

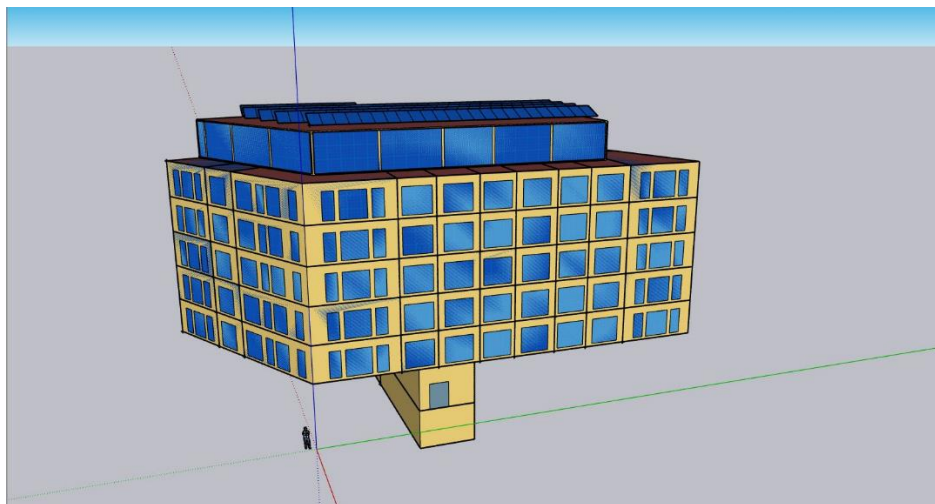


Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ξενοδοχεία Μηδενικού Ενεργειακού Ισοζυγίου: Ανάλυση και Προοπτικές



Συγγραφέας: Μιχελάκης Ανδρέας

A.M.: 2014050100

Επιβλέπων Καθηγήτρια: Κολοκοτσά Διονυσία

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή: Κολοκοτσά Διονυσία

Βουλγαράκης Απόστολος

Τσούτσος Θεοχάρης

Πολυτεχνείο Κρήτης: Τμήμα Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Χανιά 2023

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτη”.

Ευχαριστίες

Ξεκινώντας, εκφράζοντας τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη προς την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Κολοκοτσά Διονυσία για την αμέριστη εμπιστοσύνη της στο πρόσωπό μου, τη βαθιά κατανόηση και την καθοδήγησή της, η οποία συνέβαλε καθοριστικά στην επίτευξη των στόχων μου. Επιπλέον, εκφράζω την ειλικρινή εκτίμησή μου στην κ. Ελισάβετ Τσέκερη, υποψήφια διδάκτορα και συνεργάτιδα της κ. Κολοκοτσά, για την πολύτιμη βοήθειά της καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας συγγραφής της διατριβής, τις εξειδικευμένες συμβουλές της σχετικά με την εφαρμογή του προγράμματος Openstudio και την αμέριστη υποστήριξή της στην αντιμετώπιση των όποιων προκλήσεων παρουσιάστηκαν στην πορεία. Εξίσου άξιος ευγνωμοσύνης είναι και ο κ. Κωνσταντίνος Γομπάκης, μεταδιδακτορικός ερευνητής και συνεργάτης της κ. Κολοκοτσά, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του στη μοντελοποίηση μέσω SketchUp και στις πτυχές της οικονομικής μελέτης της διατριβής.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου εκτίμηση στη Zeus International για την παραχώρηση της ευκαιρίας να πραγματοποιήσω την έρευνα και τη μελέτη αναφορικά με το ξενοδοχείο Wyndham Athens Residence. Η εξαιρετική επικοινωνία τους και η παροχή όλων των απαραίτητων πληροφοριών ήταν καθοριστικής σημασίας για την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, εκφράζω θερμές ευχαριστίες στην οικογένειά μου, στους φίλους μου και σε όλους εκείνους που με στήριξαν και με ενθάρρυναν όλα αυτά τα χρόνια φτάνοντας έτσι σε αυτό το σημαντικό ορόσημο της ακαδημαϊκής μου πορείας.

Περίληψη

Τα ξενοδοχεία σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (net-Zero Hotel) είναι ξενοδοχεία που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να καταναλώνουν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια, συνδυάζοντας την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Θεωρούνται μια πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον επιλογή σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ξενοδοχεία. Τα κύρια οφέλη των nZEH περιλαμβάνουν τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και το σχετικό κόστος, τη βελτιωμένη ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης ορισμένα μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως το υψηλότερο αρχικό κόστος κατασκευής και συντήρησης των nZEH. Συνολικά, τα nZEH έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανίας φιλοξενίας και να παρέχουν μια πιο βιώσιμη επιλογή για τους ταξιδιώτες. Αρχικά, για την μελέτη και κατασκευή των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Sketchup και Openstudio, στα οποία σχεδιάστηκαν το αρχικό κτηριακό μοντέλο όπου αφορά το ξενοδοχείο στην τωρινή του μορφή, αλλά και στη συνέχεια το σχεδιασμό του δεύτερου κτηριακού μοντέλου που αφορά την εξέλιξη της συγκεκριμένης ξενοδοχειακής μονάδας σε μια πιο ενεργειακά αποδοτική-σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας- μονάδα. Κατόπιν του σχεδιασμού και των δύο μοντέλων, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων τους, συγκρίνοντας ουσιαστικά τις χρηματοοικονομικές και ενεργειακές διαφορές μεταξύ των ενεργειακών συστημάτων και καταναλώσεων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ενεργειακές ανάγκες, ως μέσο όρο, μειώθηκαν κατά 85%, ο μέσος όρος εκπεμπόμενης ποσότητας ισοδύναμου άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα ανά έτος ισοδυναμεί με 13416,70 kgCO₂e/kWh, το κόστος της συγκεκριμένης επένδυσης να ανέρχεται στα 1.430.252,00 (€) και το χρόνο απόσβεσης να αντιστοιχεί στα 9 χρόνια.

Abstract

Near-zero energy hotels (net- Zero Hotels) are hotels that are designed and built to consume as little energy as possible, combining energy production from renewable sources. They are considered a more sustainable and environmentally friendly option compared to traditional hotels. The main benefits of nZEHs include reduced energy consumption and associated costs, improved indoor environmental quality and reduced environmental impact. However, there are also some disadvantages to be considered, such as the higher initial construction and maintenance costs of nZEHs. Overall, nZEHs have the potential to significantly reduce the environmental impact of the hospitality industry and provide a more sustainable option for travelers. Initially, the Sketchup and Openstudio programs were used to design and build the models, in which the initial building model of the hotel in its current form was designed, and then the design of the second building model of the hotel in its current form. After the design of both models, a comparison of their results was made, essentially comparing the financial and energy differences between the energy systems and consumptions. The results show that the energy needs, on average, have been reduced by 85%, the average amount of carbon equivalent emitted into the atmosphere per year is equivalent to 13416.70 kgCO₂e/kWh, the cost of this investment is 1.430.252,00 (€) and the payback period is 9 years.

Table of Contents

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	3
Abstract.....	3
1. Εισαγωγή.....	8
1.1. Σκοπός της Εργασίας	8
1.2. Εισαγωγή στην έννοια του κτηρίου.....	8
1.2.1. Ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων στην Ελλάδα και στην ΕΕ	9
1.3. Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΣΜΚΕ) - nZEB (near Zero Energy buildings)	13
1.3.1. Εισαγωγή στα nZEB	13
1.3.2. Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας.....	16
1.4. Αειφορία και βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη - nZEH.....	21
1.4.1. Εννοιολογικό πλαίσιο.....	21
1.4.2. Στατιστικά στοιχεία:	22
1.4.3. Τουρισμός και ξενοδοχεία σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEH)	23
1.4.4. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα nZEH.....	25
2. Μεθοδολογία	26
2.1. Περιοχή Μελέτης – Αθήνα, κέντρο.....	26
2.2. Περιγραφή Κτηρίου	30
2.3. Σχεδιασμός.....	31
2.3.1. AutoCad.....	32
2.3.2. SketchUp	34
2.3.3. Εισαγωγή στο Openstudio	39
3. Αποτελέσματα.....	51
4. Κοστολόγηση	54
4.1. Κόστος εγκατεστημένων συστημάτων	55
4.2. Υπολογισμός χρεώσεων για χρήση νερού άρδευσης και ύδρευσης , βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.....	56
4.3. Υπολογισμός χρεώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του πρώτου μοντέλου, βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.....	59
4.4. Υπολογισμός χρεώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του δεύτερου μοντέλου, βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.– Χωρίς την παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β.....	61

4.5.	Διαφορά Ενεργειακών χρεώσεων μεταξύ των δύο μοντέλων – Υπολογισμός χωρίς το Φ/Β σύστημα:.....	62
4.6.	Μείωση απόδοσης Φ/Β πλαισίων ανά χρόνο	63
4.7.	Υπολογισμός εξοικονόμησης οικονομικών πόρων λόγω παραγωγής ενέργειας μέσω Φ/Β συστημάτων.	73
4.8.	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις – Ποσότητα Ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh (kgCO ₂ e./ kWh).....	76
4.9.	Παραδοχές	77
5	Συμπεράσματα: Στόχος - Σχολιασμός αποτελεσμάτων - Μελλοντική έρευνα	78
6	Βιβλιογραφία	80

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1:	Χαρακτηρίστηκα ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης	14
Εικόνα 2:	Green Home Nanterre - Γαλλία	15
Εικόνα 3:	Solallén – Σουηδία	15
Εικόνα 4:	Κορυφαίες χώρες για εγκατεστημένη ισχύ ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά τεχνολογία (2018).....	20
Εικόνα 5:	Ξενοδοχείο – Ανατολική όψη	
Εικόνα 6:	Ανατολική και βορειοδυτική πλευρά/ αίθριο	30
Εικόνα 7:	Γυμναστήριο – Δυτική και Βορειοδυτική πλευρά	
Εικόνα 8:	Δωμάτιο – Ανατολική πλευρά	30
Εικόνα 9:	Lobby – Είσοδος ανατολικά	31
Εικόνα 10:	Κάτοψη Υπογείου - AutoCAD	32
Εικόνα 11:	Τομή κλιμακοστασίου - AutoCAD	33
Εικόνα 12:	Κάτοψη ισογείου/lobby - AutoCAD	33
Εικόνα 13:	Κάτοψη τυπικού ορόφου – AutoCAD	33
Εικόνα 14:	Κάτοψη δώματος/ εστιατόριο – AutoCAD	34
Εικόνα 15:	Κάτοψη τυπικού ορόφου (1 ^{ος} – 5 ^{ος} όροφος).....	37
Εικόνα 16:	Εστιατόριο/Κουζίνα/Γυμναστήριο – Ανατολική πλευρά	37
Εικόνα 17:	Πρώτο μοντέλο – Ανατολική πλευρά.....	38
Εικόνα 18:	Δεύτερο μοντέλο με Φ/Β – Ανατολική Πλευρά	38
Εικόνα 19:	Δεύτερο Μοντέλο – Τελικό/Ανατολική πλευρά	38
Εικόνα 20:	Καρτέλα Site – Openstudio	39
Εικόνα 21:	Καρτέλα Schedules/κατηγορία Schedules - Openstudio.....	41
Εικόνα 22:	Καρτέλα Schedules/κατηγορία Schedule Sets – Opensdtudio	41
Εικόνα 23:	Καρτέλα Constructions/κατηγορία Materials – Openstudio	42
Εικόνα 24:	Καρτέλα Constructions/κατηγορία Constructions - Openstudio	43
Εικόνα 25:	Καρτέλα Constructions/κατηγορία Constructions Sets – Openstudio	44
Εικόνα 26:	Καρτέλα Loads - Openstudio	45
Εικόνα 27:	Καρτέλα Space types/κατηγορία General – Openstudio	45
Εικόνα 28:	Καρτέλα Spaces - κατηγορία Properties – Openstudio	46

Εικόνα 29: Καρτέλα Thermal Zones /κατηγορία HVAC Systems - Openstudio	47
Εικόνα 30: Καρτέλα HVAC Systems/ κατηγορία VRF(VRV) – Openstudio	47
Εικόνα 31: Measures – Openstudio	49
Εικόνα 32: Results Summary – Openstudio	50

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1 : Αριθμός κτηρίων ανά χρήση κτηρίου στην Ελλάδα (2011-2018).....	9
Πίνακας 2: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατοικιών ανά κλιματική ζώνη (2011-2018)	10
Πίνακας 3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον οικιακό τομέα (ktoe).....	11
Πίνακας 4: Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά πενταετία (%)	11
Πίνακας 5: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας κτηρίων ανά κλιματική ζώνη – τριτογενής τομέας (2011-2018).....	12
Πίνακας 6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα (ktoe).....	12
Πίνακας 7: Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα ανά πενταετία (%).....	13
Πίνακας 8: Παγκόσμια Παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. από το 2009-2018 (TWh).....	18
Πίνακας 9: Παγκόσμια ετήσια ανάπτυξη εγκατεστημένης ισχύς ανανεώσιμων πηγών.....	19
Πίνακας 10: Παγκόσμια ετήσια ποσοστιαία μεταβολή της σωρευτικής εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.	19
Πίνακας 11: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε στην Ελλάδα το 2019-2020.....	20
Πίνακας 12: Εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διαφορετικές μονάδες, σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους	21
Πίνακας 13: Εισερχόμενη ταξιδιωτική κίνηση 2019 -2022	22
Πίνακας 14: Εισερχόμενος πληθυσμός 2019-2022 ανά τοποθεσία	23
Πίνακας 15: Νομοί της Ελλάδος ανά κλιματική Ζώνη	27
Πίνακας 16: Μέγιστη-Μέση- Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική	28
Πίνακας 17: Μέσο μηνιαίο ύψος υετού (mm) και μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού στην Αττική.....	29
Πίνακας 18: Δομικά Υλικά και ιδιότητες	42
Πίνακας 19: Ανάλυση κατασκευών – Συνδυασμός δομικών υλικών	44
Πίνακας 20: Μέσος όρος τιμών μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και ψύξης – Θερμοκρασία ξηρού αέρα – 1ο μοντέλο.....	51
Πίνακας 21: Διάγραμμα φορτίων ψύξης και θέρμανσης (MBtu) – 1ο κτηριακό μοντέλο.....	52
Πίνακας 22: Μέσος όρος τιμών μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και ψύξης – Θερμοκρασία ξηρού αέρα – 2ο μοντέλο.....	52
Πίνακας 23: Διάγραμμα φορτίων ψύξης και θέρμανσης (MBtu) – 2ο κτηριακό μοντέλο.....	53
Πίνακας 24.: Ενεργειακά Αποτελέσματα ανά χρήση στο πρώτο κτηριακό μοντέλο	53
Πίνακας 25: Ενεργειακά Αποτελέσματα ανά χρήση στο δεύτερο κτηριακό μοντέλο	54
Πίνακας 26: Τιμές και ποσοστά παραγωγής ενέργειας μέσω Φ/Β συστημάτων	54
Πίνακας 27: Ενεργειακές καταναλώσεις σε GJ και kWh των δύο μοντέλων.....	55
Πίνακας 28: Τελικές καταναλώσεις ενέργειας ανά διεργασία	57
Πίνακας 29: Ανάλυση τιμών λογαριασμού νερού μιας παροχής	58
Πίνακας 30: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα υαλοπινάκων (5%)	64

Πίνακας 31: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β σύστημα υαλοπινάκων (5%).....	64
Πίνακας 32: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β πλαίσια κτηριακού κελύφους (16%)	65
Πίνακας 33: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β κτηριακού κελύφους (16%)	66
Πίνακας 34: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα πατώματος αίθριου (18%).....	67
Πίνακας 35: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα πατώματος αίθριου (18%).....	67
Πίνακας 36: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα οροφής (20%)	68
Πίνακας 37: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα οροφής (20%)	69
Πίνακας 38: Ετήσια μείωση απόδοσης του Φ/Β εξοπλισμού - Ετήσιο ποσό συνολικής παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β - Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος - Ποσοστό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος σε σχέση με το αρχικό ποσοστό απόδοσης	70
Πίνακας 39: Συνολική μείωση του ποσοστού απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος (%/year).	71
Πίνακας 40: Παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β συστημάτων ανά έτος (kWh/year).	71
Πίνακας 41: Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με την καταναλωθείσα ενέργεια ανά έτος (%/year).	72
Πίνακας 42: Ποσοστό διαφοράς της παραγόμενης ενέργειας ανά έτος σε σχέση με το πρώτο έτος λειτουργίας των Φ/Β συστημάτων.....	72
Πίνακας 43 : Μέγιστη μηνιαία ζήτηση ισχύος – Openstudio.....	74
Πίνακας 44: Μέγιστη μηνιαία ζήτηση ισχύος – Openstudio γράφημα.....	74
Πίνακας 45: Εξοικονόμηση οικονομικών πόρων – 2 ^ο κτηριακό μοντέλο	75
Πίνακας 46: Ετήσια εκπεμπόμενη ποσότητα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh ((kg CO ₂ e/kWh).....	77

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των ενεργειακών αναγκών και η μετατροπή ενός ξενοδοχείου στην Αθήνα σε ξενοδοχείο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας με τη χρήση του Sketchup και του Openstudio. Στόχος της μελέτης είναι να αποδείξει ότι είναι δυνατή η σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός ξενοδοχείου μέσω της χρήσης στρατηγικών και τεχνολογιών ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, όπως αποδοτικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης, φωτοβολταϊκά και κατάλληλα δομικά υλικά. Η μελέτη θα αξιολογήσει τον αντίκτυπο αυτών των στρατηγικών στην κατανάλωση ενέργειας και θα παράσχει συστάσεις για την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών στο ξενοδοχείο. Επιπλέον, η μελέτη στοχεύει επίσης στην κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης της κατανάλωσης ενέργειας στον ξενοδοχειακό κλάδο και των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα αυτό. Η διατριβή θα επιδείξει επίσης τη χρήση του Sketchup και του Openstudio ως εργαλείου για το σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση και την προσομοίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.

1.2. Εισαγωγή στην έννοια του κτηρίου

Το κτίριο είναι μια κατασκευή που έχει σχεδιαστεί για να χρησιμεύει ως κατοικία, χώρος εργασίας ή χώρος ψυχαγωγίας. Τα κτίρια υπάρχουν για να παρέχουν καταφύγιο και να προσφέρουν ένα ελεγχόμενο περιβάλλον για δραστηριότητες και λειτουργίες. Υπάρχουν πολυάριθμες χρήσεις για τα κτίρια, συμπεριλαμβανομένων των οικιστικών, εμπορικών, βιομηχανικών, εκπαιδευτικών και θρησκευτικών σκοπών. Τα κτίρια κατοικιών χρησιμοποιούνται για κατοικία, ενώ τα εμπορικά κτίρια χρησιμοποιούνται για επιχειρήσεις όπως καταστήματα λιανικής πώλησης, γραφεία και εστιατόρια. Τα βιομηχανικά κτίρια χρησιμοποιούνται για τη μεταποίηση και την παραγωγή, ενώ τα εκπαιδευτικά κτίρια χρησιμοποιούνται για τη μάθηση και την έρευνα. Τα θρησκευτικά κτίρια χρησιμοποιούνται για τη λατρεία και τις συγκεντρώσεις της κοινότητας. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός κτιρίου ποικίλλουν ανάλογα με τον προορισμό του, και οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία και τον σχεδιασμό ενσωματώνονται συνεχώς για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της βιωσιμότητας των κτιρίων.

1.2.1. Ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων στην Ελλάδα και στην ΕΕ

Στην ΕΕ των 25 κρατών, η ενεργειακή κατανάλωση υστερεί σε σχέση με την παραγωγή, με αυξητικό ρυθμό περίπου 2% ανά έτος από το 1986. Το 80% του πληθυσμού συγκεντρώνεται στα αστικά κέντρα της ΕΕ, τα οποία καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Συγκεκριμένα, ο κτιριακός τομέας αποτελεί το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης, λαμβάνοντας υπόψη τη θέρμανση, τη ψύξη, το φωτισμό και το ζεστό νερό χρήσης. Επιπλέον, η παραγωγή και χρήση ενέργειας ευθύνεται για το 94% των εκπομπών CO₂, με τον κτιριακό τομέα να συνεισφέρει στο 45% των εκπομπών αυτών. Στην ΕΕ, ο κτιριακός τομέας (νοικοκυριά και τριτογενής τομέας) αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας, με τη μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών να κυμαίνεται από 150 έως 230 kWh/m² (Κωνσταντίνος Ε. Άγιος, 2017).

Στην Ελλάδα, το κτιριακό απόθεμα καταναλώνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας, αυξημένες περίπου κατά 30% σε σχέση με την ΕΕ και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στον τομέα της ενέργειας. Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Παραγωγού - Εμπόρου Ενέργειας Πετρελαίου), ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας, ενώ ο συνολικός όγκος κατανάλωσης ανέρχεται σε περίπου 50 TWh/έτος (Κουτρούλης Χαράλαμπος, 2010). Επίσης, ο ενεργειακός αναπτυξιακός σχεδιασμός της χώρας καταδεικνύει ότι η ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα εκτιμάται να αυξηθεί κατά 1,5% ετησίως μέχρι το 2030. Επιπλέον, ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα είναι υπεύθυνος για το 27% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με τον κτιριακό τομέα των νοικοκυριών να αποτελεί τον μεγαλύτερο εκπομπό στην κατηγορία αυτή. Οι κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην υψηλή κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα είναι η έλλειψη μόνωσης και ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η χρήση ανεπαρκών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, καθώς και η ανεπαρκής χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Εθνικό Τυπογραφείο, 2021).

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ – ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	
Κατοικίες	4.631.528
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	
Ξενοδοχεία και εστιατόρια	24,109
Σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα	19,167
Γραφεία και άλλα κτίρια	53,064
Νοσοκομεία και κλινικές	38,664
Εμπορικά καταστήματα	65,957
Αποθήκες	20,374
Ψυκτικές αποθήκες	308
Τριτογενής τομέας	221,643
ΣΥΝΟΛΟ	4.853.172

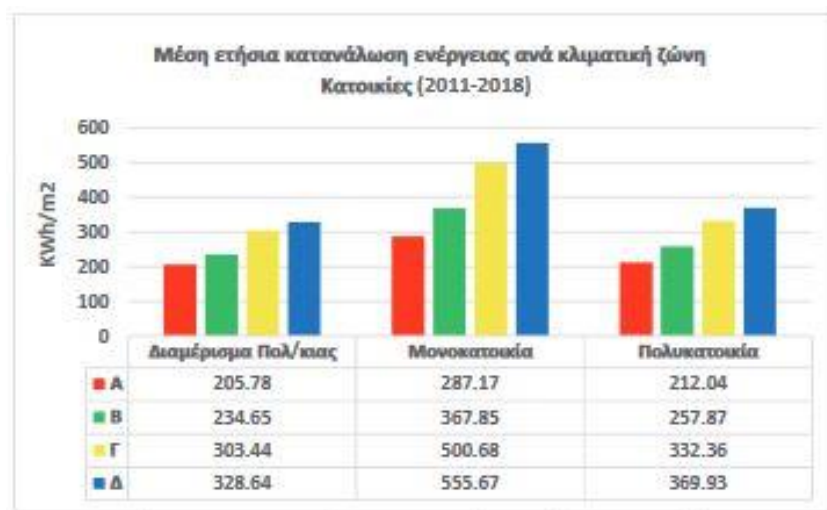
Πηγή: ΕΥ ΒΣΟ και ίδιες εκτιμήσεις

Πίνακας 1 : Αριθμός κτηρίων ανά χρήση κτηρίου στην Ελλάδα (2011-2018)

(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

Παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 Πίνακας 1 Πίνακας 1, βάσει του συγκεκριμένου άρθρου (Εθνικό Τυπογραφείο, 2021), το σύνολο των κτηρίων στην Ελλάδα ανά τη χρήση τους, κατά το διάστημα 2011-2018. Ενδεικτικά αναφέρεται ο συνολικός αριθμός των κτηρίων: 4.853.172, ο αριθμός των κατοικιών: 4.631.528 και ο αριθμός των Ξενοδοχείων και Εστιατορίων: 24.109. Επίσης στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας των κατοικιών ανά κλιματική ζώνη κατά το διάστημα 2011 – 2018. Ενδεικτικά αναφέρονται τα δεδομένα της Α κλιματικής ζώνης:

- Διαμέρισμα Πολυκατοικίας: 205.78 KWh/m²
- Μονοκατοικία: 287.17 KWh/m²
- Πολυκατοικία: 212.04 KWh/m²



Πίνακας 2: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατοικιών ανά κλιματική ζώνη (2011-2018)

(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

Στον οικιακό τομέα, όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 3 το σύνολο του ενεργειακού ισοζυγίου για τις οικιακές καταναλώσεις ανά χρήση κατά το 2015 έφτασε τους 4401 ktoe. Αναλυτικότερα για θέρμανση χώρων χρειάστηκαν 2700 ktoe, για ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό 739 ktoe, για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 515 ktoe, για μαγείρεμα 308 ktoe και για κλιματισμό 139 ktoe. Ακόμα, σχετικά με τον οικιακό τομέα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 τα μερίδια κατανάλωσης των διαφόρων μορφών ενέργειας (Ηλεκτρισμός, Διανεμόμενη Θερμότητα, ΑΠΕ, Βιομάζα, Φυσικό Αέριο, Πετρέλαιο και στερεά ορυκτά καύσιμα) ανά πενταετία. Αντιστοίχως αναφέρονται τα πιο πρόσφατα δεδομένα από το 2015:

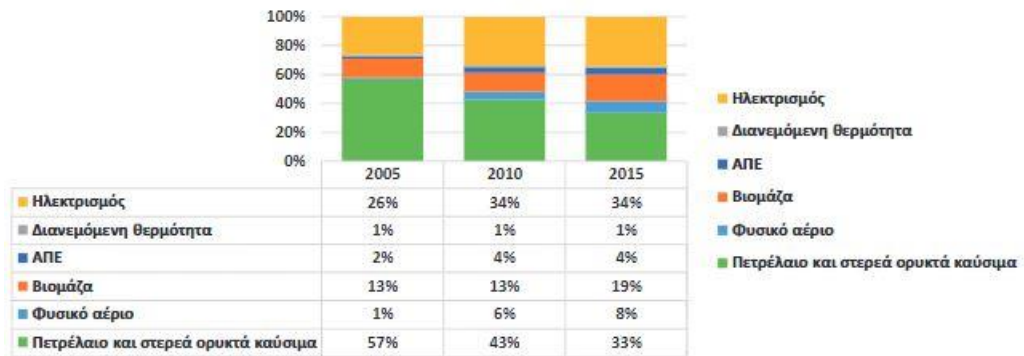
- Ηλεκτρισμός – 34%
- Διανεμόμενη Θερμότητα – 1%
- ΑΠΕ – 4%
- Βιομάζα – 19%
- Φυσικό Αέριο – 8%
- Πετρέλαιο και στερεά ορυκτά καύσιμα – 33%

Τελική κατανάλωση ανά χρήση στον οικιακό τομέα (ktoe) (2015)



Πίνακας 3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον οικιακό τομέα (ktoe)
(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

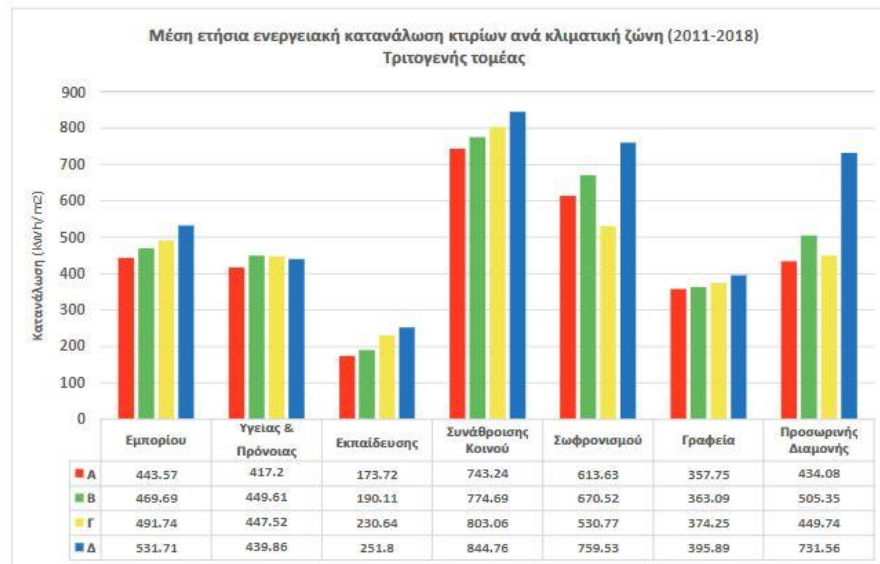
Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα (%)



Πίνακας 4: Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά πενταετία (%)
(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

Όπως για τον οικιακό έτσι και για τον τριτογενή τομέα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα δεδομένα στους παρακάτω πίνακες. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας κτηρίων ανά κλιματική ζώνη (2011-2018) και ενδεικτικά αναφέρονται τα δεδομένα της κλιματικής ζώνης Α:

- Εμπορίου: 443.57 KWh/m²
- Υγείας και πρόνοιας: 417.20 KWh/m²
- Εκπαίδευσης: 173.72 KWh/m²
- Συνάθροισης κοινού: 743.24 KWh/m²
- Σωφρονισμού: 613.63 KWh/m²
- Γραφεία: 357.75 KWh/m²
- Προσωρινής Διαμονής: 434.08 KWh/m²



Πίνακας 5: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας κτηρίων ανά κλιματική ζώνη – τριτογενής τομέας (2011-2018)

(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται το σύνολο του ενεργειακού ισοζυγίου για τις καταναλώσεις ανά χρήση στον τριτογενή τομέα κατά το 2015. Το σύνολο αυτού ήταν 2125 ktoe, όπου αποτελείται από τις επιμέρους καταναλώσεις για θέρμανση χώρων με 806 ktoe, Ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμός με 527 ktoe, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με 355 ktoe, κλιματισμό με 339 ktoe και για μαγείρεμα με 98 ktoe.



Πίνακας 6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα (ktoe)

(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

Παρομοίως παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 τα μερίδια κατανάλωσης των διαφόρων μορφών ενέργειας στον τριτογενή τομέα (Ηλεκτρισμός, Διανεμόμενη Θερμότητα, ΑΠΕ, Βιομάζα, Φυσικό Αέριο, Πετρέλαιο και στερεά ορυκτά καύσιμα) ανά πενταετία. Αντιστοίχως αναφέρονται ενδεικτικά τα πιο πρόσφατα δεδομένα από το 2015:

- Ηλεκτρισμός – 73%
- Διανεμόμενη Θερμότητα – 0%
- ΑΠΕ – 1%
- Βιομάζα – 2%
- Φυσικό Αέριο – 8%
- Πετρέλαιο και στερεά ορυκτά καύσιμα – 17%



Πίνακας 7: Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα ανά πενταετία (%)

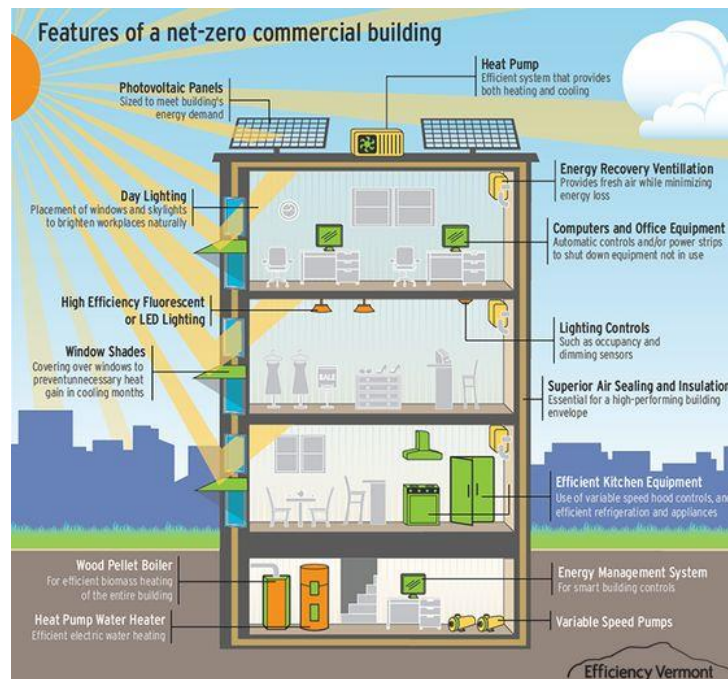
(Εθνικό Τυπογραφείο, 2021)

1.3. Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΣΜΚΕ) - nZEB (near Zero Energy buildings)

1.3.1. Εισαγωγή στα nZEB

Ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) είναι μια δομή σχεδιασμένη να καταναλώνει πολύ λίγη ενέργεια για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αποτελεσματικής μόνωσης, της αεροστεγανότητας, της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μιας ισορροπημένης προσέγγισης της κατανάλωσης ενέργειας (European Commission, 2018). Βάσει του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ, **«κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας είναι το κτίριο που έχει πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, όπως καθορίζεται σύμφωνα με το άρθρο Ι. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα απαιτούμενης ενέργειας θα πρέπει να καλύπτεται σε πολύ σημαντικό βαθμό μέσω ενέργειας προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που παράγεται επιτόπου ή σε κοντινή απόσταση»**, (EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2010) .

Η αναγκαιότητα των nZEB απορρέει από την ανάγκη μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μείωσης της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Καθώς η κατανάλωση ενέργειας συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η ανάπτυξη των nZEBs είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, τα nZEBs προσφέρουν βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα, μειωμένους λογαριασμούς ενέργειας και αυξημένα επίπεδα άνεσης για τους ενοίκους. Δίνοντας προτεραιότητα στην ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα, τα nZEBs αποτελούν ένα σημαντικό βήμα προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον. Ένα παράδειγμα ενός πρότυπου κτηρίου nZEB παρουσιάζεται στην **Error! Reference source not found.**, όπου στο κτηριακό μοντέλο της εικόνας έχουν χρησιμοποιηθεί φωτοβολταϊκά πλαίσια για την παραγωγή ενέργειας και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας για την παροχή θέρμανσης και ψύξης στο κτήριο. Επιπλέον έχουν σχεδιαστεί και τοποθετηθεί παράθυρα και φεγγίτες με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει όσον το δυνατόν μεγαλύτερη εμετάλλευση και παροχή στο κτήριο, φυσικού φωτός, που παίζει μεγάλο ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την θερμική άνεση. Αντίστοιχα έχουν σχεδιαστεί και σκίαστρα για την αποφυγή «υπερ»-θέρμανσης του χώρου σε σχέση με τα όρια θερμικής άνεσης, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ακόμα έχουν χρησιμοποιηθεί ηλεκτρικά συστήματα όπως η κουζίνα και το ψυγείο, συστήματα φωτισμού μεγάλης απόδοσης (λαμπτήρες LED), συστήματα ρύθμισης της τάσης σχετικά με το φωτισμό του κτηρίου, αντλίες νερού μεβλητής ταχύτητας αλλά και συστήματα ελέγχου και διαχείρισης της ενέργειας του κτηρίου. Τέλος η θέρμανση του νερού χρήσης επιτυγχάνεται μέσω αντλίας θερμότητας και η επιπλέον ανάγκες για θέρμανση καλύπτονται από σύστημα θέρμανσης με πέλετ.



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικά ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης

(Maclay Architects, 2015)

Παρουσιάζονται στην Εικόνα 2 και **Error! Reference source not found.** κάποια παραδείγματα υφιστάμενων μηδενικής ενέργειας κτηρίων. Η εικόνα 2 αναφέρεται στο κτήριο που αποτυπώνεται σε αυτή, όπου αυτό είναι το κτήριο με όνομα “Green Home Nanterre”, βρίσκεται στην πόλη Ναντέρ (Nanterre) της Γαλλίας και το συγκεκριμένο κτήριο ανήκει στο project CRAVEzero. Το συγκεκριμένο κτήριο έχει καλύψει απόλυτα τις πρωτογενείς ανάγκες ενέργειας, με μία από τις μεθόδους να είναι και η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αντίστοιχα και το κτήριο της εικόνας 2, όπου βρίσκεται στην πόλη Βέξιε (Växjö) της Σουηδίας, ανήκει στο project CRAVEzero και αναφέρεται ως Solallén λόγω του ιδιοκτήτη του (Brf Solallén). Ομοίως το συγκεκριμένο κτήριο έχει καλύψει τις τις πρωτογενείς ανάγκες ενέργειας μέσω της χρήσης φωτοβολταϊκών, στο 100%.



Εικόνα 2: Green Home Nanterre - Γαλλία

(Tobias Weiß – AEE INTEC)



Εικόνα 3: Solallén – Σουηδία

(Solallén - CRAVEzero - Cost Reduction and Market Acceleration for Viable Nearly Zero-Energy Buildings)

1.3.2. Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας

1.3.2.1. Τι είναι οι Α.Π.Ε.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναφέρονται στις ενεργειακές πηγές, όπως ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος και η βιομάζα, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον μας. Αυτές οι πηγές ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά από τον άνθρωπο μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν στράφηκε προς την εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ είναι πρακτικά ανεξάντλητες και η χρήση τους δεν προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος. Χρησιμοποιούνται μόνο για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών πηγών ενέργειας, με σκοπό τη δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ εμφανίστηκε μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και ενισχύθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων της τελευταίας δεκαετίας. Η σταθερή τάση αύξησης της δυναμικότητας ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές τα τελευταία χρόνια συνεχίστηκε το 2018, με σωρευτική αύξηση της παγκόσμιας δυναμικότητας κατά 8,0% από 2.181 GW σε 2.355 GW. Αυτός ο ρυθμός αύξησης αντικατοπτρίζει έναν σύνθετο ετήσιο ρυθμό αύξησης (CAGR) 7,6% μεταξύ 2009 και 2018 Πίνακας 9. Η τάση αυτή υποδηλώνει σημαντική αύξηση της ανάπτυξης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. (Koebrich, 2018)

1.3.2.2. Μορφές Α.Π.Ε

- **Αιολική Ενέργεια:** Ο άνεμος προκαλείται όταν η επιφάνεια της γης θερμαίνεται ανομοιόμορφα από τον ήλιο. Η αιολική ενέργεια είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια που μπορεί να αξιοποιηθεί για χρήσιμους σκοπούς, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή η άντληση νερού (<https://www.nrel.gov/research/re-wind.html>, National Renewable Energy Laboratory, 13/03/2023). Οι ανεμογεννήτριες, όπου αποτελούν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του ανέμου και που είναι διαθέσιμες για εμπορική χρήση ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, από 5 kW για μικρές οικιακές ανεμογεννήτριες έως 5 MW για μεγάλης κλίμακας επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Η απόδοση των ανεμογεννητριών στη μετατροπή του ανέμου σε ενέργεια κυμαίνεται από 20% έως 40%. Οι ανεμογεννήτριες αυτές έχουν εκτιμώμενη διάρκεια ζωής 20 ετών και απαιτούν συνήθη συντήρηση κάθε έξι μήνες (Usepa et al., 2013). Η αιολική ενέργεια αποτελούσε το 2018, το 23,9% της παγκόσμιας σωρευτικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές (Koebrich, 2018).
- **Ηλιακή Ενέργεια:** Η ηλιακή ενέργεια είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω μιας ποικιλίας τεχνολογιών, όπως τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα ηλιοθερμικά συστήματα και η συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια. Είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας που δεν παράγει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ατμοσφαιρική ρύπανση ή άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τα ορυκτά καύσιμα (<https://www.nrel.gov/research/re-solar.html>, National Renewable Energy Laboratory, 13/03/2023). Τα φωτοβολταϊκά (PV) έχουν απόδοση κατά μέσο όρο 18% ενώ τα συστήματα συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP) έχουν γύρω στο 15% (ΣΤΡΑΤΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, 2022). Το 2018, τα προαναφερθέντα συστήματα αποτελούσαν το 20,6% της παγκόσμιας σωρευτικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές (Koebrich, 2018).

- **Βιομάζα:** Βιομάζα είναι οποιαδήποτε οργανική ύλη, συμπεριλαμβανομένων των δέντρων, των φυτών, των καλλιεργειών, των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων και των υδρόβιων φυτών, που μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια μέσω διαδικασιών όπως η καύση, η αεριοποίηση ή η αναερόβια χώνευση. Είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να παρέχει θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα μεταφοράς (Rogers et al., 2017). Η βιομάζα συνεισέφερε το 5,0% στην παγκόσμια σωρευτικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές, κατά το 2018(Koebrich, 2018).
- **Γεωθερμία:** Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια που παράγεται και αποθηκεύεται στο υπέδαφος της Γης, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για άμεση χρήση ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω γεωθερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας που παράγει ελάχιστες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και έχει μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα (<https://www.nrel.gov/research/re-geothermal.html>, National Renewable Energy Laboratory, 13/03/2023). Το 2018, η γεωθερμία αποτελούσε μόλις το 0,6% της παγκόσμιας σωρευτικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές(Koebrich, 2018).
- **Υδροηλεκτρική Ενέργεια:** Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από το κινούμενο νερό, όπως από φράγματα ή παλίρροιας ωκεανών, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω υδροηλεκτρικών σταθμών. Είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας που δεν παράγει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και έχει χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (<https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-basics>, National Renewable Energy Laboratory, 13/03/2023). Το 2018, η σύνθεση της σωρευτικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές παγκοσμίως κυριαρχείται από την υδροηλεκτρική ενέργεια, η οποία αντιπροσωπεύει το 49,9%(Koebrich, 2018).

1.3.2.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Α.Π.Ε.

Η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αυξάνεται ως μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την παραγωγή ενέργειας. Οι ΑΠΕ παρέχουν πολυάριθμα πλεονεκτήματα, όπως πρακτικά απεριόριστη παροχή ενέργειας, μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους και δυνατότητα ορθολογικής χρήσης των ενεργειακών πόρων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι συνήθως οικονομικά αποδοτικές και δεν επηρεάζονται από τις αλλαγές στην παγκόσμια οικονομία. Επιπλέον, μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικές δυνατότητες απασχόλησης λόγω του ότι απαιτούν εργατικό δυναμικό. Έχουν σύντομη περίοδο κατασκευής, γεγονός που επιτρέπει την ταχεία ανταπόκριση στις αλλαγές της ζήτησης. Μπορούν επίσης να αποτελέσουν το κέντρο για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και να προωθήσουν την τοπική ανάπτυξη.(Φουντουκίδου, 2017)

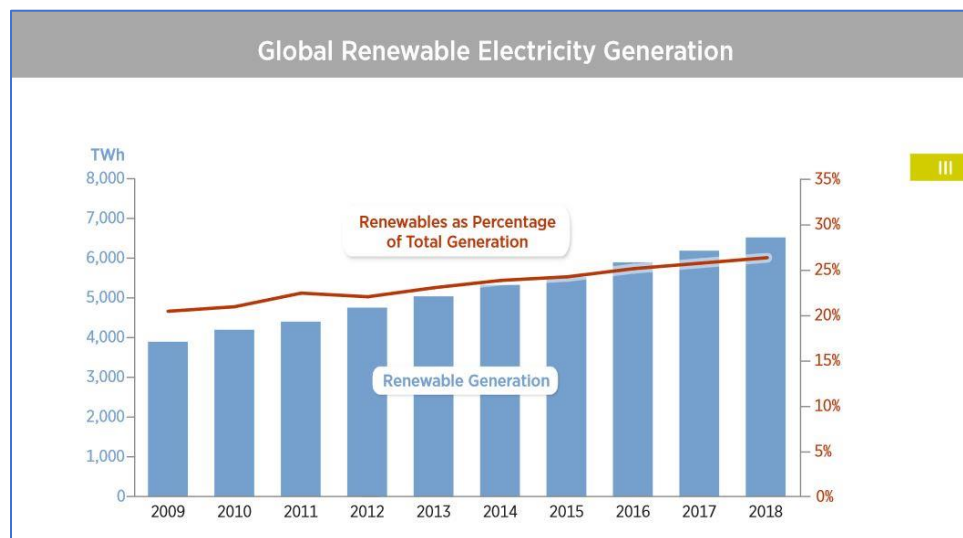
Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση των ΑΠΕ. Τα κυριότερα ζητήματα περιλαμβάνουν τη διαλείπουσα παραγωγή ενέργειας, καθώς βασίζεται σε κατάλληλους φυσικούς πόρους, όπως ο άνεμος ή η ηλιοφάνεια. Η έλλειψη διαθέσιμων πόρων σε ορισμένες περιοχές, όπως η χαμηλή ηλιοφάνεια ή το ακατάλληλο αιολικό δυναμικό, περιορίζει τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.(Attia et al., 2017)

Πλεονεκτήματα:

- Απεριόριστη παροχή ενέργειας
- Μειώνει την εξάρτηση από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους
- Γεωγραφική διασπορά και αποκέντρωση των ενεργειακών συστημάτων
- Αυτόχθονες πηγές ενέργειας, ενισχύοντας την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια
- Ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων για ένα ευρύ φάσμα ενεργειακών αναγκών
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος, που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της παγκόσμιας οικονομίας
- Έντασης εργασίας, δημιουργώντας σημαντικές ευκαιρίες απασχόλησης
- Σύντομη περίοδος κατασκευής, που επιτρέπει γρήγορη ανταπόκριση στις αλλαγές της ζήτησης
- Μπορεί να προωθήσει την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών

Μειονεκτήματα:

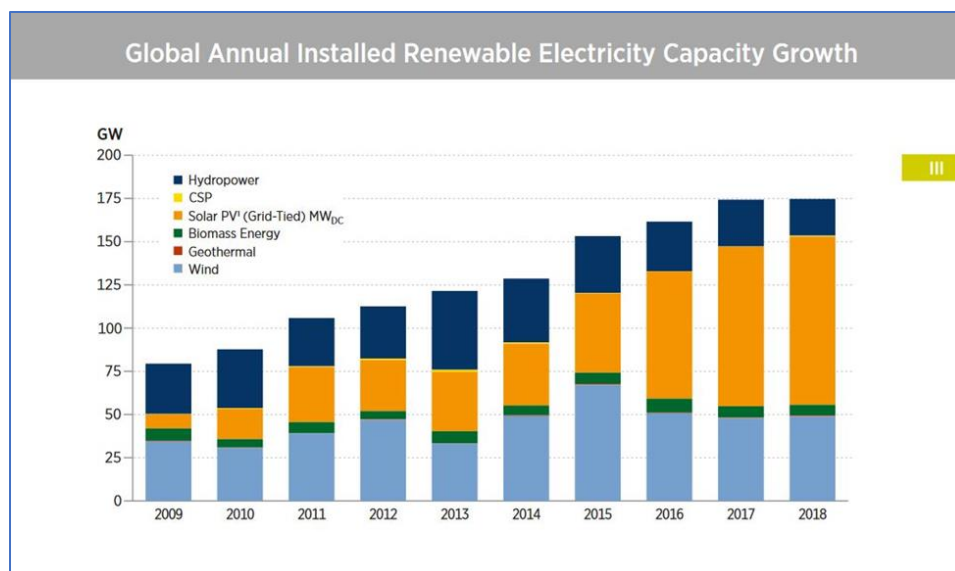
- Διαλείπουσα παραγωγή ενέργειας που βασίζεται σε κατάλληλους φυσικούς πόρους
- Έλλειψη διαθέσιμων πόρων σε ορισμένες περιοχές



Πίνακας 8: Παγκόσμια Παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. από το 2009-2018 (TWh)

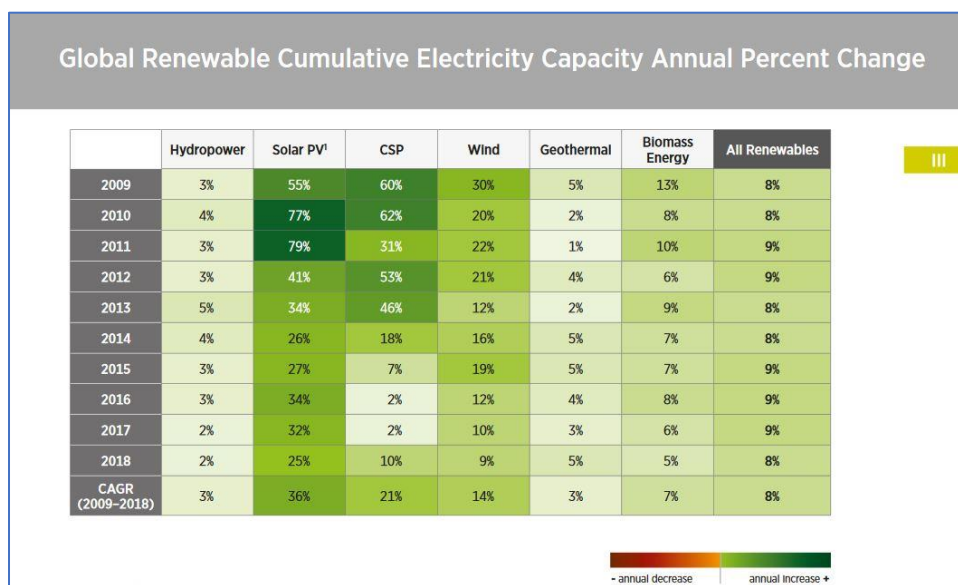
(Koebrich, 2018)

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η γραμμική αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. Η γραμμική αύξηση της παραγωγής από το 2009 – 2018 φτάνει ως τελικό ποσοστό αύξησης το 26.3% όπου αντιστοιχεί σε 6523 TWh (Koebrich, 2018).



Πίνακας 9: Παγκόσμια ετήσια ανάπτυξη εγκατεστημένης ισχύς ανανεώσιμων πηγών
(Koebrich, 2018)

Στο Πίνακα 9 αναλύεται η παγκόσμια ετήσια ανάπτυξη εγκατεστημένης ισχύς ανανεώσιμων πηγών από το 2009 μέχρι το 2018 με ποσά που ξεκινούν από τα 75 GW ισχύος και φτάνουν τα 175 GW.

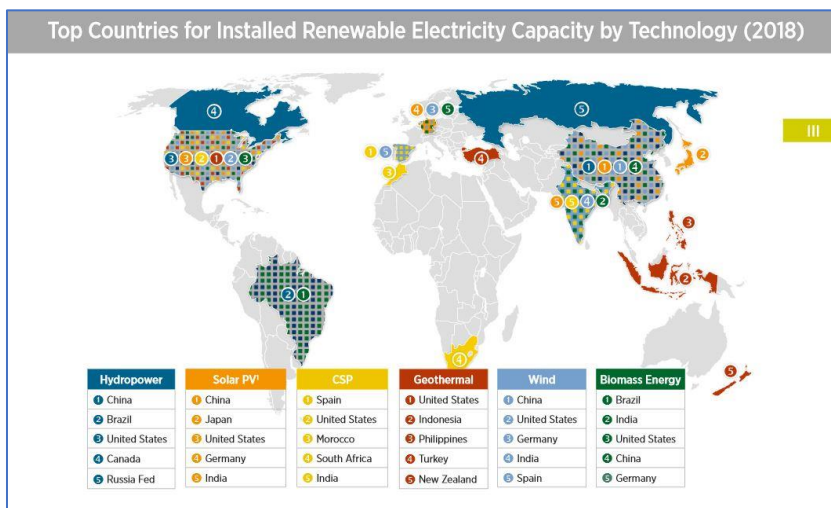


Πίνακας 10: Παγκόσμια ετήσια ποσοστιαία μεταβολή της σωρευτικής εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

(Koebrich, 2018)

Στον Πίνακα 10 φαίνεται η παγκόσμια ετήσια ποσοστιαία μεταβολή της σωρευτικής εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην εικόνα 4 φαίνονται οι κορυφαίες χώρες για εγκατεστημένη ισχύ ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά τεχνολογία το 2018 με πρώτη

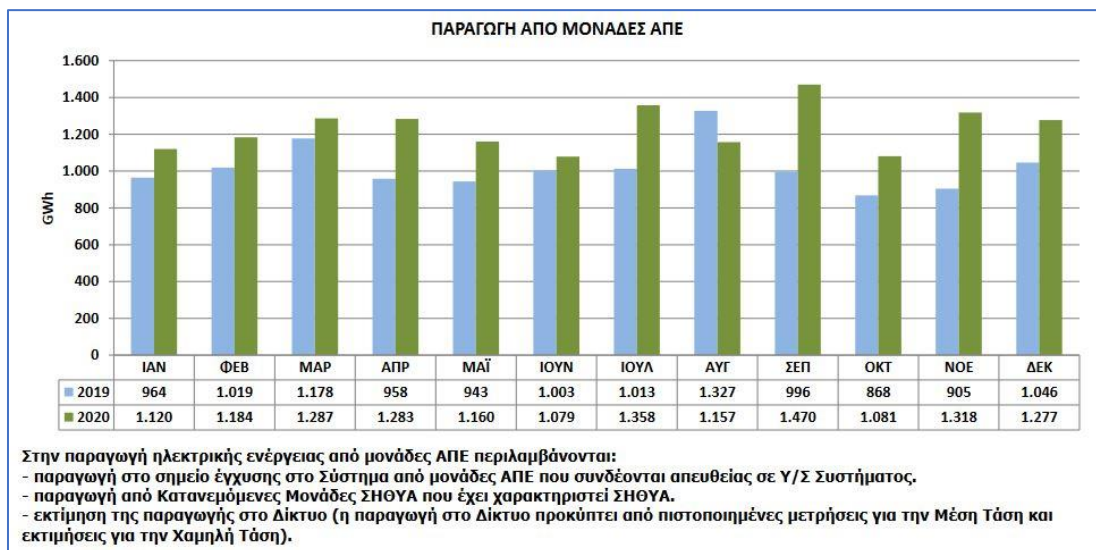
την Κίνα σε εγκατεστημένη ισχύ προερχόμενη από υδροηλεκτρική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια και αιολική ενώ σε σχέση με την ισχύ προερχόμενη από συστήματα συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας πρώτη θέση κατέχει η Ισπανία. Πρώτη στη λίστα σε σχέση με την ισχύ προερχόμενη από γεωθερμική ενέργεια κατέχουν οι Η.Π.Α ενώ σε ισχύ προερχόμενη από βιομάζα πρώτη θέση κατέχει η Βραζιλία.



Εικόνα 4: Κορυφαίες χώρες για εγκατεστημένη ισχύ ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά τεχνολογία (2018).

(Koebrich, 2018)

Στον Πίνακα 11. παρουσιάζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε στην Ελλάδα το 2019-2020 με μέγιστη τιμή το μήνα Μάιο του 2020 που αντιστοιχεί στις 1287 GWh, ενώ τέλος στον Πίνακα 12. παρουσιάζεται η εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διαφορετικές μονάδες, σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους στην Ελλάδα.



Πίνακας 11: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε στην Ελλάδα το 2019-2020

(ΑΔΜΗΕ, 2020)

ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΥ ΕΤΟΥΣ (%)	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	-16%	-8%	-6%	-3%	1%	-15%	2%	-13%	8%	-6%	20%	20%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-24%	-18%	-15%	-21%	-11%	-23%	-9%	-14%	-9%	-17%	8%	19%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΛΙΓΝΙΤΗ	-25%	-14%	-54%	-63%	-71%	-75%	-63%	-60%	-49%	-50%	-19%	-18%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	-19%	-10%	28%	12%	33%	1%	12%	10%	5%	-3%	27%	71%
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	-43%	-58%	-5%	20%	5%	5%	2%	-20%	1%	-7%	8%	-33%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΆΛΛΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	530%	453%	-19%	-46%	85%	-76%	206%	667%	2382%	907%	1841%	1217%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ	16%	16%	9%	34%	23%	8%	34%	-13%	48%	24%	46%	22%

Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ περιλαμβάνονται:

- παραγωγή στο σημείο έγχυσης στο Σύστημα από μονάδες ΑΠΕ που συνδέονται απευθείας σε Υ/Σ Συστήματος,
- εκτίμηση της παραγωγής στο Δίκτυο (η παραγωγή στο Δίκτυο προκύπτει από πιστοποιημένες μετρήσεις για την Μέση Τάση και εκτιμήσεις για την Χαμηλή Τάση).

Πίνακας 12: Εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διαφορετικές μονάδες, σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους

(ΑΔΜΗΕ, 2020)

1.4. Αειφορία και βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη - nZEH

1.4.1. Εννοιολογικό πλαίσιο

Ο ρόλος του τουρισμού στην ελληνική οικονομία είναι πρωταρχικός, ιδίως δεδομένων των συνεχιζόμενων προσπαθειών της χώρας να επεκτείνει την τουριστική της βιομηχανία. Η Ελλάδα βασίζεται εδώ και καιρό στον τουρισμό για την προσέλκυση επενδύσεων κεφαλαίου σε αναπτυξιακά έργα, όπως λιμάνια, δρόμοι και αξιοποίηση φυσικών πόρων, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν στη συνολική οικονομική ανάπτυξη και δημιουργούν πρόσθετες ευκαιρίες απασχόλησης. Επιπλέον, ο τομέας του τουρισμού συμβάλλει σημαντικά στην οικονομία της χώρας μέσω άμεσων εσόδων, καθώς τα ετήσια έσοδα από τον τουρισμό αντιπροσωπεύουν σημαντικό μέρος των συνολικών οικονομικών εσόδων. Κατά συνέπεια, ο τουρισμός έχει σημαντικό αντίκτυπο στο ΑΕΠ της Ελλάδας. Επιπλέον, η διασπορά των τουριστικών προορισμών σε όλη τη χώρα έχει συμβάλει στην κατανομή του εθνικού εισοδήματος στις διάφορες περιοχές. Ωστόσο, λόγω της επικράτησης του τουρισμού "Ηλιος και Θάλασσα", ο κλάδος είναι σε μεγάλο βαθμό εποχικός, με αποτέλεσμα να έχει σημαντικές επιπτώσεις στους φυσικούς και ανθρωπογενείς πόρους κατά τους μήνες αιχμής και να παρουσιάζει ύφεση κατά τη χειμερινή περίοδο. Συνεπώς κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη ιδεών και τεχνολογιών όπου μπορούν να συνδράμουν στον περιορισμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον, τον άνθρωπο αλλά και την οικονομία της χώρας.(ΓΡΑΒΑΝΗ ΑΘΗΝΑ, 2020)

Αειφορία: Έχουν δημιουργηθεί αρκετοί ορισμοί για την έννοια της αειφορίας ανά τα χρόνια, ο παρακάτω ορισμός όμως συνοψίζει αυτό που η αειφορία αντιπροσωπεύει σήμερα. Σύμφωνα λοιπόν με το Ρίγγα (2006) ο ορισμός της αειφορίας είναι: **η στρατηγική ανάπτυξης, η οποία στοχεύει στη διασφάλιση της ικανοποίησης των αναπτυξιακών αναγκών, μέσα στα υφιστάμενα βιοφυσικά όρια, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και καθιστώντας έτσι ικανή τη βιώσιμη διαχείριση και εξοικονόμηση της χρήσης των φυσικών πόρων.**

Βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη: είναι το μοντέλο ανάπτυξης που στοχεύει στην επίτευξη μιας αρμονικής ισορροπίας μεταξύ των τοπικών, κοινωνικών, πολιτιστικών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών κάθε τουριστικού προορισμού, δημιουργώντας παράλληλα ευνοϊκές συνθήκες (όπως η παροχή υπηρεσιών, υποδομών και τεχνογνωσίας) για τη συνεχή βελτίωση του. (ΠΑΠΟΥΤΣΑΚΗ ΚΛΕΙΩ, 2010)

1.4.2. Στατιστικά στοιχεία:

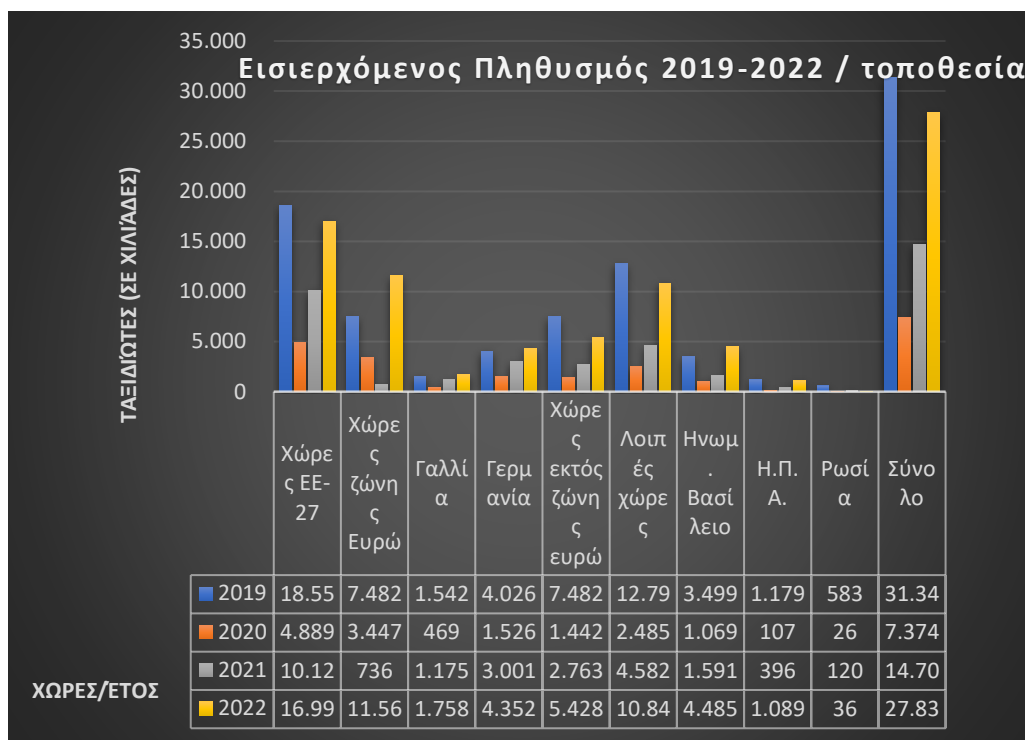
Το 2022, ο αριθμός των ταξιδιωτών που εισέρχονται στη χώρα μειώθηκε κατά 11,2% σε 27.836 χιλιάδες σε σύγκριση με 31.348 χιλιάδες το 2019 (Πίνακας 13). Η εισερχόμενη ταξιδιωτική κίνηση από χώρες της ΕΕ-27 μειώθηκε κατά 8,4% σε 16.995 χιλιάδες, ενώ η ταξιδιωτική κίνηση από χώρες εκτός της ΕΕ-27 μειώθηκε κατά 15,3% σε 5.428 χιλιάδες. Ωστόσο, τα ταξίδια από χώρες της ζώνης του ευρώ αυξήθηκαν κατά 4,5%, ενώ τα ταξίδια από χώρες της ΕΕ-27 εκτός της ζώνης του ευρώ μειώθηκαν κατά 27,5%. Η Γερμανία και η Γαλλία παρουσίασαν αύξηση των ταξιδιών κατά 8,1% και 14,0% αντίστοιχα, ενώ τα ταξίδια από τις ΗΠΑ μειώθηκαν κατά 7,7% σε 986 χιλιάδες ταξιδιώτες. Επιπλέον, ο αριθμός των αεροπορικών επιβατών από τη Ρωσία μειώθηκε κατά 93,8% σε 36 χιλιάδες ταξιδιώτες.

Εν τω μεταξύ, το 2022, οι ταξιδιωτικές εισπράξεις μειώθηκαν κατά 3,0% στα 17.631 εκατ. ευρώ, με τις χώρες της ΕΕ-27 να καταγράφουν αύξηση 3,7% στα 9.978 εκατ. ευρώ, ενώ οι χώρες εκτός της ΕΕ-27 παρουσίασαν μείωση 8,8% στα 7.246 εκατ. Ευρώ (Πίνακας 14). (Ινστιτούτο ΣΕΤΕ, 2023)



Πίνακας 13: Εισερχόμενη ταξιδιωτική κίνηση 2019 -2022

(Ινστιτούτο ΣΕΤΕ, 2023)



Πίνακας 14: Εισερχόμενος πληθυσμός 2019-2022 ανά τοποθεσία

(Ινστιτούτο ΣΕΤΕ, 2023)

1.4.3. Τουρισμός και ξενοδοχεία σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEH)

Όπως προαναφέρθηκε και βάσει των παραπάνω στοιχείων, ο κλάδος του τουρισμού έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ελληνική κοινωνία αλλά οικονομία. Αυτό συνεπάγεται ότι και η μετάβαση από την κατασκευή ενός συμβατικού ξενοδοχείου προς την κατασκευή ενός ξενοδοχείου σχεδόν μηδενικής ενέργειας (nZEH) θα έχει εξίσου σημαντικό αντίκτυπο στην ελληνική οικονομία αλλά και όχι μόνο. Η κατασκευή nZEH κατά κύριο λόγο σηματοδοτεί τη μετάβαση της ελληνικής κοινωνίας προς ένα βιώσιμο μέλλον. Όπως η έννοια του ΚΣΜΚΕ έτσι και η έννοια του nZEH αναφέρεται σε ξενοδοχεία που καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια και παράγουν τη δική τους ανανεώσιμη ενέργεια, μειώνοντας έτσι το αποτύπωμα άνθρακα. Η πρωτοβουλία nZEH προσφέρει σημαντικά οφέλη στον ευρωπαϊκό κλάδο της φιλοξενίας, ιδίως για τα μικρά και μεσαία ξενοδοχεία. Η πρωτοβουλία αυτή μπορεί να προσφέρει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, καθώς μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και το λειτουργικό κόστος. Δημιουργεί επίσης μια μοναδική θέση σε μια άκρως ανταγωνιστική αγορά, βελτιώνοντας την εικόνα και την ποιότητα των υπηρεσιών για τους επισκέπτες. Η πρωτοβουλία nZEH ανοίγει ένα νέο τμήμα της αγοράς βιωσιμότητας για ιδιώτες και εταιρείες, αυξάνοντας την πρόσβαση των ξενοδοχείων σε δυνητικούς πελάτες. Βελτιώνοντας την άνεση διαβίωσης και εμπλουτίζοντας την εμπειρία των επισκεπτών, τα ξενοδοχεία μπορούν να ενισχύσουν την αφοσίωση των πελατών. Επιπλέον, η πρωτοβουλία βοηθάει τα ξενοδοχεία να επιτύχουν τους στόχους εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, διασφαλίζοντας την περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική βιωσιμότητα (Πολυτεχνείο Κρήτης - Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων Ελλάδα et al., http://www.nezeh.eu/main_menu/about_nezeh/benefits/index.html).

Με τον κόσμο να αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής, ένα ξενοδοχείο σχεδόν μηδενικής ενέργειας αποτελεί μια ζωτικής σημασίας λύση που μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και να εξασφαλίσει ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

Σύμφωνα με « (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ 19ΗΣ ΜΑΪΟΥ 2010, 2010), καθορίζονται τα ακόλουθα κριτήρια για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων:

Λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, καθώς και τις εσωτερικές κλιματολογικές απαιτήσεις και την οικονομική αποδοτικότητα, η οδηγία προωθεί τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Πρέπει να θεσπιστεί ένα κοινό γενικό πλαίσιο μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της συνολικής ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των κτιριακών μονάδων.
- Πρέπει να εφαρμόζονται ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και νέες κτιριακές μονάδες.
- Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης πρέπει επίσης να εφαρμόζονται σε υφιστάμενα κτίρια, κτιριακές μονάδες και κτιριακά στοιχεία που υπόκεινται σε ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, καθώς και σε κτιριακά στοιχεία που αποτελούν μέρος του κτιριακού κελύφους και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους όταν εκσυγχρονίζονται ή αντικαθίστανται.
- Τα τεχνικά συστήματα του κτιρίου, είτε εγκαθίστανται νέα, είτε αντικαθίστανται, είτε αναβαθμίζονται, πρέπει να πληρούν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.
- Πρέπει να καταρτιστούν εθνικά σχέδια για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
- Πρέπει να πραγματοποιείται ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων ή κτιριακών μονάδων.
- Πρέπει να διενεργούνται τακτικές επιθεωρήσεις των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού των κτιρίων.
- Πρέπει να καθιερωθούν ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης και τις εκθέσεις επιθεώρησης.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα κριτήρια αυτά αποτελούν ελάχιστες απαιτήσεις και δεν εμποδίζουν τα κράτη μέλη να θεσπίσουν αυστηρότερα μέτρα, υπό την προϋπόθεση ότι συμμορφώνονται με τη Συνθήκη για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κοινοποιούν τα μέτρα αυτά στην Επιτροπή.

1.4.4. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα nZEH

Πλεονεκτήματα:

Η επίτευξη της κατάστασης ξενοδοχείου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEH) μπορεί να έχει διάφορες θετικές επιπτώσεις, όπως:

- **Οικονομικά οφέλη:** η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους στις λειτουργίες του ξενοδοχείου και οι ευκαιρίες χρηματοδότησης που υποστηρίζουν επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης μπορούν να αξιοποιηθούν από τα ξενοδοχεία.
- **Περιβαλλοντικά οφέλη:** η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, η υπερκατανάλωση φυσικών πόρων, η ρύπανση και τα απόβλητα, έχει οδηγήσει σε αλλαγές στα καταναλωτικά πρότυπα παγκοσμίως. Σύμφωνα με μια δημοσίευση του 2013, το 75% των ταξιδιωτών εξετάζει τον ηθικό ή περιβαλλοντικό αντίκτυπο των κύριων διακοπών τους. Επιπλέον, το 81% των ταξιδιωτών δίνει σημασία στα καταλύματα που εφαρμόζουν φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές, σύμφωνα με έρευνα της TripAdvisor του 2013. Η επίτευξη του καθεστώτος nZEH μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση αυτών των περιβαλλοντικών προκλήσεων και να βελτιώσει την εικόνα του ξενοδοχείου, προσελκύοντας παράλληλα επισκέπτες που δίνουν προτεραιότητα στις περιβαλλοντικές ανησυχίες.
- **Κοινωνικά οφέλη:** Το καθεστώς nZEH μπορεί να ενισχύσει την άνεση των επισκεπτών, ενώ η βελτιωμένη μόνωση των εξωτερικών τοίχων και ο καλύτερος εξαερισμός μπορεί να έχουν θετικές επιπτώσεις στην υγεία. Η ευαισθητοποίηση των επισκεπτών σε περιβαλλοντικά θέματα και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της προσέγγισης nZEH. Η προσέγγιση nZEH περιλαμβάνει επίσης δράσεις προς το προσωπικό (εκπαίδευση, ευαισθητοποίηση), συμβάλλοντας στο καλό ομαδικό πνεύμα, όπου όλο το προσωπικό μοιράζεται τον κοινό στόχο να είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Οι δράσεις προς τους επισκέπτες και το προσωπικό μπορούν επίσης να έχουν θετικές επιπτώσεις εκτός του ξενοδοχείου, όπως στα σπίτια τους.

Επιπλέον, τα ξενοδοχεία σήμερα αντιμετωπίζουν διάφορες προκλήσεις, όπως η μείωση του κόστους, η διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας, η ικανοποίηση των προσδοκιών των επισκεπτών, η ανταγωνιστικότητα, η συμμόρφωση με τους μεταβαλλόμενους κανονισμούς και νομοθεσίες, η αξιοποίηση των αναδυόμενων ευκαιριών χρηματοδότησης, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, η μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος και η ικανοποίηση των κριτηρίων αιφορίας. Το nZEH δεν αποτελεί μόνο απαίτηση της πολιτικής της ΕΕ για τα κτίρια, αλλά και ένα μέσο για τα υφιστάμενα ξενοδοχεία να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις και να επιτύχουν σημαντικά οφέλη. (Theocharis Tsoutsos et al., 2015)

Μειονεκτήματα:

- Ένα σημαντικό μειονέκτημα για τη χώρα μας, στη δεδομένη χρονική περίοδο, είναι η έλλειψη νέων υλικών υψηλής τεχνολογίας καθώς και η αντίστοιχη τεχνική κατάρτιση σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να καλύπτονται σε **απόλυτο βαθμό** τα απαραίτητα κριτήρια των κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης. (Attia et al., 2017)
- Ένα ακόμα σημαντικό μειονέκτημα είναι το αυξημένο οικονομικό κόστος που προϋποθέτει μια τέτοια επένδυση λόγω των υψηλών τιμών αγοράς νέων υλικών υψηλής τεχνολογίας αλλά και το υψηλό κόστος εγκατάστασής τους. (Attia et al., 2017)

2. Μεθοδολογία

2.1. Περιοχή Μελέτης – Αθήνα, κέντρο

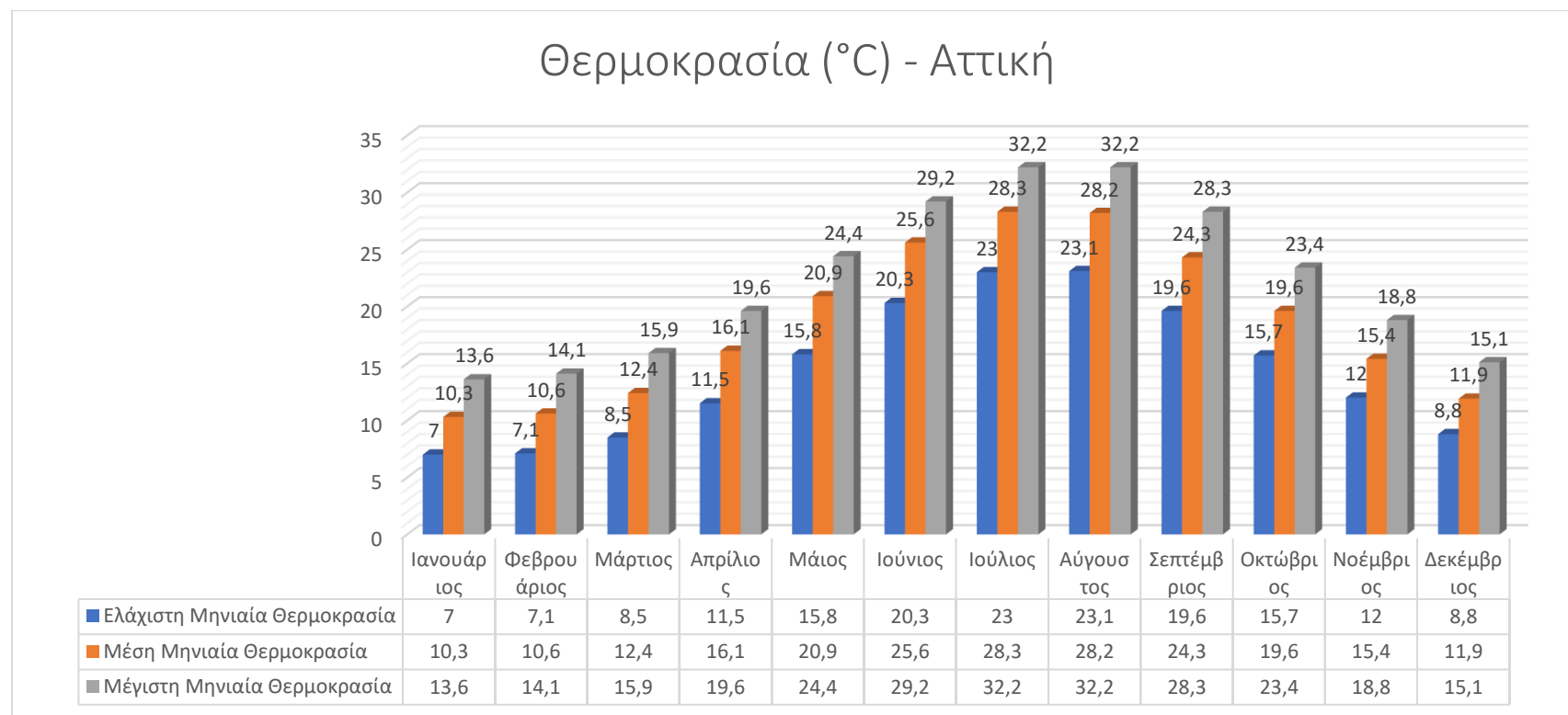
Η μετατροπή του εν λόγω ξενοδοχείου σε ξενοδοχείο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, στο κέντρο της Αθήνας αποτελεί ένα κρίσιμο βήμα προς την προώθηση της βιωσιμότητας στον κλάδο της φιλοξενίας. Για τη μελέτη της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα, το Τεχνικό Επιμελητήριο έχει χωρίσει τη χώρα σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον Πίνακα 15 παρατίθεται κατάλογος των νομών κάθε ζώνης, με σειρά από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Για κτίρια που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων σε κάθε νομό, ισχύουν οι προδιαγραφές της αμέσως ψυχρότερης κλιματικής ζώνης. Ωστόσο, για τη ζώνη Δ, όλες οι περιοχές, ανεξαρτήτως υψομέτρου, ανήκουν στη ζώνη αυτή (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2017). Η Αθήνα ανήκει στην κλιματική ζώνη Β, όπου και βιώνει ένα μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και βροχερούς χειμώνες. Η περιοχή αυτή δέχεται άφθονες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά. Η μέση θερμοκρασία στην Αθήνα κυμαίνεται από 12°C το χειμώνα έως 30°C το καλοκαίρι, ενώ η ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 370mm (ΕΜΥ, 2022). Αυτές οι κλιματολογικές συνθήκες παίζουν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης στο ξενοδοχείο. Επίσης ρόλο παίζει και η γεωμορφολογία της Αθήνας, όπου θεωρείται ως μια από τις πιο ιδιαίτερες στον κόσμο, λόγω των βουνών της, που προκαλούν ένα φαινόμενο θερμοκρασιακής αναστροφής («Ο όρος "αναστροφή" χρησιμοποιείται στη μετεωρολογία για να περιγράψει την απόκλιση από τη συνήθη μεταβολή μιας ατμοσφαιρικής μεταβλητής με το ύψος, με τη θερμοκρασία να είναι η πιο συνηθισμένη μεταβλητή. Η αναστροφή μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους, όπως όταν ένα στρώμα αέρα γίνεται ψυχρότερο ή θερμότερο από τον περιβάλλοντα αέρα. Οι μηχανισμοί των θερμοκρασιακών αναστροφών ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή, τον χρόνο και την εποχή, με τις ισχυρότερες αναστροφές να εμφανίζονται το καλοκαίρι πριν από την ανατολή του ηλίου και τις πιο ασταθείς συνθήκες να εμφανίζονται λίγο μετά το μεσημέρι κατά την ίδια περίοδο.»)(Μπατσαούρα Χρυσάφενια, 2021), που σε συνδυασμό με τα υψηλά επίπεδα ρύπων προκαλεί προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτό δεν συμβαίνει μόνο στην Αθήνα, καθώς πόλεις όπως το Λος Άντζελες και η Πόλη του Μεξικού αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα. Η Αθήνα έχει ένα υποτροπικό Μεσογειακό κλίμα (Κλιματική ταξινόμηση Κέππεν). Το κυριότερο χαρακτηριστικό του Αθηναϊκού κλίματος είναι η εναλλαγή παρατεταμένων ζεστών και ξηρών καλοκαιριών και ήπιων, υγρών χειμώνων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν δημιουργήσει αστικές θερμονησίδες σε ορισμένα τμήματα της πόλης, προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας, το κόστος ψύξης και την υγεία. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας έχει επίσης διαπιστωθεί ότι ευθύνεται για αλλαγές στις καταγεγραμμένες θερμοκρασίες σε ορισμένους μετεωρολογικούς σταθμούς, ενώ άλλοι επηρεάζονται λιγότερο. Η μετατροπή ενός ξενοδοχείου σε ξενοδοχείο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας στο κέντρο της Αθήνας μπορεί να συμβάλει στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα και στην προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. (Εταιρεία Ανάπτυξης και Τουριστικής Προβολής Αθηνών, <https://develop.thisisathens.org/el/xaraktiristika-tis-athinas>)

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθι, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Πίνακας 15: Νομοί της Ελλάδος ανά κλιματική Ζώνη

(Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2010)

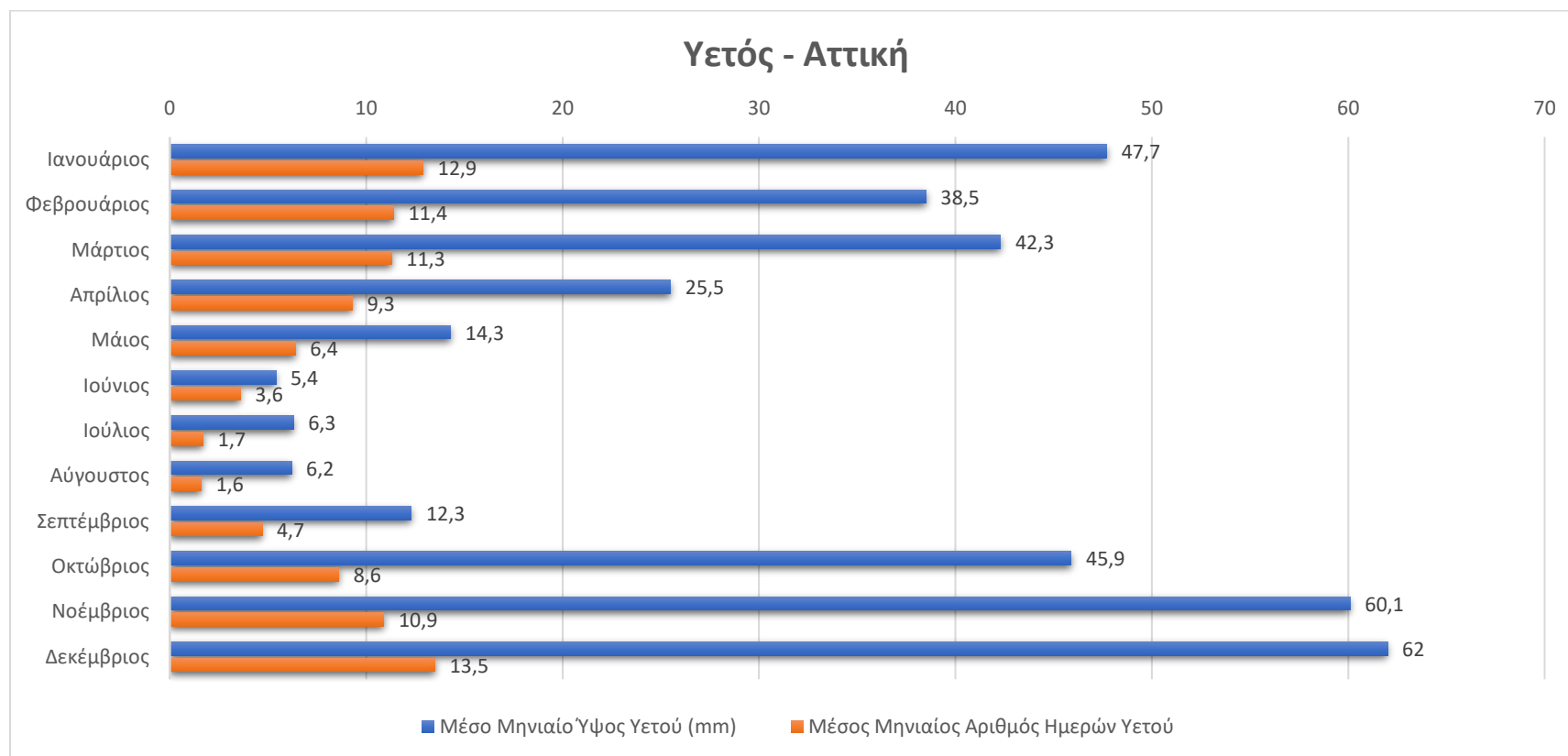
Στον Πίνακα 16 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των Μεγίστων, Μέσων και Ελαχίστων θερμοκρασιών, σε βαθμούς Κελσίου, στην Αττική, ανά μήνα κατά τη διάρκεια ενός έτους, βάσει των κλιματικών δεδομένων κατά την περίοδο 1955-2010.



Πίνακας 16: Μέγιστη-Μέση- Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική

(ΕΜΥ, 2022)

Ο Πίνακας 17 αναφέρει το μέσο μηνιαίο ύψος υετού στην Αττική σε χιλιοστόμετρα καθώς επίσης και το μέσο μηνιαίο αριθμό υετού στην Αττική. Για παράδειγμα κατά το μήνα Δεκέμβριο λαμβάνει χώρα το υψηλότερο μέσο ύψος βροχόπτωσης ανά μήνα φτάνοντας τα 62 χιλιοστόμετρα (mm), καθώς επίσης και ο μέγιστος μέσος αριθμός υετού ανά μήνα όπου είναι οι 13.5 ημέρες.



Πίνακας 17: Μέσο μηνιαίο ύψος υετού (mm) και μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού στην Αττική

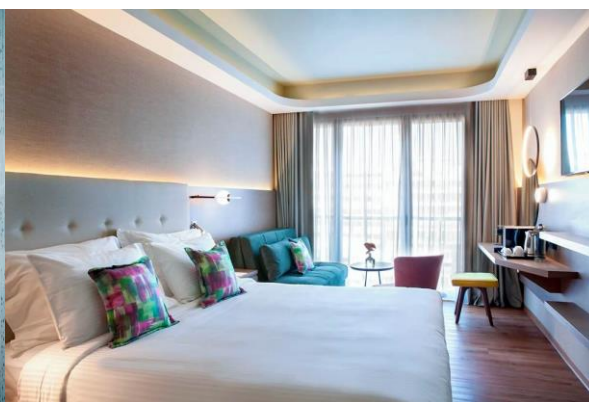
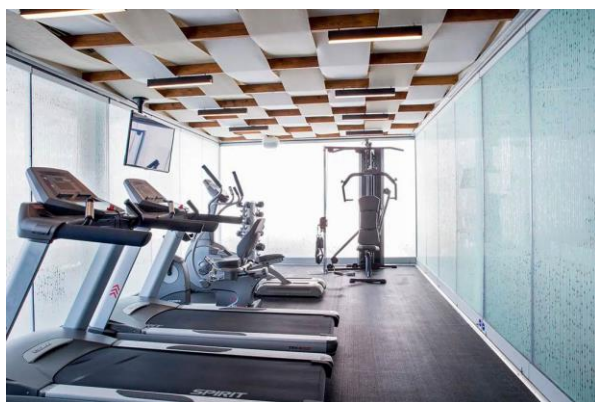
(ΕΜΥ, 2022)

2.2. Περιγραφή Κτηρίου

Το κτήριο μελέτης αφορά ένα ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας όπου αποτελείται από οκτώ ορόφους (υπόγειο: μηχανοστάσιο-αποθήκες, ισόγειο: lobby, πρώτος - πέμπτος όροφος: δωμάτια, έκτος όροφος: roof/restaurant/κουζίνα/ γυμναστήριο). Το υπόγειο αποτελείται από έξι χώρους, εκ των οποίων, κατευθυνόμενοι από τα δυτικά προς τα ανατολικά οι δύο πρώτοι χώροι αποθήκες, ο επόμενος ενιαίος χώρος είναι διάδρομος και στα αριστερά του βρίσκονται ένας ανελκυστήρας και ένα μικρό μπάνιο, και τέλος στα ανατολικά του υπογείου βρίσκεται το μηχανοστάσιο με τα κύρια ηλεκτρικά συστήματα του κτηρίου. Συνεχίζοντας προς τα πάνω, στο ισόγειο του ξενοδοχείου βρίσκεται το lobby μαζί με τον χώρο του ανελκυστήρα. Έπειτα από τον πρώτο μέχρι τον πέμπτο όροφο όπου βρίσκονται και τα δωμάτια, ο σχεδιασμός είναι πανομοιότυπος και συμπεριλαμβάνει τα εξής: δεκαεπτά δωμάτια ανά όροφο, χώρο ανελκυστήρα, δύο διαδρόμους. Τέλος ο όγδοος και τελευταίος όροφος του κτηρίου αποτελείται από το εστιατόριο, όπου και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος τους συγκεκριμένου ορόφου, ένα αίθριο, μία κουζίνα, ένα μπάνιο, τον χώρο του ανελκυστήρα καθώς επίσης και ένα γυμναστήριο. Το ξενοδοχείο έχει την ικανότητα να φιλοξενήσει περίπου διακόσια άτομα και απασχολεί επιπλέον στον συγκεκριμένο χώρο περίπου είκοσι άτομα προσωπικό ανά οκτάωρο. Στις εικόνες 5-8 εμφανίζεται το υφιστάμενο κτήριο (ανατολική, βορειοδυτική και δυτική όψη).

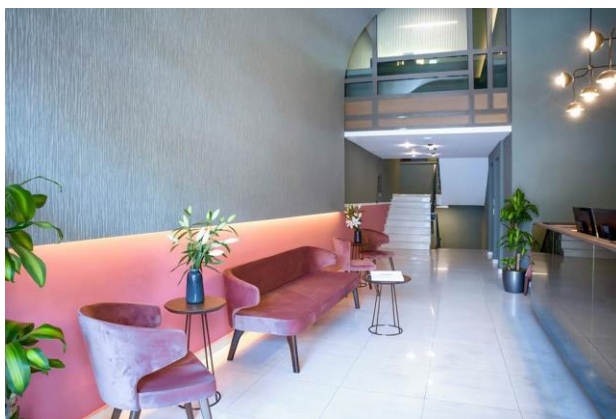


Εικόνα 5: Ξενοδοχείο – Ανατολική όψη Εικόνα 6: Ανατολική και βορειοδυτική πλευρά/αίθριο



Εικόνα 7: Γυμναστήριο – Δυτική και Βορειοδυτική πλευρά Εικόνα 8: Δωμάτιο – Ανατολική πλευρά

(Jet2holidays, <https://www.jet2holidays.com/greece/athens/athens-city/wyndham-athens-residence>)



Εικόνα 9: Lobby – Είσοδος ανατολικά

(Jet2holidays, <https://www.jet2holidays.com/greece/athens/athens-city/wyndham-athens-residence>)

2.3. Σχεδιασμός

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκε μια σειρά διαδικασιών. Πρώτο βήμα που έγινε ήταν η συλλογή απαραίτητων πληροφοριών για το ξενοδοχείο. Πιο συγκεκριμένα χρειάστηκε να βρεθούν τα κατασκευαστικά σχέδια του ξενοδοχείου, τα υλικά και οι τεχνοτροπίες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή, ο προσανατολισμός του κτηρίου και τα διάφορα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, καθώς επίσης και οι ενεργειακές καταναλώσεις (λογαριασμοί ρεύματος, λογαριασμοί ύδρευσης και άρδευσης). Για την επίτευξη των στόχων της διπλωματικής, έπρεπε να σχεδιαστούν δύο μοντέλα, ένα αρχικό, όπου αντιπροσωπεύει το υφιστάμενο κτήριο αλλά και ένα τελικό μοντέλο όπου θα παρουσιάζει την βελτιωμένη και φυσικά ηΖΕΗ εκδοχή του κτηρίου. Έτσι, το επόμενο βήμα ήταν ο σχεδιασμός του κτηρίου σε ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης, όπου στην περίπτωση αυτή ήταν το SketchUp, βάσει πάντα των κατασκευαστικών σχεδίων. Τα κατασκευαστικά σχέδια είναι σε ηλεκτρονική μορφή και συγκεκριμένα με μορφή αρχείου “DWG” όπου η συγκεκριμένη μορφή αναφέρεται σε σχεδιαστικά προγράμματα CAD. Σε αυτή την εργασία και για την ανάγνωση των κατασκευαστικών σχεδίων έγινε χρήση του προγράμματος AutoCad. Έπειτα από την ανάγνωση των σχεδίων και της μοντελοποίησης του υφιστάμενου κτηρίου, σειρά είχε η εισαγωγή των κατασκευαστικών υλικών και δεδομένων σε ένα άλλο πρόγραμμα, το Openstudio. Στο Openstudio εισάγονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, διάφορα λειτουργικά δεδομένα (π.χ. χρήση ζεστού νερού, ποσοστό φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, ποσοστό πληρότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, ποσοστό αερισμού, ανά διαφορετικό χώρο κτηρίου κ.α.), εισαγωγή των υλικών κατασκευής και των αντίστοιχων ιδιοτήτων τους, τα είδη των χώρων με τις διάφορες ιδιότητες του, τα υδραυλικά συστήματα καθώς και τα συστήματα ψύξης – θέρμανσης και πολλά ακόμα όπου αναλύονται στην ενότητα ‘2.3.2’ εκτενέστερα. Μετέπειτα, μέσω του Openstudio λαμβάνονται τα τελικά αποτελέσματα για τις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του κτηρίου, όπως και τις καταναλώσεις ανά σύστημα και ανά χώρο. Επόμενο βήμα ήταν η μοντελοποίηση του δεύτερου κτηριακού μοντέλου, όπου χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες και τεχνοτροπίες πολύ πιο αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον, σε σχέση με το αρχικό μοντέλο.

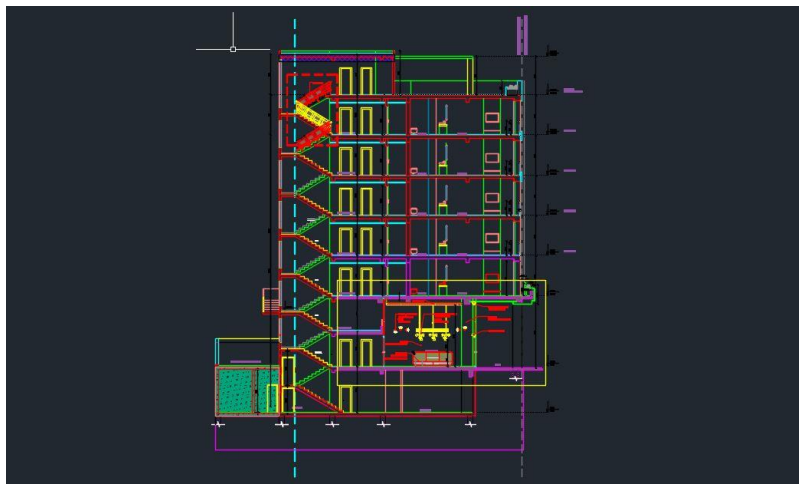
2.3.1. AutoCad

Για την κατασκευή ενός κτηρίου ή μιας κατασκευής γενικότερα, λαμβάνουν χώρα σειρές μετρήσεων και υπολογισμών (π.χ. στατική μελέτη, εδαφολογική μελέτη, περιβαλλοντική μελέτη, κ.λ.π.) και στη συνέχεια μέσω αυτών καταλήγουμε στο τελικό μηχανολογικό σχέδιο της εκάστοτε κατασκευής. Τα τελευταία χρόνια, η πιο σύνηθες μορφή αυτού του σχεδίου είναι η ηλεκτρονική. Ένα από τα πιο γνωστά σχεδιαστικά προγράμματα στον υπολογιστή (CAD programs) είναι το AutoCad. Το AutoCAD είναι μια εφαρμογή λογισμικού που χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες για τη δημιουργία 2D και 3D σχεδίων και μοντέλων. Προσφέρει ένα ευρύ φάσμα εργαλείων και λειτουργιών που έχουν σχεδιαστεί για να αυξάνουν την παραγωγικότητα και την ακρίβεια στη διαδικασία σχεδιασμού. Αυτά περιλαμβάνουν εργαλεία σχεδίασης και σχολιασμού, εργαλεία τρισδιάστατης μοντελοποίησης και προσαρμόσιμα πρότυπα και βιβλιοθήκες. Το λογισμικό χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής, των κατασκευών, της μεταποίησης και άλλων. Το AutoCAD θεωρείται ευρέως ως μία από τις πιο ισχυρές και ευέλικτες εφαρμογές CAD που είναι διαθέσιμες σήμερα. (Autodesk, <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>).

Η Εικόνα 10 παρουσιάζει την κάτοψη του υπογείου του υφιστάμενου κτηρίου. Η Εικόνα 11 παρουσιάζει το κλιμακοστάσιο του κτηρίου και η Εικόνα 12 παρουσιάζει την κάτοψη του ισόγειου-lobby. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται η κάτοψη ενός τυπικού ορόφου και αποτελείται από 18 δωμάτια/ όροφο, μια αποθήκη, διαδρόμους και δύο ανελκυστήρες. Η Εικόνα 14 παρουσιάζει την κάτοψη του δώματος και του αίθριου χώρου του ξενοδοχείου που περιλαμβάνει μια τουαλέτα, γυμναστήριο, κουζίνα, ανελκυστήρα αλλά και αποθήκη.



Εικόνα 10: Κάτοψη Υπογείου - AutoCAD



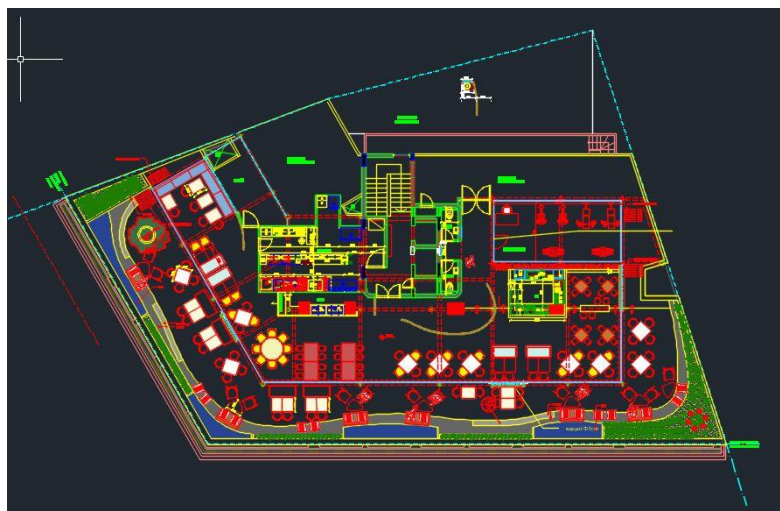
Εικόνα 11: Τομή κλιμακοστασίου - AutoCAD



Εικόνα 12: Κάτοψη ισογείου/lobby - AutoCAD



Εικόνα 13: Κάτοψη τυπικού ορόφου – AutoCAD



Εικόνα 14: Κάτοψη δώματος/ εστιατόριο – AutoCAD

2.3.2. SketchUp

Το SketchUp είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται ευρέως και κυρίως στην αρχιτεκτονική, τις κατασκευές και τον εσωτερικό σχεδιασμό καθώς επίσης και το σχεδιασμό ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών σε μικρότερο ποσοστό. Το λογισμικό αναπτύσσεται και διατίθεται στην αγορά από την Trimble Inc. Το SketchUp επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να επεξεργάζονται τρισδιάστατα μοντέλα γρήγορα και εύκολα, με ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον εργασίας και ένα ευρύ φάσμα εργαλείων και λειτουργιών. Τα εργαλεία αυτά περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, εργαλεία σχεδίασης και μοντελοποίησης, εργαλεία τρισδιάστατης εκτύπωσης και εργαλεία απόδοσης. Το SketchUp χρησιμοποιείται ευρέως στη διαδικασία σχεδιασμού για τη δημιουργία των πάντων, από κτίρια και τοπία μέχρι έπιπλα και ηλεκτρονικές συσκευές. (Trimble, <https://www.sketchup.com/>)

Στην συγκεκριμένη εργασία η σχεδίαση και μοντελοποίηση στο SketchUp αφορούσε το προαναφερθέν κτηρίου. Η διαδικασία ξεκίνησε με τη δημιουργία ξεχωριστών χώρων – “spaces” και την σχεδίαση του αντίστοιχου χώρου του κτηρίου κάθε φορά, στις κατάλληλες διαστάσεις. Κάθε χώρος του ξενοδοχείου, σχεδιάστηκε ως ξεχωριστό “space” εξαιρουμένων των μπάνιων που βρίσκονται σε κάθε δωμάτιο. Πρώτα σχεδιάστηκαν οι χώροι του υπογείου. Μέσω της λειτουργίας “line” σχεδιάστηκαν δυσδιάστατα τα περιγράμματα των διαφορετικών χώρων του υπογείου (2 αποθήκες, διάδρομος, ανελκυστήρας, μπάνιο, μηχανοστάσιο) και έπειτα μέσω της λειτουργίας “create spaces from diagram” δημιουργήθηκαν σε τρισδιάστατη μορφή οι συγκεκριμένοι χώροι, με ύψος 3,50 μέτρα. Ακολούθησε ομοίως ο σχεδιασμός του ισόγειου (lobby, ανελκυστήρας), με τη διαφορά ότι κατόπιν της τρισδιάστατης μοντελοποίησης των χώρων, σχεδιάστηκε ξεχωριστά η είσοδος του κτηρίου. Το ισόγειο έχει ύψος 5,40 μέτρα. Επόμενο βήμα και με παρόμοια στρατηγική ήταν η μοντελοποίηση του πρώτου μέχρι του πέμπτου ορόφου (17 δωμάτια, ανελκυστήρας, αποθήκη, διαδρόμοι ανά όροφο).

Σε αυτή τη περίπτωση, έχοντας ως δεδομένο ότι οι συγκεκριμένοι όροφοι είναι πανομοιότυποι, μας δίνεται η δυνατότητα μέσω της λειτουργίας “create spaces from diagram” και εφόσον έχουμε σχεδιάσει δυσδιάστατα τον έναν όροφο, να δημιουργήσουμε αμέσως σε τρισδιάστατη μορφή και τους πέντε πανομοιότυπους ορόφους, όπου σαν ύψος έχουν τα 3.05 μέτρα ανά όροφο. Κατόπιν την δημιουργίας των προαναφερθέντων ορόφων έγινε και ο σχεδιασμός των παραθύρων για κάθε δωμάτιο ξεχωριστά. Τέλος μέσω της ίδιας διαδικασίας και με ύψος τα 3,30 μέτρα έγινε και ο σχεδιασμός του τελευταίου ορόφου όπου απαρτίζεται από το εστιατόριο, την κουζίνα, το γυμναστήριο, το μπάνιο αλλά και έναν αίθριο χώρο.

Προχωρώντας στο επόμενο βήμα, κάθε επιφάνεια του κτηρίου έλαβε τον κατάλληλο χαρακτηρισμό (π.χ. οροφή, πάτωμα, εσωτερικός τοίχος, πόρτα, κλπ). Είναι απαραίτητο καθώς κάθε διαφορετικός χαρακτηρισμός προσδίδει διαφορετικές ιδιότητες στις επιφάνειες.

Αμέσως επόμενο είναι ο διαχωρισμός των χώρων ανάλογα τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής τους. Πιο συγκεκριμένα, τα υλικά και η τεχνοτροπία κατασκευής του υπογείου είναι διαφορετικά από αυτά της οροφής ή του υπολοίπου κτηρίου. Δεδομένης αυτής της λογικής το υπόγειο βρίσκεται σε διαφορετική ομάδα κατασκευής, όπως και η κουζίνα, το εστιατόριο, τα δωμάτια, οι διάδρομοι και ο ανελκυστήρας. Πρέπει να επισημανθεί ότι λόγω διαφορετικής κατασκευής και διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών στην οροφή, τα δωμάτια του πέμπτου ορόφου βρίσκονται σε διαφορετική ομάδα από τα δωμάτια του υπολοίπου κτηρίου. Ομοίως οι διάδρομοι του πέμπτου ορόφου βρίσκονται σε διαφορετική ομάδα σε σχέση με τους διαδρόμους των υπολοίπων ορόφων. Επίσης ο χώρος του ανελκυστήρα στο υπόγειο είναι διαφορετικός από το χώρο του ανελκυστήρα στην οροφή και διαφορετικός από τον χώρο του ανελκυστήρα στο υπόλοιπο μοντέλο, ομοίως λόγω διαφορετικής κατασκευής.

Επίσης αναγκαίος, είναι και ο διαχωρισμός των χώρων του κτηριακού μοντέλου ανάλογα τη χρήση τους, όπου και έγινε. Πιο συγκεκριμένα έγινες ο καθορισμός των λεγόμενων “space types” δηλαδή ο κάθε χώρος χωρίστηκε ανάλογα τη χρήση του, σε δωμάτιο, lobby, διάδρομος, αποθήκη, μπάνιο, ανελκυστήρας, εστιατόριο, κουζίνα και γυμναστήριο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα δωμάτια του πέμπτου ορόφου ανήκουν σε διαφορετικό “space type” αφού τα υλικά κατασκευής της οροφής είναι διαφορετικά των υπολοίπων τεσσάρων ορόφων με δωμάτια. Το ίδιο ισχύει, για την αποθήκη που βρίσκεται στην οροφή σε σχέση με την αποθήκη στο υπόγειο, για τον ανελκυστήρα στο υπόγειο, στον τελευταίο όροφο αλλά και στο υπόλοιπο κτήριο καθώς επίσης και με τους διαδρόμους στον πέμπτο όροφο σε σχέση με αυτούς του υπολοίπου κτηρίου.

Στη συνέχεια έγινε η αντιστοίχιση του κάθε χώρου στην ανάλογη θερμική ζώνη. Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου απαιτεί τον διαχωρισμό του κτιρίου σε “θερμικές ζώνες” σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ (άρθρο 3)(ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ, 2013) και την ΤΟΤΤΕ 20701-1 (παράγραφος 2.2)(ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2012). Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση, προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Κατά τη διαίρεση του κτιρίου σε θερμικές ζώνες πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι γενικοί κανόνες:

- Το κτίριο πρέπει να διαιρείται στον μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών.
- Ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών θα πρέπει να γίνεται με την καταγραφή της πραγματικής εικόνας λειτουργίας του κτιρίου κατά τον σχεδιασμό ή την επιθεώρηση.
- Τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου θα πρέπει να θεωρούνται μέρος άλλων θερμικών ζωνών, όσο το δυνατόν πιο όμοιων, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

- Οι δευτερεύοντες μη θερμαινόμενοι βοηθητικοί χώροι που συνδέονται λειτουργικά με μια θερμική ζώνη θα πρέπει να θεωρούνται μέρος της θερμικής ζώνης.

Ο ορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών απαιτείται σύμφωνα με το ΚΕΝΑΚ και το ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2012) στις ακόλουθες περιπτώσεις:

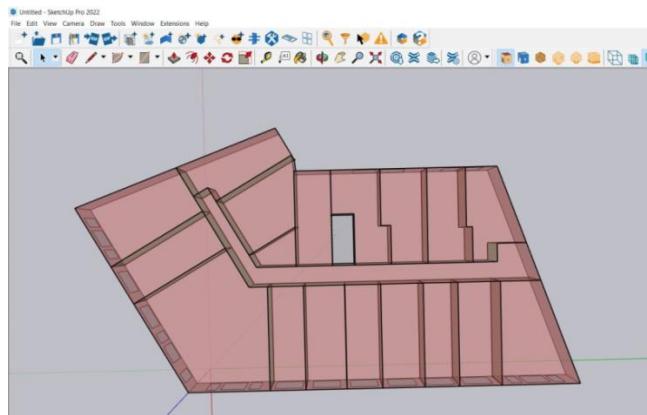
- Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία διαφέρει κατά περισσότερο από 4 K (4 °C) σε σχέση με άλλα μέρη του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση/λειτουργία που απαιτούν διαφορετικές συνθήκες εσωτερικού σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, φρέσκος αέρας κ.λπ.), όπως σε ένα νοσοκομείο όπου υπάρχουν χώροι για νοσηλευόμενους ασθενείς, γραφεία, χειρουργεία, ειδικός ιατρικός εξοπλισμός, εργαστήρια κ.λπ.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που έχουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο) ενεργειακές συναλλαγές, όπως εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, απώλειες θερμότητας. Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σύγκριση με το υπόλοιπο κτίριο.
- Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχή φρέσκου αέρα ή κλιματισμός) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Συνεπώς και βάσει των παραπάνω, έγινε ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών ανάλογα τη χρήση του κάθε χώρου και τον όροφο που βρίσκεται. Για παράδειγμα, τα δωμάτια του πρώτου ορόφου βρίσκονται σε κοινοί θερμική ζώνη σε σχέση με τον διάδρομο ή τον ανελκυστήρα όπου βρίσκονται σε ξεχωριστές ζώνες. Όμως τα δωμάτια του πρώτου ορόφου σε σχέση με τα δωμάτια του δεύτερου ορόφου διαφέρουν στις θερμικές ζώνες, ασχέτως αν οι υπόλοιπες ιδιότητες είναι όμοιες, το ύψος όπου βρίσκονται είναι διαφορετικό.

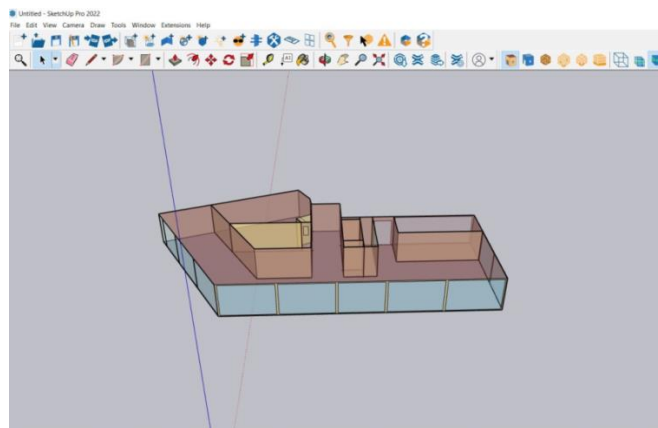
Στο δεύτερο κτηριακό μοντέλο, έγινε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη οροφή, στο πάτωμα του αίθριου χώρου, στις τζαμαρίες ανατολικά και νοτιοανατολικά του κτηρίου καθώς επίσης και στα σημεία που υπάρχει τοιχοποιία μεταξύ των τζαμαριών. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: Επιλέχθηκε η λειτουργία “New shading surface group” όπου μέσω αυτής δημιουργούμε δευτερεύον χώρους στο μοντέλου συγκεκριμένων ιδιοτήτων. Μία από αυτές είναι η τοποθέτηση Φ/Β συστημάτων.

Έτσι, στα προαναφερθέντα μέρη του κτηρίου και μέσω της λειτουργίας “line” έγινε η τοποθέτηση τους. Ακόμα η λειτουργία “New shading surface group” μας επιτρέπει τη δημιουργία σχημάτων που αντιπροσωπεύουν τα τριγύρω κτήρια. Αυτό είχε καταλυτικό ρόλο στον υπολογισμό του ποσοστού σκίασης που δέχετε το κτηριακό μοντέλο. Ο υπολογισμός της σκίασης κατέχει σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση ενός Φ/Β συστήματος. Για την άντληση πληροφοριών και μετρήσεων, ώστε να γίνει όσο το δυνατό πιο ακριβής σχεδίαση των τριγύρω κτηρίων, έγινε χρήση της εφαρμογής google earth (Google Earth). Μέσω αυτής της εφαρμογής είναι δυνατή η χάραξη γραμμών σε δυσδιάστατο επίπεδο καθώς επίσης και ο υπολογισμός ύψους ενός κτηρίου μέσω της διαφοράς υψομέτρου από το έδαφος και πιο συγκεκριμένα τους δρόμους που υπάρχουν γύρω από τα συγκεκριμένα κτήρια.

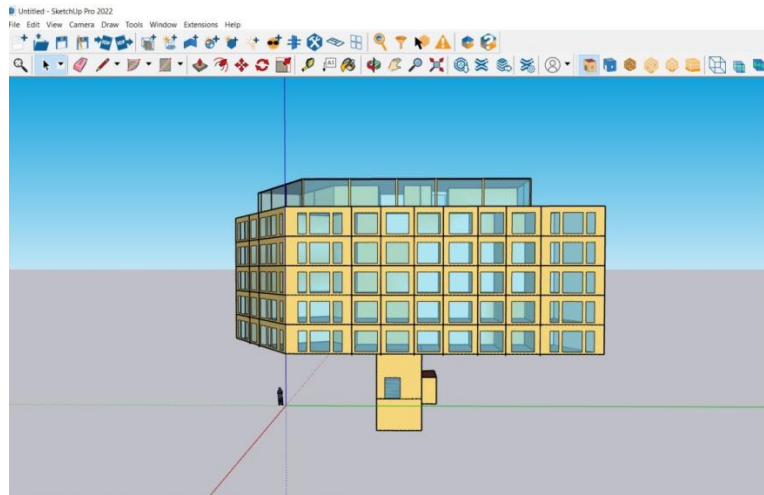
Ακόμα, έγινε χρήση της ιστοσελίδας suncalc.org (SunCalc - Sunrise, Sunset, Shadow Length, Solar Eclipse, Sun Position, Sun Phase, Sun Height, Sun Calculator, Sun Movement, Map, Sunlight Phases, Elevation, Photovoltaic System, Photovoltaic) όπου είναι ένα διαδικτυακός τόπος που παρέχει ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την πορεία του ήλιου σε οποιαδήποτε θέση στη Γη. Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν τη θέση τους και την ημερομηνία/ώρα για να δημιουργήσουν μια απεικόνιση της πορείας του ήλιου και πληροφορίες για την ανατολή, τη δύση και το ηλιακό μεσημέρι. Τα προηγμένα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν επίσης το αζιμούθιο, την ανύψωση του ήλιου καθώς και τη γωνία ηλιακής απόκλισης. Συνεπώς, λαμβάνοντας πληροφορίες αλλά και μετρήσεις μέσω των δύο προαναφερθέντων ιστοσελίδων και εφαρμογών, μοντελοποιήθηκαν στο SketchUp και τα τριγύρω κτήρια μαζί με τις σκιάσεις τους. Παρατίθενται παρακάτω, εικόνες (Εικόνα 15-Εικόνα 19) από την μοντελοποίηση στο SketchUp.



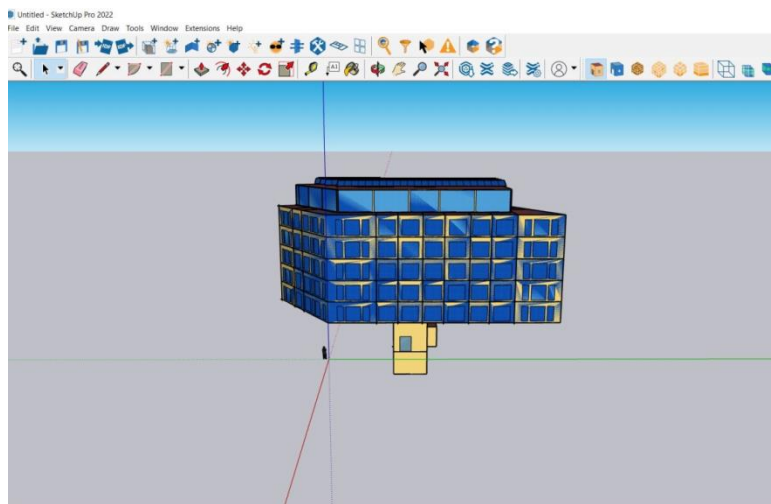
Εικόνα 15: Κάτοψη τυπικού ορόφου (1^{ος} – 5^{ος} όροφος)



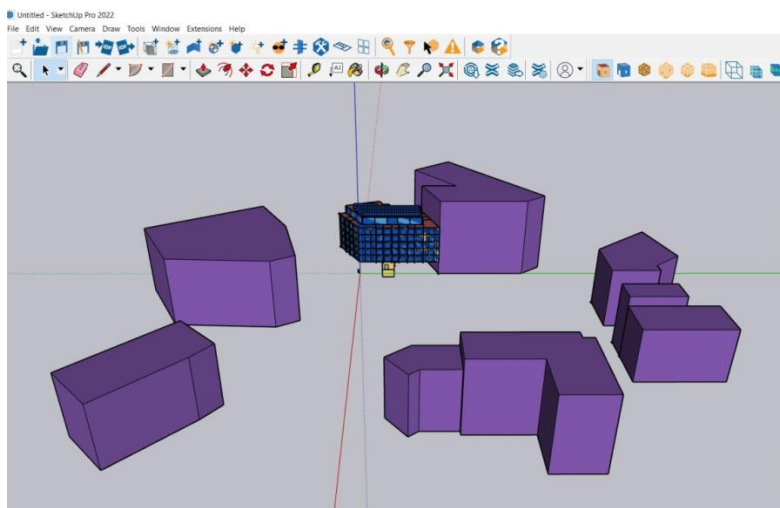
Εικόνα 16: Εσπιατόριο/Κουζίνα/Γυμναστήριο – Ανατολική πλευρά



Εικόνα 17: Πρώτο μοντέλο – Ανατολική πλευρά



Εικόνα 18: Δεύτερο μοντέλο με Φ/Β – Ανατολική Πλευρά



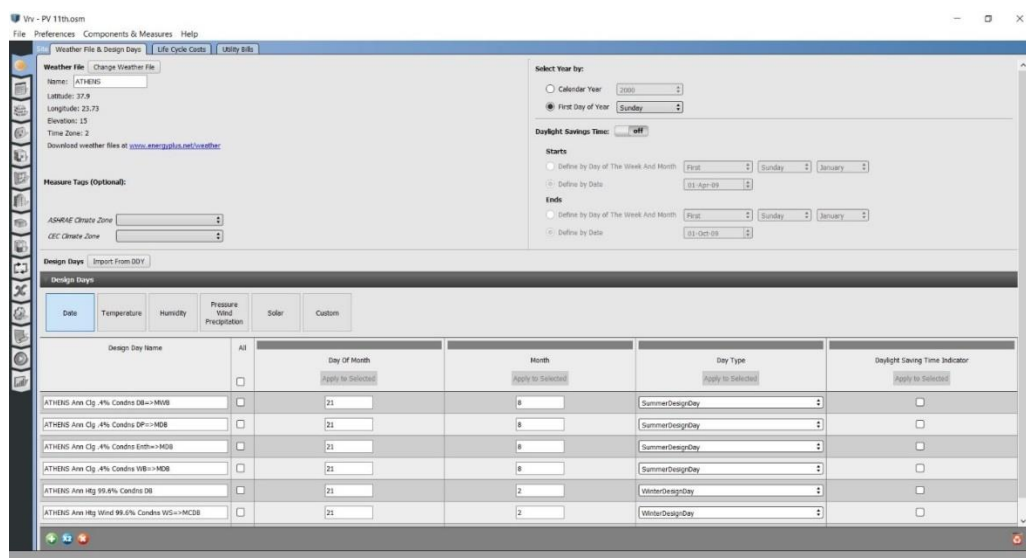
Εικόνα 19: Δεύτερο Μοντέλο – Τελικό/Ανατολική πλευρά

2.3.3. Εισαγωγή στο Openstudio

Το OpenStudio είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που παρέχει στους χρήστες ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για την ενεργειακή μοντελοποίηση και προσομοίωση κτιρίων, με στόχο να βοηθήσει τους επαγγελματίες του συγκεκριμένου χώρου να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή απόδοση, να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Μία από τις κύριες λειτουργίες του είναι η παροχή ενός γραφικού περιβάλλοντος για τη δημιουργία και τον χειρισμό ενεργειακών μοντέλων κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων εργαλείων για τη γεωμετρία του κτιρίου, την εφαρμογή υλικών, τον ορισμό συστημάτων HVAC και τον καθορισμό προτύπων κατοίκησης. Η επεκτασιμότητα του OpenStudio μέσω plugins και μέτρων επιτρέπει στους χρήστες να προσαρμόζουν και να επεκτείνουν τη λειτουργικότητά του. Διαθέτει επίσης μηχανές προσομοίωσης όπως οι EnergyPlus και Radiance, οι οποίες μπορούν να μοντελοποιήσουν ένα ευρύ φάσμα συστημάτων και στοιχείων κτιρίων. Τέλος, η καρτέλα “Result Summary” παρέχει μια γραφική διεπαφή για την ανάλυση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης και το πρόγραμμα προσφέρει μια ποικιλία επιλογών μεταγενέστερης επεξεργασίας για την εξαγωγή δεδομένων και τη δημιουργία αναφορών. (U.S. Department of Energy, 2015)

Η πρώτη καρτέλα “Site” (Εικόνα 20) παρέχει στους χρήστες μια σειρά εργαλείων για τη μοντελοποίηση του εξωτερικού περιβάλλοντος και του περιβάλλοντος χώρου ενός κτιρίου. Εργαλεία για τον καθορισμό της γεωγραφικής θέσης και του προσανατολισμού του κτιρίου, καθώς και για τη μοντελοποίηση του περιβάλλοντος εδάφους και της βλάστησης. Οι χρήστες μπορούν επίσης να καθορίσουν τις συνθήκες σκίασης του κτιρίου και την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους (U.S. Department of Energy, 2015).

Στην συγκεκριμένη καρτέλα ορίστηκαν συγκεκριμένοι παράμετροι που αφορούν την τοποθεσία του κτηρίου, το κλίμα αλλά και τη ζώνη ώρας στην οποία ανήκει. Τα αντίστοιχα δεδομένα λήφθηκαν από την ιστοσελίδα «(U.S. Department of Energy, 2015)», σε μορφή αρχείου “.erp”, όπου αυτή η μορφή είναι η συμβατή μορφή αρχείων για την εισαγωγή τους στο Openstudio.

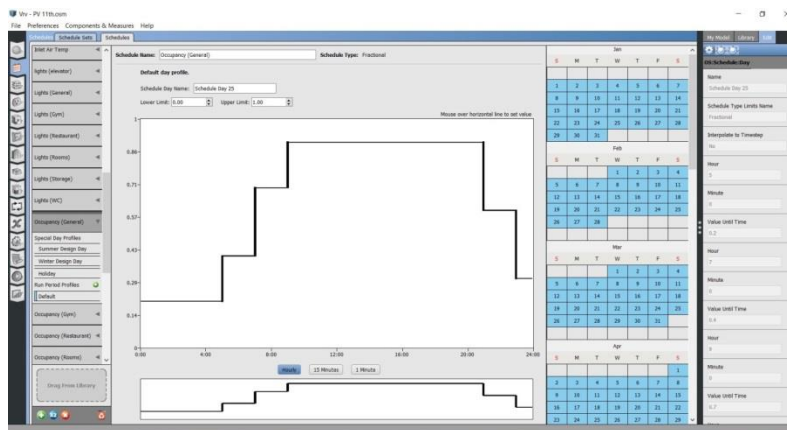


Εικόνα 20: Καρτέλα Site – Openstudio

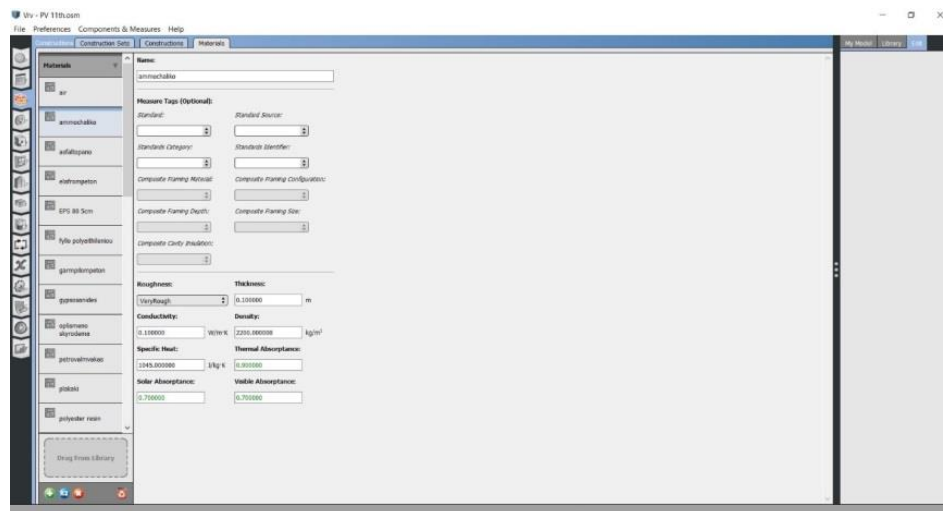
Η καρτέλα "Schedules" (Εικόνα 21) είναι μια ισχυρή λειτουργία που επιτρέπει στους χρήστες να ορίζουν διάφορα χρονοδιαγράμματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της λειτουργίας των συστημάτων και του εξοπλισμού του κτιρίου. Αυτά τα χρονοδιαγράμματα μπορούν να δημιουργηθούν και να επεξεργαστούν μέσω ενός περιβάλλοντος που επιτρέπει στους χρήστες να καθορίζουν τη χρονοεξαρτώμενη συμπεριφορά διαφόρων παραμέτρων του κτιρίου, όπως ο φωτισμός, η πληρότητα και η θερμοκρασία. Εκτός από τον ορισμό χρονοδιαγραμμάτων, το OpenStudio επιτρέπει επίσης στους χρήστες να αναθέτουν χρονοδιαγράμματα σε διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία και συστήματα του κτιρίου. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιούν την ενεργειακή απόδοση διαφορετικών συστημάτων και στοιχείων του κτιρίου με βάση τα συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους (U.S. Department of Energy, 2015). Στο συγκεκριμένο κτηριακό μοντέλο και στη συγκεκριμένη καρτέλα ορίστηκαν δεδομένα σχετικά με το επίπεδο δραστηριότητας στο ξενοδοχείο και τους διάφορους χώρους του, την ημερήσια χρήση ηλεκτρικών συσκευών και φωτών, το ποσοστό διαρροής αέρα, την ημερήσια πληρότητα αλλά και τη διαχείριση θερμοκρασίας και των προγραμμάτων σχετικά με το HVAC σύστημα. Για παράδειγμα, Η συγκεκριμένη καρτέλα περιλαμβάνει δύο υποκατηγορίες, την υποκατηγορία "Schedules" (Εικόνα 21), και την υποκατηγορία "Schedule sets" (Εικόνα 22). Στην πρώτη υποκατηγορία ορίζονται τα δεδομένα που αφορούν:

- τα επίπεδα δραστηριότητας (Activity level),
- τα επίπεδα χρήσεις ηλεκτρικών συσκευών (Electrical),
- τα ποσοστά διείσδυσης του αέρα στους χώρους (Infiltration),
- τα ποσοστά πληρότητας των χώρων (Occupancy),
- τα επίπεδα χρήσεις των φωτών (lights),
- τα επίπεδα κατανάλωσης νερού (Water use),
- τη θερμοκρασία δροσισμού/ψύξης του κτηρίου (Cooling setpoint),
- τη θερμοκρασία θέρμανσης του ξενοδοχείου (Heating setpoint),
- τη θερμοκρασία ζεστού νερού (Hot water Temperature).

Οι παραπάνω δεδομένες τιμές και τα παραπάνω ποσοστά καλύπτουν απόλυτα τις εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2012). Στην δεύτερη υποκατηγορία (Schedule sets) ουσιαστικά γίνεται η εισχώρηση των δεδομένων της πρώτης υποκατηγορίας, σε συγκεκριμένες θέσεις που αφορούν τους χώρους του κτηρίου, με διαφορετική χρήση μεταξύ τους.



Στην επόμενη κύρια καρτέλα βρίσκονται τα “Constructions” (Εικόνα 23). Η καρτέλα Constructions είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που επιτρέπει στους χρήστες να ορίζουν και να προσαρμόζουν τα σύνολα του κτιριακού περιβλήματος, συμπεριλαμβανομένων των τοίχων, των οροφών και των δαπέδων. Η καρτέλα παρέχει μια σειρά εργαλείων για τον ορισμό των θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών, όπως η μόνωση και τα τζάμια. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από μια βιβλιοθήκη προκαθορισμένων κατασκευών ή να δημιουργήσουν τις δικές τους προσαρμοσμένες κατασκευές χρησιμοποιώντας μια ποικιλία δομικών υλικών. Το πρόγραμμα επιτρέπει στους χρήστες να καθορίζουν τις θερμικές και οπτικές ιδιότητες των δομικών υλικών. Επιτρέπει ακόμα τη μοντελοποίηση πολλαπλών κατασκευαστικών στρωμάτων, το καθένα με τις δικές του μοναδικές θερμικές και οπτικές ιδιότητες. Το περιβάλλον της καρτέλας Constructions επιτρέπει στους χρήστες να διατάσσουν και να επεξεργάζονται εύκολα τα στρώματα κατασκευών ανάλογα με τις ανάγκες τους (U.S. Department of Energy, 2015). Η συγκεκριμένη κύρια καρτέλα χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες. Η πρώτη είναι, τα “Materials” (Εικόνα 23) όπου σε αυτή ορίστηκαν οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

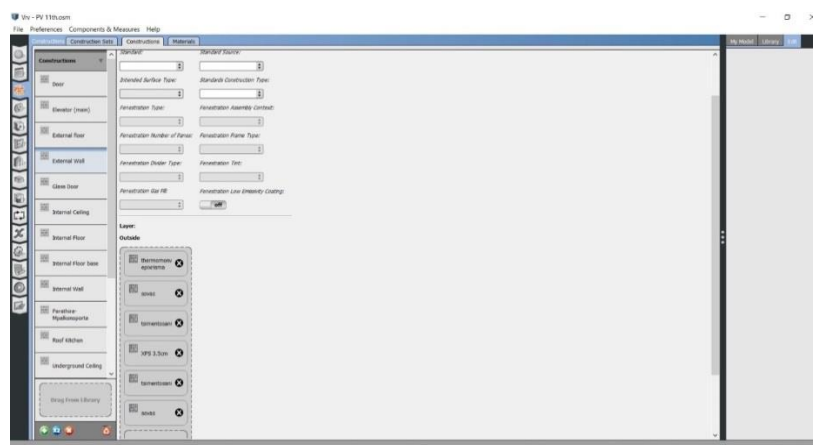


Εικόνα 23: Καρτέλα Constructions/κατηγορία Materials – Openstudio

Material	Thickness (m)	Conductivity(W/m*K)	Density(kg/m ³)	Specific Heat(J/kg*K)
αέρας	0.000001	0.025	1	1008
αμμοχάλικο	0.1	0.1	2200	1045
ασφαλτόπανο	0.05	0.23	1100	1000
ελαφρομπετόν	0.04	1.4	2000	1100
EPS 80 5cm	0.03	0.031	16	1450
Φύλλο	0.01	0.5	980	2000
πολυαιθιλενίου				
γαρμπιλομπετόν	0.04	0.81	1700	1000
γυψοσανίδες	0.03	0.25	900	1000
Οπλισμένο	0.1	2.5	2400	1000
σκυρόδεμα				
πετροβάμβακας	0.018	0.038	120	840
πλακάκι	0.0115	1.84	2000	840
polyester resin	0.0025	0.312	1200	1400
σοβάς	0.015	0.87	1800	1000
Θερμομονωτικό	0.0015	0.08	250	1100
επίχρισμα				
τούβλο	0.012	0.51	1500	1000
τσιμεντοκονίαμα	0.02	1.4	2000	1100
Τσιμεντόπλακες	0.015	0.58	1400	1000
τσιμεντοσανίδα	0.0125	0.3	1250	879
underlayment	0.0032	0.04	184.53	1030
Βυνιλικό	0.005	0.2	1000	1000
δάπεδο				
Ξύλο	0.1	0.17	800	1600
XPS 3.5cm	0.0175	0.035	35	1450.1

Πίνακας 18: Δομικά Υλικά και ιδιότητες

Η δεύτερη είναι τα “Constructions” (Εικόνα 24) όπου αφορά τον συνδυασμό των δομικών υλικών για την δημιουργία κατασκευαστικών τμημάτων του κτηρίου όπως, π.χ. οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, οι οροφές και τα πατώματα, τα παράθυρα αλλά και ο ανελκυστήρας. Οι συγκεκριμένες κατασκευές αναγράφονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 19.



Εικόνα 24: Καρτέλα Constructions/κατηγορία Constructions - Openstudio

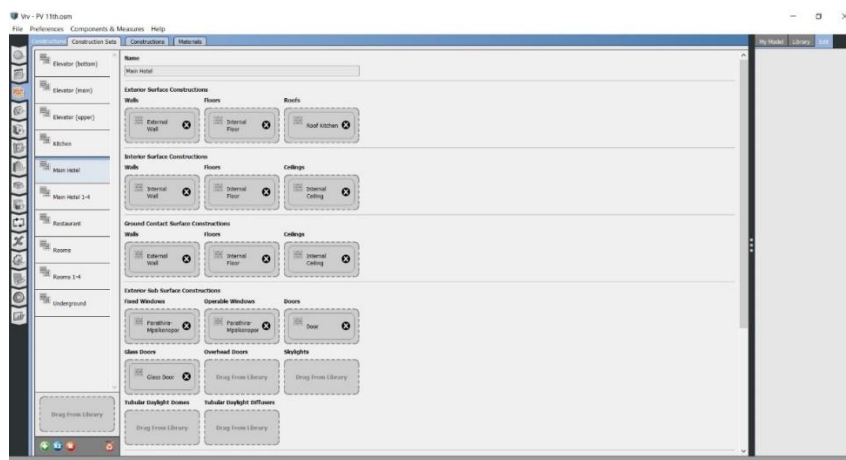
Εξωτερική δομή κατασκευών → Εσωτερική δομή κατασκευών

Πόρτα	Ξύλο					
Ανελκυστήρας (κενό μέρος)	Αέρας					
Εξωτερικό πάτωμα	Ξύλο	underlayment	ελαφρομπeton	τσιμεντοκόβη	ασφαλτόπανο	τσιμεντοκόβη
Εξωτερική τοιχοποιία	Θερμομονωτικό επίχρισμα	σοβάς	XPS 3.5cm	τσιμεντοσανίδα	σοβάς	
Υαλοπίνακες	Τζάμι 3mm	Αέρας	Τζάμι 3mm			
Εσωτερική οροφή	Βυνιλικό δάπεδο	underlayment	τσιμεντοκόβη	Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Εσωτερικό πάτωμα	Οπλισμένο σκυρόδεμα	τσιμεντοκόβη	underlayment	Βυνιλικό δάπεδο		
Εσωτερικό πάτωμα υπογείου	Οπλισμένο σκυρόδεμα	τσιμεντοκόβη	σοβάς	πλακάκι		
Εσωτερική τοιχοποιία	σοβάς	γυψοσανίδα	πετροβάμβακας	γυψοσανίδα	σοβάς	
Οροφή κουζίνας	σοβάς	Οπλισμένο σκυρόδεμα	τσιμεντοκόβη	ασφαλτόπανο	σοβάς	
Υπόγεια οροφή	τσιμεντοκόβη	Οπλισμένο σκυρόδεμα	τσιμεντοσανίδα	σοβάς		
Εξωτερικό υπόγειο πάτωμα	αμμοχάλικο	Φύλλο πολυαιθυλενίου	Οπλισμένο σκυρόδεμα	γαρμπιλοπέτον	τσιμεντοκόβη	σοβάς

Υπόγεια τοιχοποιία	Οπλισμένο σκυρόδεμα	ασφαλτόπα νο	σοβάς	EPS 80 5cm	σοβάς	
--------------------	---------------------	--------------	-------	------------	-------	--

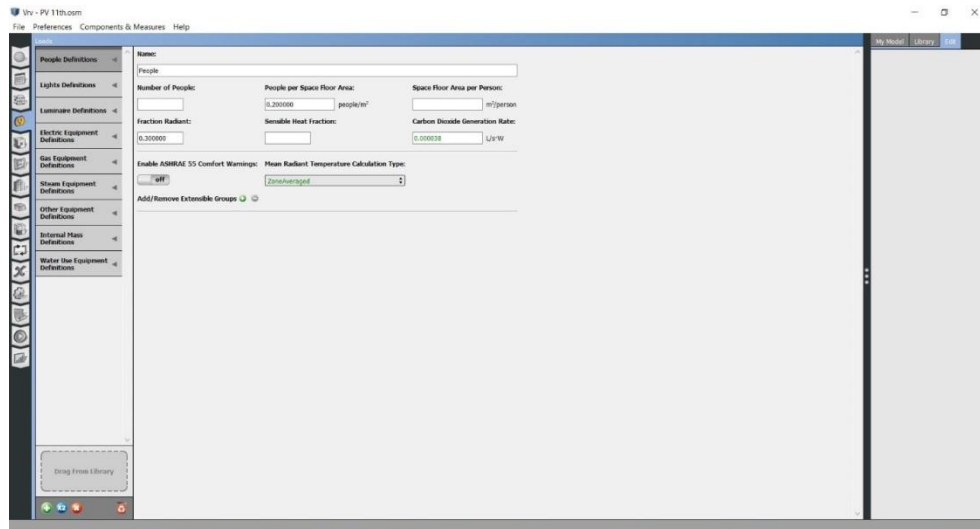
Πίνακας 19: Ανάλυση κατασκευών – Συνδυασμός δομικών υλικών

Τρίτη υποκατηγορία είναι τα “Constructions Sets” (Εικόνα 25) όπου εκεί γίνεται η αντιστοίχιση των κατασκευαστικών τμημάτων του κτηρίου στις αντίστοιχες θέσεις, για τη δημιουργία διαφόρων σειρών κατασκευών όπως π.χ. η κουζίνα, το εστιατόριο, τα δωμάτια, κύριο μέρος, υπόγειο και ανελκυστήρας.



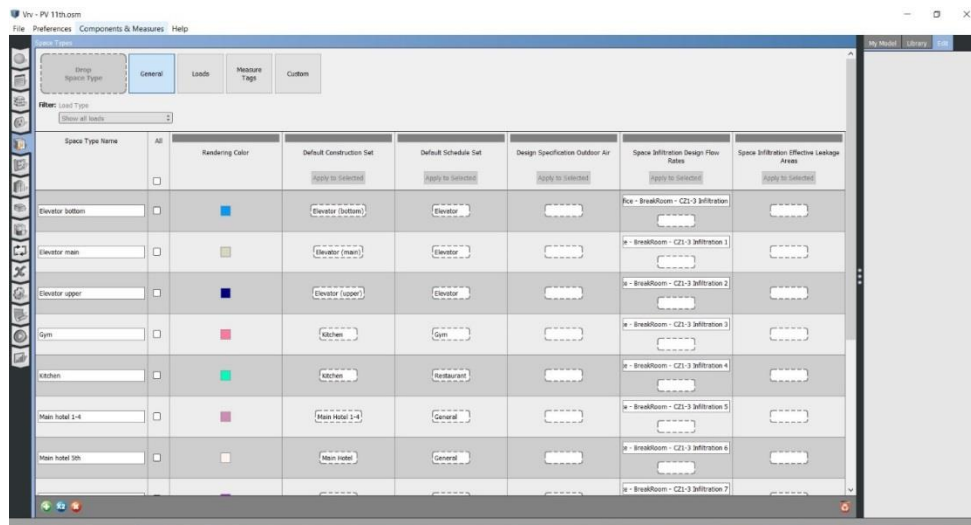
Εικόνα 25: Καρτέλα Constructions/κατηγορία Constructions Sets – Openstudio

Η καρτέλα “Loads” (Εικόνα 26) επιτρέπει τον ορισμό και την επεξεργασία των ενεργειακών φορτίων των αντικειμένων-ή/και ανθρώπων- που βρίσκονται εσωτερικά του κτηριακού μοντέλου όπως για παράδειγμα τον αριθμό των ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο, η ισχύς ανά τετραγωνικό μέτρο για φωτισμό αλλά και για τις ηλεκτρικές συσκευές. Στην συγκεκριμένη εργασία, ο αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο (people/ m²) ισούται με 0.20 people/m², η ισχύς για το φωτισμό ανά τετραγωνικό μέτρο (Watt/m²) ισούται με 6.00 Watt/m², η ισχύς για τις ηλεκτρικές συσκευές ανά τετραγωνικό μέτρο (Watt/m²) ισούται με 8.00 Watt/m² καθώς και η παροχή νερού ανά δευτερόλεπτο (m³/s) ισούται με 0.00040 m³/s. Επισημαίνεται ότι και τα δεδομένα στην συγκεκριμένη καρτέλα πληρούν τις προϋποθέσεις της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2012). (U.S. Department of Energy, 2015)



Εικόνα 26: Καρτέλα Loads - Openstudio

Η καρτέλα “Space Types” (Εικόνα 27) επιτρέπει τον ορισμό και τη προσαρμογή διαφορετικών χώρων μέσα σε ένα κτίριο. Παρέχει επίσης μια σειρά εργαλείων για τον ορισμό των χαρακτηριστικών ενός χώρου, όπως τα χρονοδιαγράμματα φωτισμού και τη διείσδυση του αέρα. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν την καρτέλα για να αντιστοιχίζουν τύπους χώρων σε μεμονωμένους χώρους εντός του κτιριακού μοντέλου και να τροποποιούν εύκολα τα χαρακτηριστικά χώρων σε πολλαπλούς χώρους (U.S. Department of Energy, 2015). Η κύρια αυτή καρτέλα αποτελείται από τέσσερις δευτερεύουσες καρτέλες, την “General”, την “Loads”, την “Measure Tags” και την “Custom”. Για τις ανάγκες του μοντέλου έγινε η χρήση μόνο των δύο πρώτων υπό-καρτελών.

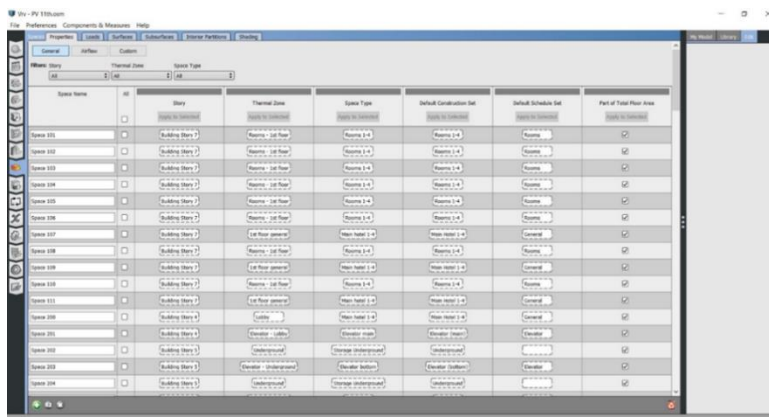


Εικόνα 27: Καρτέλα Space types/κατηγορία General – Openstudio

Η καρτέλα “Geometry” είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να τροποποιούν τη γεωμετρία του κτιρίου στα ενεργειακά τους μοντέλα. Αυτή η καρτέλα παρέχει μια σειρά εργαλείων για τη δημιουργία και την επεξεργασία στοιχείων κτιρίου, όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα, παράθυρα και πόρτες. Με την καρτέλα Γεωμετρία, οι χρήστες μπορούν να σχεδιάζουν τη γεωμετρία του κτιρίου χρησιμοποιώντας μια ποικιλία εργαλείων σχεδίασης, όπως γραμμές, ορθογώνια και κύκλους, και μπορούν να εισάγουν γεωμετρία από άλλα προγράμματα CAD (U.S. Department of Energy, 2015). Στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν έχει χρήση της συγκεκριμένης καρτέλας. Η δημιουργία και η τροποποίηση της γεωμετρίας του μοντέλου έλαβε χώρα μονάχα στο περιβάλλον του SketchUp.

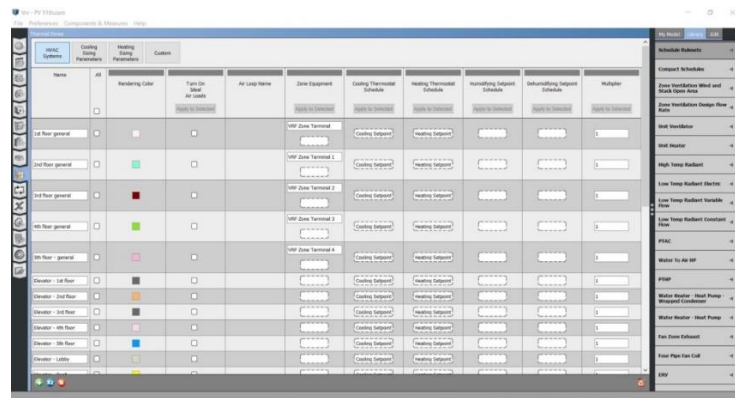
Η καρτέλα “Facility” είναι μια λειτουργία που βοηθά τους χρήστες να διαχειρίζονται και να αναλύουν τα έργα τους. Παρέχει ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για τον καθορισμό της θέσης του κτιρίου, της χρήσης καθώς και για τη μοντελοποίηση των συστημάτων και του εξοπλισμού του κτιρίου. Οι χρήστες μπορούν να ορίσουν την κατανάλωση και τη ζήτηση ενέργειας του κτιρίου, καθώς και να προσομοιώσουν διαφορετικά σενάρια HVAC και φωτισμού. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει μια σειρά από προκαθορισμένα πρότυπα για διαφορετικούς τύπους κτιρίων, όπως γραφεία, σχολεία και νοσοκομεία, τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις ανάγκες. Η πιο σημαντική λειτουργία αυτής της καρτέλας είναι η διαχείριση των σχέσεων μεταξύ των δομικών και κατασκευαστικών τμημάτων του κτηρίου μέσω των προαναφερθέντων σεναρίων ή “Building Stories” όπως τα συναντάμε στο Openstudio (U.S. Department of Energy, 2015). Στο παρών κτηριακό μοντέλο δεν έγινε χρήση διαφορετικών “Building stories”.

Η καρτέλα “Spaces” (**Error! Reference source not found.**) είναι μία κρίσιμη λειτουργία του λογισμικού και μέσω αυτής δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να ορίζουν φυσικούς χώρους μέσα σε ένα κτίριο. Τους επιτρέπει να εισάγουν λεπτομερείς πληροφορίες για κάθε χώρο, συμπεριλαμβανομένης της θέσης, των διαστάσεων και των χαρακτηριστικών του, όπως για παράδειγμα η πληρότητα και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου του κτιρίου και την ακριβή προσομοίωση της ενεργειακής χρήσης και της απόδοσής του (U.S. Department of Energy, 2015).



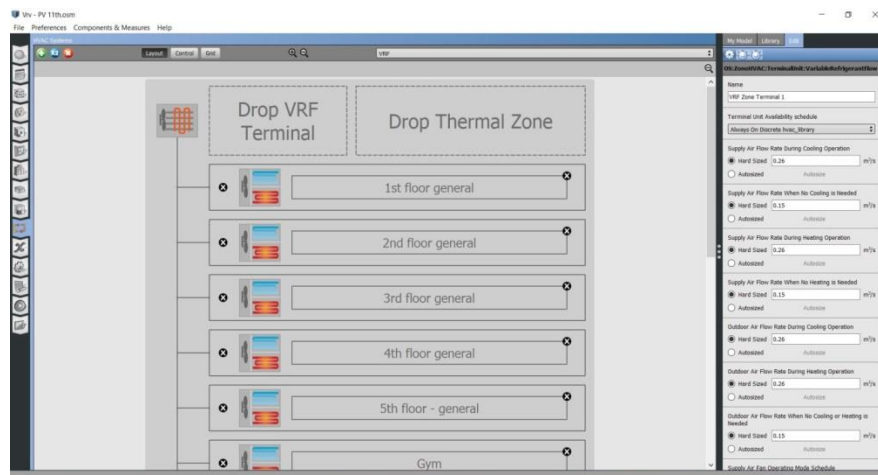
Εικόνα 28: Καρτέλα Spaces - κατηγορία Properties – Openstudio

Η καρτέλα Thermal Zones (Εικόνα 29) είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει στους χρήστες να ορίζουν και να μοντελοποιούν ομάδες χώρων με παρόμοιες απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης σε ένα κτίριο. Επιτρέπει στους χρήστες να λαμβάνουν υπόψη τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου στο σύνολό του, αντί να αντιμετωπίζουν κάθε χώρο ως μεμονωμένη οντότητα. Με την ομαδοποίηση των χώρων σε θερμικές ζώνες, οι χρήστες μπορούν να λάβουν υπόψη τους τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών, όπως η μεταφορά θερμότητας μεταξύ τους και η επίδραση του εξοπλισμού HVAC στους παρακείμενους χώρους. Αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας είναι ζωτικής σημασίας για την ακριβή μοντελοποίηση της ενεργειακής χρήσης και απόδοσης ενός κτιρίου. Η διεπαφή με το συγκεκριμένο περιβάλλον επιτρέπει στους χρήστες να εισάγουν λεπτομερείς πληροφορίες για κάθε θερμική ζώνη, όπως τον εξοπλισμό HVAC της εκάστοτε ζώνης, να εισάγουν ρυθμιστικά δεδομένα σχετικά με την ψύξη και θέρμανση του κτηρίου και να απεικονίζουν τις θερμικές ζώνες μέσα σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου. (U.S. Department of Energy, 2015)



Εικόνα 29: Καρτέλα Thermal Zones /κατηγορία HVAC Systems - Openstudio

Η καρτέλα HVAC (Εικόνα 30) του OpenStudio είναι μια λειτουργία που επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιούν τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) σε ένα κτίριο. Αυτή η καρτέλα παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να εισάγουν λεπτομερείς πληροφορίες για κάθε στοιχείο του συστήματος HVAC, όπως μονάδες χειρισμού αέρα, λέβητες (boilers), ψύκτες (chillers) και πύργους ψύξης (cooling towers).



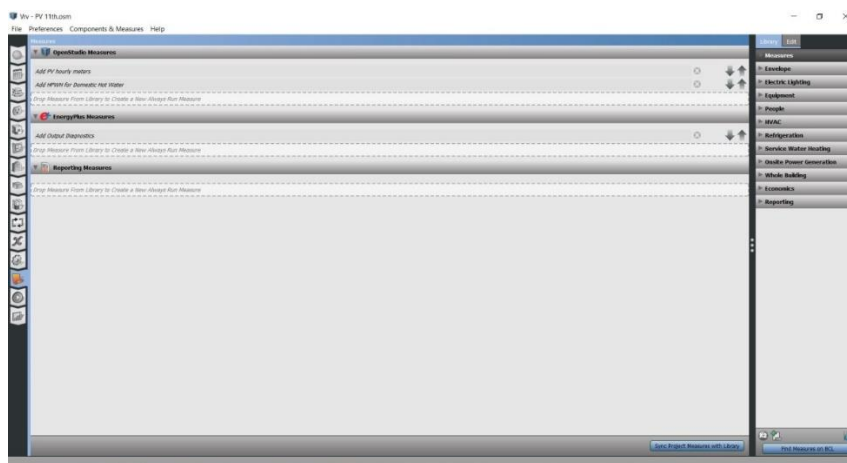
Εικόνα 30: Καρτέλα HVAC Systems/ κατηγορία VRF(VRV) – Openstudio

Η καρτέλα HVAC παρέχει στους χρήστες ένα ευρύ φάσμα εξαρτημάτων συστημάτων HVAC και στρατηγικών ελέγχου για να επιλέξουν, επιτρέποντάς τους να δημιουργήσουν λεπτομερή μοντέλα που αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τα πραγματικά συστήματα μέσα στο κτίριο. Οι χρήστες μπορούν να ορίσουν τα χαρακτηριστικά κάθε εξαρτήματος, όπως η χωρητικότητα, η απόδοση και οι ρυθμίσεις ελέγχου, για να προσομοιώσουν με ακρίβεια τη λειτουργία και την απόδοση του συστήματος. Επιπλέον, επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν πολλαπλά αλλά και διαφορετικά συστήματα HVAC και ζώνες μέσα σε ένα κτίριο, αναπτύσσοντας έτσι ακριβέστερες στρατηγικές ελέγχου για διαφορετικές περιοχές του κτιρίου (U.S. Department of Energy, 2015). Στο υφιστάμενο κτήριο χρησιμοποιείται ένα Packaged Terminal Air Conditioner (PTAC), και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο FTXM-V της Daikin (Daikin, Split Type Air Conditioners FTXM-V Series EDUS042101) όπου είναι ένα αυτόνομο σύστημα HVAC που εγκαθίσταται συνήθως σε ξενοδοχεία, διαμερίσματα και άλλα κτίρια πολλαπλών μονάδων.

Συνδυάζει τις λειτουργίες θέρμανσης και ψύξης σε μία μονάδα που εγκαθίσταται μέσω τοίχου ή παραθύρου. Η μονάδα περιλαμβάνει συνήθως έναν θερμοστάτη, έναν συμπιεστή, έναν συμπυκνωτή και έναν εξατμιστή. Η μονάδα PTAC αναρροφά τον εξωτερικό αέρα, τον ψύχει ή τον θερμαίνει και στη συνέχεια κυκλοφορεί τον κλιματιζόμενο αέρα πίσω στο δωμάτιο. Παρουσιάζονται στην ενότητα 3 – Αποτελέσματα, τα μηνιαία φορτία ψύξης, θέρμανσης αλλά και η θερμοκρασία ξηρού αέρα. Ωστόσο, τα συστήματα PTAC δεν είναι τόσο αποδοτικά όσο τα κεντρικά συστήματα HVAC, για αυτό το λόγο, στο δεύτερο και ενεργειακά πιο αποδοτικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε το σύστημα VRV-IV της Daikin (DAIKIN, Air Conditioning Technical Data VRV IV heat recovery REYQ-T) Είναι ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης κατά κύριο λόγο, όπου μέσω ανάκτηση θερμότητας (heat recovery), παρέχει μέγιστη απόδοση και καλύπτει όλες τις θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου μέσω ελέγχων της θερμοκρασίας, εξαερισμού, ζεστού νερού, μονάδων χειρισμού αέρα και αεροκουρτινών Biddle, με μεγάλη ακρίβεια. Προσφέρει επίσης ταυτόχρονη ψύξη και θέρμανση χρησιμοποιώντας συμπιεστές inverter για βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση. Το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα την εποχή ώστε να προσφέρει τη βέλτιστη απόδοση και άνεση καθώς διαθέτει συγκεκριμένο λογισμικό για γρήγορη και ακριβή εφαρμογή των αντίστοιχων κλιματικών αναγκών σε μια κλιματική ζώνη. Επιπλέον, είναι δυνατή η εγκατάσταση συγκεκριμένου λογισμικού, όπου μπορεί να παρακολουθείται για μέγιστη απόδοση και εκτεταμένη διάρκεια ζωής μέσω της υπηρεσίας ACNSS. Το συγκεκριμένο σύστημα προσφέρει επίσης τη δυνατότητα σύνδεσης και παραγωγής ζεστού νερού για να καλύψει τις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης του κτηρίου. Οι κλιματιζόμενοι χώροι είναι τα δωμάτια, το lobby, οι διάδρομοι από τον πρώτο μέχρι τον πέμπτο όροφο, το γυμναστήριο καθώς και ο εσωτερικός χώρος του εστιατορίου. Τα αποτελέσματα θέρμανσης, ψύξης αλλά και η θερμοκρασία ξηρού αέρα παρουσιάζονται αντίστοιχα στην επόμενη ενότητα.

Η καρτέλα Output Variables επιτρέπει στους χρήστες να καθορίσουν ποια δεδομένα θα ήθελαν να εξάγουν από την προσομοίωση, όπως θερμοκρασίες, ρυθμούς ροής αέρα και κατανάλωση ενέργειας. Μέσω αυτής της λειτουργίας εξάγονται συγκεκριμένες πληροφορίες από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που σχετίζονται με τους στόχους της ανάλυσης ή του σχεδιασμού. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της απόδοσης του κτιρίου, τον εντοπισμό περιοχών για βελτίωση και τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού για ενεργειακή απόδοση. Επιπλέον, η καρτέλα Output Variables επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν προσαρμοσμένες μεταβλητές συνδυάζοντας υπάρχουσες μεταβλητές ή χρησιμοποιώντας ενσωματωμένες συναρτήσεις. Αυτή η λειτουργία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για όσους χρειάζονται συγκεκριμένες πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες στο προεπιλεγμένο σύνολο μεταβλητών. (U.S. Department of Energy, 2015)

Η λειτουργία της καρτέλας Measures (Εικόνα 31) είναι να παρέχει στους χρήστες έναν ευέλικτο και αποτελεσματικό τρόπο αυτοματοποίησης και προσαρμογής των ροών εργασίας ενεργειακής μοντελοποίησης. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από μια βιβλιοθήκη προκαθορισμένων μέτρων ή να δημιουργήσουν τα δικά τους προσαρμοσμένα μέτρα χρησιμοποιώντας το OpenStudio SDK. Αυτά τα μέτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση εργασιών, όπως η ενημέρωση χρονοδιαγραμμάτων, η προσθήκη νέων κατασκευών ή υλικών ή η τροποποίηση συστημάτων HVAC. Ακόμα, επιτρέπει στους χρήστες να περιηγηθούν και να επιλέξουν μέτρα από τη βιβλιοθήκη και να τα εφαρμόσουν στο ενεργειακό μοντέλο. Οι χρήστες μπορούν επίσης να προσαρμόσουν τις παραμέτρους κάθε μέτρου ώστε να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες τους, όπως η τροποποίηση της απόδοσης του συστήματος HVAC. (U.S. Department of Energy, 2015)



Οι καρτέλες Run Simulation και Results Summary (

Εικόνα 32) αποτελούν βασικά στοιχεία της διαδικασίας ενεργειακής μοντελοποίησης. Η καρτέλα Run Simulation επιτρέπει στους χρήστες να διαμορφώνουν και να εκτελούν ενεργειακές προσομοιώσεις με βάση τα μοντέλα του κτιρίου τους, ενώ η καρτέλα Results Summary παρέχει στους χρήστες μια γραφική διεπαφή για την ανασκόπηση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών των προσομοιώσεων.

The screenshot shows the 'Results Summary' window in OpenStudio. It contains two main tables: 'Building Area' and 'End Uses'.

Building Area

	Area [m ²]
Total Building Area	1791.00
Net Conditioned Building Area	1014.07
Unconditioned Building Area	179.96

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Gasoline [GJ]	Diesel [GJ]	Cool [GJ]	Fuel Oil No. 1 [GJ]	Fuel Oil No. 2 [GJ]	Propane [GJ]	Other Fuel 1 [GJ]	Other Fuel 2 [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m ³]
Heating	121.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	121.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	189.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	181.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	23.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Household Appliances	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	196.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4811.71
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	842.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4811.71

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

Subcategory	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Gasoline [GJ]	Diesel [GJ]	Cool [GJ]	Fuel Oil No. 1 [GJ]	Fuel Oil No. 2 [GJ]	Propane [GJ]	Other Fuel 1 [GJ]	Other Fuel 2 [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m ³]

Εικόνα 32: Results Summary – Openstudio

Αυτές οι καρτέλες παρέχουν στους χρήστες τα δεδομένα που χρειάζονται για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με το σχεδιασμό και τη λειτουργία του κτιρίου και για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. (U.S. Department of Energy, 2015).

Από την εταιρία Mp energy έγινε η χρήση 115 Φ/Β πλαισίων απόδοσης 20%, μαζί με τα συνοδευόμενα ηλεκτρολογικά συστήματα που χρειάζονται για την εγκατάσταση (μπαταρίες, αντιστροφείς μπαταριών και Φ/Β, βάσεις στήριξης, κλπ) (MP ENERGY, <https://www.mp-energy.gr/offer/65>, [04/05/23]). Τα υπόλοιπα Φ/Β συστήματα σχετίζονται με την εταιρία Onyx Solar. Η Onyx Solar είναι μια ιδιαίτερη εταιρεία που παράγει φωτοβολταϊκά (Φ/Β) φιλμ με διαφορετικές λειτουργίες και δυνατότητες. Τα φωτοβολταϊκά φιλμ είναι λεπτά φιλμ ημιαγωγίμων υλικών που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Τα φωτοβολταϊκά φιλμ της Onyx Solar κατασκευάζονται από διαφορετικά υλικά και τεχνολογίες, όπως άμορφο πυρίτιο, τελλουριούχο κάδμιο και σεληνιούχο γάλλιο-ίνδιο χαλκού. Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτηριακού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα συστήματα “Photovoltaic Curtain Wall”(ONYX SOLAR, Curtain Wall with Photovoltaic Glass,<https://onyxsolar.com/product-services/photovoltaic-glass-solutions/pv-curtain-wall>)και “Photovoltaic floor” (ONYX SOLAR, Raised Access Floor - Photovoltaic Floor,<https://onyxsolar.com/product-services/photovoltaic-glass-solutions/pv-floor>). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκές μονάδες που εγκαθίστανται στο κέλυφος του κτιρίου αλλά και την οροφή αντικαθιστώντας τους συμβατικούς εξωτερικούς τοίχους και τα συμβατικά εξωτερικά δάπεδα. Κατασκευάζονται από γυαλί σε συνδυασμό με Φ/Β στοιχεία σε στερεή μορφή που ενσωματώνεται στο γυαλί ή σε συνδυασμό με ένα λεπτό στρώμα φωτοβολταϊκού φιλμ που λειτουργεί σαν επίστρωση πάνω στο γυαλί. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση του φυσικού φωτός, ενώ παράλληλα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από το ηλιακό φως. Υπάρχει η επιλογή μεταξύ άμορφου Φ/Β πλαισίου καθώς και πολυκρυσταλλικού και μονοκρυσταλλικού. Η σημαντική διαφορά είναι ότι στα κρυσταλλικά πλαίσια, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου είναι στερεά και αδιαφανή και διατίθενται σε τυποποιημένα μεγέθη 12 ή 15 cm, τα οποία δεν μπορούν να τροποποιηθούν. Ωστόσο, είναι δυνατή η προσαρμογή της απόστασης αυτών των στοιχείων για την επίτευξη διαφάνειας στις κρυσταλλικές μονάδες. Αντιθέτως η τεχνολογία των άμορφων πλαισίων παρέχει ομοιομορφία καθ’ όλη την επιφάνεια του γυαλιού διότι τα Φ/Β στοιχεία έχουν προσαρμοστεί, επικαλύπτοντας τη γυάλινη επιφάνεια, μέσω ενός Φ/Β φιλμ. Οι μονάδες συνδέονται σε σειρά για να σχηματίσουν μια συστοιχία που μπορεί να συνδεθεί με το ηλεκτρικό σύστημα του κτιρίου. Το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα μεγέθη, σχήματα καθώς επίσης μπορεί να

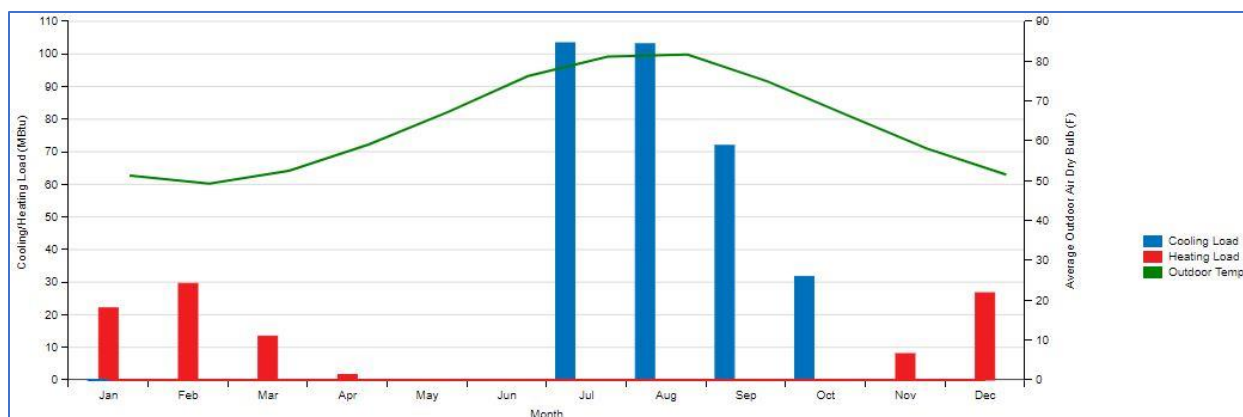
προσφέρει και τη δυνατότητα επιλογής του ποσοστού διαφάνειας μεταξύ του 0% (αδιαφανές σύστημα) και του 45% (ημιδιαφανή σύστημα) για να καλύψει τις ειδικές ανάγκες του κτιρίου (ONYX SOLAR, 2011). Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε για 472 m² υαλοπινάκων τις ανατολικής και νοτιοανατολικής πλευράς του ξενοδοχείου, άμορφο Φ/Β πλαίσιο με διαφάνεια 20% και με απόδοση 4-5%, για το πάτωμα της οροφής, με εμβαδόν 245 m², επιλέχθηκε μονοκρυσταλλικό αδιαφανή πλαίσιο με απόδοση 18% και ομοίως για τα υπόλοιπα σημεία στα ανατολικά και νοτιοανατολικά του κτηριακού κελύφους, επιλέχθηκαν μονοκρυσταλλικά πλαίσια με συνολικό εμβαδόν 423 m² απόδοσης 16% (ONYX SOLAR, 2022).

3. Αποτελέσματα

Στην ενότητα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το Openstudio. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το σύστημα ψύξης – θέρμανσης PTAC. Η εγκατάσταση του συστήματος αυτού είναι σχετικά εύκολη, όπως και το να συντηρηθούν και να επισκευαστούν. Έτσι, αποτελούν μια σχετικά οικονομική και αποδοτική λύση για τον έλεγχο του κλίματος σε κτίρια με πολλές μονάδες. . Στον Πίνακα 20 παρουσιάζονται τα μηνιαία φορτία ψύξης, θέρμανσης αλλά και η θερμοκρασία ξηρού αέρα. Επίσης στον Πίνακα 21 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα φορτία με τη μορφή γραφήματος αναφορικά με το πρώτο κτηριακό μοντέλο.

Month	Average Outdoor Air Dry Bulb (C)	Cooling Load (kWh)	Heating Load (kWh)
Jan.	10.72	0	6.47
Feb.	9.56	0	8.68
Mar.	11.39	0	3.94
Apr.	15.06	0	0.48
May.	19.61	0	0.04
Jun.	24.61	0	0
Jul.	27.28	30.30	0
Aug.	27.61	30.22	0
Sep.	23.89	21.08	0
Oct.	19.17	9.30	0.01
Nov.	14.50	0	2.36
Dec.	10.89	0	7.83

Πίνακας 20: Μέσος όρος τιμών μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και ψύξης – Θερμοκρασία ξηρού αέρα – 1^ο μοντέλο

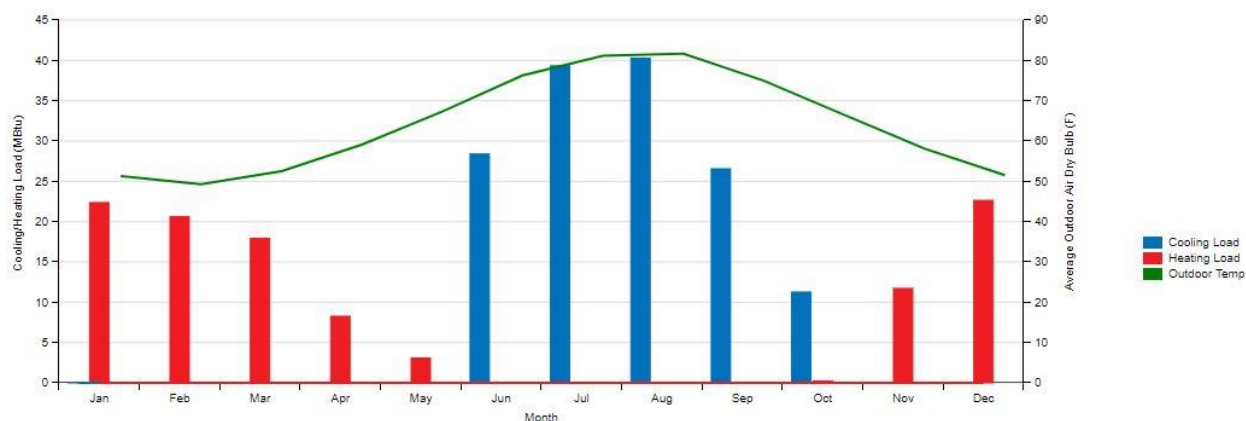


Πίνακας 21: Διάγραμμα φορτίων ψύξης και θέρμανσης (MBtu) – 1^ο κτηριακό μοντέλο

Αντίστοιχα με τους παραπάνω πίνακες, παρουσιάζονται και ο Πίνακας 22 καθώς και ο Πίνακας 23 όπου αφορούν τα αποτελέσματα των μηνιαίων φορτίων ψύξης, θέρμανσης αλλά και τη θερμοκρασία ξηρού αέρα το διάγραμμα των ετήσιων αναγκών ψύξης – θέρμανσης του κτηρίου.

Month	Average Outdoor Air Dry Bulb (C)	Cooling Load (kWh)	Heating Load (kWh)
Jan.	10.72	0	6.55
Feb.	9.56	0	6.04
Mar.	11.39	0	5.25
Apr.	15.06	0	2.42
May.	19.61	0	0.90
Jun.	24.61	8.32	0
Jul.	27.28	11.53	0
Aug.	27.61	11.80	0
Sep.	23.89	7.78	0
Oct.	19.17	3.30	0.06
Nov.	14.50	0	3.43
Dec.	10.89	0	6.63

Πίνακας 22: Μέσος όρος τιμών μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και ψύξης – Θερμοκρασία ξηρού αέρα – 2ο μοντέλο



Πίνακας 23: Διάγραμμα φορτίων ψύξης και θέρμανσης (MBtu) – 2° κτηριακό μοντέλο

Παρατηρείται ότι οι ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του δευτέρου μοντέλου, είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές του πρώτου. Όμως, στην Ελλάδα οι ανάγκες για ψύξη είναι πολύ μεγαλύτερες. Το σύστημα θέρμανσης – ψύξης του δευτέρου κτηριακού μοντέλου (VRV) είναι πολύ πιο αποδοτικό όσον αφορά τη ψύξη ενός κτηρίου. Κατά συνέπεια και οι συνολικές ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη ανά έτος είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με το πρώτο μοντέλο. Επίσης σημαντικό ρόλο στην μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου παίζουν και τα υπόλοιπα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν όπως τα Φ/Β φιλμ για το κέλυφος του κτηρίου αλλά και το πάτωμα του εξωτερικού χώρου του εστιατορείου, καθώς επίσης και Φ/Β πλαίσια στην οροφή του. Οι ενεργειακές καταναλώσεις του δευτέρου κτηριακού μοντέλου τελικά, βάσει των αποτελεσμάτων από το Openstudio, είναι σαφώς μικρότερες.

Επιπλέον παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες τα αποτελέσματα των ενεργειακών καταναλώσεων μέσω του Openstudio, για τα δύο κτηριακά μοντέλα. Ο Πίνακας 24 και ο Πίνακας 25 αναφέρεται στις τιμές των ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση (heating), για ψύξη (cooling), για φωτισμό (Lights), για ηλεκτρικές συσκευές (Electrical Appliances), για την κατανομή του αέρα με μηχανικά μέσα (Fans), για Αντλίες (Pumps), για τα συστήματα νερού χρήσης (Water system) καθώς και το σύνολο των καταναλώσεων (Total) σε kWh και kWh/m², του πρώτου και του δευτέρου κτηριακού μοντέλου αντίστοιχα. Στο Πίνακας 26 παρουσιάζονται τα τελικά ποσά και ποσοστά παραγωγής ενέργειας μέσω των Φ/Β συστημάτων του ξενοδοχείου.

1° κτηριακό μοντέλο – σύστημα PTAC

	kWh	kWh/m ²
Heating	29813.91	8.25
Cooling	90902.85	25.15
Lights	53508.38	14.11
Electrical Apl.	51650.04	13.62
Fans	50600.04	14.00
Pumps	444.45	0.12
Water system	447350.36	118.00
Total	724270.02	193.27

Πίνακας 24.: Ενεργειακά Αποτελέσματα ανά χρήση στο πρώτο κτηριακό μοντέλο

2^ο κτηριακό μοντέλο – σύστημα VRV & PV

	kWh	kWh/m ²
Heating	31302.80	8.66
Cooling	42755.59	11.83
Lights	47047.26	12.41
Electrical Apl.	51650.04	13.62
Fans	6611.12	1.83
Pumps	272.22	0.07
Water system	54516.71	14.38
Total	234155.74	62.81

Πίνακας 25: Ενεργειακά Αποτελέσματα ανά χρήση στο δεύτερο κτηριακό μοντέλο

2^ο κτηριακό μοντέλο – Παραγωγή Ενέργειας μέσω Φ/Β

PV power (kWh)	214594.62
PV power loss bcs of conversion (kWh)	210302.67
PV energy kWh/m ²	56.61
PV power %	91.65
PV power after conversion %	89.81

Πίνακας 26: Τιμές και ποσοστά παραγωγής ενέργειας μέσω Φ/Β συστημάτων

Τέλος και εφόσον έχουν ληφθεί τα αποτελέσματα των ενεργειακών καταναλώσεων και από τα δύο μοντέλα, σειρά έχει η κοστολόγηση. Μέσω της κοστολόγησης μας δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουμε το κόστος της επένδυσης αλλά και η δυνατότητα να διαχειριστούμε σωστά το όποιο ρίσκο υπάρχει.

4. Κοστολόγηση

Η ενότητα της κοστολόγησης αφορά το οικονομικό κομμάτι της μετατροπής του ξενοδοχείου σε ξενοδοχείο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, αναλύοντας τους διάφορους παράγοντες που απαρτίζουν τη συγκεκριμένη επένδυση όπως τα κόστη εγκατάστασης των διαφόρων συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και χρημάτων καθώς και το χρόνο που χρειάζεται για να γίνει η απόσβεση του επενδυτικού κεφαλαίου που χρησιμοποιήθηκε. Για τον υπολογισμό των παραπάνω λήφθηκαν υπόψιν οι εξής παράγοντες:

- Η συνολική παραγωγή KWh ανά έτος
- Η συνολικές καταναλώσεις KWh ανά έτος
- Οι διαφορές καταναλώσεων μεταξύ πρώτου και δεύτερου μοντέλου
- Τα κόστη εγκατάστασης, συντήρησης και αγοράς των διαφόρων συστημάτων
- Η τιμή πώλησης KWh
- Η χρηματιστηριακή τιμή αγοράς KW
- Η αύξηση της τιμής πώλησης του κτηρίου
- Η αύξηση της τιμής πώλησης των υπηρεσιών
- Η μείωση της απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά χρόνο
- Η σχετική νομοθεσία

Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν δύο οικονομικά σενάρια όπου το πρώτο βασίζεται στην υφιστάμενη νομοθεσία και το επιτρεπόμενο όριο χρήσης KW ενώ το δεύτερο σε μία εναλλακτική νομοθεσία, όπου θα επέτρεπε εξ ολοκλήρου τη χρήση της παραγόμενης ενέργειας μέσω Α.Π.Ε.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 27) παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του πρώτου και του δεύτερου κτηριακού μοντέλου, σε GJ αλλά και σε kWh αντίστοιχα. Οι τιμές των ενεργειακών καταναλώσεων και των δύο μοντέλων προέρχονται από τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω του Openstudio. Για τη μετατροπή των τιμών από GJ σε kWh έγινε ο πολλαπλασιασμός αυτών με το 277.778 όπου αυτό σημαίνει ότι **1 GJ = 277.778 kWh**.

	1^ο κτηριακό μοντέλο - PTAC		2^ο κτηριακό μοντέλο – VRV & PV	
	GJ	kWh	GJ	kWh
<i>Heating</i>	107.33	29813.91	112.69	31302.80
<i>Cooling</i>	327.25	90902.85	153.92	42755.59
<i>Lights</i>	192.63	53508.38	169.37	47047.26
<i>Electrical Apl.</i>	185.94	51650.04	185.94	51650.04
<i>Fans</i>	182.16	50600.04	23.80	6611.12
<i>Pumps</i>	1.60	444.44	0.98	272.22
<i>Water system</i>	1610.46	447350.36	196.26	54516.71
<i>Total</i>	2607.37	724270.02	842.96	234155.74

Πίνακας 27: Ενεργειακές καταναλώσεις σε GJ και kWh των δύο μοντέλων

4.1. Κόστος εγκατεστημένων συστημάτων

Οι τεχνολογίες και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

Φ/Β πλαίσια δώματος και τα επιπλέον τεχνολογικά εξαρτήματα:

- 115 Φ/Β πλαίσια 445 Wp (2m x 1m)
- 5 Αντιστροφείς
- Σωληνώσεις και ηλεκτρολογικό υλικό

Συνολικό Κόστος (αγορά, εγκατάσταση, επίβλεψη) (MP ENERGY, n.d.): **51460 €**

Σύστημα θέρμανσης – ψύξης VRV:

- REYQ12T x3
- REYQ14T x1
- REYQ18T x3
- BS1Q10A x97
- FXDQ15A x10
- FXDQ25A x76
- FXDQ32A x10
- FXDQ40A x11
- HXHD125A8 x2
- KHRQ22M20T x10
- KHRQ23M20T x5

- KHRQ23M29H x11
- KHRQ23M29T9 x2
- KHRQ23M64T x14
- BRC1D52 x107

Συνολικό κόστος (αγορά, εγκατάσταση)(VRV Residence - Εξοπλισμός, 2021): **107000 €**

Συστήματα Φ/Β της Onyx Solar:

- Άμορφο Φ/Β πλαίσιο διαφάνειας 20% : $472 \text{ m}^2 \times 490 \text{ €/m}^2$
- Μονοκρυσταλλικό αδιάφανο πλαίσιο κτηριακού κελύφους: $423 \text{ m}^2 \times 1330 \text{ €/m}^2$
- Μονοκρυσταλλικό αδιάφανο πλαίσιο πατώματος αίθριου χώρου: $245 \text{ m}^2 \times 1850 \text{ €/m}^2$

Κόστος αγοράς(ONYX SOLAR, 2022) : $(472 \text{ m}^2 \times 490 \text{ €/m}^2) + (423 \text{ m}^2 \times 1330 \text{ €/m}^2) + (245 \text{ m}^2 \times 1850 \text{ €/m}^2) = \mathbf{1247120 \text{ €}}$

Κόστος εργατοωρών: Λαμβάνεται ως δεδομένο ότι η μέγιστη τιμή μισθού ανά ώρα ενός ηλεκτρολόγου κτηρίου, όπου είναι 5.14 €/hour (Mywage.gr, 2023). Επίσης θεωρήθηκε ότι θα χρειαστούν 30 εργάτες, για διάστημα ενός μήνα για την ολοκλήρωση της κατασκευής. Συνεπώς, το συνολικό κόστος εργατοωρών θα είναι:

$30 \text{ εργάτες} \times 5.14 \text{ €/hour} \times 8 \text{ ώρες} \times 5 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 4 \text{ εβδομάδες} = \mathbf{24672 \text{ €}}$

Συνολικό κόστος εγκατεστημένων συστημάτων: $51460 \text{ €} + 107000 \text{ €} + 1247120 \text{ €} + 24672 \text{ €} = \mathbf{1430252 \text{ €}}$

4.2. Υπολογισμός χρεώσεων για χρήση νερού άρδευσης και ύδρευσης , βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.

Για τον υπολογισμό των χρεώσεων για άρδευση και ύδρευση πρέπει να γνωρίζουμε συγκεκριμένα δεδομένα που καθορίζουν τον τρόπο τιμολόγησης σύμφωνα πάντα με την ΕΥΔΑΠ (Εταιρεία Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως Πρωτευούσης). Αρχικά πρέπει να γνωρίζουμε τα κυβικά μέτρα νερού που καταναλώθηκαν σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Μέσω του Openstudio και των αποτελεσμάτων, βλέπουμε, όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 28, ότι οι ανάγκες νερού για ένα χρόνο αντιστοιχούν σε **6811.78 m³/year**. Αρχικά και σύμφωνα με τα δεδομένα της εταιρίας που διαχειρίζεται το ξενοδοχείο, υπάρχουν **8 παροχές** που τροφοδοτούν με νερό το κτήριο. Της το κτήριο ανήκει στην κατηγορία τιμολόγησης 1 (**Γενικό Τιμολόγιο B1**) βάσει των δεδομένων της ΕΥΔΑΠ (*ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΕΥΔΑΠ Α.Ε.*, 2013) καθώς της και η διάμετρος του σωλήνα που υδροδοτεί το ακίνητο είναι **5/8 ίντσες = $(5/8) \times 2.54 = 1.59 \text{ cm}$** . Ακόμα, σύμφωνα με την ΕΥΔΑΠ, οι χρεώσεις και καταμετρήσεις αφορούν συνήθως διάστημα τριών μηνών και όχι έναν ολόκληρο χρόνο. Αυτό επηρεάζει αρκετά την τιμολόγηση. Συνεπώς, για την μείωση του σφάλματος σχετικά με τον υπολογισμό του κόστους του νερού για άρδευση και ύδρευση υπήρξε ως παραδοχή το ότι η **τριμηνιαία κατανάλωση νερού** είναι ίση με $6811.78 / 4 = \mathbf{1702.94 \text{ m}^3/3\text{months}}$ όπου είναι ο μέσος όρος κατανάλωσης νερού ανά τρίμηνο. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός χρέωσης της κατανάλωσης νερού για ένα έτος :

- Έστω διάστημα τριών μηνών από 01/01/2023 έως 01/04/2023
- Συνολική τριμηνιαία κατανάλωση από 8 παροχές: **1702.94 m³**
- Τριμηνιαία κατανάλωση / παροχή: $1702.94 \text{ m}^3/8 = \mathbf{212.87 \text{ m}^3}$

	Electricity (kWh)	Natural Gas (kWh)	Gasolin e (kWh)	Diese l (kWh)	Coal (kWh)	Fuel Oil No 1 (kWh)	Fuel Oil No 2 (kWh)	Propan e (kWh)	Othe r Fuel 1 (kWh)	Othe r Fuel 2 (kWh)	Distri ct Cooli ng (kWh)	Distric t Heatin g (kWh)	Wat er [m3]
Heating	31302.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cooling	42755.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interior Lighting	47047.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exterior Lighting	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interior Equipment	51650.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exterior Equipment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fans	6611.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pumps	272.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heat Rejection	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Humidification	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heat Recovery	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water Systems	54516.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6811.78
Refrigeration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Generators	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total End Uses	234155.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6811.78

Πίνακας 28: Τελικές καταναλώσεις ενέργειας ανά διεργασία

Για μία παροχή, όγκου **212.87 m³** ο αντίστοιχος λογαριασμός θα ήταν:

Περιγραφή Προϊόντος	Κλίμακα Νερού	Μονάδες m ³	Τιμή Μονάδας €	Καθαρή Αξία €	Ποσοστό Επιβαρύνσεων	ΦΠΑ-Χαρτόσημο €	Σύνολο €
Νερό	1	15,20	0,35	5,32	0,13	0,69	6,01
Νερό	2	45,50	0,64	29,12	0,13	3,79	32,91
Νερό	3	21,20	1,83	38,80	0,13	5,04	43,84
Νερό	4	24,30	2,56	62,21	0,13	8,09	70,30
Νερό	5	106,80	3,20	341,76	0,13	44,43	386,19
Αποχέτευση		477,21	0,75	357,91	0,24	85,90	443,81
Πάγιο		3,03	1,00	3,03	0,24	0,73	3,76
							986,82

Πίνακας 29: Ανάλυση τιμών λογαριασμού νερού μιας παροχής

Για την κλίμακα νερού 1:

Μονάδες (m³) * Τιμή μονάδας (€) = Καθαρή Αξία (€)

Καθαρή Αξία (€) * Ποσοστό Επιβαρύνσεων = ΦΠΑ (€)

Καθαρή Αξία (€) + ΦΠΑ (€) = Σύνολο 1 (€)

$$15.2 * 0.35 = 5.32 \text{ (€)}$$

$$5.32 * 0.13 = 0.69 \text{ (€)}$$

$$5.32 + 0.69 = 6.01 \text{ (€)}$$

Ομοίως γίνονται και οι υπόλοιποι υπολογισμοί για τις επόμενες 4 κατηγορίες νερού. Έπειτα προθέτονται τα σύνολα κάθε κατηγορίας ώστε να βρεθεί το τελικό ποσό του λογαριασμού.

Σύνολο 1 + Σύνολο 2 + Σύνολο 3 + Σύνολο 4 + Σύνολο 5 = Τελικό Ποσό

Το τελικό ποσό στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 986.82 (€). Αυτό το ποσό όπως προαναφέρθηκε αντιστοιχεί στη μία παροχή για διάστημα 3 μηνών. Άρα το σύνολο των 8 παροχών για διάστημα τριών μηνών θα είναι :

$$986.82 * 8 = 7894.56 \text{ (€)}$$

Τέλος το τελικό ποσό όλων για τις καταναλώσεις ενός χρόνου θα είναι:

$$7894.56 \text{ (€)} * 4 = 31578.24 \text{ (€)}$$

Άρα το ετήσιο κόστος για ύδρευση και άρδευση αντιστοιχεί σε: **31578.24 (€)**

4.3. Υπολογισμός χρεώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του πρώτου μοντέλου, βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.

Για τον υπολογισμό του οικονομικού αντίτιμου των ενεργειακών καταναλώσεων του πρώτου μοντέλου, όπως και των υπολοίπων φυσικά, πρέπει να γίνουν, αρχικά, κατανοητές οι επιμέρους χρεώσεις σε ένα λογαριασμό ρεύματος. Ένας λογαριασμός ρεύματος περιλαμβάνει τριών ειδών χρεώσεις (ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ, <https://www.dei.gr/el/gia-to-spiti/ypostiriksi-epikoinonia/logariasmoi-xreoseis-revma/>,[04/05/2023]):

- Οι χρεώσεις προμήθειας
- Οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις
- Οι χρεώσεις υπέρ τρίτων

Οι **χρεώσεις προμήθειας** αφορούν το κόστος και τις δαπάνες που χαρακτηρίζουν μια εγκατάσταση παροχής ρεύματος στους πελάτες από μια εταιρία ηλεκτροδότησης. Οι χρεώσεις υπολογίζονται σύμφωνα με τον εκάστοτε τιμοκατάλογο.

Οι **ρυθμιζόμενες χρεώσεις** είναι αυτές που έχουν εγκριθεί από την Πολιτεία και ισχύουν για όλους τους πελάτες του ΕΘΝΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, δηλαδή για τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ρεύματος, τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας και το ειδικό τέλος Μείωσης Εκπομπών Ρύπων. Αυτές οι χρεώσεις είναι ίδιες για όλους τους πελάτες ανεξαρτήτως του προμηθευτή που έχουν επιλέξει και περιλαμβάνουν τις χρεώσεις του Συστήματος Μεταφοράς (ΑΔΜΗΕ), του Δικτύου Διανομής (ΔΕΔΔΗΕ), των Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ), του Ειδικού Τέλους Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ) και άλλες λοιπές χρεώσεις.

Οι **χρεώσεις υπέρ τρίτων** αφορούν τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης, το Ειδικό Τέλος 5%, τα Δημοτικά Τέλη (ΔΤ), τους Δημοτικούς Φόρους (ΔΦ), το Τέλος Ακίνητης Περιουσίας (ΤΑΠ) και την ΕΡΤ.

Στη συνέχεια και για τον υπολογισμό του κόστους της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου αναφοράς χρησιμοποιήθηκε σαν παράδειγμα ένας λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας του ξενοδοχείου που αφορά την περίοδο 05/05/2022 – 02/06/2022, κάνοντας όμως κάποιες παραδοχές. Αρχικά, το κόστος υπολογίστηκε βάσει της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας και όχι ανά τετράμηνο όπως συμβαίνει συνήθως. Επίσης ως συμφωνημένη ισχύς θεωρήθηκαν τα 135 kVA, παρόλο που στην πραγματικότητα αυτό μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια ενός έτους, με διακυμάνσεις μεταξύ των 25 kVA/ 35 kVA/ 55 kVA/ 135kVA. Ακόμα θεωρήθηκε ότι όλες οι καταναλώσεις αντιστοιχούν σε ημερήσιες χρεώσεις καθώς και ότι οι τιμές των ρυθμιζόμενων χρεώσεων δεν έχουν αλλάξει από τον Μάιο του 2022. Τέλος, σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και το ημερήσιο τιμολόγιο επαγγελματιών για το μήνα Μάιο 2023 (ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2023a), η τιμή της kWh θεωρήθηκε 0.19 €/ kWh όπου είναι ο μέσος όρος των τιμών του συγκεκριμένου μήνα.

Παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για το τελικό ποσό χρέωσης της ενέργειας που καταναλώθηκε σε ένα χρόνο:

Χρέωση Προμήθειας

Κατανάλωση Περιόδου (kWh): 724270.02 kWh

Χρέωση Ενέργειας Ημέρας: $724270.02 \text{ kWh} * 0.19 \text{ €/kWh} = 137611.30 \text{ €}$

Σύνολο 1: **137611.30 € (1)**

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις

Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε - Ισχύς: $135.00 * 0.51 \text{ €/kWh} * 365/365 = 68.85 \text{ €}$

Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε–Ενέργεια: $724270.02 \text{ kWh} * 0.0052 \text{ €/kWh} = 3766.20 \text{ €}$

Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε – Ισχύς: $135.00 * 2.72 \text{ €/kWh} * 365/365 = 367.2 \text{ €}$

Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε – Ενέργεια: $724270.02 \text{ kWh} * 0.019 \text{ €/kWh} = 13761.13 \text{ €}$

Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας: $724270.02 \text{ kWh} * 0.01824 \text{ €/kWh} = 13210.68 \text{ €}$

Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων: $724270.02 \text{ kWh} * 0.0170 \text{ €/kWh} = 12312.59 \text{ €}$

(2)

Λοιπές Χρεώσεις: $724270.02 \text{ kWh} * 0.000070 \text{ €/kWh} = 50.70 \text{ €}$

Σύνολο 2: **43537.36 € (3)**

Χρεώσεις Υπέρ Τρίτων

Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης: $724270.02 \text{ kWh} * 0.005 \text{ €/kWh} = 3621.35 \text{ € (4)}$

Ειδικό Τέλος 5%: $[(1) + (3) - (2) + (4)] * 0.005 = [137611.30 \text{ €} + 43537.36 \text{ €} - 12312.59 \text{ €} + 3621.35 \text{ €}] * 0.005 = 862.29 \text{ €}$

Δημοτικά Τέλη: $380 \text{ τ.μ.} * 6.18 \text{ €/τ.μ.} * 365/365 = 2348.40 \text{ €}$

Δημοτικός Φόρος: $380 \text{ τ.μ.} * 0.33 \text{ €/τ.μ.} * 365/365 = 125.40 \text{ €}$

Τέλος Ακίνητης Περιουσίας (ΤΑΠ): $600 \text{ τ.μ.} * 1850 \text{ Τμ. Ζν.} * 0.8 \text{ Παλαιότ.} * 0.00035 \text{ Συντ. ΤΑΠ} * 365/365 \text{ Συντ. ημερών} = 310.80 \text{ €}$

ΕΡΤ: $36 \text{ €/έτος} * 365/365 \text{ Συντ. ημερών} = 36 \text{ €}$

Σύνολο 3: **7304.24 €**

Τελικό Ποσό ετήσιου λογαριασμός ρεύματος 1^{ου} μοντέλου: Σύνολο 1 + Σύνολο 2 + Σύνολο 3 =

$= 137611.30 \text{ €} + 43537.36 \text{ €} + 7304.24 \text{ €} = 188452.90 \text{ €}$

4.4. Υπολογισμός χρεώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του δευτέρου μοντέλου, βάσει των αποτελεσμάτων του Openstudio.– Χωρίς την παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β

Ομοίως με το πρώτο μοντέλο, γίνεται ο υπολογισμός του κόστους της ενέργειας που καταναλώθηκε σε ένα χρόνο και για το 2^ο μοντέλο. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή τη περίπτωση, και ως παραδοχή της συγκεκριμένης μελέτης, οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις έχουν υπολογιστεί όμοια με αυτές που υπάρχουν σε ένα συμβατικό λογαριασμό ρεύματος ενός ξενοδοχείου που δεν είναι παράγει ρεύμα μέσω Α.Π.Ε. Στην πραγματικότητα, στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις υπολογίζονται βάσει των μετρητικών δεδομένων κατά την αντίστοιχη περίοδο καταμέτρησης. Η χρέωση για τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας (ΥΚΩ) υπολογίζεται επί της κατανάλωσης της εγκατάστασης του αυτοπαραγωγού για την αντίστοιχη περίοδο καταμέτρησης. Αυτό περιλαμβάνει την απορροφηθείσα ενέργεια από το δίκτυο και την παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σταθμό, εκτός από την ενέργεια που εγχύθηκε στο δίκτυο. Στην περίπτωση που το τιμολόγιο έχει διαφορετικές χρονικές ζώνες χρέωσης, οι ΥΚΩ υπολογίζονται μόνο για την κατανάλωση της ζώνης κανονικής χρέωσης (ημερήσιας κατανάλωσης). Οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις πλην των ΥΚΩ, όπως η ΕΤΜΕΑΡ, η Χρέωση Χρήσης Συστήματος, η Χρέωση Χρήσης Δικτύου και άλλες παρόμοιες, υπολογίζονται επί της απορροφηθείσας, από το δίκτυο, ενέργειας.

Χρέωση Προμήθειας

Κατανάλωση Περιόδου (kWh): 234155.74 kWh

Χρέωση Ενέργειας Ημέρας: $234155.74 \text{ kWh} * 0.19 \text{ €/kWh} = 44489.59 \text{ €}$

Σύνολο 1: **44489.59 € (1)**

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις

Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε - Ισχύς: $135.00 \text{ kVA} * 0.51 \text{ €/kWh} * 365/365 = 68.85 \text{ €}$

Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε–Ενέργεια: $234155.74 \text{ kWh} * 0.0052 \text{ €/kWh} = 1217.61 \text{ €}$

Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε – Ισχύς: $135.00 * 2.72 \text{ €/kWh} * 365/365 = 367.20 \text{ €}$

Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε – Ενέργεια: $234155.74 \text{ kWh} * 0.019 \text{ €/kWh} = 4448.96 \text{ €}$

Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας: $315469.70 \text{ kWh} * 0.01824 \text{ €/kWh} = 5754.17 \text{ €}$

Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων: $234155.74 \text{ kWh} * 0.0170 \text{ €/kWh} = 3980.65 \text{ € (2)}$

Λοιπές Χρεώσεις: $234155.74 \text{ kWh} * 0.000070 \text{ €/kWh} = 16.39 \text{ €}$

Σύνολο 2: **14370.66 € (3)**

Χρεώσεις Υπέρ Τρίτων

Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης: $234155.74 \text{ kWh} \cdot 0.005 \text{ €/kWh} = 1170.78 \text{ € (4)}$

Ειδικό Τέλος 5‰: $[(1) + (3) - (2) + (4)] \cdot 0.005 = [44489.59 \text{ €} + 14370.66 \text{ €} - 3980.65 \text{ €} + 1170.78 \text{ €}] \cdot 0.005 = 280.25 \text{ €}$

Δημοτικά Τέλη: $380 \text{ τ.μ.} \cdot 6.18 \text{ €/τ.μ.} \cdot 365/365 = 2348.40 \text{ €}$

Δημοτικός Φόρος: $380 \text{ τ.μ.} \cdot 0.33 \text{ €/τ.μ.} \cdot 365/365 = 125.40 \text{ €}$

Τέλος Ακίνητης Περιουσίας (ΤΑΠ): $600 \text{ τ.μ.} \cdot 1850 \text{ Τμ. Ζν.} \cdot 0.8 \text{ Παλαιότ.} \cdot 0.00035 \text{ Συντ. ΤΑΠ} \cdot 365/365 \text{ Συντ. ημερών} = 310.80 \text{ €}$

ΕΡΤ: $36 \text{ €/έτος} \cdot 365/365 \text{ Συντ. ημερών} = 36 \text{ €}$

Σύνολο 3: **4271.63 €**

Τελικό Ποσό ετήσιου λογαριασμός ρεύματος 2^{ου} μοντέλου: Σύνολο 1 + Σύνολο 2 + Σύνολο 3 =

$= 44489.59 \text{ €} + 14370.66 \text{ €} + 4271.63 \text{ €} = \mathbf{63131.88 \text{ €}}$

4.5. Διαφορά Ενεργειακών χρεώσεων μεταξύ των δύο μοντέλων –

Υπολογισμός χωρίς το Φ/Β σύστημα:

Η διαφορά μεταξύ των τελικών ποσών χρέωσης κατανάλωσης ενέργειας, των δύο κτηριακών μοντέλων υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta \text{Τ.Π.} = 188452.90 \text{ €} - 63131.88 \text{ €} = \mathbf{125321.02 \text{ €}}$$

Παρατηρείται ότι το τελικό ποσό του δευτέρου μοντέλου είναι κατά **1.50 φορές μικρότερο** του τελικού ποσού του πρώτου μοντέλου. Επίσης το ποσοστό μείωσης του κόστους σε σχέση με το αρχικό είναι:

$$\text{Μ.Κ. \%} = (125321.02 / 188452.90) \times 100\% = \mathbf{66.50 \%}.$$

4.6. Μείωση απόδοσης Φ/Β πλαισίων ανά χρόνο

Συνήθως οι κατασκευαστές Φ/Β πλαισίων παρέχουν μια εγγύηση για τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού γύρω στα 20 με 25 χρόνια. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι μετά από αυτή τη περίοδο σταματάει η παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας, ή γενικότερα, η σωστή λειτουργία του εξοπλισμού. Αυτό που συμβαίνει όμως, είναι η μείωση της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με έρευνα του National Renewable Energy Laboratory των Ηνωμένων Πολιτειών, ο μέσος όρος του ρυθμού μείωσης απόδοσης των Φ/Β πλαισίων σε περιοχές με εύκρατο κλίμα ανά έτος είναι 0.8% (Jordan & Kurtz, 2015). Έτσι, έχοντας ως δεδομένο το ρυθμό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων ανά έτος, υπολογίζεται και παρουσιάζεται γραφικά η απόδοση τους για τα επόμενα 20 χρόνια.

Για τον υπολογισμό της απόδοσης χρησιμοποιήθηκε ο συγκεκριμένος μαθηματικός τύπος:

$$\eta_n = \eta \cdot (1 - R)^n \quad [1]$$

η_n : Η απόδοση του Φ/Β συστήματος μετά από n έτη λειτουργίας (%)

η : Η απόδοση του Φ/Β συστήματος κατά το πρώτο έτος λειτουργίας του (%)

R : Ο ετήσιο ρυθμός μείωσης απόδοσης του Φ/Β συστήματος (%)

n : Έτη λειτουργίας του Φ/Β συστήματος

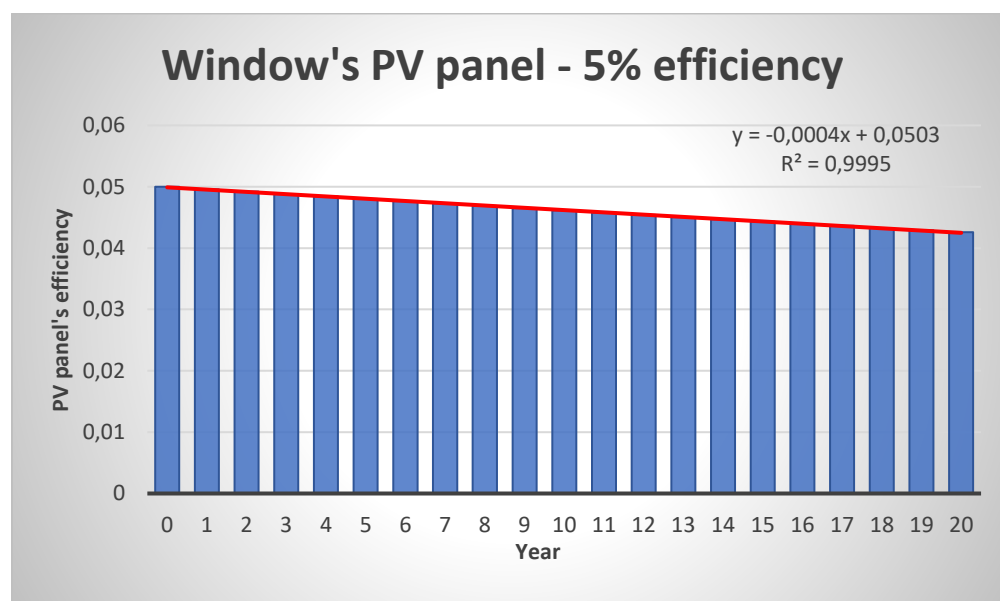
Άρα η [1] για τα Φ/Β συστήματα στους υαλοπίνακες του κτηρίου με απόδοση 5 % αναλύεται ως εξή, για :

- Μετά το 1^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_1 = 0.050 \cdot (1 - 0.008)^1 \rightarrow \eta_1 = 0.049 \rightarrow \eta_1 = 4.9 \%$
- Μετά το 5^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_5 = 0.050 \cdot (1 - 0.008)^5 \rightarrow \eta_5 = 0.048 \rightarrow \eta_5 = 4.8 \%$
- Μετά το 10^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{10} = 0.050 \cdot (1 - 0.008)^{10} \rightarrow \eta_{10} = 0.046 \rightarrow \eta_{10} = 4.6 \%$
- Μετά τον 20^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{20} = 0.050 \cdot (1 - 0.008)^{20} \rightarrow \eta_{20} = 0.042 \rightarrow \eta_{20} = 4.2 \%$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 30) παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές της απόδοσης ανά έτος, μέχρι 21 χρόνια μετά την τοποθέτησή τους, καθώς επίσης απεικονίζονται και γραφικά οι αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 31.

Φ/Β σύστημα υαλοπινάκων – 5% απόδοση		
Έτη λειτουργίας	Μεταβολή απόδοσης	Ποσοστιαία μεταβολή απόδοσης (%)
1 ^ο	0.05	5
2 ^ο	0.0496	4.96
3 ^ο	0.0492	4.92
4 ^ο	0.0488	4.88
5 ^ο	0.0484	4.84
6 ^ο	0.0480	4.80
7 ^ο	0.0476	4.76
8 ^ο	0.0473	4.73
9 ^ο	0.0469	4.69
10 ^ο	0.0465	4.65
11 ^ο	0.0461	4.61
12 ^ο	0.0458	4.58
13 ^ο	0.0454	4.54
14 ^ο	0.0450	4.50
15 ^ο	0.0447	4.47
16 ^ο	0.0443	4.43
17 ^ο	0.0440	4.40
18 ^ο	0.0436	4.36
19 ^ο	0.0433	4.33
20 ^ο	0.0429	4.29
21 ^ο	0.0426	4.26

Πίνακας 30: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα υαλοπινάκων (5%)



Πίνακας 31: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β σύστημα υαλοπινάκων (5%)

Ομοίως υπολογίζονται και οι αντίστοιχες μεταβολές για τα υπόλοιπα είδη των Φ/Β πλαισίων που χρησιμοποιήθηκαν.

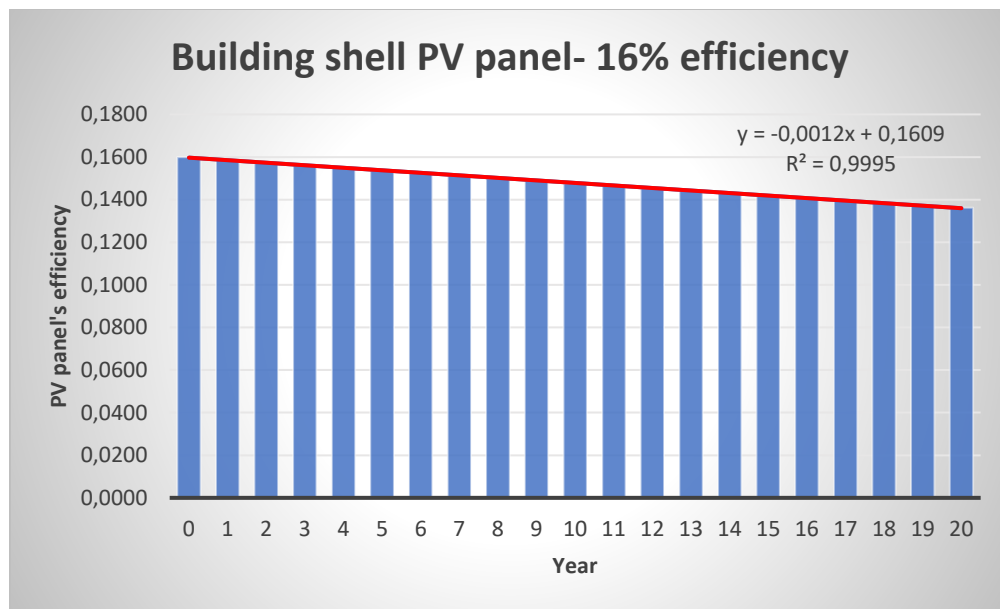
Φ/Β συστήματα κτηριακού κελύφους με απόδοση 16 % :

- Μετά το 1^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_1 = 0.16 \cdot (1 - 0.008)^1 \rightarrow \eta_1 = 0.1587 \rightarrow \eta_1 = 15.87 \%$
- Μετά το 5^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_5 = 0.16 \cdot (1 - 0.008)^5 \rightarrow \eta_5 = 0.1537 \rightarrow \eta_5 = 15.37 \%$
- Μετά το 10^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{10} = 0.16 \cdot (1 - 0.008)^{10} \rightarrow \eta_{10} = 0.1477 \rightarrow \eta_{10} = 14.77 \%$
- Μετά τον 20^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{20} = 0.16 \cdot (1 - 0.008)^{20} \rightarrow \eta_{20} = 0.1363 \rightarrow \eta_{20} = 13.63 \%$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 32) παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές της απόδοσης ανά έτος, μέχρι 21 χρόνια μετά την τοποθέτησή τους, καθώς επίσης απεικονίζονται και γραφικά οι αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 33.

Φ/Β σύστημα κτηριακού κελύφους – 16% απόδοση		
Έτη λειτουργίας	Μεταβολή απόδοσης	Ποσοστιαία μεταβολή απόδοσης (%)
1 ^ο	0.1600	16.00
2 ^ο	0.1587	15.87
3 ^ο	0.1575	15.75
4 ^ο	0.1562	15.62
5 ^ο	0.1549	15.49
6 ^ο	0.1537	15.37
7 ^ο	0.1525	15.25
8 ^ο	0.1513	15.13
9 ^ο	0.1500	15.00
10 ^ο	0.1488	14.88
11 ^ο	0.1477	14.77
12 ^ο	0.1465	14.65
13 ^ο	0.1453	14.53
14 ^ο	0.1441	14.41
15 ^ο	0.1430	14.30
16 ^ο	0.1418	14.18
17 ^ο	0.1407	14.07
18 ^ο	0.1396	13.96
19 ^ο	0.1385	13.85
20 ^ο	0.1374	13.74
21 ^ο	0.1363	13.63

Πίνακας 32: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β πλαίσια κτηριακού κελύφους (16%)



Πίνακας 33: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β κτηριακού κελύφους (16%)

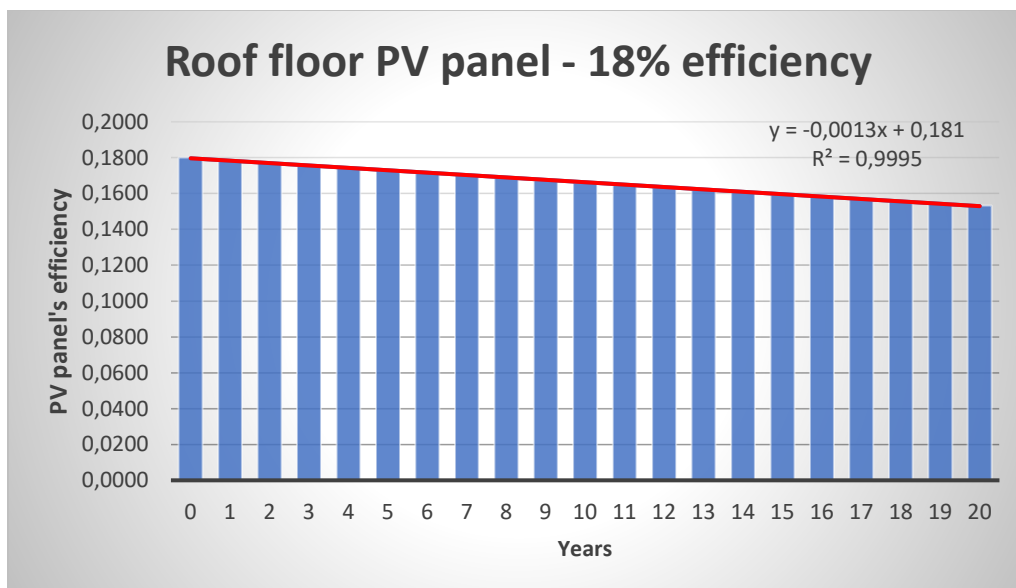
Φ/Β συστήματα πατώματος αίθριου χώρου με απόδοση 18 %:

- Μετά το 1^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_1 = 0.18 \cdot (1 - 0.008)^1 \rightarrow \eta_1 = 0.1786 \rightarrow \eta_1 = 17.86 \%$
- Μετά το 5^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_5 = 0.18 \cdot (1 - 0.008)^5 \rightarrow \eta_5 = 0.1729 \rightarrow \eta_5 = 17.29 \%$
- Μετά το 10^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{10} = 0.18 \cdot (1 - 0.008)^{10} \rightarrow \eta_{10} = 0.1661 \rightarrow \eta_{10} = 16.61 \%$
- Μετά τον 20^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{20} = 0.18 \cdot (1 - 0.008)^{20} \rightarrow \eta_{20} = 0.1533 \rightarrow \eta_{20} = 15.33 \%$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 34) παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές της απόδοσης ανά έτος, μέχρι 21 χρόνια μετά την τοποθέτησή τους, καθώς επίσης απεικονίζονται και γραφικά οι αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 35.

Φ/Β σύστημα πατώματος αίθριου – 18% απόδοση		
Έτη λειτουργίας	Μεταβολή απόδοσης	Ποσοστιαία μεταβολή απόδοσης (%)
1 ^ο	0.1800	18.00
2 ^ο	0.1786	17.86
3 ^ο	0.1771	17.71
4 ^ο	0.1757	17.57
5 ^ο	0.1743	17.43
6 ^ο	0.1729	17.29
7 ^ο	0.1715	17.15
8 ^ο	0.1702	17.02
9 ^ο	0.1688	16.88
10 ^ο	0.1674	16.74
11 ^ο	0.1661	16.61
12 ^ο	0.1648	16.48
13 ^ο	0.1635	16.35
14 ^ο	0.1622	16.22
15 ^ο	0.1609	16.09
16 ^ο	0.1596	15.96
17 ^ο	0.1583	15.83
18 ^ο	0.1570	15.70
19 ^ο	0.1558	15.58
20 ^ο	0.1545	15.45
21 ^ο	0.1533	15.33

Πίνακας 34: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα πατώματος αίθριου (18%)



Πίνακας 35: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα πατώματος αίθριου (18%)

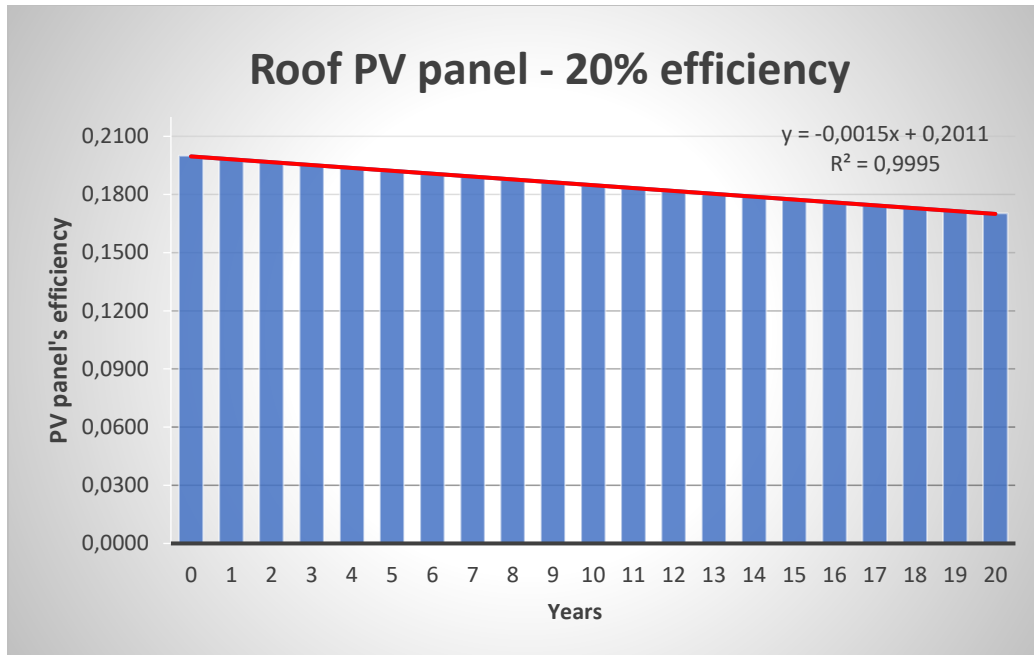
Φ/Β συστήματα οροφής 20 %:

- Μετά το 1^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_1 = 0.20 \cdot (1 - 0.008)^1 \rightarrow \eta_1 = 0.1984 \rightarrow \eta_1 = \mathbf{19.84 \%}$
- Μετά το 5^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_5 = 0.20 \cdot (1 - 0.008)^5 \rightarrow \eta_5 = 0.1921 \rightarrow \eta_5 = \mathbf{19.21 \%}$
- Μετά το 10^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{10} = 0.20 \cdot (1 - 0.008)^{10} \rightarrow \eta_{10} = 0.1846 \rightarrow \eta_{10} = \mathbf{18.46 \%}$
- Μετά τον 20^ο χρόνο λειτουργίας των Φ/Β.
 $\eta_{20} = 0.20 \cdot (1 - 0.008)^{20} \rightarrow \eta_{20} = 0.1703 \rightarrow \eta_{20} = \mathbf{17.03 \%}$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 36) παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές της απόδοσης ανά έτος, μέχρι 21 χρόνια μετά την τοποθέτηση τους, καθώς επίσης απεικονίζονται και γραφικά οι αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 37.

Φ/Β σύστημα οροφής– 20% απόδοση		
Έτη λειτουργίας	Μεταβολή απόδοσης	Ποσοστιαία μεταβολή απόδοσης (%)
1 ^ο	0.2000	20.00
2 ^ο	0.1984	19.84
3 ^ο	0.1968	19.68
4 ^ο	0.1952	19.52
5 ^ο	0.1937	19.37
6 ^ο	0.1921	19.21
7 ^ο	0.1906	19.06
8 ^ο	0.1891	18.91
9 ^ο	0.1876	18.76
10 ^ο	0.1861	18.61
11 ^ο	0.1846	18.46
12 ^ο	0.1831	18.31
13 ^ο	0.1816	18.16
14 ^ο	0.1802	18.02
15 ^ο	0.1787	17.87
16 ^ο	0.1773	17.73
17 ^ο	0.1759	17.59
18 ^ο	0.1745	17.45
19 ^ο	0.1731	17.31
20 ^ο	0.1717	17.17
21 ^ο	0.1703	17.03

Πίνακας 36: Τιμές και ποσοστά μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα οροφής (20%)



Πίνακας 37: Γραφική απεικόνιση μεταβολής απόδοσης - Φ/Β συστήματα οροφής (20%)

Η **συνολική απόδοση όλων των Φ/Β συστημάτων** του κτηρίου ισούται με:

$$5\% + 16\% + 18\% + 20\% = \mathbf{59\%}$$

Το 59% αντιστοιχεί σε 210302.67 kWh, όπου είναι η ενέργεια που παράχθηκε από τα Φ/Β συστήματα του κτηρίου κατά το πρώτο έτος εφαρμογής τους και αυτό το ποσό αντιστοιχεί στο 89.81 % της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει το ξενοδοχείο σε ένα χρόνο, σύμφωνα πάντα με τα αποτελέσματα του Openstudio, όπως φαίνονται και στον **Error! Reference source not found..**

Σε **10 χρόνια**, οι αντίστοιχη **συνολική απόδοση των Φ/Β συστημάτων** του κτηρίου θα ισούται με:

$$4.6\% + 14.77\% + 16.61\% + 18.46\% = \mathbf{54.44\%}$$

Συνεπώς αφού η συνολική απόδοση, 59%, των Φ/Β συστημάτων αντιστοιχεί σε 210302.67 kWh τότε το 54.44%, όπου είναι η απόδοση τους μετά από 10 έτη, θα αντιστοιχεί σε:

$$\text{Ενέργεια Φ/Β σε 10 έτη} = (210302.67 \text{ kWh} * 54.44\%) / 59\% \rightarrow$$

$$\rightarrow \mathbf{\text{Ενέργεια Φ/Β σε 10 έτη} = 194048.77 \text{ kWh}}$$

Γνωρίζουμε επίσης ότι οι 210302.67 kWh αντιστοιχούν στο 89.81 % της ενέργειας που καταναλώνει το ξενοδοχείο σε ένα χρόνο, άρα και οι 194048.77 kWh θα αντιστοιχούν σε:

$$K = (194048.77 \text{ kWh} * 89.81\%) / 210302.67 \text{ kWh} \rightarrow$$

$$\rightarrow \mathbf{K = 82.87\%}$$

K = Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με αυτή που καταναλώνει το ξενοδοχείο, μετά από 10 χρόνια

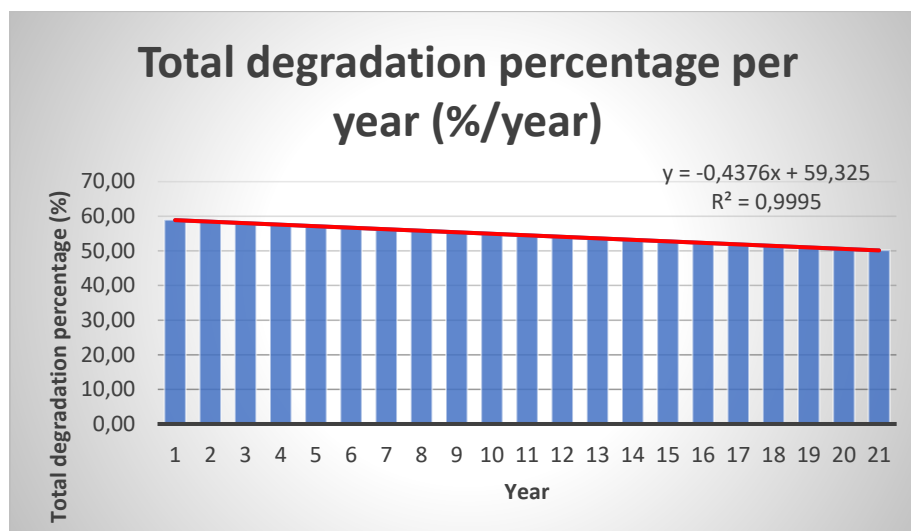
Παρατηρούμε ότι η παραγωγή ενέργειας θα έχει **μειωθεί** κατά **6.26 %** στα 10 επόμενα χρόνια.

Στον Πίνακα 38 αναγράφονται τα εξής: η ετήσια μείωση απόδοσης του Φ/Β εξοπλισμού, το ετήσιο ποσό συνολικής παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β, το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος, καθώς και το ποσοστό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος σε σχέση με το αρχικό τους ποσοστό απόδοσης.

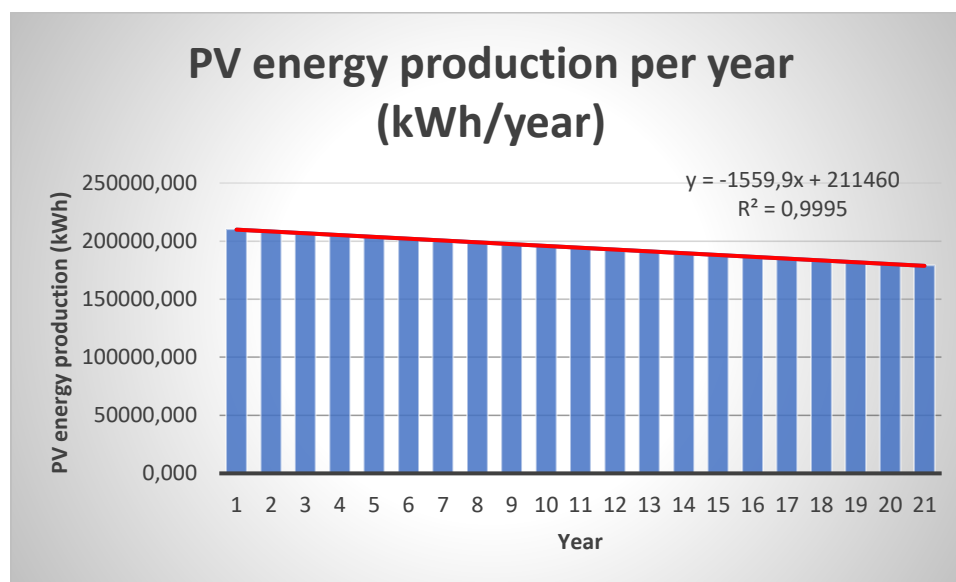
Έτη λειτουργίας (Years)	Μείωση ποσοστού απόδοσης των Φ/Β (%)	Παραγόμενη ενέργεια από Φ/Β (kWh)	Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας (%)	Συνολική μείωση ποσοστού παραγόμενης ενέργειας (%)
1	59.00	210302.67	89.81	0.00
2	58.53	208620.25	89.09	0.72
3	58.06	206951.29	88.38	1.43
4	57.60	205295.68	87.67	2.14
5	57.13	203653.31	86.97	2.84
6	56.68	202024.08	86.27	3.54
7	56.22	200407.89	85.58	4.23
8	55.77	198804.63	84.90	4.91
9	55.33	197214.19	84.22	5.59
10	54.89	195636.48	83.55	6.26
11	54.45	194071.39	82.88	6.93
12	54.01	192518.81	82.22	7.59
13	53.58	190978.66	81.56	8.25
14	53.15	189450.83	80.91	8.90
15	52.72	187935.23	80.26	9.55
16	52.30	186431.75	79.62	10.19
17	51.88	184940.29	78.98	10.83
18	51.47	183460.77	78.35	11.46
19	51.06	181993.08	77.72	12.09
20	50.65	180537.14	77.10	12.71
21	50.24	179092.84	76.48	13.33

Πίνακας 38: Ετήσια μείωση απόδοσης του Φ/Β εξοπλισμού - Ετήσιο ποσό συνολικής παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β - Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος - Ποσοστό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος σε σχέση με το αρχικό ποσοστό απόδοσης

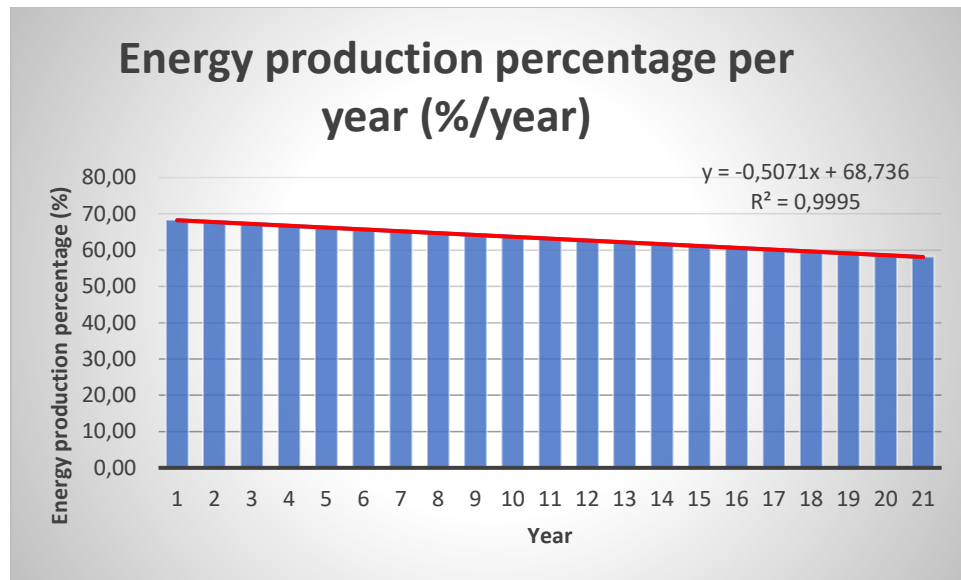
Παρουσιάζονται και γραφικά οι παραπάνω τιμές και μεταβολές των τιμών στους παρακάτω πίνακες. Στον Πίνακα 39 παρουσιάζεται γραφικά η συνολική μείωση του ποσοστού απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος. Ο Πίνακας 40 παρουσιάζει την παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β συστημάτων ανά έτος. Ο Πίνακας 41 αναφέρεται στο ποσοστό που αντιστοιχεί η παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος και τέλος στον Πίνακα 42 παρουσιάζει το ποσοστό της διαφοράς της παραγόμενης ενέργειας ανά έτος σε σχέση με το πρώτο έτος λειτουργίας των Φ/Β συστημάτων.



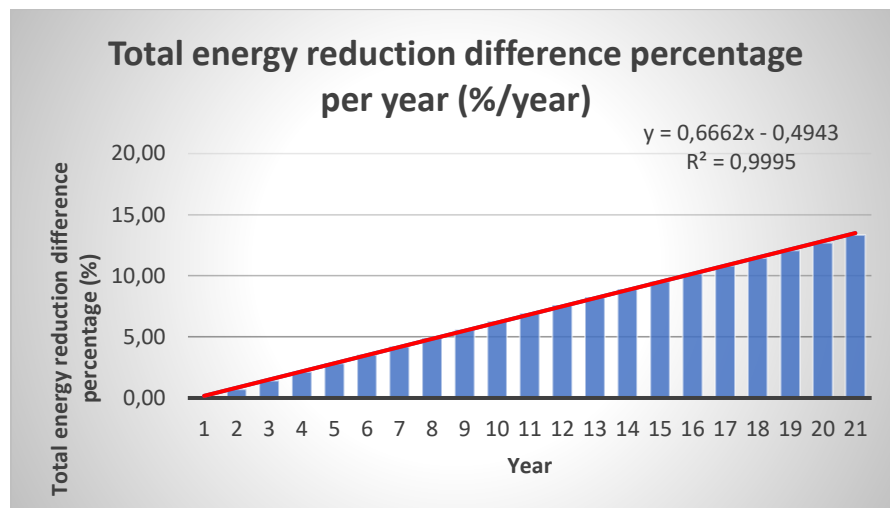
Πίνακας 39: Συνολική μείωση του ποσοστού απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ανά έτος (%/year).



Πίνακας 40: Παραγόμενη ενέργεια μέσω Φ/Β συστημάτων ανά έτος (kWh/year).



Πίνακας 41: Ποσοστό παραγόμενης ενέργειας μέσω Φ/Β σε σχέση με την καταναλωθείσα ενέργεια ανά έτος (%/year).



Πίνακας 42: Ποσοστό διαφοράς της παραγόμενης ενέργειας ανά έτος σε σχέση με το πρώτο έτος λειτουργίας των Φ/Β συστημάτων.

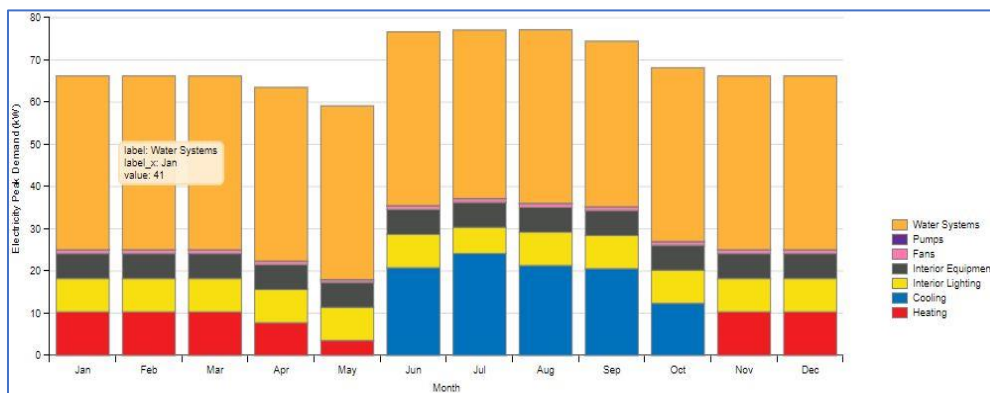
4.7. Υπολογισμός εξοικονόμησης οικονομικών πόρων λόγω παραγωγής ενέργειας μέσω Φ/Β συστημάτων.

Κατά τα τέλη του 2022 και μετέπειτα το 2023 έχει υπάρξει μια ραγδαία αύξηση των τιμών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με τις τιμές να κυμαίνονται από 1.002 €/ kWh (ΠΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2022), ως μέγιστη τιμή και μέχρι 0.125 €/ kWh η ελάχιστη (ΠΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2023b). Συνεπώς, η αύξηση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας διογκώνει ακόμα περισσότερο τα οικονομικά προβλήματα, με ό,τι αυτό συνεπάγεται, στους καταναλωτές, πάσης φύσεως. Γίνεται έτσι εύκολα κατανοητό, ότι μια εναλλακτική πηγή ενέργειας όπως είναι ο ήλιος αλλά και στη περίπτωση αυτή τα Φ/Β συστήματα ως μέσω εκμετάλλευσης της συγκεκριμένης πηγής, μπορούν να προσφέρουν μια μείωση του κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και να εξοικονομήσουν οικονομικούς πόρους.

Τα Φ/Β συστήματα του κτηρίου, είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο μέσω ενεργειακού συμψηφισμού (net-metering). Το net-metering είναι μια μέθοδος χρέωσης που επιτρέπει στους καταναλωτές να διοχετεύουν την ενέργεια που παράγουν από οικιακά ή επαγγελματικά φωτοβολταϊκά στο δίκτυο και να λαμβάνουν πίσω την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται από το δίκτυο όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια. Ο μετρητής του φωτοβολταϊκού υπολογίζει τη συνολική παραγόμενη ενέργεια που δεν χρησιμοποιήθηκε στη στιγμή παραγωγής και αυτή διατίθεται στο δίκτυο για τα επόμενα τρία χρόνια. Στο τέλος της τριετίας, ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμά την τελική διαφορά ανάμεσα στον μετρητή και στο ρολόι και ο ιδιώτης πληρώνει μόνο αν έχει καταναλώσει περισσότερη ενέργεια από ό, τι παρήγαγε. Βάσει του νόμου 5037/2023 - ΦΕΚ 78/Α/28-3-2023 αρθ. 64 και παρ.5 η δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε μία επιχείρηση επιτρέπεται μέχρι τη συμφωνημένη ισχύς της επιχείρησης. Αυτό σημαίνει ότι μια επιχείρηση με συμφωνημένη ισχύ 55kVA μπορεί να εγκαταστήσει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μέχρι 55kW. Ωστόσο, ο ενδιαφερόμενος μπορεί να αυξήσει την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος, αν κρίνει ότι χρειάζεται να καλύψει μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών του αναγκών. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η μέγιστη ενέργεια που διοχετεύει στο δίκτυο ένα φωτοβολταϊκό σύστημα δεν μπορεί να υπερβαίνει την ενέργεια που αντιστοιχεί σε 100kW ισχύος για ενεργειακό συμψηφισμό (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ, 2023). Σε περίπτωση που υπερβεί τα 100 kW ισχύος μέχρι και το 1 MW η πλεονάζουσα ενέργεια που αντιστοιχεί σε αυτή την ισχύ, εγχέεται στο σύστημα ή/και στο δίκτυο χωρίς ο παραγωγός να λάβει απαραίτητα κάποια αποζημίωση, όπως αναφέρει ο νόμος 4254/2014 στην παράγραφο ΙΓ, υποπαρ. ΙΓ4, περ. α (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ, 2014). Στο συγκεκριμένο μοντέλο η μέγιστη ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο είναι μικρότερη της ενέργειας που αντιστοιχεί σε 100 kW ισχύος βάσει των μηνιαίων αναγκών ισχύος όπως φαίνονται παρακάτω, στον Πίνακα 43 και στον Πίνακα 44 αλλά και της μέγιστης τιμής ισχύος των Φ/Β κατά τη διάρκεια του έτους όπου είναι ίση με 135.37 kW. Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι, η ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο, όπου ισούται με τη διαφορά μεταξύ των ενεργειακών αναγκών και της ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β, είναι μικρότερη της ενέργειας που αντιστοιχεί σε 100 kW ισχύος.

Electricity Peak Demand (kW) - view table												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Heating	10.3382	10.3382	10.3347	7.7484	3.5394						10.3382	10.3382
Cooling						20.7898	24.1622	21.3153	20.5622	12.338		
Interior Lighting	7.8702	7.8702	7.8702	7.8677	7.8677	7.8702	6.2011	7.8702	7.8702	7.8702	7.8702	7.8702
Exterior Lighting												
Interior Equipment	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961	5.8961
Exterior Equipment												
Fans	0.8918	0.8918	0.8918	0.7975	0.6223	0.8918	0.8918	0.8918	0.8918	0.8379	0.8918	0.8918
Pumps	0.0629	0.063	0.0634	0.0635	0.0633	0.0637	0.0317	0.0625	0.0127	0.0631	0.0636	0.0631
Heat Rejection												
Humidification												
Heat Recovery												
Water Systems	41.1531	41.1536	41.1414	41.1279	41.1496	41.1515	39.9113	41.1106	39.2161	41.1598	41.1482	41.1603
Refrigeration												
Generators												
Total	66.21	66.21	66.2	63.5	59.14	76.66	77.09	77.15	74.45	68.17	66.21	66.22

Πίνακας 43 : Μέγιστη μηνιαία ζήτηση ισχύος – Openstudio



Πίνακας 44: Μέγιστη μηνιαία ζήτηση ισχύος – Openstudio γράφημα

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης οικονομικών πόρων λόγω παραγωγής ενέργειας μέσω Φ/Β χρειάζεται να υπολογιστούν τα τελικά ποσά των ενεργειών που καταλήγουν στο δίκτυο κάθε χρόνο καθώς και το οικονομικό αντίτιμο αυτών. Επίσης οι τιμές των συγκεκριμένων οικονομικών αντιτίμων αυξάνονται κάθε χρόνο κατά το αντίστοιχο συνολικό αντίτιμο του προηγούμενου έτους. Συνεπώς, τα τελικά ποσά των ενεργειών που καταλήγουν στο δίκτυο κάθε χρόνο ισούνται με τη διαφορά μεταξύ του ποσού της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας (234155.74 kWh) και τα ετήσια ποσά ενέργειας που παράχθηκαν μέσω Φ/Β (**Error! Reference source not found.**). Στη συνέχεια, βάσει των τελικών ποσών των διαφορών των παραπάνω τιμών, που αντιστοιχούν στις τιμές ενέργειας που καταλήγει στο δίκτυο κάθε χρόνο, υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές ηλεκτρικού ρεύματος, όμοια με την 4.3 και 4.4, όπου και οι τελικές τιμές τους παρουσιάζονται στην δεύτερη στήλη του Πίνακας 45. Κατόπιν υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ του τελικού ποσού των ετήσιων χρεώσεων των ενεργειακών καταναλώσεων του 1^{ου} μοντέλου με τα τελικά ποσά ενεργειακών χρεώσεων ανά έτος του 2^{ου} μοντέλου. Αντίστοιχα παρουσιάζονται και αυτά στον Πίνακας 45 στην τρίτη στήλη. Επίσης αναφέρεται και το ποσοστό μείωσης ενεργειακών χρεώσεων του 1^{ου} με του 2^{ου} μοντέλου ανά έτος στην τέταρτη στήλη του πίνακα. Τέλος υπολογίζονται τα τελικά ποσά που έχουν εξοικονομηθεί ανά χρόνο και παρουσιάζονται στη πέμπτη στήλη του Πίνακας 45.

Έτη Λειτουργίας	Τελικό Ποσό λογαριασμός ρεύματος ανά έτος- 2ο μοντέλο με Φ/Β (€/year)	Διαφορά χρεώσεων ηλεκτρικού ρεύματος 1ου με 2ου μοντέλου ανά έτος (€/year)	Ποσοστό μείωσης κόστους ανά έτος σε σχέση με 1 ^ο μοντέλο (%)	Εξοικονόμηση Οικον. Πόρων ανά έτος για ηλεκτρικό ρεύμα (€/year)
1	9357.41	179077.63	95.03	179077.63
2	9787.56	178647.48	94.81	357725.12
3	10214.27	178220.77	94.58	535945.89
4	10637.57	177797.48	94.35	713743.37
5	11057.47	177377.57	94.13	891120.94
6	11474.02	176961.02	93.91	1068081.97
7	11887.24	176547.81	93.69	1244629.77
8	12297.15	176137.90	93.47	1420767.67
9	12703.78	175731.26	93.26	1596498.93
10	13107.16	175327.88	93.04	1771826.82
11	13507.31	174927.73	92.83	1946754.55
12	13904.26	174530.78	92.62	2121285.33
13	14298.04	174137.01	92.41	2295422.34
14	14688.66	173746.38	92.20	2469168.72
15	15076.16	173358.88	92.00	2642527.61
16	15460.56	172974.48	91.80	2815502.09
17	15841.89	172593.16	91.59	2988095.25
18	16220.16	172214.89	91.39	3160310.14
19	16595.41	171839.64	91.19	3332149.78
20	16967.65	171467.39	91.00	3503617.17
21	17336.92	171098.13	90.80	3674715.30

Πίνακας 45: Εξοικονόμηση οικονομικών πόρων – 2^ο κτηριακό μοντέλο

4.8. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις – Ποσότητα Ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh (kgCO_{2e}/ kWh)

Για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ξενοδοχείου, χρησιμοποιείται ως δείκτης αναφοράς, η ποσότητα Ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, σε χιλιόγραμμα (kg), που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, ανά kWh ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται, διανέμεται και καταναλώνεται από το ξενοδοχείο. Ο συντελεστής αυτός βασίζεται στα πρότυπα αναφοράς αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με την Ελλάδα. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής που χρησιμοποιούμε είναι 0,33664 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εξοικονομούνται για κάθε kWh που παράγεται από πηγή χωρίς άνθρακα. Λαμβάνει επίσης υπόψη άλλα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου, τα οποία μετατρέπονται στο ισοδύναμό τους σε όρους διοξειδίου του άνθρακα. Για να γίνει μια δίκαιη σύγκριση, τα αέρια αυτά μετατρέπονται σε ισοδύναμά τους, σε όρους διοξειδίου του άνθρακα, γνωστά ως ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ eq.). Η διαδικασία μετατροπής βασίζεται στο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) κάθε αερίου, το οποίο αντιπροσωπεύει την επίδραση της υπερθέρμανσής του σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, το μεθάνιο έχει υψηλότερο GWP από το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Για τον υπολογισμό του ισοδύναμου CO₂, η ποσότητα των εκπομπών μεθανίου ή οξειδίου του αζώτου πολλαπλασιάζεται με τις αντίστοιχες τιμές GWP. Ο πολλαπλασιασμός αυτός λαμβάνει υπόψη τον σχετικό αντίκτυπο αυτών των αερίων στην κλιματική αλλαγή σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα. Με τη μετατροπή του μεθανίου και του οξειδίου του αζώτου σε CO₂ eq., μπορούμε να αξιολογήσουμε και να συγκρίνουμε με ακρίβεια τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από διάφορες πηγές. Ως εκ τούτου, η τιμή που προκύπτει αντιπροσωπεύει την ποσότητα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ eq.) σε χιλιόγραμμα ανά κιλοβατώρα (kWh) (Carbon Footprint Ltd, 2023).

Στον Πίνακα 46 παρουσιάζονται οι ετήσιες εκπεμπόμενες ποσότητες ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, σε σχέση με τις ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο ξενοδοχείο.

Έτος	Ετήσια κατανάλωση Ηλ.ρεύματος από το δίκτυο (kWh)	Ετήσια εκπεμπόμενη ποσότητα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (kg CO _{2e} /kWh)
1	23853,07	8029,90
2	25535,49	8596,27
3	27204,45	9158,11
4	28860,06	9715,45
5	30502,43	10268,34
6	32131,66	10816,80
7	33747,85	11360,88
8	35351,11	11900,60
9	36941,55	12436,00
10	38519,26	12967,12
11	40084,35	13494,00
12	41636,92	14016,65
13	43177,08	14535,13
14	44704,90	15049,46

15	46220,51	15559,67
16	47723,99	16065,81
17	49215,45	16567,89
18	50694,97	17065,95
19	52162,66	17560,04
20	53618,60	18050,17
21	55062,90	18536,37

Πίνακας 46: Ετήσια εκπεμπόμενη ποσότητα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh ((kg CO₂e/kWh)

4.9. Παραδοχές

Για τους υπολογισμούς που αφορούν το κομμάτι της κοστολόγησης έγιναν συγκεκριμένες παραδοχές όπου και αναφέρονται παρακάτω:

- Ωρομίσθιο εργατών για την εγκατάσταση των συστημάτων : **5,14 €/hour**
- Σύνολο εργατών : **30**
- Συνολικός χρόνος εγκατάστασης συστημάτων : **30 ημέρες**
- Τριμηνιαία κατανάλωση νερού : $6811.78 / 4 = 1702.94 \text{ m}^3/3\text{months}$
- Συμφωνημένη Ισχύς : **135 kVA**
- Τιμή kWh : **0.19 €/ kWh**
- Ρυθμός μείωσης των Φ/Β : **0,8 %/ έτος**

Επίσης, δεν έχουν υπολογισθεί τα κόστη συντήρησης των συστημάτων που εγκαταστάθηκαν λόγω αδυναμίας εύρεσης των συγκεκριμένων δεδομένων.

5 Συμπεράσματα: Στόχος - Σχολιασμός αποτελεσμάτων - Μελλοντική έρευνα

Ως στόχο, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει το να αποδείξει γενικότερα τα πλεονεκτήματα και την αναγκαιότητα ύπαρξης κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης όσων αφορά το αντίκτυπο που έχουν στο περιβάλλον σε εθνικό αλλά και παγκόσμιο επίπεδο, καθώς επίσης και να παρουσιάσει το ρόλο τους στην οικονομία μιας χώρας. Έχει ως στόχο να αποδείξει ότι είναι δυνατή η σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός ξενοδοχείου μέσω της χρήσης στρατηγικών και τεχνολογιών ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, όπως αποδοτικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης, φωτοβολταϊκά και κατάλληλα δομικά υλικά. Για την καλύτερη κατανόηση της συγκεκριμένης αναγκαιότητας, επιλέχθηκε η μελέτη μιας επένδυσης, όπως αυτή της μετατροπής ενός συμβατικού ξενοδοχείου σε ξενοδοχείο μηδενικής κατανάλωσης, αναλύοντας έτσι το πώς, αλλά και το πόσο, επηρεάζει τον οικονομικό παράγοντα μιας εταιρίας αλλά και το περιβάλλον συγχρόνως. Η μελέτη αξιολογεί τον αντίκτυπο αυτών των στρατηγικών στην κατανάλωση ενέργειας και παράσχει συστάσεις για την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών στο ξενοδοχείο. Η διατριβή επιδεικνύει επίσης τη χρήση του Sketchup και του Openstudio ως εργαλείου για το σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση και την προσομοίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.

Βάσει των στοιχείων στην υποενότητα 4.6, το ποσοστό μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων, ανέρχεται περίπου στο **85% ως μέσο όρο**, μέσω της χρήσης αποδοτικότερων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης καθώς και μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β συστήματα. Επίσης, ο μέσος όρος της ετήσιας εκπεμπόμενης ποσότητας ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ eq.) για τα επόμενα 20 χρόνια λειτουργίας των εγκατεστημένων συστημάτων, ισούται με **13416,70 kgCO₂e/kWh**. Επιπλέον, το κόστος των εγκατεστημένων συστημάτων ισούται με **1.430.252,00 (€)**. Αυτό αποτελεί και το **τελικό ποσό της επένδυσης**. Συγκρίνοντας το συγκεκριμένο ποσό με την εξοικονόμηση οικονομικών πόρων λόγω χαμηλότερων ενεργειακών χρεώσεων, παίρνουμε ως αποτέλεσμα τον δεδομένο χρόνο απόσβεσης. Ειδικότερα, συγκρίνοντας την τιμή του τελικού ποσού της επένδυσης (1.430.252,00 €) με τη πέμπτη στήλη του Πίνακα 45 που αφορά την εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, παρατηρείται ότι μετά από **9 χρόνια** λειτουργίας γίνεται απόσβεση της επένδυσης όπου θα έχουν εξοικονομηθεί **1.596.498,93€**. Από τα 9 χρόνια και μετά υπάρχει μόνο καθαρό κέρδος, δεδομένο που χρειάζεται μια επιχείρηση για να αναπτυχθεί και να ανελιχθεί παραπάνω στην αγορά, προχωρώντας και σε νέες ενδεχόμενες επενδύσεις. Όπως έχει προαναφερθεί στην παραπάνω ενότητα, τα κτήρια και πιο συγκεκριμένα τα ξενοδοχεία μηδενικής κατανάλωσης μπορούν να φτάσουν και το 90% - 95% της μείωσης των ενεργειακών αναγκών, σε σχέση με ένα συμβατικό ξενοδοχείο.

Το αποτέλεσμα είναι ότι, το ξενοδοχείο έχει ένα μικρότερο κατά 85% οικολογικό αποτύπωμα, ενώ την ίδια στιγμή έχει κάνει μία επένδυση, με χρόνο απόσβεσης τα 9 χρόνια, όπου είναι απολύτως φυσιολογικός χρόνος για μία τέτοια επένδυση, όπως φαίνεται και σε αντίστοιχη έρευνα σχετικά με τον υπολογισμό βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης κόστους ενός νέου κτιρίου ξενοδοχείου nZEB με χρήση δυναμικών προσομοιώσεων και αλγορίθμων βελτιστοποίησης (Vujnović Nikola & Dović Damir, 2021).

Επίσης σημαντική είναι και η αύξηση της αξίας του κτηρίου. Η ζήτηση για περιβαλλοντικά βιώσιμες επιλογές στους επαγγελματικούς τομείς αυξάνεται, τόσο μεταξύ των μεμονωμένων ταξιδιωτών όσο και των επαγγελματιών και η τάση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί λόγω της υποστήριξης των κοινωνικών κινήματων και της διαθεσιμότητας πληροφοριών σχετικά με τις βιώσιμες επιλογές. Οι έρευνες δείχνουν ότι σε παγκόσμιο επίπεδο, τα βιώσιμα ξενοδοχεία προσελκύουν περισσότερους πελάτες και διαθέτουν υψηλότερη προθυμία πληρωμής. Για παράδειγμα, μια μελέτη που διεξήχθη από το Πανεπιστήμιο Cornell (Walsman C. Matthew et al., 2014) διαπίστωσε ότι τα πιστοποιημένα με LEED ξενοδοχεία στις ΗΠΑ είχαν υψηλότερη μέση ημερήσια τιμή (169 δολάρια ΗΠΑ έναντι 160) και έσοδα ανά δωμάτιο (110 δολάρια ΗΠΑ έναντι 109) σε σύγκριση με τα μη πιστοποιημένα ξενοδοχεία. Επιπλέον, μια έκθεση της Booking.com αποκάλυψε ότι η τάση των βιώσιμων ταξιδιών βρίσκεται σε άνοδο, με την πλειοψηφία των ταξιδιωτών παγκοσμίως να εκφράζουν την επιθυμία να ταξιδεύουν με βιώσιμο τρόπο (87%), αλλά μόνο μια μειοψηφία να επιβεβαιώνει ότι το κάνουν συχνά ή πάντα (39%) (Booking.com, 2018). Γενικότερα και βάσει μιας εμπειρικής μελέτης που προέρχεται από το πανεπιστήμιο του Groningen στην Ολλανδία (Porumb et al., 2020) αναφέρετε ότι η απόκτηση ενός ενεργειακού πιστοποιητικού, από ένα ξενοδοχείο, είναι ικανή να προσφέρει **πριμοδότηση της τιμής κατά 19%** για τα κτίρια με πράσινη πιστοποίηση σε σύγκριση με τα μη πιστοποιημένα. Αυτό σημαίνει ότι τα κτίρια που έχουν πιστοποιηθεί ως φιλικά προς το περιβάλλον ή βιώσιμα, είναι σε θέση να διεκδικούν υψηλότερες τιμές στην αγορά, αντανakλώντας την υψηλότερη αξία που αποδίδουν σε αυτού του είδους τα κτίρια, οι αγοραστές ή οι ενοικιαστές. Με άλλα λόγια, η πιστοποίηση χρησιμεύει ως μήνυμα στην αγορά ότι το κτίριο είναι υψηλότερης ποιότητας και έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, γεγονός που εκτιμάται από τους καταναλωτές και, ως εκ τούτου, μεταφράζεται σε υψηλότερη τιμή. Συνεπώς, ενώ θεωρητικά ο χρόνος απόσβεσης είναι τα 9 χρόνια, πρακτικά μπορεί να είναι πολύ λιγότερο.

Πρέπει να επισημανθεί ότι οι παραδοχές που έχουν γίνει γενικότερα σε αυτή την εργασία, αντιστοιχούν σε υψηλότερες τιμές του μέσου όρου των αντίστοιχων τιμών, έτσι ώστε να καλυφθεί το ενδεχόμενο αποτυχίας επίτευξης του χρόνου απόσβεσης. Πιο απλά, σε μια υφιστάμενη επένδυση αντίστοιχου βεληνεκούς, ο χρόνος απόσβεσης πιθανών να είναι μικρότερος. Παρόλα αυτά τα 9 χρόνια, για μια τέτοιου είδους επένδυση, είναι εντός των χρονικών ορίων απόσβεσης του κόστους.

Τέλος, ένα πιθανό σενάριο μελλοντικής έρευνας, που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη μελέτη τα παθητικά κτήρια, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την οικονομία αλλά και την κοινωνία, είναι η χρήση υδρογόνου σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες Α.Π.Ε., για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και χρήση αυτής σε αντίστοιχες μονάδες με την εισαγωγή περισσότερων σύγχρονων συστημάτων και τεχνολογιών όπως τα συστήματα BEMS που μέσω της καλύτερης διαχείρισης των ηλεκτρικών και ηλεκτρολογικών συστημάτων ενός κτηρίου προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση. Επίσης θα μπορούσε να γίνει τοποθέτηση ενός πράσινου τοίχου – green wall/living wall ή ακόμα, εξωτερικά του κτηρίου, όπου μέσω αυτού βελτιώνεται το μικροκλίμα της περιοχής καθώς και η πανίδα και η χλωρίδα αντίστοιχα. Γενικότερα μια έρευνα που να προωθεί μια οικονομικότερη και πιο βιώσιμη μορφή ενέργειας, φιλικότερη προς το περιβάλλον αλλά και κατ' επέκταση ένας φιλικότερο τρόπο ζωής, προς εμάς.

6 Βιβλιογραφία

Βιβλία:

Επιστημονικές αναφορές:

- Jordan, D., & Kurtz, S. (2015). *Overview of Field Experience - Degradation Rates & Lifetimes*.
- Koebrich, S. (2018). *2018 Renewable Energy Data Book Acknowledgments*.
- Maclay Architects. (2015). *Net Zero Energy Feasibility Study Full Report*.
- ONYX SOLAR. (2022). *FEASIBILITY STUDY: ATHENS - PHOTOVOLTAIC GLASS FOR BUILDINGS*.
- Theocharis Tsoutsos, Stavroula Tournaki, & Maria Frangou. (2015). *Nearly Zero Energy Hotels in Europe - Final Report*, (<http://www.nezeh.eu/home/index.html>.)
- Usepa, Ow, Owm, Wid, & Scib. (2013). *United States Environmental Protection Agency Renewable Energy Fact Sheet: Wind Turbines*.
- Walsman C. Matthew, Verma Rohit, Ph. D., & Muthulingam Suresh, Ph. D. (2014). *Cornell Hospitality Report - The Impact of LEED Certification on Hotel Performance*.
- ΑΔΜΗΕ, Μ. Δ. Ε. Δ. 2020. (2020). *ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020*.
- Ινστιτούτο ΣΕΤΕ. (2023). *Στατιστικό δελτίο Νο 80- Φεβρουάριος 2023*.
- Carbon Footprint Ltd. (2023). *CARBON FOOTPRINT - COUNTRY SPECIFIC ELECTRICITY GRID GREENHOUSE GAS EMISSION FACTORS*. (www.carbonfootprint.com)
- ### Πτυχιακές εργασίες:
- ΓΡΑΒΑΝΗ ΑΘΗΝΑ. (2020). *ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*.
- Κωνσταντίνος Ε. Άγιος. (2017). *“Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου με χρήση λογισμικού” “Building energy analysis with software.”*
- Μπατσαούρα Χρυσάφενια. (2021). *Μελέτη της ανθρώπινης έκθεσης και δόσης σε σχολεία προσχολικής ηλικίας*.
- ΠΑΠΟΥΤΣΑΚΗ ΚΛΕΙΩ. (2010). *Αειφορία και εναλλακτικές μορφές τουρισμού - Η ανάπτυξη του αγροτουρισμού στον νομό Χανίων*.
- Φουντουκίδου, Ι. (2017). *ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ Εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Τομέα του Τουρισμού ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*. 1–87.
- ΣΤΡΑΤΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ. (2022). *ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΕ ΣΕ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ*.

Τεχνικά βιβλία οδηγιών:

DAIKIN, *Air Conditioning Technical Data VRV IV heat recovery REYQ-T*, [15/03/2023].

Daikin. (2021). *Split Type Air Conditioners FTXM-V Series EDUS042101*.

ONYX SOLAR. (2011c). *Technical_Guide*.

U.S. Department of Energy. (2015). *OpenStudio 1.9.0 Basic Workflow Guide*.

VRV Residence - εξοπλισμός, (testimony of DAIKIN).

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΕΥΔΑΠ Α.Ε., 1 (2013) (testimony of ΕΥΔΑΠ).

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. (2022). *Ανακοίνωση-Τιμολόγια Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κατηγορία Πελατών και «Τιμολόγιο Αναφοράς» Καθολικής Υπηρεσίας για τον Αύγουστο 2022*.

Νομοθετικές οδηγίες:

EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*.

Εθνικό Τυπογραφείο. (2021). ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ. *Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως*.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ. (2013, February 19). *ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ - ΝΟΜΟΣ 4122*. 1–16.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ. (2014). *ΝΟΜΟΣ 4254/2014 (Κωδικοποιημένος) - ΦΕΚ Α 85/07.04.2014*. <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/96016/nomos-4254-2014>

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ. (2023, March 29). *Νόμος 5037/2023 - ΦΕΚ 78/Α/28-3-2023 (Άρθρα 1-108 - Μέρος Α) (Κωδικοποιημένος) - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΟΙΚΟΔΟΜΕΣ*.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ 19ΗΣ ΜΑΪΟΥ 2010. (2010). *Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ. (2012). *ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 - ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Β' έκδοση*.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2017). *TOTEE_20701-1_2017_TEE*. 1–188.

Επιστημονικά Άρθρα:

Attia, S., Eleftheriou, P., Xeni, F., Morlot, R., Ménézo, C., Kostopoulos, V., Betsi, M., Kalaitzoglou, I., Pagliano, L., Cellura, M., Almeida, M., Ferreira, M., Baracu, T., Badescu, V., Crutescu, R., & Hidalgo-Betanzos, J. M. (2017). Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe. *Energy and Buildings*, 155, 439–458. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.043>

Porumb, V. A., Maier, G., & Anghel, I. (2020). The impact of building location on green certification price premiums: Evidence from three European countries. *Journal of Cleaner Production*, 272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122080>

Rogers, J. N., Stokes, B., Dunn, J., Cai, H., Wu, M., Haq, Z., & Baumes, H. (2017). An assessment of the potential products and economic and environmental impacts resulting from a billion ton bioeconomy. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(1), 110–128. <https://doi.org/10.1002/BBB.1728>

Vujnović Nikola, & Dović Damir. (2021). Cost-optimal energy performance calculations of a new nZEB hotel building using dynamic simulations and optimization algorithms. *Journal of Building Engineering*, 39, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102272>

Κουτρούλης Χαράλαμπος. (2010). *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές*. 114–120.

Ιστοσελίδες:

Πολυτεχνείο Κρήτης - Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Ε. Α. και Β. Ε. Σ. Ε., Παγκόσμιος Οργανισμός Τουρισμού των Ηνωμένων Εθνών - UNWTO, Δίκτυο των Περιφερειών της Ευρώπης για Αειφόρο και Ανταγωνιστικό Τουρισμό - NECSTouR, Ομοσπονδία των Ευρωπαϊκών Ενώσεων Θέρμανσης, Α. και Κ.-R., Υπηρεσία Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβάλλοντος Βραζον - ABMEE Ρουμανία, Creara Consultores S.L. Ισπανία, ENERGIES 2050 Γαλλία, Ινστιτούτο Ενέργειας Hrvoje Požar - EIHP Κροατία, Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione - SITI Ιταλία, & Sustainable Innovation Σουηδία, *neZEH - NEARLY ZERO ENERGY HOTELS*, Retrieved March 10, 2023, from http://www.nezeh.eu/main_menu/about_nezeh/benefits/index.html

Autodesk. *AutoCAD*. Retrieved April 3, 2023, from <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Booking.com. (2018, May 17). *Where Sustainable Travel is Headed in 2018*. <https://globalnews.booking.com/where-sustainable-travel-is-headed-in-2018/>

EMY. (2022). *Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία*. http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology_month

European Commission, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en, [05/03/2023].

Jet2holidays, *Wyndham Athens Residence - Athens City hotels*. Retrieved April 3, 2023, from <https://www.jet2holidays.com/greece/athens/athens-city/wyndham-athens-residence>

MP Energy - net metering. Retrieved May 4, 2023, from <https://www.mp-energy.gr/offer/65>

GOOGLE, *Google Earth - WYNDHAM ATHENS RESIDENCE*. Retrieved April 5, 2023, from https://earth.google.com/web/@37.98538629,23.72113482,50.29645206a,457.11770019d,35y,0h,0t,0r/data=CIsaWRJTCiUweDE0YTFiZDI4YTdkMmFkNGY6MHg1NTNiYTgxYjE4MjZhMmYzGWYjS0kg_kJAIYHewImNuDdAKhhXeW5kaGFtIEF0aGVucyBSZXNpZGVuY2UYAiABMikKJwoICiExN1BQb0s0MksxS3l6ckhGZE1T2d1cjB3aXUyWjF3encgAQ

Mywage.gr. (2023). *Επαγγέλματα και μισθοί - Ηλεκτρολόγοι κτιρίων και ασκούντες συναφή επαγγέλματα*. <https://mywage.gr/career/epaggelmata-kai-misthoi/elektrologoi-ktirion-kai-askountes-sunaphe-epaggelmata>

National Renewable Energy Laboratory, <https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-basics>, *Hydropower Basics | Department of Energy*. [13/03/2023].

National Renewable Energy Laboratory, <https://www.nrel.gov/research/re-geothermal.html>, *Geothermal Energy Basics | NREL*, [13/03/2023]

National Renewable Energy Laboratory, <https://www.nrel.gov/research/re-solar.html>, *Solar Energy Basics | NREL* [13/03/2023]

National Renewable Energy Laboratory, <https://www.nrel.gov/research/re-wind.html>, *Wind Energy Basics | NREL*, [13/03/2023]

ONYX SOLAR, *Curtain Wall with Photovoltaic Glass*, Retrieved April 8, 2023, from <https://onyxsolar.com/product-services/photovoltaic-glass-solutions/pv-curtain-wall>

ONYX SOLAR, *Raised Access Floor - Photovoltaic Floor*, Retrieved April 8, 2023, from <https://onyxsolar.com/product-services/photovoltaic-glass-solutions/pv-floor>

SunCalc, Retrieved April 5, 2023, from <https://www.suncalc.org/#/37.9855,23.7208,19/2022.03.15/07:24/25/3>

Tobias Weiß – AEE INTEC, *Green Home Nanterre - CRAVEzero - Cost Reduction and market Acceleration for Viable nearly zero-Energy buildings*. Retrieved March 6, 2023, from <https://cravezero.eu/2017/09/10/green-home-nanterre/>

Tobias Weiß – AEE INTEC, *Solallén - CRAVEzero - Cost Reduction and market Acceleration for Viable nearly zero-Energy buildings*. Retrieved March 6, 2023, from <https://cravezero.eu/2017/10/18/solallen/>

Trimble, *SketchUp*. Retrieved April 4, 2023, from <https://www.sketchup.com/>

U.S. Department of Energy, *OpenStudio*. Retrieved April 6, 2023, from <https://openstudio.net/>

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ, *Λογαριασμοί & χρεώσεις ρεύματος*, Retrieved May 4, 2023, from <https://www.dei.gr/el/gia-to-spiti/ypostiriksi-epikoinonia/logariasmoi-xreoseis-revma/>

Εταιρεία Ανάπτυξης και Τουριστικής Προβολής Αθηνών, *ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ*, Retrieved April 3, 2023, from <https://develop.thisisathens.org/el/xarakteristika-tis-athinas>

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. (2023a). *ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΝΥΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗΣ ΑΡΧΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΩΝ: Τιμολόγια Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κατηγορία Πελατών και «Τιμολόγιο Αναφοράς» Καθολικής Υπηρεσίας για τον μήνα Μαΐου 2023*. <https://www.rae.gr/genika-nea/64551/>

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. (2023b, April). *Τιμολόγια Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κατηγορία Πελατών και «Τιμολόγιο Αναφοράς» Καθολικής Υπηρεσίας για τον μήνα Απρίλιο 2023*. <https://www.rae.gr/genika-nea/63758/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2010). *Άρθρο 6 – Κλιματικές ζώνες*. <http://www.opengov.gr/minenv/?p=189>