ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΑΠΟ GRAFFITI

Μαρίνος Πανούσης
Μαρία Παπούδου

Επιβλέπων: Ιωάννης Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016

~ **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ** ~

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα κ. Ι. Τζουβαδάκη για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας ήταν πάντα πρόθυμος να προσφέρει την επιστημονική του καθοδήγηση με ουσιαστικές παρατηρήσεις και συμβουλές πάνω στο πραγματευόμενο αντικείμενο.

Παράλληλα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε από καρδιάς τις φίλες μας, Λένια, Λουκία, Ντένη και Στάθια για την υποστήριξη και την βοήθειά τους, αλλά και για τις υπέροχες στιγμές που περάσαμε μαζί όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας, Κωνσταντίνο και Ευτυχία, Φώτη και Σοφία, και τα αδέρφια μας, Σπύρο και Νίκο, και Ιωάννα, για την έμπρακτη υποστήριξη, την μεγάλη υπομονή τους, αλλά και για την καθοδήγησή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Μαρία & Μαρίνος

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παράνομο γκράφιτι, δηλαδή το γκράφιτι που γίνεται σε αντίθεση με τους ισχύοντες νόμους (προστασία κοινόχρηστων χώρων και μνημείων, απαγόρευση αλλοίωσης όψεων διατηρητέων κτηρίων) και χωρίς την άδεια του ιδιοκτήτη της επιφάνειας, είναι ένα φαινόμενο που πλήττει τις προσόψεις των κτηριακών εγκαταστάσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Συγκεκριμένα, οι προσόψεις των Νέων Κτηρίων Ζωγράφου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών πλήττονται έντονα από το εν λόγω φαινόμενο, καθώς περίπου το 36% της επιφάνειας τους καλύπτεται από γκράφιτι, με το ποσοστό αυτό να φτάνει σε κάποια κτήρια ακόμα και το 73%.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση προτάσεων ανάπλασης των προσόψεων των Κτηρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ με σκοπό την προστασία τους από τα γκράφιτι. Τα κτήρια που επιλέχθηκαν ήταν επτά (7) σε αριθμό και είναι: α) το Κτήριο Διοίκησης και Γραμματεία, β) το Κτήριο Εκδηλώσεων, γ) το Κτήριο Αιθουσών Διδασκαλίας, δ) το Αμφιθέατρο, ε) το Κτήριο του Τομέα Δομοστατικής, στ) το Κτήριο του Τομέα Γεωτεχνικής και ζ) το Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε αναφορά στους βασικούς τρόπους καθαρισμού προσόψεων κτηρίων σε περίπτωση που έχουν ήδη καλυφθεί με γκράφιτι. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν οι τρεις (3) βασικές τεχνικές προστασίας προσόψεων από γκράφιτι στις οποίες βασίστηκαν οι τελικές προτάσεις ανάπλασης. Οι τεχνικές αυτές είναι: α) επίστρωση μπογιάς anti-graffiti, β) φύτευση βλάστησης σε μορφή κατακόρυφων κήπων ή μεμονωμένων δέντρων και θάμνων και γ) τοποθέτηση κατακόρυφων σκιάστρων με διάτρητα στοιχεία, τύπου Claustra. Μιας και η πρώτη τεχνική αποτελεί κλασικό τρόπο προστασίας κτηρίων από τα γκράφιτι, κρίθηκε σκόπιμο να αναλυθούν εκτενέστερα οι άλλοι δύο, πιο «ευφυείς», εναλλακτικοί τρόποι.

Ένα παράπλευρο όφελος που είναι δυνατό να προσφέρουν οι κάθετοι κήποι και τα κατακόρυφα σκίαστρα με διάτρητα στοιχεία, τύπου Claustra, είναι η συμβολή τους στη βιοκλιματική αναβάθμιση του κτηρίου στο οποίο εφαρμόζονται. Αμφότερες αποτελούν τεχνικές παθητικού δροσισμού κτηρίων, αφού συνεισφέρουν στην ηλιοπροστασία τους βελτιώνοντας τη θερμική άνεση των χρηστών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Για την αξιολόγηση της συμβολής αυτής, πραγματοποιήθηκαν ενεργειακές αναλύσεις μέσω του λογισμικού EnergyPlus.

Για την εφαρμογή των αναλύσεων επιλέχθηκε το κτήριο του τομέα Γεωτεχνικής. Προσομοιώθηκε η τοποθέτηση κατακόρυφου σκίαστρου Claustra και η τοποθέτηση κατακόρυφου κήπου στη Βόρεια πρόσοψη του κτηρίου μέσω του σχεδιαστικού λογισμικού SketchUp Make 2016 και του πρόσθετου plug-in Open Studio για την απόδοση των ενεργειακών τους χαρακτηριστικών. Με τη βοήθεια του EnergyPlus ολοκληρώθηκαν οι αναλύσεις και εξήχθησαν αποτελέσματα με ιδιαίτερη στόχευση στην επίδραση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου.

Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής φωτογραφική καταγραφή της κατάστασης των προσόψεων του κάθε κτηρίου. Σε συνδυασμό με τα επίσημα σχέδια (σε ηλεκτρονική μορφή αρχείων AutoCAD) των κτηρίων και με συμπληρωματικές επί τόπου μετρήσεις με ψηφιακό μηκομετρητή laser για εξάλειψη ανακριβειών μεταξύ σχεδίων και τελικών παραδοτέων, πραγματοποιήθηκε καταγραφή στοιχείων για την κάθε όψη, όπως εμβαδό επιφάνειας πρόσοψης, εμβαδό καλυμμένης από γκράφιτι επιφάνειας πρόσοψης και σχετικά ποσοστά. Με βάση αυτά τα δεδομένα, δημιουργήθηκε ένας Δείκτης Αξιολόγησης (Impact Factor), έτσι ώστε να κριθεί η αναγκαιότητα που χρήζει η κάθε όψη για ανάπλαση.

Τέλος, έγινε παρουσίαση των προτάσεων ανάπλασης κάθε πρόσοψης με σκοπό την προστασία τους από τα γκράφιτι των επιλεγμένων κτηρίων. Επιλέχθηκε να γίνει επεξεργασία της κάθε όψης ξεχωριστά με τη χρήση του λογισμικού Adobe Photoshop CS2, ώστε η αποτύπωση των προτάσεων να είναι όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ABSTRACT

Illegal graffiti, i.e. graffiti opposite to applicable laws (protection of public spaces and monuments, prohibition of deterioration of building facades) and without the permission of the owner of the surface, is a phenomenon that affects the facades of the building facilities of the National Technical University of Athens. Particularly, the facades of the buildings in the Campus of the School of Civil Engineering are strongly affected by this phenomenon, since approximately 36% of their surfaces are covered by graffiti, with this figure reaching in some buildings even 73%.

The purpose of this thesis is to present proposals for redevelopment of the facades of the buildings of School of Civil Engineering, NTUA, against graffiti protection. The buildings selected were seven (7) in number and are: a) the Building of Management and Secretariat b) the Building of Events, c) Classrooms, d) the Amphitheatre, e) the Building of Structural Engineering, f) the Building of Geotechnical Engineering and g) Steel Structures Laboratory.

To begin with, a reference to the basic ways of cleaning building facades, in case they have already been covered with graffiti, is carried out. Then, the three (3) main facade protection techniques from graffiti, in which the final facade redevelopment proposals were based, were analyzed. These techniques are: a) coating paint antigraffiti, b) planting vegetation in the form of vertical gardens or individual trees and shrubs, and c) positioning of Claustras vertical shades. Since the first technique is a classic way of protecting building facades from graffiti, it was considered wise to analyze the other two, more "intelligent", alternative ways more extensively.

A side benefit that can also be provided by vertical gardens and vertical Claustra shades is their contribution to bioclimatic upgrade of the building they apply. Both of them are passive cooling techniques of houses, since they contribute to their sunshade, improving the thermal comfort of the users throughout the year. For the evaluation of this contribution, it was considered necessary to run energy simulations using EnergyPlus software.

For the purposes of the analysis, the building of Geotechnical engineering was chosen. The positioning of vertical Claustra shades and the positioning of vertical garden in the Northern facade of the building were simulated via the design software SketchUp Make 2016 and the additional plug-in Open Studio was used to add energy characteristics of each material. The simulations were carried out using EnergyPlus software and results concerning the average monthly temperature in the interior of the building were exported.

A detailed photographic recording of the condition of the facades of each building was conducted. Combining the official drawings (in digital form of AutoCAD files) of the buildings and additional on-site measurements using a digital laser measure meter to eliminate inaccuracies between drawings and final deliverables, a recording of data for the surface of each facade was carried out, including the whole area of facade surface, the area of facade

surface covered by graffiti and proportional figures. Based on these data, an Evaluation Index (named "Impact Factor) was created, in order to assess the necessity of each facade to redevelopment.

Finally, the final redevelopment proposals for each facade against graffiti were presented. The visualization of each proposal was created using Adobe Photoshop CS2 software, in order for the depiction of the proposals to be as realistic as possible.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Γκράφιτι (Graffiti) 1

1.1 Ορισμός και ετυμολογικά στοιχεία 1

1.2 Συνοπτική Ιστορική Ανασκόπηση 1

1.3 Βασικά είδη γκράφιτι 4

1.4 Το γκράφιτι ως μορφή τέχνης 4

1.5 Το γκράφιτι ως βανδαλισμός 8

1.5.1 Νομοθετικό πλαίσιο 8

1.5.2 Παραδείγματα γκράφιτι ως βανδαλισμός 8

1.6 Τα γκράφιτι στα Ελληνικά Πανεπιστήμια 11

1.6.1 Γενικά στοιχεία 11

1.6.2 Περιστατικό στα ιστορικά κτήρια του Ε.Μ.Πολυτεχνείου 12

1.6.3 Νέα κτήρια Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου 14

2. Τεχνικές Προστασίας Προσόψεων Κτηρίων από Γκράφιτι 15

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία 15

2.2 Τρόποι καθαρισμού γκράφιτι 15

2.3 Μέθοδος προστασίας με προϊόντα αντι-γκράφιτι (anti-graffiti) 16

2.4 Μέθοδος προστασίας με κατακόρυφα σκίαστρα (Claustras) 17

2.5 Μέθοδος αποτροπής με φύτευση βλάστησης 22

3. Φύτευση βλάστησης 25

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία 25

3.2 Φράχτες από δέντρα και θάμνους 25

3.2.1 Φύτευση δέντρων 25

3.2.2 Φύτευση θάμνων 26

3.3 Κατακόρυφοι κήποι 26

3.3.1 Ορισμός 26

3.3.2 Τύποι κατακόρυφων κήπων 27

3.3.3 Φυτικό υλικό Κατακόρυφων κήπων 29

3.3.4 Οφέλη κατακόρυφων κήπων 33

4. Το πρόβλημα των γκράφιτι στα Νέα Κτήρια Ζωγράφου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ 35

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία 35

4.2 Το φαινόμενο των γκράφιτι στα Νέα κτήρια Πολιτικών μηχανικών ΕΜΠ 36

4.2.1 Γενικά στοιχεία 36

4.2.2 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας 36

4.2.3 Αίθουσα εκδηλώσεων 39

4.2.4 Αμφιθέατρο 42

4.2.5 Κτήριο αιθουσών διδασκαλίας 45

4.2.6 Κτήριο τομέα Δομοστατικής 48

4.2.7 Κτήριο τομέα Γεωτεχνικής 52

4.2.8 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 55

4.3 Αξιολόγηση όψεων 58

4.4 Ενδεικτικές Προτάσεις Προστασίας 60

4.4.1 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας 60

4.4.2 Αίθουσα εκδηλώσεων 62

4.4.3 Αμφιθέατρο 63

4.4.4 Αίθουσες διδασκαλίας 66

4.4.5 Τομέας Δομοστατικής 68

4.4.6 Τομέας Γεωτεχνικής 71

4.4.7 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 73

5. Συμβολή Φύτευσης και Σκίαστρων στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό 77

5.1 Εισαγωγικά στοιχεία 77

5.1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου 77

5.1.2 Κατανάλωση Ενέργειας και Κτήρια 77

5.2 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και θερμική άνεση 78

5.3 Βασικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού 82

5.3.1 Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης 83

5.3.2 Το κτήριο ως αποθήκη θερμότητας 84

5.3.3 Το κτήριο ως παγίδα θερμότητας 84

5.3.4 Το κτήριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης 84

5.4 Παθητικά συστήματα (θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού) 85

5.4.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης 85

5.4.2 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού 87
5.4.3 Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού/Παθητικού Δροσισμού..... 87
5.5 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών..... 89
5.6 Αποτίμηση συμβολής Φύτευσης και Σκιάστρων στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό.. 90
6. Προσομοίωση Σκίαστρων και Φύτευσης στο λογισμικό EnergyPlus 91
6.1 Εισαγωγικά Στοιχεία 91
6.2 Το λογισμικό EnergyPlus 91
6.2.1 Γενικά Στοιχεία 91
6.2.2 Λειτουργία του λογισμικού EnergyPlus 93
6.2.3 Η εφαρμογή EP-Launch 94
6.2.4 Αρχεία δεδομένων εισόδου EnergyPlus..... 97
6.2.5 Αρχεία δεδομένων εξόδου EnergyPlus..... 97
6.2.6 Η εφαρμογή IDF Editor 98
6.2.7 Μεθολογία της ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίου με το λογισμικό EnergyPlus 99
6.3 Διαδικασία προσομοίωσης..... 103
6.4 Προσομοίωση κτηρίου Τομέα Γεωτεχνικής..... 104
6.5 Προσομοίωση κτηρίου με σκίαστρα..... 112
6.6 Προσομοίωση κτηρίου με κατακόρυφο κήπο..... 113
6.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων..... 116
6.7.1 Γενικά στοιχεία..... 116
6.7.2 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Τοποθέτησης Κατακόρυφου Σκιάστρου 117
6.7.3 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Τοποθέτησης Κατακόρυφου Κήπου..... 118
7. Προτάσεις Ανάπλασης Προσόψεων 119
7.1 Εισαγωγικά Στοιχεία 119
7.2 Προτάσεις Ανάπλασης Προσόψεων..... 119
7.2.1 Γενικά Στοιχεία 119
7.2.2 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας..... 122
7.2.3 Αίθουσα εκδηλώσεων 123
7.2.4 Αμφιθέατρο..... 125
7.2.5 Κτήριο Αιθουσών διδασκαλίας 126
7.2.6 Κτήριο τομέα Δομοστατικής 128
7.2.7 Κτήριο τομέα Γεωτεχνικής..... 129

7.2.8 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 130

8. Βιβλιογραφικές Αναφορές..... 131

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Η «Μπλε ηλεκτρική καρέκλα» (1963), σύνθεση του πρωτοποριακού Αμερικανού καλλιτέχνη Άντι Γουόρχολ, που επηρεάστηκε στο έργο του από τα γκράφιτι (Λονδίνο) [2] 3

Εικόνα 1.2: Κτήριο ΣΙΛΟ, Πειραιάς, (καλλιτέχνης: Urban Act) [5] 5

Εικόνα 1.3: Δημοτικά Σχολεία Καλοχώρι, Θεσσαλονίκη και Μάσαρη, Ρόδος [6] 5

Εικόνα 1.4: Κτήριο κατοικιών, Θεσσαλονίκη, (καλλιτέχνης: DesignWars) [7] 6

Εικόνα 1.5: Ξενοδοχείο Vienna, Αθήνα (καλλιτέχνης: Π. Τσάκωνας) [4] 6

Εικόνα 1.6: Αθήνα, (καλλιτέχνης: iNO) [9] 7

Εικόνα 1.7: Κτήριο κατοικιών, Αθήνα (καλλιτέχνης: Α. Κούβαρη) [4] 7

Εικόνα 1.8: Πρόσοψη εγκαταλελειμμένου κτηρίου, Εξάρχεια, Αθήνα [12] 9

Εικόνα 1.9: Είσοδος κατοικίας, Εξάρχεια, Αθήνα [13] 9

Εικόνα 1.10: Όψη κατοικίας, Εξάρχεια, Αθήνα [14] 10

Εικόνα 1.11: Είσοδος διατηρητέου κτηρίου, Αθήνα [15] 10

Εικόνα 1.12: Βαγόνια Ηλεκτρικού Τραίνου, Αθήνα [16] 10

Εικόνα 1.13: Είσοδος κτηρίου, οδός Πατησίων, Αθήνα [17] 11

Εικόνα 1.14: Είσοδος Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών [18] 11

Εικόνα 1.15: Κτήρια Ε.Μ.Πολυτεχνείου, οδός Στουρνάρη, Αθήνα [19] 12

Εικόνα 1.16: Είσοδος κτηρίων Πανεπιστημίου Πατρών 12

Εικόνα 1.17: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, διασταύρωση Στουρνάρη και Πατησίων, Αθήνα [21] 13

Εικόνα 1.18: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, οδός Στουρνάρη, Αθήνα [22] 13

Εικόνα 1.19: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, διασταύρωση Στουρνάρη και Πατησίων, Αθήνα – μετά την αποκατάσταση [24] 14

Εικόνα 1.20: Κτήρια Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου 14

Εικόνα 1.21: Κτήρια Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου 14

Εικόνα 2.1: Γκράφιτι πίσω από προστατευτικές μπάρες [32] 18

Εικόνα 2.2: Γκράφιτι σε παράθυρα πίσω από μπάρες (Σχολή Πολ.Μηχανικών) 18

Εικόνα 2.3: Γκράφιτι σε φράχτη από λεία επιφάνεια [33] 18

Εικόνα 2.4: Μοτίβα σκιάστρων από τούβλα [34] 19

Εικόνα 2.5: Τρόπος τοποθέτησης σκιάστρων από μπετόν και διάφορα είδη μοτίβων [35] 19
Εικόνα 2.6: Μοτίβα σκιάστρων από μπετόν [35] 20
Εικόνα 2.7: Μοτίβα μεταλλικών σκιάστρων [35] 20
Εικόνα 2.8: Περίτεχνα γκράφιτι σε κάγκελα [36] 21
Εικόνα 2.9: Περίτεχνο γκράφιτι σε κάγκελα [36] 21
Εικόνα 2.10: Δέντρα (αριστερά) και ψηλοί θάμνοι (δεξιά) [37] [38] 22
Εικόνα 2.11: Αναρριχόμενο φυτό (αριστερά) και κατακόρυφος κήπος (δεξιά) [39] 23
Εικόνα 2.12: Κατακόρυφοι κήποι με υποστήριξη [39] 23
Εικόνα 3.1: Ρίζες δέντρων που έχουν καταστρέψει την πλάκα του πεζοδρομίου [40] 26
Εικόνα 3.2: Εφαρμογές «Modular trellis panel system» (αριστερά) και «Cable wire-rope net system» (δεξιά) [42] 27
Εικόνα 3.3: «Ζωντανός» τοίχος με ενότητες χωρίς (αριστερά) και με φυτικό υλικό (δεξιά) [42] 28
Εικόνα 3.4: Μηχανισμός φυτικού τοίχου τύπου Βιοφίλτρου [42] 29
Εικόνα 4.1: Αεροφωτογραφία νέων κτηρίων σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Ζωγράφου 35
Εικόνα 4.2: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας 36
Εικόνα 4.3: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας 37
Εικόνα 4.4: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας 38
Εικόνα 4.5: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας 38
Εικόνα 4.6: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων 39
Εικόνα 4.7: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων 40
Εικόνα 4.8: Νοτιοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων 41
Εικόνα 4.9: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων 42
Εικόνα 4.10: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου 42
Εικόνα 4.11: Νοτιοανατολική όψη αμφιθεάτρου 43
Εικόνα 4.12: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου 44
Εικόνα 4.13: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου 45
Εικόνα 4.14: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας 46
Εικόνα 4.15: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας 46
Εικόνα 4.16: Νότια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας 47
Εικόνα 4.17: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας 48
Εικόνα 4.18: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικών 49
Εικόνα 4.19: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικών 50
Εικόνα 4.20: Νότια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής 51

Εικόνα 4.21: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής..... 52
Εικόνα 4.22: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής 53
Εικόνα 4.23: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής 53
Εικόνα 4.24: Νότια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής..... 54
Εικόνα 4.25: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής 55
Εικόνα 4.26: Βόρεια όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 56
Εικόνα 4.27: Ανατολική όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 56
Εικόνα 4.28: Νότια όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών..... 57
Εικόνα 4.29: Δυτική όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών 58
Εικόνα 4.30: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό 60
Εικόνα 4.31: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό 61
Εικόνα 4.32: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό 61
Εικόνα 4.33: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης μετά τον καθαρισμό 62
Εικόνα 4.34: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό 62
Εικόνα 4.35: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό..... 63
Εικόνα 4.36: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό 63
Εικόνα 4.37: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό..... 63
Εικόνα 4.38: Νοτιοανατολική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό 64
Εικόνα 4.39: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό 65
Εικόνα 4.40: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό..... 65
Εικόνα 4.41: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά τον καθαρισμό..... 66
Εικόνα 4.42: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά τον καθαρισμό 67
Εικόνα 4.43: Νότια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας 67
Εικόνα 4.44: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά από καθαρισμό 68
Εικόνα 4.45: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό..... 68
Εικόνα 4.46: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής..... 69
Εικόνα 4.47: Νότια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό 70
Εικόνα 4.48: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό..... 70
Εικόνα 4.49: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά από καθαρισμό 71
Εικόνα 4.50: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά από καθαρισμό 72
Εικόνα 4.51: Νότια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά τον καθαρισμό 72
Εικόνα 4.52: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά τον καθαρισμό..... 73
Εικόνα 4.53: Βόρεια όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό 73

Εικόνα 4.54: Ανατολική όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό 74

Εικόνα 4.55: Νότια όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό 74

Εικόνα 4.56: Δυτική όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό 75

Εικόνα 5.1: Ο κύκλος της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής [56] 79

Εικόνα 5.2: Ανθρώπινο σώμα και θερμική άνεση [56] 79

Εικόνα 5.3: Συνιστώμενες Μέσες Εσωτερικές Θερμοκρασίες Κτηρίων βάσει της χρήσης τους [56] 80

Εικόνα 5.4: Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [57].....81

Εικόνα 5.5: Αξιοποίηση των θετικών κλιματικών στοιχείων από το κέλυφος του κτηρίου [54]82

Εικόνα 5.6: Συντελεστές ανάκλασης βασικών χρωμάτων σε 3 διαφορετικές αποχρώσεις [58] 89

Εικόνα 5.7: Συντελεστές ανάκλασης ορόφων και τοίχων για διαφορετικές αποχρώσεις [58] ..90

Εικόνα 6.1: Βασική οθόνη εκκίνησης EP-Launch 95

Εικόνα 6.2: Μήνυμα ολοκλήρωσης EP-Launch 95

Εικόνα 6.3 Κύρια οθόνη EP-Launch με ενεργοποιημένη την καρτέλα αποτελεσμάτων 'Sets'...96

Εικόνα 6.4: Οθόνη εφαρμογής IDF Editor 98

Εικόνα 6.5: Κτήριο Γεωτεχνικής σχεδιασμένο στο περιβάλλον του SketchUp 103

Εικόνα 6.6: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD 104

Εικόνα 6.7: Βόρεια όψη τομέα Γεωτεχνικής στο λογισμικό SketchUp.....105

Εικόνα 6.8: Ανατολική όψη τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD.....105

Εικόνα 6.9: Ανατολική όψη τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp.....105

Εικόνα 6.10: Νότια όψη Τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD 106

Εικόνα 6.11: Νότια όψη Τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp.....106

Εικόνα 6.12: Δυτική όψη Τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD 106

Εικόνα 6.13: Δυτική όψη Τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp.....107

Εικόνα 6.14: Γενικές πληροφορίες κτηρίου στο IDF Editor.....107

Εικόνα 6.15: Γεωγραφικά χαρακτηριστικά στο IDF Editor.....108

Εικόνα 6.16: Διάρκεια προσομοίωσης και κλιματολογικές συνθήκες στο IDF Editor 108

Εικόνα 6.17: Κατασκευαστική διάταξη δομικών στοιχείων στο IDF Editor.....109

Εικόνα 6.18: Διάταξη κάθε επιφάνειας στο IDF Editor 109

Εικόνα 6.19: Διάταξη παραθύρων στο IDF Editor 110

Εικόνα 6.20: Δεδομένα χρήσης κτηρίου στο IDF Editor.....110

Εικόνα 6.21: Καθορισμός δεδομένων εξαγωγής στο IDF Editor 111
Εικόνα 6.22: Εισαγωγή σκιάστρου στο κτήριο προσομοίωσης στο λογισμικό SketchUp 112
Εικόνα 6.23: Απεικόνιση πάχους σκιάστρου και απόστασής του από πρόσοψη 112
Εικόνα 6.24: Νότια και ανατολική όψη κτηρίου προσομοίωσης..... 113
Εικόνα 6.25: Βόρεια όψη κτηρίου προσομοίωσης 114
Εικόνα 6.26: Ορισμός νέου υλικού «φυτά» στο IDF Editor 114
Εικόνα 6.27: Ορισμός δομικού στοιχείου «Κάθετος Κήπος» στο IDF Editor 115
Εικόνα 6.28: ορισμός «κήπου» στη βόρεια όψη 115
Εικόνα 7.1: Μεταλλικά σκίαστρα από σύρματα μορφής «bird nest» («φωλιά πουλιού») [64] 119
Εικόνα 7.2: Σκίαστρα με περίτεχνα μοτίβα [64]..... 120
Εικόνα 7.3: Σκίαστρα με μοτίβα με οπές [64]..... 120
Εικόνα 7.4: Σκίαστρα από στοιβαγμένα τσιμεντένια τεμάχια [64] 120
Εικόνα 7.5: Πλαστικό σκίαστρο με οπές [64] 121
Εικόνα 7.6: Τρόπος υποστήριξης κατακόρυφου κήπου [65] 121
Εικόνα 7.7: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση σκιάστρου και φυτών..... 122
Εικόνα 7.8: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου 122
Εικόνα 7.9: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση σκιάστρου 123
Εικόνα 7.10: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου..... 123
Εικόνα 7.11: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου 124
Εικόνα 7.12: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου 124
Εικόνα 7.13: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου 125
Εικόνα 7.14: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου με τοποθέτηση σκιάστρων 125
Εικόνα 7.15: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου τύπου Bird Nest..... 126
Εικόνα 7.16: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου με βλάστηση 126
Εικόνα 7.17: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με φύτευση..... 127
Εικόνα 7.18: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με τοποθέτηση σκιάστρου 127
Εικόνα 7.19: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με ενίσχυση βλάστησης 128
Εικόνα 7.20: Βόρεια όψη τομέα Δομοστατικής με φύτευση και αντι-γκράφιτι..... 128
Εικόνα 7.21: Δυτική όψη τομέα Δομοστατικής με μεταλλικό σκίαστρο..... 129
Εικόνα 7.22: Ανατολική όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με τοποθέτηση σκιάστρων..... 129
Εικόνα 7.23: Νότια όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με φύτευση..... 130
Εικόνα 7.24: Δυτική όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με τοποθέτηση σκιάστρου 130

1. Γκράφιτι (Graffiti)

1.1 Ορισμός και ετυμολογικά στοιχεία

γκράφιτι (το) κάθε σχέδιο (ζωγραφικών παραστάσεων, αρχικών γραμμάτων ή συνθημάτων) που ζωγραφίζεται με ψεκαστήρα (σπρέι), κυρίως πάνω σε χτισμένες επιφάνειες, τοίχους ή πεζοδρόμια και αποτελεί συνήθως τρόπο προσωπικής έκφρασης ή διαμαρτυρίας
ετυμολογία Αντιδάν. < ιταλ. graffiti, υποκ. του graffio «επιγραφή, χάραγμα» < λατ. graphium < αρχ. *γραφεῖον* [1]

Η λέξη Graffiti (Γκράφιτι), προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη "γραφείον", η οποία μετά ταξίδεψε στην Ιταλία και την λατινική γλώσσα, και έπειτα από πολλές μετατροπές στην μορφή της και στην σημασία της, πήρε την μορφή graffio, που σημαίνει χάραγμα. Με τον καιρό, αυτή η λέξη έγινε graffito, έχοντας ως πληθυντικό την γνωστή σε όλους μας λέξη graffiti. Το Graffiti ορίζεται ως γραφή ή σχέδιο γραμμένο, γδαρμένο ή ψεκασμένο παράνομα σε έναν τοίχο ή άλλη επιφάνεια σε δημόσιο χώρο. Η λέξη graffiti μπορεί στα νέα ελληνικά να παραφραστεί με τον όρο τοιχογράφημα. [2]

1.2 Συνοπτική Ιστορική Ανασκόπηση

Όπως προαναφέρθηκε, ο όρος graffiti προέρχεται από τον πληθυντικό του λατινικού Graffito ή Sgraffito που είναι αντιδάνειο από το ελληνικό γράφω, δηλ. χαράσσω συμβολικά σημεία, εικονίζω δια γραμμών, ζωγραφίζω.
Αν και ως έννοια έχει τη διαχρονική και υπερτοπική της ιστορική ύπαρξη που επεκτείνεται από τα πολίσματα των Μάγια και των Αζτέκων μέχρι τους τοίχους της ρωμαϊκής αρχιτεκτονικής, ως όρος προσδιορίζει την καλλιτεχνική προβολή μιας διακηρυκτικής στάσης κοινωνικοπολιτικού περιεχομένου: τα συνθήματα στους τοίχους με τα οποία δημοσιοποιούνταν η αντίσταση στον κατακτητή σε καιρό πολέμου ή μια πολιτική θέση σε καιρό ειρήνης είναι αρχέτυπα γκράφιτι στην εξωκαλλιτεχνική διάσταση του όρου. Η εικαστική τους μορφή περιορίζεται στα γράμματα που συνοδεύονται ή όχι από ένα σχήμα εμβληματικό του ιδεολογικού χώρου τον οποίο εκφράζουν.

Προς το τέλος της δεκαετίας του 1960, το γκράφιτι αρχίζει να παίρνει τη μορφή που ξέρουμε σήμερα: γίνεται διακοσμητικό, συνθετικό και άλλοτε περίτεχνο. Αποκτά τις ιδιότητες αυτές χάρη στο μέσο με το οποίο εκφράζεται μέχρι σήμερα, σχεδόν αποκλειστικά: το χρώμα σε συσκευασία εκνεφώματος (σπρέι). Η μεγάλη επιλογή χρωματολογίου, η ευχρηστία (υλικό και

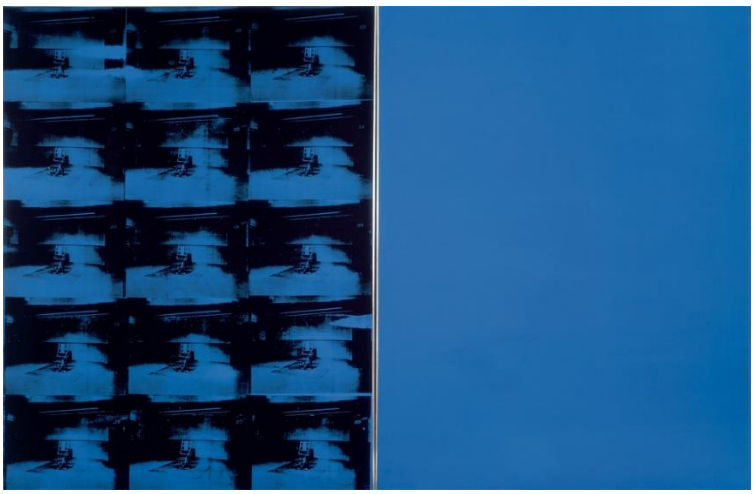
εργαλείο μαζί) και τα ποικίλα μεγέθη των επιστομίων που προσαρμόζονται ώστε να αφήνουν περισσότερο ή λιγότερο υλικό στην επιφάνεια, έδωσαν στους καλλιτέχνες των γκράφιτι αρκετές δυνατότητες να μορφοποιήσουν τις προθέσεις τους.

Η τυπολογία των γκράφιτι ξεκινάει (σε παρένθεση δίνεται η διεθνώς δεσπόζουσα ορολογία του) από τις τζίφρες (tags) που έλκουν την καταγωγή τους από τα μονογράμματα με τα οποία υπέγραφαν τα έργα τους οι μεσαιωνικοί και αναγεννησιακοί ζωγράφοι. Η τζίφρα μπορεί να είναι ένα απλό μονόχρωμο σχήμα ή ένα δίχρωμο γρήγορα εκτελεσμένο σχεδίασμα (throw-up). Μπορεί ακόμα να είναι ένα τρισδιάστατο (3D), σχεδιασμένο δηλαδή προοπτικά, αλλά και μια πολύχρωμη καλλιγραφική μορφή. Η θεματική της τζίφρας είναι το όνομα (σχεδόν πάντοτε ψευδώνυμο) του καλλιτέχνη (writer) ή της ομάδας καλλιτεχνών (crew). Οι συνθέσεις ανάλογα με την εκτέλεση και την κλίμακα τους, αποκαλούνται throw-ups, όταν είναι μικρές και χωρίς προηγούμενο σχεδιασμό ή pieces (=κομμάτια), όταν είναι μεγάλες και λεπτομερώς επεξεργασμένες.

Στο μορφολογικό πεδίο επιλέγονται έντονα και φωσφορίζοντα χρώματα, γωνιώδη σχήματα, παραμορφωτικές αποδόσεις προσώπων και αντικειμένων με σαφείς επιδράσεις από τη μορφολογία των κόμικς, την επιθετικά σχηματοποιημένη εκζήτηση των γραμμάτων που διαφημίζουν υλικά ευρείας κατανάλωσης όπως και αναφορές στο στιλ Πανκ. Κυρίαρχη θέση μεταξύ των μοτίβων μιας σύνθεσης έχει συνήθως το όνομα του καλλιτέχνη. Συχνά βασική επιδίωξη είναι να ενοχληθεί ή να αγανακτήσει ο μέσος περαστικός όχι μόνο από τον «βανδαλισμό» των τοίχων αλλά και από τους συνειρμούς κάποιων εμβλημάτων, όπως ο αγκυλωτός σταυρός, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο καλλιτέχνης είναι νεοναζιστής. Η διάθεση epater les bourgeois (=να συνταραχθούν οι αστοί), την οποία μοιράζονται με τους μοντερνιστές των αρχών του 20ού αιώνα, είναι κυρίαρχο στοιχείο της μορφολογίας του γκράφιτι.

Στο ιδεολογικό πεδίο μπορεί κανείς να διακρίνει το πολιτικό, το γκράφιτι της συμμορίας (gang) και το καλλιτεχνικό (hip-hop ή στιλ Νέας Υόρκης) γκράφιτι. Το δεύτερο αναπτύχθηκε κυρίως στις μεγαλουπόλεις των ΗΠΑ και ιδιαίτερα στα γκέτο των υποβαθμισμένων συνοικιών. Σ' αυτές οι νεανικές συμμορίες βρήκαν στο γκράφιτι ένα τρόπο να καθορίζουν το χώρο της «εξουσίας» τους απέναντι στις αντίπαλες τους και να εκφράζουν ένα πλήθος επιθετικά μηνύματα, συνήθως ακατανόητα στους αμύητους. Αυτή η κατηγορία είναι η πιο περιθωριακή από όλες και είχε μια περιορισμένη και αργή εξάπλωση στις ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις, των οποίων ο κοινωνικός ιστός δημιουργούσε προϋποθέσεις εμφάνισης τους. Αντίθετα, η διεθνώς δεσπόζουσα εκδοχή του είναι το hip-hop, που ξεκίνησε από την κάλυψη των βαγονιών του μετρό στη Νέα Υόρκη για να εξαπλωθείς στη συνέχεια και στις μεγάλες ευρωπαϊκές μητροπόλεις, ιδιαίτερα στο Βερολίνο. Το ιδεολογικό περιεχόμενο του hip-hop είναι πολυσυλλεκτικό. Ο όρος είναι δάνειο από τα τραγούδια των μουσικών συγκροτημάτων της hip-hop που βασίζονταν στο στίχο παρά στη μουσική, στίχος με σαφείς αναφορές σε προβλήματα εθνικών, φυλετικών ή κοινωνικών μειονοτήτων. Από την άποψη αυτή το γκράφιτι μπορεί να θεωρηθεί η πιο αναγνωρίσιμη μορφή κυριαρχούμενης ευαισθησίας ή υποκουλτούρας στον εικαστικό τομέα, ανάλογο με τη Ραπ, τη Ρέγκε και την Πανκ Ροκ στον τομέα της μουσικής. Καθώς ούτε το πολιτικό ούτε το συμμορίτικο μπορούσαν να αποτελέσουν κοινό παρονομαστή για τη νεολαία μετά τη δεκαετία του 1970, το hip-hop εξέφραζε έγκυρα

τις χιλιάδες ατομικότητες των δημιουργών του και με την αίσθηση επιτεύγματος που τους έδινε η μετατροπή του εξωτερικού ενός βαγονιού σε μια κινούμενη τοιχογραφία εκκωφαντικών χρωμάτων και σχημάτων, παρά το ατελείωτο κυνηγητό της αστυνομίας και των υπευθύνων καθαριότητας στα τρένα και το μετρό. Από το 1970 μέχρι σήμερα το hip-hop πέρασε και στους τοίχους, πότε με αποτελέσματα αρκετά εντυπωσιακά, ώστε να τραβήξουν την προσοχή καθιερωμένων επαγγελματιών ζωγράφων με χαρακτηριστική την περίπτωση του Κιθ Χέιρινγκ, που υιοθέτησε το λεξιλόγιο τους και το μετέφερε στις αίθουσες της Νέας Υόρκης ή την συνεργασία του Άντι Γουόρχολ σε συνθέσεις (εικόνα 1.1). Το νομιμοποιημένο πλέον γκράφιτι έγινε αντικείμενο πολυδάπανων προγραμμάτων δημιουργικής απασχόλησης της νεολαίας. Δημοτικά και κοινοτικά κτήρια παραχώρησαν τους τοίχους τους στους μεμονωμένους ή τις ομάδες και τα κομμάτια πολλαπλασιάστηκαν με παραγγελιοδότες πλέον δημόσιους αλλά και ιδιωτικούς φορείς. Αυτή η αποπεριθωριοποίηση μετέτρεψε το γκράφιτι σε εικαστική οντότητα ενσωματωμένη, έστω και εν μέρει, στο κατεστημένο σύστημα διακίνησης της τέχνης.



Εικόνα 1.1: Η «Μπλε ηλεκτρική καρέκλα» (1963), σύνθεση του πρωτοποριακού Αμερικανού καλλιτέχνη Άντι Γουόρχολ, που επηρεάστηκε στο έργο του από τα γκράφιτι (Λονδίνο) [2]

Στην Ελλάδα το κυρίαρχο είδος του hip-hop γκράφιτι εισάγεται στη δεκαετία του 1980 με έναν τρόπο που δεν διαφέρει από εκείνον που διακρίνει τους καθιερωμένους καλλιτέχνες, όταν μεταφέρουν μορφές από επαναστατικά κινήματα της διεθνούς τέχνης: υιοθέτηση της μορφολογίας αλλά με αποστασιοποίηση από το κοινωνικά ανατρεπτικό τους περιεχόμενο. Σχεδόν όλα τα αστικά κέντρα γνώρισαν ολόκληρη τη γκάμα της τυπολογίας του. Από τα μέσα μάλιστα της δεκαετίας του 1980 μέχρι σήμερα, πολλοί φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης όχι μόνο παραχώρησαν τοίχους στις πόλεις, καλώντας μεμονωμένους και ομάδες να τους κοσμήσουν, αλλά και διοργάνωσαν φεστιβάλ γκράφιτι με εντυπωσιακή συμμετοχή.

Από τους μεμονωμένους Έλληνες καλλιτέχνες εκείνης της περιόδου μπορεί κανείς ενδεικτικά να αναφέρει τους Sap, Metz, Jsone, Bizar, GeoX και Παπαγεωργίου για την ευφάνταστη χρήση στοιχείων της pop art στα κομμάτια τους, όπως και για την πλαστικότητα και δυναμική του σχεδίου τους. Οι καλλιτέχνες αυτοί, σε διαφορετικό βαθμό ο καθένας, κατορθώνουν να αποφύγουν την εύκολη τυποποίηση στο λεξιλόγιο του γκράφιτι, από την οποία δεν ξεφεύγουν οι περισσότεροι μεμονωμένοι ομότεχνοί τους. Ορισμένα χαρακτηριστικά ονόματα ομάδων πάλι

εκείνης της εποχής είναι: Athens City Painters, Bad Scoularics, Unauthorities Wall Destruction, Wrong Face Crew, Skra Ghetto Boys, Free Street Artists, United through Colours.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί η αποκλειστική χρήση της αργκό στα μηνύματα και τα συνθήματα, όπως και ο συνήθως βωμολοχικός τους χαρακτήρας, από τους καλλιτέχνες γκράφιτι διεθνώς, σταθερά γνωρίσματα που αντλούνται από την παράδοση της περιθωριακής καταγωγής και της τάσης του να αυτοτοποθετείται στον χώρο της υποκουλτούρας. [2]

1.3 Βασικά είδη γκράφιτι

Αφού αναφέρθηκαν και στην προηγούμενη υποενότητα ορισμένα είδη γκράφιτι κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν συνοπτικά τα κυριότερα είδη. Τα γκράφιτι χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το είδος του περιεχομένου τους, τον τρόπο και τον τόπο εφαρμογής τους, το μέγεθος τους και τα υλικά τους. Ακολουθούν οι εξής κατηγορίες ειδών [3]:

- Tag: Μια απλή υπογραφή ψευδώνυμου σε τοίχο στο δημόσιο χώρο. Συνήθως γίνεται με ένα μόνο χρώμα. Είναι η πιο απλή μορφή γκράφιτι και αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα καθώς υπάρχουν επιφάνειες στην πόλη που είναι γεμάτες με αμέτρητα tags που δημιουργούν οπτική ρύπανση. Tag αποκαλείται επίσης και η υπογραφή του δημιουργού στην άκρη ολοκληρωμένων έργων.

- Stencil: Χρησιμοποιείται για συγκεκριμένα γκράφιτι όπως γράμματα, σύμβολα ή φιγούρες και φτιάχνεται συνήθως από χαρτόνι ή άλλα υλικά που μπορούν να λειτουργήσουν ως πλαίσιο για στάμπα. Τα stencil μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές με το ίδιο αποτέλεσμα.

- Bomb/Bombing: Η μαζική βαφή πολλών επιφανειών σε μια περιοχή. Συνήθως αποτελείται από tags και όχι πολύπλοκα έργα. Θεωρείται η πιο παράνομη μορφή γκράφιτι και γίνεται πολύ γρήγορα.

- Burner: Ένα μεγάλο, περίπλοκο κομμάτι. Παίρνει πολύ χρόνο για να τελειοποιηθεί και τις περισσότερες φορές είναι νόμιμο. Γίνεται σε τρένα, τοίχους και διαφημιστικές πινακίδες. Είναι ένα κομμάτι που ξεχωρίζει από τα άλλα είτε επειδή το στιλ του είναι ιδιαίτερο είτε λόγω της δυσκολίας του σημείου που έχει γίνει.

- Mural: το γκράφιτι σε πολύ μεγάλες επιφάνειες όπως προσόψεις κτηρίων. Τα γκράφιτι αυτά πραγματοποιούνται είτε βάση κάποιου θέματος είτε αποτελούνται από πολλά κομμάτια δίπλα στο άλλο.

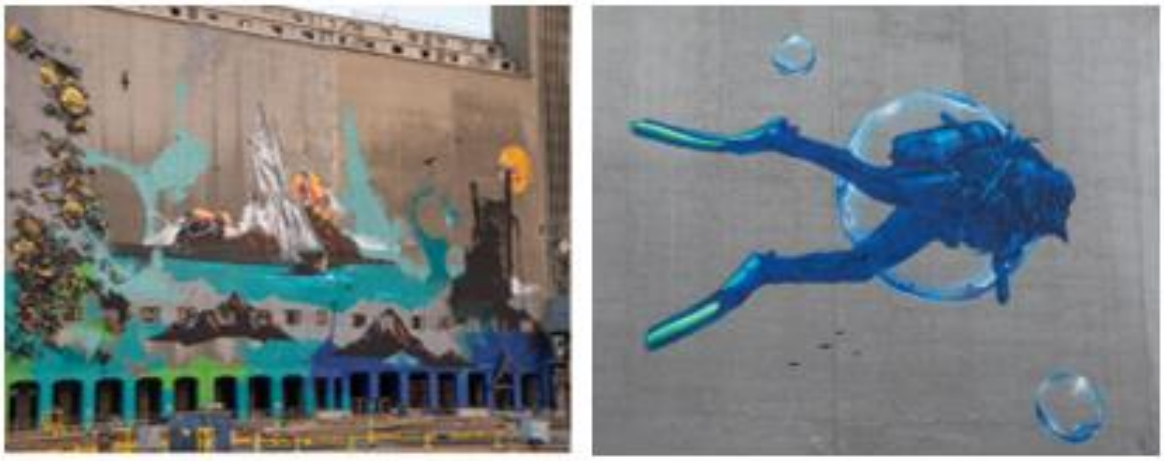
Η τελευταία κατηγορία, δηλαδή τα Mural, είναι αυτή που θα μας απασχολήσει κυρίως στην παρούσα διπλωματική, καθώς αφορά γκράφιτι που καλύπτουν σημαντικές επιφάνειες προσόψεων κτηρίων.

1.4 Το γκράφιτι ως μορφή τέχνης

Τα γκράφιτι, τα τελευταία χρόνια, κατακλύζουν όλο και περισσότερο τον αστικό πολεοδομικό ιστό. Από καταβολής τους, μέχρι και σήμερα είναι μία αμφιλεγόμενη μορφή τέχνης. Παρ' όλα αυτά, οι καιροί αλλάζουν και η τέχνη έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις, με αποτέλεσμα τα γκράφιτι να έχουν αναδειχθεί σε μορφή τέχνης με σκοπό να γεμίζουν ζωντάνια τις τσιμεντουπόλεις μέσω κατάλληλων ενεργειών.

Η «τέχνη του δρόμου» όπως χαρακτηρίζεται, εφαρμόζεται από καλλιτέχνες σε «τυφλές» όψεις κτηρίων, σχολεία αλλά και εργοστάσια. Μη κερδοσκοπικοί φορείς, όπως οι Urban Act, σε συνεργασία με καλλιτέχνες όπως οι DesignWars και ο iNO, αναλαμβάνουν έργα για την εικαστική αισθητική παρέμβαση σε διαφόρων ειδών κτήρια, μέσω διαγωνισμών, χρηματοδοτικών προγραμμάτων αλλά πολλές φορές και εθελοντικά.

Για παράδειγμα, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, σε συνεργασία με την Ανώτατη Σχολή Καλών Τεχνών, υλοποίησαν το Ερευνητικό Πρόγραμμα «Εικαστικές παρεμβάσεις στον Δημόσιο Αστικό Χώρο, Ζωγραφική επί των τυφλών όψεων κτηρίων της Αθήνας» με στόχο την αισθητική αναβάθμιση της εικόνας της πόλης (εικόνες 1.5-1.7). Αντίστοιχο πρόγραμμα είναι και το «Ζωγραφίζοντας Σχολικά Κτήρια» που καλλιτέχνες και μαθητές δίνουν χρώμα στους τοίχους δημόσιων σχολείων της Ελλάδας, με την χρηματοδότηση των Δήμων αλλά και του συλλόγου γονέων και κηδεμόνων (εικόνα 1.2). Άλλα προγράμματα έχουν γίνει και από ιδιωτικές εταιρείες, όπως ο διαγωνισμός «Big Wall Graffiti Project» της εταιρείας ποτών Dewar's (εικόνα 1.3). [3-7]



Εικόνα 1.2: Κτήριο ΣΙΛΟ, Πειραιάς, (καλλιτέχνης: Urban Act) [5]

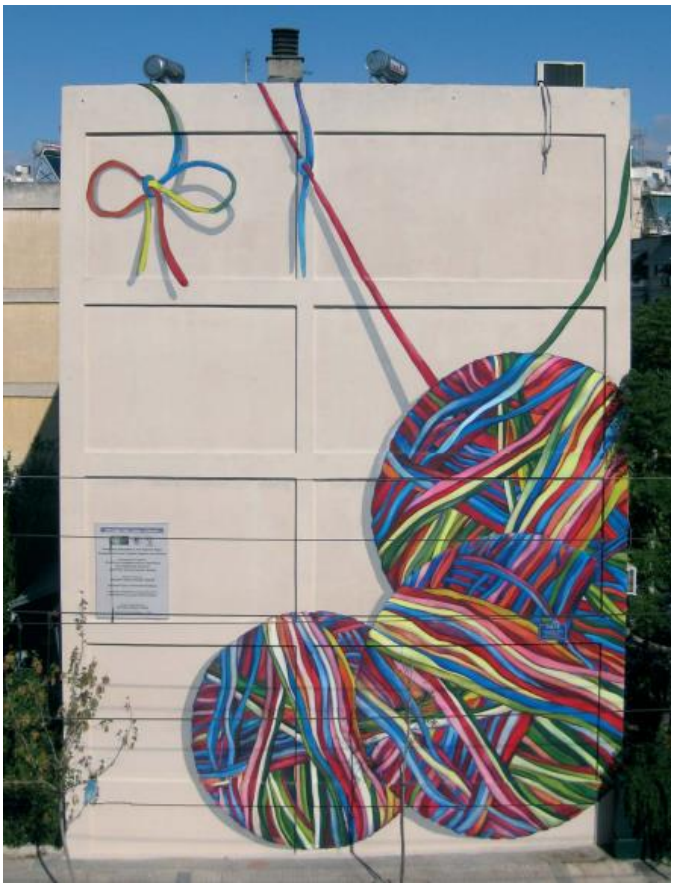
Εικόνα 1.3: Δημοτικά Σχολεία Καλοχώρι, Θεσσαλονίκη και Μάσαρη, Ρόδος [6]

Εικόνα 1.4: Κτήριο κατοικιών, Θεσσαλονίκη, (καλλιτέχνης: DesignWars) [7]

Εικόνα 1.5: Ξενοδοχείο Vienna, Αθήνα (καλλιτέχνης: Π. Τσάκωνας) [4]

Συγκεκριμένα, τα γκράφιτι του καλλιτέχνη iNO έχουν γίνει θέμα σε Αμερικάνικες εφημερίδες, όχι μόνο λόγω της αισθητικής τους, αλλά και των μηνυμάτων που θέλει ο καλλιτέχνης να περάσει για τη σημερινή πολύπαθη ελληνική κοινωνία. [8] [9]

Εικόνα 1.6: Αθήνα, (καλλιτέχνης: iNO) [9]



Εικόνα 1.7: Κτήριο κατοικιών, Αθήνα (καλλιτέχνης: Α. Κούβαρη) [4]

1.5 Το γκράφιτι ως βανδαλισμός

Ωστόσο, παρά τη θετική σκοπιά των γκράφιτι ως μορφή εικαστικής παρέμβασης και αναβάθμισης κτηρίων υπάρχουν οι περιπτώσεις που η δημιουργία ενός γκράφιτι είναι αντίθετη με τις βουλές του ιδιοκτήτη του κτηρίου. Τα γκράφιτι θεωρούνται ως βανδαλισμός όταν γίνονται σε αντίθεση με τους ισχύοντες νόμους (προστασία κοινόχρηστων χώρων, μνημείων και γλυπτών, απαγόρευση αλλοίωσης όψεων διατηρητέων κτηρίων) και προφανώς όταν γίνονται χωρίς την άδεια του ιδιοκτήτη της επιφάνειας. [3]

1.5.1 Νομοθετικό πλαίσιο

Συγκεκριμένα, με βάση την κείμενη ελληνική νομοθεσία, το γκράφιτι άνευ αδειοδότησης, θεωρείται αξιόποινη πράξη και σύμφωνα με τις διατάξεις των άρθρων 381, 382, 383 του ποινικού κώδικα, όποιος με πρόθεση καταστρέφει ή βλάπτει ξένη περιουσία τιμωρείται με φυλάκιση μέχρι δύο ετών. Αν η φθορά είναι ευτελούς αξίας ή ελαφρά, ο υπαίτιος τιμωρείται με κράτηση έως έξι (6) μήνες ή με πρόστιμο που μπορεί να φτάσει και τις 3.000 ευρώ. Βέβαια για την περίπτωση που υπάρχει φθορά ξένης και όχι κρατικής ιδιοκτησίας, η ποινική δίωξη ασκείται μόνο ύστερα από έγκληση του παθόντος, δηλαδή του ιδιοκτήτη. [10]

Στις περιπτώσεις φθοράς ή βλάβης αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού ή ιστορικού μνημείου ή αντικειμένου τοποθετημένου σε δημόσιο χώρο, η αξιόποινη αυτή πράξη τιμωρείται με φυλάκιση από ένα (1) έως πέντε (5) έτη. Στις περιπτώσεις αυτές, που λόγω της πραγματικής και συμβολικής αξίας του πληττόμενου αγαθού θεωρούνται ως διακεκριμένες περιπτώσεις φθοράς, η ποινική δίωξη ασκείται αυτεπαγγέλτως. [3]

1.5.2 Παραδείγματα γκράφιτι ως βανδαλισμός

Τα φαινόμενα παράνομου γκράφιτι με αποτέλεσμα τη φθορά ξένης ιδιοκτησίας, κρατικής ή ιδιωτικής, συναντώνται σε κάθε γωνιά των πόλεων της Ελλάδας, σε συρμούς του τρένου, καθώς και σε πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα. Στην Αθήνα, το φαινόμενο αυτό έχει προκαλέσει μεγάλη δυσαρέσκεια στους πολίτες, καθώς η πόλη τους φαίνεται αντιαισθητική και βρώμικη (εικόνες 1.8-1.13). Επακόλουθα, ο Δήμος Αθηναίων, τον Μάρτιο του 2016 πήρε την πρωτοβουλία να ενημερώσει τους πολίτες για τον καθαρισμό των όψεων των κτηρίων που υποβαθμίζουν το αστικό περιβάλλον, μέσω της δράσης «Καθαρή Αθήνα», όπου συνεργεία του Δήμου και εθελοντές καθαρίζουν σημαντικούς δρόμους και τοπόσημα της Αθήνας. Παράλληλα, διανεμήθηκε στους πολίτες και ένας οδηγός με προτεινόμενους τρόπους απαλοιφής των γκράφιτι. [11]

Εικόνα 1.8: Πρόσοψη εγκαταλελειμμένου κτηρίου, Εξάρχεια, Αθήνα [12]

Εικόνα 1.9: Είσοδος κατοικίας, Εξάρχεια, Αθήνα [13]

Εικόνα 1.10: Όψη κατοικίας, Εξάρχεια, Αθήνα [14]

Εικόνα 1.11: Είσοδος διατηρητέου κτηρίου, Αθήνα [15]

Εικόνα 1.12: Βαγόνια Ηλεκτρικού Τραίνου, Αθήνα [16]

Εικόνα 1.13: Είσοδος κτηρίου, οδός Πατησίων, Αθήνα [17]

1.6 Τα γκράφιτι στα Ελληνικά Πανεπιστήμια

1.6.1 Γενικά στοιχεία

Είναι γεγονός ότι τα δημόσια κτήρια πλήττονται από περιπτώσεις παράνομου γκράφιτι. Τα κτήρια των ελληνικών πανεπιστήμιων δεν αποτελούν εξαίρεση και πλήττονται από τη συγκεκριμένη μορφή βανδαλισμού. Σημαντικός παράγοντας είναι η ευχέρεια εισόδου και η περιορισμένη έως μηδαμινή φύλαξη των χώρων. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα στις παρακάτω εικόνες (εικόνες 1.14-1.16).

Εικόνα 1.14: Είσοδος Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών [18]

Εικόνα 1.15: Κτήρια Ε.Μ.Πολυτεχνείου, οδός Στουρνάρη, Αθήνα [19]

Εικόνα 1.16: Είσοδος κτηρίων Πανεπιστημίου Πατρών

1.6.2 Περιστατικό στα ιστορικά κτήρια του Ε.Μ.Πολυτεχνείου

Τον Απρίλιο του 2015, το ιστορικό κτήριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην οδό Στουρνάρη και Πατησίων, καλύφθηκε ολόκληρο από ασπρόμαυρες μπογιές. Το γκράφιτι αυτό είναι το μεγαλύτερο παράνομο γκράφιτι που έχει γίνει στην Αθήνα και είχε προκαλέσει θύελλα αντιδράσεων, μιας και εκτός της σκοτεινής αισθητικής του, αλλοίωνε την όψη ενός ιστορικού και πολιτιστικού μνημείου της Ελλάδας. Καλλιτέχνες και ζωγράφοι επεξηγούν στη διχασμένη κοινή γνώμη, τη σημασία των εικόνων του συγκεκριμένου γκράφιτι, αναφέροντας ότι ανήκει σε βερολινέζικο ύφος και ότι απεικονίζει την κρίση στην Αθήνα. Παρ 'όλα αυτά, αποφασίστηκε να καθαριστεί καθώς αλλοίωνε την μορφή και την ιστορική φυσιογνωμία του κτηρίου. [20]

Εικόνα 1.17: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, διασταύρωση Στουρνάρη και Πατησίων, Αθήνα [21]

Εικόνα 1.18: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, οδός Στουρνάρη, Αθήνα [22]

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ο Δήμος Αθηναίων, το Υπουργείο Πολιτισμού καθώς και ιδιωτικές εταιρείες καθαρισμού, έσπευσαν άμεσα για τον καθαρισμό του συγκεκριμένου γκράφιτι, και η πρόσοψη του ιστορικού κτηρίου του Ε.Μ.Πολυτεχνείου αποκαταστάθηκε. [23]

Εικόνα 1.19: Κτήριο Ε.Μ.Πολυτεχνείου, διασταύρωση Στουρνάρη και Πατησίων, Αθήνα – μετά την αποκατάσταση [24]

1.6.3 Νέα κτήρια Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου

Η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, κατακλύζεται από γκράφιτι, λόγω της ελάχιστης φύλαξης των κτηρίων σε συνδυασμό με τις πολλαπλές εισόδους. Τα κτήρια των σχολών του Πολυτεχνείου καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό από γκράφιτι, αφίσες και αυτοκόλλητα.

Εικόνα 1.20: Κτήρια Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου

Εικόνα 1.21: Κτήρια Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Ζωγράφου

2. Τεχνικές Προστασίας Προσόψεων Κτηρίων από Γκράφιτι

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Στο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας εντάσσεται και η έρευνα τεχνικών αντιμετώπισης έναντι των γκράφιτι και αποκατάστασης των κτηρίων, καθώς και η αποτροπή δημιουργίας νέων.

Πριν από οποιαδήποτε ενέργεια αποκατάστασης μιας επιφάνειας καλλυμένης από γκράφιτι, η πρόσοψη του εν λόγω κτηρίου πρέπει να καθαριστεί. Έπειτα, οι μέθοδοι αντιμετώπισης του φαινομένου ποικίλουν και σκοπός είναι να βρεθεί η βέλτιστη και οικονομικότερη λύση.

2.2 Τρόποι καθαρισμού γκράφιτι

Όπως τονίστηκε και προηγουμένως, προκειμένου η αποκατάσταση των κτηρίων να γίνει αποτελεσματικά και να εφαρμοστεί οποιαδήποτε τεχνική αντιμετώπισης γκράφιτι, πρέπει οι επιφάνειες να καθαριστούν από αυτά.

Ο σκοπός του καθαρισμού των ανεπιθύμητων γκράφιτι είναι να μην μείνουν κατάλοιπα και να μην καταστραφούν τα υλικά της πρόσοψης της επιφάνειας. Ανάλογα με το υλικό που έχει γίνει το γκράφιτι και το υπόστρωμα, ο τρόπος καθαρισμού γίνεται με χημικά και λειαντικά μέσα, εκτός αν η επιφάνεια ξαναβαφτεί. Ακολουθουν τρεις βασικοί τρόποι καθαρισμού :

- Χημική μέθοδος: κατάλληλη όπου δεν υπάρχει ισχυρά απορροφητικό υπόστρωμα
- Μέθοδος Λείανσης: αφαίρεση γκράφιτι, συμπεριλαμβανομένου και του ανωτέρου στρώματος του υλικού υποστρώματος
- Βαφή επιφάνειας: το γκράφιτι καλύπτεται με βαφή.

Με την επαναλαμβανόμενη βαφή της επιφάνειας, τα γκράφιτι δεν μπορούν να καλυφθούν αποτελεσματικά καθώς τα επιχρίσματα των εξωτερικών χώρων είναι γενικά σε πιο φωτεινά χρώματα από αυτά των γκράφιτι, με συνέπεια να πρέπει να αφαιρεθούν πρώτα. Επίσης, με τη μέθοδο αυτή χάνεται η ελαστικότητα του χρώματος, δημιουργούνται ρωγμές και φλούδες στο χρώμα και ενδεχομένως να κλείσουν οι πόροι του υποστρώματος και οι υδρατμοί να μην μπορούν να εξατμιστούν με συνέπεια να προκληθούν δομικές βλάβες στην επιφάνεια και το κτήριο.

Η κακή χρήση των προϊόντων καθαρισμού, καθώς και οι λανθασμένοι μέθοδοι καθαρισμού, μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες βλάβες στο κτήριο. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται ο καθαρισμός να γίνεται από αρμόδιες και εξειδικευμένες εταιρείες.

Ανάλογα με το υπόστρωμα και το χρώμα του γκράφιτι, διακρίνονται οι εξής διαδικασίες καθαρισμού:

- Μηχανική απομάκρυνση: η μέθοδος αυτή γίνεται με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων χαμηλής πίεσης σε μη προστατευμένες επιφάνειες. Το γκράφιτι ψεκάζεται με χαμηλή πίεση (0,1-3 atm, ανάλογα με την επιφάνεια) και το κατάλληλο υλικό (π.χ. λασπώδες πυριτικό άλας).
  Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται επίσης για την αποκατάσταση και αναπαλαίωση μνημείων και αρχαιοτήτων.
  Με τη μέθοδο αυτή, το χρώμα δεν διαλύεται αλλά αποκολλάται και δεν διαχέεται στην υπόλοιπη καθαρή επιφάνεια με κίνδυνο να εισχωρήσει στο δομικό στοιχείο. Επίσης, δεν δημιουργούνται επικίνδυνα απόβλητα.
  Η μηχανική απομάκρυνση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για επιφάνειες από φυσική πέτρα και σοβά και δεν χρησιμοποιείται σε λείες επιφάνειες ή γυαλί.
- Χημικός καθαρισμός: τα χημικά καθαριστικά πρέπει να ενωθούν με τη συνδετική χημική σύνθεση του χρώματος των γκράφιτι, έτσι ώστε να μπορούν να ξεπλυθούν από την επιφάνεια. Η επιλογή του προϊόντος καθαρισμού απαιτεί μεγάλη εμπειρία, επειδή είναι όχι μόνο οι εξωτερικές επιφάνειες είναι πολύ διαφορετικές, αλλά και τα χρώματα που χρησιμοποιούνται από τους καλλιτέχνες γκράφιτι είναι πολλών ειδών και με διαφορετική σύσταση. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο χημικά καθαριστικά που ελέγχθηκαν από ανεξάρτητο εργαστήριο και διαπιστώθηκε ότι έχουν αποτελεσματική δράση και ότι είναι βιοδιασπώμενα.
  Η χρήση χημικών ουσιών απαιτεί μεγάλη προσοχή. Η χρήση μη ποιοτικών καθαριστικών ή λανθασμένη χρήση μπορεί να βλάψει την επιφάνεια (π.χ. αποχρωματισμός, το χρώμα διεισδύει βαθύτερα, μακροπρόθεσμες βλάβες στα δομικά στοιχεία).
- Αφαίρεση με νερό: Η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι περίπου 90° C και η πίεση περίπου 70 έως 110 bar, και αυτό εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας που θα καθαριστεί. Με την απομάκρυνση του γκράφιτι από μια προστατευμένη επιφάνεια, θα αφαιρεθεί μαζί και η προστασία της (θυσιαστικό στρώμα). Μια μετα-επίστρωση προστασίας (μόνο στην καθαρισμένη περιοχή) είναι απαραίτητη. Επειδή καμία χημική ουσία δεν χρησιμοποιείται και το χρώμα graffiti δεν έχει διαλυθεί, δεν παράγονται απόβλητα.
  Η αφαίρεση των graffiti με καθαρό νερό είναι πολύ γρήγορη, φιλική προς το περιβάλλον και προστατεύει την επιφάνεια. [25]

2.3 Μέθοδος προστασίας με προϊόντα αντι-γκράφιτι (anti-graffiti)

Η μέθοδος anti-graffiti αφορά σε επιχρίσματα τα οποία εφαρμόζονται σε επιφάνειες και δημιουργούν μία επίστρωση η οποία αποτρέπει την απορρόφηση της μπογιάς των γκράφιτι από την επιφάνεια. Τα επιχρίσματα αυτά είναι αόρατα στο γυμνό μάτι και χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες [26] :

- Προστατευτικά ή θυσιαστικά επιχρίσματα (Sacrificial coatings): είναι διαφανή επιχρίσματα που επιτρέπουν την αφαίρεση των γκράφιτι με ξέπλυμα της επιφάνειας με νερό υψηλής πίεσης που αφαιρεί το γκράφιτι μαζί με το επίχρισμα (εξού και ο όρος «θυσιαστικό»). Μετά την αφαίρεση του γκράφιτι, το συγκεκριμένο επίχρισμα πρέπει να εφαρμοσθεί ξανά στην επιφάνεια για να αποκατασταθεί πάλι η προστασία. Τέτοιου είδους επιχρίσματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε ξύλινες επιφάνειες, σε αγαλμάτινους και μαρμάρινους τοίχους, καθώς και σε τραχείες επιφάνειες που είναι δύσκολες στον καθαρισμό.
- Μόνιμα ή μη δεσμικά επιχρίσματα (Non-bonding coatings): είναι επίσης διαφανή επιχρίσματα, και λειτουργούν δημιουργώντας μία προστατευτική επιφάνεια, η οποία δεν μπορεί να απορροφήσει την μπογιά των γκράφιτι. Αφότου η προστατευτική επιφάνεια προσβληθεί με οποιουδήποτε είδους μπογιάς, τότε για την αφαίρεση της μπογιάς αυτής, το μόνο που απαιτείται είναι ένα απλό διαλυτικό και ελαφρά χειρωνακτική εργασία. Η υποκείμενη επιφάνεια και το προστατευτικό επίχρισμα, παραμένουν άθικτες. Μετά την αφαίρεση του γκράφιτι, δεν απαιτείται εφαρμογή του επιχρίσματος ξανά, και μένει μόνιμα στην επιφάνεια. [27]

Εναλλακτικά προϊόντα υπάρχουν και σε μορφή γαλακτώματος, gel, νάνο-γομολάστιχας και μιας χρήσης μαντηλάκια. Τα προϊόντα αυτά μεν χαρακτηρίζονται ως τρόπος anti-graffiti, αλλά χρησιμοποιούνται μόνο για την αφαίρεση των γκράφιτι και μάλιστα σε μικρή έκταση. [28]

Με μια γρήγορη αποτίμηση των 2 μεθόδων καταλήγουμε στο ακόλουθο συμπέρασμα. Σε περιπτώσεις συχνών περιστατικών γκράφιτι, τα θυσιαστικά επιχρίσματα δεν προτείνονται ως λύση, καθώς είναι αντιοικονομικό να σβήνεται κάθε γκράφιτι και μετά η επιφάνεια να ξαναπερνιέται με το ειδικό επίχρισμα. Αντίθετα, τα μόνιμα επιχρίσματα θεωρούνται πιο εύκολη λύση. Η σύστασή τους δεν αποτελείται από χημικά, διαλυτικές ουσίες ή σιλικόνη, αλλά έχουν ως βάση το νερό και το λάδι, με αποτέλεσμα να είναι μη τοξικά, άφλεκτα, φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και να μπορούν να αναμειχθούν με πολλούς τύπους χρωμάτων σε περίπτωση που η επιφάνεια χρειάζεται επαναβαφή και προστασία. Η διάρκεια ζωής τους είναι πέντε (5) ως δέκα (10) χρόνια, δεν επηρεάζονται από επανειλημμένους καθαρισμούς και είναι ανθεκτικά στην τριβή, την χάραξη, τη φθορά, τις καιρικές συνθήκες και την UV ακτινοβολία. Ενδεικτικά το κόστος τους είναι 7-10€/τ.μ. . [29-31]

2.4 Μέθοδος προστασίας με κατακόρυφα σκίαστρα (Claustras)

Η μέθοδος αυτή αφορά κάθετα σκίαστρα (claustras) τα οποία συνθέτονται από διάτρητα στοιχεία και έχουν προέλευση από την ανατολική αρχιτεκτονική. Λόγω ακριβώς αυτής της διάτρητης δομής τους δεν αφήνουν επαρκή επιφάνεια για δημιουργία γκράφιτι ώστε να προσελκύσει επίδοξους δημιουργούς του είδους. Στην παρούσα διπλωματική μελετάται η εφαρμογή τους μερικά εκατοστά μακριά από την επιφάνεια που απαιτείται να προστατευτεί από γκράφιτι, ώστε να διασφαλιστεί και η πιθανότητα προσβολής της πρόσοψης πίσω από το σκίαστρο. Συνεπώς, είναι καίριας σημασίας το μοτίβο που θα επιλεχθεί να έχουν τα σκίαστρα να είναι τέτοιο ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα να προσβληθούν και αυτά με γκράφιτι.

Τα σκίαστρα αυτά μπορούν να βρεθούν έτοιμα στην αγορά, σε μεγάλη ποικιλία μοτίβων αλλά και υλικών. Τα συγκεκριμένα σκίαστρα (claustras) δεν ανήκουν στην κατηγορία των

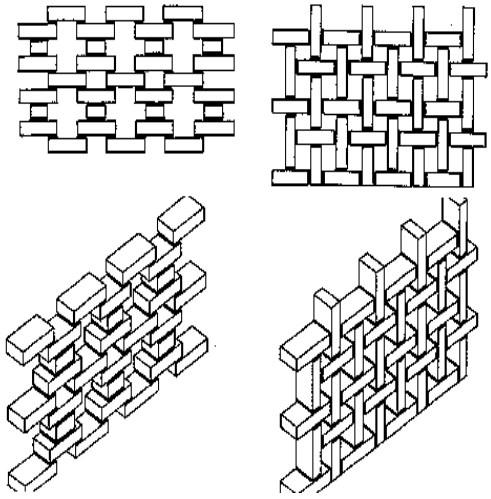
προστατευτικών που αποτελούνται από μπάρες ή λείες επιφάνειες, μιας και μπορούν εύκολα να προσβληθούν από γκράφιτι, αφίσες ή αυτοκόλλητα οι προσόψεις που βρίσκονται από πίσω τους (εικόνες 2.1-2.3).

Εικόνα 2.1: Γκράφιτι πίσω από προστατευτικές μπάρες [32]

Εικόνα 2.2: Γκράφιτι σε παράθυρα πίσω από μπάρες (Σχολή Πολ.Μηχανικών)

Εικόνα 2.3: Γκράφιτι σε φράχτη από λεία επιφάνεια [33]

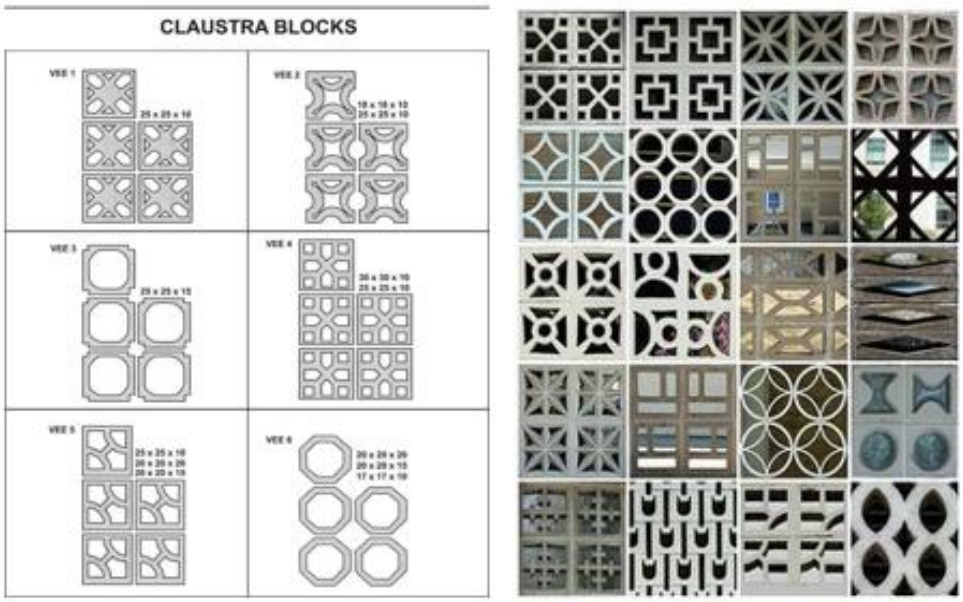
Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι σκιάστρα τα οποία έχουν πάχος μερικά εκατοστά και είναι κατασκευασμένα με μοτίβα με οπές ή γεωμετρικά σχέδια δεν προσφέρουν επαρκή συνεχή επιφάνεια ώστε να αποτελέσουν επιφάνεια βαφής θελκτική για έναν καλλιτέχνη των γκράφιτι.



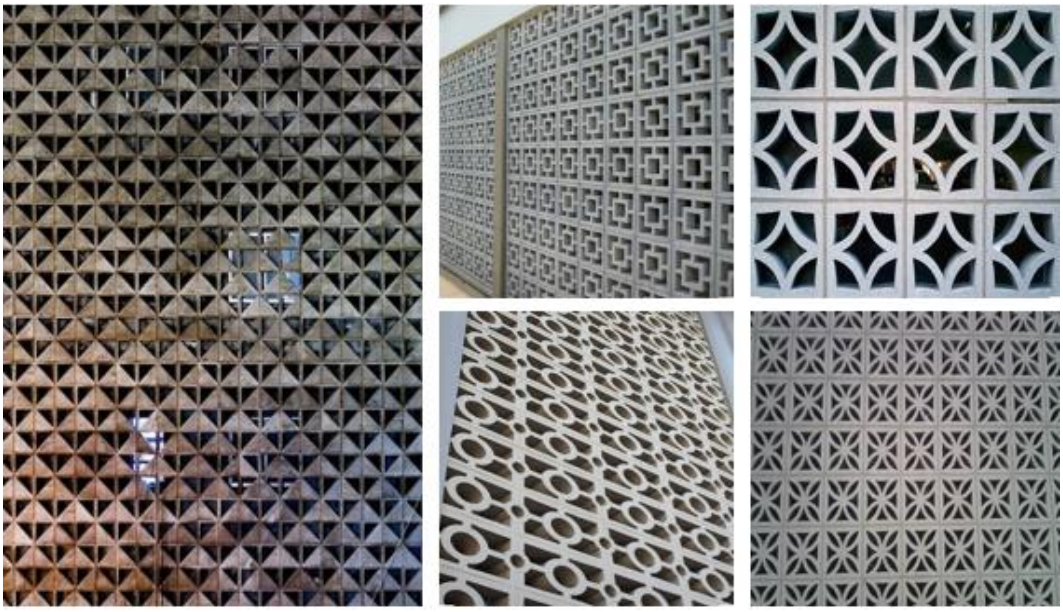
Εικόνα 2.4: Μοτίβα σκιάστρων από τούβλα [34]

Το υλικό των σκιάστρων μπορεί να ποικίλλει, όπως μπετόν, μέταλλο, κεραμίδι και ξύλο. Ακολουθούν συγκεντρωμένα παραδείγματα συνήθων υλικών σκιάστρων (claustras) :

- Μπετόν: προκατασκευασμένα στοιχεία τα οποία ανάλογα το μέγεθός τους στοιβάζονται ή τοποθετούνται κατευθείαν. Είναι βαριές κατασκευές και το πάχος τους ικανοποιητικό για να αποτρέψει τα γκράφιτι.

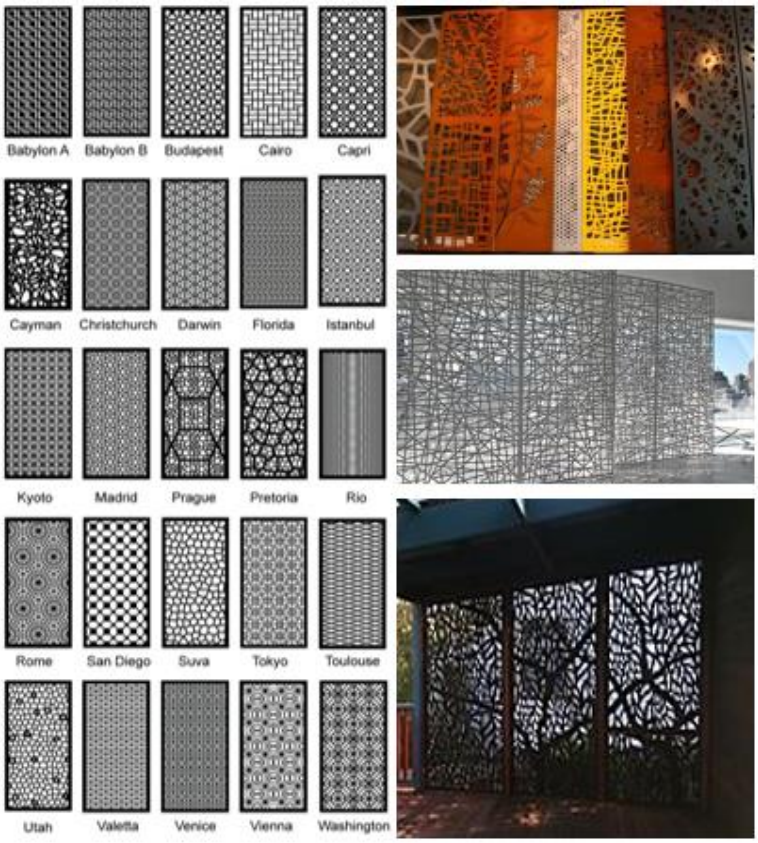


Εικόνα 2.5: Τρόπος τοποθέτησης σκιάστρων από μπετόν και διάφορα είδη μοτίβων [35]



Εικόνα 2.6: Μοτίβα σκιάστρων από μπετόν [35]

- Μεταλλικά: ελαφριές κατασκευές που τοποθετούνται σαν πάνελ, με μεγάλη ποικιλία μοτίβων και χρωμάτων, που δίνουν μία καλλιτεχνική χροιά στην επιφάνεια. Το πάχος τους μεν είναι μικρό αλλά ανάλογα με το μοτίβο μπορεί να αποτραπεί ο βανδαλισμός τους.



Εικόνα 2.7: Μοτίβα μεταλλικών σκιάστρων [35]

Τα σκίαστρα, εκτός από την αποτροπή δημιουργίας γκράφιτι στις όψεις των κτηρίων, συμβάλλουν στην αισθητική αναβάθμιση του κτηρίου και της γύρω περιοχής και προσφέρουν σκιά η οποία είναι πολύ σημαντική για το δροσισμό του κτηρίου, συμβάλλοντας αντίστοιχα στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, όπως θα αναλυθεί και εκτενέστερα στο κεφάλαιο 5 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τα μοτίβα των σκιάστρων είναι μεν δύσκολο να ζωγραφιστούν, αλλά δεν είναι απόλυτα σίγουρο ότι μπορούν να αποτρέψουν τη δημιουργία γκράφιτι στην επιφάνειά της από πίσω του πρόσοψης. Παρ 'όλα αυτά, αν ζωγραφιστούν τότε το σχέδιο θα πρέπει να είναι αρκετά περίτεχνο προκειμένου να φαίνεται, πράγμα που δεν προτιμάται από τους καλλιτέχνες των παράνομων γκράφιτι λόγω περιορισμένου χρόνου (εικόνες 2.8 και 2.9).

Εικόνα 2.8: Περίτεχνα γκράφιτι σε κάγκελα [36]

Εικόνα 2.9: Περίτεχνο γκράφιτι σε κάγκελα [36]

2.5 Μέθοδος αποτροπής με φύτευση βλάστησης

Η μέθοδος αυτή αφορά είδη φυτών τα οποία καλύπτουν τις προσόψεις των κτηρίων. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται αποτελεσματικά το πρόβλημα των γκράφιτι, και παράλληλα αναβαθμίζεται αισθητικά και βιοκλιματικά το κτήριο και η περιοχή.

Τα φυτά πρέπει να καλύπτουν μέρος της επιφάνειας που πρέπει να προστατευτεί, το οποίο συνήθως ανέρχεται στο ύψος ενός ορόφου, δηλαδή περίπου 3 μέτρα. Επομένως, για τη χρήση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν δέντρα με κοντό κορμό, υψηλοί θάμνοι και αναρριχητικά φυτά.

Τα φυτά μπροστά από την προστατευόμενη επιφάνεια, εμποδίζουν την πρόσβαση στην επιφάνεια αυτή, και επακόλουθα αποτρέπουν οποιαδήποτε μορφή βανδαλισμού. Προκειμένου η μέθοδος αυτή να διαρκέσει στο χρόνο, απαιτείται η σωστή συντήρηση και πότισμα των φυτών. Επίσης, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν φυτά τα οποία να αντέχουν σε όλες τις καιρικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα να μην καταστρέφονται με δυνατούς ανέμους ή να μην ξεραίνονται το καλοκαίρι, έτσι ώστε η αποτελεσματικότητα της μεθόδου να μην είναι περιορισμένη ως προς τους μήνες του χρόνου. Ακολουθούν οι κυριότερες επιλογές φυτών:

- Δέντρα: λειτουργούν ως «φράχτης» στην πρόσοψη του κτηρίου.
- Θάμνοι: ομοίως με τα δέντρα, για χαμηλότερα σημεία που μένουν εκτεθειμένα.
- Κατακόρυφοι κήποι: αφορά αναρριχητικά φυτά που φυτεύονται στο έδαφος και αναρριχούνται στην πρόσοψη είτε κολλώντας σε αυτή είτε με τη βοήθεια ειδικής υποστήριξης, όπως συρματοπλέγματος. Εναλλακτικά, φυτεύονται σε γλάστρες στην οροφή (ταράτσα) του κτηρίου και καλύπτουν την πρόσοψη σαν «καταρράκτες».

Εικόνα 2.10: Δέντρα (αριστερά) και ψηλοί θάμνοι (δεξιά) [37] [38]

Εικόνα 2.11: Αναρριχόμενο φυτό (αριστερά) και κατακόρυφος κήπος (δεξιά) [39]

Εικόνα 2.12: Κατακόρυφοι κήποι με υποστήριξη [39]

Τα είδη των δέντρων και φυτών, καθώς και η περαιτέρω συμβολή τους στο κτήριο, θα αναλυθούν εκτενέστερα στο κεφάλαιο 3, μιας και είναι μια τεχνική αντιμετώπισης που θα μας απασχολήσει ιδιαιτέρως.

3. Φύτευση βλάστησης

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Για να επιτευχθεί η αποτροπή δημιουργίας γκράφιτι, ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους είναι η φύτευση βλάστησης μπροστά από την πρόσοψη που επιθυμούμε να προστατέψουμε. Αυτό μπορεί να γίνει με τη φύτευση δέντρων ή θάμνων, αλλά και με τη δημιουργία κατακόρυφων κήπων.

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν οι τύποι της φύτευσης, καθώς και τα οφέλη τους ως προς το κτήριο.

3.2 Φράχτες από δέντρα και θάμνους

3.2.1 Φύτευση δέντρων

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, για τη φύτευση των δέντρων πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες ως προς το είδος των δέντρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο πρώτος διαχωρισμός γίνεται ως προς τη διάρκεια αντοχής του φυλλώματός τους, δηλαδή αν είναι αειθαλή ή φυλλοβόλα. Μιας και θέλουμε προστασία της πρόσοψης όλο το χρόνο, θα προτιμηθούν τα αειθαλή δέντρα. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι παράγοντες που σχετίζονται και με το ίδιο το κτήριο.

- Διαθέσιμο έδαφος: Το έδαφος διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και είναι σημαντικό να είναι γνωστό το είδος του χώματος, πόσο εύφορο είναι, η απορροφητικότητά του και η ανάγκη του για συντήρηση, πριν την επιλογή του δέντρου.
- Ρίζες δέντρου: Στην παρούσα έρευνα, γίνεται αναφορά σε φύτευση δέντρων σε περιοχή με έντονο το στοιχείο των δαπέδων από σκυρόδεμα μπροστά από τις προσόψεις, και συνεπώς της απουσίας χώματος. Οι ρίζες του δέντρου είναι σημαντικό να μην έχουν την τάση να εξαπλώνονται αρκετά στην αναζήτησή τους για νερό, προκειμένου να μην προκαλέσουν ζημιές στις εισόδους των κτηρίων ή σε κοντινή πλάκα πεζοδρομίου. (εικόνες 3.1)
- Προσανατολισμός: Τα δέντρα θα φυτευτούν σε πρόσοψη κτηρίου, που σημαίνει ότι η επιλογή φυτού και προσανατολισμού πρόσοψης είναι πολύ σημαντική.

- Κλαδιά: Λόγω της κοντινής απόστασης των δέντρων από το κτήριο, η ανάπτυξη των κλαδιών είναι πιθανό να εμποδίζεται από το κτήριο. Επομένως, πρέπει να γίνει επιλογή δέντρων με σχετικά μικρού μήκους κλαδιά.
- Φροντίδα: Οποιοδήποτε είδος δέντρου χρειάζεται φροντίδα, δηλαδή πότισμα, και κλάδεμα, προκειμένου να διατηρηθεί.
- Χώρος: Από τη στιγμή που γίνεται λόγος για φύτευση δέντρων, αυτόματα χρειάζεται και χώρος ανάλογος του όγκου τους, αλλά και για τις ανάγκες της φροντίδας τους.

Εικόνα 3.1: Ρίζες δέντρων που έχουν καταστρέψει την πλάκα του πεζοδρομίου [40]

3.2.2 Φύτευση θάμνων

Οι θάμνοι είναι κατηγορία φυτών χωρίς κεντρικό κορμό και μπορούν να ορισθούν μόνο μορφολογικά, δηλαδή δεν αποτελούν ενιαίο σύνολο και κατατάσσονται σε εντελώς διαφορετικές ομαδοποιήσεις, οι οποίες δεν θα αναφερθούν αναλυτικά. Το ύψος τους μπορεί να φτάσει μέχρι και τα τρία (3) μέτρα και ο όγκος τους ποικίλει.

Οι προϋποθέσεις για την επιλογή του είδους των θάμνων δεν διαφέρουν από αυτές των δέντρων. Χρειάζονται περισσότερη φροντίδα από τα δέντρα και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από αυτά.

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής, καταλληλότεροι θάμνοι είναι αυτοί όπου είναι αειθαλείς, έχουν μέσο ύψος (ως δύο (2) μέτρα) και έχουν μικρό όγκο. Παραδείγματα τέτοιων θάμνων είναι τα φωτίνια, η πικροδάφνη, το ριγχόσπερμα. [41]

3.3 Κατακόρυφοι κήποι

3.3.1 Ορισμός

Ο κατακόρυφος κήπος, συναντάται συχνά και ως «πράσινος τοίχος» ή «κάθετος κήπος», είναι ένας περιγραφικός όρος που αναφέρεται σε κάθετες επιφάνειες καλυμμένες με κάποια μορφή βλάστησης . Οι αναφερόμενες κάθετες επιφάνειες είναι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, στους οποίους αναπτύσσονται αναρριχητικά φυτά ή τοποθετούνται πέργολες με ειδικούς μηχανισμούς. [42]

3.3.2 Τύποι κατακόρυφων κήπων

Αν και ο εμπνευστής των σύγχρονων κάθετων κήπων θεωρείται ο Patrick Blanc, διαπιστώνει κανείς πως υπάρχουν και προϋπήρχαν πολλές εκδοχές φυτικών τοίχων παγκοσμίως. Συγκεκριμένα, οι πράσινες τεχνολογίες τοίχων μπορούν να διαιρεθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες τις «πράσινες προσόψεις» και τους «ζωντανούς τοίχους». [43]

Πράσινες προσόψεις

Οι πράσινες προσόψεις είναι ένα είδος συστήματος πράσινων τοίχων στο οποίο αναρριχώμενα φυτά ή φυτά που έχουν την ικανότητα να κρέμονται, καλύπτουν τις ειδικά σχεδιασμένες υποστηρικτικές δομές. Τα φυτά είναι ριζωμένα στη βάση αυτών των δομών ή στο έδαφος ή σε γλάστρες στα ενδιάμεσα του τοίχου ή ακόμη και από τις στέγες. Τα ίδια χρειάζονται συνήθως τρία με πέντε χρόνια πριν από την επίτευξη της πλήρους κάλυψης. Οι πράσινες προσόψεις στηρίζονται στους υπάρχοντες τοίχους ή κατασκευάζονται ως αυτόνομες δομές, όπως φράχτες ή κολώνες. [43]

Τα φυτά που αναρριχώνται απ' ευθείας στους τοίχους καλύπτοντας ολόκληρες επιφάνειες λόγω της κατασκευής της ρίζας τους, είναι γνωστό ότι μπορούν να βλάψουν κάποιους ακατάλληλους τοίχους ενώ παρουσιάζουν προβλήματα όταν έρθει η ώρα για τη συντήρηση της οικοδομής ή την απομάκρυνση των φυτών. Τεχνολογικές καινοτομίες στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων καφασωτών ή άκαμπτων πάνελ και καλωδιακών συστημάτων για την υποστήριξη αμπελιών, διατηρώντας παράλληλα τα φυτά μακριά από τοίχους και άλλες επιφάνειες κτηρίων.

Για τις πράσινες προσόψεις αντιπροσωπευτικές είναι οι παρακάτω εφαρμογές:

- "Modular trellis panel system" (εικόνα 3.2 αριστερά)
- "Cable wire – rope net system" (εικόνα 3.2 δεξιά)

Εικόνα 3.2: Εφαρμογές «Modular trellis panel system» (αριστερά) και «Cable wire-rope net system» (δεξιά) [42]

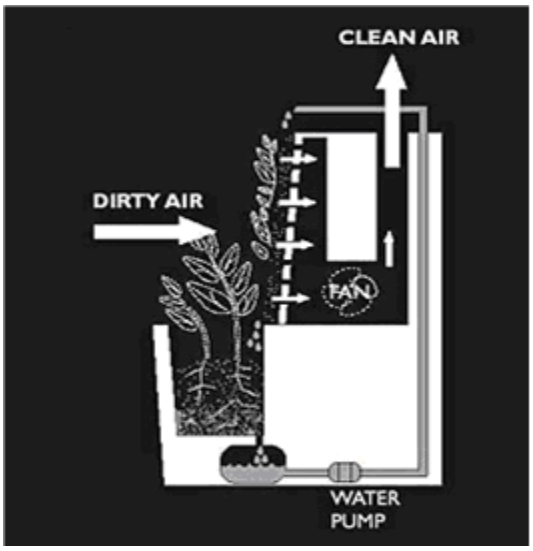
3.3.2.1 «Ζωντανοί» τοίχοι

Τα συστήματα των «ζωντανών τοίχων» αποτελούνται από βλαστημένα πάνελ, κάθετες ενότητες ή φυτεμένες επιφάνειες που εφαρμόζονται κάθετα σε διαρθρωτικό τοίχο ή πλαίσιο. Τα πάνελ αυτά μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, διογκωμένη πολυστερίνη, συνθετικό ύφασμα, πηλό, μέταλλο ή σκυρόδεμα και να υποστηρίζουν μια μεγάλη ποσότητα και ποικιλία φυτικών ειδών (π.χ. ένα πλούσιο μείγμα από εδαφοκαλυπτικά φυτά, φτέρες, χαμηλούς θάμνους, πολυετή λουλούδια και φυτά βρώσιμα). Λόγω της ποικιλομορφίας και της πυκνότητας των φυτών που ζουν στους τοίχους, οι τοίχοι διαβίωσης έχουν συνήθως ανάγκη πιο εντατικής συντήρησης συγκριτικά με τις πράσινες προσόψεις. Υπάρχουν διάφορες μορφές «ζωντανών τοίχων» οι οποίες περιγράφονται παρακάτω [43] :

- Φυτικός τοίχος «χαλί»: Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι μια μοναδική μορφή πράσινου τείχους που την εμπνεύστηκε ο Γάλλος βοτανολόγος Patrick Blanc. Αυτή η μορφή φυτικού τοίχου αποτελείται από δύο στρώσεις συνθετικού υλικού με τσέπες στις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά (χωρίς τη χρήση εδάφους αφού τα φυτά λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά από το νερό τους με την τεχνική της υδροπονίας), από ένα πλαίσιο και μια αδιάβροχη μεμβράνη. Σήμερα, αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι ο πιο δημοφιλής και πετυχημένος γιατί σε αυτόν οι συνθέσεις των φυτών μοιάζουν με πίνακα ζωγραφικής και είναι οι πιο θεαματικοί και ευφάνταστοι κήποι.
- «Ζωντανός» τοίχος με ενότητες: Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου προέκυψε από τη χρήση «ενοτήτων» στις πράσινες στέγες με μια σειρά από τεχνολογικές καινοτομίες. Αποτελείται από τετράγωνα ή ορθογώνια πάνελ που διαθέτουν καλλιεργητικά μέσα για την ανάπτυξη του φυτικού υλικού. Η σύνθεση του υποστρώματος διαμορφώνεται ανάλογα με το φυτικό υλικό που έχει επιλεχθεί αλλά και με βάση τους ενίοτε στόχους του σχεδιασμού. Οι περισσότερες από τις διατροφικές απαιτήσεις των φυτών καλύπτονται από τα καλλιεργητικά μέσα που διαθέτουν οι ενότητες. Η άρδευση παρέχεται σε διάφορα επίπεδα κατά μήκος και με τη βοήθεια της βαρύτητας κινείται το νερό μέσα στο καλλιεργητικό μέσο. Σε αυτούς τους τύπους κάθετων κήπων κάποιες ενότητες είναι ήδη φυτεμένες προσφέροντας ένα «στιγμιαίο» πράσινο αποτέλεσμα μέχρι την ολοκλήρωση της βλάστησης.

Εικόνα 3.3: «Ζωντανός» τοίχος με ενότητες χωρίς (αριστερά) και με φυτικό υλικό (δεξιά) [42]

- Τοίχος Βιοφίλτρο: Ο φυτικός τοίχος «βιοφίλτρο» είναι ένας «ενεργός τοίχος» που στην ουσία αποτελεί μέρος της υποδομής ενός κτηρίου και έχει σχεδιαστεί για να φιλτράρει τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους και να ρυθμίζει τη θερμότητα. Διαθέτει ένα υδροπονικό σύστημα που τροφοδοτείται με νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά το οποίο επαναχρησιμοποιείται με τη βοήθεια ενός συλλέκτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του τοίχου και μίας υδρορροής στην οποία συγκεντρώνεται το νερό και βρίσκεται στο κάτω μέρος του συστήματος του φυτικού τοίχου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μεταξύ των δύο στρώσεων του συνθετικού υφάσματος που υποστηρίζουν την πυκνή μάζα των ριζών και ευνοούν την ανάπτυξη κάποιων μικροβίων ρίζας τα οποία έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν τις αερομεταφερόμενες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), ενώ το φύλλωμα απορροφά το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι φυσικές διεργασίες των φυτών παράγουν δροσερό φρέσκο αέρα ο οποίος μεταφέρεται δια μέσω του συστήματος και μέσω ενός ανεμιστήρα διανέμεται εντός όλου του κτηρίου. Μια παραλλαγή αυτού του συστήματος μπορεί να εφαρμοστεί και στις πράσινες προσόψεις ενώ υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστεί και ένα υβρίδιο των συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα.



Εικόνα 3.4: Μηχανισμός φυτικού τοίχου τύπου Βιοφίλτρου [42]

- Φυτικός τοίχος τοπίου: Αυτοί οι τοίχοι είναι μία εξέλιξη των αναχωμάτων και ένα στρατηγικό εργαλείο για τη «ζωντανή αρχιτεκτονική». Οι φυτικοί τοίχοι τοπίου έχουν συνήθως κλίση σε αντίθεση με τους κατακόρυφους φυτικούς τοίχους και έχουν ως πρωταρχική λειτουργία τη μείωση του θορύβου και τη σταθεροποίηση της κλίσης. Συνήθως είναι δομημένοι από κάποια μορφή υλικού σωρών αποτελούμενο από πλαστικό ή σκυρόδεμα και διαθέτουν χώρο για το καλλιεργητικό μέσο και το φυτικό υλικό.

3.3.3 Φυτικό υλικό Κατακόρυφων κήπων

3.3.3.1 Γενικά στοιχεία

Η επιλογή των φυτών στον «κάθετο κήπο» προσαρμόζεται στις κλιματικές ανάγκες κάθε περιοχής. Το σύστημα υποστήριξης των φυτών στον «κάθετο κήπο» είναι αρκετά ελαφρύ και

μπορεί να προσαρμοστεί οπουδήποτε, χωρίς να υπάρχει περιορισμός στην επιφάνεια κάλυψης αφού συνήθως χωράνε τριάντα φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο. [44]

Όπως γίνεται σε κάθε σχέδιο φύτευσης έτσι και στους κάθετους κήπους λαμβάνουμε υπόψη μας το προσανατολισμό και το κλίμα της περιοχής. Φυτά που βρίσκονται στα ανώτερα μέρη του τοίχου έχουν διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, υγρασίας και αερισμού από αυτά στα χαμηλότερα μέρη του τοίχου. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το μικρόκλιμα της κάθε περιοχής που θέλουμε να φυτεύσουμε, ώστε τα φυτά να δέχονται τον απαραίτητο φωτισμό για την επιβίωσή του, ενώ ειδικά σε εσωτερικούς κάθετους κήπους μπορεί να χρειαστεί και συμπληρωματικός φωτισμός. [45]

Άρα για την επιλογή κατάλληλων φυτών για κάθετους κήπους σημαντικό ρόλο παίζει ο προσανατολισμός του τοίχου και το μικρόκλιμα της περιοχής.

Υπάρχουν πολλά είδη φυτών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση για κάθετες φυτεύσεις. Παρακάτω ακολουθούν μερικά παραδείγματα :

- Φυτά κατάλληλα για κάθετη φύτευση σε ηλιόλουστα σημεία: Vitis sp. (Αμπέλια), Allyssum sp. (Άλυσσος), Genista acanthoclada (Αφάνα) Vervena sp. (Βερβένα), Berberis thunbergii (Βερβερίδα), Veronica sp. (Βερονίκη νάνα), Pelargonium sp. (Γεράνι), Rosmarinus officinalis (Δεντρολίβανο έρπον), Thymus vulgaris (Θυμάρι), Cotoneaster sp. (Κυδωνίαστρο), Cuphea sp. (Κουφέα), Lantana camara (Λαντάνα νάνα), Lavandula sp. (Λεβάντα), Santolina chamaecyparissus (Λεβαντίνη), Mesembrianthemum sp. (Μπούζι), Spiraea sp. (Σπειραία έρπουσα), Teucrium sp. (Τεύκριο έρπον), Salvia triloba (Φασκόμηλο)

- Αναρριχώμενα με γρήγορη ανάπτυξη: Lonicera caprifolium (Αγιόκλημα), Bougainvillea spectabilis (Μπουκανβίλια), Wisteria sinensis (Γλυτσίνια), Hedera helix (Κισσός), Vitis vivifera (Κληματαριά), Polygonum sp. (Πολύγωνο) Trachelospermum jasminoides (Ρυγχόσπερμο)

- Κατάλληλα για κάθετη φύτευση σε θέσεις με άνεμο και κρύο: Pittosporum tobira "nanum"(Αγγελική νάνα), Berberis thunbergii (Βερβερίδα), Vinca sp.(Βίγκα), Rosmarinus officinalis (Δεντρολίβανο έρπον), Erica sp. (Έρικα, ρείκι), Hedera helix (Κισσός), Cotoneaster sp. (Κυδωνίαστρο), Lavandula sp., (Λεβάντα), Santolina chamaecyparissus (Λεβαντίνη), Spirea sp. (Σπειραία έρπουσα), Teucrium sp. (Τεύκριο έρπον)

- Κατάλληλα για κάθετη φύτευση σε σκιερά σημεία: Lonicera caprifolium (Αγιόκλημα), Berberis thunbergii (Βερβερίδα),Veronica sp. (Βερονίκη), Vinca minor (Βίγκα νάνα), Cotoneaster sp. (Κυδωνίαστρο), Hedera helix (Κισσός), Trachelospermum jasminoides (Ρυγχόσπερμο), Nephrolepis sp.(Φτέρη, διάφορα είδη)

3.3.3.2 Κατηγοριοποίηση φυτικού υλικού

- Αυτό-προσκολλώμενα αναρριχητικά φυτά: Γενικά δεν χρειάζονται στηρίγματα. Ίσως να χρειαστούν στήριξη σε πολύ λείους τοίχους. Αυτά τα φυτά είναι καλοί αναρριχητές από τη φύση τους και δεν χρειάζονται απαραίτητα υποστηρικτική κατασκευή. Οποιαδήποτε είδος επιφάνειας μπορεί χρησιμοποιηθεί για τη ανάπτυξη αυτών των φυτών. [46]

Ονομασία	Φυλλοβόλο /Αειθαλές	Όψεις Φύτευσης		Ρυθμός Ανάπτυξης	Είδος χώματος	Ευδοκιμούν σε:
		Προτιμητέα	Ανεκτή			
Hedera Helix (Κισσός)	Α	Β	Ν,Δ,Α	Αργός	Πλούσιο	Ευρώπη, Δυτική Ασία
Parthenocissus Quinquefolia (Παρθενόκισσος)	Φ	Α	Β,Ν,Δ	Μέτριος	Οποιοδήποτε	Βόρεια Αμερική, Κεντρική Αμερική
Parthenocissus Triscupidata (Σβάιτς)	Φ	Α	Β,Ν,Δ	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Ανατολική Ασία
Hydrangea Petiolaris (Υδραγγεία ή έμμισχος)	Φ	Β,Α,Δ	-	Μέτριος	Αργιλώδες	Ανατολική Ασία
Euonymus Fortunei (Ευώνυμο)	Α	Β	Δ,Α	Αργός	Οποιοδήποτε	Ανατολική Ασία

- Ελικοειδή αναρριχητικά φυτά: Χρειάζονται στήριξη λεπτά ατσάλινα καλώδια, τραχείς σπάγκους από πλαστικό ή λεπτά ξύλινα δοκάρια που τρέχουν κατακόρυφα του μήκους του τοίχου. Σε σπάνιες περιπτώσεις χρειάζεται πυκνό δίκτυο με καλώδια ή ένα ξύλινο καφασωτό δίκτυο. Αυτά τα φυτά χρησιμοποιούνται συνήθως για κρεμαστούς κήπους χωρίς κατασκευή υποστήριξης. Διαφορετικά, παρότι είναι αναρριχητικά, δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε μεγάλα ύψη χωρίς κατασκευή υποστήριξης.

Ονομασία	Φυλλοβόλο /Αειθαλές	Όψεις Φύτευσης		Ρυθμός Ανάπτυξης	Είδος χώματος	Ευδοκιμούν σε:
		Προτιμητέα	Ανεκτή			
Polygonum Bauldschianicum (Πολύγονο)	Φ	Ν	Β,Δ,Α	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Ασία, Βόρεια Αμερική
Lonicera Periclymenum (Ευρωπαϊκό Αγιόκλημα)	Φ	Δ,Α	Ν	Μέτριος	Αργιλώδες	Ευρώπη
Clematis Vitalba (Κλιματσίδα)	Φ	-	Ν,Δ,Α	Γρήγορος	Αλκαλικό	Ευρώπη
Humulus Lupulus (Λυκίσκος)	Φ	Δ,Α	Ν	Γρήγορος	Πλούσιο	Ευρώπη, Δυτική Ασία, Βόρεια Αμερική
Aristolochia macrophylla (Αριστολοχία)	Φ	Β,Δ	Ν	Μέτριος	Οποιοδήποτε	Ευρώπη
Jasminum officinale (Ίασμος)	Φ	Δ,Α	-	Γρήγορος	Καλά στραγγιζόμενο	Ασία

Vitis (Άμπελος)	Φ	Ν	Δ,Α	Μέτριος-Γρήγορος	Πλούσιο, Αργιλώδες	Ευρώπη, Βόρεια Αμερική
Wisteria (Βιστερία)	Φ	Ν,Δ	Α	Μέτριος	Πλούσιο, Αργιλώδες	Ασία, Βόρεια Αμερική
Campsis radicans (Αναρριχητική σάλπιγγα)	Φ	Ν,Δ	Α	Αργός	Καλά στραγγιζόμενο	Δυτική Αμερική
Passiflora caerulea (Ρολογιά)	Φ	Ν,Δ	Α	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Νότια Αμερική
Lathyrus odoratus (Μοσχομπίζελο)	Α	Ν	Δ	Γρήγορος	Καλά στραγγιζόμενο	Μεσόγειος
Tropaeolum (Τροπαίολο)	Α	Ν	Δ,Α	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Κεντρική Αμερική, Νότια Αμερική

- Αναρριχητικοί θάμνοι: Δεν αποτελούν από τη φύση τους αναρριχητικά φυτά. Ωστόσο, μπορούν να δημιουργήσουν μορφή κατακόρυφου κήπου με κατάλληλη τοποθέτηση σε πυκνά δίκτυα πλεγματικής μορφής.

Ονομασία	Φυλλοβόλο / Αειθαλές	Όψεις Φύτευσης		Ρυθμός Ανάπτυξης	Είδος χώματος	Ευδοκιμούν σε:
		Προτιμητέα	Ανεκτή			
Rubus fruiticosus (Βατόμουρο)	Α	-	Β,Ν,Δ, Α	Μέτριος	Όξινο	Ευρώπη
Jasminum nudiflorum (Κίτρινο γιασεμί)	Φ	Ν	Β,Δ	Μέτριος	Οποιοδήποτε	Ανατολική Ασία
Rosa canina (Αγριοτριαντα φυλλιά)	Φ	Ν	Δ,Α	Μέτριος	Πλούσιο	Ευρώπη, Βόρεια Αφρική, Δυτική Ασία
Forsythia suspensa (Κρεμοκλαδής φορσίθια)	Φ	Ν	Β,Δ,Α	Μέτριος	Οποιοδήποτε	Ανατολική Ασία, Δυτική Ευρώπη
Cotoneaster (Κυδωνίαστρο)	Φ	Β,Α	-	Αργός	Οποιοδήποτε	Ευρώπη, Βόρεια Αφρική, Ασία
Pyracantha atalantioides (Πυράκανθος)	Α	Α	Ν,Δ	Αργός	Καλά στραγγιζόμενο	Ανατολική Ασία, Βόρεια Αμερική

3.3.4 Οφέλη κατακόρυφων κήπων

Οι κάθετοι κήποι πλεονεκτούν στα εξής σημεία [43] [45] [47]:

- βελτιώνουν την αισθητική όψη του κτηρίου
- παρέχουν ηχομόνωση, καθώς το φύλλωμα απορροφά τους ήχους περιορίζοντας τις επιπτώσεις από την ηχορύπανση (τα φύλλα δε διακρίνονται για την απορρόφηση του ήχου, αλλά ολόκληρο το φυτό μαζί και με το υπόστρωμα ανάπτυξής του, μπορεί να μειώσει το θόρυβο σημαντικά σε πολλές οδικές αρτηρίες)
- επεκτείνουν το όριο ζωής των επιφανειών λόγω μεγαλύτερης προστασίας από τα καιρικά φαινόμενα
- στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αυξημένης μόνωσης
- προστατεύουν από την υπέρυθρη ακτινοβολία
- μετριάζουν την πίεση που ασκεί ο αέρας, καθιστώντας το κτήριο περισσότερο αεροστεγές
- περιορίζουν σημαντικά την αύξηση αλλά και την απώλεια θερμότητας που παρατηρείται στα κτήρια (μελέτη που έγινε από τον Hoyano στο Τόκυο έδειξε διαφορά 10 ºC μεταξύ φυτοκαλυμμένων τοίχων και μη φυτοκαλυμμένων). Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι τοίχοι κτηρίων που καλύπτονται από πράσινο προωθούν τη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτηρίων κατά τους θερμούς μήνες με αποτελέσματα το κόστος ενέργειας να μειώνεται κατά 23%
- μπορεί να αποτελέσουν ένα μέσο αύξησης της βιοποικιλότητας του αστικού περιβάλλοντας, φυτεύοντας είδη που έχουν ή τείνουν να εξαφανισθούν
- βελτιώνουν τη ποιότητα του αέρα επειδή τα φυτά συγκρατούν τα αιωρούμενα σωματίδια και τη σκόνη (έρευνα στο Πανεπιστήμιο Guelf, του Καναδά έδειξε ότι η βλάστηση σε τοίχους συνέβαλλε στη μείωση της συγκέντρωσης τουλουόλιου, αιθυλοβενζολίου κι άλλων επιβλαβών ενώσεων).
- απορροφούν ποσότητα βροχής, οπότε γίνεται καλύτερη διαχείριση όμβριων υδάτων και μειώνονται οι πλημμύρες (μελέτες έδειξαν, ότι οι κάθετοι κήποι απορροφούν ποσότητα από το νερό της βροχής επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερη διαχείριση των όμβριων υδάτων και μειώνοντας τις πλημμύρες εντός των πόλεων). Σε πολλές περιπτώσεις κάθετων κήπων συλλέγεται το νερό της βροχής, το οποίο εμπλουτίζεται με θρεπτικά στοιχεία και επανακυκλοφορεί
- συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της ρύπανσης, απορροφώντας τις ρυπαντικές ουσίες
- μειώνουν την αντανακλώμενη θερμότητα

•

4. Το πρόβλημα των γκράφιτι στα Νέα Κτήρια Ζωγράφου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, η αρχαιότερη σχολή μηχανικών της χώρας, στη διάρκεια της μακρόχρονης λειτουργίας της, έχει διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στην επιστημονική, τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Σε ταραγμένες αλλά και ήρεμες περιόδους της ελληνικής ιστορίας από τον 19ο αιώνα ως σήμερα, οι απόφοιτοι της Σχολής απετέλεσαν σταθερή αναφορά και θεμέλιο της οικοδόμησης και ανοικοδόμησης της χώρας και των υποδομών της. [50]

Τα νέα κτήρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου, λειτουργούν από τις αρχές του 2001 και στεγάζουν περίπου 1800 προπτυχιακούς και 180 μεταπτυχιακούς φοιτητές. Το επιστημονικό προσωπικό καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας, αποτελούνται από παραπάνω 150 άτομα, και έχουν συμβάλλει στην καταξίωση της σχολής σε μία από τις 30 καλύτερες σχολές πολιτικών μηχανικών παγκοσμίως. [51]

Ακολουθεί αεροφωτογραφία των Νέων Κτηρίων Ζωγράφου με αρίθμηση των κτηρίων:

Εικόνα 4.1: Αεροφωτογραφία νέων κτηρίων σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Ζωγράφου

4.2 Το φαινόμενο των γκράφιτι στα Νέα κτήρια Πολιτικών μηχανικών ΕΜΠ

4.2.1 Γενικά στοιχεία

Η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, λόγω της πληθώρας επιστημονικών ερευνών, αλλά και του κύρους της, φιλοξενεί αρκετά σεμινάρια και συνέδρια, καθώς και παρουσιάσεις ερευνών. Τα νέα κτήρια της Σχολής, όμως, δεν αντανακλούν το επίπεδο των μελών της, λόγω των βαμμένων και καλυμμένων τοίχων από γκράφιτι που υποβαθμίζουν την εικόνα τόσο της σχολής όσο και των μελών της. Συγκεκριμένα, από το συνολικό εμβαδόν επιφάνειας των προσόψεων, που ανέρχεται σε 7.178 m^2, τα 2.562 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι και αποτελεί ποσοστό 36%.

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά οι όψεις των κτηρίων, καθώς και τα εμβαδομετρικά στοιχεία τους, τα οποία μετρήθηκαν από τα επίσημα σχέδια της μελέτης των κτηρίων στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD και επαληθεύτηκαν με επί τόπου μετρήσεις με τη χρήση μηκομετρητή laser. Η προμήθεια των επίσημων σχεδίων AutoCAD έγινε από την Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.

4.2.2 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας

Το κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 1.010 m^2, εκ των οποίων τα 310 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 31%.

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.2: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	142,50
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	26,54
Τοιχοποιία (m^2)	115,97
Κάλυψη από γκράφιτι	40%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.3: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	395,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	86,20
Τοιχοποιία (m^2)	308,80
Κάλυψη από γκράφιτι	40%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νότια όψη

Εικόνα 4.4: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	92,20
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	19,50
Τοιχοποιία (m^2)	72,70
Κάλυψη από γκράφιτι	20%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.5: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης και Γραμματείας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	380,45
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	57,44
Τοιχοποιία (m^2)	323,01
Κάλυψη από γκράφιτι	20%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

4.2.3 Αίθουσα εκδηλώσεων

Το κτήριο της αίθουσας εκδηλώσεων έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 293 m^2, εκ των οποίων τα 214 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 73%.

- Βορειοανατολική όψη

Εικόνα 4.6: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	64,10
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	4,50
Τοιχοποιία (m^2)	59,60
Κάλυψη από γκράφιτι	65%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νοτιοανατολική όψη

Εικόνα 4.7: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	89,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	7,15
Τοιχοποιία (m^2)	81,85
Κάλυψη από γκράφιτι	90%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νοτιοδυτική όψη

Εικόνα 4.8: Νοτιοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	47,20
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	5,20
Τοιχοποιία (m^2)	42,00
Κάλυψη από γκράφιτι	20%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Βορειοδυτική όψη

Εικόνα 4.9: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	92,44
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	8,35
Τοιχοποιία (m^2)	84,09
Κάλυψη από γκράφιτι	90%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

4.2.4 Αμφιθέατρο

Το κτήριο του αμφιθεάτρου έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 571 m^2, εκ των οποίων τα 267 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 47%.

- Βορειοανατολική όψη

Εικόνα 4.10: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	192,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	3,40
Τοιχοποιία (m^2)	188,60
Κάλυψη από γκράφιτι	40%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νοτιοανατολική όψη

Εικόνα 4.11: Νοτιοανατολική όψη αμφιθεάτρου

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	172,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	3,90
Τοιχοποιία (m^2)	168,10
Κάλυψη από γκράφιτι	50%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νοτιοδυτική όψη

Εικόνα 4.12: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	109,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	9,60
Τοιχοποιία (m^2)	99,40
Κάλυψη από γκράφιτι	60%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Βορειοδυτική όψη

Εικόνα 4.13: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	98,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	9,60
Τοιχοποιία (m^2)	88,40
Κάλυψη από γκράφιτι	40%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

4.2.5 Κτήριο αιθουσών διδασκαλίας

Το κτήριο των αιθουσών διδασκαλίας έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 1.537 m^2, εκ των οποίων τα 527 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 34%.

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.14: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	584,11
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	137,10
Τοιχοποιία (m^2)	447,01
Κάλυψη από γκράφιτι	45%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.15: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	210,50
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	29,10
Τοιχοποιία (m^2)	181,40
Κάλυψη από γκράφιτι	30%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νότια όψη

Εικόνα 4.16: Νότια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	531,10
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	140,00
Τοιχοποιία (m^2)	391,10
Κάλυψη από γκράφιτι	10%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.17: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	211,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	28,70
Τοιχοποιία (m^2)	182,30
Κάλυψη από γκράφιτι	70%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

4.2.6 Κτήριο τομέα Δομοστατικής

Το κτήριο του τομέα Δομοστατικής έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 911 m^2, εκ των οποίων τα 433 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 47%.

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.18: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	428,13
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	67,40
Τοιχοποιία (m^2)	360,73
Κάλυψη από γκράφιτι	50%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.19: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	124,31
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	7,00
Τοιχοποιία (m^2)	117,31
Κάλυψη από γκράφιτι	100%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νότια όψη

Εικόνα 4.20: Νότια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	250,80
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	64,56
Τοιχοποιία (m^2)	186,24
Κάλυψη από γκράφιτι	25%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.21: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	108,02
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	64,56
Τοιχοποιία (m^2)	186,24
Κάλυψη από γκράφιτι	30%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

4.2.7 Κτήριο τομέα Γεωτεχνικής

Το κτήριο του τομέα Γεωτεχνικής έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 1.278 m^2, εκ των οποίων τα 598 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 47%.

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.22: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	670,80
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	147,74
Τοιχοποιία (m^2)	523,07
Κάλυψη από γκράφιτι	25%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.23: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	167,21
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	48,71
Τοιχοποιία (m^2)	118,50
Κάλυψη από γκράφιτι	40%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Νότια όψη

Εικόνα 4.24: Νότια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	273,96
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	42,79
Τοιχοποιία (m^2)	231,17
Κάλυψη από γκράφιτι	85%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.25: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	166,06
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	24,48
Τοιχοποιία (m^2)	141,59
Κάλυψη από γκράφιτι	70%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

4.2.8 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Το κτήριο του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών έχει συνολική επιφάνεια προσόψεων 1.578 m^2, εκ των οποίων τα 212 m^2 είναι καλυμμένα από γκράφιτι, που αποτελεί ποσοστό κάλυψης 13%.

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.26: Βόρεια όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	527,50
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	27,55
Τοιχοποιία (m^2)	499,95
Κάλυψη από γκράφιτι	15%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.27: Ανατολική όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	246,00
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	48,20
Τοιχοποιία (m^2)	197,80
Κάλυψη από γκράφιτι	20%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

- Νότια όψη

Εικόνα 4.28: Νότια όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	344,30
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	26,00
Τοιχοποιία (m^2)	318,30
Κάλυψη από γκράφιτι	20%
Ευκολία Πρόσβασης	Μεγάλη

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.29: Δυτική όψη κτηρίου Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Εμβαδόν πρόσοψης (m^2)	460,50
Πόρτες/Παράθυρα (m^2)	75,80
Τοιχοποιία (m^2)	384,70
Κάλυψη από γκράφιτι	10%
Ευκολία Πρόσβασης	Μέτρια

4.3 Αξιολόγηση όψεων

Οι παραπάνω όψεις αξιολογήθηκαν βάσει του ποσοστού που είναι καλυμμένες από γκράφιτι και την ευκολία πρόσβασης.

Το ποσοστό της κάλυψης κάθε πρόσοψης είναι ανάλογο με την θέασή της. Όσο πιο μεγάλη είναι η θέαση της πρόσοψης τόσο αντίστοιχα θα είναι και το ποσοστό της κάλυψής της με graffiti.

Η ευκολία πρόσβασης χαρακτηρίσθηκε με ποσοστιαίους όρους ως εξής:

Μικρή προσβασιμότητα: 0-20%

Μέτρια προσβασιμότητα: 20-50%

Μεγάλη προσβασιμότητα: 50-100%

Δημιουργήθηκε ένας δείκτης αξιολόγησης (Impact Factor) των όψεων, ο οποίος μας οδηγεί στην αναγκαιότητα αντιμετώπισης της κάθε πρόσοψης. Υπολογίζεται ως με την ακόλουθη σχέση : 0,65*προσβασιμότητα+0,35*κάλυψη και οι τιμές που μπορεί να λάβει είναι από 0 ως 1.

Θεωρήθηκε ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην ευκολία πρόσβασης (65%), καθώς είναι ο βασικός λόγος που τα γκράφιτι επαναλαμβάνονται στην επιφάνεια.

Προσόψεις	Ποσοστό κάλυψης	Προσβασιμότητα		Impact factor
Γραμματεία				
Βόρεια	40	*Μεγάλη*	40	0,40
Ανατολική	40	*Μεγάλη*	50	0,47
Νότια	20	*Μεγάλη*	60	0,46
Δυτική	20	*Μέτρια*	30	0,27
Αίθουσα εκδηλώσεων				
Βορειοανατολική	65	*Μεγάλη*	80	0,75
Νοτιοανατολική	90	*Μεγάλη*	80	0,84
Νοτιοδυτική	20	*Μεγάλη*	90	0,66
Βορειοδυτική	90	*Μεγάλη*	80	0,84
Αμφιθέατρο				
Βορειοανατολική	40	*Μεγάλη*	55	0,50
Νοτιοανατολική	50	*Μεγάλη*	50	0,50
Νοτιοδυτική	60	*Μεγάλη*	70	0,67
Βορειοδυτική	40	*Μεγάλη*	50	0,47
Αίθουσες διδασκαλίας				
Βόρεια	45	*Μεγάλη*	50	0,48
Ανατολική	30	*Μεγάλη*	40	0,37
Νότια	10	*Μέτρια*	30	0,23
Δυτική	70	*Μεγάλη*	80	0,77
Τομέας Δομοστατικής				
Βόρεια	50	*Μεγάλη*	60	0,57
Ανατολική	100	*Μεγάλη*	60	0,74
Νότια	25	*Μεγάλη*	50	0,41
Δυτική	30	*Μεγάλη*	70	0,56
Τομέας Γεωτεχνικής				
Βόρεια	25	*Μέτρια*	35	0,32
Ανατολική	40	*Μεγάλη*	60	0,53
Νότια	85	*Μεγάλη*	90	0,88
Δυτική	70	*Μεγάλη*	70	0,70
Μεταλλικών Κατασκ.				
Βόρεια	15	*Μέτρια*	30	0,25
Ανατολική	20	*Μέτρια*	20	0,20
Νότια	20	*Μεγάλη*	50	0,40
Δυτική	10	*Μέτρια*	25	0,20

Οι όψεις με δείκτη αξιολόγησης (impact factor) μεγαλύτερου της τιμής 0,70, πλήττονται περισσότερο από γκράφιτι ως προς την κάλυψη αλλά και τη συχνότητα, με εξαίρεση την ανατολική όψη του τομέα Δομοστατικής. Για τις όψεις αυτές, προτείνεται είτε ο κατακόρυφος κήπος είτε τα σκίαστρα. Η μέθοδος με χρήση αντι-γκράφιτι υλικών δε συνιστάται καθώς η επιφάνεια θα πρέπει να καθαρίζεται συχνά.

Οι όψεις με δείκτη αξιολόγησης 0,40-0,70 είναι μέτριας σημασίας και ανάλογα τις προδιαγραφές της όψης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε μέθοδος αντιμετώπισης.

Οι όψεις με δείκτη αξιολόγησης μικρότερου της τιμής 0,40 είναι μικρής σημασίας και προτείνεται να μη γίνει καμία βελτίωση ή η μέθοδος αντι-γκράφιτι.

4.4 Ενδεικτικές Προτάσεις Προστασίας

Η κάθε πρόσοψη έχει ξεχωριστές ανάγκες και ιδιαιτερότητες. Ανάλογα με τον δείκτη αξιολόγησης (Impact Factor), τον προσανατολισμό της πρόσοψης και τις προδιαγραφές του εδάφους θα προταθούν λύσεις για την αποτροπή των γκράφιτι.

Παράλληλα, παρουσιάζονται και οι προσόψεις μετά από καθαρισμό με τη χρήση του λογισμικού Adobe Photoshop CS2.

4.4.1 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.30: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,40

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: μεγάλη επισκεψιμότητα, ανήκει σε κτήριο γραφείων καθηγητών και στελεχών διοίκησης.

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.31: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,47

Έδαφος: δυνατότητα κατακόρυφου κήπου

Χαρακτηριστικά: πολυσύχναστη όψη από σπουδαστές, ανήκει σε κτήριο γραφείων καθηγητών και στελεχών διοίκησης.

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

- Νότια όψη

Εικόνα 4.32: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,46

Έδαφος: καμία δυνατότητα κατακόρυφου κήπου

Χαρακτηριστικά: κεντρική όψη σχολής Πολιτικών Μηχανικών, ανήκει σε κτήριο γραφείων καθηγητών και στελεχών διοίκησης.

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.33: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,27

Έδαφος: δυνατότητα κατακόρυφου κήπου

Χαρακτηριστικά: ανήκει σε κτήριο γραφείων καθηγητών και στελεχών διοίκησης

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

4.4.2 Αίθουσα εκδηλώσεων

Το κτήριο αυτό είναι μεγίστης σημασίας, καθώς πραγματοποιούνται παρουσιάσεις και σεμινάρια. Η τοποθέτησή του στο χώρο προσφέρει στις όψεις του μεγάλη ευκολία πρόσβασης. Επίσης, η δυτική του όψη είναι ορατή στην είσοδο της σχολής.

Λόγω του μικρού ύψους του κτηρίου, δηλαδή ενός ορόφου, και της αναγκαιότητας του για αποτροπή των γκράφιτι, προτείνεται κατακόρυφος κήπος φυτεμένος στην οροφή του κτηρίου.

Εικόνα 4.34: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό

Εικόνα 4.35: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό

Εικόνα 4.36: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων μετά τον καθαρισμό

4.4.3 Αμφιθέατρο

- Βορειοανατολική όψη

Εικόνα 4.37: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,50

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: δεν υπάρχει μεγάλη συχνότητα, ούτε ορατότητα

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρου και εφαρμογή προϊόντων αντι-γκράφιτι

- Νοτιοανατολική όψη

Εικόνα 4.38: Νοτιοανατολική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,50

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση δέντρων και θάμνων

Χαρακτηριστικά: δεν υπάρχει μεγάλη συχνότητα, ούτε ορατότητα. Κοντινή υπάρχουσα βλάστηση καλύπτει τυχόν γκράφιτι

Πρόταση: ενίσχυση υπάρχουσας βλάστησης

- Νοτιοδυτική όψη

Εικόνα 4.39: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,67

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: μεγάλη συχνότητα από φοιτητές και μεγάλη ορατότητα.

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρου

- Βορειοδυτική όψη

Εικόνα 4.40: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,47

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση δέντρων, θάμνων και φυτών

Χαρακτηριστικά: υπάρχει μεγάλη συχνότητα. Ορατή κατά την είσοδο στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών.

Πρόταση: ενίσχυση βλάστησης

4.4.4 Αίθουσες διδασκαλίας

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.41: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,48

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: υπάρχει μεγάλη συχνότητα. Ορατή κατά την είσοδο στον τομέα Γεωτεχνικής.

Πρόταση: δημιουργία πέργολας και τοποθέτηση βλάστησης

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.42: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,37

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: Κεντρική είσοδος κτηρίου, μεγάλη συχνότητα

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

- Νότια όψη

Εικόνα 4.43: Νότια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας

Δείκτης αξιολόγησης: 0,23

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: ορατή από χώρο στάθμευσης. Υπάρχουσα βλάστηση καλύπτει οποιοδήποτε βανδαλισμό

Πρόταση: ενίσχυση υπάρχουσας βλάστησης

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.44: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,37

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση δέντρων και θάμνων

Χαρακτηριστικά: μικρή συχνότητα, μεγάλη ορατότητα από είσοδο τομέα δομοστατικής και χώρου στάθμευσης

Πρόταση: ενίσχυση υπάρχουσας βλάστησης

4.4.5 Τομέας Δομοστατικής

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.45: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό

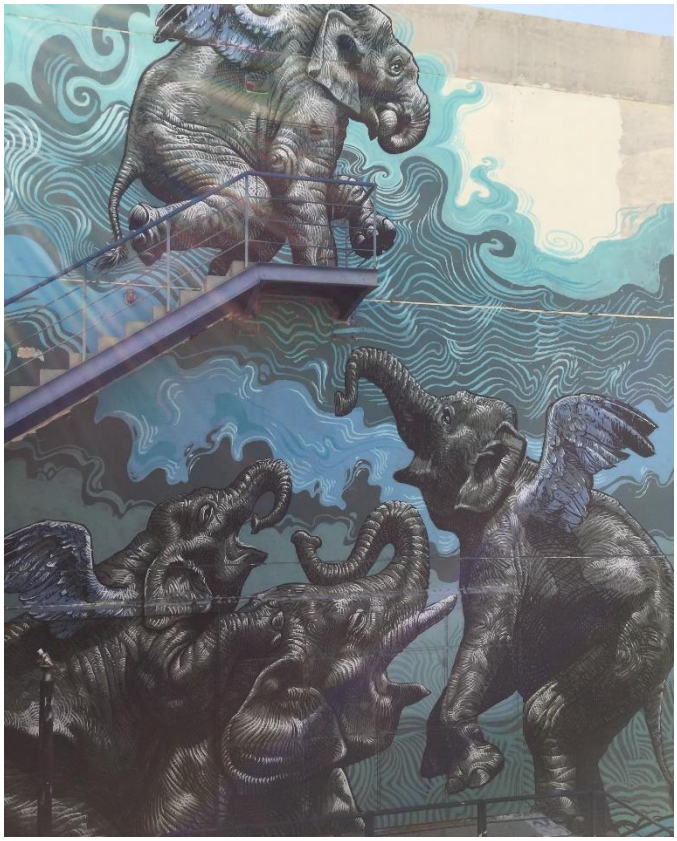
Δείκτης αξιολόγησης: 0,57

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση θάμνων και δέντρων

Χαρακτηριστικά: δεν υπάρχει μεγάλη συχνότητα, ούτε ορατότητα

Πρόταση: φύτευση θάμνων και δέντρων

- Ανατολική όψη



Εικόνα 4.46: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής

Δείκτης αξιολόγησης: 0,37

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: ήδη ζωγραφισμένη με εξουσιοδοτημένο γκράφιτι

Πρόταση: καμία

- Νότια όψη

Εικόνα 4.47: Νότια όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,41

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: είσοδος τομέα, ορατή από χώρο στάθμευσης.

Πρόταση: εφαρμογή προϊόντων αντι-γκράφιτι

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.48: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Δομοστατικής μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,56

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση θάμνων και δέντρων

Χαρακτηριστικά: ορατή από είσοδο χώρου στάθμευσης και από είσοδο τομέα

Πρόταση: ενίσχυση βλάστησης και τοποθέτηση σκιάστρου

4.4.6 Τομέας Γεωτεχνικής

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.49: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,32

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση θάμνων και δέντρων

Χαρακτηριστικά: δεν υπάρχει μεγάλη συχνότητα, ούτε ορατότητα

Πρόταση: καμία

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.50: Ανατολική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά από καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,53

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: ορατή από είσοδο εργαστηρίου μεταλλικών κατασκευών και περιβάλλοντα χώρο σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρου

- Νότια όψη

Εικόνα 4.51: Νότια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,88

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: είσοδος τομέα.

Πρόταση: δημιουργία πέργολας και τοποθέτηση βλάστησης

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.52: Δυτική όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,70

Έδαφος: δεν προσφέρεται για φύτευση θάμνων και δέντρων

Χαρακτηριστικά: ορατή από χώρο στάθμευσης και είσοδο τομέα Δομοστατικής

Πρόταση: τοποθέτηση σκιάστρων

4.4.7 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

- Βόρεια όψη

Εικόνα 4.53: Βόρεια όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,25

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση δέντρων και θάμνων

Χαρακτηριστικά: δεν υπάρχει μεγάλη συχνότητα, ούτε ορατότητα

Πρόταση: ενίσχυση υπάρχουσας βλάστησης

- Ανατολική όψη

Εικόνα 4.54: Ανατολική όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,20

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: είσοδος στο χώρο του εργαστηρίου, δεν είναι ορατή

Πρόταση: εφαρμογή προϊόντων αντι-γκράφιτι

- Νότια όψη

Εικόνα 4.55: Νότια όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,40

Έδαφος: δεν προσφέρεται για κατακόρυφο κήπο

Χαρακτηριστικά: ορατή από περιβάλλοντα χώρο σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Πρόταση: εφαρμογή προϊόντων αντι-γκράφιτι

- Δυτική όψη

Εικόνα 4.56: Δυτική όψη Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών μετά τον καθαρισμό

Δείκτης αξιολόγησης: 0,20

Έδαφος: προσφέρεται για φύτευση δέντρων και θάμνων

Χαρακτηριστικά: είσοδος τομέα

Πρόταση: ενίσχυση υπάρχουσας βλάστησης

5. Συμβολή Φύτευσης και Σκίαστρων στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό

5.1 Εισαγωγικά στοιχεία

5.1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων ρύπων, και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), του διοξειδίου του θείου (SO_2), του μεθανίου (CH_4) και των χλωροφθοριωμένων υδρογονανθράκων (CFCs), που παράγονται από τη χρήση συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας παρεμποδίζει τη διαφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια της γης έξω από τα ατμοσφαιρικά στρώματα. Με αυτό τον τρόπο συντελείται μια σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Πρόκειται για το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης αυξήθηκε στη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα κατά 0,5°C ως προς τα μέσα επίπεδα θερμοκρασίας που έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία 20.000 χρόνια. Η θερμοκρασία αποτελεί βασικό προσδιοριστικό χαρακτηριστικό του κλίματος και ταυτόχρονα επηρεάζει το επίπεδο των βροχοπτώσεων, τα ανεμολογικά δεδομένα, τα θαλάσσια ρεύματα και άλλα φυσικά φαινόμενα. Οι αλλαγές στο κλίμα μεταβάλλουν επομένως τη συχνότητα των «φυσικών καταστροφών», όπως οι κυκλώνες, οι πλημμύρες, οι φωτιές και οι κατακρημνίσεις εδάφους

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί αντικείμενο έντονου προβληματισμού, καθώς υποβαθμίζει την ποιότητα της ατμόσφαιρας, επιβαρύνοντας την ανθρώπινη υγεία και διαταράσσει την οικολογική ισορροπία, προκαλώντας όλο και περισσότερα ακραία καιρικά φαινόμενα. [52] [55] [56]

5.1.2 Κατανάλωση Ενέργειας και Κτήρια

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ο κτηριακός τομέας εμφανίζει μεγάλο ρυθμό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας με το ποσοστό αυτής να ανέρχεται στο 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη για λόγους θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και χρήσης ζεστού νερού κτηρίων. Συνεπώς, ο κτηριακός τομέας καταλαμβάνει πλέον την πρώτη θέση ανάμεσα στους τελικούς καταναλωτές ενέργειας, έχοντας εκτοπίσει τους παραδοσιακά μεγαλύτερους καταναλωτές, δηλαδή τις μεταφορές και τη βιομηχανία.

Επιπλέον, η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας στον κτηριακό τομέα ευθύνεται για το 45% των εκπομπών CO_2 ,οι οποίες εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως αναλύθηκε εκτενέστερα στην προηγούμενη υποενότητα. Παρ'όλα αυτά η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια είναι εφικτή. Σύμφωνα πάλι με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, εκτιμάται ότι με την εφαρμογή απλών και ενεργειακά αποδοτικών τεχνικών μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας έως 22% μέχρι το 2020. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών, αλλά και οικονομικά βιώσιμων τεχνολογιών στα ευρωπαϊκά κτήρια, δύναται να οδηγήσει σε μείωση της χρήσης του πετρελαίου κατά 10% και μείωση της εκπομπής αέριων ρύπων κατά 20%. [53] [55]

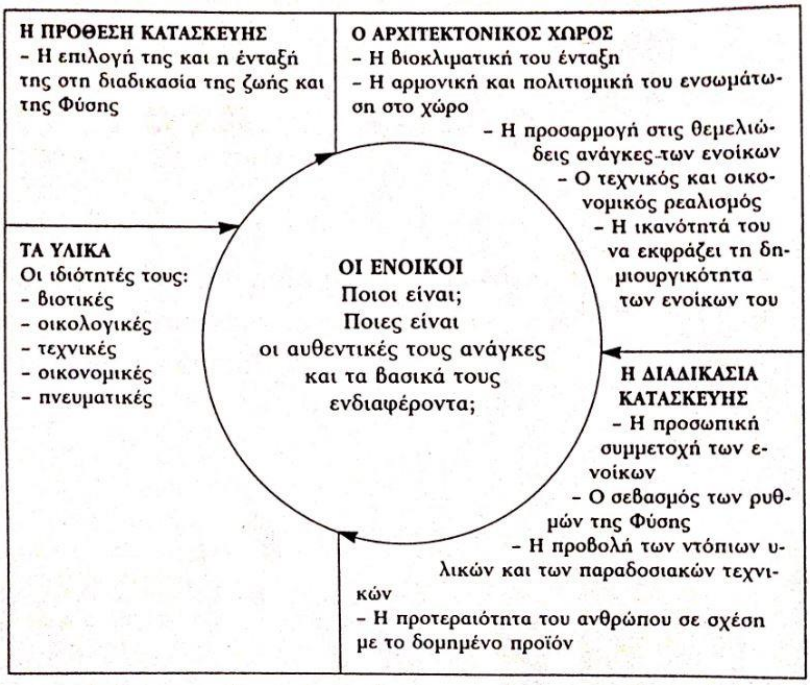
Οι τεχνολογίες αυτές εξοικονόμησης ενέργειας έχουν ως βάση του τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατά τον σχεδιασμό του κελύφους ενός κτηρίου, ο οποίος με τη ενσωμάτωση παθητικών και ενεργητικών συστημάτων στο κτήριο εκτιμάται, ότι μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 60%.

Μέσω της εφαρμογής των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού καθίσταται δυνατή η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων ενός κτηρίου, συμβάλλοντας και παράλληλα στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. [53]

Εν κατακλείδι, μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού στο δομημένο περιβάλλον είναι δυνατό να επιτευχθεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και συνεπώς των εκπομπών CO_2 στα πλαίσια της προσπάθειας για βιώσιμη ανάπτυξη. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι είναι τεχνικά δυνατή η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στον κτηριακό τομέα κατά 30% της παρούσας συνολικής κατανάλωσης. Σημειώνεται δε, ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν αφορά μόνο σε μεμονωμένα κτήρια , αλλά και σε κτηριακά σύνολα, οικισμούς και πολεοδομικά σύνολα, όπως π.χ. πανεπιστημιουπόλεις. [55]

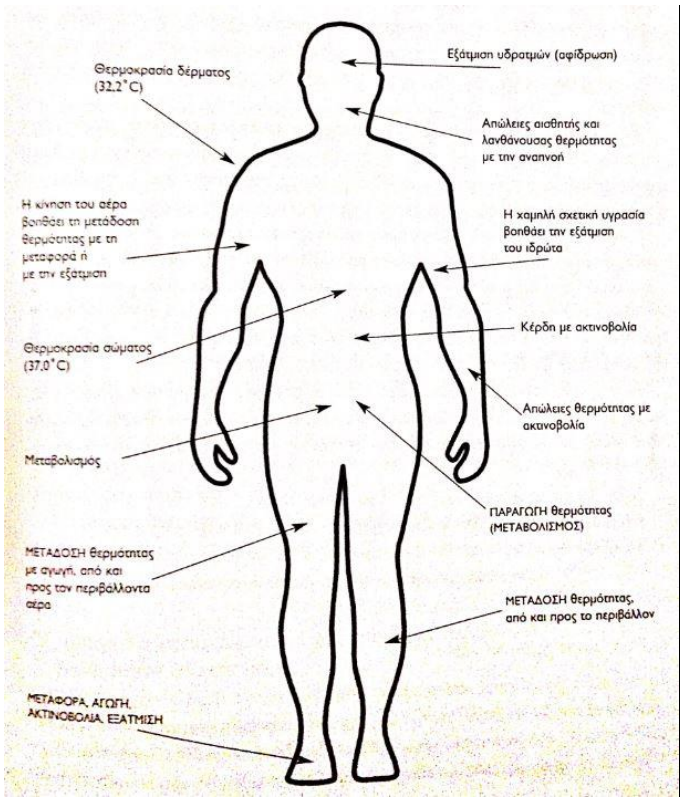
5.2 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και θερμική άνεση

Σύμφωνα με τη βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό στο δομημένο περιβάλλον, το κτήριο οφείλει να προσαρμόζεται αρμονικά στα τοπικά κλιματικά δεδομένα και το φυσικό περιβάλλον, ώστε να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, δίχως να διαταράσσονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης για τους χρήστες στο εσωτερικό του.



Εικόνα 5.1: Ο κύκλος της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής [56]

Η θερμική άνεση είναι ένα υποκειμενικό συναίσθημα το οποίο εξαρτάται και επηρεάζεται από συγκεκριμένες παραμέτρους και το οποίο χαρακτηρίζεται από τη δημιουργία συνθηκών στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική μεταβολή στο περιβάλλον που βρίσκεται, δεν επιζητά δηλαδή ούτε περισσότερο κρύο ούτε περισσότερη ζέστη.



Εικόνα 5.2: Ανθρώπινο σώμα και θερμική άνεση [56]

Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει, επομένως, να προσφέρουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, φωτισμού, ηχομόνωσης και ποιότητας αέρα, ούτως ώστε ο χρήστης να ζει και να εργάζεται μέσα σε ένα θερμικά άνετο και υγιές περιβάλλον, όπως αυτό γίνεται αισθητό και αντιληπτό μέσω του δέρματος, των ματιών και των υπόλοιπων αισθήσεων.

Είναι συνεπώς επιθυμητό τα κτήρια να μπορούν να προσφέρουν τα ανάλογα επίπεδα θερμικής άνεσης. Ακολουθεί πίνακας με συνιστώμενες μέσες εσωτερικές θερμοκρασίες θερμικής άνεσης διαφόρων κτηρίων, ανάλογα με τη χρήση τους.

ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΕΣΗΣ

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (σε C°)	ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (σε C°)
Κατοικία - Διαμερίσματα		*Νοσοκομεία*	
Καθιστικό	20	Διάδρομοι	16
Υπνοδωμάτια	20	Γραφεία	20
Λουτρά	22	Χειρουργεία	18-21
Κλιμακοστάσιο - Διάδρομοι	15	Θάλαμοι ασθενών	18
Είσοδοι - Χωλ	15	Χώροι αναμονής	18
Ξενοδοχεία		*Γραφεία*	
Υπνοδωμάτια	22	Δημόσια	20
Κοινόχρηστοι χώροι	21	Ιδιωτικά	20
Κλιμακοστάσια - Διάδρομοι	18	Αποθήκες	15
Είσοδοι - Χωλ - Φουαγιέ	18		
Εκπαιδευτήρια		*Εργοστάσια*	
Αίθουσες διδασκαλίας	18	Είδος εργασίας	
Αναγνωστήρια	18	Καθιστική εργασία	19
Βιβλιοθήκες	20	Ελαφριά εργασία	16
Χώροι με ράφια βιβλίων	18	Βαριά εργασία	13
Εργαστήρια	20		
Αίθουσες διαλέξεων	18	*Γυμναστήρια*	16
Καταστήματα - Χώροι Έκθεσης		*Μουσεία*	20
Μικρά - Μεγάλα καταστήματα	18		
Δοκιμαστήρια	21	*Χώροι συνάθροισης κοινού*	18
Χώροι αποθήκευσης	15		
Αποθήκες		*Εστιατόρια*	18
Χώροι εργασίας	16		
Χώροι αποθήκευσης	13	*Μπαρ*	18

Εικόνα 5.3: Συνιστώμενες Μέσες Εσωτερικές Θερμοκρασίες Κτηρίων βάσει της χρήσης τους

[56]

Ωστόσο, ο παραπάνω πίνακας αποτελεί προιόν εμπειρικών καταγραφών και δεν διαχωρίζει τις θερμοκρασίες θερμικής άνεσης ανά θερμική περίοδο. Επομένως, χρησιμεύει κυρίως για την απόκτηση αίσθησης της τάξης μεγέθους των θερμοκρασιών που επιδιώκονται κατά το

βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων. Για λόγους επιστημονικής ορθότητας και πληρότητας, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν οι καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων με βάση την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-1/2010 που αναφέρεται στις εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Οικοτροφείο και κοιτώνας	20	26	40	45
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	40	45
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	35	50
Εστιατόριο	20	26	35	50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	20	26	35	50
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	20	26	35	50
Θέατρο, κινηματογράφος	20	26	35	50
Χώρος συναυλιών	20	26	35	50
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	20	23	35	50
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	20	26	35	45
Τράπεζα	20	26	35	45
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	20	26	35	50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	18	25	35	45
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	18	26	35	50
Λουτρό (κοινόχρηστο)	22	26	40	50
Νηπιαγωγείο	20	26	35	45
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	20	26	35	45
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	20	26	35	45
Φροντιστήριο, ωδείο	20	26	35	45

Εικόνα 5.4: Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [57]

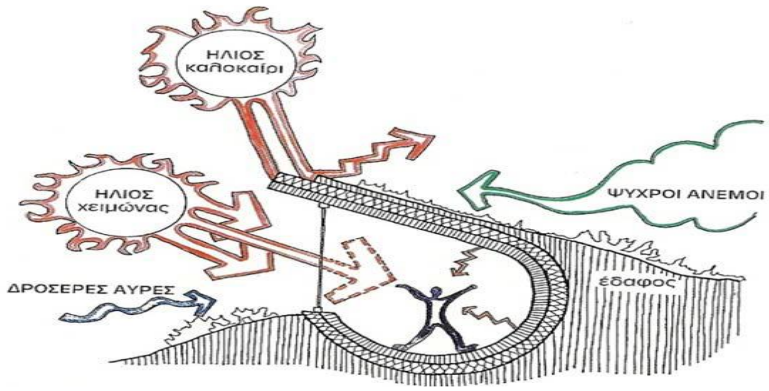
Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης ενός ατόμου. Ακολουθεί διαχωρισμός των παραμέτρων σε 3 γενικές κατηγορίες:

1. Φυσικές Παράμετροι :
    - Θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα
    - Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών
    - Σχετική υγρασία του αέρα
    - Ατμοσφαιρική πίεση
    - Χρώμα επιφανειών
    - Οσμές
    - Επίπεδα φωτισμού και θορύβου
2. Οργανικές Παράμετροι :
    - Ηλικία
    - Φύλλο
    - Εθνικά χαρακτηριστικά ατόμου
3. Εξωτερικές Παράμετροι :
    - Είδος ρουχισμού
    - Κοινωνικές συνθήκες
    - Πολεοδομικές συνθήκες

5.3 Βασικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Αναφορικά με τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, είναι εκμεταλλεύσιμη αφενός η ηλιακή ενέργεια για την παροχή θέρμανσης στο κτήριο και αφετέρου οι δροσερές αύρες για την παροχή ψύξης σε αυτό. Αντιθέτως, οι ψυχροί χειμερινοί άνεμοι, καθώς και η έντονη θερινή ηλιακή ακτινοβολία οφείλουν να αποφεύγονται, ούτως ώστε να μην αυξάνεται υπέρμετρα το θερμικό και το ψυκτικό φορτίο του κτηρίου αντίστοιχα. Τα παραπάνω μπορούν να φανούν και στην εικόνα 5.5.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού [54].



Εικόνα 5.5: Αξιοποίηση των θετικών κλιματικών στοιχείων από το κέλυφος του κτηρίου [54]

5.3.1 Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

Ο σχεδιασμός του κτηρίου οφείλει να ακολουθεί ορισμένες προϋποθέσεις, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία του κτηρίου το χειμώνα ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη. Οι προϋποθέσεις αυτές συνοψίζονται στα ακόλουθα :

- Κατάλληλος προσανατολισμός- χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο. Ο ήλιος κατά τη διάρκεια του χειμώνα παρέχει θερμική ενέργεια ικανή να καλύψει ολικώς ή εν μέρει τις θερμαντικές ανάγκες του κτηρίου, κατά τις ώρες 9:00 π.μ. έως 3:00 π.μ. . Επομένως, η χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο, όπως και ο προσανατολισμός του, οφείλουν να είναι προς το νότο, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής ηλιασμός κατά τους χειμερινούς μήνες. Επιπλέον, ο νότιος προσανατολισμός παρουσιάζει σημαντικά οφέλη και κατά τους θερινούς μήνες, διότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντικά μειωμένη συγκριτικά με τον ανατολικό ή το δυτικό προσανατολισμό, ενώ εξασφαλίζεται η ευμενής επίδραση των δροσερών ανέμων. Ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τον καθορισμό και τον έλεγχο της ορθής χωροθέτησης του κτηρίου αποτελούν οι ηλιακοί χάρτες.
- Κατάλληλο σχήμα του κτηρίου. Το σχήμα ενός κτηρίου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες του για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, το βέλτιστο σχήμα κτηρίου είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, διότι διαθέτει μεγαλύτερη επιφάνεια στραμμένη προς το νότο, για τη συλλογή θερμότητας το χειμώνα. Παράλληλα, το καλοκαίρι η σκίαση της νότιας όψης επιτυγχάνεται συγκριτικά πιο εύκολα, ενώ η ανατολική και η δυτική όψη, που δέχονται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία, καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια.
- Κατάλληλο μέγεθος των ανοιγμάτων ανάλογα με τον προσανατολισμό. Τα υαλοστάσια, αποτελούν για το κτήριο μία πηγή θερμικών απωλειών, αλλά και μία πηγή σημαντικών θερμικών κερδών. Υπό την προϋπόθεση ότι είναι προσανατολισμένα προς το νότο, με μία ανοχή ±30° προς τα ανατολικά ή προς τα δυτικά, τα υαλοστάσια αποτελούν τον πλέον οικονομικό και αποδοτικό ηλιακό συλλέκτη που μπορεί να διαθέτει ένα κτήριο. Επομένως συνίσταται, η τοποθέτηση ανοιγμάτων μεγάλου μεγέθους στις νότιες όψεις, με μονό ή διπλό υαλοστάσιο, ανοιγμάτων μετρίου μεγέθους στις ανατολικές και τις δυτικές όψεις και ανοιγμάτων μικρού μεγέθους, με διπλό υαλοστάσιο, στις βορινές όψεις.
- Λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων. Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων του κτηρίου έχει ιδιαίτερη σημασία για την προσαρμογή του κτηρίου στο τοπικό κλίμα. Η βορινή πλευρά ηλιάζεται μόνο για λίγες ώρες το πρωί και το απόγευμα κατά τους θερινούς μήνες, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες δεν ηλιάζεται καθόλου, αποτελώντας την πλέον ψυχρή και σκοτεινή πλευρά του κτηρίου. Η ανατολική και η δυτική πλευρά δέχονται ισόποση ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι μεγαλύτερη κατά τους θερινούς μήνες. Ωστόσο, η δυτική πλευρά είναι πιο επιβαρυμένη, επειδή δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία κατά τις μεταμεσημβρινές ώρες, που η ατμοσφαιρική θερμοκρασία είναι ήδη αυξημένη. Η νότια πλευρά του κτηρίου δέχεται τη μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους θερινούς μήνες και τη μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες, αποτελώντας έτσι την πλέον φωτεινή και ευχάριστη πλευρά του κτηρίου. Συνεπώς, η βέλτιστη διάταξη των χώρων υπαγορεύει οι χώροι που χρησιμοποιούνται περισσότερο (καθιστικό, κουζίνα, δωμάτια, κλπ) να τοποθετούνται προς το νότο, ενώ προς το βορρά να τοποθετούνται

χώροι με πρόσκαιρη χρήση (σκάλες, αποθήκη, κλπ). Σημειώνεται, ότι οι χώροι της βόρειας πλευράς συντελούν στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς προστατεύουν τους υπόλοιπους χώρους του κτηρίου από την βορεινή ψυχρή επιφάνεια, περιορίζοντας έτσι τις θερμικές απώλειες.

5.3.2 Το κτήριο ως αποθήκη θερμότητας

Εφόσον το κτήριο λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης, η θερμότητα που συλλέγεται οφείλει να αποθηκεύεται στη μάζα του, ώστε να αποδίδεται ξανά στο εσωτερικό του κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ίδιας της κατασκευής του κτηρίου, δηλαδή των δαπέδων, των τοίχων και των οροφών. Τα δομικά υλικά του κτηρίου απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, σε βαθμό που εξαρτάται από την πυκνότητα και την ειδική θερμοχωρητικότητα. Τα υλικά μεγαλύτερης πυκνότητας, όπως το μπετόν, οι πέτρες και τα τούβλα, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ικανότητα θερμικής αποθήκευσης. Σημειώνεται, ότι όσο αυξάνεται η μάζα της κατασκευής που αποθηκεύει θερμότητα, τόσο η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή χωρίς έντονες διακυμάνσεις, κυμαινόμενη σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες. Τοιουτοτρόπως, περιορίζεται η ανάγκη για θέρμανση το χειμώνα και αποτρέπεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού του κτηρίου το καλοκαίρι. Συνεπώς, η ορθή λειτουργία του κτηρίου ως αποθήκη θερμότητας προϋποθέτει την ύπαρξη υλικών αυξημένης θερμοχωρητικότητας, τα οποία επιπλέον κατανέμονται εξίσου σε ολόκληρη την κατασκευή.

5.3.3 Το κτήριο ως παγίδα θερμότητας

Η θερμότητα που συλλέγεται και αποθηκεύεται στις επιφάνειες του κτηρίου, είναι απαραίτητο να παγιδεύεται στο εσωτερικό του και να μην διασκορπίζεται προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τους χειμερινούς μήνες, υπό τη μορφή των θερμικών απωλειών. Αντιστρόφως, κατά τους θερινούς μήνες οφείλει να αποφεύγεται η υπέρμετρη απορρόφηση θερμότητας από το κτήριο, η οποία προκαλεί συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του.

Τα φαινόμενα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με την τοποθέτηση επαρκούς πάχους μόνωσης στις εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους. Η ύπαρξη θερμομόνωσης, πέρα από την περιστολή των θερμικών απωλειών το χειμώνα και την αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου το καλοκαίρι, συντελεί και στην εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου. Αυτό συμβαίνει, διότι περιορίζεται η ακτινοβολία θερμότητας από το σώμα των χρηστών προς τις περιβάλλουσες επιφάνειες του χώρου, που είναι συνήθως ψυχρότερες από τον εσωτερικό αέρα.

5.3.4 Το κτήριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης

Το καλοκαίρι οι υψηλές ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες και η έντονη ηλιακή ακτινοβολία έχουν ως αποτέλεσμα το κτήριο να απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας, που συνεπάγονται τη δημιουργία στο εσωτερικό του συνθηκών υπερθέρμανσης, οι οποίες υπερβαίνουν τα όρια της θερμικής άνεσης. Οι τεχνικές που συντελούν στη λειτουργία του κτηρίου ως φυσικού συλλέκτη δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες είναι συνοπτικά οι εξής :

- Η προστασία του κτηρίου από τον ήλιο και κυρίως η σκίαση των ανοιγμάτων, ώστε να αποφεύγεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο.

- Η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας, προκειμένου να απομακρύνεται το πρόσθετο θερμικό φορτίο, που απορροφάται από τα δομικά υλικά κατά τη διάρκεια της μέρας.
- Η εξασφάλιση θερμικής αδράνειας στην κατασκευή, μέσω της χρήσης υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας.
- Η εφαρμογή ανοιχτών χρωμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες, ώστε να μειώνεται η απορροφώμενη θερμότητα.
- Η εφαρμογή φυσικής ψύξης, μέσω της διαδικασίας της εξάτμισης, σε περιπτώσεις ζεστού και ξηρού κλίματος.

5.4 Παθητικά συστήματα (θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού)

Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα είναι αναπόσπαστα κομμάτια-δομικά στοιχεία ενός κτηρίου τα οποία λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτήρια.

Τα Παθητικά Συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτηρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων αυτών των συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ΄όλη τη διάρκεια του έτους.

5.4.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτηρίου αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τεχνικές στο κτηριακό κέλυφος. Το πιο σημαντικό στοιχείο στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτηρίων το χειμώνα (αλλά και για αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι) είναι ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων του κτηρίου. Ο νότιος προσανατολισμός, με απόκλιση 30^{o} ανατολικά ή δυτικά, είναι αυτός που δέχεται επαρκή ακτινοβολία και συνιστάται για τη βελτιστοποίηση του ηλιασμού των χώρων που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη το χρόνο για θέρμανση. Νότιου προσανατολισμού ανοίγματα που δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα, με κατάλληλα οριζόντια σκίαστρα, επιβαρύνονται ελάχιστα το καλοκαίρι. Ανοίγματα στο Βορρά βοηθούν στην καλύτερη ποιότητα φωτισμού στο χώρο διότι δέχονται μόνο διάχυτο και όχι άμεσο φως, συνιστώνται για το καλοκαίρι αλλά πρέπει να είναι περιορισμένης επιφάνειας γιατί παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες το χειμώνα. Η αξιοποίηση του ανατολικού προσανατολισμού ανοιγμάτων προτείνεται για ηλιασμό των χώρων κατά τις πρωινές ώρες, ενώ τα δυτικά ανοίγματα έχουν τη δυσμενέστερη θερμική συμπεριφορά καθ’ όλη τη διάρκεια του χρόνου, γι’αυτό συνιστώνται μόνο όπου είναι απαραίτητα για λόγους φωτισμού ή θέας. Γενικώς, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπονται εξωτερικές και κατακόρυφες διατάξεις σκίασης.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτήρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού.

Αποτελούν δομικά στοιχεία του κτηρίου, τα οποία αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα.

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα άμεσου κέρδους που βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι τα συστήματα έμμεσου κέρδους και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ηλιακοί τοίχοι: Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες τοίχος Trombe - Michel .

Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι): Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

Ηλιακά αίθρια:είναι εσωτερικοί χώροι του κτηρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα προσαρτώνται σε όψεις του κτηρίου με νότιο προσανατολισμό, οι οποίες θα πρέπει να μη σκιάζονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επιπλέον, πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτηρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία (π.χ. χρήση φυλλοβόλων δένδρων, οριζόντια σκίαση, τέντες, περσίδες) και συχνά με δυνατότητα αερισμού. [53]

5.4.2 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτήρια, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης».

Μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης».

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές που αφορούν στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων, στις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, στα φωτομετρικά χαρακτηριστικά επιφανειών του χώρου και των ανοιγμάτων του (υφή, χρώμα, φωτοδιαπερατότητα υλικών) και στη χρήση ανακλαστήρων, για την εξασφάλιση επάρκειας και ομαλής κατανομής του φυσικού φωτός. Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φυσικού φωτισμού αφορούν υαλοπίνακες με συγκεκριμένες ιδιότητες, πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία, διαφανή μονωτικά υλικά και ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες).

5.4.3 Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού/Παθητικού Δροσισμού

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού και υβριδικού δροσισμού είναι η ηλιοπροστασία του κτηρίου και ο κατάλληλος φυσικός (ή υβριδικός με χρήση ανεμιστήρων) αερισμός. [53]

5.4.3.1 Ηλιοπροστασία του κτηρίου

Ο σκιασμός των ανοιγμάτων του κτηρίου είναι η βασικότερη τεχνική μείωσης των θερμικών φορτίων ενός κτηρίου κατά τη θερινή περίοδο. Γενικώς η ηλιοπροστασία (σκίαση) του κτηρίου επιτυγχάνεται με χρήση φυσικής βλάστησης, με αξιοποίηση των γεωμετρικών στοιχείων (προεξοχές) του κτηρίου, με τοποθέτηση σκιάστρων (μόνιμα ή κινητά) και υαλοπινάκων με ειδικές επιστρώσεις ή ειδικής επεξεργασίας (ανακλαστικοί, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί, κ.λ.π.).

Πρέπει να εξασφαλίζεται η ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας παράλληλα τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας χωρίς βέβαια να εμποδίζεται ο απαραίτητος ηλιασμός τον χειμώνα. Επίσης, πρέπει να υπάρχει και η απαραίτητη πρόνοια για

τον επαρκή ηλιασμό των ανοιγμάτων και κατά τις ενδιάμεσες περιόδους του χρόνου (άνοιξη-φθινόπωρο).

Η αποτελεσματικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας ενός κτηρίου και των ανοιγμάτων του είναι η χρήση βλάστησης. Η ζητούμενη ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλα φυτεμένων φυλλοβόλων ή αειθαλών δέντρων, με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις όπως πέργκολες και μπαλκόνια, καθώς και με την τεχνική των κατακόρυφων κήπων, η οποία αναλύθηκε εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο, στις πλαϊνές όψεις κτηρίων. Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτήριο αποτελώντας έτσι ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό. Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή/και δυτικό προσανατολισμό.

5.4.3.2 Φυσικός και υβριδικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτήριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα.

Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες.

Ο κατακόρυφος αερισμός λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτηρίου, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων. Για να είναι επαρκής συνδυάζεται με κατάλληλα ανοίγματα σε χαμηλότερα σημεία του κτηρίου, κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια.

Ο νυχτερινός αερισμός είναι πολύ αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός επιβαρύνει θερμικά το κτήριο. Συνεισφέρει και στην αποθήκευση δροσιάς στη θερμική μάζα του κτηρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτηρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτηρίου κατά την επόμενη ημέρα.

Ο υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις, καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.

Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής.

Άλλες μέθοδοι φυσικού δροσισμού πιο σύνθετες και όχι τόσο ευρείας εφαρμογής με επιπρόσθετα οφέλη ψύξης είναι οι ακόλουθες :

- Η θερμική προστασία του κτηριακού περιβλήματος με τεχνικές όπως φυτεμένο δώμα, αεριζόμενο κέλυφος, ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών, φράγμα ακτινοβολίας

- Η ενίσχυση του φαινομένου του φυσικού εξαερισμού με πύργους αερισμού ή ηλιακές καμινάδες
- Ο δροσισμός με εξάτμιση νερού με τεχνικές όπως είναι οι υδάτινες επιφάνειες, οι πύργοι δροσισμού και η εξατμισοδιαπνοή φυτών μέσω βλάστησης

5.5 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτηρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32^{o}C, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1^{o}C σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Επισημαίνεται ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση, καθώς και οι οριζόντιες –τα δώματα– υποφέρουν ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς, συνιστάται η βαφή τους με ανοιχτά χρώματα. Ειδικά για τα δώματα αποτελεσματική είναι η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ψυχρά χρώματα ή γενικότερα με ψυχρά υλικά, καθώς και με φυτά. [58]

Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών ,αδρή ή λεία, επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας. Ο συντελεστής ανάκλασης του φωτός σε ένα χώρο παίζει σημαντικό ρόλο επηρεάζοντας τη φωτεινότητά του, αλλά και την απορρόφηση ενέργειας. Στους δύο πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συντελεστές ανάκλασης των βασικών χρωμάτων σε τρεις διαφορετικές αποχρώσεις καθώς και η συμπεριφορά ορόφων και τοίχων σε περίπτωση πρόσπτωσης φωτός.

Συντελεστές Ανάκλασης Βασικών Χρωμάτων			
Χρώμα	Ανοικτό	Μέσο	Σκούρο
Κίτρινο	0,7	0,5	0,3
Μπεζ	0,65	0,45	0,25
Κόκκινο	0,35	0,2	0,1
Πράσινο	0,6	0,3	0,12
Μπλε	0,5	0,2	0,05
Γκρίζο	0,6	0,35	0,2
Καφέ	0,5	0,25	0,08
Λευκό	0,8	0,7	-
Μαύρο	-	0,04	-

Εικόνα 5.6: Συντελεστές ανάκλασης βασικών χρωμάτων σε 3 διαφορετικές αποχρώσεις [58]

Συντελεστές Ανάκλασης Οροφών και Τοίχων		
	Συντελεστής Ανάκλασης Οροφής	Συντελεστής Ανάκλασης Τοίχων
Πολύ ανοιχτά χρώματα	0,7	-
Ανοιχτά χρώματα	0,5	0,5
Μεσαία χρώματα	0,3	0,3
Σκούρα χρώματα	-	0,1

Εικόνα 5.7: Συντελεστές ανάκλασης ορόφων και τοίχων για διαφορετικές αποχρώσεις [58]

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι, ανεξαρτήτως απόχρωσης, τα χρώματα με το μεγαλύτερο συντελεστή ανάκλασης είναι το λευκό, το κίτρινο και το μπεζ και ακολουθούν το πράσινο με το γκρι.

5.6 Αποτίμηση συμβολής Φύτευσης και Σκιάστρων στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό

Είναι συνεπώς προφανές ότι η φύτευση βλάστησης (είτε σε μορφή θάμνων και δέντρων είτε σε μορφή κατακόρυφων κήπων μέσω αναρριχητικών φυτών κυρίως) καθώς και η στοχευμένη τοποθέτηση σκιάστρων (οριζόντιων και κατακόρυφων) αποτελούν βασικά εργαλεία για την αποτελεσματική εφαρμογή τεχνικών με σκοπό την ηλιοπροστασία του κελύφους ενός κτηρίου. Επομένως, συμβάλλουν αμφότερες στον αποτελεσματικό δροσισμό του κτηρίου, ο οποίος αποτελεί βασική προϋπόθεση της επιτυχημένης εφαρμογής των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε οποιοδήποτε κτήριο. Επιτυγχάνεται έτσι ένας συγκερασμός της βιοκλιματικής αναβάθμισης πανεπιστημιακών εγκαταστάσεων μαζί με αποτρεπτική χρήση της φύτευσης και των σκιάστρων έναντι του φαινομένου των γκράφιτι.

6. Προσομοίωση Σκίαστρων και Φύτευσης στο λογισμικό EnergyPlus

6.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Κατά γενικό λόγο, οι λύσεις που προτάθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας γκράφιτι στα Νέα Κτήρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, αφορούν κυρίως τη φύτευση δέντρων, θάμνων και φυτών καθώς και την τοποθέτηση κατακόρυφων σκιάστρων έναντι των προσόψεων των κτηρίων. Τα 2 αυτά είδη λύσεων προτιμήθηκαν, πέρα από την αποτελεσματικότητα τους, διότι συνδυάζουν την αισθητική αναβάθμιση των προσόψεων με τη βιοκλιματική βελτίωση των κτηρίων, όπως θεωρητικά περιγράφηκε εκτενώς στο Κεφάλαιο 5.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει απόπειρα προσομοίωσης της φύτευσης και των σκιάστρων, έτσι ώστε να αποφανθούμε αν συμβάλλουν πράγματι ως τρόποι, βιοκλιματικά, στη βελτίωση κυρίως της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτηρίου. Επιλέχθηκε το κτήριο του Τομέα Γεωτεχνικής για τις αναλύσεις των προσομοιώσεων και αυτές πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού EnergyPlus.

6.2 Το λογισμικό EnergyPlus

6.2.1 Γενικά Στοιχεία

Το λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίων EnergyPlus βασίζεται στα προγενέστερα λογισμικά BLAST και DOE-2 [33-34]. Τα λογισμικά BLAST (Building Loads Analysis and Systems Thermodynamics) και DOE-2 διαμορφώθηκαν και κυκλοφόρησαν στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 αντίστοιχα, ως εργαλεία προσομοίωσης ενέργειας και θερμικού φορτίου κτηρίου. Σκοπός της δημιουργίας τους ήταν να χρησιμοποιηθούν από τον μελετητή μηχανικό, για τη διαστασιολόγηση του απαιτούμενου εξοπλισμού θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού (HVAC Equipment) ενός κτηρίου, την εκπόνηση μελετών μετασκευής για την ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής και την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Ακολούθως παρουσιάζεται μία σύνοψη των κυριότερων χαρακτηριστικών του λογισμικού EnergyPlus που αποτυπώνει με σαφήνεια την ακρίβεια του EnergyPlus, καθώς και τη δυνατότητα εφαρμογής του σε πληθώρα περιπτώσεων ενεργειακής προσομοίωσης [59] :

- Πραγματοποιείται ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη επίλυση, κατά την οποία η απόκριση του κτηρίου και τα κύρια και δευτερεύοντα συστήματα είναι στενά συζευγμένα. Σε περίπτωση που κρίνεται απαραίτητο, εφαρμόζεται επαναληπτική διαδικασία.
- Η αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος προσομοιώνεται με τη χρήση υπό-ωριαίων χρονικών βημάτων, ο αριθμός των οποίων καθορίζεται από το χρήστη. Η δε αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού προσομοιώνεται με αυτομάτως μεταβαλλόμενα χρονικά βήματα, ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα της επίλυσης.
- Τα αρχεία καιρικών δεδομένων, δεδομένων εισόδου και αποτελεσμάτων, βασίζονται στον κώδικα ASCII και περιλαμβάνουν αντιστοίχως ωριαίες ή υπό-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες, συγκεκριμένες αναφορές και αναφορές καθοριζόμενες από το χρήστη.
- Η τεχνική επίλυσης των θερμικών φορτίων του κτηρίου βασίζεται στο ισοζύγιο θερμότητας και παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονου υπολογισμού της θερμότητας που μεταφέρεται με συναγωγή και με ακτινοβολία στις εσωτερικές και τις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, σε κάθε χρονικό βήμα.
- Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή διαμέσου των στοιχείων του κτηρίου, όπως τοίχοι, οροφές και δάπεδα, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας συναρτήσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή.
- Η προσομοίωση της μεταφοράς θερμότητας διαμέσου του εδάφους βελτιστοποιείται, αξιοποιώντας τρισδιάστατα μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων για την προσομοίωση του εδάφους και απλοποιημένες τεχνικές ανάλυσης.
- Η προσρόφηση και η αποβολή υγρασίας προσομοιώνεται μέσω ενός συνδυασμένου μοντέλου μεταφοράς θερμότητας και μάζας, το οποίο αξιοποιείται είτε ως μία προσθήκη στις συναρτήσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή για κάθε στρώση είτε ως ένα μοντέλο διείσδυσης της ενεργής υγρασίας σε βάθος (EMPD: Effective Moisture Penetration Depth Model).
- Κατά την επίλυση χρησιμοποιούνται μοντέλα θερμικής άνεσης, τα οποία βασίζονται στην δραστηριότητα των χρηστών του κτηρίου, την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού, την υγρασία και άλλους παράγοντες.
- Προκειμένου να επιτυγχάνεται βελτιστοποιημένος υπολογισμός της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες γίνεται χρήση ενός ανισοτροπικού μοντέλου ουρανού.
- Εφαρμόζονται προηγμένοι υπολογισμοί σχετικά με τα ανοίγματα του κτηρίου, οι οποίοι περιλαμβάνουν ρυθμιζόμενες περσίδες παραθύρων, ηλεκτροχρωμικούς υαλοπίνακες και θερμικά ισοζύγια ανά στρώση υλικού, ώστε να καθίσταται δυνατή η ορθή κατανομή της.

Ωστόσο, στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστεί ποιά είναι τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία δεν περιλαμβάνει το λογισμικό EnergyPlus.

- Το EnergyPlus δεν αποτελεί μια διασύνδεση χρήστη (user interface), αλλά αποσκοπεί να είναι η μηχανή προσομοίωσης, η οποία μπορεί να αποτελέσει την καρδιά μίας

τρίτης γραφικής διασύνδεσης χρήστη (graphical user interface). Τα δεδομένα εισόδου και εξόδου είναι απλά κωδικοποιημένα κείμενα ASCII, τα οποία αν και μπορούν να γίνουν αντιληπτά από το χρήστη του λογισμικού, είναι προτιμότερο να ενσωματωθούν σε μία γραφική διασύνδεση χρήστη. Η προσέγγιση αυτή παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού πολλαπλών γραφικών διασυνδέσεων, οι οποίες να είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες των εκάστοτε χρηστών του λογισμικού. Η διαθεσιμότητα του EnergyPlus αποδεσμεύει χρηματικούς πόρους, οι οποίοι μέχρι σήμερα επενδύονταν στη διαμόρφωση αλγορίθμων για την ενεργειακή προσομοίωση των κτηρίων και τους κατευθύνει στη διαμόρφωση, απλώς, ενός κατάλληλου γραφικού περιβάλλοντος.

- Το EnergyPlus δεν αποτελεί προς το παρόν ένα εργαλείο ανάλυσης κόστους κύκλου ζωής, αλλά παράγει αποτελέσματα τα οποία μπορούν στη συνέχεια να εισαχθούν σε κάποιο λογισμικό, σχεδιασμένο για το σκοπό αυτό. Γενικά, υπολογισμοί αυτού του είδους είναι προτιμότερο να πραγματοποιούνται από πιο εξειδικευμένα λογισμικά, τα οποία ανταποκρίνονται ταχύτερα σε μεταβολές των τιμών του πληθωρισμού και των μεθοδολογιών υπολογισμού.
- Το EnergyPlus δεν υποκαθιστά το ρόλο του μελετητή μηχανικού, εφόσον δεν ελέγχει τα δεδομένα εισόδου, δεν πιστοποιεί αν οι τιμές διάφορων παραμέτρων είναι εντός αποδεκτών ορίων (εκτός από ορισμένους πολύ βασικούς ελέγχους) και δεν επιχειρεί να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα. Παρόλο που ορισμένα λογισμικά τα οποία παρέχουν στο EnergyPlus το απαιτούμενο γραφικό περιβάλλον διασύνδεσης χρήστη, έχουν τη δυνατότητα να καθοδηγούν το χρήστη και να διορθώνουν λάθη στην εισαγωγή των δεδομένων, γενικά ισχύει ο κανόνας ότι λανθασμένα δεδομένα εισαγωγής οδηγούν σε λανθασμένα αποτελέσματα. Συνεπώς, ο μελετητής μηχανικός θα αποτελεί πάντα αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού και της ενεργειακής μελέτης του κτηρίου.

6.2.2 Λειτουργία του λογισμικού EnergyPlus

Όπως προαναφέρθηκε, το EnergyPlus αποτελεί ένα λογισμικό προσομοίωσης, το οποίο σχεδιάστηκε προκειμένου να προσομοιώνει κτήρια και όλα τα απαιτούμενα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού. Τονίζεται ότι το EnergyPlus είναι μία μηχανή προσομοίωσης, δηλαδή έχει σχεδιαστεί με σκοπό να αποτελεί ένα συστατικό στοιχείο ενός συστήματος λογισμικών, το οποίο θα περιλαμβάνει επίσης ένα γραφικό περιβάλλον διασύνδεσης χρήστη, κατάλληλο για την περιγραφή του κτηριακού κελύφους. Ωστόσο, είναι δυνατόν το EnergyPlus να λειτουργήσει και μόνο του, χωρίς να υπάρχει ένα τέτοιο γραφικό περιβάλλον. [59] [60] [63]

Όπως κάθε λογισμικό προσομοίωσης, το EnergyPlus δεν αποτελείται από ένα και μοναδικό εκτελέσιμο αρχείο. Αντιθέτως, απαιτεί πολλαπλά αρχεία εισαγωγής δεδομένων, στα οποία θα περιγράφεται με ακρίβεια τόσο το υπό μελέτη κτήριο όσο και οι αντίστοιχες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, το λογισμικό παράγει πληθώρα αρχείων αποτελεσμάτων, τα οποία είναι απαραίτητο να περιγραφούν ή να τους γίνει περαιτέρω επεξεργασία, ώστε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης να είναι σαφή. Τέλος, ακόμα και όταν το EnergyPlus λειτουργεί αυτόνομα, δεν απαιτείται από το χρήστη να εκτελέσει κάποια διαδικασία «με το χέρι», αφού ένα κατάλληλο αρχείο περιγραφής της διαδικασίας είναι επιφορτισμένο να αναζητήσει τα αρχεία

εισαγωγής δεδομένων και να αποθηκεύσει ή να επεξεργαστεί περαιτέρω τα αρχεία αποτελεσμάτων.

Με σκοπό να είναι δυνατή η λειτουργία του EnergyPlus στο λειτουργικό σύστημα των Windows, έχει δημιουργηθεί η εφαρμογή EP-Launch, η οποία είναι απλή στη χρήση και εξυπηρετεί την εκτέλεση της προσομοίωσης.

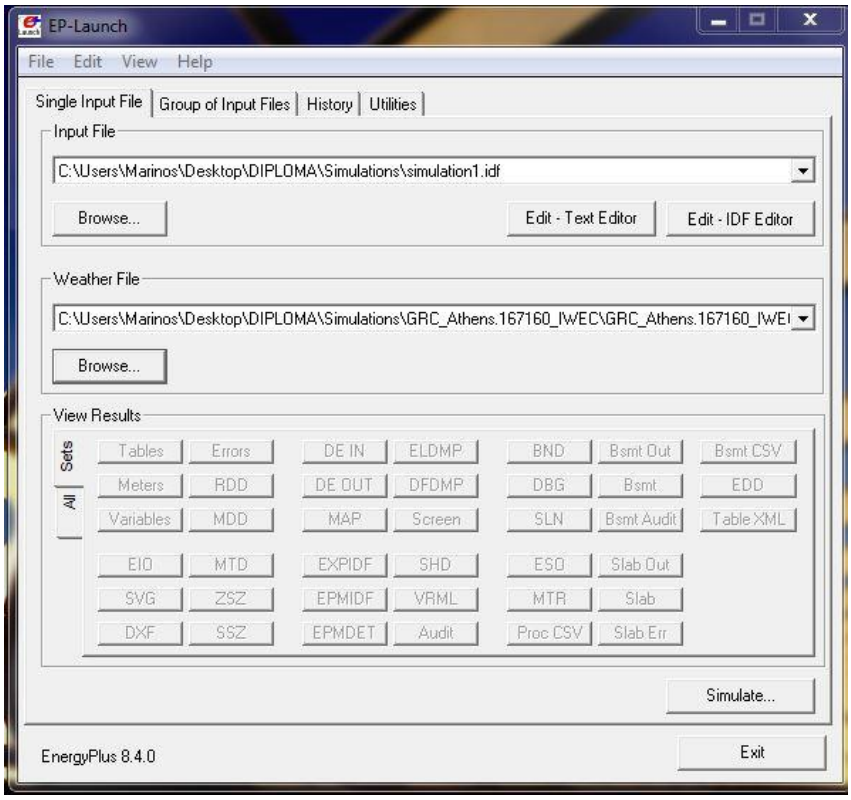
6.2.3 Η εφαρμογή EP-Launch

Η εν λόγω εφαρμογή είναι κατάλληλη για χρήστες, οι οποίοι επιθυμούν να έχουν στην διάθεσή τους έναν απλό τρόπο για να επιλέγουν αρχεία εισαγωγής και να εκτελούν προσομοίωση με το EnergyPlus. Επιπλέον χρησιμοποιείται, προκειμένου ο χρήστης να ανοίγει έναν επεξεργαστή κειμένου για τα αρχεία εισαγωγής και εξαγωγής, ένα λογιστικό φύλλο για τα αρχεία αποτελεσμάτων, ένα φυλλομετρητή ιστού για τα αρχεία αποτελεσμάτων που είναι σε μορφή πινάκων, καθώς και να εκκινεί ένα κατάλληλο λογισμικό προβολής των αρχείων σχεδίου.

6.2.3.1 Προσομοίωση ενός απλού αρχείου δεδομένων εισόδου

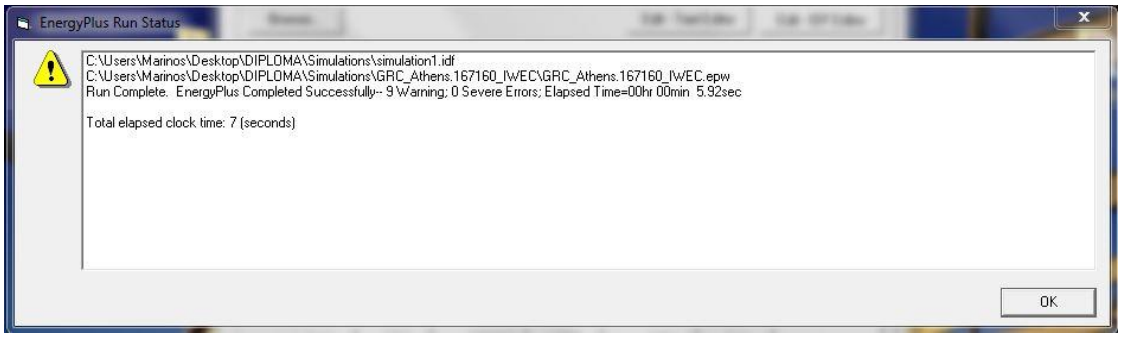
Στο σχήμα 4.3 φαίνεται η εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη εκκινώντας την εφαρμογή EP-Launch, για να εκτελεστεί ένα απλό αρχείο δεδομένων εισόδου. Η λειτουργία της εφαρμογής EP-Launch στηρίζεται στο ότι εκκινεί έτερα λογισμικά, ενώ ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να μην χρησιμοποιεί τη γραμμή εντολών DOS, προκειμένου να εκτελεί το EnergyPlus.

Στην περίπτωση κατά την οποία ο χρήστης επιθυμεί να εκτελέσει ένα απλό αρχείο δεδομένων εισόδου, αρκεί να το επιλέξει στη θέση "Input File", της καρτέλας "Single Input File", όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1, σε συνδυασμό με το κατάλληλο αρχείο καιρικών δεδομένων στη θέση "Weather File". Το αρχείο δεδομένων εισόδου, το οποίο καλείται IDF file, μπορεί να τροποποιηθεί επιλέγοντας είτε "Edit- Text Editor", οπότε θα εκκινήσει για το σκοπό αυτό ένας επεξεργαστής κειμένου είτε "Edit- IDF Editor", οπότε θα εκκινήσει η εφαρμογή IDF Editor. Ακολούθως, επιλέγοντας "Simulate…" στην ίδια οθόνη, εκκινεί η ενεργειακή προσομοίωση του κτηρίου από το EnergyPlus.



Εικόνα 6.1: Βασική οθόνη εκκίνησης EP-Launch

Μόλις ολοκληρωθεί η προσομοίωση στην οθόνη του χρήστη εμφανίζεται ένα μήνυμα κατάστασης, όπως αυτό της εικόνας 6.2. Το μήνυμα αυτό αποτελεί μία σύντομη επισκόπηση της διαδικασίας, αφού ενημερώνει το χρήστη για την τυχόν ύπαρξη προειδοποιήσεων (Warnings), σοβαρών σφαλμάτων (Severe Errors), σφαλμάτων που οδηγούν σε τερματισμό της προσομοίωσης (Fatal Errors), καθώς και για το χρόνο που διήρκησε η προσομοίωση.

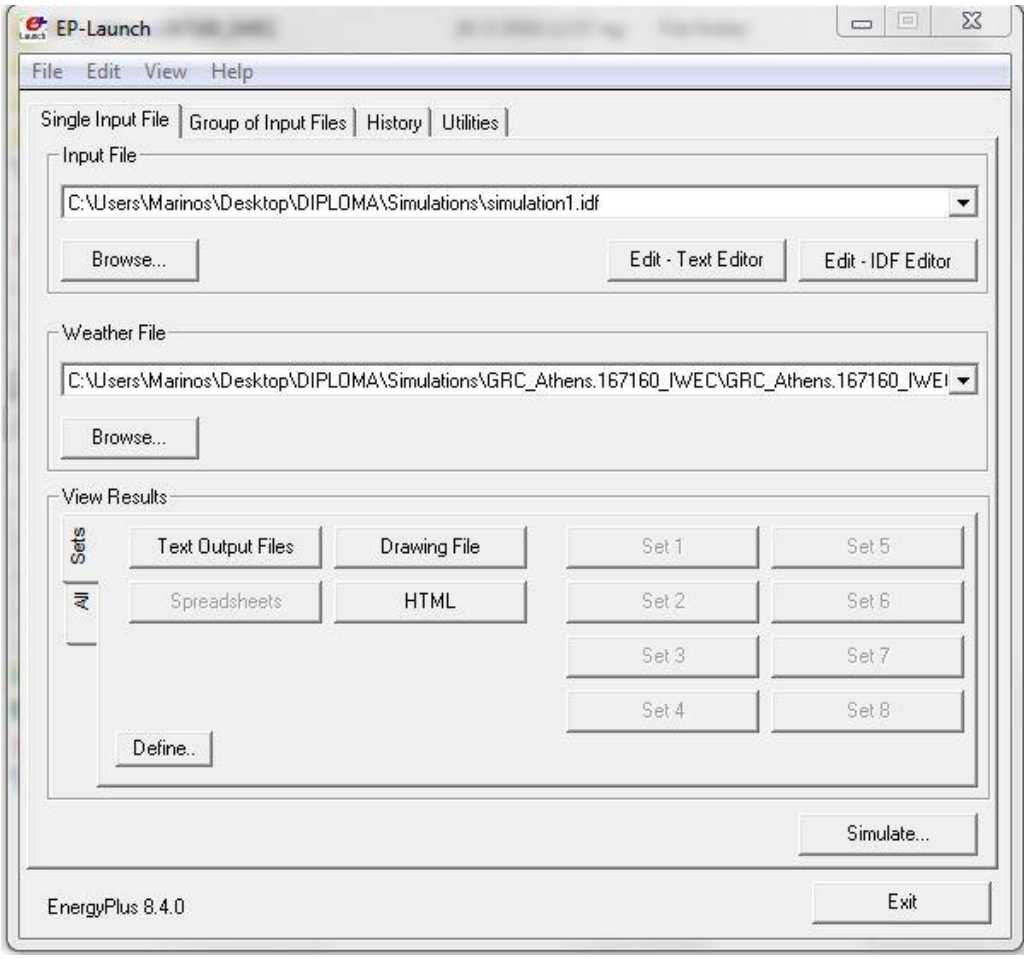


Εικόνα 6.2: Μήνυμα ολοκλήρωσης EP-Launch

6.2.3.2 Περιήγηση στα αποτελέσματα της προσομοίωσης

Η εφαρμογή παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να πλοηγηθεί στα αποτελέσματα της προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τις καρτέλες "Sets" και "All", που φαίνονται στη θέση "View Results" της κύριας οθόνης του EP-Launch ή τις επιλογές που διατίθενται στο μενού "View" της εφαρμογής.

Στην καρτέλα "All", όπως φαίνεται στην εικόνα 6.3, εμφανίζονται όλα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που μπορούν να προβληθούν ανεξάρτητα, ταξινομημένα ανά τύπο αρχείου. Σημειώνεται, ότι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και να προβάλει μόνο εκείνα τα αρχεία αποτελεσμάτων, τα οποία έχουν ενεργοποιηθεί από το αρχείο δεδομένων εισόδου. Η καρτέλα "Sets", μέσω των επιλογών "Text Output Files", "Drawing Files", "Spreadsheets" και "HTML", παρέχει τη δυνατότητα προβολής πολλών αρχείων αποτελεσμάτων ταυτόχρονα, αποτελώντας ουσιαστικά μία συντόμευση προβολής των αρχείων που χρησιμοποιούνται συχνότερα. Στο σχήμα 4.5 φαίνεται η κύρια οθόνη της εφαρμογής EP-Launch, όταν είναι επιλεγμένη η καρτέλα "Sets".



Εικόνα 6.3 Κύρια οθόνη EP-Launch με ενεργοποιημένη την καρτέλα αποτελεσμάτων 'Sets'

Συγκεκριμένα, επιλέγοντας "Text Output Files", προβάλλονται όλα τα αρχεία αποτελεσμάτων, τα οποία βρίσκονται σε μορφή κειμένου, με τη βοήθεια ενός προεπιλεγμένου επεξεργαστή κειμένου. Μέσω της επιλογής "Drawing File", προβάλλεται σε τρισδιάστατη μορφή το κέλυφος του κτηρίου, εφόσον έχει προεπιλεχθεί από το χρήστη μία κατάλληλη εφαρμογή προβολής αρχείων σχεδίου. Με τον ίδιο τρόπο προβάλλεται και το διάγραμμα των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, στην περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί κατά την προσομοίωση το σχετικό βοηθητικό λογισμικό. Μέσω της επιλογής "Spreadsheets" προβάλλονται όλα τα παραγόμενα αρχεία CSV (Comma Separated Variable), δηλαδή τα αρχεία σε μορφή πίνακα, του οποίου τα δεδομένα χωρίζονται με κόμμα, εφόσον έχει προεπιλεχθεί

κατάλληλη εφαρμογή προβολής λογιστικών φύλλων. Η επιλογή "HTML" προβάλλει μόνο τα αρχεία αποτελεσμάτων, τα οποία είναι σε μορφή πίνακα, εάν βέβαια είχαν ζητηθεί στο αρχείο δεδομένων εισόδου.

6.2.4 Αρχεία δεδομένων εισόδου EnergyPlus

Ως αρχεία δεδομένων εισόδου στο EnergyPlus χρησιμοποιούνται τα εξής :

- IDD: Το input data dictionary (IDD) είναι ένα κωδικοποιημένο αρχείο ASCII, το οποίο περιέχει μία λίστα με όλα τα πιθανά αντικείμενα του EnergyPlus και τον ακριβή προσδιορισμό των δεδομένων που απαιτούνται για την περιγραφή καθενός από αυτά. Το αρχείο αυτό παρουσιάζει αναλογίες με το αρχείο λέξεων- κλειδιών του παλαιότερου λογισμικού DOE-2.
- IDF: Το input data file (IDF) είναι ένα κωδικοποιημένο αρχείο ASCII, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για την περιγραφή του κτηρίου και των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, που πρόκειται να προσομοιωθούν.
- IMF: Το input macro file (IMF) είναι ένα κωδικοποιημένο αρχείο ASCII, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για την περιγραφή του κτηρίου και των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, που πρόκειται να προσομοιωθούν, καθώς και ορισμένες μακρό-εντολές.
- INI: Πρόκειται για το αρχείο εκκίνησης του λογισμικού EnergyPlus. Αποτελεί ένα προαιρετικό αρχείο δεδομένων εισόδου σε κώδικα ASCII, το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να προσδιορίζει τη θέση του αρχείου IDD.
- EPW: Το EnergyPlus weather file (EPW) είναι ένα κωδικοποιημένο αρχείο ASCII, το οποίο περιλαμβάνει τα ωριαία ή τα υπό-ωριαία καιρικά δεδομένα, τα οποία απαιτούνται για την προσομοίωση.

6.2.5 Αρχεία δεδομένων εξόδου EnergyPlus

Τα αρχεία δεδομένων εξόδου που είναι χρησιμότερα για το χρήστη είναι τα εξής :

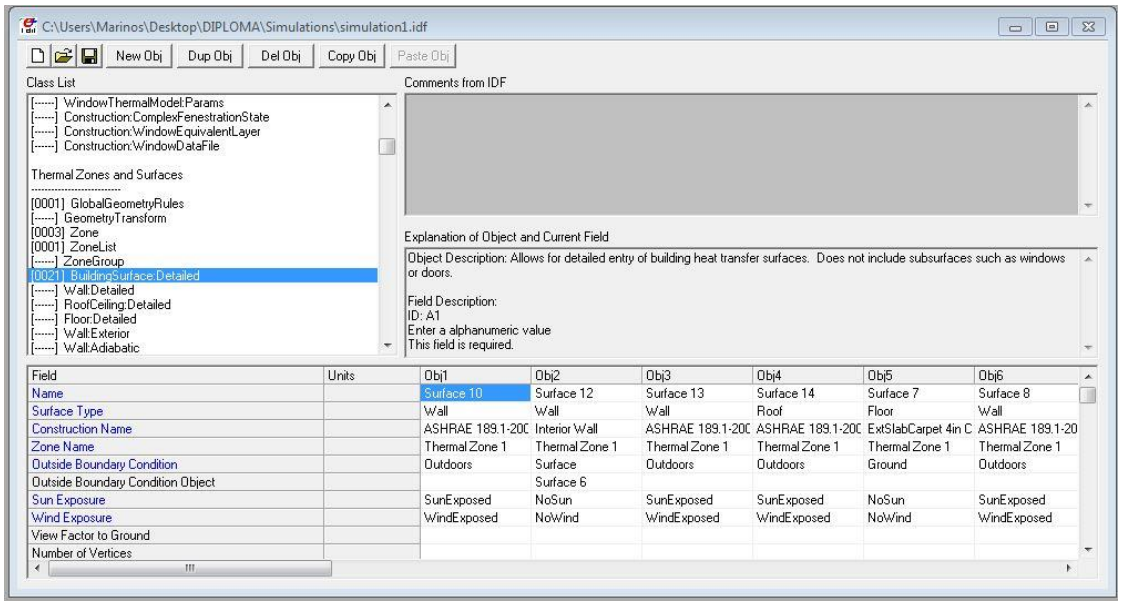
- ERR: Πρόκειται για ένα αρχείο κειμένου, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα μηνύματα σφάλματος, που ανακύπτουν κατά την προσομοίωση με το EnergyPlus. Το εν λόγω αρχείο οφείλει να εξεταστεί πρώτο μετά το πέρας της προσομοίωσης. Σφάλματα είναι δυνατό να ανακύψουν τόσο κατά την εισαγωγή των δεδομένων στο EnergyPlus όσο και κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ανάλογα με τη σοβαρότητά τους τα σφάλματα διακρίνονται σε πολύ σοβαρά (fatal), τα οποία προκαλούν άμεσο τερματισμό της προσομοίωσης και πρέπει να επιδιορθωθούν οπωσδήποτε, σε σοβαρά (severe), τα οποία συνίσταται να επιδιορθωθούν και σε προειδοποιήσεις (warnings), τα οποία προτείνεται να επιδιορθωθούν εάν είναι δυνατόν.
- CSV: Όταν ολοκληρωθεί χωρίς σφάλματα η προσομοίωση, το EP-Launch και το EnergyPlus δημιουργούν αυτόματα αρχεία αποτελεσμάτων τύπου CSV (Comma Separated Variable), δηλαδή αρχεία σε μορφή πίνακα με τα επιμέρους στοιχεία να χωρίζονται μεταξύ τους με κόμματα. Τα αρχεία αυτά προκύπτουν έπειτα από επεξεργασία των αρχείων βασικών αποτελεσμάτων (ESO) και αποτελεσμάτων

μετρητών (MTR), ώστε να μπορούν να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτά και να διαβαστούν σε εφαρμογές λογιστικών φύλλων (π.χ. Microsoft Excel).

- HTM/HTML: Πρόκειται για πολύ χρήσιμα αρχεία, τα οποία περιλαμβάνουν πλήθος πληροφοριών και μπορούν να προβληθούν χρησιμοποιώντας ένα φυλλομετρητή ιστού (web browser).

6.2.6 Η εφαρμογή IDF Editor

Το EnergyPlus παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει αρχεία εισαγωγής δεδομένων με διάφορους τρόπους. Ένας εξ αυτών είναι με τη βοήθεια της εφαρμογής IDF Editor, η οποία αποτελεί έναν απλό και έξυπνο επεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να διαβάσει το αρχείο εισόδου IDD και επιτρέπει τη δημιουργία ή την τροποποίηση αρχείων εισόδου IDF. Ωστόσο, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός, ότι η εφαρμογή δεν ελέγχει τα δεδομένα εισόδου ως προς την ορθότητά τους, αν και σε ορισμένα πεδία επισημαίνει αριθμητικές τιμές που βρίσκονται εκτός επιτρεπτών ορίων και λανθασμένα ορίσματα κειμένου. Η εφαρμογή IDF Editor μπορεί να εκκινήσει είτε αυτόνομα είτε μέσω της εφαρμογής EP-Launch, στην περίπτωση που έχει επιλεγεί ένα αρχείο δεδομένων εισόδου και επιθυμείται η τροποποίηση ή συμπλήρωσή του. Η οθόνη εκκίνησης της εφαρμογής παρουσιάζεται στην εικόνα 6.4.



Εικόνα 6.4: Οθόνη εφαρμογής IDF Editor

Η εισαγωγή των δεδομένων της προσομοίωσης στην εφαρμογή IDF Editor ακολουθεί ιεραρχική δομή, με την έννοια ότι τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε διάφορες κατηγορίες (classes), οι οποίες με τη σειρά τους συνιστούν ξεχωριστές ομάδες (groups). Η λίστα των επιμέρους κατηγοριών που εμφανίζεται στην εφαρμογή ακολουθεί τη δομή του αρχείου εισόδου IDD. Το πεδίο στα αριστερά κάθε κατηγορίας μπορεί να αναγράφει είτε [----], το οποίο καταδεικνύει ότι αυτή η κατηγορία δεν περιλαμβάνει κανένα αντικείμενο είτε έναν αριθμό, όπως για παράδειγμα [0015], ο οποίος καταδεικνύει ότι αυτή η κατηγορία στο τρέχον αρχείο IDF περιλαμβάνει ισάριθμα αντικείμενα. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7,

η επιλεγμένη κατηγορία "Building Surface: Detailed", της ομάδας "Thermal Zones and Surfaces", περιλαμβάνει 21 αντικείμενα στο τρέχον αρχείο IDF. Οι λεπτομέρειες αναφορικά με κάθε αντικείμενο εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης υπό τη μορφή πίνακα, με κάθε αντικείμενο να αντιστοιχεί σε μία στήλη. Τα πεδία κάθε στήλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω περιγραφή του αντίστοιχου αντικειμένου. Οι μονάδες μέτρησης των μεγεθών κάθε πεδίου αναγράφονται στη δεύτερη στήλη του πίνακα.

Επιλέγοντας μία τιμή σε κάποιο από τα πεδία ορισμού ενός αντικειμένου παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- Τυχόν σχόλια χρήστη τα οποία συνοδεύουν το αρχείο δεδομένων εισόδου IDF εμφανίζονται στο τμήμα της οθόνης που αναγράφει "Comments from IDF".
- Τυχόν σχόλια, τα οποία εμπεριέχονται στο αρχείο εισόδου IDD αναφορικά με το συγκεκριμένο πεδίο εμφανίζονται στο τμήμα της οθόνης που αναγράφει "Explanation of Object and Current Field".
- Η τιμή του πεδίου μπορεί να τροποποιηθεί. Ανάλογα με το πεδίο, ενδέχεται να εμφανίζεται μία λίστα η οποία περιλαμβάνει την ελάχιστη, τη μέγιστη και την τυπική τιμή για το πεδίο αυτό ή άλλα ορίσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό.
- Πεδία τα οποία λαμβάνουν αριθμητικές τιμές ενδέχεται να περιλαμβάνουν την επιλογή αυτόματου υπολογισμού της τιμής.
- Ορισμένα πεδία χαρακτηρίζονται από μία μέγιστη ή και μία ελάχιστη τιμή, οι οποίες καθορίζονται στο αρχείο IDD. Εάν ο χρήστης ορίσει μία τιμή εκτός των ορίων αυτών, τότε αυτή θα επισημανθεί ως λανθασμένη από την εφαρμογή.

Κάθε επιλεγμένο αντικείμενο μπορεί να διαγραφεί επιλέγοντας "Del Object" στο πάνω μέρος της οθόνης. Επιλέγοντας "New Object" δημιουργείται ένα νέο αντικείμενο στην επιλεγμένη κατηγορία, με τα πεδία του να είναι κενά ή να περιέχουν τις τυπικές τιμές. Ομοίως επιλέγοντας "Dup Object" δημιουργείται αντίγραφο ενός επιλεγμένου αντικειμένου. Επίσης η αντιγραφή και η επικόλληση αντικειμένων καθίσταται δυνατή μέσω των επιλογών "Copy Object" και "Paste Object". Οι εντολές αυτές επιτρέπουν να αντιγράφονται αντικείμενα στο τρέχον αρχείο δεδομένων εισόδου, τόσο από ένα έτερο αρχείο όσο και από τη βιβλιοθήκη δεδομένων του EnergyPlus, η οποία είναι διαθέσιμη μέσω της επιλογής Open Data Set του μενού File, της εφαρμογής IDF Editor.

6.2.7 Μεθολογία της ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίου με το λογισμικό EnergyPlus

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η ενεργειακή προσομοίωση ενός κτηρίου με το λογισμικό EnergyPlus, είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη μεθοδολογία, της οποίας τα κυριότερα επιμέρους στάδια παρουσιάζονται ακολούθως.

6.2.7.1 Συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων

Πριν κατασκευαστεί το αρχείο δεδομένων εισόδου της προσομοίωσης, απαιτείται να έχουν συγκεντρωθεί ορισμένα δεδομένα όσον αφορά στο υπό μελέτη κτήριο. Πιο συγκεκριμένα, απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- Δεδομένα τοποθεσίας και κλιματικά δεδομένα σχεδιασμού, τα οποία να αντιστοιχούν στην περιοχή που εντοπίζεται το υπό μελέτη κτήριο. Αν είναι δυνατό, συνίσταται να χρησιμοποιείται κατά την προσομοίωση κάποιο από τα διαθέσιμα αρχεία καιρικών δεδομένων του λογισμικού EnergyPlus.
- Δεδομένα κτιριακού κελύφους, καθώς είναι απαραίτητο να καθοριστεί τόσο η γεωμετρία του κτηρίου όσο και η κατασκευαστική δομή των επιμέρους επιφανειών, δηλαδή εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων, δαπέδων, οροφών, δωμάτων, πορτών και παραθύρων.
- Δεδομένα χρήσης του κτηρίου, ώστε να μπορούν να καθοριστούν με ακρίβεια τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, τα οποία προέρχονται από τον εξοπλισμό και από τους χρήστες του κτηρίου.
- Δεδομένα θερμοστατικού ελέγχου του κτηρίου, ώστε να περιγραφεί με ακρίβεια ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε τμήμα του κτηρίου.
- Δεδομένα λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, ώστε να είναι δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός τους, αλλά και ο χρονικός προγραμματισμός της λειτουργίας τους.
- Δεδομένα κεντρικών εγκαταστάσεων, ώστε να είναι δυνατός ο καθορισμός και ο χρονικός προγραμματισμός των λεβήτων, των εγκαταστάσεων ψύξης και άλλων εγκαταστάσεων εξοπλισμού.

6.2.7.2 Διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες

Ένα πολύ ουσιώδες στάδιο της ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίου είναι η διάκριση των επιμέρους επιφανειών του σε επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας (heat transfer surfaces) και επιφάνειες αποθήκευσης θερμότητας (heat storage surfaces). Η διάκριση αυτή έχει μεγάλη σημασία, γιατί οδηγεί στον ορθό διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες.

Γενικά, ισχύει ο κανόνας, ότι μια επιφάνεια πρέπει να ορίζεται πάντα ως επιφάνεια αποθήκευσης θερμότητας, εκτός αν πρέπει να οριστεί ως επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας. Αν μία επιφάνεια διαχωρίζει χώρους με σημαντική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τους, θα πρέπει να οριστεί ως επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας. Αντιθέτως, αν μία επιφάνεια διαχωρίζει χώρους, οι οποίοι διατηρούνται στην ίδια θερμοκρασία, θα πρέπει να οριστεί ως επιφάνεια αποθήκευσης θερμότητας. Συνεπώς, όλες οι εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, όπως εξωτερικοί τοίχοι, δώματα και δάπεδα, οφείλουν να ορίζονται ως επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας. Όσον αφορά στις εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, ορίζονται ως επιφάνειες αποθήκευσης θερμότητας, αν διαχωρίζουν χώρους που διατηρούνται στην ίδια θερμοκρασία ή ως επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας, αν διαχωρίζουν χώρους που διατηρούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Ο όρος θερμική ζώνη έχει περισσότερο ενεργειακό περιεχόμενο, παρά γεωμετρικό. Ως θερμική ζώνη ορίζεται ένας όγκος αέρα σε μία ενιαία θερμοκρασία, συν τις επιφάνειες μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας, οι οποίες περικλείουν ή εμπεριέχονται αντίστοιχα στον όγκο αυτό. Το EnergyPlus υπολογίζει την ενέργεια που απαιτείται κάθε ώρα της μέρας, για να διατηρηθεί κάθε θερμική ζώνη σε μία προκαθορισμένη θερμοκρασία. Εφόσον τον EnergyPlus καταστρώνει

ένα ισοζύγιο θερμότητας για κάθε θερμική ζώνη, το πρώτο βήμα της ενεργειακής προσομοίωσης οφείλει να είναι ο διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες.

Ο στόχος σε κάθε περίπτωση είναι να ορίζονται όσο το δυνατόν λιγότερες θερμικές ζώνες, χωρίς ωστόσο να πλήττεται η ακρίβεια της προσομοίωσης. Ένας γενικός κανόνας είναι, ότι ο αριθμός των θερμικών ζωνών του υπό μελέτη κτηρίου καθορίζεται με βάση τον αριθμό των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού και όχι τον αριθμό των χώρων του κτηρίου. Επομένως, ο ελάχιστος αριθμός θερμικών ζωνών θα ισούται με τον αριθμό των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, που εξυπηρετούν το κτήριο. Άρα, οι επιφάνειες μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας κάθε ζώνης θα περιλαμβάνουν όλες τις επιφάνειες που περικλείουν ή εμπεριέχονται αντίστοιχα στο χώρο που εξυπηρετεί κάθε σύστημα.

Ωστόσο, ο μελετητής έχει την ελευθερία να χωρίσει σε επιμέρους θερμικές ζώνες ένα χώρο ο οποίος εξυπηρετείται από το ίδιο σύστημα θέρμανσης- ψύξης, εάν κρίνει ότι κάτι τέτοιο εξυπηρετεί τους σκοπούς της προσομοίωσης. Για παράδειγμα, είναι πιθανό κάποιοι χώροι να δέχονται μεγαλύτερα ηλιακά κέρδη λόγω του προσανατολισμού τους ή να είναι επιθυμητή μία πιο λεπτομερής εξέταση της κατανομής ή του μεγέθους του θερμικού φορτίου σε κάποιο τμήμα του κτηρίου.

6.2.7.3 Κατάστρωση του μοντέλου του κτηρίου

Προκειμένου να ολοκληρωθεί το αρχείο δεδομένων εισόδου της προσομοίωσης με το EnergyPlus, πέρα από το διαχωρισμό του υπό μελέτη κτηρίου σε θερμικές ζώνες απαιτούνται και κάποια επιπλέον δεδομένα αναφορικά με τις επιφάνειες του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα απαιτούνται τα εξής:

- Καθορισμός επιφανειών μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας.
- Καθορισμός ισοδύναμων επιφανειών.
- Καθορισμός της κατασκευαστικής δομής των επιφανειών (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, δώματα) και των υπό-επιφανειών (πόρτες, παράθυρα) του κτηρίου.
- Συνδυασμός δεδομένων επιφανειών και υπό-επιφανειών.

Σημειώνεται, στο σημείο αυτό, ότι ο καθορισμός της γεωμετρίας του κτηριακού κελύφους, αλλά και ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του σχεδιαστικού λογισμικού SketchUp και του προσθέτου plug-in Open Studio. Χρησιμοποιώντας τα λογισμικά αυτά, ο μελετητής μπορεί να σχεδιάσει το τρισδιάστατο μοντέλο του κτηρίου, προσδίδοντας ταυτόχρονα στους χώρους ενεργειακό περιεχόμενο, ενώ έχει τη δυνατότητα να καθορίσει και τις θερμικές ζώνες. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα να εξαχθεί ένα αρχικό αρχείο δεδομένων εισόδου, στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στη γεωμετρία του κελύφους και τις θερμικές ζώνες του κτηρίου. Επομένως ο χρήστης αρκεί να συμπληρώσει το αρχείο εισόδου με τα υπόλοιπα δεδομένα που απαιτούνται για την πληρότητά του, χωρίς να απαιτείται να εισάγει σε αυτό κάθε επιφάνεια ξεχωριστά βάσει των συντεταγμένων της και να χωρίσει το κτήριο σε θερμικές ζώνες.

6.2.7.4 Καθορισμός επιφανειών μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας

Οι επιφάνειες αποθήκευσης θερμότητας δηλώνουν τις ίδιες ως εξωτερική οριακή συνθήκη και μπορεί να είναι οροφές, δάπεδα και διαχωριστικοί τοίχοι, που διαχωρίζουν χώρους ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Το λογισμικό υποθέτει, ότι οι επιφανειακές θερμοκρασίες εκατέρωθεν των εν λόγω επιφανειών είναι οι ίδιες. Αυτό σημαίνει, ότι παρόλο που η θερμότητα μπορεί να αποθηκεύεται σε ένα διαχωριστικό τοίχο, οροφή ή δάπεδο, ωστόσο δεν μπορεί να μεταφέρεται διαμέσου αυτού. Σημειώνεται, ότι η ακριβής θέση της επιφάνειας αποθήκευσης θερμότητας μέσα στη ζώνη δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, εκτός αν πρόκειται για εξειδικευμένες ηλιακές μελέτες.

Κάποιες επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας διαχωρίζουν χώρους ελεγχόμενης θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον. Επιφάνειες εκτεθειμένες τόσο στον ήλιο όσο και στον άνεμο, όπως εξωτερικοί τοίχοι, εκτεθειμένα δάπεδα και δώματα, δέχονται την πλήρη επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμική αντίσταση του εξωτερικού στρώματος αέρα, η οποία αντιστοιχεί στις επιφάνειες αυτές, μεταβάλλεται με την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Αντιθέτως επιφάνειες μη εκτεθειμένες στον ήλιο ή τον άνεμο, όπως ένας τοίχος που συνορεύει με χώρο μη ελεγχόμενης θερμοκρασίας, δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία, την ταχύτητα ή την κατεύθυνση του ανέμου και η θερμική αντίσταση του εξωτερικού στρώματος αέρα διατηρείται σταθερή.

Άλλες επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας, όπως τοίχοι και δάπεδα υπογείων, διαχωρίζουν το χώρο από το έδαφος, το οποίο περικλείει τις επιφάνειες. Στην περίπτωση αυτή οι εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες ταυτίζονται με τις θερμοκρασίες του εδάφους.

Τέλος, υπάρχουν επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας, οι οποίες διαχωρίζουν θερμικές ζώνες που ενδέχεται να έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Αυτού του τύπου οι επιφάνειες επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή διαμέσου των τοίχων, από μία ζώνη υψηλότερης θερμοκρασίας προς μία ζώνη χαμηλότερης θερμοκρασίας.

6.2.7.5 Καθορισμός της κατασκευαστικής δομής των επιφανειών και υποεπιφανειών του κτηρίου

Όπως τα προγενέστερα, λογισμικά BLAST και DOE-2, το EnergyPlus διαθέτει βιβλιοθήκες υλικών, καθώς και πλήρεις κατασκευαστικές δομές βασισμένες στα πρότυπα της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Πέραν τούτων, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει στο αρχείο δεδομένων εισόδου επιπλέον υλικά της επιλογής του, προδιαγράφοντας ορισμένες ιδιότητες τους. Συγκεκριμένα, κάθε νέο υλικό περιγράφεται βάσει των ακόλουθων παραμέτρων:

- Σκληρότητα, η οποία μπορεί να λαμβάνει τις τιμές: πολύ μαλακό, μαλακό, μετρίως μαλακό, μετρίως σκληρό, σκληρό και πολύ σκληρό.
- Πάχος στρώσης d (m), δηλαδή το πάχος το οποίο έχει κάθε υλικό σε κάθε κατασκευαστική δομή.
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/ (mK)]
- Πυκνότητα ρ (kg/ m3)
- Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp [J/ (kgK)]

6.2.7.6 Συνδυασμός των δεδομένων επιφανειών και υποεπιφανειών

Προκειμένου να ολοκληρωθεί η περιγραφή της γεωμετρίας του κελύφους του υπό μελέτη κτηρίου απαιτούνται κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες. Καταρχάς, θα πρέπει να προσδιοριστεί ο προσανατολισμός του κτιριακού κελύφους. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει έναν τοίχο του κτηρίου ως τον άξονα Βορρά του κτηρίου. Ακολούθως ορίζεται η γωνία μεταξύ του άξονα Βορρά του κτηρίου και του γεωγραφικού Βορρά, προσδιορίζοντας έτσι την ακριβή θέση του κτηρίου.

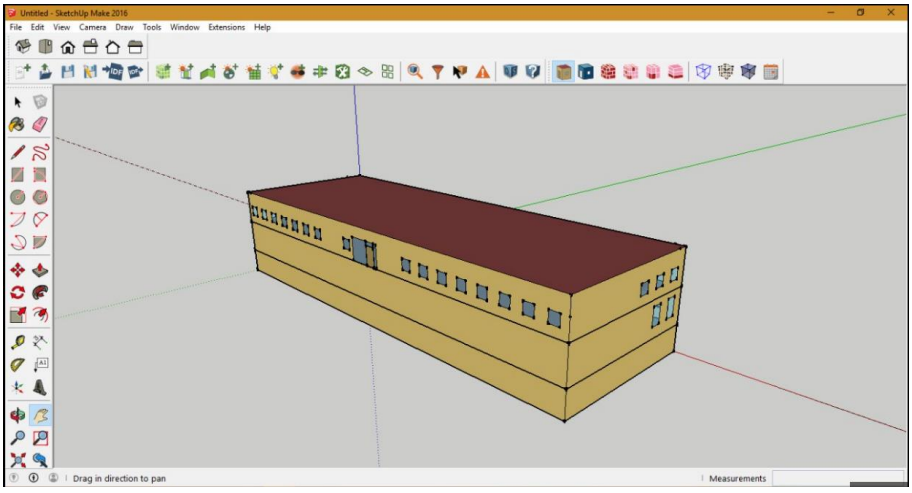
Όπως έχει αναφερθεί η γεωμετρία κάθε επιμέρους επιφάνειας του κτηρίου ορίζεται είτε βάσει συντεταγμένων στο αρχείο δεδομένων εισόδου, είτε μέσω του τρισδιάστατου μοντέλου του κτηρίου, το οποίο σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του προσθέτου Open Studio στο λογισμικό Sketch Up. Πέραν της γεωμετρίας, είναι απαραίτητο να καθοριστεί για κάθε επιφάνεια ο τύπος της, δηλαδή αν πρόκειται για τοίχο, δάπεδο, οροφή ή δώμα. Επιπλέον αντιστοιχίζεται σε κάθε επιφάνεια του κτηρίου μία από τις κατασκευαστικές δομές που έχουν οριστεί στο προηγούμενο βήμα.

Ομοίως, καθορίζεται για κάθε υπό-επιφάνεια του κτηρίου (πόρτες, παράθυρα) ο ακριβής τύπος της, δηλαδή αν πρόκειται για παράθυρο, πόρτα ή γυάλινη πόρτα, καθώς και μία κατασκευαστική δομή.

6.3 Διαδικασία προσομοίωσης

Για την προσομοίωση του κτηρίου του τομέα Γεωτεχνικής, αρχικά χρειάστηκε να σχεδιαστεί το κτήριο στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp. Ο σχεδιασμός έγινε σύμφωνα με τα επίσημα σχέδια του κτηρίου, τα οποία προμηθευτήκαμε από την Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π. Επιλέχθηκε να γίνει απλοποίηση κάποιων όψεων του κτηρίου, καθώς σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες δεν επιδρούν σε αυτά. Ομοίως, δεν δόθηκε έμφαση στο διαχωρισμό των εσωτερικών χώρων.

Το κτήριο σχεδιάστηκε κατευθείαν ως ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο αποτελείται από τρείς (3) ορόφους. Τα παράθυρα και οι πόρτες σχεδιάστηκαν με τις ακριβείς τους διαστάσεις (εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5: Κτήριο Γεωτεχνικής σχεδιασμένο στο περιβάλλον του SketchUp

Στο πρόσθετο του SketchUp λογισμικό Open Studio, ορίσθηκε μία ενιαία θερμική ζώνη για το μοντέλο, η οποία είναι απαραίτητη για την προσομοίωση. Σύμφωνα με τη γεωμετρία του μοντέλου, το Open Studio καθορίζει αυτόματα τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία, όπως τοίχους, πατώματα και οροφή. Για κάθε επιφάνεια του μοντέλου ορίσθηκαν ιδιότητες σχετικά με την επαφή της επιφάνειας με το έδαφος και με την έκθεσή της στον ήλιο και τον αέρα.

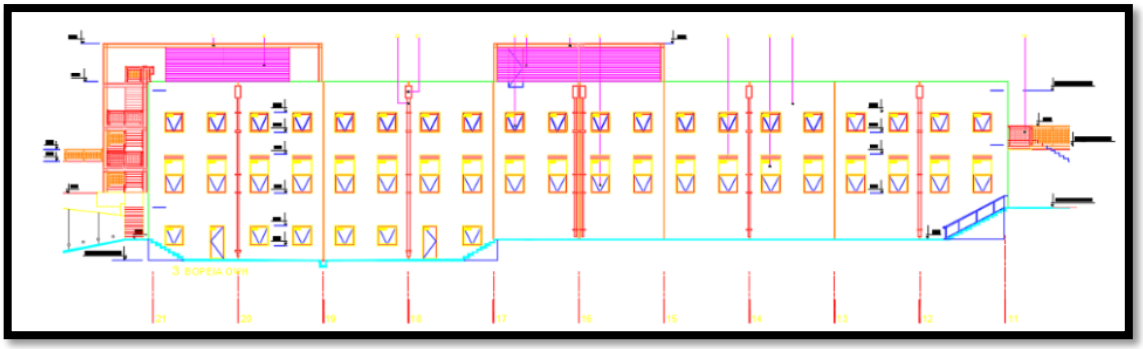
Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας του σχεδιασμού, απαιτείται η αποθήκευση του σχεδίου και η εξαγωγή των αρχείων του Open Studio. Το αρχείο IDF που εξάγεται είναι το αρχείο που θα επεξεργαστεί στο IDF Editor του λογισμικού Energy Plus προκειμένου να γίνει η προσομοίωση. [61] [62]

Στο πρόσθετο του Energy Plus λογισμικό IDF Editor, αρχικά ορίσθηκε το αρχείο με τις κλιματολογικές συνθήκες της Αθήνας, το οποίο αρχείο προμηθεύτηκε από αντίστοιχη βιβλιοθήκη αρχείων στην επίσημη ιστοσελίδα του λογισμικού. Στη συνέχεια, έγινε επεξεργασία των δεδομένων για τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτηρίου. Επιλέχθηκε να μην ληφθούν υπόψη κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Τα δεδομένα που εισήχθησαν αφορούσαν στην ακριβή γεωγραφία του κτηρίου, στους μήνες στους οποίους θα γίνει η προσομοίωση, στα τεχνικά υλικά, στη διάταξη των υλικών στα κατασκευαστικά στοιχεία, στο είδος χρήσης του κτηρίου και στα δεδομένα που θέλουμε να εξάγουμε. Ο ηλεκτρολογικός και μηχανολογικός σχεδιασμός του κτηρίου επιλέχθηκε αυτόματα από το λογισμικό, το οποίο ορίζει τυπικές διατάξεις.

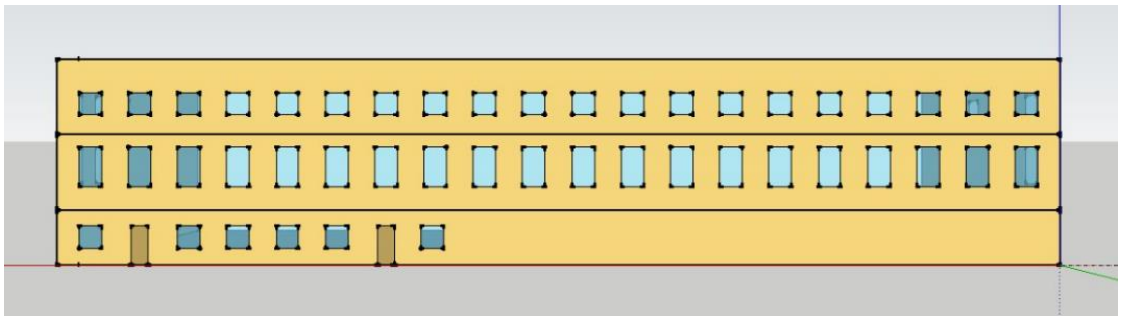
Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης, τα αποτελέσματα εξάγονται σε υπολογιστικό φύλλο του προγράμματος Microsoft Excel.

6.4 Προσομοίωση κτηρίου Τομέα Γεωτεχνικής

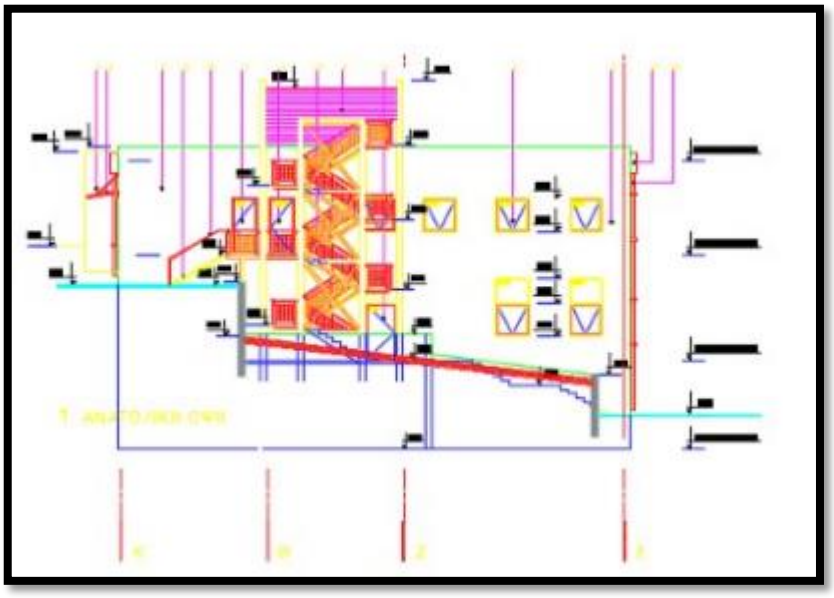
Η πρώτη προσομοίωση έγινε σε απλοποιημένο μοντέλο του κτηρίου όπως έχει κατασκευαστεί αρχικά σύμφωνα με τα επίσημα τεχνικά σχέδια (εικόνα 6.6 και εικόνα 6.7) .



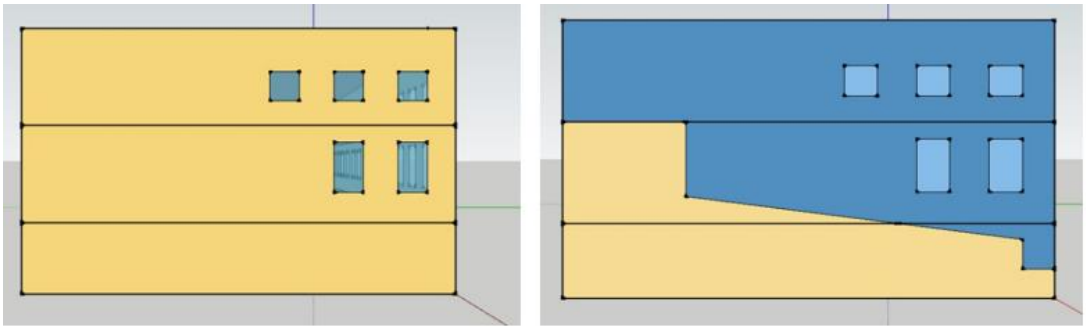
Εικόνα 6.6: Βόρεια όψη κτηρίου τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD



Εικόνα 6.7: Βόρεια όψη τομέα Γεωτεχνικής στο λογισμικό SketchUp

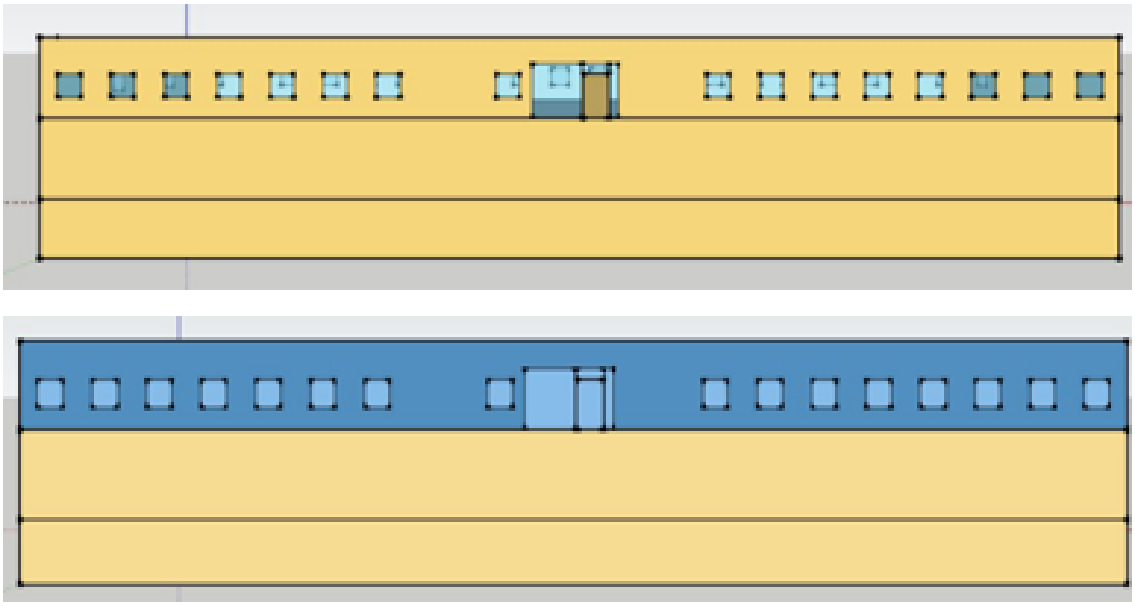


Εικόνα 6.8: Ανατολική όψη τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD

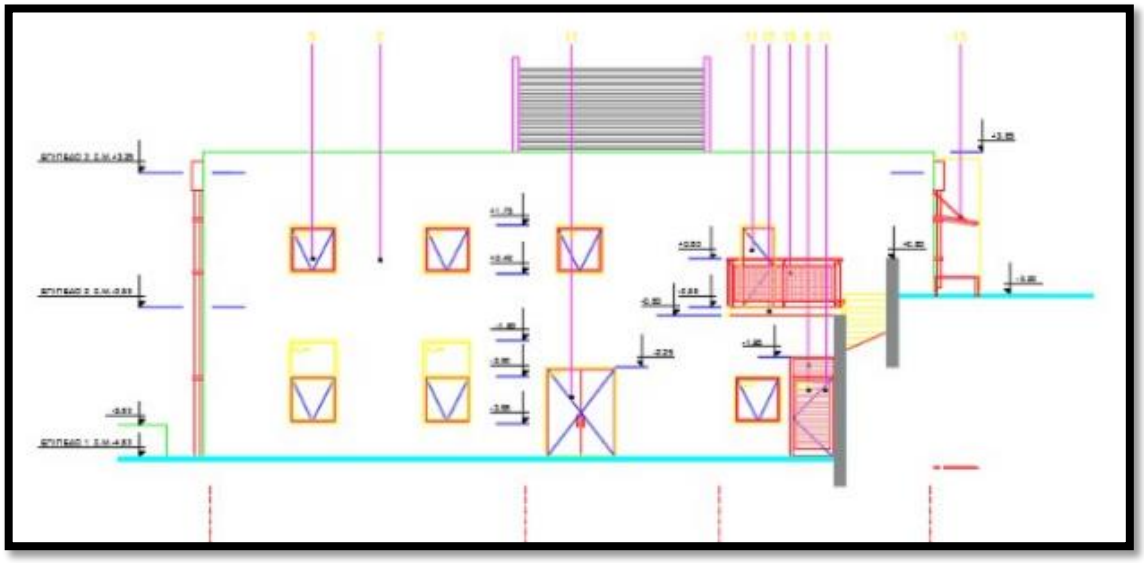


Εικόνα 6.9: Ανατολική όψη τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp

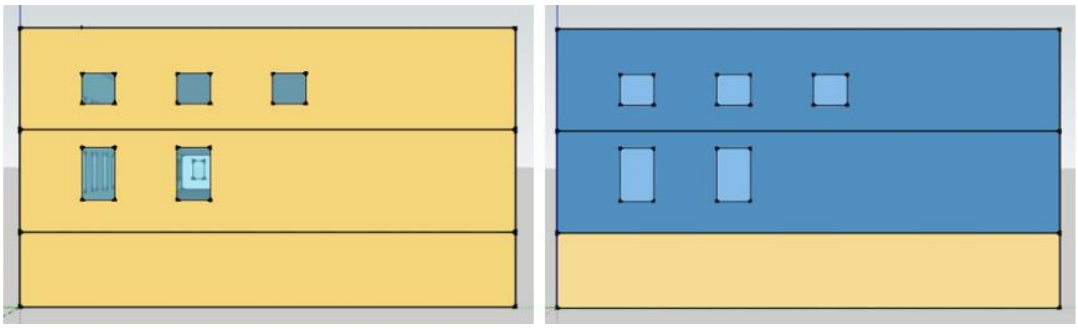
Εικόνα 6.10: Νότια όψη Τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD



Εικόνα 6.11: Νότια όψη Τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp



Εικόνα 6.12: Δυτική όψη Τομέα Γεωτεχνικής από το λογισμικό AutoCAD

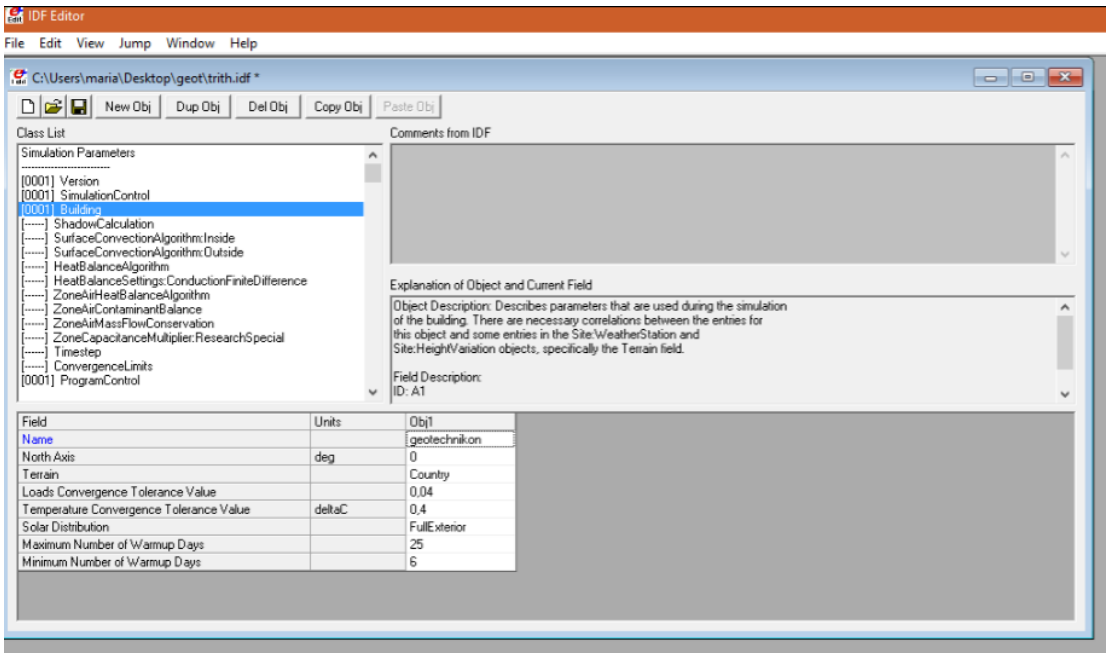


Εικόνα 6.13: Δυτική όψη Τομέα Γεωτεχνικής και με προσομοίωση συνόρου-εδάφους στο λογισμικό SketchUp

Αφού ορίσθηκαν και οι τρεις (3) όροφοι στη θερμική ζώνη 1, στο πρόσθετο λογισμικό Open Studio, ο σχεδιασμός ολοκληρώθηκε.

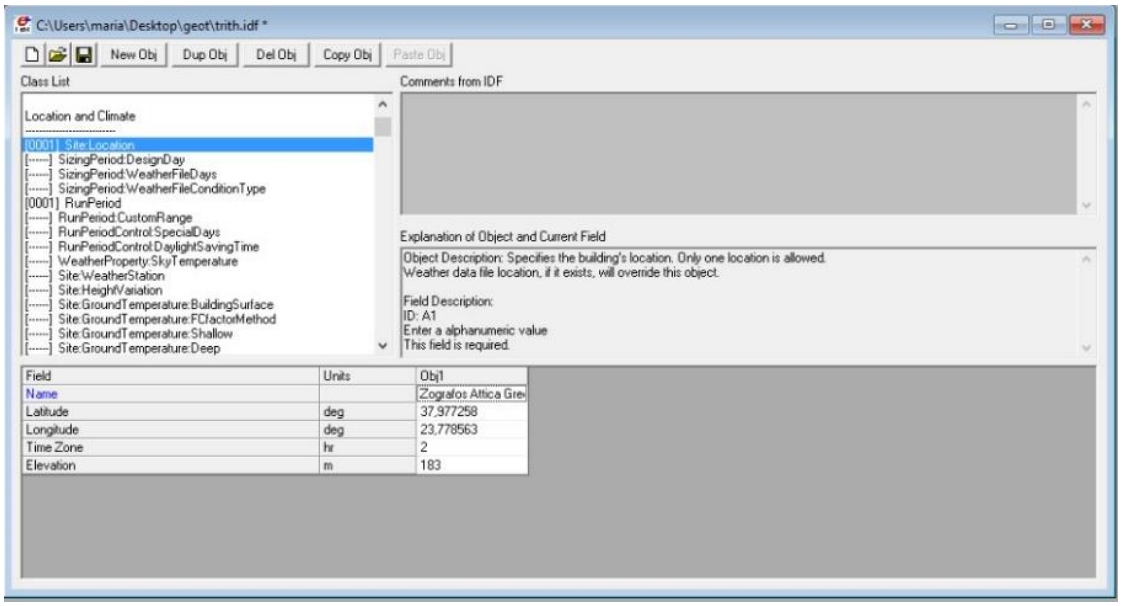
Για την έναρξη της προσομοίωσης πρέπει να ορισθούν στο IDF Editor τα χαρακτηριστικά του μοντέλου και τα κατασκευαστικά του στοιχεία.

Αρχικά, στην κατηγορία με τις πληροφορίες του κτηρίου, ορίσθηκε η ονομασία του και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Το περιβάλλον το οποίο ορίζεται έχει μικρή ακτίνα και για αυτό επιλέχθηκε σαν περιβάλλον προαστίων και όχι αστικό, λόγω της γεωγραφικής κατάστασης της Πολυτεχνειούπολης που ανήκει το κτήριο της Γεωτεχνικής. Ορίσθηκε επίσης, ότι όλο το εξωτερικό του κτηρίου εκτίθεται στον ήλιο, οι περισσότερες πιθανές μέρες που μπορεί να έχει καύσωνα, 25 μέρες, και ομοίως οι λιγότερες με καύσωνα, 6 μέρες.



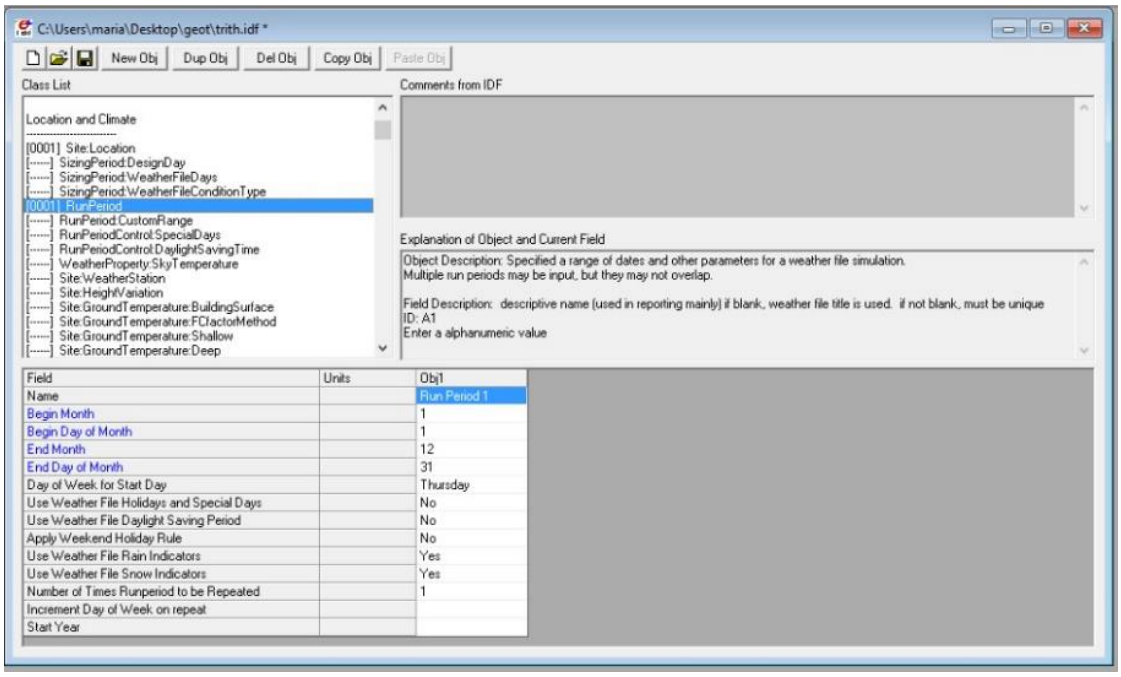
Εικόνα 6.14: Γενικές πληροφορίες κτηρίου στο IDF Editor

Το επόμενο βήμα είναι τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, τα οποία ορίσθηκαν με ακρίβεια. Το γεωγραφικό του πλάτος είναι 37,977258, το μήκος 23,778563 και βρίσκεται σε υψόμετρο 183 μέτρων από τη στάθμη της θάλασσας.



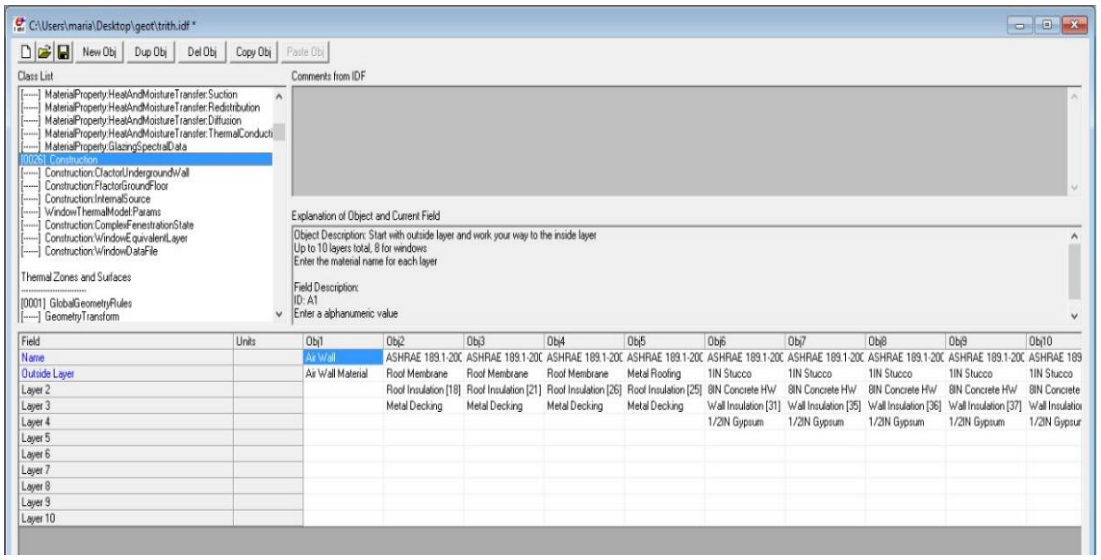
Εικόνα 6.15: Γεωγραφικά χαρακτηριστικά στο IDF Editor

Η προσομοίωση ορίσθηκε να πραγματοποιηθεί για τις 365 μέρες ενός έτους, από την 1η Ιανουαρίου ως 31η Δεκεμβρίου και να ληφθούν υπόψη τυχόν ακραίες κλιματολογικές συνθήκες, όπως ισχυρή βροχή και χιόνι. Τα δεδομένα των κλιματολογικών συνθηκών ορίζονται από το αρχείο του καιρού που παρέχεται από την ιστοσελίδα του λογισμικού.



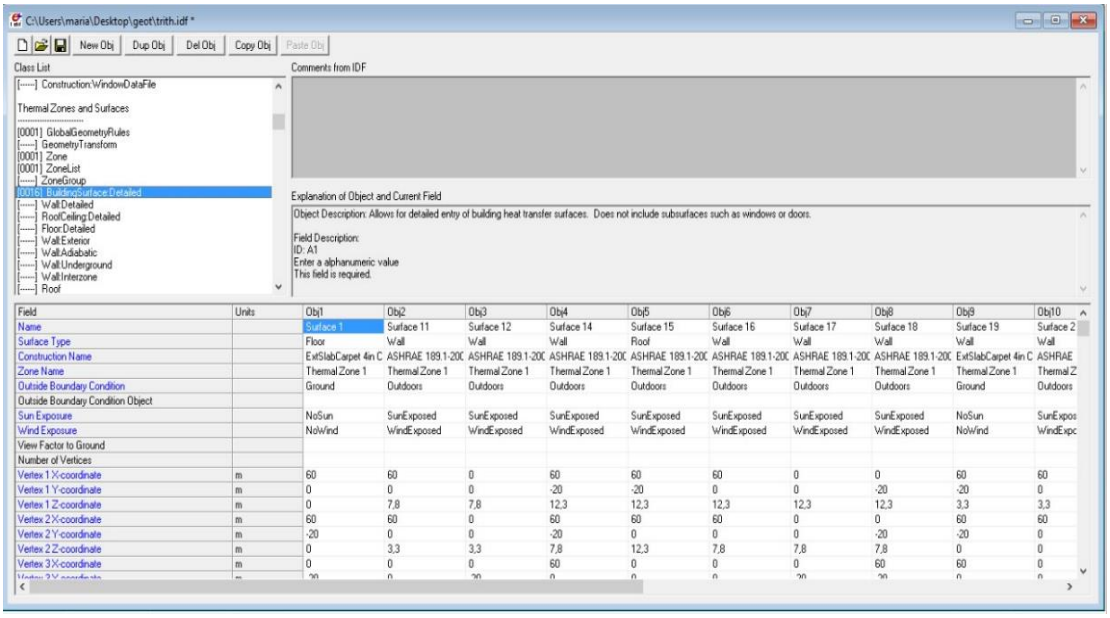
Εικόνα 6.16: Διάρκεια προσομοίωσης και κλιματολογικές συνθήκες στο IDF Editor

Στην κατηγορία της κατασκευής ("Construction") ορίζονται όλα τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτηρίου με αναλυτική περιγραφή των τεχνικών υλικών τους. Πιο συγκεκριμένα, ορίζονται με την μορφή «στρωμάτων» ("Layers") από την εξωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου προς την εσωτερική. Για κάθε στοιχείο χρησιμοποιήθηκαν διατάξεις ενός τυπικού κτηρίου, οι οποίες προμηθεύτηκαν από την Βιβλιοθήκη του λογισμικού.



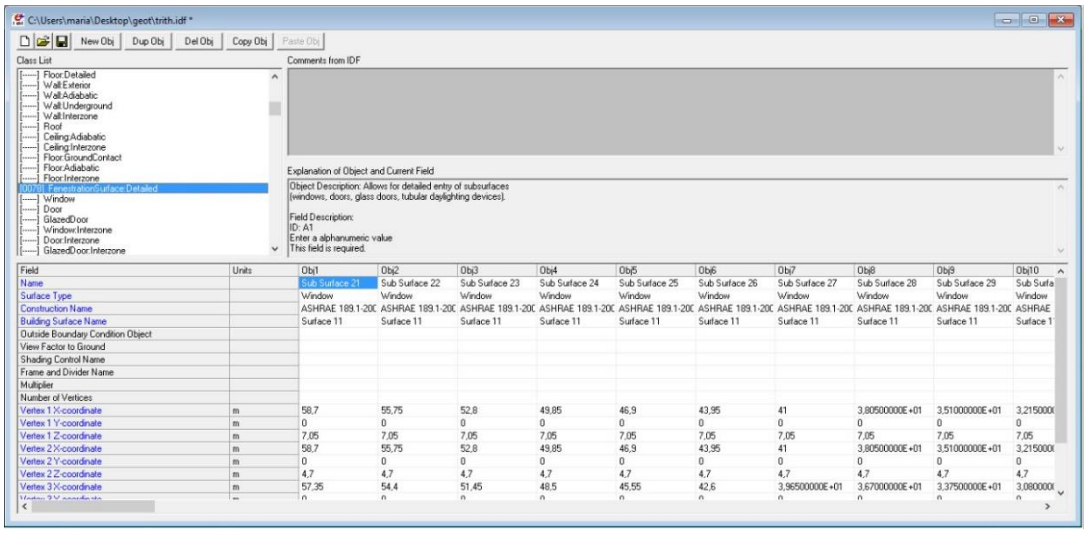
Εικόνα 6.17: Κατασκευαστική διάταξη δομικών στοιχείων στο IDF Editor

Στη συνέχεια, πρέπει να χαρακτηρισθεί η κάθε επιφάνεια του μοντέλου, τα δομικά στοιχεία που αποτελείται και οι διαστάσεις της. Τα δομικά στοιχεία διαλέγονται σύμφωνα με αυτά που είχαν ορισθεί στην ενότητα των κατασκευαστικών διατάξεων των στοιχείων. Στην ενότητα των επιφανειών ορίζεται ξανά η έκθεση της κάθε επιφάνειας στον ήλιο και τον αέρα καθώς και η επαφή της με το έδαφος. Τα τελευταία δεδομένα και οι διαστάσεις έχουν συμπληρωθεί αυτόματα, καθώς είχαν ήδη ορισθεί ήδη από το Open Studio.



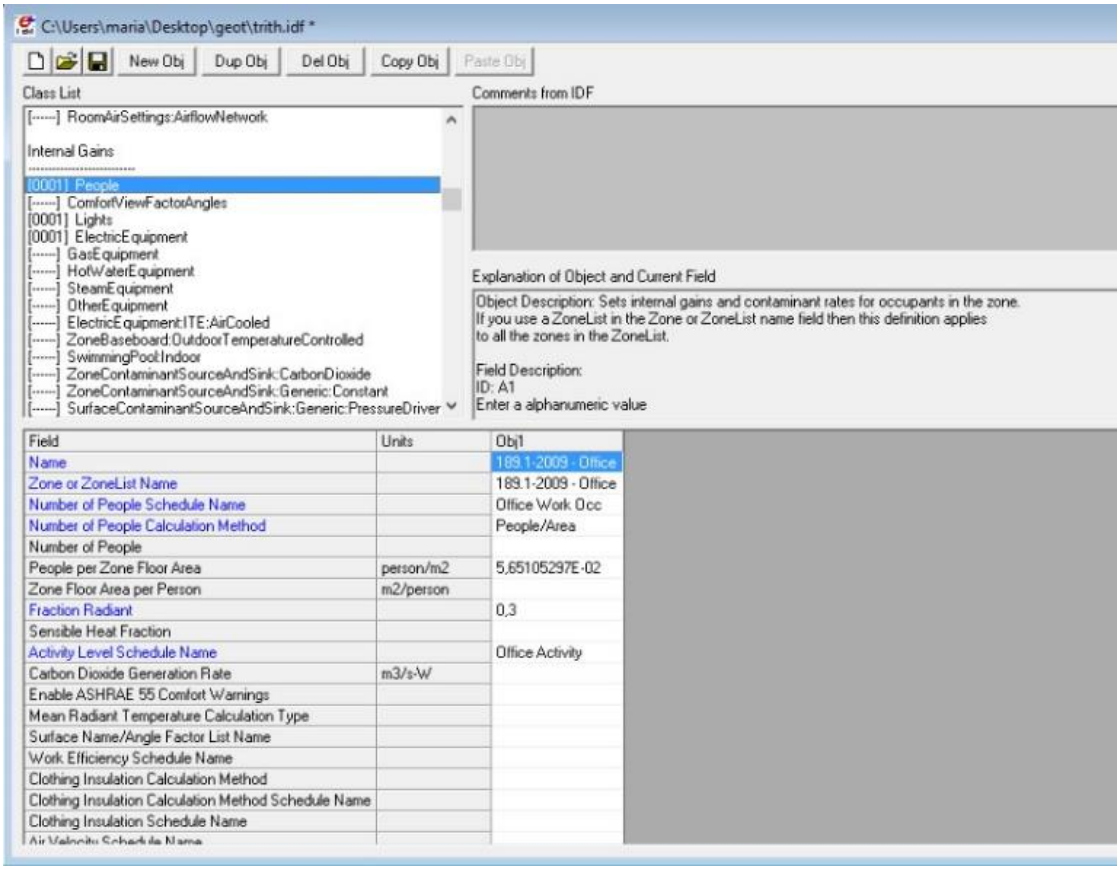
Εικόνα 6.18: Διάταξη κάθε επιφάνειας στο IDF Editor

Ομοίως, η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα παράθυρα.



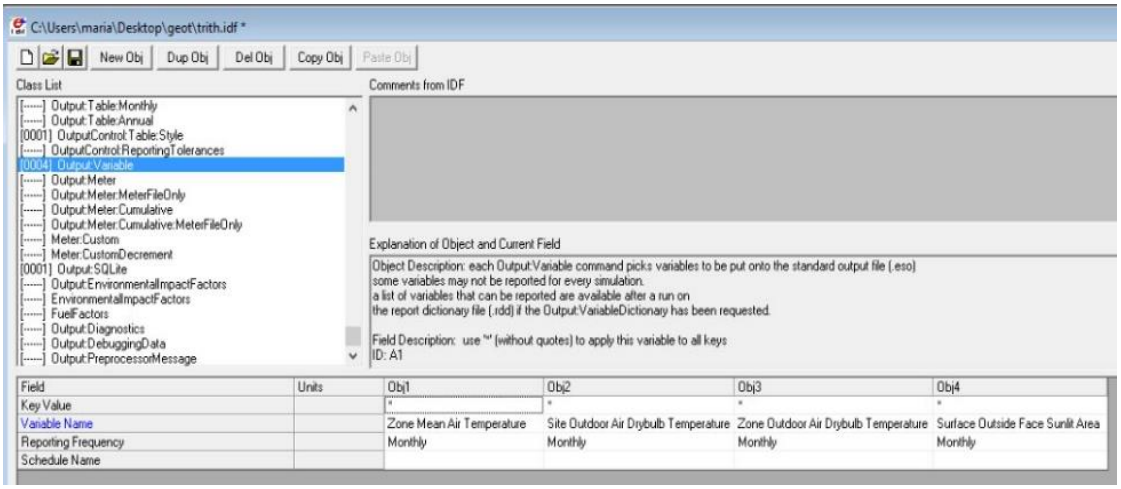
Εικόνα 6.19: Διάταξη παραθύρων στο IDF Editor

Το κτήριο του τομέα της Γεωτεχνικής αποτελείται από γραφεία και εργαστήρια. Το γεγονός αυτό είναι απαραίτητο καθώς για διαφορετική χρήση κτηρίου υπάρχουν και διαφορετικές ανάγκες ως προς τον ηλεκτρολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό. Το ίδιο ισχύει και για το πλήθος των ατόμων που χρησιμοποιούν το κτήριο. Οπότε, στην ενότητα «άνθρωποι» ορίζεται πως η χρήση είναι γραφεία.



Εικόνα 6.20: Δεδομένα χρήσης κτηρίου στο IDF Editor

Τέλος, ορίσθηκαν τα δεδομένα τα οποία χρειάζεται να εξαχθούν και επιλέχθηκαν η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής, και η μέση εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία που λαμβάνει το κτήριο, δηλαδή της θερμικής του ζώνης.



Εικόνα 6.21: Καθορισμός δεδομένων εξαγωγής στο IDF Editor

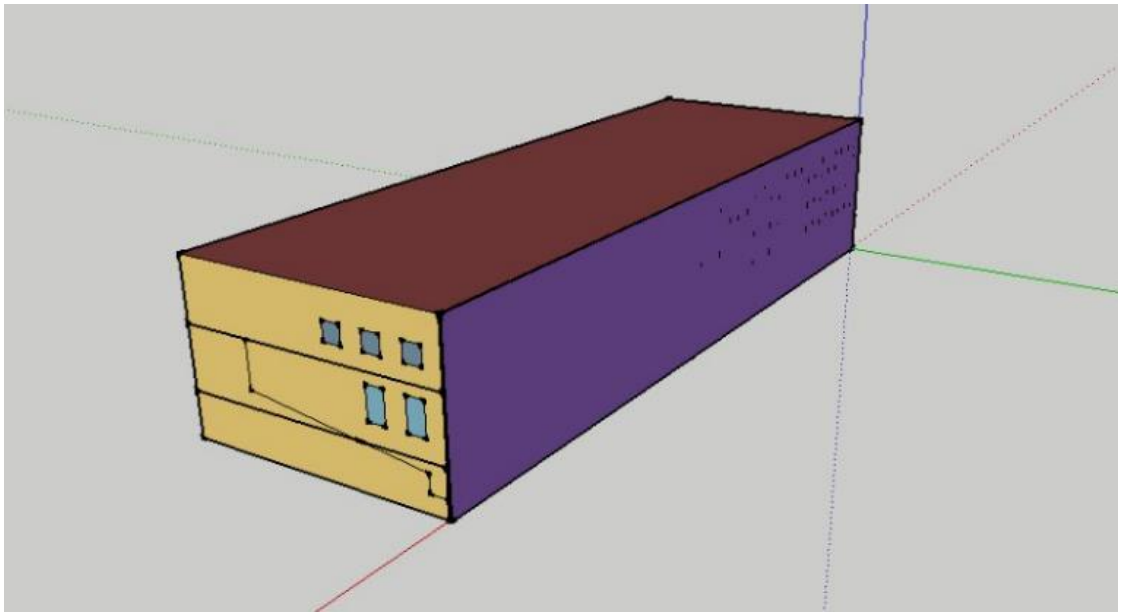
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε μήνα στον παρακάτω πίνακα:

	Μέση εξωτερική θερμοκρασία περιοχής (°C)	Εξωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)
Ιανουάριος	10,701	10,671	18,933
Φεβρουάριος	9,582	9,552	18,677
Μάρτιος	11,387	11,356	19,264
Απρίλιος	15,056	15,026	20,388
Μάιος	19,606	19,576	21,446
Ιούνιος	24,609	24,579	22,738
Ιούλιος	27,297	27,267	23,368
Αύγουστος	27,589	27,559	23,317
Σεπτέμβριος	23,880	23,850	22,544
Οκτώβριος	19,151	19,121	21,206
Νοέμβριος	14,508	14,478	19,755
Δεκέμβριος	10,864	10,834	18,895

6.5 Προσομοίωση κτηρίου με σκίαστρα

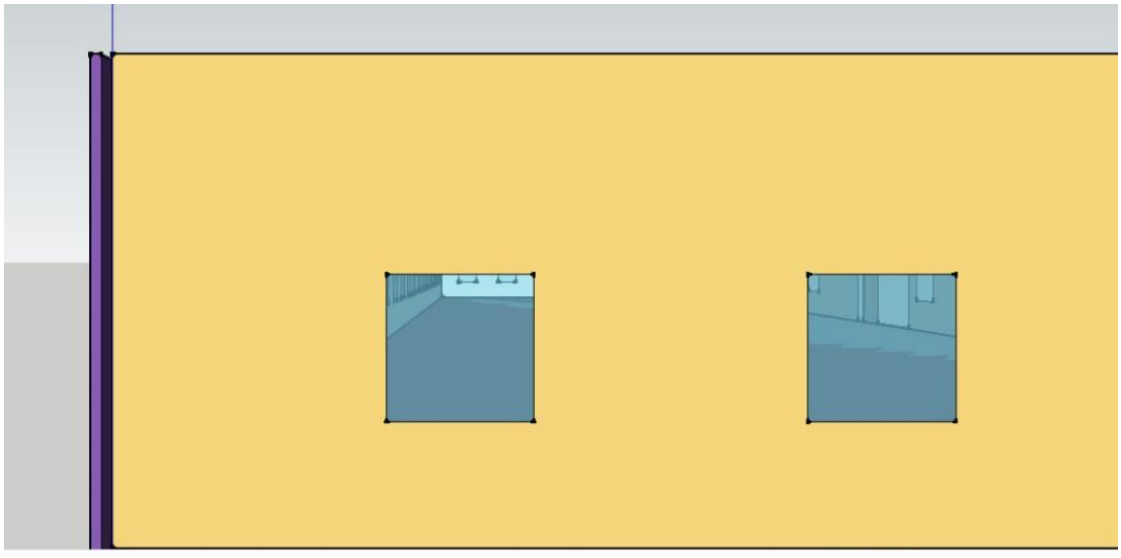
Η προσομοίωση του κτηρίου με σκίαστρα πραγματοποιήθηκε για τη διερεύνηση της επίδρασης των σκιάστρων στις εσωτερικές θερμοκρασίες του κτηρίου.

Αρχικά, τα σκίαστρα που μελετώνται είναι με την μορφή claustra, τα οποία μπορούν να καλύψουν όλη την επιφάνεια της πρόσοψης ή έστω να φέρουν σκίαση σε όλη την πρόσοψη. Έτσι, επιλέχθηκε να σχεδιαστεί ένα σκίαστρο στην βόρεια όψη του κτηρίου που μελετάται. Το σκίαστρο προστέθηκε εισάγοντας επιφάνεια σκίασης μέσω της εντολής: «New Shading Surface» που προσφέρεται από το plug-in OpenStudio (εικόνα 6.22).



Εικόνα 6.22: Εισαγωγή σκιάστρου στο κτήριο προσομοίωσης στο λογισμικό SketchUp

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης, το σκίαστρο τοποθετήθηκε σε απόσταση 0,2m από την πρόσοψη και επιλέχθηκε το πάχος του σε 0,15m.



Εικόνα 6.23: Απεικόνιση πάχους σκιάστρου και απόστασής του από πρόσοψη

Το λογισμικό Energy Plus αναγνωρίζει αυτόματα την ιδιότητα του σκιάστρου και δεν χρειάστηκε να γίνουν αλλαγές στα δεδομένα του IDF Editor.

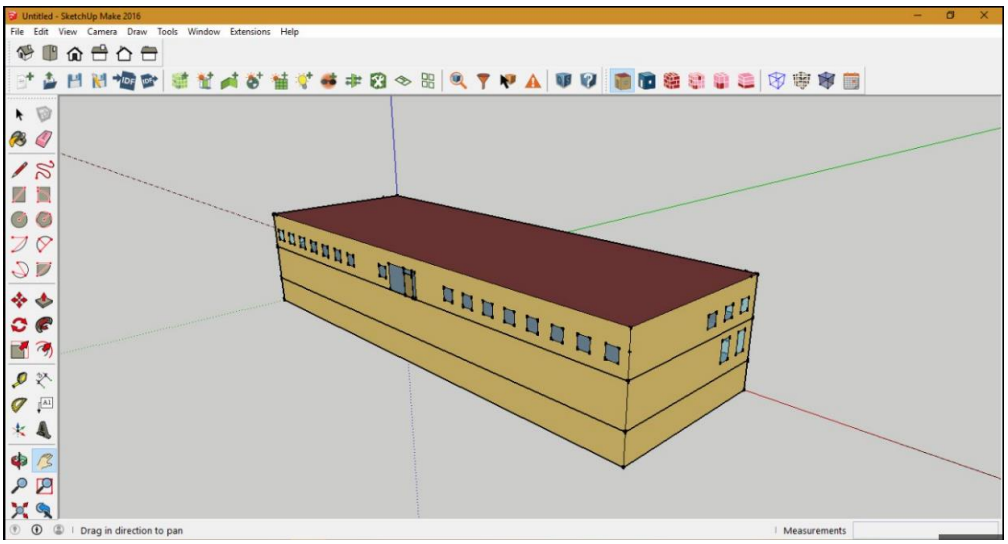
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε μήνα στον παρακάτω πίνακα:

	Μέση εξωτερική θερμοκρασία περιοχής (°C)	Εξωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)
Ιανουάριος	10,701	10,671	18,928
Φεβρουάριος	9,582	9,552	18,631
Μάρτιος	11,387	11,356	19,185
Απρίλιος	15,056	15,026	20,282
Μάιος	19,606	19,576	21,307
Ιούνιος	24,609	24,579	22,593
Ιούλιος	27,297	27,267	23,257
Αύγουστος	27,589	27,559	23,236
Σεπτέμβριος	23,880	23,850	22,495
Οκτώβριος	19,151	19,121	21,160
Νοέμβριος	14,508	14,478	19,736
Δεκέμβριος	10,864	10,834	19,900

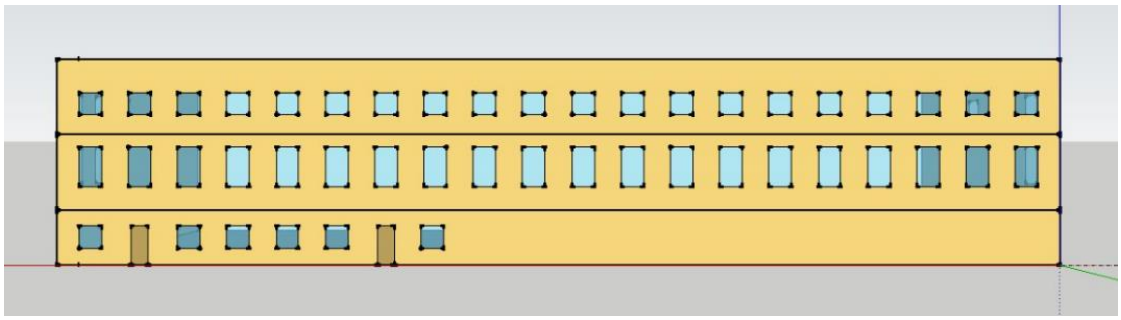
6.6 Προσομοίωση κτηρίου με κατακόρυφο κήπο

Η προσομοίωση του κτηρίου με κατακόρυφο κήπο πραγματοποιήθηκε για τη διερεύνηση της επίδρασης της φύτευσης στις θερμοκρασίες του κτηρίου.

Το πρόγραμμα Open Studio δεν παρέχει τη δυνατότητα να σχεδιαστεί στοιχείο το οποίο να ορισθεί ως φυτό. Επομένως, το κομμάτι του σχεδιασμού παρέμεινε όπως το αρχικό χωρίς καμία αλλαγή (εικόνες 6.24 και 6.25).



Εικόνα 6.24: Νότια και ανατολική όψη κτηρίου προσομοίωσης

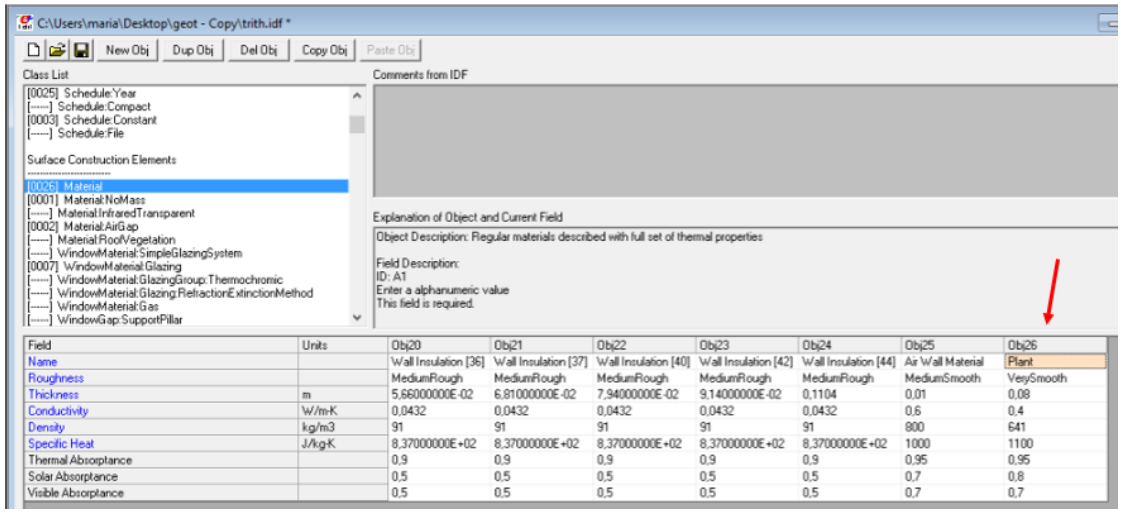


Εικόνα 6.25: Βόρεια όψη κτηρίου προσομοίωσης

Ομοίως με το Open Studio, ούτε τα Energy Plus και IDF Editor παρέχουν την δυνατότητα εισαγωγής κατακόρυφου κήπου στην όψη του κτηρίου. Επομένως, για τις ανάγκες της προσομοίωσης επιλέχθηκε να ορισθεί καινούριο υλικό με ιδιότητες αναρριχητικών φυτών και να δημιουργηθεί νέο δομικό στοιχείο από το οποίο θα προστεθεί στη βόρεια όψη του κτηρίου. Με τη μέθοδο αυτή προσομοιάζεται ο κατακόρυφος κήπος σε όλη την επιφάνεια της βόρειας όψης, χωρίς μάλιστα την κάλυψη των παραθύρων. Για την πραγματοποίηση της εν λόγω διαδικασίας και κυριότερα για τις ιδιότητες του «νέου» υλικού λήφθηκαν στοιχεία από δύο ξενόγλωσσα papers που έχουν αποπειραθεί παρόμοιες προσομοιώσεις. [66] [67]

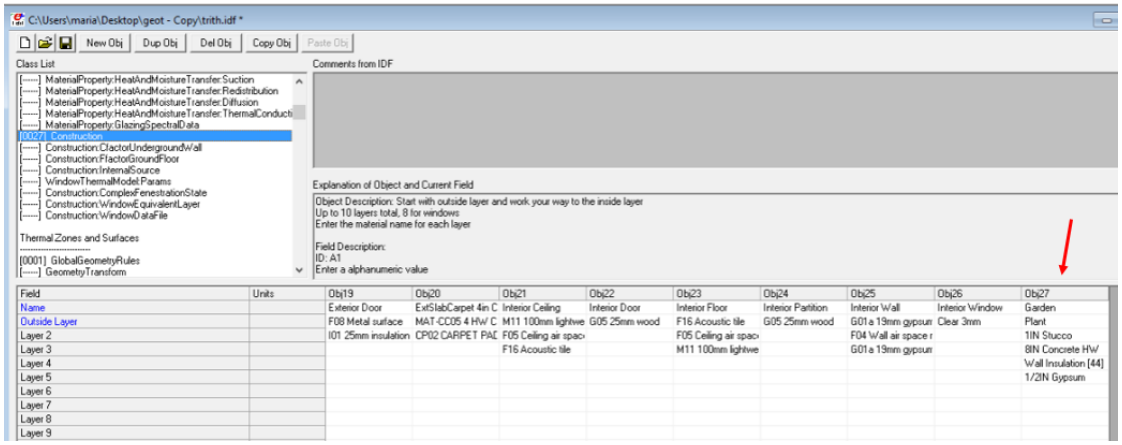
Πιο αναλυτικά, οι ιδιότητες που επιλέχθηκαν για το υλικό «φυτά» είναι:

- Τραχύτητα: αρκετά λεία/μαλακή
- Πάχος: 0,08m
- Αγωγιμότητα: 0,4 W/m*K
- Πυκνότητα: 641 kg/m^3
- Ειδική θερμότητα: 1100 J/kg*K
- Θερμική απορροφητικότητα: 0,95
- Ηλιακή απορροφητικότητα: 0,8
- Ορατή απορροφητικότητα: 0,7



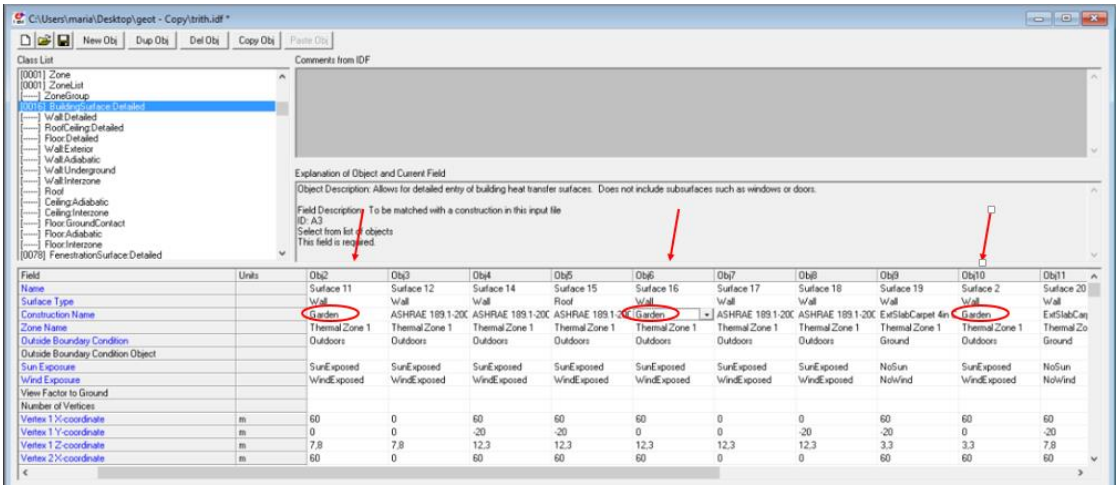
Εικόνα 6.26: Ορισμός νέου υλικού «φυτά» στο IDF Editor

Στον ορισμού του νέου δομικού στοιχείου, ονομαζόμενου ως «Κήπος», ορίσθηκε ως εξωτερικό στρώμα το υλικό «φυτά» και τα επόμενα στρώματα όπως των υπολοίπων συμβατικών τοίχων.



Εικόνα 6.27: Ορισμός δομικού στοιχείου «Κάθετος Κήπος» στο IDF Editor

Τέλος, το νέο δομικό στοιχείο εφαρμόσθηκε στις επιφάνειες της βόρειας όψης.



Εικόνα 6.28: ορισμός «κήπου» στη βόρεια όψη

Στα υπόλοιπα δεδομένα δεν εφαρμόσθηκε καμία αλλαγή.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε μήνα στον παρακάτω Πίνακα :

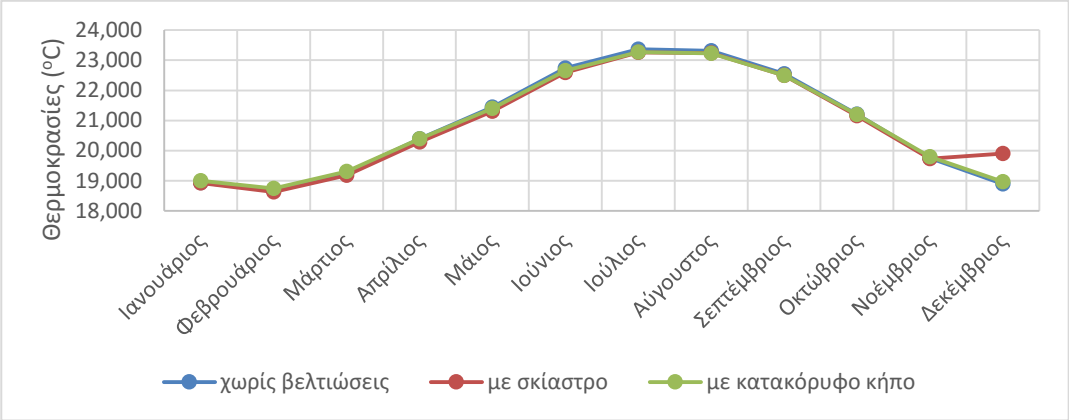
	Μέση εξωτερική θερμοκρασία περιοχής (°C)	Εξωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C)
Ιανουάριος	10,701	10,671	18,995
Φεβρουάριος	9,582	9,552	18,750
Μάρτιος	11,387	11,356	19,313
Απρίλιος	15,056	15,026	20,388
Μάιος	19,606	19,576	21,406
Ιούνιος	24,609	24,579	22,657
Ιούλιος	27,297	27,267	23,271
Αύγουστος	27,589	27,559	23,225
Σεπτέμβριος	23,880	23,850	22,490
Οκτώβριος	19,151	19,121	21,200
Νοέμβριος	14,508	14,478	19,792
Δεκέμβριος	10,864	10,834	18,967

6.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων

6.7.1 Γενικά στοιχεία

Σύμφωνα με τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι βελτιώσεις που προσφέρουν στο κτήριο τα σκίαστρα και ο κατακόρυφος κήπος αφορούν μόνο την μέση μηνιαία θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων του κτηρίου.

	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Χωρίς βελτιώσεις]	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Με σκίαστρο]	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Με κατακόρυφο κήπο]
Ιανουάριος	18,933	18,928	18,995
Φεβρουάριος	18,677	18,631	18,750
Μάρτιος	19,264	19,185	19,313
Απρίλιος	20,388	20,282	20,388
Μάιος	21,446	21,307	21,406
Ιούνιος	22,738	22,593	22,657
Ιούλιος	23,368	23,257	23,271
Αύγουστος	23,317	23,236	23,225
Σεπτέμβριος	22,544	22,495	22,490
Οκτώβριος	21,206	21,160	21,200
Νοέμβριος	19,755	19,736	19,792
Δεκέμβριος	18,895	19,900	18,967



Το ιδανικό αποτέλεσμα θα ήταν η εσωτερική θερμοκρασία των κρύων μηνών (Οκτώβριος-Μάρτιος) να αυξηθεί και αντιθέτως των ζεστών μηνών (Απρίλιος-Σεπτέμβριος) να μειωθεί.

Στους ακόλουθους συγκριτικούς πίνακες φαίνεται η θερμοκρασιακή μεταβολή ανά περίπτωση. (εσωτερική θερμοκρασία χωρίς βελτιώσεις – εσωτερική θερμοκρασία σκιάστρων/κήπου).

6.7.2 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Τοποθέτησης Κατακόρυφου Σκιάστρου

	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Χωρίς βελτιώσεις]	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Με σκίαστρο]	Μεταβολή θερμοκρασίας (°C)
Ιανουάριος	18,933	18,928	0,005
Φεβρουάριος	18,677	18,631	0,047
Μάρτιος	19,264	19,185	0,079
Απρίλιος	20,388	20,282	-0,106
Μάιος	21,446	21,307	-0,139
Ιούνιος	22,738	22,593	-0,145
Ιούλιος	23,368	23,257	-0,111
Αύγουστος	23,317	23,236	-0,081
Σεπτέμβριος	22,544	22,495	-0,050
Οκτώβριος	21,206	21,160	0,046
Νοέμβριος	19,755	19,736	0,019
Δεκέμβριος	18,895	19,900	+1,005

Παρατηρείται ότι στην περίπτωση της εφαρμογής σκιάστρων, η εσωτερική θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρουσιάζει κάποιες βελτιώσεις, έστω και μικρές. Πιο συγκεκριμένα τους ψυχρούς μήνες, η εσωτερική θερμοκρασία παραμένει πρακτικά αμετάβλητη. Εξαίρεση αποτελεί ο μήνας Δεκέμβριος, κατά τον οποίο παρατηρείται αύξηση κατά περίπου +1,00 °C, που ισοδυναμεί με σημαντική βελτίωση της θερμικής άνεσης των χρηστών εντός του κτηρίου. Αναφορικά στους θερμούς μήνες, παρατηρείται μείωση της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας

κατά -0,12 °C κατά μέσο όρο, που αντανακλά μικρή βελτίωση της θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτηρίου.

Συμπερασματικά, η τοποθέτηση κατακόρυφου σκιάστρου σε όψη κτηρίου έχει συνολικά καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μικρή έως αμελητέα βελτίωση στη βιοκλιματική αναβάθμιση του κτηρίου. Παρ' όλα αυτά, ακόμα και αυτή η μικρής τάξεως βελτίωση που προσφέρουν τα κατακόρυφα σκίαστρα είναι «καλοδεχούμενη» ως παράπλευρο όφελος, μιας και η βιοκλιματική αναβάθμιση του κτηρίου δεν είναι ο κύριος λόγος τοποθέτησης τους.

6.7.3 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Τοποθέτησης Κατακόρυφου Κήπου

	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Χωρίς βελτιώσεις]	Εσωτερική θερμοκρασία θερμικής ζώνης (°C) [Με κατακόρυφο κήπο]	Μεταβολή θερμοκρασίας (°C)
Ιανουάριος	18,933	18,995	+0,063
Φεβρουάριος	18,677	18,750	+0,073
Μάρτιος	19,264	19,313	+0,049
Απρίλιος	20,388	20,388	0,000
Μάιος	21,446	21,406	-0,040
Ιούνιος	22,738	22,657	-0,081
Ιούλιος	23,368	23,271	-0,097
Αύγουστος	23,317	23,225	-0,092
Σεπτέμβριος	22,544	22,490	0,054
Οκτώβριος	21,206	21,200	0,006
Νοέμβριος	19,755	19,792	+0,037
Δεκέμβριος	18,895	18,967	+0,072

Παρατηρείται ότι και στην περίπτωση της εφαρμογής κατακόρυφου κήπου, η εσωτερική θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρουσιάζει κάποιες βελτιώσεις, έστω και μικρές. Πιο συγκεκριμένα τους ψυχρούς μήνες, η εσωτερική θερμοκρασία παραμένει πρακτικά αμετάβλητη, μιας και παρατηρούνται μικρές αυξήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας, της τάξης του + 0,06 °C . Αναφορικά στους θερμούς μήνες, παρατηρείται μείωση της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά -0,09 °C κατά μέσο όρο, που αντανακλά μικρή βελτίωση της θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτηρίου.

Επομένως, ανάλογα συμπεράσματα εξάγονται και για την περίπτωση του κατακόρυφου κήπου. Η τοποθέτηση κατακόρυφου κήπου σε όψη κτηρίου προσφέρει συνολικά καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μικρή έως αμελητέα βελτίωση στη βιοκλιματική αναβάθμιση του κτηρίου. Παρ' όλα αυτά, ακόμα και αυτή η μικρής τάξεως βελτίωση που προσφέρει η εν λόγω λύση είναι «καλοδεχούμενη» ως παράπλευρο όφελος, μιας και η βιοκλιματική αναβάθμιση του κτηρίου δεν είναι ο κύριος λόγος τοποθέτησης τους.

7. Προτάσεις Ανάπλασης Προσόψεων

7.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

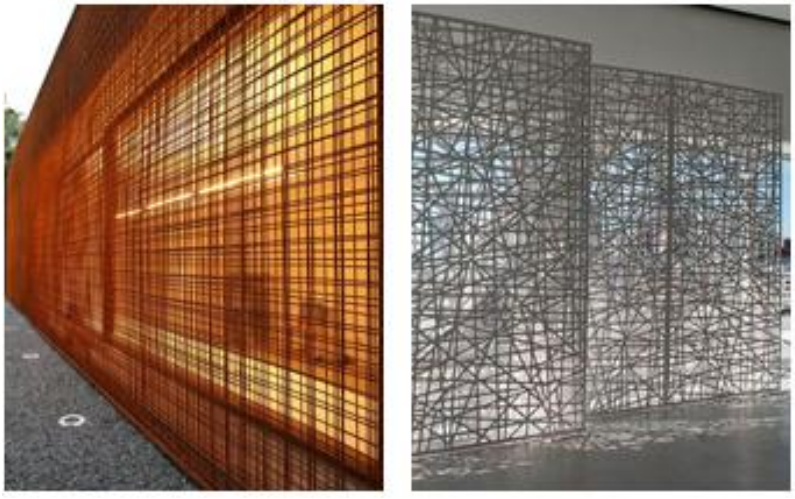
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προτάσεις ανάπλασης των προσόψεων των κτηρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, σύμφωνα με τον δείκτη αξιολόγησής τους (impact factor) και με τις προτάσεις αντιμετώπισης που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 4.5.

Οι λύσεις, πέραν του δείκτη αξιολόγησης, βασίστηκαν και στις ιδιαιτερότητες της κάθε πρόσοψης ξεχωριστά, όπως για παράδειγμα ήδη υπάρχουσα βλάστηση ή χώρος προς αξιοποίηση για φύτευση βλάστησης, ήδη υπάρχοντα σκίαστρα.

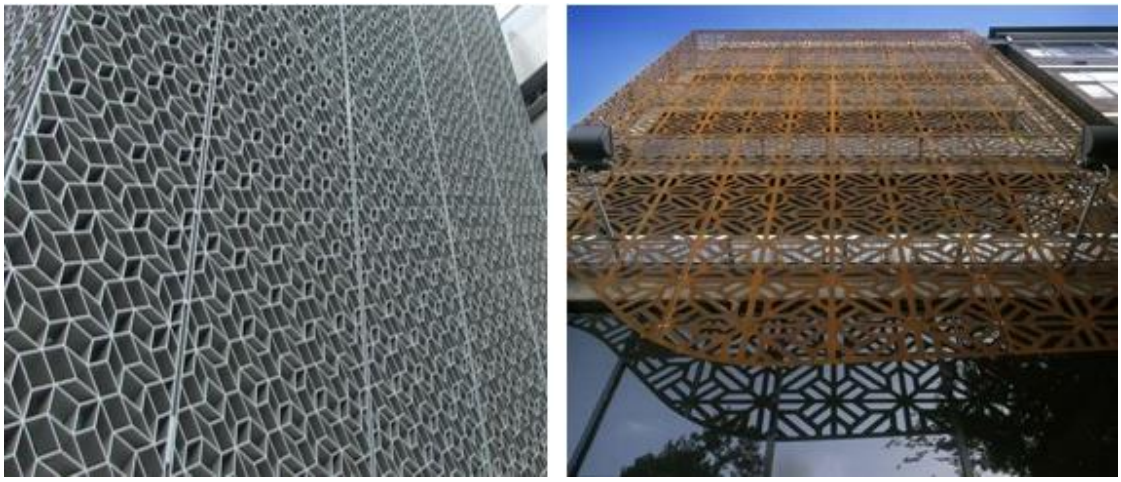
7.2 Προτάσεις Ανάπλασης Προσόψεων

7.2.1 Γενικά Στοιχεία

Οι προτάσεις ανάπλασης των προσόψεων αφορούν κυρίως την τοποθέτηση κατακόρυφων σκιάστρων, κάθετων κήπων και φύτευση βλάστησης (θάμνοι και δέντρα) και σε προσόψεις ελάσσονος σημασίας προτιμήθηκε η χρήση επίστρωσης αντιγκράφιτι. Τα σκίαστρα μπορεί να είναι μεταλλικά, από τσιμέντο ή και πλαστικά. Στις εικόνες 7.1-7.5 παρουσιάζονται παραδείγματα σκιάστρων που θα μπορούσαν να τοποθετηθούν.

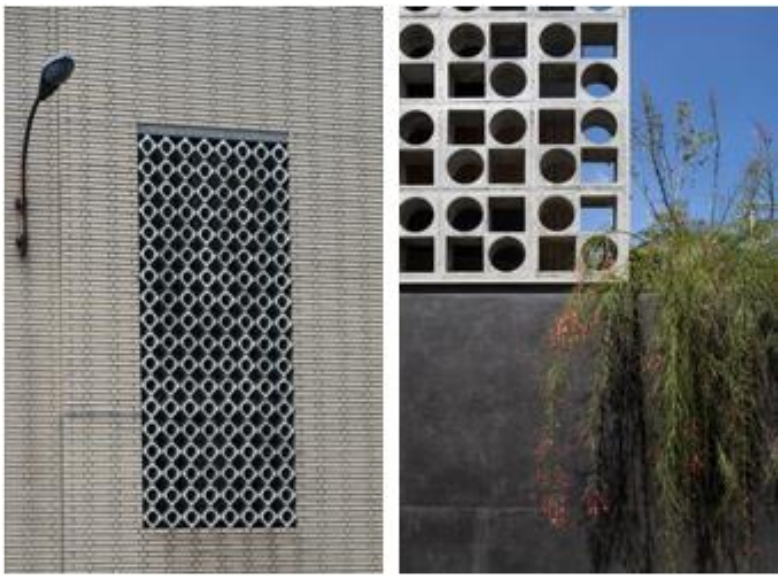


Εικόνα 7.1: Μεταλλικά σκίαστρα από σύρματα μορφής «bird nest» («φωλιά πουλιού») [64]



Εικόνα 7.2: Σκίαστρα με περίτεχνα μοτίβα [64]

Εικόνα 7.3: Σκίαστρα με μοτίβα με οπές [64]



Εικόνα 7.4: Σκίαστρα από στοιβαγμένα τσιμεντένια τεμάχια [64]

Εικόνα 7.5: Πλαστικό σκίαστρο με οπές [64]

Επίσης, η τοποθέτηση κατακόρυφου κήπου γίνεται με τη βοήθεια δημιουργίας ενός πλέγματος από σύρματα στον τοίχο της εκάστοτε πρόσοψης (εικόνα 7.6), όπως έχει περιγραφεί και αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3.3.

Εικόνα 7.6: Τρόπος υποστήριξης κατακόρυφου κήπου [65]

Επιπρόσθετα, προτείνεται σε ορισμένες όψεις με μεγάλη θέαση να πραγματοποιηθεί διαγωνισμός και να δημιουργηθεί εξουσιοδοτημένο γκράφιτι που θα καλύπτει όλη την πρόσοψη, όπως για παράδειγμα η ανατολική όψη του κτηρίου του τομέα Δομοστατικής.

7.2.2 Κτήριο Διοίκησης και Γραμματείας

Το κτήριο Διοίκησης αποτελεί κεντρικό κτήριο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών και προτείνεται να καλυφθεί ομοιομόρφως με μεταλλικό σκίαστρο που θα «πατάει» σε ένα πλαίσιο ελαφριάς μεταλλικής κατασκευής. Το σκίαστρο θα καλύπτει όλες τις πλευρές του κτηρίου.

Εικόνα 7.7: Βόρεια όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση σκιάστρου και φυτών

Εικόνα 7.8: Ανατολική όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου

Εικόνα 7.9: Νότια όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση σκιάστρου

Εικόνα 7.10: Δυτική όψη κτηρίου Διοίκησης με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου

7.2.3 Αίθουσα εκδηλώσεων

Η οροφή του κτηρίου της αίθουσας εκδηλώσεων προσφέρεται για φύτευση. Η τοποθεσία και το ύψος του κτηρίου συμβάλλουν επίσης θετικά στην δημιουργία κάθετου κήπου από την οροφή προς τις προσόψεις.

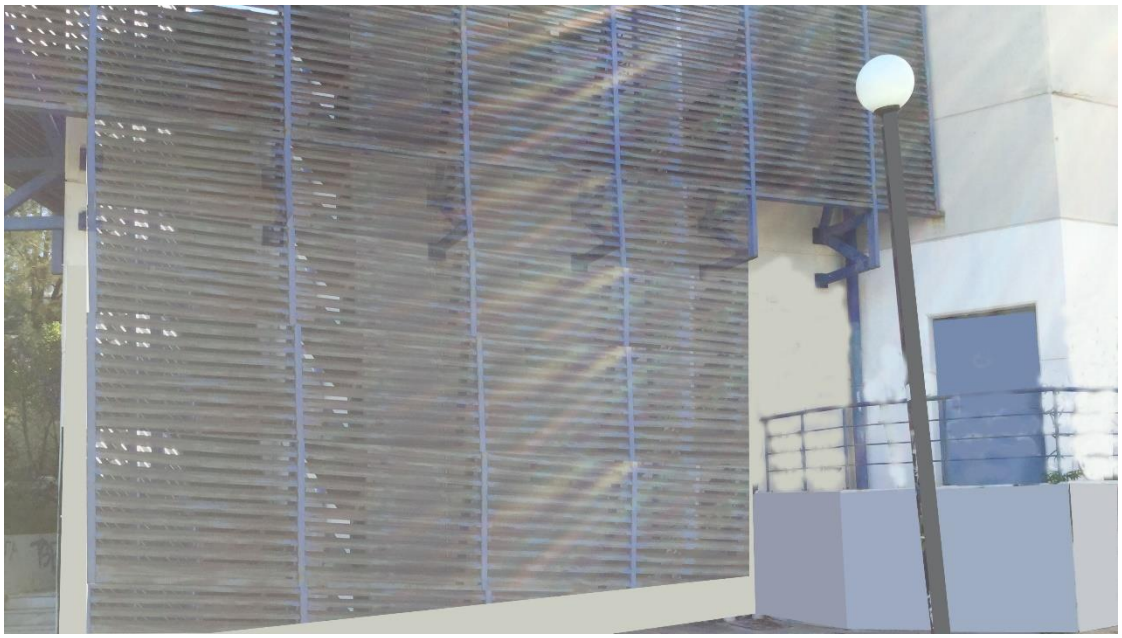
Εικόνα 7.11: Βορειοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου

Εικόνα 7.12: Νοτιοανατολική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου

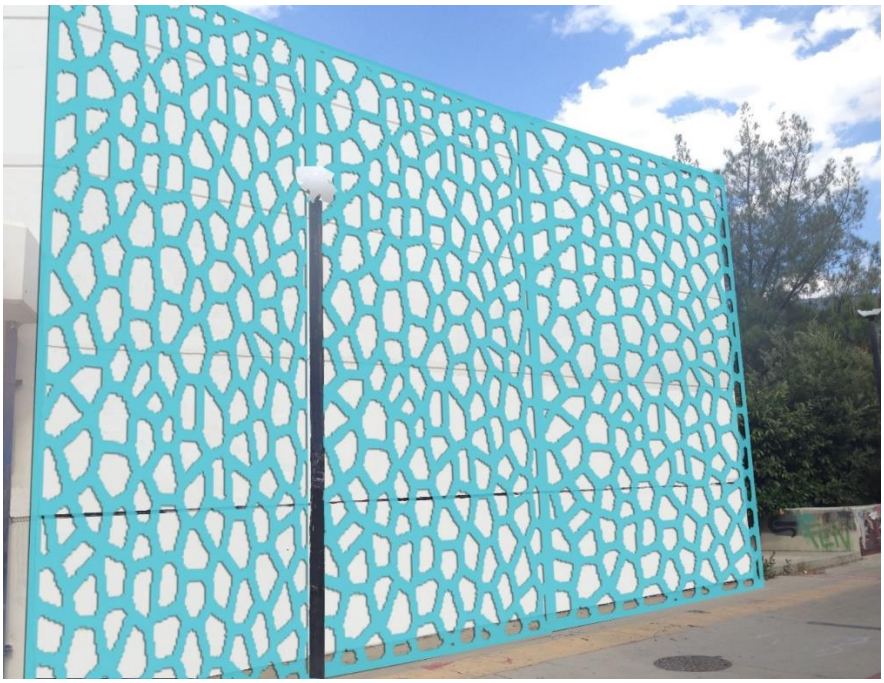
Εικόνα 7.13: Βορειοδυτική όψη αίθουσας εκδηλώσεων με εφαρμογή κάθετου κήπου

7.2.4 Αμφιθέατρο

Το αμφιθέατρο της σχολής βρίσκεται στον χώρο εστίασης των φοιτητών και στο πιο κεντρικό σημείο της εισόδου. Στην βόρεια όψη βρίσκεται χώρος στάθμευσης, οπότε προτείνεται η τοποθέτηση σκιάστρων και προϊόντα αντι-γκράφιτι. Στην ανατολική και δυτική όψη προτείνεται η φύτευση βλάστησης καθώς υπάρχει διαθέσιμος χώρος. Στην νότια όψη προτείνεται η τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου ή η δημιουργία εξουσιοδοτημένου γκράφιτι.



Εικόνα 7.14: Βορειοανατολική όψη αμφιθεάτρου με τοποθέτηση σκιάστρων



Εικόνα 7.15: Νοτιοδυτική όψη αμφιθεάτρου με τοποθέτηση μεταλλικού σκιάστρου τύπου Bird Nest

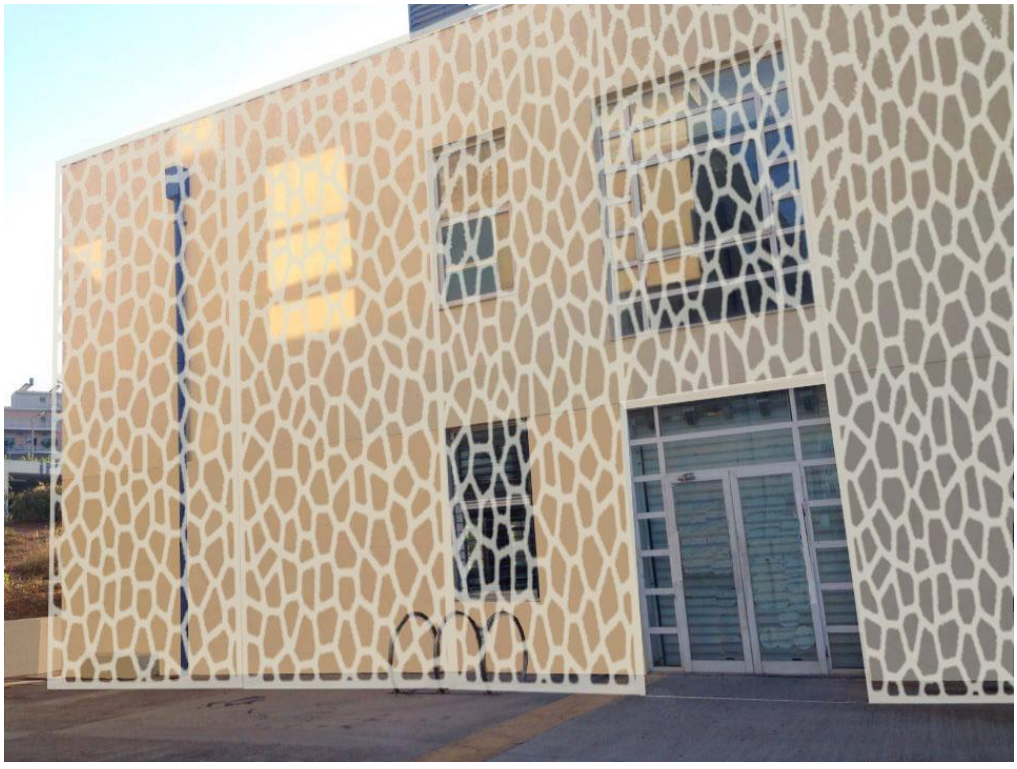
Εικόνα 7.16: Βορειοδυτική όψη αμφιθεάτρου με βλάστηση

7.2.5 Κτήριο Αιθουσών διδασκαλίας

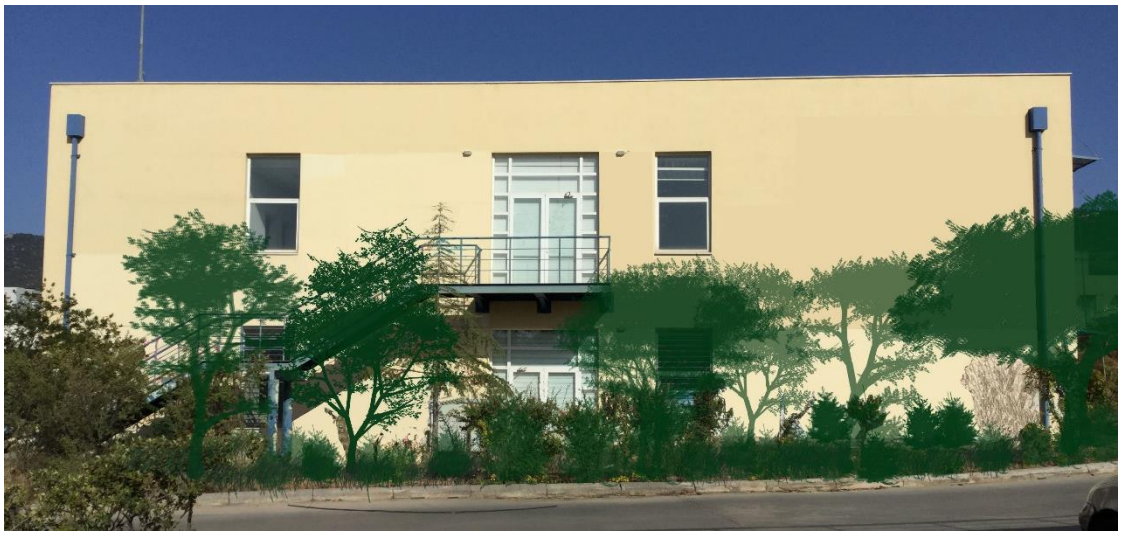
Στην βόρεια όψη του κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας επιλέχθηκε ως πρόταση να χτιστεί πέργολα στην οποία θα φυτευτούν φυτά με υψηλό φύλλωμα. Η νότια όψη του κτηρίου έχει πολύ μικρό δείκτη αξιολόγησης και δεν προτείνεται καμία βελτίωση. Μπροστά της βρίσκεται χώρος με πυκνή βλάστηση που εμποδίζει την προσβασιμότητα και θα μπορούσε να ενισχυθεί. Προτείνεται η συχνή περιποίηση και φροντίδα του χώρου αυτού για την βελτίωση της ολικής

εικόνας της σχολής Πολιτικών μηχανικών. Η δυτική όψη διαθέτει κήπο μπροστά της, οπότε προτείνεται να ενισχυθεί η ήδη υπάρχουσα βλάστηση.

Εικόνα 7.17: Βόρεια όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με φύτευση



Εικόνα 7.18: Ανατολική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με τοποθέτηση σκιάστρου



Εικόνα 7.19: Δυτική όψη κτηρίου αιθουσών διδασκαλίας με ενίσχυση βλάστησης

7.2.6 Κτήριο τομέα Δομοστατικής

Μπροστά από την βόρεια όψη του τομέα Δομοστατικής υπάρχει παρτέρι με φυτά, τα οποία αν ενισχυθούν, θα μπορούν να καλύψουν την θέα της πρόσοψης. Σε συνδυασμό με τη μικρή θέαση της πρόσοψης, επιλέχθηκε να καλυφθεί και με μπογιές αντι-γκράφιτι. Η ανατολική όψη είναι ήδη ζωγραφισμένη με εξουσιοδοτημένο γκράφιτι και για αυτό προτείνεται να μη γίνει καμία βελτίωση.

Στη νότια όψη του κτηρίου, που βρίσκεται και η κύρια είσοδος προς το κτήριο, δεν υπάρχει μεγάλη δυνατότητα για βανδαλισμό από γκράφιτι. Προτείνεται ή προϊόν αντι-γκράφιτι ή εφαρμογή κάποιου διακριτικού μεταλλικού σκιάστρου.

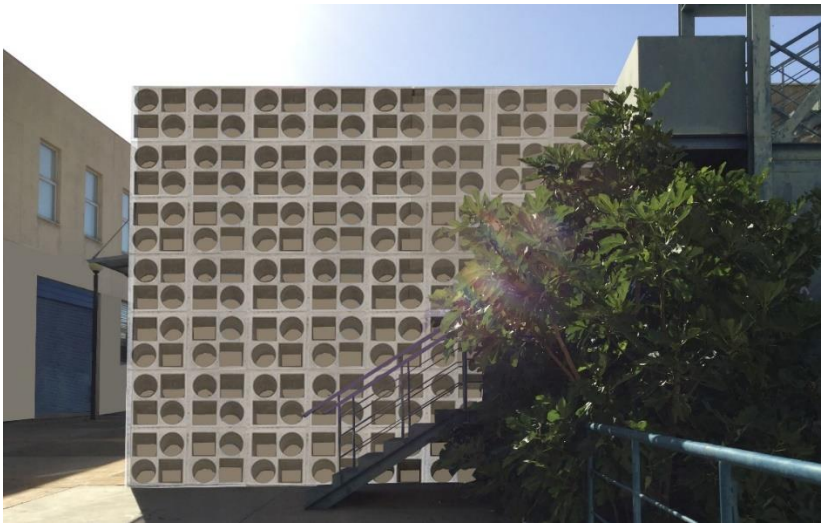
Η δυτική όψη του τομέα Δομοστατικής προσβάλλεται συνήθως από γκράφιτι κατά το ένα μέρος της, καθώς στο υπόλοιπο υπάρχουν δέντρα που εμποδίζουν την πρόσβαση. Προτείνεται να ενισχυθούν μεν τα δέντρα, αλλά και να τοποθετηθεί σκίαστρο στο μέρος της σκάλας. Επιλέχθηκε λεπτό μεταλλικό σκίαστρο προκειμένου να μην μικρύνει το πλάτος των σκαλιών και δυσκολέψει την έξοδο σε περίπτωση κινδύνου.

Εικόνα 7.20: Βόρεια όψη τομέα Δομοστατικής με φύτευση και αντι-γκράφιτι

Εικόνα 7.21: Δυτική όψη τομέα Δομοστατικής με μεταλλικό σκίαστρο

7.2.7 Κτήριο τομέα Γεωτεχνικής

Το κτήριο του τομέα της Γεωτεχνικής κατεύθυνσης πλήττεται περισσότερο από γκράφιτι από τα υπόλοιπα κτήρια της σχολής Πολιτικών μηχανικών. Η βόρεια όψη είναι ήδη προστατευμένη λόγω υπάρχουσας βλάστησης. Η ανατολική και η δυτική προτείνεται να καλυφθούν από σκίαστρα. Η νότια προτείνεται να καλυφθεί με φυτά λόγω ομοιομορφίας με την βόρεια όψη του κτηρίου των αιθουσών μαθημάτων.



Εικόνα 7.22: Ανατολική όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με τοποθέτηση σκιάστρων

Εικόνα 7.23: Νότια όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με φύτευση

Εικόνα 7.24: Δυτική όψη κτηρίου Γεωτεχνικής με τοποθέτηση σκιάστρου

7.2.8 Κτήριο Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Το κτήριο του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών προτείνεται να καλυφθεί με προϊόντα αντι-γράφιτι, λόγω της μικρής συχνότητας που προσβάλλεται από γκράφιτι, αλλά και της μικρής θέασής του.

8. Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Γ.Μπαμπινιώτης, Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας, Κέντρο Λεξικολογίας, Αθήνα 1998

[2] Εκπαιδευτική Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια, Παγκόσμια Τέχνη (Τόμος 27), Εκδοτική Αθηνών, Νοέμβριος 1998

[3] http://www.econews.gr/wp-content/uploads/2016/03/downloadpdf.pdf, «Οδηγίες για την αφαίρεση των γκράφιτι», Δήμος Αθηναίων, 2016

[4] http://www.dasta.asfa.gr/files4users/files/STREET_ART_WEB.pdf, «Εικαστικές Παρεμβάσεις στο Δημόσιο Χώρο, Ζωγραφική επί των τυφλών όψεων κτηρίων της Αθήνας», Πρόγραμμα ΥΠΕΚΑ, Αθήνα 2011

[5] http://www.olp.gr/el/press-releases/item/2245-oloklirothikan-oi-ergasies-me-graffiti-tis-eikastikis-aisthitikis-paremvasis-sto-ktirio-tou-silo-sto-limani-tou-peiraia

[6] http://urbanact.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=151 & lang=el

[7] http://www.newsbeast.gr/greece/arthro/545421/grafiti-zodaneuoun-tis-monohromes-poleis

[8] http://www.nytimes.com/2014/04/16/world/europe/across-athens-graffiti-worth-a-thousand-words-of-malaise.html?_r=0

[9] http://ino.net/

[10] http://www.newsbeast.gr/greece/arthro/733228/grafiti-tehni-tou-dromou-i-vandalismos

[11] http://www.enimerosi24.gr/134102/%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CF%81%CE%AE-%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%AD%CF%81%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CF%81%CE%AE-%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1/

[12] http://www.welcometravel.gr/el/contemporary-graffiti-art-walls-athens-pictures/

[13] https://tbeartravels.com/2014/03/31/post-1-graffiti-of-sydney-and-athens/

[14] http://jennafinch.blogspot.gr/2013/09/athens-is-edgy-and-i-like-it.html

[15] http://www.alamy.com/stock-photo-graffiti-in-athens-greece-89831275.html

[16] https://4ogenlykeio.wordpress.com/2013/11/28/graffiti/

[17] http://www.insomnia.gr/topic/581435-graffiti-%CF%85%CF%80%CE%AC%CF%81%CF%87%CE%BF%CF%85%CE%BD-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B5%CF%83%CE%B1-%CE%BC%CE%B1%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%AC%CF%80%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%AE%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%AD%CF%87/page-4

[18] http://www.nooz.gr/greece/kraugi-apognosis-apo-tin-asoee

[19] https://aristotleguide.wordpress.com/2013/11/27/greek-graffiti/

[20] http://www.megatv.com/megagegonota/article.asp?catid=27369&subid=2&pubid=34522312

[21] http://popaganda.gr/mipos-gkrafiti-sto-politechnio-petiche-na-xegimnosi-tin-adiaforia-mas-gia-ton-dimosio-choro/

[22] http://www.ethnos.gr/koinonia/arthro/katepeigousa_ereuna_gia_to_gkrafiti_sto_polytexneio-64152893/

[23] http://www.kathimerini.gr/807588/gallery/epikairothta/ellada/svhnoyn-to-gkrafiti-apoka8istoyn-to-polytexneio

[24] http://www.naftemporiki.gr/story/946340/oloklirothike-o-katharismos-tou-polutexneiou-apo-to-gkrafiti

[25] http://www.spiral.com.gr/files/sp_projects/GraffitiRemovalTechnics.pdf

[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-graffiti_coating

[27] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CF%86%CE%AE

[28] http://www.booka.gr/products.php

[29] http://marmoline.gr/el/categories/d%C3%A9cor-xromata-pro%CF%8Aonta-texnotropias-egxroma-koniamata/products/galaktoma-anti-gkrafiti

[30] http://www.cpt.gr/docs/WATERBASED%20COATING.pdf

[31] http://www.protectguard.gr/gr/produits/32-AntiGraffiti%20Guard

[32] https://www.flickr.com/photos/greatestpaka/16212653378

[33] http://evgrieve.com/2011/01/tagging-cooper-square-hotel-fence.html

[34] http://www.fastonline.org/CD3WD_40/CD3WD/CONSTRUC/G09C2E/EN/B182_6.HTM

[35] https://gr.pinterest.com/pin/329044316496450922/

[36] http://weburbanist.com/2013/10/10/secret-graffiti-railings-reveal-art-only-at-the-right-angle/

[37] http://www.allinteriordesigns.com/plants-fence-green-home-design/

[38] http://www.diystart.com/garden-design/choosing-evergreen-shrubs-for-creating-shaded-areas

[39] http://www.soulouposeto.gr/2015/03/kata.html

[40] http://xaidarisimera.blogspot.gr/2015/04/blog-post_66.html

[41] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%AC%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%82

[42] Ψαριανού Αικ., «Κάθετοι Κήποι και εφαρμογές», http://www.georythmiki.gr/

[43] «Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design», September 2008

[44] http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/

[45] Loh, Susan and Stav, Yael, «Green a city, grow a wall», 2008

[46] Ozgur Burhan Timur and Elif Karaca, «Vertical Gardens», Turkey, 2013

[47] Bass Brad, Baskaran Bas, «Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas», Canada, 1999-2001

[48] Haron Z. and Olham DJ., «A Markovian approach to the modeling of sound propagation in urban streets containing trees», Conference on Sustainable Building South East Asia, November 2007, Malaysia

[49] Darlington A., Dat J. and Dixon M., «The Biolfitration of Indoor Air: Air Flux and Temperature Influences the Removal of Toluene, Ethylbenzene and Xylene», Environmental Sciencs Technology 35(1):240-246

[50] Οδηγός Σπουδών, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2013-2014, http://www.civil.ntua.gr/uploads/CURRICULUM_GUIDE/GREEK_GUIDE_2013-14.pdf

[51] http://www.civil.ntua.gr/civilgs/?p=57

[52] http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic.htm, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Δεκέμβριος 2014

[53] «Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτήρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ/CRES), Πικέρμι, 2008

[54] Ανδρεαδάκη Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός- Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη, 2006

[55] Λάζαρη Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής» Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002

[56] Τσίπηρας, Θ. ,Τσίπηρας Κ., «Οικολογική Αρχιτεκτονική», Εκδόσεις Κέδρος, 2005

[57] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Τεχνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Γ' έκδοση, Αθήνα, 2014

[58] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων», Α' έκδοση, Αθήνα, 2011

[59] «Getting Started with EnergyPlus. Basic Concepts Manual- Essential Information You Need about Running EnergyPlus», University of Illinois and Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, United States of America, October, 2013

[60] «Input- Output Reference. The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output», University of Illinois and Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, United States of America, September, 2014

[61] http://help.sketchup.com/en/article/116174, Sketch Up User's Guide, December, 2014

[62] http://nrel.github.io/OpenStudio-userdocumentation/reference/sketchup_plugin_interface Open Studio Sketch Up Plug-in Interface Guide, December, 2014

[63] Σπύρου Λουκία-Δανάη, «Συμβολή στον Ενεργειακό Σχεδιασμό Κτηρίου Κατοικίας με την ενσωμάτωση Γεωθερμικών Συστημάτων και τη χρήση του λογισμικού EnergyPlus», Αθήνα, Σεπτέμβριος, 2015

[64] https://gr.pinterest.com/search/pins/?q=claustras&rs=typed&0=claustras%7Ctyped

[65] Tilley D. , Alexander A., Chang A., Price C., Welch A., Wells B., Tjaden S., «Green Facades: ecologically designed vertical vegetation helps create a cleaner environment», University of Maryland, January 2014

[66] Carlos S. Jorge, «Simulation assessment of living wall thermal performance in winter in the climate of Portugal», Centre of Materials and Building Technology, University of Beira, Portugal, May 2014

[67] Larsen S., Filippin C., Lesino G., «Thermal Simulation of a double skin façade with plants» p.1763-1772, 2013 ISES Solar World Congress, National University of Salta, Argentina, Elsevier Ltd Publications 2014