

Υπολογιστική μελέτη της Θερμικής
Συμπεριφοράς Παθητικού κτιρίου
γραφείων

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Τομέας: Θερμότητας

Επιβλέπων: Τζιβανίδης Χρήστος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2021



Computational study of the thermal behavior of a "Passive House" Office Building

Section: Thermal Engineering

Supervisor: Tzivanidis Christos, Associate Professor NTUA

Athens, February 2021

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ κ. Χρήστο Τζιβανίδη, για την καθοδήγηση, την πολύτιμη υποστήριξη και όλες τις παραγωγικές συμβουλές κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και για τις χρήσιμες γνώσεις που μου έδωσε την ευκαιρία να αποκομίσω καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον πρόεδρο του Ελληνικού Ινστιτούτου Παθητικού Κτιρίου κ. Στέφανο Παλλαντζά, Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ και Πιστοποιητή Παθητικών κτιρίων, όπως και στον Δημήτρη Παλλαντζά, Φυσικό Κτιρίων και Πιστοποιημένο σχεδιαστή Παθητικών κτιρίων, για την προσφορά αμέτρητων γνώσεων και εμπειρίας σχετικά με τον σχεδιασμό Παθητικών κτιρίων, την χρήση του υπολογιστικού εργαλείου PHPP, καθώς και για την προθυμία τους να παρέχουν άμεσα το σχεδιαστικό εργαλείο DesignPH και οποιαδήποτε βοήθεια για την διεκπεραίωση της εργασίας.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστήσω την Κλειώ Χατζάκη και τον Στέφανο Γκουτζούπα, Αρχιτέκτονες Μηχανικούς ΕΜΠ, που συνέβαλαν στην εκπόνηση της εργασίας με χρήσιμες οδηγίες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και στα αδέρφια μου, για την στήριξη και την κατανόησή τους σε κάθε φάση της μέχρι τώρα πορείας μου, για όλα αυτά που μου έχουν προσφέρει αυτά τα χρόνια και για την αμέριστη συμπαράστασή τους σε κάθε μου εγχείρημα.

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι προϊόν δικής μου εργασίας και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή τη Διπλωματική εργασία είναι του συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θεοδωρίδης Μάριος

Πίνακας Περιεχομένων

1. Ενέργεια και Κτίρια	9
1.1 Κλιματική αλλαγή.....	9
1.2 Μεταβολή στην θερμοκρασία	10
1.2.1 Αύξηση της θερμοκρασίας σε Παγκόσμιο επίπεδο.....	10
1.2.2 Αύξηση της θερμοκρασίας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο	11
1.3 Πανδημία και κλιματική αλλαγή.....	14
1.3.1 Πανδημική και κλιματική οικονομική κρίση.....	15
1.3.2 Οικολογικές δράσεις για την αντιμετώπιση των κρίσεων.....	16
1.4 Πολιτικές της ΕΕ	17
1.5 Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα	17
1.5.1 Κτιριακός τομέας.....	18
1.5.2 Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.....	19
1.6 Παθητικό κτίριο.....	24
1.6.1 Η έννοια του Παθητικού κτιρίου	24
1.6.2 Πέντε βασικές αρχές	25
1.6.3 Θετικά αποτελέσματα.....	29
1.6.4 Παθητικό κτίριο και nZEB.....	30
2. Ενεργειακή προσομοίωση κτιρίων	32
2.1 SketchUp Pro.....	32
2.2 OpenStudio "Plug-in"	32
2.3 EnergyPlus.....	33
2.4 PHPP	33
2.5 DesignPH "Plug-in"	36
3. Παθητικό κτίριο γραφείων	38
3.1 Σχεδιασμός μέσω OpenStudio "Plug-in".....	39
3.1.1 Σχεδιασμός Ισογείου (Θερμική Ζώνη 1)	40
3.1.2 Σχεδιασμός Πρώτου ορόφου (Θερμική Ζώνη 2)	45
3.1.3 Σχεδιασμός Ανοιγμάτων στο γραφείο	48
3.1.4 Διαμόρφωση επιφανειών σκίασης.....	54
3.1.5 Τελικό Σχεδιαστικό αποτέλεσμα – OpenStudio Plugin.....	58
3.2 Σχεδιασμός μέσω DesignPH "Plug-in"	63
3.2.1 Σχεδιασμός Θερμικού φακέλου.....	64
3.2.2 Καθορισμός εξωτερικών επιφανειών (θερμικός φάκελος).....	66
3.2.3 Σχεδιασμός κουφωμάτων και πορτών	71
3.2.4 Καθορισμός συντελεστών θερμικής διαπερατότητας των επιφανειών	74
3.2.5 Αντιστοίχιση των τιμών U-value στις κατάλληλες επιφάνειες.....	75
3.2.6 Τελικό Σχεδιαστικό αποτέλεσμα – DesignPH Plugin	79
3.2.7 Run analysis.....	81
4. Επεξεργασία Δεδομένων	83

4.1	Κλιματικά δεδομένα και Τοποθεσία.....	83
4.1.1	EnergyPlus.....	83
4.1.2	RHPP – Φύλλο εργασίας Κλίμα.....	86
4.2	Συντελεστές θερμικής διαπερατότητας των δομικών στοιχείων – U _{values}	88
4.2.1	EnergyPlus – Material & Construction	88
4.2.2	RHPP – Φύλλο εργασίας U-values	91
4.3	Περιγραφή των επιφανειών του Παθητικού κτιρίου γραφείων	94
4.3.1	EnergyPlus – Building Surface: Detailed	94
4.3.2	RHPP – Φύλλο εργασίας Επιφάνειες (Areas).....	98
4.4	Θερμοκρασία εδάφους.....	108
4.4.1	EnergyPlus – Site: GroundTemperature: Building surface.....	108
4.4.2	RHPP – Φύλλο εργασίας Έδαφος (Ground)	109
4.5	Κουφώματα.....	110
4.5.1	EnergyPlus	110
4.5.2	RHPP	114
4.6	Υπολογισμός Σκίασης.....	124
4.6.1	EnergyPlus – Shading: Building: Detailed.....	124
4.6.2	RHPP – Φύλλο εργασίας Σκίαση	125
4.7	Αερισμός	128
4.7.1	Φυσικός Αερισμός.....	128
4.7.2	Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας	135
4.8	Εσωτερικά Θερμικά κέρδη (Internal Heat Gains).....	145
4.8.1	EnergyPlus – Internal Heat Gains.....	145
4.8.2	RHPP – Φύλλο εργασίας Εσωτερικά θερμικά κέρδη	148
5.	Αποτελέσματα προσομοιώσεων.....	150
5.1	Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης με EnergyPlus.....	150
5.2	Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης με RHPP.....	155
5.3	Σύγκριση αποτελεσμάτων RHPP με EnergyPlus	162
6.	Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική μελέτη.....	165
6.1	Συμπεράσματα	165
6.2	Προτάσεις για μελλοντική μελέτη	166
7.	Κατάλογος αναφορών.....	167

Περίληψη

Βασικό στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί ο ενεργειακός σχεδιασμός ενός Παθητικού κτιρίου γραφείων που βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας και η ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς του μέσω δύο διαφορετικών λογισμικών ενεργειακής προσομοίωσης, του EnergyPlus και του PHPP. Κατά την μοντελοποίηση δεν λαμβάνονται υπόψιν τα συστήματα ενεργητικής θέρμανσης και ψύξης. Η μελέτη εστιάζει στην μοντελοποίηση όλων των παραμέτρων που σχετίζονται με τον παθητικό σχεδιασμό και το πρότυπο του Παθητικού κτιρίου, με παρόμοιο τρόπο μέσω των δύο λογισμικών, ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους τα αποτελέσματα που εξάγονται από την ενεργειακή προσομοίωση του κάθε λογισμικού και να εντοπιστούν ομοιότητες και πιθανές διαφορές.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύνδεση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και της πανδημίας του Covid-19, ως προς τα αίτια εμφάνισής τους, την οικονομική κρίση που δυνητικά προκαλούν και τον τρόπο αντιμετώπισής τους από τις κυβερνήσεις. Παράλληλα, παρουσιάζονται τα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε Ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, με επίκεντρο τον κτιριακό τομέα και την προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB). Η πρώτη ενότητα ολοκληρώνεται με την περιγραφή του προτύπου του Παθητικού κτιρίου και των πέντε βασικών αρχών που εφαρμόζονται σε αυτό. Το δεύτερο κεφάλαιο, περιέχει πληροφορίες για τα λογισμικά τρισδιάστατου σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση του μοντέλου του κτιρίου, καθώς και για τα προγράμματα ενεργειακής προσομοίωσης που αξιοποιούνται για την υπολογιστική μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του. Ακολούθως στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται με λεπτομέρεια ο τρόπος σχεδιασμού του Παθητικού κτιρίου γραφείων μέσω των δύο διαφορετικών σχεδιαστικών προγραμμάτων OpenStudio και DesignPH, τα οποία αποτελούν plugin επεκτάσεις στο SketchUp. Στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφεται διεξοδικά η ενεργειακή μοντελοποίηση του κτιρίου, ο καθορισμός των απαραίτητων παραμέτρων και η επεξεργασία τους, με χρήση του EnergyPlus και του PHPP, ώστε να εξαχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα αναφορικά με τις εσωτερικές θερμοκρασίες του κτιρίου. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, παρουσιάζονται και αναλύονται για το κάθε πρόγραμμα ξεχωριστά, αλλά και συγκρίνονται μεταξύ τους, στο πέμπτο κεφάλαιο. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, αναφέρονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η μελέτη της προκείμενης εργασίας.

Συμπερασματικά, η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου μέσω των δύο αυτών λογισμικών διαφορετικού τρόπου ανάλυσης, καταλήγει σε παραπλήσια αποτελέσματα για τις εσωτερικές θερμοκρασίες με μέση διαφορά της τάξεως των $0,65^{\circ}\text{C}$. Οι μηνιαίες εσωτερικές θερμοκρασίες που υπολογίζονται για το Παθητικό κτίριο γραφείων, είναι ικανοποιητικές σύμφωνα με το κριτήριο θερμικής άνεσης για τα Παθητικά κτίρια και χωρίς μεγάλη απόκλιση από τις θερμοκρασίες που αυτό επιβάλλει, δηλαδή τους 20°C για τον χειμώνα και τους 25°C για το καλοκαίρι, γεγονός που οφείλεται στην εφαρμογή των βασικών αρχών του προτύπου του Παθητικού κτιρίου και στις τεχνικές βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης.

Abstract

The main objective of this paper is the energy design of a Passive house Office building located in Athens and the analysis of its thermal behavior with two different energy simulation software packages, EnergyPlus and PHPP. Active heating and cooling systems are not taken into account in the modeling process. The study focuses on modeling all parameters related to the passive design and the Passive house standard, in a similar way through the two software packages, in order to compare the results derived from the energy simulation of each software and to identify similarities and possible differences.

The first chapter analyses the problem of climate change and global warming. Following, a connection is made between the climate change and the Covid-19 pandemic, concerning the causes of their occurrence, the economic crisis they potentially provoke and the way governments deal with them. At the same time, the action plans for tackling climate change at European and national level are presented, focusing on the building sector and the promotion of nearly zero energy buildings (nZEB). The first section is completed with a description of the Passive house standard and its five basic principles. The second chapter contains information on the three-dimensional design software used to model the building, as well as on the energy simulation programs used for the computational study of its thermal behavior. In the third chapter, the design of the Passive Office building is presented in detail through the two different design programs OpenStudio and DesignPH, used as plugin extensions to SketchUp. The fourth chapter describes in detail the energy modeling of the building, the determination of the necessary parameters and their processing, using EnergyPlus and PHPP, in order to obtain the desired results regarding the internal air temperatures of the building. The results of the simulations are presented and analyzed for each program separately, but also compared with each other, in the fifth chapter. In the sixth and final chapter, the conclusions reached by this study are mentioned.

In conclusion, the study of the thermal behavior of the building through these two different methods of analysis, results in similar internal air temperatures with an average difference of 0,65°C. The monthly indoor temperatures calculated for the Passive house Office are satisfactory according to the thermal comfort criterion for Passive house buildings and without much deviation from the temperatures imposed by it, i.e. 20°C for the winter and 25°C for summer, due to the application of the basic principles of the Passive house standard and energy efficiency techniques.

1. Ενέργεια και Κτίρια

1.1 Κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί ένα φαινόμενο που αναμένεται να συμβεί στο μέλλον, αλλά συντελείται ήδη με επιπτώσεις που ο καθένας μπορεί να αντιληφθεί: οι θερμοκρασίες αυξάνονται, τα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων αλλάζουν, οι παγετώνες λιώνουν και η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει. Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καύσωνες, ξηρασίες και πλημμύρες αναμένεται να εμφανίζονται συχνότερα και με μεγαλύτερη ένταση. Στην Ευρώπη, οι μεγαλύτερες αυξήσεις θερμοκρασίας παρατηρούνται στη νότια Ευρώπη και την περιφέρεια της Αρκτικής. Οι βροχοπτώσεις μειώνονται στη νότια Ευρώπη και αυξάνονται στα βόρεια/βορειοδυτικά, με επιπτώσεις για τα φυσικά οικοσυστήματα, την ανθρώπινη υγεία και τους υδάτινους πόρους. Οι τομείς της οικονομίας, όπως η δασοκομία, η γεωργία, ο τουρισμός και οι οικοδομές βιώνουν σοβαρές συνέπειες. Ο αγροτικός τομέας στη βόρεια Ευρώπη ενδεχομένως θα ωφεληθεί από μια περιορισμένη άνοδο της θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παρατηρούμενη αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου, ως αποτέλεσμα των εκπομπών που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Για να μετριάσουμε τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, πρέπει να μειώσουμε αυτές τις εκπομπές ή να διασφαλίσουμε την πρόληψη της παραγωγής τους.

Για να διασφαλίσουν την πρόληψη της εκδήλωσης δυσμενέστερων συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, πέρα από αυτές που ήδη βιώνουν αρκετές χώρες, οι χώρες που υπέγραψαν τη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (σύμβαση UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change), συμφώνησαν να περιορίσουν την παγκόσμια μέση αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας από την προβιομηχανική εποχή σε λιγότερο από 2°C. Εάν δεν αναληφθεί δράση σε παγκόσμιο επίπεδο για τον περιορισμό των εκπομπών, προβλέπεται ότι η παγκόσμια θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά 1,8-4,0°C έως το 2100. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή θα υπερβεί τους 2°C με αποτέλεσμα την αποτυχία επίτευξης του στόχου. Πέρα από αυτό το όριο, είναι πολύ πιο πιθανή η επέλευση μη αναστρέψιμων και πιθανότατα καταστροφικών αλλαγών. Για αυτό τον λόγο, οι παγκόσμιες εκπομπές θα πρέπει μέχρι το 2050 να μειωθούν κατά 50 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 προκειμένου να επιτευχθεί ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα πριν από το τέλος του αιώνα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στηρίζει τον στόχο της σύμβασης UNFCCC και επιδιώκει, μέχρι το 2050, να έχει μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 80 – 95 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Τα σημαντικά αυτά επίπεδα μείωσης λαμβάνουν υπόψη τις μικρότερες μειώσεις που απαιτούνται από τις αναπτυσσόμενες χώρες, με συνέπεια η Ευρώπη να αναλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο [1].

Τα αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπονται μέσω διάφορων φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το σημαντικότερο φυσικό αέριο θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα είναι οι

υδρατμοί. Ωστόσο, οι ανθρωπίνες δραστηριότητες παράγουν μεγάλες ποσότητες και άλλων αερίων θερμοκηπίου προκαλώντας αύξηση των συγκεντρώσεων αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα, τα οποία συντελούν με τη σειρά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Οι κύριες πηγές των αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τον άνθρωπο είναι:

- καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τις κατοικίες (CO₂)
- γεωργία (CH₄) και αλλαγές στη χρήση γης, όπως η αποψίλωση των δασών (CO₂)
- υγειονομική ταφή απορριμμάτων (CH₄)
- χρήση βιομηχανικών φθοριούχων αερίων

1.2 Μεταβολή στην θερμοκρασία

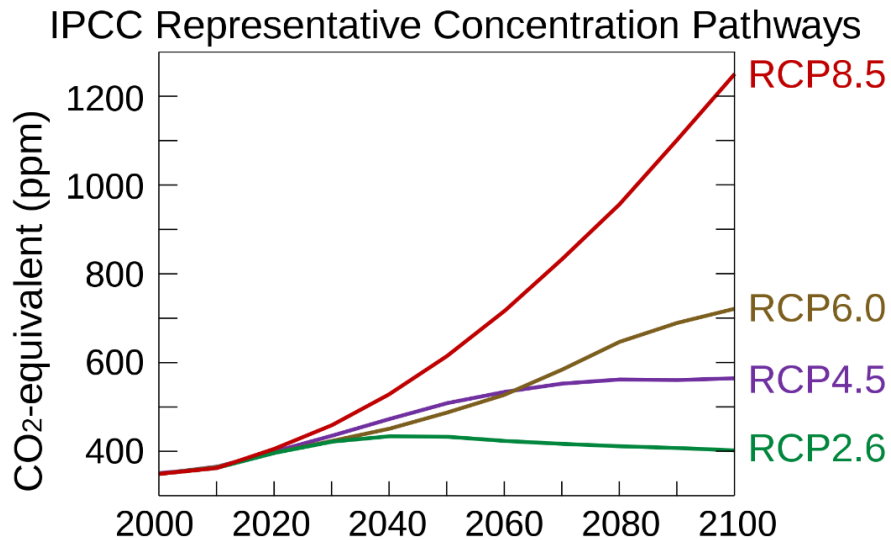
Η παγκόσμια μέση επιφανειακή θερμοκρασία κατά την τελευταία δεκαετία (2010-2019) ήταν κατά 0,94 έως 1,03°C θερμότερη από το προβιομηχανικό επίπεδο, γεγονός που την καθιστά τη θερμότερη δεκαετία που έχει καταγραφεί. Στην Ευρώπη οι θερμοκρασίες στην επιφάνεια του εδάφους έχουν αυξηθεί ακόμη περισσότερο κατά την ίδια περίοδο, συγκεκριμένα από 1,7 έως 1,9°C. Όλα τα κράτη μέλη που υπέγραψαν την σύμβαση UNFCCC έχουν δεσμευτεί για τον περιορισμό της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από 2°C σε σχέση με τα επίπεδα της προβιομηχανικής εποχής και στοχεύουν στο να περιορίσουν την αύξηση αυτή ακόμα και σε 1,5°C. Χωρίς δραστικές περικοπές στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ακόμη και το όριο των 2°C σίγουρα θα ξεπεραστεί πριν από το 2050, αφού η παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τώρα ανέρχεται ήδη στο ήμισυ της μέγιστης αυτής αύξησης των 2°C που θα ήταν συμβατή με τη συμφωνία.

1.2.1 Αύξηση της θερμοκρασίας σε Παγκόσμιο επίπεδο

Οι τάσεις στις ετήσιες παγκόσμιες θερμοκρασίες αποτελούν σημαντικό δείκτη του μεγέθους της κλιματικής αλλαγής και των πιθανών επιπτώσεών της. Η παγκόσμια θερμοκρασία αυξάνεται σταθερά από τα τέλη του 19ου αιώνα. Ο ρυθμός αύξησης είναι ιδιαίτερα υψηλός από τη δεκαετία του 1970 και ίσως με περίπου 0,2°C ανά δεκαετία. Το έτος 2019 ήταν το τρίτο θερμότερο έτος που έχει καταγραφεί ποτέ, ενώ 19 από τα 20 θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί μετά το 2000. Η περιοχή της Αρκτικής, αλλά και η Ευρώπη, θερμαίνονται πολύ πιο γρήγορα από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ιδιαίτερα οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για αυτή τη θέρμανση.

Χωρίς σημαντικές προσπάθειες για τον άμεσο περιορισμό των εκπομπών, η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας θα συνεχιστεί γρήγορα και θα επιταχυνθεί. Συγκεκριμένα, η παγκόσμια θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,7 με 3,2°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα σύμφωνα με το σενάριο RCP4.5 ενώ κατά 3,2 έως 5,4°C σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5, μέχρι το τέλος του αιώνα. Η μοντελοποίηση του κλίματος, χρησιμοποιείται

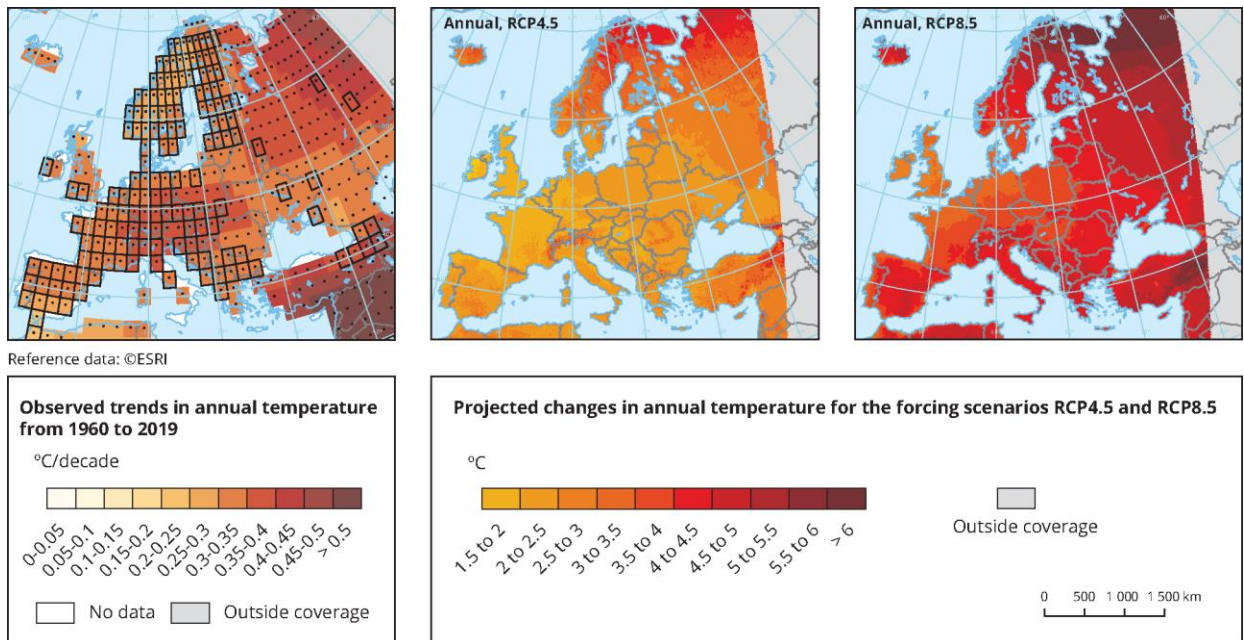
στις αναλύσεις για την εκτίμηση της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με διαφορετικά σενάρια εκπομπών (Representative Concentration Pathway RCPs), τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στην πραγματικότητα, τα σενάρια αυτά απεικονίζουν διαφορετικές τροχιές αύξησης της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου, που υιοθετήθηκαν από την IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) στο πλαίσιο της 5ης έκθεσης αξιολόγησης (5th Assessment report - AR5), όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 1.1: Τα τέσσερα σενάρια μεταβολής της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου (συγκέντρωση ισοδύναμου CO₂ σε ppm) που χρησιμοποιήθηκαν στην πέμπτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC για την πραγματοποίηση προβλέψεων [2]

1.2.2 Αύξηση της θερμοκρασίας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο

Στο παρακάτω γράφημα παριστάνεται για την Ευρώπη η μέση ετήσια αύξηση της θερμοκρασίας από το 1960 έως το 2019 (αριστερά) και η προβλεπόμενη μεταβολή στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια του 21^{ου} αιώνα (δεξιά). Ειδικότερα, η ανάλυση για την προβλεπόμενη μεταβολή πραγματοποιήθηκε για δύο σενάρια εκπομπών (Representative Concentration Pathway RCPs) για το RCP4.5 και το δυσμενέστερο RCP8.5.

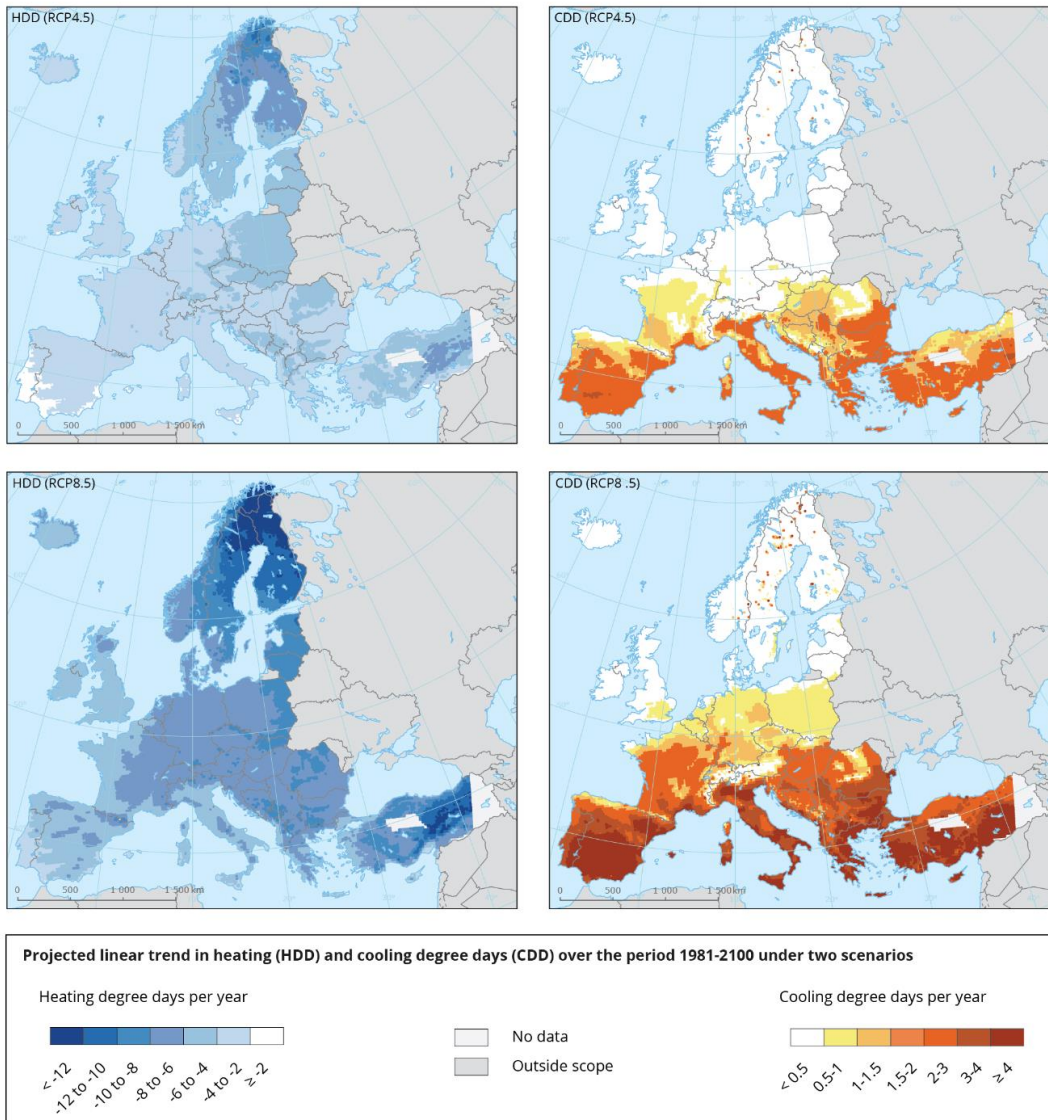


Εικόνα 1.2: Παρατηρούμενη μέση ετήσια μεταβολή θερμοκρασίας από το 1960 έως το 2019 (αριστερά) και προβλεπόμενη μεταβολή μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα υπό διαφορετικά σενάρια εκπομπών (δεξιά) στην Ευρώπη (ESRI) [3]

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, η Ευρώπη θερμαίνεται εμφανώς ταχύτερα από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία στις Ευρωπαϊκές χερσαίες περιοχές κατά την τελευταία δεκαετία ήταν 1,7 με 1,9°C υψηλότερη από ότι κατά την διάρκεια της προβιομηχανικής περιόδου. Ιδιαίτερα υψηλή αύξηση της θερμοκρασίας έχει παρατηρηθεί στην Ιβηρική Χερσόνησο, στην Κεντρική και Βορειοανατολική Ευρώπη, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές και στη Νότια Σκανδιναβία.

Τα τέσσερα θερμότερα χρόνια στην Ευρώπη από τότε που ξεκίνησαν οι καταγραφές μέσω οργάνων μέτρησης, ήταν το 2014, το 2015, το 2018 και το 2019. Πολλές περιοχές της Ευρώπης γνώρισαν ένα εξαιρετικό κύμα καύσωνα τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 2019, κατά την διάρκεια του οποίου έσπασαν πολλά εθνικά ρεκόρ θερμοκρασίας όλων των εποχών. Οι προβλέψεις από την πρωτοβουλία EURO-CORDEX [4] δείχνουν ότι οι θερμοκρασίες σε όλες τις ευρωπαϊκές χερσαίες περιοχές θα συνεχίσουν να αυξάνονται για όλη τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα με υψηλότερο ρυθμό από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Οι θερμοκρασίες της επιφάνειας του εδάφους σε διάφορες ευρωπαϊκές περιοχές προβλέπεται να αυξηθούν περαιτέρω κατά 1,4 έως 4,2°C σύμφωνα με το σενάριο RCP4.5 και κατά 2,7 έως 6,2°C σύμφωνα με το δυσμενέστερο σενάριο RCP8.5 (μέχρι το 2071-2100, σε σύγκριση με το 1971-2000). Το υψηλότερο επίπεδο υπερθέρμανσης προβλέπεται σε όλη τη Βορειοανατολική Ευρώπη και τη Σκανδιναβία το χειμώνα και τη Νότια Ευρώπη το καλοκαίρι [3].

Η αύξηση της θερμοκρασίας αποτελεί μια έντονη απειλή, που εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, θα οδηγήσει έμμεσα σε αλλαγές στην θερμική συμπεριφορά των κτιρίων και επομένως στον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Με άλλα λόγια, εφόσον το κλίμα γίνεται θερμότερο, με την πάροδο του χρόνου θα παρατηρείται τροποποίηση στις ενεργειακές καταναλώσεις των υφιστάμενων κτιρίων. Συγκεκριμένα, σε βάθος χρόνου αναμένεται να μειωθούν οι βαθμομέρες θέρμανσης, δηλαδή θα απαιτείται λιγότερη και για μικρότερο χρονικό διάστημα θέρμανση για το κτίριο, ενώ προβλέπεται να αυξηθούν οι βαθμομέρες ψύξης, πράγμα που σημαίνει ότι θα απαιτείται ψύξη για το κτίριο περισσότερες ημέρες τον χρόνο. Οι παρακάτω χάρτες δείχνουν την τάση των βαθμομερών θέρμανσης-Heating Degree Days (αριστερά) και των βαθμομερών ψύξης-Cooling Degree Days (δεξιά) από το 1981 έως το 2100 για αρκετές χώρες της Ευρώπης, με βάση τη διάμεση τιμή ενός συνόλου προσομοιώσεων της EURO-CORDEX [4],[5]. Επομένως, γίνεται εμφανές ότι μέσα στα επόμενα χρόνια θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό, το γεγονός ότι οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου θα μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του, εξαιτίας της έντονης μεταβολής του κλίματος.



Εικόνα 1.3: Προβλεπόμενη γραμμική τάση στις ημέρες θέρμανσης (Heating Degree Days-HDD) και ψύξης (Cooling Degree Days-CDD) κατά την περίοδο 1981-2100 για τα δύο σενάρια εκπομπών [5]

1.3 Πανδημία και κλιματική αλλαγή

Η ανθρωπότητα βρίσκεται σήμερα εν έτη 2020 απέναντι σε δύο κορυφαίες προκλήσεις: την αντιμετώπιση της πλέον καταστροφικής πανδημίας, καθώς και την καταστροφή του περιβάλλοντος. Το κοινό στοιχείο μεταξύ των δύο είναι ότι πρόκειται για έναν αόρατο εχθρό του οποίου η δύναμη είναι εύκολο να υποτιμηθεί. Η διαφορά είναι ότι οι επιπτώσεις του Covid-19 είναι άμεσες και σαρωτικές, ενώ εκείνες της καταστροφής του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής εξελίσσονται σε βάθος χρόνου. Στην πραγματικότητα, η καταπολέμηση των

δύο συνδέεται άμεσα, αφού η κλιματική αλλαγή φαίνεται να πυροδοτεί τις πανδημίες, κάτι που σημαίνει πως εάν προστατεύσουμε το περιβάλλον, τότε συγχρόνως θα προστατέψουμε και την δημόσια υγεία και τους ίδιους μας τους εαυτούς σε μεγάλο βαθμό [6]. Η κρίση του Covid-19 συνδέεται με την κλιματική κρίση, ως προς το υγειονομικό σκέλος, αφού σειρά επιστημονικών μελετών δείχνουν ότι η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με άλλες περιβαλλοντικές διαταραχές διευκολύνουν την ανάπτυξη περισσότερων, νέων, λοιμωδών στελεχών όπως ο Covid-19. Επίσης, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει πως τα μοντέλα μετάδοσης λοιμωδών νοσημάτων θα μεταβληθούν ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής [7].

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα στοιχεία (2016) του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, το 24,3% των θανάτων παγκοσμίως οφείλεται σε αιτίες που σχετίζονται με την επιδείνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι κλιματικές μεταβολές θεωρείται ότι έχουν καθορίσει ορισμένα επιδημιολογικά δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα, αφού μεταξύ άλλων έχουν δημιουργήσει τις ιδανικές συνθήκες για την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών, όπως η ελονοσία και ο δάγκειος πυρετός. Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή εκτιμάται ότι θα προσθέσει κάθε χρόνο 250.000 θανάτους για τα έτη 2030-2050, με τεράστιο οικονομικό κόστος, μεταβάλλοντας σημαντικά τα δεδομένα που σχετίζονται με την υγεία και την ευημερία των πληθυσμών [6].

1.3.1 Πανδημική και κλιματική οικονομική κρίση

Η υγειονομική κρίση που προκάλεσε ο Covid-19 είναι αναμφίβολα μία από τις χειρότερες του τελευταίου αιώνα και δυστυχώς ακόμη εξελίσσεται. Εξίσου απότομος και ισχυρός φαίνεται να είναι και ο οικονομικός της αντίκτυπος. Όλα τα μέχρι τώρα δεδομένα δείχνουν ότι η οικονομική κρίση είναι βαθύτερη και η εξέλιξή της πολύ πιο γρήγορη από οποιαδήποτε προηγούμενη τον τελευταίο αιώνα. Ενώ σε προηγούμενες κρίσεις χρειάστηκαν τρίμηνα, τώρα μέσα σε λίγες εβδομάδες είχαμε ρεκόρ μείωσης της οικονομικής δραστηριότητας και ραγδαία αύξηση της ανεργίας. Όσον αφορά το οικονομικό σκέλος, παρά το μέγεθός της η παρούσα κρίση θα φαίνεται σχετικά μικρή στο μέλλον, σε περίπτωση που αφηθεί να εξελιχθεί η κλιματική κρίση. Πολλές μελέτες την τελευταία εικοσαετία έχουν αναδείξει τα δυνητικά οικονομικά κόστη της κλιματικής αλλαγής, τα οποία προς το παρόν εμφανίζονται χωρίς τόσο έντονη εξέλιξη και διάσπαρτα στον πλανήτη, αλλά συνολικά είναι ήδη τεράστια. Ενδεικτικό είναι ότι την τελευταία δεκαετία ακόμη και οι κεντρικές τράπεζες αναγνωρίζουν τον συστημικό κίνδυνο της κλιματικής αλλαγής στην παγκόσμια οικονομία [7].

Μέσα στην επόμενη περίοδο, οι χώρες αναμένεται να επενδύσουν πάνω από 20 τρισεκατομμύρια δολάρια για να ανακάμψουν οι οικονομίες και να στηριχτούν οι πολίτες, από τις επιπτώσεις του Covid-19. Δηλαδή, 20 τρισεκατομμύρια δολάρια, για να επανέλθει η ανθρωπότητα εκεί που βρισκόταν 1,5 χρόνο πριν. Όχι για να αναπτυχθούν οι οικονομίες έστω και ελάχιστα, αλλά μόνο για να επουλωθεί ένα μέρος από τις υλικές ζημιές, χωρίς υπολογισμό των απωλειών ανθρώπινων ζώων. Αντίστοιχα, οι επενδύσεις που χρειάζονται για την ενίσχυση της παγκόσμιας ανθεκτικότητας έναντι της κλιματικής κρίσης, φτάνουν τα 1,8 τρισεκατομμύρια δολάρια, που στην επόμενη 10ετία θα συμβάλουν σε 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια τριπλού

οφέλους (οικονομικό, αποφυγή ζημιών, συνολικό περιβαλλοντικό και κοινωνικό). Με άλλα λόγια, η ενίσχυση της παγκόσμιας ανθεκτικότητας έναντι της κλιματικής κρίσης, είναι μόλις το 1/10 του κόστους της πανδημίας [8].

1.3.2 Οικολογικές δράσεις για την αντιμετώπιση των κρίσεων

Η παγκόσμια μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, μετά από όλα τα lockdown σε όλες τις χώρες και τις τεράστιες μειώσεις σε μετακινήσεις και βιομηχανία, προβλέπεται να είναι της τάξης του -8% και ισοδυναμεί με εκπομπές 2,5 ετών του σημερινού τομέα της ενέργειας. Για να κρατηθεί όμως κάτω από 2°C η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η μείωση εκπομπών πρέπει να είναι -6% κάθε έτος και για περιορισμό κάτω από 1,5°C, η μείωση εκπομπών πρέπει να είναι -10% ανά έτος. Προς το παρόν πάντως, με τα σημερινά δεδομένα ο πλανήτης τείνει προς αύξηση +3,3°C, αντί της αποδεκτής αύξησης +1,5°C. Επισημαίνεται ότι το διοξείδιο του άνθρακα, που αποτελεί το 75% των παγκόσμιων εκπομπών, παραμένει στην ατμόσφαιρα για αιώνες, πριν η βλάστηση ή οι ωκεανοί το απορροφήσουν. Επιπλέον, το μεθάνιο, που αποτελεί περίπου το 17% των εκπομπών και παραμένει στην ατμόσφαιρα για δεκαετίες, συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά 85 φορές περισσότερο από ότι το διοξείδιο του άνθρακα. Η εφιαλτική εμπειρία που βιώνει η ανθρωπότητα λόγω του Covid-19, είναι ένα δείγμα αντίστοιχων τραγικών επιπτώσεων που θα βρεθούμε αντιμέτωποι, αν δεν σταματήσει η καταστροφική πορεία του πλανήτη προς αύξηση θερμοκρασίας πάνω από 1,5°C [8]. Δεν υπάρχει πλέον καμία δικαιολογία για αναβολή των μέτρων που όλοι γνωρίζουμε ότι πρέπει να πάρουμε.

Επομένως, είναι απαραίτητη η ανάληψη άμεσων δράσεων για την μετάβαση σε μια οικονομία μηδενικού άνθρακα, ώστε να περιοριστούν τα κόστη και οι ζημιές σε περιβαλλοντικό, υγειονομικό και οικονομικό επίπεδο. Η μετάβαση απαιτεί επενδύσεις οι οποίες είναι αδύνατον να αναληφθούν από τον ιδιωτικό τομέα, χωρίς σημαντικές κρατικές παρεμβάσεις. Έως τώρα, το ύψος αυτών των παρεμβάσεων φαινόταν αποτρεπτικό, αλλά οι πρόσφατες δράσεις για τον περιορισμό της οικονομικής κρίσης του Covid-19, αποδεικνύουν ότι η χρηματοδότηση της ταχείας μετάβασης σε μια οικονομία χαμηλού άνθρακα είναι απολύτως εφικτή και βιώσιμη. Ακολουθούν μερικά ενδεικτικά παραδείγματα συγκεκριμένων δράσεων που περιλαμβάνουν και παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης [7] όπως:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην βιομηχανία (αντικατάσταση του εξοπλισμού και η αναβάθμιση των τεχνολογιών συλλογής αποβλήτων-θερμότητας)
- Παρεμβάσεις ενεργειακής απόδοσης στο σύνολο του κτιριακού αποθέματος
- Εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας, ιδιαίτερα σε εμπορικές ιδιοκτησίες
- Επενδύσεις σε αποθήκευση ενέργειας
- Αλλαγή όλων των δημόσιων στοιχείων φωτισμού με LED
- Δημιουργία δικτύων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV)

- Βελτίωση του σιδηροδρομικού δικτύου και αστικών συγκοινωνιών (με ηλεκτρικά λεωφορεία)
- Διεύρυνση των ποδηλατοδρόμων και διευκόλυνση της χρήσης ποδηλάτων
- Φορολογικά και άλλα κίνητρα στήριξης επιχειρήσεων και εργαζόμενων στην επιδιόρθωση και επαναχρησιμοποίηση αγαθών
- Επενδύσεις στον γεωργικό τομέα για μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων, την αύξηση της παραγωγής ολοκληρωμένης διαχείρισης και βιολογικών προϊόντων
- Άμεση ενίσχυση και παροχή φορολογικών κινήτρων για την προώθηση στον αγροτικό τομέα πρακτικών που μειώνουν την κατανάλωση και την απώλεια νερού

1.4 Πολιτικές της ΕΕ

Διάφορες πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) στοχεύουν στον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Εφόσον επιτεύχθηκαν οι στόχοι της στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008-2012, η ΕΕ υιοθέτησε τον στόχο να μειώσει μέχρι το 2020 τις εκπομπές της, όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου κατά 20 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για να επιτευχθεί αυτό, θεσπίστηκε ένα ανώτατο όριο για το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) της ΕΕ σε επίπεδο Ένωσης, ενώ επιμέρους εθνικοί στόχοι για τις εκπομπές σε τομείς που δεν καλύπτονται από το ΣΕΔΕ θεσπίστηκαν στο πλαίσιο της απόφασης για τον επιμερισμό των προσπαθειών. Την ίδια στιγμή, η ΕΕ έχει εκδώσει νομοθεσία για την ενίσχυση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και η ενέργεια από βιομάζα, καθώς και για τη βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας μιας σειράς εξοπλισμών και οικιακών συσκευών. Η ΕΕ στοχεύει επίσης στη στήριξη της ανάπτυξης των τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα για την παγίδευση και την αποθήκευση του CO₂ που εκπέμπεται από σταθμούς παραγωγής και άλλες μεγάλες εγκαταστάσεις. Στο πλαίσιο των πολιτικών για το κλίμα και την ενέργεια, η ΕΕ έχει δεσμευτεί να μειώσει μέχρι το 2030 τις εκπομπές στην επικράτειά της κατά τουλάχιστον 40% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 [1].

Ακόμη και εάν οι πολιτικές και οι προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών έχουν αποτέλεσμα, η αλλαγή του κλίματος είναι εν μέρει αναπόφευκτη. Ως εκ τούτου, πρέπει να αναπτυχθούν στρατηγικές και δράσεις για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στην Ευρώπη και ιδίως πέρα από αυτή, καθώς οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες είναι και οι πλέον ευάλωτες, έχοντας τη μικρότερη οικονομική και τεχνική δυνατότητα να προσαρμοστούν.

1.5 Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) αποτελεί ένα Στρατηγικό Σχέδιο για τα θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας που αφορούν την Ελλάδα και επιδιώκει την επίτευξη συγκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το έτος 2030, ενώ παράλληλα αναλύει προτεραιότητες και μέτρα πολιτικής σε ένα ευρύ φάσμα αναπτυξιακών και οικονομικών

δραστηριοτήτων προς όφελος της Ελληνικής κοινωνίας για την επόμενη δεκαετία. Μέσω αυτού γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης των προτεραιοτήτων και των αναπτυξιακών δυνατοτήτων που έχει η Ελλάδα σε θέματα ενέργειας και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, καθώς και διαμόρφωσης της εθνικής πολιτικής για την Ενέργεια και το Κλίμα την επόμενη δεκαετία, λαμβάνοντας υπόψη τις συστάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αλλά και τους στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Βασική επιδίωξη είναι οι ενεργειακοί και κλιματικοί στόχοι που τίθενται στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ μέχρι το έτος 2030, να συμβάλλουν καθοριστικά στην απαραίτητη ενεργειακή μετάβαση, στην δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην υιοθέτηση φιλόδοξων κλιματικών και ενεργειακών στόχων, τόσο για το 2030 όσο και μακροπρόθεσμα για το έτος 2050.

Προκειμένου να υπάρξει ένα οργανωμένο σχέδιο με επιτυχημένα αποτελέσματα ορίζονται αριθμητικοί στόχοι. Για θέματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές τίθεται υψηλός κεντρικός στόχος μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με μείωση που ανέρχεται σε πάνω από 42% σε σχέση με τις εκπομπές του έτους 1990 και σε πάνω από 56% σε σχέση με τις εκπομπές του έτους 2005. Οι νέοι αυτοί στόχοι μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι απαραίτητοι για να γίνει δυνατή η μετάβαση σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το έτος 2050. Ειδικά για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τίθεται ως ποσοτικός στόχος η τελική κατανάλωση ενέργειας το έτος 2030 να είναι χαμηλότερη από αυτή που είχε καταγραφεί κατά το έτος 2017, εκπληρώνοντας τον σχετικό Ευρωπαϊκό δείκτη για το μέτρο της φιλοδοξίας του ΕΣΕΚ. Επιπρόσθετα, επιτυγχάνεται ποιοτικά μια βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 38%, σύμφωνα με συγκεκριμένη ευρωπαϊκή μεθοδολογία, όπου ο αντίστοιχος κεντρικός ευρωπαϊκός στόχος ανέρχεται στο 32,5%. Το ΕΣΕΚ περιγράφει ένα σύνολο μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με πιο emphaticά αυτά στον κτιριακό τομέα και στον τομέα των μεταφορών [9]. Όσα αφορούν τον κτιριακό τομέα περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

1.5.1 Κτιριακός τομέας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει δεσμευθεί να εξοικονομηθεί το 20% της προβλεπόμενης κατανάλωσης ενέργειας των κρατών μελών της έως το 2020 και το 32,5% έως το 2030. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί βασικό εργαλείο για την επίτευξη αυτών των στόχων. Τα κτίρια στην ΕΕ ευθύνονται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα για το 43% αφού καταναλώνουν το μεγαλύτερο μερίδιο ενέργειας, έχοντας παράλληλα το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο κτιριακός τομέας παράλληλα διευρύνεται, με επακόλουθο την αύξηση της ενεργειακής του κατανάλωσης. Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον κτιριακό τομέα αποτελούν σημαντικά μέτρα που απαιτούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και η αυξημένη χρήση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές προωθούν την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και την τεχνολογική ανάπτυξη και για αυτό τα τελευταία χρόνια

προωθούνται συγκεκριμένες δράσεις, με σκοπό να αξιοποιηθεί το μεγάλο ανεκμετάλλετο μέχρι στιγμής δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Τα κτίρια έχουν επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας μακροπρόθεσμα λόγω του μεγάλου κύκλου ζωής τους. Τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ανακαίνιση πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση προσαρμοσμένες στο τοπικό κλίμα. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των υφιστάμενων παλαιών κτιρίων, με σημαντικά περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη, εφόσον ακολουθηθούν και εφαρμοστούν με τον ορθό τρόπο αυτές οι τεχνικές βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Με την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, οι πολίτες μπορούν να μειώσουν τους λογαριασμούς τους που αφορούν στην κατανάλωση ενέργειας, να προστατεύσουν την υγεία τους και το περιβάλλον, καθώς και να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα.

Τα νέα κτίρια ή κτιριακές μονάδες πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που ορίζονται στον ΚΕΝΑΚ. Με σκοπό όμως την αύξηση του αριθμού των κτιρίων που όχι μόνον ικανοποιούν τις υφιστάμενες ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση, αλλά επίσης χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, απαιτούνται επιπλέον μέτρα και για το σκοπό αυτό καταρτίζονται εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΚΕ ή Nearly Zero Energy Buildings – nZEB) [10]. Τα κτίρια nZEB διαθέτουν κατασκευαστικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών, Η/Μ εγκαταστάσεις υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ένα σημαντικό μέρος της ήδη μειωμένης ενεργειακής τους κατανάλωσης, καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο. Τέτοια κτίρια θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο μέσα στα επόμενα χρόνια και πρέπει να καθιερωθούν από την ελληνική νομοθεσία, ώστε οι στόχοι μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των ανθρακικών εκπομπών, από θεωρητικό επίπεδο να γίνουν πραγματικότητα.

Για τον καθορισμό των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και την περιγραφή των πολιτικών και δράσεων που πρέπει να υιοθετηθούν προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός τους, εκδόθηκε η Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242/27.11.2018 (ΦΕΚ Β' 5447) βασικά σημεία της οποίας αναφέρονται στην επόμενη παράγραφο [11].

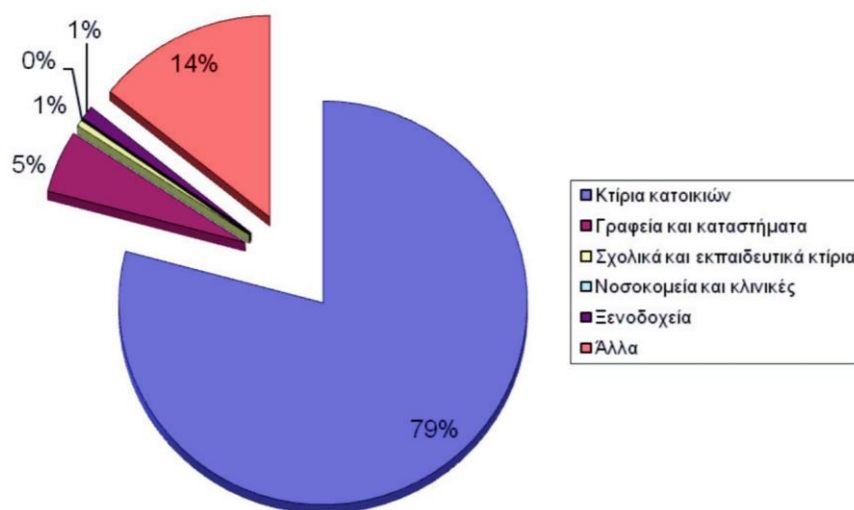
1.5.2 Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας

Το σχέδιο αυτό στοχεύει στον καθορισμό των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και στην περιγραφή των πολιτικών και δράσεων που πρέπει να υιοθετηθούν προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός αυτών των κτιρίων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που τίθενται στο άρθρο 9 του ν.4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων [12]. Σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση του άρθρου αυτού, που ενσωμάτωσε την Οδηγία 2010/31/ΕΕ

του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου στο εθνικό δίκαιο, πρέπει όλα τα νέα κτίρια από 1^η Ιουνίου 2021 να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας [14].

1.5.2.1 Χαρακτηριστικά του κτιριακού αποθέματος

Ο αριθμός των υφιστάμενων κτιρίων δεν είναι αμελητέος και για αυτόν τον λόγο τα χαρακτηριστικά τους μελετήθηκαν και καταγράφηκαν λεπτομερώς, με σκοπό να υπολογιστεί η προοπτική εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της ενεργειακής αναβάθμισής τους. Το ελληνικό κτιριακό απόθεμα αποτελείται κυρίως από κτίρια κατοικιών και έναν αριθμό κτιρίων άλλων χρήσεων του τριτογενούς τομέα, τα οποία απογράφονται κάθε δέκα χρόνια στο σύνολο της επικράτειας. Σύμφωνα με την Απογραφή Κτιρίων 2011 (Μάιος 2015) της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, ο αριθμός των κτιρίων της χώρας είναι 4.105.637. Από το σύνολο των κτιρίων, τα 3.775.848 (ποσοστό 92,0%) είναι αποκλειστικής χρήσης, ενώ τα 329.789 (ποσοστό 8,0%) είναι μικτής χρήσης. Το κτιριακό απόθεμα αυτό, κατηγοριοποιείται σε 3.246.008 κτίρια κατοικιών (μονοκατοικίες και πολυκατοικίες) και σε 273.596 κτίρια άλλων χρήσεων εκ των οποίων 206.254 είναι γραφεία και καταστήματα, 21.853 σχολικά και εκπαιδευτικά κτίρια, 1.973 νοσοκομεία και κλινικές, καθώς και 43.516 ξενοδοχεία. Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, τα κτίρια των κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 79,1% του συνολικού πλήθους κτιρίων, ενώ τα υπόλοιπα κτίρια αντιστοιχούν περίπου στο 20% [12].



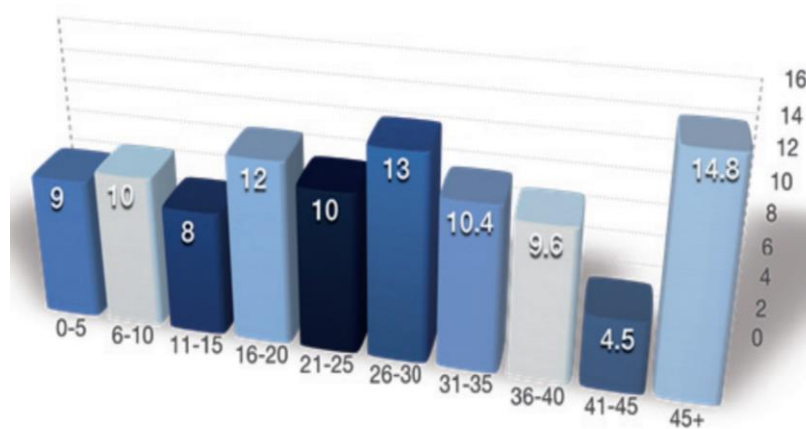
Εικόνα 1.4: Ποσοστιαία κατανομή του κτιριακού αποθέματος με βάση τη χρήση [12]

Οι ηλικίες των υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να κατανεμηθούν σε 3 βασικές περιόδους, οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο. Το 1980 εφαρμόστηκε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και στη συνέχεια το 2010 υιοθετήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Κατά συνέπεια, οι ηλικιακές κλάσεις που επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή απόδοση και πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι οι παρακάτω:

- Κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, οπότε δεν υπάρχει κάποιος κανονισμός θερμομόνωσης και τα κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα

- Κτίρια που κατασκευάστηκαν από το 1981 έως το 2000, όπου εφαρμόζεται ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ)
- Κτίρια που κατασκευάστηκαν από το 2001 έως το 2010, όπου εφαρμόζεται ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ), ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000 και ο Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος 2000
- Κτίρια που κατασκευάστηκαν από το 2010 έως και σήμερα, για τα οποία εφαρμόζεται ο ΚΕΝΑΚ

Με βάση την απογραφή του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ 2014) το 55% των κτιρίων της χώρας με χρήση κατοικίας έχει κατασκευαστεί πριν το 1980, δηλαδή είναι θερμικά απροστάτευτα, ενώ λόγω της οικονομικής ύφεσης, ο αριθμός των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2010 με τις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ είναι μόλις το 1,5%.



Εικόνα 1.5: Μέσος όρος ηλικίας κατοικιών σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της ΕΛΣΤΑΤ [12]

1.5.2.2 Χρονική εξέλιξη εθνικών απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Για πρώτη φορά, με την Κ.Υ.Α 5825/2010, η οποία αναθεωρήθηκε με την 178581/2017 όμοια, εγκρίθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), σύμφωνα με τον οποίο προβλέπεται η ενσωμάτωση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, μέσα από συγκεκριμένες δράσεις που αφορούν κυρίως στην εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, στην ενεργειακή κατάταξη κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης-ΠΕΑ) και στις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού [12].

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υπολογίζεται με βάση την μεθοδολογία που ορίζεται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ο οποίος περιλαμβάνει, εκτός από τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου

(κέλυφος) και άλλες παραμέτρους, όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα στοιχεία παθητικής θέρμανσης και ψύξης, η σκίαση, η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων, ο επαρκής φυσικός φωτισμός και ο σχεδιασμός του κτιρίου. Πληροφορίες σχετικά με την τυπική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, που προκύπτει από τον ΚΕΝΑΚ, δίνονται στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), η έκδοση του οποίου αυτήν την στιγμή στην Ελλάδα είναι υποχρεωτική, για την πώληση και ενοικίαση (μακροχρόνια, βραχυχρόνια, υπεκμίσθωση) κάθε κτιρίου/κτιριακής μονάδας, ενώ επίσης απαιτείται μετά την ολοκλήρωση των οικοδομικών εργασιών νέου κτιρίου, προσθήκης ή ριζικής ανακαίνισης, για την έκδοση του Πιστοποιητικού Ελέγχου Κατασκευής (ΠΕΚ) [13].

Με τον ΚΕΝΑΚ καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και των δομικών στοιχείων. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν καθοριστεί με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη από πλευράς κόστους ισορροπία μεταξύ των συναφών επενδύσεων και των ενεργειακών δαπανών που εξοικονομούνται στη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτιρίου, γεγονός που δεν οδηγεί πάντοτε στο βέλτιστο από πλευράς ενεργειακής απόδοσης αποτέλεσμα. Εν όψη της εφαρμογής των νέων όρων για τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, έχουν ξεκινήσει οι διαδικασίες αναθεώρησης και εκσυγχρονισμού του ΚΕΝΑΚ εντός του 2020, σχετικά με τις απαιτήσεις των κτιρίων αυτών.

1.5.2.3 Στατιστική καταγραφή βάσει Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) & Μελέτης Βέλτιστου Κόστους

Προκειμένου να γίνει καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων των κατοικιών και των κτιρίων του τριτογενούς τομέα ανά κλιματική ζώνη και ανά ενεργειακή κατηγορία, πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των στοιχείων του ηλεκτρονικού Αρχείου Επιθεώρησης Κτιρίων, καθώς και ανάλυση ευαισθησίας αυτών από τα Τμήματα Επιθεώρησης Ενέργειας του ΥΠΕΝ. Για τη βελτιστοποίηση του κόστους καθορίζεται το ελάχιστο επίπεδο επιδιωκόμενων τιμών στόχων από τον ΚΕΝΑΚ, τόσο για την ανακαίνιση κτιρίων όσο και για τα νέα κτίρια. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων η Ελληνική επικράτεια έχει χωριστεί σε 4 κλιματικές ζώνες (Α, Β, Γ και Δ – από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Από την ανάλυση ευαισθησίας των στοιχείων (βαθμός εμπιστοσύνης 95%) προκύπτουν τα εύρη των τιμών των ενεργειακών καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας για τις ενεργειακές κατηγορίες Β μέχρι και Α+ όπως απεικονίζονται στον ακόλουθο πίνακα. Όλες οι τιμές εμφανίζουν κανονική κατανομή [12].

Ενεργειακή κατηγορία	Ενεργειακές καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας κτιρίων κατοικίας ανά Κλιματική Ζώνη (kWh/m ² a)			
	A	B	Γ	Δ
A+	11 - 25	14 - 35	10 - 44	17 - 36
A	18 - 56	21 - 55	26 - 74	54 - 88
B+	32 - 81	31 - 99	45 - 125	37 - 128
B	45 - 112	56 - 126	72 - 172	63 - 184
Ενεργειακή κατηγορία	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων τριτογενούς τομέα ανά Κλιματική Ζώνη (kWh/m ² a)			
	A	B	Γ	Δ
A+	12 - 77	14 - 91	52 - 69	30
A	65 - 185	41 - 114	68 - 119	82
B+	98 - 218	60 - 196	99 - 218	105 - 156
B	133 - 266	115 - 245	120 - 280	149 - 218

Εικόνα 1.6: Εύρος τιμών ενεργειακών καταναλώσεων για τις ενεργειακές κατηγορίες B μέχρι και A+ [12]

1.5.2.4 Χαρακτηριστικά κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΚΕ)

Σύμφωνα με την παρ. 5 του άρθρου 2 του ν.4122/2013, και αντιστοίχως με την παρ. 2 του άρθρου 2 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ, ως «κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» νοείται «κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας και αντιστοίχως του άρθρου 3 του Νόμου. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται πρέπει να καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.» [12]

Πλέον και μετά την τελευταία τροποποίηση (7.5.2020) το άρθρο 21 του ν. 4122/2013 (Α' 42) για τα θέματα οικοδομικών αδειών αντικαθίσταται ως εξής:

Για την έκδοση οικοδομικής άδειας νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου υφιστάμενου κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, εκπονείται και υποβάλλεται σύμφωνα με τον ν. 4495/2017 (Α' 167) η οριζόμενη στην παράγραφο 25 του άρθρου 2, Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) του κτιρίου. Για την έκδοση οικοδομικής άδειας νέου κτιρίου, καθώς και για προσθήκη νέας κτιριακής μονάδας σε κτίριο που ανεγείρεται βάσει οικοδομικής αδείας της οποίας η αίτηση υποβάλλεται μετά την 1η Ιουνίου 2021, υποβάλλεται ΜΕΑ που τεκμηριώνει ότι το κτίριο πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Κατά παρέκκλιση κάθε αντίθετης διάταξης και ειδικά για τις οικοδομικές άδειες που εκδίδονται μέχρι και τις 31 Μαΐου 2021 και αφορούν νέα κτίρια κατοικιών ή προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια κατοικιών, υποβάλλεται ΜΕΑ που τεκμηριώνει ότι το κτίριο (ή η προσθήκη) είναι κατ' ελάχιστον ενεργειακής κατηγορίας B+ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ [14].

1.6 Παθητικό κτίριο

Όπως προαναφέρθηκε, τα κτίρια καταναλώνουν σε παγκόσμιο επίπεδο το 40% της παραγόμενης ενέργειας, όταν οι βιομηχανίες καταναλώνουν το 30%. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποφέρει μεγάλη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα για θέρμανση και ψύξη και στην αντίστοιχη παραγωγή ρύπων, όπως το CO₂ του βασικού αερίου που συντελεί στη εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Επομένως, ο κτιριακός τομέας μπορεί να συνεισφέρει τα μέγιστα στην επίτευξη των στόχων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, μέσω του σχεδιασμού και της κατασκευής ενεργειακά αποδοτικότερων κτιρίων. Προς αυτήν την κατεύθυνση, στοχεύει και το πρότυπο του Παθητικού κτιρίου, οι βασικές αρχές του οποίου αναλύονται στη συνέχεια.

1.6.1 Η έννοια του Παθητικού κτιρίου

Το πρότυπο Παθητικού κτιρίου είναι ένα καθαρά υπολογιστικό πρότυπο που βασίζεται στις αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, της φυσικής, της ροής θερμότητας, καθώς και της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και ως εκ τούτου δεν έχει συγκεκριμένες μεθόδους κατασκευής. Λόγω αυτού, το κάθε κτίριο μπορεί και πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα στο κλίμα της περιοχής.

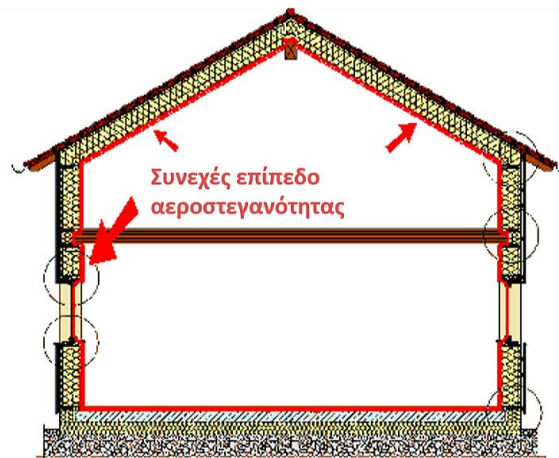
Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή, τα Παθητικά κτίρια έχουν την ικανότητα να διατηρούν όλο το χρόνο μια απόλυτα ικανοποιητική θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια θερμαίνονται τον χειμώνα παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, στο Παθητικό κτίριο χρησιμοποιούνται παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός της σκίασης και του νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου το κτίριο να διατηρείται δροσερό και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση. Σε κάθε περίπτωση, τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός, εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο σε σταθερά και άνετα για τους χρήστες επίπεδα.

Ένα Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από τα συμβατικά κτίρια της κεντρικής Ευρώπης, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερο από 1,5 λίτρο πετρελαίου ή 1,5 κυβικό μέτρο φυσικού αερίου το χρόνο, για τη θέρμανση ενός τετραγωνικού μέτρου κατοικήσιμου χώρου. Εξαιρετικά μεγάλη οικονομία, όμως, επιτυγχάνεται και στις θερμότερες περιοχές, όπου τα κτίρια χρειάζονται κατά κύριο λόγο ψύξη. Ο περιορισμός της χρήσης ενέργειας οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και έτσι το Παθητικό Κτίριο είναι μια πραγματικά αειφόρος επιλογή σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές.

1.6.2 Πέντε βασικές αρχές

Το Παθητικό κτίριο διατηρεί παθητικά το περιεχόμενό του στην επιθυμητή θερμοκρασία, με σκοπό την ελαχιστοποίηση ή ακόμα και τον μηδενισμό της ανάγκης ενεργητικής ψύξης ή θέρμανσης. Οι βασικές αρχές που ακολουθούνται κατά τον σχεδιασμό ενός κτιρίου σύμφωνα με αυτό το πρότυπο και οδηγούν στην βέλτιστη ενεργειακή απόδοση παρουσιάζονται παρακάτω.

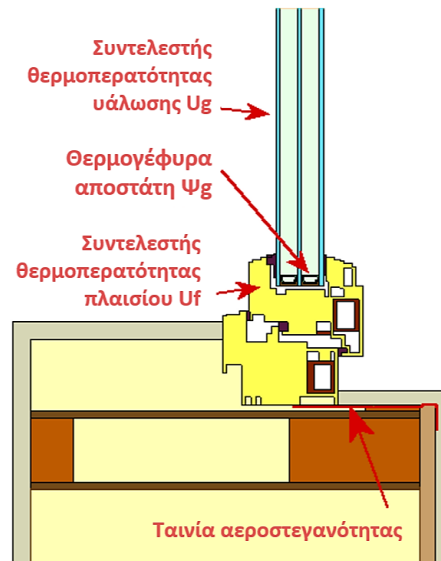
1.Αεροστεγανότητα: Τα Παθητικά κτίρια σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η διαρροή αέρα από σημεία του κτιριακού κελύφους, όπως ρωγμές, χαραμάδες, ενώσεις και μικρές οπές. Από τα σημεία αυτά, ο αέρας μπορεί να διεισδύει και να εισέρχεται ή να εξέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες, λόγω μη ελεγχόμενου αερισμού και να εμφανίζονται ρεύματα αέρα και φθορές από την υγρασία σε αυτά τα σημεία. Με την αντιμετώπισή τους με συγκεκριμένες τεχνικές που εφαρμόζονται στα Παθητικά κτίρια, όπως για παράδειγμα ταινίες αεροστεγανότητας στα κουφώματα και στις διάφορες ενώσεις, μεμβράνες αεροστεγανότητας καθώς και κολάρα αεροστεγανότητας σε σημεία όπου σωλήνες διαπερνούν το επίπεδο αεροστεγανότητας του κτιρίου, τα φαινόμενα αυτά αποφεύγονται ενώ συγχρόνως αυξάνεται η ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου. Η αεροστεγανότητα εξασφαλίζεται με ένα αεροστεγές εσωτερικό φράγμα του στρώματος μόνωσης του κτιρίου και η τιμή της κατά τον έλεγχο αεροστεγανότητας στα 50Pa (blower door test) δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 0,6 εναλλαγές αέρα την ώρα ($n_{50} \leq 0,6$ 1/h).



Εικόνα 1.7: Ο θερμικός φάκελος του κτιρίου για να είναι αεροστεγής πρέπει να αποτελείται από μια αδιάκοπη γραμμή η οποία περικλείει ολόκληρο τον κλιματιζόμενο χώρο (κόκκινη γραμμή) - Passipedia IΡΗΑ [15]

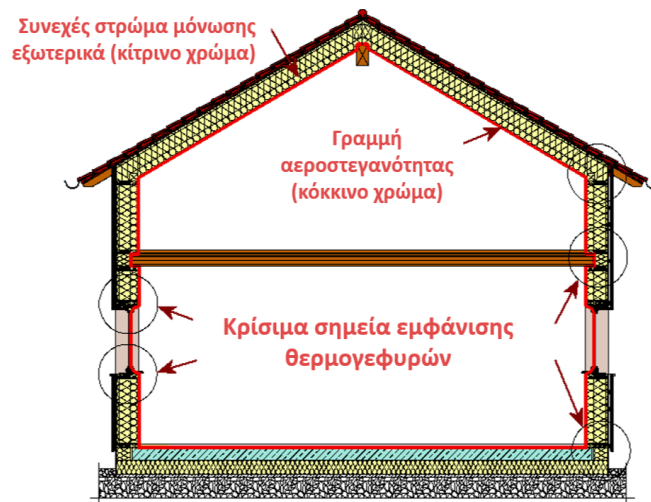
2.Κουφώματα: Η επιλογή, ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση των κουφωμάτων παίζουν καθοριστικό ρόλο, αφού μέσω αυτών αξιοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη τον χειμώνα. Εκτός από τα ηλιακά κέρδη, τα κουφώματα ως κατασκευαστικά στοιχεία του θερμικού φακέλου, εμφανίζουν απώλειες θερμότητας λόγω μετάδοσης θερμότητας διαμέσου του

υλικού τους, αλλά και εξαιτίας των θερμογεφυρών που δημιουργούνται περιμετρικά λόγω του αποστάτη της υάλωσης Ψ_g . Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες με συντελεστή θερμοπερατότητας του γυαλιού $U_g < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ αποτελούν μια αποδοτική λύση, ώστε η τιμή του συνολικού συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος (υαλοπίνακας και πλαίσιο) να προκύπτει $U_w < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.



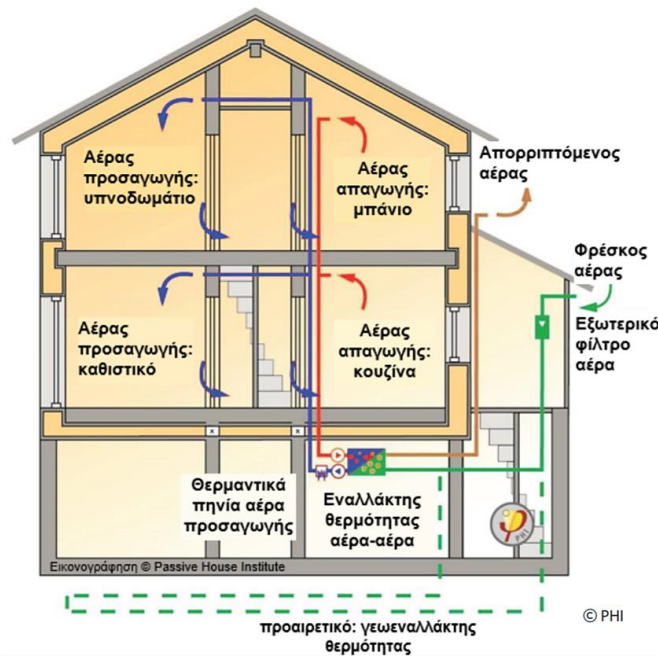
Εικόνα 1.8: Τα παράθυρα των παθητικών κτιρίων επιτρέπουν την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και προσφέρουν υψηλό επίπεδο θερμικής άνεσης – Passipedia iPHA [16]

3.Απουσία θερμογεφυρών: Η ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών κατά το στάδιο του σχεδιασμού και ο έλεγχος των ασθενών σημείων του κτιριακού κελύφους, στα οποία οι θερμικές απώλειες εμφανίζονται αυξημένες σε σχέση με γειτονικά σημεία, ενισχύει την επίτευξη σταθερής θερμοκρασίας στο κτίριο και προστατεύει από τον σχηματισμό μούχλας λόγω υγρασίας στα σημεία αυτά. Σε περίπτωση που δεν αντιμετωπιστούν οι θερμογέφυρες κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής, τα σημεία αυτά οδηγούν σε αύξηση των ενεργειακών καταναλώσεων και σε δυσάρεστα φαινόμενα, όπως υγραποιήσεις εξαιτίας των χαμηλότερων θερμοκρασιών στα δομικά στοιχεία. Στα Παθητικά κτίρια αποφεύγονται οι κατασκευές που δημιουργούν θερμογέφυρες, ενώ όσες θερμογέφυρες προκύπτουν αντιμετωπίζονται με επαρκή μόνωση και με θερμοδιακοπή, ώστε να προκαλούν όσο το δυνατόν χαμηλότερες θερμικές απώλειες.



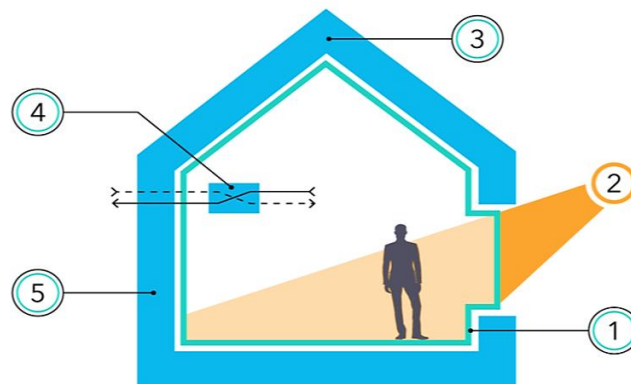
Εικόνα 1.9: Λόγω του προσεκτικού σχεδιασμού χωρίς θερμογέφυρες, οι απώλειες θερμότητας μέσω των θερμογεφυρών μπορούν να μειωθούν τόσο πολύ ώστε να μην χρειάζεται να ληφθούν υπόψη στο ενεργειακό ισοζύγιο - *Passipedia iPHA [17]*

4.Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας: Τα συστήματα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας παρέχουν στο κτίριο τον απαραίτητο φρέσκο αέρα χωρίς σκόνη, γύρη και μικροσωματίδια χάρη στην ύπαρξη φίλτρων, με την μέγιστη ενεργειακή απόδοση χάρη στην ανάκτηση θερμότητας. Η μονάδα μηχανικού αερισμού διαθέτει εναλλάκτη θερμότητας μέσα από τον οποίο διέρχεται το ρεύμα απαγωγής αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου για να απορριφθεί στο περιβάλλον, καθώς και το ρεύμα του εξωτερικού αέρα περιβάλλοντος που προσάγεται στο κτίριο. Ο αέρας περιβάλλοντος φιλτράρεται και αφού ανακτήσει μεγάλο μέρος της θερμότητας από το ρεύμα του απορριπτόμενου αέρα, προσάγεται στους κατάλληλους χώρους του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται ο απαιτούμενος αερισμός του κτιρίου με τις ελάχιστες δυνατές θερμικές απώλειες, ενώ συγχρόνως ελέγχονται τα επίπεδα υγρασίας στον χώρο.



Εικόνα 1.10: Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας σε Παθητικό κτίριο (προαιρετική χρήση γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας) – ΕΙΠΑΚ [18]

5.Μόνωση: Ο θερμικός φάκελος του κτιρίου περικλείεται από αδιάκοπο στρώμα μόνωσης περίπου σταθερού πάχους. Ένα σωστά μονωμένο κτιριακό κέλυφος, διατηρεί τη θερμότητα στο εσωτερικό του κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ την καλοκαιρινή περίοδο εμποδίζει την είσοδό της σε αυτό. Για τον λόγο αυτό, επιλέγεται μόνωση με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda \leq 0,1 \text{ W/mK}$, ώστε να προκύπτει ικανοποιητικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (U-value) του κελύφους περίπου μεταξύ $0,10$ και $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Βασικές αρχές του Παθητικού κτιρίου

- 1 ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑ
- 2 ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ
- 3 ΜΕΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ
- 4 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
- 5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

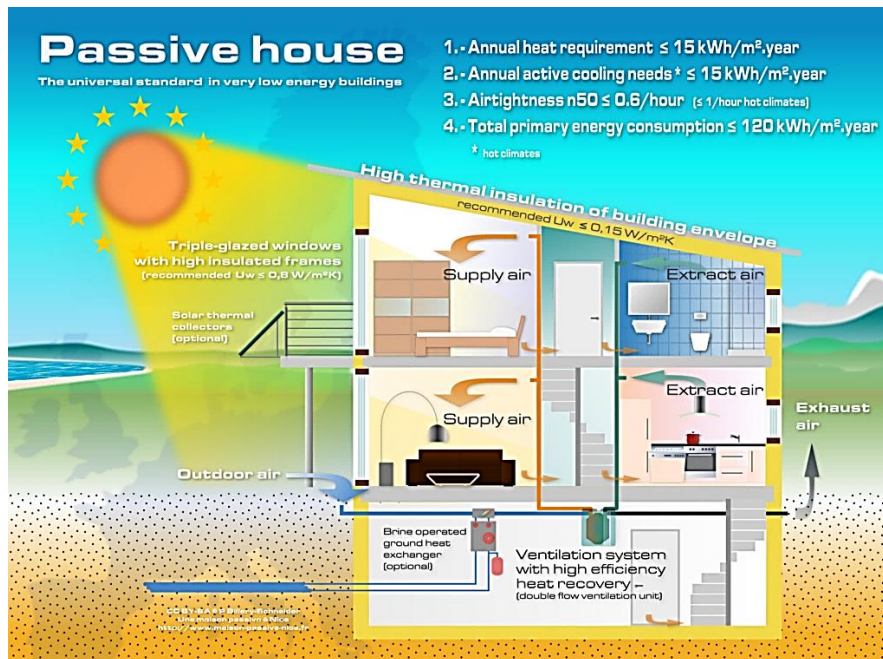
Εικόνα 1.11: Οι πέντε βασικές αρχές του Παθητικού κτιρίου [18]

Εκτός των παραπάνω θεμελιωδών αρχών, στα Παθητικά κτίρια σε συνάρτηση με το κλίμα πρέπει να εφαρμόζεται κάθε φορά όποια αρχή βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και οδηγεί σε καλύτερη θερμική συμπεριφορά. Η εφαρμογή κατάλληλης σκίασης, ο νυχτερινός φυσικός αερισμός, η αβαθής γεωθερμία αέρα (γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας) και ο σωστός σχεδιασμός της θερμικής μάζας, συντελούν για παράδειγμα στην καλύτερη απόδοση των Παθητικών κτιρίων στα μεσογειακά κλίματα, όπως αυτό της Ελλάδας.

1.6.3 Θετικά αποτελέσματα

Είναι γεγονός πως ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός Παθητικού κτιρίου έχει θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, στους χρήστες του κτιρίου, στην κοινωνία και σε άλλους τομείς. Οι ενεργειακές καταναλώσεις μειώνονται στο ελάχιστο, γεγονός που απαλλάσσει τον χρήστη από το υψηλό οικονομικό κόστος για θέρμανση και ψύξη και αποτρέπει την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ρύπους οι οποίοι σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών. Παράλληλα, οι χρήστες απολαμβάνουν σταθερές θερμοκρασίες και τις επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης όλον τον χρόνο, καθώς και εξαιρετική ποιότητα εσωτερικού αέρα, χάρη στο σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας, που τροφοδοτεί με φρέσκο φιλτραρισμένο αέρα το κτίριο και απομακρύνει αέρα με οσμές και υγρασία. Ο συνδυασμός σταθερών θερμοκρασιών και κατάλληλης εναλλαγής αέρα εμποδίζουν ακόμα την εμφάνιση υγρασίας και την ανάπτυξη μούχλας. Τα Παθητικά κτίρια επιτυγχάνουν θερμική άνεση με πολύ χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, γεγονός που διασφαλίζει ότι οι χρήστες θα ζουν σε ένα υγιές και θερμοκρασιακά άνετο περιβάλλον, ανεξαρτήτως του κόστους της ενέργειας.

Το πρότυπο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και την μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών. Τα θερμικά κέρδη χωρίζονται σε αυτά που προέρχονται από τον ήλιο (ηλιακά θερμικά κέρδη) και επιδιώκεται η μεγιστοποίησή τους τον χειμώνα και η αποφυγή τους με σωστή σκίαση το καλοκαίρι, καθώς και σε αυτά που οφείλονται στις δραστηριότητες των χρηστών και στις συσκευές εντός του κτιρίου, που ονομάζονται εσωτερικά θερμικά κέρδη. Με σωστό προσανατολισμό προς το νότο, με την εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού και με πιθανή βοηθητική θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης από τον ήλιο ή από άλλα παθητικά ή και ενεργειακά συστήματα υψηλής απόδοσης, το κτίριο καταφέρνει να χρειάζεται λιγότερο από 15 kWh/m² τον χρόνο για ψύξη ή θέρμανση, τιμή η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνεται για την επιτυχή πιστοποίηση του κτιρίου ως Παθητικό, ενώ η πρωτεύουσα ενέργεια δεν ξεπερνά τις 120 kWh/m² τον χρόνο.



Εικόνα 1.12: Ενεργειακή απόδοση Παθητικού κτιρίου – ΕΙΠΑΚ [19]

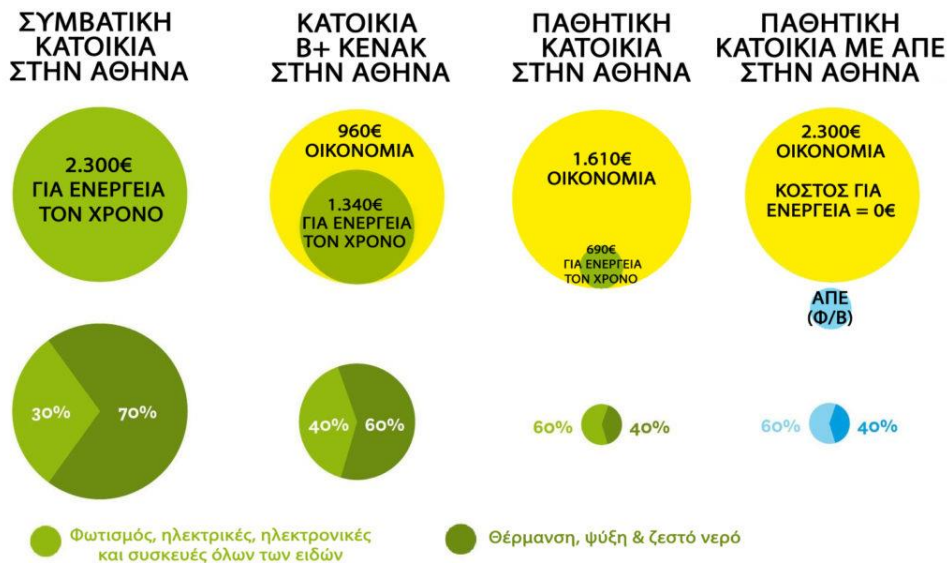
1.6.4 Παθητικό κτίριο και nZEB

Στόχος του προτύπου του Παθητικού κτιρίου, όπως προαναφέρθηκε, είναι η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων μέσω της εφαρμογής των πέντε βασικών αρχών του προτύπου. Αυτό είναι το βασικό μέλημα σε πρώτο στάδιο, δηλαδή το κτίριο με τις κατάλληλες τεχνικές να χρειάζεται όσο τον δυνατόν λιγότερη ενέργεια και συγκεκριμένα λιγότερο από 15 kWh/m^2 τον χρόνο για θέρμανση και λιγότερο από 15 kWh/m^2 τον χρόνο για ψύξη, ώστε να πιστοποιηθεί ως Παθητικό. Σε δεύτερο στάδιο και αφού οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ήδη χαμηλές, αξιοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις για την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) για την παραγωγή ενέργειας στο κτίριο. Με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ το κτίριο ολοκληρώνει την ενεργειακή αποδοτικότητά του και μπορεί να παράγει, για παράδειγμα μέσω μικρού αριθμού φωτοβολταϊκών στοιχείων, όση ενέργεια χρειάζεται αν όχι και περισσότερη.

Σε περίπτωση που παράγεται όση ενέργεια καταναλώνεται κατά την διάρκεια του έτους με την χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), κατά κύριο λόγο εντός και σε μικρή απόσταση από το κτίριο, με αποτέλεσμα να προκύπτει μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο, τότε το Παθητικό κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί πλέον ως κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης nZEB. Ειδικά στην περίπτωση όπου η ανανεώσιμη ενέργεια παράγεται μέσω φωτοβολταϊκών και αξιοποιείται συγχρόνως η μέθοδος του Net-metering, το κτίριο δύναται να παράγει περισσότερη ενέργεια από αυτήν που καταναλώνει και να εμφανίζει θετικό ενεργειακό ισοζύγιο.

Ωστόσο, η χρήση των ΑΠΕ στο Παθητικό κτίριο δεν ταυτίζεται πάντοτε με την αντίστοιχη λογική των κτιρίων nZEB, διότι το παθητικό κτίριο εστιάζει στην εξοικονόμηση ενέργειας και όχι τόσο στην παραγωγή της. Με άλλα λόγια το Παθητικό κτίριο δεν επιδιώκει μόνο την επίτευξη μηδενικού ή θετικού ενεργειακού ισοζυγίου. Με την εφαρμογή των βασικών αρχών της αεροστεγανότητας, της απουσίας θερμογεφυρών, της κατάλληλης μόνωσης, του ελεγχόμενου μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας επιτυγχάνει εξαιρετική θερμική άνεση και υψηλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Ένα χαμηλής ενεργειακής κλάσης συμβατικό κτίριο, το οποίο δεν τηρεί τις αυστηρές προδιαγραφές του παθητικού κτιρίου είναι προφανές ότι θα παρουσιάζει χειρότερη θερμική συμπεριφορά χωρίς ενεργητικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, καθώς και χαμηλότερη ποιότητα αέρα σε σχέση με το παθητικό, με συνέπεια να απαιτεί ενεργητικά συστήματα μεγαλύτερης εγκατεστημένης ισχύος.

Στο συμβατικό κτίριο αν τοποθετηθεί μια συστοιχία πολλών φωτοβολταϊκών στην οροφή, είναι πιθανό το κτίριο να προκύψει ενεργειακής κλάσης A+ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, αφού αρκεί η παραγωγή ενέργειας να υπερβαίνει την κατανάλωση και να δημιουργείται θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, ανεξαρτήτως με το πόση ενέργεια είναι αυτή. Από ενεργειακή οπτική, μπορεί το συμβατικό κτίριο με χρήση ΑΠΕ να παρουσιάζει καλύτερο δείκτη ενεργειακής απόδοσης εφόσον υπερβαίνει τον στόχο του nZEB, παρόλα αυτά η θερμική άνεση δεν επιτυγχάνεται ούτε πιστοποιείται όπως συμβαίνει σε ένα Παθητικό κτίριο. Στην πραγματικότητα, για την ενεργειακή απόδοση, δεν αρκεί απλά να γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών η κάλυψη της απαραίτητης ενέργειας των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, όπως για παράδειγμα αντλιών θερμότητας, αλλά πρέπει να επιδιώκεται αυτή η ενέργεια να είναι η ελάχιστη δυνατή. Με βάση το τελευταίο καθίσταται προφανές ότι το nZEB δεν αποτελεί Παθητικό κτίριο, αλλά το Παθητικό κτίριο με την συνεισφορά της παραγωγής ενέργειας μέσω ΑΠΕ, μπορεί να χαρακτηριστεί ως nZEB.



Εικόνα 1.13: Εξοικονόμηση μέσω του Παθητικού κτιρίου – ΕΙΠΑΚ [19]

2. Ενεργειακή προσομοίωση κτιρίων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφονται τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση στην παρούσα εργασία.

2.1 SketchUp Pro



Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα 3D μοντελοποίησης που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα σχεδιαστικών εφαρμογών που αφορούν την αρχιτεκτονική, την μηχανολογία, την διακόσμηση, αλλά και τον σχεδιασμό ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών και διατίθεται σε διαφορετικές εκδόσεις (SketchUp Free, SketchUp Make, SketchUp Pro).

Το πρόγραμμα είναι προϊόν της Trimble Inc. και μπορεί να υποστηρίξει προγράμματα επεκτάσεις "Extensions" άλλων κατασκευαστών, όπως το OpenStudio και το DesignPH, τα οποία και χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία.

2.2 OpenStudio "Plug-in"



Το OpenStudio είναι μια πλατφόρμα που διαθέτει εργαλεία λογισμικού για τη στήριξη ολόκληρης της ενεργειακής μοντελοποίησης του κτιρίου χρησιμοποιώντας το EnergyPlus. Οι γραφικές εφαρμογές του, που αξιοποιούνται στην υπάρχουσα εργασία είναι το OpenStudio SketchUp Plug-in και OpenStudio Application.

Το πρώτο αποτελεί μια επέκταση "Extension" στο σχεδιαστικό εργαλείο μοντελοποίησης SketchUp της Trimble Inc, παρέχοντας στον χρήστη την δυνατότητα να δημιουργεί και να επεξεργάζεται εύκολα τη γεωμετρία του κτιρίου που απαιτείται, για ανάλυση με το EnergyPlus, ενώ το δεύτερο αποτελεί ένα πλήρως εξοπλισμένο γραφικό περιβάλλον των μοντέλων του OpenStudio που περιλαμβάνει διάφορες παραμέτρους αναφορικά με τα υλικά, τα είδη των κατασκευών, τα θερμικά φορτία, τα χρονοδιαγράμματα, τα μηχανολογικά συστήματα του μοντέλου κ.α.

2.3 EnergyPlus



Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης για ολόκληρο το κτίριο που χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης σε κτίρια. Βασίζεται σε 2 λογισμικά, το BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και το DOE-2 που δημιουργήθηκαν στις αρχές του 1970, τόσο λόγω της ενεργειακής κρίσης όσο και επειδή άρχισε να γίνεται κατανοητό ότι η κτιριακή ενεργειακή κατανάλωση είναι πολύ σημαντική και πρέπει να μελετάται. Εξαιτίας, όμως, διάφορων περιορισμών που προέκυπταν κατά την χρήση των 2 αυτών λογισμικών, εμφανίστηκε η ανάγκη για τον σχεδιασμό ενός νέου λογισμικού, του EnergyPlus, το οποίο γράφτηκε αρχικά σε FORTRAN ενώ αργότερα τροποποιήθηκε σε C++.

Για την προσομοίωση του κτιρίου, το EnergyPlus περιλαμβάνει το υποπρόγραμμα IDF Editor, για τη δημιουργία και επεξεργασία αρχείων εισόδου, καθώς και το EP-Launch για την διαχείριση αρχείων εισόδου, εξόδου και την εκτέλεση των επιθυμητών προσομοιώσεων. Μέσω αυτού, πραγματοποιείται ανάλυση των βασικών παραμέτρων που επιδρούν στην θερμική άνεση του κτιρίου (μεταφορά θερμότητας μέσω των κατασκευαστικών στοιχείων, προσανατολισμός, ροή του αέρα, υγρασία, κλιματολογικές συνθήκες, εσωτερικά θερμικά κέρδη, σκίαση).

Το EnergyPlus πραγματοποιεί δυναμική ανάλυση, δηλαδή προσομοιώσεις σε χρονικά βήματα μικρότερα της ώρας για να διαχειριστεί γρήγορα δυναμικά συστήματα και στρατηγικές ελέγχου.

2.4 PHPP



Το PHPP – "Passive House Planning Package" – αποτελεί ένα εργαλείο υπολογισμού το οποίο είναι οργανωμένο σε υπολογιστικά φύλλα εργασίας (Microsoft Excel ή παρόμοιο λογισμικό με υπολογιστικά φύλλα) και περιέχει όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για τον σωστό σχεδιασμό ενός Παθητικού κτιρίου. Είναι ένα σαφώς δομημένο εργαλείο σχεδίασης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από αρχιτέκτονες, μηχανικούς και σχεδιαστές. Στην πραγματικότητα το

PHPP υπολογίζει το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, συγκρίνοντας τις απώλειες με τα κέρδη, και εκτιμά την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη με βάση τα στοιχεία που εισάγει ο χρήστης.

Τα αποτελέσματα που εξάγονται και τα αντίστοιχα κριτήρια τιμών που πρέπει να ισχύουν (Criteria), παρουσιάζονται στο αρχικό υπολογιστικό Φύλλο επαλήθευσης-Verification του PHPP με την μορφή του παρακάτω πίνακα και σε αυτά περιλαμβάνονται:

- Η ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση [kWh/(m²a)] και η μέγιστη θερμική ισχύς [W/m²]
- Η ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη [kWh/(m²a)] και η μέγιστη ψυκτική ισχύς [W/m²] για την επίτευξη θερμικής άνεσης το καλοκαίρι με χρήση ενεργητικής ψύξης
- Η πιθανότητα υπερθέρμανσης % για καλοκαιρινή θερμική άνεση μέσω παθητικών συστημάτων ψύξης
- Η ετήσια απαίτηση πρωτεύουσας ενέργειας για ολόκληρο το κτίριο [kWh/(m²a)]

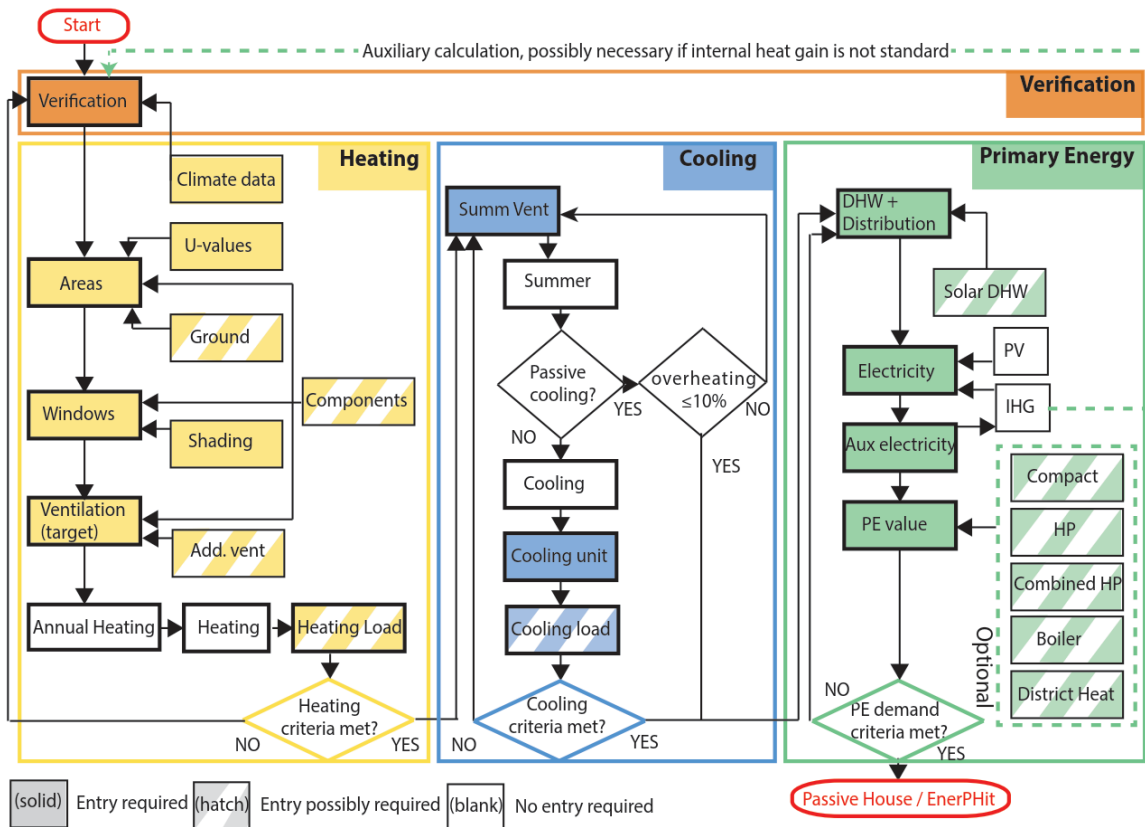
Specific building characteristics with reference to the treated floor area				Criteria	Alternative criteria	Fullfilled? ²
	Treated floor area m ²	177.5				
Space heating	Heating demand kWh/(m ² a)	14	≤	15	-	yes
	Heating load W/m ²	12	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m ² a)	13	≤	15	15	yes
	Cooling load W/m ²	11	≤	-	10	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	-	≤	-	-	
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	≤	10	-	yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	0.6	≤	0.6	-	yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m ² a)	83	≤	120	-	yes
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m ² a)	42	≤	-	-	-
	Generation of renewable energy (in relation to pro- jected building footprint area)	18	≥	-	-	

² Empty field. Data missing. '': No requirement

Εικόνα 2.1: Φύλλο Ελέγχου κριτηρίων – επαλήθευσης (Verification) του PHPP

Εκτός αυτών στο PHPP παρέχονται πληροφορίες για την διαστασιολόγηση εξαρτημάτων που αφορούν τα συγκροτήματα των δομικών στοιχείων (υπολογισμός των τιμών U-value) και τα χαρακτηριστικά των παραθύρων, την σκίαση, τον αερισμό, καθώς και την επίδρασή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Παράλληλα εξάγονται πληροφορίες χρήσιμες για την διαστασιολόγηση του φορτίου θέρμανσης και του φορτίου ψύξης και την διαστασιολόγηση των μηχανολογικών συστημάτων ολόκληρου του κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης).

Το ακόλουθο γράφημα αποτυπώνει παραστατικά την σειρά με την οποία εισάγονται τα δεδομένα στα υπολογιστικά φύλλα του PHPP και τον τρόπο με τον οποίο αυτά αλληλοεπιδρούν. Συνοπτικά, με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται τα στοιχεία που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου (οριακές συνθήκες, δομικά στοιχεία, σκίαση, μηχανικός αερισμός) και υπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση, με μπλε χρώμα απεικονίζονται τα δεδομένα και οι υπολογισμοί σχετικά με το καλοκαίρι και την απαιτούμενη ενέργεια ψύξης, ενώ με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι καταχωρήσεις που σχετίζονται με την παραγωγή ή κατανάλωση ενέργειας (φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτοβολταϊκά συστήματα, αντλία θερμότητας) και με τα εσωτερικά θερμικά κέρδη.



Εικόνα 2.2: Διάγραμμα ροής - τρόπος εισαγωγής δεδομένων στο περιβάλλον του PHPP [20]

Σε αντίθεση με το EnergyPlus, οι υπολογισμοί στο PHPP πραγματοποιούνται στιγμιαία, δηλαδή μετά την αλλαγή μιας καταχώρησης ο χρήστης μπορεί να δει αμέσως την επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται δυνατή η σύγκριση εξαρτημάτων/υλικών διαφορετικών ιδιοτήτων χωρίς μεγάλη προσπάθεια και η βελτιστοποίηση του εκάστοτε έργου με γνώμονα την μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Κατά συνέπεια, το PHPP είναι ένα εργαλείο σχεδιασμού που επιτρέπει στους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς να σχεδιάσουν και να βελτιστοποιήσουν τον σχεδιασμό ενός κτιρίου. Το PHPP προσεγγίζει το κτίριο ως μια μονάδα, περιλαμβάνει εργαλεία διαστασιολόγησης για τα

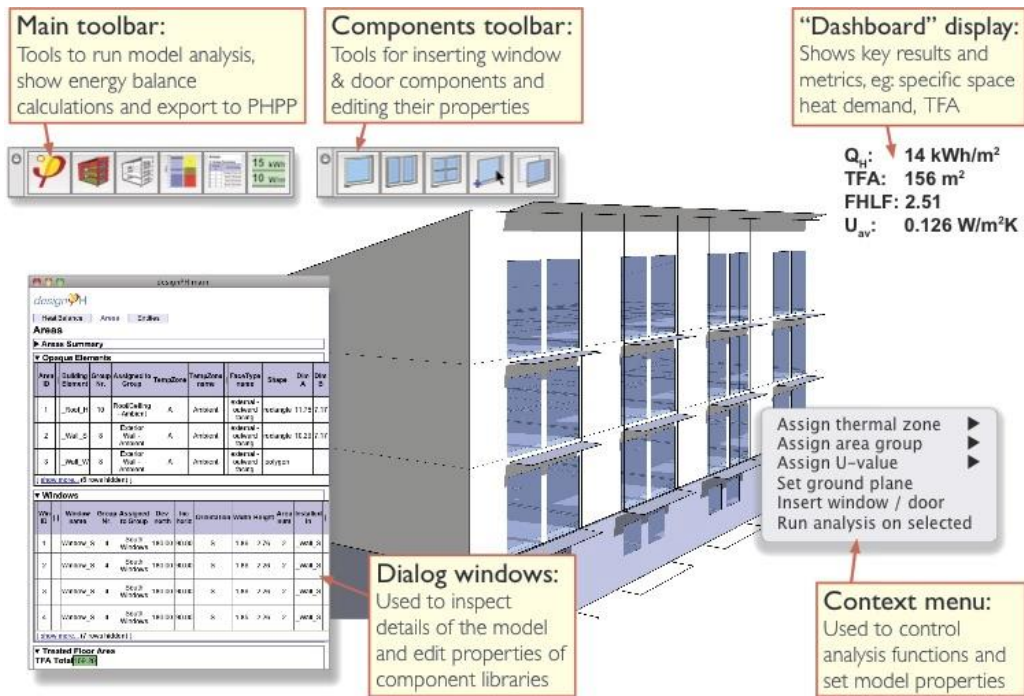
παράθυρα (όσον αφορά τη βέλτιστη θερμική άνεση), τον αερισμό (όσον αφορά τη βέλτιστη ποιότητα αέρα με επαρκή υγρασία αέρα) και τα μηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, ενώ δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να πραγματοποιήσει δοκιμές ώστε να καθορίσει τις τιμές των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου, ανάλογα με την απαίτηση για θέρμανση και ψύξη. Στην περίπτωση που ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια απόδοσης που θέτει το PHPP, τότε ένα κτίριο μπορεί να πιστοποιηθεί ως Παθητικό ή κτίριο ανακαίνισης EnerPHit.

2.5 DesignPH "Plug-in"

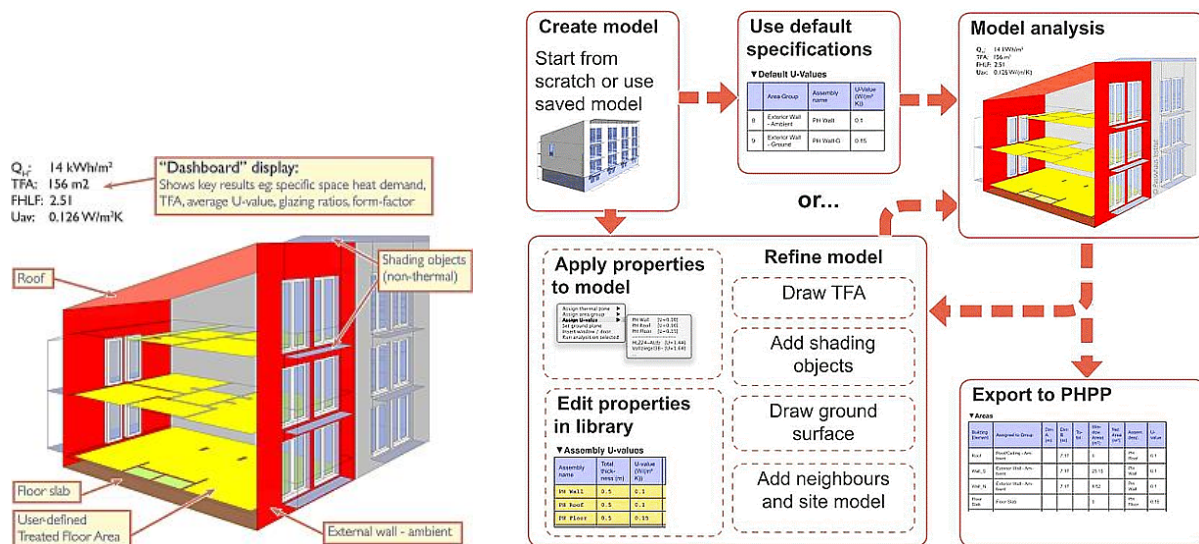


Το σχεδιαστικό εργαλείο "DesignPH" αναπτύχθηκε από το Passive House Institute με σκοπό την παροχή ενός τρισδιάστατου μοντέλου, ικανού να παρουσιάσει και να εισάγει δεδομένα που αφορούν κατά κύριο λόγο την γεωμετρία του κτιρίου στο PHPP. Αποτελεί μια προέκταση "Extension" στην πλατφόρμα του σχεδιαστικού προγράμματος Sketchup και χρησιμοποιείται κατά την φάση του σχεδιασμού. Με το συγκεκριμένο εργαλείο, απλοποιείται η εισαγωγή δεδομένων στο PHPP (γεωμετρία κτιρίου, σκιάσεις, υαλοπίνακες, θερμογέφυρες) και παρέχεται μια αρχική ανάλυση και εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου μέσα στο περιβάλλον του Sketchup.

Η γεωμετρία του μοντέλου αντιστοιχίζεται με θερμικές ιδιότητες, με τη βοήθεια ορισμένων λειτουργιών αυτόματης ανάλυσης. Το εργαλείο χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να συναγάγει τους τύπους στοιχείων και τις ζώνες θερμοκρασίας, προκειμένου να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο εισαγωγής δεδομένων, αν και αυτά μπορούν να αντικατασταθούν μετέπειτα από τον χρήστη εάν αυτό απαιτείται. Τα γεωμετρικά και θερμικά χαρακτηριστικά του θερμαινόμενου φακέλου του κτιρίου, οι οριακές συνθήκες, τα κουφώματα, η σκίαση και η θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου (Treated Floor Area) αποτελούν μερικά από τα δεδομένα που εκτιμώνται και εξάγονται σε PHPP μέσω του DesignPH. Παράλληλα το Passive House Institute με τη δημιουργία του εργαλείου Bim2PH, καθιστά δυνατή τη μετατροπή δεδομένων από σχεδιαστικά προγράμματα τρισδιάστατων BIM στοιχείων, όπως το Revit και το Archicad, ώστε να εισάγονται απευθείας στο PHPP οι απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου.



Εικόνα 2.3: Περιβάλλον λειτουργίας του DesignPH (Passive House Institute) [21]

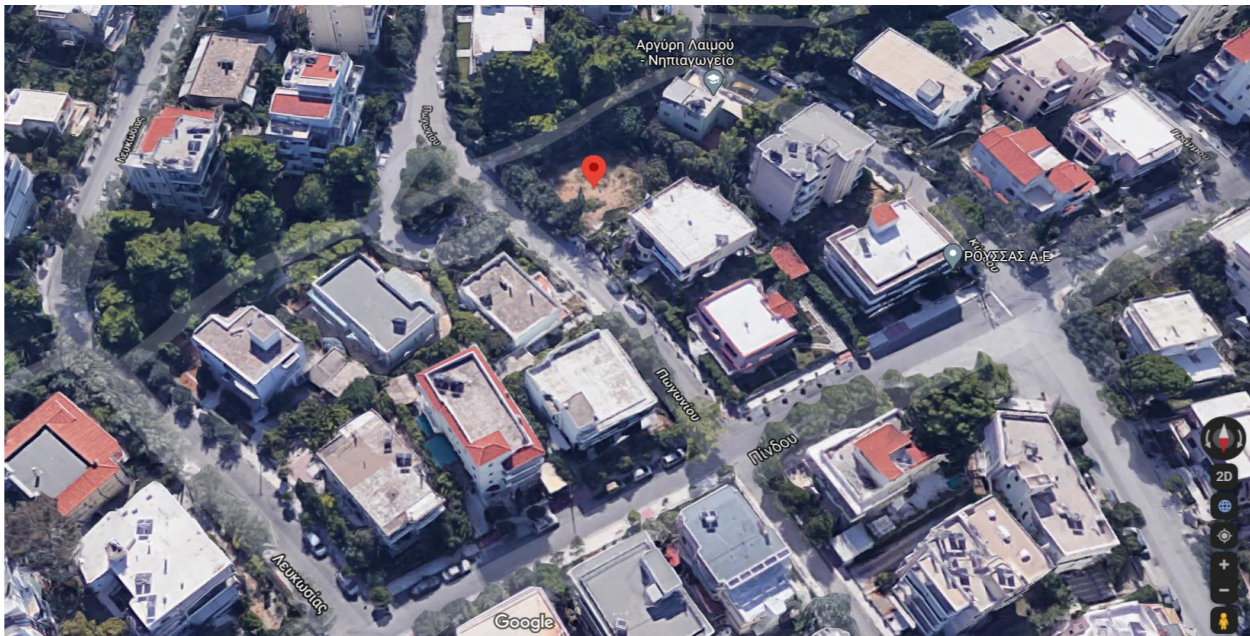


Εικόνα 2.4: Εισαγωγή δεδομένων στο DesignPH με σκοπό την εξαγωγή τους σε μορφή PHPP (Passive House Institute) [21]

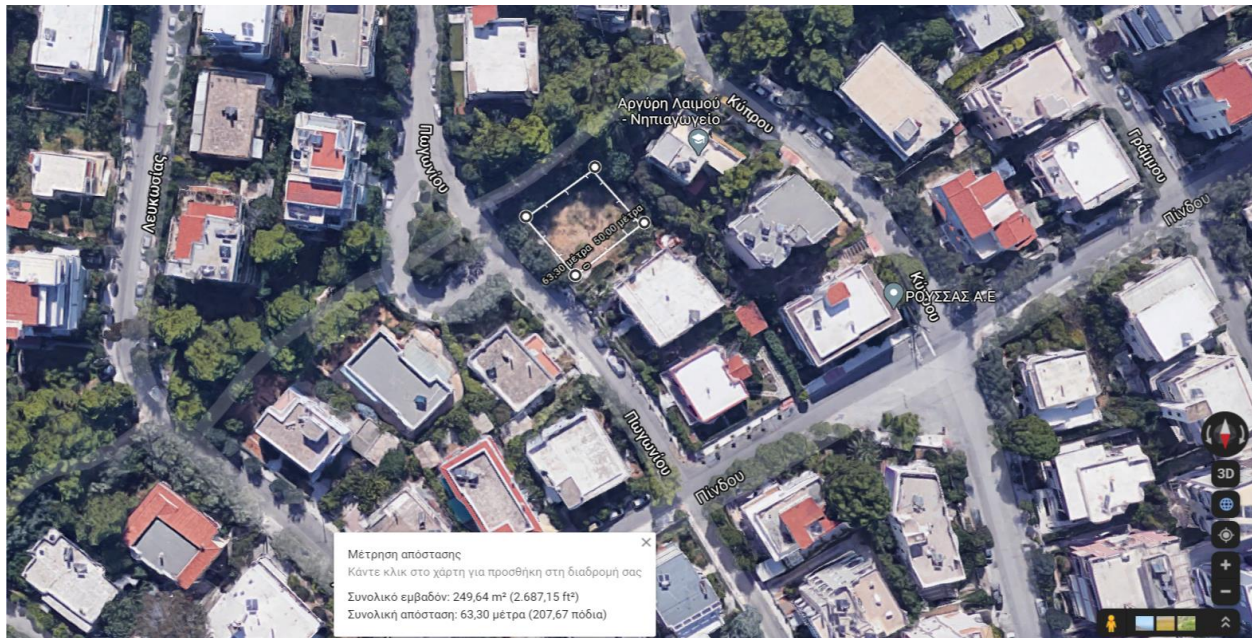
3. Παθητικό κτίριο γραφείων

Στην παρούσα εργασία σχεδιάζεται από την αρχή ένα παθητικό κτίριο γραφείων, με σκοπό την μελέτη και την σύγκριση της θερμικής συμπεριφοράς ενός τέτοιου κτιρίου τριτογενούς τομέα, με δύο διαφορετικά λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης, του EnergyPlus και του PHPP. Για αυτόν τον λόγο, ο σχεδιασμός του μοντέλου του κτιρίου, πραγματοποιείται στο περιβάλλον του SketchUp με δύο τρόπους, αρχικά με την χρήση του OpenStudio "Plug-in" και στην συνέχεια με την χρήση του DesignPH "Plug-in". Μέσω αυτών των επεκτάσεων, τα δεδομένα που αφορούν το κτίριο και την γεωμετρία του, εξάγονται σε αρχεία κατάλληλης μορφής, ώστε να επεξεργαστούν ακολούθως μέσω του EnergyPlus και του PHPP.

Το οικόπεδο που επιλέγεται να τοποθετηθεί το κτίριο, βρίσκεται στην περιοχή του Παπάγου και συγκεκριμένα στην οδό Πωγωνίου στον αριθμό 28. Στην συγκεκριμένη τοποθεσία κυριαρχούν διώροφα κτίρια, πολυκατοικίες και δέντρα, τα οποία σχεδιάζονται σε μια ευρύτερη περιοχή γύρω από το οικόπεδο, ώστε να προσεγγιστεί όσο το δυνατόν καλύτερα η σκίαση από τον περιβάλλοντα χώρο στο υπό μελέτη κτίριο γραφείων.



Εικόνα 3.1: Το υπό μελέτη παθητικό κτίριο γραφείων σχεδιάζεται εντός του οικοπέδου που φαίνεται με το χαρακτηριστικό σύμβολο τοποθεσίας – Πωγωνίου 28, Παπάγος



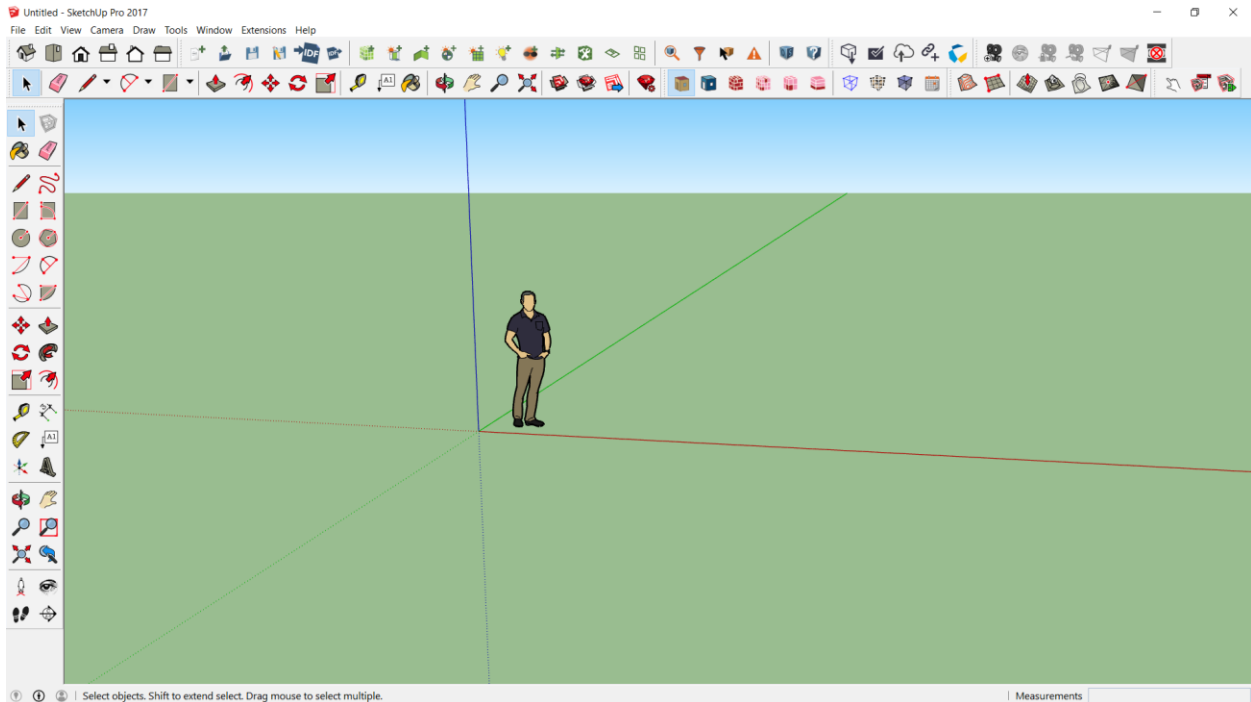
Εικόνα 3.2: Οριοθέτηση και εμβαδόν του οικοπέδου – Το κόκκινο βέλος της πυξίδας στα δεξιά ορίζει τον Βορρά (προς τα κάτω)

Σχεδιασμός παθητικού κτιρίου γραφείων στο SketchUp

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστεί η διαδικασία σχεδιασμού του παθητικού κτιρίου με τα "Plug-in" OpenStudio και DesignPH, ενώ παράλληλα θα παρουσιαστούν τα δύο μοντέλα του κτιρίου έτσι όπως προκύπτουν από το κάθε σχεδιαστικό πρόγραμμα. Έμφαση θα δοθεί στην σύγκριση των δύο αυτών προγραμμάτων, ως προς τις διαφορετικές δυνατότητες που προσφέρουν, τον τρόπο σχεδιασμού που υποστηρίζουν καθώς και τις τυχόν αδυναμίες τους, κατά τον σχεδιασμό του ίδιου παθητικού κτιρίου.

3.1 Σχεδιασμός μέσω OpenStudio "Plug-in"

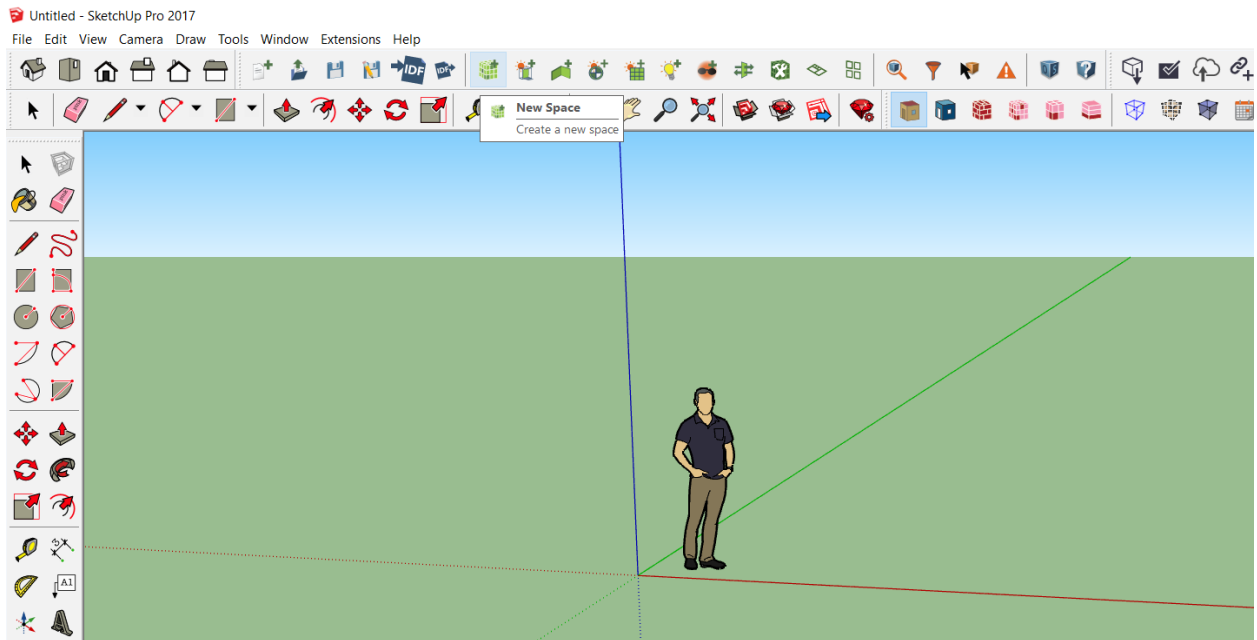
Με την εκκίνηση του SketchUp εμφανίζεται στην οθόνη το περιβάλλον που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, με βασικά στοιχεία τους άξονες σχεδιασμού, όπως τον άξονα του Βορρά (πράσινος συνεχής άξονας) και τον άξονα της Ανατολής (κόκκινος συνεχής άξονας), καθώς και την ανθρώπινη φιγούρα για την καλύτερη αντίληψη του μεγέθους του κτιρίου. Οι προεκτάσεις του Βορρά και της Ανατολής προς την αντίθετη κατεύθυνση, απεικονίζονται με διακεκομμένες γραμμές και αποτελούν τους άξονες του Νότου και της Δύσης αντίστοιχα. Η επέκταση (Extension) του OpenStudio επιλέγεται από την γραμμή εντολών (**Extensions>OpenStudio**) και προσφέρει μια σειρά εργαλείων που αξιοποιούνται για την διαμόρφωση της γεωμετρίας του κτιρίου.



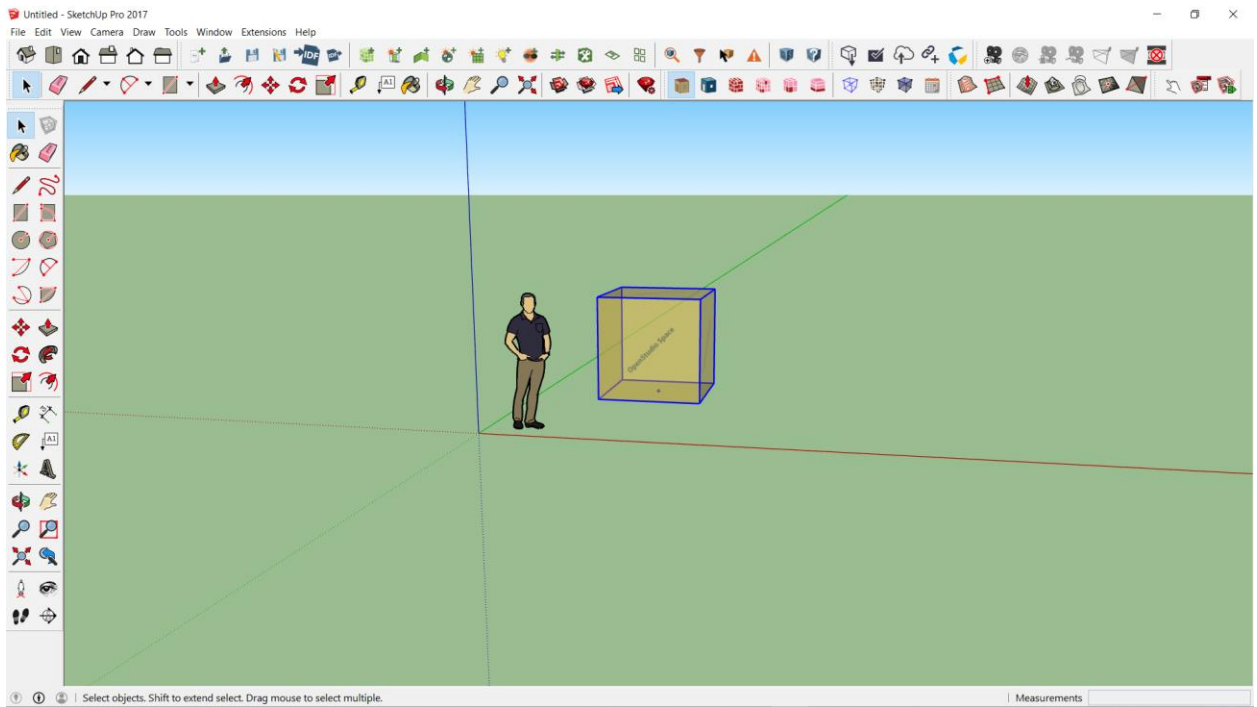
Εικόνα 3.3: Σχεδιαστικό περιβάλλον SketchUp – OpenStudio Plugin

3.1.1 Σχεδιασμός Ισογείου (Θερμική Ζώνη 1)

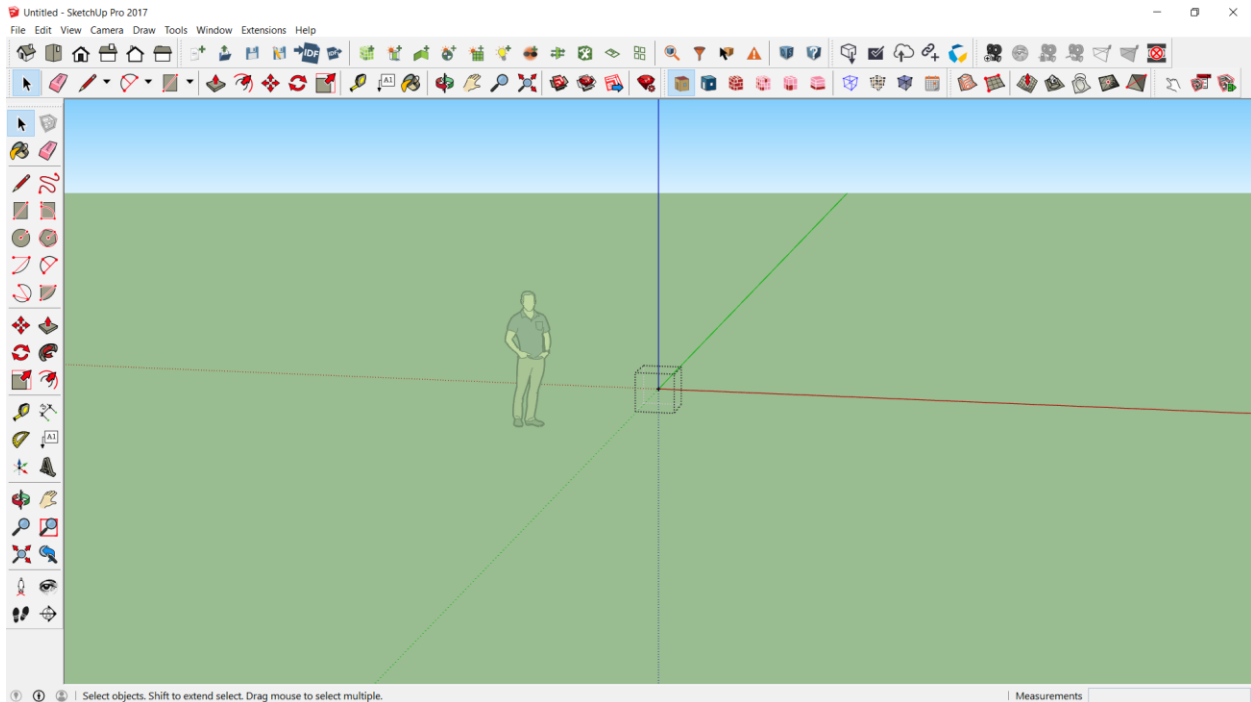
Το κτίριο γραφείων αποτελείται από το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Σε κάθε έναν από αυτούς τους χώρους αντιστοιχίζεται μια θερμική ζώνη, για την ευκολότερη επεξεργασία και εισαγωγή δεδομένων για τον κάθε ορόφου, αλλά και για την εποπτεία των εσωτερικών θερμοκρασιών που προκύπτουν ως αποτέλεσμα μετά την ανάλυση μέσω του EnergyPlus. Για τον σχεδιασμό λοιπόν της θερμικής ζώνης του ισογείου (**Thermal Zone 1**), επιλέγεται από την γραμμή εντολών το εικονίδιο **New Space**. Με την επιλογή αυτού του εργαλείου και πατώντας σε κάποιο σημείο, κοντά στην αρχή των αξόνων στην συγκεκριμένη περίπτωση, εμφανίζεται ένας κύβος κίτρινου χρώματος. Εφόσον επιλεγεί ο κύβος αυτός (με διπλό κλικ) ενεργοποιείται η θερμική ζώνη του ισογείου, με αποτέλεσμα οτιδήποτε σχεδιάζεται με ενεργοποιημένη την ζώνη αυτή να αποτελεί μέρος της (τοιχοί, οροφή, δάπεδο, παράθυρα, πόρτες).



Εικόνα 3.4: Επιλογή του εργαλείου New Space από την γραμμή βασικών εργαλείων – OpenStudio Plugin

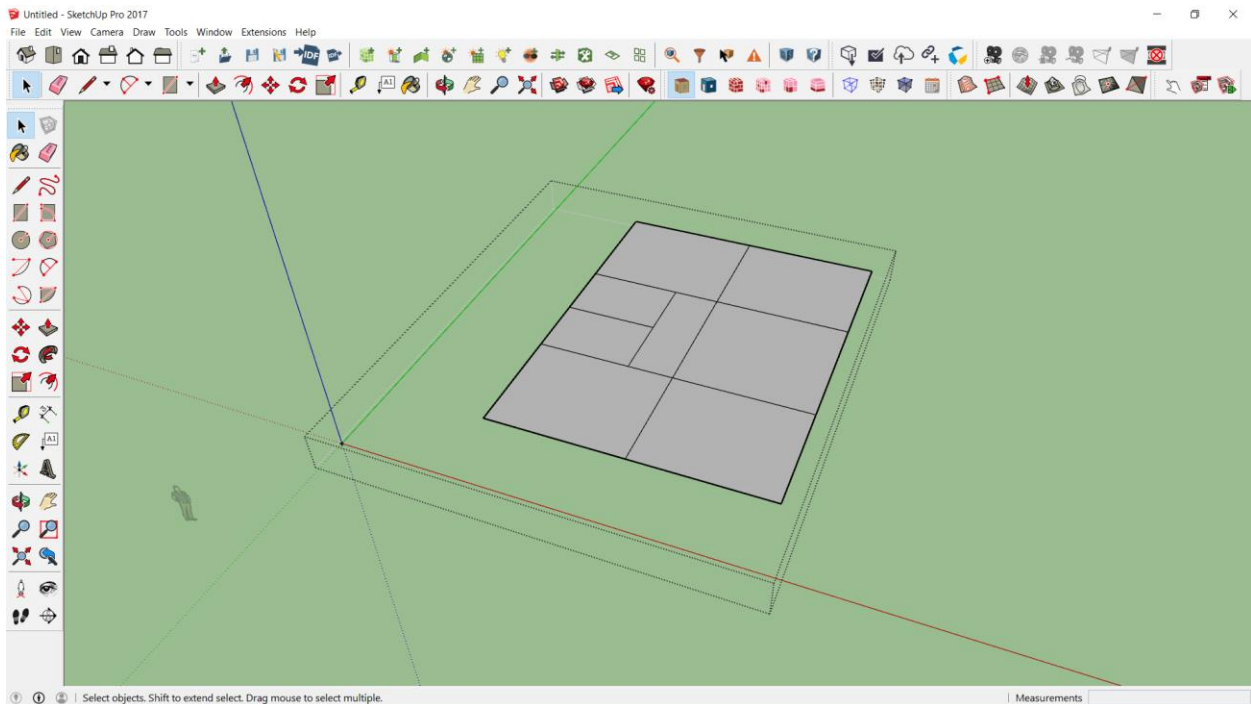


Εικόνα 3.5: Εισαγωγή της Θερμικής Ζώνης του Ισογείου (Thermal Zone 1) – OpenStudio Plugin

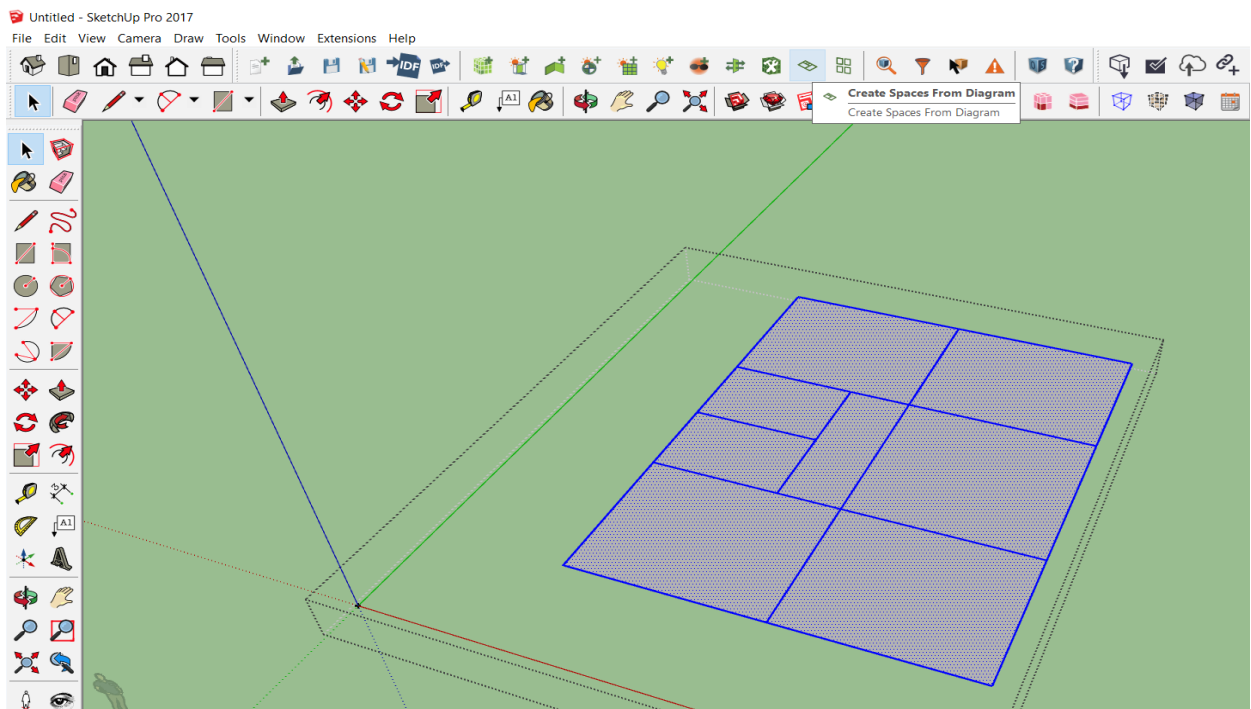


Εικόνα 3.6: Ενεργοποίηση της Θερμικής Ζώνης του Ισογείου (Thermal Zone 1) – OpenStudio Plugin

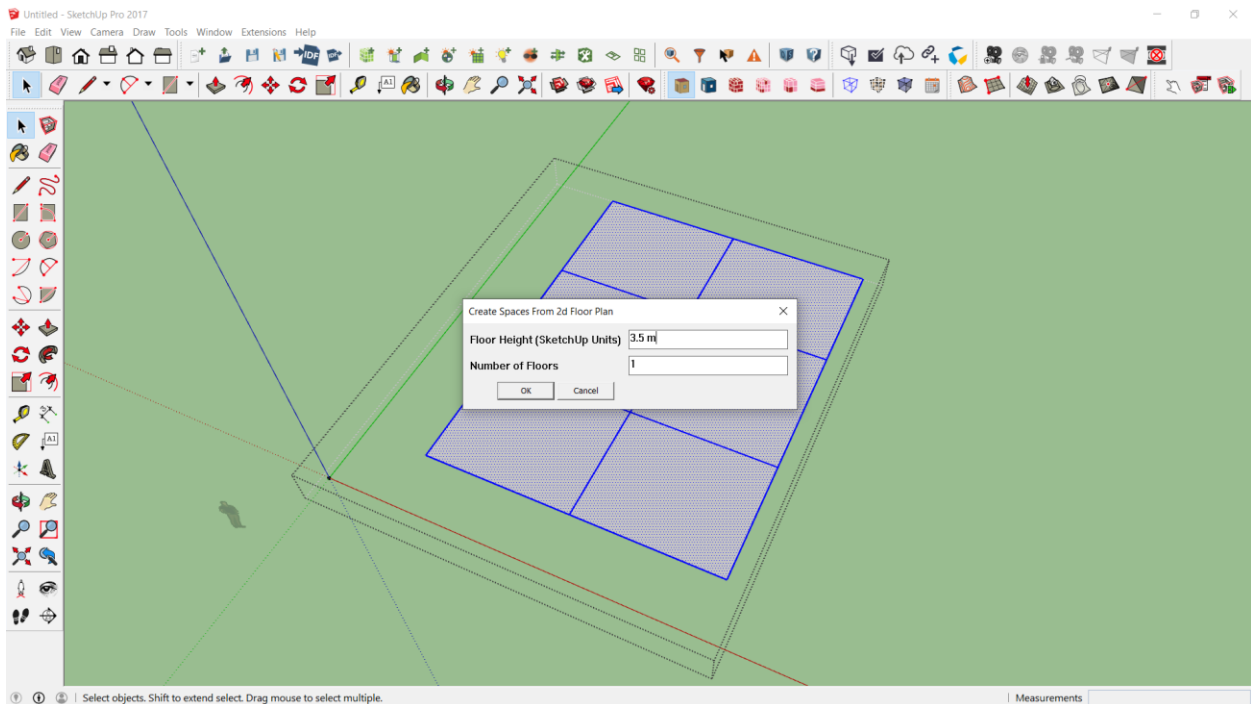
Αφού ενεργοποιηθεί η θερμική ζώνη του ισογείου, σχεδιάζεται η κάτοψη του, δηλαδή η επιφάνεια του δαπέδου του με διαγραμμίσεις που ορίζουν τους εσωτερικούς χώρους του ισογείου. Η επιφάνεια αυτή επιλέγεται ολόκληρη, ώστε με την χρήση του εργαλείου **Create Spaces From Diagram** να καθοριστεί το ύψος του χώρου και να μετατραπεί από δισδιάστατο μοντέλο κάτοψης σε τρισδιάστατο μοντέλο απεικόνισης του ισογείου. Το ύψος του ισογείου καθορίζεται ίσο με 3,5m (**Floor Height**), με συνέπεια να δημιουργείται ένας συμπαγής όγκος που γίνεται αντιληπτός από το πρόγραμμα ως μια θερμική ζώνη. Κάθε επιφάνεια της θερμικής ζώνης που διαμορφώνεται στον χώρο έχει κάποιο χαρακτηριστικό χρώμα για να γίνεται εύκολα αντιληπτό εάν πρόκειται για τοίχο (κίτρινο χρώμα), δάπεδο (γκρι χρώμα) ή οροφή (σκούρο κόκκινο χρώμα).



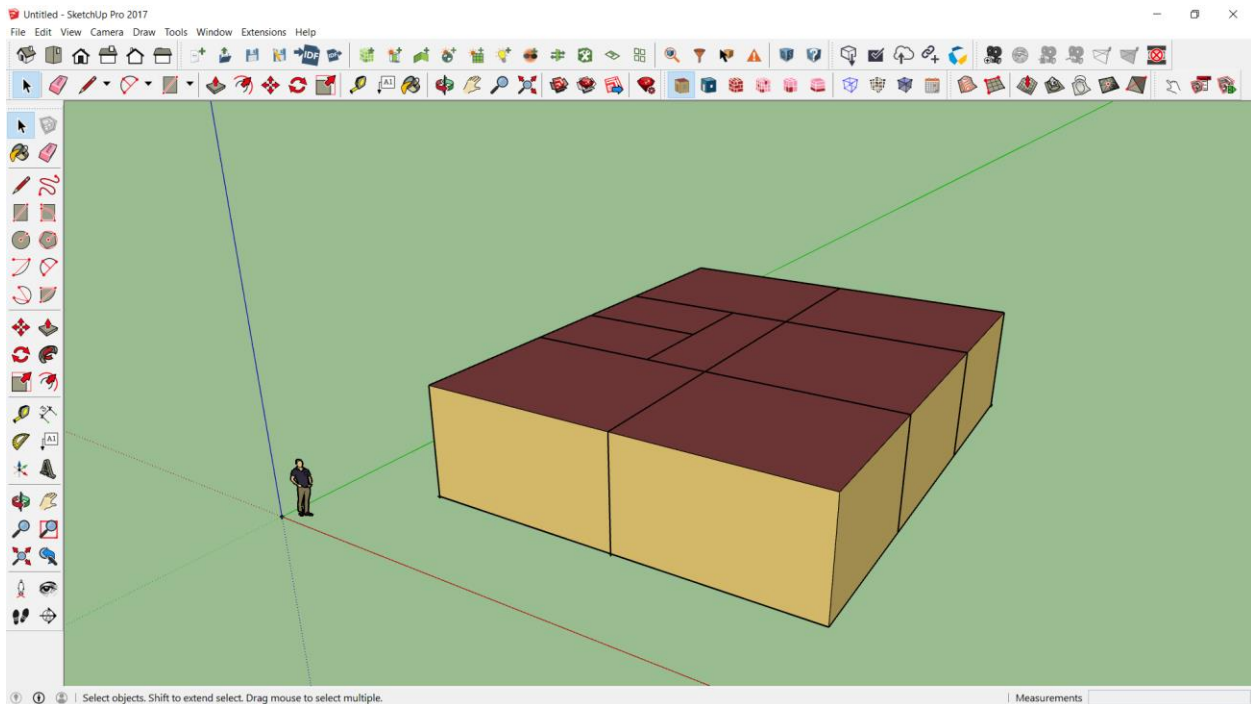
Εικόνα 3.7: Σχεδιασμός της κάτοψης (αποτυπώματος) του Ισογείου (Thermal Zone 1) – OpenStudio Plugin



Εικόνα 3.8: Επιλογή της κάτοψης (αποτυπώματος) του Ισογείου (Thermal Zone 1) – OpenStudio Plugin



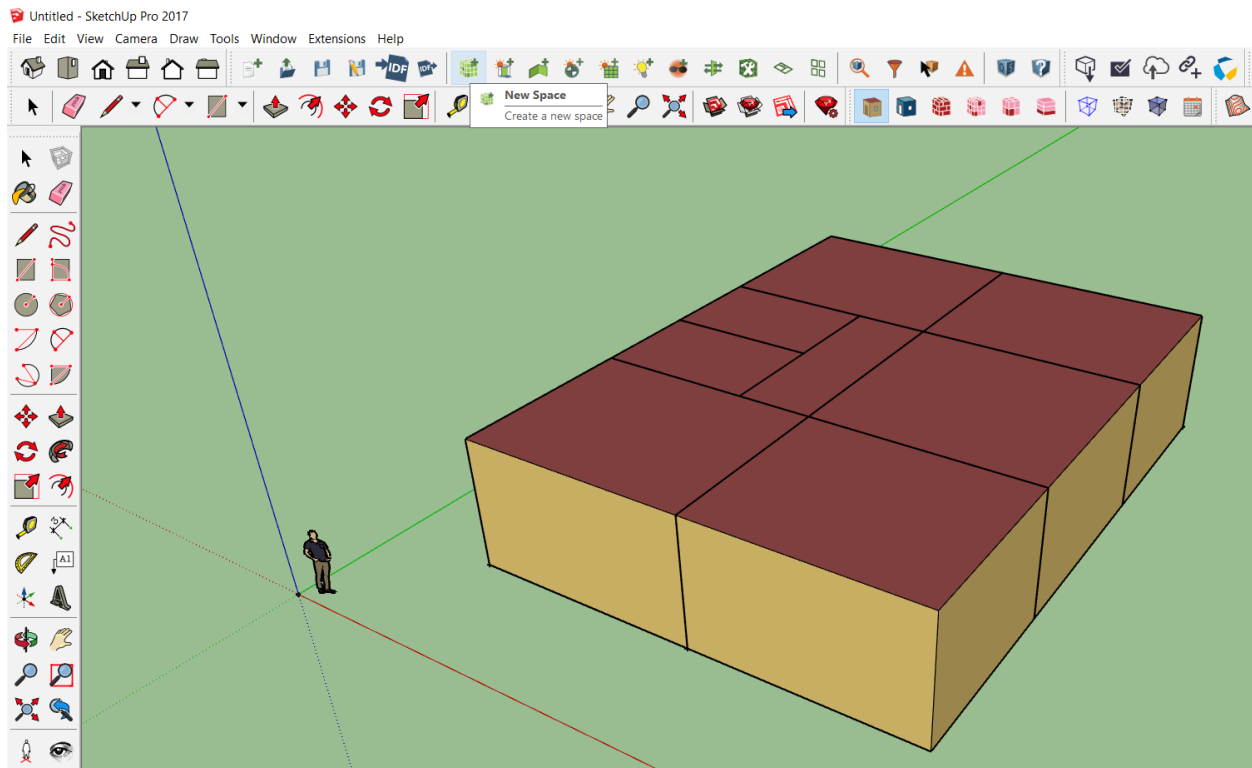
Εικόνα 3.9: Χρήση της εντολής *Create Spaces from 2D Floor Plan*, με την οποία δίνεται ύψος 3,5m στο Ισόγειο (*Thermal Zone 1*) – *OpenStudio Plugin*



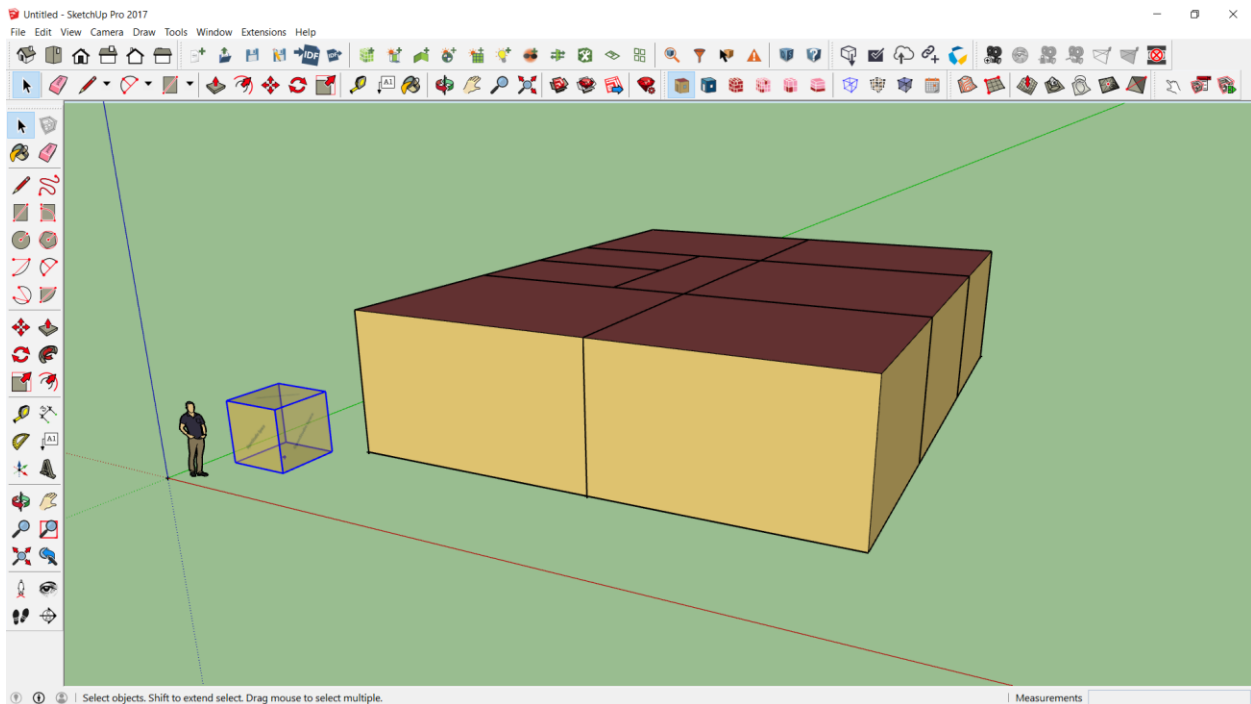
Εικόνα 3.10: Συμπαγής τρισδιάστατος όγκος Ισογείου (*Thermal Zone 1*) – *OpenStudio Plugin*

3.1.2 Σχεδιασμός Πρώτου ορόφου (Θερμική Ζώνη 2)

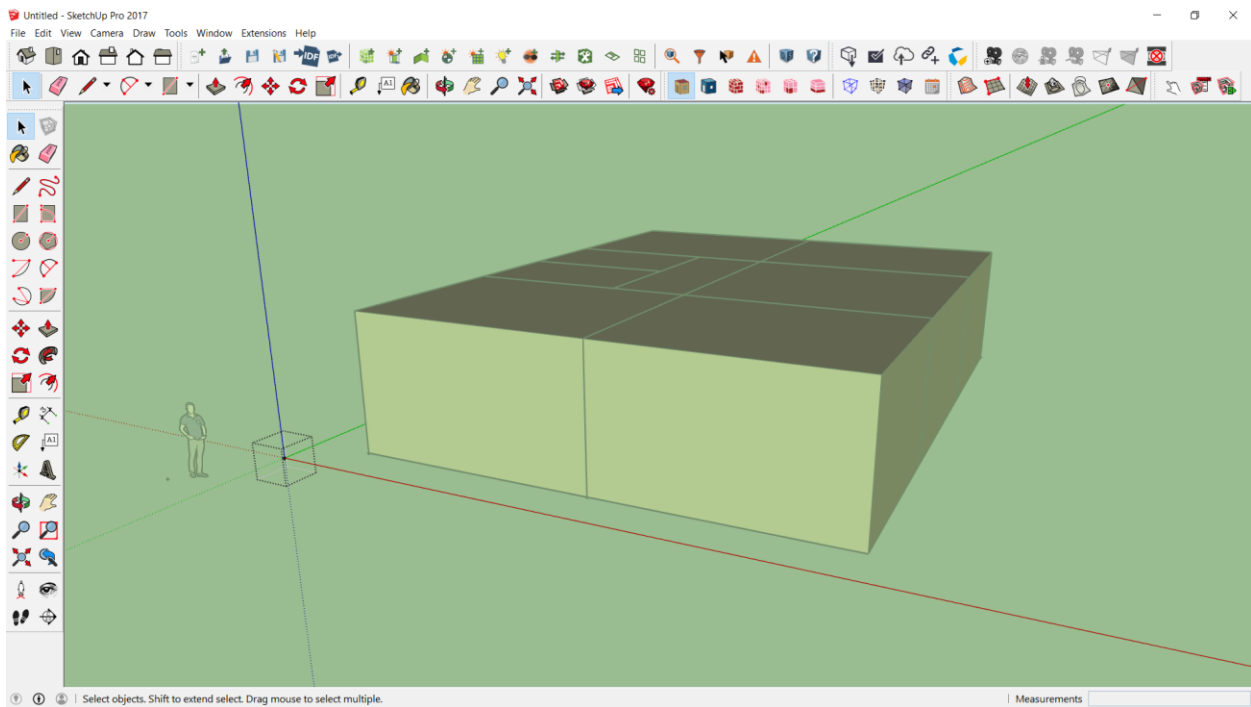
Για τον καθορισμό της νέας θερμικής ζώνης του Πρώτου ορόφου, ομοίως επιλέγεται από την γραμμή εντολών το εικονίδιο **New Space** με το οποίο εμφανίζεται ο χαρακτηριστικός κύβος κίτρινου χρώματος που συμβολίζει την νέα θερμική ζώνη (**Thermal Zone 2**). Ο κύβος αυτός τοποθετείται κοντά στην αρχή των αξόνων, όπως προηγουμένως και επιλέγεται (διπλό κλικ) ώστε να ξεκινήσει ο σχεδιασμός των στοιχείων της δεύτερης θερμικής ζώνης. Σε αυτό το σημείο στο περιβάλλον του SketchUp έχουν οριστεί δύο θερμικές ζώνες, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέγει και να επεξεργάζεται, προσθέτοντας ή αφαιρώντας κατασκευαστικά στοιχεία.



Εικόνα 3.11: Επιλογή του εργαλείου *New Space* από την γραμμή βασικών εργαλείων – *OpenStudio Plugin*

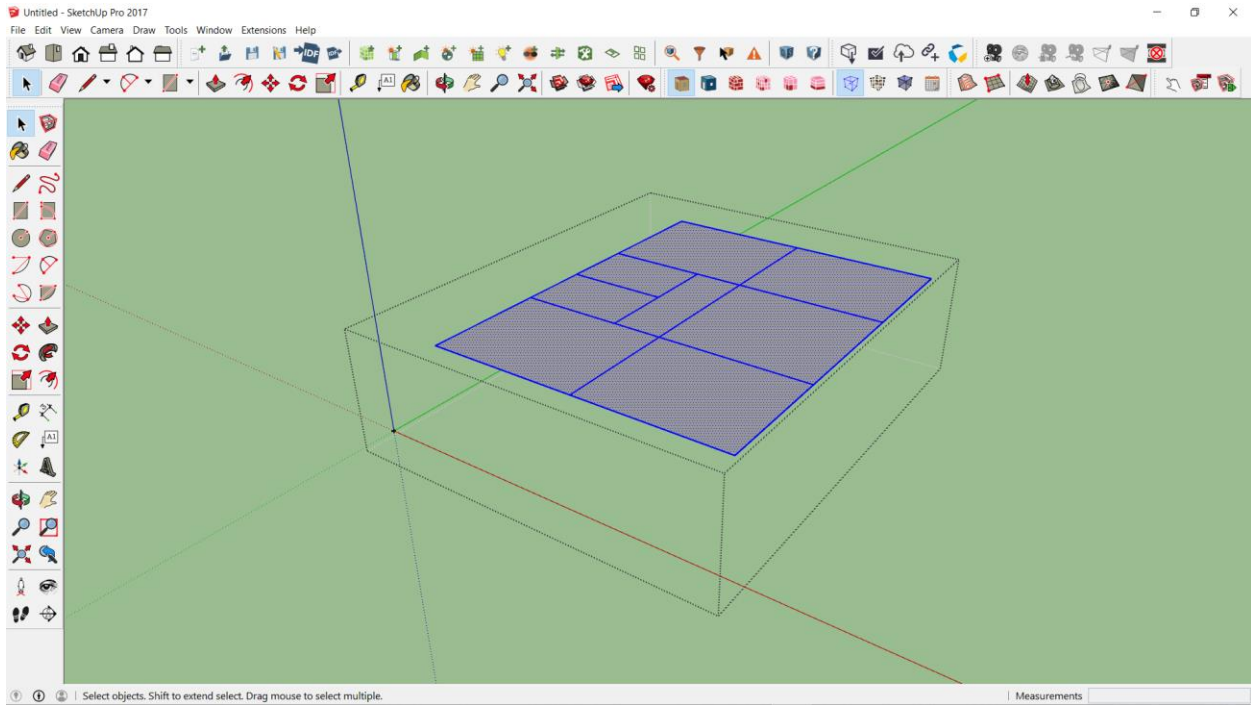


Εικόνα 3.12: Εισαγωγή της Θερμικής Ζώνης του Πρώτου ορόφου (Thermal Zone 2) – OpenStudio Plugin

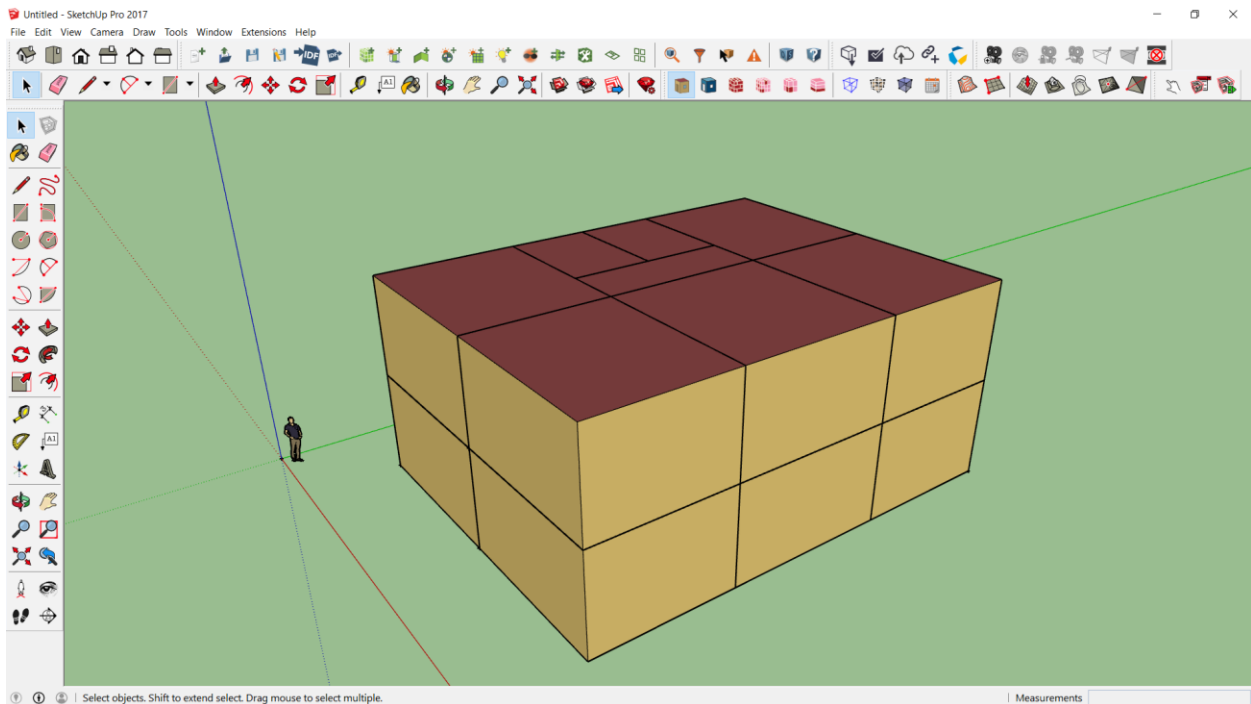


Εικόνα 3.13: Ενεργοποίηση της Θερμικής Ζώνης του Πρώτου ορόφου (Thermal Zone 2) – OpenStudio Plugin

Τα δύο επίπεδα του γραφείου έχουν την ίδια διαρρύθμιση χώρων, επομένως για την διαμόρφωση του Πρώτου ορόφου επαναλαμβάνεται ο σχεδιασμός της κάτοψης του δαπέδου και με την εντολή **Create Spaces From Diagram** ορίζεται το ύψος του όγκου ίσο με 3,5m ώστε να αποκτήσει η κάτοψη τρισδιάστατη μορφή στον χώρο. Οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, η οροφή και το δάπεδο που σχηματίζονται, ανήκουν στην δεύτερη θερμική ζώνη.



Εικόνα 3.14: Επιλογή του δισδιάστατου σχεδίου και χρήση της εντολής *Create Spaces from 2D Floor Plan*, με την οποία δίνεται ύψος 3,5m στον Πρώτο όροφο (*Thermal Zone 2*) – *OpenStudio Plugin*



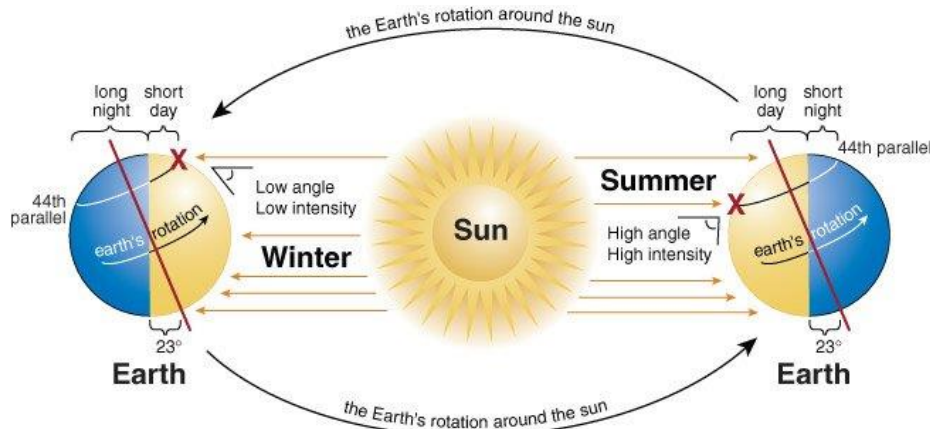
Εικόνα 3.15: Ο συμπαγής τρισδιάστατος όγκος του γραφείου αποτελείται από το Ισόγειο (Thermal Zone 1) και τον Πρώτο (Thermal Zone 2) – OpenStudio Plugin

3.1.3 Σχεδιασμός Ανοιγμάτων στο γραφείο

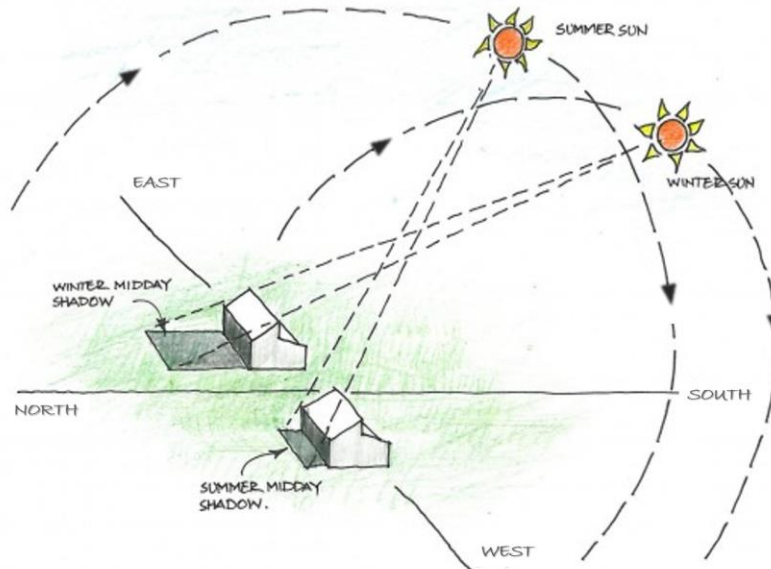
Οι χώροι γραφείων χρειάζονται επαρκή φωτισμό, για αυτό επιλέγεται να διαμορφωθούν αρκετά ανοίγματα παραθύρων, ώστε να εξασφαλίζεται η οπτική άνεση των χρηστών κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας μέσω του φυσικού φωτισμού και να ελαχιστοποιούνται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που αφορούν τον τεχνητό φωτισμό. Ειδικότερα, σε ένα Παθητικό κτίριο οι υαλοπίνακες, εκτός από την συνεισφορά τους στην εξασφάλιση οπτικής άνεσης, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απαίτηση για θέρμανση των χειμώνα, η οποία πρέπει να είναι χαμηλότερη από 15kWh/m^2 τον χρόνο. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στον χώρο μέσω των παραθύρων, με αποτέλεσμα να προστίθενται θερμικά ηλιακά κέρδη στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα αφαιρούνται από το ισοζύγιο οι απώλειες από την μετάδοση θερμότητας διαμέσου αυτών.

Για αυτόν τον λόγο τα ανοίγματα παραθύρων στις επιφάνειες των τοίχων δεν τοποθετούνται τυχαία, αλλά επιλέγεται να διαμορφωθούν σύμφωνα με την αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού, δηλαδή πολλά και μεγάλα ανοίγματα στον Νότο, από τα οποία εξασφαλίζονται σημαντικά θερμικά ηλιακά κέρδη, ενώ ελάχιστα και μικρά στον Βορρά, τα οποία δεν δέχονται άμεσα ηλιακή ακτινοβολία. Στους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους διαμορφώνονται ανοίγματα μικρού πλάτους (στενόμακρα παράθυρα), ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και η απευθείας κάθετη πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου κατά την Ανατολή και την Δύση του Ηλίου.

Ο λόγος που συμβαίνει αυτό οφείλεται στην κλίση του άξονα της Γης και γίνεται εύκολα κατανοητός εάν παρακολουθήσει κανείς την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο για τις διαφορετικές εποχές του έτους. Το καλοκαίρι οι ακτίνες του Ήλιου προσπίπτουν σχεδόν κάθετα στην επιφάνεια της Γης (για το βόρειο ημισφαίριο), με συνέπεια η θερμοκρασία να είναι υψηλότερη. Εάν κάποιος ακίνητος παρατηρητής στην Γη παρακολουθήσει την "πορεία" που διαγράφει ο Ήλιος στην επιφάνεια του βόρειου ημισφαιρίου κατά την διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας, θα αντιληφθεί ότι αυτή αποτελεί μία καμπύλη από την Ανατολή έως την Δύση σχεδόν κάθετα πάνω από τον παρατηρητή. Αντίθετα, τον χειμώνα οι ακτίνες του Ήλιου προσπίπτουν υπό κλίση στην επιφάνεια της Γης (για το βόρειο ημισφαίριο). Ο ίδιος ακίνητος παρατηρητής παρακολουθώντας την καμπύλη που διαγράφει η "πορεία" του Ήλιου στην επιφάνεια της Γης κατά την διάρκεια μιας χειμερινής ημέρας, θα διαπιστώσει ότι η καμπύλη αυτή είναι μετατοπισμένη προς τον Νότο, δηλαδή ότι ο Ήλιος "ανατέλλει" από τα νοτιοανατολικά και "δύει" στα νοτιοδυτικά.



Εικόνα 3.16: Συγκριτική απεικόνιση της θέσης της Γης ως προς τον Ήλιο για το καλοκαίρι και τον χειμώνα (www.solar.steinbergs.us) [22]



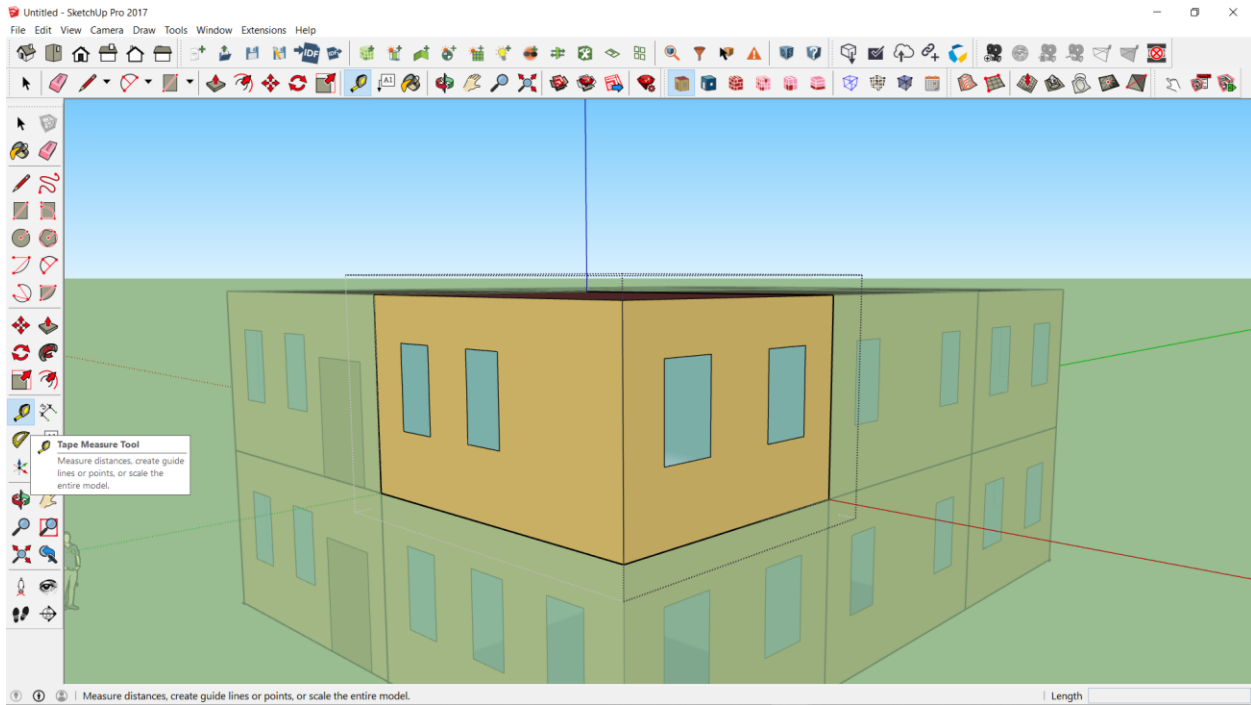
Εικόνα 3.17: Η "πορεία" του Ήλιου όπως γίνεται αντιληπτή από ακίνητο παρατηρητή πάνω στην Γη, κατά την διάρκεια μίας ημέρας [23]

Επομένως, τοποθετούνται μεγάλα ανοίγματα στην νότια πλευρά του κτιρίου για να αξιοποιηθεί το γεγονός ότι τον χειμώνα, που η ανάγκη για θέρμανση είναι σημαντικά μεγαλύτερη, οι επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό δέχονται τα μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω της θέσης της Γης ως προς το Ήλιο. Η ίδια διαπίστωση για τον τρόπο που οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν στην επιφάνεια της Γης και επομένως στο κτίριο, χρησιμοποιείται και για τον σχεδιασμό της σκίασης όπως αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

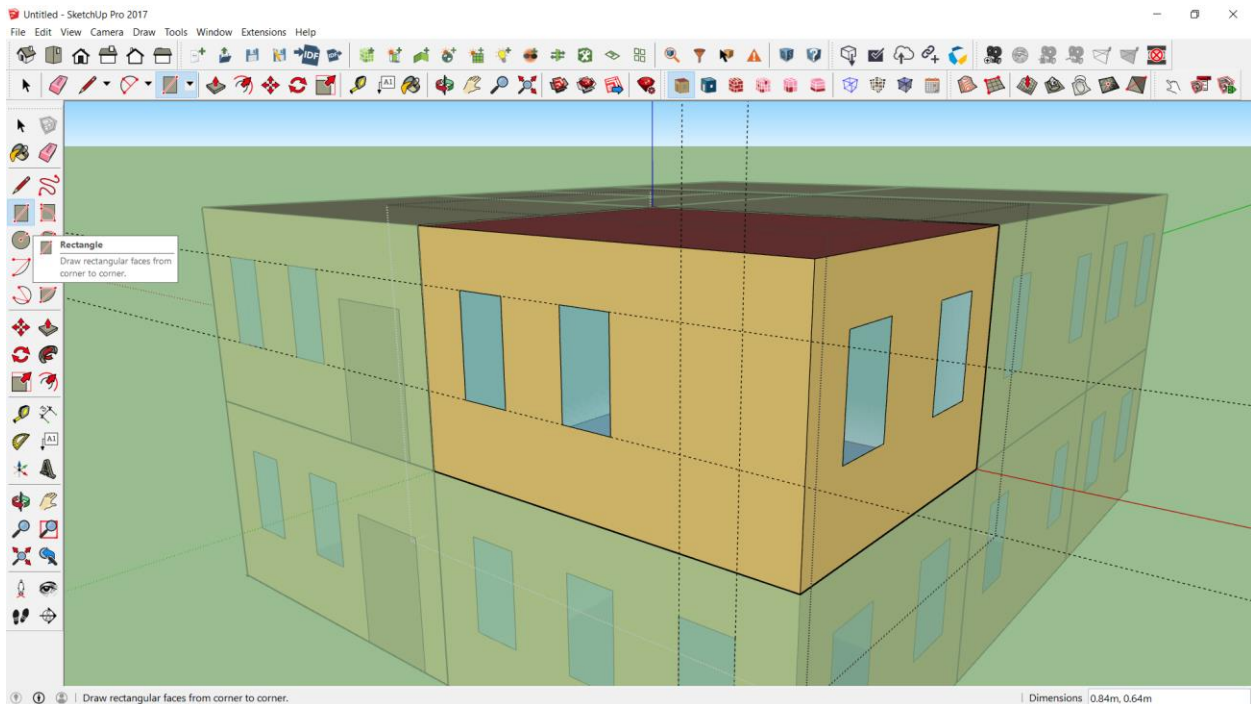
Οι πόρτες και τα παράθυρα αναφέρονται ως υπό-επιφάνειες (**Sub-Surfaces**). Για τον σχεδιασμό υπό-επιφάνειας σε μια επιφάνεια (**Surface**) στο περιβάλλον του SketchUp μέσω του OpenStudio plugin, επιλέγεται αρχικά ο χώρος (**Space**) στον οποίο ο χρήστης επιθυμεί να δημιουργήσει το άνοιγμα. Ως χώρος, θεωρείται κάθε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο που έχει δημιουργηθεί και συγκροτείται από τέσσερις τοίχους περιμετρικά, οροφή και δάπεδο. Στην προκειμένη περίπτωση του γραφείου, έχουν διαμορφωθεί 16 συνολικά χώροι, 8 για κάθε θερμική ζώνη. Επιλέγοντας με διπλό κλικ έναν χώρο, ο συγκεκριμένος χώρος απομονώνεται από τους υπόλοιπους και σχεδιάζεται το άνοιγμα της υπό-επιφάνειας, με την χρήση του εργαλείου σχεδιασμού ορθογώνιου παραλληλογράμμου (**Rectangle**) ή με τον σχεδιασμό μεμονωμένων γραμμών με την χρήση του εργαλείου (**Line**).

Για την διαστασιολόγηση των παραθύρων και των πορτών και την αποφυγή λαθών, αξιοποιείται το εργαλείο (**Tape Measure Tool**) μέσω του οποίου φέρονται οδηγίες με διακεκομμένες γραμμές στα επιθυμητά σημεία, έτσι ώστε να σχεδιαστεί η επιθυμητή γεωμετρία. Μια υπό-επιφάνεια γίνεται αντιληπτή από το πρόγραμμα ως πόρτα (**Door**) σε

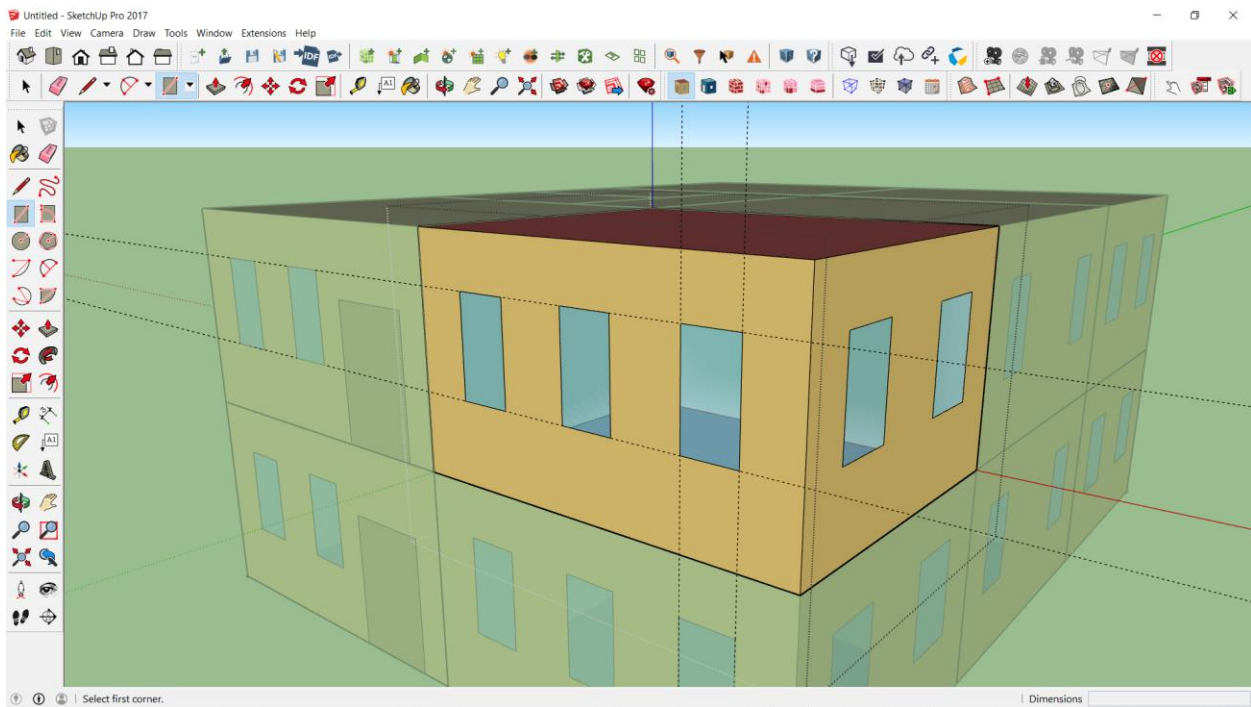
περίπτωση που βρίσκεται σε επαφή με το δάπεδο και απεικονίζεται ως μη διαφανές στοιχείο, ενώ γίνεται αντιληπτή ως υαλοπίνακας (**Window**) και απεικονίζεται με διαφανές στοιχείο για τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Βέβαια, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το είδος της υπό-επιφάνειας μέσω του (**Open Studio Inspector**) ή ακόμα και αργότερα στο περιβάλλον του EnergyPlus. Παρακάτω, παρουσιάζεται ενδεικτικά ο τρόπος σχεδιασμού δύο υπό-επιφανειών.



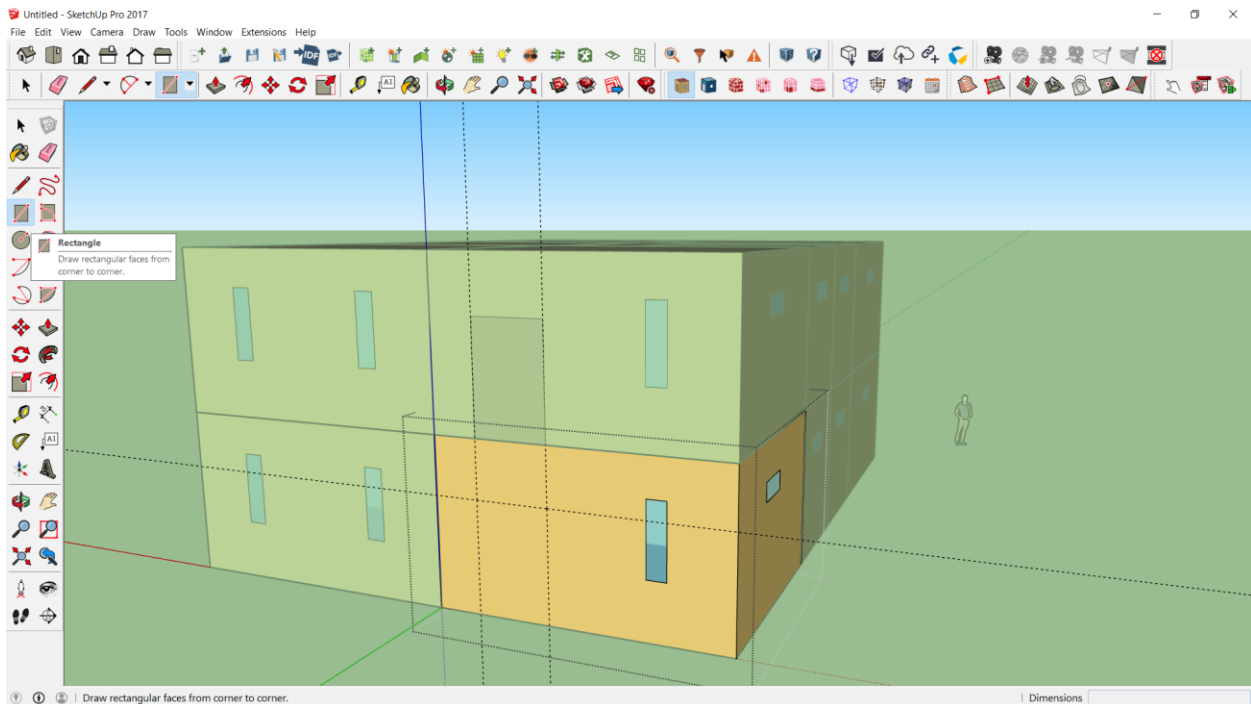
Εικόνα 3.18: Χρήση της εντολής *Tape Measure Tool*, για τον καθορισμό των διαστάσεων του υαλοπίνακα – *OpenStudio Plugin*



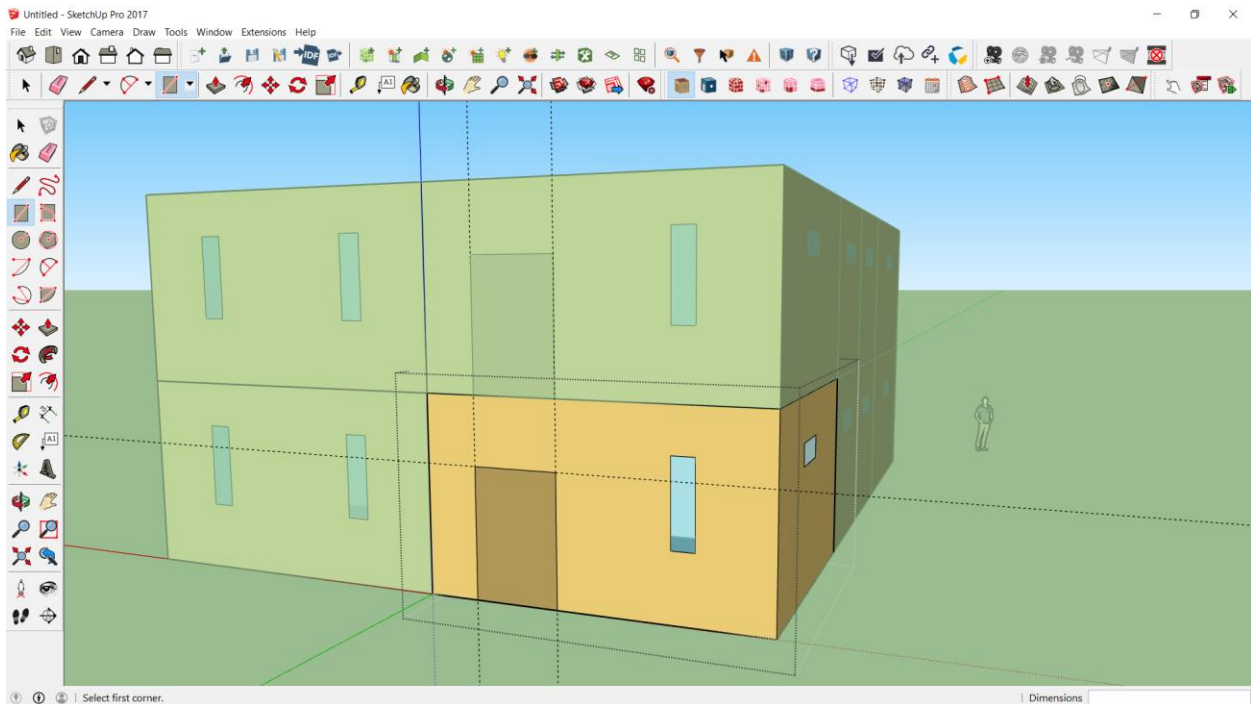
Εικόνα 3.19: Επιλογή της εντολής Rectangle, για τον σχεδιασμό του υαλοπίνακα – OpenStudio Plugin



Εικόνα 3.20: Σχεδιασμός υαλοπίνακα – OpenStudio Plugin



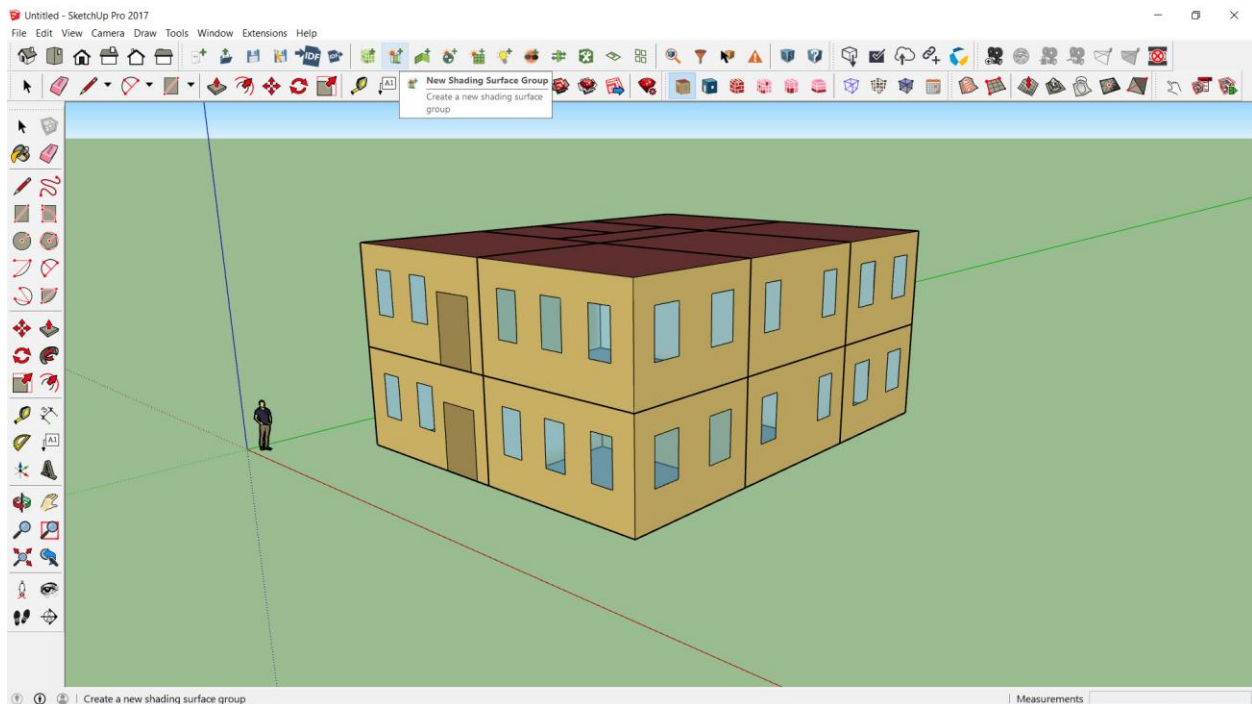
Εικόνα 3.21: Χρήση της εντολής *Tape Measure Tool*, για τον καθορισμό των διαστάσεων της πόρτας – *OpenStudio Plugin*



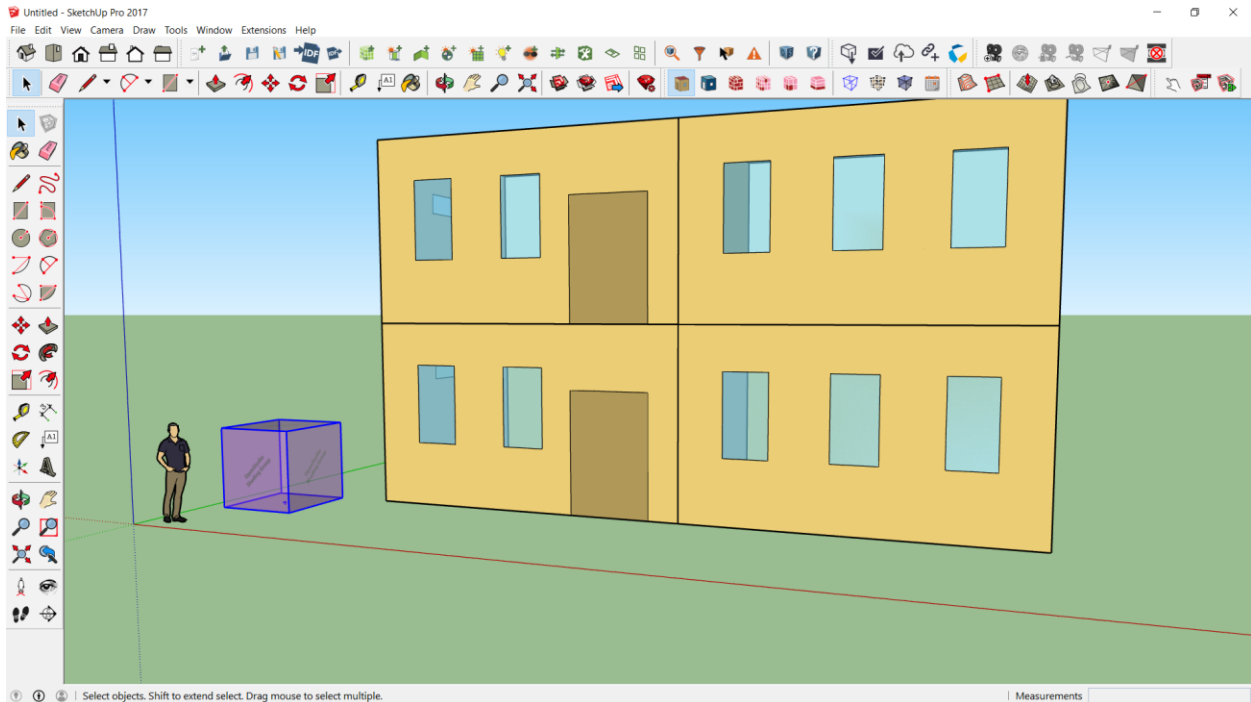
Εικόνα 3.22: Σχεδιασμός πόρτας – *OpenStudio Plugin*

3.1.4 Διαμόρφωση επιφανειών σκίασης

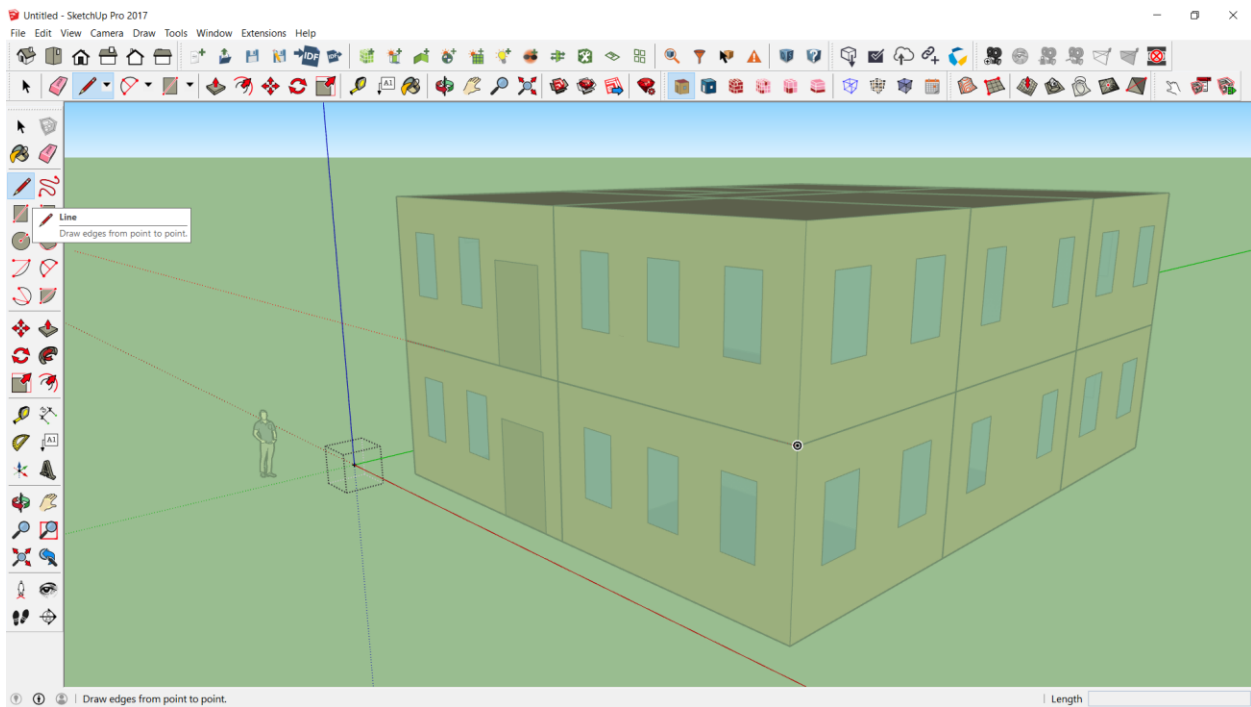
Για την εισαγωγή των επιφανειών σκίασης ο χρήστης επιλέγει την εντολή (**New Shading Surface Group**) από την γραμμή εργαλείων και όμοια με την εισαγωγή θερμικής ζώνης, εμφανίζεται ένας κύβος μωβ χρώματος, που τοποθετείται κοντά στην αρχή των αξόνων. Με την επιλογή του κύβου (διπλό κλικ) ενεργοποιείται η σκίαση και οποιαδήποτε επιφάνεια σχεδιάζεται, γίνεται αντιληπτή ως επιφάνεια σκίασης από το πρόγραμμα, για αυτό αποκτά και το χαρακτηριστικό μωβ χρώμα. Ακολούθως, σχεδιάζονται οι επιφάνειες σκίασης με την χρήση του εργαλείου σχεδίασης γραμμών (**Line**).



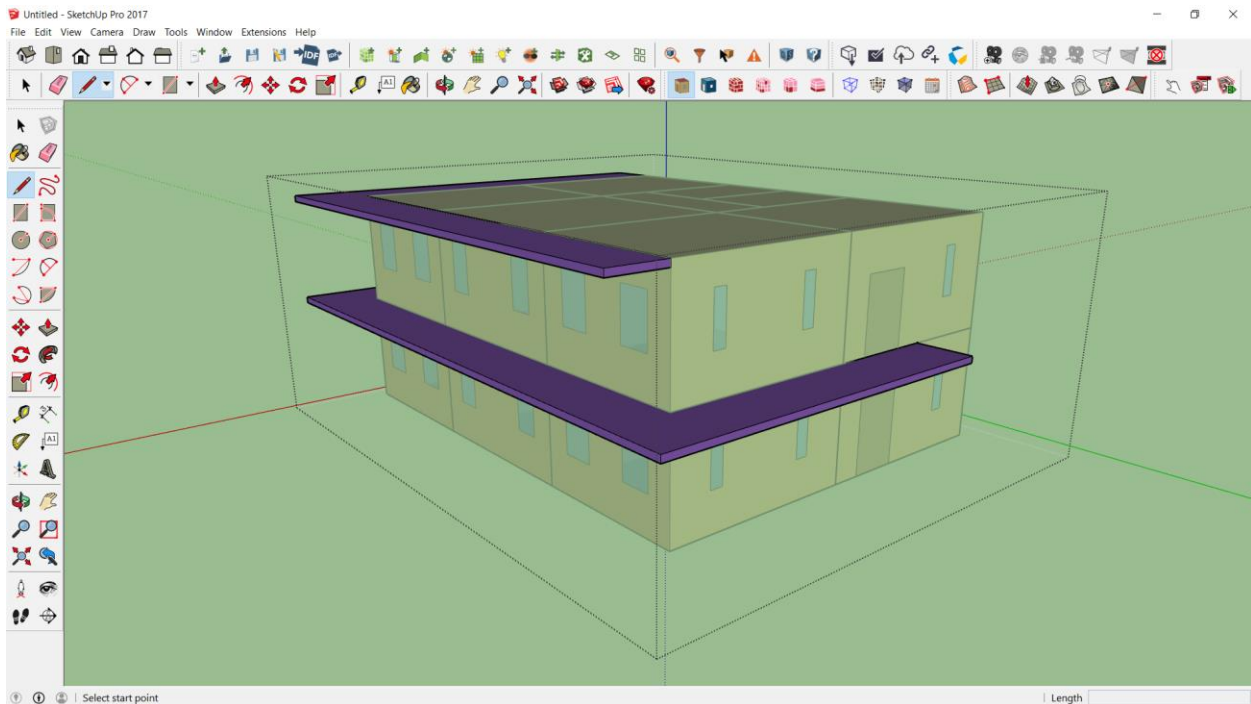
Εικόνα 3.23: Επιλογή του εργαλείου εισαγωγής επιφανειών σκίασης – OpenStudio Plugin



Εικόνα 3.24: Εισαγωγή νέου συνόλου επιφανειών σκίασης – OpenStudio Plugin

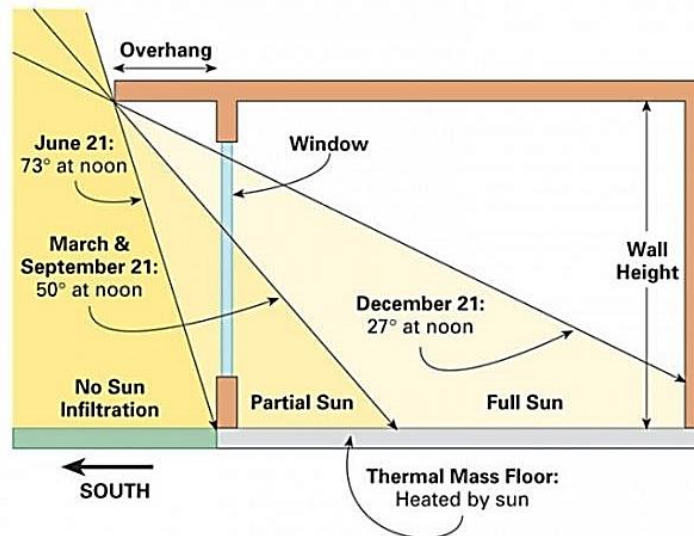


Εικόνα 3.25: Ενεργοποίηση της λειτουργίας σχεδιασμού επιφάνειας σκίασης – OpenStudio Plugin

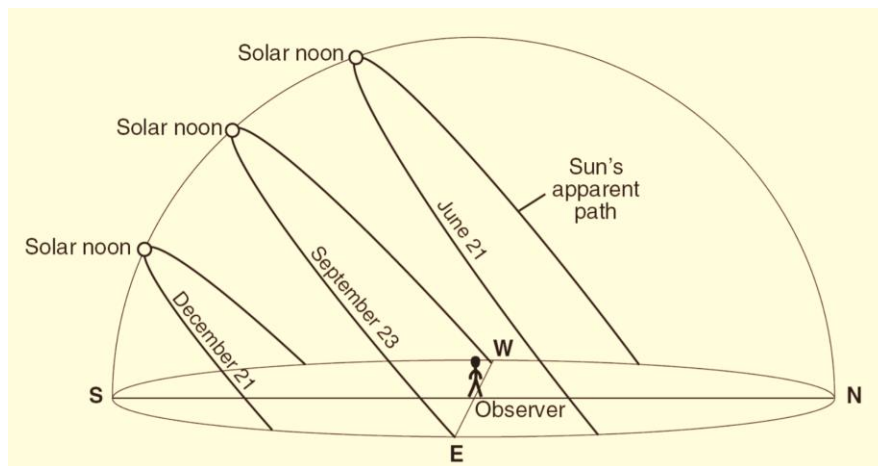


Εικόνα 3.26: Σχεδιασμός του συνόλου των επιφανειών σκίασης – OpenStudio Plugin

Η σκίαση σε ένα Παθητικό κτίριο παίζει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση της ενεργειακής απαίτησης για ψύξη το καλοκαίρι. Η απαίτηση για ψύξη σύμφωνα με τα κριτήρια πιστοποίησης ενός Παθητικού κτιρίου δεν πρέπει να ξεπερνά τις 15kWh/m^2 τον χρόνο. Επομένως, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον σχεδιασμό κατάλληλης σκίασης σε κάθε τμήμα του κτιρίου. Ειδικότερα, για τα τμήματα του κτιρίου που έχουν νότιο προσανατολισμό επιλέγεται οριζόντια εξωτερική σκίαση, με την οποία εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία και περιορίζεται η πιθανότητα υπερθέρμανσης του εσωτερικού του κτιρίου το καλοκαίρι. Αντίθετα, τον χειμώνα η ίδια οριζόντια σκίαση αποτρέπει μικρότερο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν με σχετικά μεγαλύτερη κλίση από τον Νότο. Αυτό, φαίνεται παραστατικά στον παρακάτω σχήμα, όπου απεικονίζεται ο τρόπος σκιασμού ενός νότιου κουφώματος με οριζόντια προεξοχή για το θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου), την εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία (Μάρτιος και Σεπτέμβριος) και το χειμερινό ηλιοστάσιο (21 Δεκεμβρίου).



Εικόνα 3.27: Επίδραση προεξοχής (overhang) στην σκίαση κατά την διάρκεια του έτους σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40° [24]



Εικόνα 3.28: Μονοπάτι που ακολουθεί ο Ήλιος για χαρακτηριστικές ημερομηνίες, σύμφωνα με παρατηρητή σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40° [25]

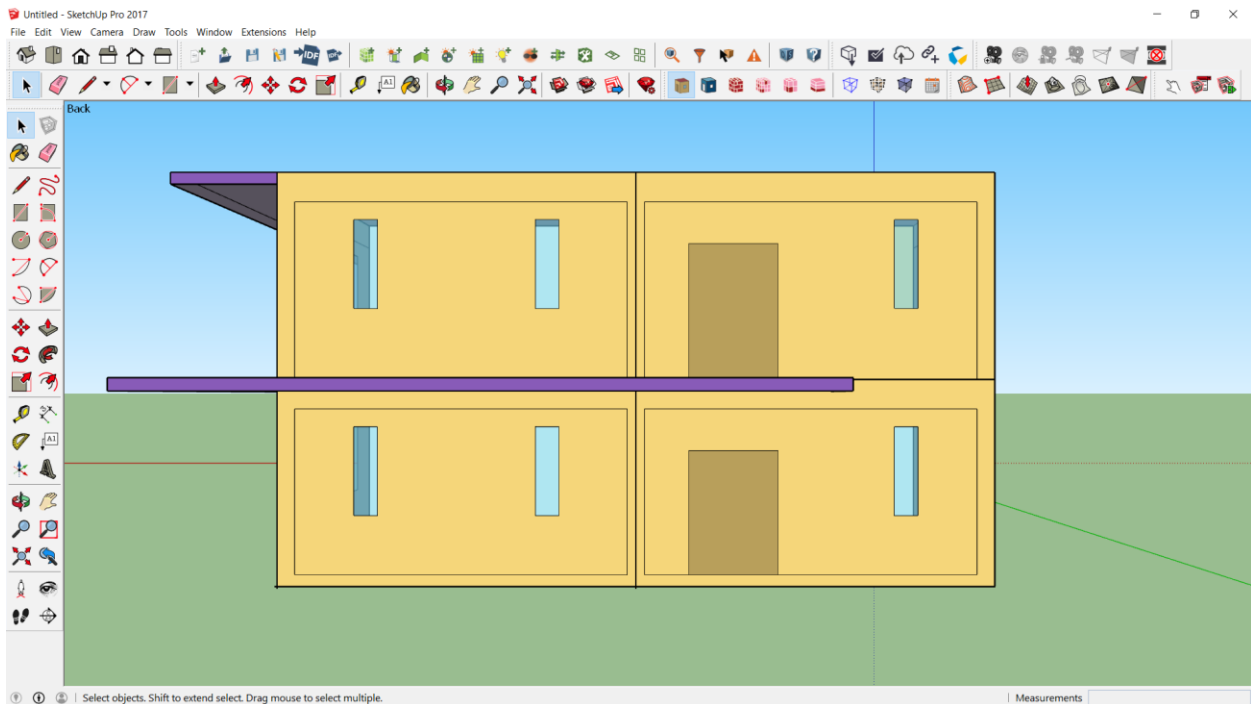
Για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς χρησιμοποιείται εσωτερική κινητή σκίαση (περισίδες) στα περισσότερα παράθυρα, επομένως η σκίαση αυτών δε σχεδιάζεται σε αυτό το σημείο. Σημαντικό είναι να ειπωθεί πως οι επιφάνειες σκίασης αποτελούν στην πραγματικότητα προεκτάσεις του κελύφους του συγκεκριμένου κτιρίου (πρόβολος/προεξοχή πλάκας σκυροδέματος οροφής και πρώτου ορόφου). Αυτές, εάν σχεδιαστούν ως στοιχεία θερμικής ζώνης θα συμμετέχουν στους υπολογισμούς μεταφοράς θερμότητας και είναι εύκολο στην πραγματικότητα να αλλοιώσουν το αποτέλεσμα εξαιτίας της δημιουργίας θερμογεφυρών. Μπορεί, για παράδειγμα, να θεωρηθεί πως διακόπτεται η ενιαία σε πάχος και αδιάκοπη μόνωση του θερμικού φακέλου του κτιρίου και να αυξηθούν υπερβολικά οι θερμικές απώλειες.

Συνεπώς, στον σχεδιασμό μέσω του OpenStudio plugin οι επιφάνειες αυτές προσεγγίζονται ως επιφάνειες σκίασης, ώστε το πρόγραμμα να μην τις αναγνωρίσει ως επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας της θερμικής ζώνης. Βέβαια, στο συγκεκριμένο σχεδιαστικό πρόγραμμα και στο αντίστοιχο πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης EnergyPlus, δεν υπάρχει άμεση δυνατότητα εισαγωγής θερμογεφυρών και αυτό λόγω της φύσεως του υπολογισμού τους που απαιτεί τρισδιάστατη και όχι μονοδιάστατη προσομοίωση. Αυτό γίνεται εφικτό μέσω του DesignPH plugin και κατά επέκταση με την χρήση του PHPP, όπου υπάρχει ειδικό πεδίο εισαγωγής των τιμών των θερμογεφυρών του κτιρίου, όπως παρουσιάζεται σε επόμενες ενότητες.

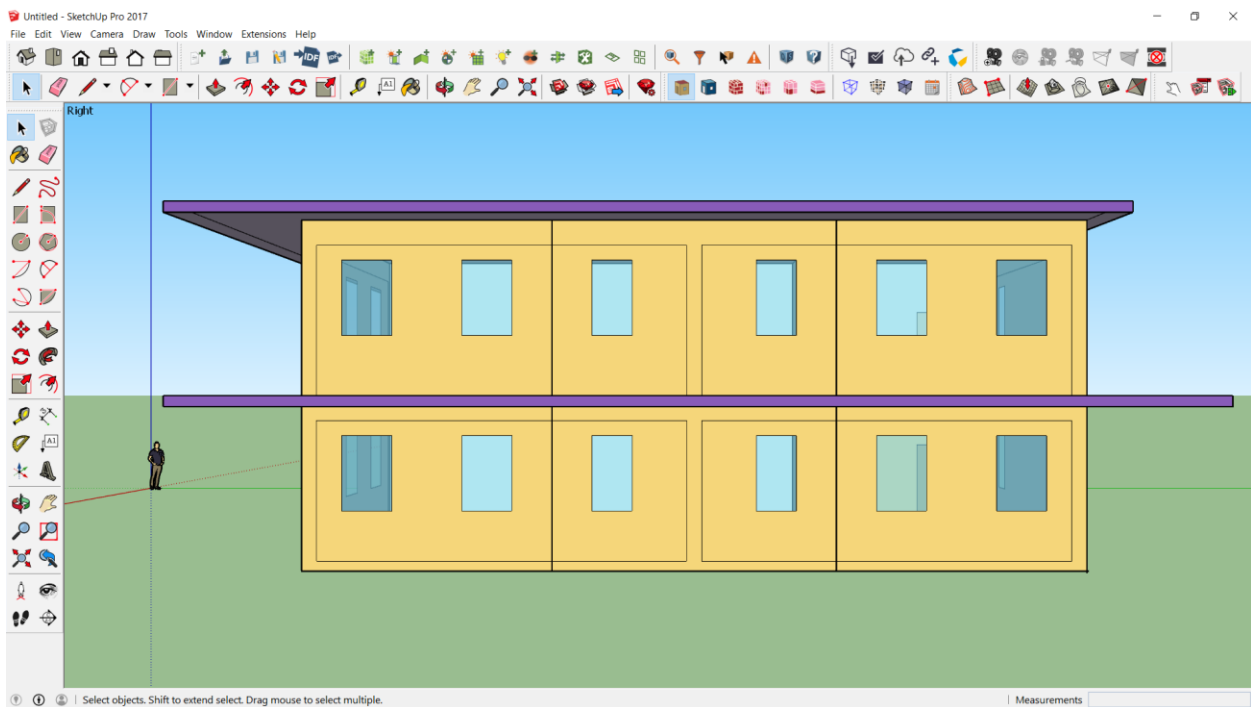
3.1.5 Τελικό Σχεδιαστικό αποτέλεσμα – OpenStudio Plugin

Για την κατασκευή του Παθητικού κτιρίου γραφείων επιλέγεται συμβατική τοιχοποιία με κολώνες και δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και τούβλο ενδιάμεσα για τον σχηματισμό των τοίχων. Για να καθοριστούν οι επιφάνειες του κτιρίου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα, δηλαδή οι κολώνες, τα δοκάρια και οι πλάκες σκυροδέματος του ισόγειου, του πρώτου ορόφου και της οροφής, σχεδιάζονται επιφάνειες πάνω στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Ο κάθε εξωτερικός τοίχος επομένως χωρίζεται σε δύο τμήματα, από τα οποία το ένα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα (περιμετρικά της επιφάνειας) και το υπόλοιπο αποτελείται από τούβλο (κεντρικό τμήμα της επιφάνειας). Κατά συνέπεια, σχηματίζονται επιφάνειες στις οποίες στη συνέχεια θα αντιστοιχιστεί το είδος της κατασκευής τους (κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος ή τούβλου), μέσω του προγράμματος EnergyPlus.

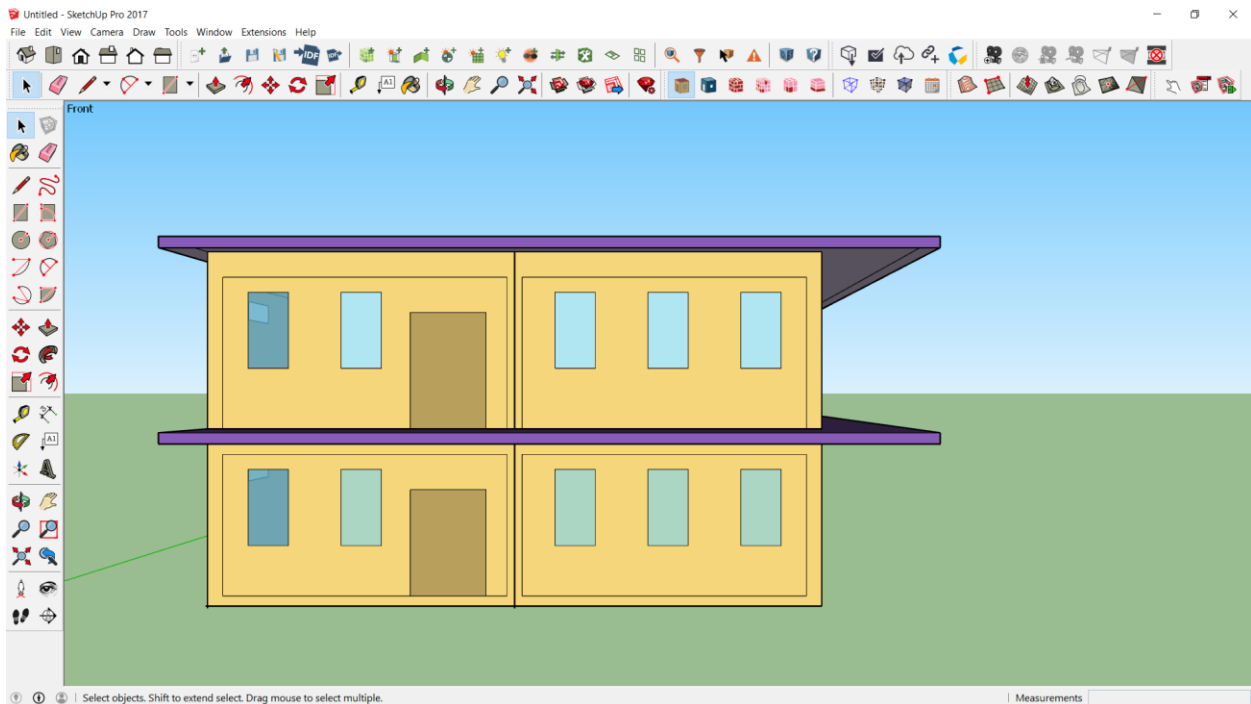
Σημειώνεται ότι ο σχεδιαστικός Βορράς του SketchUp (πράσινος άξονας) δεν ταυτίζεται με τον αληθινό Βορρά. Ο πραγματικός Βορράς βρίσκεται $50,7^\circ$ μετρώντας αντιωρολογιακά από τον σχεδιαστικό Βορρά. Αυτό σημαίνει ότι για να παριστάνει ο σχεδιαστικός Βορράς τον πραγματικό Βορρά, πρέπει να πραγματοποιηθεί περιστροφή του κτιρίου $50,7^\circ$ ωρολογιακά. Για την αποφυγή πιθανών σφαλμάτων, όμως, αυτό δεν πραγματοποιείται στο περιβάλλον του OpenStudio, αλλά καθορίζεται μετέπειτα μέσω του προγράμματος EnergyPlus στο πεδίο εισαγωγής δεδομένων κτιρίου (**Building-North Axis**). Η μορφή του κτιρίου, όπως διαμορφώθηκε μέσω του OpenStudio παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες.



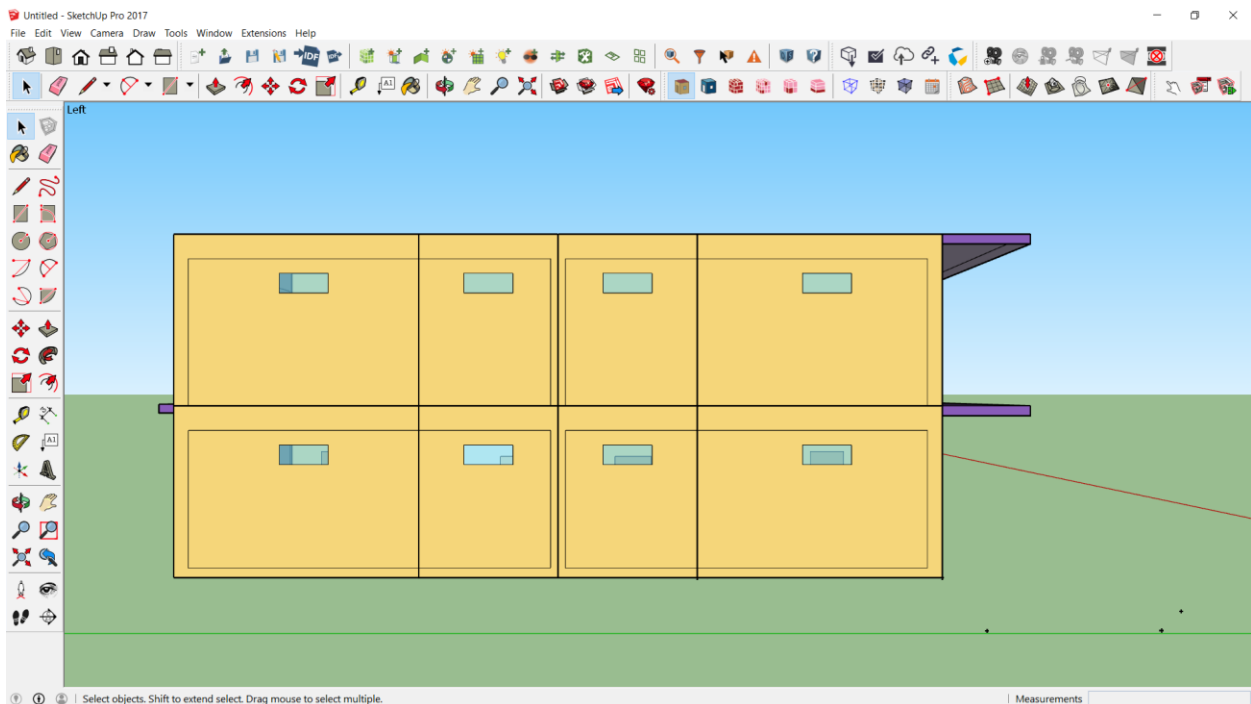
Εικόνα 3.29: Β/Α όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – OpenStudio Plugin



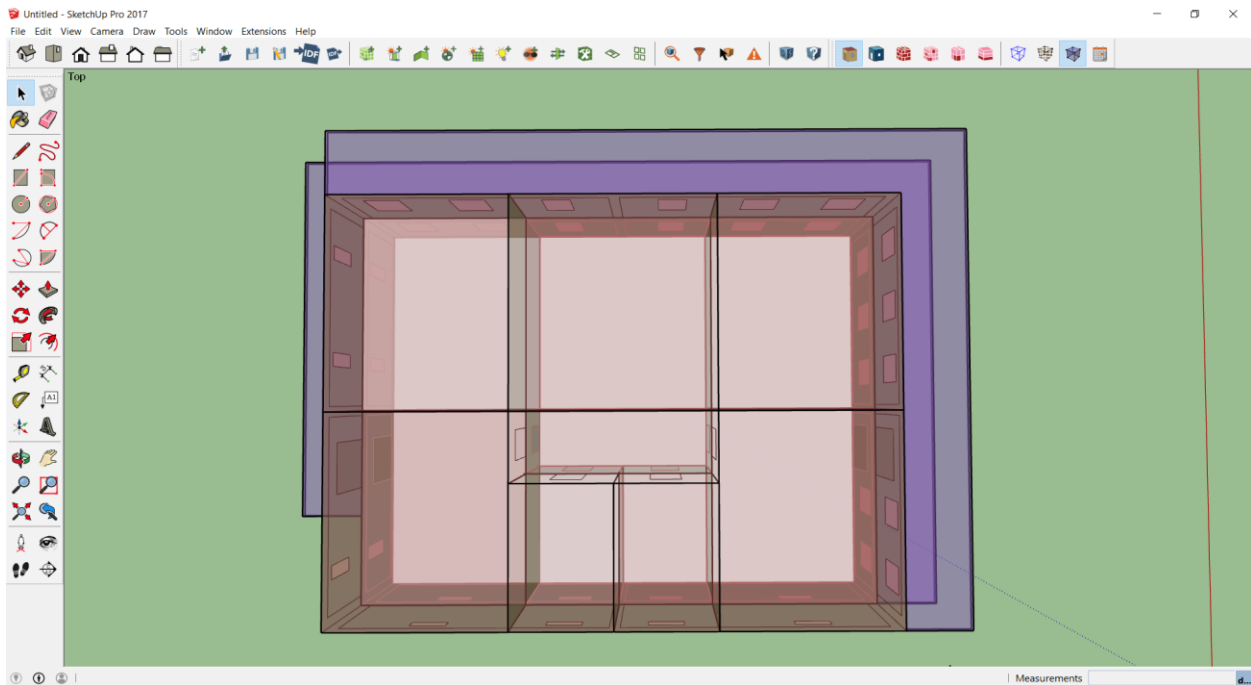
Εικόνα 3.30: Ν/Α όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – OpenStudio Plugin



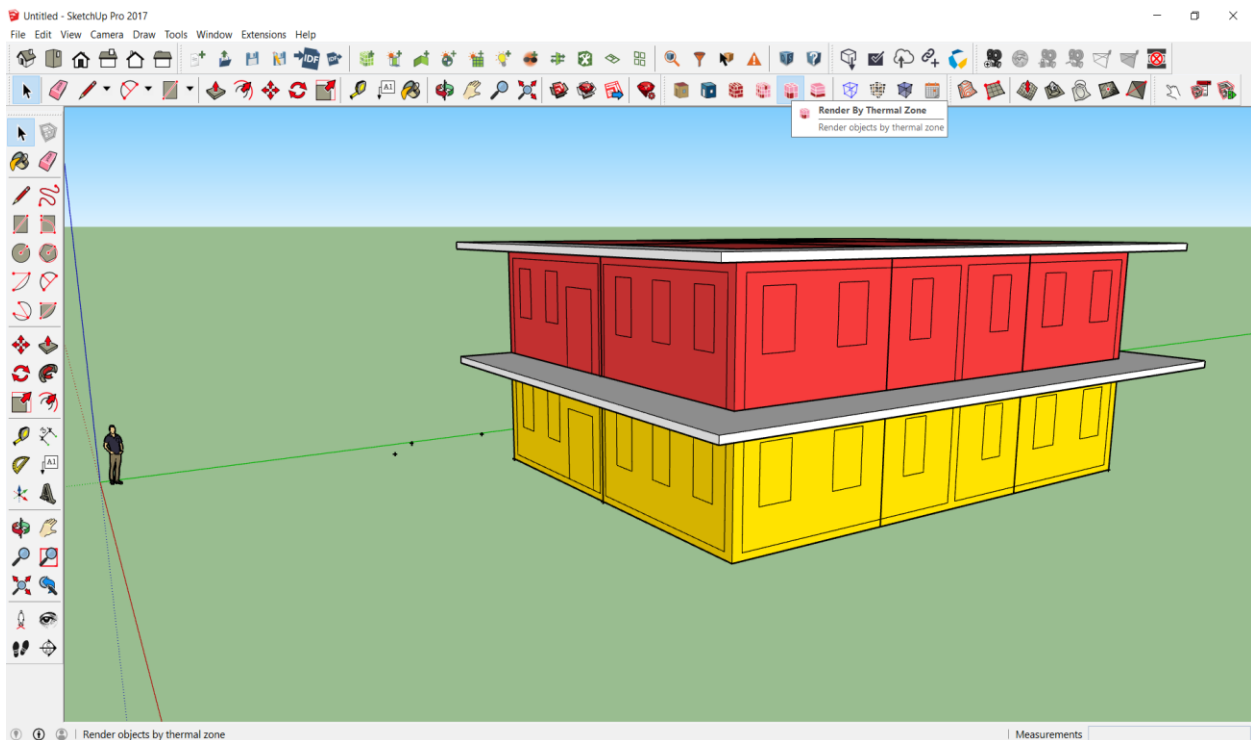
Εικόνα 3.31: Ν/Δ όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – OpenStudio Plugin



Εικόνα 3.32: Β/Δ όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – OpenStudio Plugin



Εικόνα 3.33: Κάτοψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – OpenStudio Plugin

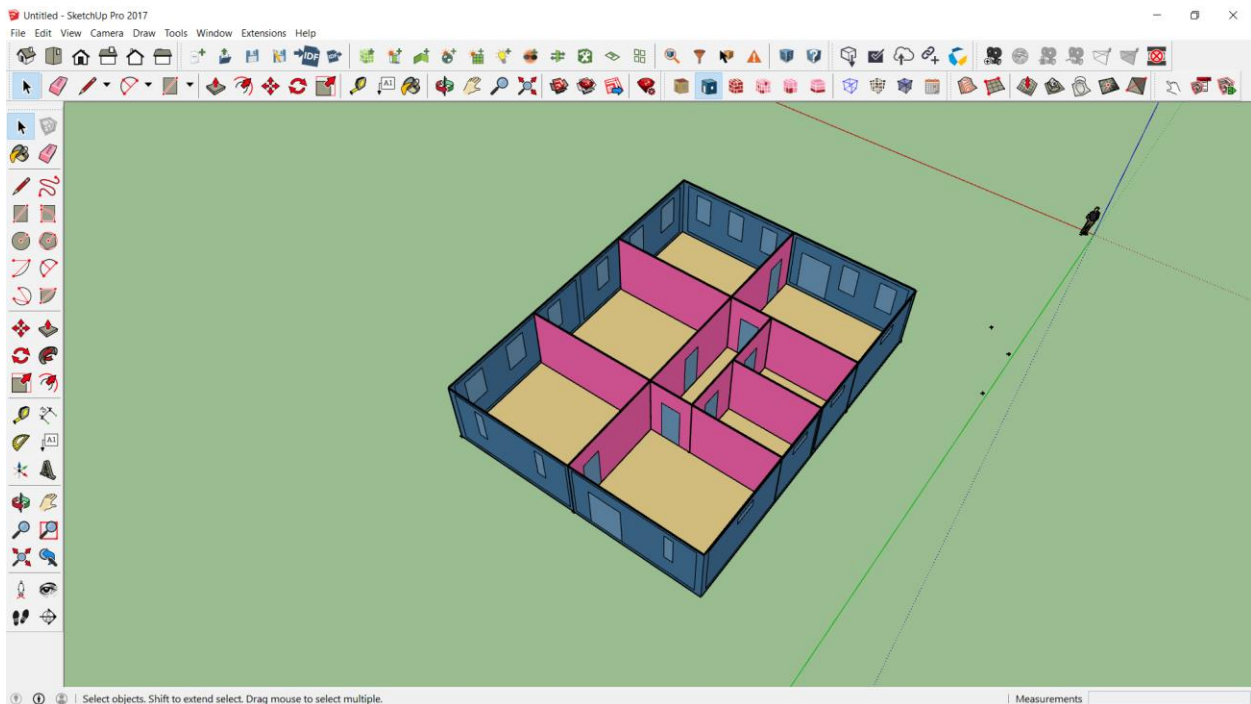


Εικόνα 3.34: Χρωματική απεικόνιση των θερμικών ζωνών του γραφείου – OpenStudio Plugin

Η κάθε θερμική ζώνη απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα. Στην περίπτωση του διώροφου κτιρίου γραφείων έχουμε δύο θερμικές ζώνες, μία θερμική ζώνη για τα γραφεία στο Ισόγειο και μία για τα γραφεία του Πρώτου ορόφου.

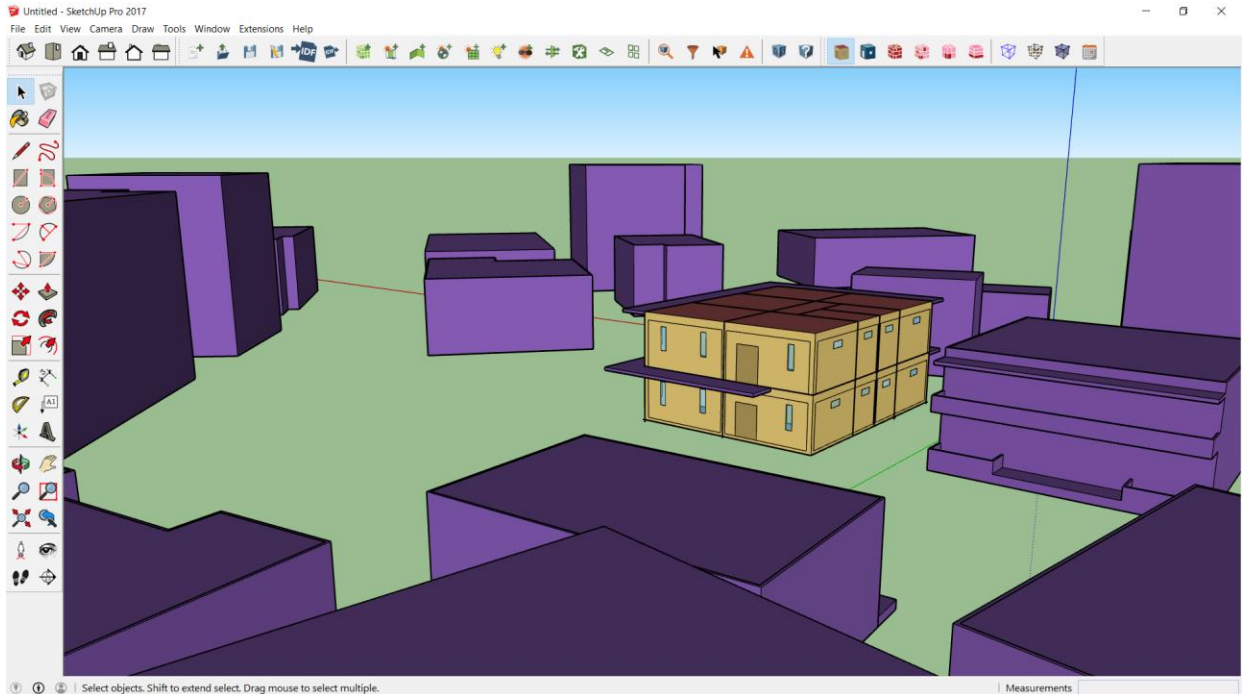
Οι οριακές συνθήκες των επιφανειών του κτιρίου καθορίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα, αλλά δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να τις επεξεργαστεί και να τις τροποποιήσει μέσω του **OpenStudio Inspector** ή αργότερα μέσω του EnergyPlus. Για επιφάνεια που βρίσκεται σε επαφή με εξωτερικό αέρα ορίζεται εξωτερική οριακή συνθήκη **Outdoors** (μπλε χρώμα), για επιφάνεια σε επαφή με έδαφος ορίζεται οριακή συνθήκη **Ground** (μπεζ χρώμα), για επιφάνεια μέσω της οποίας πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας από μια θερμική ζώνη σε άλλη εισάγεται οριακή συνθήκη **Surface**.

Όλοι οι χώροι που ανήκουν στην ίδια θερμική ζώνη θεωρείται πως έχουν την ίδια θερμοκρασία. Επομένως, για τους εσωτερικούς τοίχους της κάθε θερμικής ζώνης επιλέγεται αδιαβατική (**Adiabatic**) οριακή συνθήκη (ροζ χρώμα), αφού δεν πραγματοποιείται συναλλαγή θερμότητας μεταξύ των στοιχείων στο εσωτερικό της θερμικής ζώνης. Η επιλογή Adiabatic έγινε καθώς αυτές οι επιφάνειες είναι εσωτερικές στην ίδια θερμική ζώνη. Οι επιφάνειες αυτές δεν μεταφέρουν θερμότητα έξω από τη ζώνη, αλλά αποθηκεύουν θερμότητα στη θερμική μάζα. Μόνο η εσωτερική πλευρά αυτών των επιφανειών θα ανταλλάξει θερμότητα με την υπάρχουσα ζώνη.



Εικόνα 3.35: Απεικόνιση οριακών συνθηκών στο εσωτερικό της θερμικής ζώνης (οριζόντια τομή) – OpenStudio Plugin

Πριν την εξαγωγή του αρχείου σε μορφή .idf (**Export EnergyPlus Idf**) για ανάλυση μέσω του EnergyPlus, διαμορφώνεται ο περιβάλλοντας χώρος του κτιρίου με την μορφή σκίασης, δηλαδή σχεδιάζονται τα γειτονικά κτίρια με ενεργοποιημένη την λειτουργία σχεδιασμού επιφανειών σκίασης (**Shading Surface group**) και προκύπτει το ακόλουθο τελικό σχεδιαστικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 3.36: Σχεδιασμός περιβάλλοντα χώρου με την μορφή σκίασης – OpenStudio Plugin

3.2 Σχεδιασμός μέσω DesignPH "Plug-in"

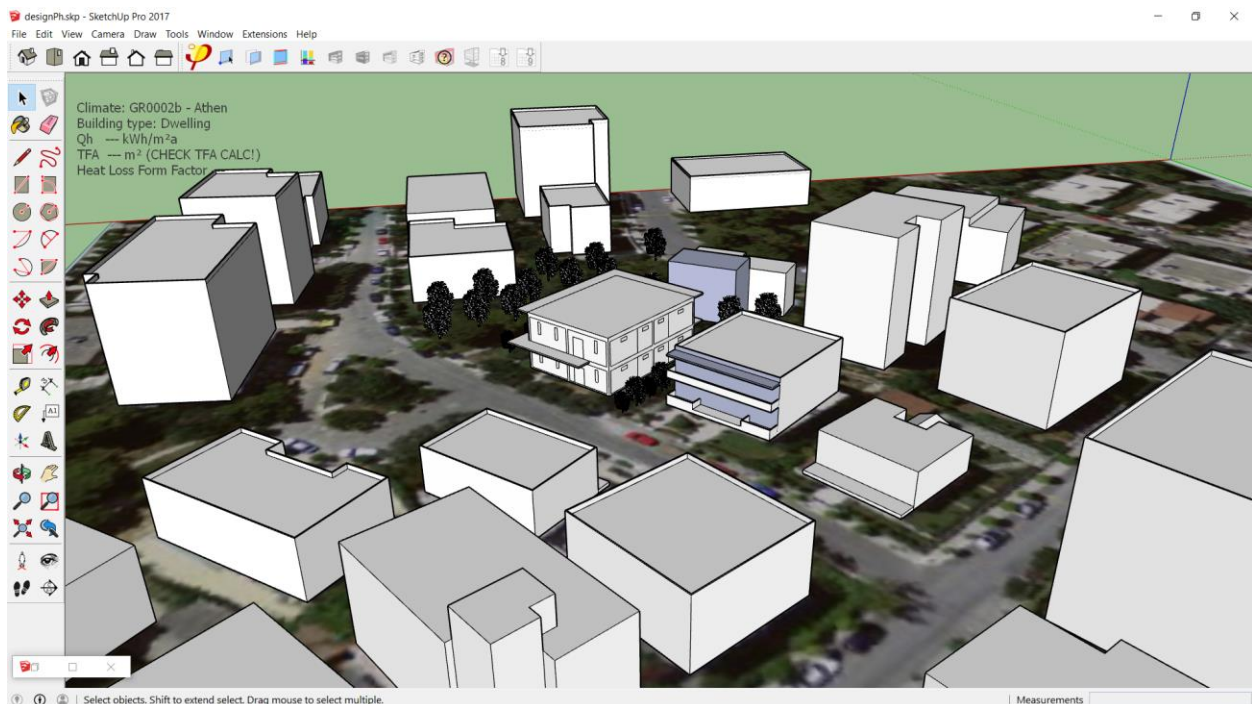
Ο σχεδιασμός του κτιρίου μέσω του DesignPH διαφέρει σε κάποια σημεία σε σχέση με τον σχεδιασμό του μέσω του OpenStudio. Το DesignPH σχεδιάστηκε με σκοπό την παροχή ενός τρισδιάστατου μοντέλου, ικανού να εισάγει τα απαραίτητα δεδομένα ενός παθητικού, συνήθως, κτιρίου στο RHPP. Επομένως, κατά κύριο λόγο αφορά τον σχεδιασμό παθητικών κτιρίων και κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB), δίνοντας έμφαση στις πέντε βασικές αρχές ενεργειακής αποδοτικότητας ενός τέτοιου κτιρίου, δηλαδή την μόνωση του κελύφους, την εξάλειψη των θερμογεφυρών, τα αποδοτικά κουφώματα, την αεροστεγανότητα και τον μηχανικό αερισμό με ανάκτηση θερμότητας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την ενεργειακή μελέτη συμβατικών κτιρίων.

Συνεπώς, στο περιβάλλον του DesignPH σχεδιάζεται μόνο ο θερμικός φάκελος (κέλυφος) του κτιρίου, για τον λόγο ότι τα παθητικά κτίρια περιβάλλονται από ένα επαρκώς μονωμένο αεροστεγές κέλυφος με ενεργειακά αποδοτικούς υαλοπίνακες, το οποίο παίζει τον πιο καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των εσωτερικών θερμοκρασιών. Το DesignPH στην

παρούσα εργασία, αξιοποιείται για τον σχεδιασμό του θερμικού φακέλου του παθητικού κτιρίου γραφείων, καθώς και την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν τα κουφώματα, τις εξωτερικές οριακές συνθήκες, τα U-values των κατασκευών των εξωτερικών επιφανειών, καθώς και την σκίαση. Αναφορικά με την σκίαση, όπως αναλύεται σε επόμενη ενότητα, στο PHPP πρέπει να οριστούν μειωτικοί συντελεστές σκίασης για κάθε κούφωμα. Για τον ακριβέστερο υπολογισμό αυτών, σχεδιάζονται τα γειτονικά κτίρια και ο περιβάλλον χώρος σε μια ευρύτερη περιοχή γύρω από το κτίριο, ώστε να προκύψουν οι τιμές των συντελεστών αυτών μέσω του DesignPH και να μην χρειαστεί να προσεγγιστούν για κάθε κούφωμα από τον χρήστη.

3.2.1 Σχεδιασμός Θερμικού φακέλου

Ο σχεδιασμός του παθητικού κτιρίου γραφείων και του περιβάλλοντα χώρου πραγματοποιείται αρχικά μέσω του SketchUp. Εφόσον, ολοκληρωθεί η διαμόρφωση αυτών, επιλέγεται από την γραμμή εντολών (**Window >Extension Manager >Install Extension**) η εγκατάσταση και ενεργοποίηση του DesignPH, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα σχετικά εργαλεία εντολών.

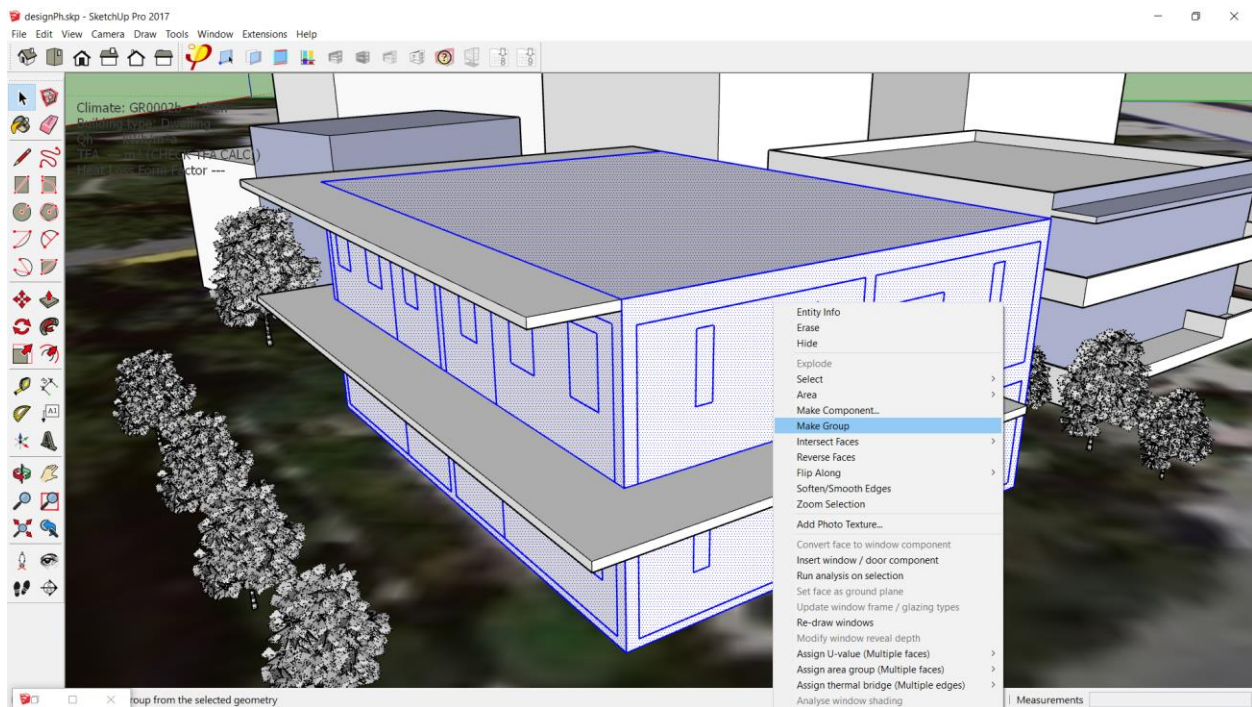


Εικόνα 3.37: Σχεδιασμός παθητικού γραφείου και περιβάλλοντα χώρου στο SketchUp – Ενεργοποίηση DesignPH Plugin

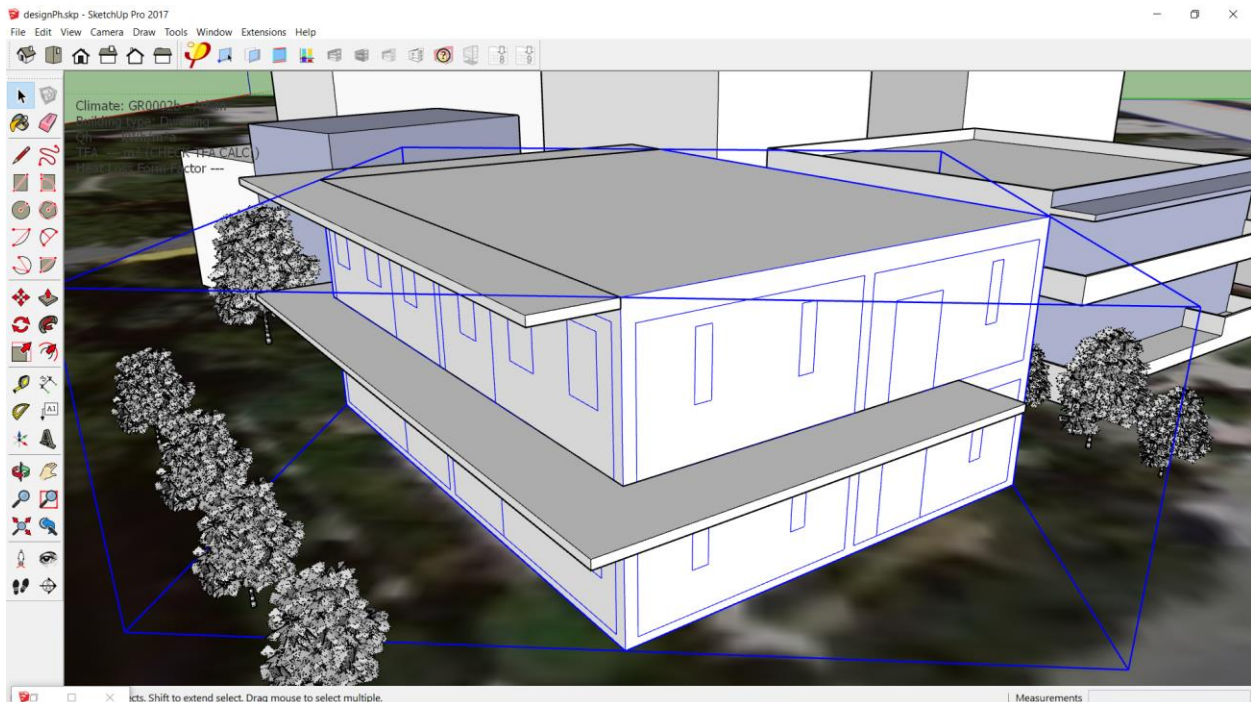
Επιλέγονται όλες οι επιφάνειες που ανήκουν στον θερμικό φάκελο του κτιρίου, με εξαίρεση την προεξοχή της στέγης και τον πρόβολο του πρώτου ορόφου. Τα συγκεκριμένα σημεία αποτελούν θερμογέφυρες για το μήκος που εκτείνονται περιμετρικά του κτιρίου και η θερμική του αντίσταση εμφανίζεται μειωμένη συγκριτικά με τη θερμική αντίσταση του υπόλοιπου

κελύφους. Οι απώλειες από την μετάδοση θερμότητας σε αυτά τα σημεία θα συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς μέσω του συντελεστή γραμμικής απώλειας θερμότητας λόγω θερμογέφυρας Ψ -value [W/mK] στο PHPP. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, επιλέγεται με δεξί κλικ η εντολή δημιουργίας ομάδας (**Make group**), με την οποία ομαδοποιούνται όλες οι επιφάνειες και υπό-επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου, με σκοπό την ταχύτερη επεξεργασία και ανάλυση του κτιρίου σαν σύνολο.

Σημειώνεται, πως ο προσανατολισμός του κτιρίου που σχεδιάζεται είναι ο πραγματικός, δηλαδή το κτίριο έχει περιστραφεί $50,7^\circ$ ωρολογιακά σε σχέση με τον σχεδιαστικό Βορρά του SketchUp, καθώς αυτό δεν μπορεί να καθοριστεί από κάποιο πεδίο εντός του PHPP. Παράλληλα σχεδιάζονται τα γειτονικά κτίρια και δέντρα που βρίσκονται σε μια περιοχή γύρω από το κτίριο, ώστε να υπολογιστούν αυτόματα από το DesignPH και να εισαχθούν στο PHPP, οι πρόσθετοι μειωτικοί συντελεστές σκίασης των κουφωμάτων για τον χειμώνα και το καλοκαίρι (Φύλλο Σκίαση – τ_{other} [%]), όπως αναλύεται σε επόμενη ενότητα.



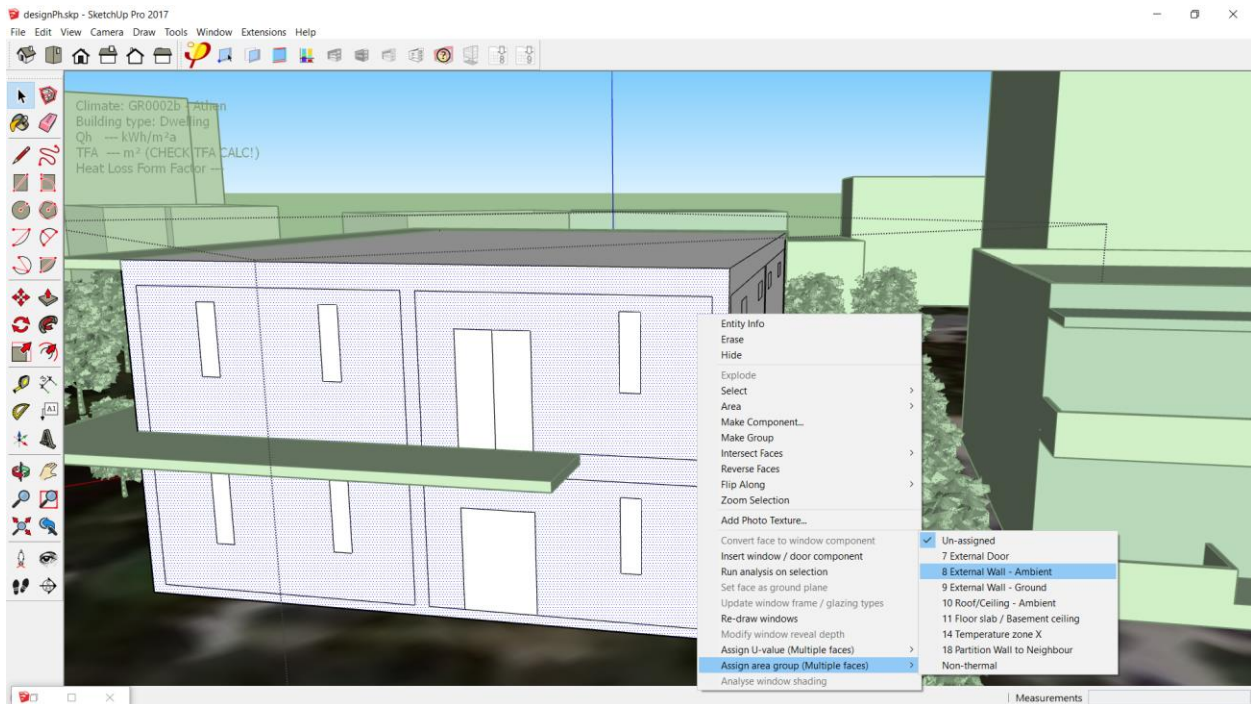
Εικόνα 3.38: Επιλογή της εντολής Make Group – DesignPH Plugin



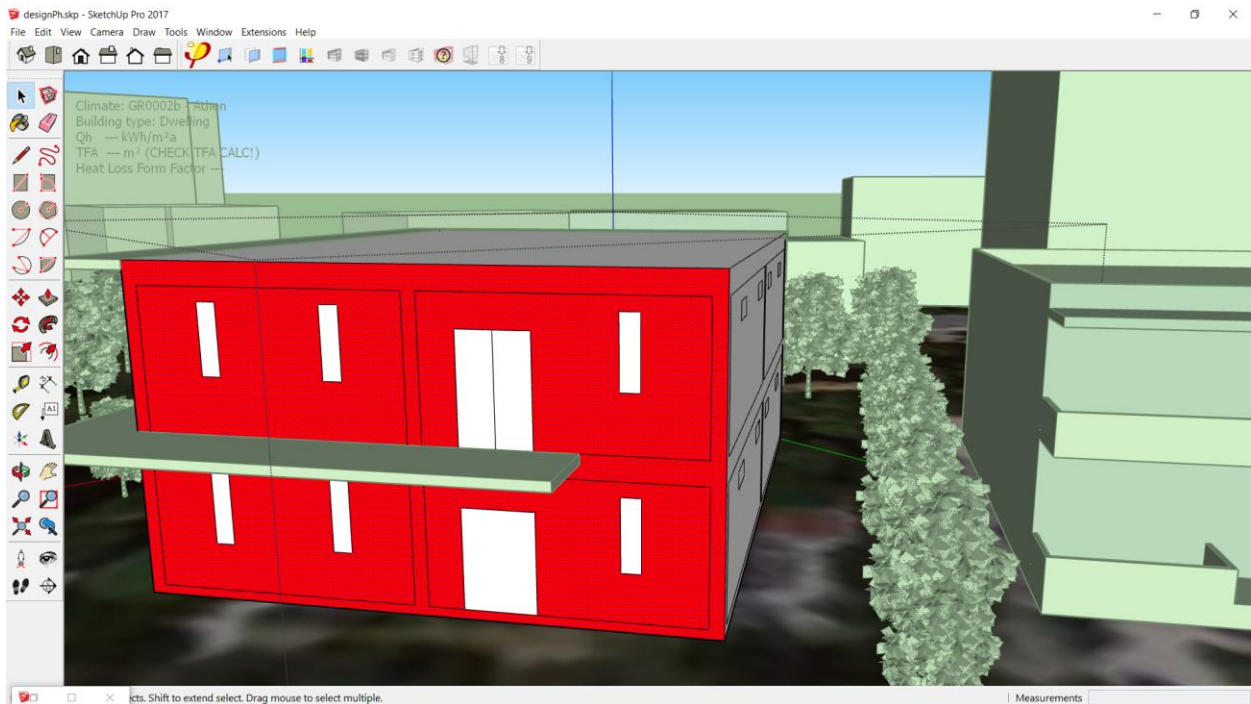
Εικόνα 3.39: Εφαρμογή της εντολής *Make Group*, το κέλυφος του κτιρίου αντιμετωπίζεται σαν σύνολο – *DesignPH Plugin*

3.2.2 Καθορισμός εξωτερικών επιφανειών (θερμικός φάκελος)

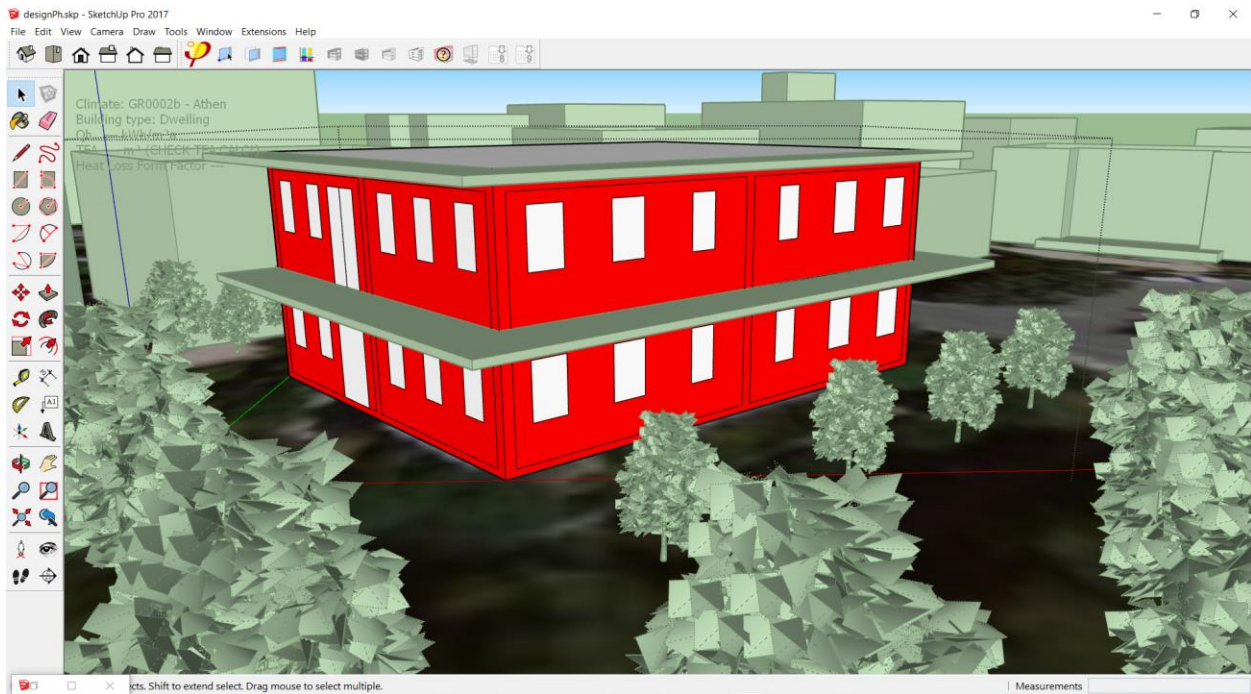
Κάθε εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου αντιστοιχίζεται σε μια χαρακτηριστική ομάδα επιφάνειας μέσω του DesignPH. Η επιφάνεια ή το σύνολο των επιφανειών με κοινή οριακή συνθήκη επιλέγονται και ο χρήστης με δεξί κλικ καθορίζει τον τύπο αυτών (**Assign area group – Multiple faces**). Μερικές από τις βασικές επιλογές είναι: Εξωτερικός τοίχος προς εξωτερικό αέρα (**8 External Wall – Ambient**), Εξωτερικός τοίχος προς έδαφος (**9 External Wall – Ground**), Οροφή προς εξωτερικό αέρα (**10 Roof/Ceiling – Ambient**), Πλάκα ισογείου/Οροφή υπογείου (**11 Floor slab / Basement ceiling**). Στο Παθητικό κτίριο γραφείων που εξετάζεται, όλοι οι εξωτερικοί τοίχοι ορίζονται ως Εξωτερικοί τοίχοι προς αέρα, η Οροφή ως Οροφή προς εξωτερικό αέρα, ενώ η επιφάνεια της εδαφόπλακας αντιστοιχίζεται στην επιλογή Πλάκα ισογείου/Οροφή υπογείου. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κάθε επιφάνεια αποκτά έναν χαρακτηριστικό χρωματισμό αναλόγως την ομάδα (**group**) στην οποία ανήκει. Η διαδικασία αυτή αποτυπώνεται παραστατικά με την παράθεση των παρακάτω στιγμιότυπων στο περιβάλλον του DesignPH.



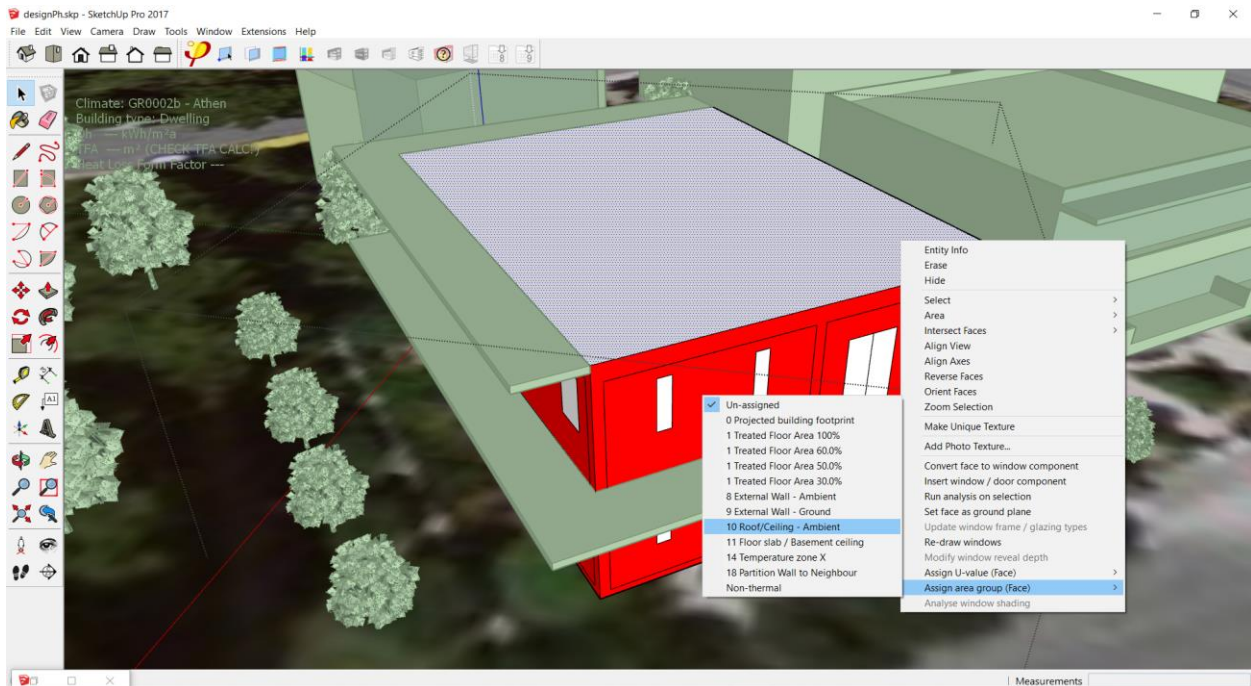
Εικόνα 3.40: Επιλογή των εξωτερικών τοίχων και εφαρμογή της εντολής καθορισμού ομάδας επιφάνειας (Assign area group – Multiple faces) – DesignPH Plugin



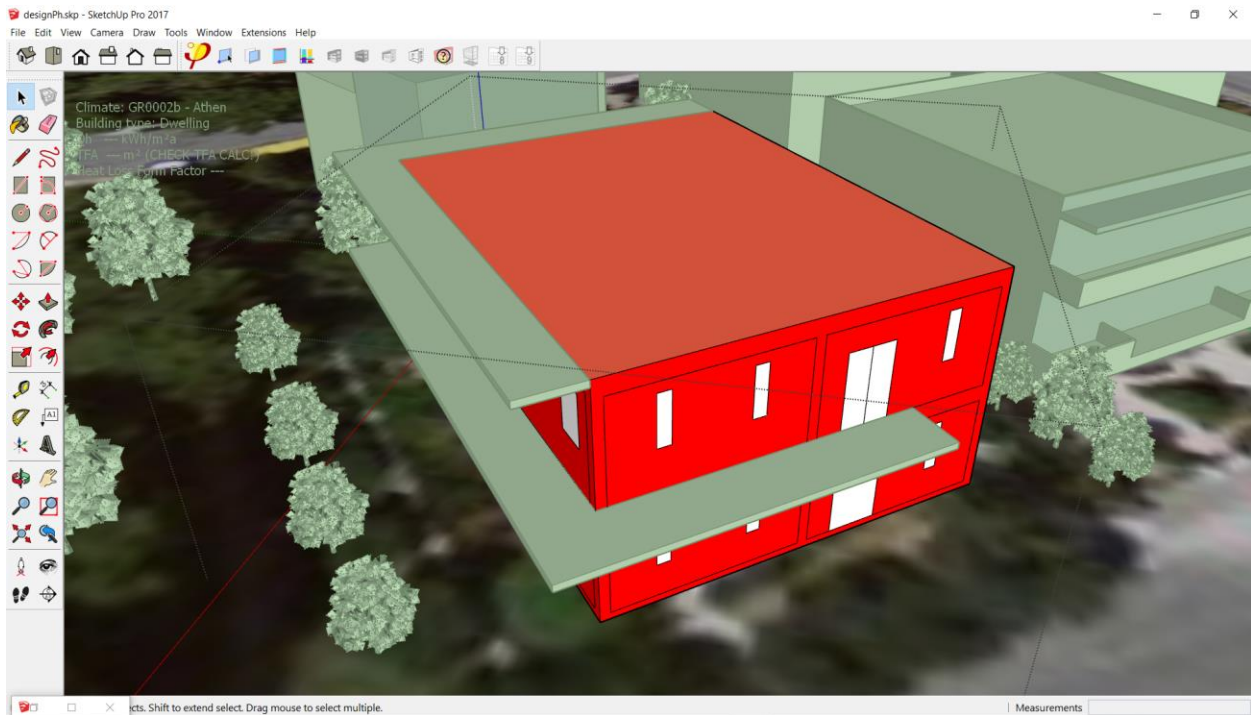
Εικόνα 3.41: Καθορισμός εξωτερικών τοίχων (Ομάδα 8 External Wall – Ambient) – DesignPH Plugin



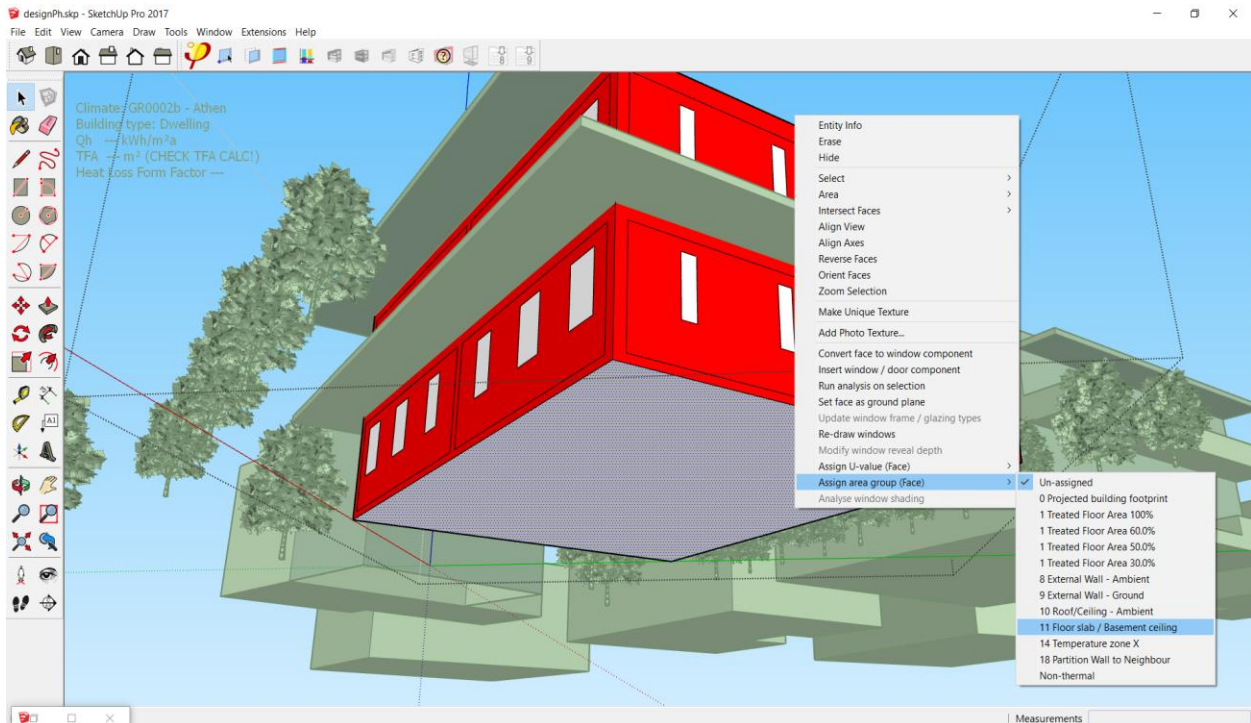
Εικόνα 3.42: Καθορισμός των εξωτερικών τοίχων περιμετρικά του κτιρίου (Ομάδα 8 External Wall – Ambient) – DesignPH Plugin



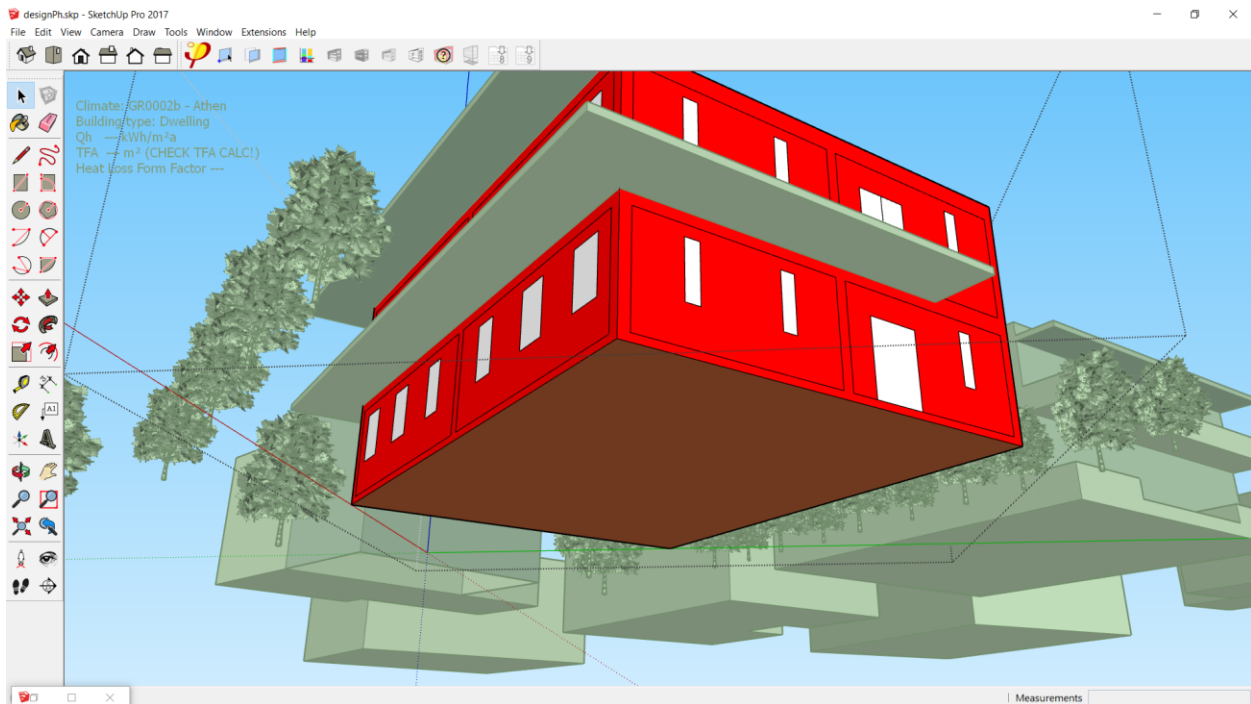
Εικόνα 3.43: Επιλογή της επιφάνειας της οροφής και εφαρμογή της εντολής καθορισμού ομάδας επιφάνειας (Assign area group – Multiple faces) – DesignPH Plugin



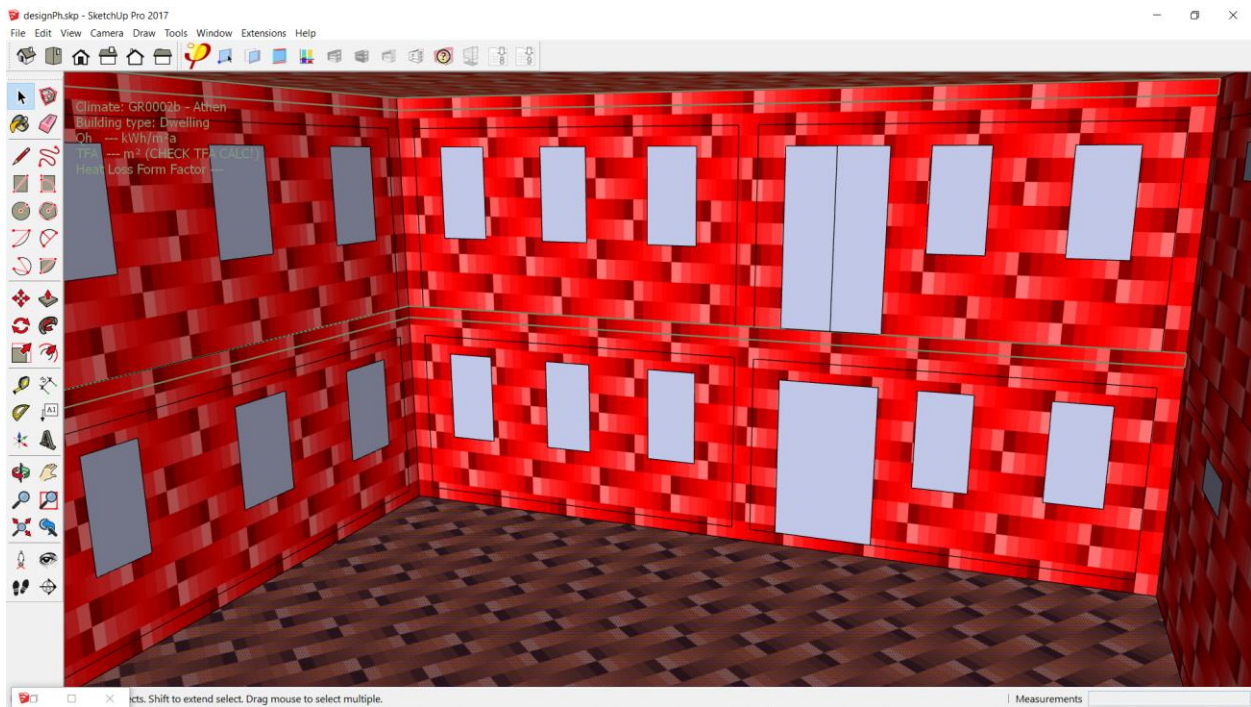
Εικόνα 3.44: Καθορισμός της οροφής (Ομάδα 10 Roof/Ceiling – Ambient) – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.45: Επιλογή της επιφάνειας της εδαφόπλακας και εφαρμογή της εντολής καθορισμού ομάδας επιφάνειας (Assign area group – Multiple faces) – DesignPH Plugin



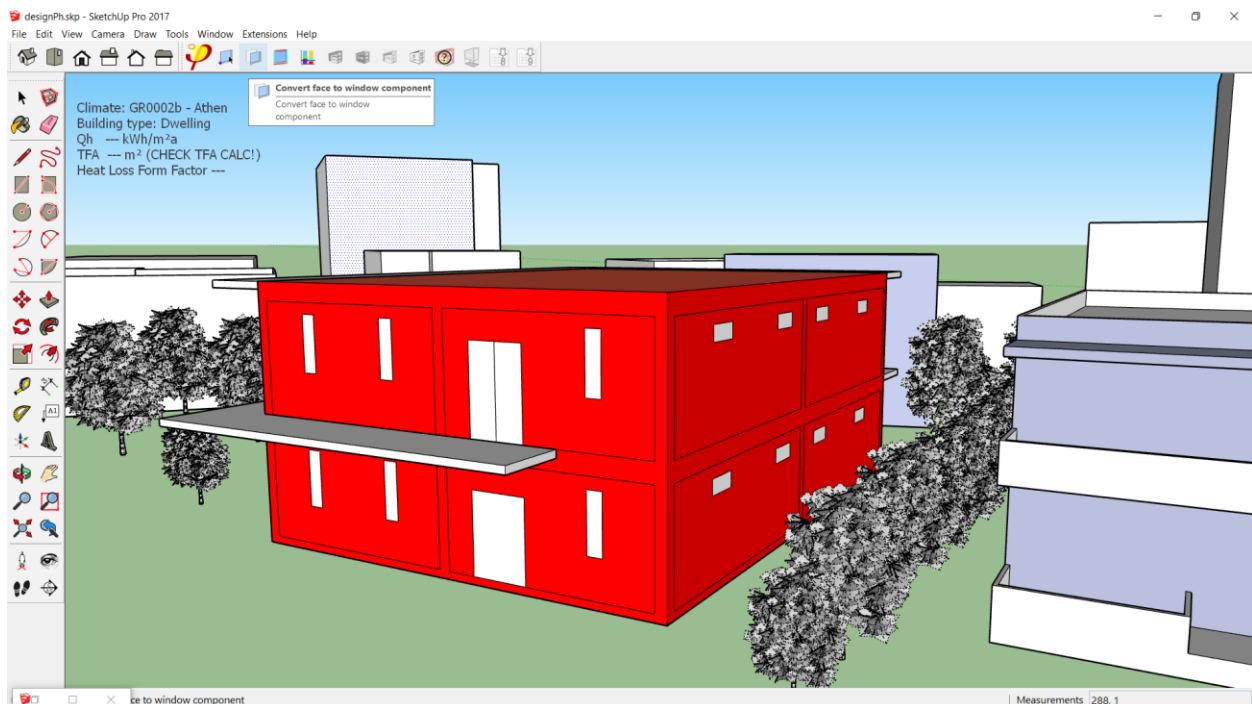
Εικόνα 3.46: Καθορισμός εδαφόπλακας (Ομάδα 11 Floor slab/Basement ceiling) – DesignPH Plugin



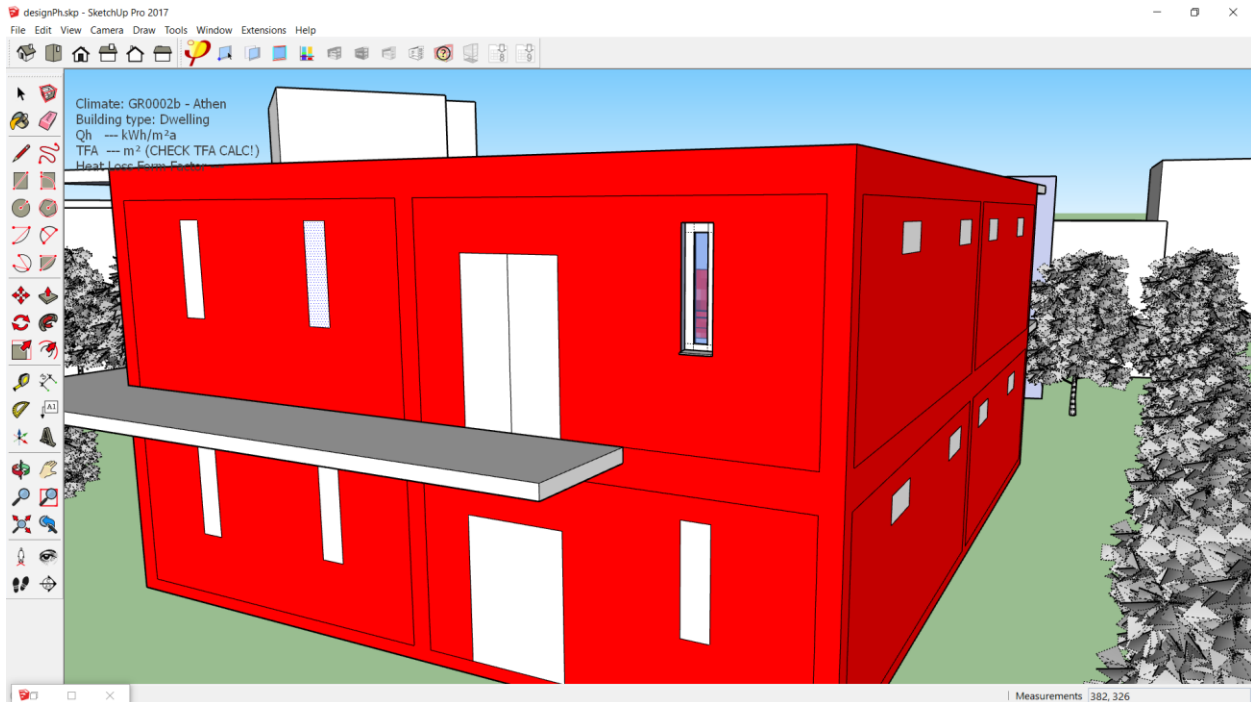
Εικόνα 3.47: Απεικόνιση από το εσωτερικό του υπό μελέτη κτιρίου – DesignPH Plugin

3.2.3 Σχεδιασμός κουφωμάτων και πορτών

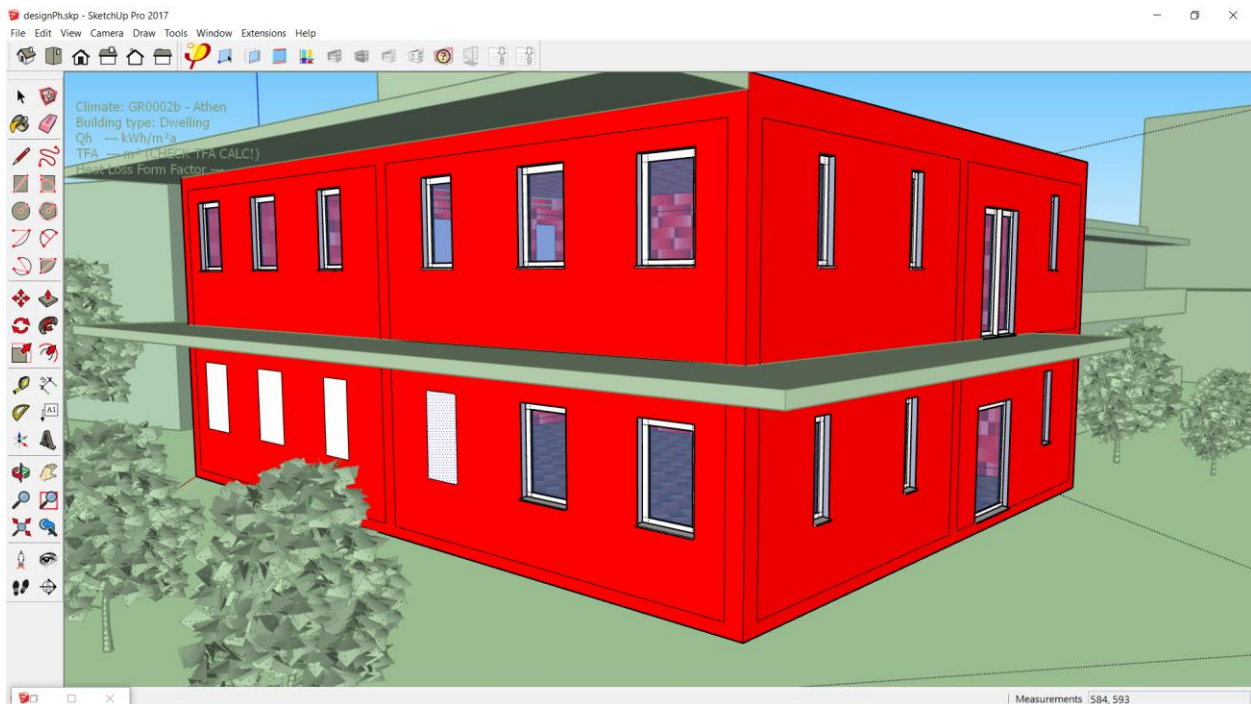
Τα κουφώματα και οι πόρτες σχεδιάζονται αρχικά ως επιφάνειες στο περιβάλλον του SketchUp με την μορφή ορθογωνίων (**Rectangle**). Στη συνέχεια, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη με την εντολή καθορισμού παραθύρου (**Convert face to window component**) να επιλέξει και να μετατρέψει τις επιφάνειες αυτές σε κουφώματα εντός του περιβάλλοντος του DesignPH, απλά πατώντας στην επιφάνεια του παραθύρου. Τα κουφώματα αποτελούν βασική παράμετρο του Παθητικού κτιρίου και για αυτό τόσο ο σχεδιασμός όσο και η επεξεργασία των χαρακτηριστικών τους γίνεται με μεγάλη λεπτομέρεια (βάθος λαμπά, πάχος πλαισίου, επιφάνεια υάλωσης), ώστε να προσεγγίζεται κάθε φορά με τον καλύτερο τρόπο η πραγματικότητα.



Εικόνα 3.48: Επιλογή της εντολής καθορισμού παραθύρου (*Convert face to window component*) – DesignPH Plugin



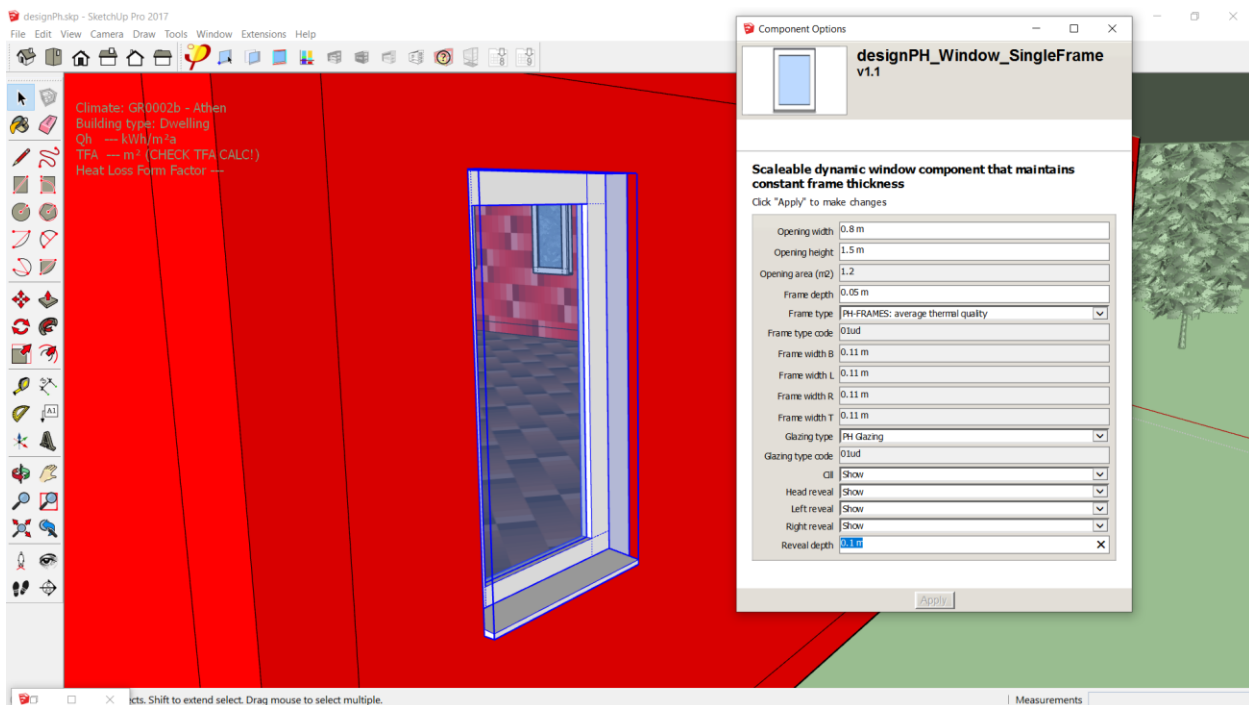
Εικόνα 3.49: Μετατροπή επιφάνειας σε κούφωμα με την εντολή καθορισμού παραθύρου (Convert face to window component) – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.50: Εφαρμογή της εντολής καθορισμού παραθύρου για όλα τα κουφώματα (Convert face to window component) – DesignPH Plugin

Τα κουφώματα μπορεί να επιλέγονται, με σκοπό να γίνεται επεξεργασία των γεωμετρικών και των ενεργειακών χαρακτηριστικών τους (**Component Options**). Ειδικότερα, κάθε κούφωμα αποτελείται από το πλαίσιο (**Frame**) και από τον υαλοπίνακα (**Glazing**). Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά του παραθύρου παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου, καθώς και από τα δύο αυτά στοιχεία έχουμε απώλειες από την μετάδοση θερμότητας προς το περιβάλλον, ενώ μόνο ο υαλοπίνακας (διαφανές στοιχείο) επιτρέπει να εισέρχονται τα θερμικά ηλιακά κέρδη στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το πάχος του πλαισίου (αδιαφανές στοιχείο) καθορίζεται ίσο με 0,11m και για τις τέσσερις πλευρές του κουφώματος (**Frame width**) και επομένως με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται και η επιφάνεια της υάλωσης (**Glazing**), ως το εμβαδόν της επιφάνειας που προκύπτει εάν από την επιφάνεια του παραθύρου (**Opening area**) αφαιρεθεί το εμβαδόν της επιφάνειας του πλαισίου. Καθοριστική παράμετρο αποτελεί το βάθος του λαμπά (**Reveal depth**) (η εσοχή του παραθύρου δηλαδή) το οποίο ορίζεται ίσο με 0,1m και επιδρά στον υπολογισμό της σκίασης όπως εξηγείται στην συνέχεια. Με αυτόν τον τρόπο, προσδιορίζονται πλήρως τα κουφώματα με εξαιρετική λεπτομέρεια και διευκολύνεται ο υπολογισμός των ενεργειακών απωλειών και των κερδών μέσω αυτών κατά την επεξεργασία στο PHPP.

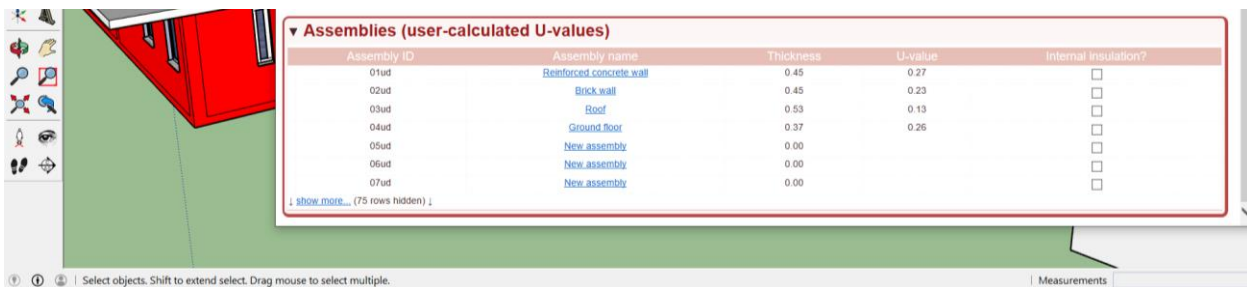


Εικόνα 3.51: Επεξεργασία των χαρακτηριστικών του κουφώματος (Convert face to window component) – DesignPH Plugin

Επισημαίνεται πως οι πόρτες ενώ είναι πλήρως αδιαφανή στοιχεία σχεδιάστηκαν ως κουφώματα με διαφανή και μη-διαφανή επιφάνεια. Για αυτό κατά την επεξεργασία στο PHPP σε επόμενο στάδιο, ο ηλιακός συντελεστής g-value θα καθοριστεί ίσος με 0, ώστε τα ηλιακά κέρδη από την διαφανή επιφάνεια να μην υπολογιστούν στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου και να θεωρηθούν μηδενικά.

3.2.4 Καθορισμός συντελεστών θερμικής διαπερατότητας των επιφανειών

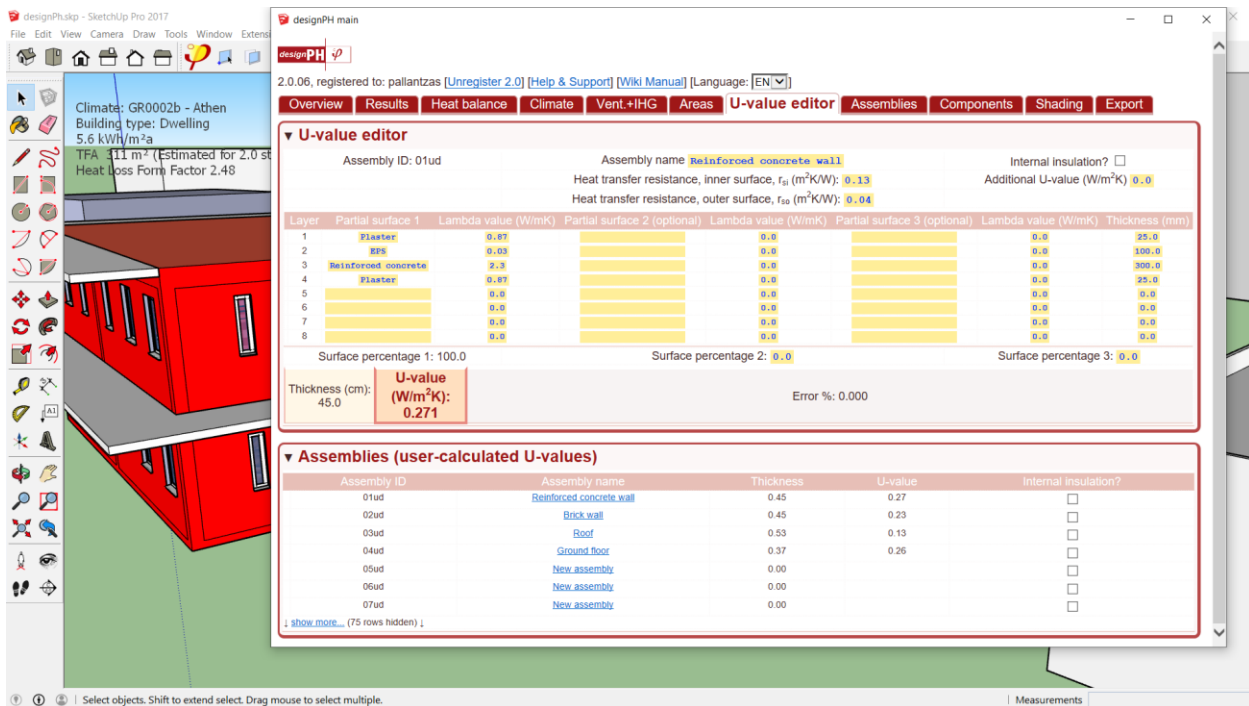
Για την κατασκευή του Παθητικού κτιρίου γραφείων όπως έχει αναφερθεί επιλέγεται συμβατική τοιχοποιία με κολώνες και δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και τούβλο ενδιάμεσα για τον σχηματισμό των τοίχων. Σε κάθε επιφάνεια ανάλογα με τα υλικά της κατασκευής της πρέπει να αντιστοιχιστεί ο κατάλληλος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U-value. Ουσιαστικά, οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου (οροφή, τοίχοι, εδαφόπλακα) αποτελούνται από επάλληλες στρώσεις υλικών με ορισμένο πάχος (**Thickness**) και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ σε **W/mK**. Το σύνολο αυτών των στρώσεων αποτελεί μία κατασκευή με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας **U-value (W/m²K)** και πάχος όσο το συνολικό πάχος όλων των χρησιμοποιούμενων υλικών. Τα δεδομένα για τα υλικά εισάγονται στις κατάλληλες καρτέλες στο περιβάλλον του DesignPH (**U-value editor**) και υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U-value. Τονίζεται ότι οποιαδήποτε επεξεργασία αυτών μετά την εξαγωγή του αρχείου στο PHPP δύναται να πραγματοποιηθεί στο φύλλο εργασίας U-values του PHPP. Συνολικά χρησιμοποιούνται τέσσερα είδη κατασκευής, ένα για την οροφή (**Roof**), ένα για την εδαφόπλακα (**Ground Floor**) και δύο είδη για τους εξωτερικούς τοίχους ανάλογα με το αν πρόκειται για τοίχο από οπλισμένο σκυρόδεμα (**Reinforced concrete wall**) ή τούβλο (**Brick wall**).



Assembly ID	Assembly name	Thickness	U-value	Internal insulation?
01ud	Reinforced concrete wall	0.45	0.27	<input type="checkbox"/>
02ud	Brick wall	0.45	0.23	<input type="checkbox"/>
03ud	Roof	0.53	0.13	<input type="checkbox"/>
04ud	Ground floor	0.37	0.26	<input type="checkbox"/>
05ud	New assembly	0.00		<input type="checkbox"/>
06ud	New assembly	0.00		<input type="checkbox"/>
07ud	New assembly	0.00		<input type="checkbox"/>

Εικόνα 3.52: Τα είδη και τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών κατασκευών που δημιουργούνται από τον χρήστη – DesignPH Plugin

Ενδεικτικά παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων για την κατασκευή του τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα (**Reinforced concrete wall**) ο οποίος αποτελείται από 300mm οπλισμένου σκυροδέματος ($\lambda=2,3$ W/mK), εξωτερικά του τοποθετείται μόνωση EPS ($\lambda=0,03$ W/mK) πάχους 100mm, ενώ εσωτερικά και εξωτερικά η κατασκευή καλύπτεται με σοβά ($\lambda=0,87$ W/mK) πάχους 25mm. Η τιμή U-value του τοίχου προκύπτει ίση με 0,271 W/m²K ενώ το πάχος του ίσο με 45cm.



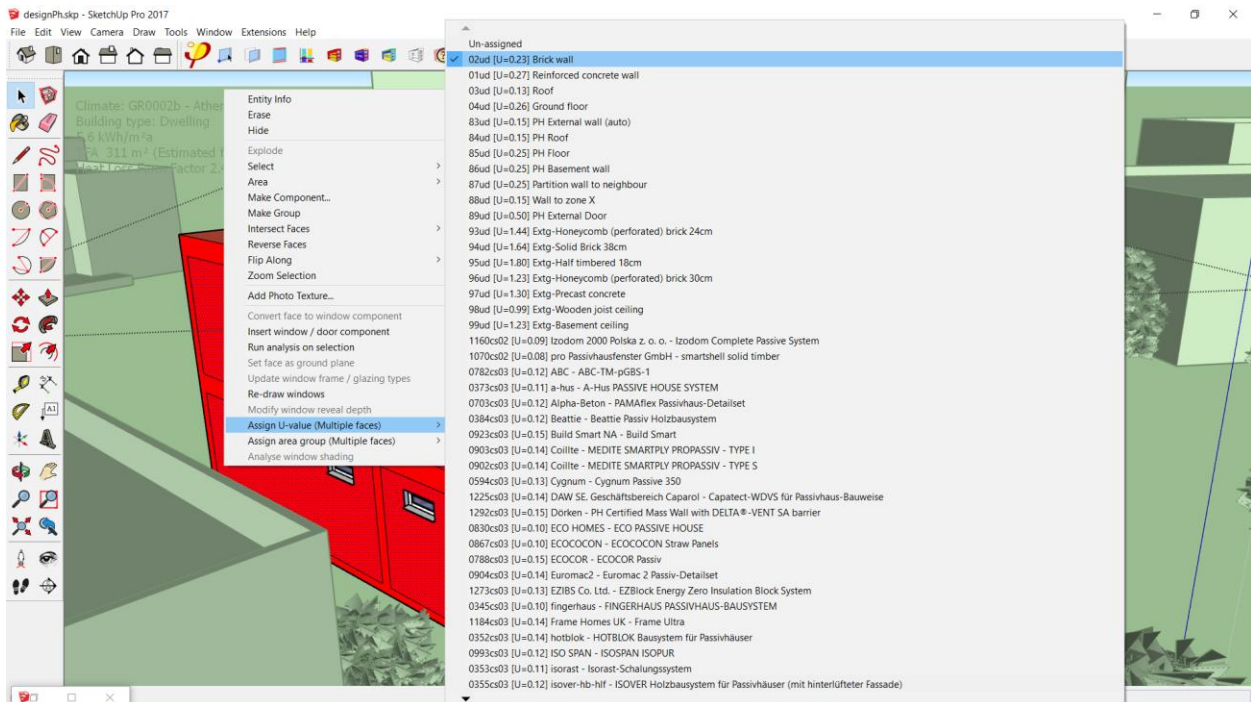
Εικόνα 3.53: Υπολογισμός U-value κατασκευής – DesignPH Plugin

3.2.5 Αντιστοίχιση των τιμών U-value στις κατάλληλες επιφάνειες

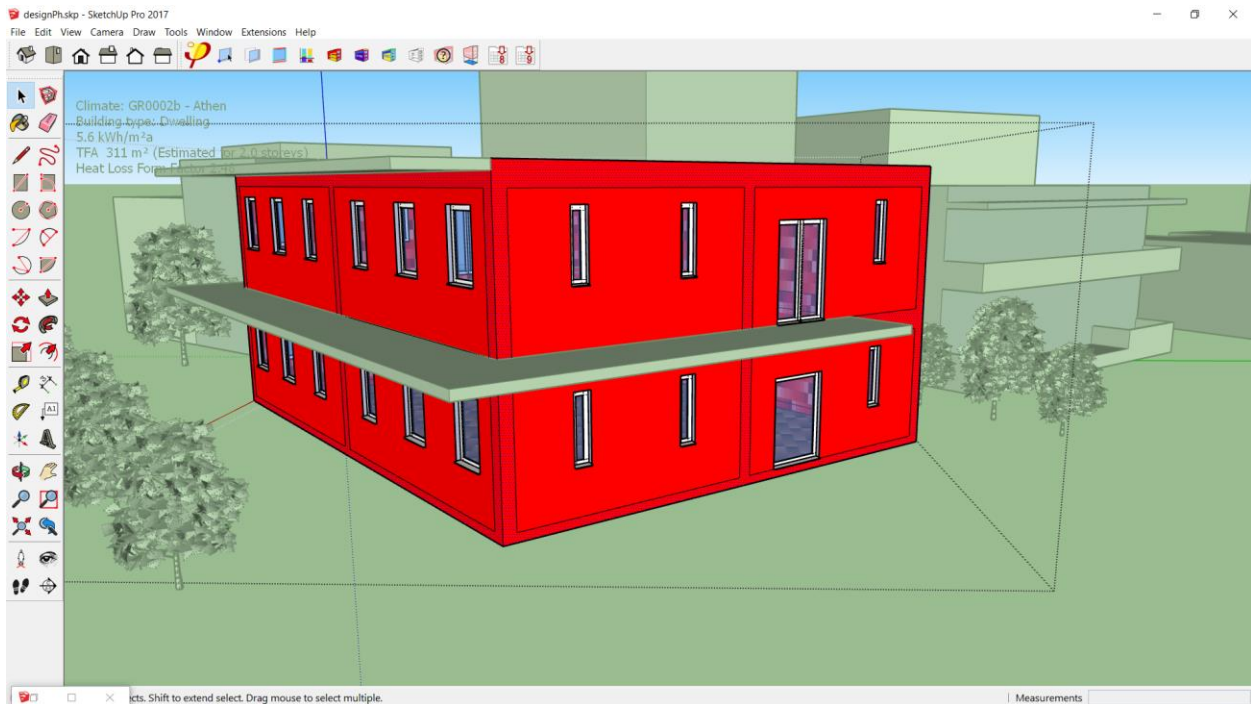
Οι κατασκευές που δημιουργούνται με τα αντίστοιχα U-value πρέπει να αντιστοιχιστούν στις επιφάνειες του θερμικού φακέλου του κτιρίου, έτσι ώστε να γίνει ο υπολογισμός της μετάδοσης θερμότητας διαμέσου αυτών. Οι επιφάνειες οι οποίες αποτελούνται από την ίδια κατασκευή (ίδια τιμή U-value) επιλέγονται και με δεξί κλικ ορίζεται η τιμή U-value (**Assign U-value - Multiple faces**).



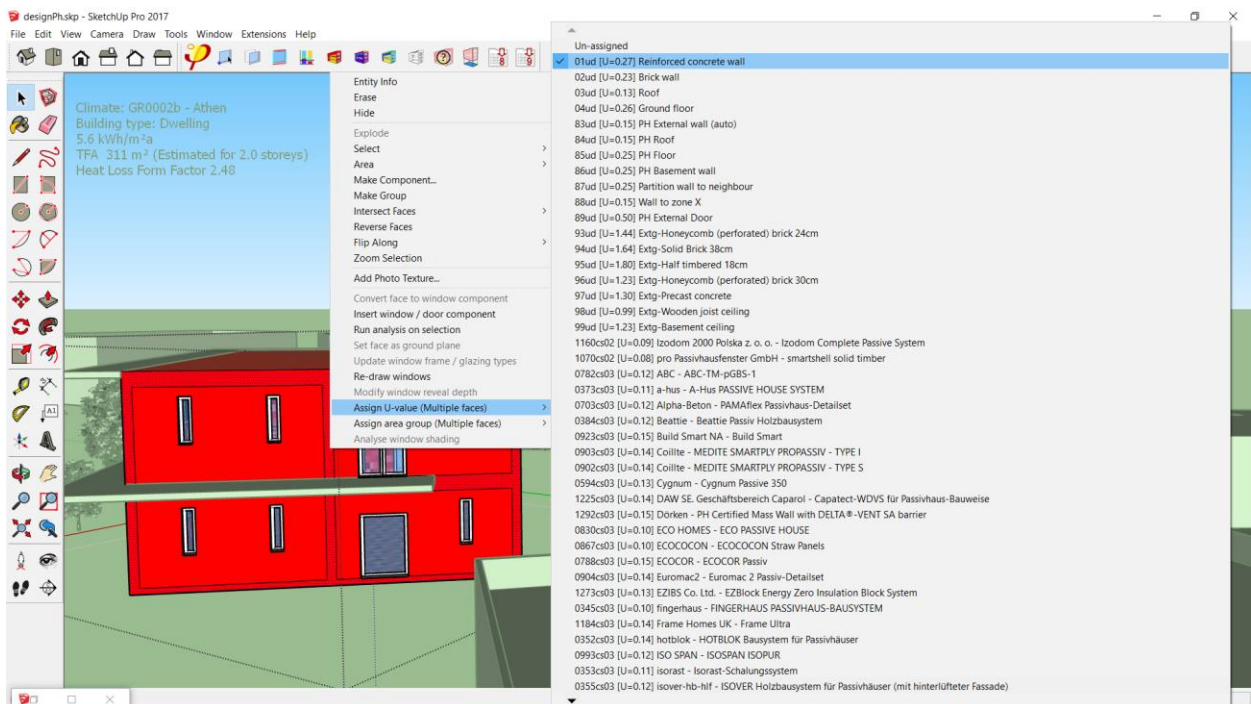
Εικόνα 3.54: Επιλογή της τοιχοποιίας από τούβλο – DesignPH Plugin



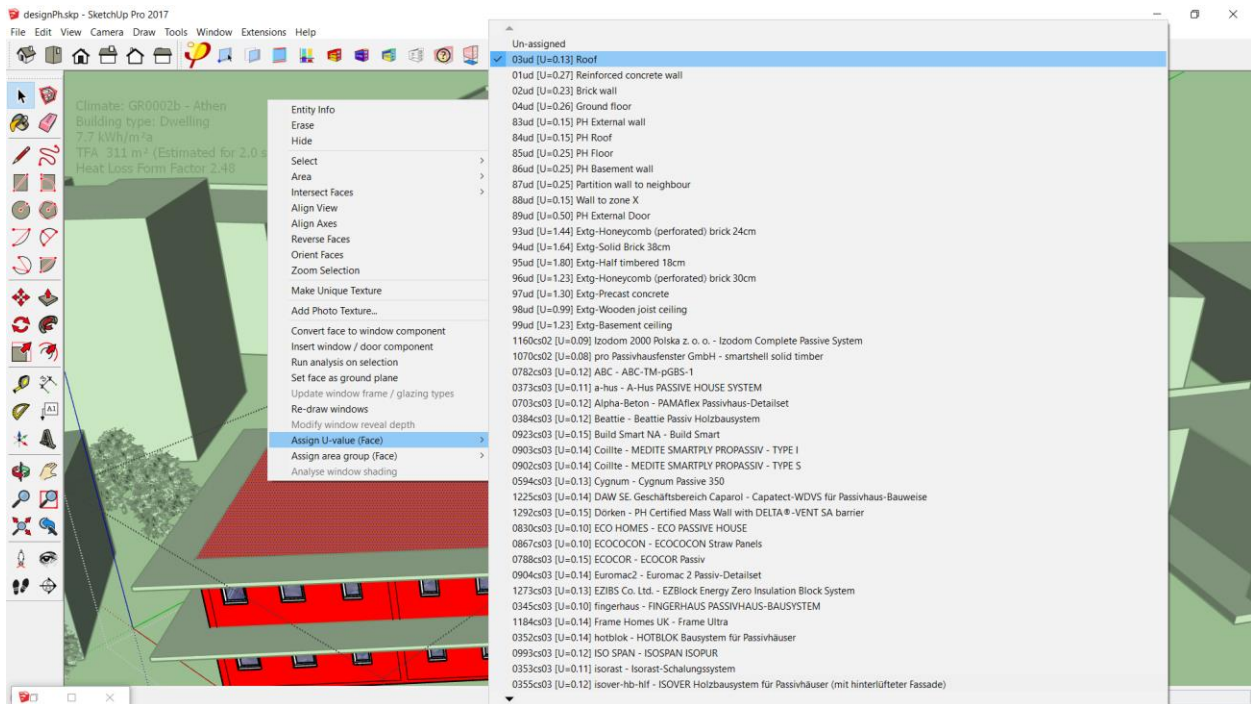
Εικόνα 3.55: Αντιστοίχιση του συντελεστή U-value για τοιχοποιία από τούβλο (Brick wall) – DesignPH Plugin



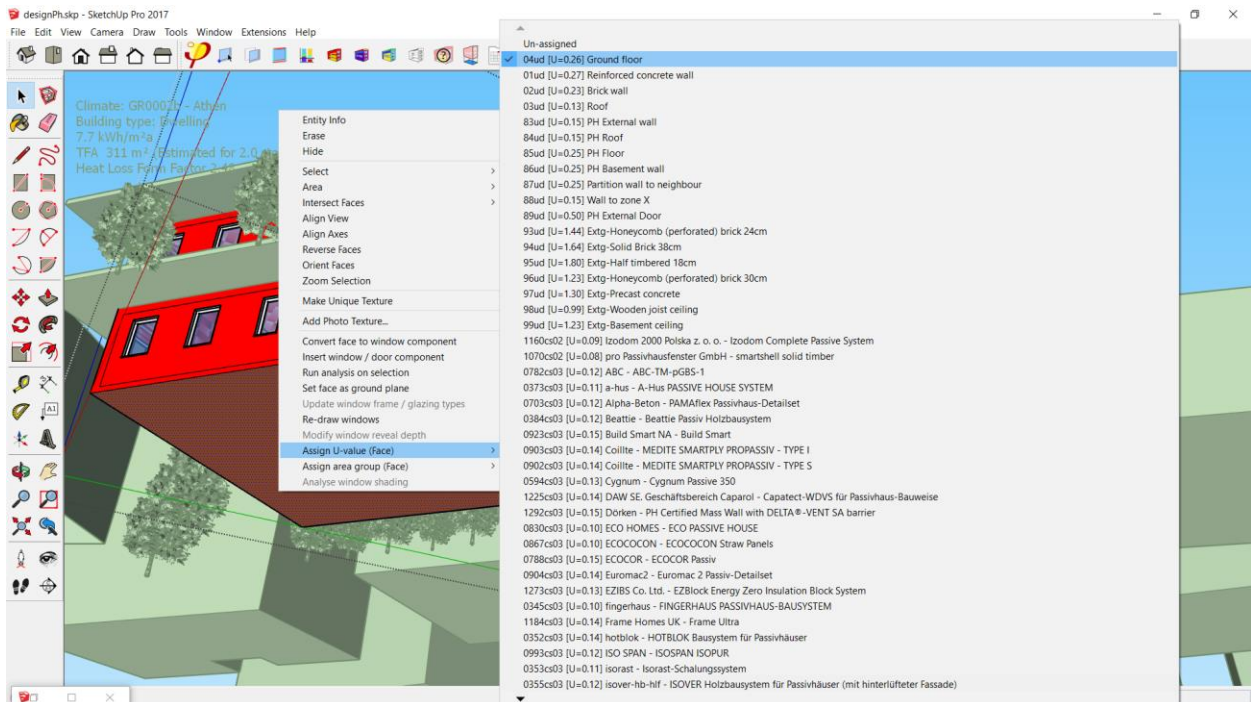
Εικόνα 3.56: Επιλογή τοίχων από οπλισμένο σκυρόδεμα (δοκάρια και κολώνες) – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.57: Αντιστοίχιση του συντελεστή U-value για τα δοκάρια και τις κολώνες από οπλισμένο σκυρόδεμα (Reinforced concrete wall) – DesignPH Plugin

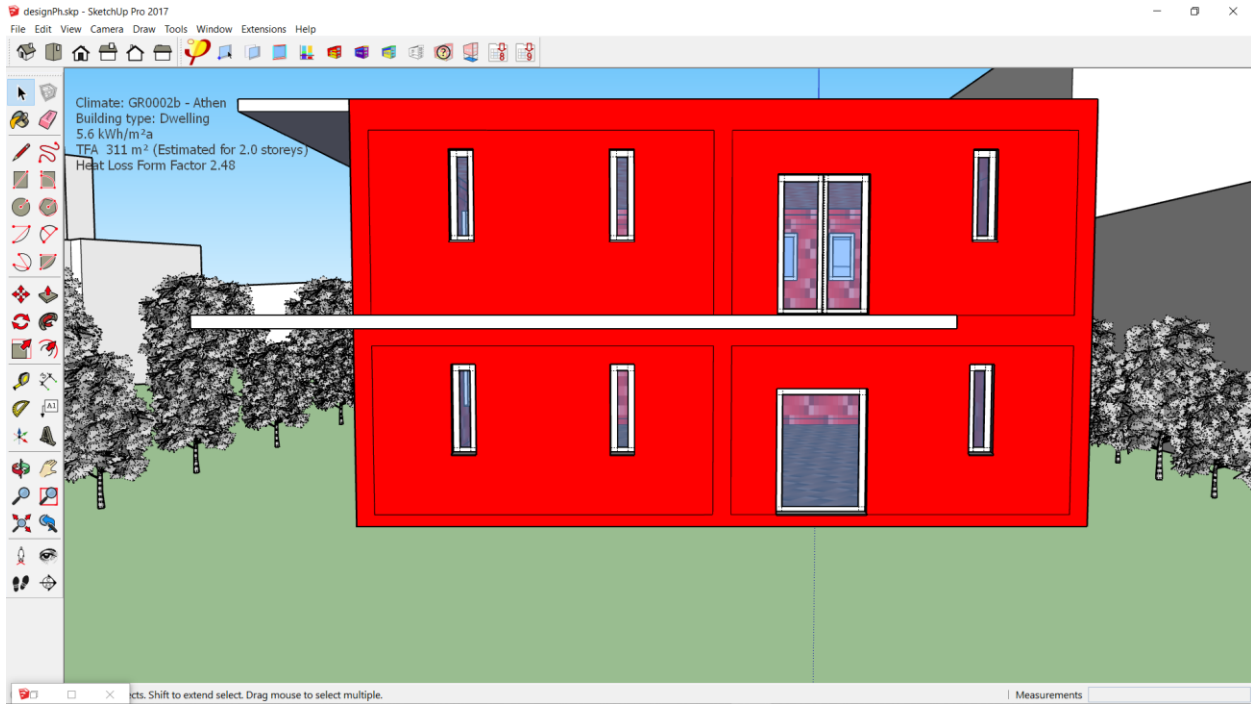


Εικόνα 3.58: Αντιστοίχιση του συντελεστή U-value για την οροφή (Roof) – DesignPH Plugin

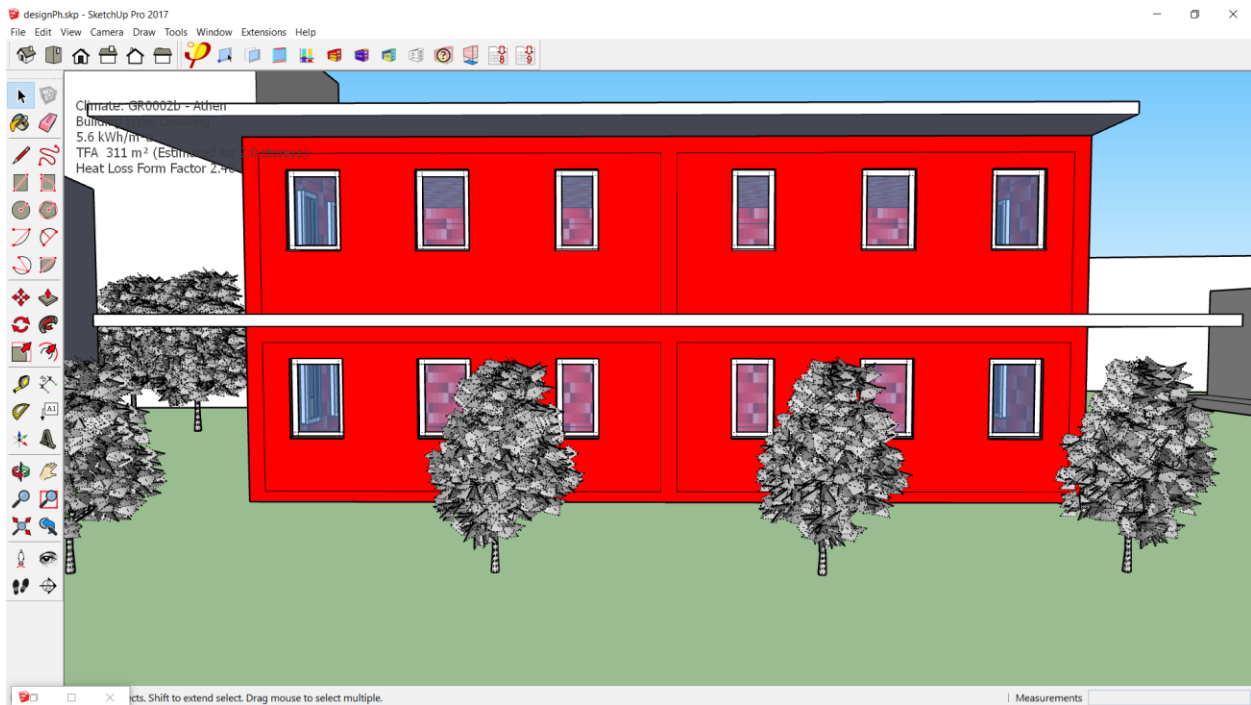


Εικόνα 3.59: Αντιστοίχιση του συντελεστή U-value για την εδαφόπλακα (Ground Floor) – DesignPH Plugin

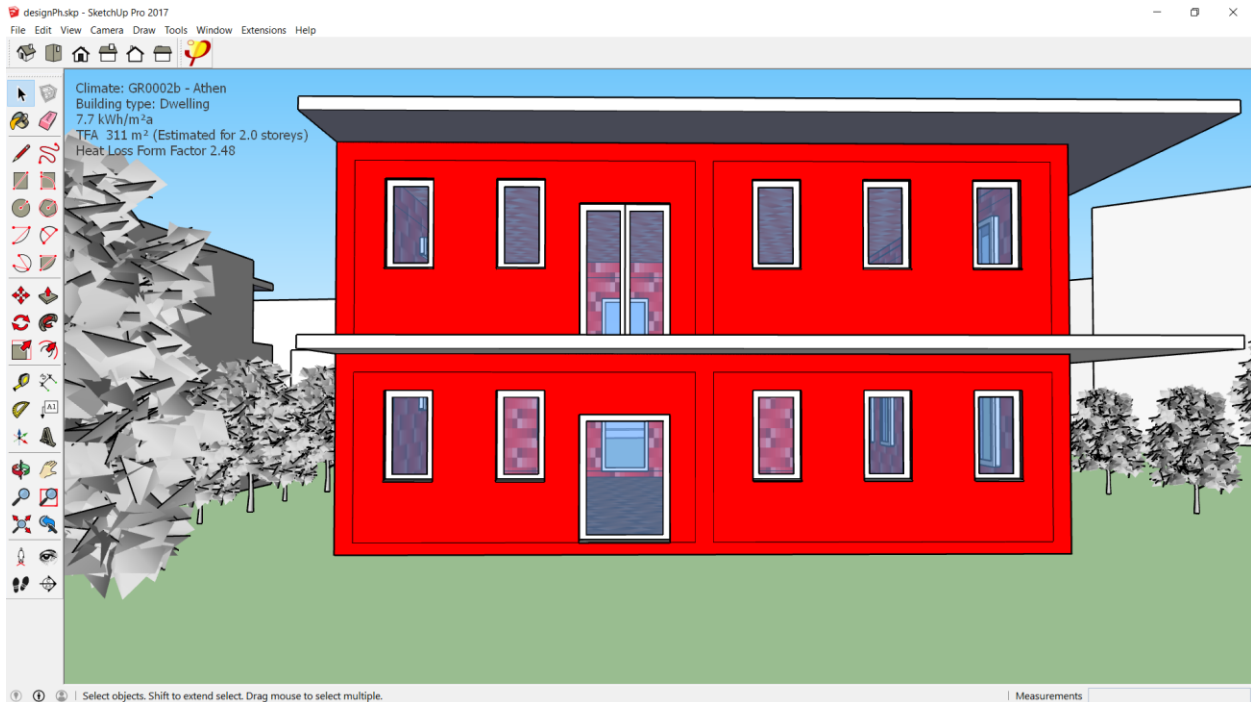
3.2.6 Τελικό Σχεδιαστικό αποτέλεσμα – DesignPH Plugin



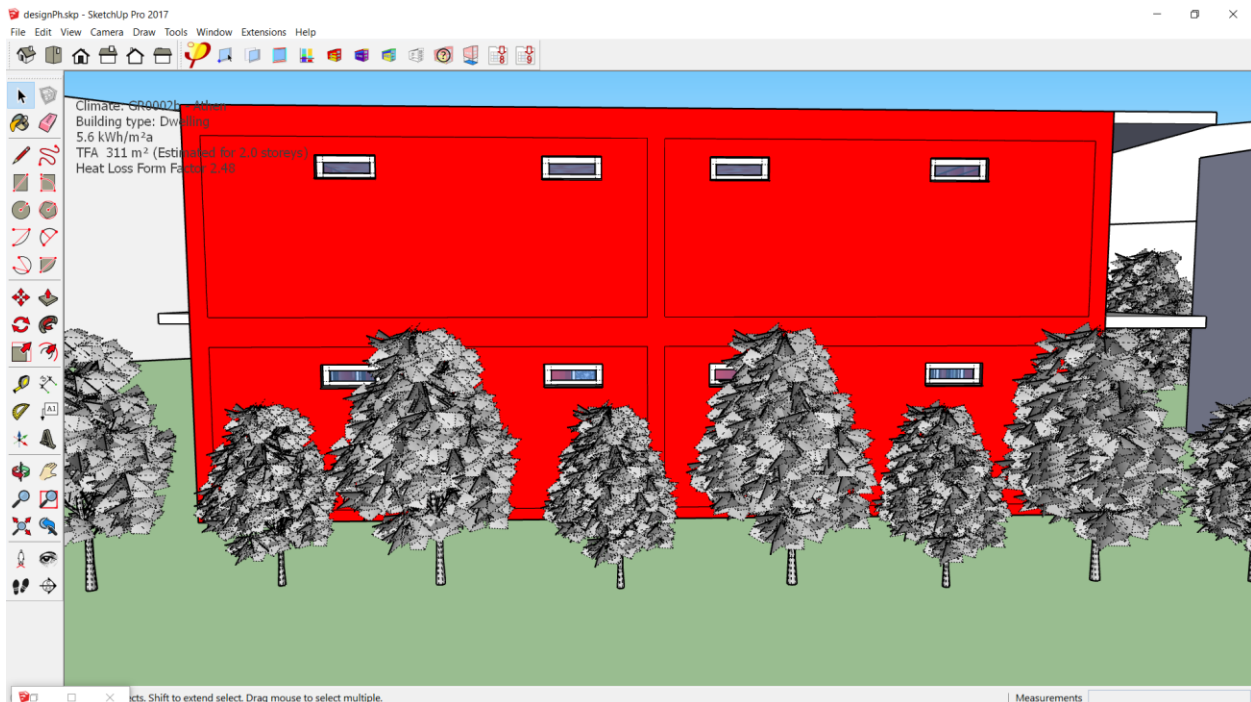
Εικόνα 3.60: Β/Α όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.61: Ν/Α όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.62: Ν/Δ όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – DesignPH Plugin

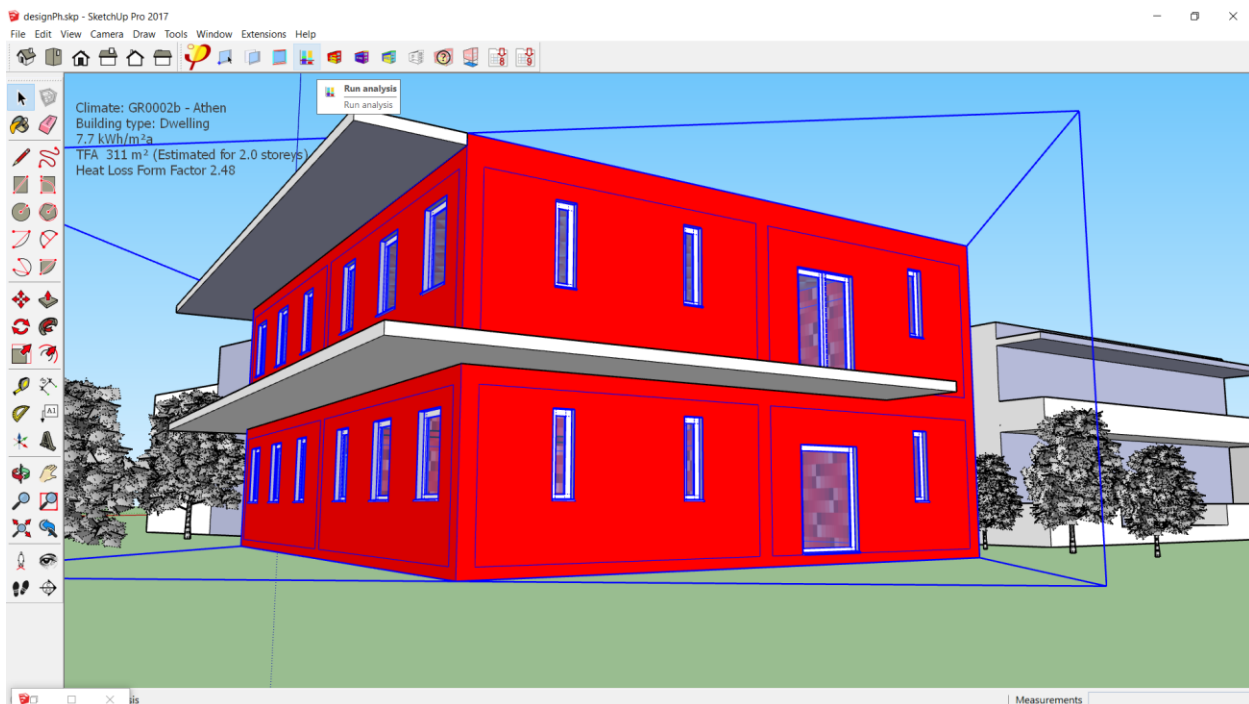


Εικόνα 3.63: Β/Δ όψη Παθητικού κτιρίου γραφείων – DesignPH Plugin

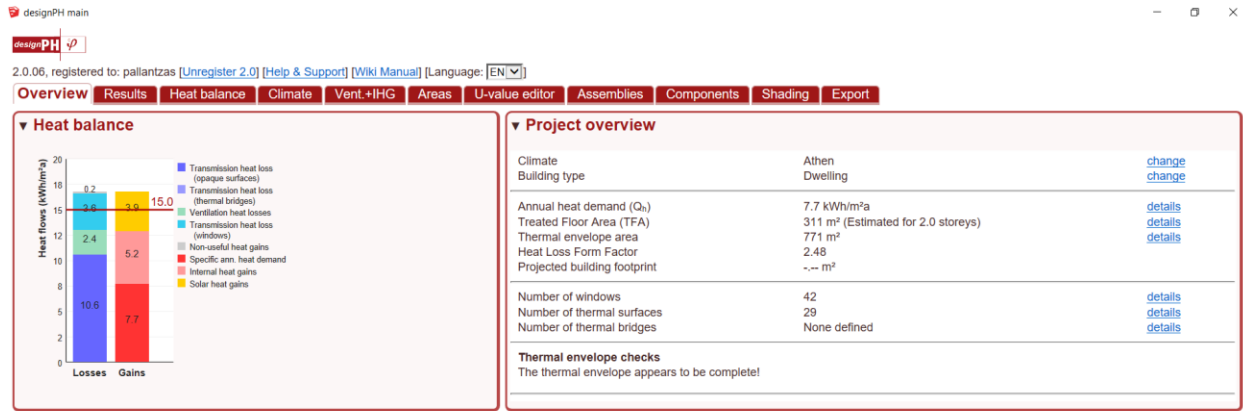
3.2.7 Run analysis

Αφού ολοκληρωθούν τα βήματα που περιγράφονται παραπάνω, το κτιριακό κέλυφος έχει καθοριστεί πλήρως τόσο ως προς τον προσανατολισμό και την γεωμετρία του (διαστάσεις πλευρών και κουφωμάτων), όσο και ως προς τα βασικά ενεργειακά του χαρακτηριστικά (U-values) και την σκίαση των κουφωμάτων. Όπως έχει αναφερθεί, όλες οι επιφάνειες και υπό-επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου έχουν ομαδοποιηθεί με την εντολή **Make group**, με σκοπό την επεξεργασία και την ανάλυση του κτιρίου σαν σύνολο.

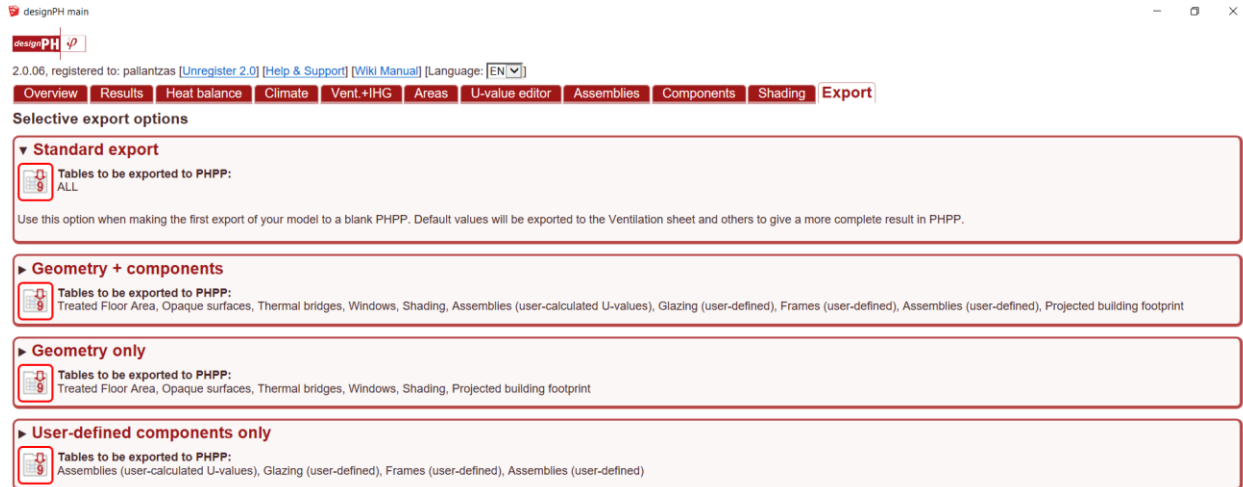
Το group του θερμικού φακέλου επιλέγεται και πατώντας την επιλογή **Run analysis** υπολογίζονται τα δεδομένα που στην συνέχεια θα εξαχθούν (**Export>Standard Export**) σε ένα αρχείο της μορφής .rrp κατάλληλο για εισαγωγή σε PHPP. Συγχρόνως, υπολογίζονται αποτελέσματα που αφορούν μία πρόχειρη εκτίμηση της απαίτησης για θέρμανση με βάση το κέλυφος του κτιρίου, η οποία όμως θα μεταβληθεί, καθώς δεν έχουν ληφθεί υπόψιν μέχρι αυτό το σημείο στοιχεία που αφορούν τον μηχανικό αερισμό, τις θερμογέφυρες, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη κλπ.



Εικόνα 3.64: Επιλογή του θερμικού φακέλου και πραγματοποίηση της ανάλυσης (Run analysis) – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.65: Σύνοψη των αποτελεσμάτων μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης (Run analysis) – DesignPH Plugin



Εικόνα 3.66: Standard Export σε αρχείο της μορφής .php – DesignPH Plugin

4. Επεξεργασία Δεδομένων

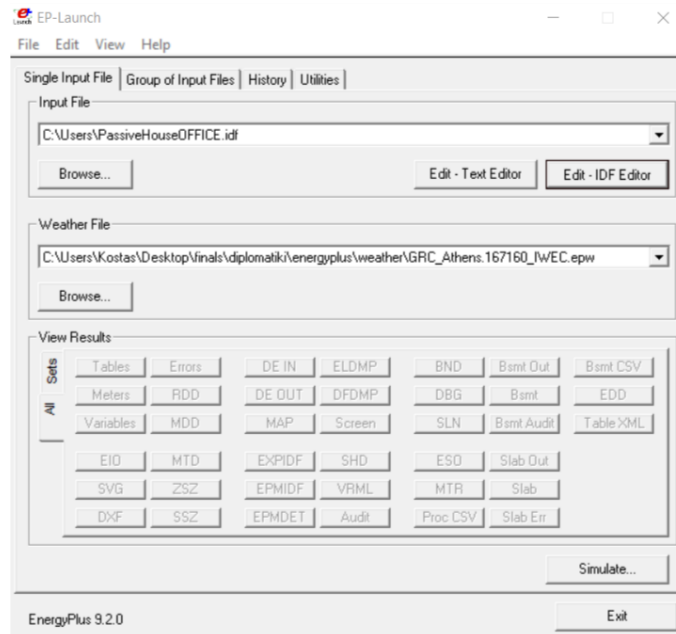
Ολοκληρώνοντας τον σχεδιασμό του μοντέλου του Παθητικού κτιρίου γραφείων με την χρήση του τρισδιάστατου σχεδιαστικού προγράμματος SketchUp και των δύο διαφορετικών "Plug-in" επεκτάσεων του OpenStudio και DesignPH, ακολουθεί η εξαγωγή του κάθε αρχείου σε μορφή .idf και .rpp αντίστοιχα, για επεξεργασία των δεδομένων μέσω του EnergyPlus και του PHPP. Στην παρούσα ενότητα θα γίνει συγκριτική παρουσίαση των δεδομένων που εισάγονται στα λογισμικά αυτά σε αντίστοιχα πεδία, ώστε σε επόμενο στάδιο να πραγματοποιηθεί η ανάλυση και σύγκριση των θερμοκρασιών που προκύπτουν για το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου.

4.1 Κλιματικά δεδομένα και Τοποθεσία

4.1.1 EnergyPlus

Ανοίγοντας ένα οποιοδήποτε αρχείο της μορφής .idf η πρώτη σελίδα που εμφανίζεται στην οθόνη είναι η παρακάτω καρτέλα του υποπρογράμματος **EP-Launch**, όπου ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το προς επεξεργασία αρχείο πατώντας το εικονίδιο Browse κάτω από το **Input File** και τα κλιματικά δεδομένα πατώντας το εικονίδιο Browse κάτω από το **Weather File**.

Το αρχείο που επιλέγεται για επεξεργασία είναι το εξαγόμενο από το OpenStudio αρχείο μορφής .idf (**PassiveHouseOFFICE.idf**) ενώ τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην υπάρχουσα μελέτη είναι διαθέσιμα στην ηλεκτρονική σελίδα του EnergyPlus στην ενότητα Weather [26]. Σε αυτήν ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει τα κλιματικά δεδομένα για τρεις περιοχές της Ελλάδας, συμπεριλαμβανομένης της Αθήνας [27], τα οποία και επιλέγονται για την συγκεκριμένη προσομοίωση (International Weather for Energy Calculation/Research Project 1015, ASHRAE [28]).



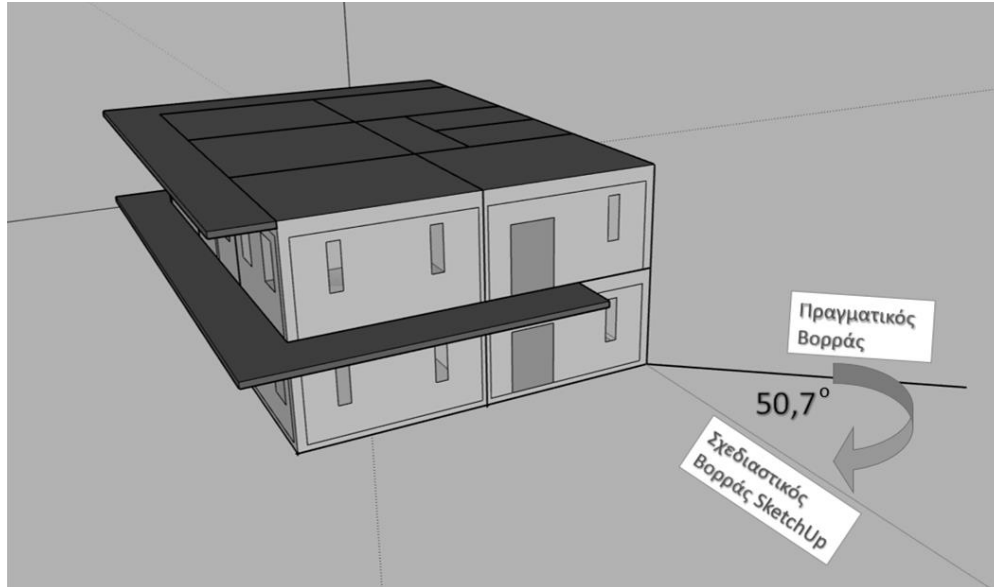
Εικόνα 4.1: Καθορισμός input file και κλιματικών δεδομένων (weather file) – Πρώτη σελίδα EnergyPlus (EP-Launch)

Στην συνέχεια αφού γίνει επιλογή των παραπάνω αρχείων, το αρχείο είναι έτοιμο προς επεξεργασία με την επιλογή του εικονιδίου **Edit-IDF Editor**. Αυτόματα ενεργοποιείται το πρόγραμμα επεξεργασίας του EnergyPlus, IDF Editor το οποίο έχει και αυτό συγκεκριμένη δομή. Τα στοιχεία που μπορεί να επεξεργαστεί ο χρήστης αποτελούν υποσύνολα ευρύτερων κατηγοριών και ονομάζονται **Groups**. Κάθε ευρύτερη κατηγορία (Group) διαχωρίζεται με την σειρά της σε ένα σύνολο στοιχείων που τίθενται προς επεξεργασία, τα οποία ονομάζονται κλάσεις (**Classes**), ενώ η κάθε κλάση συγκροτείται από αντικείμενα που μπορεί να ορίσει ο χρήστης (**Objects**). Ο αριθμός των αντικειμένων μπορεί να είναι από μηδέν μέχρι όσα επιθυμεί ο χρήστης σε συνδυασμό με τις δυνατότητες του προγράμματος και φαίνεται αριστερά της κάθε κλάσης σε αγκύλες. Τα αντικείμενα αποτελούνται από κάποια πεδία (**Fields**), στα οποία υπάρχει δυνατότητα να τοποθετηθούν τα δεδομένα, ενώ παράλληλα αριστερά αυτών φαίνονται και οι μονάδες μέτρησής τους (**Units**).

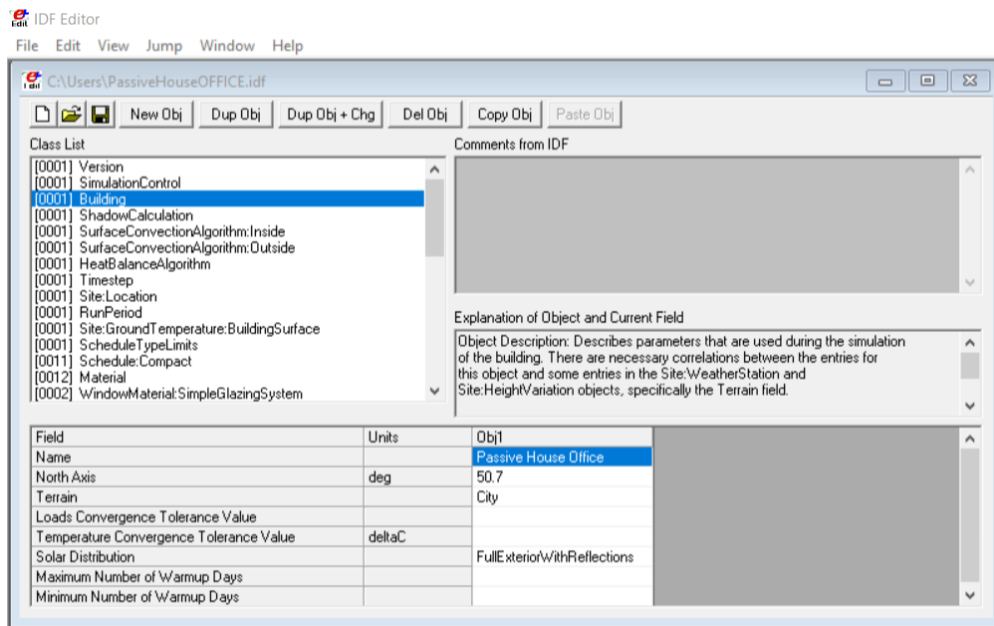
Για να οριστεί πλήρως τοποθεσία του κτιρίου πρέπει να ακολουθήσουν δύο επιπλέον βήματα τα οποία σχετίζονται με την συμπλήρωση των κλάσεων **Building** και **Site:Location**. Το πρώτο αφορά την περιστροφή του κτιρίου, καθώς αυτό έχει σχεδιαστεί με τον πραγματικό Βορρά να ταυτίζεται με τον σχεδιαστικό Βορρά του SketchUp, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα. Για αυτόν τον λόγο, συμπληρώνεται το αντίστοιχο πεδίο (**North axis**) της κλάσης **Building** με τον ακόλουθο τρόπο:

- **Field: North Axis [deg]:** Καθορίζεται ο βόρειος άξονας του κτιρίου σε σχέση με τον αληθινό Βορρά, επειδή δεν ταυτίζονται. Η τιμή καθορίζεται σε μοίρες μετρώντας από τον αληθινό

Βορρά με θετική φορά την ωρολογιακή. Σύμφωνα με αυτό, εισάγεται η τιμή **50,7°** επειδή ο βόρειος άξονας του κτιρίου που καθορίστηκε στο SketchUp έχει 50,7° διαφορά με τον αληθινό Βορρά που δείχνει μία πυξίδα, μετρώντας ωρολογιακά από τον αληθινό Βορρά.



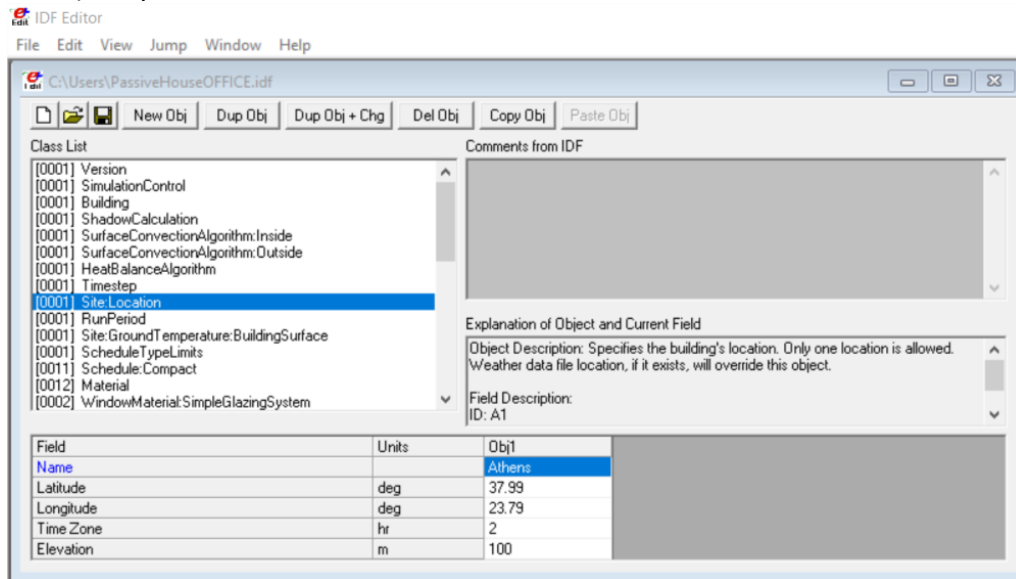
Εικόνα 4.2: Απόκλιση σχεδιαστικού Βορρά από Πραγματικό Βορρά



Εικόνα 4.3: Καθορισμός τοποθεσίας και προσανατολισμού κτιρίου (Building) – IDF Editor

Το δεύτερο βήμα ολοκληρώνεται με την συμπλήρωση των πεδίων **Latitude**, **Longitude** και **Elevation** της κλάσης **Site:Location** όπως περιγράφεται ακολούθως:

- **Field: Latitude:** Ορίζεται το γεωγραφικό πλάτος του κτιρίου σε μοίρες (**37,99°**), με το βόρειο γεωγραφικό πλάτος να είναι θετικό ενώ το νότιο αρνητικό
- **Field: Longitude:** Ορίζεται το γεωγραφικό μήκος του κτιρίου σε μοίρες (**23,79°**), με το ανατολικό μήκος να αντιπροσωπεύεται ως θετικό ενώ το δυτικό αρνητικό
- **Field: Elevation:** Καθορίζεται το υψόμετρο του κτιρίου σε μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας ίσο με **100m**



Εικόνα 4.4: Καθορισμός γεωγραφικού μήκους/πλάτους και υψομέτρου της τοποθεσίας του κτιρίου (*Site:Location*) – IDF Editor

4.1.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Κλίμα

Για λόγους πληρότητας και καλύτερης αντίληψης του περιβάλλοντος του ΡΗΡΡ παρατίθενται κάποιες εικόνες που περιγράφουν το κάθε φύλλο εργασίας και την λειτουργία του. Στην πραγματικότητα, το ΡΗΡΡ αποτελεί ένα υπολογιστικό φύλλο εργασίας Excel, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέγει μια καρτέλα/φύλλο και να επεξεργάζεται τα δεδομένα σε αυτό ή να ελέγχει αποτελέσματα. Η παρούσα μελέτη για το Παθητικό κτίριο γραφείων πραγματοποιήθηκε με την ελληνική έκδοση του ΡΗΡΡ, η οποία έχει μεταφραστεί και επιμεληθεί εξ ολοκλήρου από το Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (ΕΙΠΑΚ) [29].

Τα χαρακτηριστικά χρώματα επιλέγονται ώστε να ομαδοποιηθούν τα φύλλα εργασίας που αναφέρονται στο κέλυφος του κτιρίου και στον υπολογισμό της απαίτησης για θέρμανση (κίτρινο χρώμα), τα φύλλα εργασίας που αφορούν τον υπολογισμό για το καλοκαίρι (μπλε χρώμα) και τα φύλλα που αφορούν τα μηχανολογικά συστήματα και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη (πράσινο χρώμα).

Σχεδιασμός Παθητικού Κτιρίου: ευρετήριο φύλλων εργασίας			
Όνομα φύλλου εργασίας (για να εμφανίζονται/κρύβονται τα φύλλα εργασίας παρακαλώ χρησιμοποιήστε το ξεχωριστό εργαλείο "Ρυθμίσεις Προφίλ")	Λειτουργία	Σύντομη περιγραφή	Απαιτείται για την πιστοποίηση;
Κλίμα	Επιλογή περιοχής κλίματος ή ορισμός από τα δεδομένα του χρήστη	Κλιματικά δεδομένα για: φύλλα εργασίας 'Ετήσια Θέρμανση', 'Κουφώματα', 'Φορτίο Θέρμανσης', 'Θέρμανση', 'Καλοκαίρι', 'Ψύξη', 'Μονάδες Ψύξης', 'Φορτίο Ψύξης'	Ναι
Τιμές U	Υπολογισμός Τιμών-U ενός τυπικού δομικού στοιχείου	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας σύμφωνα με DIN EN ISO 6946.	Ναι
Επιφάνειες	Σύνοψη Επιφανειών	Επιφάνειες δομικών στοιχείων, θερμολογούμενες, κλιματιζόμενη επιφάνεια. Χρησιμοποιήστε εξωτερικές διαστάσεις!	Ναι
Έδαφος	Υπολογισμός μωσικών συντελεστών στην περίπτωση επαφής με το έδαφος	Πιο ακριβής υπολογισμός θερμικών απωλειών μέσω εδάφους	αν είναι εφαρμοσμένο
Συστήματα	Διαμόρφωση της βάσης δεδομένων των συστημάτων	Βάση δεδομένων πιστοποιημένων συστημάτων κατάλληλων για Παθητικό Κτίριο και εισαγωγή καθορισμένων από τον χρήστη συστημάτων	Ναι
Κουφώματα	Προσδιορισμός Τιμών-Uw	Εισαγωγή γεωμετρίας (μήκη πλαίσιων, πλάτη πλαίσιων), προσανατολισμού, Τιμές-U για τον υαλοπίνακα και το πλαίσιο (Ug, Uf) και συντελεστών γραμμικής θερμοπερατότητας θερμογεφυρών στους αποστάτες, από αυτή την εισαγωγή δεδομένων, προσδιορίζεται η τιμή Uw και η συνολική ακταβολή.	Ναι
Σκίαση	Προσδιορισμός συντελεστών σκίασης	Εισαγωγή των παραμέτρων σκίασης, π. χ. μπαλκόνι, γειτονικό κτίριο, πλευρική προεξοχή και υπολογισμός των συντελεστών σκίασης	Ναι
Αερισμός	Ροές αέρα, Ισοζύγιο απορριπτόμενου αέρα / αέρα προσαγωγής, αποτελέσματα ελέγχου συμπίεσης	Διαστασιολόγηση συστήματος αερισμού με βάση τις απαιτήσεις για αταγινή και προσαγωγή αέρα, ρυθμός αναλλαγών αέρα λόγω διεύθυνσης και πραγματικής απόδοσης ανάκτησης θερμότητας, εισαγωγή αποτελεσμάτων ελέγχου συμπίεσης	Ναι
Πρόσθετος Αερισμός	Σχεδιασμός του συστήματος αερισμού με ποικίλες μονάδες αερισμού	Επέκταση του φύλλου εργασίας 'Αερισμός' για τη διαστασιολόγηση της ροής αέρα, για ειδική κτιριακή χρήση και συστήματα με ποικίλες μονάδες αερισμού	αν χρησιμοποιείται
Ετήσια Θέρμανση	Ετήσια απαίτηση θέρμανσης χώρου / Ετήσια μέθοδος	Υπολογισμός της ετήσιας απαίτησης θέρμανσης χώρου σύμφωνα με τη μέθοδο του ενεργειακού ισοζυγίου σύμφωνα με EN 13790: Απώλειες από Μετάδοση + απώλειες Αερισμού - ή (Ηλιακά κέρδη + Εσωτερικά κέρδη)	Όχι
Θέρμανση	Υπολογισμός απαίτησης θέρμανσης χώρου Μηνιαία μέθοδος σύμφωνα με EN 13790	Υπολογιστική διαδικασία για τη μηνιαία μέθοδο σύμφωνα με EN 13790. Να κάνετε την κατάλληλη επιλογή στο φύλλο εργασίας 'Έλεγχος Κτιρίων', αν οι υπολογισμοί πρέπει να αναπαριστούν από αυτή την διαδικασία	Ναι
Φορτίο Θέρμανσης	Υπολογισμός φορτίου θέρμανσης κτιρίου	Υπολογισμός ονομαστικού φορτίου θέρμανσης χρησιμοποιώντας τη διαδικασία ισοζυγίου για μια μέρα σχεδιασμού: max μετάδοση + max αερισμός - η (min ηλιακά κέρδη + εσωτερικά θερμικά κέρδη)	Ναι

Εικόνα 4.5: Επεξήγηση βασικών φύλλων εργασίας PHPP – Ελληνική έκδοση PHPP (Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου-eirak.org)

Όνομα φύλλου εργασίας (για να εμφανίζονται/κρύβονται τα φύλλα εργασίας παρακαλώ χρησιμοποιήστε το ξεχωριστό εργαλείο "Ρυθμίσεις Προφίλ")	Λειτουργία	Σύντομη περιγραφή	Απαιτείται για την πιστοποίηση;
Ορισμός Αερισμός	Προσδιορισμός θερμικού αερισμού	Αερισμός στην περίπτωση ψύξης και εκτίμηση των ροών αέρα για φυσικό αερισμό κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου	Ναι
Καλοκαίρι	Εκτίμηση καλοκαιρινού κλίματος	Υπολογισμός της συχνότητας υπερθέρμανσης ως κριτήριο της θερμικής άνεσης κατά τη θερινή	Ναι
Ψύξη	Μηνιαία μέθοδος για απαίτηση ψύξης	Υπολογισμός ετήσιας ωφέλιμης απαίτησης ψύξης	αν υπάρχει
Μονάδες Ψύξης	Λαθόνουσα ενέργεια ψύξης	Υπολογισμός της απαίτησης ενέργειας για αφύγρανση και επιλογή μεθόδου ψύξης	αν υπάρχει
Φορτίο Ψύξης	Υπολογισμός φορτίου ψύξης κτιρίου	Υπολογισμός μέσω ημερήσιου φορτίου ψύξης του κτιρίου	Όχι
ZNX + Διανομή	Απώλειες δικτύων διανομής, απαίτηση ZNX και απώλειες	Υπολογισμός θερμικών απωλειών των συστημάτων διανομής (θέρμανση, ZNX), υπολογισμός ωφέλιμης απαίτησης θέρμανσης του ZNX και απώλειες δεξαμενής	Ναι
Ηλιακό ZNX	ZNX από ηλιοθερμικά συστήματα	Υπολογισμός της συνεισφοράς των ηλιοθερμικών συστημάτων για ZNX και για θέρμανση χώρου	αν χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πάνελ
Φωτοβολταϊκό	Παραγωγή ρεύματος από φωτοβολταϊκά	Υπολογισμός παραγωγής ρεύματος από σύστημα φωτοβολταϊκών στοιχείων	Όχι
Ρεύμα	Κατανάλωση ρεύματος για κατοικίες	Υπολογισμός κατανάλωσης ρεύματος Παθητικού Κτιρίου για χρήση κατοικίας	Ναι
Χρήση Κτιρίου (Τριτογ)	Προφίλ λειτουργίας κτιρίων τριτογενούς τομέα	Εισαγωγή ή επιλογή προφίλ λειτουργίας για σχεδιασμό της απαίτησης ρεύματος και εσωτερικών θερμικών κερδών	Όχι
Ρεύμα (Τριτογ)	Κατανάλωση ρεύματος για χρήση τριτογενούς τομέα	Υπολογισμός κατανάλωσης ρεύματος για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, κουζίνας για κτίρια τριτογενούς τομέα	Όχι
Βοηθητικό Ρεύμα	Κατανάλωση βοηθητικού ρεύματος	Υπολογισμός κατανάλωσης ρεύματος για βοηθητικά συστήματα και της αντίστοιχης πρωτογενούς ενέργειας	Ναι
ΕΟΚ	Εσωτερικά θερμικά κέρδη κατοικίας	Υπολογισμός εσωτερικών θερμικών κερδών σύμφωνα με τα φύλλα εργασίας Ρεύμα και Βοηθητικό Ρεύμα.	Όχι
ΕΟΚ (Τριτογ)	Εσωτερικά θερμικά κέρδη κτιρίων τριτογενούς τομέα	Υπολογισμός εσωτερικών θερμικών κερδών για κτίρια τριτογενούς τομέα σύμφωνα με το φύλλο εργασίας 'Ρεύμα (Τριτογ)' και του βαθμού χρήσης	Όχι
Πρωτογενής Ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές	Ειδική πρωτογενής ενέργεια και απαιτήσεις CO ₂	Επιλογή μονάδας παραγωγής θερμότητας, υπολογισμός της πρωτογενούς ενέργειας και ειδική απαίτηση CO ₂ από τα παρόντα αποτελέσματα	Ναι

Εικόνα 4.6: Επεξήγηση βασικών φύλλων εργασίας PHPP – Ελληνική έκδοση PHPP (Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου-eirak.org)

Επομένως, ο καθορισμός των κλιματικών δεδομένων στο PHPP, γίνεται στο φύλλο εργασίας **Κλίμα**, όπου ο χρήστης επιλέγει την χώρα και την περιοχή της οποίας τα **κλιματικά δεδομένα** θέλει να εφαρμοστούν, μέσω ενός drop-down list στο περιβάλλον του Excel. Εάν τα υπάρχοντα δεδομένα που προσφέρει το PHPP δεν καλύπτουν κάποια περιοχή, δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής των κλιματικών δεδομένων σε ειδικό πεδίο. Επισημαίνεται, ότι τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ληφθεί από την περιοχή του Ελληνικού.

Ταυτόχρονα, επειδή ο μετεωρολογικός σταθμός βάση του οποίου καταγράφονται οι θερμοκρασίες βρίσκεται σε υψόμετρο 15m, πρέπει να καθοριστεί το **υψόμετρο** πάνω από τη στάθμη της θάλασσας της τοποθεσίας του κτιρίου (απαιτείται μόνο αν είναι σημαντικό διαφορετικό από το ύψος του μετεωρολογικού σταθμού). Στην προκειμένη περίπτωση εισάγεται η τιμή 100m και οι θερμοκρασίες εμφανίζουν μια μικρή πτωτική τάση σε σχέση με αυτές που υπολογίζονται στον σταθμό.

Επιλογή κλιματικών δεδομένων

Χώρα: **GR**

Περιοχή: **Ολα**

Κλιματικά δεδομένα: **GR0002b-Athen**

Κλιματική ζώνη: **5: Θερμή**

Υψόμετρο

Μετεωρολογικός σταθμός: **15.0** m

Τοποθεσία κτιρίου: **100** m

Γεωγραφικό πλάτος ° **37.99**

Γεωγραφικό μήκος ° **23.79**

Για προσανατολισμό: πλησιέστερα κλιματικά δεδομένα που έχει οριστεί σε αυτό το αρχείο RHPP

Απόσταση km	Υψόμετρο[m]	Δεδομένα	
1	11	15	GR0002b-Athen
2	165	197	GR0001a-Volos
3	452	373	BG0009a-Blagoevgrad
4	464	183	BG0008a-Haskovo
5	470	171	BG0006a-Plodiv

Εικόνα 4.7: Επιλογή κλιματικών δεδομένων και υψομέτρου – Φύλλο εργασίας Κλίμα

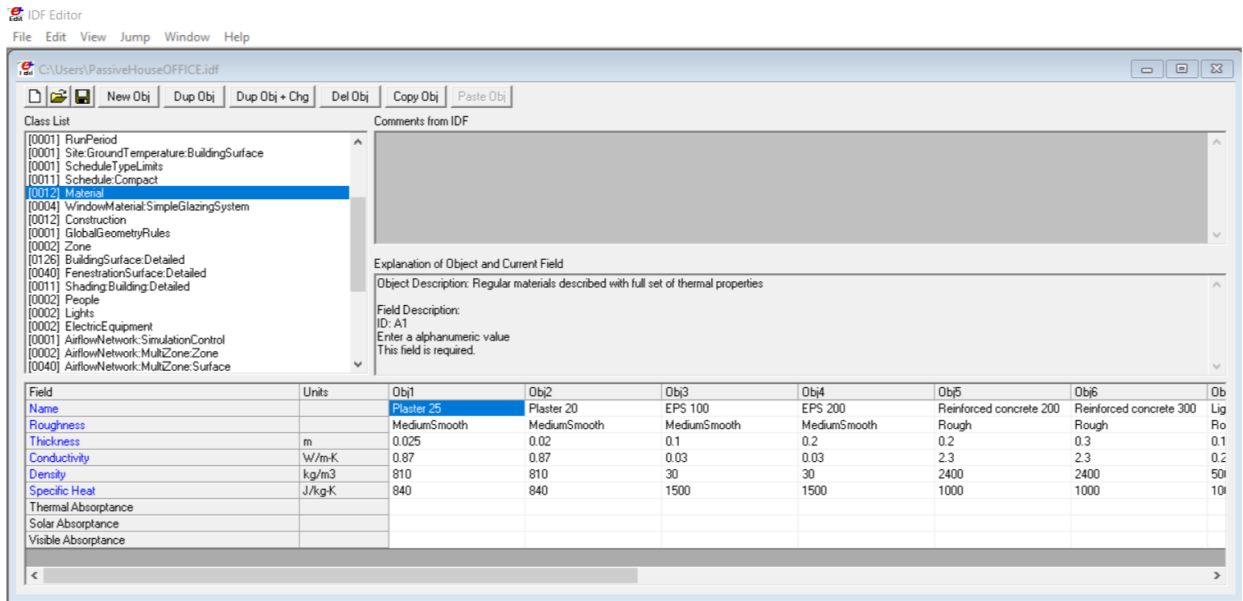
Μήνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ημέρες	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
GR0002b-Athen	Γεωγραφικό πλάτος *	37.9	Γεωγραφικό μήκος *	23.7	Υψόμετρο [m]	15	Ημερήσια θερμοκρασιακή μεταβολή Καλοκαιριού [K]				8.4		
° C	Εξωτερική θερμοκρασία	9.4	9.4	12.2	15.2	20.1	25.2	27.9	27.9	23.2	19.1	14.6	10.9
kWh/(m ² μηνος)	Ακτινοβολία Βορράς	16	20	29	36	46	51	49	39	30	26	18	15
kWh/(m ² μηνος)	Ακτινοβολία Ανατολή	45	44	79	98	115	121	129	123	86	65	46	33
kWh/(m ² μηνος)	Ακτινοβολία Νότος	106	88	120	105	92	84	91	112	120	114	112	85
kWh/(m ² μηνος)	Ακτινοβολία Δύση	43	48	79	95	115	119	124	121	92	64	54	39
kWh/(m ² μηνος)	Οριζόντια ακτινοβολία	66	76	132	168	206	224	232	210	153	106	75	53
° C	Θερμοκρασία σημείου δρόσου	4.7	4.3	6.4	8.4	11.5	14.3	15.7	15.6	14.7	12.5	10.0	6.4
° C	Θερμοκρασία ουρανού	-2.3	-1.7	0.1	2.2	6.5	10.4	12.6	11.1	10.5	8.1	3.9	0.0
° C	Θερμοκρασία εδάφους	17.6	16.8	16.7	17.2	19.9	21.2	22.4	23.2	23.3	22.8	20.2	18.8
	Σχόλιο:	Πηγή: Meteonorm V7 (Hellenic, new period). Δεδομένα φερτών από PH											

Εικόνα 4.8: Κλιματικά δεδομένα – Φύλλο εργασίας Κλίμα

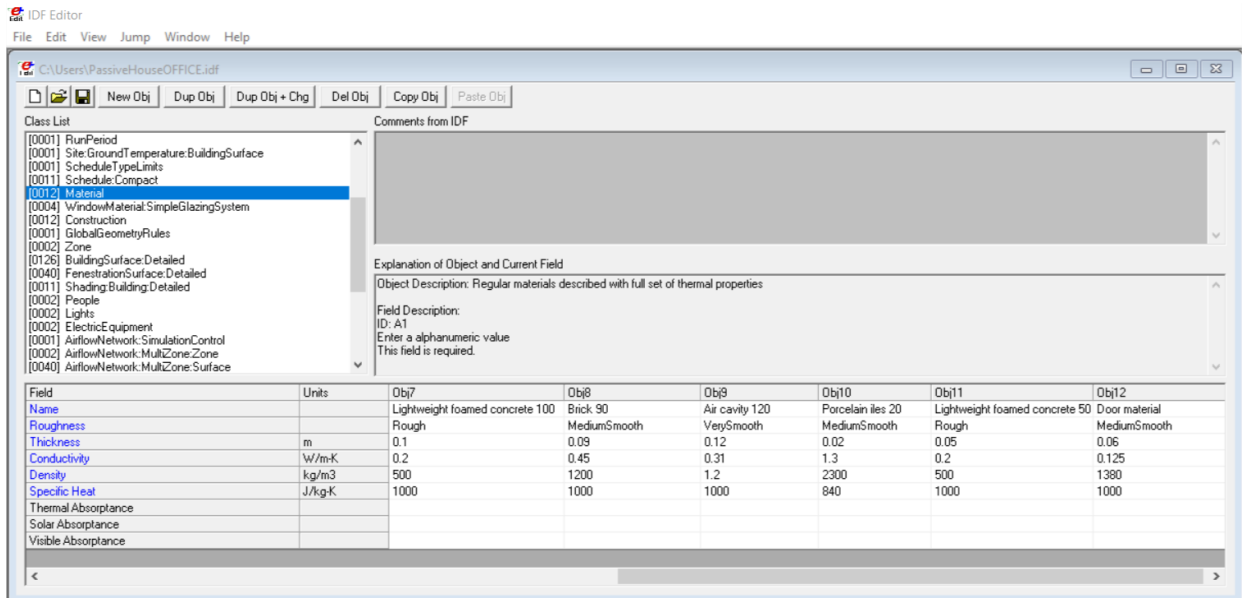
4.2 Συντελεστές θερμικής διαπερατότητας των δομικών στοιχείων – U_{values}

4.2.1 EnergyPlus – Material & Construction

Η εισαγωγή δεδομένων για τον υπολογισμό των τιμών U-values στο περιβάλλον του EnergyPlus πραγματοποιείται στις κλάσεις **Material** και **Construction**. Στην πρώτη κλάση, τοποθετούνται τα υλικά των στρώσεων και καθορίζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες τους (τραχύτητα, πάχος σε m, θερμική αγωγιμότητα λ σε W/mK, πυκνότητα σε kg/m³, ειδική θερμοχωρητικότητα σε J/kgK).



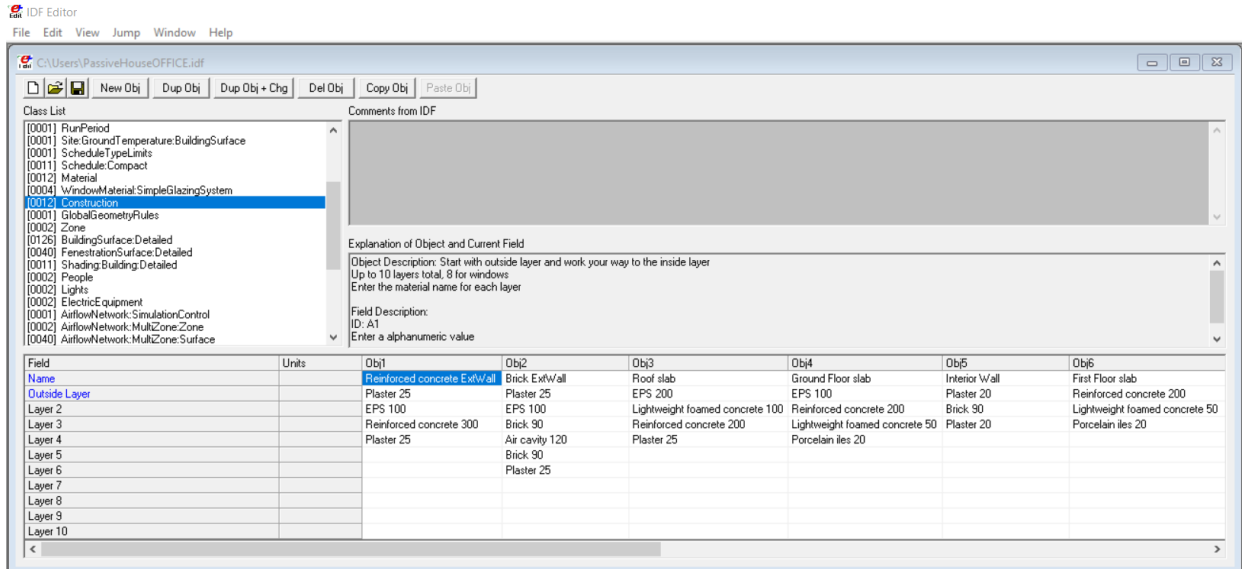
Εικόνα 4.9: Εισαγωγή δεδομένων για τα υλικά και τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες (Material) – IDF Editor



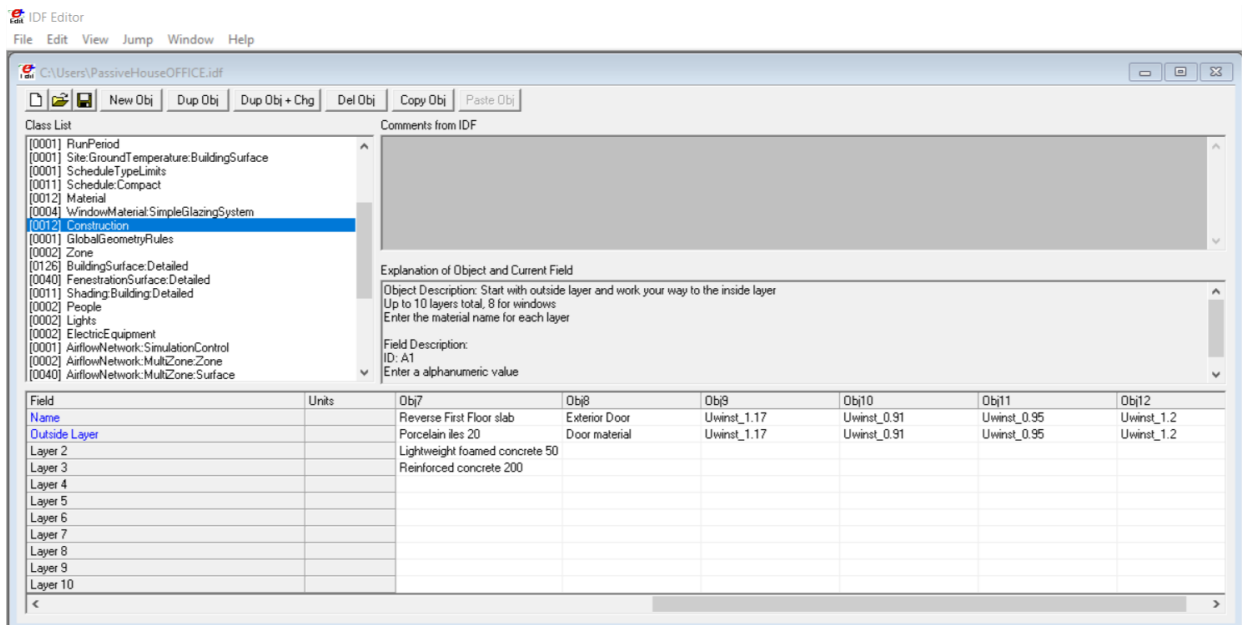
Εικόνα 4.10: Εισαγωγή δεδομένων για τα υλικά και τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες (Material) – IDF Editor

Στην κλάση **Construction** στη συνέχεια, δημιουργούνται δομικά στοιχεία-κατασκευές με επάλληλες στρώσεις από τα υλικά που εισήχθησαν στην κλάση **Material**. Η εισαγωγή των στρώσεων ξεκινάει από την εξωτερική προς την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Σημειώνεται, ότι για την ανάλυση μέσω του EnergyPlus δημιουργούνται κάποιες επιπλέον κατασκευές για να περιγράψουν τους εσωτερικούς τοίχους (Interior Wall) και την πλάκα

ισογείου (First Floor slab, Reverse First Floor slab). Αυτό, δεν συμβαίνει στο PHPP, αφού μέσω του DesignPH δεν σχεδιάζονται οι εσωτερικές επιφάνειες, αλλά μόνο το θερμικό κέλυφος.



Εικόνα 4.11: Καθορισμός κατασκευών-δομικών στοιχείων (Construction) – IDF Editor



Εικόνα 4.12: Καθορισμός κατασκευών-δομικών στοιχείων (Construction) – IDF Editor

Τα αντικείμενα (**Objects**) από το Obj9 έως και το Obj12 αφορούν δεδομένα για τα κουφώματα που περιγράφονται αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο. Όπως είναι φανερό, η τιμή U-value δεν εμφανίζεται σε κάποιο σημείο υπολογισμένη, πράγμα το οποίο δυσχεραίνει τον εντοπισμό λαθών και την επεξεργασία. Αντίθετα, στο PHPP ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αλλάζει πάχη και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας στα υλικά και να παρατηρεί άμεσα την επίδραση

των αλλαγών στην τιμή U-value και κατά επέκταση στον ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, όπως φαίνεται στην αμέσως επόμενη ενότητα.

4.2.2 PHPP – Φύλλο εργασίας U-values

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμικής διαπερατότητας (θερμοπερατότητας) U-values των διάφορων κατασκευαστικών στοιχείων του κτιρίου ακολουθεί το πρότυπο ISO 6946 [30]. Η τιμή αυτή για μια κατασκευή που αποτελείται από επάλληλες στρώσεις υλικών πάχους d και θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK], προκύπτει σε [W/m²K] από την εξής σχέση:

$$U_{\text{value}} = \frac{1}{R_{\text{si}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{\text{se}}} = \frac{1}{R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\text{se}}}$$

Όπου,

R_{si} και **R_{se}** [m²K/W]: εκφράζουν την αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εσωτερική και την εξωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου αντίστοιχα

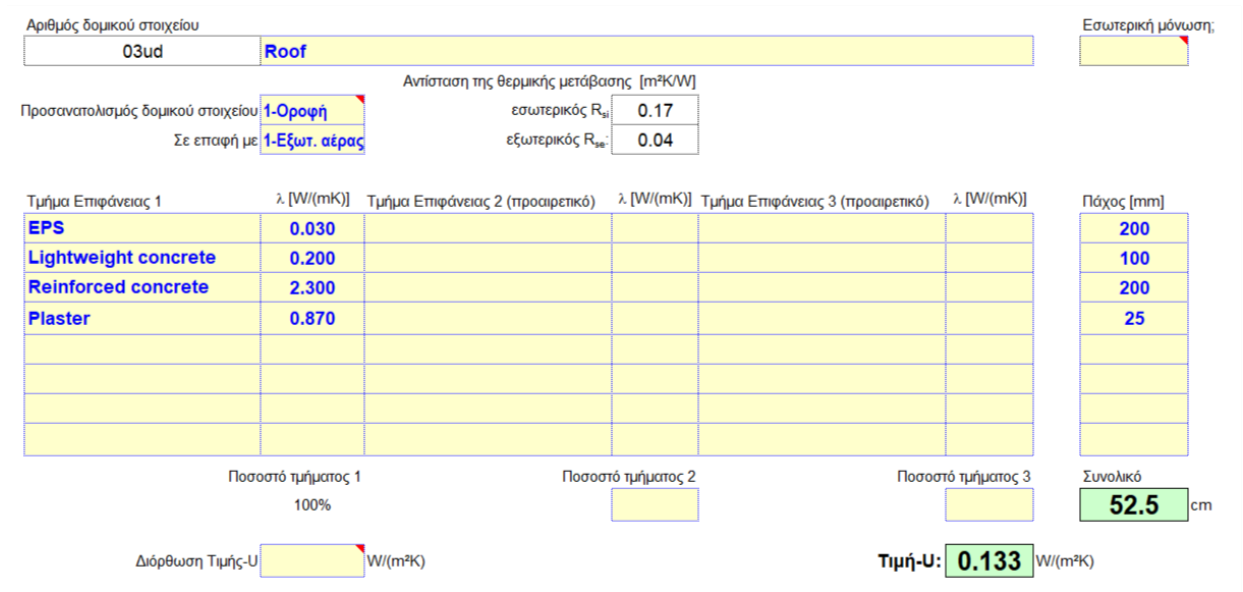
Ο υπολογισμός των U-values κάθε δομικού στοιχείου-κατασκευής πραγματοποιείται και εμφανίζεται ως αποτέλεσμα στο φύλλο εργασίας U-values του PHPP. Για κάθε δομικό στοιχείο-κατασκευή καθορίζεται από τον χρήστη ο προσανατολισμός, δηλαδή εάν πρόκειται για **Τοίχο**, **Οροφή** ή **Δάπεδο** και το είδος του στοιχείου με το οποίο βρίσκεται σε επαφή, δηλαδή **εξωτερικό αέρα**, **έδαφος** ή **αεριζόμενο χώρο**. Αυτά τα δεδομένα, συνεισφέρουν στον υπολογισμό της αντίστασης στην ροή θερμότητας για την εσωτερική και εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου **R_{si}** και **R_{se}**. Επιπρόσθετα, εισάγεται η θερμική αγωγιμότητα λ και το πάχος του κάθε υλικού. Το υλικό μόνωσης (EPS) τοποθετείται εξωτερικά και διαθέτει χαμηλό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας ($\lambda=0,03$ W/mK), ενώ το πάχος της μόνωσης που επιλέγεται είναι κατάλληλο για Παθητικό κτίριο σε Θερμό-Εύκρατο κλίμα. Στην οροφή προτιμάται, ελαφρώς μεγαλύτερο πάχος μόνωσης από ότι στο υπόλοιπο θερμικό φάκελο, αφού η οροφή είναι περισσότερο εκτεθειμένη. Έτσι, για τα τέσσερα είδη δομικών στοιχείων προκύπτουν στο περιβάλλον του PHPP οι εξής συντελεστές θερμικής διαπερατότητας σε [W/m²K]:

Αριθμός δομικού στοιχείου	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Εσωτερική μόνωση:			
01ud	Reinforced concrete wall				
Αντίσταση της θερμικής μετάβασης [m ² K/W]					
Προσανατολισμός δομικού στοιχείου	2-Τοίχος	εσωτερικός R _{si}	0.13		
Σε επαφή με	1-Εξωτ. αέρας	εξωτερικός R _{se}	0.04		
Τμήμα Επιφάνειας 1	λ [W/(mK)]	Τμήμα Επιφάνειας 2 (προαιρετικό)	λ [W/(mK)]	Τμήμα Επιφάνειας 3 (προαιρετικό)	λ [W/(mK)]
Plaster	0.870				
EPS	0.030				
Reinforced concrete	2.300				
Plaster	0.870				
Ποσοστό τμήματος 1		Ποσοστό τμήματος 2		Ποσοστό τμήματος 3	
100%					
Διόρθωση Τιμής-U		Τιμή-U: 0.271 W/(m ² K)			
		W/(m ² K)			

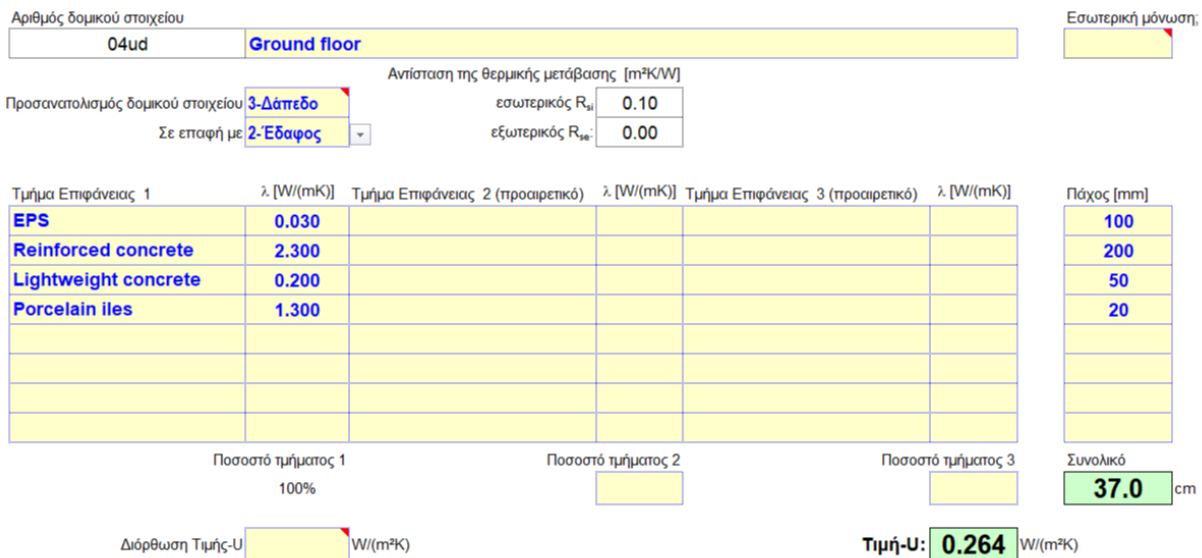
Εικόνα 4.13: Υπολογισμός U-value για τοίχοποιία (δοκάρια-κολώνες) από οπλισμένο σκυρόδεμα – RHPP

Αριθμός δομικού στοιχείου.	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Εσωτερική μόνωση:			
02ud	Brick wall				
Αντίσταση της θερμικής μετάβασης [m ² K/W]					
Προσανατολισμός δομικού στοιχείου	2-Τοίχος	εσωτερικός R _{si}	0.13		
Σε επαφή με	1-Εξωτ. αέρας	εξωτερικός R _{se}	0.04		
Τμήμα Επιφάνειας 1	λ [W/(mK)]	Τμήμα Επιφάνειας 2 (προαιρετικό)	λ [W/(mK)]	Τμήμα Επιφάνειας 3 (προαιρετικό)	λ [W/(mK)]
Plaster	0.870				
EPS	0.030				
Brick	0.450				
Air cavity	0.310				
Brick	0.450				
Plaster	0.870				
Ποσοστό τμήματος 1		Ποσοστό τμήματος 2		Ποσοστό τμήματος 3	
100%					
Διόρθωση Τιμής-U		Τιμή-U: 0.230 W/(m ² K)			
		W/(m ² K)			

Εικόνα 4.14: Υπολογισμός U-value για τοίχοποιία από τούβλο – RHPP



Εικόνα 4.15: Υπολογισμός U-value για την κατασκευή της οροφής – PHPP



Εικόνα 4.16: Υπολογισμός U-value για την εδαφόπλακα – PHPP

Οι συντελεστές αυτοί θα αντιστοιχιστούν στις κατάλληλες επιφάνειες του θερμικού φακέλου στο φύλλο εργασίας **Επιφάνειες (Areas)**.

4.3 Περιγραφή των επιφανειών του Παθητικού κτιρίου γραφείων

4.3.1 EnergyPlus – Building Surface: Detailed

Σε αυτήν την κλάση, περιγράφονται λεπτομερώς όλες οι επιφάνειες του κτηρίου (δάπεδα, οροφές, εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι) ενώ δεν συμπεριλαμβάνονται σκίαστρα, παράθυρα και πόρτες.

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouse\OFFICE.idf

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include subsurfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obt1	Obt2	Obt3	Obt4	Obt5	Obt6	Obt7	Obt8	Obt9	Obt10	Obt11	Obt12
Name		InteriorSurface_01	InteriorSurface_10	InteriorSurface_11	InteriorSurface_12	InteriorSurface_13	InteriorSurface_14	InteriorSurface_15	InteriorSurface_16	InteriorSurface_17	InteriorSurface_18	InteriorSurface_19	InteriorSurface_20
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall
Zone Name		Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio
Outside Boundary Condition		Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic
Outside Boundary Condition Object													
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground													
Number of Vertices													
Vertex 1 X-coordinate	m	6.0750000E+00	4.075	2.6645352E-15	4.075	6.075	6.075	6.0750000E+00	12.15	6.0750000E+00	6.0750000E+00	1.2150000E+01	6.07
Vertex 1 Y-coordinate	m	15.68	5	5	5	5	4.33146852E-15	5	5	5	5	10.68	10.6
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	6.0750000E+00	4.075	2.6645352E-15	4.075	6.075	6.075	6.0750000E+00	12.15	6.0750000E+00	6.0750000E+00	1.2150000E+01	6.07
Vertex 2 Y-coordinate	m	15.68	5	5	5	5	4.33146852E-15	5	5	5	5	10.68	10.6
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	-9.98308731E-31	0	0	1.03188907E-28	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	6.0750000E+00	4.075	4.075	-4.33146852E-15	4.075	6.075	6.0750000E+00	6.0750000E+00	1.2150000E+01	6.0750000E+00	6.0750000E+00	12.1
Vertex 3 Y-coordinate	m	10.68	7.84	5	5	5	5	-3.55271368E-15	5	5	5	10.68	10.6
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	6.0750000E+00	4.075	4.075	-4.33146852E-15	4.075	6.075	6.0750000E+00	6.0750000E+00	1.2150000E+01	6.0750000E+00	6.0750000E+00	12.1
Vertex 4 Y-coordinate	m	10.68	7.84	5	5	5	5	-3.55271368E-15	5	5	5	10.68	10.6
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 5 X-coordinate	m												
Vertex 5 Y-coordinate	m												
Vertex 5 Z-coordinate	m												

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouse\OFFICE.idf

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include subsurfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obt12	Obt13	Obt14	Obt15	Obt16	Obt17	Obt18	Obt19	Obt20	Obt21	Obt22	Obt23
Name		InteriorSurface_02	InteriorSurface_20	InteriorSurface_21	InteriorSurface_22	InteriorSurface_23	InteriorSurface_24	InteriorSurface_3	InteriorSurface_4	InteriorSurface_5	InteriorSurface_6	InteriorSurface_7	InteriorSurface_8
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall
Zone Name		Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio	Isogio
Outside Boundary Condition		Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic
Outside Boundary Condition Object													
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground													
Number of Vertices													
Vertex 1 X-coordinate	m	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.0750000E+00	-6.30606678E-14	4.0750000E+00	4.0750000E+00	-4.3E
Vertex 1 Y-coordinate	m	10.68	10.68	10.68	7.84	5	5	10.68	10.68	10.68	1.0680000E+01	7.8400000E+00	7.84
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.0750000E+00	-6.30606678E-14	4.0750000E+00	4.0750000E+00	-4.3E
Vertex 2 Y-coordinate	m	10.68	10.68	10.68	7.84	5	5	10.68	10.68	10.68	1.0680000E+01	7.8400000E+00	7.84
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	-3.65216259E-63	0	0	3.33536919E-95	-1.91789783E-64	0	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	12.15	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.35207426E-14	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.07
Vertex 3 Y-coordinate	m	10.68	10.68	7.84	5	5	10.68	10.68	10.68	1.0680000E+01	1.0680000E+01	1.0680000E+01	7.84
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	-1.21193189E-64	-4.56520323E-63	0	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	12.15	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	6.0750000E+00	4.35207426E-14	4.0750000E+00	4.0750000E+00	4.07
Vertex 4 Y-coordinate	m	10.68	10.68	7.84	5	5	10.68	10.68	10.68	1.0680000E+01	1.0680000E+01	1.0680000E+01	7.84
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 5 X-coordinate	m												
Vertex 5 Y-coordinate	m												
Vertex 5 Z-coordinate	m												

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27	Obj28	Obj29	Obj30	Obj31	Obj32	Obj33	Obj34
Name		InteriorSurface_0_8	InteriorSurface_0_9	IsogeoFloor1	IsogeoFloor2	IsogeoFloor3	IsogeoFloor4	IsogeoFloor5	IsogeoFloor6	IsogeoFloor7	IsogeoFloor8	Surface_E12	Surf_
Surface Type		Wall	Wall	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Ceiling	Wall	Wall
Construction Name		Interior Wall	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reverse First Floor	Reinforced concrete	Rein
Zone Name		Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo
Outside Boundary Condition		Adiabatic	Adiabatic	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Outc
Outside Boundary Condition Object		1stFloor1	1stFloor2	1stFloor3	1stFloor4	1stFloor5	1stFloor6	1stFloor7	1stFloor8	1stFloor9	1stFloor0	1stFloor0	1stFloor0
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	SunE
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	WindE
View Factor to Ground													
Number of Vertices													
Vertex 1 X-coordinate	m	4.35207426E-14	4.075	12.15	6.07500000E+00	4.075	6.07500000E+00	6.075	12.15	1.21500000E+01	12.15	12.1	12.1
Vertex 1 Y-coordinate	m	7.84000000E+00	7.84	10.68	10.68	10.68	7.84000000E+00	5	5	4.33146682E-15	-3.95271368E-15	5	5
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	4.35207426E-14	4.075	12.15	6.07500000E+00	4.075	6.07500000E+00	6.075	12.15	1.21500000E+01	12.15	12.1	12.1
Vertex 2 Y-coordinate	m	7.84000000E+00	7.84	15.68	15.68	1.06800000E+01	7.84	10.68	5	5	10.68	-3.95271368E-15	5.00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 3 X-coordinate	m	4.07500000E+00	2.66453526E-15	6.07500000E+00	-6.3606678E-14	-4.35207426E-14	2.66453526E-15	4.07500000E+00	4.33146682E-15	6.07500000E+00	6.07500000E+00	1.21500000E+01	12.1
Vertex 3 Y-coordinate	m	7.84000000E+00	7.84	15.68	15.68	1.06800000E+01	7.84	10.68	5	5	10.68	5	7.69
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5.63108418E-28	3
Vertex 4 X-coordinate	m	4.07500000E+00	2.66453526E-15	6.07500000E+00	-6.3606678E-14	-4.35207426E-14	2.66453526E-15	4.07500000E+00	0	6.07500000E+00	6.07500000E+00	1.21500000E+01	12.1
Vertex 4 Y-coordinate	m	7.84000000E+00	7.84	10.68	10.68	7.84000000E+00	5	5	0	-3.95271368E-15	5	5	7.69
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.2	0.2
Vertex 5 X-coordinate	m											12.15	12.1
Vertex 5 Y-coordinate	m											12.15	12.1

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj34	Obj35	Obj36	Obj37	Obj38	Obj39	Obj40	Obj41	Obj42	Obj43	Obj44	Obj45	Obj46	Obj47	Obj48	Obj49	Obj50
Name		Surface_E13	Surface_E14	Surface_E5	Surface_E6	Surface_E7	Surface_E8	Surface_F1	Surface_F2	Surface_F3	Surface_F4	Surface_F5	Surface_F6	Surface_F7	Surface_F8	Surface_N3	Surface_N4	Surface_N
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Floor	Floor	Floor	Floor	Floor	Floor	Floor	Floor	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Reinforced c	Reinforced c	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Ground Floor	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Reinforcec
Zone Name		Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo	Isogeo
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Ground	Ground	Ground	Ground	Ground	Ground	Ground	Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object																		
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExpos
Wind Exposure		WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExpose	WindExpose	WindExpo
View Factor to Ground																		
Number of Vertices																		
Vertex 1 X-coordinate	m	12.15	12.15	1.2150E+01	12.15	12.15	12.15	12.15	6.0750E+00	4.0750E+00	4.075	6.0750E+00	6.075	12.15	1.2150E+01	11.85	5.9250E+00	12.15
Vertex 1 Y-coordinate	m	5	10.68	3.0000E-01	5.0000E+00	7.9900E+00	10.68	15.68	15.68	1.0680E+01	7.84	10.68	5	5	10.68	15.68	15.68	15.68
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3	3	3	3	0	-3.9562E-29	0	0	-2.7634E-63	-2.4958E-31	0	0	3	3	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	6.0750E+00	4.0750E+00	4.075	6.0750E+00	6.075	12.15	1.2150E+01	11.85	5.9250E+00	12.15
Vertex 2 Y-coordinate	m	5.0000E+00	10.68	3.0000E-01	5.0000E+00	7.9900E+00	10.68	10.68	10.68	7.8400E+00	5	5	4.3315E-15	-3.9527E-15	5	15.68	15.68	15.68
Vertex 2 Z-coordinate	m	3	3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	4.5416E-29	0	0	-1.0039E-63	-7.4873E-31	0	0	0.2	0.2	1.3247E-2
Vertex 3 X-coordinate	m	12.15	12.15	1.2150E+01	12.15	12.15	12.15	6.0750E+00	-5.3291E-14	4.3521E-14	2.6645E-15	4.0750E+00	-2.0507E-62	6.0750E+00	6.0750E+00	6.2250E+00	3.0000E-01	6.0750E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	7.6900E+00	15.38	5	7.6900E+00	10.68	15.38	10.68	10.68	7.8400E+00	5	5	2.4916E-62	-3.9527E-15	5	15.68	15.68	15.68
Vertex 3 Z-coordinate	m	3	3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	1.8293E-29	0	0	8.0274E-64	-2.4958E-31	0	0.2	0.2	3.1441E-2	
Vertex 4 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	6.0750E+00	-4.2633E-14	4.3521E-14	2.6645E-15	4.0750E+00	-4.3315E-15	6.0750E+00	6.0750E+00	6.2250E+00	3.0000E-01	6.0750E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	7.6900E+00	15.38	5	7.6900E+00	10.68	15.38	15.68	15.68	1.0680E+01	7.84	10.68	5	5	10.68	15.68	15.68	15.68
Vertex 4 Z-coordinate	m	0.2	0.2	3	3	3	3	0	-6.6686E-29	0	0	-8.8274E-64	2.4958E-31	0	0	3	3	3.5
Vertex 5 X-coordinate	m	12.15	12.15															
Vertex 5 Y-coordinate	m																	

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj61	Obj62	Obj63	Obj64	Obj65	Obj66	Obj67	Obj68	Obj69	Obj70	Obj71	Obj72	Obj73	Obj74	Obj75	Obj76	Obj77	Obj78	Obj79	Obj80	Obj81	Obj82	Obj83	Obj84	
Name		Surface_S1	Surface_S2	Surface_S3	Surface_S4	Surface_S5	Surface_S6	Surface_S7	Surface_S8	Surface_S9	Surface_W1	Surface_W1	Surface_W1	Surface_W1	Surface_W5	Surface_W6	Surface_W6	Surface_W6	Surface_W6	Surface_W6	Surface_W6	Surface_W6	1stFloor	1stFloor	1stFloor	1stFloor
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Reinforced c	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Reinforced c	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal	Brick ExtWal
Zone Name		ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo	ISOgeo
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	WindExpose	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground																										
Number of Vertices																										
Vertex 1 X-coordinate	m	6.0750E+00	3.0000E-01	6.2290E+00	-1.5160E-14	6.0750E+00	6.3861E-14	5.3291E-14	-3.2895E-14	-2.2758E-14	5.3291E-14	6.3861E-14	-7.4760E-14	-4.1871E-14	12.15	6.0750E+00	4.075	4.0750E+00								
Vertex 1 Y-coordinate	m	15.68	2.8876E-15	-3.0411E-16	-3.3433E-30	-3.9527E-15	15.68	1.0680E+01	7.84	5	15.38	10.68	7.6900E+00	5	15.68	15.68	10.68	7.84								
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	3	3	0	0	0								
Vertex 2 X-coordinate	m	6.0750E+00	3.0000E-01	6.225	-1.0829E-14	6.0750E+00	4.2633E-14	5.3291E-14	-3.4977E-14	-2.2232E-14	-3.2863E-14	5.3291E-14	-7.0790E-14	-3.1042E-14	12.15	6.0750E+00	4.075	4.0750E+00								
Vertex 2 Y-coordinate	m	15.68	2.8876E-15	1.8616E-15	-4.3941E-31	-3.9527E-15	15.68	10.68	7.84	5	15.38	1.0680E+01	7.6900E+00	5	15.68	10.68	7.84									
Vertex 2 Z-coordinate	m	1.0887E-30	0.2	0.2	-1.1954E-29	0	-2.7125E-28	3	1.0564E-29	3	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0									
Vertex 3 X-coordinate	m	4.2633E-14	5.925	11.65	6.075	12.15	5.3291E-14	-4.3521E-14	-1.0533E-14	-1.4775E-14	-4.2633E-14	-4.3521E-14	-3.0724E-14	-2.1657E-14	6.0750E+00	6.2172E-15	4.4409E-15	-1.5099E-1								
Vertex 3 Y-coordinate	m	15.68	4.3315E-15	5.4712E-15	4.3315E-15	-3.9527E-15	10.68	7.9900E+00	5	0.3	1.0680E+01	7.9900E+00	5	0.3	10.68	10.68	7.84									
Vertex 3 Z-coordinate	m	-1.0734E-28	0.2	0.2	-9.9831E-31	-2.9248E-28	9.0234E-29	3	5.3863E-30	3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0									
Vertex 4 X-coordinate	m	6.3061E-14	5.9250E+00	1.1890E+01	6.075	12.15	-5.3291E-14	-4.3521E-14	-1.6472E-14	-1.1784E-14	-7.2831E-14	-4.3521E-14	-3.2489E-14	-3.2489E-14	6.0750E+00	6.2172E-15	4.4409E-15	-1.5099E-1								
Vertex 4 Y-coordinate	m	15.68	4.3315E-15	3.3054E-15	4.3315E-15	-3.9527E-15	1.0680E+01	7.9900E+00	5	0.3	10.68	7.9900E+00	5	0.3	15.68	15.68	10.68	7.84								
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3	3	3.5	3.5	0.2	0.2	0.2	0.2	3	3	3	3	0	0	0									
Vertex 5 X-coordinate	m																									
Vertex 5 Y-coordinate	m																									
Vertex 5 Z-coordinate	m																									

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj68	Obj69	Obj70	Obj71	Obj72	Obj73	Obj74	Obj75	Obj76	Obj77	Obj78	Obj79	Obj80	Obj81	Obj82	Obj83	Obj84
Name		1stFloor5	1stFloor6	1stFloor7	1stFloor8	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface
Surface Type		Floor	Floor	Floor	Floor	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		First Floor sla	First Floor sla	First Floor sla	First Floor sla	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall
Zone Name		Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois	Pwtois
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Surface	Surface	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic
Outside Boundary Condition Object		ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof	ISOgeoRoof
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground																		
Number of Vertices																		
Vertex 1 X-coordinate	m	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	12.15	6.0750E+00	4.0750E+00	-1.5099E-14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	1.0680E+01	5	5	10.68	15.68	5.0000E+00	5.0000E+00	5	5	-3.9527E-15	5	5	5.0000E+00	10.68	10.68	10.68	1.0680E+01
Vertex 1 Z-coordinate	m	1.8281E-64	0	0	0	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	12.15	6.0750E+00	4.0750E+00	-1.5099E-14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	5.0000E+00	-3.9527E-15	-3.9527E-15	5.0000E+00	15.68	5.0000E+00	5.0000E+00	5	5	-3.9527E-15	5	5	5.0000E+00	10.68	10.68	10.68	1.0680E+01
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3241E-9
Vertex 3 X-coordinate	m	4.0750E+00	2.9310E-14	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	4.0750E+00	2.9310E-14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	4.0750E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	5.0000E+00	-3.9527E-15	-3.9527E-15	5.0000E+00	10.68	7.84	5.0000E+00	5	5	-3.9527E-15	5	5.0000E+00	5.0000E+00	10.68	10.68	1.0680E+01	
Vertex 3 Z-coordinate	m	1.8281E-64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3125E-6
Vertex 4 X-coordinate	m	4.0750E+00	2.9310E-14	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	4.0750E+00	2.9310E-14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00	6.0750E+00	12.15	4.0750E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	1.0680E+01	5	5	10.68	10.68	7.84	5.0000E+00	5	5	-3.9527E-15	5	5.0000E+00	5.0000E+00	10.68	10.68	1.0680E+01	
Vertex 4 Z-coordinate	m	5.4844E-64	0	0	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 5 X-coordinate	m																	
Vertex 5 Y-coordinate	m																	
Vertex 5 Z-coordinate	m																	

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj85	Obj86	Obj87	Obj88	Obj89	Obj90	Obj91	Obj92	Obj93	Obj94	Obj95	Obj96	Obj97	Obj98	Obj99	Obj100	Obj101
Name		InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface	InteriorSurface
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall
Zone Name		Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos
Outside Boundary Condition		Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic	Adiabatic
Outside Boundary Condition Object																		
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground																		
Number of Vertices																		
Vertex 1 X-coordinate	m	4.0750E+00	4.0750E+00	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	6.2172E-15	4.075	4.075	4.4409E-15	4.0750E+00	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15
Vertex 1 Y-coordinate	m	1.0680E+01	7.9400E+00	5.0000E+00	5.0000E+00	10.68	10.68	10.68	7.84	7.84	7.84	3.0000E-01	5.0000E+00	10.68	5.0000E+00	7.9900E+00	10.68	10.68
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	4.0750E+00	4.0750E+00	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	6.2172E-15	4.075	4.075	4.4409E-15	4.0750E+00	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15
Vertex 2 Y-coordinate	m	1.0680E+01	7.9400E+00	5.0000E+00	5.0000E+00	10.68	10.68	10.68	7.84	7.84	7.84	3.0000E-01	5.0000E+00	10.68	5.0000E+00	7.9900E+00	10.68	10.68
Vertex 2 Z-coordinate	m	6.7065E-04	-1.8261E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8461E-28	3	3	6.5718E-28	4.6957E-28	-3.4605E-28	3
Vertex 3 X-coordinate	m	4.0750E+00	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	4.4409E-15	4.075	4.075	-1.5099E-14	4.0750E+00	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15
Vertex 3 Y-coordinate	m	7.8400E+00	5.0000E+00	5.0000E+00	1.0680E+01	15.68	10.68	10.68	7.84	7.84	5	7.8900E+00	15.38	7.6900E+00	10.68	15.38	15.38	15.38
Vertex 3 Z-coordinate	m	-2.7391E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	-4.8433E-28	3	3	6.5718E-28	-4.7286E-28	-3.4605E-28	3	
Vertex 4 X-coordinate	m	4.0750E+00	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	4.0750E+00	4.4409E-15	4.075	4.075	-1.5099E-14	4.0750E+00	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15
Vertex 4 Y-coordinate	m	7.8400E+00	5.0000E+00	5.0000E+00	1.0680E+01	15.68	10.68	10.68	10.68	7.84	7.84	5.0000E+00	7.6900E+00	15.38	7.6900E+00	10.68	15.38	15.38
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	-1.7195E-28	5.3796E-28	3	3	
Vertex 5 X-coordinate	m																	
Vertex 5 Y-coordinate	m																	
Vertex 5 Z-coordinate	m																	

IDF Editor

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

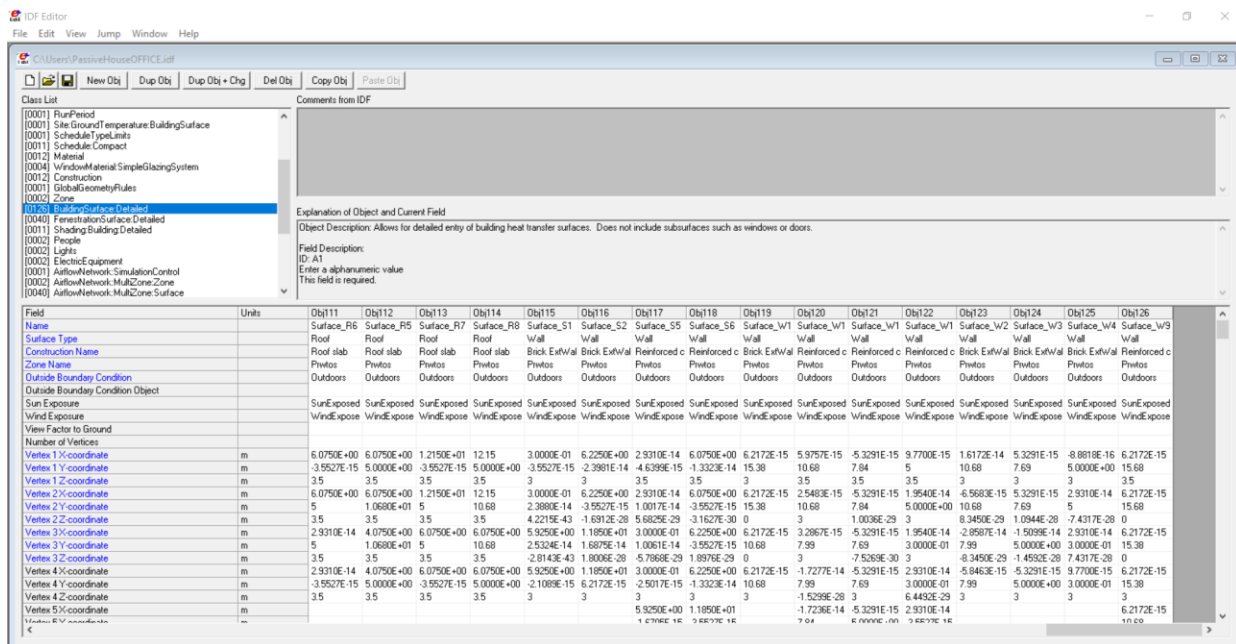
Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include sub-surfaces such as windows or doors.

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj102	Obj103	Obj104	Obj105	Obj106	Obj107	Obj108	Obj109	Obj110	Obj111	Obj112	Obj113	Obj114	Obj115	Obj116	Obj117	Obj118
Name		Surface_ES	Surface_N1	Surface_N2	Surface_N5	Surface_N6	Surface_R1	Surface_R2	Surface_R3	Surface_R4	Surface_R6	Surface_R5	Surface_R7	Surface_R8	Surface_S1	Surface_S2	Surface_S5	Surface_S
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof	Roof
Construction Name		Brick Ext/Wal	Brick Ext/Wal	Brick Ext/Wal	Reinforced c	Reinforced c	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Roof slab	Brick Ext/Wal	Brick Ext/Wal	Reinforced c	Reinforced c
Zone Name		Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos	Pwtoos
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object																		
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure	WindExposure
View Factor to Ground																		
Number of Vertices																		
Vertex 1 X-coordinate	m	1.2150E+01	11.85	5.9250E+00	12.15	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00	4.075	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	12.15	3.0000E-01	6.2250E+00	2.9310E+14	6.0750E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	-3.5527E-15	15.68	15.68	15.68	15.68	10.68	10.68	7.84	5.0000E+00	-3.5527E-15	5.0000E+00	-3.5527E-15	5.0000E+00	3.5527E-15	-2.9811E-14	-4.6399E-15	-1.3323E-1
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vertex 2 X-coordinate	m	12.15	11.85	5.9250E+00	12.15	6.0750E+00	12.15	6.0750E+00	4.075	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	1.2150E+01	12.15	3.0000E-01	6.2250E+00	2.9310E+14	6.0750E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	-3.5527E-15	15.68	15.68	15.68	15.68	10.68	10.68	7.84	5	1.0680E+01	5	10.68	2.3880E-14	-3.9527E-15	1.0017E+14	-3.9527E-1	
Vertex 2 Z-coordinate	m	1.1371E-28	-3.2531E-45	0	-1.4729E-29	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.2215E-43	-1.6912E-28	5.6829E-29	-3.1627E-2
Vertex 3 X-coordinate	m	12.15	6.2250E+00	3.0000E-01	11.85	5.9250E+00	6.0750E+00	6.2172E-15	4.4409E-15	-1.5099E-14	2.9310E+14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	5.9250E+00	1.1850E+01	3.0000E-01	6.2250E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	3.0000E-01	15.68	15.68	15.68	15.68	10.68	10.68	7.84	5	1.0680E+01	5	10.68	2.5324E-14	1.6879E-14	1.0061E+14	-3.9527E-1	
Vertex 3 Z-coordinate	m	-1.8152E-28	3.2531E-45	0	5.6295E-30	0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.8143E-43	1.8006E-28	-5.7868E-29	1.8976E-2
Vertex 4 X-coordinate	m	1.2150E+01	6.2250E+00	3.0000E-01	11.85	5.9250E+00	6.0750E+00	6.2172E-15	4.4409E-15	-1.5099E-14	2.9310E+14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	5.9250E+00	1.1850E+01	3.0000E-01	6.2250E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	3.0000E-01	15.68	15.68	15.68	15.68	10.68	10.68	7.84	5.0000E+00	-3.5527E-15	5.0000E+00	-3.5527E-15	5.0000E+00	2.1089E+15	6.2172E-15	-2.5017E-15	-1.3323E-1
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3.0000E+00	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m	12.15	6.2250E+00	3.0000E-01	11.85	5.9250E+00	6.0750E+00	6.2172E-15	4.4409E-15	-1.5099E-14	2.9310E+14	4.0750E+00	6.0750E+00	6.0750E+00	5.9250E+00	1.1850E+01	3.0000E-01	6.2250E+00
Vertex 5 Y-coordinate	m																	
Vertex 5 Z-coordinate	m																	



Εικόνα 4.17: Λεπτομερής περιγραφή επιφανειών (Building Surface: Detailed) – IDF Editor

4.3.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Επιφάνειες (Areas)

Για την ανάλυση στο ΡΗΡΡ λαμβάνονται υπόψη μόνο οι επιφάνειες του θερμικού φακέλου του κτιρίου, δηλαδή οι εξωτερικές επιφάνειές του, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί προηγουμένως μέσω του σχεδιαστικού εργαλείου DesignPH. Καθοριστικό ρόλο στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, η οποία επιδιώκεται να είναι ίδια σε όλους τους χώρους, και επομένως στις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του Παθητικού κτιρίου, διαδραματίζουν η μόνωση, η αεροστεγανότητα, τα κουφώματα, η κατάλληλη σκίαση, η εξάλειψη των θερμογεφυρών του περιβλήματος (κελύφους) του κτιρίου, οπότε οποιοσδήποτε εσωτερικές επιφάνειες, τοίχοι και ψευδοροφές παραλείπονται, αφού επιδιώκουν ελάχιστα έως καθόλου στην εσωτερική θερμοκρασία. Σε ένα μη επαρκώς μονωμένο κτήριο με ακατάλληλα κουφώματα και κακή αεροστεγανότητα, η θερμοκρασία δεν είναι σταθερή σε όλους τους χώρους, αλλά παρατηρούνται διακυμάνσεις, για παράδειγμα από το νότιο (θερμότερο) τμήμα του προς το βόρειο (ψυχρότερο) τμήμα του, οι οποίες οφείλονται και στα εσωτερικά δομικά στοιχεία που έχουν την δυνατότητα να απορροφούν και να εκπέμπουν θερμότητα.

Στο φύλλο αυτό εισάγονται αυτόματα από το DesignPH τα δεδομένα της κάθε επιφάνειας.

- **Περιγραφή δομικού στοιχείου:** όπου εισάγεται το χαρακτηριστικό όνομα της επιφάνειας (Floor_01_D, Wall_04_E)
- **Group Number/Αριθμός ομάδας:** όπου ορίζεται ο αριθμός και το είδος της κατηγορίας στην οποία ανήκει η επιφάνεια (8/τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον-external wall ambient, 11/πλάκα εδάφους-floor slab, 10/οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον -roof/ceiling ambient)

- **Διαστάσεις επιφάνειας a [m] x b [m]/Καθορισμένα από τον χρήστη [m²]:** οι διαστάσεις a x b χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις εξωτερικές διαστάσεις μια ορθογωνικής επιφάνειας. Εάν η επιφάνεια που εισάγεται δεν είναι ορθογωνικής γεωμετρίας, εισάγεται στην στήλη User determined το εμβαδόν της
- **Αφαίρεση επιφανειών κουφωμάτων [m²]:** η επιφάνεια των παραθύρων (προκύπτει από το Φύλλο Windows) που υπάρχουν στην συγκεκριμένη επιφάνεια και πρέπει να αφαιρεθούν από το συνολικό εμβαδόν της. Εάν πρέπει να αφαιρεθεί κάποια άλλη επιφάνεια, που δεν υπάρχει στο φύλλο Windows ώστε να αφαιρεθεί αυτόματα από το PHPP, τότε στην στήλη User-subtraction εισάγεται το εμβαδόν της επιφάνειας από τον χρήστη
- **Επιφάνεια [m²]:** το καθαρό εμβαδόν της επιφάνειας σε m² μετά την αφαίρεση των παραθύρων
- **Επιλογή δομικού στοιχείου/ Δομικού συστήματος :** η κατασκευή από την οποία αποτελείται η επιφάνεια
- **U-value [W/m²K]:** ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας της κατασκευής της επιφάνειας
- **Απόκλιση από τον Βορρά:** η απόκλιση σε μοίρες του κάθετου στην επιφάνεια άξονα, από τον πραγματικό Βορρά (ωρολογιακά). Το κτίριο περιστρέφεται 50,7°≈51° ως προς τον Βορρά του SketchUp (πράσινος άξονας), ο οποίος στο σχεδιαστικό πρόγραμμα DesignPH θεωρείται ο πραγματικός Βορράς. Επομένως οι επιφάνειες που έχουν περιστραφεί ωρολογιακά 51° θεωρείται ότι έχουν ανατολικό προσανατολισμό (East), οι επιφάνειες που έχουν περιστραφεί κατά 51°+90°=141° έχουν νότιο προσανατολισμό (South), εκείνες με περιστροφή 51°+180°=231° έχουν δυτικό (West) προσανατολισμό και τέλος βόρειο (North) προσανατολισμό έχουν οι επιφάνειες με περιστροφή 51°+270°=321° ως προς τον βόρειο άξονα
- **Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο:** η γωνία κλίσης της επιφάνειας σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (Οροφή: 0°, Κάθετη επιφάνεια: 90°, Έδαφος: 180°)
- **Προσανατολισμός:** ο προσανατολισμός της επιφάνειας, όπου για τις κάθετες επιφάνειες (90°) προκύπτει ανάλογα με την απόκλιση από το Βορρά όπως περιγράφεται παραπάνω (Ανατολή, Νότος, Δύση, Βορράς), ενώ για τις οριζόντιες επιφάνειες (0° και 180°) εισάγεται οριζόντιος προσανατολισμός (Horizontal)

Οι εξωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων και των οροφών θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Ωστόσο, οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου ακτινοβολούν επίσης τη θερμότητά τους στον ουρανό την νύχτα. Σε κανονικές συνθήκες ο ουρανός είναι πιο ψυχρός από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αυτό μειώνει τη θερμοκρασία των εξωτερικών επιφανειών πιο κάτω από τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα για μια τυπική νύχτα. Τον χειμώνα, κατά την διάρκεια μιας ημέρας, η απορρόφηση και η εκπομπή της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αντισταθμισμένες. Αντίθετα, το καλοκαίρι και σε κλίματα όπως της Ελλάδας, τα φορτία ακτινοβολούμενης θερμότητας που οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία μπορούν να γίνουν σημαντικά. Επομένως, η ισορροπία μεταξύ απορρόφησης και εκπομπής ακτινοβολίας των αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών, εξετάζεται άμεσα στο PHPP για όλα τα κλίματα. Για αυτό

τον λόγο, εισάγονται από τον χρήστη, ένας Συντελεστής μείωσης σκίασης (Reduction factor shading), ένας Συντελεστής απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και ένας Συντελεστής εκπομπής της θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας για κάθε εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, δηλαδή για όσες επιφάνειες βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό αέρα (ambient air).

- **Μειωτικός συντελεστής σκίασης:** για απολύτως μη σκιασμένες επιφάνειες, ο συντελεστής μείωσης επιλέγεται ίσος με 1. Αυτή η κατάσταση ισχύει για την επιφάνεια της οροφής. Οι τοίχοι των κτιρίων που βρίσκονται σε αγροτική περιοχή ή προάστιο και περιβάλλονται από χαμηλά κτίρια έχουν τιμή κοντά στο 0,7. Τα κτίρια που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης ή έχουν μεγάλες προεξοχές σκίασης θα πρέπει να έχουν συντελεστή μείωσης σκίασης 0,4. Επιλέγεται συντελεστής 0,7 για τους ανατολικούς εξωτερικούς τοίχους του πρώτου ορόφου, καθώς βρίσκονται μακριά από γειτονικά κτίρια και δεν σκιάζονται από κάποιον πρόβολο ή σκιάστρο. Για τους υπόλοιπους τοίχους επιλέγεται συντελεστής μείωσης 0,4 αφού είτε βρίσκονται κοντά σε γειτονικό κτίριο είτε επηρεάζονται από την σκίαση του προβόλου περιμετρικά του κτιρίου
- **Εξωτερική απορροφητικότητα:** ο συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας του δομικού στοιχείου. Αυτή η τιμή κυμαίνεται από 0 (για επιφάνεια με ανακλαστική επίστρωση/καθρέφτη) έως 1 (για απολύτως μαύρη επιφάνεια). Τυπικές τιμές είναι 0,8 για κεραμίδια και 0,4 για τοίχους από λευκό χρώμα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγεται το 0,4 για όλες τις εξωτερικές επιφάνειες
- **Εξωτερική εκπομπή (exterior emissivity):** ο συντελεστής εκπομπής επηρεάζει την ακτινοβολία θερμότητας από την επιφάνεια στο περιβάλλον και στον ουρανό. Για τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στην κατασκευή κτιρίων, ο συντελεστής εκπομπής είναι 0,9.

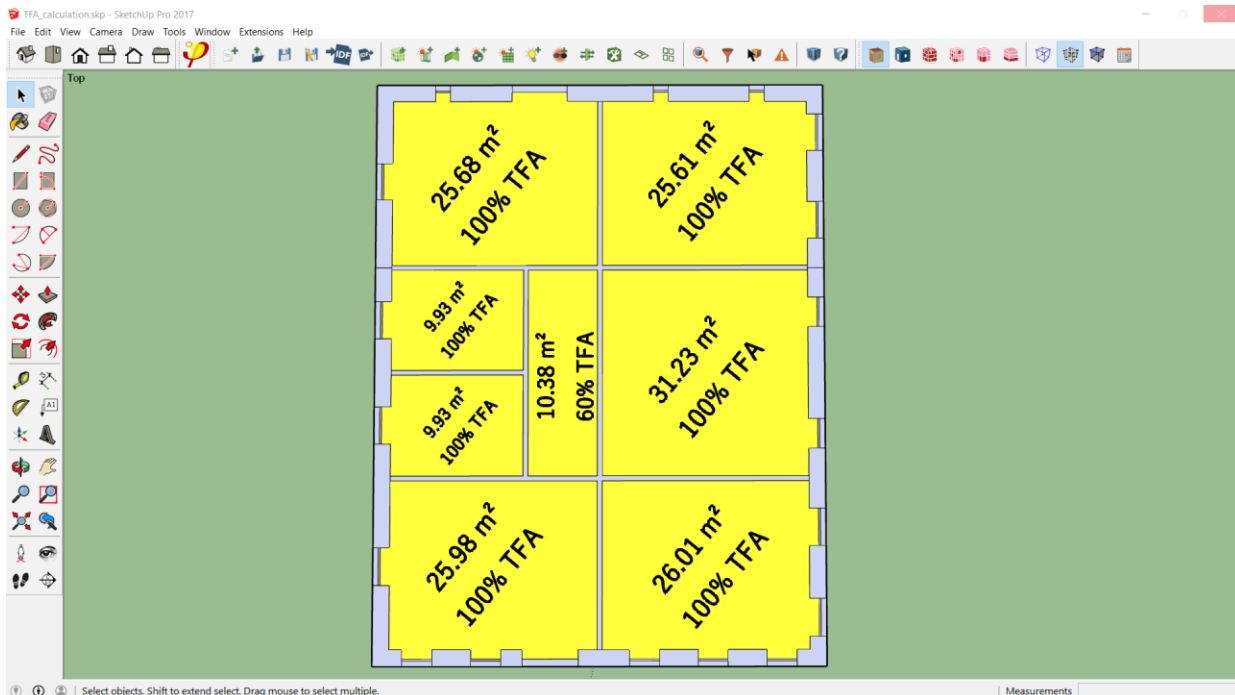
Εισαγωγή επιφάνειας													2-Setting: BY ID					
Αριθμός επιφάνειας	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Στον αριθμό αιάδως	Αντιστοίχια σε ομάδα επιφάνειας	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Καθορισμένο από το χρήστη [m²]	Αφαίρεση χρήστη [m²]	Αφαίρεση επιφάνειας κοσμημάτων [m²]	Επιφάνεια [m²]	Επιλογή δομικού στοιχείου/δομικού συστήματος	Τιμή U [W/m²K]	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	Προστατευτικός αέρας	Μικτικός συντελεστής σκίασης	Εξωτερική απορροφητικότητα	Εξωτερική εκπομπικότητα	
0	Προβολή κτιρίου στο έδαφος	0	Προβολή κτιρίου στο έδαφος	1	x	0,00	-	-	0,00									
1	Κυματώδης επιφάνεια	1	Κυματώδης επιφάνεια	1	x	321,99	-	-	321,2									
7	Εξωτερική πόρτα	7	Εξωτερική πόρτα	1	x		-	-		Εξωτερική πόρτα								
11	Πλάκα βέλτου/οροφή υπαίθριου	11	Πλάκα βέλτου/οροφή υπαίθριου	1	x	15,68	x	12,15	*	0,0	190,5	0	0	180	Ορός			
2	W04 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,63	x	2,80	*	3,8	12,0	0	0	90	Ανατολή	0,40	0,40	0,90
3	W03 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,62	x	2,80	*	1,2	14,5	0	0	90	Ανατολή	0,40	0,40	0,90
4	W04 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,31	x	2,80	*	4,2	16,3	0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
5	W03 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,46	x	2,80	*	4,2	16,7	0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
6	W04 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,62	x	2,80	*	3,6	12,1	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
7	W03 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,63	x	2,80	*	5,6	10,2	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
8	W04 N	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,39	x	2,80	*	0,8	19,9	0	0	90	Βόρρος	0,40	0,40	0,90
9	W03 N	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,39	x	2,80	*	0,8	19,9	0	0	90	Βόρρος	0,40	0,40	0,90
10	W04 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	10,38		0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
11	W06 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	8,60		0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
12	W06 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	9,37	x	0,20	*	0,0	1,9	0	0	90	Ανατολή	0,40	0,40	0,90
13	W06 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	15,68	x	0,20	*	0,0	3,1	0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
14	W06 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	12,15	x	0,20	*	0,0	2,8	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
15	W06 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	17,93		0	0	90	Ανατολή	0,70	0,40	0,90
16	W06 N	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	24,04		0	0	90	Βόρρος	0,40	0,40	0,90
17	W02 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,63	x	3,00	*	4,1	12,8	0	0	90	Ανατολή	0,70	0,40	0,90
18	W01 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,62	x	3,00	*	1,2	15,7	0	0	90	Ανατολή	0,70	0,40	0,90
19	W02 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,31	x	3,00	*	4,2	17,7	0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
20	W01 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,46	x	3,00	*	4,2	18,2	0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
21	W02 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,62	x	3,00	*	3,6	13,3	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
22	W01 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	5,63	x	3,00	*	5,9	11,0	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
23	W02 N	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,39	x	3,00	*	0,8	21,4	0	0	90	Βόρρος	0,40	0,40	0,90
24	W01 N	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	7,39	x	3,00	*	0,8	21,4	0	0	90	Βόρρος	0,40	0,40	0,90
25	W05 S	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	7,40		0	0	90	Νότος	0,40	0,40	0,90
26	W05 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x		x		*	6,35		0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
27	W05 E	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	15,68	x	0,20	*	0,0	3,1	0	0	90	Ανατολή	0,40	0,40	0,90
28	W05 W	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτερ. αέρας	1	x	12,15	x	0,20	*	0,0	2,4	0	0	90	Δίση	0,40	0,40	0,90
29	Roof 01 N	10	Στήλη/οροφή - Εξωτερ. αέρας	1	x	15,68	x	12,15	*	0,0	190,5	0	0	0	Ορός	1,00	0,40	0,90

Εικόνα 4.18: Περιγραφή επιφανειών - φύλλο εργασίας Επιφάνειες (Areas) – PHPP

Θερμαινόμενη - Κλιματιζόμενη επιφάνεια δαπέδου TFA (Treated Floor Area)

Όλα τα κέρδη και οι απώλειες, συμπεριλαμβανομένων των τελικών αποτελεσμάτων, αναφέρονται στην κλιματιζόμενη επιφάνεια δαπέδου (TFA). Επομένως, πρέπει να υπολογιστεί αυτή η επιφάνεια δαπέδου σε m², η οποία αποτελεί τον χώρο διαβίωσης ή αξιοποιήσιμης περιοχής στο εσωτερικό του κτιρίου. Κάθε χώρος προσμετράται στο άθροισμα του TFA με ένα ποσοστό 100% (π.χ χώροι γραφείων, κουζίνα) ή 60% (π.χ διάδρομος), ανάλογα με την χρήση του. Το εμβαδόν των εσοχών στα παράθυρα συνυπολογίζεται στο TFA σε περίπτωση που η εσοχή είναι μεγαλύτερη από 0,13m. Στην κάτοψη του παρακάτω σχήματος φαίνεται το εμβαδόν της θερμαινόμενης επιφάνειας δαπέδου TFA για ένα από τα δύο επίπεδα του διώροφου κτιρίου γραφείων, τα οποία έχουν την ίδια διαρρύθμιση χώρων επομένως προκύπτει συνολικά:

$$TFA = 2 \cdot [(25,68 + 25,61 + 31,23 + 26,01 + 25,98 + 9,93 \cdot 2) \cdot 100\% + 10,38 \cdot 60\%] = 321,20 \text{ m}^2$$



Εικόνα 4.19: Εμβαδόν θερμαινόμενης επιφάνειας δαπέδου TFA (Treated Floor Area)

Θερμογέφυρες (Thermal Bridges)

Στο ίδιο φύλλο εργασίας εισάγονται τα δεδομένα για τις θερμογέφυρες (thermal bridges) που εντοπίζονται στο κτίριο και οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη στις θερμικές απώλειες. Οι θερμογέφυρες είναι αδύναμα σημεία του θερμικού φακέλου του κτιρίου στα οποία ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U-value των δομικών στοιχείων μεταβάλλεται. Αυτή η

δυνατότητα που παρέχει το RHPP σε αντίθεση με το EnergyPlus, είναι εξαιρετικά χρήσιμη και αναγκαία για τον ακριβέστερο υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων ενός κτιρίου. Στο RHPP οι θερμογέφυρες των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα κατηγοριοποιούνται στο group 15, οι περιμετρικές θερμογέφυρες της πλάκας ισογείου στο group 16 και οι θερμογέφυρες της πλάκας ισογείου/οροφής υπογείου στο group 17.

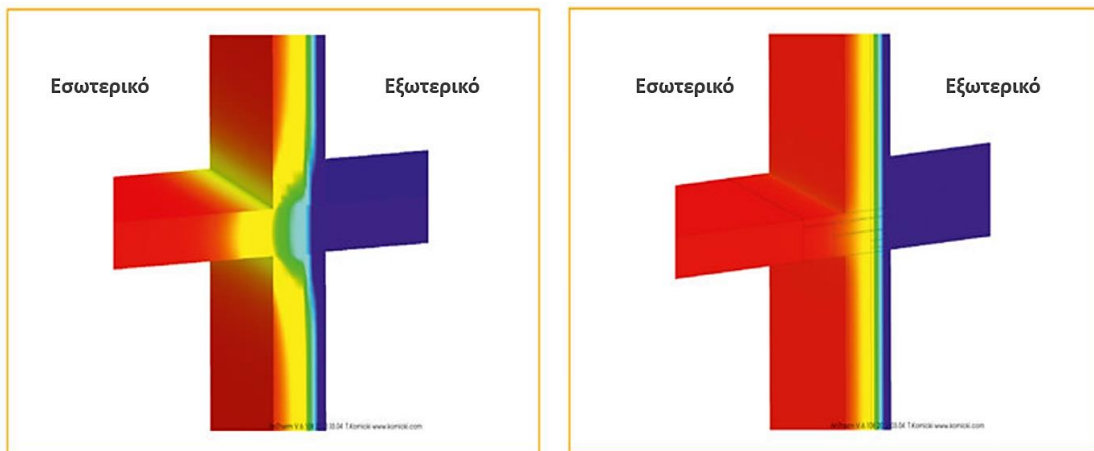
Κατά την αξιολόγηση μιας θερμικής γέφυρας πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο διαφορετικά αποτελέσματα:

▪ **Τοπική μείωση της θερμοκρασίας επιφάνειας που προκαλείται από τη θερμογέφυρα**

Η μείωση της θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται από την χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία επιφάνειας. Αυτή η θερμοκρασία πρέπει να παραμείνει πάνω από τη θερμοκρασία του σημείου δρόσου για να αποφευχθεί η συμπύκνωση στον τοίχο ή στην οροφή. Ωστόσο, γενικά οι θερμοκρασίες πρέπει να κυμαίνονται επάνω από την αποκαλούμενη "θερμοκρασία μούχλας". Σε αυτή τη θερμοκρασία ο εσωτερικός αέρας φθάνει σε επίπεδο υγρασίας αρκετά υψηλό (80%). Όταν επιτευχθεί ή ξεπεραστεί αυτό το επίπεδο υγρασίας για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, ο σχηματισμός μούχλας είναι πολύ πιθανός.

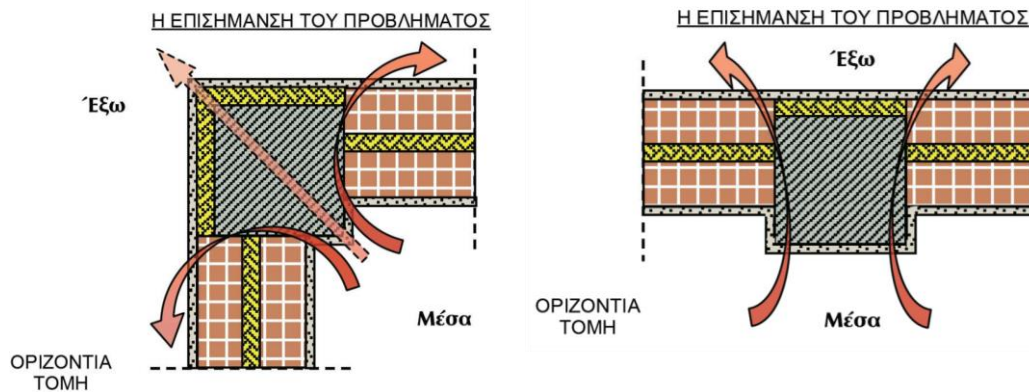
▪ **Πρόσθετη απώλεια θερμότητας λόγω της θερμικής γέφυρας**

Η τιμή U-value [W/m^2K] αντικατοπτρίζει την απώλεια θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο ενός στοιχείου κατασκευής (π.χ. τοίχου) με ορισμένο πάχος, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι ίση με 1 βαθμό K ή °C. Αντίστοιχα, ο γραμμικός συντελεστής θερμικής μετάδοσης Ψ -value [W/mK] χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την απώλεια ενέργειας μιας γραμμικής θερμογέφυρας. Κατά συνέπεια, υπολογίζει την απώλεια θερμότητας ανά τρέχον μέτρο της κατασκευής σε διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών της ίση με 1 βαθμό K ή °C.

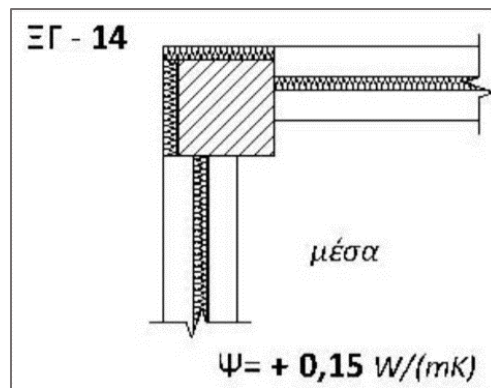


Εικόνα 4.20: Θερμοκρασίες σε συνεχιζόμενη πλάκα μπαλκονιού (πρόβολος) – Αριστερά: Χωρίς θερμοδιακοπή /Δεξιά: Με θερμοδιακοπή [31]

Η μόνωση σε ένα Παθητικό κτίριο επιλέγεται συνήθως να τοποθετείται εξωτερικά του θερμικού φακέλου του κτιρίου και να μην διακόπτεται σε κανένα σημείο, με αποτέλεσμα να προφυλάσσονται "διπλά" τα σημεία με εξωτερική γωνία και για αυτό να προκύπτουν αρνητικές τιμές θερμικών γεφυρών σαν διόρθωση στα συγκεκριμένα σημεία. Ο παρακάτω τρόπος εφαρμογής της μόνωσης ανάμεσα στον διπλό τοίχο από τούβλο (μπατική οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση) και εξωτερικά στο δοκάρι από σπλισμένο σκυρόδεμα, αποφεύγεται στα Παθητικά κτίρια, όπως και στο συγκεκριμένο Παθητικό κτίριο γραφείων, γιατί δημιουργούνται θερμογέφυρες λόγω διακοπής του στρώματος μόνωσης και επομένως αυξάνονται οι απώλειες θερμότητας.



Εικόνα 4.21: Καταστάσεις που πρέπει να αποφεύγονται κατά την τοποθέτηση μόνωσης σε ένα κτίριο [32]



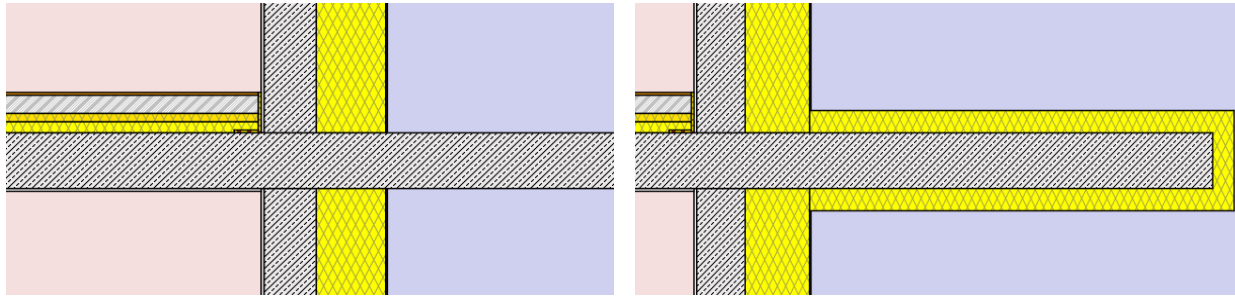
Εικόνα 4.22: Θερμογέφυρα εξωτερικής γωνίας (οριζόντια τομή) - ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 [33]

Οι τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ -value, οι οποίες εισήχθησαν στο ΡΗΡΡ, εκτιμήθηκαν βάσει των πινάκων του ΚΕΝΑΚ (ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 [33]) και από ελβετικό κατάλογο θερμογεφυρών (Κατάλογος θερμικών γεφυρών [34] – Έκδοση από: Ελβετικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ενέργειας SFOE, Προετοιμασία: Infomind GmbH, 8004 Ζυρίχη, Σχεδιασμός και απεικόνιση: Sepp Steibli, Education Design, 3000 Bern Πνευματικά δικαιώματα: Ελβετικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ενέργειας SFOE, 2002 [35]).

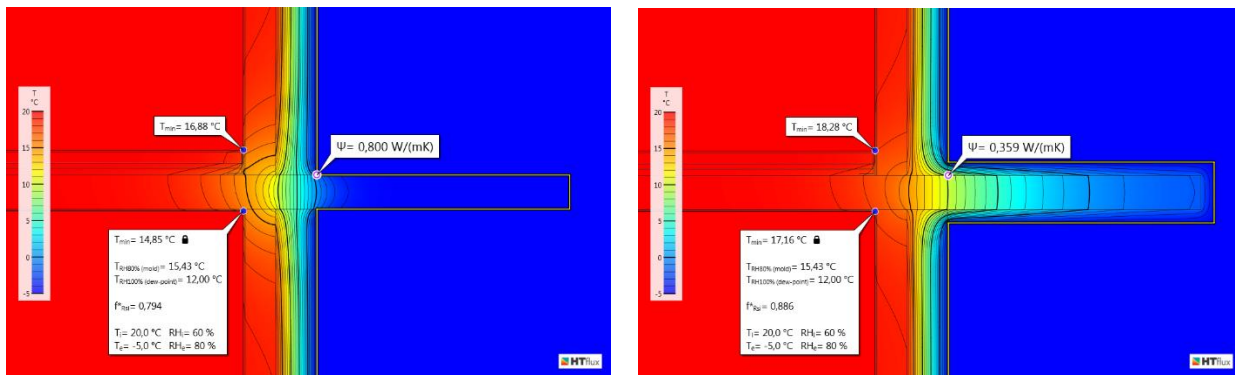
Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα υπολογισμού θερμογέφυρας προβόλου μέσω του λογισμικού HTflux (επιμέλεια εικόνων και προσομοίωσης www.htflux.com [36]), για να επεξηγηθούν οι τιμές Ψ -value που χρησιμοποιήθηκαν στο ΡΗΡΡ και να γίνει κατανοητός ο τρόπος υπολογισμού τους. Το μοντέλο αποτελείται από μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος που σχηματίζει ένα μπαλκόνι με πρόβολο μήκους 150cm (μετρούμενο από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου). Η πλάκα έχει πάχος 20cm. Η επίδραση της θερμικής γέφυρας διαφέρει ανάλογα με την θερμική διαπερατότητα U -value του τοίχου, εάν δηλαδή το υλικό του είναι τούβλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Επιλέγεται για μεγαλύτερη ασφάλεια να χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα με τοιχοποιία οπλισμένου σκυροδέματος, αφού αποτελεί την δυσμενέστερη κατάσταση και επομένως ο πραγματικός συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ -value θα είναι μικρότερος ή ίσος από αυτόν που υπολογίστηκε.

Οι στρώσεις των υλικών του κάθετου τοίχου του παραδείγματος είναι: 10mm σοβάς ($\lambda=0,7$ W/mK), 180mm οπλισμένο σκυρόδεμα ($\lambda=2,3$ W/mK), 240mm μόνωση ($\lambda=0,038$ W/mK), με αποτέλεσμα να προκύπτει αρκετά χαμηλός συντελεστής U -value=0,152 W/m²K. Εξετάζεται η περίπτωση μη μονωμένου προβόλου (σχήμα στα αριστερά) και η περίπτωση που στον ίδιο πρόβολο τοποθετείται θερμομόνωση πάχους 8cm περιμετρικά για όλο το μήκος του (σχήμα στα δεξιά). Με την εφαρμογή της μόνωσης, ώστε να μην διακόπτεται το στρώμα μόνωσης από την προεξοχή του προβόλου, κάτι που επιλέγεται να γίνεται συχνά στα Παθητικά κτίρια, η τιμή Ψ -value ελαττώνεται από 0,8 W/mK σε 0,359 W/mK. Έτσι, από την μία ελαττώνονται οι θερμικές απώλειες από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα αποφεύγονται χαμηλές θερμοκρασίες στους εσωτερικούς τοίχους που πιθανόν να οδηγήσουν σε υγραποιήσεις και κατ' επέκταση σε σχηματισμό μούχλας. Η ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται στον εσωτερικό τοίχο, στην πρώτη περίπτωση του μη μονωμένου προβόλου ισούται με $T_{\min}=14,85$ °C, ενώ για τον μονωμένο προκύπτει $T_{\min}=17,16$ °C. Αυτές οι θερμοκρασίες πρέπει να μην είναι χαμηλότερες από την θερμοκρασία του σημείου δρόσου και την "θερμοκρασία μούχλας για να αποφεύγονται δυσάρεστα φαινόμενα.

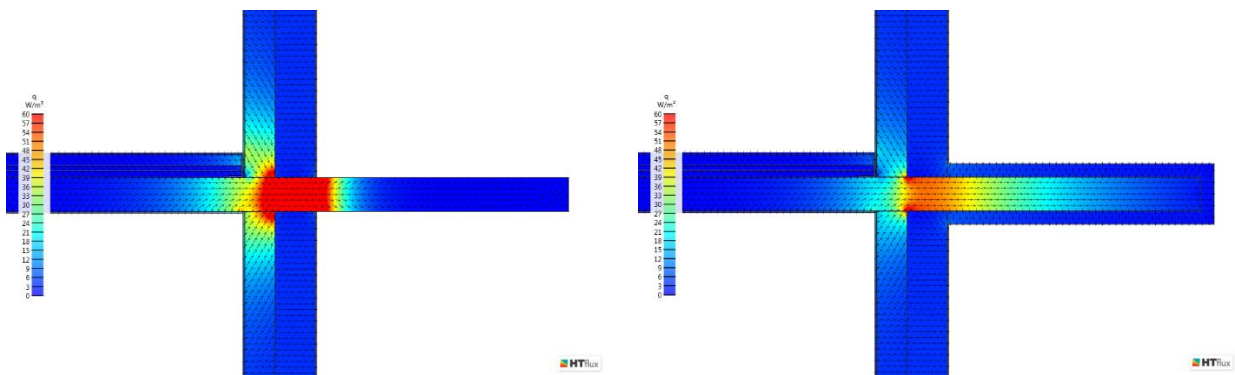
Συγκριτική παρουσίαση θερμοκρασιακών και ενεργειακών αποτελεσμάτων



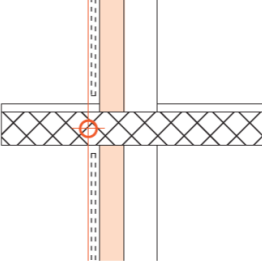
Εικόνα 4.23: Πρόβολος χωρίς μόνωση (σχήμα στα αριστερά) και πρόβολος με περιμετρική θερμομόνωση πάχους 8cm (σχήμα στα δεξιά) - www.htflux.com



Εικόνα 4.24: Ισοθερμοκρασιακές καμπύλες και Ψ -value, για πρόβολο χωρίς μόνωση (σχήμα στα αριστερά) και πρόβολο με περιμετρική θερμομόνωση πάχους 8cm (σχήμα στα δεξιά) - www.htflux.com



Εικόνα 4.25: Ροή θερμότητας q [W/m^2], για πρόβολο χωρίς μόνωση (σχήμα στα αριστερά) και πρόβολο με περιμετρική θερμομόνωση πάχους 8cm (σχήμα στα δεξιά) - www.htflux.com

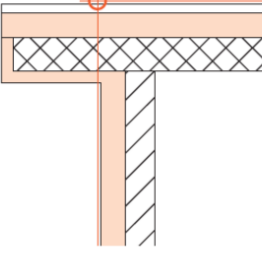
Πρόβολος (μπαλκόνι) 	1.1-A1		
	U-value Τοίχου σε [W/m ² K]	Ψ-value σε [W/mK]	
		Τοιχοποιία	Τούβλο	Οπλισμένο σκυρόδεμα
0.15	0.69	0.84	
0.20	0.75	0.92	
0.25	0.78	0.97	
0.30	0.80	1.01	
0.35	0.81	1.04	
0.40	0.81	1.05	

Πάχος προβόλου 20 cm

Εικόνα 4.26: Τιμή διαμήκουσ θερμογέφυρας μη μονωμένου προβόλου (προεξοχή πλάκας πρώτου ορόφου) - Κατάλογος θερμικών γεφυρών, Έκδοση από: Ελβετικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ενέργειας SFOE (κατακόρυφη τομή) [34]

Μετά την μελέτη πινάκων και σχημάτων επιλέχθηκαν οι εξής τιμές Ψ-value για κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη τον παθητικό σχεδιασμό, δηλαδή πως οι πρόβολοι θα είναι μονωμένοι σε όλο το μήκος τους και πως τα υποστυλώματα μονώνονται και αυτά ακόμα και για το μήκος που βρίσκεται μέσα στο έδαφος:

- Πρόβολος – προεξοχή πλάκας πρώτου ορόφου (μπαλκόνι): **Ψ-value= 0,4 [W/mK]**
- Πρόβολος – προεξοχή πλάκας οροφής: **Ψ-value= 0,142 [W/mK]**

Μονωμένος συμπαγής πρόβολος (προεξοχή στέγης) 	1.2-A3						
	U-value Τοίχου σε [W/m ² K]	U-value Οροφής σε [W/m ² K]				Ψ-value σε [W/mK]	
		0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	
0.20	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	
0.25	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	
0.30	0.12	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	
0.35	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	
0.40	0.07	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	

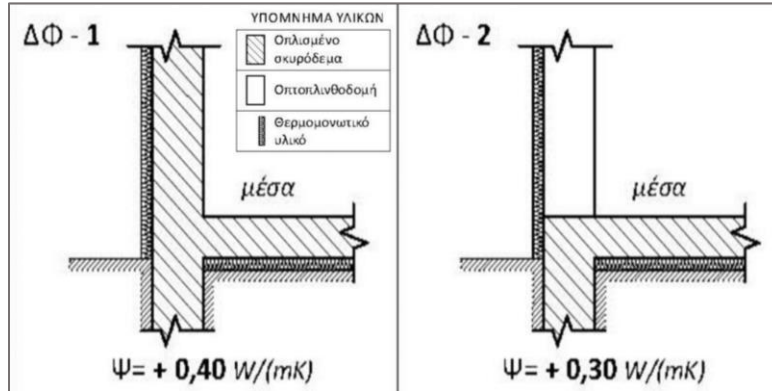
Τοιχοποιία	Τούβλο
Πάχος οροφής	18–22 cm
Πρόβολος	100 cm
Μόνωση προβόλου	8 cm

Επιπλέον:

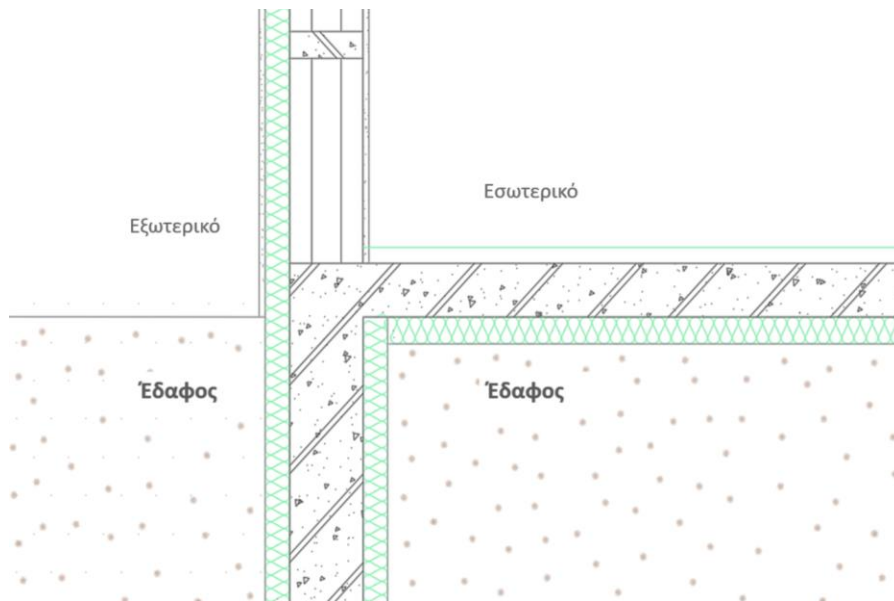
Τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0.02 [W/mK]
Πάχος οροφής 24 cm	+0.02 [W/mK]
Πρόβολος 50 cm	-0.05 [W/mK]
Πρόβολος 150 cm	+0.02 [W/mK]
Μόνωση προβόλου 4 cm	+0.06 [W/mK]
Μόνωση προβόλου 12 εκ	-0.04 [W/mK]

Εικόνα 4.27: Τιμή διαμήκουσ θερμογέφυρας προβόλουσ οροφής (προεξοχή πλάκας οροφής) - Κατάλογος θερμικών γεφυρών, Έκδοση από: Ελβετικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ενέργειας SFOE (κατακόρυφη τομή) [34]

- Περιμετρική θερμογέφυρα πλάκας ισογείου: **Ψ -value= 0,15 [W/mK]** (Δεδομένου ότι στον παρακάτω πίνακα οι τιμές 0,3 και 0,4 αναφέρονται σε μη μονωμένο υποστύλωμα μέσα στο έδαφος, ενώ στο υπό μελέτη κτίριο θεωρείται μονωμένο)

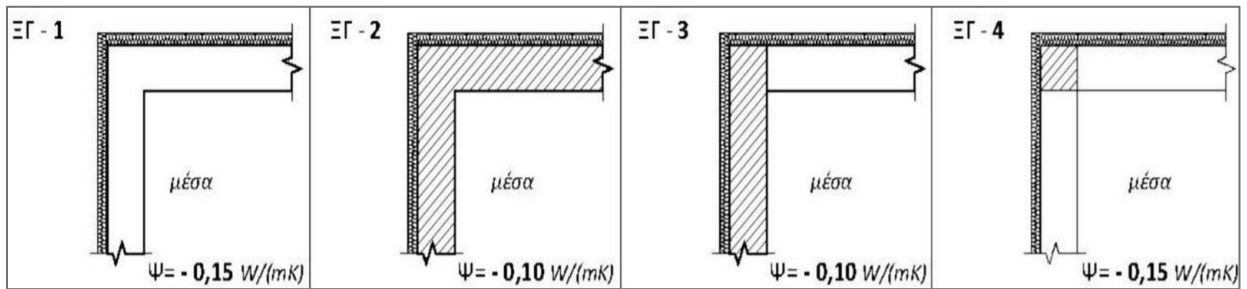


Εικόνα 4.28: Θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται στο έδαφος (κατακόρυφη τομή) - ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 [33]

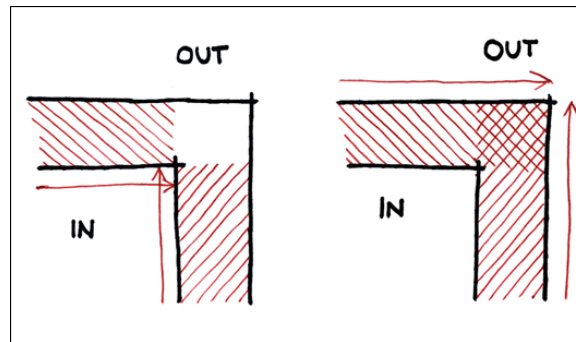


Εικόνα 4.29: Κατακόρυφη τομή μέσα στο έδαφος – Η μόνωση περιβάλλει το υποστύλωμα σε όλο το μήκος του για την ελαχιστοποίηση της θερμογέφυρας

- Εξωτερικές γωνίες του κτιρίου: Ψ -value= -0,10 [W/mK]



Εικόνα 4.30: Θερμογέφυρες εξωτερικής γωνίας (οριζόντια τομή) - ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 [33]



Εικόνα 4.31: Σε μία εξωτερική γωνία που έχει μονωθεί εξωτερικά, η θερμότητα "δυσκολεύεται" να διαφύγει από το συγκεκριμένο σημείο, για αυτό προκύπτει αρνητική θερμογέφυρα (οριζόντια τομή) [37]

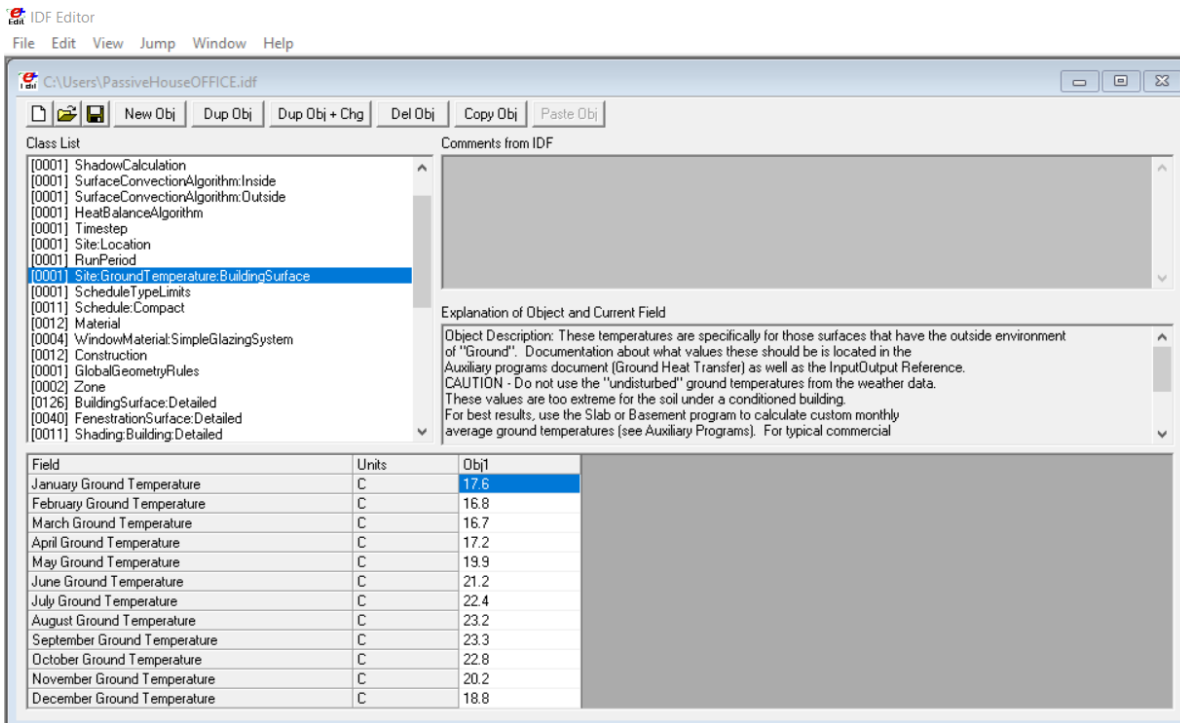
Εισαγωγές θερμογεφυρών														
Αριθμός	Θερμογέφυρα - ονομασία	Αριθμός Ομάδας	Αντιστοίχιση σε ομάδα θερμογέφυρας	Ποσότητα	χ (	Μήκος [m]	-	Μήκος αφαίρεσης [m]	)=	Μήκος ℓ [m]	Καθορισμένη από το χρήστη τιμή Ψ [W/(mK)]	Καθορισμένο από το χρήστη $f_{\text{Req}=0,25}$ (προαιρετικό)	Τιμή- Ψ [W/(mK)]	f_{Req} -Πληρούται η προϋπόθεση;
1	Balcony	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	37.20	-		)=	37.20	0.400	0.720	0.400	■
2	Provolos stegis	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	27.83	-		)=	27.83	0.142	0.720	0.142	■
3	Plaka isogείου	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	55.66	-		)=	55.66	0.150	0.720	0.150	■
4	External corner	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	4	x (	7.00	-		)=	28.00	-0.100	0.720	-0.100	■

Εικόνα 4.32: Εισαγωγή Θερμογεφυρών - φύλλο εργασίας Επιφάνειες (Areas) – PHPP

4.4 Θερμοκρασία εδάφους

4.4.1 EnergyPlus – Site: GroundTemperature: Building surface

Στην κλάση αυτή τοποθετούνται οι μηνιαίες θερμοκρασίες εδάφους σε °C, που θα ληφθούν υπόψη κατά την μοντελοποίηση της μεταφοράς θερμότητας. Αποτελούν την θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας, για επιφάνειες με εξωτερική οριακή συνθήκη εδάφους (επαφή με έδαφος) και ο υπολογισμός τους για την παρούσα εργασία πραγματοποιείται στο PHPP. Στο υπό μελέτη κτίριο, η εδαφόπλακα βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 4.33: Μηνιαίες θερμοκρασίες εδάφους (Site: GroundTemperature: Building surface) – IDF editor

4.4.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Έδαφος (Ground)

Σε αυτό το φύλλο εργασίας ο χρήστης εισάγει δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά του εδάφους και της εδαφόπλακας. Στην πραγματικότητα, προσεγγίζεται η θερμοκρασία στο κάτω όριο του θερμικού φακέλου, με βάση τα κλιματικά δεδομένα που έχουν οριστεί στο φύλλο εργασίας Κλίμα (Climate), την επιφάνεια που είναι σε επαφή με το έδαφος και το είδος του εδάφους. Η ίδια διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί για κτίριο με θερμαινόμενο και μη θερμαινόμενο υπόγειο, καθώς και για ελαφρά υπερυψωμένο κτίριο με πυλωτή.

Απώλειες θερμότητας μέσω εδάφους

Παθητικό Κτίριο με Έκδοση ΡΗΡΡ 9.6a

Passive House Office / Κλίμα: Αθην / TFA: 321 m² / Θέρμανση: 3.2 kWh/(m²a) / Ψύξη: 13.7 kWh/(m²a) / ΠΕ Αν.: 3.3 kWh/(m²a)

Τμήμα κτιρίου 1

Χαρακτηριστικά εδάφους			
Θερμική αγωγιμότητα	λ	2.0	W/(mK)
Θερμοχωρητικότητα	ρc	2.0	MJ/(m ³ K)
Περιοδικό βάθος διείσδυσης	δ	3.17	m

Κλιματικά δεδομένα			
Μέση εσωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα	T _i	20.0	°C
Μέση εσωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι	T _i	25.0	°C
Μέση θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους	T _{g,ave}	18.9	°C
Εύρος της T _{g,ave}	T _{g,A}	9.3	°C
Διαφορά φάσης της T _{e,m}	τ	1.4	Μήνες
Διάρκεια της περιόδου θέρμανσης	n	3.4	Μήνες
Βαθμώρες-εξωτερική	G _e	26.4	kWh/a

Δεδομένα κτιρίου			
Επιφάνεια εδαφόπλακας / οροφής υπογείου	A	190.5	m ²
Μήκος περιμέτρου	P	55.7	m
Χαρακτηριστική διάσταση της εδαφόπλακας	B'	6.85	m
Τιμή-U πλάκας δαπέδου/οροφής υπογείου	U _f	0.264	W/(m ² K)
ΘΓς πλάκας δαπέδου / οροφής υπογείου	Ψ _{B'}	8.35	W/K
Τιμή-U πλάκας δαπέδου / οροφής υπογείου συμπερ.	U' _f	0.308	W/(m ² K)
Ισοδύναμο πάχος δαπέδου	d _t	6.49	m

Εικόνα 4.34: Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο εργασίας Έδαφος (Ground) – ΡΗΡΡ

Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του εδάφους που βρίσκεται σε επαφή με την εδαφόπλακα. Αυτές εμφανίζονται και στο φύλλο εργασίας Κλίμα.

Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στο έδαφος για την μηνιαία μέθοδο (όλα τα δομικά στοιχεία)

Μήνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Μέση τιμή
Χειμώνας	17.6	16.8	16.7	17.2	18.3	19.7	20.9	21.7	21.8	21.3	20.2	18.8	19.3
Καλοκαίρι	19.2	18.4	18.2	18.8	19.9	21.2	22.4	23.2	23.3	22.8	21.7	20.4	20.8

Θερμοκρασία σχεδιασμού εδάφους για το φύλλο εργασίας 'Φορτίο Θέρμανσι' **16.7** Για το φύλλο εργασίας 'Φορτίο Ψύξης' **23.3**

Μειωτικός συντελεστής για το φύλλο εργασίας 'Επίση Θέρμανση' **0.23**

Εικόνα 4.35: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες - φύλλο εργασίας Έδαφος (Ground) – PHPP

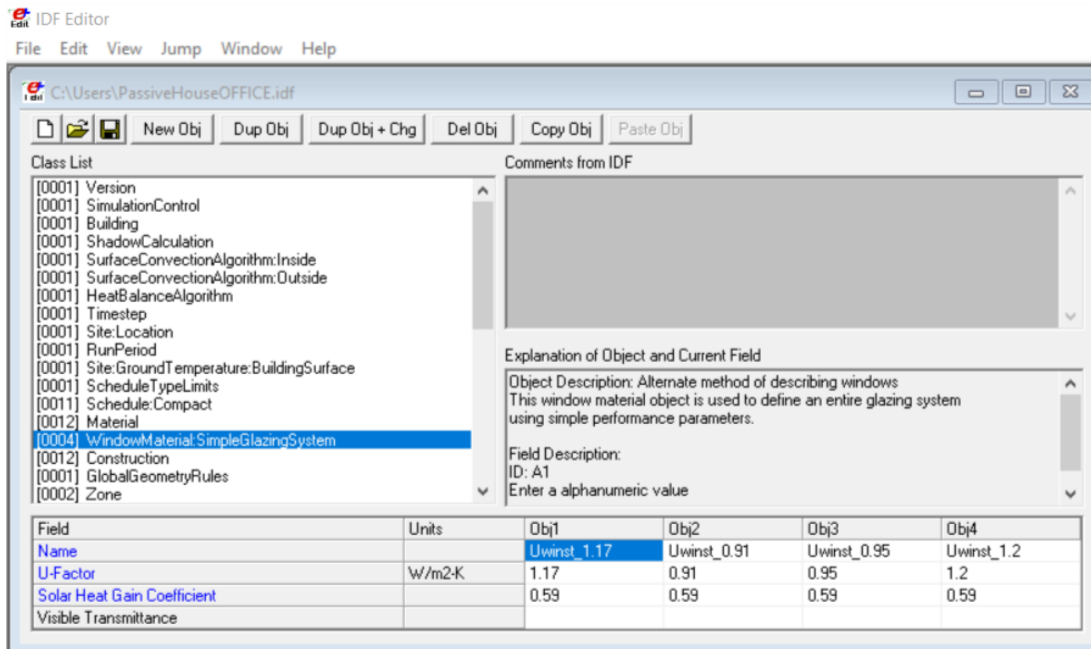
°C	Θερμοκρασία εδάφους	17.6	16.8	16.7	17.2	19.9	21.2	22.4	23.2	23.3	22.8	20.2	18.8
----	---------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Εικόνα 4.36: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες - φύλλο εργασίας Κλίμα (Climate) – PHPP

4.5 Κουφώματα

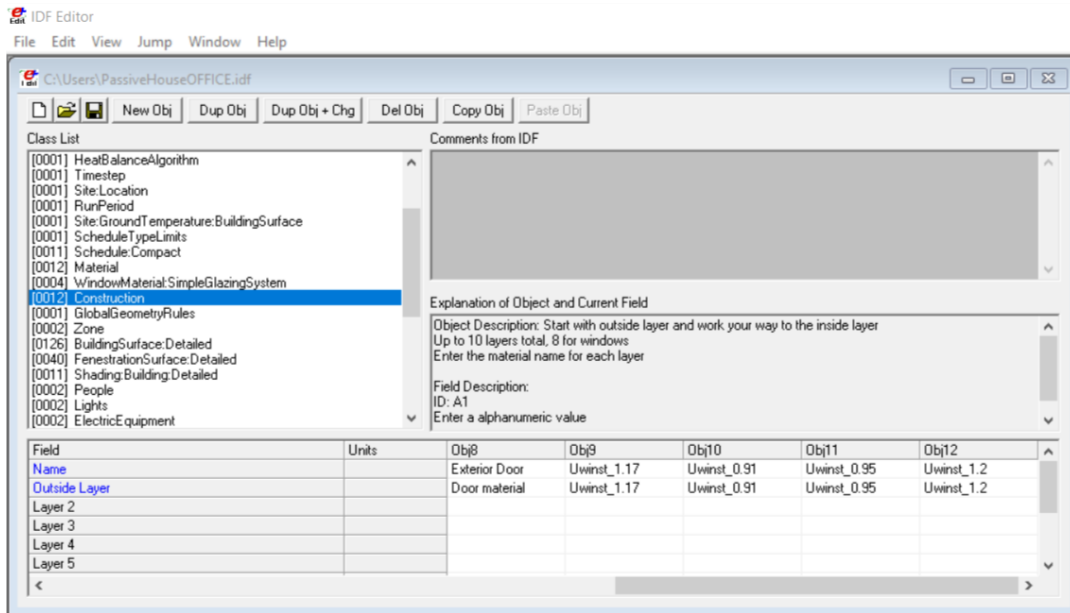
4.5.1 EnergyPlus

Σε αυτό το σημείο αναλύεται η διαδικασία προσδιορισμού των δεδομένων που αφορούν τα κουφώματα και τις εξωτερικές πόρτες. Ο κάθε υαλοπίνακας του Παθητικού γραφείου, εισάγεται σαν ένα ολόκληρο σύστημα με έναν ολικό συντελεστή θερμοπερατότητας U-value και έναν ηλιακό συντελεστή g-value και όχι σαν μεμονωμένες στρώσεις γυαλιού. Η τιμή που προκύπτει ως αποτέλεσμα για τον συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του τοποθετημένου κουφώματος από το PHPP (**Uw-installed**) σε συνδυασμό με τον ηλιακό συντελεστή **g-value** που έχει επιλεγεί για το τζάμι, εισάγονται ως δεδομένα για τους υαλοπίνακες στην κλάση **Window Material: Simple Glazing System** του EnergyPlus. Βάση αυτών θα οριστούν τα κουφώματα ως κατασκευές στην κλάση **Construction** για να αντιστοιχιστούν μετέπειτα στα εκάστοτε κουφώματα στην κλάση **Fenestration Surface: Detailed**.

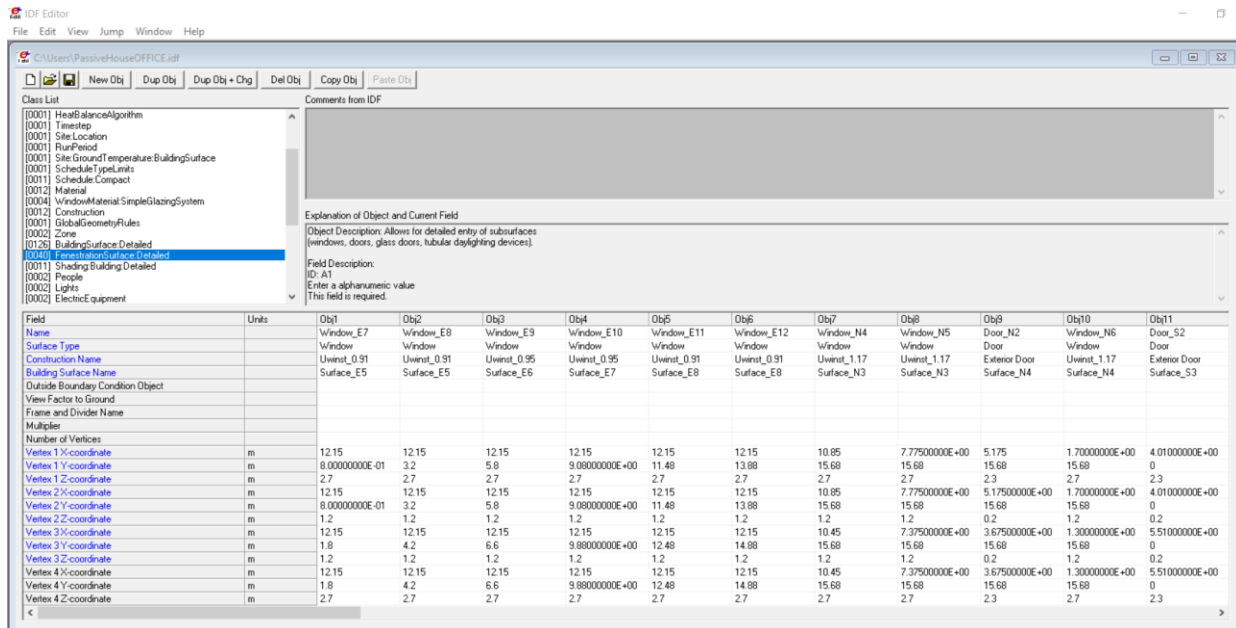


Εικόνα 4.37: Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων Window Material: Simple Glazing System – IDF editor

Αυτό πραγματοποιείται, επειδή δεν υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν ξεχωριστοί συντελεστές θερμοπερατότητας για το πλαίσιο (U_f) και τον υαλοπίνακα (U_g), ούτε συντελεστές θερμογεφυρών για τον αποστάτη-τζάμι (Ψ_g) και για την τοποθέτηση του κουφώματος ($\Psi_{install}$), ώστε να υπολογιστεί η τιμή U_w -installed που απαιτείται για ένα Παθητικό κτίριο. Επισημαίνεται, πως οι εξωτερικές πόρτες δεν μπορούν να οριστούν με τον τρόπο που έγινε στο RHPP, δηλαδή θέτοντας g-value ίσο με το μηδέν, γιατί δεν είναι αποδεκτό από το πρόγραμμα (πρέπει να ισχύει $g > 0$). Επομένως, εισάγεται κατάλληλο υλικό στην κλάση **Material** και δημιουργείται η κατασκευή Exterior Door στην κλάση **Construction**.



Εικόνα 4.38: Καθορισμός κουφωμάτων και πόρτας ως κατασκευή Construction – IDF editor



IDF Editor
File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [0001] HeatBalanceAlgorithm
- [0001] Timestep
- [0001] Site Location
- [0001] RunPeriod
- [0001] SiteGroundTemperatureBuildingSurface
- [0001] ScheduleTypeLimits
- [0011] ScheduleCompact
- [0012] Material
- [0004] WindowMaterialSimpleGlazingSystem
- [0012] Construction
- [0001] GlobalGeometryRules
- [0002] Zone
- [0012] BuildingSurfaceDetailed
- [0040] FenestrationSurfaceDetailed
- [0011] ShadingBuildingDetailed
- [0002] People
- [0002] Lights
- [0002] ElectricEquipment

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of subsurfaces (windows, doors, glass doors, tubular daylighting devices).

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22
Name		Window_S6	Window_S7	Window_S10	Window_S8	Window_S9	Window_W5	Window_W6	Window_W7	Window_W8	Window_E1	Window_E2
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window
Construction Name		Uwinst_0_95	Uwinst_0_95	Uwinst_0_95	Uwinst_0_95	Uwinst_0_95	Uwinst_1_2	Uwinst_1_2	Uwinst_1_2	Uwinst_1_2	Uwinst_0_91	Uwinst_0_91
Building Surface Name		Surface_S3	Surface_S3	Surface_S4	Surface_S4	Surface_S4	Surface_W5	Surface_W6	Surface_W7	Surface_W8	Surface_E1	Surface_E1
Outside Boundary Condition Object												
View Factor to Ground												
Frame and Divider Name												
Multiplier												
Number of Vertices												
Vertex 1 X-coordinate	m	8.0000000E-01	2.64	1.0550000E+01	6.8750000E+00	8.7125000E+00	-5.3290705E-14	-5.3290705E-14	2.6645352E-15	0	1.2150000E+01	1.2150000E+01
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	13.53	9.7600000E+00	9.7600000E+00	6.9200000E+00	2.85	8.0000000E-01	3.2
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Vertex 2 X-coordinate	m	8.0000000E-01	2.64	1.0550000E+01	6.8750000E+00	8.7125000E+00	-5.3290705E-14	-5.3290705E-14	2.6645352E-15	0	1.2150000E+01	1.2150000E+01
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	0	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	13.53	9.7600000E+00	9.7600000E+00	6.9200000E+00	2.85	8.0000000E-01	3.2
Vertex 2 Z-coordinate	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.3	2.3	2.3	2.3	1.2	1.2
Vertex 3 X-coordinate	m	1.6	3.44	1.1350000E+01	7.6750000E+00	9.5125000E+00	-5.3290705E-14	-5.3290705E-14	2.6645352E-15	0	1.2150000E+01	1.2150000E+01
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	0	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	12.53	8.7600000E+00	8.7600000E+00	5.92	1.85	1.8	4.2
Vertex 3 Z-coordinate	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.3	2.3	2.3	2.3	1.2	1.2
Vertex 4 X-coordinate	m	1.6	3.44	1.1350000E+01	7.6750000E+00	9.5125000E+00	-5.3290705E-14	-5.3290705E-14	2.6645352E-15	0	1.2150000E+01	1.2150000E+01
Vertex 4 Y-coordinate	m	0	0	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	12.53	8.7600000E+00	8.7600000E+00	5.92	1.85	1.8	4.2
Vertex 4 Z-coordinate	m	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

IDF Editor
File Edit View Jump Window Help

C:\Users\PassiveHouseOFFICE\idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [0001] HeatBalanceAlgorithm
- [0001] Timestep
- [0001] Site Location
- [0001] RunPeriod
- [0001] SiteGroundTemperatureBuildingSurface
- [0001] ScheduleTypeLimits
- [0011] ScheduleCompact
- [0012] Material
- [0004] WindowMaterialSimpleGlazingSystem
- [0012] Construction
- [0001] GlobalGeometryRules
- [0002] Zone
- [0012] BuildingSurfaceDetailed
- [0040] FenestrationSurfaceDetailed
- [0011] ShadingBuildingDetailed
- [0002] People
- [0002] Lights
- [0002] ElectricEquipment

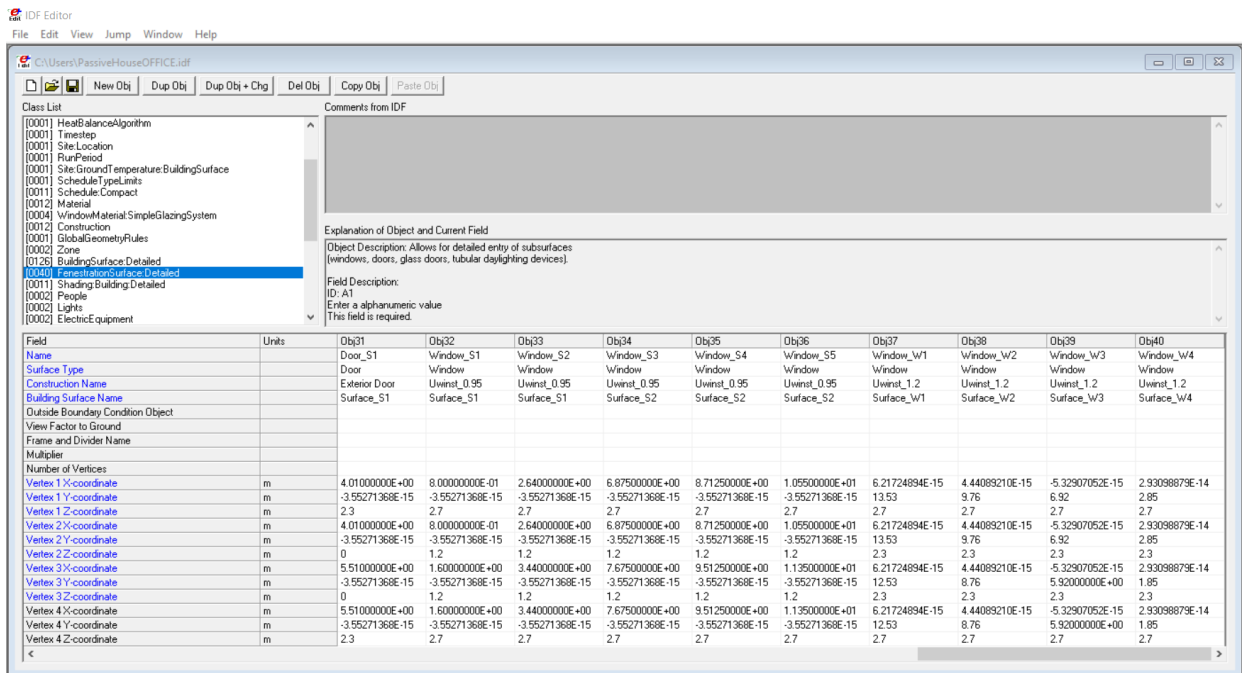
Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of subsurfaces (windows, doors, glass doors, tubular daylighting devices).

Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27	Obj28	Obj29	Obj30	Obj31	Obj32	Obj33
Name		Window_E3	Window_E4	Window_E5	Window_E6	Window_N1	Window_N2	Door_N1	Window_N3	Door_S1	Window_S1	Window_S2
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Window	Window	Door	Window	Door	Window	Window
Construction Name		Uwinst_0_95	Uwinst_0_95	Uwinst_0_91	Uwinst_0_91	Uwinst_1_17	Uwinst_1_17	Exterior Door	Uwinst_1_17	Exterior Door	Uwinst_0_95	Uwinst_0_95
Building Surface Name		Surface_E2	Surface_E3	Surface_E4	Surface_E4	Surface_N1	Surface_N2	Surface_N2	Surface_N2	Surface_S1	Surface_S1	Surface_S1
Outside Boundary Condition Object												
View Factor to Ground												
Frame and Divider Name												
Multiplier												
Number of Vertices												
Vertex 1 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	10.85	7.7750000E+00	5.1750000E+00	1.7000000E+00	4.0100000E+00	8.0000000E-01	2.6400000E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	5.8000000E+00	9.08	11.48	13.88	15.68	15.68	15.68	15.68	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.3	2.7	2.3	2.7	2.7
Vertex 2 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	10.85	7.7750000E+00	5.1750000E+00	1.7000000E+00	4.0100000E+00	8.0000000E-01	2.6400000E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	5.8000000E+00	9.08	11.48	13.88	15.68	15.68	15.68	15.68	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15
Vertex 2 Z-coordinate	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	1.2	1.2
Vertex 3 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	10.45	7.3750000E+00	3.6750000E+00	1.3000000E+00	5.5100000E+00	1.6000000E+00	3.4400000E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	6.6000000E+00	9.88	12.48	14.88	15.68	15.68	15.68	15.68	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15
Vertex 3 Z-coordinate	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	1.2	1.2
Vertex 4 X-coordinate	m	12.15	12.15	12.15	12.15	10.45	7.3750000E+00	3.6750000E+00	1.3000000E+00	5.5100000E+00	1.6000000E+00	3.4400000E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	6.6000000E+00	9.88	12.48	14.88	15.68	15.68	15.68	15.68	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15	-3.55271368E-15
Vertex 4 Z-coordinate	m	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.3	2.7	2.3	2.7	2.7



Εικόνα 4.39: Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και εξωτερικών πορτών Fenestration Surface: Detailed– IDF editor

4.5.2 ΡΗΡΡ

Ο προσδιορισμός των ενεργειακών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων διενεργείται στο φύλλο εργασίας **Συστήματα** και στο φύλλο εργασίας **Κουφώματα**. Στο πρώτο, ορίζονται βασικά ενεργειακά χαρακτηριστικά, τα οποία στην συνέχεια χρησιμοποιούνται στο δεύτερο.

4.5.2.1 Φύλλο εργασίας Συστήματα Παθητικού κτιρίου (Passive House Components)

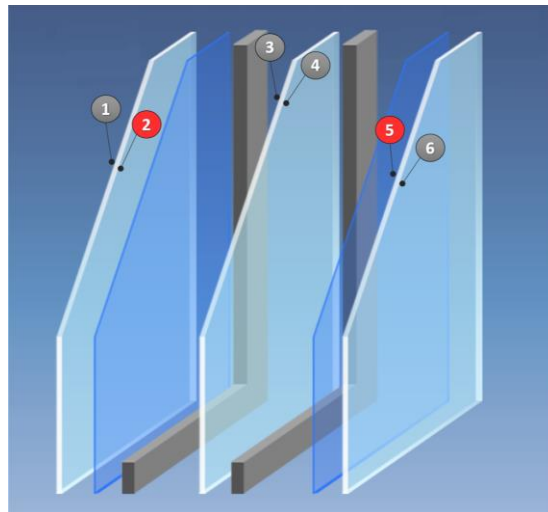
Σε αυτό το φύλλο εργασίας, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά σε μορφή πινάκων τα δεδομένα για το σύνολο των στοιχείων που απαρτίζουν το Παθητικό κτίριο, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων κατασκευής του αδιαφανούς περιβλήματος του κτιρίου, των υαλοπινάκων, των πλαισίων των παραθύρων και των μονάδων μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας (HRV units). Τα "εξαρτήματα" αυτά του κτιρίου στο φύλλο εργασίας Συστήματα, μπορούν να επιλεγούν και να επεξεργαστούν στα αντίστοιχα πεδία των φύλλων εργασίας Επιφάνειες, Κουφώματα, Αερισμός, Πρόσθετος Αερισμός. Σε αυτήν την ενότητα, επεξηγούνται περαιτέρω τα πεδία που αφορούν τους υαλοπίνακες και τα πλαίσια κουφωμάτων, καθώς και τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων σε αυτά.

Υάλωση (Glazing)

Τα χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα (U_g και g -value) εξαρτώνται από τον τύπο του και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Για το Παθητικό κτίριο γραφείων επιλέχθηκαν τριπλοί υαλοπίνακες,

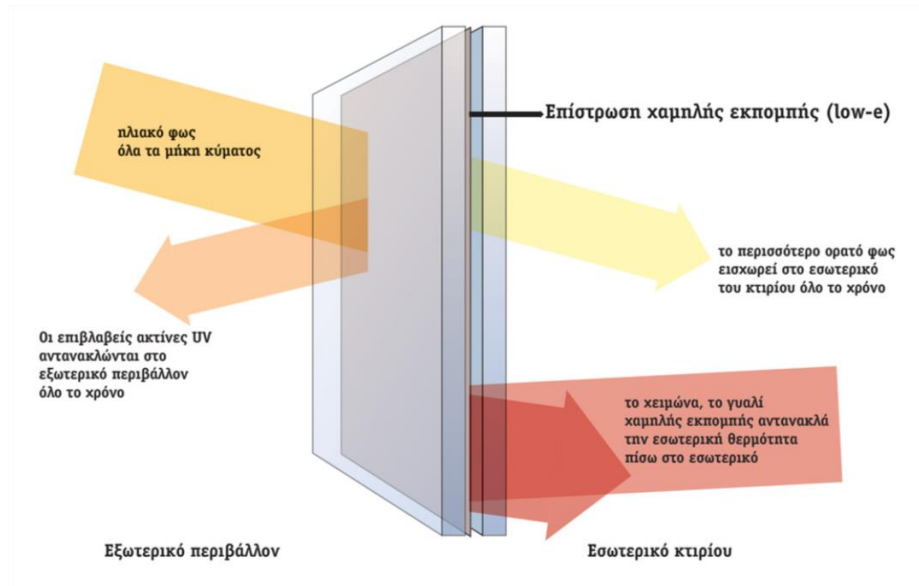
ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν χαμηλότερος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U_g του "τζαμιού" (Glazing) του κουφώματος. Ο συγκεκριμένος τριπλός υαλοπίνακας (4:18:4:18:4) αποτελείται από:

- 4mm τζάμι με επίστρωση low-e στην εσωτερική του πλευρά (πλευρά 2)
- 18mm διάκενο με αέριο Αργό (Argon 90%)
- 4mm τζάμι
- 18mm διάκενο με αέριο Αργό (Argon 90%)
- 4mm τζάμι με επίστρωση low-e στην εσωτερική του πλευρά (πλευρά 5)



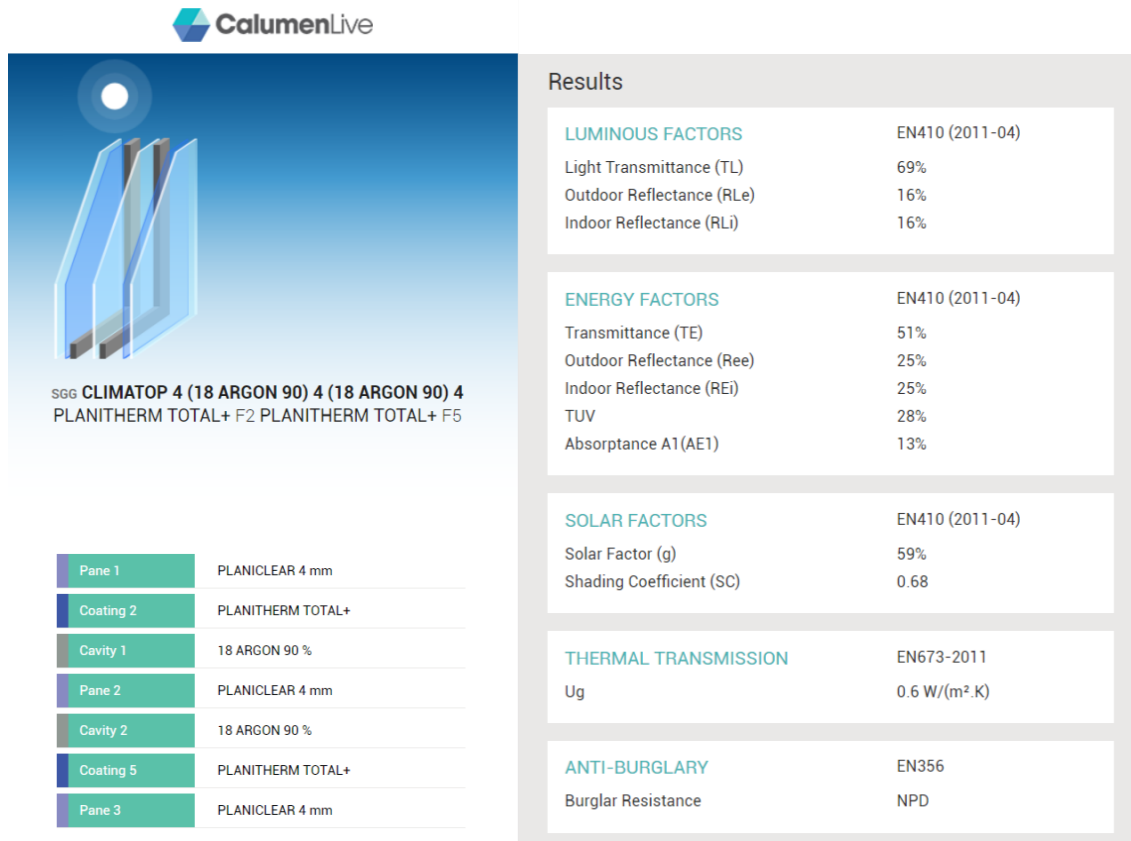
Εικόνα 4.40: Η διατομή του τριπλού υαλοπίνακα. Στις επιφάνειες 2 και 5 τοποθετείται επίστρωση χαμηλής εκπομπής (low-e coating)

Η πλήρωση του διακένου μεταξύ των υαλοπινάκων με αέριο χαμηλής αγωγιμότητας, όπως το Αργό ή το Κρυπτό, σε ατμοσφαιρική πίεση βελτιώνει την απόδοση του παραθύρου, μειώνοντας σημαντικά την μεταφορά θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου. Είναι αδρανή, μη τοξικά αέρια και χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδυασμό με επικαλύψεις χαμηλής εκπομπής (low-emissivity ή low-e coating). Το τζάμι με επίστρωση χαμηλής εκπομπής, προστατεύει από την είσοδο της επιβλαβούς υπεριώδους ακτινοβολίας και συνεισφέρει στον έλεγχο της υπέρυθρης ακτινοβολίας (ακτινοβολούμενης θερμότητας) που εισέρχεται στον χώρο ή εξέρχεται από αυτόν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον χειμώνα να αποτρέπεται η διαφυγή της θερμότητας στο κρύο εξωτερικό περιβάλλον μέσω των υαλοπινάκων, ενώ το καλοκαίρι να αποτρέπεται η είσοδος της θερμότητας στο εσωτερικό περιβάλλον διατηρώντας το δροσερό.



Εικόνα 4.41: Η επίστρωση χαμηλής εκπομπής (low-e coating) διατηρεί το εσωτερικό του κτιρίου θερμό τους χειμερινούς μήνες και ψυχρό τους θερινούς μήνες [38]

Χάρη σε αυτή την κατασκευή επιτυγχάνεται συντελεστής θερμικής διαπερατότητας $U_g = 0,6$ $[W/m^2K]$ και ηλιακός συντελεστής $g = 59\%$, όπως προκύπτει μέσω του CalumenLive [39], το οποίο προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα με βάση τον τύπο του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός), τα είδη των επιστρώσεων και τις επιφάνειες στις οποίες αυτές τοποθετούνται, σύμφωνα με τα πρότυπα EN410 and EN673 [40]. Οι τιμές U_g και g -value των πιστοποιημένων υαλοπινάκων για Παθητικά κτίρια κυμαίνονται σε αυτά τα επίπεδα.



Εικόνα 4.42: Τα χαρακτηριστικά του τριπλού υαλοπίνακα όπως προκύπτουν από το CalumenLive

Η πόρτες επιλέγεται να οριστούν σε αυτό το πεδίο του PHPP που εισάγονται τα διαφανή στοιχεία, με την διαφορά ότι το g-value θεωρείται ίσο με 0, εφόσον οι πόρτες αποτελούν μη διαφανή στοιχεία που δεν επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας.

Υαλοπίνακες		Υαλοπίνακες	
Προτεινόμενος τύπος υαλοπίνακα για την έναρξη του σχεδιασμού: Διπλός υαλοπίνακας υψηλής θερμομονωτικής προστασίας (Παρακαλώ αναλογιστείτε το κριτήριο άνεσης!)			
ID	Περιγραφή	Τιμή-g	Τιμή-U _g W/(m²K)
01ud	Window Glazing (4:18:4:18:4)	0.59	0.60
02ud	Door	0.00	0.60
03ud		0.00	0.00
04ud		0.00	0.00
05ud		0.00	0.00
06ud		0.00	0.00
07ud		0.00	0.00
08ud		0.00	0.00
09ud		0.00	0.00
10ud		0.00	0.00

Εικόνα 4.43: Ενεργειακά χαρακτηριστικά υαλοπίνακα κουφώματος - φύλλο εργασίας Συστήματα (Components) – PHPP

Πλαίσια κουφωμάτων (Window frames)

Σε αυτόν τον πίνακα προσδιορίζονται δεδομένα που αφορούν τα πλαίσια των κουφωμάτων (window frames). Δηλαδή, εισάγονται για κάθε μία από τις τέσσερις πλευρές (left, right, bottom, above) ενός παραθύρου ή πόρτας:

- Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U_f του πλαισίου (frame) του κουφώματος (**U_f -value**)
- Το πλάτος του πλαισίου που χρησιμοποιείται (**Frame width**) στα κουφώματα. Ισούται με 0,11m για όλα τα πλαίσια. Ειδικά, όμως, για τις δίφυλλες ανοιγόμενες μπαλκονόπορτες στον πρώτο όροφο, το πάχος του πλαισίου κάθε φύλλου είναι μειωμένο στην δεξιά πλευρά του αριστερού φύλλου (frame width right =0,08m) και στην αριστερή πλευρά του δεξιού φύλλου (frame width left =0,08m).
- Οι τιμές του συντελεστή γραμμικής απώλειας θερμότητας Ψ -value, λόγω του αποστάτη (**θερμογέφυρα του αποστάτη: Ψ -glazing edge**) και λόγω της τοποθέτησης (εγκατάστασης) του κουφώματος (**θερμογέφυρα τοποθέτησης: Ψ -installation**). Οι συνήθεις τιμές που καλύπτουν τις περισσότερες περιπτώσεις, όπως και στο συγκεκριμένο Παθητικό κτίριο γραφείων, είναι $\Psi_{glazing\ edge} = 0,04$ [W/mK] και $\Psi_{installation} = 0,04$ [W/mK], εφόσον ο αποστάτης επιλέγεται να είναι πλαστικός και η τοποθέτηση του κουφώματος γίνεται με εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών (π.χ. τοποθέτηση κουφώματος πάνω στην μόνωση).

Οι παραπάνω τιμές, τόσο για τα χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα όσο και για τα χαρακτηριστικά του πλαισίου, δίνονται από τον κατασκευαστή των κουφωμάτων, που τηρούν τις προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης που έχουν επιλεγεί για το εκάστοτε κτίριο.

Πλαίσια κουφωμάτων					Πλαίσια κουφωμάτων														
ID	Περιγραφή	Τιμή- U_f				Πλάτος πλαισίου				Θερμογέφυρα αποστάτη				Θερμογέφυρα τοποθέτησης				Προσφίξεις πετασμάτων: Τιμή- χ_{GC} Glass carrier W/K	
		αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω	αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω	$\Psi_{καταστάτης}$ αριστερά	$\Psi_{καταστάτης}$ δεξιά	$\Psi_{καταστάτης}$ κάτω	$\Psi_{καταστάτης}$ πάνω	$\Psi_{καταστάτης}$ αριστερά	$\Psi_{καταστάτης}$ δεξιά	$\Psi_{καταστάτης}$ κάτω	$\Psi_{καταστάτης}$ πάνω		
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)		
01ud	PH-Frames	0.80	0.80	0.80	0.80	0.110	0.110	0.110	0.110	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.000
02ud	Door left part	0.80	0.80	0.80	0.80	0.110	0.080	0.110	0.110	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.000
03ud	Door right part	0.80	0.80	0.80	0.80	0.080	0.110	0.110	0.110	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.000
04ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
08ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10ud		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Εικόνα 4.44: Χαρακτηριστικά πλαισίου κουφώματος - φύλλο εργασίας Συστήματα (Components) – RHPP

4.5.2.2 Φύλλο εργασίας Κουφώματα

Τα κουφώματα συμμετέχουν στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου τόσο με θερμικές απώλειες (Q_T) όσο και με Ηλιακά θερμικά κέρδη (Q_S). Οι πόρτες αντιμετωπίζονται ως κουφώματα με βασική διαφορά ότι ο συντελεστής g-value αυτών θεωρείται ίσος με μηδέν, για να μην λαμβάνονται υπόψη τα ηλιακά κέρδη (αδιαφανής πόρτες). Σχετικά με τους υαλοπίνακες των κουφωμάτων, απαιτούνται συγκεκριμένες προδιαγραφές για τα Παθητικά κτίρια, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον. Οι απώλειες θερμότητας από αγωγή εξαλείφονται με την χρήση πλαστικού αποστάτη ανάμεσα στα τζάμια, οι απώλειες από συναγωγή μειώνονται με την προσθήκη ευγενούς αερίου στο διάκενο μεταξύ δύο τζαμιών του υαλοπίνακα, ενώ οι απώλειες από ακτινοβολία ελαχιστοποιούνται με επιλεκτική επίστρωση συγκεκριμένων επιφανειών του υαλοπίνακα για αποφυγή εισόδου ενός ποσοστού της υπέρυθρης και της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς και της υπερθέρμανσης που προκαλεί η ηλιακή ακτινοβολία. Με αυτό τον τρόπο, επιτρέπεται να εισέλθει καθορισμένο ποσοστό ακτινοβολίας στον χώρο των γραφείων διασφαλίζοντας οπτική και θερμική άνεση. Οι διπλοί (U-value $\approx 1-1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) και οι τριπλοί (U-value $\approx 0,6-0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) υαλοπίνακες με τις παραπάνω προδιαγραφές αποτελούν επιλογές που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο Παθητικό κτίριο στην Ελλάδα.

Οι υαλοπίνακες, ως διαφανή κατασκευαστικά στοιχεία που επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, συνεισφέρουν στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου τόσο με ηλιακά θερμικά κέρδη, όσο και με απώλειες από μετάδοση θερμότητας σε συνδυασμό με το πλαίσιο του κουφώματος, αφού αποτελούν στοιχεία του θερμικού φακέλου του κτιρίου με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας U-value. Ο συντελεστής U-value του εγκατεστημένου κουφώματος (window) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των απωλειών μετάδοσης και υπολογίζεται σε $[\text{W/m}^2\text{K}]$ με την ακόλουθη σχέση:

$$U_{w_{\text{installed}}} = \frac{U_g A_g + U_f A_f + \Psi_g l_g + \Psi_{\text{install}} l_{\text{install}}}{A_g + A_f} = \frac{U_g A_g + U_f A_f + \Psi_g l_g + \Psi_{\text{install}} l_{\text{install}}}{A_w}$$

Όπου,

$U_g [\text{W/m}^2\text{K}]$: συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του τζαμιού (glass) του υαλοπίνακα

$A_g [\text{m}^2]$: επιφάνεια του τζαμιού του υαλοπίνακα

$U_f [\text{W/m}^2\text{K}]$: συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πλαισίου (frame) του κουφώματος

$A_f [\text{m}^2]$: επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος

$\Psi_g [\text{W/mK}]$: η τιμή της γραμμικής θερμογέφυρας του αποστάτη, στο σημείο σύνδεσης του τζαμιού και του πλαισίου του κουφώματος (glazing edge)

l_g [m]: μήκος της γραμμικής θερμογέφυρας Ψ_g περιμετρικά του τζαμιού του κουφώματος

$\Psi_{install}$ [W/mK]: θερμογέφυρα τοποθέτησης (installation) του κουφώματος στο άνοιγμα του τοίχου

$l_{install}$ [m]: μήκος της θερμογέφυρας τοποθέτησης $\Psi_{install}$ περιμετρικά του κουφώματος

A_w [m²] = $A_g + A_f$: συνολική επιφάνεια κουφώματος (window)

Απώλειες από μετάδοση θερμότητας σε κούφωμα

Στο PHPP εισάγονται στο φύλλο Components (Συστήματα) οι παραπάνω παράμετροι που έχουν υπολογιστεί από τον κατασκευαστή και υπολογίζεται το ζητούμενο $U_{w,installed}$ για κάθε παράθυρο στο φύλλο Windows (Κουφώματα). Με αυτόν τον τρόπο, στη συνέχεια εκτιμώνται σε κιλοβατώρες τον χρόνο [kWh/a] οι απώλειες από μετάδοση θερμότητας Q_T καθώς και τα θερμικά ηλιακά κέρδη Q_s λόγω των κουφωμάτων ($f_t=1$).

$$Q_T = A_w \cdot U_{w,installed} \cdot G_t$$

Βαθμολογία [κΚΑ]				Καθαρό άνοιγμα κουφωμάτων		Τοποθετημένο σε	Υαλοπινάκας	Πλαίσιο	Τιμή g	Τιμή U	Ψ Αποσάφηση	Κατάσταση εγκατάστασης της καθορισμένη από το χρήστη για $\Psi_{wall,door,glaz}$				Αποτελέσματα					
Προ-ε-πτα	Περιγραφή	Απόκλιση από βορρά	Γωνία απόκλισης από το οριζόντιο επίπεδο	Πλάτος	Ύψος	Επιλογή από το φύλλο εργασιών Επιφανείας	Επιλογή από το φύλλο εργασιών Συστήματα	Επιλογή από το φύλλο εργασιών Επιστρώσεων	Κάθετη ακτινική αδιαφάνεια	Υαλοπινάκας	Πλαίσιο (μέσο)	$\Psi_{wall,door,glaz}$ (μέσο)	οριζόντιο	έξω	κόψιμο	πίσω	$\Psi_{wall,door,glaz}$ (μέσο)	Επιφάνεια Κουφώματος	Επιφάνεια Υαλοπινάκας	U τοποθετημένο	Αναλογία υαλοπινάκας ανά κούφωμα
				m	m		1-Sorting: LIKE LIST	1-Sorting: LIKE LIST	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	m ²	m ²	W/m ² K	%	
1	Door_03_E	50.7	90	Ανατολή	1.500	2.100	2 Wall_03_E	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	3.2	2.41	0.82	76%
1	Door_03_W	230.7	90	Δύση	1.504	2.100	7 Wall_03_W	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	3.2	2.41	0.82	76%
1	Win_05_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	2 Wall_05_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_05_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	3 Wall_05_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_04_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	3 Wall_04_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_012_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	4 Wall_012_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_011_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	4 Wall_011_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_010_S	140.7	90	Νότιος	0.800	1.500	4 Wall_010_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_09_S	140.7	90	Νότιος	0.800	1.500	5 Wall_09_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_08_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	5 Wall_08_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_07_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	5 Wall_07_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_010_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	6 Wall_010_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_09_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	6 Wall_09_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_08_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	6 Wall_08_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_07_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	7 Wall_07_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_06_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	7 Wall_06_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_05_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	8 Wall_05_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_04_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	8 Wall_04_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_03_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	9 Wall_03_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_02_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	9 Wall_02_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Door_02_E	50.7	90	Ανατολή	0.750	2.300	17 Wall_02_E	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	0	1	1	1	0.040	1.7	1.16	0.88	68%
1	Door_01_E	50.7	90	Ανατολή	0.750	2.300	17 Wall_01_E	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	1	0	1	1	0.040	1.7	1.16	0.88	68%
1	Door_02_W	230.7	90	Δύση	0.752	2.300	22 Wall_02_W	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	0	1	1	1	0.040	1.7	1.17	0.88	68%
1	Door_01_W	230.7	90	Δύση	0.752	2.300	22 Wall_01_W	02ud Door	0	0.60	0.80	0.040	1	0	1	1	0.040	1.7	1.17	0.88	68%
1	Win_03_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	17 Wall_03_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_02_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	18 Wall_02_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_01_E	50.7	90	Ανατολή	0.400	1.500	19 Wall_01_E	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.6	0.23	1.17	38%
1	Win_06_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	19 Wall_06_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_05_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	19 Wall_05_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_04_S	140.7	90	Νότιος	0.800	1.500	19 Wall_04_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_03_S	140.7	90	Νότιος	0.800	1.500	20 Wall_03_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_02_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	20 Wall_02_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_01_S	140.7	90	Νότιος	1.000	1.500	20 Wall_01_S	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.5	1.00	0.91	67%
1	Win_05_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	21 Wall_05_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_04_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	21 Wall_04_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_03_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	21 Wall_03_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_02_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	22 Wall_02_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_01_W	230.7	90	Δύση	0.800	1.500	22 Wall_01_W	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	1.2	0.74	0.95	62%
1	Win_01_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	24 Wall_01_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_04_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	23 Wall_04_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_03_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	23 Wall_03_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%
1	Win_02_N	320.7	90	Βορράς	1.000	0.400	24 Wall_02_N	01ud Window Glazing (4 18.4 18.6)	0.59	0.60	0.80	0.040	1	1	1	1	0.040	0.4	0.14	1.20	35%

Εικόνα 4.45: Χαρακτηριστικά Κουφωμάτων - φύλλο εργασίας Κουφώματα (Windows) – PHPP

Για κάθε κούφωμα ή πόρτα εισάγονται τα παρακάτω δεδομένα:

- **Περιγραφή:** όπου καθορίζεται το χαρακτηριστικό όνομα της υπό-επιφάνειας (Door_03_E, Door_03_W, Win_06_E)
- **Προσανατολισμός:** ο προσανατολισμός της υπό-επιφάνειας. Αυτός είναι ίδιος με της επιφάνειας (Area) στην οποία βρίσκεται η πόρτα ή το παράθυρο και προκύπτει από την απόκλιση από τον πραγματικό Βορρά (**Deviation from North**) και την γωνία κλίσης σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (**Angle of inclination from the horizontal**) της επιφάνειας, όπως έχουν καθοριστεί στο φύλλο εργασίας **Επιφάνειες**. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται αυτόματα ανάλογα με την επιφάνεια στην οποία βρίσκεται το παράθυρο ή η πόρτα.
- **Καθαρό άνοιγμα κουφωμάτων (Πλάτος/Υψος):** οι διαστάσεις της υπό-επιφάνειας. Αφορούν τις εξωτερικές διαστάσεις των ανοιγμάτων που γίνονται στους τοίχους προκειμένου να τοποθετηθούν τα κουφώματα και εξάγονται μέσω του DesignPH αυτόματα στο PHPP
- Η **επιφάνεια** από το φύλλο εργασίας **Επιφάνειες** (Wall_04_E, Wall_03_W) στην οποία είναι τοποθετημένη η συγκεκριμένη υπό-επιφάνεια (πόρτα ή παράθυρο). Αυτό το δεδομένο προσδιορίζεται αυτόματα με βάση τον σχεδιασμό του κτιρίου στο DesignPH
- **Υαλοπίνακας/Πλαίσιο:** επιλέγεται ο τύπος της υάλωσης (**Glazing**) και ο τύπος του πλαισίου (**Frame**) της υπό-επιφάνεια. Με αυτόν το τρόπο εισάγονται αυτόματα από τον φύλλο εργασίας Συστήματα (**Components**) όπως έχουν οριστεί από τον χρήστη, οι τιμές **g-value** και **U_g** για την υάλωση, καθώς και οι τιμές **U_f**, **Ψ-glazing edge** του αποστάτη και **Ψ-installation** για το πλαίσιο.
- **Κατάσταση εγκατάστασης (αριστερά, δεξιά, κάτω, πάνω):** ο συντελεστής εγκατάστασης για κάθε πλευρά της υπό-επιφάνειας (αριστερή, δεξιά, κάτω, πάνω), ο οποίος έχει τιμή 1 εάν η πλευρά της υπό-επιφάνειας βρίσκεται σε επαφή με το κέλυφος του κτιρίου ή τιμή 0 εάν η πλευρά βρίσκεται σε επαφή με κάποια πλευρά κουφώματος ή πόρτας. Ουσιαστικά αποτελεί έναν δείκτη για το εάν θα ληφθεί υπόψιν (τιμή 1) η θερμογέφυρα τοποθέτησης Ψ-installation ή θα αμεληθεί (τιμή 0). Στο Παθητικό κτίριο γραφείων που σχεδιάστηκε όλα τα κουφώματα και οι πόρτες βρίσκονται σε επαφή με το κέλυφος του κτιρίου, οπότε ορίζεται τιμή 1, εκτός από τις περιπτώσεις των εσωτερικών πλευρών των δίφυλλων ανοιγόμενων πορτών, όπου εισάγεται τιμή 0 για την δεξιά πλευρά του αριστερού φύλλου και για την αριστερή πλευρά του δεξιού φύλλου, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους.

Με βάση τα εισαγόμενα δεδομένα, υπολογίζονται ως αποτελέσματα τα εξής:

- **Επιφάνεια κουφώματος [m²]:** η συνολική επιφάνεια του κουφώματος/πόρτας
- **Επιφάνεια υαλοπίνακα [m²]:** η συνολική επιφάνεια της υάλωσης (τζαμιού) του κουφώματος
- **U_winstalled [W/m²K]:** ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εγκατεστημένου κουφώματος /πόρτας. Κατά τον υπολογισμό αυτού του συντελεστή, στον αριθμητή του κλάσματος προστίθεται ο όρος $\Psi_{\text{Installation}} \cdot I_{\text{Installation}}$, ώστε να ληφθεί υπόψιν η θερμογέφυρα που

δημιουργείται περιμετρικά του κουφώματος, λόγω της τοποθέτησής του στον άνοιγμα του τοίχου.

- **Αναλογία υαλοπίνακα ανά κούφωμα [%]:** το ποσοστό της επιφάνειας της υάλωσης ως προς την συνολική επιφάνεια του κουφώματος
- **Ενεργειακό ισοζύγιο κουφώματος [kWh/a]:** Ηλιακά θερμικά κέρδη (Q_s) – Θερμικές απώλειες μετάδοσης (Q_T)

Θερμικά ηλιακά κέρδη από το κούφωμα (Solar Heat gains)

Τα ηλιακά θερμικά κέρδη υπολογίζονται με την εφαρμογή της εξής σχέσης:

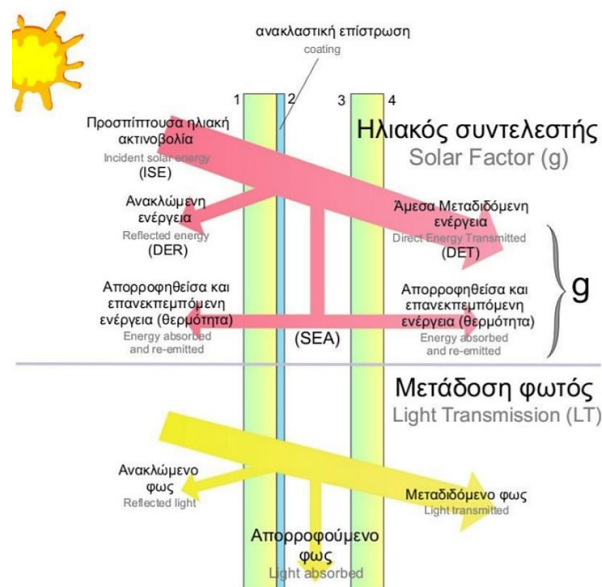
$$Q_s = A_w \cdot r \cdot g \cdot G$$

Όπου,

r: ο συντελεστής μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας (αδιάστατο μέγεθος) που προκύπτει από το γινόμενο των ποσοστών της σκίασης, της σκόνης, της ανακλαστικότητας και του ποσοστού γυαλιού του κουφώματος:

r (solar irradiation reduction factor) = shading · dirt · reflection · glass %

g: ο ηλιακός συντελεστής (g-value η SHGC) δείχνει το ποσοστό της συνολικής ηλιακής ενέργειας που περνάει τόσο άμεσα όσο και έμμεσα μέσω του υαλοπίνακα, προς τον εσωτερικό χώρο, σε σχέση με τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει πάνω και αποτυπώνεται ποσοστιαία (επί της %). Όσο μικρότερο είναι αυτό το ποσοστό τόσο το καλύτερο για τις κλιματολογικές συνθήκες στην Ελλάδα και τα θερμά καλοκαίρια.



Εικόνα 4.46: ο ηλιακός συντελεστής (g-value ή SHGC) [41]

G: annual global irradiation σε [kWh/m²a] είναι η μέση ολική ακτινοβολία από τον ουρανό που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια στο έδαφος. Περιλαμβάνει τόσο την άμεση ηλιακή ακτινοβολία όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία που προκύπτει από το ανακλώμενο ή διάσπαρτο ηλιακό φως

Κουφώματα

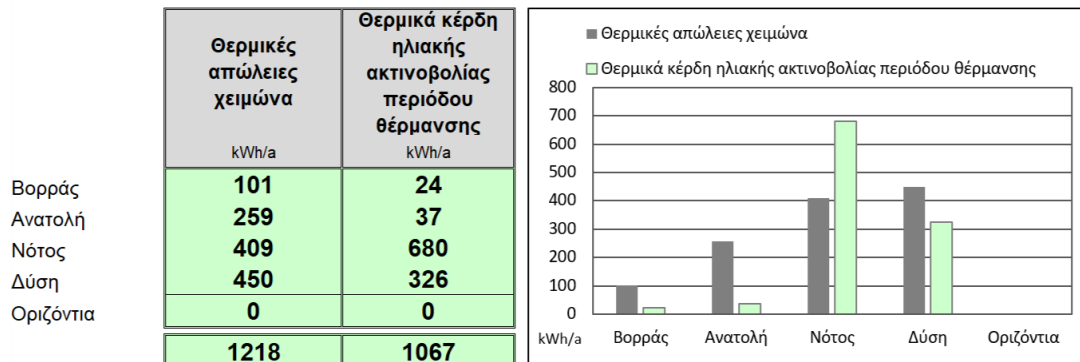
Passive House Office / Κλίμα: Athen / TFA: 321 m² / Θέρμανση: 3.2 kWh/(m²a) / Ψύξη: 13.7 kWh/(m²a) / ΠΕ Av.: 3.3 kWh/(m²a)

Προσανατολισμός επιφάνειας κουφωμάτων	Ολική ακτινοβολία (κύριο προσανατολισμοί)	Σκίαση	Σκόνη	Μη κατακόρυφη πρόσπτωση ακτινοβολίας	Αναλογία υαλοπινάκων	Τιμή-g	Μειωτικός συντελεστής ακτινοβολήσης	Επιφάνεια κουφώματος	Τιμή-U κουφώματος	Επιφάνεια υαλοπινάκων	Μέση ολική ακτινοβολία
Τυπικές τιμές →		0.75	0.95	0.85				m ²	W/(m ² K)	m ²	kWh/(m ² a)
Βορράς	60	0.57	0.95	0.85	0.35	0.59	0.16	3.20	1.20	1.12	77
Ανατολή	149	0.66	0.95	0.85	0.60	0.13	0.32	10.20	0.96	6.12	84
Νότος	305	0.50	0.95	0.85	0.65	0.59	0.26	16.80	0.92	10.96	263
Δύση	155	0.38	0.95	0.85	0.65	0.36	0.20	18.62	0.92	12.18	244
Οριζόντια	242	1.00	0.95	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	242
Συνολική ή μέση τιμή για όλα τα κουφώματα.						0.41	0.24	48.82	0.95	30.37	

Εικόνα 4.47: Υπολογισμός ηλιακών κερδών από κουφώματα - φύλλο εργασίας Κουφώματα (Windows) – PHPP

Ενεργειακό ισοζύγιο κουφωμάτων

Στο πάνω μέρος του φύλλου εργασίας Κουφώματα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά το ενεργειακό ισοζύγιο (κέρδη και απώλειες) για όλα τα κουφώματα με βόρειο, ανατολικό, νότιο και δυτικό προσανατολισμό.



Εικόνα 4.48: Απώλειες και κέρδη κουφωμάτων - φύλλο εργασίας Κουφώματα (Windows) – PHPP

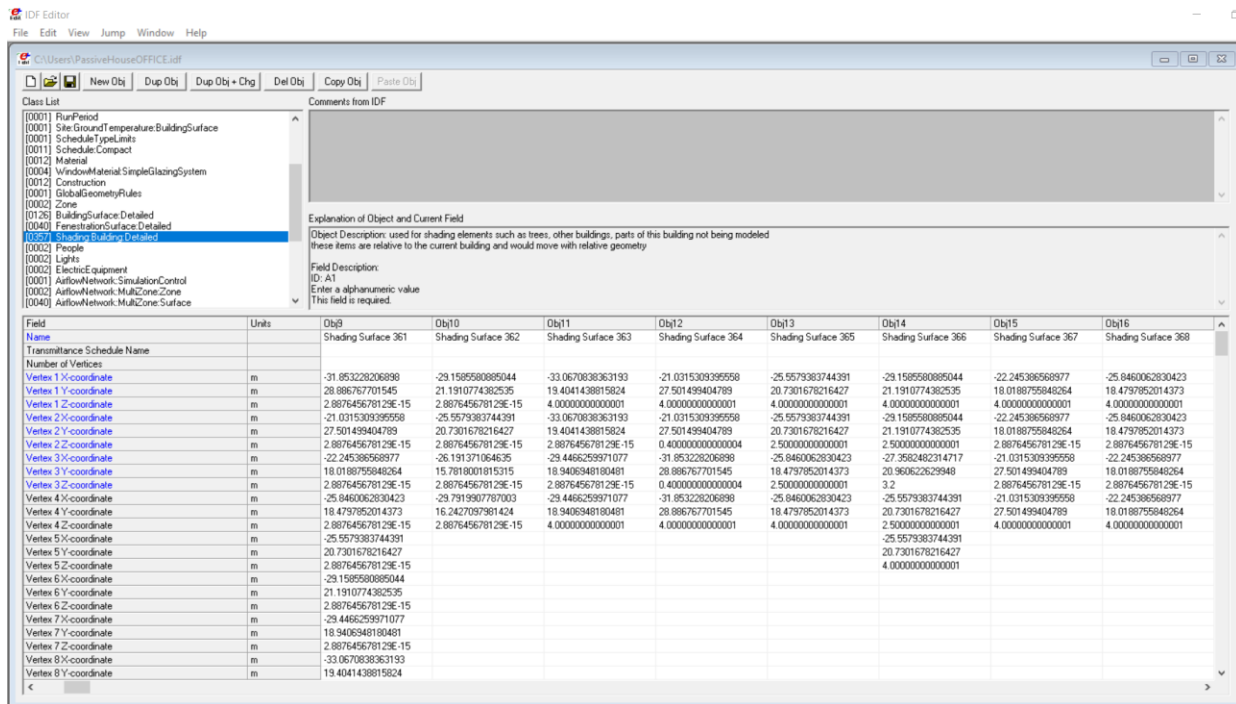
4.6 Υπολογισμός Σκίασης

4.6.1 EnergyPlus – Shading: Building: Detailed

Η κλάση **Shading: Building: Detailed** αξιοποιείται για τον προσδιορισμό στοιχείων, εξωτερικά του κτιρίου, που προσφέρουν σκίαση, όπως ο πρόβολος περιμετρικά του κτιρίου και η προεξοχή της στέγης στην περίπτωση του Παθητικού γραφείου. Σε αυτήν την κλάση ο χρήστης δεν συμπληρώνει κάποιο στοιχείο, αφού τα πεδία συμπληρώνονται αυτόματα μέσω του OpenStudio Plug-in κατά την σχεδίαση του κτιρίου στο SketchUp.

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left has 'Shading: Building: Detailed' selected. The main window displays the 'Explanation of Object and Current Field' for this class, including an object description and field description. Below this, a table lists the properties for various shading surfaces.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		Shading Surface 1	Shading Surface 10	Shading Surface 11	Shading Surface 2	Shading Surface 3	Shading Surface 358	Shading Surface 359	Shading Surface 360	Shading Surface 360
Transmittance Schedule Name										
Number of Vertices										
Vertex 1 X-coordinate	m	18.3630085303935	18.3630085303935	7.18800853039348	4.41300853039349	18.3630085303935	-31.853228206898	-22.245385658977	-29.4466259971077	
Vertex 1 Y-coordinate	m	10.2901202350285	29.5701202350285	29.5701202350285	12.0901202350285	10.2901202350285	28.886767701545	18.0188755840264	18.9406948180481	
Vertex 1 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	7	7	4.00000000000001	4.00000000000001	4.00000000000001	
Vertex 2 X-coordinate	m	18.3630085303935	18.3630085303935	7.18800853039348	4.4130085303935	18.3630085303935	-31.853228206898	-21.0315903995958	-29.4466259971077	
Vertex 2 Y-coordinate	m	29.5701202350285	29.5701202350285	29.5701202350285	12.0901202350284	27.7701202350285	28.886767701545	27.501459404789	18.9406948180481	
Vertex 2 Z-coordinate	m	3.5	3.3	3.3	6.8	7	2.887645678129E-15	4.00000000000001	2.50000000000001	
Vertex 3 X-coordinate	m	7.18800853039348	7.18800853039348	7.18800853039348	4.41300853039349	16.5630085303935	-33.0670838363193	-31.853228206898	-29.1589580885044	
Vertex 3 Y-coordinate	m	29.5701202350285	29.5701202350285	27.7701202350285	10.2901202350285	27.7701202350285	19.4041438815824	28.886767701545	21.1910774382535	
Vertex 3 Z-coordinate	m	3.5	3.3	3.3	6.8	7	2.887645678129E-15	4.00000000000001	2.50000000000001	
Vertex 4 X-coordinate	m	7.18800853039348	7.18800853039348	7.18800853039348	4.41300853039349	16.5630085303935	-33.0670838363193	-33.0670838363193	-29.1589580885044	
Vertex 4 Y-coordinate	m	27.7701202350285	29.5701202350285	27.7701202350285	10.2901202350285	12.0901202350285	19.4041438815824	19.4041438815824	21.1910774382535	
Vertex 4 Z-coordinate	m	3.5	3.5	3.5	7	7	4.00000000000001	4.00000000000001	4.00000000000001	
Vertex 5 X-coordinate	m	16.5630085303935				4.41300853039349			-29.4466259971077	
Vertex 5 Y-coordinate	m	27.7701202350285				12.0901202350285			18.9406948180481	
Vertex 5 Z-coordinate	m	3.5				7			4.00000000000001	
Vertex 6 X-coordinate	m	16.5630085303935				4.41300853039349			-29.1589580885044	
Vertex 6 Y-coordinate	m	12.0901202350285				10.2901202350285			21.1910774382535	
Vertex 6 Z-coordinate	m	3.5				7			4.00000000000001	
Vertex 7 X-coordinate	m	4.41300853039349							-25.579383744391	
Vertex 7 Y-coordinate	m	12.0901202350285							20.7301678216427	
Vertex 7 Z-coordinate	m	3.5							4.00000000000001	
Vertex 8 X-coordinate	m	4.41300853039349							-25.5460932930423	
Vertex 8 Y-coordinate	m	10.2901202350285							18.4797852014373	



Εικόνα 4.49: Χαρακτηριστικά επιφανειών σκίασης Shading:Building:Detailed – IDF editor

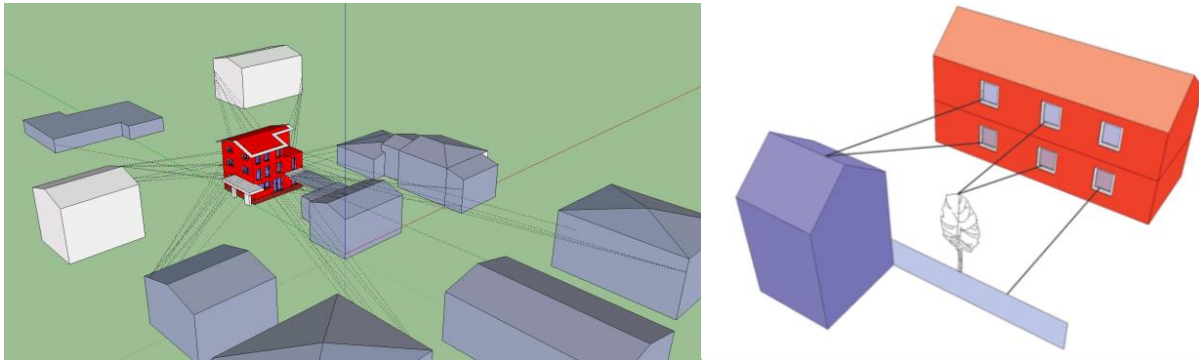
4.6.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Σκίαση

Σε αυτό το φύλλο εργασίας υπολογίζεται ένας συνολικός μειωτικός συντελεστής σκίασης r_s για τις επιφάνειες των υαλοπινάκων:

$$r_s = r_H \cdot r_R \cdot r_O \cdot r_{other}$$

με βάση τους παρακάτω συντελεστές:

- r_H : συντελεστής σκίασης λόγω εμπόδιου με σημαντικό μήκος στην οριζόντια διεύθυνση, σε απόσταση από το κούφωμα (π.χ. βουνό, σειρά κτιρίων, σειρά δέντρων)
- r_R : κατακόρυφος συντελεστής σκίασης, κάθετες προεξοχές στις πλευρές (αριστερά και δεξιά) του κουφώματος
- r_O : οριζόντιος συντελεστής σκίασης, οριζόντιες προεξοχές στην πάνω πλευρά του κουφώματος (π.χ. μπαλκόνια)
- r_{other} : πρόσθετοι συντελεστές σκίασης, οι οποίοι διαφέρουν τον χειμώνα και το καλοκαίρι και υπολογίζονται μέσω των αλγορίθμων του DesignPH αυτόματα



Εικόνα 4.50: Τρόπος υπολογισμού πρόσθετων συντελεστών σκίασης για τα κουφώματα – DesignPH plugin [42]

Με αυτούς του συντελεστές, ουσιαστικά, μειώνεται το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που καταλήγει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα, λόγω γειτονικών εμποδίων στην ευρύτερη περιοχή του κτιρίου (γειτονικά κτίρια και δέντρα) ή λόγω του ίδιου του κτιρίου (μπαλκόνι, προεξοχή στέγης, εσοχή παραθύρου). Το τελευταίο αποτελεί μια ιδιαίτερα χρήσιμη δυνατότητα που δίνεται από το DesignPH και κατά επέκταση από το PHPP, αφού λαμβάνεται υπόψιν ότι τα κουφώματα δεν βρίσκονται στην ίδια ευθεία με τον τοίχο, αλλά στην περίπτωση μας είναι τοποθετημένα 10cm προς τα μέσα. Αυτή η εσοχή που δημιουργείται περιμετρικά του παραθύρου, επιδρά στην σκίαση του υαλοπίνακα και δεν αμελείται από την ανάλυση που γίνεται μέσω του PHPP. Συντελεστής σκίασης 100% σημαίνει ότι το κούφωμα δεν είναι σκιασμένο, ενώ συντελεστής σκίασης 0% σημαίνει ότι το κούφωμα είναι εντελώς σκιασμένο.



Εικόνα 4.51: Η εσοχή του παραθύρου όπως σχεδιάζεται μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος DesignPH

Ένα επιπλέον σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η **προσωρινή σκίαση (temporary sun protection)**, καθώς επιδρά στις συνθήκες θερμικής άνεσης το καλοκαίρι. Για

τον υπολογισμό της προσωρινής σκίασης χρησιμοποιείται ένας μειωτικός συντελεστής z για προσωρινή ηλιακή προστασία (reduction factor z), ο οποίος λαμβάνει υπόψιν του τα συστήματα προσωρινής εσωτερικής και εξωτερικής σκίασης των κουφωμάτων, όπως περσίδες, κουρτίνες και τέντες.

Στο συγκεκριμένο κτίριο γραφείων θεωρείται ότι χρησιμοποιείται εσωτερική σκίαση με περσίδες σε όλα τα παράθυρα (τυπική τιμή του μειωτικού συντελεστή για αυτήν την διάταξη και τριπλό υαλοπίνακα είναι $z=60\%$) πλην των φεγγιτών και των πορτών (κούφωμα μη σκιασμένο $z=100\%$). Ταυτόχρονα, για έλεγχο της υπερθέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, χρησιμοποιούνται συστήματα κάθετης εξωτερικής σκίασης με αυτόματο σύστημα ελέγχου, σε όλα τα ανατολικά κουφώματα (East) και στα δυτικά κουφώματα (West) του πρώτου ορόφου (τυπική τιμή μειωτικού συντελεστή σκίασης $z=24\%$). Ο αυτόματος έλεγχος αυτών το συστημάτων είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε μη οικιστικά κτίρια, όπως το κτίριο γραφείων, καθώς ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά φορτία ακόμα και αν απουσιάζουν οι εργαζόμενοι. Οι τυπικές τιμές των συντελεστών έχουν ληφθεί σύμφωνα με το DIN V 18599-2 [43].

Παρά- τητα	Περιγραφή	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός	Πλάτος υαλοπίνακα	Υψος υαλοπίνακα	Επιφάνεια υαλοπίνακα	Πρόσθετος μειωτικός συντελεστής για σκίαση το χειμώνα	Πρόσθετος μειωτικός συντελεστής για σκίαση το καλοκαίρι	Μειωτικός συντελεστής Z για προσωρινή ηλιακή προστασία	Ρυθμιζόμενη / πυλωμένη	Συνολικά για την περίοδο θέρμανσης	Συνολικά για την περίοδο ψύξης	Συνολικά για το φορτίο ψύξης
		[Μοίρες]	[Μοίρες]		w_a [m]	h_a [m]	A_p [m ²]	τ_{winter} [%]	τ_{summer} [%]	z [%]	τ_g [%]	τ_{s1} [%]	τ_{s2} [%]	
1	Door_03_E	51	90	Ανατολή	1.28	1.88	2.4	61%	58%	100%		61%	58%	58%
1	Door_03_W	231	90	Δύση	1.28	1.88	2.4	23%	26%	100%		23%	26%	26%
1	Win_06_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	68%	59%	24%	x	68%	23%	19%
1	Win_05_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	47%	50%	24%	x	47%	20%	16%
1	Win_04_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	47%	51%	24%	x	47%	20%	16%
1	Win_012_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	44%	29%	60%		44%	21%	18%
1	Win_011_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	45%	28%	60%		45%	20%	18%
1	Win_010_S	141	90	Νότος	0.58	1.28	0.7	49%	28%	60%		49%	20%	18%
1	Win_09_S	141	90	Νότος	0.58	1.28	0.7	46%	28%	60%		46%	20%	18%
1	Win_08_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	47%	29%	60%		47%	21%	18%
1	Win_07_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	48%	29%	60%		48%	21%	19%
1	Win_010_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	35%	21%	60%		35%	15%	13%
1	Win_09_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	32%	20%	60%		32%	14%	13%
1	Win_08_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	29%	20%	60%		29%	14%	13%
1	Win_07_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	13%	20%	60%		13%	14%	13%
1	Win_06_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	15%	19%	60%		15%	14%	12%
1	Win_05_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	54%	44%	100%		54%	44%	44%
1	Win_08_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	39%	29%	100%		39%	29%	29%
1	Win_07_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	41%	34%	100%		41%	34%	34%
1	Win_06_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	46%	38%	100%		46%	38%	38%
1	Door_02_E	51	90	Ανατολή	0.56	2.08	1.2	87%	87%	100%		87%	87%	87%
1	Door_01_E	51	90	Ανατολή	0.56	2.08	1.2	86%	86%	100%		86%	86%	86%
1	Door_02_W	231	90	Δύση	0.56	2.08	1.2	52%	38%	100%		52%	38%	38%
1	Door_01_W	231	90	Δύση	0.56	2.08	1.2	52%	38%	100%		52%	38%	38%
1	Win_03_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	79%	81%	24%	x	79%	32%	26%
1	Win_02_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	77%	80%	24%	x	77%	31%	25%
1	Win_01_E	51	90	Ανατολή	0.18	1.28	0.2	78%	80%	24%	x	78%	32%	25%
1	Win_06_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	53%	41%	60%		53%	30%	26%
1	Win_05_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	53%	36%	60%		53%	26%	23%
1	Win_04_S	141	90	Νότος	0.58	1.28	0.7	53%	35%	60%		53%	26%	23%
1	Win_03_S	141	90	Νότος	0.58	1.28	0.7	53%	36%	60%		53%	26%	23%
1	Win_02_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	52%	36%	60%		52%	26%	23%
1	Win_01_S	141	90	Νότος	0.78	1.28	1.0	53%	37%	60%		53%	26%	23%
1	Win_05_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	54%	36%	24%	x	54%	14%	11%
1	Win_04_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	50%	35%	24%	x	50%	14%	11%
1	Win_03_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	49%	32%	24%	x	49%	13%	10%
1	Win_02_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	49%	29%	24%	x	49%	11%	9%
1	Win_01_W	231	90	Δύση	0.58	1.28	0.7	52%	31%	24%	x	52%	12%	10%
1	Win_01_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	73%	69%	100%		73%	69%	69%
1	Win_04_N	321	90	Βορράς	0.78	0.18	0.1	66%	49%	100%		66%	49%	49%

Εικόνα 4.52: Υπολογισμός των συντελεστών σκίασης - φύλλο εργασίας Σκίαση (Shading) – PHPP

4.7 Αερισμός

Ο αερισμός σε ένα Παθητικό κτίριο μπορεί να χωριστεί σε **μηχανικό** και σε **φυσικό** αερισμό. Ο ελεγχόμενος μηχανικός αερισμός πραγματοποιείται μέσω του συστήματος μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας, με το οποίο τροφοδοτείται το εσωτερικό του κτιρίου με την απαραίτητη ποσότητα καθαρού αέρα, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνεται ίση ποσότητα χρησιμοποιημένου αέρα από αυτό. Χάρη στην ύπαρξη του εναλλάκτη θερμότητας ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες, αφού ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται στο κτίριο ανακτά μέρος της θερμικής ενέργειας του απορριπτόμενου αέρα.

Παράλληλα, όπως συμβαίνει στα περισσότερα κτίρια, πραγματοποιείται και φυσικός αερισμός μέσω του ανοίγματος των παραθύρων και πορτών, καθώς και μη ελεγχόμενος φυσικός αερισμός μέσω μικρών χαραμιάδων και οπών στο επίπεδο αεροστεγανότητας του κτιρίου, όπως για παράδειγμα μέσω χαραμιάδων στα κουφώματα, στις ενώσεις δομικών στοιχείων και μέσω οπών που προκαλούνται όταν ηλεκτρολογικά και υδραυλικά στοιχεία διαπερνούν τον θερμικό φάκελο του κτιρίου και συνεπώς διέρχονται από το επίπεδο αεροστεγανότητας.

Η βασική διαφορά με ένα συμβατικό κτίριο, είναι πως στην πράξη στο Παθητικό κτίριο δεν υπάρχει έντονη ανάγκη για άνοιγμα των παραθύρων, χάρη στην ύπαρξη μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας, ο οποίος επιτυγχάνει τον αερισμό του κτιρίου και συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας (πρέπει να αποφεύγεται το συχνό άνοιγμα των παραθύρων και για λόγους εξοικονόμησης), καθώς και πως η αεροστεγανότητα του Παθητικού κτιρίου μελετάται λεπτομερώς και φροντίζεται με κατάλληλα μέσα και τεχνικές (ταινίες και μεμβράνες αεροστεγανότητας, κολάρα αεροστεγανότητας στους σωλήνες) να βρίσκεται κάτω από την τιμή 0,6 εναλλαγές αέρα την ώρα για test σε πίεση 50Pa ($n_{50} \leq 0,6$ 1/h). Όλοι οι παραπάνω τρόποι αερισμού (μηχανικού και φυσικού) μοντελοποιούνται στο EnergyPlus και στο PHPP και υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες λόγω αυτών, όπως περιγράφεται στην συνέχεια.

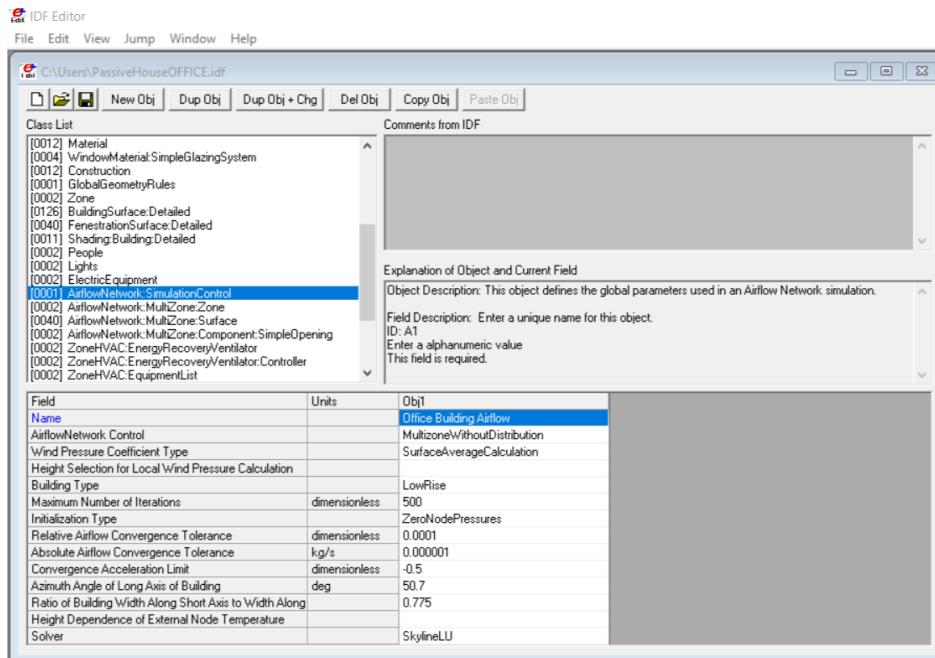
4.7.1 Φυσικός Αερισμός

4.7.1.1 EnergyPlus – Natural Ventilation and Duct Leakage

Όπως αναφέρθηκε, ο φυσικός αερισμός αφορά τον αερισμό μέσω παραθύρων και τον αθέλητο αερισμό λόγω έλλειψης αεροστεγανότητας σε ορισμένα σημεία-ενώσεις. Ο καθορισμός των δεδομένων αναφορικά με τον φυσικό αερισμό γίνεται στην κατηγορία **Natural Ventilation and Duct Leakage** και ειδικότερα στις κλάσεις: **AirflowNetwork: SimulationControl**, **AirflowNetwork: MultiZone:Zone**, **AirflowNetwork: MultiZone:Surface**, **AirflowNetwork: MultiZone: Component: Simple Opening**.

AirflowNetwork: SimulationControl

Στην κλάση αυτή, εισάγονται σε ένα αντικείμενο, οι βασικές παράμετροι που θα ληφθούν υπόψη για την εκτέλεση και τους υπολογισμούς της προσομοίωσης της ροής του αέρα στο κτίριο.

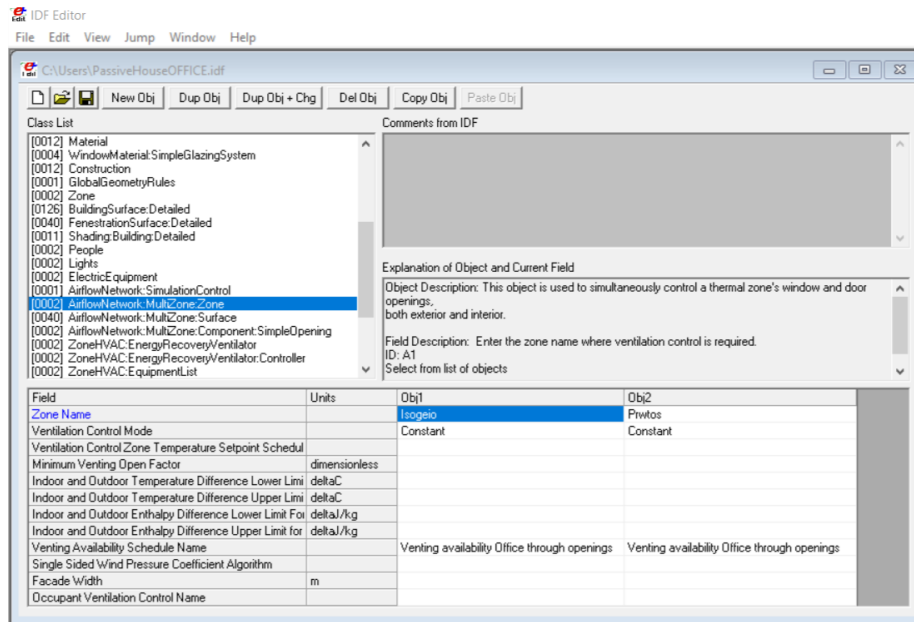


Εικόνα 4.53: AirflowNetwork: SimulationControl – IDF editor

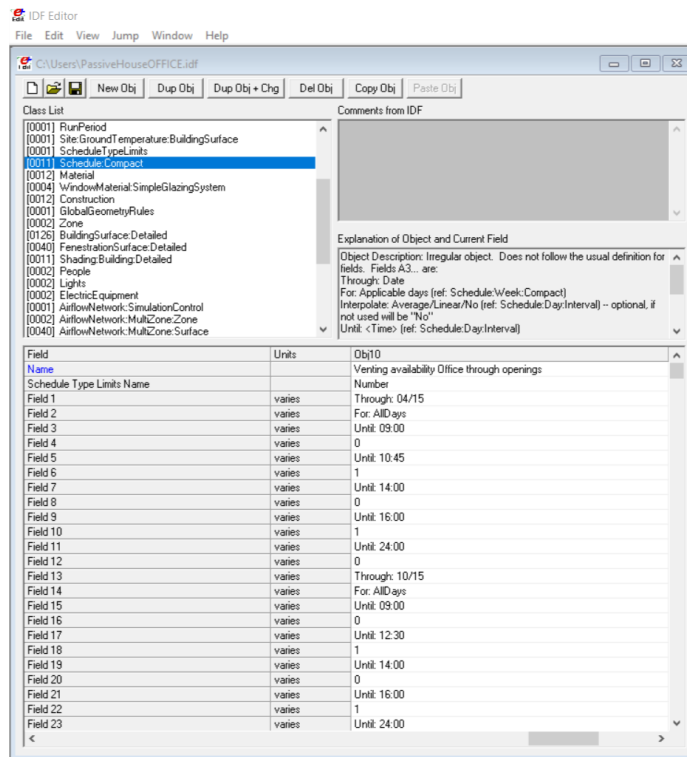
AirflowNetwork: Multizone:Zone

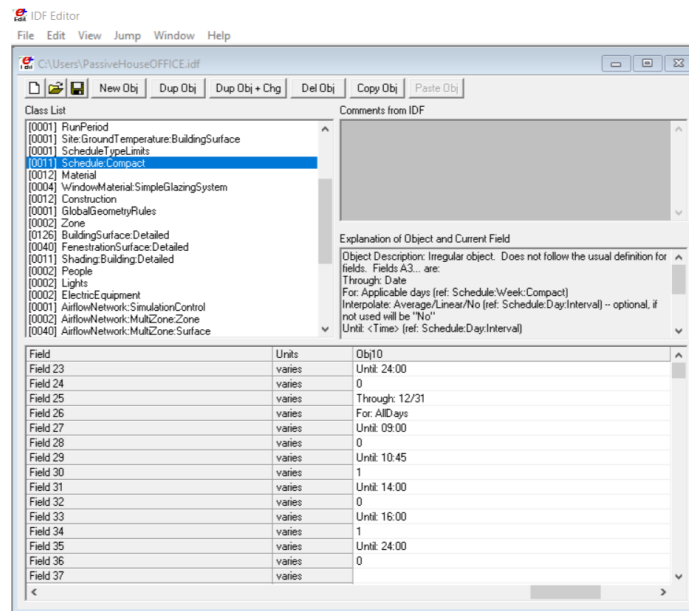
Στην κλάση αυτή καθορίζονται τα βασικά στοιχεία για τον υπολογισμό της ροής αέρα εντός της θερμικής ζώνης. Ουσιαστικά, πραγματοποιείται προσομοίωση του φυσικού αερισμού μέσω των ανοιγμάτων (πόρτες και παράθυρα) για την κάθε θερμική ζώνη, με την εισαγωγή των χρονοδιαγραμμάτων Venting Availability Office through openings που έχουν οριστεί στην κλάση Schedule:Compact.

Επισημαίνεται πως για τον έλεγχο της υπερθέρμανσης στο Παθητικό γραφείο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, εφαρμόζεται η αρχή του νυχτερινού δροσισμού-αερισμού με το άνοιγμα των παραθύρων την νύχτα ή νωρίς το πρωί. Μέσω αυτού, δροσερός αέρας εισέρχεται στο κτίριο, λαμβάνει και αποβάλλει τα θερμικά φορτία που έχουν συσσωρευτεί κατά την διάρκεια μιας θερμής ημέρας και ψύχει την θερμική μάζα του κτιρίου. Αυτή η δροσιά διατηρείται μέσα στην ημέρα λόγω του καλά μονωμένου και αεροστεγούς κελύφους, με αποτέλεσμα η εσωτερική θερμοκρασία να είναι χαμηλότερη και να μην παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Για αυτό τον λόγο, στα χρονοδιαγράμματα που ορίζονται, κατά την θερινή περίοδο πραγματοποιείται άνοιγμα των υπό-επιφανειών του κτηρίου, νωρίς το πρωί πριν την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.



Εικόνα 4.54: AirflowNetwork: Multizone:Zone – IDF editor



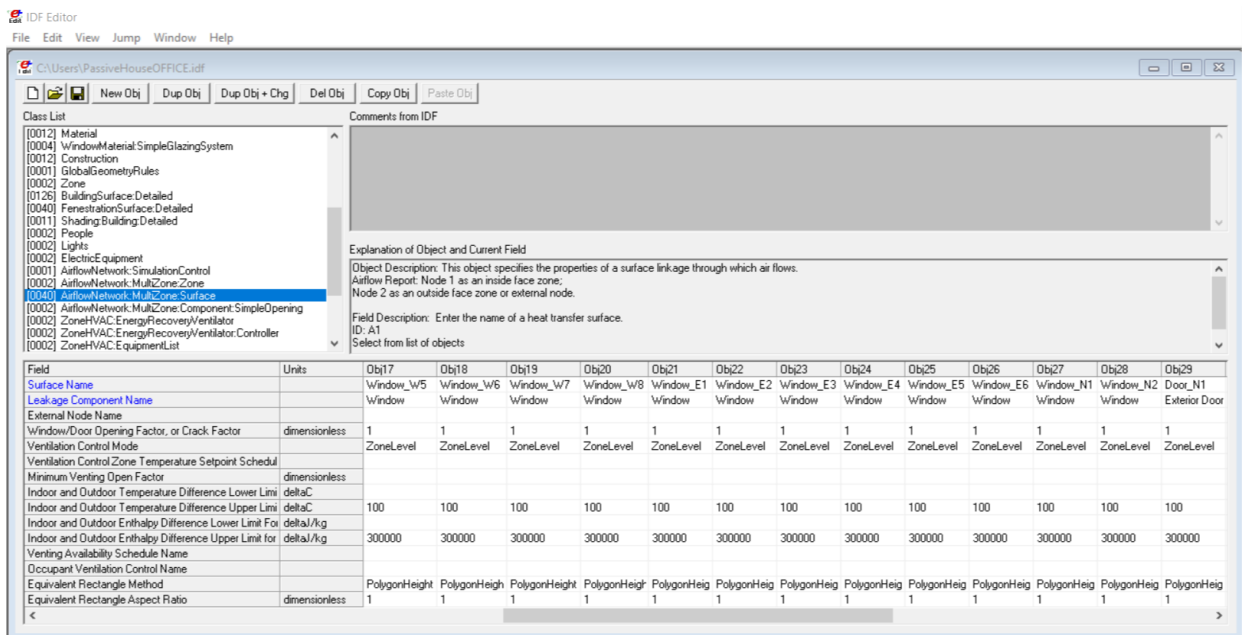
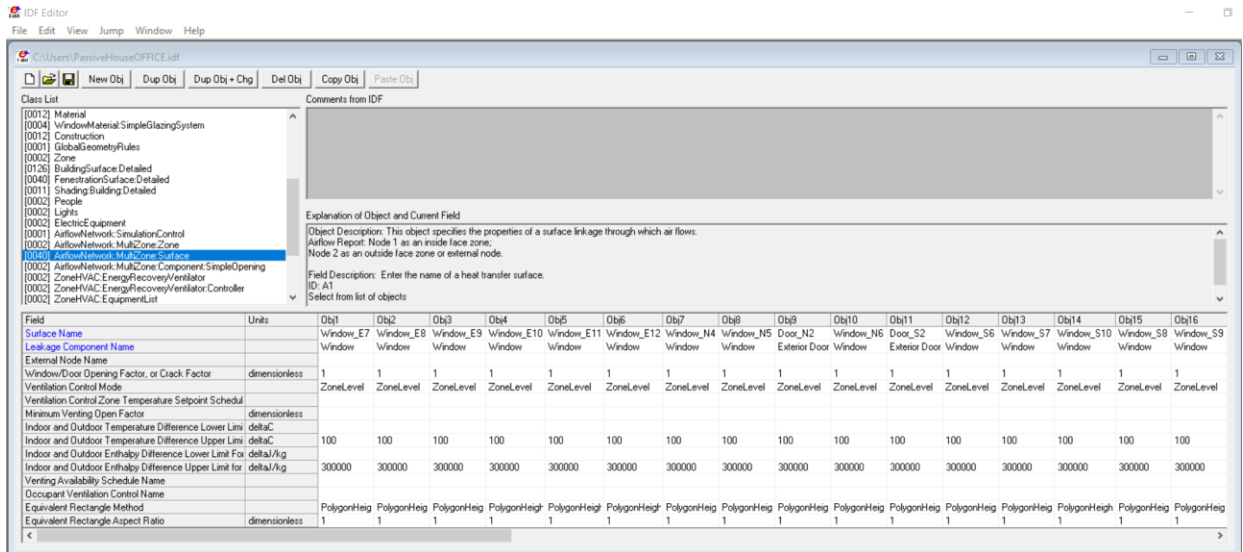


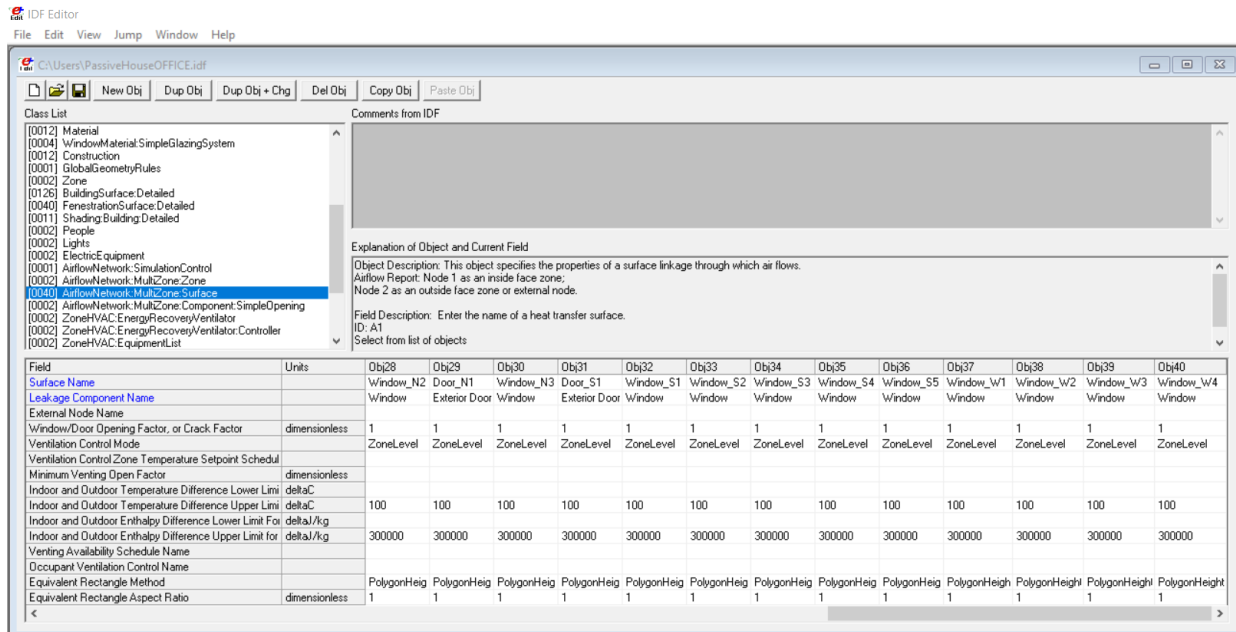
Εικόνα 4.55: Χρονοδιάγραμμα αερισμού μέσω παραθύρων Schedule:Compact – IDF editor

AirflowNetwork: Multizone:Surface

Η κλάση αυτή αξιοποιείται για τον προσδιορισμό παραμέτρων που αφορούν την εισροή ή διαρροή του αέρα από τα σημεία ένωσης επιφανειών, εξαιτίας της ύπαρξης των συνδέσεων (ένωση-τοποθέτηση υπό-επιφάνειας σε επιφάνεια), καθώς και την είσοδο ή έξοδο του αέρα που οφείλεται στο άνοιγμα των παραθύρων.

Διευκρινίζεται ότι δεν τοποθετήθηκε το όνομα κάποιας επιφάνειας (τοιχώ, οροφής ή δαπέδου), επειδή εξασφαλίζεται πλήρως η αεροστεγανότητα όλων των επιφανειών (σοβάς στην εσωτερική πλευρά για την επίτευξη αεροστεγανότητας) και των ενώσεών τους (ταινία αεροστεγανότητας στις γωνίες), για το υπό μελέτη Παθητικό κτίριο γραφείων.

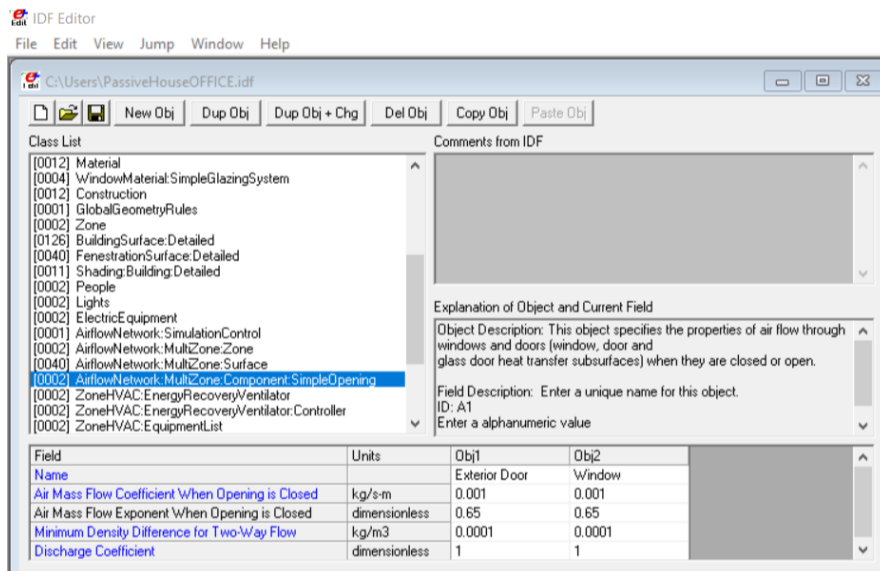




Εικόνα 4.56: AirflowNetwork: MultiZone:Surface – IDF editor

AirflowNetwork: MultiZone:Component: SimpleOpening

Στην κλάση αυτή προσδιορίζονται οι ιδιότητες της ροής του αέρα μέσω των υπό-επιφανειών (πόρτες και παράθυρα) τις οποίες το EnergyPlus θεωρεί κάθετες ή έστω σχεδόν κάθετες.



Εικόνα 4.57: AirflowNetwork: MultiZone:Component: SimpleOpening – IDF editor

4.7.1.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Αερισμός (Ventilation)

Στο φύλλο εργασίας **Αερισμός** εισάγονται δεδομένα που αφορούν τον τύπο αερισμού του Παθητικού κτιρίου (στην προκειμένη περίπτωση ορίζεται μηχανικός ισορροπημένος αερισμός ΠΚ με ανάκτηση θερμότητας) και τον ρυθμό εναλλαγής αέρα λόγω διείσδυσης αέρα από σημεία με μειωμένη αεροστεγανότητα (χαραμάδες, μικρές οπές, ενώσεις).

Παθητικό Κτίριο με Έκδοση ΡΗΡΡ 9.6a

Passive House Office / Κλίμα: Athen / TFA: 321 m² / Θέρμανση: 3.2 kWh/(m²a) / Ψύξη: 13.7 kWh/(m²a) / ΠΕ Αν.: 3.3 kWh/(m²a)

Κλιματιζόμενη επιφάνεια A_{ΤΓΔ} m²: (φύλλο εργασίας: Επιφάνειες)

Ύψος διώματου h m: (φύλλο εργασίας: Έγγραφο Θέρμανση)

Όγκος αεριζόμενου χώρου (A_{ΤΓΔ}·h) = V_V m³: (φύλλο εργασίας: Έγγραφο Θέρμανση)

Τύπος αερισμού:
 Παρακαλώ επιλέξτε:

Ρυθμός εναλλαγών αέρα λόγω διείσδυσης

Συντελεστές προστασίας από άνεμο e και f		
Συντελεστής e για κλάση προστασίας από άνεμο	Αρκετές πλευρές εκτεθειμένες	Μία πλευρά εκτεθειμένη
Καμία προστασία	0.10	0.03
Μέτρια προστασία	0.07	0.02
Υψηλή προστασία	0.04	0.01
Συντελεστής f	15	20

Συντελεστής προστασίας από άνεμο, e: (Για ετήσια απαίτηση) (Για φορτίο θέρμανσης)

Συντελεστής προστασίας από άνεμο, f: (Για ετήσια απαίτηση) (Για φορτίο θέρμανσης)

Ρυθμός εναλλαγής αέρα στο τεστ συμπίεσης n₅₀ 1/h: (Για ετήσια απαίτηση) (Για φορτίο θέρμανσης)

Καθαρός όγκος αέρα για τεστ συμπίεσης V_{n50} m³:

Διαπερατότητα αέρα q₅₀ m³/(h·m²):

Πλεόνασμα αέρα απαγωγής 1/h: (Για ετήσια απαίτηση) (Για φορτίο θέρμανσης)

Ρυθμός εναλλαγών αέρα λόγω διείσδυσης n_{V,Rest} 1/h: (Για ετήσια απαίτηση) (Για φορτίο θέρμανσης)

Εικόνα 4.58: Υπολογισμός ρυθμού εναλλαγής αέρα λόγω διείσδυσης - φύλλο εργασίας Αερισμός (Ventilation) – ΡΗΡΡ

Όπως έχει διευκρινιστεί παραπάνω, εκτός από τον αθέλητο φυσικό αερισμό μέσω χαραμάδων που σχετίζεται με την αεροστεγανότητα του Παθητικού κτιρίου, φυσικός αερισμός μπορεί να πραγματοποιείται και με το άνοιγμα των παραθύρων. Επειδή κατά κύριο λόγο, αυτός συμβαίνει κατά την περίοδο ψύξης νωρίς το πρωί για την απομάκρυνση των θερμικών φορτίων και τον δροσισμό του κτιρίου, το ΡΗΡΡ διαθέτει ειδικό πεδίο υπολογισμού του ρυθμού εναλλαγής αέρα από άνοιγμα παραθύρων, στο φύλλο εργασίας **Θερινός αερισμός**.

Δευτερεύων υπολογισμός: Πρόσθετος νυκτερινός αερισμός για ψύξη

Τιμή εναλλαγής αέρα κατά τη διάρκεια πρόσθετου νυκτερινού αερισμού μέσω παραθύρων

Περιγραφή	Night GroundFl	Night 1st Floor					
Μειωτικός συντελεστής	60%	60%					
Οριακές συνθήκες κλιμακίων δεδομένων							
Διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικά-εξωτερικά	1	1	1	1	1	1	K
Ταχύτητα του ανέμου	0	0	0	0	0	0	m/s
Συστάδα παραθύρων 1							
Ποσότητα	4	4					
Καθαρό πλάτος	1.00	1.00					m
Καθαρό ύψος	0.40	0.40					m
Ανακλινόμενο παράθυρο (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)	x	x					
Πλάτος ανοίγματος (για ανακλινόμενα παράθυρα)	0.080	0.080					m
Συστάδα παραθύρων 2 (διαμετρής αερισμός)							
Ποσότητα	4	4					
Καθαρό πλάτος	1.00	1.00					m
Καθαρό ύψος	1.50	1.50					m
Ανακλινόμενο παράθυρο (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)	x	x					
Πλάτος ανοίγματος (για ανακλινόμενα παράθυρα)	0.080	0.080					m
Διαφορά ύψους από το παράθυρο 1							m
Αποτέλεσμα: Τιμές νυκτερινού αερισμού	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	Σύνολο 0.12 1/h

Πρόσθετος θερινός αερισμός για ψύξη

Πρόσθετη ρύθμιση αερισμού
Ελάχιστη αποδεκτή εσωτερική θερμοκρασία °C

Τύπος πρόσθετου αερισμού

Νυκτερινός αερισμός μέσω παραθύρων, χειροκίνητος	Τιμή νυκτερινού αερισμού <input type="text" value="0.12"/> 1/h
--	--

Εικόνα 4.59: Υπολογισμός ρυθμού εναλλαγής αέρα μέσω παραθύρων - φύλλο εργασίας Θερινός Αερισμός (Summer Ventilation) – PHPP

4.7.2 Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας

Ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας αποτελεί μια από τις πέντε βασικές αρχές ενός Παθητικού κτιρίου. Με την εφαρμογή αυτού, το ποσό της ενέργειας που θα διέφευγε στο περιβάλλον κατά το άνοιγμα των παραθύρων για την επίτευξη του αερισμού του κτιρίου, εξοικονομείται, καθώς ο απαιτούμενος αερισμός επιτυγχάνεται μέσω της μονάδας μηχανικού αερισμού με πολύ λιγότερες θερμικές απώλειες. Ο βαθμός ανάκτησης θερμότητας των μονάδων αυτών πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 75% ($\eta_{HR} \geq 75\%$).

Ένα σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας αποτελείται από τέσσερα βασικά ρεύματα αέρα: το ρεύμα εξωτερικού αέρα περιβάλλοντος που εισέρχεται στον εναλλάκτη της μονάδας αερισμού, το ρεύμα απορριπτόμενου αέρα που εξάγεται στο περιβάλλον αφού διέλθει από τον εναλλάκτη, το ρεύμα προσαγωγής καθαρού αέρα μετά την ανάκτηση και το ρεύμα απαγωγής αέρα από το κτίριο πριν την ανάκτηση. Η ανάκτηση θερμότητας πραγματοποιείται καθώς ο εξωτερικός αέρας περιβάλλοντος και ο αέρας απαγωγής από το εσωτερικό του κτιρίου διασταυρώνονται στον εναλλάκτη θερμότητας, με αποτέλεσμα ο πρώτος να ανακτά ποσοστό της θερμότητας του δεύτερου, ο οποίος απορρίπτεται στο περιβάλλον. Ο καθαρός αέρας μετά τον εναλλάκτη θερμότητας προσάγεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

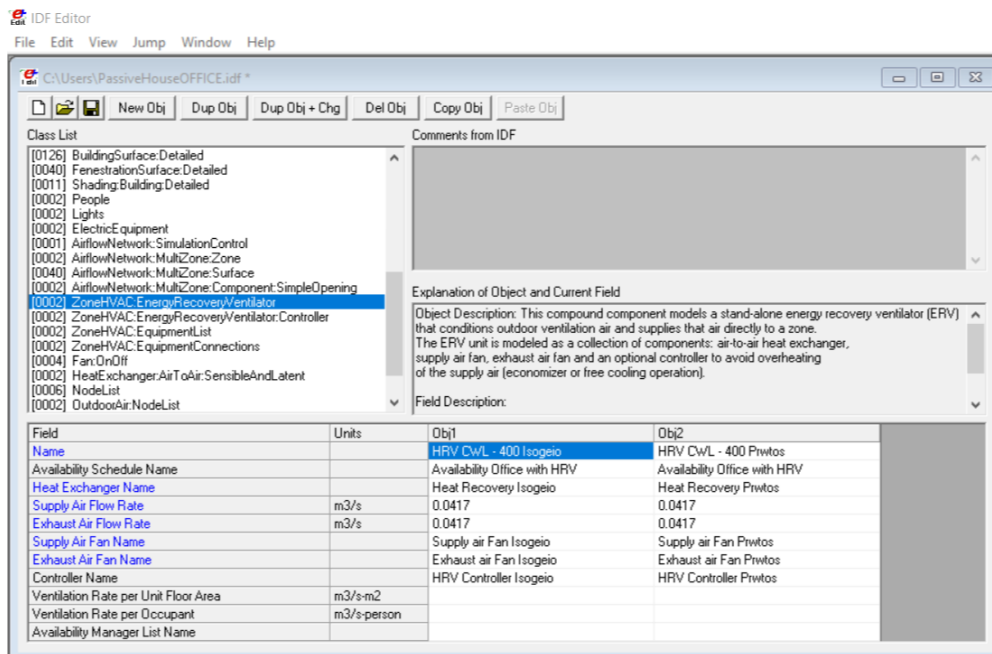
Στην παρούσα εργασία, για το Παθητικό κτίριο γραφείων, προβλέπονται δύο ίδιες μονάδες μηχανικού αερισμού, μια σε κάθε όροφο. Η ονομαστική παροχή όγκου αέρα της μονάδας 150 m³/h ή 0,0417 m³/s.

4.7.2.1 EnergyPlus

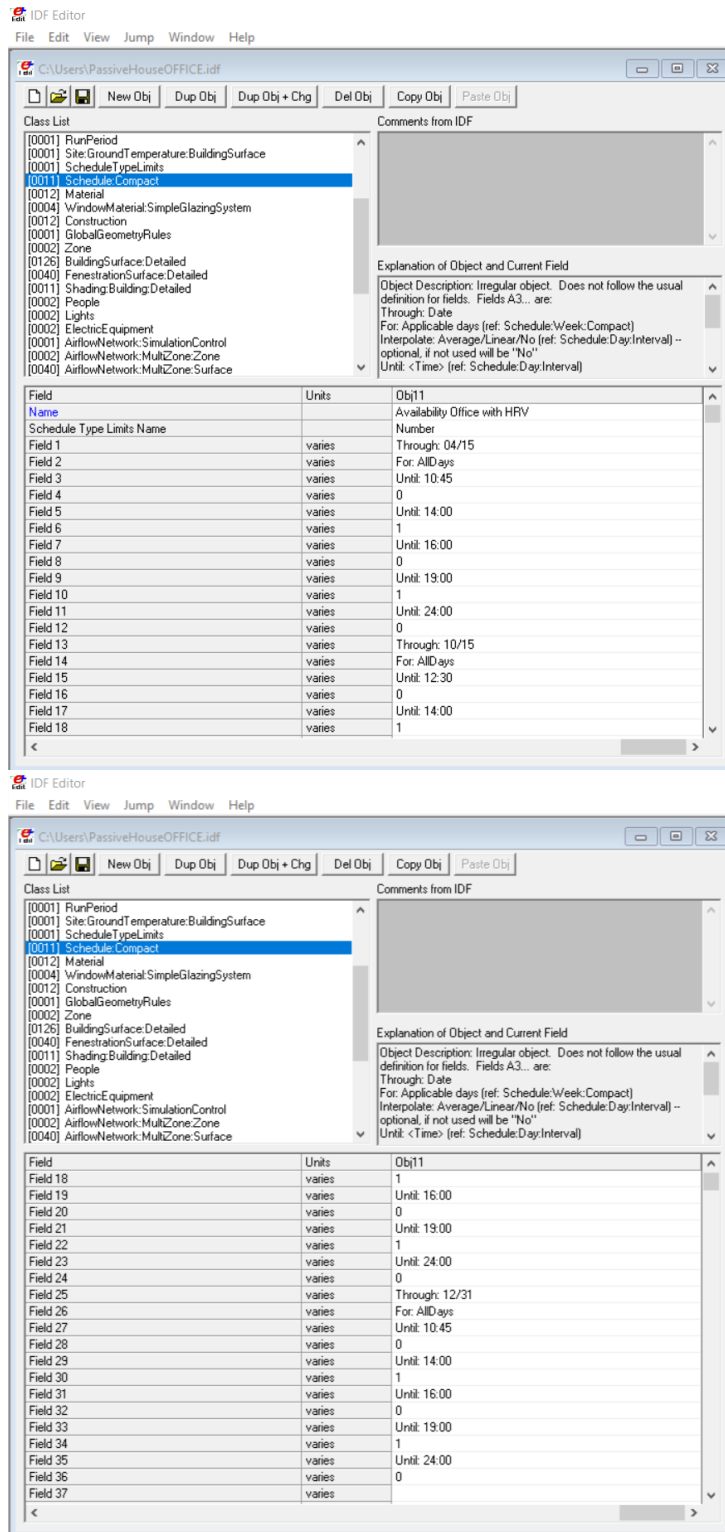
Η εισαγωγή δεδομένων για σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας που χρησιμοποιείται στο κτίριο γίνεται στις κατηγορίες **Zone HVAC Forced Air Units, Zone HVAC Equipment Connections, Fans, Heat Recovery** και **Node-Branch Management**. Συγκεκριμένα για την κατηγορία Zone HVAC Forced Air Units συμπληρώνονται οι κλάσεις ZoneHVAC: Energy RecoveryVentilator και ZoneHVAC: EnergyRecoveryVentilator: Controller.

ZoneHVAC: EnergyRecoveryVentilator

Η κλάση αυτή αφορά ένα σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση της αισθητής και της λανθάνουσας θερμότητας που ονομάζεται σύστημα αερισμού με ανάκτηση ενθαλπίας ERV (Energy or Enthalpy Recovery Ventilator) και λειτουργεί στην θερμική ζώνη που τοποθετείται. Η λειτουργία της μονάδας δεν είναι συνεχής, αλλά τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας καθορίζονται από το χρονοδιάγραμμα Availability Office with HRV.



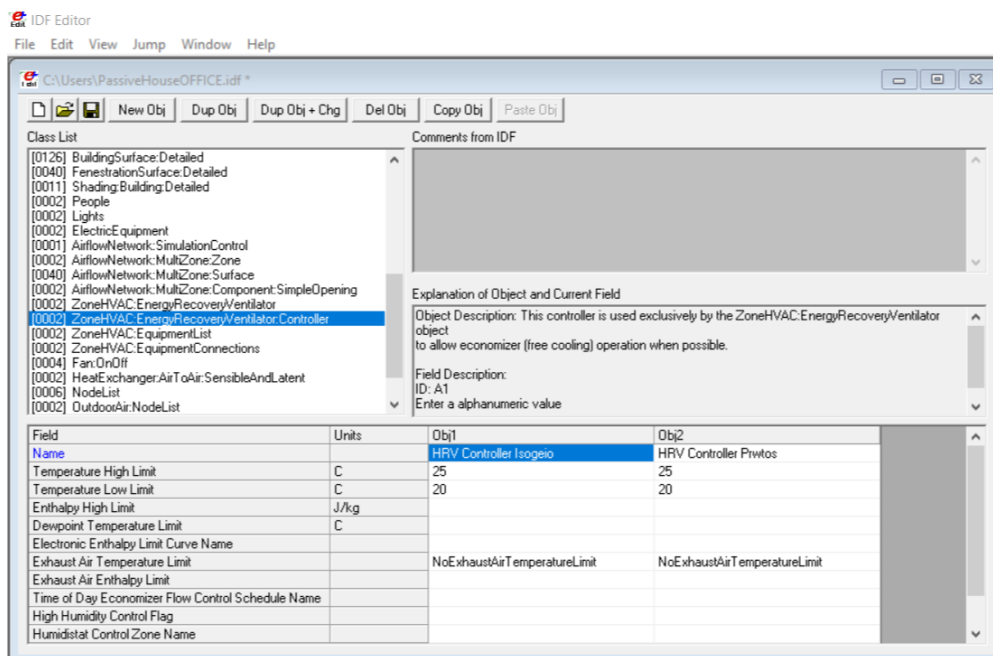
Εικόνα 4.60: ZoneHVAC: EnergyRecoveryVentilator – IDF Editor



Εικόνα 4.61: Χρονοδιάγραμμα αερισμού μέσω του συστήματος μηχανικού αερισμού Schedule:Compact – IDF editor

ZoneHVAC: EnergyRecoveryVentilator: Controller

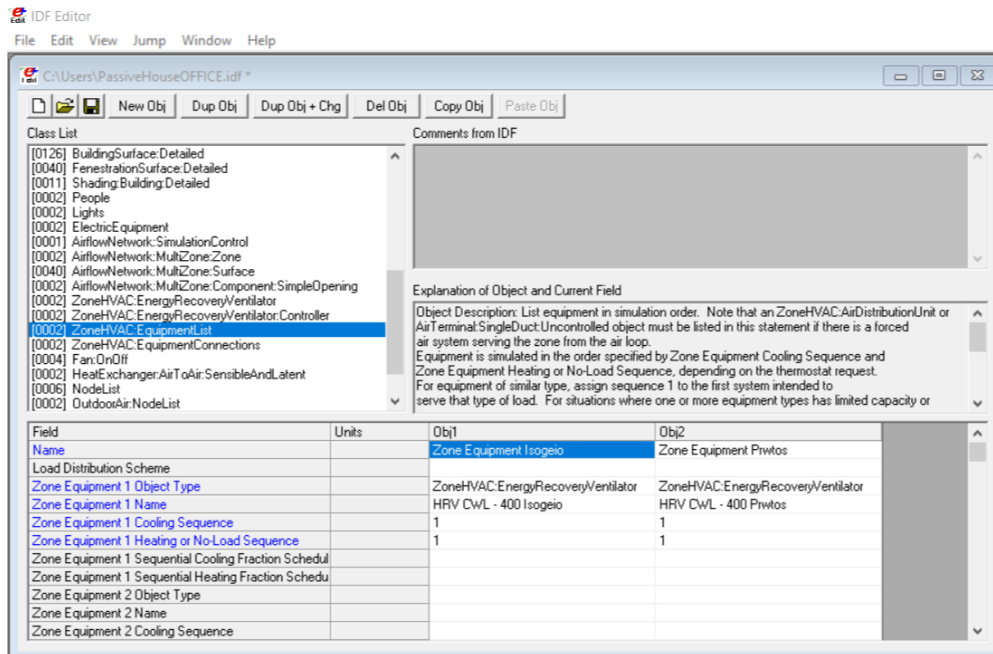
Στην παρούσα κλάση μοντελοποιείται ο ελεγκτής-controller του ZoneHVAC: EnergyRecovery Ventilator, ώστε να πραγματοποιεί την λειτουργία παράκαμψης (bypass) του εναλλάκτη θερμότητας και να παρέχεται ψύξη ή θέρμανση στο κτίριο μέσω του εξωτερικού αέρα περιβάλλοντος (free cooling). Κατά την λειτουργία αυτή, η οποία εφαρμόζεται σε θερμά κλίματα όπως της Ελλάδας κυρίως κατά την θερινή περίοδο και για νυχτερινές-πρωινές ώρες, ο εξωτερικός δροσερός αέρας παρακάμπτει τον εναλλάκτη θερμότητας και προσάγεται απευθείας στο εσωτερικό του κτιρίου, χωρίς να υποστεί ανάκτηση θερμότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο δροσερός αέρας να εισέρχεται απευθείας στο κτίριο και να συνεισφέρει στην ψύξη του. Το αντίστοιχο συμβαίνει εάν ο εξωτερικός αέρας είναι περισσότερο θερμός από των εσωτερικό για την χειμερινή περίοδο. Η λειτουργία του μηχανήματος αερισμού σε bypass mode πραγματοποιείται μόνο εφόσον πληρούνται τα όρια θερμοκρασιών που θέτει ο χρήστης και μόνο σε περίπτωση που η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από 25°C (προγραμματισμός για καλοκαίρι) ή μεγαλύτερη από 20 °C (προγραμματισμός για χειμώνα).



Εικόνα 4.62: ZoneHVAC: EnergyRecoveryVentilator: Controller – IDF Editor

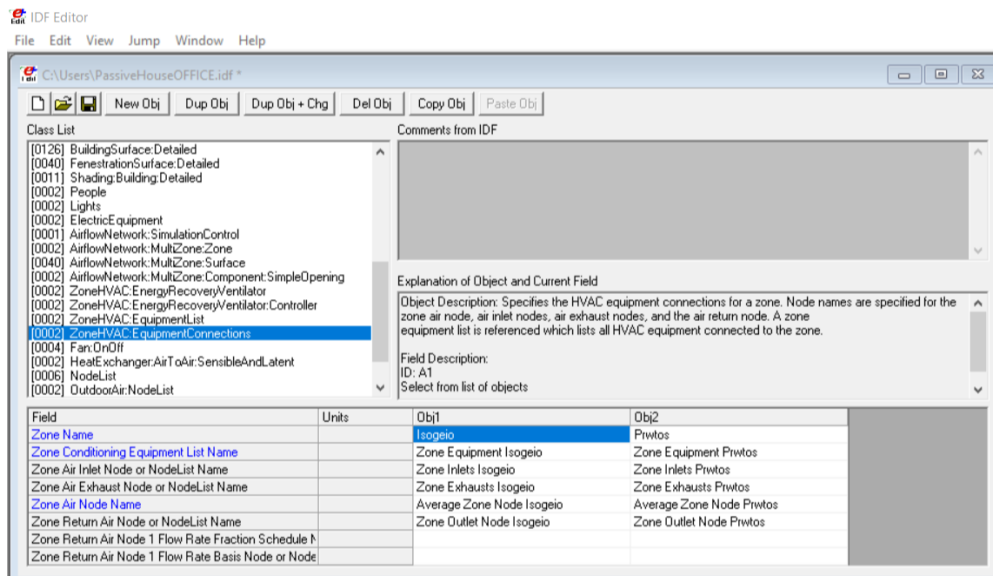
Στην κατηγορία Zone HVAC Equipment Connections καθορίζονται παράμετροι για τις κλάσεις ZoneHVAC: EquipmentList και ZoneHVAC: EquipmentConnections. Συγχρόνως, στις κατηγορίες Fans και Heat Recovery προσδιορίζονται οι κλάσεις Fan:OnOff και HeatExchanger: AirToAir: SensibleAndLatent αντίστοιχα, ενώ η διαδικασία ολοκληρώνεται με την κατηγορία Node-Branch Management και την συμπλήρωση των πεδίων στις κλάσεις NodeList και OutdoorAir: NodeList.

ZoneHVAC: EquipmentList



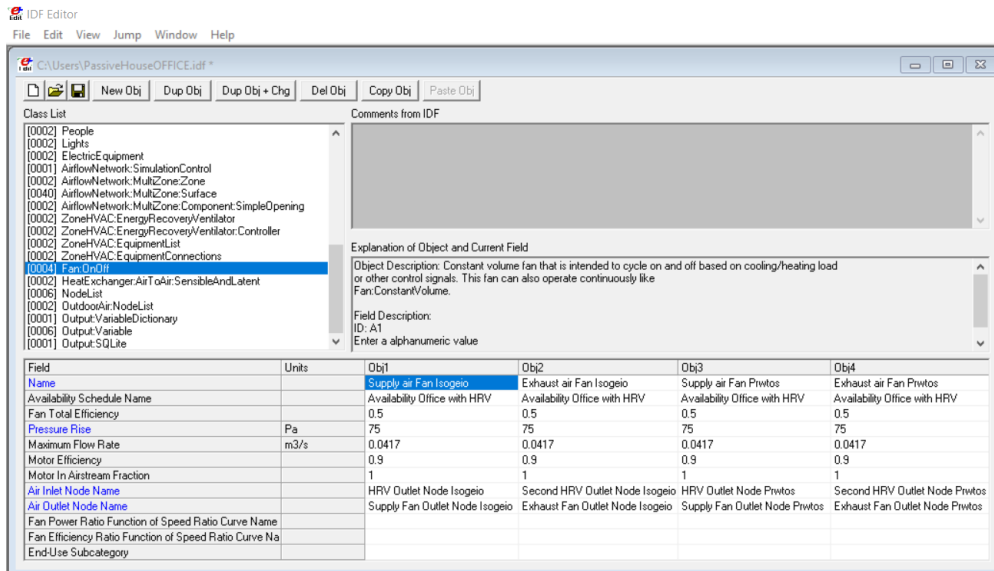
Εικόνα 4.63: ZoneHVAC: EquipmentList– IDF Editor

ZoneHVAC: EquipmentConnections



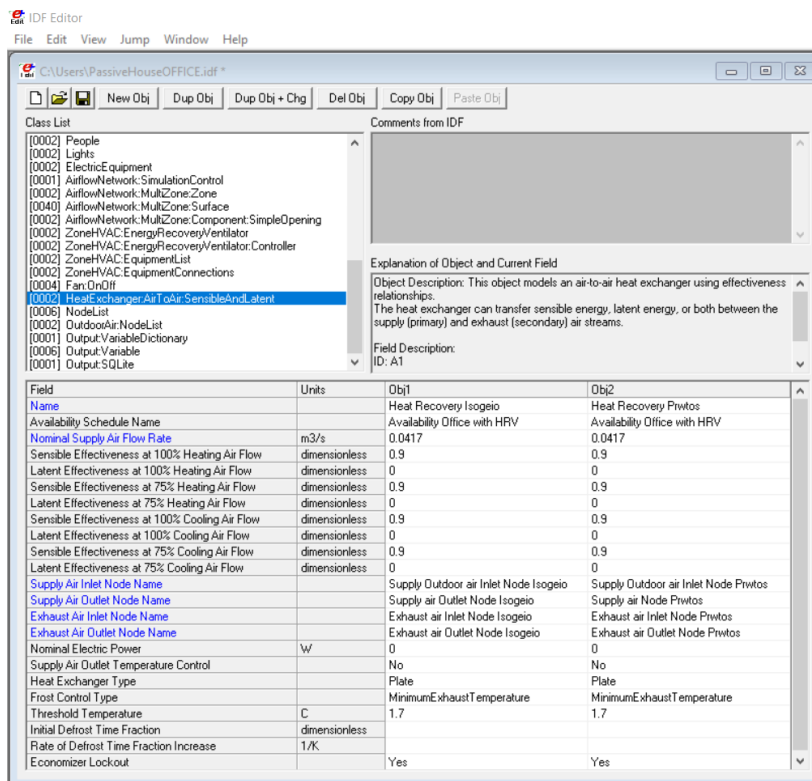
Εικόνα 4.64: ZoneHVAC: EquipmentConnections– IDF Editor

Fan: OnOff



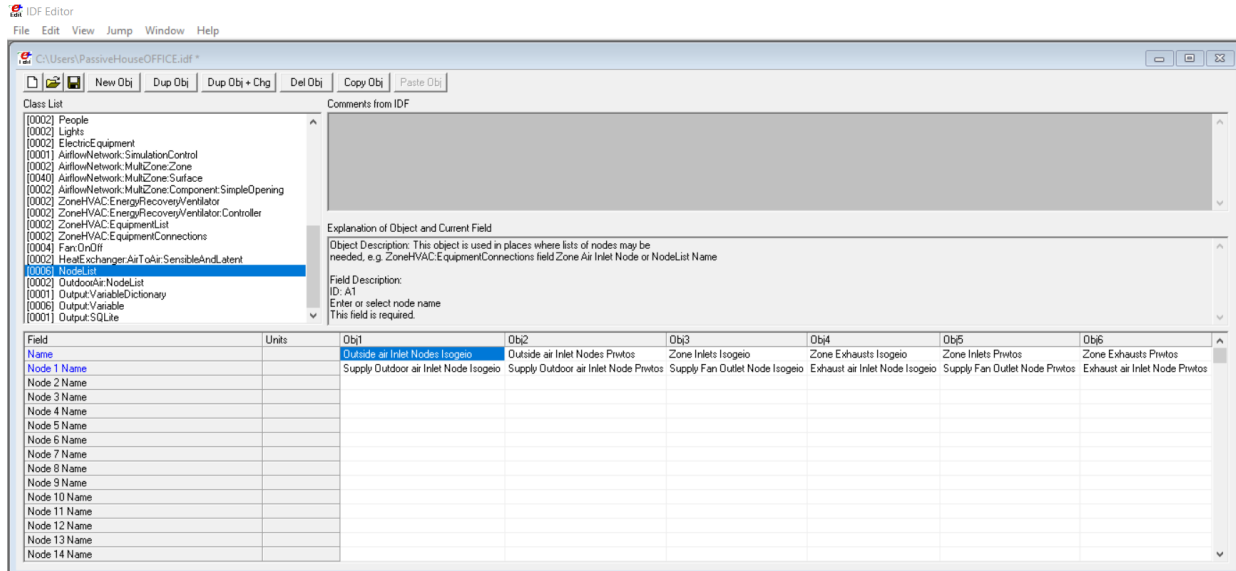
Εικόνα 4.65: Fan: OnOff – IDF Editor

HeatExchanger: AirToAir: SensibleAndLatent



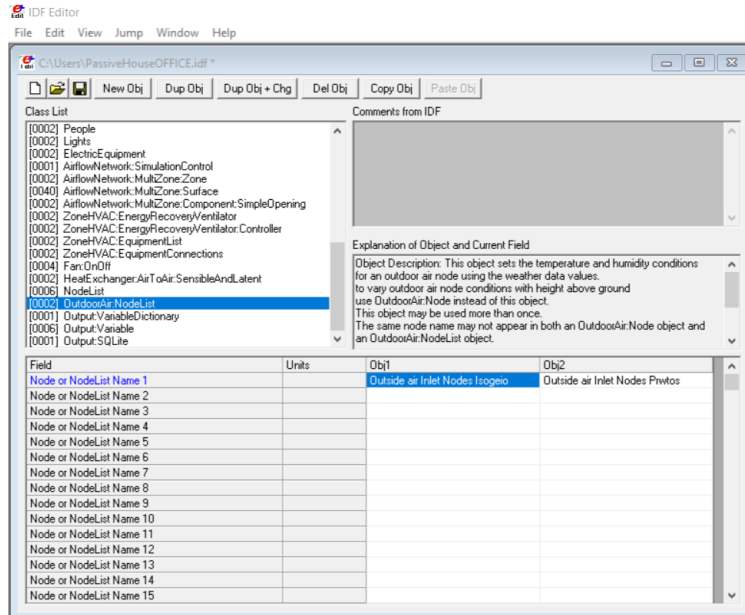
Εικόνα 4.66: HeatExchanger: AirToAir: SensibleAndLatent – IDF Editor

NodeList



Εικόνα 4.67: NodeList – IDF Editor

OutdoorAir: NodeList

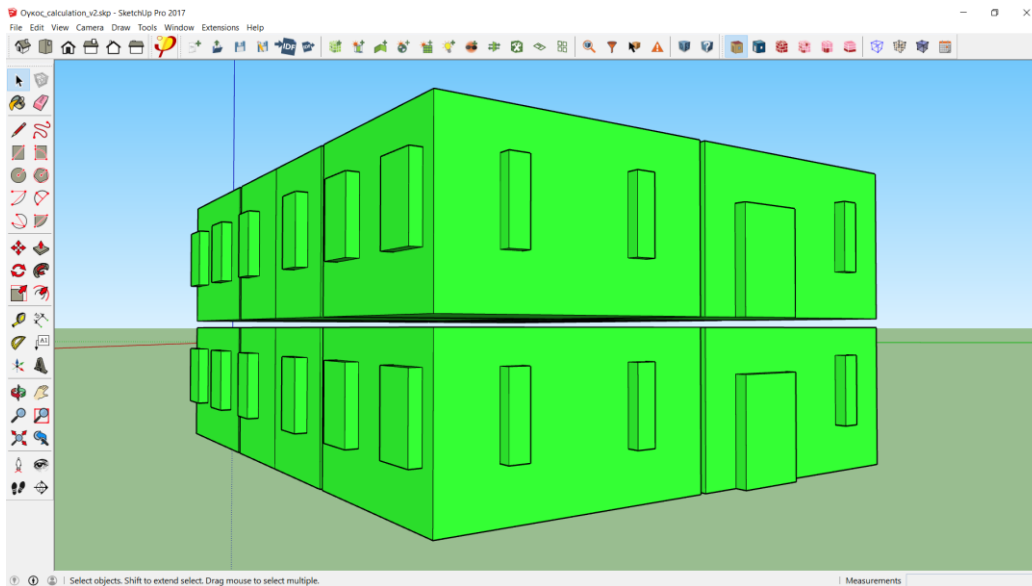


Εικόνα 4.68: OutdoorAir: NodeList – IDF Editor

4.7.2.2 ΡΗΡΡ – Φύλλο εργασίας Πρόσθετος αερισμός (Additional Ventilation)

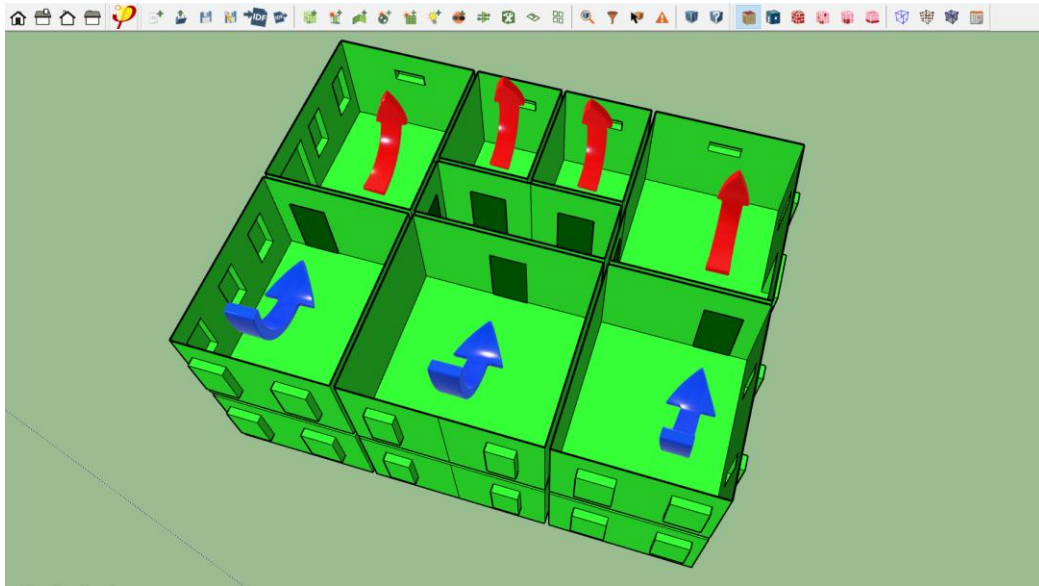
Ο σχεδιασμός του συστήματος μηχανικού αερισμού για κτίρια με μια μονάδα μηχανικού αερισμού μπορεί να πραγματοποιηθεί και στο φύλλο εργασίας Αερισμός, όμως στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται πολλαπλές μονάδες μηχανικού αερισμού, όπως στο παράδειγμα του Παθητικού γραφείου, ο σχεδιασμός πρέπει να γίνεται στο φύλλο εργασίας **Πρόσθετος αερισμός**. Στο συγκεκριμένο φύλλο, σχεδιάζεται με λεπτομερή τρόπο το σύστημα μηχανικού αερισμού και διαστασιολογούνται οι ποσότητες αέρα που προσάγονται στους χώρους ή απάγονται από αυτούς. Ο σχεδιασμός πραγματοποιείται για κάθε χώρο-δωμάτιο ξεχωριστά με σκοπό τον υπολογισμό του ρυθμού εναλλαγής αέρα την ώρα 1/h (air change rate per hour) για το δωμάτιο και συνολικά για το κτίριο, ως εξής:

- **Όνομα δωματίου:** ορίζεται το χαρακτηριστικό όνομα του εκάστοτε χώρου που δηλώνει και την χρήση του. Στην προκειμένη περίπτωση στο γραφείο του ισογείου (Ground Floor) υπάρχει ένας χώρος αναμονής (Reception), τρία γραφεία (Office), μια κουζίνα (Kitchen), δύο WC και ο διάδρομος (Corridor). Ίδια διαμόρφωση χώρων έχει και το γραφείο του πρώτου ορόφου με την διαφορά ότι ο χώρος αναμονής αντικαθίσταται με έναν χώρο πολλαπλών χρήσεων (Multipurpose)
- **Κατανομή στην μονάδα αερισμού (Αρ.):** συμπληρώνεται ο αριθμός της μονάδας αερισμού, η οποία χρησιμοποιείται για τον αερισμό του δωματίου, 1 στην περίπτωση που το δωμάτιο ανήκει στο γραφείο του ισογείου και 2 σε περίπτωση που ανήκει στο γραφείο του πρώτου ορόφου. Τα στοιχεία για τις μονάδες αερισμού (ονομαστική ροή όγκου αέρα, εύρος παροχών λειτουργίας, ηλεκτρική απόδοση, βαθμός ανάκτησης θερμότητας) καθορίζονται σε επόμενο πεδίο του ίδιου φύλλου εργασίας
- **Επιφάνεια A [m²] και ύψος h [m]:** εισάγεται η επιφάνεια του ΤΦΑ που υπολογίστηκε προηγουμένως και το καθαρό ύψος του χώρου, με σκοπό τον υπολογισμό του όγκου του δωματίου σε [m³]



Εικόνα 4.69: Αεριζόμενος όγκος Παθητικού γραφείου

- **Ροή όγκου ανά δωμάτιο [m^3/h]:** ορίζεται η ογκομετρική ροή αέρα που προσάγεται ή απάγεται. Ως γενικός κανόνας χρησιμοποιείται ο εξής: αέρας προσάγεται (V_{SUP}) στους χώρους που βρίσκονται οι εργαζόμενοι (γραφεία), διέρχεται (V_{TRANS}) από τους ενδιάμεσους χώρους (διάδρομος), ενώ αέρας απάγεται (V_{ETA}) από χώρους με αυξημένα επίπεδα υγρασίας και οσμών (κουζίνα, WC). Η προσαγωγή και απαγωγή αέρα γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται μια φυσική κυκλοφορία του αέρα από τους χώρους προσαγωγής προς τους χώρους απαγωγής και να επιτυγχάνεται ο αερισμός του γραφείου. Οι ροές της απαγωγής και της προσαγωγής αέρα πρέπει να είναι ίσες μεταξύ τους (ισορροπημένος μηχανικός αερισμός) για να μην προκαλούνται προβλήματα υπερπίεσης ή υποπίεσης στο κτίριο. Η διαστασιολόγηση των ογκομετρικών ροών αέρα συμμορφώνεται με το πρότυπο EN 13779 και το IDA3 [44].



Εικόνα 4.70: Χώροι προσαγωγής (μπλε χρώμα) και χώροι απαγωγής αέρα (κόκκινο χρώμα)

- **Ρυθμός εναλλαγής αέρα ανά δωμάτιο [1/h]:** προκύπτει ως αποτέλεσμα για κάθε χώρο και με βάση την τιμή αυτή και τους μειωτικούς συντελεστές για μείωση λειτουργίας του μηχανήματος υπολογίζεται η μέση ετήσια τιμή του ρυθμού εναλλαγής αέρα την ώρα (το μηχάνημα δεν θα λειτουργεί για όλες τις ώρες στο 100%, αλλά προβλέπεται για συγκεκριμένες ώρες μειωμένη λειτουργία ή απενεργοποίηση)

Διαστασιολόγηση των ποσοτήτων αέρα

Όταν διαστασιολογήτε τις ποσότητες αέρα, παρακαλώ λάβετε υπόψη τις συστάσεις που δόθηκαν παραπάνω. Η περίοδος λειτουργίας του αερισμού μπορεί να καθορισθεί με βάση τις ημερήσιες ώρες χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της φάσης flushing αν ισχύει. Επιπλέον, χρονικές περίοδοι με μειωμένες απαιτήσεις αερισμού (κατάσταση λειτουργίας) μπορούν να ληφθούν υπόψη με χρήση μειωτικών συντελεστών.

Αρ. Δωματίου	Ποσότητα	Όνομα δωματίου	Κατανόμηση στη μονάδα αερισμού (Αρ.)	Επιφάνεια Α m ²	Καθαρό ύψος h m	Όγκος δωματίου Α x h m ³	V _{sup} m ³ /h	Ροή όγκου ανά δωμάτιο V _{ETA} m ³ /h	V _{TRANS} m ³ /h	Ρυθμ. εναλλ. αέρα ανά δωμάτιο n 1/h	Χρόνος/αι χρήσης ημερ/μ	Διάρκεια διακοπών ημ	Μειωτικός συντελεστής 1	Μείωση λειτουργίας 1	Μειωτικός συντελεστής 2	Μείωση λειτουργίας 2	
1	1	TFA Reception_GF	1	26	3.10	80		50		0.63	10	7	15	100%	40%	80%	60%
2	1	TFA Office1_GF	1	26	3.10	79	50			0.63	10	7	15	100%	40%	80%	60%
3	1	TFA Office2_GF	1	31	3.10	97	50			0.52	10	7	15	100%	40%	80%	60%
4	1	TFA Office3_GF	1	26	3.10	81	50			0.62	10	7	15	100%	40%	80%	60%
5	1	TFA Kitchen_GF	1	26	3.10	81		60		0.74	10	7	15	100%	40%	80%	60%
6	1	TFA WC1_GF	1	10	3.10	31		20		0.65	10	7	15	100%	40%	80%	60%
7	1	TFA WC2_GF	1	10	3.10	31		20		0.65	10	7	15	100%	40%	80%	60%
8	1	TFA Corridor_GF	1	10	3.10	32			50	1.55	10	7	15	100%	40%	80%	60%
9	1	TFA Multipurpose_1stFL	2	28	3.30	85		50		0.59	10	7	15	100%	40%	80%	60%
10	1	TFA Office1_1stFL	2	28	3.30	85	50			0.59	10	7	15	100%	40%	80%	60%
11	1	TFA Office2_1stFL	2	31	3.30	103	50			0.49	10	7	15	100%	40%	80%	60%
12	1	TFA Office3_1stFL	2	26	3.30	86	50			0.58	10	7	15	100%	40%	80%	60%
13	1	TFA Kitchen_1stFL	2	26	3.30	86		60		0.70	10	7	15	100%	40%	80%	60%
14	1	TFA WC1_1stFL	2	10	3.30	33		20		0.61	10	7	15	100%	40%	80%	60%
15	1	TFA WC2_1stFL	2	10	3.30	33		20		0.61	10	7	15	100%	40%	80%	60%
16	1	TFA Corridor_1stFL	2	10	3.30	34			50	1.46	10	7	15	100%	40%	80%	60%

Εικόνα 4.71: Διαστασιολόγηση ποσοτήτων αέρα ανά χώρο - φύλλο εργασίας Πρόσθετος Αερισμός – RHPP

Επιλογή μονάδας αερισμού

Μεταφερθείτε στη λίστα μονάδων αερισμού

Αριθμ. μονάδας αερισμού	Ποσό-τητα [-]	Περιγραφή των μονάδων αερισμού	Επιλογή του τύπου αερισμού	Όγκομ. ροή σχεδιασμού ανά μονάδα m³/h	Εύρος εφαρμογής του ρυθμού ροής όγκου από μέγρι m³/h	Ηλεκτρική απόδοση Wh/m²	Υπολογισμός απώλειας πίεσης			Εύρος εφαρμογής ανά γραμμή Pa	Εσωτερική τοποθέτηση (x)	Εξωτερική τοποθέτηση (x)	Απόδοση ανάκτησης θερμότητας Μονάδα [-]	Πραγματική [-]	
							ODA-SUP ΔΡ _{out} Pa	ETA-EHA ΔΡ _{out} Pa	Επιπλέον ΔΡ _{intem} Pa						
1	1	Ground Floor unit	0324n#03-Wolf - CWL - 400 Excellent	150	77	290	0.29	15	15	0	100	-	x	0.84	83%
2	1	First Floor unit	0324n#03-Wolf - CWL - 400 Excellent	150	77	290	0.29	15	15	0	100	-	x	0.84	83%
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

Αλλάξτε τον τύπο ταξινόμησης

Εικόνα 4.72: Χαρακτηριστικά μονάδων αερισμού - φύλλο εργασίας Πρόσθετος Αερισμός – RHPP

Αποτελέσματα του σχεδιασμού αερισμού και επιλογή μονάδας:

Αριθμός μονάδας αερισμού	Περιγραφή της μονάδας	Σχεδιασμός		Μέση ετήσια τιμή		
		V _{SUP} m³/h	V _{ETA} m³/h	V _{SUP} m³/h	V _{ETA} m³/h	Ρυθμ. εναλλ. αέρα 1/h
1	Ground Floor unit	150	150	47	47	---
2	First Floor unit	150	150	47	47	---
3						---
4						---
5						---
6						---
7						---
8						---
9						---
10						---

Αποτέλεσμα συνολικά για το σύστ. αερ.

300	300	94	94	0.09
-----	-----	----	----	------

Εικόνα 4.73: Αποτελέσματα μηχανικού αερισμού συνολικά για το κτίριο - φύλλο εργασίας Πρόσθετος Αερισμός – RHPP

4.8 Εσωτερικά Θερμικά κέρδη (Internal Heat Gains)

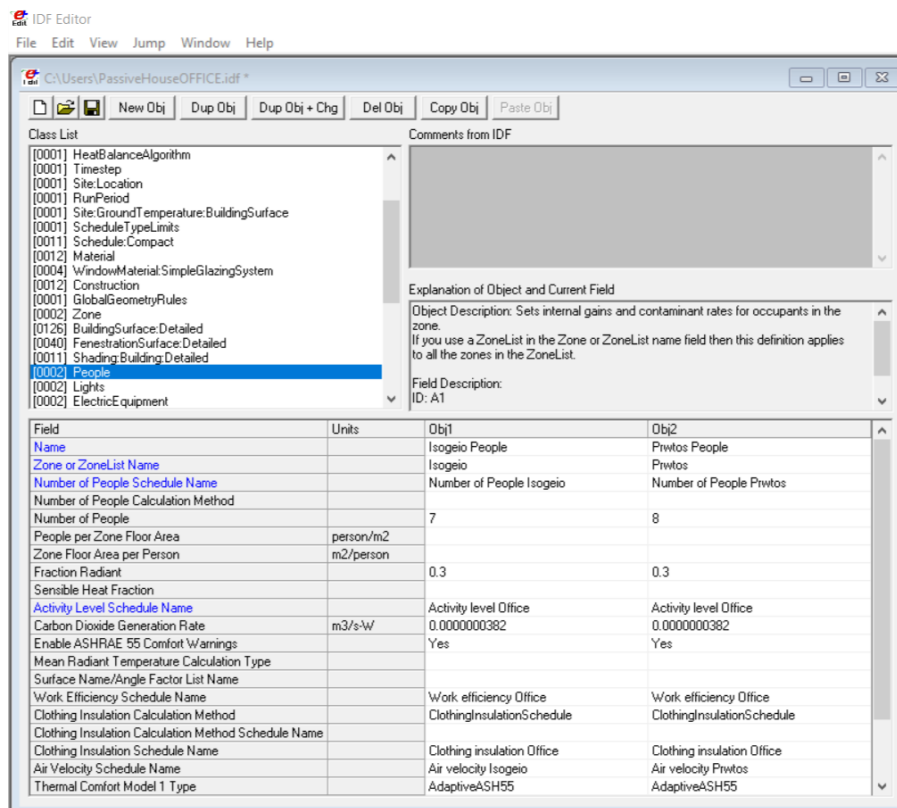
Η θερμική άνεση σε ένα κτίριο, εκτός από τους παράγοντες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, εξαρτάται και επηρεάζεται σημαντικά από τα εσωτερικά θερμικά φορτία, δηλαδή από τα θερμικά φορτία που παράγονται εντός του κτιρίου, κατά κύριο λόγο από την ανθρώπινη δραστηριότητα, τον φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Αυτά, αποτελούν θερμικά κέρδη για την χειμερινή περίοδο (περίοδος θέρμανσης), ενώ κατά την περίοδο ψύξης αποτελούν φορτία τα οποία εάν δεν ελεγχθούν επαρκώς μπορεί να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση.

4.8.1 EnergyPlus – Internal Heat Gains

Στην κατηγορία Internal Heat Gains και ειδικότερα στις κλάσεις **People**, **Lights** και **Electric Equipment** καθορίζονται οι παράμετροι για τα εσωτερικά θερμικά φορτία που σχετίζονται με τους ανθρώπους, τον φωτισμό και τις ηλεκτρονικές συσκευές αντίστοιχα και που επιδρούν στην εσωτερική θερμοκρασία του χώρου.

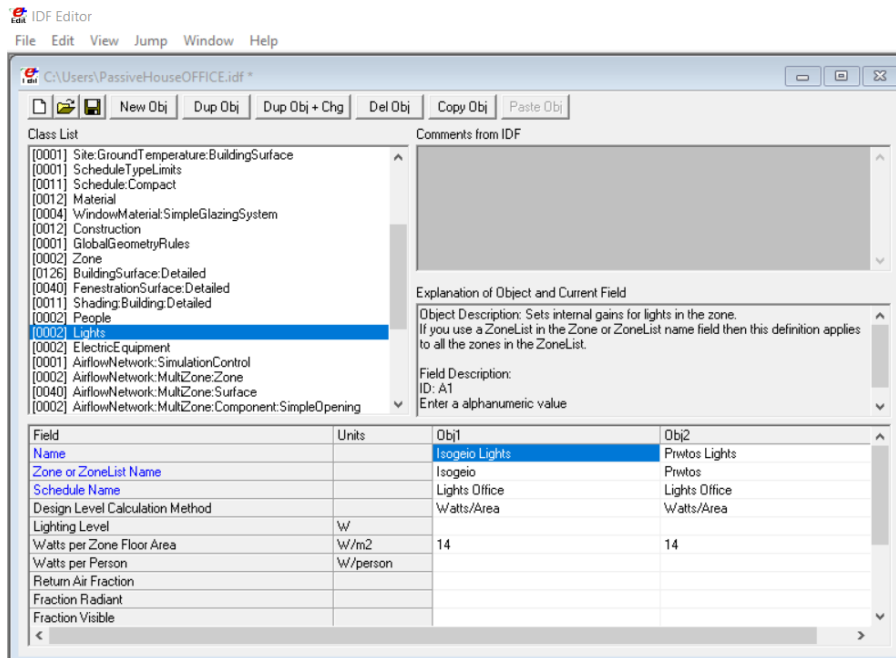
Στο γραφείο του ισογείου ο αριθμός των εργαζομένων ισούται με 7 άτομα, ενώ στον πρώτο όροφο με 8. Οι εργαζόμενοι στο γραφείο θεωρείται ότι παραμένουν καθιστοί κατά την μεγαλύτερη διάρκεια της εργασίας τους. Η στάθμη τεχνητού φωτισμού κυμαίνεται στα 400-500 lux για την διασφάλιση της οπτικής άνεσης στο γραφείο και η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ορίζεται 14 W/m², σύμφωνα με τους πίνακες του T.O.T.E.E 20701-1/2017 [45]. Ο κάθε όροφος (θερμική ζώνη) είναι εξοπλισμένος με τις συνήθεις ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στους χώρους γραφείων, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές (Desktop computer), οθόνες (LCD display), laptop, εκτυπωτές (Desktop laser printer) και ψυγείο (Refrigerator), οι τιμές των οποίων λαμβάνονται σε W προσεγγιστικά σύμφωνα με το U.S. Green Building Council [46].

People



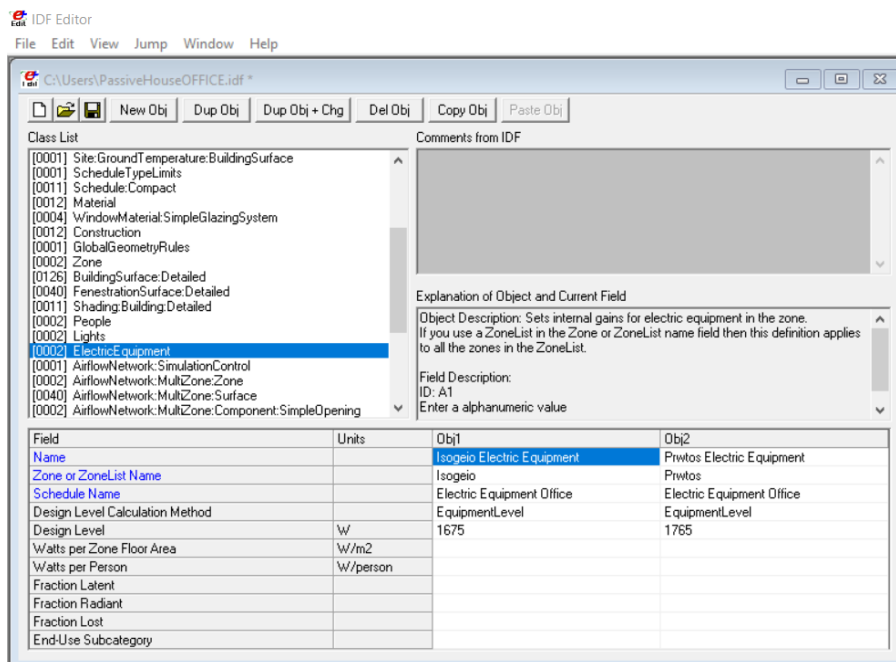
Εικόνα 4.74: People – IDF Editor

Lights

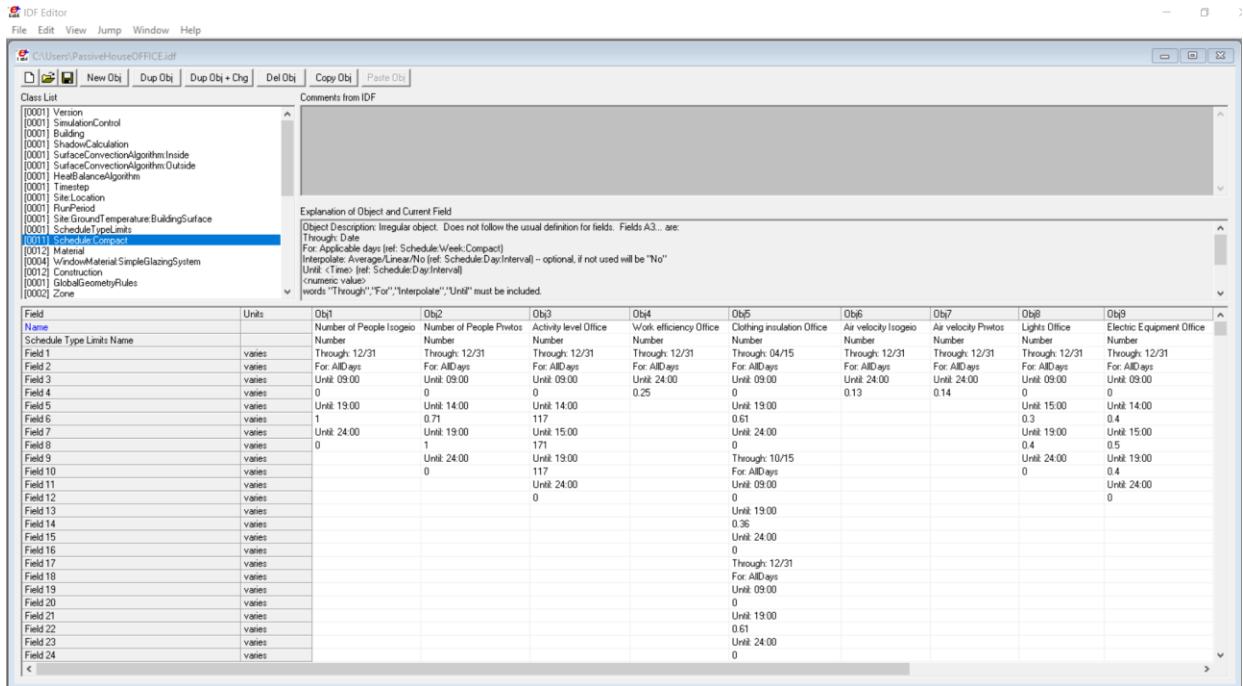


Εικόνα 4.75: Lights – IDF Editor

Electric Equipment



Εικόνα 4.76: ElectricEquipment – IDF Editor

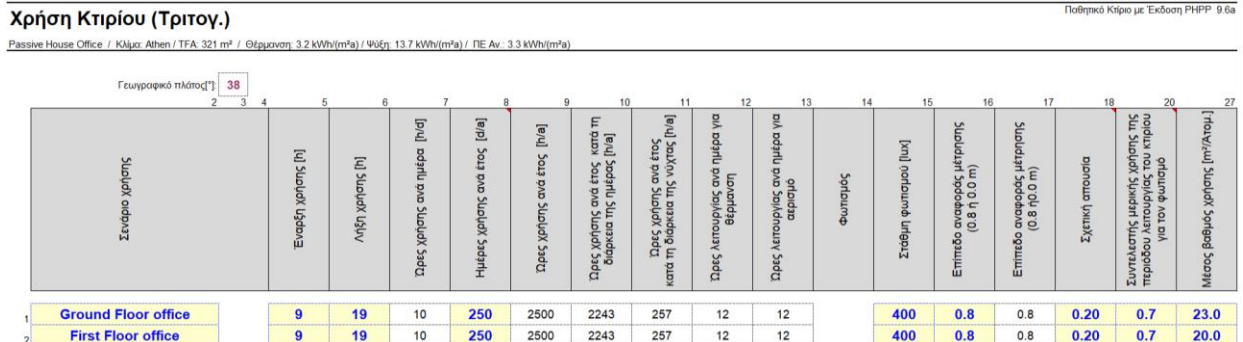


Εικόνα 4.77: Χρονοδιαγράμματα για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων από διάφορες δραστηριότητες στο γραφείο Schedule:Compact – IDF editor

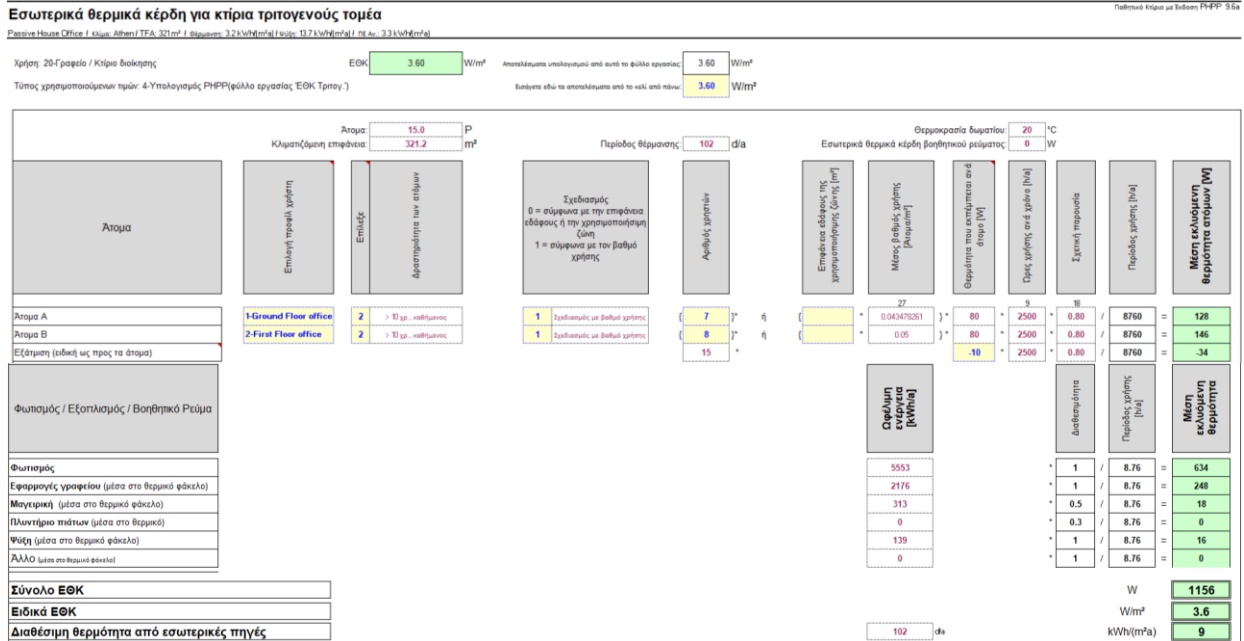
4.8.2 RHPP – Φύλλο εργασίας Εσωτερικά Θερμικά κέρδη

Ο υπολογισμός των εσωτερικών θερμικών φορτίων ειδικά για κτίρια γραφείων στο RHPP, πραγματοποιείται στο ειδικά διαμορφωμένο φύλλο εργασίας Εσωτερικά Θερμικά κέρδη για κτίρια τριτογενούς τομέα.

Η χρήση του κτιρίου ως προς την χρονική διάρκεια εργασίας, αλλά και τις ανάγκες για επαρκή φωτισμό (400 lux), συμπληρώνεται στο φύλλο εργασίας Χρήση Κτιρίου τριτογενούς τομέα. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη αναφορικά με τα Άτομα, τον Φωτισμό και τον Εξοπλισμό του γραφείου και προκύπτουν ίσα με 3,6 W/m².



Εικόνα 4.78: Χαρακτηριστικά χρήσης του γραφείου - φύλλο εργασίας Χρήση κτιρίου τριτογενούς – RHPP



Εικόνα 4.79: Υπολογισμός εσωτερικών θερμικών κερδών - φύλλο εργασίας Ε.Θ.Κ τριτογενούς – PHPP

Σημειώνεται, ότι ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων στο PHPP είναι στατικός και όχι δυναμικός, όπως συμβαίνει στο EnergyPlus. Αυτό σημαίνει, ότι τα φορτία υπολογίζονται με την μορφή μιας μέσης τιμής σε W/m² για το κτίριο συνολικά, ενώ αντίθετα στο EnergyPlus με την εισαγωγή χρονοδιαγραμμάτων προσεγγίζονται ακριβέστερα μέσα στην μέρα οι χρονικές στιγμές που τα θερμικά φορτία είναι περισσότερο ή λιγότερο έντονα. Αυτό αξίζει να μελετηθεί περαιτέρω στην περίπτωση κτιρίων όπου κατά την διάρκεια μιας ημέρας (ωριαία ανάλυση) τα θερμικά φορτία μεταβάλλονται απότομα και παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στο υπό μελέτη κτίριο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το PHPP προσεγγίζει ικανοποιητικά τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, καθώς διαθέτει αρκετά πεδία εισαγωγής δεδομένων όσο και πίνακες προτεινόμενων τιμών καλύπτοντας τις περισσότερες περιπτώσεις. Η εμπειρία έχει αποδείξει ότι το PHPP είναι ένα πολύ αξιόπιστο εργαλείο του οποίου τα αποτελέσματα για την απαίτηση θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου στο στάδιο της μελέτης, δεν διαφέρουν από αυτά που παρατηρούνται κατά την φάση λειτουργίας του κτιρίου.

5. Αποτελέσματα προσομοιώσεων

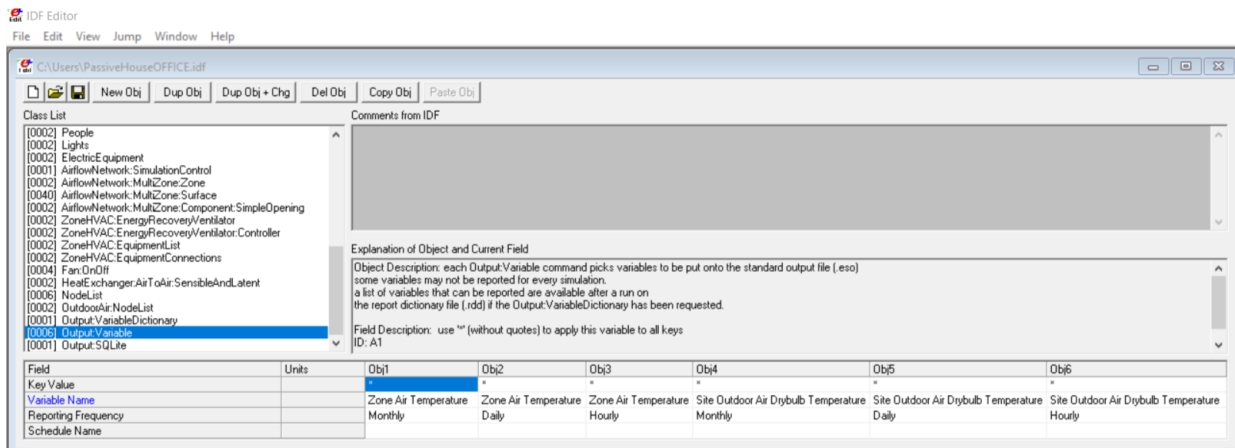
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα δύο λογισμικά προσομοίωσης της θερμικής συμπεριφοράς του Παθητικού κτιρίου γραφείων, με βάση διάφορες παραμέτρους, όπως αυτές καθορίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Η πιστοποίηση ενός Παθητικού κτιρίου προϋποθέτει την ικανοποίηση των κριτηρίων ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή πρέπει να ισχύει: Απαίτηση θέρμανσης $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ή Φορτίο (εγκατεστημένη ισχύς) θέρμανσης $\leq 10 \text{ W/m}^2$ και Απαίτηση ψύξης $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ή Φορτίο ψύξης $\leq 10 \text{ W/m}^2$. Ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] και της εγκατεστημένης ισχύος [W/m^2] για το Παθητικό κτίριο, πραγματοποιείται με βάση τις εσωτερικές θερμοκρασίες που επιβάλλει το κριτήριο θερμικής άνεσης για τα Παθητικά κτίρια. Σύμφωνα με αυτό, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα ισούται με 20°C ενώ το καλοκαίρι ισούται με 25°C , ώστε να διασφαλίζεται η θερμική άνεση των χρηστών.

Η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για την επίτευξη αυτών των θερμοκρασιών θερμικής άνεσης, είτε κατά την χειμερινή είτε κατά την θερινή περίοδο, καλύπτεται μέσω συστημάτων που εγκαθίστανται στο κτίριο. Η χρήση αυτών είναι συνήθως περιορισμένη, χάρη στην εφαρμογή των βασικών αρχών του Παθητικού κτιρίου, οι οποίες στοχεύουν στην μείωση της επίδρασης του εξωτερικού περιβάλλοντος στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι, αφενός η ενέργεια που απαιτείται είναι ελάχιστη και αφετέρου η ενέργεια που παράγεται μέσω ενεργητικών συστημάτων διατηρείται στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζονται έντονες διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία. Στην πραγματικότητα, η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς για ένα Παθητικό κτίριο είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με αυτή που απαιτείται για ένα αντίστοιχο συμβατικό κτίριο. Στην παρούσα εργασία, δεν εισάγονται συστήματα θέρμανσης ή ψύξης στα λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης, ώστε να υπολογιστούν οι εσωτερικές θερμοκρασίες που προκύπτουν στο κτίριο, χωρίς την εφαρμογή πρόσθετων ενεργητικών μέσων, και να αξιολογηθεί η διαφορά του από τις επιθυμητές θερμοκρασιακές τιμές.

5.1 Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης με EnergyPlus

Ένα στάδιο πριν την προσομοίωση εισάγονται στην κλάση **Output:Variable**, τα αποτελέσματα που ο χρήστης επιθυμεί να εμφανιστούν μετά την λήξη της ανάλυσης. Στην συγκεκριμένη εργασία, επιλέγεται να εμφανιστούν οι ωριαίες, ημερήσιες και μηνιαίες εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα της κάθε θερμικής ζώνης, όσο και η ωριαία, ημερήσια και μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία αέρα ξηρής σφαίρας. Οι μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών θα συγκριθούν με τις αντίστοιχες μηνιαίες θερμοκρασίες που προκύπτουν από το PHPP.

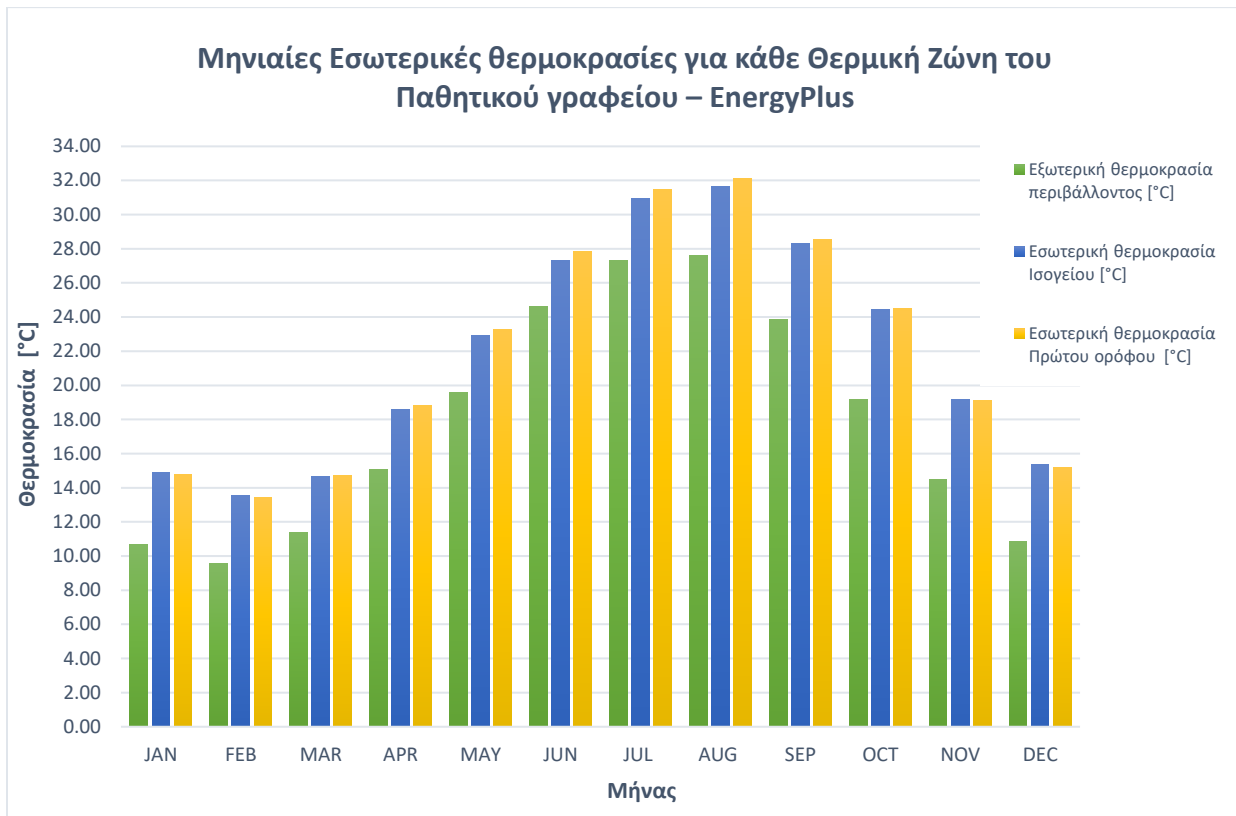


Εικόνα 5.1: Output: Variable – IDF Editor

Εφόσον ολοκληρωθεί η συμπλήρωση των απαραίτητων κλάσεων και η επεξεργασία μέσω του IDF Editor, το αρχείο αποθηκεύεται και είναι έτοιμο για την εκκίνηση της διαδικασίας προσομοίωσης (**Simulate**). Για την εκτέλεση της προσομοίωσης του αρχείου επιλέγεται το αρχείο της μορφής .idf που προηγουμένως αποθηκεύτηκε και το εικονίδιο Simulate. Στην συνέχεια εμφανίζεται η μαύρη οθόνη στην οποία αναγράφεται η πορεία της διαδικασίας προσομοίωσης, ενώ μετά την ολοκλήρωσή της παρουσιάζονται σε μορφή αρχείου Excel τα αποτελέσματα που έχει ορίσει ο χρήστης. Τα αποτελέσματα που αφορούν τις μηνιαίες θερμοκρασίες συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος [°C]	10.70	9.58	11.39	15.06	19.61	24.61	27.30	27.59	23.88	19.15	14.51	10.86
Εσωτερική θερμοκρασία Ισογείου [°C]	14.91	13.54	14.65	18.58	22.92	27.31	30.93	31.66	28.30	24.42	19.19	15.39
Εσωτερική θερμοκρασία Πρώτου ορόφου [°C]	14.77	13.44	14.73	18.84	23.27	27.82	31.45	32.12	28.53	24.48	19.11	15.19
Τip Ισογείου - Tip Πρώτου ορόφου [°C]	0.14	0.10	-0.07	-0.26	-0.35	-0.51	-0.52	-0.45	-0.23	-0.06	0.08	0.20

Εικόνα 5.2: Μηνιαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και θερμικών ζωνών Παθητικού γραφείου – EnergyPlus



Εικόνα 5.3: Μηνιαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και θερμικών ζωνών Παθητικού γραφείου – EnergyPlus

Από το παραπάνω διάγραμμα, όπου παρουσιάζονται συγκριτικά οι μηνιαίες εσωτερικές θερμοκρασίες για τις δύο θερμικές ζώνες (Ισόγειο και Πρώτος όροφος) και η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος, παρατηρείται ότι το Ισόγειο παρουσιάζει καλύτερη θερμική συμπεριφορά σε σχέση με αυτή του Πρώτου ορόφου. Αυτό συμπεραίνεται από το γεγονός ότι κατά τους ψυχρότερους μήνες της περιόδου θέρμανσης (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) το Ισόγειο παρουσιάζει υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία σε σχέση με τον Πρώτο όροφο, ενώ κατά τους θερμότερους μήνες (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος) η θερμική ζώνη του Ισογείου εμφανίζει χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία. Εφόσον η συχνότητα αερισμού και τα θερμικά κέρδη στο Παθητικό γραφείο είναι περίπου ίδια στις δύο θερμικές ζώνες, αυτή η διαφορά οφείλεται κατά κύριο λόγο στον θερμικό φάκελο. Ο τρόπος σκίασης είναι παρεμφερής και ο αριθμός των κουφωμάτων στις δύο θερμικές ζώνες είναι επίσης ίδιος. Επομένως, η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο Πρώτος όροφος είναι περισσότερο εκτεθειμένος στον εξωτερικό αέρα, με συνέπεια τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι να επηρεάζεται περισσότερο η εσωτερική του θερμοκρασία από την εξωτερική, σε αντίθεση με το ισόγειο που είναι περισσότερο προστατευμένο, καθώς η μια του πλευρά βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Το έδαφος αποτελεί μια ευνοϊκή οριακή συνθήκη στην συγκεκριμένη περίπτωση, αφού παρουσιάζει σχετικά σταθερή θερμοκρασία κατά την

διάρκεια του χρόνου, με αποτέλεσμα να έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τον εξωτερικό αέρα κατά την χειμερινή περίοδο και χαμηλότερη θερμοκρασία κατά την θερινή περίοδο.

Παρόλα αυτά, οι υπολογιζόμενες θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Συγκεκριμένα η μέση διαφορά θερμοκρασίας ισούται με $0,25^{\circ}\text{C}$ η οποία είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αυτό που αξίζει να τονιστεί, είναι το γεγονός ότι το Παθητικό γραφείο συνολικά, παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον, αφού οι θερμοκρασίες που προκύπτουν και στις δύο θερμικές ζώνες είναι υψηλότερες από την θερμοκρασία περιβάλλοντος τον χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι υπερβαίνουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ελέγξιμο βαθμό. Αυτή είναι και η βασική επιδίωξη της εφαρμογής του προτύπου του Παθητικού κτιρίου, δηλαδή η ελαχιστοποίηση, σε πρώτο στάδιο, της επίδρασης του εξωτερικού περιβάλλοντος στο εσωτερικό του κτιρίου και η εξάλειψη των θερμικών απωλειών, ώστε να μειωθεί σε δεύτερο στάδιο η ανάγκη για θέρμανση και ψύξη μέσω ενεργητικών συστημάτων. Είναι προφανές ότι αυτό συμβαίνει και στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για να επιτευχθεί η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία των 20°C τον χειμώνα και των 25°C το καλοκαίρι, θα παρέχεται από κατάλληλα διαστασιολογημένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα οποία όπως προαναφέρθηκε δεν λαμβάνονται υπόψιν στην παρούσα μελέτη.

Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας

Εκτός από τα μηνιαία αποτελέσματα θερμοκρασιών, για λόγους πληρότητας και ελέγχου της προσομοίωσης, αξιολογούνται και οι ημερήσιες εσωτερικές θερμοκρασίες της κάθε θερμικής ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στο παρακάτω διάγραμμα, απεικονίζονται οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος και των δύο θερμικών ζωνών για την κάθε ημέρα του έτους. Η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος παρουσιάζει μεγάλο εύρος διακύμανσης. Αντίθετα, η εσωτερική θερμοκρασία στο Ισόγειο και τον Πρώτο όροφο, δεν μεταβάλλεται με την ίδια ένταση από την μια μέρα στην άλλη, αλλά παρατηρείται μικρότερη διακύμανση. Στην πραγματικότητα, η εσωτερική θερμοκρασία ακολουθεί την αυξητική ή μειωτική τάση της εξωτερικής, αλλά όχι και την ένταση αυτής. Αυτό οφείλεται στην αντίσταση που παρουσιάζει το θερμικό κέλυφος του κτιρίου, λόγω του συνεχούς στρώματος μόνωσης, των κατάλληλων κουφωμάτων, της επίτευξης επαρκούς αεροστεγανότητας και της ελαχιστοποίησης των θερμογεφυρών, με αποτέλεσμα η επιβράδυνση στην ροή θερμότητας να είναι αρκετά υψηλή και να μην παρατηρούνται έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές εντός του κτιρίου, λόγω της αλλαγής των εξωτερικών συνθηκών.



Εικόνα 5.4: Ημερήσιες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και θερμικών ζωνών Παθητικού γραφείου – EnergyPlus

5.2 Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης με PHPP

Τα βασικά αποτελέσματα του PHPP αναφέρονται στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και συγκεκριμένα στην απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και ψύξης. Στο PHPP υπολογίζεται μέσω στατικής ανάλυσης το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, που λαμβάνει υπόψη του τις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη για την περίοδο θέρμανσης και για την περίοδο ψύξης. Η ενέργεια που απαιτείται για να εξισωθούν τα θερμικά κέρδη με τις θερμικές απώλειες ισούται με την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης ή ψύξης σε κιλοβατώρες τον χρόνο [kWh/a]:

$$Q_H = (Q_T + Q_V) - (Q_S + Q_I)$$

Απώλειες από Μετάδοση Θερμότητας Q_T (Transmission heat losses)

Οι απώλειες θερμότητας μέσω μετάδοσης αναφέρονται σε απώλειες από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Τέτοιες απώλειες είναι οι απώλειες θερμότητας από τα διαφανή και τα μη διαφανή στοιχεία του κελύφους, καθώς και από τις θερμογέφυρες που εντοπίζονται σε διάφορα σημεία του, οι οποίες είναι περιορισμένες χάρη στον προσεκτικό σχεδιασμό και στις τεχνικές που εφαρμόζονται στα Παθητικά κτίρια. Οι θερμικές αυτές απώλειες σε κιλοβατώρες τον χρόνο [kWh/a] υπολογίζονται τόσο για τα κατασκευαστικά στοιχεία όσο και για τις διάφορες θερμογέφυρες ως εξής:

Για Μη Διαφανές κατασκευαστικό στοιχείο:

$$Q_T = A \cdot U \cdot f_t \cdot G_t$$

Όπου,

A [m²]: η επιφάνεια μέσω της οποίας συναλλάσσεται θερμότητα με το περιβάλλον εκτός του θερμικού φακέλου του κτιρίου

U [W/m²K]: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας της επιφάνειας

f_t: μειωτικός συντελεστής των απωλειών για περιπτώσεις όπου το κατασκευαστικό στοιχείο δεν βρίσκεται σε επαφή με εξωτερικό αέρα (f_t=1), αλλά βρίσκεται σε επαφή με άλλο στοιχείο (π.χ. έδαφος), οπότε οι απώλειες που υπολογίζονται είναι χαμηλότερες (f_t<1)

G_t [kWh/a]: διάστημα θερμικής ή ψυκτικής περιόδου (βαθμοί ωρών θέρμανσης ή ψύξης)

Για Διαφανές στοιχείο-κούφωμα:

$$Q_T = A_w \cdot U_{w_{\text{installed}}} \cdot G_t$$

Όπου,

$A_w [m^2]$: η συνολική επιφάνεια του κουφώματος

$U_{w\text{-installed}} [W/m^2K]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του εγκατεστημένου κουφώματος, όπως υπολογίζεται στο φύλλο εργασίας Κουφώματα

Για θερμογέφυρα:

$$Q_T = l \cdot \Psi \cdot f_t \cdot G_t$$

Όπου,

$l [m]$: το μήκος της θερμογέφυρας

$\Psi [W/mK]$: η τιμή της θερμογέφυρας (γραμμικός συντελεστής θερμικής μετάδοσης)

Απώλειες θερμότητας από αερισμό Q_V (Ventilation losses)

Δύο από τις πέντε βασικές αρχές του Παθητικού κτιρίου είναι η ύπαρξη συστήματος μηχανικού αερισμού με βαθμό ανάκτησης θερμότητας μεγαλύτερο από 75% ($\eta \geq 75\%$) για την εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής καθαρού αέρα στον χώρο, καθώς και η εξασφάλιση της αεροστεγανότητας του κτιριακού κελύφους. Παρόλα αυτά απώλειες θερμότητας που αφορούν τον αερισμό συμβαίνουν, τόσο λόγω του συστήματος μηχανικού αερισμού, το οποίο δεν δύναται να έχει βαθμό ανάκτησης 100%, όσο και μέσα από χαραμάδες και σημεία με έλλειψη καλής αεροστεγανότητας, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται μικρές διαρροές και εισροές αέρα (αθέλητος αερισμός). Οι απώλειες αυτές μπορούν να υπολογισθούν με την παρακάτω σχέση:

$$Q_V = V_V \cdot \eta_V \cdot C_{\text{air}} \cdot G_t$$

Όπου,

$V_V [m^3]$: ο όγκος του αεριζόμενου χώρου

$\eta_V [1/h]$: ρυθμός εναλλαγής αέρα την ώρα, λόγω του συστήματος μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας και λόγω διείσδυσης από χαραμάδες

$$C_{\text{air}} = 0,33 \text{ Wh}/m^3h$$

Θερμικά ηλιακά κέρδη από το κούφωμα Q_s (Solar Heat gains)

Τα ηλιακά θερμικά κέρδη υπολογίζονται, όπως έχει αναφερθεί και στην παράγραφο των κουφωμάτων, με την εφαρμογή της εξής σχέσης:

$$Q_s = A_w \cdot r \cdot g \cdot G$$

Όπου,

r: ο συντελεστής μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας

g: ο ηλιακός συντελεστής (g-value ή SHGC)

G: η μέση ολική ακτινοβολία από τον ουρανό που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια στο έδαφος [kWh/m²a]

Εσωτερικά θερμικά κέρδη Q_i (Internal Heat Gains)

Σημαντική πηγή θερμότητας για τα κτίρια αποτελούν οι άνθρωποι και οι δραστηριότητές τους. Κατά το καλοκαίρι, τα θερμικά φορτία από εσωτερικές πηγές μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά και για το λόγο αυτό θα πρέπει αυτά να ελαχιστοποιούνται κατά το δυνατόν. Τα εσωτερικά θερμικά φορτία ή κέρδη (internal heat gains) οφείλονται κυρίως στους ανθρώπους (θερμική ενέργεια που εκλύεται λόγω του μεταβολισμού), στις συσκευές που χρησιμοποιούνται για φωτισμό και στις ηλεκτρικές συσκευές. Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτό, το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους. Αντίστοιχα, εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου και το είδος, τον αριθμό και τον χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Αυτά υπολογίζονται στο PHPP σε κιλοβατώρες τον χρόνο [kWh/a], ως θερμικά κέρδη που μειώνουν την ανάγκη του κτιρίου για θέρμανση κατά την χειμερινή περίοδο και ως θερμικά φορτία που αυξάνουν την απαίτηση για ψύξη το καλοκαίρι:

$$Q_i = t_{\text{heat}} \cdot q_i \cdot A_{\text{TFA}}$$

Όπου,

t_{heat} [kh]: η διάρκεια της περιόδου θέρμανσης ή ψύξης

q_i [W/m²]: τα εσωτερικά θερμικά κέρδη όπως υπολογίζονται στο αντίστοιχο φύλλο IHG του PHPP

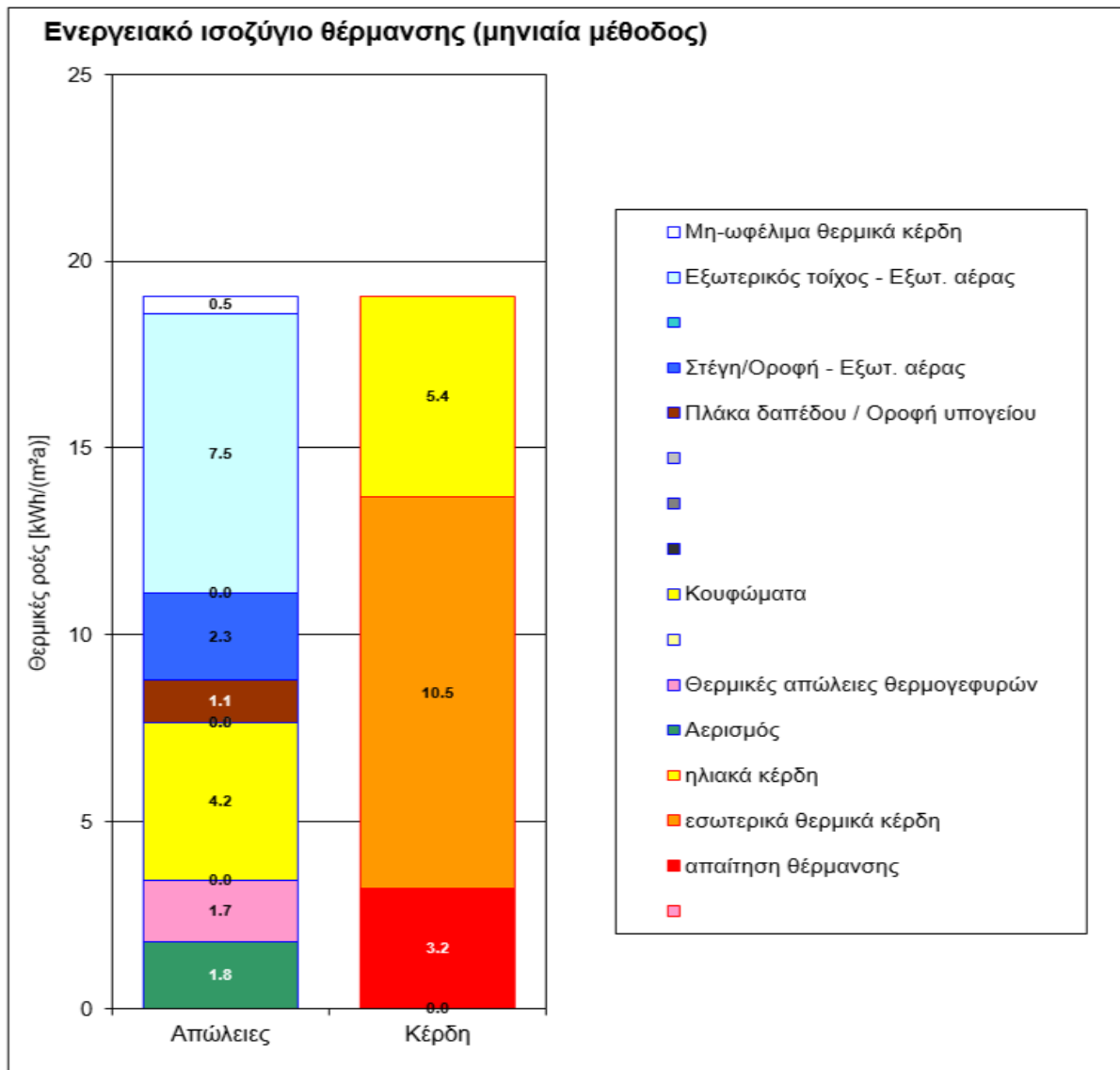
A_{TFA} [m²]: η θερμαινόμενη-κλιματιζόμενη επιφάνεια του κτιρίου

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις και τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο PHPP όπως περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα, υπολογίζεται το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου στα φύλλα εργασίας Θέρμανση για την περίοδο θέρμανσης και Ψύξη για την περίοδο ψύξης.

Το ενεργειακό ισοζύγιο της κάθε περιόδου μέσω του οποίου προκύπτει η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και ψύξης, απεικονίζεται διαγραμματικά στα επόμενα σχήματα.

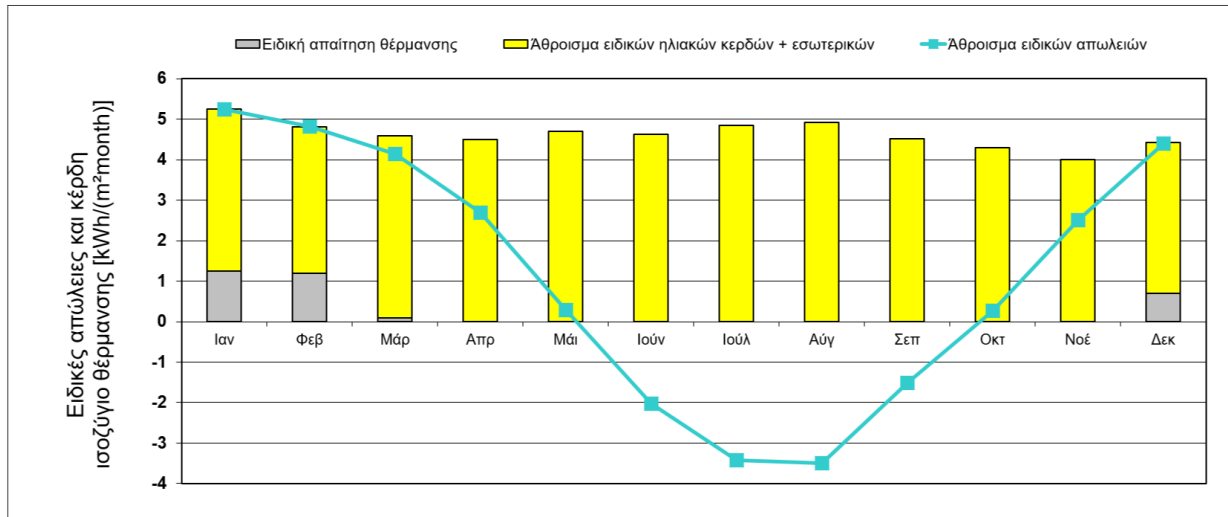
Ενεργειακό Ισοζύγιο Θέρμανσης

Από το ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες απώλειες για το υπό μελέτη κτίριο οφείλονται στην εξωτερική τοιχοποιία (Εξωτερικός τοίχος προς Εξωτερικό αέρα), στα κουφώματα και στην οροφή (Στέγη/Οροφή προς Εξωτερικό αέρα). Λιγότερες απώλειες προκύπτουν από τις θερμογέφυρες και τον αερισμό, καθώς και την εδαφόπλακα. Από την άλλη πλευρά, προκύπτουν ηλιακά κέρδη από τα κουφώματα και εσωτερικά θερμικά κέρδη από την δραστηριότητα εντός του γραφείου, με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται η ανάγκη για θέρμανση στις 3-5 kWh/m² ετησίως.



Εικόνα 5.5: Ενεργειακό Ισοζύγιο Θέρμανσης – φύλλο εργασίας Θέρμανση – PHPP

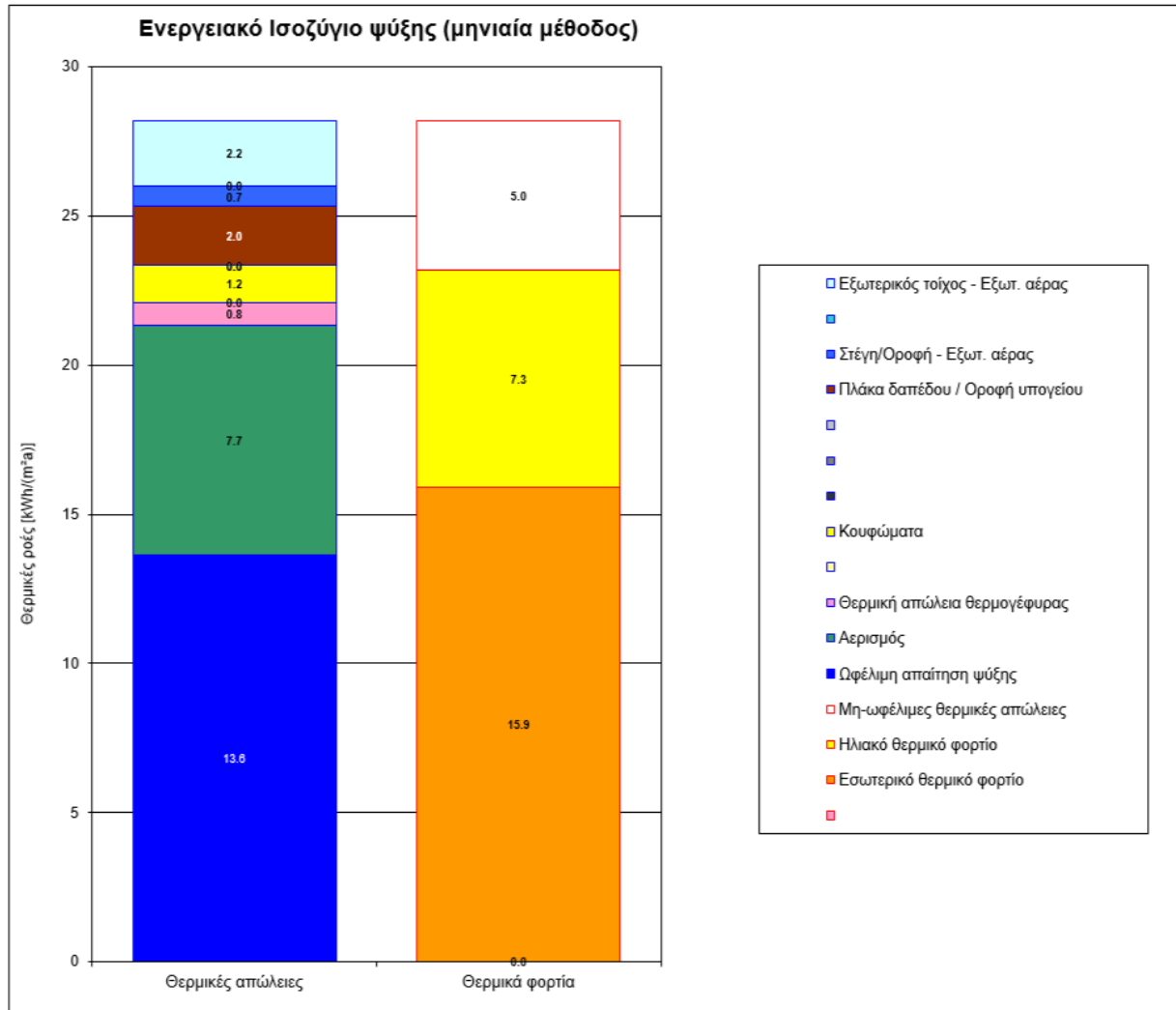
Στο ακόλουθο διάγραμμα, φαίνεται πως η ανάγκη για θέρμανση εντοπίζεται στους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα από τον Δεκέμβριο έως τον Φεβρουάριο, ενώ ελάχιστη ενέργεια θέρμανσης απαιτείται και για τον μήνα Μάρτιο. Κατά μέσο όρο η ενεργειακή απαίτηση θέρμανσης εκτείνεται από 1-2 kWh/m² τον μήνα.



Εικόνα 5.6: Μηνιαία απαίτηση Θέρμανσης – φύλλο εργασίας Θέρμανση – PHPP

Ενεργειακό Ισοζύγιο Ψύξης

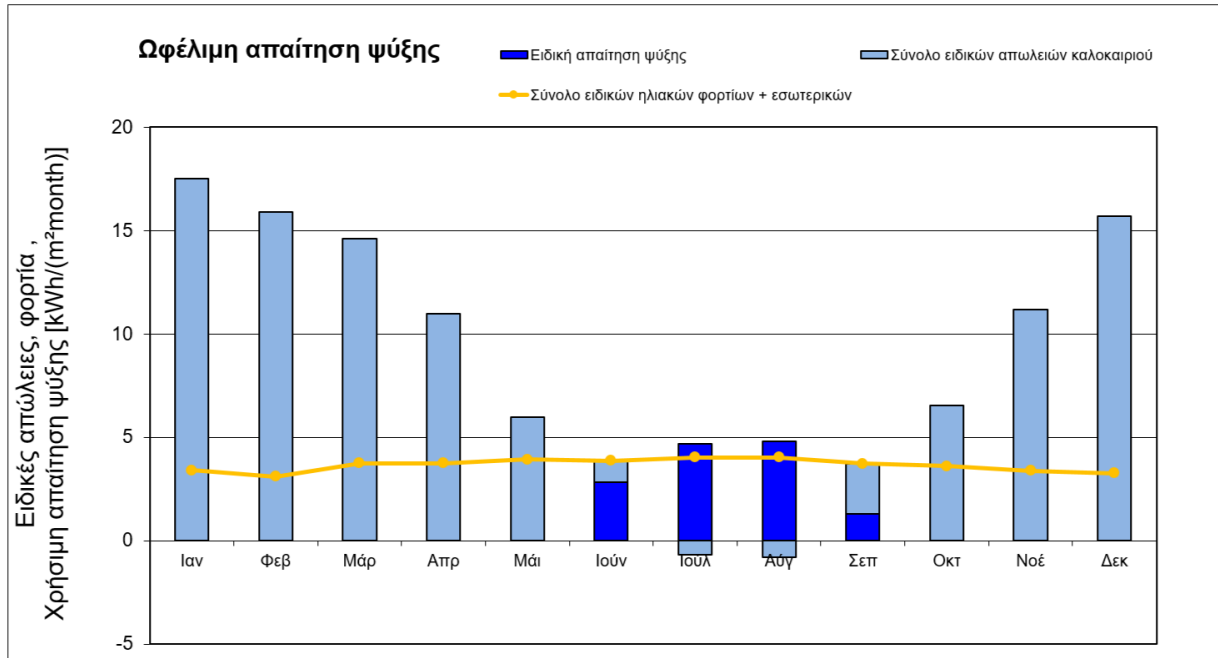
Για την θερινή περίοδο το ενεργειακό ισοζύγιο ψύξης διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο επόμενο γράφημα. Οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον μειώνουν την απαίτηση ψύξης του κτιρίου σε αυτήν την περίπτωση. Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός συνεισφέρουν αρκετά στην μείωση των θερμικών φορτίων και επομένως της ανάγκης για ενεργητική ψύξη. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι στο γράφημα οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον λόγω αερισμού είναι αυξημένες. Οι θερμικές απώλειες από την στέγη και τους εξωτερικούς τοίχους είναι χαμηλότερες σε σχέση με την χειμερινή περίοδο. Από την άλλη πλευρά το εσωτερικό του κτιρίου επιβαρύνεται με υψηλότερο ηλιακό φορτίο λόγω των κουφωμάτων και με εσωτερικό θερμικό φορτίο λόγω των εργαζομένων και των δραστηριοτήτων τους. Αυτό το φορτίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, για την διασφάλιση της θερμικής άνεσης. Η επιπλέον ενέργεια που χρειάζεται για να εξισορροπηθούν οι απώλειες με τα φορτία, αποτελεί την απαιτούμενη ενέργεια ενεργητικής ψύξης και ισούται περίπου με 14 kWh/m² ετησίως.



Εικόνα 5.7: Ενεργειακό Ισοζύγιο Ψύξης – φύλλο εργασίας Ψύξη – PHPP

Η απαίτηση για ψύξη εντοπίζεται στους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο με Αύγουστο) και λιγότερο τον Σεπτέμβριο. Για αυτούς του μήνες, οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον είναι ελάχιστες λόγω της μικρής διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα η θερμότητα που συσσωρεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου λόγω ηλιακών και θερμικών φορτίων να μην μπορεί να απομακρυνθεί μόνο μέσω της διαδικασίας αερισμού ή μέσω του κτιριακού κελύφους (π.χ. εδαφόπλακα). Συγκεκριμένα, τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο η ροή θερμότητα φαίνεται να αντιστρέφεται (αρνητική στο γράφημα) και να μην ακολουθεί την συνήθη κατεύθυνση από το θερμό εσωτερικό του κτιρίου προς το ψυχρότερο περιβάλλον, αλλά λόγω των υψηλών εξωτερικών θερμοκρασιών πραγματοποιείται μετάδοση θερμότητας από το θερμότερο εξωτερικό περιβάλλον προς το ψυχρό εσωτερικό του κτιρίου. Σε κάθε περίπτωση, για τους μήνες όπου οι θερμικές απώλειες

είναι μικρότερες από τα θερμικά φορτία, απαιτείται εφαρμογή ενεργητικής ψύξης για την κάλυψη της διαφοράς.



Εικόνα 5.8: Μηνιαία απαίτηση Ψύξης – φύλλο εργασίας Ψύξη – PHPP

5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων PHPP με EnergyPlus

Όπως έχει προαναφερθεί, το PHPP πραγματοποιεί στατική ανάλυση. Όμως στο φύλλο εργασίας Καλοκαίρι υπάρχει ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης, που χρησιμοποιείται ειδικά για τον μήνα Ιούλιο και υπολογίζει τις εσωτερικές θερμοκρασίες του Παθητικού κτιρίου για κάθε μήνα.

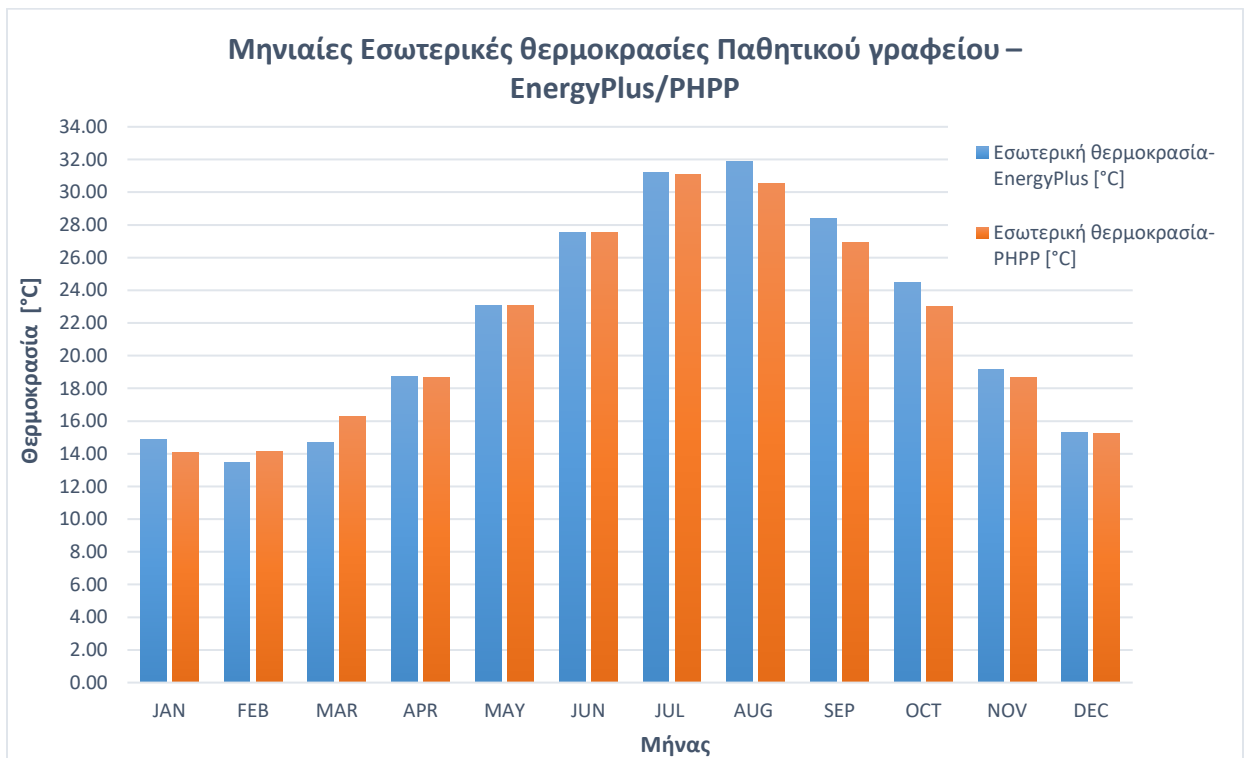
Dynamisches Modell	Monat	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	Arf 7	Typ 12	Typ 4	Kühltag	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
Leitwert Transmission außen	169.6 Zeitkonst. h	135.916	135.916084	136.83044	140.845602	197.751771	204.44671	148.626	155.931673	152.65974	198.7551	144.2525	141.26	140.9512	138.129	137.0201
Leitwert Transmission Erdrei	58.7 Start-Temp	20	20	20	20	20	24.08919	28.7127	28.9220932	30.822613	31.33273	31.65755	30.308	26.1623	22.31588	20
Kapazität	65524.8 End-Temp-unendlich	12.7565	12.699944	15.410896	18.3665248	24.1864407	28.853536	28.9465	31.1784802	31.915411	34.18839	30.30023	26.137	22.29616	17.82098	14.16813
Korrektur LW konvektiv WK	-10.3 Entladung Kapazität	-0.03	-0.05	-0.02	-0.01	0.10	0.14	0.02	0.36	0.58	2.53	-0.01	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03
LW radiativ WK	10.0 End-Temperatur-ist	12.7869	12.7519526	15.430863	18.376365	24.0891879	28.712749	28.9221	30.8226131	31.332726	31.65755	30.30804	26.162	22.31588	17.84547	14.19369
Leitwert Transmission ges W	228.1 Mitteltemperatur	14.07	14.17	16.25	18.68	23.10	27.54	28.85	30.15	31.10	31.50	30.56	26.95	23.02	18.68	15.24
	tats. Temperatur	20.00	20.00	20.00	20.00	23.10	27.54	28.85	30.15	31.10	31.50	30.56	26.95	23.02	20.00	20.00
Bandbreite Temperaturschw	1 Anteil des Zeitraums	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Εικόνα 5.9: Δυναμικό μοντέλο ανάλυσης – Φύλλο εργασίας Καλοκαίρι PHPP

Αυτές οι θερμοκρασίες, συγκρίνονται με τον μέσο όρο των μηνιαίων θερμοκρασιών της θερμικής ζώνης του Ισογείου και του Πρώτου ορόφου που προκύπτουν από το EnergyPlus και υπολογίζεται η απόκλιση τους $\Delta T = T_{in \text{ EnergyPlus}} - T_{in \text{ PHPP}}$, με σκοπό την σύγκριση των δύο λογισμικών και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Εσωτερική θερμοκρασία-EnergyPlus [°C]	14.84	13.49	14.69	18.71	23.10	27.56	31.19	31.89	28.41	24.45	19.15	15.29
Εσωτερική θερμοκρασία-PHPP [°C]	14.07	14.17	16.25	18.68	23.10	27.54	31.10	30.56	26.95	23.02	18.68	15.24
ΔT [°C]	0.76706	-0.6769	-1.5615	0.023246	-0.00347	0.022375	0.086418	1.3268	1.462022	1.4248	0.4751	0.04855

Εικόνα 5.10: Διαφορά Μηνιαίων Εσωτερικών θερμοκρασιών Παθητικού γραφείου – Σύγκριση EnergyPlus με PHPP



Εικόνα 5.11: Μηνιαίες Εσωτερικές θερμοκρασίες Παθητικού γραφείου – Σύγκριση EnergyPlus με PHPP

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα σύγκρισης των μέσων μηνιαίων εσωτερικών θερμοκρασιών, που προκύπτουν από το EnergyPlus και το RHPP αντίστοιχα για το Παθητικό γραφείο, παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα αυτά είτε ταυτίζονται μεταξύ τους είτε διαφέρουν σε μικρό βαθμό. Ειδικότερα, η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται τον μήνα Μάρτιο, με την εσωτερική θερμοκρασία να προκύπτει $1,5615^{\circ}\text{C}$ μεγαλύτερη μέσω του RHPP. Παρόμοιο φαινόμενο παρατηρείται και για τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο με το EnergyPlus να υπολογίζει υψηλότερη τιμή εσωτερικής θερμοκρασίας. Η διαφορά που καταγράφεται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι της τάξεως του $1-1,5^{\circ}\text{C}$. Η μικρότερη διαφορά σημειώνεται τον μήνα Μάιο με τις υπολογιζόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες σχεδόν να ταυτίζονται (διαφορά $0,00347^{\circ}\text{C}$), ενώ αντίστοιχη κατάσταση παρατηρείται και για τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Δεκέμβριο με τα αποτελέσματα να βρίσκονται αρκετά κοντά. Για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Νοέμβριο η διαφορά μεταξύ των δύο τιμών κυμαίνεται από $0,5$ έως $0,8^{\circ}\text{C}$ περίπου.

Επισημαίνεται ότι για την περίοδο ψύξης (Μάιος-Οκτώβριος) η θερμοκρασιακή διαφορά έχει θετική τιμή για όλους τους μήνες. Αυτό σημαίνει ότι το EnergyPlus υπολογίζει υψηλότερη μέση μηνιαία εσωτερική θερμοκρασία για τους μήνες του καλοκαιριού, σε σχέση με αυτή που προκύπτει από το δυναμικό μοντέλο του RHPP. Αντίθετα, κατά την περίοδο θέρμανσης (Ιανουάριος-Απρίλιος και Νοέμβριος-Δεκέμβριος) η διαφορά αυτή τείνει να καλυφθεί και να ανατραπεί, πράγμα το οποίο γίνεται περισσότερο αισθητό κατά τον μήνα Φεβρουάριο και Μάρτιο, όπου το RHPP υπολογίζει υψηλότερη θερμοκρασία από το EnergyPlus και η θερμοκρασιακή διαφορά προκύπτει αρνητική.

Συμπερασματικά, η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου μέσω των δύο αυτών λογισμικών διαφορετικού τρόπου ανάλυσης, καταλήγει σε παραπλήσια αποτελέσματα με μέση διαφορά της τάξεως των $0,65^{\circ}\text{C}$. Επομένως, η σύγκριση των δύο λογισμικών, δεν μπορεί να περιοριστεί μόνο ως προς τα αποτελέσματα, τα οποία είναι όμοια, αλλά θα πρέπει να επεκταθεί και ως προς τον τρόπο εισαγωγής και επεξεργασίας των δεδομένων, που παρέχει το υπολογιστικό περιβάλλον του καθενός. Το RHPP επειδή δημιουργήθηκε για τον σχεδιασμό και την ενεργειακή μελέτη Παθητικών κτιρίων, προσφέρει ένα πιο εύχρηστο περιβάλλον στον χρήστη, τόσο λόγω της δομής του με την μορφή υπολογιστικών φύλλων, όσο και λόγω της άμεσης παρουσίασης των αποτελεσμάτων σχετικά με την απαίτηση σε ενέργεια θέρμανσης και ψύξης. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να τροποποιεί την τιμή μιας παραμέτρου, παραδείγματος χάρη την τιμή U-value ή το πάχος της μόνωσης, το συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα U_g ή τον ηλιακό συντελεστή g -value, και να κρίνει άμεσα εάν βελτιώνεται ή επιδεινώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, ώστε να καταλήγει στο βέλτιστο για την εκάστοτε περίπτωση αποτέλεσμα, χωρίς να απαιτείται η πραγματοποίηση κάποιας χρονοβόρας ανάλυσης. Από την άλλη πλευρά, το EnergyPlus αποδεικνύεται περισσότερο δύσχρηστο κατά την μοντελοποίηση ενός Παθητικού κτιρίου, αφού δημιουργήθηκε για την ανάλυση και μοντελοποίηση ενός μεγαλύτερου εύρους κτιρίων και μηχανολογικών συστημάτων. Το υπολογιστικό περιβάλλον του EnergyPlus παρουσιάζει

αποτελέσματα μόνο εφόσον έχουν συμπληρωθεί τα απαραίτητα πεδία και έχει ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία ανάλυσης μέσω του προγράμματος (Simulate). Έτσι, ο χρήστης δεν αντιλαμβάνεται άμεσα την επίδραση που έχει η αλλαγή μιας παραμέτρου και πρέπει σε περίπτωση αλλαγής να επαναλαμβάνει το "τρέξιμο" του προγράμματος, πράγμα το οποίο δεν διευκολύνει την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, η οποία αποτελεί και τον κύριο στόχο του Παθητικού κτιρίου. Συγχρόνως, η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί το EnergyPlus είναι δυσνόητη, σε αντίθεση με τις συναρτήσεις στα υπολογιστικά φύλλα του RHPP, όπου ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί εύκολα στις διάφορες μαθηματικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται.

6. Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική μελέτη

Σε αυτή την τελευταία ενότητα παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η παρούσα εργασία, μετά την εξέταση των αποτελεσμάτων της προηγούμενης ενότητας. Γίνεται μια συνοπτική καταγραφή του αποτελέσματος της σύγκρισης των δύο λογισμικών ενεργειακής προσομοίωσης EnergyPlus και PHPP και γίνονται προτάσεις για μελλοντική μελέτη-έρευνα, η οποία θα μπορούσε είτε να βασιστεί είτε να εμβαθύνει στο περιεχόμενο της παρούσας εργασίας.

6.1 Συμπεράσματα

Αναφορικά με τις μηνιαίες εσωτερικές θερμοκρασίες που υπολογίζονται για το Παθητικό κτίριο γραφείων μέσω του EnergyPlus και μέσω του PHPP χωρίς την εφαρμογή συστημάτων ενεργητικής θέρμανσης και ψύξης, συμπεραίνεται ότι οι τιμές που προκύπτουν είναι ικανοποιητικές, σύμφωνα με το κριτήριο θερμικής άνεσης για τα Παθητικά κτίρια και χωρίς μεγάλη απόκλιση από τις θερμοκρασίες που αυτό επιβάλλει, δηλαδή τους 20°C για τον χειμώνα και τους 25°C για το καλοκαίρι, γεγονός που οφείλεται στην εφαρμογή του προτύπου του Παθητικού κτιρίου. Συγχρόνως, διαπιστώνεται ότι τα αποτελέσματα των μηνιαίων εσωτερικών θερμοκρασιών των δύο λογισμικών δεν διαφέρουν σημαντικά, εφόσον βέβαια εισαχθούν παρόμοια δεδομένα στα αντίστοιχα πεδία τους. Συνεπώς, δεν τίθεται ζήτημα περί αξιοπιστίας ενός εκ των δύο λογισμικών ενεργειακής προσομοίωσης, αλλά η επιλογή του λογισμικού για την ενεργειακή μελέτη του κτιρίου, πρέπει να γίνεται με βάση τον χρήστη και την εξοικείωσή του με αυτό. Το ίδιο ισχύει και για τα Plugin στο SketchUp σχεδιαστικά προγράμματα OpenStudio και DesignPH, μέσω των οποίων διαμορφώνεται το τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου και εισάγονται τα δεδομένα που αφορούν την γεωμετρία του στο EnergyPlus και στο PHPP αντίστοιχα.

Στην περίπτωση του Παθητικού κτιρίου που μελετήθηκε, διαπιστώθηκε ότι ο σχεδιασμός μέσω του DesignPH και στην συνέχεια η ενεργειακή μελέτη μέσω του PHPP, παρουσίασε κάποια βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την ίδια διαδικασία μέσω του OpenStudio και του EnergyPlus. Αυτό αποδίδεται κυρίως στο γεγονός ότι το DesignPH και το PHPP έχουν δημιουργηθεί για την μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB) και Παθητικών κτιρίων, με αποτέλεσμα να στοχεύουν στην λεπτομερή εξέταση παραμέτρων που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου και να διευκολύνουν τον χρήστη στην προσομοίωσή τους. Το PHPP χάρη στην δομή του κατευθύνει τον χρήστη στην συμπλήρωση των απαραίτητων δεδομένων στα φύλλα εργασίας, παρέχει προτεινόμενες τιμές για τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου και για τις παραμέτρους που πρέπει να συμπληρωθούν, καθώς και παρουσιάζει συνεχώς αποτελέσματα, με βασικό σκοπό την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Αντίθετα, το EnergyPlus αποτελείται από ένα πλήθος κλάσεων, όπου ο χρήστης πρέπει να περιηγηθεί και να αποφασίσει για τα πεδία που πρέπει να συμπληρωθούν, ώστε να προσομοιωθεί το κτίριο με

τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Αυτή η διαδικασία, εάν κάποιος την πραγματοποιεί πρώτη φορά, είναι σίγουρα χρονοβόρα και εγκυμονεί κινδύνους που σχετίζονται με την ορθή εισαγωγή όλων των απαραίτητων δεδομένων για το Παθητικό κτίριο στα κατάλληλα πεδία.

6.2 Προτάσεις για μελλοντική μελέτη

Εκτός από την εμβάθυνση στο περιεχόμενο της παρούσας εργασίας και την βελτιστοποίησή του, προτείνονται θέματα για μελλοντική μελέτη στην κατεύθυνση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων και του ευρύτερου πεδίου που την περικλείει. Παρακάτω καταγράφονται προτάσεις που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση και ανάλυση στο μέλλον:

- Βελτιστοποίηση υπάρχοντος κτιρίου και υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων με χρήση του PHPP – Passive House Planning Package
- Σύγκριση ενεργειακής απόδοσης Παθητικού κτιρίου με Συμβατικό και Ανάλυση Κόστους του κύκλου ζωής (Life Cycle Cost Analysis, LCCA)
- Υπολογισμός και ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με το κτίριο, τα συστήματα και τα δομικά του υλικά, κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου (Ανάλυση Κύκλου Ζωής - Life Cycle Assessment, LCA)
- Μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος (Carbon Footprint) κτιρίου Σχεδόν Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB) ή Παθητικού κτιρίου, με χρήση υλικών χαμηλής ενσωματωμένης ενέργειας (embodied energy)
- Μελέτη της μεταβολής των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου σε βάθος χρόνου, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής

7. Κατάλογος αναφορών

- [1] "Κλιματική αλλαγή" - Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
<https://www.eea.europa.eu/el/themes/climate/intro>
- [2] Representative Concentration Pathway (IPCC)
https://en.wikipedia.org/wiki/Representative_Concentration_Pathway
- [3] "Μεταβολή στις Παγκόσμιες και Ευρωπαϊκές Θερμοκρασίες λόγω της κλιματικής αλλαγής" - Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/global-and-european-temperature-10/assessment>
- [4] Δεδομένα EURO-CORDEX: προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή για την Ευρώπη βασισμένες σε ένα σύνολο περιφερειακών προσομοιώσεων κλιματικών μοντέλων
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/euro-cordex>
- [5] "Μεταβολή στις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης για την Ευρώπη λόγω της κλιματικής αλλαγής" - Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-linear-trend-in-heating>
- [6] Πώς η καταστροφή του περιβάλλοντος «θρέφει» τις πανδημίες, πληγώνει τις οικονομίες
<https://www.naftemporiki.gr/story/1614311/pos-i-katastrofi-tou-periballontos-threfei-tis-pandimies-pligonei-tis-oikonomies>
- [7] "Η πανδημία, η κλιματική αλλαγή και η μεγάλη ευκαιρία" - Ε.Σ. Σαρτζετάκης, Ν. Χαραλαμπίδης
<https://www.greenpeace.org/greece/issues/klima/14707/i-pandimia-i-klimatiki-allagi-kai-i-megali-eykairia/>
- [8] "Πανδημία και Κλιματική αλλαγή" - Γιάννης Μανιάτης
<https://www.tovima.gr/2020/11/25/opinions/pandimia-kai-klimatiki-allagi/>
- [9] "Εθνικό σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) " - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
<https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-4893.2019.pdf>

[10] "Εξοικονόμηση και Ενεργειακή αποδοτικότητα" - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/>

[11] "Κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωση" - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/ktiria-smke/>

[12] "Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας"

https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/%CE%A5%CE%A0%CE%95%CE%9D%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%91_85251_242_27.11.2018-%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-5447.pdf

[13] "Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων"

<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>

[14] "Θέματα οικοδομικών αδειών"

https://www.kodiko.gr/nomologia/document_pdf/618752

[15] "Αεροστεγανότητα κατασκευής" - Passipedia iPHA

https://www.passipedia.org/planning/airtight_construction

[16] "Κουφώματα παθητικού κτιρίου" - Passipedia iPHA

https://www.passipedia.org/planning/thermal_protection/windows

[17] "Σχεδιασμός χωρίς θερμογέφυρες" - Passipedia iPHA

https://www.passipedia.org/basics/building_physics_basics/what_defines_thermal_bridge_free_design

[18] "Οδηγός Συστημάτων Μηχανικού Αερισμού με Ανάκτηση Θερμότητας" - ΕΙΠΑΚ

<https://eipak.org/ventilationguide>

[19] "Παθητικό κτίριο και προσιτή βιωσιμότητα" - ΕΙΠΑΚ

<https://eipak.org/pathitiko-ktirio-passive-house/prositi-viosimotita>

[20] "Διάγραμμα ροής PHPP" - Sarah Lewis

https://passipedia.org/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_the_passive_house_planning_package

- [21] "Παρουσίαση του DesignPH" - Passive House Institute (PHI)
<https://designph.org/product>
- [22] "Κίνηση της Γης γύρω από τον ήλιο" - www.solar.steinbergs.us
<https://www.permaculturenews.org/2015/10/23/charting-the-suns-motion-in-relation-to-your-home-and-permaculture-site/>
- [23] "Sun Path diagram"
<https://gr.pinterest.com/pin/42221315235413376/>
- [24] "Σκίαση από προεξοχή (overhang) " - www.greenbuildingadvisor.com
https://www.researchgate.net/figure/Roof-overhang-for-North-latitude-source-wwwgreenbuildingadvisorcom_fig7_313032394
- [25] Φαινομενική διαδρομή ήλιου σύμφωνα με παρατηρητή
<https://hmxeathscience.com/Earth%27s%20Motions/Earth%27s%20Motions%20Questions%20KEY.pdf>
- [26] "Κλιματικά Δεδομένα για διαφορετικές περιοχές" - Weather data for more than 2100 locations are available in EnergyPlus weather format
<https://www.energyplus.net/weather>
- [27] "Κλιματικά Δεδομένα Αθήνας" - Weather Data Download - Athens 167160 (IWEC)
https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/GRC//GRC_Athens.167160_IWEC
- [28] Weather Data Sources
<https://energyplus.net/weather/sources#IWEC>
- [29] Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (ΕΙΠΑΚ)
<https://eipak.org/>
- [30] Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation methods
<https://www.iso.org/standard/65708.html>
- [31] "Κατασκευαστική θερμογέφυρα προβόλου με και χωρίς θερμοδιακοπή" - Schöck Isokorb
<https://www.schoeck.co.uk/en-gb/structural-thermal-bridges>

- [32] "Θερμογέφυρες Βασικές αρχές" - Αραβαντινός Δ. "Οικοδομική"
<https://docplayer.gr/496136-2-thermogefyres-vasikes-arhes-ypologismos-paradeigmata.html>
- [33] "Τυπικές τιμές θερμογεφυρών Πίνακας 15" - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOT_EE_20701-2_2017_TEE_1st_Edition.pdf
- [34] "Ελβετικός κατάλογος θερμογεφυρών"
https://www.energie-zentralschweiz.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/Planungshilfen/12_5_Waermebrueckenkatalog.pdf
- [35] "Ελβετικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ενέργειας SFOE"
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home.html>
- [36] Μόνωση μπαλκονιού - Συγκριτική μελέτη σχετικά με θερμικές και ενεργειακές πτυχές
<https://www.htflux.com/en/balcony-cantilever-slab-insulation-comparison/>
- [37] Innovation Incubator 2018 - Increasing understanding of the role of thermal bridging in building performance and the design process
<http://research.perkinswill.com/wp-content/uploads/2018/12/Innovation-Incubator-Thermal-Bridging-Final-20180430.pdf>
- [38] Επίστρωση χαμηλής εκπομπής (low-e)
<http://www.ecohabitat.gr/el/low-e/>
- [39] Προσδιορισμός ενεργειακών χαρακτηριστικών υαλοπίνακα σύμφωνα με τα πρότυπα EN410 και EN673
<https://calumenlive.com/>
- [40] Περιγραφή προτύπων EN410 και EN673
<https://www.certipedia.com/keywords/618?locale=pl>
- [41] Ηλιακός συντελεστής g-value
http://www.prismaglass.gr/dat/prisma_storage/dat/67AEE251/news19.pdf
- [42] "Σκίαση DesignPH" - Passive House Institute (PHI)
https://passivehouse.com/04_phpp/04_phpp.htm

[43] "Κανονισμός DIN V 18599-2" Energy efficiency of buildings
<https://pdfslide.net/documents/din-v-18599-2-energy-efficiency-of-buildings-calculation-tc76orgspc100docsibp.html>

[44] Προδιαγραφές για τον αερισμό μη-οικιστικών κτιρίων σύμφωνα με την νόρμα EN 13779 - Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation systems
http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_25_Pre-FV_version_prEN_13779_Ventilation_for_non-residential_buildings.pdf

[45] "Απαίτηση στάθμης φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού σε γραφείο" - T.O.T.E.E. 20701-1/2017
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOT EE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf

[46] "Εσωτερικά θερμικά φορτία λόγω ηλεκτρονικών συσκευών" - U.S. Green Building Council
<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/equipment-and-lighting-loads.html>

[47] Πέτρος Κωνσταντίνου, Υπολογιστική ανάλυση θερμικής συμπεριφοράς παθητικού κτιρίου, βελτιστοποίηση με PCM και σύγκριση με συμβατικό κτήριο, 2019

[48] Κοσμάς Στρακόσια, Υπολογιστική μελέτη θερμικής συμπεριφοράς Παθητικού κτιρίου και σύγκρισή του με ανάλογη περίπτωση Παθητικού κτιρίου με τοίχο Trombe, 2019

[49] Δημήτρης Παλλαντζάς, Ενεργειακή ανάλυση παθητικών συστημάτων σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης με χρήση των λογισμικών PHPP και DesignPH, 2019