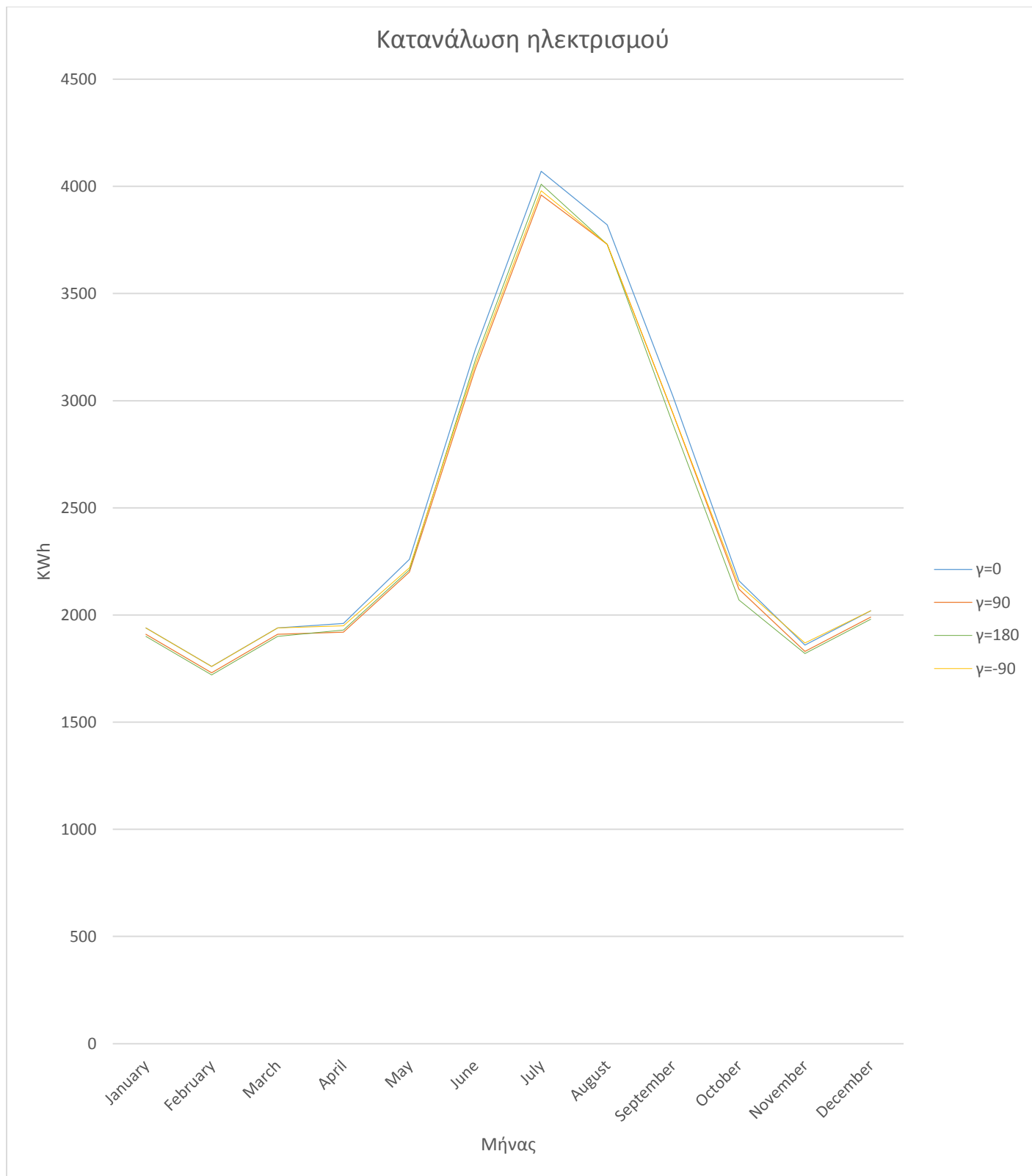
Μέγιστα θερμικά φορτία ανά μήν

6. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

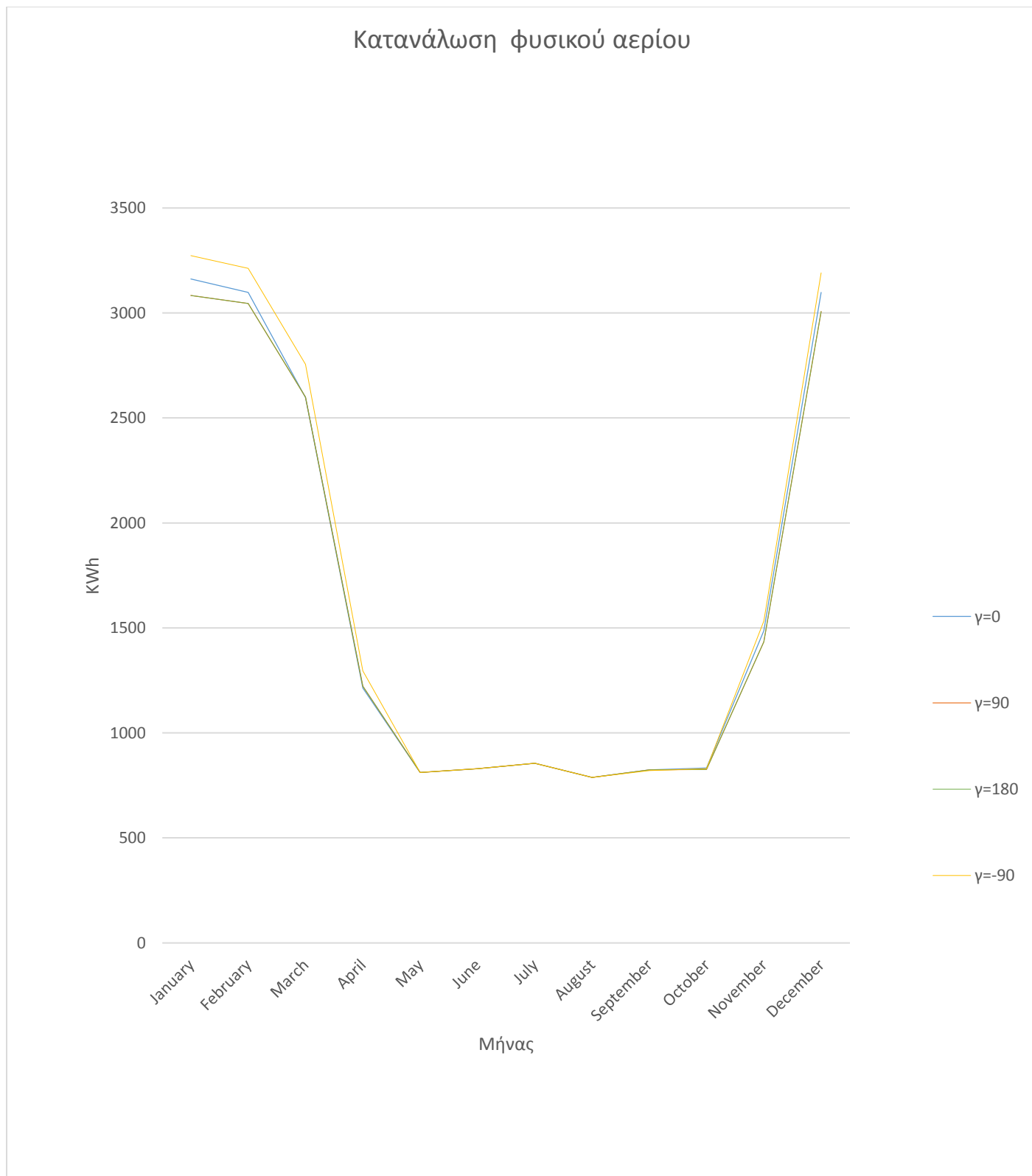
Έχει γίνει φανερό ότι η θέρμανση και η ψύξη ενός κτιρίου αποτελούν δύο από τις κυριότερες παραμέτρους που διαμορφώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου . Τα φορτία θέρμανσης και ψύξης είναι άμεσα εξαρτώμενα από ένα πλήθος παραγόντων και για τον λόγο αυτό καθίσταται αναγκαία η διερεύνηση της της επίδρασης που έχει η κάθε μία σε αυτά . Στην παρούσα εργασία , θα διερευνηθεί ο προσανατολισμός του κτιρίου , ο τύπος των κουφωμάτων , η διείσδυση αέρα καθώς και η πυκνότητα φωτισμού .

6.1 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

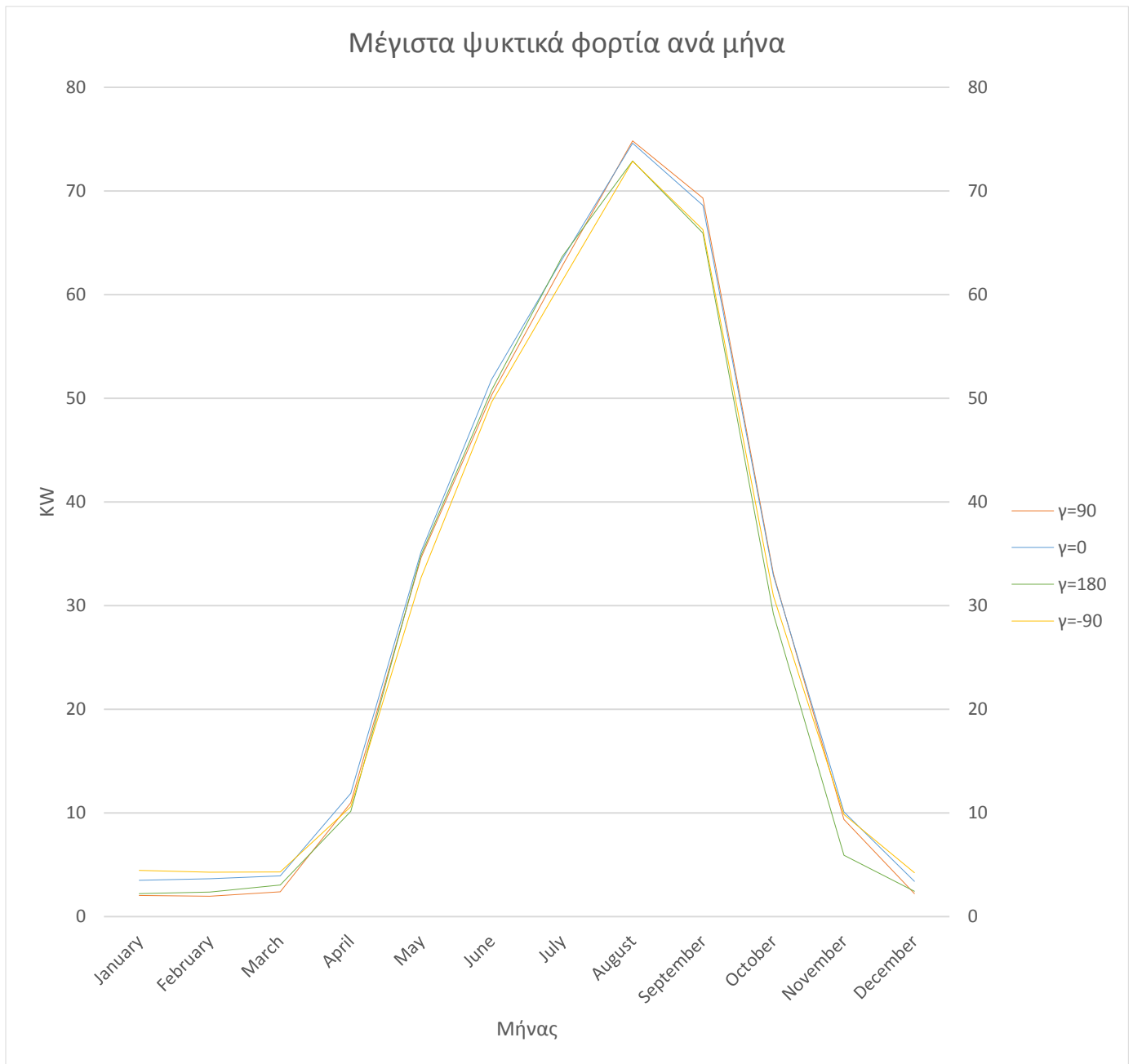
Ο προσανατολισμός του κτιρίου έχει άμεσο αντίκτυπο στις ενεργειακές καταναλώσεις του , καθώς διαμορφώνει σε κάποιο βαθμό τα θερμικά και ψυκτικά φορτία των θερμικών ζωνών . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε κάθε κατεύθυνση είναι διαφορετική. Όταν μεταβάλλεται ο προσανατολισμός του κτιρίου , μεταβάλλεται και η συνολική εκτεθειμένη επιφάνεια των υαλοπινάκων και των δομικών στοιχείων σε κάθε κατεύθυνση . Η αλλαγή του προσανατολισμού θα πραγματοποιηθεί με την μεταβολή της γωνίας γ , η οποία αποτελεί το αζιμούθιο μίας επιφάνειας . Για τον νότο η γωνία γ παίρνει τιμή ίση με 0° , για την δύση 90° , για τον βορρά 180° και για την ανατολή -90° . Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η μεταβολή των ενεργειακών καταναλώσεων και των μέγιστων φορτίων για τις τέσσερις αυτές τιμές του αζιμουθίου .



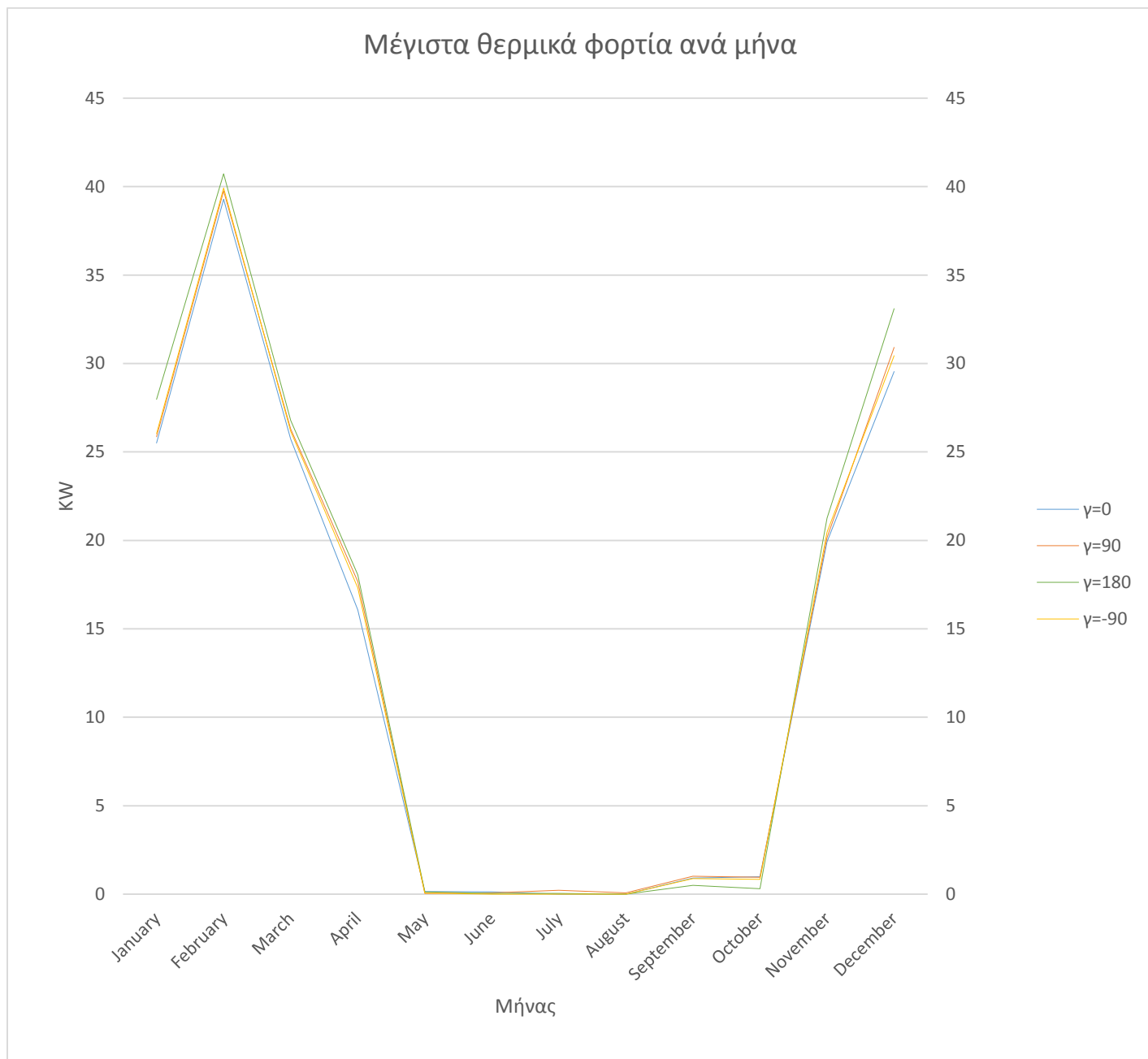
Μεταβολή κατανάλωσης ηλεκτρισμού



Μεταβολή κατανάλωσης φυσικού αερίου



Μεταβολή μεγίστων ψυκτικών φορτίων



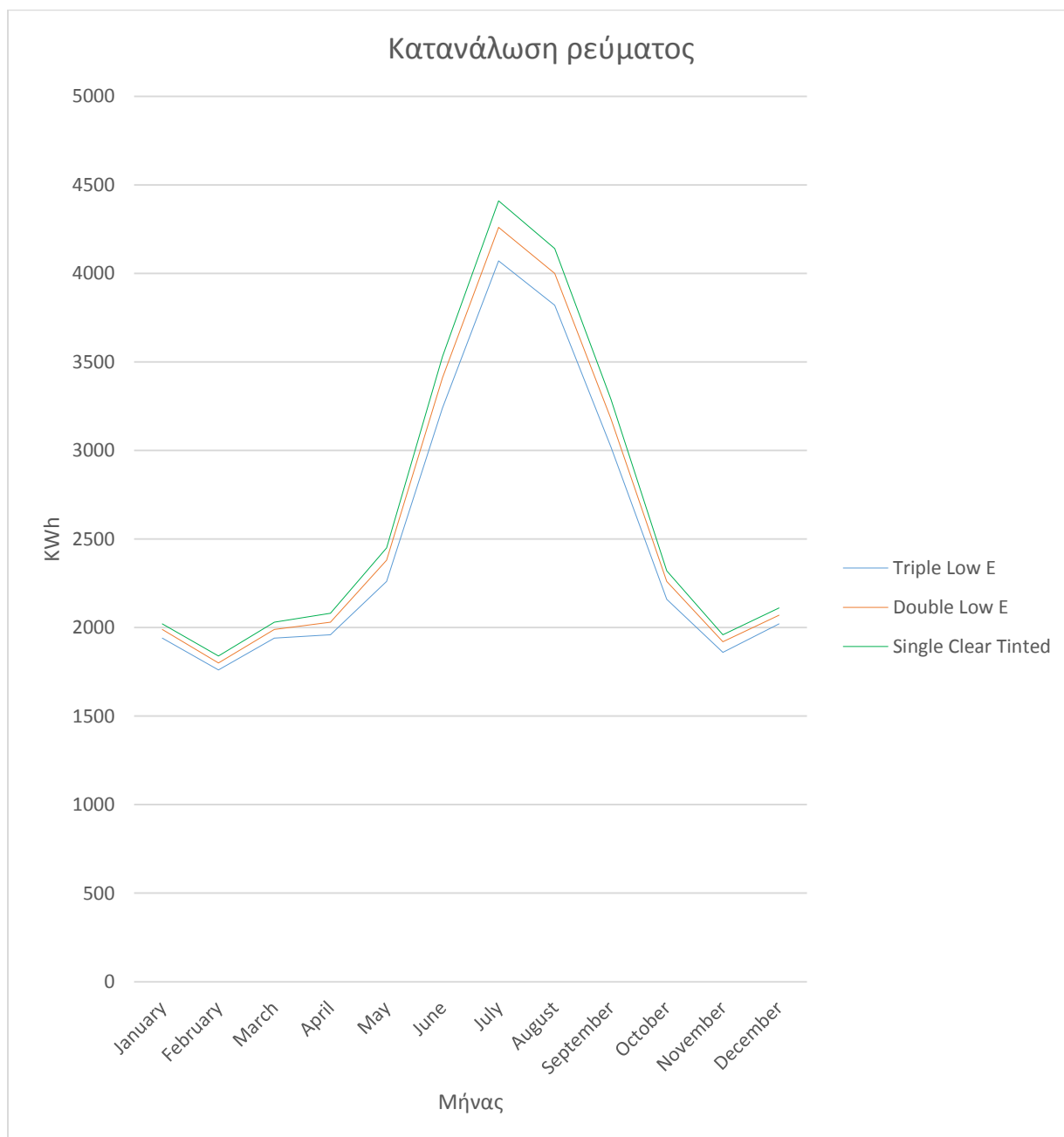
Μεταβολή μεγίστων θερμικών φορτίων

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται φανερό ότι ο προσανατολισμός του κτιρίου έχει μικρή επίδραση στην διαμόρφωση των μεγίστων φορτίων και των ενεργειακών καταναλώσεων . Η μέγιστη μεταβολή των φορτίων είναι της τάξεως του 2,3% ενώ η μέγιστη ετήσια διακύμανση στις δαπάνες κυμαίνεται κοντά στα 140€ .

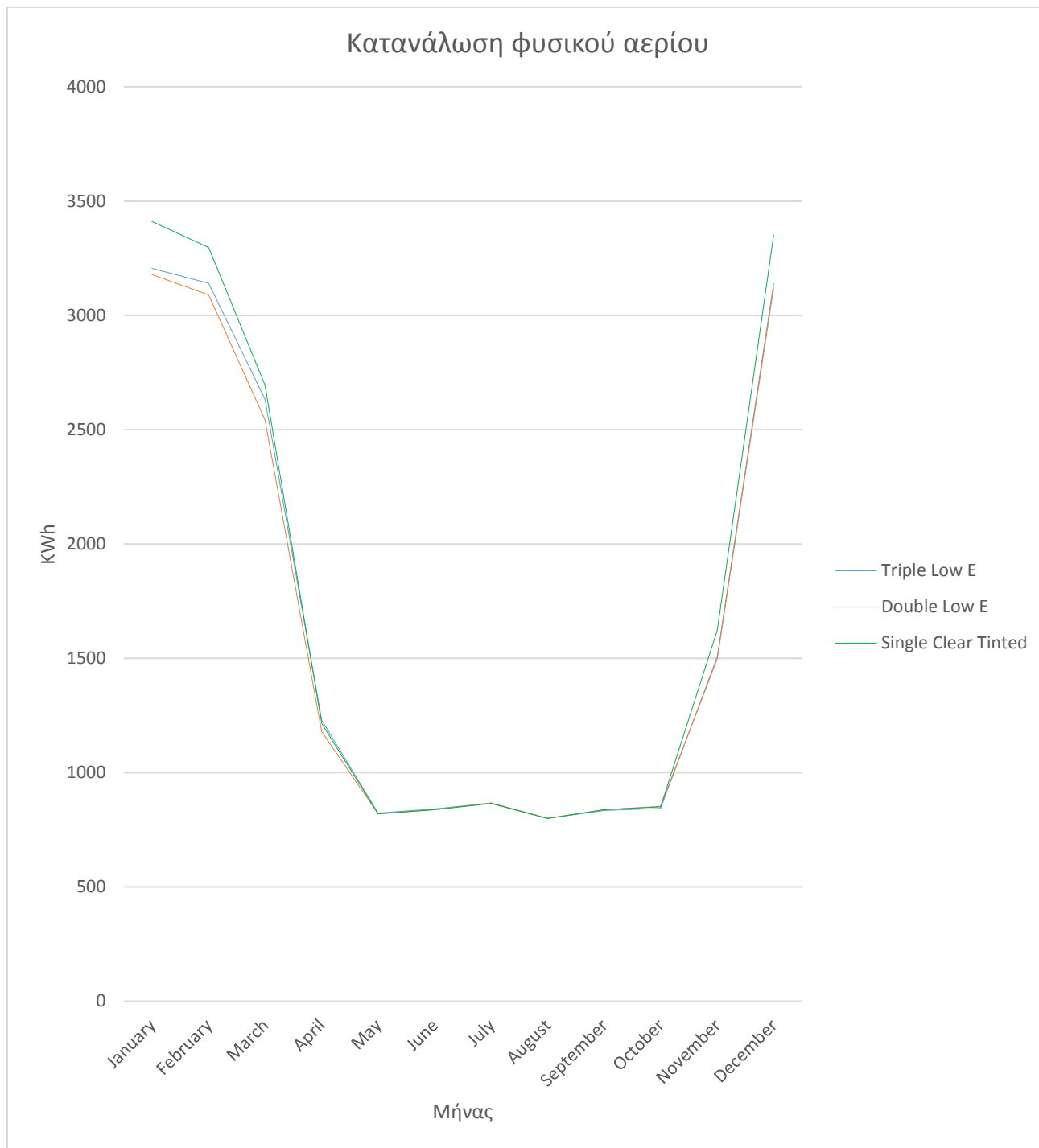
6.2 ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Η παρουσία και μόνο ενός υαλοπίνακα στο σύνορο μιας θερμικής ζώνης με το εξωτερικό περιβάλλον έχει μεγάλο αντίκτυπο στην διαμόρφωση των φορτίων του χώρου . Η μεταφορά θερμότητας μέσω ενός υαλοπίνακα αποτελείται από δύο συνιστώσες . Η μία είναι η θερμορροή λόγω διαφοράς εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας μέσω αγωγής και η δεύτερη είναι η μετάδοση θερμότητας δια ακτινοβολίας εφόσον ο υαλοπίνακας δέχεται ηλιακή ακτινοβολία . Ένας τρόπος για να μειωθεί η μετάδοση θερμότητας δια αγωγής είναι να χρησιμοποιήσουμε δύο ή και περισσότερα στρώματα υαλοπίνακα μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αέρας ώστε να μειωθεί η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του κουφώματος . Στην αρχική μελέτη που πραγματοποιήθηκε , εγκαταστάθηκαν υαλοπίνακες τύπου Triple Low E (επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής) , οι οποίοι όπως ήδη έχει αναφερθεί διαθέτουν τρεις υαλοπίνακες μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται κενά αέρος και που στην πλευρά του ενός υπάρχει επίστρωση μεταλλικών οξειδίων η οποία λειτουργεί ως μονωτικό . Πρόκειται να πραγματοποιηθεί παραμετρική μελέτη τοποθετώντας απλούς

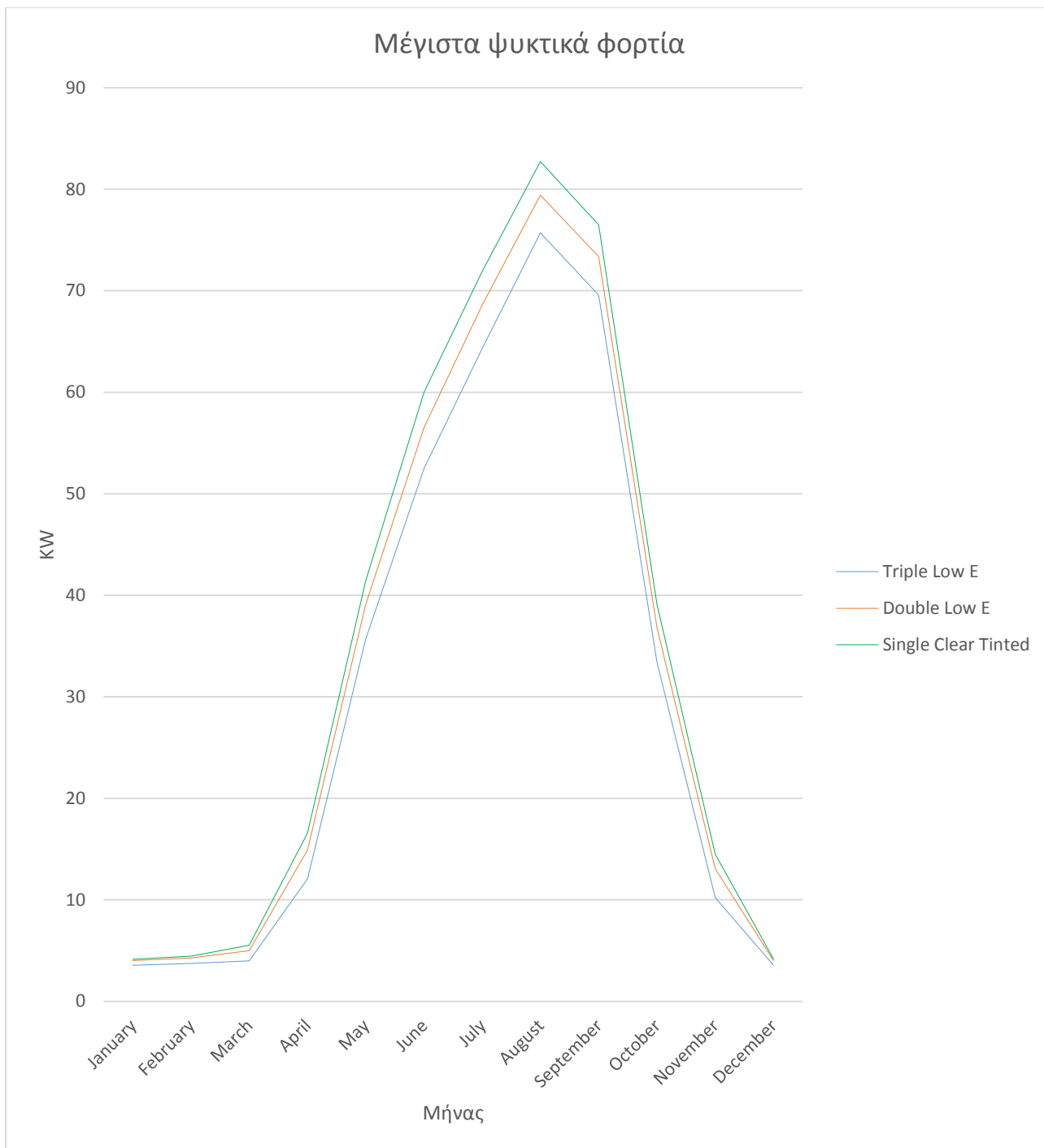
μονούς υαλοπίνακες (Single Clear Tinted) και διπλούς χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Double Low E) . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω .



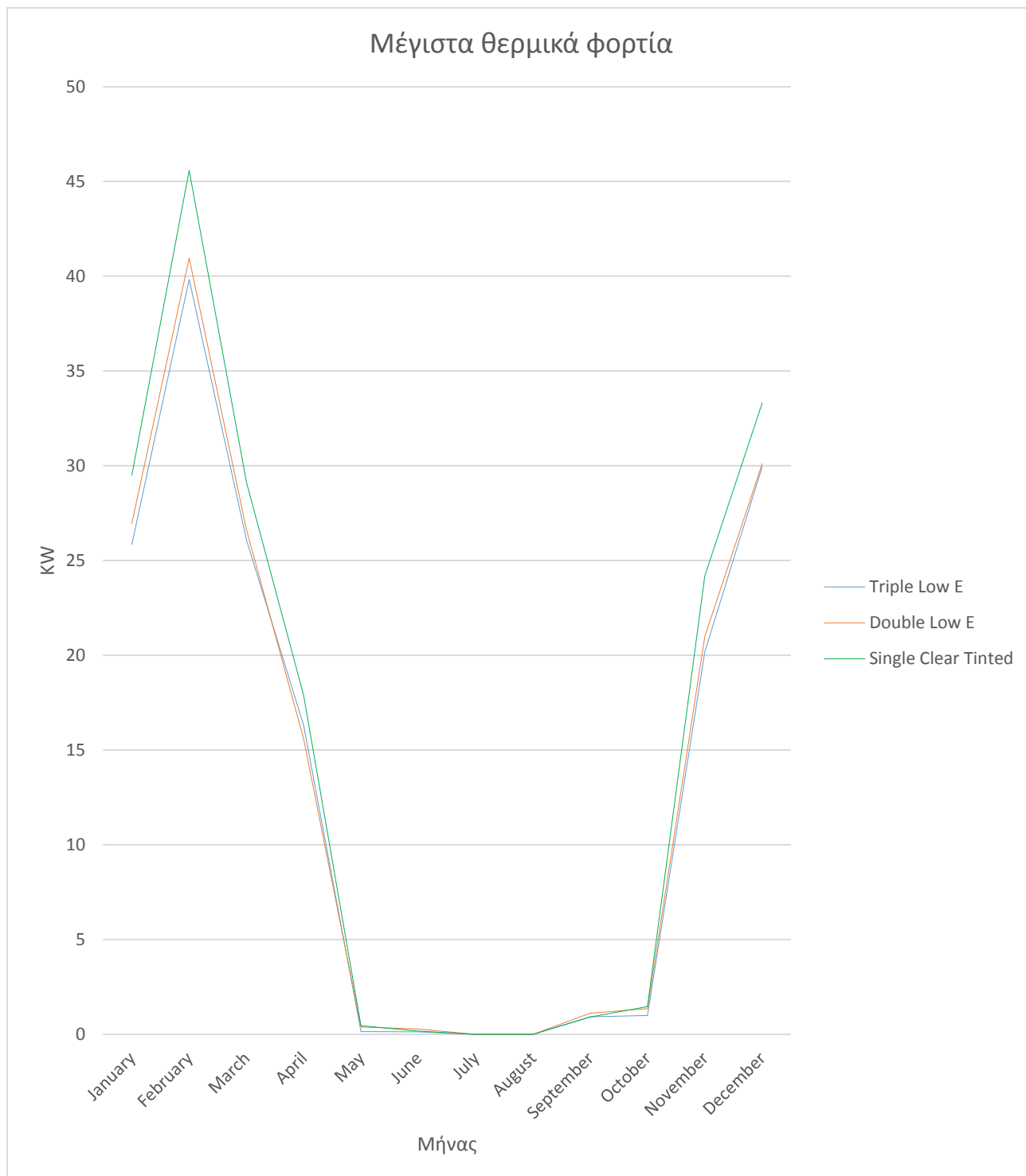
Μεταβολή κατανάλωσης ηλεκτρισμού



Μεταβολή κατανάλωσης φυσικού αερίου



Μεταβολή μεγίστων ψυκτικών φορτίων

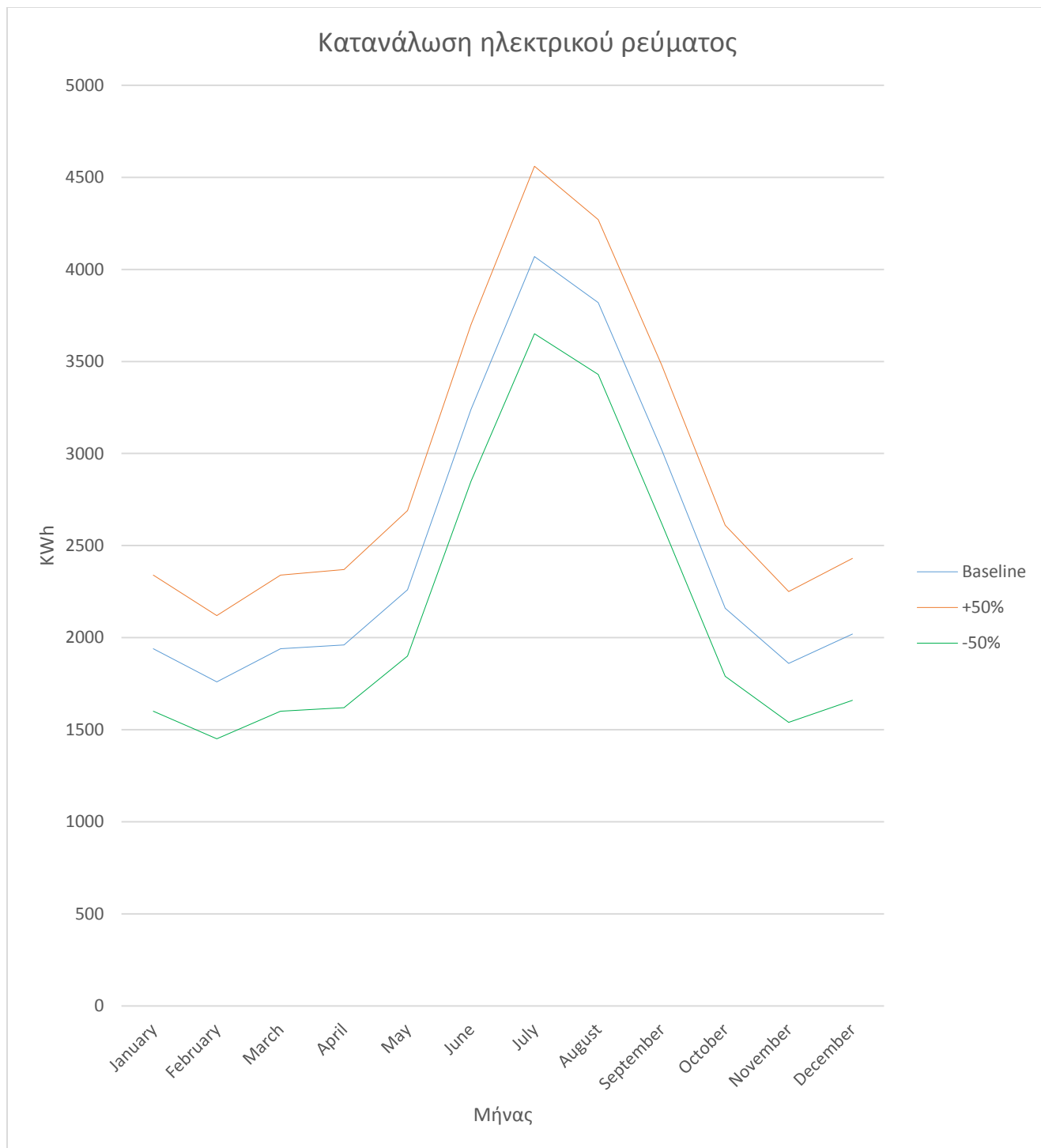


Μεταβολή μεγίστων θερμικών φορτίων

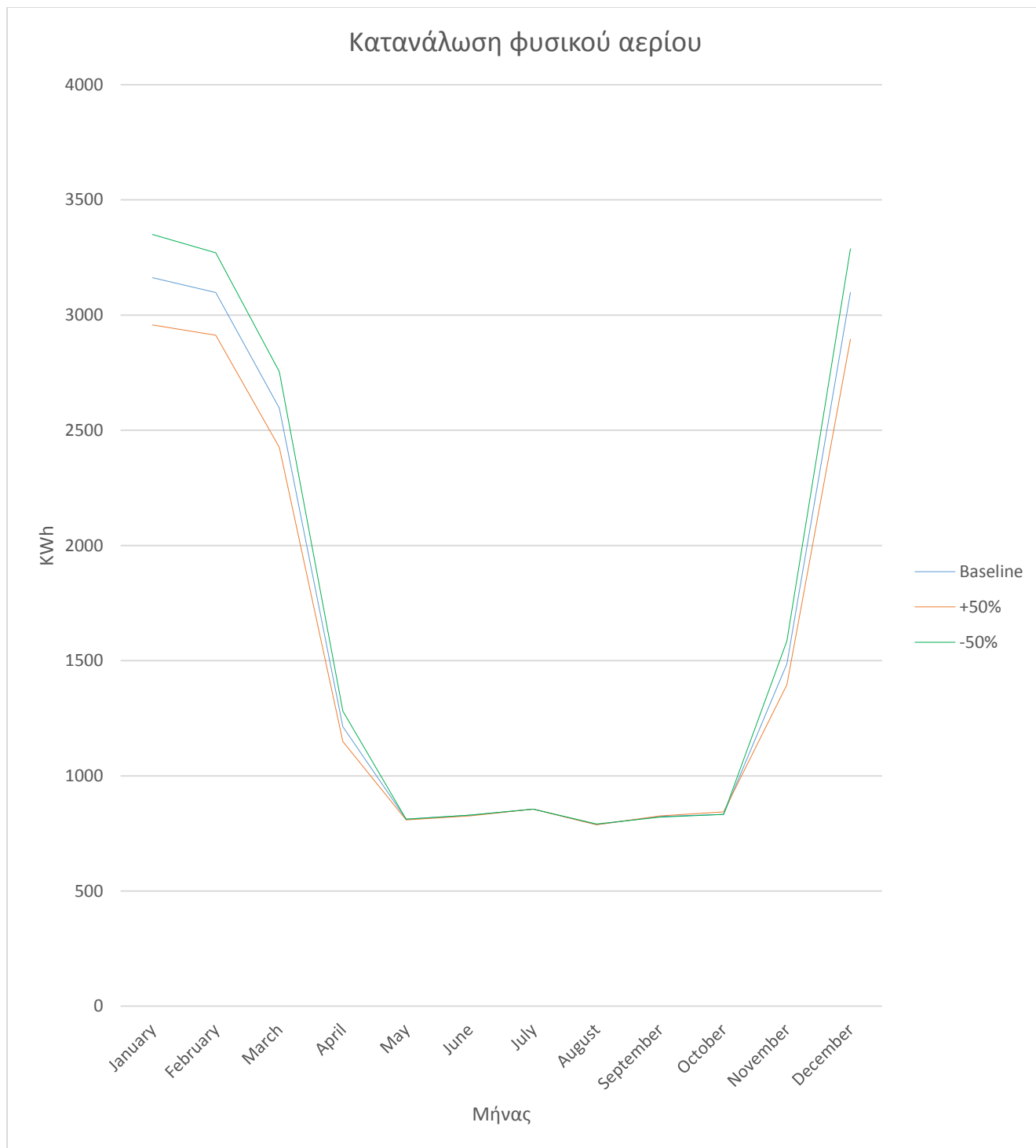
Γίνεται αντιληπτό ότι η χρήση διπλού και τριπλού επιλεκτικού υαλοπίνακα χαμηλού συντελεστή εκπομπής βελτιώνει αισθητά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου . Πιο συγκεκριμένα , η τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα έναντι ενός απλού μονού μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση κατα 3,53% και προσφέρει μείωση στις ετήσιες δαπάνες της τάξεως των 190€ ενώ η τοποθέτηση τριπλού 5,43% με ετήσια οφέλη της τάξεως των 350€ .

6.3 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

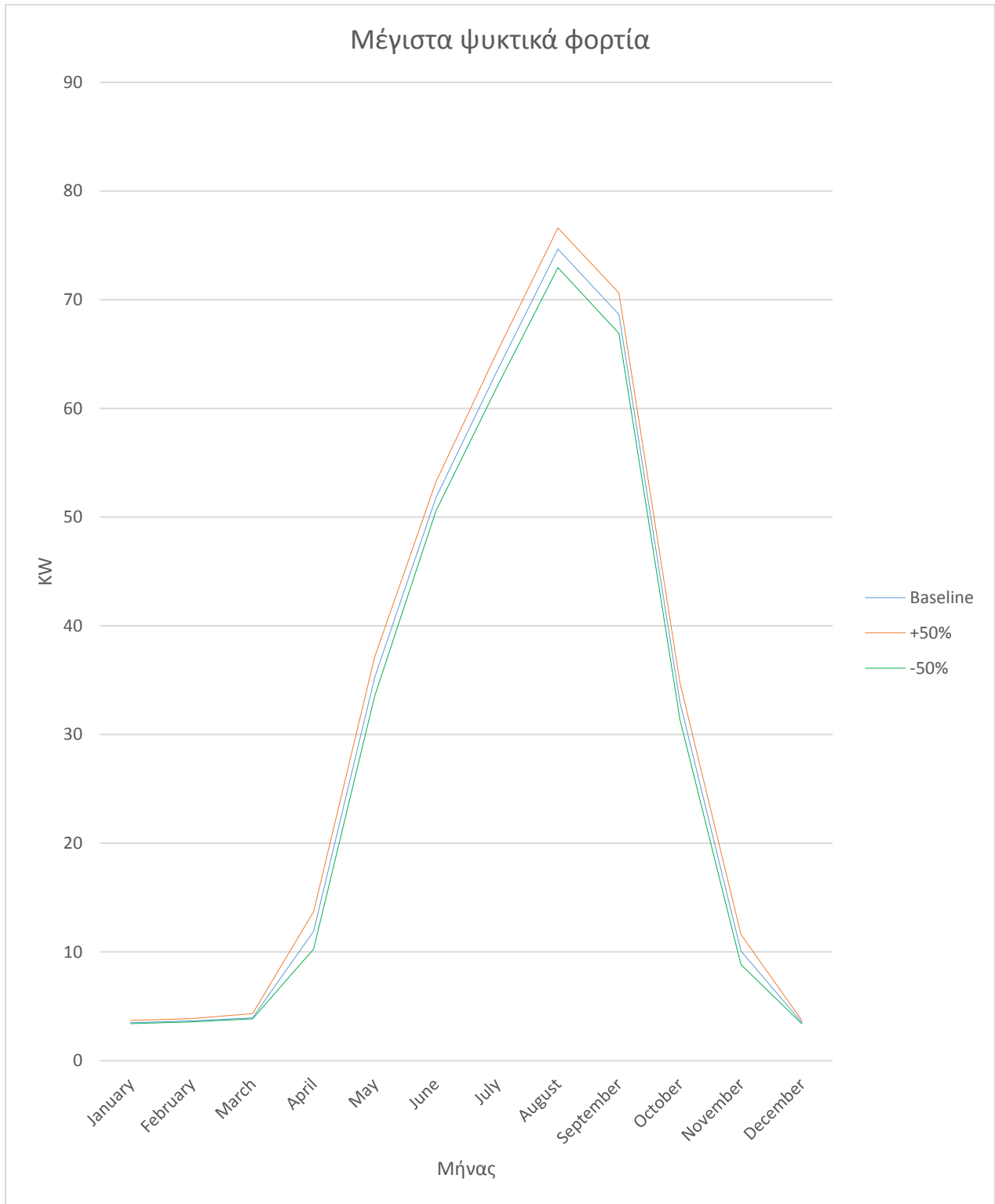
Ο φωτισμός μέσα σε ένα κτίριο δεν επιδρά μόνο άμεσα στην ενεργειακή του κατανάλωση αλλά και έμμεσα καθώς η ακτινοβολία που εκπέμπεται απορροφάται από τους τοίχους , το δάπεδο και την επίπλωση του χώρου με αποτέλεσμα την θέρμανση τους . Όταν η θερμοκρασία τους γίνει μεγαλύτερη από αυτή του χώρου, τότε μέρος της θερμότητας αυτής μεταφέρεται δια συναγωγής στον χώρο , γεγονός που έχει επίδραση στην διαμόρφωση των φορτίων του χώρου ακόμα και μετά την διακοπή του φωτισμού . Για την διεξαγωγή της παραμετρικής αυτής μελέτης , θα πραγματοποιηθεί αύξηση και ακολούθως μείωση της πυκνότητας του φωτισμού κατά 50% σε σχέση με την τιμή αναφοράς . Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω .



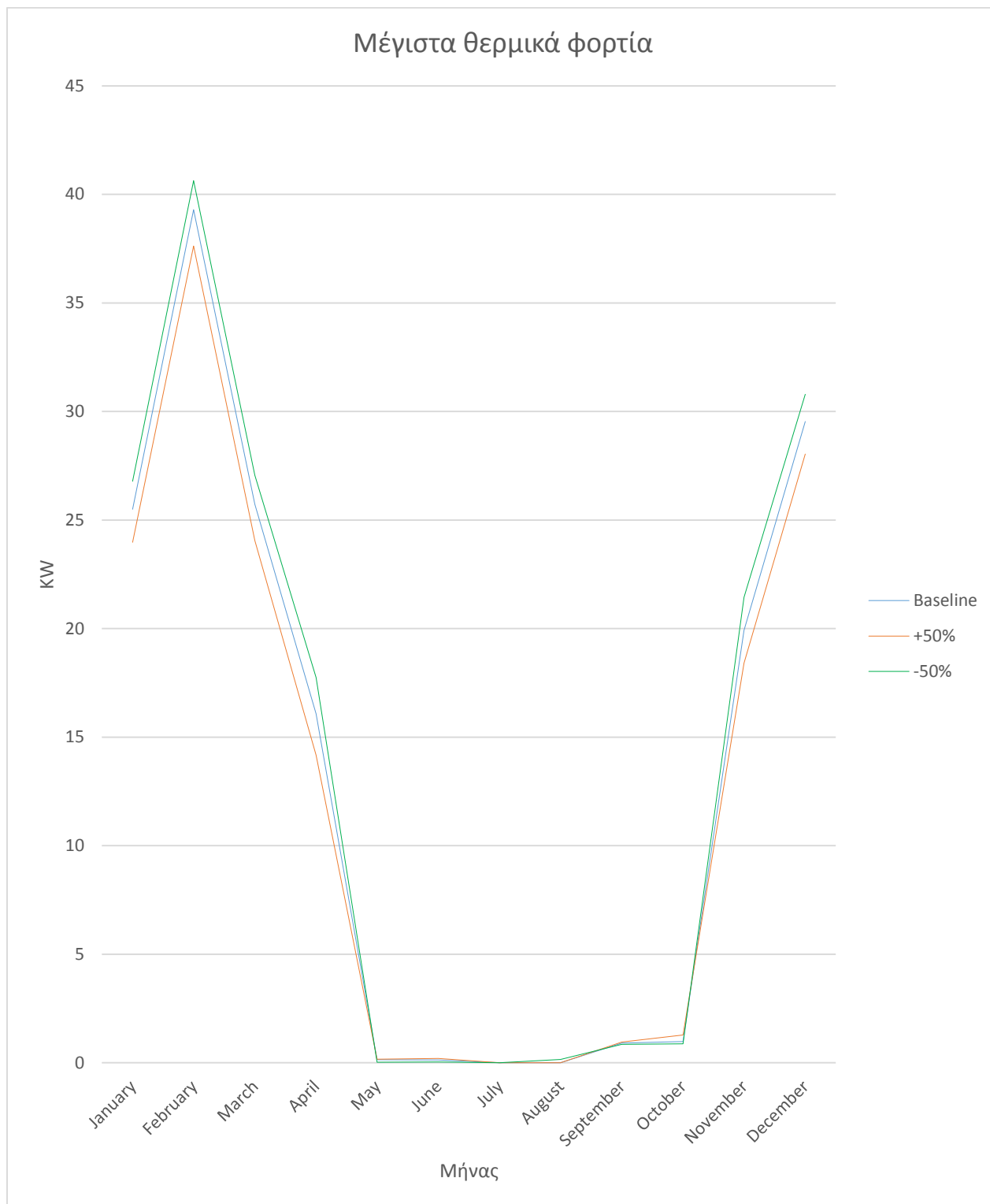
Μεταβολή κατανάλωσης ηλεκτρισμού



Μεταβολή κατανάλωσης φυσικού αερίου



Μεταβολή μεγίστων ψυκτικών φορτίων

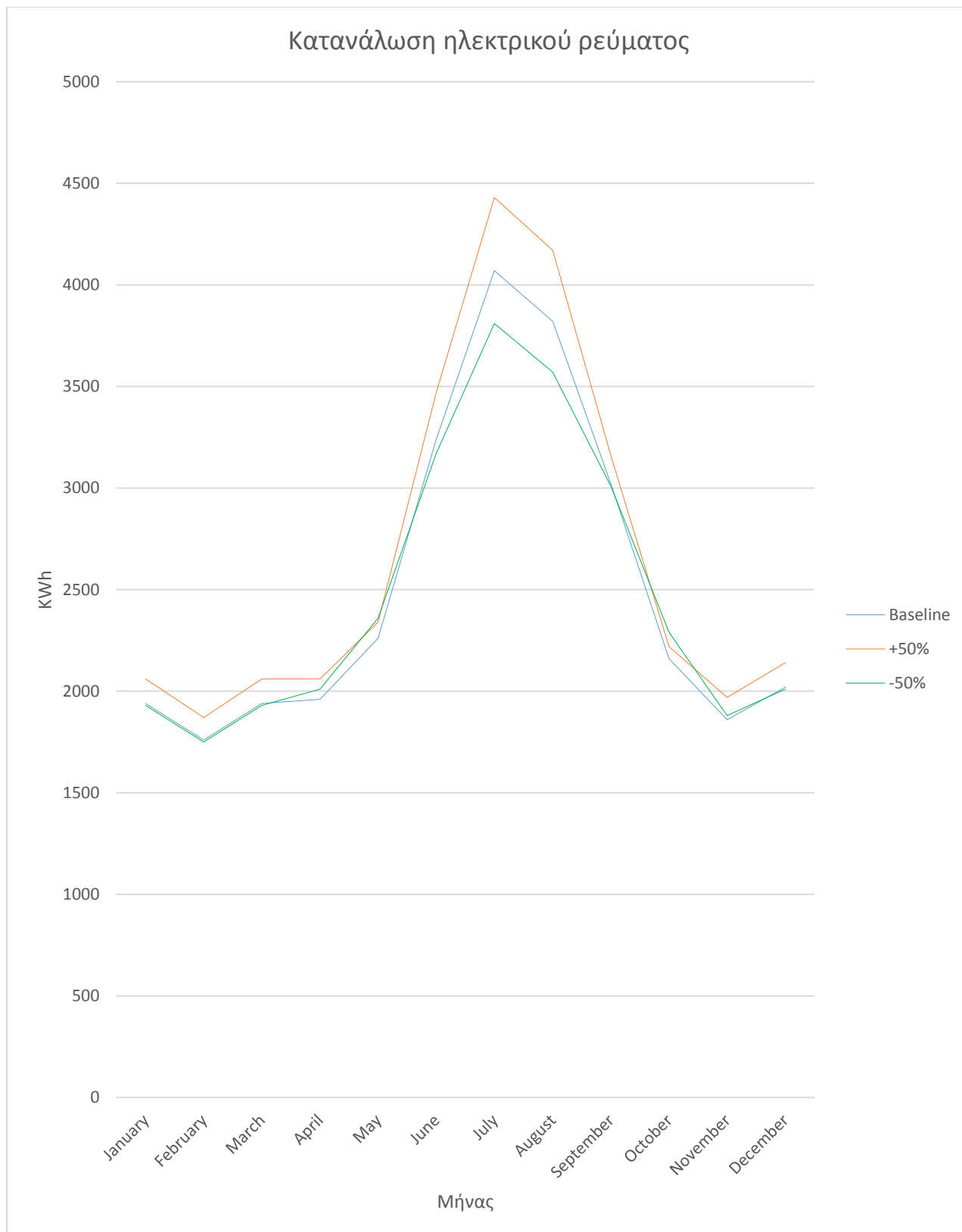


Μεταβολή μεγίστων θερμικών φορτίων

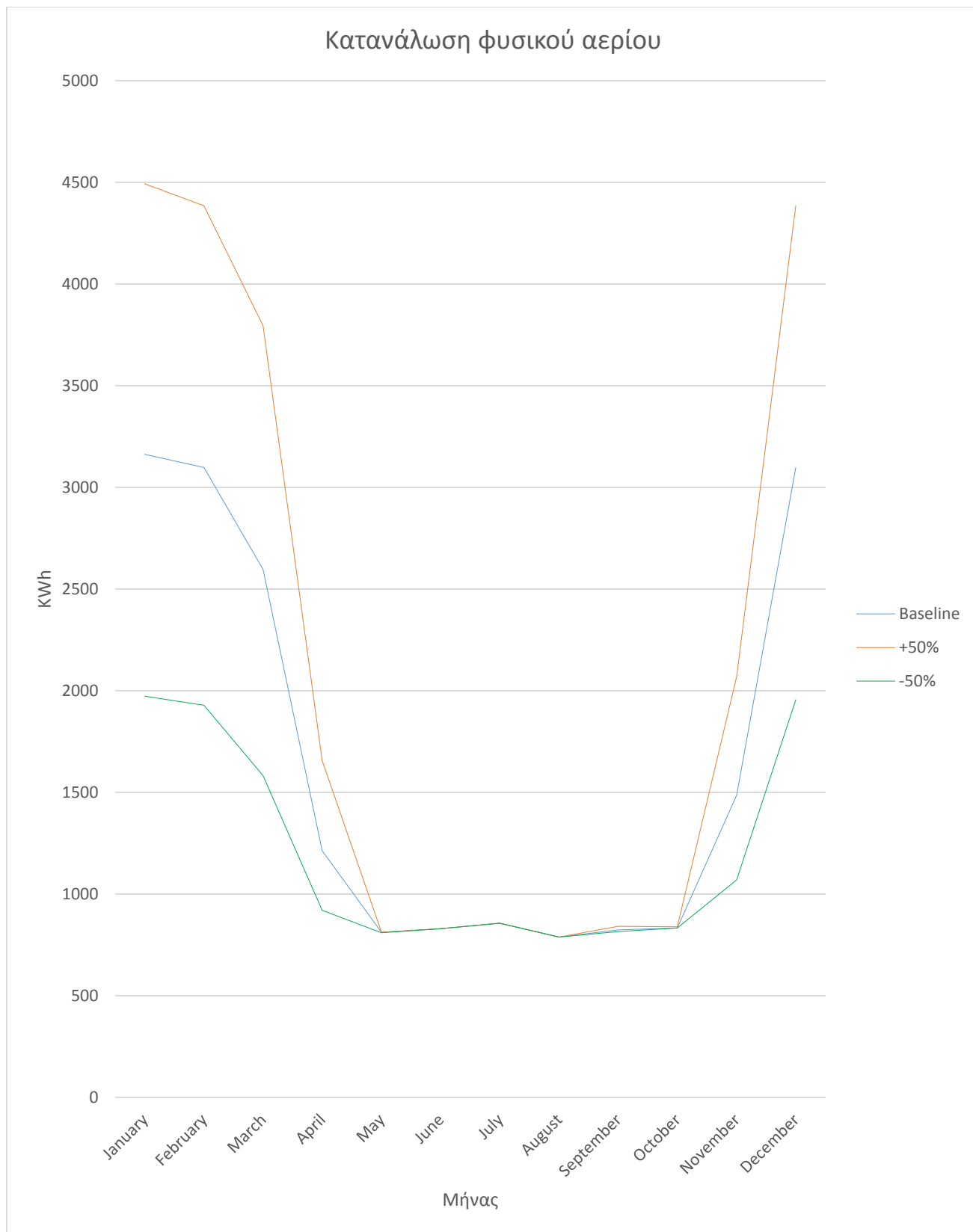
Εκ των άνωθεν διαγραμμάτων , είναι εμφανής η αύξηση των ψυκτικών φορτίων συναρτήσει της αύξησης της πυκνότητας φωτισμού , γεγονός που ήδη αναμέναμε. Παράλληλα , παρατηρείται ‘ανακούφιση’ των θερμικών φορτίων με ταυτόχρονη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης φυσικού αερίου . Βέβαια , η άυξηση στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα η συνολική ενεργειακή κατανάλωση να είναι σαφώς υψηλότερη . Όταν η πυκνότητα φωτισμού μειώνεται κατά 50% και αντίστοιχα αυξάνεται κατά το ίδιο ποσοστό , η μεταβολή των ψυκτικών φορτίων κυμαίνεται από -2.31% ως 2.58% ενώ των θερμικών φορτίων από 3,4% ως -3,4% .

6.4 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΕΡΑ

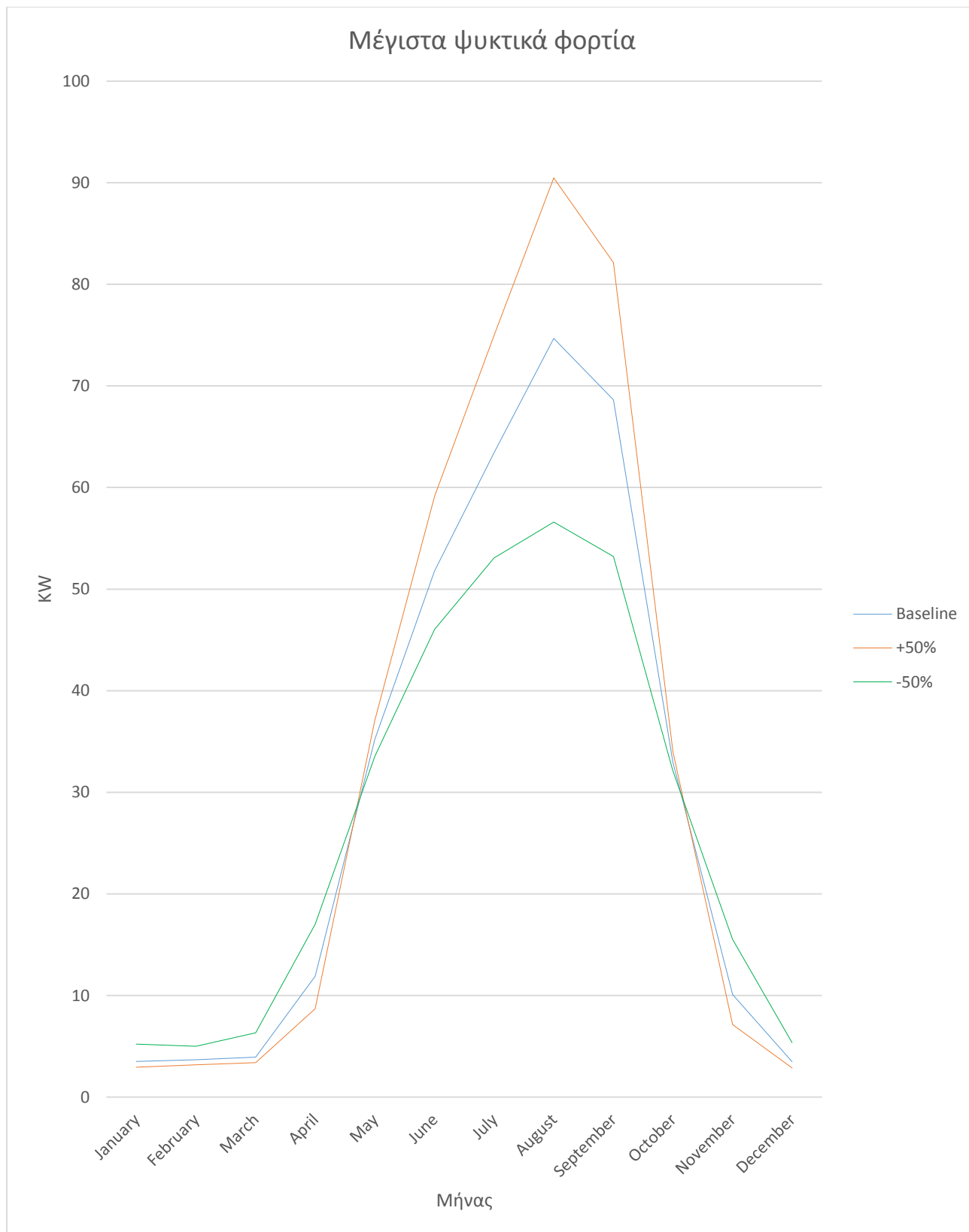
Η εισαγωγή νωπού αέρα είναι μία παράμετρος που παίζει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των φορτίων και της ενεργειακής κατανάλωσης στον τομέα των νοσοκομείων . Ο κίνδυνος διάδοσης μολυσματικών ασθενειών και μικροβίων επιτάσσει την συνεχή ανανέωση του εσωτερικού αέρα με αέρα περιβάλλοντος , ιδιαίτερα σε χώρους όπως τα χειρουργεία , όπου οι ασθενείς είναι αρκετά επιρρεπείς και μια τυχούσα μόλυνση θα μπορούσε να δημιουργήσει σοβαρές επιπλοκές στην υγεία τους . Για να μελετηθεί η επίδραση της ανανέωσης του αέρα στην ανάπτυξη των φορτίων και στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας , θα πραγματοποιηθεί άυξηση των προϋπαρχουσών τιμών της κατά 50% και αντίστοιχα μείωση κατά το ίδιο ποσοστό . Παρακάτω εμφανίζονται τα σχετικά διαγράμματα .



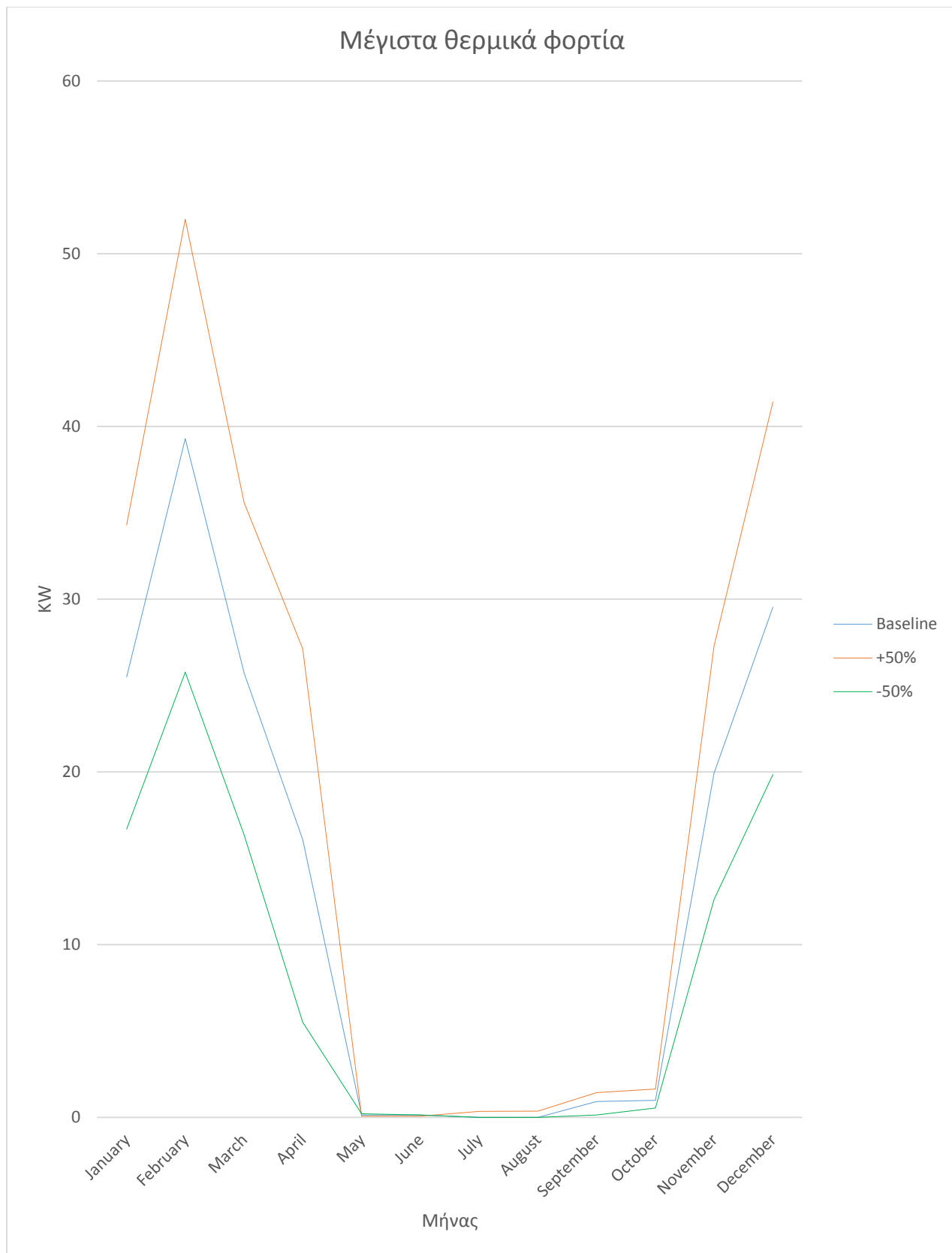
Μεταβολή κατανάλωσης ηλεκτρισμού



Μεταβολή κατανάλωσης φυσικού αερίου



Μεταβολή μεγίστων ψυκτικών φορτίων



Μεταβολή μεγίστων θερμικών φορτίων

Είναι εμφανής η μεγάλη εξάρτηση των φορτίων και των καταναλώσεων από την ποσότητα του νωπού αέρα που εισέρχεται στο κτίριο . Ειδικά στον τομέα των νοσοκομείων , η ανανέωση αέρα είναι η παράμετρος που συμβάλλει περισσότερο από όλες τις άλλες στην αύξηση των συνολικών φορτίων ενός χώρου . Αντίθετα με τις υπόλοιπες παραμέτρους , κατά την πρόσδοση θερμότητας σε ένα χώρο λόγω ανανέωσης αέρα , το ψυκτικό φορτίο ταυτίζεται με το θερμικό κέρδος διότι η προσδιδόμενη θερμότητα παραλαμβάνεται αμέσως από τον αέρα του χώρου . Αναλύοντας τα διαγράμματα , για μείωση 50% των τιμών ανανέωσης του αέρα τα μέγιστα ψυκτικά φορτία μειώνονται κατά 24% και τα θερμικά κατά 34% ενώ για αύξηση των τιμών της κατά το ίδιο ποσοστό , τα ψυκτικά φορτία αυξάνονται 21 % και τα θερμικά 32% . Παρατηρείται ότι τα θερμικά φορτία είναι πιο 'ευάλωτα' στις διακυμάνσεις των τιμών της ανανέωσης αέρα . Οι παραπάνω αλλαγές στα φορτία, μεταφράζονται σε διαφορά δαπανών της τάξεως των 300€ με 600€ ετησίως .

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία , αρχικά παρουσιάστηκε το ενεργειακό πρόβλημα που επικρατεί στην κοινωνία μας καθώς και πως αυτό συνδέεται με το περιβάλλον και τον κτιριακό τομέα . Στη συνέχεια , έγινε η παρουσίαση ορισμένων εκ των δημοφιλέστερων προγραμμάτων προσομοίωσης και επιπλέον του νοσοκομείου που πρόκειται να προσομοιωθεί . Τέλος , αφού έγινε η βήμα προς βήμα επεξήγηση της διαδικασίας προσομοίωσης του κτιρίου, πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη ως προς τους παράγοντες που μεταβάλλουν τις ενεργειακές καταναλώσεις του .

7.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχει γίνει πλέον κοινώς αποδεκτό ότι η ενεργειακή κατάσταση στον κτιριακό τομέα τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο πλανήτη χρήζει άμεσης παρέμβασης η οποία θα αφορά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας . Τα οφέλη από την λήψη των μέτρων αυτών δεν αφορούν μόνο το ίδιο το περιβάλλον αλλά και τον άνθρωπο ως μονάδα καθώς η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων μεταφράζεται σε ελαχιστοποίηση των χρηματικών εξόδων . Για να πραγματοποιηθεί η λήψη των μέτρων αυτών , καθίσταται αναγκαία η ανάπτυξη

μεθόδων οι οποίες θα επιτρέπουν την διενέργεια μελετών και θα στοχεύουν στην βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου . Στον στόχο αυτό συμβάλλουν μεταξύ άλλων και τα προγράμματα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων .

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας λοιπόν , ήταν η λεπτομερής παρουσίαση ενός εκ των προγραμμάτων αυτών , το eQuest . Το πρόγραμμα αυτό περιείχε πληθώρα μοντέλων ενεργειακών συστημάτων , γεγονός που επέτρεπε την αναζήτηση του πιο κατάλληλου για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Διέθετε μεγάλο αριθμό βιβλιοθηκών από δομικά υλικά , τύπους υαλοπινάκων και άλλες παραμέτρους που διαδραματίζουν καθοριστικό στην ανάπτυξη των εσωτερικών φορτίων με αποτέλεσμα να είναι απλή και γρήγορη η μεταξύ τους σύγκριση . Επιπλέον , οι γραφικές του πλατφόρμες είναι επαρκώς ανεπτυγμένες και αρκούν για να προσφέρουν στον χρήστη εποπτικό έλεγχο πάνω στο οικοδόμημα που μελετά . Ένα μειονέκτημα του προγράμματος eQuest που θα μπορούσε κανείς να εντοπίσει είναι η απουσία μοντέλων προσομοίωσης ηλιακών θερμικών συστημάτων , γεγονός που σε κάποιες περιπτώσεις επιβάλλει την επιλογή άλλων προγραμμάτων προσομοίωσης καθώς τα συστήματα αυτά είναι εκτενώς διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται σε αφθονία περιπτώσεων . Ως εκ τούτου , αν και το πρόγραμμα αυτό προσφέρει πολλές δυνατότητες στους μηχανικούς που μελετούν την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου , επιδέχεται περιθώρια βελτίωσης με την προσθήκη νέων συστημάτων που θα δώσουν την ευχέρεια στον χρήστη να εκτελεί παραμετρικές μελέτες έχοντας μεγαλύτερο εύρος επιλογών .

Όσον αφορά τα συμπεράσματα που διεξήχθησαν από την πραγματοποίηση της παραμετρικής μελέτης, παρείχαν ορισμένα πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία τα οποία αφορούν την επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, ο τύπος υαλοπίνακα φαίνεται να μεταβάλλει σε μεγάλο ποσοστό την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Η χρήση διπλού υαλοπίνακα έναντι ενός μονού μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 3,53% και προσφέρει μείωση στις ετήσιες δαπάνες της τάξεως των 190€ ενώ η χρήση τριπλού κατά 5,43% με ετήσια οφέλη της τάξεως των 350€. Παράγοντας που μεταβάλλει επίσης τα ψυκτικά και θερμικά φορτία είναι η ποσότητα νωπού αέρα που εισέρχεται στο κτίριο. Η μείωση κατά 50% των τιμών ανανέωσης του αέρα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των μέγιστων ψυκτικών φορτίων κατά 24% και των θερμικών κατά 34% ενώ για αύξηση των τιμών της κατά 50%, τα ψυκτικά φορτία αυξάνονται 21% και τα θερμικά 32%. Οι παραπάνω αλλαγές στα φορτία, μεταφράζονται σε διαφορά δαπανών της τάξεως των 300€ με 600€ ετησίως. Επιπλέον, ο παράγοντας της πυκνότητας φωτισμού δεν μεταβάλλει μόνο άμεσα την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου αλλά και έμμεσα καθώς επηρεάζει την ανάπτυξη των εσωτερικών φορτίων του χώρου. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε έδειξε ότι όταν ο φωτισμός μειώνεται κατά 50%, τα ψυκτικά φορτία μειώνονται κατά 2.31% ενώ τα θερμικά αυξάνονται κατά 3.4% και αντίστοιχα όταν αυξάνεται κατά το ίδιο ποσοστό, τα ψυκτικά φορτία αυξάνονται 2.58% ενώ τα θερμικά φορτία μειώνονται 3,4%. Τέλος, διερευνήθηκε η επίδραση του προσανατολισμού του κτιρίου στην διαμόρφωση των φορτίων και της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μέγιστη διακύμανση των φορτίων είναι της τάξεως του 2.3% ενώ η μέγιστη μεταβολή των δαπανών κυμαίνεται περίπου στα 140€.

Για λόγους πληρότητας , πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων για τα ψυκτικά φορτία του πρώτου ορόφου με τα αντίστοιχα που ελήφθησαν μέσω της μεθόδου CLTD . Το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του πρώτου ορόφου μέσω της προσομοίωσης με το eQuest υπολογίστηκε ίσο με 39,56 KW ενώ με την μέθοδο CLTD το αντίστοιχο φορτίο υπολογίστηκε ίσο με 37,38 KW . Υπάρχει μία διαφορά της τάξεως του 5% η οποία πιθανόν να οφείλεται στις διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν στις δύο μεθόδους .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θερμικά–Ηλιακά Συστήματα – Κίμων Α.Αντωνόπουλος
2. Κλιματισμός – Κίμων Α.Αντωνόπουλος
3. Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) – Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
4. Μελέτη Α. Αργυρίου - Comparison of methodologies for TMY generation using 20 years data for Athens, Greece
5. Νόμος 3661/2008 «Μέτρα μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια
6. Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2002/91/ΕΚ
7. Πρωτόκολλο του Κιότο - https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol
8. Στοιχεία από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος – <http://web.tee.gr/>
9. Στοιχεία από την Energy Information Administration - EIA
10. Στοιχεία από την Eurostat
11. Στοιχεία από το Υπουργείο Ανάπτυξης
12. Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20710-1/2010

13. BBC News – The story of Hurricane Katrina
14. Environment Magazine - Consumption , Not CO2 Emissions: Reframing Perspectives on Climate Change and Sustainability
15. NASA - <http://neptune.gsfc.nasa.gov/csb/index.php?section=234>
16. National Snow and Ice Data Center : <http://www.nsidc.org>
17. Rachel Elizabeth Valade Thesis - Development and verification of a simplified building energy model
18. <http://www.ox.ac.uk/news/2015-03-18-world%E2%80%99s-most-polluting-coal-plants-are-identified>
19. <http://www.usgbc.org/leed>
20. <http://www.homeenergy.org/show/article/nav/column/page/20/id/1336>
21. http://eetd.lbl.gov/newsletter/cbs_nl/nl18/cbs-nl18-energyplus.html
22. http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r_history.htm
23. <http://www.trnsys.com/>
24. <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>
25. <http://www.mentor.com/products/mechanical/flovent/>
26. <http://www.trane.com/commercial/north-america/us/en/products-systems/design-and-analysis-tools/analysis-tools/trace-700.html>
27. <http://www.doe2.com/equest/>

28. <http://energy-models.com/>
29. <https://www.pilkington.com/en-gb/uk/householders/types-of-glass/energy-efficient-glass/low-emissivity-glass>
30. <http://www.conserve-energy-future.com/GreenhouseEffectCauses.php>
31. <http://www.consumerenergyreport.com>
32. <https://www.ashrae.org/>