



«Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας»

«ΜΠΣ Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων»

Διπλωματική Εργασία

**«Μελέτη σύγχρονων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και
ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και αξιολόγησή τους σε συνθήκες
μεσογειακού κλίματος»**

Δέσποινα Τσιμογιάννη

Διπλ. Πολιτικός Μηχ. Δ.Π.Θ.

Επιβλέπων καθηγητής: Αρετή Τσέλιου

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



**«Μελέτη σύγχρονων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και
ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και αξιολόγησή τους σε συνθήκες
μεσογειακού κλίματος»**

Τσιμογιάννη Δέσποινα

Διπλ. Πολιτικός Μηχ. Δ.Π.Θ.

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Αρετή Τσέλιου

«Μέλος ΣΕΠ

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Παρασκευάς Τσαγγαράτος

Επίκουρος Καθηγητής, ΕΜΠ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2023

*«Στους συνοδοιπόρους μου στην ζωή,
τον σύζυγο μου και τα παιδιά μας»*

Περίληψη

Στην ΕΕ, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ανέρχεται στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα στο 43%, γεγονός που την καθιστά τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και τη χώρα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων ενεργειακής απόδοσης που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σκοπός της παρούσας ΔΕ είναι η παρουσίαση των σύγχρονων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και στην συνέχεια η εφαρμογή και αξιολόγησή τους, σε τυπικό δημόσιο κτίριο της Αθήνας, μία πόλη σε συνθήκες μεσογειακού κλίματος.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος της ΔΕ παρουσιάζονται σύγχρονες τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού και παραδείγματα καλής πρακτικής. Στο δεύτερο μέρος επιλέγεται το κτίριο του ΟΣΕ να εξεταστεί ως προς την υφιστάμενη κατάσταση και στη συνέχεια γίνεται ανάλυση προτεινόμενων σεναρίων που έχουν ως στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος (TEE-KENAK) αξιολογήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Σε επόμενο στάδιο, προτάθηκαν κατάλληλες βιοκλιματικές επεμβάσεις και επαναυπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας, με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρήσης απαιτούμενης συμβατικής ενέργειας, την βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κτιρίου και γενικότερα την αναβάθμιση του μικροκλίματος της περιοχής. Για τη μελέτη εφαρμογής με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αναζητήθηκαν σχέδια και υπάρχουσες μελέτες (αρχιτεκτονικές, πυροπροστασίας κλπ) από τον Ο.Σ.Ε.

Οι υπολογισμοί του λογισμικού ταξινόμησης κτιρίων δείχνουν ότι το υφιστάμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο από το κτίριο αναφοράς σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας, και συγκεκριμένα, 250% περισσότερο ενεργοβόρο στον τομέα της θέρμανσης, 226% στον τομέα της ψύξης, 46% στον τομέα του φωτισμού και συνολικά, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου είναι 140% υψηλότερη από εκείνη του κτιρίου αναφοράς.

Με βάση αυτό, στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται προτάσεις που αντιπροσωπεύουν τις κύριες παρεμβάσεις που απαιτούνται για την πλήρη αναβάθμιση ενός κτιρίου τόσο από

άποψη ενεργειακής όσο και λειτουργικής απόδοσης και μπορούν να εφαρμοστούν τμηματικά ή στο σύνολό τους και αναμένεται να έχουν εύλογο αντίκτυπο.

Λέξεις – Κλειδιά

Βιοκλιματικός σχεδιασμός και ανασχεδιασμός, εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση, δημόσια κτίρια.

« Study of modern strategies of bioclimatic planning and energy
upgrading of buildings and their evaluation in Mediterranean
climate conditions»

Abstract

In the EU, energy consumption in buildings amounts to 40% of total energy consumption and in Greece to 43%, which makes it the largest energy consumer and the country with the greatest energy saving potential. Therefore, improving the energy efficiency of buildings is an important tool for achieving the energy efficiency targets set by the European Union.

The purpose of the present dissertation is the modern strategies of bioclimatic design and energy upgrading of buildings and their evaluation in Mediterranean climate conditions and then their implementation and evaluation is done, in a typical public building of Athens, a city in Mediterranean climate conditions.

More specifically, the first part of the dissertation presents modern techniques of bioclimatic design. In the second part, the building of the HSU (Hellenic Subways Organization) is selected to be examined in terms of the existing situation and then an analysis of proposed scenarios is made.

With the use of a suitable computer program (TEE-KENAK) the existing energy behavior of the building was evaluated. In a subsequent stage, appropriate bioclimatic interventions and a recalculation of the required energy were proposed, with the aim of minimizing the use of required conventional energy, improving the environmental behavior of the building and generally upgrading the microclimate of the area. For the application study aimed at the energy upgrade of the building, plans and existing studies (architectural, fire protection, etc.) were sought from HSU.

Building classification software calculations show that the existing building is more energy-intensive than the reference building in all areas of energy consumption, namely, 250% more energy-intensive in the heating sector, 226% in the cooling sector, 46% in the lighting sector and overall, the primary energy consumption of the building is 140% higher than that of the reference building.

Based on this, proposals presented in this study represent the main interventions required to fully upgrade a building both in terms of energy and functional performance and can be implemented partially or in their entirety and are expected to have a reasonable impact.

Keywords

Bioclimatic design and redesign, energy saving, energy upgrading, public buildings.

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xiii
Highlights	xiv
Συνεισφορά της εργασίας	xiv
1. Εισαγωγή	16
2. Παρουσίαση στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού	18
2.1 Θερμική άνεση και αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού	18
2.2 Πρακτικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού	23
2.2.1. Άνεση και επιτρεπόμενες ζώνες άνεσης	24
2.2.2. Εσωτερικά κέρδη θέρμανσης	25
2.2.3 Παθητική ηλιακή θέρμανση	25
2.2.4. Ενεργή ηλιακή θέρμανση	29
2.2.5 Ύγρανση	30
2.2.6 Παραδοσιακή θέρμανση	30
2.2.7 Ηλιακή προστασία	31
2.2.8 Ψύξη με υψηλή θερμική μάζα	31
2.2.9. Ψύξη με εξάτμιση	33
2.2.10. Ψύξη μεγάλης θερμικής μάζας μέσω μετασκευής κατά τη διάρκεια της νύχτας	33
2.2.11. Ψύξη μέσω φυσικού και μηχανικού αερισμού	33
2.2.12. Κλιματισμός	34
2.2.13. Συμβατική αφύγρανση	34
2.2.14. Οικιακός κλιματισμός	34
2.3 Παρούσα Περιβαλλοντική Πραγματικότητα	36
2.4 Προς Κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας	38
2.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργητικά και παθητικά συστήματα	39
2.6 Συστήματα παθητικής ενέργειας	40
2.7 Συστήματα ενεργητικής ενέργειας	41
2.7.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα	41
2.7.2 Θερμικά ηλιακά συστήματα	43
2.7.3 Βιομάζα	44
2.7.4 Γεωθερμικές αντλίες	44
2.7.5 Μικρές ανεμογεννήτριες	46
2.7.6 Συστήματα διαχείρισης κτιρίων	47
2.7.7 Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών	48
2.8 Μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας ..	48
3. Περιγραφή της μεθόδου που θα ακολουθηθεί	52
3.1. Παρουσίαση κλιματικών δεδομένων περιοχής μελέτης	52
3.2 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης υφιστάμενης κατάστασης κτιρίου	56

3.3 Παρουσίαση και περιγραφή του λογισμικού TEE-KENAK.....	57
4. Αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου	59
4.1 Περιγραφή κτιρίου (τετραγωνικά, όροφοι, θερμαινόμενοι χώροι)	59
4.2 Κατόψεις	60
4.3 Κατασκευή (υλικά, κουφώματα κτλ).....	63
4.4 Βιοκλιματική αποτίμηση κτιρίου (θέση προσανατολισμός, ηλιασμός, ηλιοπροστασία, ανεμοπροστασία, φυσικός φωτισμός)	63
5. Ενεργειακή ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης	66
5.1 Γενικά στοιχεία κτιριακού κελύφους.....	66
5.2 Θερμομονωτική ανάλυση διαφανών δομικών στοιχείων	67
5.3 Ανάλυση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων κτιρίου	67
5.3.1 Σύστημα θέρμανσης	68
5.3.2 Σύστημα ψύξης	69
5.3.3 Σύστημα αερισμού	69
5.3.4 Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.....	70
5.3.5 Σύστημα φωτισμού	70
6 Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενου κτιρίου	72
6.1 Χώροι με κύρια χρήση γραφεία.....	73
6.2 Θερμικές Ζώνες	73
6.3 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας.....	75
6.4 Κέλυφος.....	77
6.4.1 Αδιαφανή δομικά στοιχεία κτιρίου	77
6.4.2 Δεδομένα ανοιγμάτων κτιρίου	79
6.5 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίου	81
6.5.1 Δεδομένα για τα συστήματα θέρμανσης χώρων.....	81
6.5.2 Δεδομένα για σύστημα ψύξης χώρων	85
6.5.3 Δεδομένα για σύστημα αερισμού.....	88
6.5.4 Δεδομένα για τα συστήματα ζεστού νερού χρήσης	89
6.5.5. Δεδομένα για τα συστήματα φωτισμού.....	89
6.5.6 Δεδομένα κτιρίου αναφοράς.....	90
7. Αποτελέσματα υπολογισμού	91
7.1 Κατανάλωση ενέργειας	92
7.2 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου	92
8. Προτάσεις βελτίωσης και αξιολόγησή τους.....	95
9 Αποτελέσματα ενεργειακής κατάταξης	98
9.1 Συζήτηση - Συμπεράσματα	99
Βιβλιογραφία.....	103
Παράρτημα Α	109
Παράρτημα Β	117

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2.1. Ψυχομετρικό διάγραμμα προσαρμοσμένο από τον Givoni (1992)	24
Εικόνα 2.2. Οροφή νερού στο Apeldoorn	27
Εικόνα 2.3. Κήπος στο Chicago City Hall.....	27
Εικόνα 2.4. Στοά με γυάλινη οροφή, Galleria, Μιλάνο	28
Εικόνα 2.5. Ανοίγματα στην οροφή	29
Εικόνα 2.6. Τέντες σε αίθρια στη Σεβίλλη	32
Εικόνα 2.7. Κατανομή εκπομπών CO ₂ ανά τομέα	38
Εικόνα 2.8. Σχήμα δομής και λειτουργίας Φ/B πάνελ	42
Εικόνα 2.9. Σύστημα θερμοσίφωνα	43
Εικόνα 2.10. Σύστημα θέρμανσης με βιομάζα.....	44
Εικόνα 2.11. Σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία.....	46
Εικόνα 2.12. Σύστημα θέρμανσης με ανεμογεννήτριες	47
Εικόνα 3.1. Θερμοκρασίες ανά μήνα	54
Εικόνα 3.2. Υγρασία ανά μήνα	55
Εικόνα 3.3. Άνεμοι ανά μήνα.....	56
Εικόνα 4.1. Κάτοψη ισογείου.....	60
Εικόνα 4.2. Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου	60
Εικόνα 4.3. Κάτοψη 2 ^{ου} ορόφου	60
Εικόνα 4.4. Κάτοψη 3 ^{ου} ορόφου	61
Εικόνα 4.5. Κάτοψη 4 ^{ου} ορόφου	61
Εικόνα 4.6. Κάτοψη 5 ^{ου} ορόφου	61
Εικόνα 4.7. Κάτοψη 6 ^{ου} ορόφου	62
Εικόνα 4.8. Κάτοψη 7 ^{ου} ορόφου	62
Εικόνα 4.9. Κάτοψη 8 ^{ου} ορόφου	62
Εικόνα 4.10. Κάτοψη 9 ^{ου} ορόφου	63
Εικόνα 4.11. Τομές	63
Εικόνα 7.1. Καταναλώσεις Ενέργειας Υφιστάμενου Κτιρίου	92
Εικόνα 7.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	93
Εικόνα 9.1. Αποτελέσματα της ενεργειακής ταξινόμησης του κτιρίου ανά χρήση	98

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Εξοικονόμηση ενέργειας με παθητικά συστήματα στο κέλυφος	49
Πίνακας 2.2. Εξοικονόμηση ενέργειας με παθητικά συστήματα στο σύστημα θέρμανσης.....	49
Πίνακας 3. 1 Θερμοκρασίες ανά μήνα	54
Πίνακας 3.2. Υγρασία ανά μήνα	55
Πίνακας 3.3. Άνεμοι ανά μήνα.....	56
Πίνακας 4.1. Εμβαδά ανά όροφο	59
Πίνακας 5.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου.....	66
Πίνακας 5.2. Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου.....	67
Πίνακας 5.3. Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων.....	67
Πίνακας 5.4. Συντελεστές εξίσωσης υπερδιαστασιολόγησης	68
Πίνακας 5.5. Εξαερισμός ανά θερμική ζώνη	69
Πίνακας 5.6. Φωτισμός ανά θερμική ζώνη.....	70
Πίνακας 6.1. Εμβαδό και όγκος κτιρίου.....	73
Πίνακας 6.2. Γενικά δεδομένα για τη χρήση «γραφεία» του κτιρίου.....	74
Πίνακας 6.3. Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας	75
Πίνακας 6.4. Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	77
Πίνακας 6.5. Δεδομένα ανοιγμάτων κτιρίου	79
Πίνακας 6.6. Δεδομένα συστήματος θέρμανσης γραφείων.....	81
Πίνακας 6.7. Δεδομένα συστήματος ψύξης γραφείων.....	85
Πίνακας 6.8 Δεδομένα συστήματος φωτισμού	89
Πίνακας 7.1. Συντελεστές μετατροπής για την πρωτογενή ενέργεια και τις εκπομπές αερίων ρύπων	91
Πίνακας 7.2. ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ- ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	93
Πίνακας 9.1. Βασικό κόστος των ενεργειακών αναβαθμίσεων	99
Πίνακας 9.2. Σύγκριση προτάσεων με βάση προϋπολογισμό δημοπράτησης.....	99
Πίνακας 9.3. Σύγκριση σεναρίων με βάση προϋπολογισμό εκτέλεσης	100

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα:

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΘΕ	Θεματική Ενότητα
ΠΕ	Πτυχιακή Εργασία
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΣΥΝ	Συντονιστής

Highlights

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Αναβάθμιση Δημόσιων Κτιρίων, Δημόσια κτίρια, Ελλάδα, Κλιματική Αλλαγή

Συνεισφορά της εργασίας

Στην ΕΕ, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ανέρχεται στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα στο 43%, γεγονός που την καθιστά τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και τη χώρα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων ενεργειακής απόδοσης που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο δημόσιος τομέας χρησιμοποιεί παλαιά και νέα κτίρια, τα οποία, είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα, κυρίως επειδή χαρακτηρίζονται από παλαιότητα και έλλειψη ενσωμάτωσης της σύγχρονης τεχνολογίας στο κτίριο λόγω της έλλειψης κατάλληλης νομοθεσίας στη χώρα μας τα τελευταία 30 χρόνια. Σε αυτό το πλαίσιο, και υπό την απειλή μελλοντικών ενεργειακών κρίσεων που προκαλούνται από γεωπολιτικές συγκρούσεις και αστάθεια, η ανάγκη αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και η διερεύνηση δυνατοτήτων και μεθόδων παρέμβασης στα υφιστάμενα δημόσια και κοινοτικά κτίρια θεωρείται απαραίτητη. Η παρούσα εργασία συνεισφέρει σε αυτόν τον τομέα, προτείνοντας παρεμβάσεις που μπορούν να βελτιώσουν την κατάσταση του κτιρίου του ΟΣΕ, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν, στην πλειοψηφία τους, σε πολλά δημόσια κτίρια.

Α. Θεωρητικό Υπόβαθρο

1. Εισαγωγή

Στην ΕΕ, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ανέρχεται στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα στο 43%, γεγονός που την καθιστά τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και τη χώρα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων ενεργειακής απόδοσης που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (εξοικονόμηση 20% έως το 2020 (δεν έχει επιτευχθεί ακόμη) και 32,5% έως το 2030 σε σχέση με την προβλεπόμενη κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ) (ΥΠΕΝ, 2022).

Σύμφωνα με την Greenpeace (2007), ο δημόσιος τομέας χρησιμοποιεί παλαιά και νέα κτίρια (το 2007 ο αριθμός των δημόσιων κτιρίων εκτιμήθηκε σε περίπου 200.000, αντιπροσωπεύοντας το 5% του τριτογενούς τομέα), τα οποία, σύμφωνα με την Κονιδάρη (2022) και το ΥΠΕΚΑ (2014), είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα, κυρίως επειδή χαρακτηρίζονται από: α) παλαιότητα και β) έλλειψη ενσωμάτωσης της σύγχρονης τεχνολογίας στο κτίριο λόγω της έλλειψης κατάλληλης νομοθεσίας τα τελευταία 30 χρόνια. Σε αυτό το πλαίσιο, και υπό την απειλή μελλοντικών ενεργειακών κρίσεων που προκαλούνται από γεωπολιτικές συγκρούσεις και αστάθεια, η ανάγκη αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και η διερεύνηση δυνατοτήτων και μεθόδων παρέμβασης στα υφιστάμενα δημόσια και κοινοτικά κτίρια θεωρείται απαραίτητη (Κονιδάρη, 2022).

Πολλά από αυτά παρουσιάζουν προβλήματα όπως μερική ή πλήρη κακή μόνωση (τα περισσότερα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 έχουν κακή ή ανύπαρκτη μόνωση και ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (H/M) με χαμηλή απόδοση), παλαιά τεχνολογία (κουφώματα/μονοί υαλοπίνακες), ανεπαρκή ηλιοπροστασία στη νότια και δυτική πλευρά, ανεπαρκής αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας, κακοσυντηρημένα και ανεπαρκώς λειτουργούντα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κ.λπ (Κονιδάρη, 2022).

Η παρούσα εργασία διερευνά και τεκμηριώνει την τρέχουσα κατάσταση του κτιρίου του ΟΣΕ στην οδό Καρόλου 1-3, Αθήνα, και αναλύει το προτεινόμενο σενάριο ενεργειακών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με βάση τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, προκειμένου να μειωθεί η συμβατική κατανάλωση ενέργειας από το ελάχιστο στο μηδέν.

Όσον αφορά τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, καταρχάς έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση (ξένης και ελληνικής βιβλιογραφίας) με έμφαση σε δημοσιεύσεις της τελευταίας δεκαετίας.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν αρχικά οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και οι πρακτικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, η Παρούσα Περιβαλλοντική Πραγματικότητα, το πώς θα πάμε προς Κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας, ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός, τα συστήματα ενεργητικής ενέργειας και το πώς μπορεί να γίνει μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος (TEE-KENAK) αξιολογήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Σε επόμενο στάδιο, προτάθηκαν κατάλληλες βιοκλιματικές επεμβάσεις και επαναυπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας, με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρήσης απαιτούμενης συμβατικής ενέργειας, την βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κτιρίου και γενικότερα την αναβάθμιση του μικροκλίματος της περιοχής. Για τη μελέτη εφαρμογής με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αναζητήθηκαν σχέδια και υπάρχουσες μελέτες (αρχιτεκτονικές, πυροπροστασίας κλπ) από τον Ο.Σ.Ε.

2. Παρουσίαση στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού

2.1 Θερμική άνεση και αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η παροχή ενός άνετου περιβάλλοντος διαβίωσης είναι ένας από τους κύριους στόχους του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Η έννοια της άνεσης διαμορφώνεται από τις αισθήσεις μέσω των οποίων την αντιλαμβανόμαστε. Έτσι, υπάρχουν η οπτική άνεση, η θερμική άνεση και η ακουστική άνεση.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εμπεριέχει ως πρακτική την μέριμνα της προστασίας του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Γενικότερα είναι ένας τομέας σχεδιασμού όπου κυριαρχούν αρχές της οικολογίας και της αειφόρου ανάπτυξης. Ο στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η δημιουργία αστικών περιοχών και κτιρίων που θα μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ενεργειακές τους απαιτήσεις με τις λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, η κύρια έμφαση δίνεται στη θερμική άνεση (Markus & Morris, 1980).

Σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE), η θερμική άνεση ορίζεται ως μια κατάσταση στην οποία οι άνθρωποι δεν επιθυμούν αλλαγές θερμοκρασίας στο εσωτερικό περιβάλλον και είναι ικανοποιημένοι με την υφιστάμενη κατάσταση (Μπαζεβάνου, 2020).

Η θερμική ουδετερότητα, δηλαδή η μη επιθυμία πτώσης ή αύξησης της θερμοκρασίας, είναι απαραίτητη για την επίτευξη θερμικής άνεσης. Ωστόσο, η θερμική άνεση δεν καθορίζεται μόνο από αυτό, καθώς εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι περιβαλλοντικές και προσωπικές παράμετροι που σχετίζονται με το άτομο. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι οι εξής:

Θερμοκρασία αέρα: Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους θερμικής άνεσης. Η θερμοκρασία του αέρα καταγράφεται με θερμόμετρο ξηρής σφαίρας (D.B.T.). Για τη σωστή καταγραφή της θερμοκρασίας του αέρα, το θερμόμετρο πρέπει να τοποθετηθεί σε ειδική κυκλική ασπίδα από γυαλισμένο ή λευκό μέταλλο (Markus & Morris, 1980). Οι θερμοκρασίες του αέρα ποικίλλουν ανάλογα με το ύψος που μετράται από το έδαφος. Αυτό οφείλεται στις διαφορές στην πυκνότητα του αέρα, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των χώρων.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας: Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (MRT) περιλαμβάνει τη μέση τιμή της επιφανειακής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ακτινοβολίας. Υπολογίζεται με τη χρήση ενός "θερμόμετρου σφαίρας", το οποίο είναι ένα θερμόμετρο τοποθετημένο στο κέντρο μιας μαύρης χάλκινης σφαίρας. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας υπολογίζεται από το συνδυασμό της θερμοκρασίας του θερμόμετρου της σφαίρας και της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του αέρα με βάση έναν αλγόριθμο (Markus & Morris, 1980). Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας έχει μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική άνεση από ό,τι η θερμοκρασία του αέρα. Οι άνθρωποι την αντιλαμβάνονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και τη θερμοκρασία του αέρα. Η επιλογή διαφορετικών υλικών σε έναν χώρο, ανοιχτό ή κλειστό, επηρεάζει άμεσα τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης.

Κίνηση του αέρα: Η κίνηση του αέρα λειτουργεί ως παράμετρος θερμικής άνεσης, επηρεάζοντας το ρυθμό ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος μέσω αγωγής και συναγωγής και το ρυθμό ψύξης του ανθρώπινου σώματος μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα. Όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα του αέρα, τόσο πιο δροσερός αισθάνεται ο αέρας. Η επιλογή και η θέση των ανοιγμάτων με βάση την κατεύθυνση του ανέμου παίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης. Σε ανοιχτούς χώρους απαιτείται ροή αέρα το καλοκαίρι και προστασία από τον άνεμο το χειμώνα. Για την επίτευξη επαρκούς αερισμού και θερμικής άνεσης, η τοποθέτηση των κτιριακών όγκων σε σχέση με την κίνηση των επικρατούντων ανέμων και η αναλογία μεταξύ του ύψους του κτιρίου και του πλάτους του δρόμου παίζουν σημαντικό ρόλο στο αστικό τοπίο (Μπαξεβάνου, 2020).

Υγρασία: η ατμοσφαιρική υγρασία επηρεάζει τη θερμική άνεση σε ορισμένες ζώνες θερμοκρασίας. Επηρεάζεται από τα επίπεδα υγρασίας σε ορισμένες περιοχές του περιβάλλοντος. Ο άνθρωπος χάνει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω της μεταφοράς, της ακτινοβολίας και της εξάτμισης στους πνεύμονες. Εάν αυτές οι απώλειες δεν επαρκούν για να εξισορροπήσουν τη μεταβολική παραγωγή θερμότητας, ενεργοποιούνται οι ιδρωτοποιοί αδένες, με αποτέλεσμα το σώμα να χάνει θερμότητα μέσω της εξάτμισης. Σύμφωνα με μια μελέτη των Jennings και Giboni που διεξήχθη το 1958-1959, οι άνθρωποι δεν αισθάνονταν καμία διαφορά μεταξύ 30% και 80% σχετικής υγρασίας μέχρι τους 25°C. Πάνω από τους 25°C, η αίσθηση της θερμικής άνεσης μειώνεται (Givoni, 1998).

Οι παράμετροι που αφορούν τα άτομα είναι ο ρουχισμός και η δραστηριότητα:

Ένδυση: επηρεάζει τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντός του. Εξαρτάται όχι μόνο από την αντοχή του υφάσματος, αλλά και από την εφαρμογή του στο ανθρώπινο σώμα. Η μονάδα θερμικής αντίστασης που χρησιμοποιείται είναι το "clo", το οποίο είναι ένας δείκτης των μονωτικών ιδιοτήτων ενός ενδύματος, με 1 clo να αντιστοιχεί σε 0,155 m² K/W. Επίσης, 1 clo αντιστοιχεί σε ένα τυπικό χειμερινό ένδυμα (Κοτσίρης, 2007).

Δραστηριότητα: Η ανθρώπινη δραστηριότητα επηρεάζει τον μεταβολισμό ενός ατόμου, αυξάνοντας ή μειώνοντας την παραγόμενη ενέργεια και την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Η μονάδα μέτρησης της δραστηριότητας είναι το MET: 1 MET (μεταβολικό ισοδύναμο δραστηριότητας) αντιπροσωπεύει τον μεταβολισμό ηρεμίας σε κατάσταση ηρεμίας, που ισοδυναμεί με 58 W/m² (Κοτσίρης, 2007).

Σε επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού, ακολουθούνται οι ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές:

Ηλιακό φως και ηλιοπροστασία: το επαρκές φως της ημέρας και η αντίστοιχη προστασία των εξωτερικών χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί βασικό στόχο του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Ο όρος ηλιασμός χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ενεργό έκθεση ενός χώρου στην ηλιακή ακτινοβολία, προκειμένου να ληφθούν τα ενεργειακά οφέλη της ηλιακής ακτινοβολίας. Ηλιοπροστασία σημαίνει την ενεργή αποφυγή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας προκειμένου να αποφευχθεί η θερμική δυσφορία, η υπερέκθεση και οι συνθήκες οπτικής θάμβωσης (Ευαγγελίου, 2020).

Αερισμός, αεροδιαπερατότητα και προστασία από το ρεύμα: Η κίνηση του αέρα στις αστικές περιοχές διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ποιότητας του αέρα όσον αφορά τα επίπεδα θερμικής άνεσης, την περιεκτικότητα σε ρύπους και την ανανέωσή του, καθώς διαμορφώνεται από την αστική δομική μορφή (Ευαγγελίου, 2020).

Χαρακτηριστικά δομικών υλικών και εξωτερικών επιφανειών: τα υλικά διαμόρφωσης των αστικών υπαίθριων χώρων και του κελύφους των κτιρίων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, καθώς επηρεάζουν άμεσα το ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων και των πόλεων. Η επιλογή των κατάλληλων υλικών είναι ιδιαίτερα σημαντική στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Οι ιδιότητες των υλικών που έχουν καθοριστική σημασία είναι η ανακλαστικότητα (λευκότητα) και, ως συμπληρωματικές ιδιότητες, η απορρόφηση και η διαπερατότητα, η θερμική εκπομπή, η θερμοχωρητικότητα και η θερμική αντίσταση (Γιάννας, 2001).

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Ψύξη με υπέρυθρη ακτινοβολία: Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης του θερμικού πλεονάσματος της Γης είναι η διάχυση της θερμότητας με ακτινοβολία προς τον ουρανό. Καθώς η θερμοκρασία της γήινης ατμόσφαιρας είναι μόλις -400°C , υπάρχουν πολύ ισχυρές πηγές απορρόφησης θερμότητας προς την κατεύθυνση του ουρανού. Ως αποτέλεσμα, στις αστικές περιοχές, οι θερινές θερμοκρασίες πέφτουν στα όρια της θερμικής άνεσης σε στέγες, ταράτσες, ανοιχτούς χώρους και άλλες περιοχές όπου οι ουρανοξύστες είναι καλά ορατοί. Αντίθετα, όπου η ορατότητα των ουρανοσωμάτων μειώνεται, όπως σε κατακόρυφες επιφάνειες κτιρίων και καταστρώματα δρόμων, οι θερμοκρασίες πέφτουν (Ευαγγελίου, 2020).

Αστικό πράσινο: Ο ρόλος και η λειτουργία του αστικού πρασίνου στα ανθρωπογενή περιβάλλοντα είναι εξαιρετικά σημαντικός και πολύπλευρος:

- Ρύθμιση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της φύτευσης: σε γενικές γραμμές, οι χώροι πρασίνου συγκρατούν περίπου το 87% τόσο της άμεσης όσο και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας (Ντάφης, 2001).

- Μείωση της θερμοκρασίας μέσω της φύτευσης: η σκίαση των δέντρων βελτιώνει τη θερμοκρασία του αστικού περιβάλλοντος και έχει επίσης αποτέλεσμα εξατμισοδιαπνοής (το νερό απελευθερώνεται από τα φύλλα των φυτών στο περιβάλλον με τη μορφή υδρατμών) (Kramer & Kozlowski, 1960).

- Ανεμοφρακτική επίδραση της φύτευσης: τα δέντρα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο φύτευσής τους, μπορούν να δημιουργήσουν προστατευμένες περιοχές και να μειώσουν τις ταχύτητες του ανέμου. Οι περιοχές αυτές θερμαίνονται κατά τη διαδικασία εξάτμισης, φαινόμενο που μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις ανάλογα με την εποχή του έτους (Kramer & Kozlowski, 1960).

- Επίδραση της φύτευσης στη μείωση του θορύβου: Η μείωση του θορύβου πραγματοποιείται από στοιχεία με ιδιότητες όπως η απορρόφηση, η ανάκλαση, η εκτροπή και η διασπορά. Η μείωση του θορύβου από τα φυτά εξαρτάται από τον τύπο, το ύψος, τη δομή, την τοποθέτηση και τη σχετική θέση τους σε σχέση με την ηχητική πηγή. Όσο πιο κοντά στην ηχητική πηγή και όσο πιο πυκνή είναι η φύτευση, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η μείωση του ήχου. Τα πιο αποτελεσματικά φυτά για τη μείωση του θορύβου είναι εκείνα με υψηλό βαθμό ευκαμψίας και δόνησης (Νικολάου, 2000).

- Επιδράσεις της φύτευσης στον κύκλο του νερού: Τα φυτά συγκρατούν το νερό της βροχής και το νερό του εδάφους μέσω των ριζών τους και αυξάνουν την απορρόφηση του νερού με

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος την ενσωμάτωση οργανικής ύλης στο έδαφος, μειώνοντας έτσι τη διάβρωση που προκαλείται από την απορροή του νερού. Μπορεί επίσης να μειώσει την εξάτμιση του εδαφικού νερού (Γιάννας, 2001).

- Μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της φύτευσης: Ιδιαίτερα σημαντική είναι η μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της προσρόφησης των σωματιδίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σωματίδια προσροφούν και μεταφέρουν και άλλους ρύπους, όπως μέταλλα και οργανικές ενώσεις, οι οποίοι μαζί προκαλούν σημαντικά προβλήματα ρύπανσης. Επιπλέον, η δράση της διαπνοής των φυτών αυξάνει την περιεκτικότητα σε υγρασία, γεγονός που μειώνει την ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων στην πόλη (Νικολάου, 2000).

- Μείωση του CO₂ μέσω της φύτευσης: Η φύτευση έχει άμεση επίδραση στη μείωση του CO₂, διότι κάθε δέντρο διαχωρίζει άμεσα τον άνθρακα από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης (Νικολάου, 2000).

Νερό: Οι υδάτινες επιφάνειες στα αστικά περιβάλλοντα συμβάλλουν τόσο στην ψύξη όσο και στη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του αστικού περιβάλλοντος. Η εξάτμιση που λαμβάνει χώρα στις υδάτινες επιφάνειες μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα (απορροφάται θερμότητα λόγω της αλλαγής φάσης από το νερό σε αέριο) και ταυτόχρονα αυξάνει την περιεκτικότητά του σε νερό (ψύξη λόγω εξάτμισης) (Γιάννας, 2001).

Παραγωγή και ανακύκλωση ενέργειας: Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση αποθήκευσης ενέργειας εντός των ορίων των σύγχρονων, πυκνοδομημένων πόλεων, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την αντίστοιχη εγκατάσταση συστημάτων συλλογής ενέργειας. Για περισσότερες πληροφορίες (Αμουργής, 2001):

- Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη θέρμανση χώρων, στη θέρμανση νερού χρήσης και στην παραγωγή ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας.

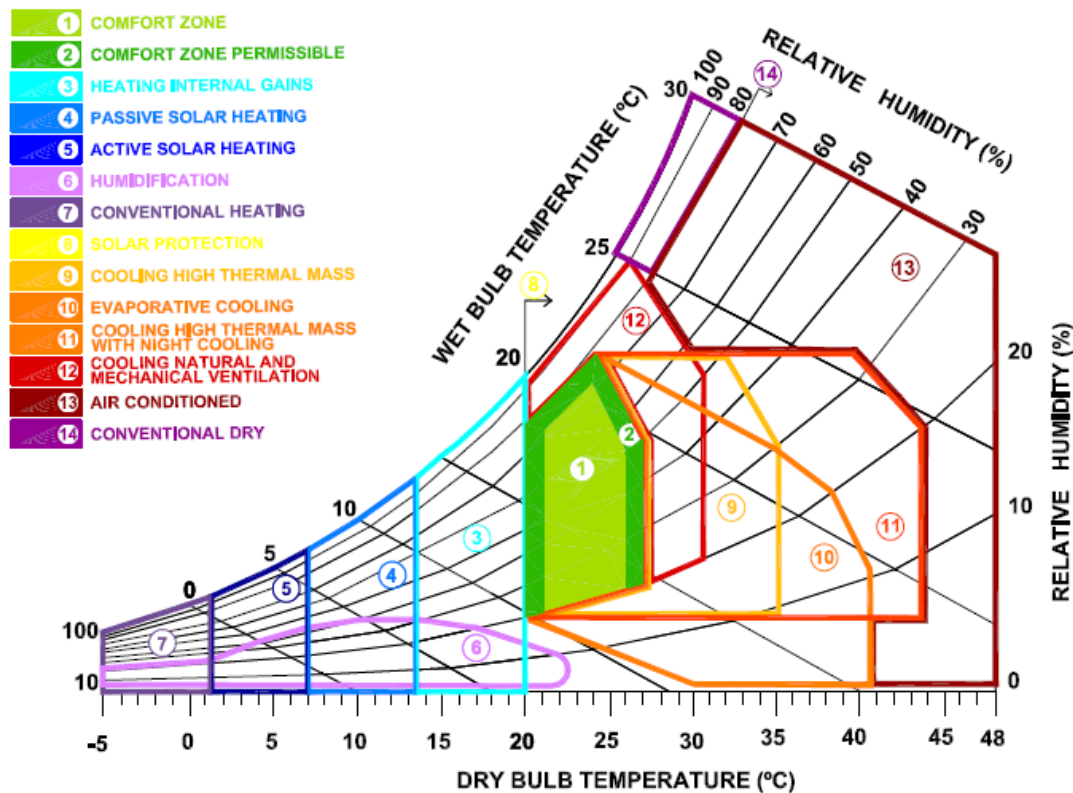
- Η εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών στις στέγες πολυώροφων κτιρίων για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ένα πιθανό σενάριο, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για την επίλυση ζητημάτων όπως η ασφάλεια, ο θόρυβος και οι δονήσεις. Ο άνεμος είναι επίσης μια πιο συνηθισμένη μέθοδος αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας για την ψύξη κτιρίων μέσω διαφόρων τύπων ηλιακών καμινάδων και συστημάτων εξαερισμού κτιρίων.

- Τέλος, η συμπαραγωγή, η ανακύκλωση και η ανάκτηση ενέργειας, ως βασικό μεθοδολογικό πλαίσιο, περιλαμβάνει τη χρήση αποβλήτων από αστικές λειτουργίες ως ενέργεια.

2.2 Πρακτικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Το διάγραμμα Givoni που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1 είναι ένα βιοκλιματικό διάγραμμα που διαιρεί τις στρατηγικές που απαιτούνται για την επίτευξη της ανθρώπινης άνεσης σε ένα κτίριο σε διάφορες ζώνες (Morillon-Galvez et al. 2004), όπου ο άξονας x αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού και ο άξονας y την υγρασία του νωπού αέρα. Οι ψυχομετρικές καμπύλες στο γράφημα αντιπροσωπεύουν τη σχετική υγρασία. Για παράδειγμα, οι Rupp και Ghisi (2014) χρησιμοποίησαν αυτό το διάγραμμα για να αξιολογήσουν τη θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε υβριδικά εμπορικά κτίρια που βρίσκονται σε ζεστό και υγρό κλίμα. Όπως αναφέρθηκε στο παραπάνω σχήμα, ορίζονται 14 ζώνες με βάση τους προηγούμενους ορισμούς της θερμοκρασίας του λαμπτήρα και της υγρασίας φρέσκου αέρα. Από αυτές, οι ζώνες 1 και 2 είναι οι ιδανικές ζώνες άνεσης. Έτσι, μπορούμε να ορίσουμε τις κλιματικές συνθήκες και τις σχετικές αρχιτεκτονικές στρατηγικές για τη μετατόπιση των περιβαλλοντικών συνθηκών του σπιτιού στη ζώνη άνεσης. Όποτε είναι δυνατόν, θα προταθούν παθητικές στρατηγικές, καθώς αυτές καταναλώνουν μηδενική ενέργεια. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, αυτές οι στρατηγικές θα εφαρμοστούν για να συμβάλουν στη μείωση της χρήσης συσκευών που καταναλώνουν ενέργεια στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα.

Για να εξετάσουμε τις στρατηγικές βιοκλιματικής δόμησης, πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το σπίτι. Ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, θα βρίσκεται εντός των ζωνών του διαγράμματος Givony (Εικόνα 2.1). Εάν βρίσκεται σε μια ζώνη άνεσης, η αρχιτεκτονική δεν χρειάζεται θερμική αντιστάθμιση. Εάν βρίσκεται εκτός μια ζώνη άνεσης, μπορούν να εφαρμοστούν αρχιτεκτονικές στρατηγικές για την είσοδο στη ζώνη άνεσης.



Εικόνα 2.1. Ψυχομετρικό διάγραμμα προσαρμοσμένο από τον Givoni (1992)

2.2.1. Άνεση και επιτρεπόμενες ζώνες άνεσης

Η ζώνη άνεσης, που επισημαίνεται ως ζώνη 1 στην Εικόνα 2.1, παρουσιάζει τις ιδανικές συνθήκες για το ανθρώπινο σώμα. Στατιστικά μιλώντας, αυτή η ζώνη είναι άνετη για το 70% του πληθυσμού (de Villermay, 1980). Αντιπροσωπεύει την περιοχή στην οποία το ανθρώπινο σώμα, με ελαφριά ρούχα και μικρή δραστηριότητα, δεν απαιτεί ενεργειακές δαπάνες για να παραμείνει άνετο. Αυτή η ζώνη δεσμεύεται από τιμές θερμοκρασίας μεταξύ 21 και 26 °C και τιμές σχετικής υγρασίας μεταξύ 20% και 70%. Δεν χρειάζεται να εφαρμοστούν στρατηγικές σε αυτή τη ζώνη.

Η επιτρεπόμενη ζώνη άνεσης είναι μια μεγαλύτερη ζώνη άνεσης στην οποία ένα άτομο δεν έχει πλέον μηδενικές δαπάνες, αλλά μπορεί να προσαρμοστεί με μια αποδεκτή ελάχιστη δαπάνη. Αυτή η ζώνη είναι άνετη για το 80% του πληθυσμού (de Villermay, 1980). Οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας είναι επίσης αποδεκτές για ορισμένα ανθρώπινα σώματα ανάλογα με το φύλο, τον εσωτερικό μεταβολισμό, το μέγεθος και την απόδοση δραστηριότητας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, αυτή η περιοχή επισημαίνεται ως ζώνη 2 και δεσμεύεται από τιμές θερμοκρασίας μεταξύ 20 και 27 °C, τιμές σχετικής υγρασίας μεταξύ

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος 20% και 80% και μια γραμμή μεταξύ της τομής θερμοκρασίας 24 °C και 80% σχετική υγρασία και τη διασταύρωση θερμοκρασίας 27 °C και σχετικής υγρασίας 50%.

2.2.2. Εσωτερικά κέρδη θέρμανσης

Σε αυτή τη ζώνη, η εσωτερική ενίσχυση είναι σημαντική για να διαφοροποιηθεί η θερμοκρασία και να πλησιάσει τη ζώνη άνεσης. Η ζώνη 3 στην Εικόνα 2.1 είναι η ζώνη που ορίζεται από τιμές θερμοκρασίας μεταξύ 13,5°C και 20°C. Στους εσωτερικούς χώρους, αυτό μπορεί να επηρεαστεί από τους ανθρώπους που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, τον τεχνητό φωτισμό, τους μηχανισμούς που παράγουν θερμική ενέργεια και τις διεργασίες που μπορούν να παράγουν θερμότητα. Αυτό το εσωτερικό κέρδος οφείλεται αποκλειστικά στις διαφορές θερμοκρασίας και εκφράζεται ως αισθητό φορτίο, το οποίο αποτελεί σημαντική παράμετρο στους υπολογισμούς του κλίματος του κτιρίου.

2.2.3 Παθητική ηλιακή θέρμανση

Ο όρος "παθητική" αναφέρεται στην κατασκευή του κελύφους του κτιρίου, ενώ ο όρος "ενεργητική" θέρμανση αναφέρεται στον κλιματισμό του κτιρίου ή στη χρήση εξωτερικών πηγών ενέργειας εκτός από την ηλιακή θερμότητα. Η παθητική ηλιακή θέρμανση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε όλη την ιστορία με μεγάλη επιτυχία (Butti & Perlin, 1980).

Η ζώνη αυτή ορίζεται από θερμοκρασίες μεταξύ 7°C και 13,5°C (βλέπε ζώνη 4 στην Εικόνα 2.1). Για να κινηθούμε προς τη ζώνη άνεσης απαιτείται μια στρατηγική απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας που αυξάνει τη θερμική ενέργεια στο δωμάτιο, επιδιώκοντας την αύξηση της θερμοκρασίας από τους 7°C στους 13,5°C ή υψηλότερα. Η κύρια πρόκληση είναι ο σχεδιασμός των κτιρίων κατά τρόπο ώστε να διευκολύνεται η συσσώρευση της ηλιακής ακτινοβολίας και να διανέμεται η ενέργεια σε άλλα στοιχεία ή να επιστρέφει στο κτίριο με την πάροδο του χρόνου. Η διανομή της ενέργειας μπορεί να είναι άμεση, μέσω ακτινοβολίας (κλίσεις θερμοκρασίας) ή συναγωγής (θέρμανση του αέρα που έρχεται σε επαφή με το ακτινοβολούν έδαφος), ή έμμεση, μέσω της διέλευσης του αέρα από συσσωρευτές που αναγκάζουν τον αέρα να κυκλοφορεί στο χώρο. Στον τομέα αυτό υπάρχει ποικιλία λύσεων, καθώς η ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από οποιοδήποτε μέρος του κτιριακού κελύφους, όπως το έδαφος, οι τοίχοι, οι στέγες και κυρίως τα ανοίγματα. Οι τελευταίοι μπορούν να δέχονται όση ακτινοβολία χρειάζεται, όταν χρειάζεται, και να την κρατούν έξω από το κτίριο με εξαρτήματα και κατάλληλα τζάμια. Τα μεγάλα παράθυρα στη νότια πρόσοψη των παθητικών

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος κατοικιών συμβάλλουν σημαντικά στη θέρμανση του χώρου του κτιρίου (Badescu & Staicovici, 2006).

Η αποθήκευση ενέργειας στους τοίχους, τις οροφές και τα δάπεδα των κτιρίων μπορεί να βελτιωθεί με την ενθυλάκωση κατάλληλων υλικών αλλαγής φάσης (PCM) σε αυτές τις επιφάνειες, τα οποία μπορούν να δεσμεύουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια για να αυξήσουν την άνεση των ενοίκων, να μειώσουν τη συχνότητα αλλαγής της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα και να διατηρήσουν θερμοκρασίες πιο κοντά στις επιθυμητές για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (Khudhair & Farid, 2004). Τα PCMs παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση ενέργειας. Αρκετοί ερευνητές (Gonzalez et al, 2008. Tyagi et al, 2011) έχουν ερευνήσει τα PCMs και διαπίστωσαν ότι αυτά τα υλικά και έχουν διερευνήσει ευρέως τις ιδιότητές τους για χρήση ως θερμική αποθήκευση σε κτίρια- ορισμένα PCMs έχουν μεγάλη διαφορά φάσης, όπου η θερμική ενέργεια που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας επιστρέφεται τη νύχτα.

Τα χωρητικά δάπεδα και οι οροφές φορτίζονται με θερμική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια ακτινοβολούν την ενέργεια αυτή πίσω στον συνδεδεμένο χώρο. Στην περίπτωση των δαπέδων θα πρέπει να τονιστεί ότι η θερμική σταθερότητα του εδάφους είναι πολύ σημαντική, όπως στην περίπτωση υπόγειων κτιρίων όπως τα σπήλαια (Mileto, 2012), αλλά αυτό ισχύει επίσης για τα υπόγεια και ημιυπόγεια κτίρια (Neila et al, 2008- Foglia, 2011- Labs, 1982).

Στην περίπτωση των στεγών, η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι οι οροφές νερού που ρυθμίζουν την εσωτερική θερμοκρασία (Εικόνα 2.2). Αυτή είναι μια συνηθισμένη λύση σε ξενοδοχεία σε θερμές περιοχές, για λόγους όπως η εγκατάσταση πισινών στον τελευταίο όροφο για την παροχή κλιματισμού στον επάνω όροφο. Σε διάφορους βαθμούς, οι κήποι στις στέγες συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ζήτησης ενέργειας (εικόνα 2.3) (Watson & Labs, 1993).



Εικόνα 2.2. Οροφή νερού στο Apeldoorn



Εικόνα 2.3. Κήπος στο Chicago City Hall

Οι γυάλινες στοές (Εικόνα 2.4) είναι αρχιτεκτονικά στοιχεία που συλλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, εξοικονομούν ενέργεια μέσω της χρήσης περιφράξεων, δαπέδων και συμβατικών χωρητικών υλικών και στη συνέχεια επιστρέφουν την ενέργεια πίσω.



Εικόνα 2.4. Στοά με γυάλινη οροφή, Galleria, Μιλάνο

Τα γειτονικά θερμοκήπια με διαφανείς επιφάνειες επιτρέπουν τη διέλευση ακόμη περισσότερης ηλιακής ακτινοβολίας - μια πολύ παρόμοια βιοκλιματική στρατηγική. Σε ψυχρότερες περιοχές, η στρατηγική του θερμοκηπίου είναι καταλληλότερη από τις προηγούμενες στρατηγικές (Neila et al., 2008- Foglia, 2011- Labs, 1982). Μια άλλη παρόμοια στρατηγική είναι το "τείχος θρόμβων". Τα τοιχώματα θρόμβων είναι τεράστια τοιχώματα που καλύπτονται με εξωτερικό γυαλί και χαρακτηρίζονται από την παρουσία αεραγωγών μεταξύ των στρώματων. Το γυαλί κολλάει στον τοίχο και γίνεται μέρος της πρόσοψης, χωρίς να αφήνει ζωτικό χώρο ανάμεσα στα στρώματα. Αυτός ο συμπαγής τοίχος απορροφά και αποθηκεύει την ηλιακή ενέργεια μέσω του γυαλιού. Μέρος αυτής της ενέργειας μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου (δωματίου) μέσω της αγωγής μέσω του τοίχου. Εν τω μεταξύ, ο ψυχρός αέρας εισέρχεται στους αγωγούς από τα δωμάτια μέσω των αεραγωγών στον κάτω τοίχο, θερμαίνεται από τους τοίχους και ανεβαίνει λόγω άνωσης (Neila et al., 2008- Foglia, 2011- Labs, 1982).

Τα ανοίγματα στην οροφή (Εικόνα 2.5) είναι ένα άλλο στοιχείο για τη σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας, συμβάλλοντας στη συσσώρευση θερμικής ενέργειας στα χωρητικά υλικά. Για παράδειγμα, φεγγίτες πάνω από βεράντες που γειτνιάζουν με χώρους διαβίωσης. Αυτοί οι χώροι διαβίωσης επωφελοούνται από τη συσσώρευση θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία στο αίθριο. Κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών, τα ανοίγματα αυτά θα πρέπει να είναι κλειστά για να αποφεύγεται η υπερβολική ακτινοβολία. Η στρατηγική αυτή είναι πολύ συνηθισμένη στη νότια Ισπανία (Neila et al, 2008- Foglia, 2011- Labs, 1982).



Εικόνα 2.5. Ανοίγματα στην οροφή

2.2.4. Ενεργή ηλιακή θέρμανση

Ο σκοπός της ενεργητικής ηλιακής θέρμανσης είναι παρόμοιος με αυτόν της παθητικής ηλιακής θέρμανσης. Ωστόσο, στην περίπτωση της ενεργής θέρμανσης, το υγρό θερμαίνεται και στη συνέχεια θερμαίνεται το εσωτερικό του σπιτιού (Manzano-Agugliaro et al. 2015). Ορισμένες φορές, όταν οι κλιματικές συνθήκες αντιστοιχούν σε τιμές θερμοκρασίας 1-7°C, απαιτείται μικρή ποσότητα ενέργειας για τη μετακίνηση και τη διάχυση αυτού του θερμικού κέρδους (βλ. περιοχή 5 στην Εικόνα 2.1). Τα παθητικά συστήματα από μόνα τους δεν μπορούν να παρέχουν ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον, αλλά μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να δέχονται την ακτινοβολία όταν χρειάζεται και να διασφαλίζουν ότι

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

η ακτινοβολία αυτή δεν διαφεύγει εκτός του κτιρίου. Για να γίνει αυτό, είναι σημαντικό να γίνουν σωστά οι αρμοί και τα τζάμια, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στους τοίχους και τις στέγες, ιδίως στα ανοίγματα. Ηλιακά θερμικά κύτταρα χαμηλής θερμοκρασίας ή φωτοβολταϊκά κύτταρα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δέσμευση ενέργειας στο κτίριο και την παραγωγή ενέργειας για τα συμβατικά συστήματα θερμικού κλιματισμού. Συνήθως, τα εγκατεστημένα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης με ακτινοβολία και τα θερμαντικά σώματα διανέμουν ενέργεια και μοιράζονται ενέργεια με τα εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης νερού (Parameshwaran et al, 2012).

2.2.5 Ύγρανση

Η έλλειψη υγρασίας στον αέρα μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές παθήσεις στον άνθρωπο λόγω υπερβολικής ξηρότητας της αναπνευστικής οδού και δερματίτιδα που χαρακτηρίζεται από ξηρό δέρμα. Για το λόγο αυτό, σε ορισμένες κλιματικές ζώνες είναι απαραίτητο να συμπληρώνεται ο εσωτερικός αέρας με υδρατμούς. Στόχος αυτής της στρατηγικής είναι η επίτευξη άνεσης μέσω της αύξησης της σχετικής υγρασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή αέρα που περνά πάνω από την επιφάνεια του νερού. Ο αέρας αυτός μπορεί να μετακινηθεί μέσω διαφοράς πίεσης (παθητικά) ή μέσω μηχανικών διατάξεων (ενεργά). Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί σε εύρος θερμοκρασιών έως 22,5°C. Το επίπεδο της σχετικής υγρασίας ποικίλλει, αλλά φτάνει το 40% στους 10°C (ζώνη 6 στην Εικόνα 2.1). Η πιο συνηθισμένη στρατηγική βιοκλιματικής κατασκευής είναι η εισαγωγή υγρασίας μέσω συνθηκών ροής αέρα στον περιβάλλοντα χώρο. Οι πιο συνηθισμένες στρατηγικές είναι η παρουσία βλάστησης, όπως κοντά σε κτίρια και αυλές, υδάτινες επιφάνειες και σιντριβάνια, ή ειδικές εγκαταστάσεις, όπως θαμμένοι σωλήνες ή υγρά φίλτρα που γεμίζουν κατά το ένα τρίτο με νερό για να επιτρέπουν τη διέλευση του αέρα (Cabeza et al, 2011).

2.2.6 Παραδοσιακή θέρμανση

Οι παθητικοί ηλιακοί σχεδιασμοί μπορεί να μην επαρκούν για την παροχή θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους, ιδίως σε περιοχές με ακραία κλίματα. Η ζώνη 7 αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες μεταξύ -5 και 1°C (Εικόνα 2.1). Σε αυτή την περίπτωση, οι παθητικές στρατηγικές δεν θα παρέχουν μια ζώνη άνεσης σε εσωτερικούς χώρους και θα πρέπει να αυξηθεί η μέση θερμοκρασία κατά 20°C με εξοπλισμό που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια, αέριο, πετρέλαιο ή άνθρακα. Το χειμώνα, μια θερμοκρασία περίπου 20°C είναι αρκετή για

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος άνεση. Επιπλέον, μια πτώση της θερμοκρασίας κατά 1°C οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας κατά 8%. Σε πολλές κλιματικές ζώνες, η θερμότητα που συσσωρεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απενεργοποίηση της θέρμανσης τη νύχτα. Εάν οι άνθρωποι πρόκειται να λείψουν μόνο για λίγες ώρες, είναι χρήσιμο να ρυθμιστεί το επίπεδο του θερμοστάτη στους 15°C (ή μια οικονομική ρύθμιση σε ορισμένες συσκευές) (Chan et al, 2010).

Η καλύτερη τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων και άλλων θερμαντικών σωμάτων είναι κάτω από τα παράθυρα, ώστε να αξιοποιείται στο έπακρο η ακτινοβολούμενη θερμότητα. Συνιστάται επίσης να μην εμποδίζονται τα θερμαντικά σώματα με έπιπλα, ώστε να αξιοποιείται καλύτερα η θερμότητα. Συνιστάται ο καθαρισμός των κυκλωμάτων θέρμανσης στην αρχή της σεζόν κατά την έναρξη λειτουργίας, καθώς η συσσώρευση αέρα στα κυκλώματα θέρμανσης εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας. Συνιστάται η μείωση της θερμοκρασίας του θερμοστάτη ή η απενεργοποίηση της θέρμανσης σε μη κατειλημμένους χώρους για να αυξηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας (Manzano-Agugliaro et al. 2015).

2.2.7 Ηλιακή προστασία

Η ζώνη αυτή αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες άνω των 20°C (ζώνη 8, Εικόνα 2.1). Στην περίπτωση αυτή, η στρατηγική των βιοκλιματικών κτιρίων είναι να αποφεύγεται η αύξηση της θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία και να αποφεύγεται η άνοδος της θερμοκρασίας παραμένοντας στη ζώνη άνεσης. Η προστασία επικεντρώνεται σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου, αλλά μπορεί επίσης να εφαρμοστεί γενικά στο κέλυφος του κτιρίου. Η θωράκιση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα, όπως η χρήση φυλλοβόλων δέντρων, κληματαριών, βεραντών και στεγάστρων φυτεμένων με φυλλοβόλα δέντρα, καθώς και εσωτερικών και εξωτερικών περσίδων και εξωτερικών πτυχών. και άλλων αρχιτεκτονικών στοιχείων. Ο τελευταίος πόρος χρησιμοποιείται ως εξωτερικό κτιριακό δίκτυο σε ορισμένα δημόσια κτίρια σε πολύ θερμές περιοχές (García-Chavez, 1985).

2.2.8 Ψύξη με υψηλή θερμική μάζα

Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στη ζώνη 9 στην Εικόνα 2.1, η οποία οριοθετείται από μια θερμοκρασία μεταξύ 20°C και 35°C και τη διακεκομμένη γραμμή που εκτείνεται από την τομή των 24°C και 80-50% RH έως τους 35°C και 30% RH. Η στρατηγική αυτή εξασφαλίζει ομοιομορφία της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, καθώς η θερμική μάζα του

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

κελύφους του κτιρίου δέχεται την ακτινοβολία και τη μεταδίδει στο εσωτερικό με διαφορά φάσης. Τα χωρητικά υλικά συμβάλλουν στη δημιουργία διαφοράς φάσης στην καθημερινή μεταφορά ενέργειας και μετριάζουν την ένταση. Η διάχυση μέσω των προσόψεων και των οροφών είναι σημαντική τη νύχτα. Η εγκατάσταση κινητών προστατευτικών συσκευών κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι ιδανική. Ένα παράδειγμα είναι το στέγαστρο πάνω από το αίθριο στη Σεβίλλη (Εικόνα 2.6). Η στρατηγική αυτή είναι πολύ κατάλληλη σε κλίματα όπου οι θερμοκρασίες είναι κοντά σε άνετα επίπεδα (Manzano-Agugliaro et al. 2015).



Εικόνα 2.6. Τέντες σε αίθρια στη Σεβίλλη

2.2.9. Ψύξη με εξάτμιση

Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στη ζώνη 10 (Εικόνα 2.1) και περιορίζεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 40,5°C και σε μια διακεκομμένη γραμμή που εκτείνεται από μια τομή στους 25,5°C και 75% σχετική υγρασία σε μια τρίτη τομή στους 40,5°C και 10% σχετική υγρασία μέσω μιας τομής στους 38,5°C και 20% σχετική υγρασία. Η στρατηγική αυτή συνιστάται ιδιαίτερα σε περιοχές με ξηρό κλίμα. Στοχεύει στην επίτευξη άνεσης με τη μείωση της θερμοκρασίας μέσω της εξάτμισης του νερού και την ταυτόχρονη αύξηση της σχετικής υγρασίας. Η ύγρανση μπορεί να επιτευχθεί μέσω φυτεύσεων σε εξωτερικούς χώρους, νερού (λίμνες και σιντριβάνια), θαμμένων σωλήνων που γεμίζουν με νερό από ένα τρίτο, αυλές γεμάτες νερό και το αποτέλεσμα της μείωσης της θερμοκρασίας και της αύξησης της σχετικής υγρασίας. και φυτεύσεων που μειώνουν τη θερμοκρασία και αυξάνουν τη σχετική υγρασία. Διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής, φυτοκάλυψη, ψεκάσμος νερού στην οροφή και σε εσωτερικούς χώρους για τη μείωση των θερμοκρασιών πάνω από το κεφάλι και τη δημιουργία κυκλοφορίας του αέρα μέσω συναγωγής (Holdsworth, 2005).

2.2.10. Ψύξη μεγάλης θερμικής μάζας μέσω μετασκευής κατά τη διάρκεια της νύχτας

Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στη ζώνη 11 του διαγράμματος Gibbs (Εικόνα 2.1), η οποία περιορίζεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 44°C και είναι ασυνεχής από μια διασταύρωση 44°C και 5% σχετική υγρασία έως μια διασταύρωση 31,5°C και 32% σχετική υγρασία και μια τελική διασταύρωση 24°C και 80% σχετική υγρασία. Η στρατηγική συνίσταται στο να ληφθεί υπόψη η διαφορά φάσης μεταξύ των θερμοκρασιών περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και να πραγματοποιηθεί η αναβάθμιση τη νύχτα. Αυτό είναι αποτελεσματικό σε κλίματα με μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Το κέλυφος του κτιρίου πρέπει να είναι κατασκευασμένο από χωρητικά υλικά που μεταφέρουν ενέργεια με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διαφορά φάσης (περίπου 12 ώρες), με κάποια εξασθένηση. Τη νύχτα, η θερμότητα πρέπει να διαχέεται και να αναγεννάται μέσω ανοιγμάτων, αυλών και στεγών (Manzano-Agugliaro et al, 2015).

2.2.11. Ψύξη μέσω φυσικού και μηχανικού αερισμού

Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στη ζώνη 12 (Εικόνα 2.1), με τιμές θερμοκρασίας μεταξύ 20°C και 31,5°C, σχετική υγρασία μεταξύ 95% και 20%, που διαχωρίζονται από μια διακεκομμένη γραμμή που εκτείνεται από την τομή των 31,5°C και της 50% σχετικής

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος υγρασίας έως τους 26,5°C και την 95% σχετική υγρασία. Αυτό παρέχει μεγαλύτερη αίσθηση ζεστασιάς και ταυτόχρονα καθαρίζει τον αέρα του εσωτερικού χώρου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό τρόπο με τη χρήση προσόψεων βόρειου-νότιου προσανατολισμού, πλευρικού αερισμού στους επικρατούντες ανέμους, το φαινόμενο της καμινάδας, ηλιακούς θαλάμους, υπόγειο αερισμό, ανεμογεννήτριες, κατακόρυφους πύργους απαγωγής, κατακόρυφους χώρους εντός των κτιρίων, εσωτερικές αυλές κ.λπ. Επιπλέον, το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να επιτευχθεί μηχανικά μέσω ανεμιστήρων και φυσητήρων (Chan et al, 2010).

2.2.12. Κλιματισμός

Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στη ζώνη 13 στην Εικόνα 2.1 και έχει ως στόχο την επίτευξη άνεσης με την εισαγωγή κλιματιστικών για τη μείωση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Το καλοκαίρι, ωστόσο, μια θερμοκρασία 26°C είναι επαρκής και δεν είναι απαραίτητη η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, δύο πολύ συνηθισμένες συστάσεις για τη χρήση του κλιματιστικού είναι να μην ρυθμίζεται ο θερμοστάτης σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τη συνηθισμένη, καθώς έτσι γίνεται σπατάλη ενέργειας, και να απενεργοποιείται το κλιματιστικό όταν το σπίτι είναι άδειο (Mileto et al, 2012).

2.2.13. Συμβατική αφύγρανση

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται η ζώνη 14, η οποία αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες άνω των 25°C και σχετική υγρασία άνω του 80%. Ο στόχος είναι να ενσωματωθούν στρατηγικές απορρόφησης νερού από το περιβάλλον για την επίτευξη της ζώνης άνεσης.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση απορροφητικών αλάτων και αλατούχων διαλυμάτων και πρέπει να συμπληρώνεται από άλλες στρατηγικές (Manzano-Agugliaro et al. 2015)

2.2.14. Οικιακός κλιματισμός

Όταν οι βιοκλιματικές στρατηγικές δόμησης δεν μπορούν από μόνες τους να δημιουργήσουν ζώνες άνεσης στα κτίρια, αυτές οι φυσικές λύσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούνται επιπλέον των μηχανικών στρατηγικών, όπως ο κλιματισμός (Cook, 1983). Αυτή η ενότητα παρέχει συμβουλές και συμβουλές σχετικά με τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κλιματισμού στο σπίτι.

Σε αυτό το τμήμα, ο κλιματισμός ορίζεται ως ο έλεγχος και η διαχείριση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο σπίτι, συμπεριλαμβανομένων των προσπαθειών θέρμανσης με κρύο καιρό και εποχιακά και των προσπαθειών ψύξης με ζεστό καιρό και εποχιακά (Cook, 1983). Η σωστή μόνωση ενός σπιτιού μπορεί να μειώσει τη διαρροή θερμότητας το χειμώνα και την ανάγκη για ψύξη το καλοκαίρι. Τα σπίτια με πολύ καλά μονωμένους τοίχους και οροφή και παράθυρα με διπλά τζάμια μπορούν να προσφέρουν κάποια εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και να μειώσουν την ηχορύπανση (Cook, 1983). Ομοίως για τα νέα κτίρια, ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτιρίου -σχεδιάζοντας την κύρια πρόσοψη προς το νότο και αποφεύγοντας την κατασκευή κακώς μονωμένων παραθύρων ή τοίχων στη δυτική πλευρά του σπιτιού- θα μεγιστοποιήσει τις ώρες του φωτός της ημέρας και θα συμβάλει έτσι σημαντικά στη μείωση του ενεργειακού κόστους. Το χειμώνα, αυτό εξοικονομεί το κόστος θέρμανσης. Ωστόσο, σημαντική εξοικονόμηση στην ψύξη μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την αποτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι. Οι τέντες, οι περσίδες και οι κουρτίνες μπορούν να συγκρατήσουν τη θερμότητα τη νύχτα το χειμώνα και να εμποδίσουν τη θερμότητα να εισχωρήσει το καλοκαίρι. Σε θερμά κλίματα, οι ανοιχτόχρωμες στέγες και οι εξωτερικοί τοίχοι αντανακλούν τις ακτίνες του ήλιου, αποτρέποντας τη θερμότητα και βελτιώνοντας τον εσωτερικό φωτισμό. Επιπλέον, σε τέτοια κλίματα, οι ανεμιστήρες (κατά προτίμηση ανεμιστήρες οροφής) μπορεί να είναι επαρκείς για τη διατήρηση των επιπέδων άνεσης (Cook, 1983).

Ο σωστός αερισμός μπορεί γενικά να επιτευχθεί ανοίγοντας ένα παράθυρο για 10 λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων συνιστάται να απενεργοποιήσετε τη θέρμανση ή τον κλιματισμό. Συνιστάται να εγκατασταθούν θερμοστάτες ή προγραμματιζόμενα ρολόγια για τη ρύθμιση των θερμοκρασιών των διαφορετικών χώρων μέσα στο σπίτι ως συναρτήσεις των καθεστώτων κατάληψής τους. Συνιστάται ο εγκατεστημένος εξοπλισμός για την ψύξη ή/και τη θέρμανση του σπιτιού να είναι πολύ αποδοτικός και να λαμβάνονται υπόψη οι προβλεπόμενες χρήσεις του εξοπλισμού και οι διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά των χώρων που πρόκειται να θερμανθούν ή να ψυχθούν. Ομοίως, συνιστάται η εκτέλεση της κατάλληλης συντήρησης και επιθεωρήσεων του εξοπλισμού κλιματισμού για την παράταση της διάρκειας ζωής αυτών των μηχανών και τη βελτίωση της ασφάλειας της χρήσης τους (Cook, 1983).

2.3 Παρούσα Περιβαλλοντική Πραγματικότητα

Η κλιματική κρίση είναι ένας όρος που περιγράφει την υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, και τις επιπτώσεις τους. Αυτός ο όρος και ο όρος κλιματική έκτακτη ανάγκη έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν την απειλή της υπερθέρμανσης του πλανήτη για την ανθρωπότητα και τον πλανήτη και για να προτρέψουν τον επιθετικό μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Mukheibir & Mallam, 2019). Στο επιστημονικό περιοδικό BioScience, ένα άρθρο του Ιανουαρίου 2020, που επικυρώθηκε από περισσότερους από 11.000 επιστήμονες σε όλο τον κόσμο, ανέφερε ότι «η κλιματική κρίση έφτασε» και ότι «απαιτείται τεράστια αύξηση της κλίμακας στις προσπάθειες διατήρησης της βιόσφαιράς μας για να αποφευχθούν ανείπωτα δεινά λόγω της κλιματικής κρίσης». (Ripple et al, 2021). Σύμφωνα με μελέτες, αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα, υπάρχει ο κίνδυνος η θερμοκρασία του πλανήτη μας να ανέλθει στους 4 βαθμούς Κελσίου έως το 2100 και η στάθμη της θάλασσας να ανέβει κατά ένα μέτρο. «Ο καθένας μπορεί να συνειδητοποιήσει τις καταστροφικές συνέπειες για την ανθρωπότητα και ειδικά για τους φτωχότερους αυτού του κόσμου», όπως προειδοποιεί ο Τζιμ Γιονγκ Κιμ, Πρόεδρος της Παγκόσμιας Τράπεζας (Tzim, 2012).

Η αναθεωρημένη στρατηγική της Λισαβόνας το 2010, με στόχο το 2020, εστιαζόταν στην ενέργεια και την κλιματική αλλαγή και κινούταν προς την εφαρμογή του δόγματος «20-20-20», που σημαίνει ότι έως το 2020 οι εκπομπές αερίων ρύπων στην ΕΕ-27 θα έπρεπε να μειωθεί κατά 20% σε σύγκριση με το 1990, η συμμετοχή των ΑΠΕ να φτάσει το 20% της κατανάλωσης ενέργειας και η κατανάλωση ορυκτών πηγών ενέργειας να μειωθεί κατά 20% με αυξημένη ενεργειακή απόδοση. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010). Οι στόχοι αυτοί δεν επιτευχθήκαν και υπήρξε η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (11 Δεκεμβρίου 2019), η οποία είναι η νέα στρατηγική της Ευρώπης για την ανάπτυξη. Στον πυρήνα της βρίσκεται ο στόχος να καταστεί η Ευρώπη η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος στον κόσμο έως το 2050 (Ανδρέου, 2021).

Η απανθρακοποίηση (αναφέρεται στη διαδικασία μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκύπτουν από την ανθρώπινη δραστηριότητα στην ατμόσφαιρα. Ο τρέχων (και αισιόδοξος) στόχος της απαλλαγής από τον άνθρακα είναι, τελικά, να εξαλειφθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Για να επιτύχουμε βαθιά απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές, πρέπει να επανεξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο παράγουμε και καταναλώνουμε ενέργεια και να κάνουμε μια ριζική μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πηγές ενέργειας με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Σύμφωνα με το Παγκόσμιο

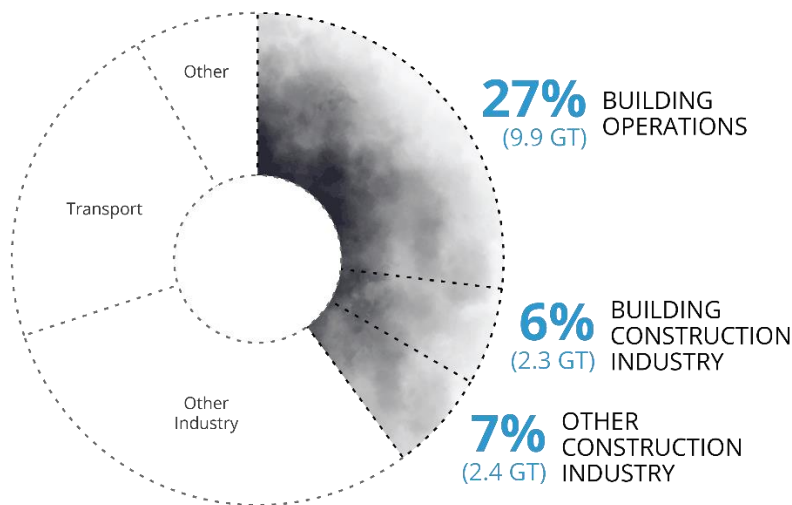
Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος Οικονομικό Φόρουμ (2015), η πλήρης απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές των ενεργειακών μας συστημάτων είναι η μόνη λύση για τη σταθεροποίηση του κλίματος.

Μετά τη βελτίωση της προόδου της απανθρακοποίησης που αναφέρθηκε στην Έκθεση Παγκόσμιας Κατάστασης του 2020 για τα Κτίρια και τις Κατασκευές – αποτέλεσμα της πανδημίας COVID-19 – το Global Buildings Climate Tracker διαπιστώνει ότι ο τομέας των κτιρίων παραμένει εκτός τροχιάς για την επίτευξη απανθρακοποίησης έως το 2050 (IEA, 2022). Η απαλλαγή του κτιριακού αποθέματος έχει παρεκκλίνει από τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού (IEA, 2022). Το 2021, ο δείκτης απανθρακοποίησης κτιρίων είναι μόνο στις 8,1 μονάδες από 100 ενώ θα έπρεπε να είναι πάνω από 17,1 μονάδες από 100. Αυτό δείχνει ότι ο κλάδος επιτυγχάνει περίπου το ήμισυ της απαραίτητης απανθρακοποίησης. Το χάσμα μεταξύ της πραγματικής απόδοσης απανθρακοποίησης και της επιθυμητής διαδρομής διευρύνεται από το 2018. Η σημαντική ανάκαμψη στις εκπομπές του κτιριακού τομέα (εικόνα 2.7) επιβεβαιώνει ότι η ώθηση στην απαλλαγή από τον άνθρακα κατά τη διάρκεια της πανδημίας ήταν προσωρινή. Καμία διαρθρωτική, συστημική βελτίωση δεν επιτεύχθηκε στον κτιριακό τομέα, αφήνοντάς τον ευάλωτο σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι διακυμάνσεις των τιμών καταναλωτή, ο πληθωρισμός και οι αλλαγές θερμοκρασίας (IEA, 2022).

Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, ο κτιριακός τομέας, ο οποίος καταναλώνει το 41% της ενέργειας και είναι υπεύθυνος για την εκπομπή του 40% των αερίων του θερμοκηπίου, καλείται να συμβάλει αποφασιστικά στη βελτίωση του αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει (IEA, 2022):

- με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας
- δίνοντας έμφαση στον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων
- Με ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων
- Χρήση ΑΠΕ για την απαιτούμενη λειτουργική δράση.

Annual Global CO₂ Emissions



Εικόνα 2.7. Κατανομή εκπομπών CO₂ ανά τομέα

Πηγή: IEA, 2022

2.4 Προς Κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας

Είναι προφανές ότι η υλοποίηση κτιριακών κελυφών με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στις μέρες μας ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 42% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας, οι μεταφορές το 33% και οι βιομηχανίες 26%. Το 80% της ενέργειας καταναλώνεται από κτίρια με μέγεθος μικρότερο από 1000m², ενώ το 66% της ενέργειας που καταναλώνεται από κάθε κτίριο απορροφάται από την ενεργειακή ψύξη (IEA, 2022).

Ως καθαρό μηδενικής ενέργειας ορίζουμε το κτίριο εκείνο που έχει πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και αυτό διασφαλίζεται από τις ΑΠΕ (IEA, 2022).

Οι ενεργειακοί κώδικες των κτιρίων διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και στη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Επιτρέπουν στις κυβερνήσεις να επιβάλλουν πρότυπα για την κατασκευή και τη συντήρηση κτιρίων τα οποία, όταν εφαρμόζονται σωστά, διασφαλίζουν ότι το υλικό του κτιρίου πληροί τα κριτήρια για την αποτροπή της ροής θερμότητας, τη διατήρηση των ρυθμών αερισμού και τον λειτουργικό εξοπλισμό του κτιρίου να πληροί τα πρότυπα χρήσης ενέργειας. Οι ενεργειακοί κώδικες κτιρίων πρέπει να σχεδιάζονται με γνώμονα τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και τη

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

χρήση του κτιρίου. Είναι σημαντικά όχι μόνο στο στάδιο της κατασκευής νέων κτιρίων, αλλά και για τη συντήρηση και μετασκευή υφιστάμενων κτιρίων. Ο οδικός χάρτης Net-Zero 2050 του IEA απαιτεί το 50 τοις εκατό των υφιστάμενων κτιρίων να έχουν μετασκευαστεί σε κατάσταση ετοιμότητας μηδενικού άνθρακα έως το 2040 (IEA 2021b). Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, απαιτείται μια δραματική αύξηση της παρουσίας ενεργειακών κωδίκων κτιρίων παγκοσμίως.

Τα κτίρια μηδενικής ενέργειας πρέπει να βασίζονται στα ακόλουθα.

- Σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του μικροκλίματος και τις πρακτικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού
- Παθητικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης
- Παραγωγή ζεστού νερού από ηλιακά συστήματα
- Χρήση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων και άλλων ΑΠΕ
- Χρήση συσκευών με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

2.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργητικά και παθητικά συστήματα

Η ενεργητική και η παθητική ηλιακή θέρμανση είναι δύο διαφορετικές τεχνικές που εκμεταλλεύονται την ίδια πηγή ενέργειας. Η σύγκριση της παθητικής έναντι της ενεργητικής ηλιακής ενέργειας απαιτεί πρώτα την κατανόηση των σχετικών όρων. Και οι δύο αυτές τεχνικές είναι μέθοδοι «ηλιακής θέρμανσης». Η ηλιακή θέρμανση ορίζεται συγκεκριμένα ως θέρμανση χώρου στο εσωτερικό ενός κτιρίου μέσω της δέσμευσης και της μετατροπής της ακτινοβολούμενης ενέργειας από τον ήλιο. Η παθητική ηλιακή θέρμανση περιλαμβάνει το σχεδιασμό κατασκευών για την αξιοποίηση της θερμότητας και του φωτός από τον ήλιο χωρίς τη βοήθεια μηχανικών συσκευών. Η ενεργή ηλιακή θέρμανση χρησιμοποιεί συλλέκτες, συσκευές αποθήκευσης και αντλίες θερμότητας για τη συλλογή ηλιακής ενέργειας και τη διανομή της σε ένα σπίτι ή κτίριο (Knuutila et al, 2022).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αξιοποιεί το τοπικό κλίμα και στοχεύει στη διασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης. Ουσιαστικά αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την εφαρμογή παθητικών συστημάτων, τα οποία ενσωματώνονται στα κτίρια, αξιοποιώντας διάφορους περιβαλλοντικούς πόρους, όπως τον Ήλιο, τον άνεμο, το έδαφος, τη βλάστηση, το νερό κ.λπ.

Μπορούν να ληφθούν υπόψη βασικά συστήματα παθητικής ενέργειας (Toparlar et al, 2017):

- Κλίμα-τοποθεσία-προσανατολισμός

- Ηλιοσκίαση — σκίαση
- Φυσικός φωτισμός
- Φυσικός αερισμός
- Πράσινες στέγες
- Οργανικά υλικά

Ο σωστός προσανατολισμός του κτιρίου είναι νότιος με κάποια απόκλιση έως 30 προς Ανατολή-Δύση, συμβάλλει ουσιαστικά στην καλύτερη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Τοποθετώντας μεγάλες εκθέσεις στο Νότο και σπάνιες στο Βορρά, η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των νότιων χώρων και αντίστοιχα μειώνει τις απώλειες θερμότητας από το Βορρά. Με αυτόν τον σχεδιασμό δημιουργούνται καλύτερες συνθήκες μέσω εξαερισμού και χαμηλότερες απαιτήσεις για κλιματισμό.

Σημαντικοί παράγοντες της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου είναι (Toparlar et al, 2017):

- Μονώσεις
- Η στεγανότητα των κουφωμάτων
- Η χρήση θερμομόνωσης διπλών υαλοπινάκων

2.6 Συστήματα παθητικής ενέργειας

Με συστήματα παθητικής ενέργειας θωρακίζουμε το κτιριακό κέλυφος. Οι σωστές σκιάσεις έχουν μεγάλη σημασία για τη θερμική και οπτική άνεση των χώρων. Εξωτερικά σκιάστρα, όπως π.χ. Προεξοχές, εξωτερικές περσίδες, οι οποίες θα πρέπει να τοποθετούνται οριζόντια στις νότιες εκθέσεις και απότομα προς την Ανατολή και τη Δύση ακόμη και εξωτερικοί καμβάς και εσωτερικές περσίδες, προσφέροντας σημαντική προφύλαξη. Τέλος, η χρήση οικιακών συσκευών με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας προσφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη. Όλες οι συσκευές χαρακτηρίζονται ως προς την κατανάλωσή τους σε κλίμακα a-F, [ελάχιστη-μέγιστη και κατανάλωση] (Zhou et al, 2020).

Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης: Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης αποσκοπούν στη συλλογή ηλιακής ενέργειας, την αποθήκευσή της και τη διανομή της σε εσωτερικούς χώρους. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα, τα μη ανοιγόμενα παθητικά ηλιακά συστήματα, βασίζονται στη χρήση κατάλληλα προσανατολισμένων παραθύρων και στην

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

αξιοποίηση της θερμικής μάζας, ενώ άλλα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους. Οι ηλιακοί τοίχοι (τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, μοντέλα θερμοπυριτίου, τοίχοι τύπου Trombe-Michel) είναι λιγότερο συνηθισμένοι σε κτίρια γραφείων. Οι τοίχοι με νότιο προσανατολισμό (κατάλληλοι για την εφαρμογή των προαναφερθέντων συστημάτων) διαθέτουν ανοίγματα που επιτρέπουν το φυσικό αερισμό και το φως της ημέρας (Zhou et al, 2020).

Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού: Ένας από τους συνηθέστερους και ευκολότερους τρόπους φυσικού δροσισμού είναι η ηλιοπροστασία, δηλαδή η σκίαση του κτιρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως φυσικές φυτεύσεις, ειδικά γεωμετρικά στοιχεία, προεξοχές στον όγκο του κτιρίου, σκιάδια κάθε είδους, ειδικά τζάμια με επιστρώσεις ή ειδικές επεξεργασίες (Zhou et al, 2020).

Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού: Τα κατάλληλα συστήματα και τεχνικές θα πρέπει να εξασφαλίζουν επαρκείς ποσότητες (ικανοποιητικά επίπεδα φωτός) και ομοιόμορφη κατανομή, ώστε να αποφεύγονται οι έντονες διακυμάνσεις των επιπέδων, δηλαδή η θάμβωση. Εκτός από τα παραπάνω συστήματα κατακόρυφων ανοιγμάτων τοίχων και αίθριων, φωτεινών ραφιών (σε κατακόρυφα ανοίγματα) και φωτοσωλήνων στα κτίρια, υπάρχουν και ανοίγματα οροφής (και φωτοσωλήνες) στα κτίρια (Zhou et al, 2020).

2.7 Συστήματα ενεργητικής ενέργειας

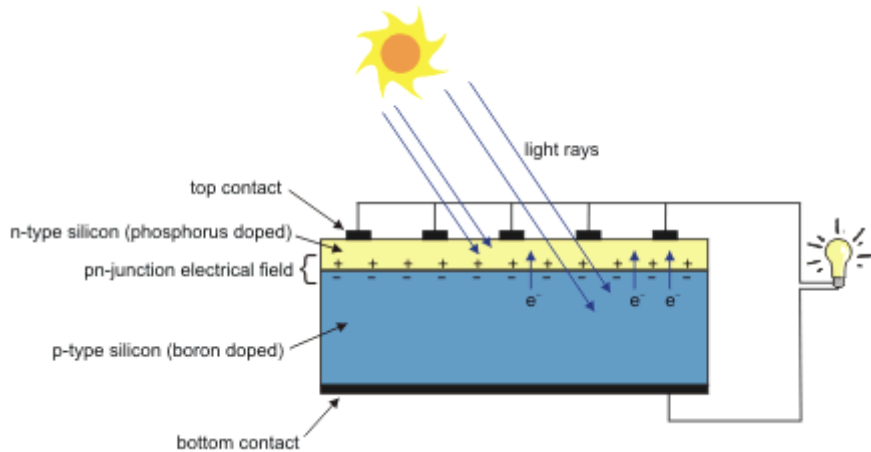
Τα ενεργητικά ενεργειακά συστήματα ονομάζονται εκείνα τα συστήματα που συλλέγουν το ηλιακό φως και χρησιμοποιούν θερμικά, είτε άμεσα είτε έμμεσα (π.χ. αιολική, γεωθερμία). Τα βασικά ενεργητικά ενεργειακά συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής (Zhou et al, 2020):

2.7.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (ΦΒ) είναι μια ιδιαίτερα διαδεδομένη Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Renewable Energy Sources-R.E.S.) τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα.

Χωρίζεται σε δύο τύπους, διασυνδεδεμένα με το κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και αυτόνομο δίκτυο με χρήση μπαταριών για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Το υλικό είναι ογκώδες ή μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (Εικόνα 2.8). Η

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος τοποθέτησή τους απαιτεί ειδικές προδιαγραφές ως προς τον προσανατολισμό και την αποφυγή σκίασης των Φ/Β πάνελ (Messenger και Ventre, 2004).



Εικόνα 2.8. Σχήμα δομής και λειτουργίας Φ/Β πάνελ

Χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά συστήματα στοχεύουμε (Messenger και Ventre, 2004):

- ☐ μείωση της ενέργειας που παράγεται σε εθνικό επίπεδο από ορυκτά καύσιμα
- ☐ σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, μέσω της μείωσης των ρυπογόνων αερίων
- ☐ οικονομική παραγωγή ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι πολλά. Επικεντρωνόμαστε εν συντομία στα εξής (Messenger και Ventre, 2004):

- ☐ Φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία
- ☐ Η ηλιακή ενέργεια είναι αποκεντρωμένο καύσιμο, διαθέσιμο παντού και δεν κοστίζει
- ☐ Αθόρυβη λειτουργία
- ☐ Σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- ☐ Μεγάλη διάρκεια ζωής (25 χρόνια)
- ☐ Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών των χρηστών
- ☐ Μπορεί να εγκατασταθεί σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές

□ Ευελιξία στις εφαρμογές, όπου λειτουργούν, τόσο ως αυτόνομα συστήματα όσο και ως υβριδικά συστήματα, όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και μπαταρίες για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

Υπολογίζεται ότι το κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, έχει αποσβέσει σε 10 χρόνια, όταν η συνολική διάρκεια ζωής είναι 25 χρόνια.

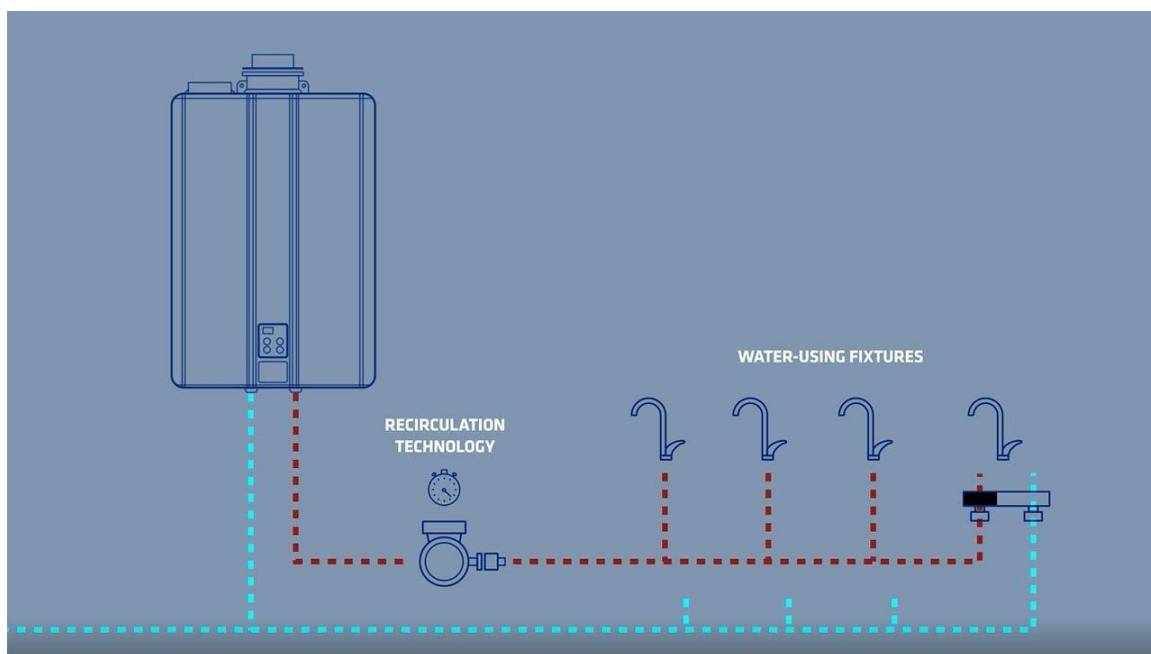
2.7.2 Θερμικά ηλιακά συστήματα

Η χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων είναι τόσο διαδεδομένη σε όλη την ΕΕ και στην Ελλάδα. (ΥΠΕΚΑ, 2012)

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες είναι η πιο κοινή τεχνολογία παραγωγής ζεστού νερού.

Χωρίζονται σε ανοιχτό και κλειστό κύκλωμα, με το δεύτερο να είναι το πιο διαδεδομένο, γιατί αντέχουν και σε χαμηλές θερμοκρασίες (Εικόνα 2.9).

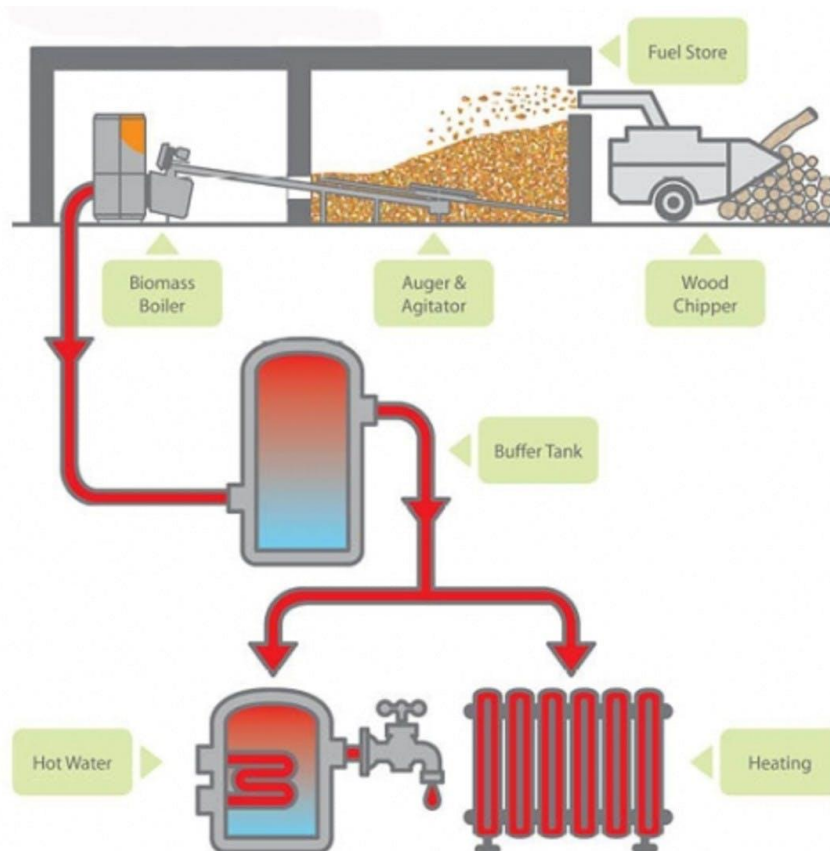
Συνδυαστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την ταυτόχρονη παραγωγή ζεστού νερού και θέρμανσης ή ψύξης, ακόμη και με κύρια εφαρμογή, θέρμανση υπό ροή και λειτουργία στους 40 ~ 50 oc (Ji et al., 2003).



Εικόνα 2.9. Σύστημα θερμοσίφωνα

2.7.3 Βιομάζα

Η βιομάζα δεν είναι πολύ διαδεδομένη αλλά είναι Ανανεώσιμο υλικό, τόσο για θέρμανση όσο και για παραγωγή ζεστού νερού. Αποτελείται από υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης, όπως δασοκομία, βιομηχανική, γεωργική, απόβλητα, ενεργειακές καλλιέργειες, προϊόντα αστικών απορριμμάτων. Η καύση βιομάζας χρησιμοποιείται είτε απευθείας μέσω θερμότητας, είτε μέσω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μέσω θερμοχημικής είτε βιοχημικής μετατροπής μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο, αέριο ή υγρή ή στερεή μορφή, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας και καυσίμων μεταφοράς (Vallios et al., 2009) (Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10. Σύστημα θέρμανσης με βιομάζα

2.7.4 Γεωθερμικές αντλίες

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία από τις πιο ήπιες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Η ενέργειά της αποθηκεύεται με τη μορφή θερμότητας κάτω από την επιφάνεια της γης. Η θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 2,00 m είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κυμαίνεται στη χώρα μας μεταξύ 14 και 18 °C. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εδάφους

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος και της επιφάνειας διατηρείται και οι γεωθερμικές αντλίες και οι σωλήνες του υπόγειου δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο και δεν εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές καιρικές συνθήκες (Lund, 2007).

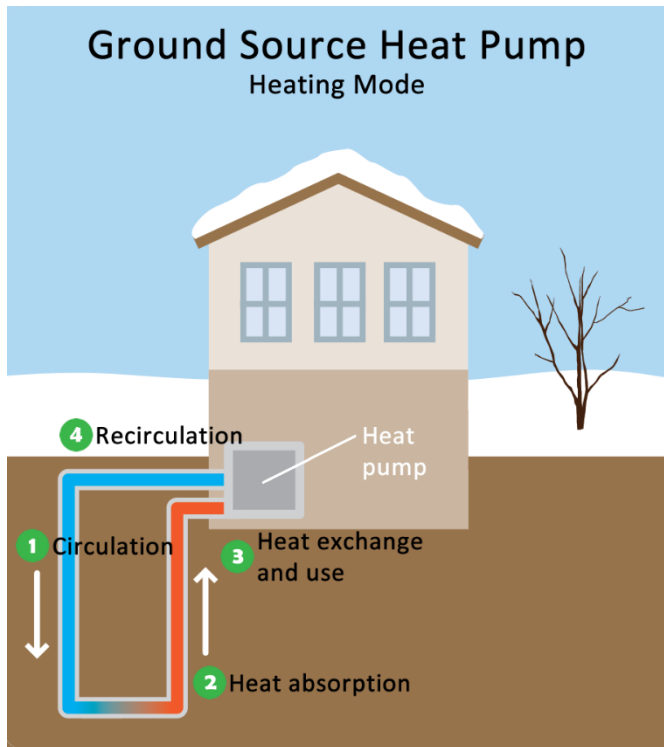
Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται σε δύο συστήματα.

Γεωθερμικά συστήματα κλειστού κύκλου.

Γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος.

Τα γεωθερμικά συστήματα κλειστού βρόχου χρησιμοποιούν έναν εναλλάκτη θερμότητας (γεωθερμική αντλία θερμότητας) που είναι εγκατεστημένος στο έδαφος με νερό που κυκλοφορεί μέσα από μια σειρά σωλήνων. Το νερό στη γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει χειμερινή θερμοκρασία περίπου 160°C και χρειάζεται 4-5°C για να επιστρέψει στο έδαφος. Παράγει ζεστό νερό στους 35-45°C, κατάλληλο για θέρμανση (συστήματα θέρμανσης νερού υπό ροή), με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους μπορούν να εγκατασταθούν σε οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη. Η οριζόντια διάταξη χρησιμοποιείται όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι επαρκής (Lund, 2007).

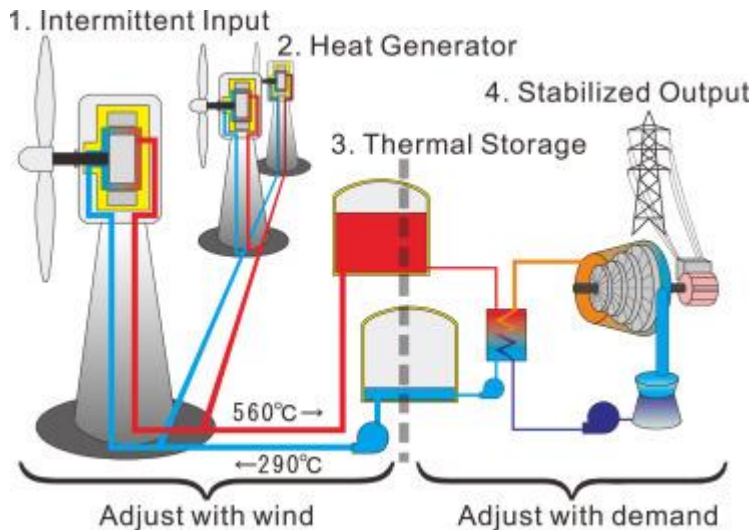
Τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού βρόχου αντλούν νερό από μια υπόγεια δεξαμενή μέσω ενός πηγαδιού και χρησιμοποιούν έναν ενδιάμεσο εναλλάκτη νερού που εγκαθίσταται μεταξύ της αντλίας θερμότητας και του γεωθερμικού ανοικτού βρόχου για να μεταφέρει ή να απορροφήσει ενέργεια στο σύστημα πριν επιστρέψει το νερό στην δεξαμενή. Το σύστημα αυτό είναι κατάλληλο για περιοχές με ρηχό υδροφόρο ορίζοντα. Οι σωληνώσεις στα γεωθερμικά συστήματα θα πρέπει να επιλέγονται υπόγεια για να αποφεύγονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδό τους στο κτίριο (Lund, 2007) (Εικόνα 2.11).



Εικόνα 2.11. Σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία

2.7.5 Μικρές ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες είναι ίσως η πιο διαδεδομένη ΑΠΕ, τόσο σε όλη την Ευρώπη όσο και στη χώρα μας. Αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν απευθείας το κύριο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ οι ανεμογεννήτριες χαμηλής ισχύος (s/c) συνιστώνται εφαρμογές μικρής κλίμακας για οικιακές εφαρμογές. Παράγεται τάση DC 12 ~ 24 V, η οποία με τη χρήση κατάλληλου μετατροπέα τάσης μετατρέπει το κεντρικό δίκτυο. Ο συνδυασμός μικρού a/c με φωτοβολταϊκά συστήματα δημιουργεί έναν πολύ καλό συνδυασμό οικιακής χρήσης R.E.S. (Okazaki και συν, 2015) (Εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12. Σύστημα θέρμανσης με ανεμογεννήτριες

2.7.6 Συστήματα διαχείρισης κτιρίων

Ένα σύστημα διαχείρισης κτιρίου ελέγχει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους ενός εγκατεστημένου κτιρίου. Τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων χρησιμοποιούν ένα δίκτυο αισθητήρων που λειτουργούν αυτόνομα ή κεντρικά και αποσκοπούν στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων μπορούν να ελέγχουν διάφορους τομείς ενός κτιρίου, όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο εξαερισμός, ο κλιματισμός, ο φωτισμός, η γενική διαχείριση της ενέργειας, ακόμη και παράγοντες όπως η ασφάλεια και η προστασία. Τα οφέλη από την ύπαρξη ενός συστήματος διαχείρισης περιλαμβάνουν την εξοικονόμηση ενέργειας, τη διαχείριση του φορτίου αιχμής και τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της λειτουργικότητας και της οικονομίας του κτιρίου. Τα συστήματα αυτά μπορούν εύκολα να λειτουργούν εξ αποστάσεως με ελάχιστο προσωπικό, προσφέρουν πολύ ευέλικτες δυνατότητες όσον αφορά τον προγραμματισμό, μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις των χρηστών του κτιρίου και τα συστήματά τους μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν, με ακρίβεια και χρόνο που δεν μπορεί να επιτευχθεί από το προσωπικό του κτιρίου, και με πολλαπλές αλληλοεξαρτώμενες λειτουργίες και μεγάλο όγκο δεδομένων. Η διαχείριση και η ανάλυση πολλαπλών αλληλεξαρτώμενων λειτουργιών και μεγάλου όγκου δεδομένων μπορεί εύκολα να επιτευχθεί ταυτόχρονα. Ταυτόχρονα, μπορεί να παρέχει συνεχείς πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες του κτιρίου, την απόδοση του συστήματος, τις απαιτήσεις συντήρησης και την αποκατάσταση βλαβών και να παρέχει στους διαχειριστές

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος του κτιρίου πληροφορίες - αναφορές - για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χρήση του κτιρίου και τον καθορισμό μελλοντικών προϋπολογισμών (Κεσίδου, 2011).

2.7.7 Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών

Η αντικατάσταση συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με νέες που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια είναι ένας άλλος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας στον χώρο εργασίας. Σύμφωνα με το άρθρο "Πράσινα γραφεία: Σχεδιασμός, πράσινα υλικά και διαχείριση" (Κεσίδου, 2011), τα υλικά που θα αντικατασταθούν θα πρέπει να είναι ενεργειακά πιστοποιημένα, να έχουν μεγάλο κύκλο ζωής, να είναι ανακυκλώσιμα υλικά ή να προέρχονται από εταιρείες με περιβαλλοντική πιστοποίηση.

2.8 Μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας

Σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ του 2009, όλα τα υφιστάμενα κτίρια πρέπει να γίνουν κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας έως το 2050, διαφορετικά η κατανάλωση θα αυξηθεί. Στα παλαιότερα κτίρια, προφανώς θα απαιτηθούν αναβαθμίσεις του περιβλήματος, κυρίως βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, η χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού, ενεργειακά αποδοτικού φωτισμού και ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού είναι το επόμενο βήμα για την εξοικονόμηση ενέργειας. Τέλος, θα πρέπει να προστεθούν μικρά k/s για να μηδενιστεί η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων (IEA, 2022).

Προφανώς, εάν η πρωτοβουλία αυτή της ΕΕ είναι επιτυχής, θα εξοικονομήσει τεράστια ποσά ενέργειας και, κατά συνέπεια, θα μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό το μεγάλο ευρωπαϊκό έργο απαιτεί διάφορες προϋποθέσεις, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι οι εξής (IEA, 2022):

- Ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογιών.
- Παροχή πληροφοριών στην αρμόδια επιστημονική ομάδα.
- Ανάπτυξη προγραμμάτων χρηματοδότησης.
- Ενημέρωση όλων των επηρεαζόμενων δημόσιων αρχών και δήμων.
- Ανάπτυξη των σχετικών τομέων.
- Συμμετοχή των πανεπιστημίων στην ανάπτυξη και διάδοση τεχνογνωσίας.
- Ενημέρωση της κοινότητας των χρηστών για τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Στην Ελλάδα, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας έως και 70% σε παλιά κτίρια με τη χρήση παθητικών συστημάτων στο κέλυφος του κτιρίου. Συγκεκριμένα, μπορούν να επιτευχθούν οι ακόλουθες μειώσεις (Union of communities Cyprus – Blachos, 2012) (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Εξοικονόμηση ενέργειας με παθητικά συστήματα στο κέλυφος

Παθητικά συστήματα	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Μόνωση εξωτερικών τοίχων	29-42%
Μόνωση δαπέδων	8-19%
Μόνωση ταράτσας	3-19%
Διπλά τζάμια	8-10%
Μειώστε τη διείσδυση αέρα	7-20%

Ομοίως μπορούμε να επιτύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης σε σημαντικά ποσοστά, αφού το 60% της ενέργειας που καταναλώνεται από ένα κτίριο δαπανάται για θέρμανση. Πιο συγκεκριμένα (Union of communities Cyprus – Blachos, 2012) (Πίνακας 2.2):

Πίνακας 2.2. Εξοικονόμηση ενέργειας με παθητικά συστήματα στο σύστημα θέρμανσης

Παθητικά συστήματα	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Νέος λέβητας	18%
Μόνωση σωλήνων	2%
Θερμοστατικές βαλβίδες	20%

Τέλος, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού, η οποία είναι το 14% της συνολικής ενέργειας. Με τη χρήση αποτελεσματικών συστημάτων ελέγχου και εξαρτημάτων, φυσικού φωτισμού, είναι δυνατό να εξοικονομηθεί ποσοστό 30-50% (Union of communities Cyprus - Blachos, 2012)

*Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και
Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος*

B. Ερευνητικό Μέρος

3. Περιγραφή της μεθόδου που θα ακολουθηθεί

3.1. Παρουσίαση κλιματικών δεδομένων περιοχής μελέτης

Τα περιφερειακά κλιματικά δεδομένα που βασίζονται στον Μετεωρολογικό Σταθμό Αθηνών (ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή μελέτης) έχουν ενσωματωθεί στη βιβλιοθήκη του λογισμικού σύμφωνα με τα οριζόμενα στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, "Κλιματικά δεδομένα των Ελληνικών Περιφερειών".

Στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία από όλες τις κατευθύνσεις στο οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο στην περιοχή του Μετεωρολογικού Σταθμού Αθηνών. Το υψόμετρο της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο είναι κάτω από 500 μέτρα. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

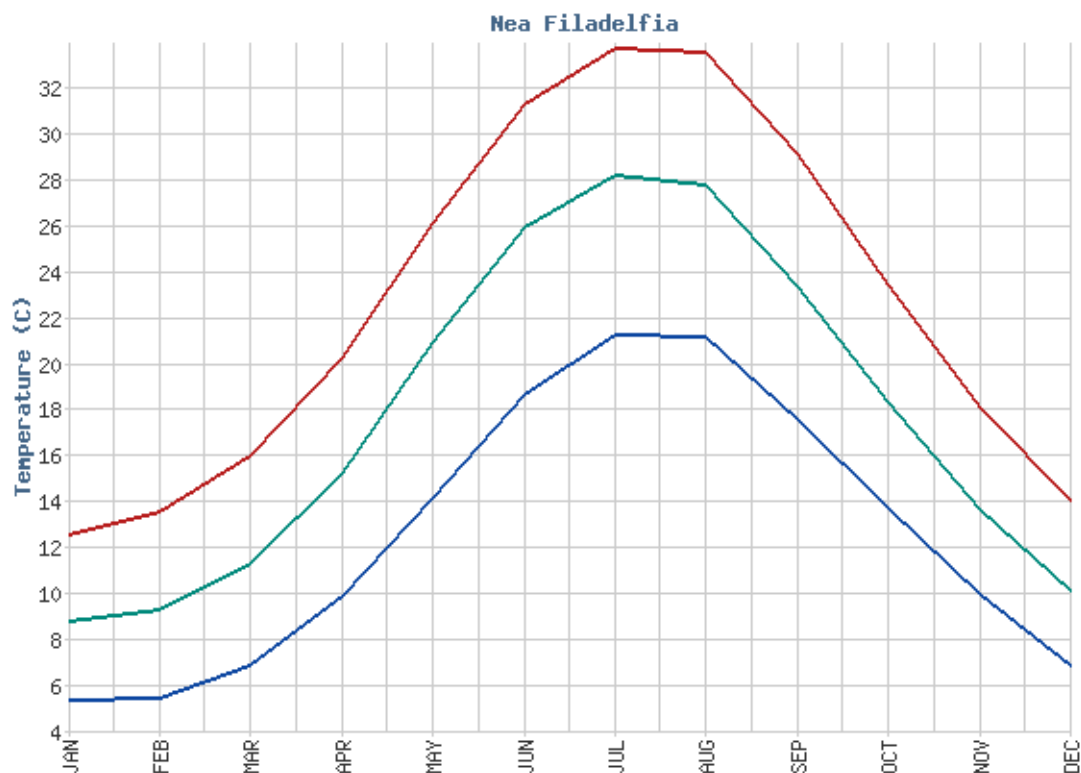
Η Αθήνα είναι η θερμότερη πόλη της ηπειρωτικής Ευρώπης και σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία το Λεκανοπέδιο της Αθήνας είναι επίσης η θερμότερη περιοχή της χώρας με μια μέση ετήσια θερμοκρασία στους 19.8°C. Το κυριότερο χαρακτηριστικό του αθηναϊκού κλίματος είναι η εναλλαγή παρατεταμένων ζεστών και ξηρών καλοκαιριών και ήπιων, υγρών χειμώνων. Με μέση ετήσια βροχόπτωση 433.1 χιλιοστών, βροχές εμφανίζονται μεταξύ των μηνών Οκτωβρίου και Απριλίου. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι ξηρότεροι μήνες, με καταιγίδες σπανίως, μια ή δύο φορές το μήνα. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και βροχεροί, με μέση θερμοκρασία του Ιανουαρίου 8.9°C στη Νέα Φιλαδέλφεια και 10.3°C στο Ελληνικό. Επιπρόσθετα, από τα στοιχεία του κλιματικού άτλαντα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας προκύπτει πως η Αθηναϊκή Ριβιέρα κατατάσσεται στα θερμά ημίξηρα κλίματα (Bsh) σύμφωνα με την Κλιματική ταξινόμηση Κέππεν. Οι χιονοπτώσεις είναι συχνότερες στα βόρεια προάστια της πόλης (Μαυρογιάννης, 1981).

Η ετήσια βροχόπτωση στην Αθήνα είναι χαρακτηριστικά χαμηλότερη από ότι σε άλλα μέρη της Ελλάδας, ιδιαίτερα στη δυτική Ελλάδα. Για παράδειγμα τα Ιωάννινα δέχονται γύρω στα 1.300 χιλ. το χρόνο και το Αγρίνιο περίπου 800. Τα μέσα ημερήσια υψηλά του Ιουλίου (1991-2020) έχουν μετρηθεί στους 34.8 °C στο μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας, όμως άλλα μέρη της πόλης μπορεί να είναι ακόμη πιο ζεστά, ιδιαίτερα οι δυτικές περιοχές της, εν μέρει λόγω της εκβιομηχάνισης και εν μέρει λόγω ορισμένων

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος φυσικών παραγόντων, ήδη γνωστών από τα μέσα του 19ου αιώνα (Μαυρογιάννης, 1981). Οι θερμοκρασίες ξεπερνούν συχνά τους 38 °C κατά τους γνωστούς καύσωνες στην πόλη.

Η πόλη της Αθήνας επηρεάζεται από το φαινόμενο της αστικής θερμονησίδας σε μερικές περιοχές, που προκαλείται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, αυξάνοντας τις θερμοκρασίες τους σε σχέση με τις γύρω αδόμητες περιοχές και επιφέρει αρνητικές συνέπειες στην κατανάλωση ενέργειας, τις δαπάνες για δροσιά και την υγεία. Η αστική θερμονησίδα της πόλης έχει επίσης βρεθεί ότι ευθύνεται εν μέρει για τις μεταβολές των κλιματολογικών θερμοκρασιακών χρονοσειρών συγκεκριμένων μετεωρολογικών σταθμών της Αθήνας, λόγω της επίδρασής της στις θερμοκρασίες και τις τάσεις τους, που καταγράφονται από αυτούς. Αφετέρου άλλοι μετεωρολογικοί σταθμοί, όπως εκείνοι του Εθνικού Κήπου και του Θησείου, επηρεάζονται λιγότερο ή καθόλου από την αστική θερμονησίδα. Η περιοχή της Αθήνας κατέχει το ρεκόρ του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού της υψηλότερης θερμοκρασίας, που έχει ποτέ καταγραφεί στην Ευρώπη, 48.0 °C στην Ελευσίνα και στο Τατόι στις 10 Ιουλίου 1977. Επιπρόσθετα, η Μητροπολιτική Αθήνα έχει καταγράψει θερμοκρασίες άνω των 47.5°C σε 4 διαφορετικές περιοχές τα τελευταία χρόνια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα της περιόδου 1955-2010, όπως προκύπτουν από τις καταγραφές της ΕΜΥ (Μαυρογιάννης, 1981).

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες συναντώνται στην Αθήνα κατά τους θερινούς μήνες, με τον Ιούλιο να κρατά τα πρωτεία, ενώ οι χαμηλότερες συναντώνται Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Αξιοσημείωτο είναι πως στο κέντρο της Αθήνας η θερμοκρασία δεν πέφτει υπό το μηδέν (Εικόνα 3.1, Πίνακας 3.1).

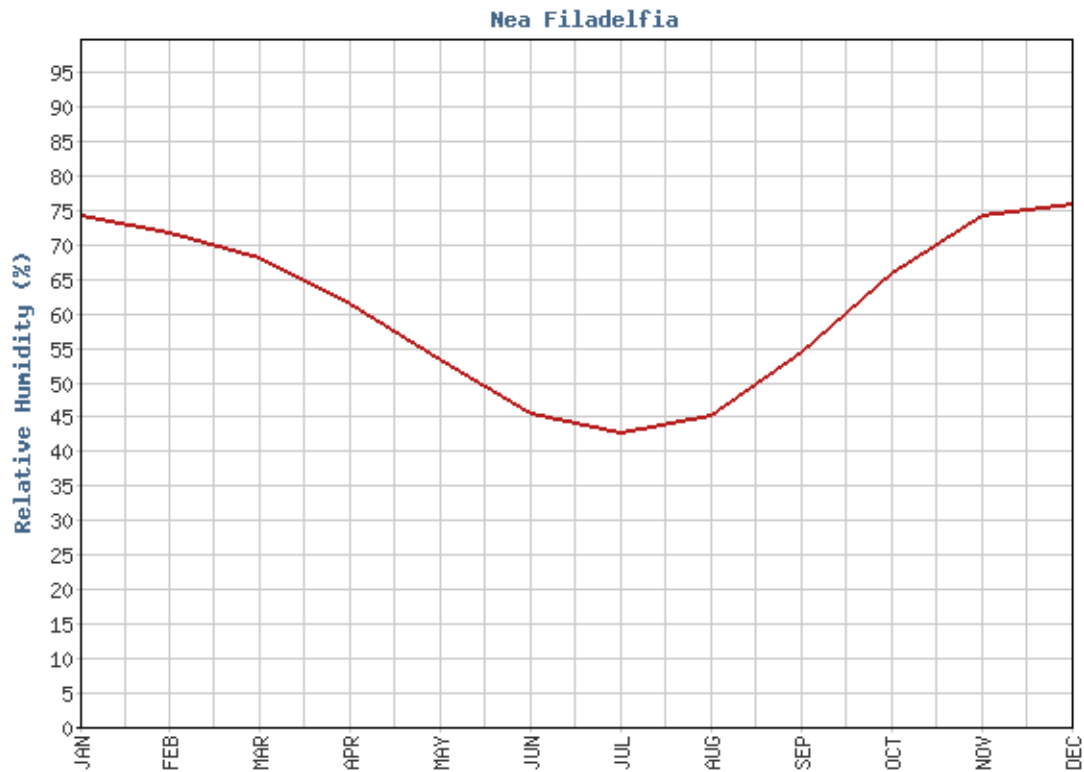


Εικόνα 3.1. Θερμοκρασίες ανά μήνα

Πίνακας 3. 1 Θερμοκρασίες ανά μήνα

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	5.4	5.5	6.9	9.9	14.2	18.7	21.3	21.2	17.6	13.8	10.0	6.9
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	8.8	9.3	11.3	15.3	21.0	26.0	28.3	27.8	23.4	18.4	13.7	10.2
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	12.6	13.6	16.0	20.3	26.2	31.4	33.8	33.6	29.2	23.5	18.1	14.1

Όσον αφορά την υγρασία, μέγιστες τιμές υπάρχουν από Νοέμβριο μέχρι Φεβρουάριο και χαμηλότερες τους θερινούς μήνες (Εικόνα 3.2, Πίνακας 3.2).

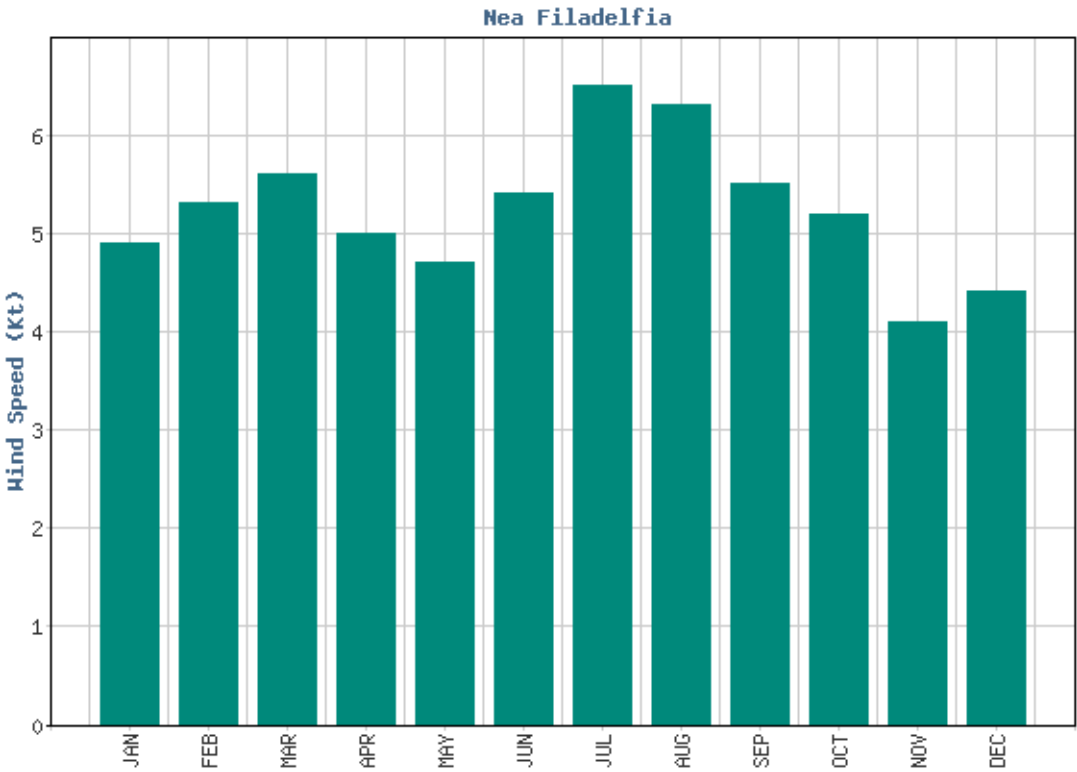


Εικόνα 3.2. Υγρασία ανά μήνα

Πίνακας 3.2. Υγρασία ανά μήνα

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	74.4	72.0	68.4	61.7	53.4	45.7	42.9	45.4	54.6	66.1	74.5	76.2

Αναφορικά με τους ανέμους, βλέπουμε πως Ιούλιο και Αύγουστο υπάρχουν ισχυρότεροι άνεμοι, ενώ Νοέμβριο και Δεκέμβριο οι άνεμοι είναι ηπιότεροι (Εικόνα 3.3, Πίνακας 3.3).



Εικόνα 3.3. Άνεμοι ανά μήνα

Πίνακας 3.3. Άνεμοι ανά μήνα

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	ΒΑ	ΒΑ	ΒΑ	ΝΔ	ΝΔ	ΝΔ	ΒΑ	ΒΑ	ΒΑ	ΒΑ	ΒΑ	ΒΑ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου	4.9	5.3	5.6	5.0	4.7	5.4	6.5	6.3	5.5	5.2	4.1	4.4

3.2 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης υφιστάμενης κατάστασης κτιρίου

Η ενεργειακή ανάλυση υφιστάμενων καταστάσεων αποσκοπεί στον καθορισμό και την ανάλυση του ενεργειακού προφίλ ενός κτιρίου. Στην πραγματικότητα, η χαρτογράφηση των ενεργειακών χαρακτηριστικών ενός κτιρίου μπορεί να δώσει μια σαφέστερη εικόνα της ενεργειακής απόδοσης μιας παρέμβασης. Με τη χρήση του εργαλείου καταγραφής και υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου TEE-KENAK (έκδοση: 1.31.1.9), υπολογίζεται η πραγματική κατανάλωση και καταγράφονται και αναλύονται τα ενεργειακά

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος χαρακτηριστικά του κτιρίου. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σενάρια προγραμμάτων για τη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις και την τεκμηρίωση των ενεργειακών βελτιώσεων του κτιρίου λόγω της εφαρμογής τους. Τέλος, το εργαλείο υπολογισμού TEE-KENAK και τα αποτελέσματά του μπορούν να συγκριθούν με την αρχική πραγματική ενεργειακή κατανάλωση για να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του μοντέλου σε μελλοντικές καταστάσεις μετά τις παρεμβάσεις. Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων βασίζεται στις συνθήκες εξωτερικής θερμοκρασίας που περιγράφονται στην Τ.Ο.Τ.Ε. 20701-3/2010.

3.3 Παρουσίαση και περιγραφή του λογισμικού TEE-KENAK

Το ειδικό λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Έχει επίσης αναβαθμιστεί και βελτιωθεί, ενσωματώνοντας τα περισσότερα συμπεράσματα από την πιλοτική εφαρμογή, με τη συμβολή πολλών επαγγελματιών επιστημόνων και απλών χρηστών, και αποτελεί πλέον κοινό σημείο αναφοράς για υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης ελληνικών κτιρίων.

Το λογισμικό υλοποιεί τους αλγορίθμους που απαιτούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των ελληνικών κτιρίων, με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα (π.χ. ΕΛΟΤ EN ISO 13790), τα σχετικά εθνικά πρότυπα και την αντίστοιχη μεθοδολογία του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε..

Το λογισμικό συμπληρώνεται με στοιχεία για τις γεωμετρικές και τεχνικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκίαση κ.λπ.) και για τις τεχνικές ιδιότητες του Η/Μ εξοπλισμού που απαιτούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης/ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών εκτυπώνονται στις αντίστοιχες εκθέσεις του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει μελέτες σχεδιασμού κτιρίων (π.χ. μελέτη κτιρίου, θέρμανσης, κλιματισμού, λοιπού Η/Μ εξοπλισμού και λοιπού Η/Μ εξοπλισμού), οι οποίες πρέπει να υποβάλλονται για νέα κτίρια και των οποίων πρέπει να προηγείται υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η τελική μελέτη σχεδιασμού πρέπει να τεκμηριώνει την εφαρμογή ή μη εφαρμογή (στο βαθμό που επιτρέπεται) των ελάχιστων προδιαγραφών (σχεδιασμός κτιρίου, κτιριακό κέλυφος, εξοπλισμός Η/Μ εγκαταστάσεων) για νέες

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος κατασκευές και ριζικές ανακαινίσεις, όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του KENAK. Η τεκμηρίωση της εφαρμογής ή μη των ελάχιστων προδιαγραφών πρέπει να αναφέρεται και να περιγράφεται στην έρευνα ενεργειακής απόδοσης όπως ορίζεται στο άρθρο 11 του KENAK.

Το λογισμικό TEE-KENAK χρησιμοποιείται στη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης ενός κτιρίου προκειμένου να εκδοθεί Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Χρησιμοποιείται επίσης κατά το στάδιο της προετοιμασίας και υποβολής της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, αλλά μόνο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, προκειμένου να διασφαλιστεί κοινή αντιστοιχία μεταξύ της ενεργειακής επιθεώρησης και των αποτελεσμάτων της μελέτης μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του κτιρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του KENAK, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και τον υπολογισμό της ενεργειακής ταξινόμησης εφαρμόζεται η μέθοδος των ημισταθερών μηνιαίων βημάτων του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 κ.λπ. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και της ενεργειακής κατάταξης, που αποτελεί μέρος της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιείται λογισμικό το οποίο θα πρέπει να αξιολογείται από την Ειδική Υπηρεσία Ενεργειακής Επιθεώρησης (ΕΥΕΠΕΝ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

Για τα υπόλοιπα στάδια εκπόνησης και σύνταξης της μελέτης ενεργειακής απόδοσης (τεκμηρίωση του σχεδιασμού του κτιρίου, έλεγχος της απόδοσης της μόνωσης και τεκμηρίωση του ηλεκτρομηχανολογικού σχεδιασμού) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρονικός υπολογιστής ή σχεδιαστικό εργαλείο κατά την κρίση και επιθυμία του μελετητή.

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης θα περιλαμβάνει την έκδοση και την έγκριση του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε και τον S/N και την έκδοση του συγκεκριμένου λογισμικού της TEE-KENAK που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργειακή κατάταξη, καθώς και τον πυρήνα υπολογισμού άλλων λογισμικών που έχουν αξιολογηθεί στην αγορά όσον αφορά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

4. Αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου

4.1 Περιγραφή κτιρίου (τετραγωνικά, όροφοι, θερμαινόμενοι χώροι)

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην οδό Καρόλου 1-3, στην Αθήνα, περιοχή Μεταξουργείου, στο οικοδομικό τετράγωνο 73008 ενώ γειτνιάζει με τις οδούς Νικηφόρου, Ιερόθεου και Ακομινάτου. Το οικόπεδο έχει εμβαδό $2.196,54 \text{ m}^2$, εντός εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου πόλεως. Πρόκειται για εννιαόροφο κτίριο, με ισόγειο και δύο υπόγειους ορόφους. Στο ισόγειο βρίσκονται δυο ανεξάρτητα κλιμακοστάσια εκατέρωθεν την κεντρικής εισόδου και πίσω από τα φρεάτια των ανελκυστήρων, γραφεία, η κεντρική αίθουσα εξυπηρέτησης του κοινού, αποθήκες και το τυπογραφείο. Στους ορόφους 1 έως 8 βρίσκονται γραφεία και χώροι γραφείων καθώς και οι κοινόχρηστες τουαλέτες. Στον 9ο όροφο εκτός από γραφεία υπάρχει η αίθουσα συνεδριάσεων, μια αίθουσα πολλαπλών χρήσεων και το κυλικείο.

Τα εμβαδά των ορόφων αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1):

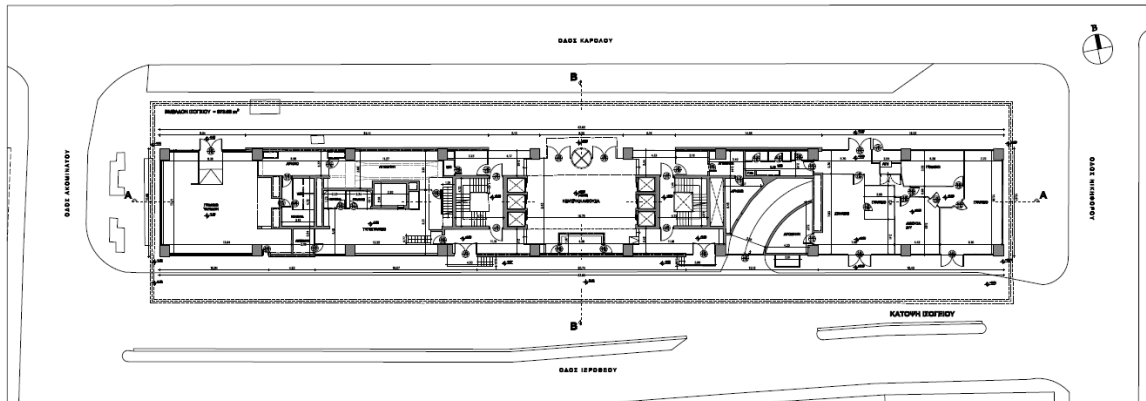
Πίνακας 4.1. Εμβαδά ανά όροφο

Όροφος	Εμβαδόν σε m^2
Ισόγειο	873,65
1 ^{ος}	805,03
2 ^{ος}	1589,62
3 ^{ος}	1588,30
4 ^{ος}	1588,27
5 ^{ος}	1587,99
6 ^{ος}	1588,13
7 ^{ος}	1588,02
8 ^{ος}	1588,07
9 ^{ος}	740,02

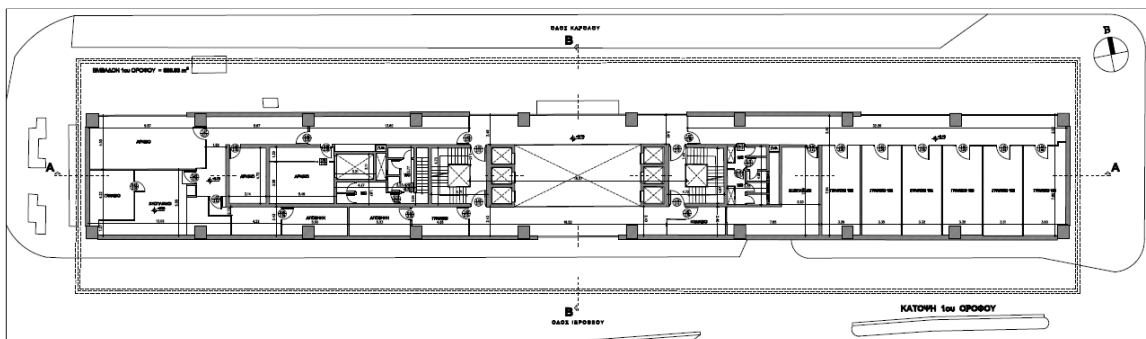
Το ισόγειο, οι όροφοι καθώς και τα κλιμακοστάσια σε όλους τους ορόφους θα θεωρηθούν ως θερμαινόμενοι χώροι, ενώ τα δυο υπόγεια, με τις αποθήκες τους, θα λειτουργούν ως μη θερμαινόμενοι χώροι στο κτίριο.

4.2 Κατόψεις

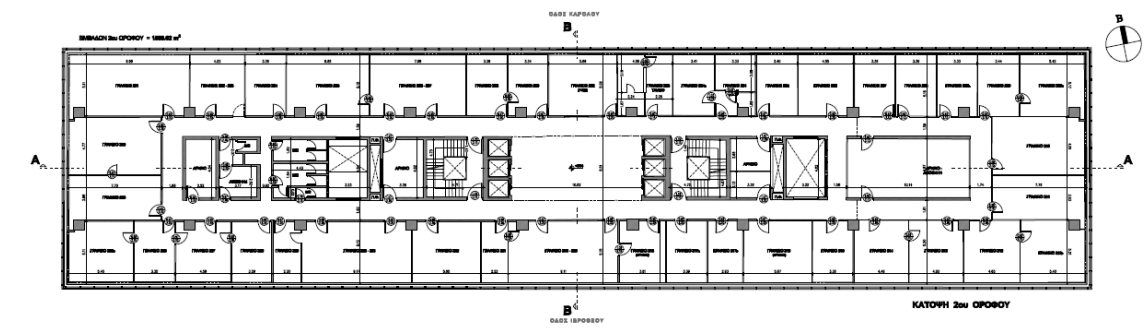
Στις εικόνες 4.1 έως 4.10 βλέπουμε τις κατόψεις του κτιρίου ανά όροφο και στην εικόνα 4.11 βλέπουμε τις τομές του κτιρίου.



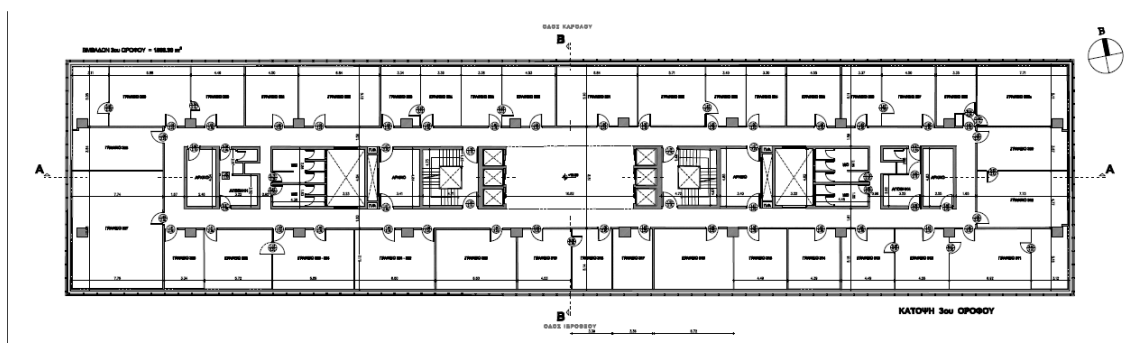
Εικόνα 4.1. Κάτοψη ισογείου



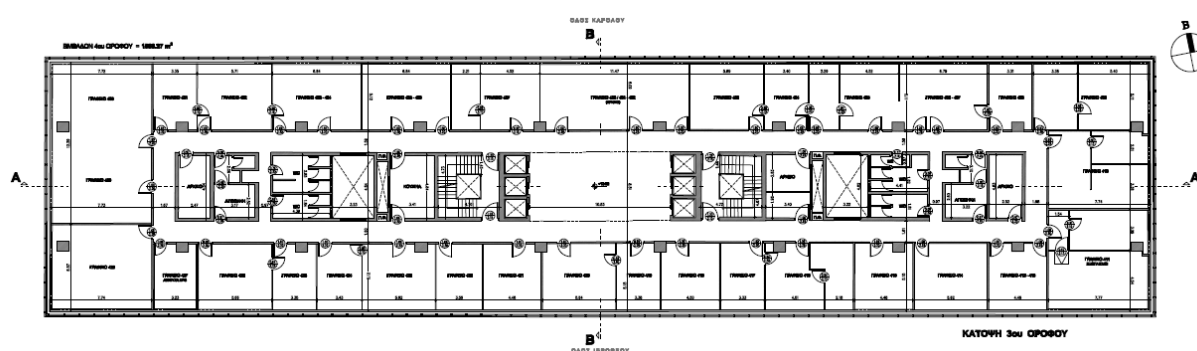
Εικόνα 4.2. Κάτοψη 1^{ου} ορόφου



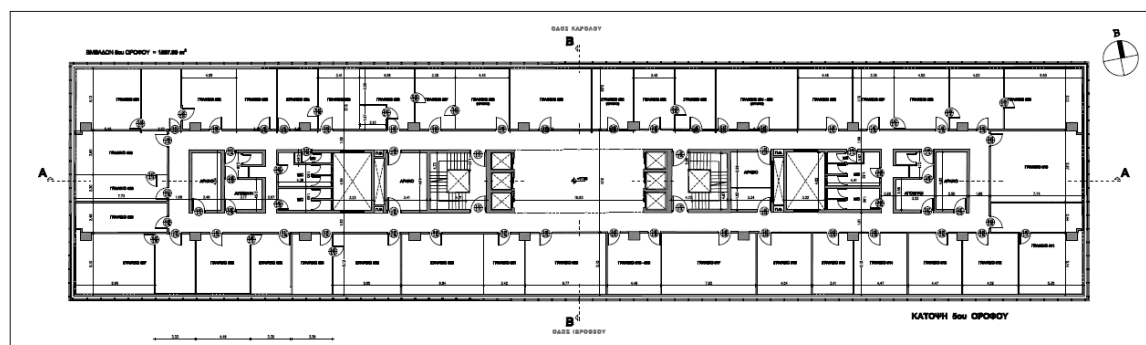
Εικόνα 4.3. Κάτοψη 2^{ου} ορόφου



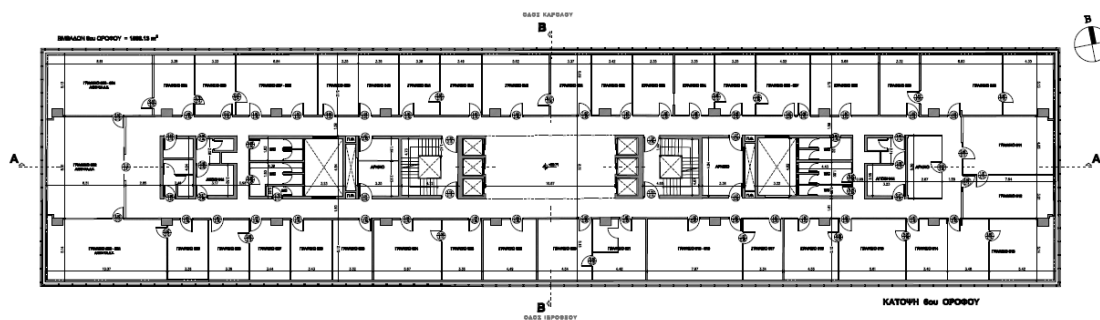
Εικόνα 4.4. Κάτοψη 3^{ου} ορόφου



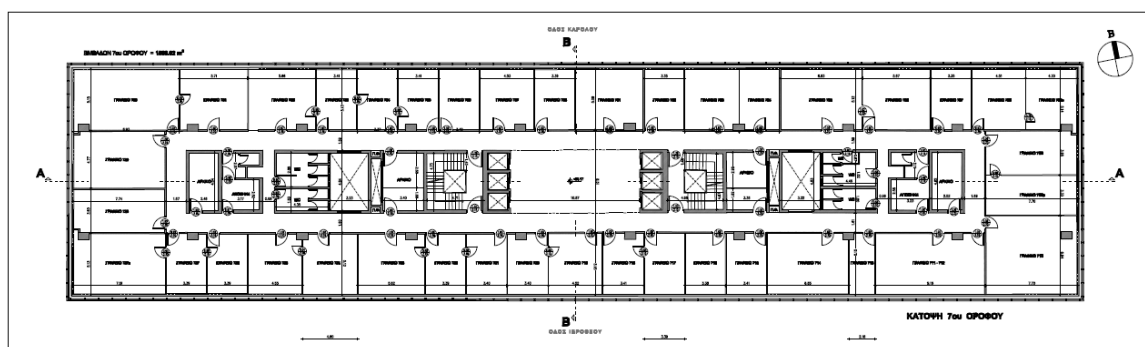
Εικόνα 4.5. Κάτοψη 4^{ου} ορόφου



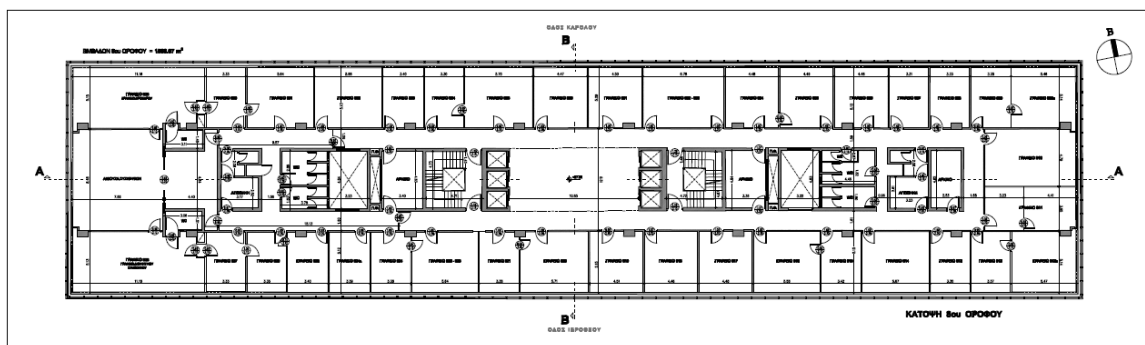
Εικόνα 4.6. Κάτοψη 5^{ου} ορόφου



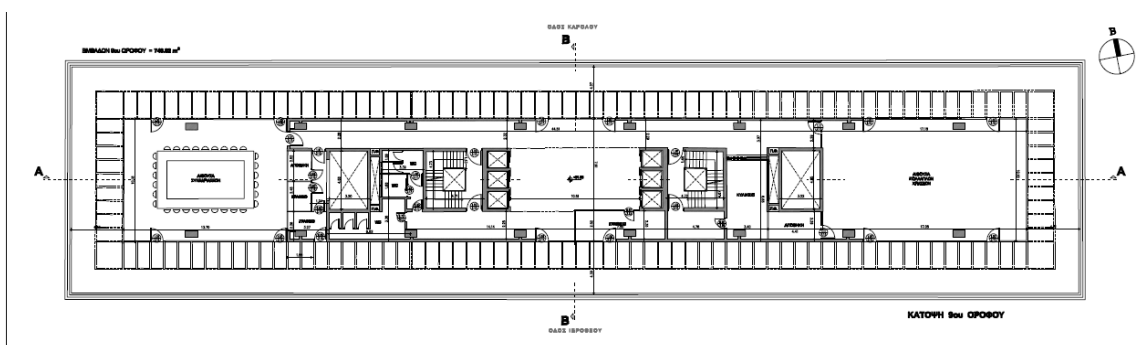
Εικόνα 4.7. Κάτοψη 6^{ου} ορόφου

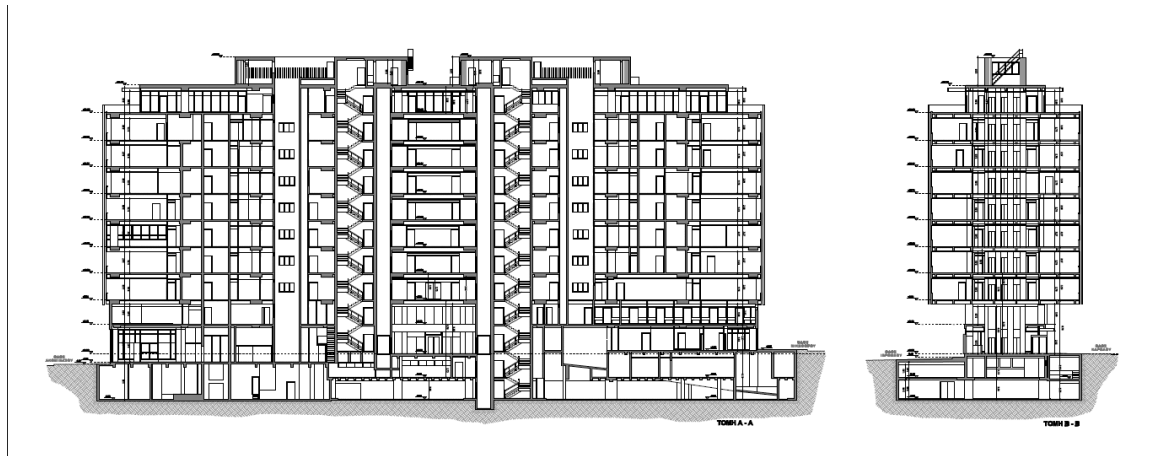


Εικόνα 4.8. Κάτοψη 7^{ου} ορόφου



Εικόνα 4.9. Κάτοψη 8^{ου} ορόφου





Εικόνα 4.11. Τομές

4.3 Κατασκευή (υλικά, κουφώματα κτλ)

Το κτίριο χαρακτηρίζεται από μεγάλες επιφάνειες αδιαφανών στοιχείων (υαλοπίνακες) οι οποίες είναι περίπου το 52% της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου (3654 τ.μ.). Το υπόλοιπο 48% εξωτερικών επιφανειών αποτελείται κατά κύριο λόγο από εμφανή μπετό. Οι διαφανείς επιφάνειες είναι μονοί υαλοπίνακες εφαρμοσμένοι σε κουφώματα αλουμινίου, μέτριας προς κακής κατάστασης. Στον ένατο όροφο έχουν τοποθετηθεί κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με διπλούς υαλοπίνακες. Οι αδιαφανείς επιφάνειες δεν διαθέτουν θερμομόνωση ούτε στην τοιχοποιία (σκυρόδεμα) ούτε στα δάπεδα οροφές. Στην οροφή του κτιρίου έχει τοποθετηθεί υγρομόνωση.

4.4 Βιοκλιματική αποτίμηση κτιρίου (θέση προσανατολισμός, ηλιασμός, ηλιοπροστασία, ανεμοπροστασία, φυσικός φωτισμός)

Το κτίριο διακρίνεται για τη διπλή όψη τόσο προς Βορρά όσο και προς Νότο. Έχει παραλληλόγραμμο σχήμα, με πλευρές 85m (προς Βορρά και Νότο) και 20m (Ανατολή-Δύση). Στο σχεδιασμό του κτιρίου απαντώνται πρακτικές πρώιμου βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η κατασκευή του είναι μεταλλική, με βάση ορθογωνικό κάναβο και το εξωτερικό κέλυφος έχει αναφορά στις σιδηροτροχιές του ΟΣΕ. Στο κενό μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και των υαλοστασίων των όψεων έχουν τοποθετηθεί συρόμενα καθ

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

ύψος ρολά με σκοπό την επίτευξη της επιθυμητής και απαραίτητης ηλιοπροστασίας. Η χρήση του εξωτερικού κελύφους εξασφαλίζει τον αερισμό της όψης του κτιρίου, με αποτέλεσμα την μείωση των αναγκαίων φορτίων κλιματισμού των χώρων.

Στο επίπεδο του αρχικού σχεδιασμού και εγκατάστασης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, εφαρμόστηκαν πρωτοποριακές για την εποχή λύσεις κεντρικού κλιματισμού και θέρμανσης. Η κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης του κτιρίου, πραγματοποιούνταν μέσω της χρήση κεντρικών υδρόψυκτων ψυκτών και λεβητών πετρελαίου (οι οποίοι μετέπειτα μετατράπηκαν σε φυσικού αερίου), ενώ η διανομή θερμότητας στους χώρους κατά κύριο λόγο γινόταν με τη χρήση των fan coil unit. απαιτούμενος νωπός αέρας καλυπτόταν είτε με τη χρήση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων για την κάλυψη των αναγκών του ισογείου και του Α ορόφου του κτιρίου, είτε μέσω της τροφοδοσίας των μονάδων Fan Coil Unit, δια μέσω θυρίδων αερισμού για το υπόλοιπο κτίριο.

Με την πάροδο των χρόνων και κάτω από την ελλιπή συντήρηση και φυσική φθορά του εγκατεστημένου εξοπλισμού, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου μεταβλήθηκαν. Οι κεντρικοί ψύκτες τέθηκαν εκτός λειτουργίας, οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες αδρανοποιήθηκαν και αντ' αυτού εγκαταστάθηκαν πάνω από 250 μονάδες κλιματισμού (split unit), οι οποίες ανέλαβαν την κάλυψη των ψυκτικών και μέρους των θερμικών αναγκών του κτιρίου. Ο κάθε χρήσης πλέον έχει την αυτενέργεια στη θερμοκρασιακή ρύθμιση του χώρου που σε συνδυασμό με την κατά κύριο λόγο χαμηλή απόδοση των αυτόνομων μονάδων κλιματισμού οδηγεί σε ένα εξαιρετικά ενεργοβόρο προφίλ κτιρίου, στο επίπεδο της θέρμανσης και του κλιματισμού.

Το κτίριο χαρακτηρίζεται από μερική επάρκεια φυσικού φωτισμού, όμως ο τεχνικός φωτισμός ο οποίος διαθέτει είναι απαρχαιωμένος, με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και χαμηλή απόδοση φωτεινότητας.

Στα 40 περίπου χρόνια λειτουργίας του κτιρίου έχουν πραγματοποιηθεί τρεις ουσιαστικές παρεμβάσεις που επιδρούν στο ενεργειακό του προφίλ. Οι δυο παρεμβάσεις βελτίωσαν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και αφορούν την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων στην 9ο όροφο και την εγκατάσταση καυστήρα αερίου, για την κεντρική θέρμανση. Η δεύτερη όμως η οποία αφορά την τοποθέτηση ατομικών μονάδων κλιματισμού, είχε το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα με αύξηση τόσο του λειτουργικού κόστους όσο και του κόστους συντήρησης.

Το κτίριο βρίσκεται στο κέντρο του αστικού ιστού και γειτνιάζει Ανατολικά και Νότια με κτίρια μεγάλου ύψους τα οποία επηρεάζουν τη σκιάσή του. Προς τα δυτικά και βόρεια κατά

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

κύριο γειτνιάζει με κτίρια χαμηλότερου ύψους τα οποία επηρεάζουν τη σκίαση περίπου των μισών ορόφων. Οι υπόλοιποι είναι εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία. Με δεδομένο την μεγάλη επιφάνεια διαφανών στοιχείων, για την αντιμετώπιση της ηλιακής ακτινοβολίας και του θερμικού οφέλους που προκύπτει από αυτή, έχουν τοποθετηθεί εκ κατασκευής περιμετρικά του κτιρίου, κινητά ρολά – σκίαστρα όπου χειροκίνητα ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τη θέση τους. Τα ρολά αυτά, λόγω παλαιότητας παρουσιάζουν βλάβες με αποτέλεσμα είτε να υπάρχει ανάγκη για συχνή συντήρηση αυτών είτε ορισμένα από αυτά να έχουν τεθεί (έστω και για προσωρινά) εκτός λειτουργίας.

5. Ενεργειακή ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης

5.1 Γενικά στοιχεία κτιριακού κελύφους

Το κτίριο κατασκευάστηκε μετά το 1969 και, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα έρευνα, την ηλικία και την εμφάνιση του κτιρίου και τις πληροφορίες που συνέλεξε ο δήμος κατά τη διάρκεια της έρευνας, το κτίριο θεωρείται μη μονωμένο.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου υπάρχουν στον Πίνακα 3.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για μη μονωμένα κτίρια.

Στην παρούσα μελέτη, οι θερμογέφυρες δεν λήφθηκαν υπόψη ως ποσοστό του συντελεστή θερμοπερατότητας, καθώς το κτίριο δεν ήταν μονωμένο.

Στον Πίνακα 5.1 συνοψίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων στους θερμαινόμενους και μη θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου.

Πίνακας 5.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου

Δομικό στοιχείο	U[W/(m ² K)]
Εξωτερική τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα	3.65
Εξωτερική τοιχοποιία από μπατική	2.2
Περιμετρικά τοιχεία υπογείων	4.3
Τοιχοποιία δρομική σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	2.4
Δώμα συμβατικού τύπου	3.05
Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	3.1
Δάπεδο σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	2.0
Οροφή σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	2.9
Δάπεδο σε προεξοχή/πυλωτή	2.75

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση) και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας για τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή μεταφοράς θερμότητας και της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι ο ισοδύναμος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας U' , που δίνεται στον Πίνακα 1. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί βασίζονται στη μεθοδολογία που αναπτύσσεται στην ενότητα 2.1.6 Πίνακας 8β της Τ.Ο.Τ.Ε. 20701-2/2017 και δίνονται στο Παράρτημα Γ. Στον Πίνακα 5.2 συνοψίζονται οι ισοδύναμοι συντελεστές U' για δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος.

Πίνακας 5.2. Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό [m ²]	Μέσο βάθος έδρασης z	U' [W/(m ² K)]
τοιχίο υπογείου	4.3	892.5	5.95	0.56
τοιχίο υπογείου	4.3	388	4.85	0.67
δάπεδο υπογείου	3.1	1988	5,95	0.13

5.2 Θερμομονωτική ανάλυση διαφανών δομικών στοιχείων

Τα παράθυρα του κτιρίου ελέγχθηκαν και καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης του κτιρίου- όλα τα παράθυρα είναι μονής υάλωσης με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, αν και τα παράθυρα στον ένατο όροφο είναι διπλής υάλωσης με διάκενο 12 mm. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας ανά τύπο πλαισίου και αναλογία πλαισίου λαμβάνονται από τον πίνακα 3.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' έκδοση).

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για τα κουφώματα του κτιρίου.

Πίνακας 5.3. Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων.

Τύπος κουφώματος	U κουφώματος [W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χ. θ. – ποσοστό πλαισίου 20% - μονός υαλοπίνακας	6.00
Μεταλλικό πλαίσιο χ. θ. – ποσοστό πλαισίου 40% - μονός υαλοπίνακας	6.20
Μεταλλικό πλαίσιο χ. θ. – ποσοστό πλαισίου 20% - διπλός υαλοπίνακας	3.70
Μεταλλικό πλαίσιο χ. θ. – ποσοστό πλαισίου 30% - διπλός υαλοπίνακας	4.10

5.3 Ανάλυση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων κτιρίου

5.3.1 Σύστημα θέρμανσης

Η θέρμανση στο εσωτερικό του κτιρίου παρέχεται από μια μονάδα κεντρικής θέρμανσης με δύο λέβητες αερίου.

Σύμφωνα με έρευνα κτιρίου, κάθε λέβητας-καυστήρας έχει θερμική ισχύ 800.000 kcal/h (930,00 kW), κατασκευάστηκε το 2005, είναι σε καλή κατάσταση και λειτουργεί με πετρέλαιο. Ο βαθμός απόδοσης σύμφωνα με το διάγραμμα ελέγχου θέρμανσης είναι 95,0% για τον ένα και 92,0% για τον άλλο.

Η υπολογιζόμενη ισχύς των καυστήρων του λέβητα ελέγχθηκε για υπερδιαστασιολόγηση σύμφωνα με τη σχέση 4.1 της TOTEE 20701-2/2017, με βάση την εξίσωση:

$$P_{gen} = (A - U_m - 1.5 + V/3) \cdot \Delta T$$

Όπου P_{gen} [W] είναι η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη ισχύς της μονάδας του κτιρίου, A [m^2] είναι η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, $A = 8000,00$ (m^2), U_m [$W/(m^2 \cdot K)$] είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας, $U_m = 3,50$ ($W/(m^2 \cdot K)$), ΔT [$^{\circ}C$] ή [K] είναι η διαφορά θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, $\Delta T = 23^{\circ}$ και V [m^3/h] είναι η συνολική προσαγωγή νωπού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο σε (m^3/h) (Πίνακας 5.4).

Πίνακας 5.4. Συντελεστές εξίσωσης υπερδιαστασιολόγησης

P_{gen} [W]	η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη ισχύς της μονάδας του κτιρίου
A [m^2]	η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, $A = 8000,00$ (m^2)
U_m [$W/(m^2 \cdot K)$]	ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας, $U_m = 3,50$ ($W/(m^2 \cdot K)$)
ΔT [$^{\circ}C$] ή [K]	διαφορά θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, $\Delta T = 23^{\circ}$
V [m^3/h]	συνολική προσαγωγή νωπού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο σε (m^3/h)

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση, υπολογίστηκε η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς της κτιριακής μονάδας, $P_{gen} = 1173$ KW. Η ισχύς του λέβητα είναι μικρότερη από την

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος υπολογισμένη μέγιστη, με συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης ($ng1$)=1 και συντελεστή μόνωσης του λέβητα ($ng2$)=1. Ως αποτέλεσμα, ο τελικός βαθμός απόδοσης των λεβήτων είναι 95,0% για τον ένα και 92,0% για τον άλλο.

Οι θερμοκρασίες λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης είναι 80°C για την παροχή και 60°C για την επιστροφή. Οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής δεν είναι επαρκώς μονωμένες και τα εξαρτήματα - διακόπτες κ.λπ. δεν είναι μονωμένα.

Δεν υπάρχει σύστημα αντιστάθμισης στην εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης. Το σύστημα διανομής ζεστού νερού θέρμανσης διαθέτει τρεις κυκλοφορητές ονομαστικής ισχύος 30 kW ο καθένας, εκ των οποίων ο ένας βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής.

5.3.2 Σύστημα ψύξης

Κατά τον ενεργειακό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι μια τοπική μονάδα διαιρούμενου τύπου υιοθετήθηκε ως σύστημα ψύξης του κτιρίου, καθώς το κεντρικό σύστημα δεν είχε χρησιμοποιηθεί για περισσότερα από πέντε χρόνια.

5.3.3 Σύστημα αερισμού

Δεν υπάρχει σύστημα εξαερισμού στο κτίριο. Για τους σκοπούς της παρούσας ανάλυσης, το κτίριο θεωρείται ότι διαθέτει σύστημα φυσικού εξαερισμού ισοδύναμο με αυτό που απαιτείται στον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε. 20701-1/2010 (έκδοση Β'), χωρίς ανακύκλωση και ανάκτηση θερμότητας και ψύξης. Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας 5.5:

Πίνακας 5.5. Εξαερισμός ανά θερμική ζώνη

ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 1 (2ος-8ος)		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ(M3/H)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2406.58 m ²	24.68	6257
ΓΡΑΦΕΙΑ	7342.28 m ²	75.31	22027
ΣΥΝΟΛΟ	9748.86 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	28284
ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 2 (ΙΣΟΓΕΙΟ -1ος)		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ(M3/H)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	311.55 m ²	35.67	810
ΓΡΑΦΕΙΑ	561.69 m ²	64.32	1685
ΣΥΝΟΛΟ	973.24 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	2495
ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 3 (9ος)		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ(M3/H)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	238.82 m ²	40.48	621

ΑΙΘΟΥΣΑ			
ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ			
ΧΡΗΣΕΩΝ	351.01 m ²	59.51	7898
ΣΥΝΟΛΟ	689.83 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	8519

5.3.4 Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Δεν χρησιμοποιείται ζεστό νερό χρήσης, άρα το Ζεστό Νερό Χρήσης δεν λαμβάνεται υπόψη στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

5.3.5 Σύστημα φωτισμού

Η κύρια χρήση του κτιρίου είναι γραφεία. Η κατανάλωση ενέργειας για τον φωτισμό θα συμπεριληφθεί στην τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την ενεργειακή πιστοποίηση του κτιρίου.

Καθώς κατά την επιθεώρηση διαπιστώθηκε ότι ορισμένα φωτιστικά σώματα παρέχουν χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού (lx) από τα απαιτούμενα στον Πίνακα 2.4 της Οδηγίας Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (T.O.T.E.E.) 20701-1/2017 (500 Lx για κτίρια γραφείων, 100 Lx για διαδρόμους και 300[^] για αίθουσες πολλαπλών χρήσεων), τα ελάχιστα επίπεδα γενικού φωτισμού για Η υπολογιζόμενη ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού λαμβάνεται υπόψη με φωτιστικά σώματα της ίδιας τεχνολογίας (γραμμικά φωτιστικά σώματα T8, 4,2 W/m²/100lx) που πληρούν

Τα επίπεδα φωτισμού που λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς για το συγκεκριμένο κτίριο, ανά τροπικό, παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.6:

Πίνακας 5.6. Φωτισμός ανά θερμική ζώνη

ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 1 (2 ^{ος} -8 ^{ος})		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (W)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2406.58 m ²	24.68	10108
ΓΡΑΦΕΙΑ	7342.28 m ²	75.31	154188
ΣΥΝΟΛΟ	9748.86 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	164296
ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 2 (ΙΣΟΓΕΙΟ -1 ^{ος})		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (W)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	311.55 m ²	35.67	1310
ΓΡΑΦΕΙΑ	561.69 m ²	64.32	11794
ΣΥΝΟΛΟ	973.24 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	13104
ΘΕΡΜ ΖΩΝΗ 3 (9 ^{ος})		ΑΝΑΛΟΓΙΑ%	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (W)
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	238.82 m ²	40.48	1003

ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ			
ΧΡΗΣΕΩΝ	351.01 m ²	59.51	4423
ΣΥΝΟΛΟ	689.83 m ²	ΣΥΝΟΛΟ	5426

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος των ημι-σταθερών μηνιαίων βημάτων του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών υποστηρικτικών προτύπων που αναφέρονται στο Παράρτημα 1 του Κανονισμού. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/ Σύμφωνα με το 2017, οι θερμικές ζώνες των κτιρίων θεωρούνται θερμικά ασυνεχείς.

Ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του εργαλείου υπολογισμού TEE-KENAK, βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του Ν. 3661/2008, Κ.Εν.Α.Κ. και της αντίστοιχης TOTEE 20701-1/2017 (Α' Έκδοση).

Για τον επιμέρους υπολογισμό και διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού κ.λπ.) χρησιμοποιήθηκαν οι μέχρι σήμερα εφαρμοζόμενες αναλυτικές μέθοδοι και τεχνικές οδηγίες, οι οποίες αναφέρονται στις αντίστοιχες παραγράφους.

6 Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενου κτιρίου

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης προσδιορίστηκαν διάφορες παράμετροι και στοιχεία τεχνικής κλίμακας, όπως ορίζεται στο άρθρο 5 του Κώδικα Ενεργειακής Απόδοσης και στη σχετική Τ.Ο.Τ.Ε. 20701-1/2010 (Β' Έκδοση). Για την εφαρμογή της μεθόδου υπολογισμού στο συγκεκριμένο κτίριο λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι και δεδομένα:

- Η χρήση του κτιρίου είναι γραφείο, με εξαίρεση τον 9ο όροφο, ο οποίος είναι αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
- Επιθυμητές εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός κ.λπ.) και λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (ώρες λειτουργίας, εσωτερικά κέρδη κ.λπ.).
- Κλιματικά δεδομένα για την περιοχή του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, απόλυτη υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου (σχήμα του κτιρίου, διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες, σκίαση κ.λπ.), προσανατολισμός τους, χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (εσωτερικοί τοίχοι κ.λπ.).
- Θερμικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου (διαφανή και αδιαφανή), π.χ. συντελεστής θερμοπερατότητας, θερμική μάζα, απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας, μετάδοση ηλιακής ακτινοβολίας.
- Τύπος εξοπλισμού παραγωγής θερμικής ενέργειας, απόδοση, απώλειες στα δίκτυα διανομής ζεστού νερού, τύπος τερματικού εξοπλισμού κ.λπ.
- Τύποι εξοπλισμού παραγωγής ψυκτικής ενέργειας, απόδοση, απώλειες σε δίκτυα διανομής ζεστού και κρύου νερού, τύποι τερματικού εξοπλισμού κ.λπ.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού ψύξης/κλιματισμού χώρων
- Τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού παραγωγής ζεστού νερού: τύποι εξοπλισμού παραγωγής ζεστού νερού, απόδοση, απώλειες στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού, συστήματα αποθήκευσης, κ.λπ.
- Παθητικά ηλιακά συστήματα που επιλέγονται στη μελέτη σχεδιασμού του κτιρίου.
- Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη μέρους του φορτίου ζεστού νερού χρήσης.

6.1 Χώροι με κύρια χρήση γραφεία

Τα εμβαδά και οι όγκοι των κτιρίων γραφείων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1. Εμβαδό και όγκος κτιρίου.

Συνολική επιφάνεια	Θερμαινόμενη επιφάνεια [m ²]	Ψυχόμενη επιφάνεια [m ²]	Θερμαινόμενος όγκος [m ³]	Ψυχόμενος όγκος [m ³]
17161	11212	11212	40137	40137

6.2 Θερμικές Ζώνες

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Κ.Εν.Α.Κ. και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' έκδοση), η διακριτοποίηση των κτιρίων σε θερμικές ζώνες βασίζεται στα ακόλουθα κριτήρια

1. οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες διαφέρουν κατά περισσότερο από 4 Κ το χειμώνα ή/και το καλοκαίρι
2. οι χώροι έχουν διαφορετικές χρήσεις/λειτουργίες
3. υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης/κλιματισμού λόγω διαφορών στο εσωτερικό περιβάλλον
4. υπάρχουν χώροι στο κτίριο με σημαντικές διαφορές στην απόκτηση εσωτερικής ή/και ηλιακής ακτινοβολίας ή/και στην απώλεια θερμότητας
5. υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επίπεδης επιφάνειας του χώρου.

Με βάση την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 (έκδοση Α) Για τη διαίρεση ενός κτιρίου σε θερμικές ζώνες συνιστώνται οι ακόλουθοι γενικοί κανόνες

- Προκειμένου να επιτευχθεί οικονομία στον όγκο των δεδομένων εισόδου και στον χρόνο υπολογισμού, το κτίριο θα πρέπει να διαιρείται στον ελάχιστο δυνατό αριθμό ζωνών,
- Ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών θα πρέπει να γίνεται με την καταγραφή πραγματικών εικόνων λειτουργίας του κτιρίου,
- Οποιοδήποτε τμήμα του κτιρίου με επιφάνεια μικρότερη από το 10% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου πρέπει να θεωρείται τμήμα μιας άλλης θερμικής ζώνης όσο το δυνατόν πιο όμοιας, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας του δικαιολογούν τη θεώρησή του ως ξεχωριστής ζώνης.

Με βάση τα ανωτέρω, ολόκληρο το κτίριο χωρίζεται στις ακόλουθες τρεις θερμικές ζώνες

Ζώνη 1: 2ος έως 8ος όροφος

Ζώνη 2: 1ος όροφος.

Ζώνη 3: 9ος όροφος.

Τα γενικά στοιχεία δίνονται στον πίνακα 6.2:

Πίνακας 6.2. Γενικά δεδομένα για τη χρήση «γραφεία» του κτιρίου

Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης 1 γραφείων		
Χρήση θερμικής ζώνης	Γραφεία	
Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²)	9749	
Ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/m ² .K)	260	
Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου	Δ	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α'
Αερισμός		
Διείσδυση αέρα (m ³ /h)	8630	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Β'
Φυσικός αερισμός (m ³ /h/m ²)	0.00	Μόνο για κατοικίες από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Β' Έκδοση)
Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού	-	100% για κατοικίες 0% για τριτογενή τομέα
Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης 2 γραφείων		
Χρήση θερμικής ζώνης	Γραφεία	
Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²)	873	
Ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/m ² .K)	260	
Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου	Δ	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α'
για ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό		Έκδοση), πίνακας 5.5
Αερισμός		
Διείσδυση αέρα (m ³ /h)	424	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Β'
Φυσικός αερισμός (m ³ /h/m ²)	0.00	Μόνο για κατοικίες από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Β'
Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού	-	100% για κατοικίες 0% για τριτογενή τομέα
Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης 3 αίθουσες πολλαπλών χρήσεων		

Χρήση θερμικής ζώνης	Γραφεία	
Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²)	590	
Ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/m ² .K)	260	
Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου για ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό	Δ	T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), πίνακας 5.5
Αερισμός		
Διείσδυση αέρα (m ³ /h)	235	T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (B'
Φυσικός αερισμός (m ³ /h/m ²)	0.00	Μόνο για κατοικίες από T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (B' Έκδοση)
Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού	-	100% για κατοικίες 0% για τριτογενή τομέα

Η κατηγορία αυτοματισμού για το συγκεκριμένο κτίριο είναι Δ, καθώς πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις για τον θερμοστατικό έλεγχο των χώρων και την εφαρμογή συστημάτων αντιστάθμισης του θερμικού φορτίου του κτιρίου.

6.3 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

Οι προτιμώμενες συνθήκες λειτουργίας και τα εσωτερικά θερμικά φορτία προσδιορίστηκαν από τους χρήστες και τον εξοπλισμό σύμφωνα με την T.O.T.E. 20701-1/2017 (έκδοση Α). Τα στοιχεία για τις συνθήκες λειτουργίας των κτιρίων γραφείων παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 6.3.

Στην TOTE 20701-1/2017 (έκδοση "Α") καθορίζονται οι ώρες λειτουργίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι ημέρες λειτουργίας, οι μήνες λειτουργίας, οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός και φωτισμός) και τα εσωτερικά θερμικά φορτία από χρήστες και συσκευές για κάθε χρήση κτιρίου/ζώνης κτιρίου. Τα στοιχεία για τις συνθήκες λειτουργίας της θερμικής ζώνης περιγράφονται αναλυτικά στον πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3. Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης γραφείων		
Ωράριο λειτουργίας	10 ώρες	Προκαθορισμένη
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	12	

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση) και T.O.T.E.E 20701-3/2010
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	3.00	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	500	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφανείας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	16.0	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης	0.00	
Θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	45	
Χαμηλότερη θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης	6.5	
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	8	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.30	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	4.5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.30	
Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης αίθουσα πολλαπλών χρήσεων		Προκαθορισμένη T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση) και T.O.T.E.E 20701-3/2010
Ωράριο λειτουργίας	14 ώρες	
Ημέρες λειτουργίας	3	
Μήνες λειτουργίας	12	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	22.50	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφανείας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	9.6	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /έτος)	0.00	
Θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	45	
Χαμηλότερη θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης	6.5	
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	60	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.25	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης W/m ²)	4.0	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.25	

6.4 Κέλυφος

6.4.1 Αδιαφανή δομικά στοιχεία κτιρίου

Τα δομικά στοιχεία των καταγεγραμμένων κτιρίων καταγράφηκαν στο εργαλείο υπολογισμού TEEK-KENAK και οι συντελεστές απορρόφησης και εκπομπής των δομικών στοιχείων ελήφθησαν από τον πίνακα 3.14 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' έκδοση).

Για κάθε δομικό στοιχείο υπολογίστηκαν οι συντελεστές σκίασης Ph_{or} από την οριζόντια γραμμή, F_{ov} από το στέγαστρο και Ph_{tn} από την πλευρά. Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται τα δεδομένα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς που αφορούν τα αδιαφανή δομικά στοιχεία (Πίνακας 6.4).

Πίνακας 6.4. Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων

	προσαν ατολισμο ς	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	Συναπορ ροφητικ	συν. εκπο μπης	F _{hor} θέρμ	F _{hor} ψύξη	F _{ov} θέρμ.	F _{ov} ψύξη	F _{fin} θέρμ	F _{fin} ψύξη
ΙΣΟΓΕΙΟ											
1	B	11.60	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.69	0.73	1	1
2	Δ	15.45	3.65	0.8	0.8	0.51	0.57	0.95	0.94	1	1
3	N	27.80	3.65	0.8	0.8	0.32	0.86	0.7	0.54	1	1
4	N	14.60	3.65	0.8	0.8	0.35	0.91	0.7	0.54	1	1
5	N	4.36	3.65	0.8	0.8	0.43	0.97	0.66	0.49	1	1
6	N	15.60	3.65	0.8	0.8	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
7	N	38.54	3.65	0.8	0.8	0.32	0.86	0.68	0.51	1	1
8	N	15.90	3.65	0.8	0.8	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
9	N	5.60	3.65	0.8	0.8	0.43	0.97	0.66	0.49	1	1
10	N	19.46	3.65	0.8	0.8	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
11	A	12.30	3.65	0.8	0.8	0.50	0.55	0.94	0.93	1	1
12	B	19.46	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
13	B	10.20	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
14	B	2.40	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
15	B	14.35	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.66	0.7	1	1
16	B	2.40	3.65	0.8	0.8	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
1ος όροφος											
1	B	29.93	3.65	0.8	0.8	1	0.86	0.45	0.49	1	1
2	B	38.91	3.65	0.8	0.8	1.00	0.86	0.45	0.49	1	1
3	A	27.89	3.65	0.8	0.8	0.52	0.59	0.82	0.77	1	1
4	N	53.16	3.65	0.8	0.8	0.34	0.89	0.3	0.31	1	1
5	N	12.90	3.65	0.8	0.8	0.38	0.94	0.3	0.31	1	1

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

6	N	42.78	3.65	0.8	0.8	0.49	0.99	0.3	0.31	1	1
2ος όροφος											
1	B	169.68	3.65	0.8	0.8	1.00	0.87	1	1	1	1
2	A	38.54	3.65	0.8	0.8	0.53	0.63	1	1	1	1
3	N	169.68	3.65	0.8	0.8	0.38	0.94	1	1	1	1
4	Δ	38.54	3.65	0.8	0.8	0.53	0.63	1	1	1	1
3ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	0.90	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	0.55	0.70	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	0.50	0.98	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	0.55	0.68	1	1	1	1
4ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	0.96	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	0.61.	0.77	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	0.78	1.00	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	0.61.	0.77	1	1	1	1
5ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	0.72	0.84	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	0.98	1.00	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	0.70	0.83	1	1	1	1
6ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	0.93	0.94	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	0.86	0.90	1	1	1	1
7ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
8ος όροφος											
1	B	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
2	A	29.87	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
3	N	131.50	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
4	Δ	29.87	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
9ος όροφος											
1		244.65	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1
2		66.98	3.65	0.8	0.8	1.00	1.00	1	1	1	1

6.4.2 Δεδομένα ανοιγμάτων κτιρίου

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας ανά τύπο πλαισίου και αναλογία πλαισίου λαμβάνονται από τον πίνακα 3.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (έκδοση Α').

Για κάθε πλαίσιο υπολογίστηκαν ο συντελεστής σκίασης από την οριζόντια γραμμή F_{hor} , ο συντελεστής σκίασης από το φάτνωμα F_{ov} και ο συντελεστής σκίασης από την οριζόντια γραμμή F_{htn} . Ο πίνακας 6.5 συνοψίζει τα δεδομένα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς των ανοιγμάτων.

Πίνακας 6.5. Δεδομένα ανοιγμάτων κτιρίου

	προσανατολισμος	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	g _w	F _{hor} θέρμ	F _{hor} ψύξη	F _{ov} θέρμ.	F _{ov} ψύξη	F _{fin} θέρμ	F _{fin} ψύξη
ΙΣΟΓΕΙΟ										
1	B	36.90	6	0.62	1.00	0.85	0.69	0.73	1	1
2	Δ	37.8	6	0.62	0.51	0.57	0.95	0.94	1	1
3	N	38.7	6	0.62	0.32	0.86	0.7	0.54	1	1
4	N	50.4	6	0.62	0.35	0.91	0.7	0.54	1	1
5	N	7.04	6	0.62	0.43	0.97	0.66	0.49	1	1
6	N	4.16	6	0.62	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
7	N	6.56	6	0.62	0.32	0.86	0.68	0.51	1	1
8	N	4.24	6	0.62	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
9	N	9.6	6	0.62	0.43	0.97	0.66	0.49	1	1
10	N	50.84	6	0.62	0.35	0.91	0.66	0.49	1	1
11	A	26.04	6	0.62	0.50	0.55	0.94	0.93	1	1
12	B	50.84	6	0.62	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
13	B	2.72	6	0.62	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
14	B	12.8	6	0.62	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
15	B	28.7	6	0.62	1.00	0.85	0.66	0.7	1	1
16	B	12.8	6	0.62	1.00	0.85	0.64	0.69	1	1
1ος όροφος										
1	B	85.12	6	0.62	1	0.86	0.45	0.49	1	1
2	B	9.52	6	0.62	1.00	0.86	0.45	0.49	1	1
3	A	6.72	6	0.62	0.52	0.59	0.82	0.77	1	1
4	N	14.12	6	0.62	0.34	0.89	0.3	0.31	1	1
5	N	19.6	6	0.62	0.38	0.94	0.3	0.31	1	1
6	N	13.12	6	0.62	0.49	0.99	0.3	0.31	1	1
2ος όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	0.53	0.52	1	1	1	1
3	N	161.2	6	0.62	0.38	0.73	1	1	1	1

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

4	Δ	36.61	6	0.62	0.53	0.52	1	1	1	1
3^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	0.55	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	0.50	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	0.55	0.52	1	1	1	1
4^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	0.61.	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	0.78	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	0.61.	0.52	1	1	1	1
5^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	0.72	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	0.98	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	0.70	0.52	1	1	1	1
6^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	0.93	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	1.00	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	0.86	0.52	1	1	1	1
7^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	1.00	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	1.00	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	1.00	0.52	1	1	1	1
8^{ος} όροφος										
1	B	161.20	6	0.62	1.00	0.85	1	1	1	1
2	A	36.61	6	0.62	1.00	0.52	1	1	1	1
3	N	161.20	6	0.62	1.00	0.73	1	1	1	1
4	Δ	36.61	6	0.62	1.00	0.52	1	1	1	1
9ος όροφος										
A		235.91	3.7	0.54	1.00	1.00	1	1	1	1
B		34.19	3.7	0.54	1.00	1.00	1	1	1	1

6.5 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίου

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των υπό μελέτη κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα σχετικά με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Συστήματα θέρμανσης χώρων,

Συστήματα ψύξης χώρου,

συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης,

Στη συνέχεια παρατίθενται λεπτομέρειες για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς του λογισμικού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

6.5.1 Δεδομένα για τα συστήματα θέρμανσης χώρων

Σε όλο το κτίριο έχει εγκατασταθεί κεντρική θέρμανση για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χώρων, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Αυτή περιλαμβάνει δύο μονάδες λέβητα θερμικής ισχύος 930 KW, καυστήρες αερίου, θερμοκρασίες λειτουργίας 60/80°C, ανεπαρκή μόνωση του κεντρικού δικτύου διανομής και στοιχειώδεις μονάδες ανεμιστήρων (FAN COIL UNITS) για την απόδοση της θέρμανσης χώρου. Οι υπόλοιποι χώροι του κτιρίου είναι εξοπλισμένοι με τοπικές αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου για θέρμανση, αλλά αυτό δεν καλύπτει συνολικά το σύνολο του χώρου. Για τους σκοπούς του υπολογισμού, θεωρείται επομένως ότι το κτίριο θερμαίνεται επιπλέον σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς (θεωρητικό σύστημα με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες).

Ο ακόλουθος πίνακας 6.6 συνοψίζει όλα τα στοιχεία για το σύστημα θέρμανσης ανά θερμική ζώνη.

Πίνακας 6.6. Δεδομένα συστήματος θέρμανσης γραφείων.

Σύστημα Θέρμανσης Θερμικής Ζώνης 1 (Γραφεία)
Μονάδα παραγωγής θερμότητας
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας: Λέβητας-Καυστήρας: 930KW δυο τεμ
Θερμική απόδοση μονάδας (%) ή COP: 92% και 95%

Συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες.											
Είδος καυσίμου: Φυσικό Αέριο											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
IAN	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Θερμική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 100 KW											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι -Όχι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% -Ναι											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : 80											
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : 60											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : 100% - 7% (απώλειες) = 83.0%											
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων : μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (FAN COIL UNITS)											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων : 78.4%											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων		Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων KW					
Κυκλοφορητές, καυστήρες, ανεμιστήρες		1				106					
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου											

Σύστημα Θέρμανσης Θερμικής Ζώνης 2 (Γραφεία)

Μονάδα παραγωγής θερμότητας											
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας: Αντλίες θερμότητας τοπικές σύνολο ισχύος 82,20 kw											
συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες											
Θερμική απόδοση μονάδας (%) ή COP: 2.47 1.00											
πηγή ενέργειας : ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Θερμική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 100 KW											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι-Όχι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20%-Ναι											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) :											
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) :											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : = 94.0%											
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων : τοπικές αντλίες θερμότητας (ΤΥΠΟΥ SPLIT)											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων : 93%											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων		Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων KW					
Κυκλοφορητές, καυστήρες, ανεμιστήρες		1				106					

Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου		

Σύστημα Θέρμανσης Θερμικής Ζώνης 3 (αίθουσες πολλαπλών χρήσεων)											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας											
Είδος Μονάδας Παραγωγής Θερμότητας: Αντλίες Θερμότητας Τοπικές Σύνολο Ισχύος 61.26 kW											
συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες											
Θερμική απόδοση μονάδας (%) ή COP: 2.2 1.00											
πηγή ενέργειας : ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
IAN	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Θερμική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 100 KW											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι-Όχι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20%-Ναι											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) :											
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) :											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : = 94.0%											
Υπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων : τοπικές αντλίες θερμότητας (ΤΥΠΙΟΥ SPLIT)											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων : 93%											
Βοηθητική ενέργεια											

Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Αριθμός συστημάτων	Ισχύς βοηθητικών συστημάτων KW
Κυκλοφορητές, καυστήρες, ανεμιστήρες	1	106
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου		

6.5.2 Δεδομένα για σύστημα ψύξης χώρων

Η επιθεώρηση του συστήματος ψύξης στο κτίριο αποκάλυψε ότι το κτίριο είναι εξοπλισμένο με τοπικά κλιματιστικά μηχανήματα split split που δεν καλύπτουν ολόκληρο το κτίριο.

Λόγω του γεγονότος αυτού, θεωρείται ότι το υπό υπολογισμό κτίριο ψύχεται επιπλέον σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς (θεωρητικό σύστημα με τοπική αντλία θερμότητας).

Ο πίνακας 6.7 παρακάτω συνοψίζει όλα τα δεδομένα για το σύστημα ψύξης στη θερμική ζώνη 1 (γραφεία).

Πίνακας 6.7. Δεδομένα συστήματος ψύξης γραφείων.

Σύστημα Ψύξης Θερμικής Ζώνης 1 (Γραφεία)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης											
Είδος μονάδας παραγωγής ψύξης : τοπικές αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 977KW											
συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές αντλίες θερμότητας											
Εν αποδοτικότητα EER: 2.51 2.2											
Είδος καυσίμου: ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%) :											
IAN	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):											
Δίκτυο διανομής ψύξης											

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Ψυκτική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW):			
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι -Ναι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% -Όχι			
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -			
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -			
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : 95			
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ			
Τερματικές μονάδες			
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων : τύπου split			
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων : 93%			
Βοηθητική ενέργεια			
Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Αριθμός συστημάτων	Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W/m2)	
-	1	5	
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου			

Σύστημα Ψύξης Θερμικής Ζώνης 2 (Γραφεία)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης											
Είδος μονάδας παραγωγής ψύξης : τοπικές αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 72,04KW											
συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές αντλίες θερμότητας											
Εν αποδοτικότητα EER: 2.29 2.2											
Είδος καυσίμου: ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%) :											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):											

Δίκτυο διανομής ψύξης		
Ψυκτική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW):		
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι -Ναι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% -Όχι		
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -		
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -		
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : 95		
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ		
Τερματικές μονάδες		
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων : τύπου split		
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων : 93%		
Βοηθητική ενέργεια		
Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Τύπος βοηθητικών συστημάτων
-	1	5
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου		

Σύστημα Ψύξης Θερμικής Ζώνης 3 (αίθουσες πολλαπλών χρήσεων)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης											
Είδος μονάδας παραγωγής ψύξης : τοπικές αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 54,5KW											
συμπληρωματικά θεωρητικό σύστημα με τοπικές αντλίες θερμότητας											
Εν αποδοτικότητα EER: 2.29 2.2											
Είδος καυσίμου: ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%) :											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0

Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (Ευρώ/m ²):		
Δίκτυο διανομής ψύξης		
Ψυκτική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW):		
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι -Ναι Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% -Όχι		
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -		
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C) : -		
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής (%) : 95		
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς : ΝΑΙ		
Τερματικές μονάδες		
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων : τύπου split		
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων : 93%		
Βοηθητική ενέργεια		
Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Τύπος βοηθητικών συστημάτων
-	1	5
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 80 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου		

6.5.3 Δεδομένα για σύστημα αερισμού

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το σύστημα μηχανικού αερισμού που έχει εγκατασταθεί στο κτίριο δεν έχει τεθεί σε λειτουργία τα τελευταία χρόνια, οι θεωρητικές τιμές αερισμού λαμβάνονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (έκδοση Α') στην ενεργειακή μελέτη για το βασικό σενάριο και ο αερισμός εφαρμόζεται σύμφωνα με τον πίνακα της ενότητας 4.3.3. 4.2.2.3.3.

6.5.4 Δεδομένα για τα συστήματα ζεστού νερού χρήσης

Λόγω των εφαρμογών γραφείου και του πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' έκδοση), το ζεστό νερό χρήσης δεν περιλαμβάνεται και δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης.

6.5.5. Δεδομένα για τα συστήματα φωτισμού

Ως δεδομένα λαμβάνονται υπόψη και εισάγονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος φωτισμού του κτιρίου και όχι οι θερμικές ζώνες του κτιρίου. Τα δεδομένα για το σύστημα φωτισμού ανά θερμική ζώνη έχουν ως εξής (Πίνακας 6.8):

Πίνακας 6.8 Δεδομένα συστήματος φωτισμού

Σύστημα Φωτισμού Θερμικής Ζώνης 1		
Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (kW)	21387	Για φωτιστική δραστηριότητα 60lm/W και Στάθμη φωτισμού 500lux – γραφεία – διάδρομοι 100lux
Περιοχή φυσικού φωτισμού (%)	60	Εφαρμόζονται κουφώματα
Συντελεστής αυτοματισμού ελέγχου φυσικού φωτισμού, FD	1	Κανένας αυτοματισμός
Συντελεστής αυτοματισμού ανίχνευσης κίνησης, FO	1	Χειροκίνητος διακόπτης (αφής / σβέσης)
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (h)	2250	Καθορισμένο από TOTEE
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (h)	250	Καθορισμένο από TOTEE
Σύστημα απομάκρυνσης εκλυόμενης θερμότητας από τα φωτιστικά	OXI	
Φωτισμός ασφαλείας	NAI	
Σύστημα εφεδρείας	NAI	
Σύστημα Φωτισμού Θερμικής Ζώνης 2		
Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (kW)	2495	Για φωτιστική δραστηριότητα 60lm/W και Στάθμη φωτισμού 500lux – γραφεία – διάδρομοι 100lux
Περιοχή φυσικού φωτισμού (%)	60	Εφαρμόζονται κουφώματα
Συντελεστής αυτοματισμού ελέγχου φυσικού φωτισμού, FD	1	Κανένας αυτοματισμός

Συντελεστής αυτοματισμού ανίχνευσης κίνησης, FO	1	Χειροκίνητος διακόπτης (αφής / σβέσης)
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (h)	2250	Καθορισμένο από TOTEE
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (h)	250	Καθορισμένο από TOTEE
Σύστημα απομάκρυνσης εκλυόμενης θερμότητας από τα φωτιστικά	OXI	
Φωτισμός ασφαλείας	NAI	
Σύστημα εφεδρείας	NAI	
Σύστημα Φωτισμού Θερμικής Ζώνης 3		
Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (kW)	2495	Για φωτιστική δραστικότητα 60lm/W και Στάθμη φωτισμού 300lux αίθουσες πολλαπλών χρήσεων
Περιοχή φυσικού φωτισμού (%)	60	Εφαρμόζονται κουφώματα
Συντελεστής αυτοματισμού ελέγχου φυσικού φωτισμού	1	Κανένας αυτοματισμός
Συντελεστής αυτοματισμού ανίχνευσης κίνησης, FO	1	Χειροκίνητος διακόπτης (αφής / σβέσης)
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (h)	1248	Καθορισμένο από TOTEE
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (h)	936	Καθορισμένο από TOTEE
Σύστημα απομάκρυνσης εκλυόμενης θερμότητας από τα φωτιστικά	OXI	
Φωτισμός ασφαλείας	NAI	
Σύστημα εφεδρείας	NAI	

6.5.6 Δεδομένα κτιρίου αναφοράς

Παράλληλα με την εισαγωγή δεδομένων, τα δεδομένα για το κτίριο αναφοράς εισάγονται αυτόματα από το λογισμικό σύμφωνα με όσα ορίζονται στο άρθρο 9 του ΚΕΝΑΚ και της TOTEE 20701-1/2017 (έκδοση "Α"), ανάλογα με τη χρήση και τη λειτουργία του κεριού και της θερμικής ζώνης.

7. Αποτελέσματα υπολογισμού

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας (KWh/m²) αναλύονται ως εξής (Πίνακας 7.1):

1. Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη
2. Ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας (KWh/m²), συνολικά και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ψύξη, αερισμός, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά είδος χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, πετρέλαιο κ.λπ.).
3. ετήσια ανοικτή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (KWh/m²) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός).

Οι συντελεστές μετατροπής για την πρωτογενή ενέργεια και τις εκπομπές αερίων ρύπων σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση) (παράγραφος 1.2) είναι (Πίνακας 7.1):

Πίνακας 7.1. Συντελεστές μετατροπής για την πρωτογενή ενέργεια και τις εκπομπές αερίων ρύπων

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /KW)
Φυσικό αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1.10	0.264
Ηλεκτρική ενέργεια	2.90	0.989
Υγραέριο	1.05	0.238
Βιομάζα	1.00	—
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς	0.70	0.347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0.50	

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

7.1 Κατανάλωση ενέργειας

Το υπό μελέτη κτίριο έχει χρήση «Γραφεία» για τους ορόφους ισόγειο-8^{ος} και ο 9^{ος} είναι «Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων». Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα 7.1:

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		7,5	5,7	4,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	5,8	26,1
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	17,2	34,5	31,6	5,3	0,0	0,0	0,0	92,3
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

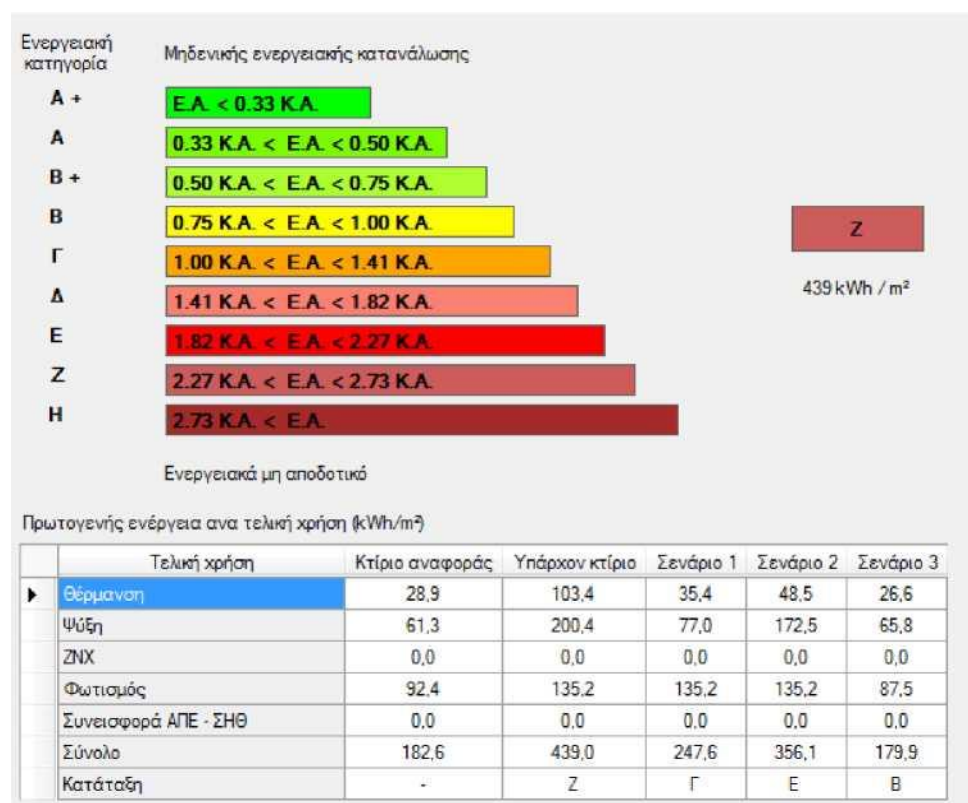
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		16,8	13,2	10,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	6,6	13,6	62,4
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	12,9	25,5	23,4	4,1	0,0	0,0	0,0	69,1
ZNX		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		4,0	3,6	4,0	3,8	4,0	3,8	4,0	4,0	3,8	4,0	3,8	4,0	46,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		20,7	16,8	14,4	5,4	7,0	16,8	29,5	27,4	8,0	4,2	10,4	17,5	178,1

Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός		136,2	134,7
Πετρέλαιο		0,0	0,0
Φυσικό αέριο		41,9	8,2
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0	0,0
Ηλιακή		0,0	0,0
Βιομάζα		0,0	0,0
Γεωθερμία		0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ		0,0	0,0
Σύνολο		178,1	142,9

Εικόνα 7.1. Καταναλώσεις Ενέργειας Υφιστάμενου Κτιρίου

7.2 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του τμήματος γραφείων (όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.2) ανήκει στην κατηγορία Z, σύμφωνα με τους υπολογισμούς.



Εικόνα 7.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Για να διευκολυνθεί η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, παρουσιάζεται κατωτέρω συγκριτικός πίνακας με τις αποκλίσεις μεταξύ των υφιστάμενων κτιρίων και των κτιρίων αναφοράς (Πίνακας 7.2).

Πίνακας 7.2. ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ- ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

kWh/m²	ΚΤΗΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΥΠΑΡΧΟΝ	% ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	28.9	103.4	257.79
ΨΥΞΗ	61.3	200.4	226.92
ΖΝΧ	0	0	
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	92.4	135.2	46.32
ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΑΠΕ	-0	0	
ΣΥΝΟΛΟ	182.6	439	140.42

Οι υπολογισμοί του λογισμικού ταξινόμησης κτιρίων δείχνουν ότι το υφιστάμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο από το κτίριο αναφοράς σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας, ως εξής:

- 250% περισσότερο ενεργοβόρο στον τομέα της θέρμανσης,
- 226% στον τομέα της ψύξης.
- 46% στον τομέα του φωτισμού.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

- Συνολικά, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου είναι 140% υψηλότερη από εκείνη του κτιρίου αναφοράς.

8. Προτάσεις βελτίωσης και αξιολόγησή τους

Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου και τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, προτάθηκαν τρία σενάρια για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και συγκρίθηκαν από την άποψη της μείωσης των ενεργειακών δαπανών και του λειτουργικού κόστους, καθώς και της οικονομικής βιωσιμότητας και της απόδοσης της επένδυσης των προτεινόμενων δαπανών.

Οι προτάσεις που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη αντιπροσωπεύουν τις κύριες παρεμβάσεις που απαιτούνται για την πλήρη αναβάθμιση ενός κτιρίου τόσο από άποψη ενεργειακής όσο και λειτουργικής απόδοσης. Μπορούν να εφαρμοστούν τμηματικά ή στο σύνολό τους και αναμένεται να έχουν εύλογο αντίκτυπο.

Ειδικότερα, διατυπώνονται οι ακόλουθες προτάσεις:

Πρόταση 1: αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού - εγκατάσταση μηχανικού εξαερισμού με λειτουργία ανάκτησης - αντικατάσταση κουφωμάτων.

Η πρόταση αυτή περιλαμβάνει την αναβάθμιση του μηχανικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης, την εγκατάσταση μηχανικού εξαερισμού και την αντικατάσταση των παραθύρων και των υαλοπινάκων του κτιρίου. Ειδικότερα, θα εξεταστούν οι επιπτώσεις στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου:

- α) η βελτίωση της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης και ψύξης με την αξιοποίηση των υφιστάμενων ψυκτών (ονομαστική απόδοση 4,4, SEER 4,9) και την εγκατάσταση νέου δικτύου σωληνώσεων και fan coils, β) η εγκατάσταση νέων μονάδων VRF για την κάλυψη των αναγκών του ισογείου, του πρώτου και του ένατου ορόφου και δ) η εγκατάσταση ενός BMS για τον έλεγχο της θέρμανσης και της ψύξης στο κτίριο.

- Εγκατάσταση μονάδων εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας σε όλους τους ορόφους του κτιρίου.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα συνθετικά κουφώματα PVC και χρήση διπλών υαλοπινάκων 4mm/16mm argo/4mm.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων στους ορόφους 2 έως 8 με νέα σύνθετα κουφώματα PVC με ενεργειακά αποδοτικούς υαλοπίνακες 4/16/4 με γέμισμα αργού $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του ισογείου και του πρώτου ορόφου με νέα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm σε ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Διατήρηση του υφιστάμενου υδρόψυκτου ψυγείου τύπου φορέα και εγκατάσταση νέου πύργου ψύξης στη δόμηση.
- Εγκατάσταση συστημάτων VRF EER 4,3 στις ζώνες 2 και 3 του κτιρίου.
- Αντικαταστήστε τις υπάρχουσες μονάδες fan coil και εγκαταστήστε νέους αγωγούς.
- Εγκατάσταση BMS για τον έλεγχο της θέρμανσης και της ψύξης και αλλαγή του αυτοματισμού σε κατηγορία B.
- Πρόσθετος εξαερισμός με VAM με ανάκτηση 60%.

Πρόταση 2: Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου.

Η πρόταση 2 περιλαμβάνει μόνο τις ακόλουθες παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου:

- Τοποθέτηση 6 cm εξωτερικής μόνωσης στα στοιχεία σκυροδέματος του κτιρίου.
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων σύμφωνα με το σενάριο 1.
- Αντικατάσταση των υφιστάμενων περσίδων σκίασης - τοποθέτηση σταθερών περσίδων σκίασης αλουμινίου εντός του μεταλλικού καμβά του εξωτερικού τοίχου.
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του 2ου έως 8ου ορόφου με νέα σύνθετα κουφώματα PVC, ενεργειακά αποδοτικά τζάμια 4/16/4 με αργό $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του ισογείου και του πρώτου ορόφου με νέα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm με ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Εξωτερική μόνωση με πλάκα αφρώδους πολυστερίνης ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) στους εξωτερικούς τοίχους και στο κέλυφος της σοφίτας.
- Αντικατάσταση των υφιστάμενων περσίδων σκίασης - σταθερές περσίδες σκίασης αλουμινίου που θα εγκατασταθούν εντός του μεταλλικού καμβά του κτιριακού κελύφους.

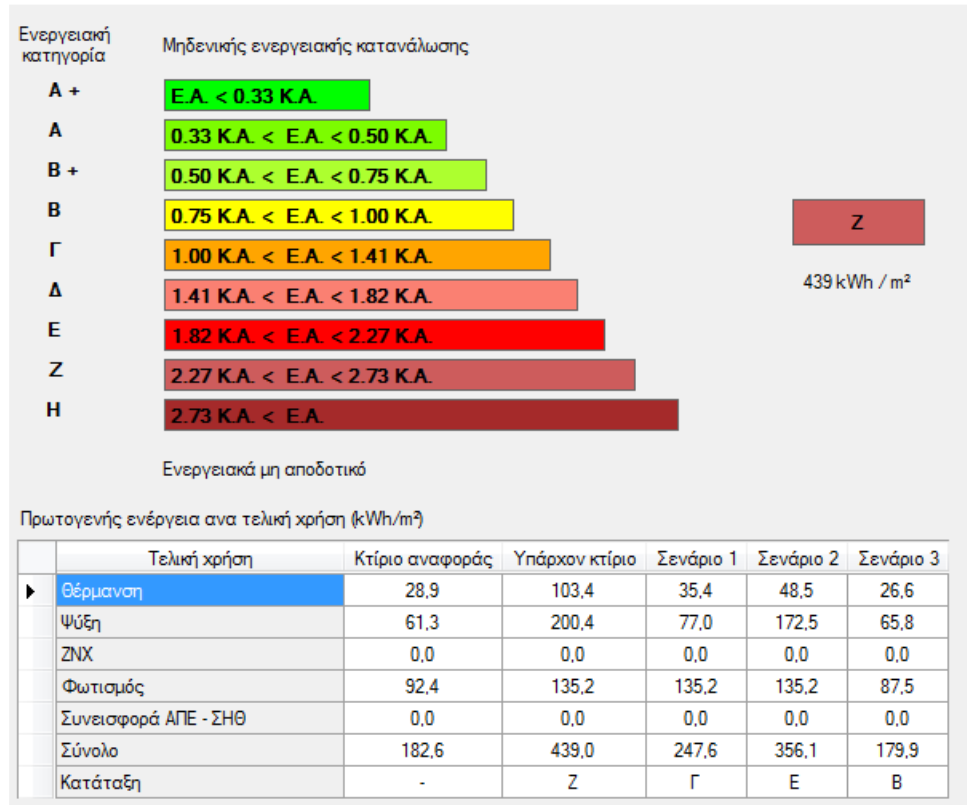
Πρόταση 3: Βασικές βελτιώσεις του κτιρίου

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος
Αυτό το σενάριο περιλαμβάνει το άθροισμα όλων των παρεμβάσεων των σεναρίων 1 και 2 συν την αντικατάσταση των μονάδων φωτισμού με νέες μονάδες φωτισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης LED.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του 2ου έως 8ου ορόφου με νέα σύνθετα κουφώματα από PVC με ενεργειακά αποδοτικά τζάμια 4/16/4 με γέμισμα αργού $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Αντικατάσταση των πλαισίων του ισογείου και του πρώτου ορόφου με νέα πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm σε ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Συντήρηση του υφιστάμενου υδρόψυκτου ψύκτη τύπου φορέα στο Doma και εγκατάσταση νέου πύργου ψύξης με EER 4,4 και SEER.
- Εγκατάσταση συστημάτων VRF EER 4.3 στις ζώνες 2 και 3.
- Αντικατάσταση των υφιστάμενων μονάδων fan coil (FCU) και εγκατάσταση νέων αγωγών.
- Πρόσθετος εξαερισμός με VAM ανάκτησης 60%.
- Εγκατάσταση BMS για τον έλεγχο της θέρμανσης και του κλιματισμού. Μετατροπή των αυτοματισμών στην κατηγορία B.
- Εξωτερική μόνωση στο κέλυφος με πλάκες αφρώδους πολυστερίνης ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) στους εξωτερικούς τοίχους και στο φουαγιέ.
- Αντικατάσταση με νέους λαμπτήρες LED, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας του εγκατεστημένου φωτισμού από 241.780,60 W σε 82.365,3 W.

9 Αποτελέσματα ενεργειακής κατάταξης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής ταξινόμησης του κτιρίου για καθεμία από τις τρεις εξεταζόμενες χρήσεις (Εικόνα 9.1).



Εικόνα 9.1. Αποτελέσματα της ενεργειακής ταξινόμησης του κτιρίου ανά χρήση

- Με την εφαρμογή των μέτρων της πρότασης 1, η ενεργειακή κλάση του κτιρίου αναβαθμίστηκε σε ενεργειακή κλάση C, γεγονός που καταδεικνύει τη σημασία της αναβάθμισης του λειτουργικού εξοπλισμού του κτιρίου. Επιπλέον, η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος ψύξης που χρησιμοποιεί μη λειτουργική ψύξη μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 130 kWh/m².

- Η εφαρμογή των μέτρων που προτείνονται στην πρόταση 2 είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ενεργειακών δαπανών θέρμανσης και τη μικρή συμβολή στις ενεργειακές δαπάνες ψύξης. Ωστόσο, εκτιμάται ότι η χρήση σταθερών σκιάστρων, ιδίως στο κέλυφος του κτιρίου, θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση που δεν περιλαμβάνεται στους υπολογισμούς. Το κτίριο της πρότασης 2 θα αναβαθμιστεί σε ενεργειακή κλάση E.

- Σε συνδυασμό με την πρόταση 3, επιλύονται όλα τα ενεργειακά προβλήματα αυτού του κτιρίου. Τόσο η θωράκιση του κελύφους του κτιρίου όσο και η αναβάθμιση του συστήματος

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος κλιματισμού, σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των λαμπτήρων, θα οδηγήσουν σε ένα αποδοτικό κτίριο, όπως εκφράζεται από την κατάταξή του στην ενεργειακή κλάση B.

9.1 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η σύγκριση των προτάσεων που προτείνονται στην παρούσα μελέτη γίνεται με βάση:

- Τη μείωση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου (θεωρητικά)
- Την ποσοστιαία μείωση της πρωτογενούς ενέργειας
- Τη μείωση των εκπομπών CO₂
- Την περίοδο απόσβεσης της αρχικής δαπάνης

Ο υπολογισμός της αρχικής δαπάνης βασίζεται στην οικονομική τεκμηρίωση που συνοδεύει τις επιμέρους μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για τον καθορισμό της εξοικονόμησης.

Σύμφωνα με τις λεπτομερείς μετρήσεις του έργου και την αντίστοιχη τεκμηρίωση, το βασικό κόστος των ενεργειακών αναβαθμίσεων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 9.1.

Πίνακας 9.1. Βασικό κόστος των ενεργειακών αναβαθμίσεων

Κατηγορία Εργασιών	Κόστος Δημοπράτησης	Κόστος Εκτέλεσης
Αναβάθμιση συστήματος Κλιματισμού αερισμού	1,535,450.42 €	921,270.25 €
Τοποθέτηση Νέων κουφωμάτων- υαλοπινάκων	906,347.12 €	543,808.27 €
Νέα σκίαστρα	586,761.42 €	352,056.85 €
Αντικατάσταση Φωτισμού	1,383,939.48 €	830,363.69 €
Εξωτερική Θερμομόνωση	128,681.49 €	77,208.89 €
Σύνολο	4,541,179.93 €	2,724,707.96 €
*Δεν περιλαμβάνεται ο ΦΠΑ		

Οι πίνακες 9.2 και 9.3 συγκρίνουν τις προτάσεις εξοικονόμησης όσον αφορά τόσο τον προϋπολογισμό υποβολής προσφορών όσο και τον προϋπολογισμό εκτέλεσης του έργου.

Πίνακας 9.2. Σύγκριση προτάσεων με βάση προϋπολογισμό δημοπράτησης

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

	Μονάδες	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Πρόταση 1	Πρόταση 2	Πρόταση 3
Λειτουργικό	€	121,105.7€	288,896.9€	162,726.5€	233,987.2€	118,153.0€
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κόστος Δημοπράτησης)	€			2,441,797.5€	1,621,790.0€	4,541,179.9€
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ²			191.4	82.9	259.1
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	%			43.6	18.9	59
Τιμή εξοικονόμησης ενέργειας	€/kWh			0.5	1	0.5
Μείωση εκπομπών CO ₂	kg/m ₂			59.7	21.7	81.7
Ποσοστό μείωσης εκπομπών				40.01	14.54	54.76
Περίοδος Αποπληρωμής	έτη			19.4	29.5	26.6

Πίνακας 9.3. Σύγκριση σεναρίων με βάση προϋπολογισμό εκτέλεσης

	Μονάδες	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Πρόταση 1	Πρόταση 2	Πρόταση 3
Λειτουργικό	€	121,105.7€	288,896.9€	162,726.5€	233,987.2€	118,153.0€

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κόστος	€			1,465,078.5€	973,074.0€	2,724,708.0€
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ²			191.4	82.9	259.1
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	%			43.6	18.9	59
Τίμη εξοικονόμησης ενέργειας	€/kWh			0.5	1	0.5
Μείωση εκπομπών CO ₂	kg/m ²			59.7	21.7	81.7
Ποσοστό μείωσης εκπομπών				40.01	14.54	54.76
Περίοδος Αποπληρωμής	έτη			11.6	17.7	16.0

Το ενεργειακό κόστος έχει υπολογιστεί από το λογισμικό TEE-KENAK.

Η τρίτη πρόταση, η οποία αντιπροσωπεύει το σενάριο ριζικής βελτίωσης του κτιρίου, είναι η καλύτερη από ενεργειακή και λειτουργική άποψη, επιτυγχάνοντας μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 59% και αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 55% σε σχέση με το υφιστάμενο κτίριο.

Αυτό μεταφράζεται σε εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 160 000 ευρώ. Λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων, η θεωρητική περίοδος απόσβεσης είναι 26,6 έτη, αλλά σε πραγματικές τιμές αγοράς είναι 16 έτη.

Η πρώτη πρόταση θα οδηγήσει σε μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 43,6% και σε αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 40% σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Αυτό εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 120 000 ευρώ. Λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων, η θεωρητική περίοδος απόσβεσης είναι 19,4 έτη, αλλά η πραγματική περίοδος απόσβεσης με βάση τις τιμές της αγοράς είναι 11,6 έτη.

Η δεύτερη πρόταση, η οποία επεμβαίνει μόνο στο κέλυφος του κτιρίου, όχι μόνο έχει τη χαμηλότερη εξοικονόμηση σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια, αλλά και τη μεγαλύτερη περίοδο απόσβεσης (29,5 - 17,7 έτη).

Οι προτάσεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν, μεμονωμένα ή συνολικά, για τη βελτώση του υπό μελέτη κτιρίου, αλλά και σε άλλα κτίρια αντίστοιχης κατάστασης.

Η παρούσα εργασία αναλύει μόνο μια περίπτωση δημόσιου κτιρίου. Κρίνεται σκόπιμο, στο μέλλον, να αναλυθούν και να προταθούν παρεμβάσεις για όλα τα παλιά δημόσια κτίρια, ώστε να γίνουν με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Βιβλιογραφία

Arens, E., Gonzales, R., Berglund, L. (1986) Thermal comfort under an extended range of environmental conditions. *ASHRAE transactions*, vol 92-1. ASHRAE Publications, Atlanta, pp 18–25.

Badescu, V. & Staicovici, M.D. (2006). Renewable energy for passive house heating: model of the active solar heating system. *Energy Build*;38(2):129-41.

Butti K, Perlin J. (1980). *A golden thread: 2500 years of solar architecture and technology*. New York: Cheshire Books; 1980.

Cabeza, L., Castell, A., Barreneche, C., de Gracia, A., Fernandez, A. (2011). Materials used as {PCM} in thermal energy storage in buildings: a review. *Renew Sustain Energy Rev*;15(3):1675-95.

Chan, H.Y, Riffat, S.B., Zhu, J. (2010). Review of passive solar heating and cooling technologies. *Renew Sustain Energy Rev*;14(2):781-9.

Cook J. (1983). The future of solar architecture: a synthesis for the urban tropics. In: Lim B, editor. *Solar energy applications in the tropics*. Netherlands: Springer. p. 227-56. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-7936-9_16.

de Villermay, D. (1980). Renaissance of bioclimatic architecture. *Revue de l'infir- miere. Informations*; (4):16.

European Commission (2010), *Europe 2020*, Brussels 2010.

European observer parliament (2013), *Statement of Rio+20*, tvxs.gr 23-1-2013.

European Union (2010). *Directive 2010/31/2010*.

European Union (2012). *Directive 2012/27/EC*

Fanger, P.O. (1970) *Thermal comfort*. Danish Technical Press, Copenhagen

Foglia L. (2011). Inhabiting the ground: definitional elements for a sustainable model of the ground use for residential purpose. *PLEA 2011—architecture and sustainable development, conference proceedings of the 27th international conference on passive and low energy architecture*. p. 151-5.

Garcia-Chavez, J. (1985). *The integration of solar bioclimatic design in the curricula of architecture schools in Mexico*.

Givoni, B. (1976) *Man, climate and architecture*, 2nd edn. Applied Science Publishers, London

Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy Build*;18(1):11 -23. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K).

Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban design*. USA: John Wiley & Son Inc.

Gonzalez, F., Roman, C.A., Garcia, E.H., Frutos, C.B. (2008). Phase change materials (pcms) for energy storage in architecture, use with the magic box prototype. *Mater Constr*;58(291):119-26.

Greenpeace (2007). <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria>

Hix, J. (1974) *The glass house*. MIT Press, Cambridge

Holdsworth, B. (2005). Ecological high-rise: solar architects of the 21st century: Dr. Ken Yeang. *Refocus*; 6(1): 58–60.

Institute for the climatic repercussions of Potsdam in Germany (2012), *The pessimistic scripts on the climate of are probably*.

International Energy Agency (2021b). *Net Zero by 2050*. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

International Energy Agency (2022), *World Energy Outlook 2022*, IEA.

Ji J, Chow T, Pei G, Dong J, He W. (2003). Domestic air-conditioner and integrated water heater for subtropical climate. *Applied Thermal Engineering*;23(5):581–92.

Khudhair, A.M. & Farid, M.M. (2004). A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials. *Energy Convers Manag*;45(2):263-75.

Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. (1960), *Physiology of trees.*, McGraw-Hill Book Co.

Knuutila, M., Kosonen, A., Jaatinen-Värri, A. (2022). Profitability comparison of active and passive energy efficiency improvements in public buildings. *Energy Efficiency*, 15 (38). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10046-9>

Labs K. (1982). Regional analysis of ground and above-ground climate conclusion. *Undergr Space*;7(1):37-65.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος
Lund, J. W. (2007), "[Characteristics, Development and utilization of geothermal resources](#)" (PDF), *Geo-Heat Centre Quarterly Bulletin*, Klamath Falls, Oregon: Oregon Institute of Technology, vol. 28, no. 2, pp. 1–9, [ISSN 0276-1084](#).

Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., & García-Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 736–755. doi:10.1016/j.rser.2015.04.095

Markus, T.A. and Morris, E.N. (1980) *Buildings, Climate and Energy*. Pitman Publishing Limited, London.

Messenger, R. A. and J. Ventre. (2004). *Photovoltaic Systems Engineering*. 2nd edition. CRC Press LLC.

Mileto C, Vegas F, Cristini V. (2012). *Rammed earth conservation*. London: CRC Press.

Milne M (1997) *Energy design tools*. University of California, Los Angeles. www.energy-design-tools.aud.ucla.edu.

Milne M, Givoni B (1979) Architectural design based on climate. In: Watson D (ed) *Energy conservation through building design*. McGraw Hill, New York, pp 96–113

Morillon-Galvez D, Saldana-Flores R, Tejeda-Martinez A. (2004). Human bioclimatic atlas for Mexico. *Solar Energy*;76(6):781-92.

Mukheibir, P. & Mallam, P. (2019). Climate crisis – what's it good for?. *The Fifth Estate*. Australia.

National Energy Renewable Laboratory NREL (1996). *Typical meteorological year climate data files*. National Renewable Energy Laboratory, Golden

Neila F, Bedoya C, Acha C, Olivieri F, Barbero M. (2008). The ecological rooftops of third generation: an new constructive material [las cubiertas ecologicas de tercera generacion: Un nuevo material constructivo]. *Inf Constr*;60(511):15-24.

Okazaki, T., Shirai, Y., & Nakamura, T. (2015). Concept study of wind power utilizing direct thermal energy conversion and thermal energy storage. *Renewable Energy*, 83, 332–338. doi:10.1016/j.renene.2015.04.027

Olgyay, V., and A., (1963). *Design with Climate, a Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, N. Jersey.

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Parameshwaran R, Kalaiselvam S, Harikrishnan S, Elayaperumal A. (2012). Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: a review. *Renew Sustain Energy Rev*;16(5):2394-433.

Research of the University of Queensland (2013), *Environmental Research Letters*.

Ripple, W. J.; Wolf, C., Newsome, T. & Gregg, J. W. (2021). World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021. *BioScience*. 71 (9): biab079.

Rupp RF, Ghisi E. (2014). What is the most adequate method to assess thermal comfort in hybrid commercial buildings located in hot-humid summer climate? *Renew Sustain Energy Rev*;29(0):449-62.

Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., & van Heijst, G. J. F. (2017). A review on the CFD analysis of urban microclimate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1613–1640. doi:10.1016/j.rser.2017.05.248

Tyagi V, Kaushik S, Tyagi S, Akiyama T. (2011). Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: a review. *Renew Sustain Energy Rev*;15(2):1373-91.

Tzim G. K. (2012). Chairman of World Bank 2012.

Union of communities Cyprus – Blachos, S. (2012), *Example of building with almost null consumption of energy*, Cyprus.

Vallios, I; Tsoutsos, T; Papadakis, G (2009). "Design of Biomass District Heating". *Biomass & Bioenergy*. 33 (4): 659–678.

Watson, D. & Labs, K (1993) *Climatic building design*, 2nd edn. McGraw-Hill, New York.

World Economic Forum (2015). *What's the path to deep decarbonization?*, <https://www.weforum.org/agenda/2015/12/whats-the-path-to-deep-decarbonization/>

YPEKA (2012) “Buildings of null energy consumption” Athens 2012

YPEKA (2012), *Law 4967/2012*.

Zhou, Y., Zheng, S., Liu, Z., Wen, T., Ding, Z., Yan, J., & Zhang, G. (2020). *Passive and active phase change materials integrated building energy systems with advanced machine-learning based climate-adaptive designs, intelligent operations, uncertainty-based analysis and optimisations: A state-of-the-art review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109889. doi:10.1016/j.rser.2020.109889

Δέσποινα Τσιμογιάννη, *Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος* Ανδρέου Γ. (2021). Η στρατηγική συγκρότηση του νέου Ευρωπαϊκού Μηχανισμού Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας. *Region & Periphery*, 11, 79–105. <https://doi.org/10.12681/rp.27244>

Αντωνοπούλου, Σ. (2009). *Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και βιώσιμη ανάπτυξη. Μέθοδοι και παραδείγματα σε συγκεκριμένα κτίρια*. Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Αμουργής Σ. (2001) *Περιβαλλοντικός σχεδιασμός στην Ελλάδα- Η αρχαία παράδοση, Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοιχτών Χώρων*, ΕΑΠ, Τόμος Α, Πάτρα.

Αξαρή Κ., (2000). *Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτηρίων – γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού*, Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με γενικό τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων».

Γεωργαντζάκος, Κ. (2017). *Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός σχολικού κτιρίου μέσω προσομοίωσης*, Διπλωματική εργασία, ΕΠ, Αθήνα.

Γιάννας Σ., (2001). *Βιοκλιματικές αρχές πολεοδομικού σχεδιασμού, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβάλλοντος Χώρου*, ΕΑΠ, Τόμος Α.

Ευαγγελίου, Π. (2020). *Περιβαλλοντικός σχεδιασμός και αρχιτεκτονικός επανασχεδιασμός υφιστάμενου δημόσιου κτιρίου και δημόσιας πλατείας. Η μελέτη του Κτιρίου Γραφείων του Δημάρχου Λαμιέων «Παλιό Δημαρχείο» και της πλατείας Αλέκου Κοντόπουλου*, Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ, Πάτρα.

Κεσίδου, Σ. (2011). Πράσινα γραφεία: Σχεδιασμός, οικολογικά υλικά και διαχείριση. *Περιοδικό Κτίριο*, Τεύχος 09/Οκτώβριος 2011, σελ. 93-100.

Κονιδάρη, Π. (2022). *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ*. <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthiria>

Κοτσίρης, Γ. (2007). *Θερμική άνεση*, Εκδόσεις Ίων.

Μαυρογιάννης, Κ. (1981). *Παρατηρήσεις επί του κλίματος των Αθηνών και της ενεργείας αυτού επί της ζωικής οικονομίας* σελ 29.

Μπαξεβάνου, Α. (2020). Η επίδραση του μικροκλίματος στις συνθήκες θερμικής άνεσης των κτιρίων. Αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης ενός συγκροτήματος κατοικιών, μέσα

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος από τη βελτίωση του μικροκλίματος στο άμεσο περιβάλλον του, με το λογισμικό προσομοίωσης ENVI-met, Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ, Πάτρα.

Νικολάου Κ., (2000), «Ρύποι & Απόβλητα» Εισαγωγή στο Φυσικό & Ανθρωπογενές Περιβάλλον, Τόμος Β2, Εκδόσεις, ΕΑΠ, Πάτρα.

Ντάφης Σ., (2001). Δασοκομία πόλεων, Θεσσαλονίκη.

ΥΠΕΚΑ, (2014). Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ). Διαθέσιμο στις ηλεκτρονικές διευθύνσεις:

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vDjk62bRxSI%3d&tabid=282&language=el-GR>

και

http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR&SkinSrc=%5BG%5DSkins%2F_default%2FNo+Skin&ContainerSrc=%5BG%5DContainers%2F_default%2FNo+Container&dnnprintmode=true

ΥΠΕΝ (2022). Εξοικονόμηση ενέργειας- Κτίρια. <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/>

Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων».

Φ.Ε.Κ. 89, νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις».

Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων- Κ.Εν.Α.Κ.».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό

της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».

Παράρτημα Α

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Δέσποινα Τσιμογιάννη¹, Αρετή Τσέλιου¹

¹Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα

email: dtsimogianni@hotmail.com, tseliou.aret@ac.eap.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας ΔΕ είναι η παρουσίαση των σύγχρονων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και στην συνέχεια η εφαρμογή και αξιολόγησή τους, σε τυπικό δημόσιο κτίριο της Αθήνας, μία πόλη σε συνθήκες μεσογειακού κλίματος. Με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος (TEE-KENAK) αξιολογήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου του ΟΣΕ. Οι υπολογισμοί του λογισμικού ταξινόμησης κτιρίων δείχνουν ότι το υφιστάμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο από το κτίριο αναφοράς σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Με βάση αυτό, στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται προτάσεις που αντιπροσωπεύουν τις κύριες παρεμβάσεις που απαιτούνται για την πλήρη αναβάθμιση ενός κτιρίου τόσο από άποψη ενεργειακής όσο και λειτουργικής απόδοσης και μπορούν να εφαρμοστούν τμηματικά ή στο σύνολό τους και αναμένεται να έχουν εύλογο αντίκτυπο.

Λέξεις κλειδιά: Βιοκλιματικός σχεδιασμός και ανασχεδιασμός, εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση, δημόσια κτίρια.

ABSTRACT

The purpose of the present dissertation is the modern strategies of bioclimatic design and energy upgrading of buildings and their evaluation in Mediterranean climate conditions and then their implementation and evaluation is done, in a typical public building of Athens, a city in Mediterranean climate conditions. With the use of a suitable computer program (TEE-KENAK) the existing energy behavior of the building of the HSU (Hellenic Subways Organization) was evaluated. Building classification software calculations show that the existing building is more energy-intensive than the reference building in all areas of energy consumption. Based on this, proposals presented in this study represent the main interventions required to fully upgrade a building both in terms of energy and functional performance and can be implemented partially or in their entirety and are expected to have a reasonable impact.

Keywords: Bioclimatic design and redesign, energy saving, energy upgrading, public buildings.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ΕΕ, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ανέρχεται στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα στο 43%, γεγονός που την καθιστά τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και τη χώρα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων ενεργειακής απόδοσης που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (εξοικονόμηση 20% έως το 2020 (δεν έχει επιτευχθεί ακόμη) και 32,5% έως το 2030 σε σχέση με την προβλεπόμενη κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ) (ΥΠΕΝ, 2022).

Σύμφωνα με την Greenpeace (2007), ο δημόσιος τομέας χρησιμοποιεί παλαιά και νέα κτίρια (το 2007 ο αριθμός των δημόσιων κτιρίων εκτιμήθηκε σε περίπου 200.000, αντιπροσωπεύοντας το 5% του τριτογενούς τομέα), τα οποία, σύμφωνα με την Κονιδάρη (2022) και το ΥΠΕΚΑ (2014), είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα, κυρίως επειδή χαρακτηρίζονται από: α) παλαιότητα και β) έλλειψη ενσωμάτωσης της σύγχρονης τεχνολογίας στο κτίριο λόγω της έλλειψης κατάλληλης νομοθεσίας τα τελευταία 30 χρόνια. Σε αυτό το πλαίσιο, και υπό την απειλή μελλοντικών ενεργειακών κρίσεων που προκαλούνται από γεωπολιτικές συγκρούσεις και αστάθεια, η ανάγκη αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και η διερεύνηση δυνατοτήτων και μεθόδων παρέμβασης στα υφιστάμενα δημόσια και κοινοτικά κτίρια θεωρείται απαραίτητη (Κονιδάρη, 2022).

Πολλά από αυτά παρουσιάζουν προβλήματα όπως μερική ή πλήρη κακή μόνωση (τα περισσότερα κτίρια που

κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 έχουν κακή ή ανύπαρκτη μόνωση και ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (H/M) με χαμηλή απόδοση), παλαιά τεχνολογία (κουφώματα/μονοί υαλοπίνακες), ανεπαρκή ηλιοπροστασία στη νότια και δυτική πλευρά, ανεπαρκής αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας, κακοσυντηρημένα και ανεπαρκώς λειτουργούντα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κ.λπ (Κονιδάρη, 2022).

Η παρούσα εργασία διερευνά και τεκμηριώνει την τρέχουσα κατάσταση του κτιρίου του ΟΣΕ στην οδό Καρόλου 1-3, Αθήνα, και αναλύει το προτεινόμενο σενάριο ενεργειακών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με βάση τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, προκειμένου να μειωθεί η συμβατική κατανάλωση ενέργειας από το ελάχιστο στο μηδέν.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όσον αφορά τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, καταρχάς έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση (ξένης και ελληνικής βιβλιογραφίας) με έμφαση σε δημοσιεύσεις της τελευταίας δεκαετίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν αρχικά οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και οι πρακτικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, η Παρούσα Περιβαλλοντική Πραγματικότητα, το πώς θα πάμε προς Κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας, ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός, τα συστήματα ενεργητικής ενέργειας και το πώς μπορεί να γίνει μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος (TEE-

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

KENAK) αξιολογήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Σε επόμενο στάδιο, προτάθηκαν κατάλληλες βιοκλιματικές επεμβάσεις και επαναυπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας, με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρήσης απαιτούμενης συμβατικής ενέργειας, την βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κτιρίου και γενικότερα την αναβάθμιση του μικροκλίματος της περιοχής. Για τη μελέτη εφαρμογής με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αναζητήθηκαν σχέδια και υπάρχουσες μελέτες (αρχιτεκτονικές, πυροπροστασίας κλπ) από τον Ο.Σ.Ε.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Περιγραφή κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην οδό Καρόλου 1-3, στην Αθήνα, περιοχή Μεταξουργείου, στο οικοδομικό τετράγωνο 73008 ενώ γειτνιάζει με τις οδούς Νικηφόρου, Ιερόθεου και Ακομινάτου. Το οικοπέδο έχει εμβαδό 2.196,54 m², εντός εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου πόλεως. Πρόκειται για εννιαόροφο κτίριο, με ισόγειο και δύο υπόγειους ορόφους. Στο ισόγειο βρίσκονται δυο ανεξάρτητα κλιμακοστάσια εκατέρωθεν την κεντρικής εισόδου και πίσω από τα φρεάτια των ανελκυστήρων, γραφεία, η κεντρική αίθουσα εξυπηρέτησης του κοινού, αποθήκες και το τυπογραφείο. Στους ορόφους 1 έως 8 βρίσκονται γραφεία και χώροι γραφείων καθώς και οι κοινόχρηστες τουαλέτες. Στον 9ος όροφο εκτός από γραφεία υπάρχει η αίθουσα συνεδριάσεων, μια αίθουσα πολλαπλών χρήσεων και το κυλικείο.

Τα εμβαδά των ορόφων αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

Πίνακας 1. Εμβαδά ανά όροφο

Όροφος	Εμβαδόν σε m ²
Ισόγειο	873,65
1 ^{ος}	805,03
2 ^{ος}	1589,62
3 ^{ος}	1588,30
4 ^{ος}	1588,27
5 ^{ος}	1587,99
6 ^{ος}	1588,13
7 ^{ος}	1588,02
8 ^{ος}	1588,07
9 ^{ος}	740,02

Το ισόγειο, οι όροφοι καθώς και τα κλιμακοστάσια σε όλους τους ορόφους θα θεωρηθούν ως θερμαινόμενοι χώροι, ενώ τα δυο υπόγεια, με τις αποθήκες τους, θα λειτουργούν ως μη θερμαινόμενοι χώροι στο κτίριο.

3.2. Κατασκευή

Το κτίριο χαρακτηρίζεται από μεγάλες επιφάνειες αδιαφανών στοιχείων (υαλοπίνακες) οι οποίες είναι περίπου το 52% της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου (3654 τ.μ.). Το υπόλοιπο 48% εξωτερικών επιφανειών αποτελείται κατά κύριο λόγο από εμφανή μπετό. Οι διαφανείς επιφάνειες είναι μονοί υαλοπίνακες εφαρμοσμένοι σε κουφώματα αλουμινίου, μέτριας προς κακής κατάστασης. Στον ένατο όροφο έχουν τοποθετηθεί κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με διπλούς υαλοπίνακες. Οι αδιαφανείς επιφάνειες δεν διαθέτουν θερμομόνωση ούτε στην τοιχοποιία (σκυρόδεμα) ούτε στα δάπεδα οροφές. Στην οροφή του κτιρίου έχει τοποθετηθεί υγρομόνωση.

3.3. Βιοκλιματική αποτίμηση κτιρίου

Το κτίριο διακρίνεται για τη διπλή όψη τόσο προς Βορρά όσο και προς

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

Νότο. Έχει παραλληλόγραμμο σχήμα, με πλευρές 85m (προς Βορρά και Νότο) και 20m (Ανατολή- Δύση). Στο σχεδιασμό του κτιρίου απαντώνται πρακτικές πρώιμου βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η κατασκευή του είναι μεταλλική, με βάση ορθογωνικό κάναβο και το εξωτερικό κέλυφος έχει αναφορά στις σιδηροτροχιές του ΟΣΕ. Στο κενό μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και των υαλοστασίων των όψεων έχουν τοποθετηθεί συρόμενα καθ ύψος ρολά με σκοπό την επίτευξη της επιθυμητής και απαραίτητης ηλιοπροστασίας. Η χρήση του εξωτερικού κελύφους εξασφαλίζει τον αερισμό της όψης του κτιρίου, με αποτέλεσμα την μείωση των αναγκαίων φορτίων κλιματισμού των χώρων.

Στο επίπεδο του αρχικού σχεδιασμού και εγκατάστασης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, εφαρμόστηκαν πρωτοποριακές για την εποχή λύσεις κεντρικού κλιματισμού και θέρμανσης. Η κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης του κτιρίου, πραγματοποιούνταν μέσω της χρήση κεντρικών υδρόψυκτων ψυκτών και λεβητών πετρελαίου (οι οποίοι μετέπειτα μετατράπηκαν σε φυσικού αερίου), ενώ η διανομή θερμότητας στους χώρους κατά κύριο λόγο γινόταν με τη χρήση των fan coil unit. απαιτούμενος νωπός αέρας καλυπτόταν είτε με τη χρήση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων για την κάλυψη των αναγκών του ισογείου και του Α ορόφου του κτιρίου, είτε μέσω της τροφοδοσίας των μονάδων Fan Coil Unit, δια μέσω θυρίδων αερισμού για το υπόλοιπο κτίριο.

Με την πάροδο των χρόνων και κάτω από την ελλιπή συντήρηση και φυσική φθορά του εγκατεστημένου εξοπλισμού, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου μεταβλήθηκαν. Οι κεντρικοί ψύκτες τέθηκαν εκτός λειτουργίας, οι

κεντρικές κλιματιστικές μονάδες αδρανοποιήθηκαν και αντ' αυτού εγκαταστάθηκαν πάνω από 250 μονάδες κλιματισμού (split unit), οι οποίες ανέλαβαν την κάλυψη των ψυκτικών και μέρους των θερμικών αναγκών του κτιρίου. Ο κάθε χρήσης πλέον έχει την αυτενέργεια στη θερμοκρασιακή ρύθμιση του χώρου που σε συνδυασμό με την κατά κύριο λόγο χαμηλή απόδοση των αυτόνομων μονάδων κλιματισμού οδηγεί σε ένα εξαιρετικά ενεργοβόρο προφίλ κτιρίου, στο επίπεδο της θέρμανσης και του κλιματισμού.

Το κτίριο χαρακτηρίζεται από μερική επάρκεια φυσικού φωτισμού, όμως ο τεχνικός φωτισμός ο οποίος διαθέτει είναι απαρχαιωμένος, με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και χαμηλή απόδοση φωτεινότητας.

Στα 40 περίπου χρόνια λειτουργίας του κτιρίου έχουν πραγματοποιηθεί τρεις ουσιαστικές παρεμβάσεις που επιδρούν στο ενεργειακό του προφίλ. Οι δυο παρεμβάσεις βελτίωσαν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και αφορούν την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων στην 9ο όροφο και την εγκατάσταση καυστήρα αερίου, για την κεντρική θέρμανση. Η δεύτερη όμως η οποία αφορά την τοποθέτηση ατομικών μονάδων κλιματισμού, είχε το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα με αύξηση τόσο του λειτουργικού κόστους όσο και του κόστους συντήρησης.

Το κτίριο βρίσκεται στο κέντρο του αστικού ιστού και γειτνιάζει Ανατολικά και Νότια με κτίρια μεγάλου ύψους τα οποία επηρεάζουν τη σκιάση του. Προς τα δυτικά και βόρεια κατά κύριο γειτνιάζει με κτίρια χαμηλότερου ύψους τα οποία επηρεάζουν τη σκίαση περίπου των μισών ορόφων. Οι υπόλοιποι είναι εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία. Με δεδομένο την μεγάλη επιφάνεια διαφανών στοιχείων, για την

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

αντιμετώπιση της ηλιακής ακτινοβολίας και του θερμικού οφέλους που προκύπτει από αυτή, έχουν τοποθετηθεί εκ κατασκευής περιμετρικά του κτιρίου, κινητά ρολά – σκίαστρα όπου χειροκίνητα ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τη θέση τους. Τα ρολά αυτά, λόγω παλαιότητας παρουσιάζουν βλάβες με αποτέλεσμα είτε να υπάρχει ανάγκη για συχνή συντήρηση αυτών είτε ορισμένα από αυτά να έχουν τεθεί (έστω και για προσωρινά) εκτός λειτουργίας.

3.4. Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενου κτιρίου

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του τμήματος γραφείων ανήκει στην κατηγορία Z, σύμφωνα με τους υπολογισμούς.

Οι υπολογισμοί του λογισμικού ταξινόμησης κτιρίων δείχνουν ότι το υφιστάμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο από το κτίριο αναφοράς σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας, ως εξής:

- 250% περισσότερο ενεργοβόρο στον τομέα της θέρμανσης,
- 226% στον τομέα της ψύξης.
- 46% στον τομέα του φωτισμού.
- Συνολικά, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου είναι 140% υψηλότερη από εκείνη του κτιρίου αναφοράς.

3.5. Προτάσεις βελτίωσης και αξιολόγησή τους

Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου και τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, προτάθηκαν τρία σενάρια για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και συγκρίθηκαν από την άποψη της μείωσης των ενεργειακών δαπανών και του λειτουργικού κόστους, καθώς και της οικονομικής βιωσιμότητας και

της απόδοσης της επένδυσης των προτεινόμενων δαπανών.

Οι προτάσεις που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη αντιπροσωπεύουν τις κύριες παρεμβάσεις που απαιτούνται για την πλήρη αναβάθμιση ενός κτιρίου τόσο από άποψη ενεργειακής όσο και λειτουργικής απόδοσης. Μπορούν να εφαρμοστούν τμηματικά ή στο σύνολό τους και αναμένεται να έχουν εύλογο αντίκτυπο.

Ειδικότερα, διατυπώνονται οι ακόλουθες προτάσεις:

Πρόταση 1: αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού - εγκατάσταση μηχανικού εξαερισμού με λειτουργία ανάκτησης - αντικατάσταση κουφωμάτων.

Η πρόταση αυτή περιλαμβάνει την αναβάθμιση του μηχανικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης, την εγκατάσταση μηχανικού εξαερισμού και την αντικατάσταση των παραθύρων και των υαλοπινάκων του κτιρίου. Ειδικότερα, θα εξεταστούν οι επιπτώσεις στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου:

- Εγκατάσταση μονάδων εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας σε όλους τους ορόφους του κτιρίου.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα συνθετικά κουφώματα PVC και χρήση διπλών υαλοπινάκων 4mm/16mm argo/4mm.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων στους ορόφους 2 έως 8 με νέα σύνθετα κουφώματα PVC με ενεργειακά αποδοτικούς υαλοπίνακες 4/16/4 με γέμισμα αργού $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του ισόγειου και του πρώτου ορόφου με νέα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm σε ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Διατήρηση του υφιστάμενου υδρόψυκτου ψυγείου τύπου φορέα και

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

εγκατάσταση νέου πύργου ψύξης στη δόμηση.

- Εγκατάσταση συστημάτων VRF EER 4,3 στις ζώνες 2 και 3 του κτιρίου.

- Αντικαταστήστε τις υπάρχουσες μονάδες fan coil και εγκαταστήστε νέους αγωγούς.

- Εγκατάσταση BMS για τον έλεγχο της θέρμανσης και της ψύξης και αλλαγή του αυτοματισμού σε κατηγορία B.

- Πρόσθετος εξαερισμός με VAM με ανάκτηση 60%.

Πρόταση 2: Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου.

Η πρόταση 2 περιλαμβάνει μόνο τις ακόλουθες παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου:

- Τοποθέτηση 6 cm εξωτερικής μόνωσης στα στοιχεία σκυροδέματος του κτιρίου.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων σύμφωνα με το σενάριο 1.

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων περσίδων σκίασης - τοποθέτηση σταθερών περσίδων σκίασης αλουμινίου εντός του μεταλλικού καμβά του εξωτερικού τοίχου.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του 2ου έως 8ου ορόφου με νέα σύνθετα κουφώματα PVC, ενεργειακά αποδοτικά τζάμια 4/16/4 με αργό $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του ισόγειου και του πρώτου ορόφου με νέα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm με ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Εξωτερική μόνωση με πλάκα αφρώδους πολυστερίνης ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) στους εξωτερικούς τοίχους και στο κέλυφος της σοφίτας.

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων περσίδων σκίασης - σταθερές περσίδες σκίασης αλουμινίου που θα

εγκατασταθούν εντός του μεταλλικού καμβά του κτιριακού κελύφους.

Πρόταση 3: Βασικές βελτιώσεις του κτιρίου

Αυτό το σενάριο περιλαμβάνει το άθροισμα όλων των παρεμβάσεων των σεναρίων 1 και 2 συν την αντικατάσταση των μονάδων φωτισμού με νέες μονάδες φωτισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης LED.

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων του 2ου έως 8ου ορόφου με νέα σύνθετα κουφώματα από PVC με ενεργειακά αποδοτικά τζάμια 4/16/4 με γέμισμα αργού $U_w = 1,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Αντικατάσταση των πλαισίων του ισόγειου και του πρώτου ορόφου με νέα πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm σε ενεργειακούς υαλοπίνακες $U_w = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Συντήρηση του υφιστάμενου υδρόψυκτου ψύκτη τύπου φορέα στο Doma και εγκατάσταση νέου πύργου ψύξης με EER 4,4 και SEER.

- Εγκατάσταση συστημάτων VRF EER 4.3 στις ζώνες 2 και 3.

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων μονάδων fan coil (FCU) και εγκατάσταση νέων αγωγών.

- Πρόσθετος εξαερισμός με VAM ανάκτησης 60%.

- Εγκατάσταση BMS για τον έλεγχο της θέρμανσης και του κλιματισμού. Μετατροπή των αυτοματισμών στην κατηγορία B.

- Εξωτερική μόνωση στο κέλυφος με πλάκες αφρώδους πολυστερίνης ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) στους εξωτερικούς τοίχους και στο φουαγιέ.

- Αντικατάσταση με νέους λαμπτήρες LED, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας του εγκατεστημένου φωτισμού από 241.780,60 W σε 82.365,3 W.

Αξιολόγηση προτάσεων

Με την εφαρμογή των μέτρων της πρότασης 1, η ενεργειακή κλάση του κτιρίου αναβαθμίστηκε σε ενεργειακή κλάση C, γεγονός που καταδεικνύει τη σημασία της αναβάθμισης του λειτουργικού εξοπλισμού του κτιρίου. Επιπλέον, η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος ψύξης που χρησιμοποιεί μη λειτουργική ψύξη μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 130 kWh/m².

Η εφαρμογή των μέτρων που προτείνονται στην πρόταση 2 είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ενεργειακών δαπανών θέρμανσης και τη μικρή συμβολή στις ενεργειακές δαπάνες ψύξης. Ωστόσο, εκτιμάται ότι η χρήση σταθερών σκιάστρων, ιδίως στο κέλυφος του κτιρίου, θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση που δεν περιλαμβάνεται στους υπολογισμούς. Το κτίριο της πρότασης 2 θα αναβαθμιστεί σε ενεργειακή κλάση E.

Σε συνδυασμό με την πρόταση 3, επιλύονται όλα τα ενεργειακά προβλήματα αυτού του κτιρίου. Τόσο η θωράκιση του κελύφους του κτιρίου όσο και η αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού, σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των λαμπτήρων, θα οδηγήσουν σε ένα αποδοτικό κτίριο, όπως εκφράζεται από την κατάταξή του στην ενεργειακή κλάση B.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σύγκριση των προτάσεων που προτείνονται στην παρούσα μελέτη γίνεται με βάση:

- Τη μείωση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου (θεωρητικά)
- Την ποσοστιαία μείωση της πρωτογενούς ενέργειας
- Τη μείωση των εκπομπών CO₂
- Την περίοδο απόσβεσης της αρχικής δαπάνης

Ο υπολογισμός της αρχικής δαπάνης βασίζεται στην οικονομική τεκμηρίωση που συνοδεύει τις επιμέρους μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για τον καθορισμό της εξοικονόμησης.

Η τρίτη πρόταση, η οποία αντιπροσωπεύει το σενάριο ριζικής βελτίωσης του κτιρίου, είναι η καλύτερη από ενεργειακή και λειτουργική άποψη, επιτυγχάνοντας μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 59% και αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 55% σε σχέση με το υφιστάμενο κτίριο.

Αυτό μεταφράζεται σε εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 160 000 ευρώ. Λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων, η θεωρητική περίοδος απόσβεσης είναι 26,6 έτη, αλλά σε πραγματικές τιμές αγοράς είναι 16 έτη.

Η πρώτη πρόταση θα οδηγήσει σε μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 43,6% και σε αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 40% σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Αυτό εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 120 000 ευρώ. Λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής των παρεμβάσεων, η θεωρητική περίοδος απόσβεσης είναι 19,4 έτη, αλλά η πραγματική περίοδος απόσβεσης με βάση τις τιμές της αγοράς είναι 11,6 έτη.

Η δεύτερη πρόταση, η οποία επεμβαίνει μόνο στο κέλυφος του κτιρίου, όχι μόνο έχει τη χαμηλότερη εξοικονόμηση σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια, αλλά και τη μεγαλύτερη περίοδο απόσβεσης (29,5 - 17,7 έτη).

Οι προτάσεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν, μεμονωμένα ή συνολικά, για τη βελτίωση του υπό μελέτη κτιρίου, αλλά και σε άλλα κτίρια αντίστοιχης κατάστασης.

Η παρούσα εργασία αναλύει μόνο μια περίπτωση δημόσιου κτιρίου. Κρίνεται

Δέσποινα Τσιμογιάννη, Μελέτη Σύγχρονων Στρατηγικών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων και Αξιολόγησή τους σε Συνθήκες Μεσογειακού Κλίματος

σκόπιμο, στο μέλλον, να αναλυθούν και να προταθούν παρεμβάσεις για όλα τα παλιά δημόσια κτίρια, ώστε να γίνουν με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Greenpeace (2007). <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria>
- Κονιδάρη, Π. (2022). *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ*. <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria>
- ΥΠΕΚΑ, (2014). Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από

κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (*Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ*). Διαθέσιμο στις ηλεκτρονικές διευθύνσεις: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vDjk62bRxSI%3d&tabid=282&language=el-GR> και http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR&SkinSrc=%5BG%5DSkins%2F_default%2FNo+Skin&ContainerSrc=%5BG%5DContainers%2F_default%2FNo+Container&dnnprintmode=true

- ΥΠΕΝ (2022). *Εξοικονόμηση ενέργειας-Κτίρια*. <https://ypen.gov.gr/energeia/energeia-ki-exoikonomisi/ktiria/>

Παράρτημα Β

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Δέσποινα Τσιμογιάννη

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ABSTRACT

Σκοπός της παρούσας ΔΕ είναι η παρουσίαση των σύγχρονων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και στην συνέχεια η εφαρμογή και αξιολόγησή τους, σε τυπικό δημόσιο κτίριο της Αθήνας, μία πόλη σε συνθήκες μεσογειακού κλίματος.

The purpose of the present dissertation is the presentation of modern strategies of bioclimatic design and energy upgrading of buildings and their implementation and evaluation, in a typical public building of Athens, a city in Mediterranean climate conditions.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ΕΕ, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ανέρχεται στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα στο 43%, γεγονός που την καθιστά τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και τη χώρα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων ενεργειακής απόδοσης που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (εξοικονόμηση 20% έως το 2020 (δεν έχει επιτευχθεί ακόμη) και 32,5% έως το 2030 σε σχέση με την προβλεπόμενη κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος (ΤΕΕ-KENAK) αξιολογήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Σε επόμενο στάδιο, προτάθηκαν κατάλληλες βιοκλιματικές επεμβάσεις και επαναυπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας, με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρήσης απαιτούμενης συμβατικής ενέργειας, την βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κτιρίου και γενικότερα την αναβάθμιση του μικροκλίματος της περιοχής.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περιγραφή κτιρίου

Εννιαρόφορο κτίριο, με ισόγειο και δύο υπόγειους ορόφους

- Ισόγειο:
- δυο ανεξάρτητα κλιμακοστάσια εκατέρωθεν την κεντρικής εισόδου και πίσω από τα φρεάτια των ανελκυστήρων,
 - γραφεία,
 - κεντρική αίθουσα εξυπηρέτησης του κοινού,
 - αποθήκες
 - πιστογραφείο
- Όροφοι 1-8: γραφεία, χώροι γραφείων, και κοινόχρηστες τουαλέτες
- Όροφος 9: γραφεία, αίθουσα συνεδριάσεων, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, κυλικείο
- Το ισόγειο, οι όροφοι καθώς και τα κλιμακοστάσια σε όλους τους ορόφους είναι θερμαινόμενοι χώροι, ενώ τα δύο υπόγεια, με τις αποθήκες τους, μη θερμαινόμενοι.

Κατασκευή

Μονοί υαλοπίνακες εφαρμοσμένοι σε κουφώματα αλουμινίου καλύπτουν το 52% της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου (3654 τ.μ.).

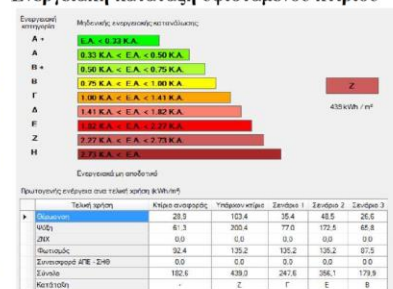
Το υπόλοιπο 48% εξωτερικών επιφανειών αποτελείται από εμφανή μετό

Στον ένατο όροφο έχουν τοποθετηθεί κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με διπλούς υαλοπίνακες

Οι αδιαφανείς επιφάνειες δεν διαθέτουν θερμομόνωση ούτε στην τοιχοποιία ούτε σε δάπεδα-οροφές

Στην οροφή του κτιρίου έχει τοποθετηθεί υγρομόνωση

Ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτιρίου



Το υφιστάμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο από το κτίριο αναφοράς σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας, ως εξής:

- 250% περισσότερο ενεργοβόρο στον τομέα της θέρμανσης,
 - 226% στον τομέα της ψύξης,
 - 46% στον τομέα του φωτισμού.
- Συνολικά, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου είναι 140% υψηλότερη από εκείνη του κτιρίου αναφοράς.

Προτάσεις αναβάθμισης

Πρόταση 1: αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού - εγκατάσταση μηχανικού εξαερισμού με λειτουργία ανάκτησης - αντικατάσταση κουφωμάτων.

Πρόταση 2: Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου.

Πρόταση 3: Βασικές βελτιώσεις του κτιρίου

Σύγκριση προτάσεων

Η τρίτη πρόταση είναι η καλύτερη από ενεργειακή και λειτουργική άποψη, επιτυγχάνοντας μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 59% και αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO2 κατά 55% σε σχέση με το υφιστάμενο κτίριο.

- Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 160 000 ευρώ.

- Θεωρητική περίοδος απόσβεσης 26,6 έτη, αλλά σε πραγματικές τιμές αγοράς 16 έτη.

Η πρώτη πρόταση θα οδηγήσει σε μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 43,6% και σε αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO2 κατά 40% σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

- Ετήσια εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους 120 000 ευρώ.

- Θεωρητική περίοδος απόσβεσης είναι 19,4 έτη, αλλά σε πραγματικές τιμές αγοράς 11,6 έτη.

Η δεύτερη πρόταση, η οποία επεμβαίνει μόνο στο κέλυφος του κτιρίου, όχι μόνο έχει τη χαμηλότερη εξοικονόμηση σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια, αλλά και τη μεγαλύτερη περίοδο απόσβεσης (29,5 - 17,7 έτη).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι προτάσεις μπορούν να εφαρμοστούν, μεμονωμένα ή συνολικά, για τη βελτίωση του υπό μελέτη κτιρίου, αλλά και σε άλλα κτίρια αντίστοιχης κατάστασης.

Η παρούσα εργασία αναλύει μόνο μια περίπτωση δημόσιου κτιρίου. Κρίνεται σκόπιμο, στο μέλλον, να αναλυθούν και να προταθούν παρεμβάσεις για όλα τα παλιά δημόσια κτίρια, ώστε να γίνουν με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κονιδάρη, Π. (2022). *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ*.

ΥΠΕΚΑ, (2014). *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)*.

ΥΠΕΝ (2022). *Εξοικονόμηση ενέργειας-Κτίρια*.