

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΗ
ΚΑΛΥΨΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

ΜΑΝΑΡΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Κ.Α ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μία εποχή όπου η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας συνεχώς αυξάνεται, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας, είναι πλέον αναγκαία η αποδοτικότερη αξιοποίησή της. Μεγάλο μέρος της κατανάλωσης οφείλεται στο δευτερογενή τομέα ο οποίος αποτελείται, από βιομηχανίες και στον τριτογενή τομέα που αποτελείται από υπηρεσίες. Επιπλέον, μεγάλο μερίδιο στην ενεργειακή κατανάλωση αποτελεί ο κτηριακός τομέας που αποτελείται από τον οικιακό και τον εμπορικό. Ο άνθρωπος, έχει συνειδητοποιήσει το πρόβλημα που δημιουργείται από τη συνεχόμενη και εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων, για την παραγωγή της και στρέφεται σε εναλλακτικές μεθόδους στον τομέα της πράσινης ενέργειας. Ο πλανήτης παρουσιάζει πλούσιο ενεργειακό απόθεμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι για παράδειγμα, ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, γεωθερμία, η κυματική και ενέργεια των ωκεανών.

Η παρούσα διπλωματική πραγματεύεται την αξιοποίηση μετρήσεων ηλεκτρικής κατανάλωσης, κλιματολογικών δεδομένων από μετρητικά όργανα, τα οποία βρίσκονται εγκατεστημένα στο εργαστήριο των Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, όπου και πραγματοποίησαν καταγραφή των παραπάνω μεγεθών σε στιγμιαία βάση για διάρκεια ενός έτους. Επιπλέον, έγινε λήψη μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής από τα καταγραφικά των δύο υβριδικών σταθμών που στεγάζονται στο τμήμα. Ο πρώτος σταθμός αποτελείται από μία ανεμογεννήτρια, συσσωρευτές και τέσσερις συστοιχίες φωτοβολταϊκών και στεγάζεται εντός του εργαστηρίου, ενώ ο δεύτερος σταθμός αποτελεί μια υβριδική εγκατάσταση φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από φωτοβολταϊκά. Τα αποτελέσματα των δεδομένων επεξεργάστηκαν και δημιουργήθηκαν προφίλ κατανάλωσης, κλίματος και παραγωγής ενέργειας και παρουσιάζονται με τη μορφή διαγραμμάτων σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση ώστε να μπορέσουν να συγκριθούν μεταξύ τους.

Τελικά, στόχος της παρούσας διπλωματικής αποτελεί, τόσο η ανάλυση των υβριδικών συστημάτων που περιλαμβάνουν ανεμογεννήτριες, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά, όσο και η μελέτη της προς αναβάθμισης των ήδη υπάρχοντων υβριδικών συστημάτων του τμήματος, με απώτερο σκοπό την πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων. Επίσης εξετάστηκαν περιπτώσεις συστημάτων που δεν καλύπτουν πλήρως το ηλεκτρικό φορτίο του εργαστηρίου, όπου και θα είναι απαραίτητη η διασύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος γίνεται εκτίμηση κόστους των συστημάτων ανάλογα με τις ώρες απόρριψης ώστε να βρεθεί η οικονομικότερη λύση.

Λέξεις Κλειδιά: Προφίλ Κατανάλωσης, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υβριδικά Συστήματα, Φωτοβολταϊκά, Ανεμογεννήτριες, Συσσωρευτές.

ABSTRACT

In an era where the use of electrical energy continuously increases, while at the same time forms an integrated part of the modern society, it is essential to utilize it with the most efficient way. A major proportion of its consumption, allocates to the industry sector and the third sector, which is consisted of services and public buildings. Moreover a large amount of the energy goes to the building sector, which is mostly households and commercial structures. Modern day people, have realized the danger that the extensive use of fossil fuel creates, and obvert to alternative solutions in the green energy sector. The earth provides a rich amount of renewable energy reserve, as for instance, solar energy, wind energy, biomass, geothermal energy, wave energy and ocean energy.

This thesis, demonstrates the utilization of energy consumption and climate measurements from the metric systems of the Soft Energy Laboratory, of the Mechanical Engineering faculty, of the University of West Attica. The systems have been registering data on an instant basis for one year. Furthermore, there was a collect of data of the energy production from the two hybrid stations, which administrates the Lab. The first station is located in the back area of the Lab and it is assembled by, a small wind turbine, four arrays of photovoltaic panels and three arrays of batteries. The second one is practically an electrical car charging station, which is assembled by twelve photovoltaic panels and two arrays of batteries. The data were processed and profiles were created, which are presented in the form of diagrams in a hourly, daily, weekly, monthly and yearly basis, in order to be compared and contrasted and assumptions to be made.

Finally, the purpose of this project is both, the analysis of the hybrid systems, which include wind turbines, solar panel and batteries as much as, the research for upgrading the beholding hybrid systems of the Lab, with goal to fully cover the electrical loads. In addition, case studies were analysed, which they do not fully cover the electrical loads of the Lab, where it will be necessary the connection of the upgraded system with the Public Power Corporation grid. Lastly, systems cost was estimated, depending on the scale of the disposal hours, in order to come up with the best solution.

Key words: Consumption Profile, Renewable Energy Sources, Hybrid Systems, Solar Panels, Wind Turbines, Batteries

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή, κ. Καββαδία Κοσμά, για τη βοήθεια και υποστήριξη του καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επιπροσθέτως, ευχαριστώ όλη την οικογένεια, τους φίλους και τους συμφοιτητές μου και το προσωπικό του εργαστηρίου των Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος, που με βοήθησαν για τη διεκπεραίωσή τόσο της παρούσας εργασίας όσο και των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	17
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	22
1.1 Εισαγωγή.....	22
1.2 Λόγοι Ανάπτυξης Προφίλ Κατανάλωσης.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	26
2.1 Η ενεργειακή κατανάλωση στον κόσμο.....	26
2.2 Η κατανάλωση Ενέργεια στην Ευρώπη & στην Ελλάδα.....	29
2.2.1 Η κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	29
2.2.2 Η Κατάσταση στην Ελλάδα.....	31
2.3 Ο Κτηριακός Τομέας.....	33
2.4 Πρακτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	36
2.5 Κατανάλωση Βασικότερων Συσκευών Γραφείου.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ.....	39
3.1 Εισαγωγή.....	39
3.1.1 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα.....	39
3.2 Ανάλυση Βασικότερων Α.Π.Ε & Τρόποι Αξιοποίησής τους.....	41
3.2.1 Η Αιολική Ενέργεια.....	41
3.2.2 Οι Ανεμογεννήτριες.....	44
3.2.2.1 Τα Βασικότερα Μέρη Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα.....	45
3.2.2.2 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Αιολικών Μηχανών.....	46
3.2.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη Λειτουργίας της Ανεμογεννήτριας.....	49
3.2.2.4 Μικρές Ανεμογεννήτριες.....	50
3.2.2.5 Το Αστικό Περιβάλλον.....	54

3.2.2 Η Ηλιακή Ενέργεια.....	55
3.2.2.1 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	57
3.2.2.2 Είδη Ηλιακών Συστημάτων.....	57
3.2.2.3 Συνδεσμολογίες – Βασικά Χαρακτηριστικά – Απώλειες – Βάσεις Στήριξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	63
3.2.3 Αποθήκευση Ενέργειας.....	68
3.2.3.1 Εισαγωγή.....	68
3.2.3.2 Αποθηκευτικές Διατάξεις.....	68
3.2.3.3 Οι συσσωρευτές.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	71
4.1 Εισαγωγή.....	71
4.1.1 Πλεονέκτημα Υβριδικών Συστημάτων.....	71
4.2 Είδη Υβριδικών Συστημάτων.....	71
4.2.1 Διασυνδεδεμένα Συστήματα.....	71
4.2.2 Μη Διασυνδεδεμένα – Αυτόνομα.....	72
4.3 Επιμέρους Στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑ.Δ.Α.....	75
5.1 Εισαγωγή.....	75
5.2 Η ανεμογεννήτρια.....	76
5.3 Τα φωτοβολταϊκά.....	79
5.4 Οι συσσωρευτές.....	86
5.5 Ρυθμιστές φόρτισης.....	90
5.6 Αντιστροφείς – Inverter.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	93
6.1 Εισαγωγή.....	93
6.1.1 Δυσκολίες που Αντιμετωπίστηκαν.....	93
6.2 Μετρητικά Όργανα και Πειραματική Διάταξη.....	94
6.2.1 Μετρήσεις Ηλεκτρικής Κατανάλωσης.....	94
6.2.2 Μετρήσεις Παραγωγής Υβριδικού Σταθμού Φόρτισης Οχημάτων.....	98

6.2.3 Μετρήσεις Θερμοκρασίας.....	100
6.2.4 Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας.....	101
6.2.5 Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού.....	102
6.2.6 Καταγραφικό.....	102
6.3 Ανάλυση της Πειραματικής Διαδικασίας.....	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	104
7.1 Εισαγωγή.....	104
7.2 Προφίλ κατανάλωσης.....	104
7.2.1 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης.....	104
7.2.2 Τυπικό Προφίλ Κατανάλωσης.....	105
7.2.3 Σύγκριση Προφίλ.....	106
7.3 Παράθεση Διαγραμμάτων Πραγματικού Προφίλ ανά Εβδομάδα.....	108
7.4 Παράθεση Διαγραμμάτων Πραγματικού Προφίλ Μέσων 24ώρων.....	117
7.4.1 Χειμερινοί μήνες.....	117
7.4.2 Άνοιξη.....	119
7.4.3 Καλοκαίρι.....	122
7.4.4 Φθινόπωρο.....	124
7.5 Ημερήσια Διαγράμματα Πραγματικού Προφίλ.....	126
7.6 Αναφορά στα Φορτία Νυκτός.....	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	135
8.1 Εισαγωγή.....	135
8.2 Αιολικά Δεδομένα.....	135
8.3 Ηλιακά Δεδομένα.....	143
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	153
9.1 Εισαγωγή.....	153
9.2 Παραγωγή Ανεμογεννήτριας.....	153
9.3 Παραγωγές Φωτοβολταϊκών.....	155
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	160
10.1 Εισαγωγή.....	160
10.2 Διαδικασία Διαστασιολόγησης.....	160

10.3 Αποτελέσματα Διαδικασίας.....	164
10.3.1 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης.....	164
10.3.2 Τυπικό Προφίλ Κατανάλωσης.....	168
10.3.3 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης Χωρίς Φορτία Νυκτός.....	173
10.4 Συγκεντρωτικοί Πίνακες Οικονομικότερων Συστημάτων ανά Προφίλ Βάση Ωρών Απόρριψης.....	178
10.4.1 Ώρες Απόρριψης 200-300.....	178
10.4.2 Ώρες Απόρριψης 100-200.....	181
10.4.3 Ώρες Απόρριψης 0-100.....	185
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	196
11.1 Εισαγωγή.....	196
11.2 Αποτελέσματα των Προφίλ Κατανάλωσης.....	196
11.3 Αποτελέσματα της Επεξεργασίας των Κλιματολογικών Δεδομένων.....	205
11.4 Αποτελέσματα Παραγωγής Ενέργειας από τα ήδη Υπάρχοντα Συστήματα.....	209
11.5 Αποτελέσματα Διαστασιολόγησης.....	213
11.6 Σχόλια-Συμπεράσματα.....	220
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	222

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά ήπειρο.....	26
Διάγραμμα 2: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου.....	27
Διάγραμμα 3: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ήπειρο.....	28
Διάγραμμα 4: Ενεργειακή κατανάλωση ανά Ευρωπαϊκή χώρα.....	29
Διάγραμμα 5: Ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας ανά είδος καυσίμου.....	30
Διάγραμμα 6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου στις Ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2018.....	31
Διάγραμμα 7: Τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα (1990-2018).....	32
Διάγραμμα 8: Παραγωγή ενέργειας ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα (2000-2018).....	33
Διάγραμμα 9: Τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά οικονομικό τομέα στην Ελλάδα (2018).....	34
Διάγραμμα 10: Ποσοστό βασικών καταναλώσεων ενός τυπικού γραφείου.....	37
Διάγραμμα 11: Πραγματικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης.....	104
Διάγραμμα 12: Τυπικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης εργαστηρίου HME&ΠΡΟΠΕ.....	106
Διάγραμμα 13: Σύγκριση συνολικής ετήσιας κατανάλωσης Πραγματικού-Τυπικού προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου HME & ΠΡΟΠΕ.....	107
Διάγραμμα 14: Μηνιαία κατανάλωση (MWh) πραγματικού-τυπικού προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου HME & ΠΡΟΠΕ.....	107
Διάγραμμα 15: Μηνιαία κατανάλωση (kWh) πραγματικού προφίλ κατανάλωσης.....	108
Διάγραμμα 16: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιανουαρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	109
Διάγραμμα 17: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Φεβρουαρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	109
Διάγραμμα 18: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Δεκεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	110
Διάγραμμα 19: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Μαρτίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	111
Διάγραμμα 20: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Απριλίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	111
Διάγραμμα 21: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Μαΐου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	112
Διάγραμμα 22: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιουνίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	113
Διάγραμμα 23: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιουλίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	114
Διάγραμμα 24: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Αυγούστου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	114

Διάγραμμα 25: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Σεπτεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσων εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	115
Διάγραμμα 26: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Οκτωβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσων εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	116
Διάγραμμα 27: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Νοεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσων εβδομαδιαίων καταναλώσεων.....	116
Διάγραμμα 28: Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Δεκεμβρίου.....	117
Διάγραμμα 29: Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Ιανουαρίου.....	117
Διάγραμμα 30: Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Φεβρουαρίου.....	118
Διάγραμμα 31: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των χειμερινών μηνών.....	118
Διάγραμμα 32: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Μαρτίου.....	119
Διάγραμμα 33: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Απριλίου.....	120
Διάγραμμα 34: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Μαΐου.....	120
Διάγραμμα 35: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των ανοιξιάτικων μηνών.....	121
Διάγραμμα 36: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Ιουνίου.....	122
Διάγραμμα 37: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Ιουλίου.....	122
Διάγραμμα 38: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Αυγούστου.....	123
Διάγραμμα 39: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των θερινών μηνών.....	123
Διάγραμμα 40: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Σεπτεμβρίου.....	124
Διάγραμμα 41: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Οκτωβρίου.....	125
Διάγραμμα 42: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Νοεμβρίου.....	125
Διάγραμμα 43: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των φθινοπωρινών μηνών.....	126
Διάγραμμα 44: Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) πραγματικού προφίλ.....	127
Διάγραμμα 45: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Χειμερινών μηνών.....	128
Διάγραμμα 46: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Ανοιξιάτικων μηνών.....	128
Διάγραμμα 47: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Καλοκαιρινών μηνών.....	129
Διάγραμμα 48: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Φθινοπωρινών μηνών.....	129
Διάγραμμα 49: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh) εβδομάδας.....	130
Διάγραμμα 50: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh).....	131
Διάγραμμα 51: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς αφαίρεση φορτίων νυκτός.....	132
Διάγραμμα 52: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης (kWh) με αφαίρεση καταναλωτικών φορτίων νυκτός.....	133
Διάγραμμα 53: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης (MWh) ανά προφίλ.....	133

Διάγραμμα 54: Σύγκριση ετήσιας κατανάλωσης (Wh) ανά προφίλ.....	134
Διάγραμμα 55: Ετήσιο γράφημα αιολικού δυναμικού στα 15μ και στα 35μ.....	135
Διάγραμμα 56: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιανουαρίου.....	136
Διάγραμμα 57: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Φεβρουαρίου.....	136
Διάγραμμα 58: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Μαρτίου.....	137
Διάγραμμα 59: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Απριλίου.....	137
Διάγραμμα 60: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Μαΐου.....	138
Διάγραμμα 61: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιουνίου.....	138
Διάγραμμα 62: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιουλίου.....	139
Διάγραμμα 63: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Αυγούστου.....	139
Διάγραμμα 64: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Σεπτεμβρίου.....	140
Διάγραμμα 65: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Οκτωβρίου.....	140
Διάγραμμα 66: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Νοεμβρίου.....	141
Διάγραμμα 67: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Δεκεμβρίου.....	141
Διάγραμμα 68: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο.....	143
Διάγραμμα 69: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε οριζόντιο επίπεδο.....	144
Διάγραμμα 70: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιανουαρίου.....	144
Διάγραμμα 71: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Φεβρουαρίου.....	145
Διάγραμμα 72: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Μαρτίου.....	145
Διάγραμμα 73: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Απριλίου.....	146
Διάγραμμα 74: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Μαΐου.....	146
Διάγραμμα 75: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιουνίου.....	147

Διάγραμμα 76: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιουλίου.....	147
Διάγραμμα 77: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Αυγούστου.....	148
Διάγραμμα 78: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Σεπτεμβρίου.....	148
Διάγραμμα 79: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Οκτωβρίου.....	149
Διάγραμμα 80: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Νοεμβρίου.....	149
Διάγραμμα 81: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο Δεκεμβρίου.....	150
Διάγραμμα 82: Συγκριτικό γράφημα μέσης μηνιαίας κατανομής ταχύτητας ανέμου (m/s) στα 15μ. και στα 35μ.....	151
Διάγραμμα 83: Μέση μηνιαία κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.....	151
Διάγραμμα 84: Μηνιαία κατανομή θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.....	152
Διάγραμμα 85: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ κατά ύψος.....	153
Διάγραμμα 86: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 35μ κατά ύψος.....	154
Διάγραμμα 87: Συγκριτικό γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ και στα 35μ.....	154
Διάγραμμα 88: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Phaesun στην οροφή της αίθουσας Γ015.....	155
Διάγραμμα 89: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Kyocera στην οροφή της αίθουσας Γ015.....	156
Διάγραμμα 90: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων Aleo στην οροφή της αίθουσας Γ015.....	156
Διάγραμμα 91: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Virtus του υβριδικού σταθμού φόρτισης οχημάτων.....	157
Διάγραμμα 92: Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιας κατανομής της ενεργειακής παραγωγής όλων των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	157
Διάγραμμα 93: Μηνιαία παραγωγή όλων των διαθέσιμων φωτοβολταϊκών πλαισίων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.....	158
Διάγραμμα 94: Συγκριτικό γράφημα ετήσιας παραγωγής εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	159
Διάγραμμα 95: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης.....	164
Διάγραμμα 96: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.....	164
Διάγραμμα 97: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW - Πραγματικό προφίλ.....	165

Διάγραμμα 98: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ.....	165
Διάγραμμα 99: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.....	166
Διάγραμμα 100: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW - Πραγματικό προφίλ.....	166
Διάγραμμα 101: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης.....	167
Διάγραμμα 102: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.....	167
Διάγραμμα 103: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW - Πραγματικό προφίλ.....	168
Διάγραμμα 104: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.....	168
Διάγραμμα 105: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ.....	169
Διάγραμμα 106: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW - Τυπικό προφίλ.....	169
Διάγραμμα 107: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.....	170
Διάγραμμα 108: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ.....	170
Διάγραμμα 109: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW - Τυπικό προφίλ.....	171
Διάγραμμα 110: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.....	171
Διάγραμμα 111: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ.....	172
Διάγραμμα 112: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW - Τυπικό προφίλ.....	172
Διάγραμμα 113: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.....	173
Διάγραμμα 114: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	173
Διάγραμμα 115: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	174
Διάγραμμα 116: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.....	174
Διάγραμμα 117: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	175
Διάγραμμα 118: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	175

Διάγραμμα 119: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.....	176
Διάγραμμα 120: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	176
Διάγραμμα 121: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.....	177
Διάγραμμα 122: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 200-300h απόρριψης.....	180
Διάγραμμα 123: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 100-200h απόρριψης.....	184
Διάγραμμα 124: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 0-100h απόρριψης.....	195
Διάγραμμα 125: Πραγματικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης.....	196
Διάγραμμα 126: Τυπικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης εργαστηρίου ΗΜΕ&ΠΡΟΠΕ.....	197
Διάγραμμα 127: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης (kWh) με αφαίρεση καταναλωτικών φορτίων νυκτός.....	197
Διάγραμμα 128: Σύγκριση ετήσιας κατανάλωσης (kWh) ανά προφίλ.....	198
Διάγραμμα 129: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης (MWh) ανά προφίλ.....	198
Διάγραμμα 130: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των χειμερινών μηνών.....	200
Διάγραμμα 131: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των ανοιξιάτικων μηνών.....	201
Διάγραμμα 132: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των θερινών μηνών.....	202
Διάγραμμα 133: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των φθινοπωρινών μηνών.....	203
Διάγραμμα 134: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh) εβδομάδας.....	204
Διάγραμμα 135: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh).....	204
Διάγραμμα 136: Ετήσιο γράφημα αιολικού δυναμικού στα 15μ και στα 35μ.....	205
Διάγραμμα 137: Συγκριτικό γράφημα μέσης μηνιαίας κατανομής ταχύτητας ανέμου (m/s) στα 15μ. και στα 35μ.....	206
Διάγραμμα 138: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε κεκλιμένο επίπεδο.....	207
Διάγραμμα 139: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m ²) σε οριζόντιο επίπεδο.....	207

Διάγραμμα 140: Μέση μηνιαία κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.....	208
Διάγραμμα 141: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ κατά ύψος.....	209
Διάγραμμα 142: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 35μ κατά ύψος.....	29
Διάγραμμα 143: Συγκριτικό γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ και στα 35μ.....	210
Διάγραμμα 144: Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιας κατανομής της ενεργειακής παραγωγής όλων των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	211
Διάγραμμα 145: Μηνιαία παραγωγή όλων των διαθέσιμων φωτοβολταϊκών πλαισίων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.....	211
Διάγραμμα 146: Συγκριτικό γράφημα ετήσιας παραγωγής εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	212
Διάγραμμα 147: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 200-300h απόρριψης.....	215
Διάγραμμα 148: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 100-200h απόρριψης.....	217
Διάγραμμα 149: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 0-100h απόρριψης.....	219

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατανάλωση βασικών συσκευών γραφείου.....	38
Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας Whisper 100.....	78
Πίνακας 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.....	80
Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων Phaesun.....	81
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πλαισίου Aleo.....	83
Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πλαισίου Virtus.....	85
Πίνακας 7: Διαστάσεις συσσωρευτών.....	87
Πίνακας 8: Πίνακας χωρητικότητας συσσωρευτών με βάση των ρυθμό αποφόρτισης τους.....	88
Πίνακας 9: Μορφή δεδομένων του μετρητή κατανάλωσης.....	103
Πίνακας 10: Μορφή δεδομένων μετρητή μετά την πρώτη επεξεργασία.....	103
Πίνακας 11: Συντελεστής χρησιμοποίησης εγκατεστημένης ισχύος του εργαστηρίου.....	106
Πίνακας 12: Παράμετροι διαστασιολόγησης.....	161
Πίνακας 13: Κόστη εγκατάστασης.....	162
Πίνακας 14: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης.....	178
Πίνακας 15 Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης.....	179
Πίνακας 16 Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης.....	179
Πίνακας 17: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).....	180
Πίνακας 18: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).....	182
Πίνακας 19: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).....	183
Πίνακας 20: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).....	185
Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).....	187
Πίνακας 22: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).....	191

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο σύνολο της επικρατείας στον τριτογενή τομέα ανά είδος χρήσης κτηρίου (2018).....35

Εικόνα 2: Πράσινη ενέργεια και αειφόρος ανάπτυξη.....39

Εικόνα 3: Ένταση αιολικού δυναμικού της Ελλάδας.....42

Εικόνα 4: Ένταση αιολικού δυναμικού Αττικής.....43

Εικόνα 5: Πολικό διάγραμμα διεύθυνσης ανέμου.....43

Εικόνα 6: Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα.....44

Εικόνα 7: Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα.....45

Εικόνα 8: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.....45

Εικόνα 9: Βασικά μέρη κελύφους ανεμογεννήτριας.....46

Εικόνα 10: Προφίλ ταχύτητας ανέμου με την επίδραση του ύψους από το έδαφος.....47

Εικόνα 11: Βαθμός απόδοσης διάφορων τύπων ανεμογεννήτριας συναρτήσει της παραμέτρου λ.....48

Εικόνα 12: Αδιάστατη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας ανεμογεννήτριας.....49

Εικόνα 13: Μικρές ανεμογεννήτριες σε οροφή κτηρίου.....51

Εικόνα 14: Μικρές ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα.....52

Εικόνα 15: Μικρή ανεμογεννήτρια σε αστικό περιβάλλον.....52

Εικόνα 16: Μικρό υβριδικό σύστημα σε κατοικία.....53

Εικόνα 17: Μικρές ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα σε κτήριο.....53

Εικόνα 18: Επίδραση τραχύτητας του εδάφους στο ύψος του οριακού στρώματος.....54

Εικόνα 19: Παγκόσμια ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.....56

Εικόνα 20: Ένταση ηλιακού δυναμικού στην Ελληνική επικράτεια.....57

Εικόνα 21: Λειτουργία φωτοβολταϊκού πλαισίου.....59

Εικόνα 22: Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο.....60

Εικόνα 23: Πολυκρυσταλλικό πλαίσιο.....60

Εικόνα 24: Άμορφο πλαίσιο.....61

Εικόνα 25: Θερμικό ηλιακό σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.....62

Εικόνα 26: Συνδεσμολογία εν σειρά.....64

Εικόνα 27: Συνδεσμολογία πάνελ εν παράλληλο.....65

Εικόνα 28: Σταθερή βάση στήριξης φωτοβολταϊκού στοιχείου.....66

Εικόνα 29: Βάση στήριξης με σύστημα κατεύθυνσης-περιστροφής.....67

Εικόνα 30: Γωνία τοποθέτησης φωτοβολταϊκού πάνελ με βάση τον προσανατολισμό.....	67
Εικόνα 31: Ισχύς συναρτήσει διάρκειας ζωής διαφόρων τρόπων αποθήκευσης ενέργειας.....	69
Εικόνα 32: Γραφική απεικόνιση λειτουργίας συσσωρευτή.....	70
Εικόνα 33: Διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα (Net metering).....	72
Εικόνα 34: Αυτόνομο υβριδικό σύστημα.....	73
Εικόνα 35: Διάγραμμα ροής ενέργειας υβριδικού σταθμού φόρτισης οχημάτων Carport.....	75
Εικόνα 36: Διάγραμμα ροής υβριδικού σταθμού εντός του εργαστηρίου HME & ΠΡΟΠΕ.....	76
Εικόνα 37: Ανεμογεννήτρια Whisper 100 και ανεμόμετρο.....	77
Εικόνα 38: Χαρακτηριστική καμπύλη ανεμογεννήτριας Whisper 100.....	77
Εικόνα 39: Χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος και μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής ανεμογεννήτριας.....	78
Εικόνα 40: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Kyocera-Phaesun) στην οροφή του κτηρίου Γ.....	79
Εικόνα 41: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.....	80
Εικόνα 42: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Βαθμού απόδοσης) φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.....	81
Εικόνα 43: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Aleo) στην οροφή του κτηρίου Γ.....	82
Εικόνα 44: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Aleo.....	83
Εικόνα 45: Υβριδικός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων Carport.....	84
Εικόνα 46: Οι συσσωρευτές εντός του εργαστηρίου HME & ΠΡΟΠΕ.....	84
Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα συσσωρευτών Rolls.....	85
Εικόνα 48: Διάγραμμα κύκλου φορτίσεων συναρτήσει του βάθους αποφόρτισης.....	86
Εικόνα 49: Τμήματα της εγκατάστασης του Carport (πίνακες ελέγχου, συσσωρευτές κτλ.).....	87
Εικόνα 50: Η τεχνολογία MPPT (Maximum Power Point Tracking).....	88
Εικόνα 51: Μετρητής κατανάλωσης ενέργειας Efergy Engage Gateway.....	95
Εικόνα 52: Τοποθέτηση και σύνδεση πομπού-δέκτη του μετρητή.....	96
Εικόνα 53: Διαδραστική διαδικτυακή πλατφόρμα του προϊόντος.....	96
Εικόνα 54: Παρουσίαση διαγραμμάτων μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας της Efergy.....	97

Εικόνα 55: Εξαγωγή μετρήσεων κατανάλωσης μέσω της διαδικτυακής πύλης.....	97
Εικόνα 56: Διαδραστική ηλεκτρονική πλατφόρμα καταγραφής δεδομένων του Carport.....	98
Εικόνα 57: Εξαγωγή διαγραμμάτων και δεδομένων.....	99
Εικόνα 58: Θερμόμετρο-Υγρασιόμετρο Logit LTH.....	100
Εικόνα 59: Διαδραστική πλατφόρμα καταγραφής των θερμοκρασιών.....	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 Εισαγωγή

Από την πρώτη στιγμή της εμφάνισης της ανθρωπότητας επάνω στον πλανήτη, το ανθρώπινο είδος σε μια προσπάθειά του να αυξήσει το βιοτικό του επίπεδο και να κάνει τη ζωή του ευκολότερη και πιο ποιοτική βρίσκεται σε μία συνεχή τεχνολογική εξέλιξη με προσανατολισμό την αξιοποίηση όλο και μεγαλύτερων ποσών ενέργειας. Μετά το τεράστιο προοδευτικό άλμα από την ανακάλυψη της φωτιάς, μέχρι και τη βιομηχανική επανάσταση του 18^{ου} αιώνα στη Μ. Βρετανία, όπου το ξύλο και η μυϊκή δύναμη αντικαταστάθηκε από τη χρήση των μηχανών, του άνθρακα και του πετρελαίου, ο άνθρωπος έχει κατασπαταλήσει αλόγιστα τους γήινους πόρους οι οποίοι, χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να αποταμιευθούν στο υπέδαφος.

Ο άνθρωπος άργησε να συνειδητοποιήσει τις διαστάσεις των προβλημάτων που έχει προκαλέσει η αλόγιστη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Η μετατροπή των ορυκτών πόρων σε ενέργεια έχει επιφέρει μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα όπως είναι η εκπομπή αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα, η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων, η αποψίλωση των δασών και άλλα. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής η οποία πλέον είναι αδιαμφισβήτητα ορατή από όλους.

Οι κυριότερες αιτίες που έχουν οδηγήσει στην υπερκατανάλωση των μη ανανεώσιμων πόρων είναι μεταξύ άλλων η συνεχώς αυξανόμενη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, η αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη, η έλλειψη ενεργειακής παιδείας με σκοπό την ορθολογικότερη χρήση της, η άνιση αξιοποίησης της ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες και οι απώλειες μεταφοράς και παραγωγής λόγω των χαμηλών βαθμών απόδοσης, των σύγχρονων συστημάτων και μηχανών.

Η λύση για της διάφορες πτυχές του προβλήματος τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο θα πρέπει να βασίζεται σε δύο πυλώνες. Αρχικά ο πρώτος αφορά την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη δημιουργία και ανάπτυξη της τεχνολογία τους. Ο δεύτερος βασίζεται σε μείωση των ενεργειακών ρύπων, σε μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας και τέλος σε βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για παραγωγή ενέργειας ή την καθημερινή χρήση.

Η ανησυχία που δημιουργήθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο οδήγησε τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών σε μία σειρά από συνόδους με σκοπό τη συζήτηση του θέματος και την εύρεση μία κοινής λύσης. Μεταξύ άλλων υιοθετήθηκε το 1996 το Πρωτόκολλο του Κιότο από το μεγαλύτερο μέρος των κρατών το οποίο προβλέπει, τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από της ανεπτυγμένες χώρες κατά 5% για την περίοδο 2008-2012, την αγοραπωλησία ρύπων και την ισχυρή δέσμευσή τήρησης του στόχου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με τη σειρά της έχει θεσπίσει μια σειρά μέτρων με προσανατολισμό το κλίμα και την ενέργεια. Τα κράτη μέλη της έχουν δεσμευτεί σε εθνικό επίπεδο από μια σειρά νομικών πλαισίων με σκοπό την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ζητήματος και την επίτευξη του στόχου 20-20-20 . Πιο συγκεκριμένα η στρατηγική «Ευρώπη 2020» που τέθηκε σε εφαρμογή το 2008 προβλέπει τη μείωση

των αέριων εκπομπών κατά 20% για όλα τα κράτη μέλη της, την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 20% και αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% σε κτήρια και ενεργειακά συστήματα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν σοβαρές επενδυτικές ενέργειες για την επίτευξη των δύο πρώτων στόχων και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα κράτη μέλη μαζί με την Ελλάδα βρίσκονται πολύ κοντά στην εκπλήρωση του πλαισίου. Ο στόχος ο οποίος υστερεί περισσότερο είναι εκείνος της ενεργειακής απόδοσης καθώς πέρα των επενδύσεων άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι η ενεργειακή συνείδηση, η σωστή οργάνωση και διαχείριση της και η χρήση νέων τεχνολογιών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη αναβάθμισης ενός υβριδικού σταθμού ο οποίος βρίσκεται εντός του εργαστηρίου των Ηπίων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Στόχο της εν λόγω αναβάθμισης αποτελεί η ενεργειακή κάλυψη των καταναλώσεων από ανανεώσιμες πηγές σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό είναι αυτό εφικτό.

Η εργασία συγκροτείται από συνολικά, 11 κεφάλαια με το παρών να αποτελεί το πρώτο το οποίο αποτυπώνει το σημερινό πρόβλημα και κατάσταση καθώς και των επικρατέστερων λύσεων. Επιπλέον αναφέρεται ο σκοπός και το αντικείμενο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται ερεύνα και ανάλυση της σημερινής κατάστασης όσον αφορά την κατανάλωση και το μείγμα της ενέργειας σε Παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο. Επίσης δίνεται έμφαση στην κατανάλωση του κτηριακού περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα στον τριτογενή τομέα όπου εντάσσεται το εν λόγω εργαστήριο. Επιπλέον αναφέρονται βασικές καταναλώσεις γραφείου και άλλες πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας πέραν της επέμβασης της αναβάθμισης με τεχνολογίες ΑΠΕ.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τις ανανεώσιμες πηγές ενώ δίνεται περισσότερη έμφαση στην αιολική και την ηλιακή καθώς και στις τεχνολογίες και μεθόδους εκμετάλλευσης και αξιοποίησης τους. Τέλος γίνεται αναφορά στις μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα βασικά είδη υβριδικών συστημάτων και στα επιμέρους στοιχεία τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δύο βασικές υβριδικές εγκαταστάσεις που διαθέτει το τμήμα. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία τους, τα διαγράμματα ροής και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας καθώς και όλων των μετρητικών οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την περισυλλογή των δεδομένων με σκοπό τη διαστασιολόγηση του συστήματος

Στο έβδομο κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση από την επεξεργασία των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας και η δημιουργία των προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των κλιματολογικών δεδομένων που επικράτησαν κατά το δεδομένο έτος.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πραγματικές και οι θεωρητικές παραγωγές που προέκυψαν από τους δύο σταθμούς κατά το υπό εξέταση έτος.

Στο δέκατο κεφάλαιο γίνεται η διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού με βάση την επεξεργασία των δεδομένων των προηγούμενων τριών κεφαλαίων. Αναφέρονται οι λύσεις που προέκυψαν καθώς και το επενδυτικό κόστος.

Τέλος, στο ενδέκατο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα σημαντικότερα αποτελέσματα της μελέτης καθώς και η καλύτερες λύσεις.

1.2 Λόγοι Ανάπτυξης Προφίλ Κατανάλωσης

Όπως προαναφέρθηκε τα τελευταία 70 χρόνια οι καταναλωτικές ανάγκες του σύγχρονου τρόπου ζωής έχουν αυξηθεί. Οι άνθρωποι καταναλώνουν όλο και περισσότερη ενέργεια χωρίς αυτό να γίνεται αντιληπτό από το μεγαλύτερο ποσοστό. Το παραπάνω γεγονός οφείλεται στην όλο και μεγαλύτερη διεισδύσει των ηλεκτρικών συσκευών σε όλους τους τομείς της οικονομίας, σε σημείο πλέον που υπάρχει άμεση εξάρτηση από αυτές. Οι γρήγοροι ρυθμοί ζωής καθώς και η μεγάλη αστικοποίηση έχουν δημιουργήσει συνήθειες οι οποίες, είναι δύσκολα αντιληπτές από τους πολίτες. Το άνοιγμα μίας λάμπας για φωτισμό ή η χρήση κλιματιστικών συσκευών για ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης, έχουν πλέον γίνει αυτονόητες έννοιες και πολλοί πλέον καταλήγουν σε αλόγιστη χρήση τους. Για αυτόν το λόγο γίνονται τα τελευταία χρόνια σημαντικές ενέργειες για τη δημιουργία προφίλ καταναλωτών με απώτερο σκοπό τον καλύτερο έλεγχο και πρόβλεψη της ζήτησης. Προβλέποντας τη ζήτηση οι παραγωγοί ενέργειας μπορούν, να είναι σε θέση να έχουν μία εικόνα της πραγματικότητας και να ρυθμίσουν την απαιτούμενη παραγωγή της η οποία προορίζεται για τους καταναλωτές.

Για να μπορέσει αυτό να γίνει εφικτό είναι σημαντική η έρευνα για την εύρεση των καταναλωτικών συνθηκών και των δραστηριοτήτων των ανθρώπων σε καθημερινή βάση με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης της κατανάλωσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις καταναλωτικές συνήθειες διαφέρουν από έτος σε έτος, από εποχή σε εποχή, από τον κοινωνικό περίγυρο, την οικονομική δραστηριότητα, το βιοτικό επίπεδο, το μορφωτικό επίπεδο, το κλίμα και τον τόπο. Τα μοντέλα αυτά θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια λαμβάνοντας υπό όψιν όλους τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, ενώ οι αστάθμητοι παράγοντες που δεν μπορούν να προβλεφθούν να μην ξεπερνούν τα επιθυμητά όρια.

Με βάση όλα τα παραπάνω λοιπόν διαπιστώνεται ότι η ζήτηση ενέργειας παρουσιάζει έντονη ποικιλομορφία και για την ανάπτυξη προφίλ καταναλωτή, υπάρχουν πλέον κοινές γραμμές ούτως ώστε κάποιος να αναπτύξει κάποιο μοντέλο, λαμβάνοντας υπό όψιν όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες. Έτσι, το προφίλ κατανάλωσης θα εμφανίζει να μεν αποκλίσεις από την πραγματικότητα αλλά παράλληλα θα αντιπροσωπεύει ένα πολύ μεγάλο μέρος των καταναλωτών.

Τέλος, πέραν της δημιουργίας των προφίλ κατανάλωσης γίνονται σημαντικές ενέργειες από τις εδρεύουσες πολιτείες για προώθηση οικονομικότερων οικιακών συσκευών, ανάπτυξη και χρήση υβριδικών συστημάτων και εκπαίδευση για την ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας.

Η δημιουργία προφίλ των καταναλωτικών συνηθειών των πολιτών ακολουθεί ανοδική τάση τα τελευταία χρόνια και έχει σκοπό την αποδοτικότερη αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας. Αν το μέγεθος της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι γνωστό για κάθε χρονική στιγμή, καταστάται εφικτή η πρόβλεψη τόσο του συνόλου της όσο και των φορτίων αιχμής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το καλύτερο σχεδιασμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών, με μέσα που είναι πλέον γνωστό ότι είναι αποδοτικότερα και οικονομικότερα.

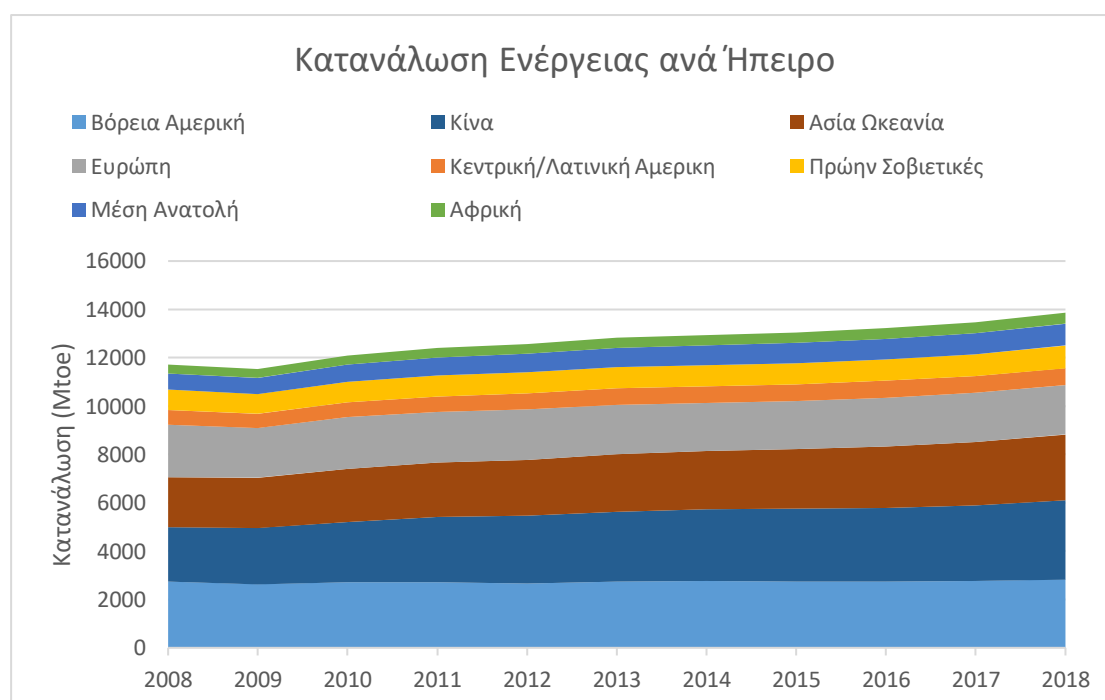
Η ανάπτυξη δικτύων τα οποία αποτελούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δίνουν τη δυνατότητα, όχι μόνο στον παραγωγό αλλά και στον καταναλωτή για προσωπική διαχείριση της ενέργειας του. Έτσι ο καταναλωτής μπορεί να γίνει παραγωγός ενισχύοντας το ήδη υπάρχον δίκτυο και παράλληλα ωφελείται οικονομικά. Οι εταιρίες παροχής ενέργειας από την άλλη πλευρά ωφελούνται προσθέτοντας άλλον ένα καταναλωτή-παραγωγό στο πελατολόγιο τους από τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν το υβριδικό σύστημα του για να καλύψουν μεγάλες ανάγκες ζήτησης σε ώρες αιχμής, ομαλοποιώντας έτσι το δίκτυο και προγραμματίζοντας καλύτερα την παραγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

2.1 Η Ενεργειακή Κατανάλωση στον Κόσμο

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση ενέργειας, είτε ηλεκτρικής, είτε θερμικής συνεχώς αυξάνεται. Ο σημερινός άνθρωπος είναι πλέον άμεσα εξαρτημένος από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και η ανάγκη για περισσότερη παραγωγή είναι μεταξύ άλλων πρωταρχικός στόχος της σύγχρονης κοινωνίας. Με βάση τα στοιχεία στατιστικών υπηρεσιών όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Ενέργειας (Energy Information Administration) και η εταιρεία παροχής καυσίμων BP η τελική συνολική κατανάλωση ενέργειας για το έτος 2018-2019 ανέρχεται στα 13864,8Mtoe με προβλέψεις να δείχνουν ότι μέχρι το έτος 2030 θα υπάρξει αύξηση 20% στα παραπάνω νούμερα.

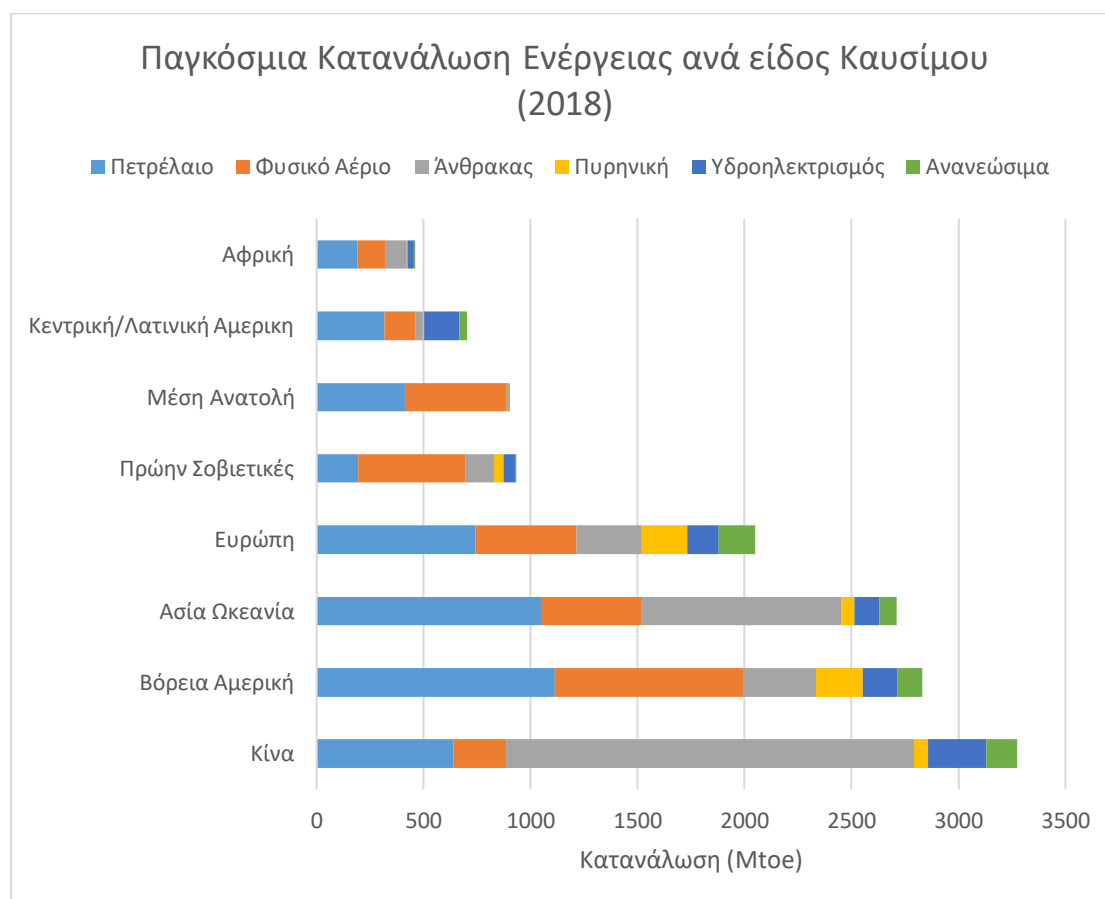
Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο απεικονίζονται συγκεντρωμένα ενεργειακά στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας ανά περιοχή του πλανήτη για την περίοδο 2008-2018, διακρίνεται ότι το μεγαλύτερο μερίδιο ενέργειας για το έτος 2018-2019 κατανέμεται κατά φθίνουσα σειρά σε χώρες της Ασίας-Ωκεανίας με 5985,8 Mtoe , στη Βόρεια Αμερική με 2832 Mtoe, στην Ευρώπη με 2050,7 Mtoe, στις Πρώην Σοβιετικές με 930,5 Mtoe στη μέση Ανατολή με 902,3 Mtoe στην Κεντρική και Λατινική Αμερική 702 Mtoe και τέλος στην Αφρική με 461,5 Mtoe [1],[2].



Διάγραμμα 1: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά ήπειρο. [1],[2]

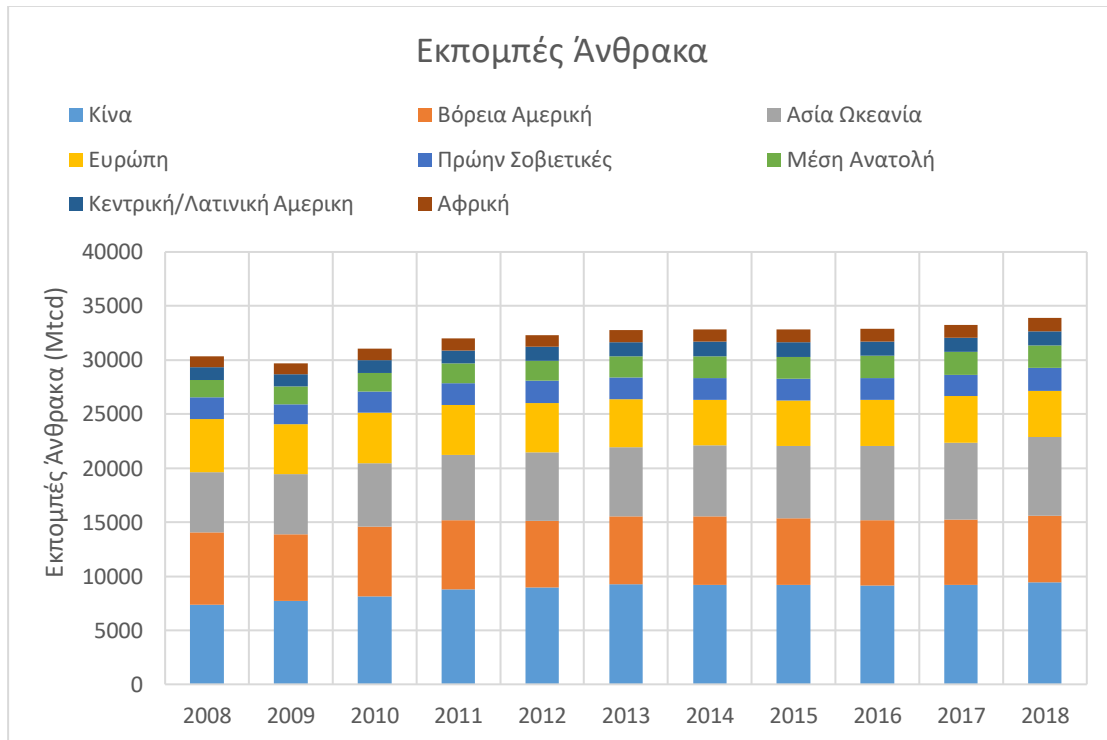
Η σημερινή κατάσταση όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας προϋποθέτει κυρίως τη χρήση ορυκτών καυσίμων τα οποία είναι πολύ ρυπογόνα για το περιβάλλον, καθώς αποβάλλουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του

θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα το ενεργειακό μείγμα παγκοσμίως αποτελείται από 27% άνθρακα, 34% πετρέλαιο, 23% φυσικό αέριο, 5% πυρηνική ενέργεια, 6% υδροηλεκτρική ενέργεια και περίπου 5% από λοιπές ανανεώσιμες πηγές. Οι χώρες του Δυτικού κόσμου έχουν καταφέρει να μειώσουν σημαντικά τη χρήση των πιο περιβαλλοντικά επιβλαβών ορυκτών καυσίμων. Η Κίνα αποτελεί τη χώρα με την υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση κάρβουνου σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ασίας και της Ωκεανίας και συμβάλει στο μεγαλύτερο ποσοστό μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Ωστόσο, όσον αφορά τη χρήση των ειδών πετρελαίου οι περιοχές με την περισσότερη κατανάλωση του, αποτελούν οι χώρες της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης. Επιπλέον παρατηρείται ελάχιστο μερίδιο της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο σε ότι αφορά της ανανεώσιμες πηγές που είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον, σε όλη την επικράτεια του πλανήτη. Καταλαβαίνει λοιπόν κανείς το πόσο σημαντικό είναι οι περισσότερες ενεργειακά εξαρτώμενες χώρες, οι οποίες έχουν την τεχνολογία, να αναπτύξουν και να επενδύσουν σε περισσότερα ανανεώσιμα ενεργειακά έργα ώστε να μειώσουν το αποτύπωμα του άνθρακα [1],[2].



Διάγραμμα 2: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου [1],[2]

Για να μπορέσει να δοθεί μια γενικότερη εικόνα του προβλήματος συλλέχθηκαν επιπλέον δεδομένα από τα αρχεία της BP που αφορούν της εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ήπειρο. Κατά γενική ομολογία, παρά τα μέτρα που έχουν ληφθεί για τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, η παραγωγή αυτών συνεχώς αυξάνεται. Το μεγαλύτερο μερίδιο το έχουν οι χώρες της Ασίας που δεν είναι τόσο τεχνολογικά ανεπτυγμένες και ακολουθούν οι χώρες της Βορείου Αμερικής και της Ευρώπης. Σημειώνεται ότι στο σύνολο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι χώρες της Ασία και πιο συγκεκριμένα η Κίνα, ευθύνονται για το 50% των εκπομπών σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες Ηπείρους [1],[2].

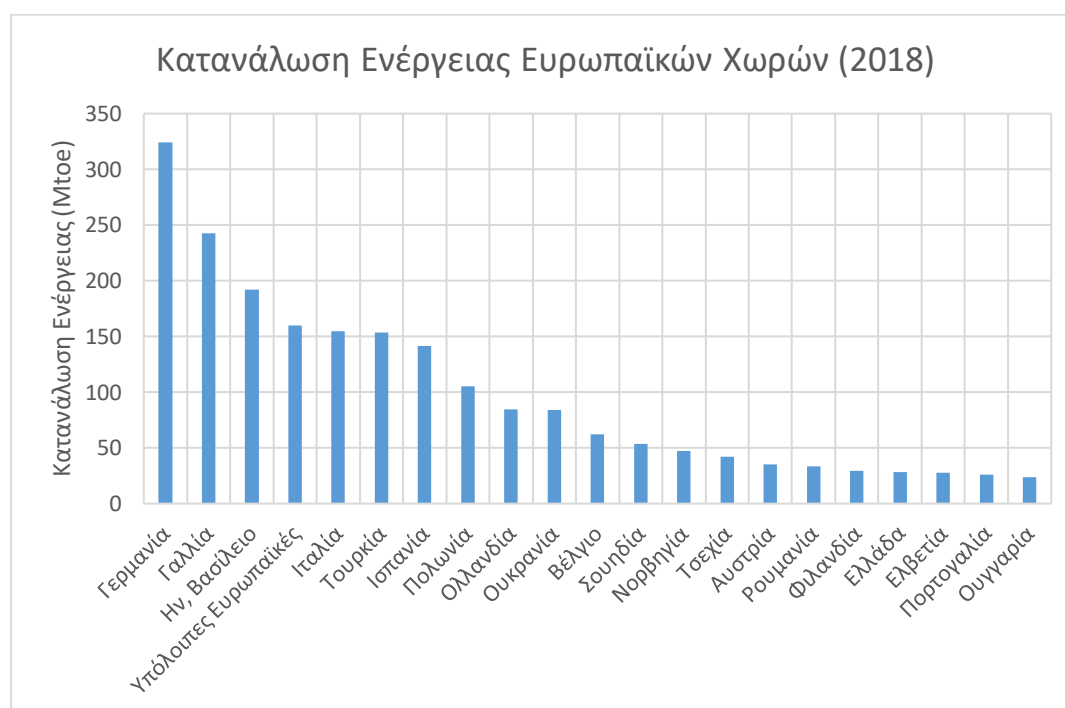


Διάγραμμα 3: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ήπειρο[1],[2].

2.2 Η κατανάλωση Ενέργεια στην Ευρώπη & στην Ελλάδα.

2.2.1 Η Κατανάλωση Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο η συνολική κατανάλωση ενέργειας στις διάφορες μορφές της ανέρχεται στους 2050,7 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Μtoe) για το έτος 2018. Πρώτες σε κατανάλωση ανέρχονται η Γερμανία με 325 Μtoe, η Γαλλία με 240 Μtoe και το Ηνωμένο Βασίλειο με 190 Μtoe. Ακολουθούν η Ιταλία, η Τουρκία, η Ισπανία και η Πολωνία με Μέση κατανάλωση 140Μtoe και τέλος οι υπόλοιπες χώρες με μέση κατανάλωση ενέργειας που κυμαίνεται μεταξύ 30 και 70 Μtoe. Η Ελλάδα βρίσκεται χαμηλά στην κατάταξη όσον αφορά το τομέα της ενέργειας και την αγορά της, με ετήσια κατανάλωση 30 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου [2],[4].

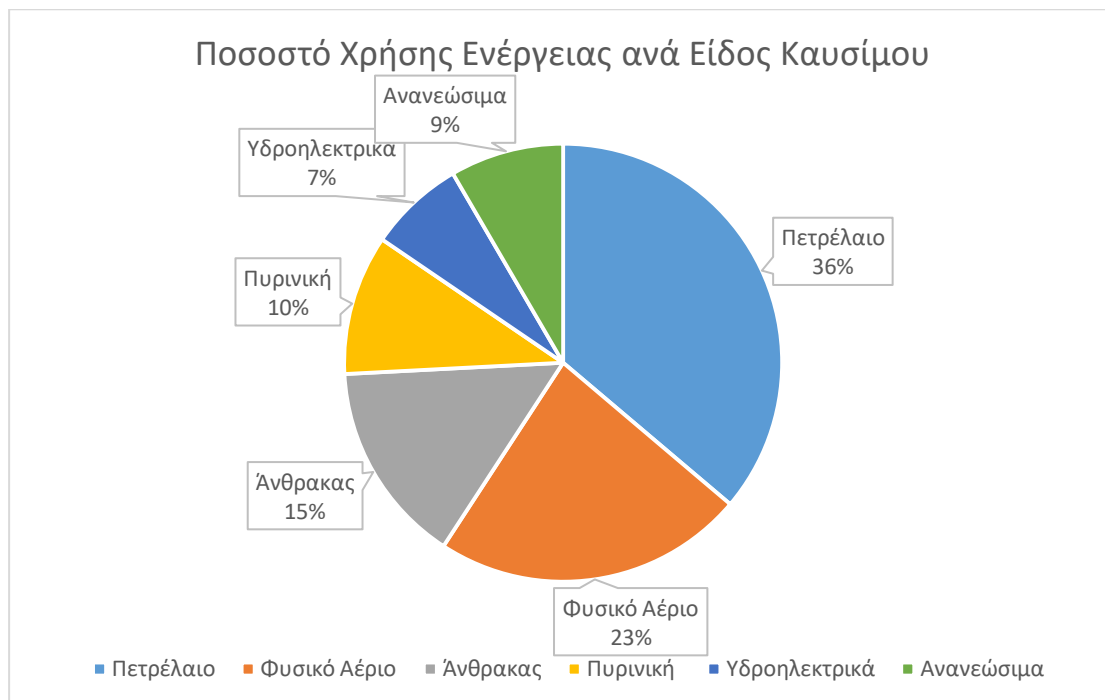


Διάγραμμα 4: Ενεργειακή κατανάλωση ανά Ευρωπαϊκή χώρα [2][4].

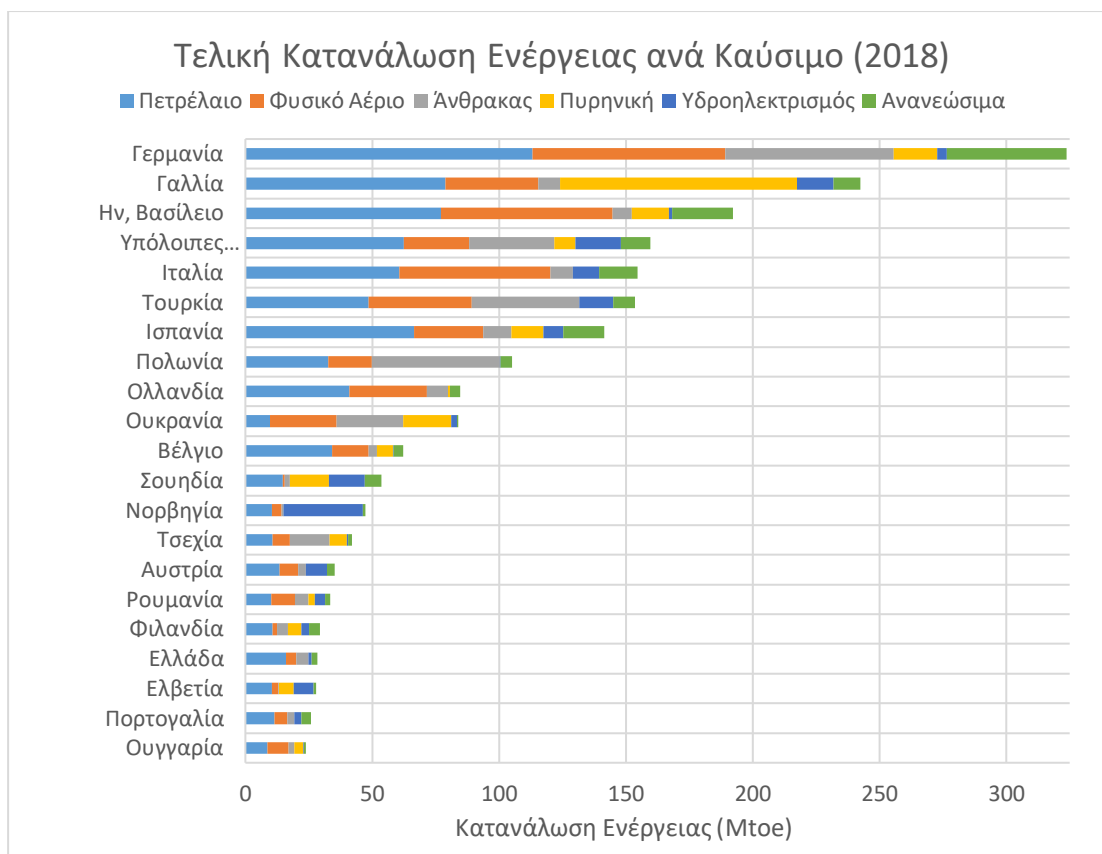
Εξετάζοντας την Ευρώπη σαν σύνολο το ενεργειακό της μείγμα, όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, αποτελείται κυρίως από το πετρέλαιο με ποσοστό 36% επί του συνόλου, φυσικό αέριο με 23%, άνθρακα 15%, πυρηνική ενέργεια 10%, ανανεώσιμες πηγές 9% και υδροηλεκτρικά 7%.

Σημειώνεται ότι από την ενεργειακή κρίση του 1973 η Ευρώπη συνειδητοποίησε τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο η χρήση του πετρελαίου. Ακόμη μέχρι και σήμερα η ενεργειακή εξάρτηση της ΕΕ από τις χώρες του Κόλπου και της Ρωσίας είναι εμφανής και αυτό διαπιστώνεται από τα υψηλά ποσοστά στο ενεργειακό μείγμα της, όσον αφορά το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Σε οικονομικό επίπεδο η τιμή του πετρελαίου σήμερα συνεχώς αυξομειώνεται λόγω της πολιτικής αστάθειας που επικρατεί στη Μέση Ανατολή και Βενεζουέλα, δημιουργώντας προβλήματα στην αγορά.

Ο άνθρακας από την άλλη πλευρά βρίσκεται σε αφθονία στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο και αποτελεί την πιο φθηνή λύση. Ωστόσο έχει αποδειχθεί ότι είναι η κύρια αιτία μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Το ποσοστό του 10% στις ανανεώσιμες θα έλεγε κανείς ότι είναι αρκετά αισιόδοξο και δείχνει ότι οι περισσότερες χώρες έχουν συμμορφωθεί όσον αφορά τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Ωστόσο υπάρχει ακόμα πολύ δρόμος και πρέπει να καταβληθεί αρκετή προσπάθεια τόσο σε ατομικό, πολιτικό και εθνικό επίπεδο για να μπορέσει η ανθρωπότητα να περάσει σε μια εποχή πράσινης ενέργειας [2].



Διάγραμμα 5: Ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας ανά είδος καυσίμου [2].



Διάγραμμα 6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου στις Ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2018 [2].

2.2.2 Η Κατάσταση στην Ελλάδα

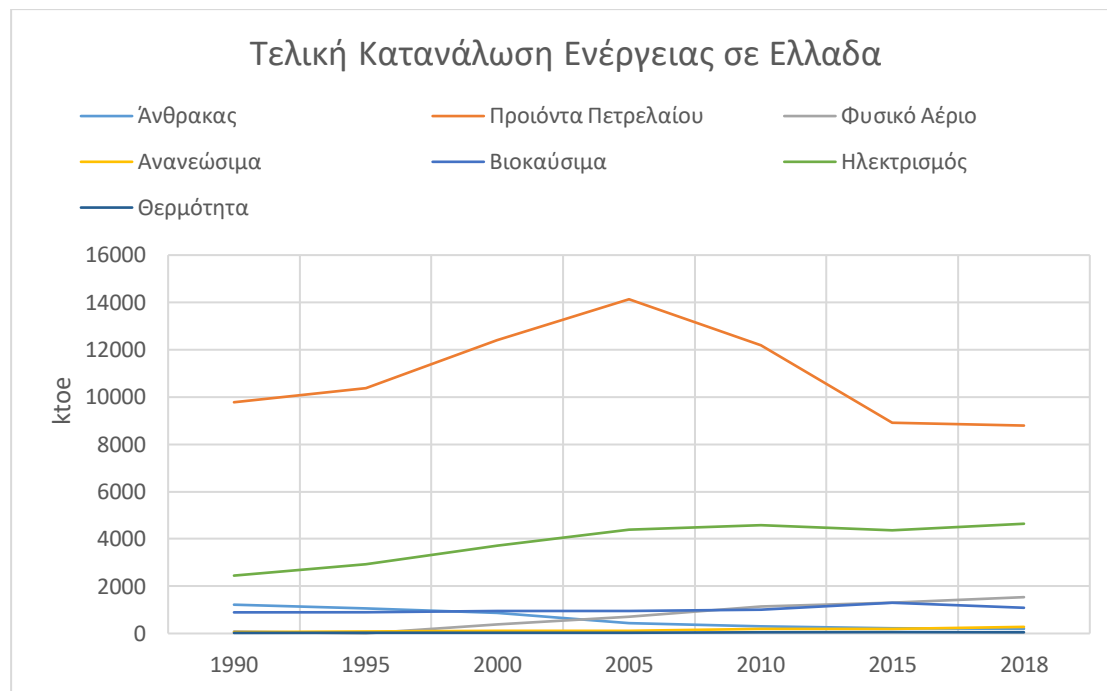
Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα στοιχεία της έρευνας τα οποία αφορούν την κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας τα τελευταία 30 χρόνια. Θα αναλυθεί το μέγεθος και το είδος χρήσης καυσίμου και θα δοθεί περισσότερη έμφαση στο ενεργειακό μείγμα για παραγωγή ηλεκτρισμού.

Σύμφωνα με τα στοιχεία () η Ελλάδα εξαρτάται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό από τη χρήση του πετρελαίου με συνολική κατανάλωση περίπου 9000ktoe. Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για τη θέρμανση, τις μεταφορές και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συστήματα μη διασυνδεδεμένα με το εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Η χρήση υδρογονανθράκων για τη θέρμανση των σπιτιών δείχνει το πόσο μη αποδοτικά είναι τα σημερινά κτήρια καθώς τα περισσότερα περιλαμβάνουν λέβητα. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μια πτώση στη χρήση του πετρελαίου που οφείλεται κυρίως στο γεγονός της οικονομικής κρίσης καθώς και στο άνοιγμα της αγοράς του φυσικού αερίου. Επιπλέον η δημιουργία υβριδικών σταθμών για την αυτονομία κτηρίων έχει συμβάλει σημαντικά σε αυτήν τη μείωση.

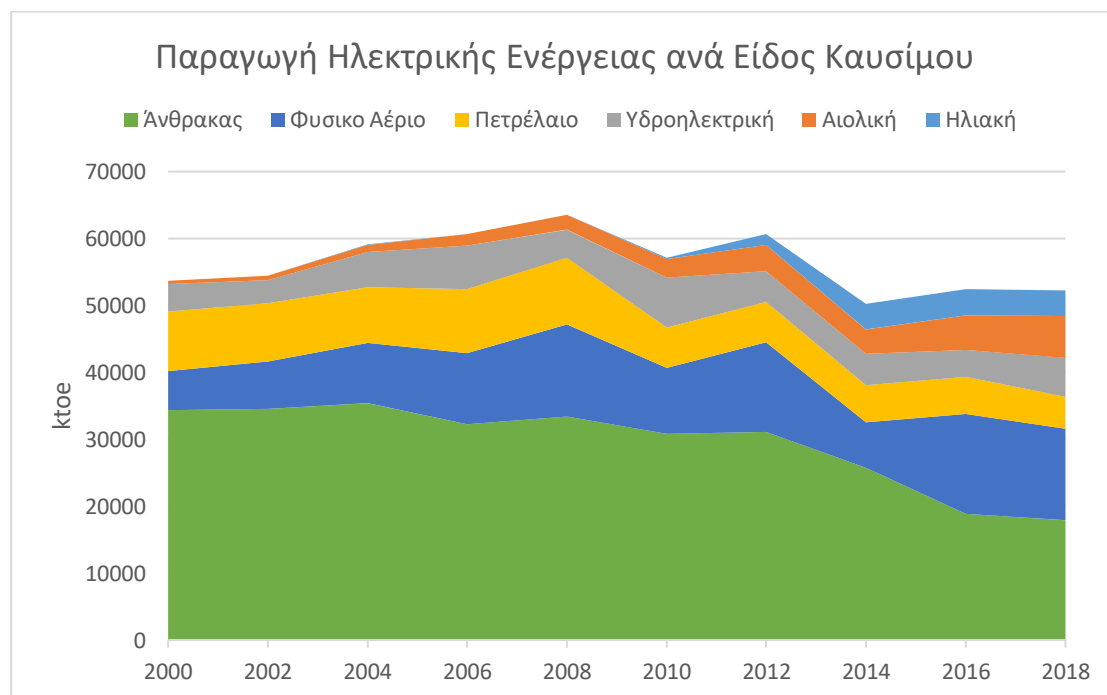
Ο άνθρακας που βρίσκεται σε αφθονία στο Ελληνικό υπέδαφος δεν χρησιμοποιείται πλέον για τη βιομηχανία, ωστόσο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Πιο συγκεκριμένα ο άνθρακας έρχεται με τη μορφή λιγνίτη, στοιχείο πολύ επιβλαβές για την ατμόσφαιρα. Παρόλα αυτά έχουν γίνει σημαντικές ενέργειες μετά από πιέσεις της Διεθνούς Κοινότητας για τη μείωση της χρήσης των

ορυκτών καυσίμων, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται πολύ κοντά στην επίτευξη του στόχου του 2020 για παραγωγή του 20% του συνόλου της ενέργειας από ΑΠΕ.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν εισέλθει στο Ελλαδικό χώρο τα τελευταία 20 χρόνια. Για το έτος 2018 το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας από αιολικά ανήλθε στα 6300 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου, στους 3792 ktoe η παραγωγή από ηλιακά και στους 5814 ktoe η παραγωγή από φράγματα [1].



Διάγραμμα 7: Τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα (1990-2018) [1].



Διάγραμμα 8: Παραγωγή ενέργειας ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα (2000-2018) [1].

2.3 Ο Κτηριακός Τομέας

Ο οικιακός και εμπορικός τομέας εντάσσονται στον τριτογενή τομέα της οικονομίας. Οι δύο αυτοί τομείς είναι από τους μεγαλύτερα οικονομικά τμήματα της Ευρωπαϊκής οικονομίας, με κύκλο εργασιών που φτάνει τα 400 δισεκατομμύρια Ευρώ. Η κατανάλωση ενέργειάς τους ανέρχεται στους 17 Mtoe ημερησίως και αποτελεί το 40% της συνολικής κατανάλωσης για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας, στην Ελλάδα οι δύο τομείς ανέρχονται στο ποσοστό του 72% της κατανάλωσης, ενώ για το υπόλοιπο 28% ευθύνονται οι τομείς της βιομηχανίας της γεωργίας και των μεταφορών [3][4].

Ο μέσος πολίτης βιώνει το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους μέσα σε κτήρια και οι συνθήκες που επικρατούν θα πρέπει να είναι ιδανικές τόσο για την αύξηση του επιπέδου ποιότητας ζωής του, όσο και για την καλύτερη υγεία του. Λόγω της ασύστολης και χωρίς προδιαγραφές ανοικοδόμηση κτηρίων τα τελευταία χρόνια στα αστικά κέντρα, το κτηριακό μοτίβο ποικίλει, με τα νεόδμητα κτήρια να αγγίζουν τη σχεδόν μηδενική κατανάλωση, ενώ τα παλαιά να ευθύνονται για ένα πλήθος περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων. Για παράδειγμα λόγω της κακής μόνωσης των παλαιών κτηρίων και παράλληλα με τη μέση αύξηση της παγκόσμια θερμοκρασίας κατά δύο βαθμούς, οι ανάγκες για κλιματισμό το καλοκαίρι είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι κάποτε. Επιπλέον, το πρόβλημα έρχεται να διογκώσει και η παλαιότητα των κλιματιστικών μονάδων οι οποίες είναι πολύ πιο ενεργοβόρες σε σχέση με τις πιο πρόσφατες συσκευές που εντάσσονται στο πρόγραμμα της ενεργειακής σήμανσης των συσκευών που έχει θέση η Ευρωπαϊκή Ένωση. Ένα άλλο παράδειγμα υψηλής και κακής ποιότητας ενέργειας αποτελεί η χρήση του λέβητα πετρελαίου από το μεγαλύτερο ποσοστό του Ελληνικού κτηριακού μοτίβου.

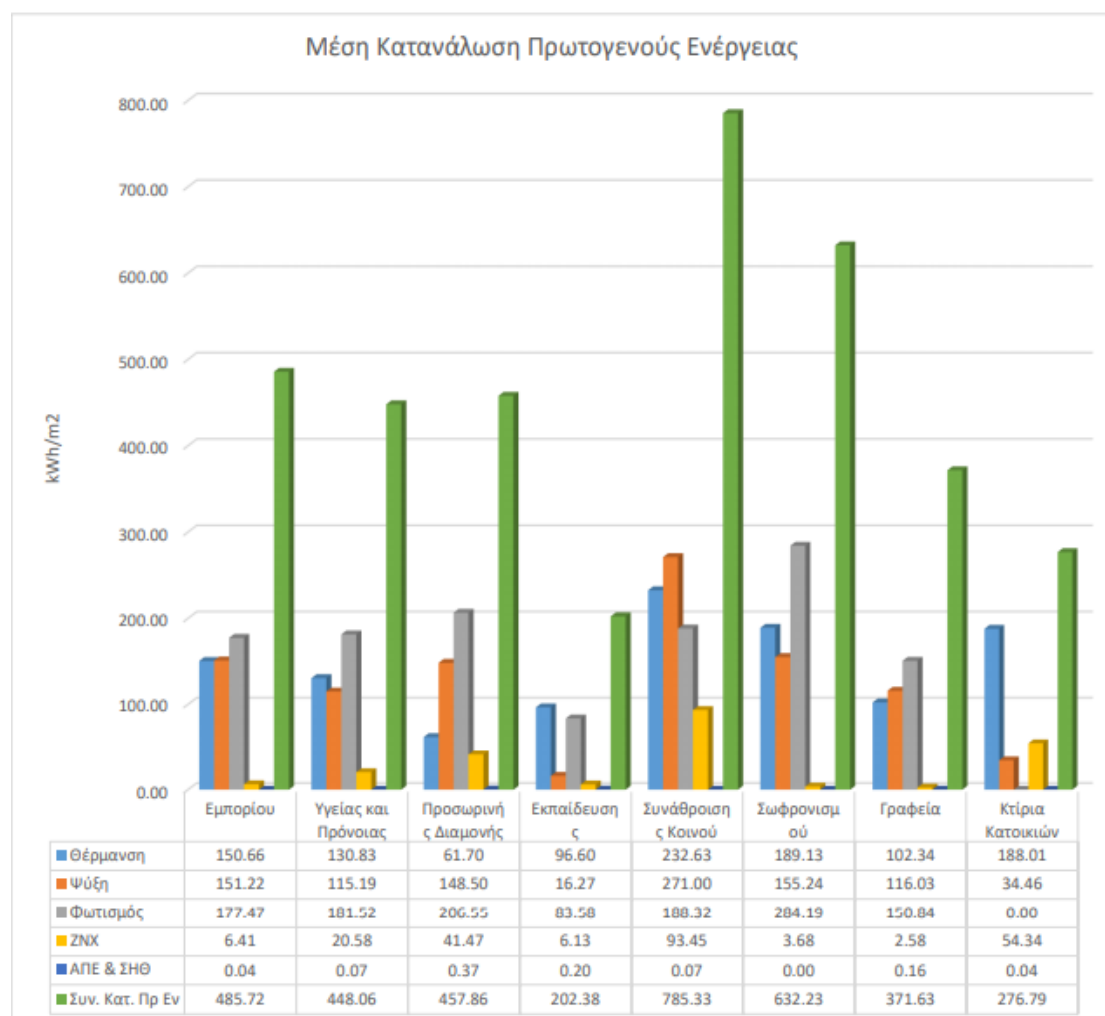
Με βάση όλων των παραπάνω αντιλαμβάνεται κανείς το μέγεθος του προβλήματος και το πόσο σημαντική είναι η δημιουργία υβριδικών συστημάτων στα κτήρια καθώς και η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας.



Διάγραμμα 9: Τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά οικονομικό τομέα στην Ελλάδα (2018) [3][4].

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 28 η τελική κατανάλωση ενέργειας στον εμπορικό και δημόσιων υπηρεσιών τομέα ανέρχεται στα 149258 ktoe ετησίως για το 2018. Από αυτήν τα 909 ktoe αποτελούν άνθρακα, τα 71928 ktoe ηλεκτρισμό, περίπου 50000 ktoe από φυσικό αέριο και 15943 ktoe από πετρέλαιο. Τα αντίστοιχα μεγέθη αποτελούν το 13% της συνολικής κατανάλωσης του τομέα αυτού στην Ευρώπη, ποσοστό υποτριπλάσιο σε σχέση με της Ελλάδας.

Στην Ελλάδα το σύνολο της κατανάλωσης για το έτος 2018 στον εμπορικό τομέα είναι 1963 ktoe. Από το προηγούμενο σύνολο τα 1655 ktoe είναι ηλεκτρισμός, τα 400 ktoe φυσικό αέριο και περίπου 100 πετρέλαιο. Με βάση τα δεδομένα που συλλέγει το Υπουργείο Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος κάθε χρόνο η κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης σε όλη την επικράτεια για διάφορα είδη κτηρίων με βάση τη χρήση τους παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα [5].



Εικόνα 1: Μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο σύνολο της επικρατείας στον τριτογενή τομέα ανά είδος χρήσης κτηρίου (2018) [5].

Για το έτος 2018 η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στους διάφορους υποτομείς του τριτογενή τομέα συνολικά έφτασε τις 3660 kWh/m² [1]. Τα κτήρια με τη μεγαλύτερη κατανάλωση είναι τα συνάθροισης κοινού και ακολουθούν δημόσια κτήρια σωφρονισμού. Στη συνέχεια έρχονται τα κτήρια εμπορικής χρήσης όπως για

παράδειγμα καταστήματα λιανικής και χονδρικής, τα κτήρια προσωρινής διαμονής (ξενοδοχεία ξενώνες κτλ.) και τα νοσοκομεία και τα κέντρα υγείας. Στις τελευταίες τρεις θέσεις βρίσκονται τα γραφεία, ο οικιακός τομέας και τέλος τα εκπαιδευτικά κτήρια πρωτοβάθμιας δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας επιμόρφωσης.

Όπως παρατηρείται βάση της έρευνας μερίδιο στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας έχει ως επί των πλείστον η ανάγκη για θέρμανση και ψύξη των χώρων και η ανάγκη για φωτισμό. Επιπλέον παρατηρείται αυξημένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε ζεστό νερό χρήσης σε όσους χώρους εξυπηρετούν μόνιμη η προσωρινή διαμονή παραδείγματος χάρη ξενοδοχεία οικίες και νοσοκομεία. Επίσης όσον αφορά τα κτήρια εκπαίδευσης παρατηρείται μειωμένη ανάγκη για ψύξη των χώρων καθώς υπάρχει παύση λειτουργίας τους κατά τους θερινούς μήνες, ενώ σε αντίθετη περίπτωση τα κτήρια προσωρινής διαμονής παρουσιάζουν μειωμένη ανάγκη για θέρμανση λόγω της χαμηλής τουριστικής περιόδου το χειμώνα.

Οι ανανεώσιμες πηγές βάση της παραπάνω έρευνας καταλαμβάνουν πάρα πολύ μικρό ποσοστό με τα ξενοδοχεία στην πρώτη θέση και στη συνέχεια τα κτήρια εκπαίδευσης.

Όπως προαναφέρθηκε το κτηριακό περιβάλλον της Ελλάδας είναι απαρχαιωμένο και τα κτήρια εκτός από έλλειψη βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούνται από παλιές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, για θέρμανση και ψύξη, που χρησιμοποιούν κυρίως το πετρέλαιο ως καύσιμο. Επιπλέον στα περισσότερα κτήρια οι ηλεκτρικές συσκευές δεν συνάδουν με τις καινούριες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που έχει θέση σαν στόχο η Ευρωπαϊκή Ένωση αυξάνοντας έτσι πολύ περισσότερο το μερίδιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και με τη σειρά τους τη χρήση άνθρακα.

Είναι πλέον αρκετά εμφανές το ότι η σωστή πολιτική που πρέπει να αναπτυχθεί είναι η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια, καθώς και η ανάπτυξη υβριδικών σταθμών, διασυνδεδεμένων και μη και ειδικά σε εκείνα του δημοσίου τομέα που χρησιμοποιεί το κοινό, προωθώντας έτσι την κατάλληλη παιδεία ως προς την ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας

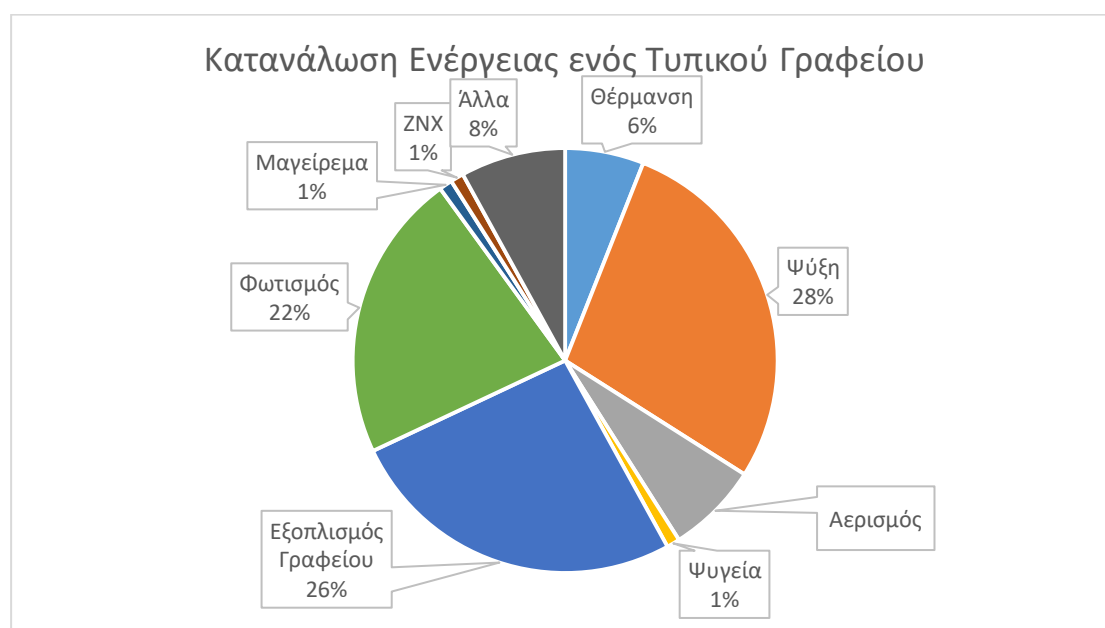
2.4 Πρακτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας

Βάση στοιχείων τα οποία συλλέχθηκαν από τεχνικές εκθέσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδος και του ΚεΝάκ οι συνήθειες πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω.

- Αντικατάσταση λαμπών πυρακτώσεως με άλλες (LED) χαμηλότερης κατανάλωσης, χρήση φωτοκύτταρου.
- Χρήση εσωτερικής η εξωτερικής μόνωσης για ιδανικότερες συνθήκες διαβίωσης χειμώνα καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση ηλεκτρικής σόμπας η κλιματιστικού.
- Αντικατάσταση τζαμιών με διπλά χαμηλής η υψηλής απορροφητικότητας, αναλόγως της κλιματικής ζώνης του υπό μελέτη κτηρίου.
- Περιορισμός των θερμογέφυρων στα νεόδμητα κτήρια.
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Χρήση φεγγίτη για φυσικό φωτισμό (παθητικά ηλιακά).
- Δημιουργία συνθηκών για φυσική κυκλοφορία αέρα.
- Χρήση σκίασης στους εξωτερικούς τοίχους.
- Χρήση φωτοβολταϊκών για ζεστό νερό χρήσης η φορτία χαμηλής κατανάλωσης.
- Αντικατάσταση παλιών ηλεκτρικών συσκευών με άλλες υψηλότερης ενεργειακής κλάσης.
- Απενεργοποίηση των συσκευών από την πρίζα όταν δεν χρησιμοποιούνται λόγω ενεργειακής κατανάλωσης σε κατάσταση αναμονής.
- Χρήση συστημάτων εποπτικού ελέγχου BMES για την αποφυγή ξεχασμένων ανοικτών συσκευών σε περίπτωση απουσίας του διαχειριστή.
- Δημιουργία κήπου εσωτερικού η οροφής.
- Αντικατάσταση συμβατικών αντλιών με αντλίες που χρησιμοποιούν γεωθερμία.

2.5 Κατανάλωση Βασικότερων Συσκευών Γραφείου και Κατανάλωση σε Κατάσταση Αναμονής

Στην παρούσα παράγραφο αναφέρονται μετρά από έρευνα που πραγματοποιήθηκε κάποιες από τις βασικότερες καταναλώσεις από ηλεκτρικές συσκευές που μπορεί να συναντήσει κανείς σε ένα τυπικό γραφείο. Σύμφωνα με στοιχεία από του Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων πολιτειών της Αμερικής (U.S Department of Energy) και στοιχεία της ενεργειακής υπηρεσίας πληροφοριών (Energy Information Administration) δημιουργήθηκε το παρακάτω γράφημα το οποίο αναφέρει ποσοστιαία πως καταναλώνεται η ενέργεια σε ένα γραφείο.



Διάγραμμα 10: Ποσοστό βασικών καταναλώσεων ενός τυπικού γραφείου [6].

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω γράφημα το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας σε ένα τυπικό γραφείο οφείλεται στα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού (HVAC). Ποιο συγκεκριμένα η ποσοστιαία αναλογία είναι 28% για την ψύξη, 7% για τον αερισμό και 6% για τη θέρμανση. Επιπλέον μεγάλα φορτία καταναλώνονται σε εξοπλισμό γραφείου 26% και φωτισμό με ποσοστό 22%. Τέλος στα μικρότερα φορτία κατατάσσονται το ζεστό νερό χρήσης με 1% και το μαγείρεμα με ποσοστό 1% ενώ, ένα υπόλοιπο 8% οφείλεται σε άλλα φορτία [6].

Για να δοθεί επιπλέον εικόνα για την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών που μπορεί να συναντήσει κανείς σε ένα γραφείο, συγκεντρώθηκαν επιπλέον στοιχεία από τη ΔΕΗ και τη Volton [7],[8]. Επίσης, βάση του προγράμματος Selina Project της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Stand-By and Off Mode Energy Losses In New Appliances Measured in Shops) συγκεντρώθηκαν εξίσου στοιχεία κατανάλωσης ώστε να γίνει η εκτίμησή της, στις ηλεκτρικές συσκευές όταν αυτές βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής [9],[10]. Όλα τα παραπάνω στοιχεία που συγκεντρώθηκαν απεικονίζονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1 Κατανάλωση βασικών συσκευών γραφείου.

A/α	Συσκευή	Ισχύς(W)	Κατάσταση Αναμονής (W)
1	Καφετιέρα	500-1400	2
2	Τηλεόραση	300-350	2
3	Υπολογιστής	100-450	3
	Υπολογιστής Laptop	30-100	2
4	Ψυγείο	150-400	-
5	Φούρνος Μικροκυμάτων	600-1700	4
6	Ανεμιστήρας Οροφής	150	-
7	Ανεμιστήρας Δαπέδου	60	-
8	Κλιματιστικό	900-5000	3
9	Αερόθερμο	2000	-
10	Σόμπα	2000	-
11	Λαμπτήρας (Κοινός)	25-120	-
12	Λαμπτήρας (Φθορισμού)	23	-
13	Φορτιστής Κινητού	5	0,1-2
14	Ρούτερ	10	8
15	Σκάνερ	15	-
16	Εκτυπωτής	20-100	10
17	Εκτυπωτής Laser	500-1000	15
18	Φωτοτυπικό	500-1500	13-42
19	Βραστήρας	1200-3000	-
20	Ασύρματο Τηλέφωνο	10	0,6-1,5
21	Τοστιέρα	800-1800	-
22	Προτζέκτορας	300	2,5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ

3.1 Εισαγωγή

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή Ήπιες μορφές ενέργειας είναι πρακτικά η ενέργεια που προκύπτει από κάθε φυσική διεργασία του πλανήτη όπως ο άνεμος ή η γεωθερμία και σε ανθρώπινο χρόνο είναι ουσιαστικά ανεξάντλητη. Σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι η μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική, η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τέλος τα βιοαέρια. Ο όρος ήπιες οφείλεται πρώτον στο γεγονός ότι για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ανθρώπινη ενέργεια όπως είναι η καύση ή η άντληση και η εξόρυξη και δεύτερον, για το γεγονός ότι κατά την αξιοποίησή της δεν παρατηρείτε εκπομπή ρύπων ή άλλων τοξικών αποβλήτων στο περιβάλλον και στην ατμόσφαιρα [11].



Εικόνα 2: Πράσινη ενέργεια και αειφόρος ανάπτυξη.

3.1.1 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Στο σημείο αυτό αναφέρονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την αξιοποίηση και χρήση των μη συμβατικών μορφών ενέργειας ούτως ώστε να καταστεί σαφή η επιτακτική ανάγκη για στροφή προς αυτές [12].

Πλεονεκτήματα

- ✓ Είναι επί της ουσίας απεριόριστες καθώς βασίζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους σε φυσικές διεργασίες του πλανήτη όπως για παράδειγμα η φυσική ροή του νερού.

- ✓ Είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον διότι από την εκμετάλλευσή τους δεν απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αέριοι ρυπαντές οι οποίοι, συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ή την όξινη βροχή. Τέτοιοι ρυπαντές είναι μεταξύ άλλων το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα διάφορα οξείδια του θείου και του αζώτου (SO_x, NO_x) και τα PM σωματίδια. Αν λοιπόν αντικατασταθούν οι ήδη υπάρχουσες μονάδες παραγωγής συμβατικών καυσίμων με άλλες πράσινες μορφές ενέργειας, όχι μόνο δεν θα εκπέμπονται ρυπογόνοι παράγοντες, αλλά θα βελτιωθεί και η ήδη υπάρχουσα κατάσταση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας.
- ✓ Είναι πηγές οι οποίες σε θεωρητικό επίπεδο μπορούν να αξιοποιηθούν από οποιοδήποτε κράτος του πλανήτη συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της εγχώριας οικονομίας και στην αύξηση του βιοτικού επιπέδου.
- ✓ Επιπλέον το γεγονός ότι βρίσκονται διάσπαρτα κατανομημένες γεωγραφικά οδηγεί στην αποκέντρωση του ήδη υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος, κυρίως στο δυτικά ανεπτυγμένο κόσμο, και στην ενεργειακή σύνδεση ακόμα και των πιο απομονωμένων σημείων της γης μειώνοντας έτσι το κόστος μεταφοράς και διανομής και στη συνέχεια των απωλειών.
- ✓ Έχουν πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος και δεν εξαρτώνται άμεσα από τις διακυμάνσεις τις αγορές για την παραγωγή και πώληση ενέργειας όπως για παράδειγμα η αυξομείωση της τιμής ενός βαρελιού πετρελαίου.
- ✓ Οι επενδύσεις για την αξιοποίηση αυτών των μορφών ενέργειας δημιουργεί χιλιάδες θέσεις εργασίας σε τοπικό επίπεδο ενισχύοντας έτσι τις τοπικές υποβαθμισμένες οικονομίες ανθίζοντας έτσι και τις εργασίες σε άλλους τομείς, όπως είναι ο πρωτόγεννης τομέας. Ένα πρακτικό παράδειγμα τέτοιου είδους άνθισης στον πρωτόγεννή τομέα είναι η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Επίσης λέγεται ότι για κάθε 1MW εγκατεστημένης ισχύος σε ένα αιολικό πάρκο, δημιουργούνται περίπου 15 θέσεις εργασίας.
- ✓ Τέλος καταστάται δυνατή η ορθολογικότερη χρήση ενέργειας σε ατομικό επίπεδο καθώς με τη χρήση υβριδικών συστημάτων σε κατοικίες η γραφεία καλύπτεται ένα μεγάλο φάσμα ενεργειακών αναγκών, όπως είναι το ζεστό νερό χρήσης από ηλιακή ενέργεια ή η ηλεκτροπαραγωγή ή ακόμα στις πιο ανεπτυγμένες κοινωνίες η φόρτιση ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

Μειονεκτήματα

- ✘ Το βασικότερο μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι εκείνο που αφορά το βαθμό απόδοσης τους. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες αναπτύσσονται τα τελευταία τριάντα χρόνια οπότε δεν έχει υπάρξει αρκετός χρόνος στην έρευνα και την ανάπτυξη. Ο βαθμός απόδοσης βρίσκεται περί του 30 τις εκατό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται πολύ μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης.
- ✘ Λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης τους, τέτοιες εγκαταστάσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα μεγάλα αστικά κέντρα και η χρήση τους περιορίζεται σε μικρότερης κλίμακας εφαρμογές.

- ✱ Η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος και ο κύκλος του νερού, αποτελούν φαινόμενα περιοδικά με αποτέλεσμα η απόδοση τους να εξαρτάται από την εποχή ή το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.
- ✱ Σημαντικό αποτελεί επίσης, ότι για μεγάλης κλίμακας ισχύος από φωτοβολταϊκά χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν τεράστιες εκτάσεις γης η οποία θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν. Λύση σε αυτό το πρόβλημα βέβαια όπως έχει προταθεί και από πολλούς είναι η αξιοποίηση των ερήμων που οδηγεί σε μια σειρά άλλων προβλημάτων ένα από τα οποία είναι η αύξηση του κόστους μεταφορές και η αύξηση των απωλειών.
- ✱ Επιπλέον για πολλούς οι ανεμογεννήτριες έχουν άσχημη αισθητική και προκαλούν πολύ θόρυβο για αυτό και επιλέγονται να τοποθετηθούν εκτός των κατοικήσιμων περιοχών ή σε παράκτιες και θαλάσσιες εκτάσεις.
- ✱ Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις επηρεάζουν το μικροβίωτοπο της περιοχής. Δεν είναι λίγες οι φορές που αποδημητικά ή είδη προς εξαφάνιση πτηνά να έχουν συγκρουστεί με τα πτερύγια ανεμογεννητριών ή ψάρια του γλυκού νερού να μην μπορούν να πάνε στην περιοχή αναπαραγωγής τους λόγω των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Τέλος σημειώνεται ότι μετά τη χρήση του γεωθερμικού νερού, αυτό που επιστρέφει στο περιβάλλον περιέχει συγκεντρώσεις σε χημικά στοιχεία που το καθιστούν βλαβερό.

3.2 Ανάλυση Βασικότερων Α.Π.Ε & Τρόποι Αξιοποίησής τους

3.2.1 Η Αιολική Ενέργεια

Αιολική ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από την κίνηση των αέριων μαζών της ατμόσφαιρας. Η βασικότερη αιτία της κινητικής ενέργειας του ανέμου είναι η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στον πλανήτη από το διάστημα. Ουσιαστικά λόγω της ανομοιόμορφης θέρμανσης της επιφάνειας της γης, η οποία αποτελείται από θάλασσες, βουνά ή ποτάμια, δημιουργούνται συνθήκες διαφορετικών πιέσεων με αποτέλεσμα την κίνηση του αέρα από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά του ανέμου είναι το μέτρο της ταχύτητας του και το διάνυσμα της διεύθυνσης του. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας εκτιμάται ότι από τη συνολική ισχύ του ανέμου μόνο το 5 τις εκατό είναι αξιοποιήσιμο.

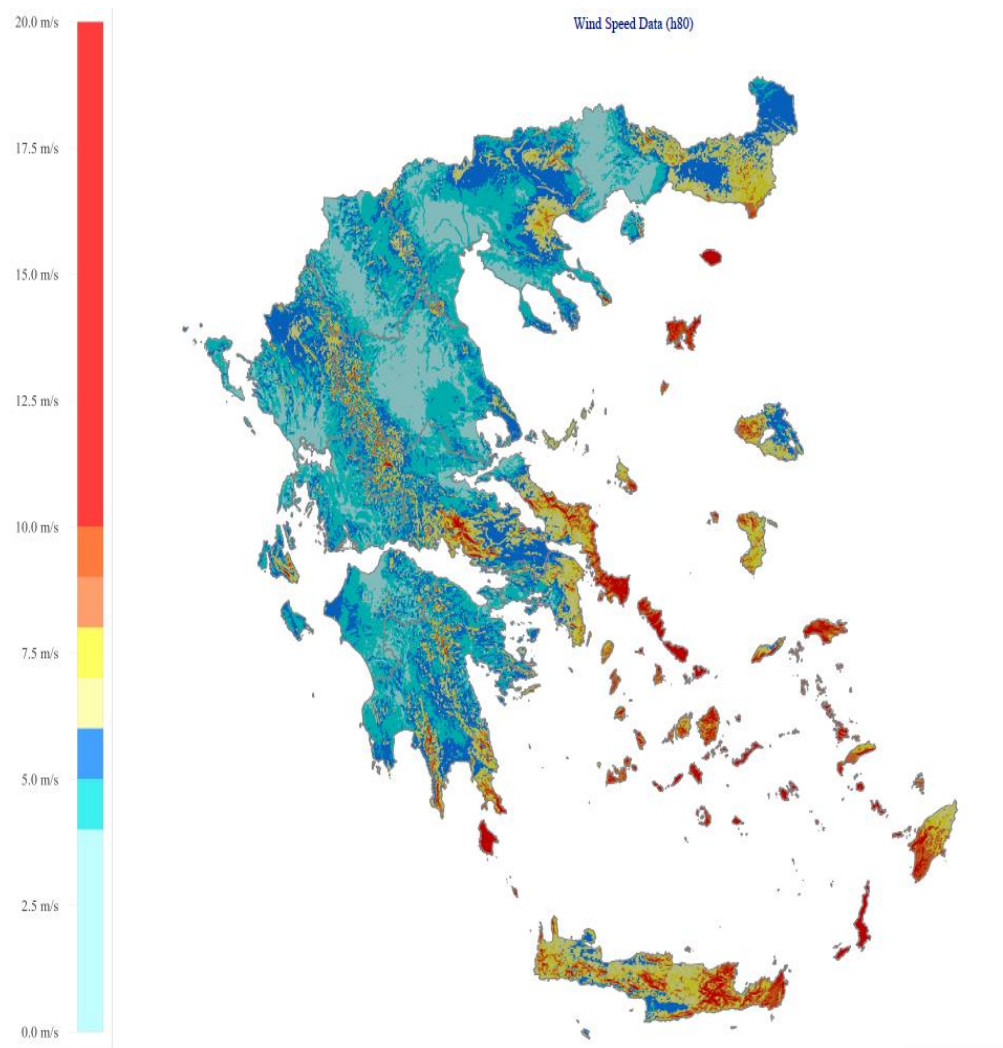
Η μορφή αυτού του είδους ενέργειας είναι γνωστή από την αρχαιότητα και πολλοί αρχαίοι πολιτισμοί την αξιοποίησαν στη γεωργία για άρδευση και άντληση μέσω ανεμόμυλων ή στη ναυτιλία για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων. Στη σημερινή εποχή η αξιοποίηση της γίνεται με τη χρήση ανεμογεννητριών των οποίων τα στοιχεία και οι αρχές λειτουργίας θα αναλυθούν παρακάτω.

Μια έννοια η οποία πρέπει να οριστεί είναι εκείνη του αιολικού δυναμικού. Το αιολικό δυναμικό είναι μια διαδικασία με την οποία γίνεται εκτίμηση της ενέργειας που μπορεί να προσφέρει μια περιοχή, όπου θα εγκατασταθεί ένα αιολικό πάρκο η μια μεμονωμένη ανεμογεννήτρια. Βασίζεται σε σειρές μετρήσεων επί τόπου στην περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να υπάρχει περισσότερη ακρίβεια. Τέτοιες μετρήσεις είναι αυτές της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου, η πίεση, η θερμοκρασία και η υγρασία. Τέλος, με κατάλληλη επεξεργασία δημιουργούνται οι χάρτες του αιολικού

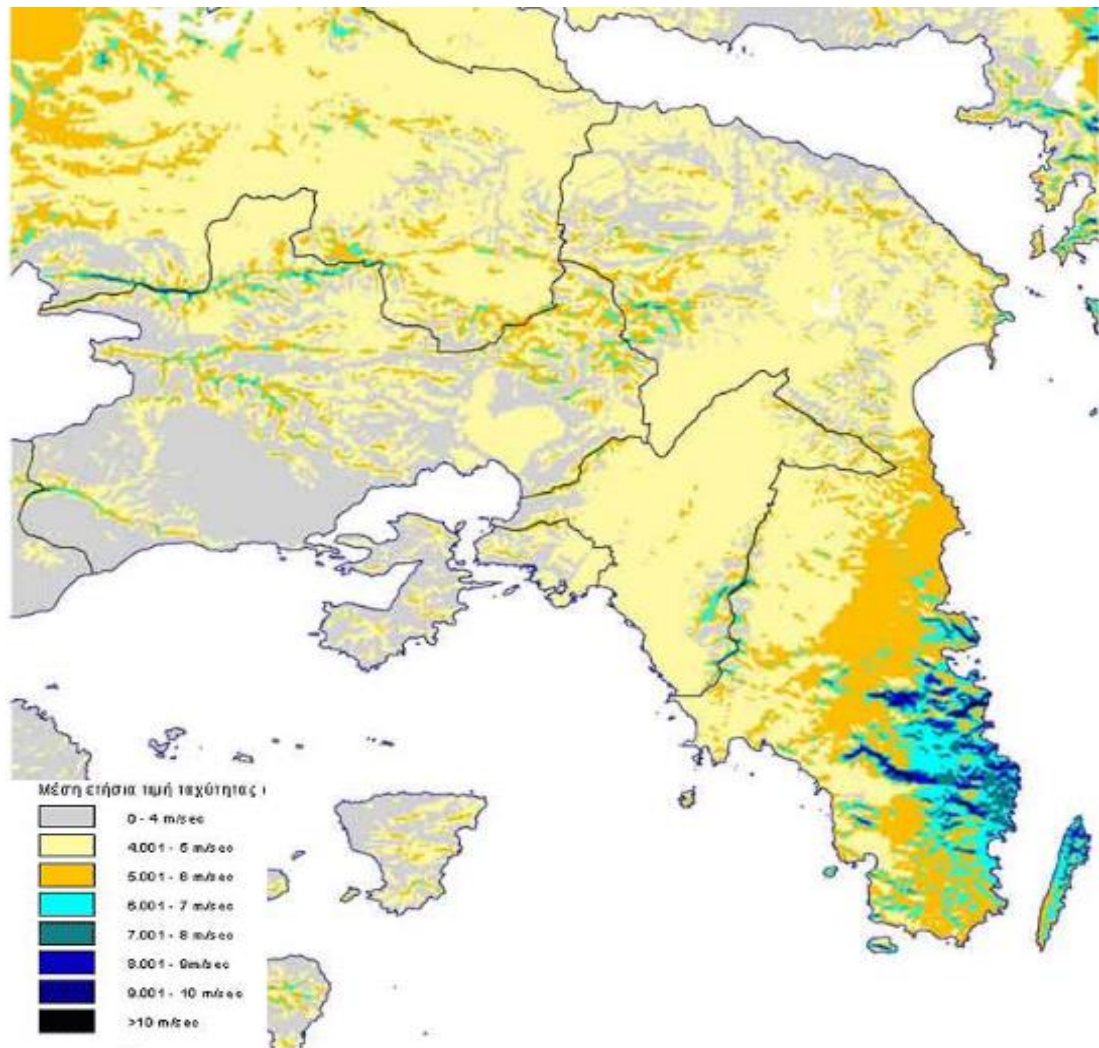
δυναμικού που απεικονίζουν τις μέγιστες και τις μέσες τιμές ταχύτητες ανέμων καθώς και τις κατοικήσιμες ζώνες και τα πολιτικά διαγράμματα τα οποία, απεικονίζουν τη συχνότητα των διευθύνσεων του ανέμου.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με υψηλό και καλής ποιότητας αιολικό δυναμικό λόγω της ιδιαίτερης μορφολογικής της φύσης και τα υψηλά πόσα ηλιακής ακτινοβολίας. Ιδιαίτερα υψηλό αιολικό δυναμικό έχει καταγραφεί στα νησιά όλου του Αιγαίου τα οποία, έχουν προβλήματα διασύνδεσης με το ηπειρωτικό κομμάτι, καθιστώντας τα ικανά μετά από κατάλληλες επενδύσεις μέχρι και για αυτονομία [13].

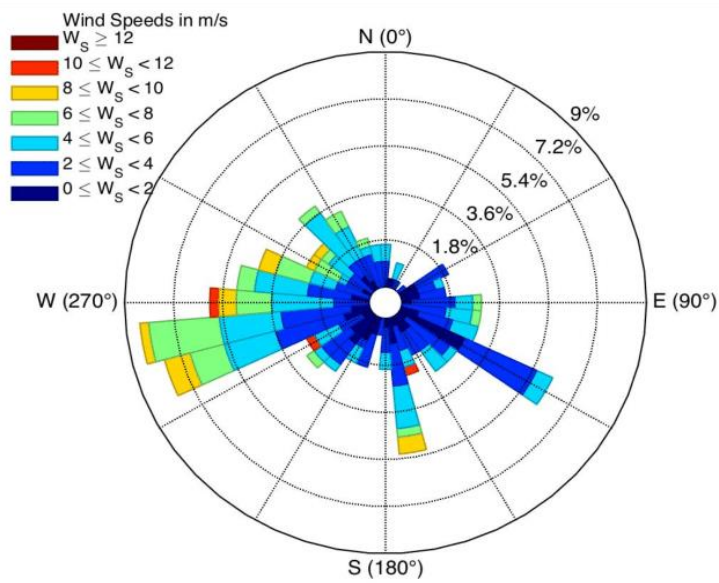
Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης του αιολικού δυναμικού της Ελλάδας, ώστε να δοθεί μια σαφέστερη εικόνα ενώ στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο χάρτης αιολικού δυναμικού της υπό μελέτη περιοχής της Αττικής.



Εικόνα 3: Ένταση αιολικού δυναμικού της Ελλάδας.



Εικόνα 4: Ένταση αιολικού δυναμικού Αττικής.

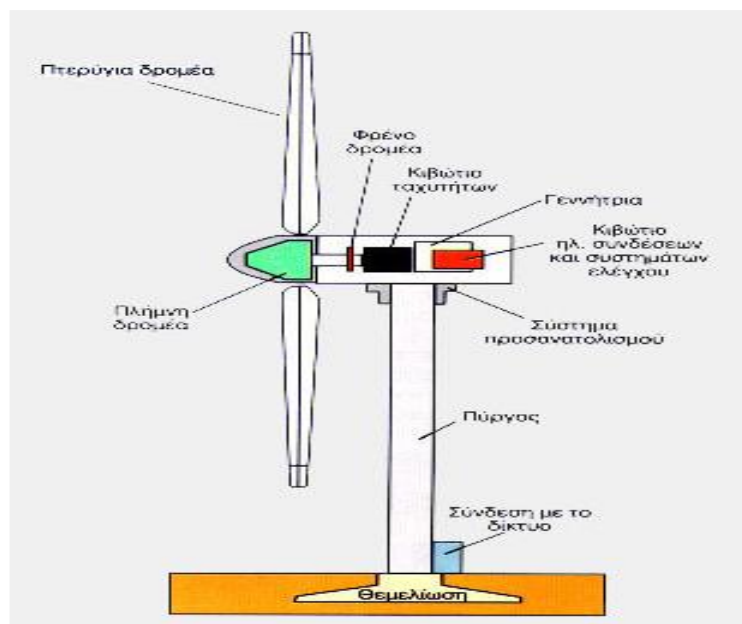


Εικόνα 5: Πολικό διάγραμμα διεύθυνσης ανέμου.

3.2.2 Οι Ανεμογεννήτριες

Ανεμογεννήτριες ονομάζονται οι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν κομμάτι της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Βασικότερος τους σκοπός, είναι η αξιοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερου αιολικού δυναμικού και η απόδοση τους εξαρτάται από το μέγεθος τους την ταχύτητα του ανέμου και τη φύση της κατασκευής τους (αργόστροφες, ταχύστροφες, αεροδυναμικοί παράγοντες, αριθμός πτερυγίων, υλικά κατασκευής, ταλαντώσεις και άλλες καταπονήσεις, κτλ.) [13]. Παρόλο που υπάρχουν πολλών ειδών, δυο διατάξεις είναι σήμερα οι επικρατέστερες:

- **Οριζόντιου άξονα** ο οποίος βρίσκεται παράλληλα στο έδαφος και στη διεύθυνση του ανέμου ενώ, υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες ο άξονας είναι παράλληλος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου. Αποτελούν περίπου το 90% των αιολικών μηχανών και σε παραγωγή αλλά και σε εγκατεστημένη ισχύ. Η ισχύς από τον άνεμο μεταφέρεται συνήθως μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων στη βάση του πύργου, είτε μέσω του περιστρεφόμενου άξονα κατευθείαν στη γεννήτρια που βρίσκεται επάνω στον πύργο. Η ισχύ του κυμαίνεται από μερικά Watt τις τάξεις του 30W μέχρι και δεκάδες MW της τάξεως των 10MW.
- **Κατακόρυφου άξονα** στον οποίο οι έλικες και ο άξονας βρίσκονται κάθετα στο έδαφος και στη διεύθυνση του ανέμου και αποτελούν πιο απλές κατασκευές. Το βασικότερο πλεονέκτημα έναντι των μηχανών οριζοντίου άξονα είναι ότι το σύστημα μετάδοσης κίνησης βρίσκεται στο έδαφος απαιτώντας έτσι πολύ ελαφρύτερη κατασκευή. Δεν απαιτούν σύστημα προσανατολισμού ως προς τη διεύθυνση του ανέμου και δεν παράγουν θόρυβο. Όμως λόγω των υψηλών ταχυτήτων εκκίνησης τους αλλά και του χαμηλού συντελεστή ισχύος δεν επιλέγονται τόσο συχνά. Η ισχύ τους μπορεί να φτάσει μέχρι και το 1MWatt.



Εικόνα 6: Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα.



Εικόνα 7: Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα.



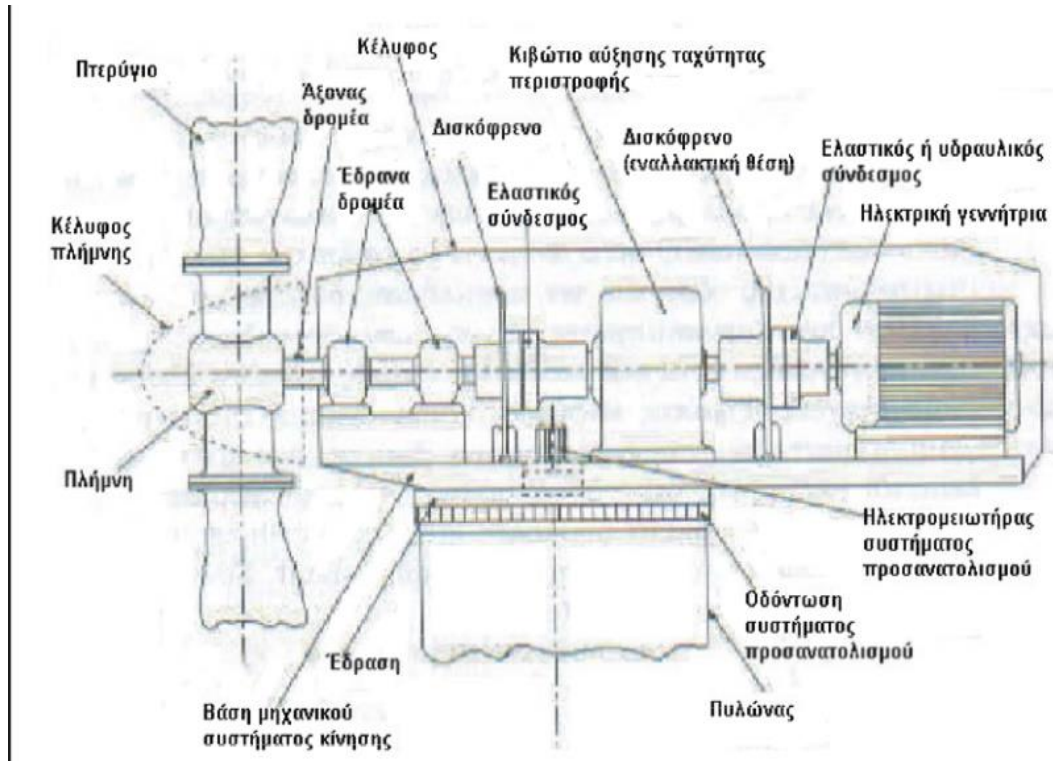
Εικόνα 8: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.

3.2.2.1 Τα Βασικότερα Μέρη Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται αναφορά στα βασικότερα μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα [13].

- **Ο δρομέας**, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα . Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά , είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα
- **Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης**, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Ο τυπικός βαθμός απόδοσης του συστήματος μετάδοσης της κίνησης είναι 95%. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής. Επιπλέον, το στο σύστημα μετάδοσης κίνησης περιλαμβάνει και το σύστημα πέδησης της ανεμογεννήτριας το οποίο είναι είτε υδραυλικό , είτε μηχανικό και τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας
- **Η ηλεκτρική γεννήτρια**, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας .
- **Το σύστημα προσανατολισμού**, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- **Ο πύργος**, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση . Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα
- **Ο ηλεκτρονικός πίνακας και ο πίνακας ελέγχου** , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

- Το κέλυφος, το οποίο προστατεύει όλα τα παραπάνω συστήματα. Είναι κατασκευασμένο με αεροδυναμικές και αντιδιαβρωτικές προδιαγραφές ενώ τα υλικά κατασκευής που επιλέγονται είναι κράματα χάλυβα και αλουμινίου, ενισχυμένα πλαστικά και πολυεστέρες.

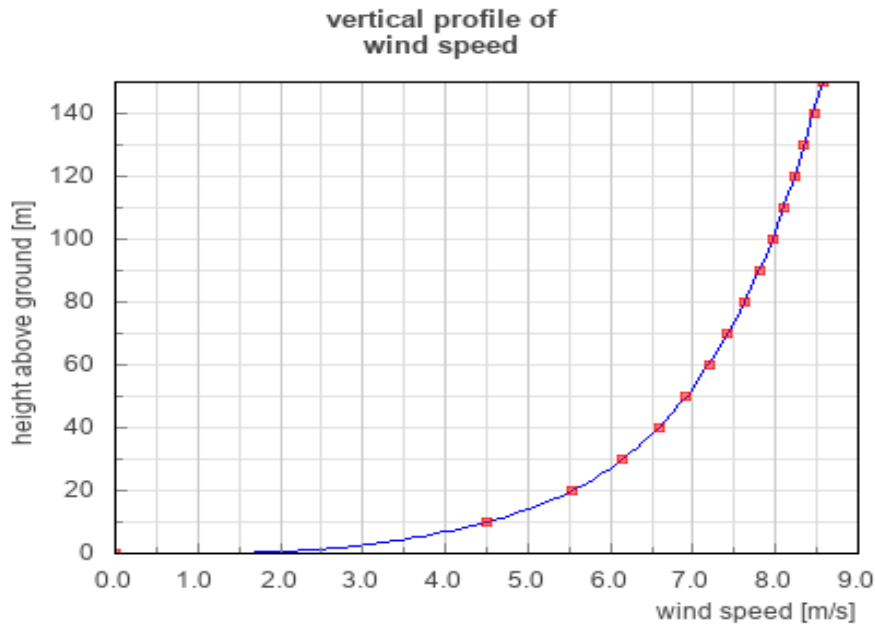


Εικόνα 9: Βασικά μέρη κελύφους ανεμογεννήτριας[13].

3.2.2.2 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Αιολικών Μηχανών

Οι αιολικές μηχανές χαρακτηρίζονται από κάποια βασικά χαρακτηριστικά από τα οποία λαμβάνεται υπόψιν το αν είναι ικανές να τοποθετηθούν στην εκάστοτε εφαρμογή [13]. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι:

- **Η διάμετρος της πτερωτής D:** Πρόκειται για την παράμετρο που καθορίζει το νοητό εμβαδόν-ενεργό επιφάνεια, που διαγράφει η πτερωτή κατά την περιστροφή της. Η διάμετρος της πτερωτής μπορεί να καθοριστεί εφόσον για μια περιοχή εφαρμογής υπάρχουν δεδομένα ροής ενέργειας και το ποσοστό αυτής που μπορεί να αξιοποιηθεί σε Watt/m^2 .
- **Το ύψος τοποθέτησης H:** Είναι σαφές ότι όσο αυξάνεται το ύψος, μέχρι το τέλος του οριακού στρώματος, τόσο αυξάνεται και γίνεται πιο έντονο το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Επιπλέον αύξηση του ύψους συνεπάγει και αύξηση βάρους και κόστους της εγκατάστασης. Κατά κανόνα το ύψος καθορίζεται με βάση τη διάμετρο της πτερωτής και η αναλογία είναι $H/D=1$, $H/D=1,5$.



Εικόνα 10: Προφίλ ταχύτητας ανέμου με την επίδραση του ύψους από το έδαφος.

- **Ο αριθμός των πτερυγίων z:** Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες που επιλέγονται έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια. Για την επιλογή του αριθμού πτερυγίων λαμβάνονται υπόψιν μια σχέση ανάμεσα στη στιβαρότητα σ και στην παράμετρο λ .

Η στιβαρότητα ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\sigma = \frac{z * c * R}{\pi * R^2}$$

Η παράμετρος λ έχει σχέση με τη γωνιακή ταχύτητα της πτερωτής και ορίζεται ως:

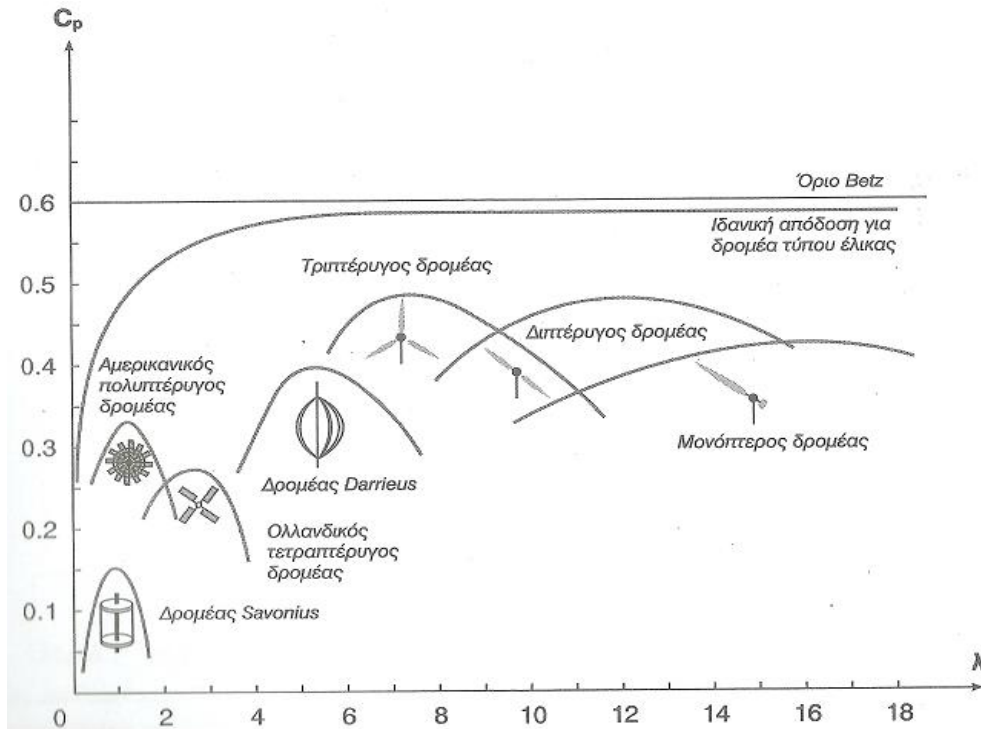
$$\lambda = \frac{\omega * R}{V}$$

Από τις δυο σχέσεις το z συμβολίζει τον αριθμό πτερυγίων το R την ακτίνα της πτερωτής, το c το πλάτος των πτερυγίων το ω τη γωνιακή ταχύτητα του δρομέα και το V την ταχύτητα του ανέμου στον άξονα της μηχανής.

- **Το είδος των πτερυγίων** το οποίο αφορά τη γεωμετρία της πτερωτής και έχει να κάνει με το βάρος, το πάχος, τη συστροφή και το υλικό κατασκευής.
- **Η ονομαστική ταχύτητα n** της πτερωτής η οποία καθορίζεται από παράγοντες όπως είναι η συχνότητα του δικτύου στο οποίο θέλει να συνδεθεί η μηχανή, ή στην αντοχή του υλικού σε φυγόκεντρες δυνάμεις.
- **Ο συντελεστής ισχύος C_p :** Αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο και είναι ουσιαστικά αυτή του βαθμού απόδοσης της πτερωτής. Ο συντελεστής ισχύος περιγράφει το ποσοστό ισχύος του ανέμου που είναι εκμεταλλεύσιμο από την πτερωτή της μηχανής. Επίσης σημειώνεται ότι ο συντελεστής ισχύος δεν είναι δυνατόν να υπερβεί το όριο Betz, δηλαδή:

$$C_p \leq \frac{16}{27} = 0,593$$

Το όριο Betz είναι πρακτικά το ανώτατο όριο κινητικής ενέργειας που μπορεί μια μηχανή με ρότορα να αξιοποιήσει ακόμα και αν αυτή δεν έχει απώλειες. Ο συντελεστής ισχύος είναι πάντα μικρότερος του ορίου λόγω συνεκτικότητας του ανέμου απώλειες κινητικής ενέργειας κτλ.



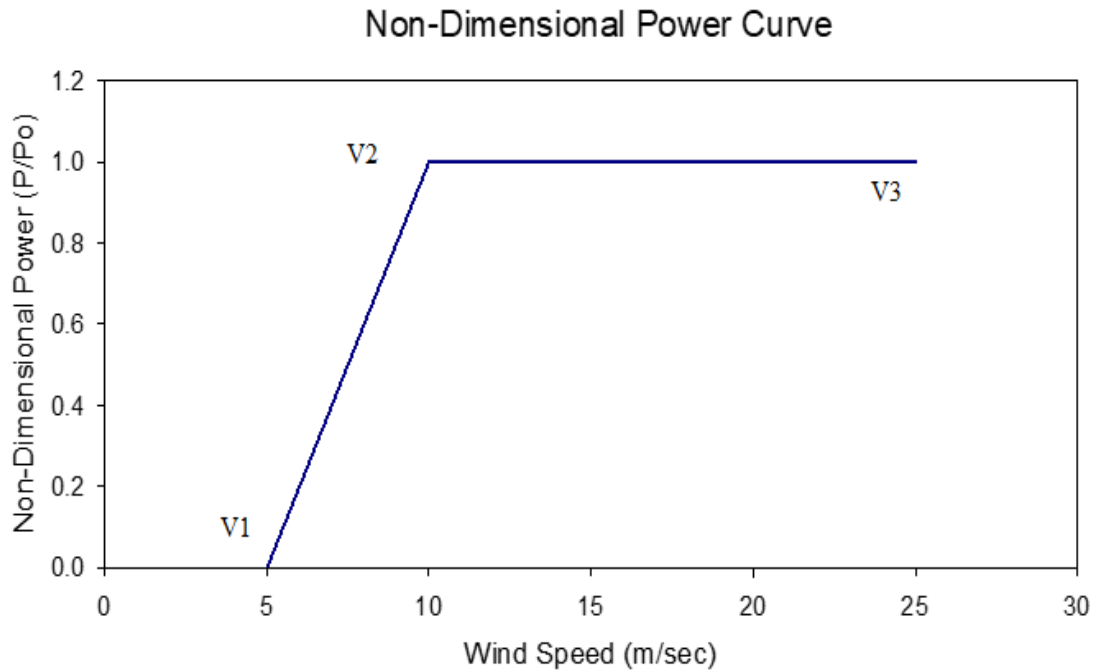
Εικόνα 11: Βαθμός απόδοσης διάφορων τύπων ανεμογεννήτριας συναρτήσει της παραμέτρου λ[13].

- Η **ονομαστική ισχύς N** της μηχανής η οποία καθορίζει το μέγεθος της ανεμογεννήτριας και αποτελεί ουσιαστικά το μέτρο της ωφέλιμης στιγμιαίας παραγωγής ενέργειας σε μία επιφάνεια A, όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι V η πυκνότητά του ρ και ο βαθμός απόδοσης η, που περιλαμβάνει απώλειες μηχανικές και ηλεκτρομαγνητικές. Έτσι ισχύει:

$$N = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \eta \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

3.2.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη Λειτουργίας της Ανεμογεννήτριας

Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας μίας ανεμογεννήτριας αποτελεί σημαντικό εργαλείο δίνοντας στοιχεία, για τον καθορισμό της παραγόμενης ισχύος βάση ταχύτητας ανέμου, το βέλτιστο σημείο λειτουργίας και τέλος, το χρόνο απόσβεσης μιας επένδυσης αιολικού πάρκου [13].



Εικόνα 12: Αδιάστατη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας ανεμογεννήτριας.

Η παραπάνω εικόνα αναπαριστά μια τυπική καμπύλη λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας όπου στον οριζόντιο άξονα υπάρχει ένα εύρος τιμών ταχυτήτων ανέμου σε m/s ενώ στον κάθετο άξονα ένα εύρος τιμών αδιάστατης ισχύος.

Η ταχύτητα V_1 συμβολίζει την ταχύτητα εκκίνησης της ανεμογεννήτριας κάτω από την οποία η μηχανή δεν περιστρέφεται, οπότε και δεν παράγει. Τυπικά οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν ταχύτητα εκκίνησης τα 3m/s μέχρι 6m/s. Η τιμή V_2 ονομάζεται ταχύτητα λειτουργίας και είναι η ανώτερη ταχύτητα μέχρι την οποία η ανεμογεννήτρια αυξάνει την ισχύ της όσο αυξάνεται η ένταση του ανέμου. Η περιοχή από τη V_1 μέχρι και τη V_2 λέγεται μεταβατική περιοχή και εκτός από γραμμική μορφή μπορεί να έχει είτε εκθετική είτε παραβολική μορφή αναλόγως πάντα τον τύπο της αιολικής μηχανής. Από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας μέχρι και την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας V_3 , μπαίνουν σε λειτουργία τα συστήματα πέδησης και διάφοροι αυτοματισμοί (αλλαγή βήματος πτερωτής, αλλαγή δρομέα κατά τη διεύθυνση του ανέμου, μεταβολή στροφών κτλ.), ούτως ώστε να κρατήσουν τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας όσο το δυνατόν σταθερότερη ανεξαρτήτως τις ταχύτητες των ανέμων. Η ρύθμιση ισχύος όπως ονομάζεται έχει σκοπό την αποφυγή υπερφόρτωσης της εγκατάστασης και τη βέλτιστη λειτουργία της. Σε ταχύτητες ανέμων πάνω από τη V_3 διακόπτεται η λειτουργία για λόγους προστασίας και ασφάλειας της εγκατάστασης και η μηχανή παύει να παράγει έργο.

3.2.2.4 Μικρές Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες διαφέρουν από μέγεθος σε μέγεθος. Οι μεγάλες ανεμογεννήτριες τοποθετούνται ως επί το πλείστον σε περιοχές με μεγάλο αιολικό δυναμικό, δημιουργώντας είτε παράκτια, είτε χερσαία αιολικά πάρκα με σκοπό, την σύνδεση τους στο δίκτυο και την τροφοδοσία ενέργειας σε μεγάλα αστικά κέντρα ή χωριά. Το μέγεθος τους ποικίλει από 300kW έως 5MW ονομαστικής ισχύος. Οι μικρές ανεμογεννήτριες ωστόσο δεν είναι απαραίτητο να τοποθετηθούν σε περιοχή υψηλού αιολικού δυναμικού και συναντώνται σε διαφορετικού τύπου εφαρμογές. Σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 61400-1-2 μικρή ανεμογεννήτρια θεωρείται μικρότερη της τάξης των 100kW ονομαστικής ισχύος [14],[15].

Οι εφαρμογές που είναι συνήθεις οι μικρές αιολικές μηχανές είναι:

- Για γεωργικές εργασίες όπως είναι η άντληση νερού και η θέρμανση των θερμοκηπίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ανεμογεννήτριες που επιλέγονται μπορούν να έχουν ονομαστική ισχύ μέχρι και 50kW και είναι ικανές να συνδεθούν είτε στο υπάρχον δίκτυο, δίνοντας τη δυνατότητα πώλησης της περίσσειας ενέργειας, είτε αυτόνομα καλύπτοντας μέχρι και όλες τις ενεργειακές ανάγκες του αγροκτήματος [16].
- Για την ηλεκτροδότηση επικοινωνιακών και μετεωρολογικών σταθμών επάνω σε βουνά ή γενικότερα σε πολύ απομονωμένες περιοχές όπου η σύνδεση στο δημόσιο δίκτυο δεν είναι εφικτή [16]. Με τη χρήση αιολικών μηχανών και συσσωρευτών καταστάται ικανή η πλήρη τροφοδοσία όλων των οργάνων και συστημάτων ακόμα και σε μέρες νηνεμίας.
- Σε δημόσιο φωτισμό σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά στα οποία θα γίνει λεπτομερή αναφορά σε μεταγενέστερο στάδιο.
- Σε φάρους, σημαδούρες και σκάφη.
- Σε μονάδες αφαλάτωσης σε νησιά, όπου η ανάγκη για πόσιμο νερό είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα μεγάλα αστικά κέντρα, μειώνοντας έτσι το κόστος μεταφοράς και κατανάλωσης.
- Σε αστικά κέντρα για την πλήρη αυτονόμηση κτηρίων που χρησιμοποιούνται για στέγαση, γραφεία ή εκπαιδευτική λειτουργία, μειώνοντας έτσι σημαντικά την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων στον κτηριακό τομέα, επιφέροντας μέχρι και κέρδη στον ιδιώτη.

Για όλα τα παραπάνω θα πρέπει να τονισθεί ότι η χρήση μικρών ανεμογεννητριών μεμονωμένα δεν αποτελεί την αποτελεσματικότερη λύση για την πλήρη αυτονόμηση μικρών δικτύων. Η τελευταία έρχεται σε συνδυασμό με τη χρήση και άλλων διατάξεων και συστημάτων όπως είναι τα φωτοβολταϊκά και οι συσσωρευτές ενέργειας ή ακόμα και η χρήση κινητήρα ντίζελ. Όλες αυτές οι διατάξεις μαζί ονομάζονται υβριδικά συστήματα και η ανάλυσή τους θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

Οι συνήθεις αιολικές μηχανές που επιλέγονται για τέτοιου τύπου εφαρμογές διαφοροποιούνται αναλόγως της κατεύθυνσης του άξονα τους σε οριζόντιο και κάθετο. Η κάθε διάταξη έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα για τις μικρές αιολικές μηχανές οριζοντίου άξονα είναι ο υψηλότερος βαθμός απόδοσης όσον αφορά την εκμετάλλευση ισχύος. Οι αεροδυναμικοί συντελεστές τους έχουν ένα εύρος από 30-45% σε αντίθεση με τις αιολικές μηχανές

καθέτου άξονα ο οποίος ανέρχεται στο 20%. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των οριζοντίου άξονα είναι, ότι οι υψηλοί συντελεστές ισχύος επιτυγχάνονται για πολύ μικρότερο μήκος της διαμέτρου της πτερωτής που συνεπάγει πολύ μικρότερο βάρος κατασκευής και άρα κόστος. Τέλος αλλά πολύ σημαντικό, οι οριζοντίου άξονα, έχουν πολύ μικρότερες ταχύτητες εκκίνησης γεγονός που τις καθιστά καταλληλότερες για εφαρμογές σε αστικό περιβάλλον, όπου το αιολικό δυναμικό ασθενεί λόγω φυσικών ή τεχνητών εμποδίων.

Παρόλα τα παραπάνω όμως, οι μικρές ανεμογεννήτριες οριζοντίου τύπου υστερούν στο τεχνικό κομμάτι διότι, έχουν πολλά περισσότερα κινούμενα μέρη, όπως για παράδειγμα κάποιο σύστημα κατεύθυνσης ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, τα οποία καταπονούν περισσότερο την κατασκευή, μειώνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής της. Επιπλέον ένα πολύ βασικό μειονέκτημά τους είναι η παραγωγή περισσότερου θορύβου που για πολλούς μπορεί να ακούγεται ενοχλητικό ενώ, δεν είναι λίγοι εκείνοι οι οποίοι θεωρούν ότι χαλάνε την αισθητική ενός τοπίου η ενός κτηρίου και για αυτό σε τέτοιες περιπτώσεις επιλέγονται καθέτου άξονα, αν το επιτρέπουν βέβαια οι προδιαγραφές και οι γενικοί κανόνες [13].

Για τους λόγους λοιπόν που προαναφέρθηκαν και κυρίως για τον παράγοντα του κόστους, οι πλέον συνηθισμένες εφαρμογές υβριδικών συστημάτων χρήζουν επιλογής μικρών ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι ο τομέας κατασκευής μικρών ανεμογεννητριών καθέτου άξονα είναι πολλά υποσχόμενος μελλοντικά καθώς αναπτύσσονται όλο και πιο αποδοτικά συστήματα.



Εικόνα 13: Μικρές ανεμογεννήτριες σε οροφή κτηρίου.



Εικόνα 14: Μικρές ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα.



Εικόνα 15: Μικρή ανεμογεννήτρια σε αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 16: Μικρό υβριδικό σύστημα σε κατοικία.



Εικόνα 17: Μικρές ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα σε κτήριο.

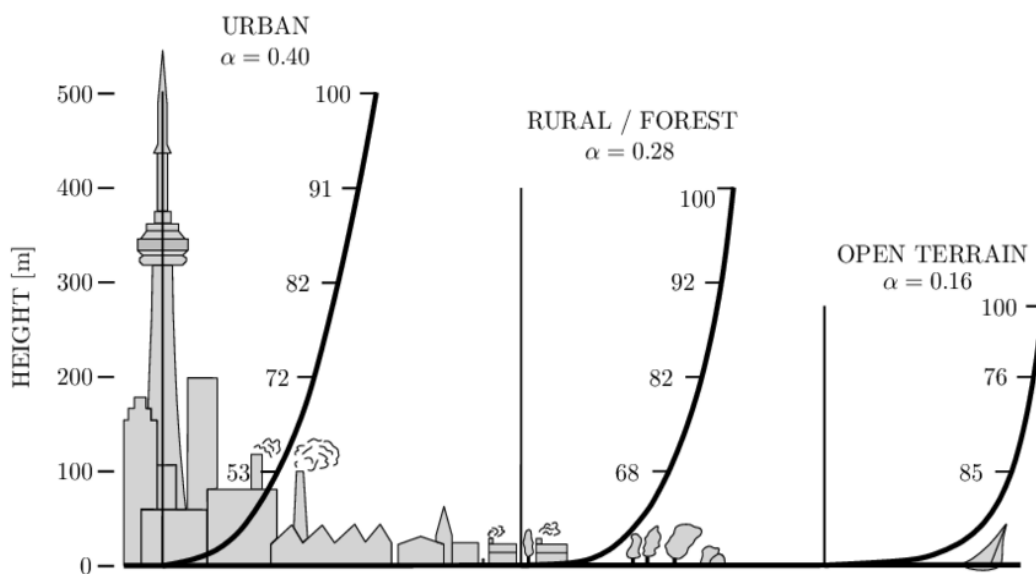
3.2.2.5 Το Αστικό Περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο οι βασικές παράμετροι του ανέμου είναι το μέτρο της έντασής του και το διάνυσμα της διεύθυνσής του. Ωστόσο για να μπορέσει μια ανεμογεννήτρια να παράγει όσον το δυνατόν περισσότερη ενέργεια και να λειτουργήσει ομαλά, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν.

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που επηρεάζει την ομαλή λειτουργία μίας ανεμογεννήτριας είναι η ύπαρξη των ριπών ανέμου. Πρόκειται ουσιαστικά για ξαφνικές αυξομειώσεις της έντασης του ανέμου για μικρό χρονικό διάστημα, περίπου 15s, με μέτρο ταχύτητας μεγαλύτερο των 9,5m/s, οι οποίες έχουν μεγάλο εύρος διασποράς γύρω από τη μέση τιμή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ξαφνική επιτάχυνση της πτερωτής πάνω από τα επιτρεπτά όρια του κατασκευαστή και τη συνεχή παύση λειτουργίας της. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η παραγωγή, ενώ η ύπαρξη φθοράς στα μηχανικά της μέρη δεν αποτελεί εξαίρεση. Για την εκτίμηση της μέσης ριπής ανέμου υπάρχουν διάφορα μαθηματικά μοντέλα υπολογισμού και πρόβλεψης όπως, το Καναδικό μοντέλο πρόβλεψης ριπών.

Το πεδίο ροής του αέρα χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο της τυρβώδους ροής και για αυτόν το λόγο υπάρχουν απρόβλεπτες αναταράξεις στην ταχύτητά του και στρόβιλα πεδία.

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν στη μελέτη εγκατάστασης μίας αιολικής μηχανής που παράλληλα δημιουργεί υψηλή τύρβη και στροβιλισμούς είναι η τραχύτητα του εδάφους και τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Είναι προφανές ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται κανείς στο επίπεδο της θάλασσας, η πιο μακριά από τα μεγάλα αστικά κέντρα τόσο μειώνεται αυτός ο συντελεστής. Επιπλέον ο συντελεστής τραχύτητας επηρεάζει και την εκθετική διανομή ταχύτητας του πεδίου ροής του ανέμου όσο αυξάνεται το ύψος.



Εικόνα 18: Επίδραση τραχύτητας του εδάφους στο ύψος του οριακού στρώματος.

Το αστικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από έντονες διακυμάνσεις του υφιστάμενου παράγοντα λόγω της ύπαρξης ψηλών κτηρίων και δέντρων. Μια συστοιχία δέντρων για παράδειγμα έχει ως αποτέλεσμα το μηδενισμό της ταχύτητας του ανέμου μέχρι την κορυφή τους και τη δημιουργία στροβίλων και τυρβωδών πεδίων ανάντη και κατάντη. Στα κτήρια από την άλλη παρουσιάζονται τα ίδια φαινόμενα με το πεδίο ροής του ανέμου να διαταράσσεται μέχρι και δυο φορές του ύψους τους. Ο δείκτης τραχύτητας για μικρές πόλεις, προάστια και μεγάλα αστικά κέντρα κυμαίνεται μεταξύ 0,1m και 10m και για αυτόν το λόγο υπάρχουν κάποιοι κανόνες διέπουν το σχεδιασμό της εγκατάστασης μίας αιολικής μηχανής σε αστικό περιβάλλον.

Πρώτα από όλα γίνεται έρευνα και αξιολόγηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού της υπό μελέτη περιοχής σε όση μεγαλύτερη έκταση είναι δυνατόν. Η μέση ταχύτητα του ανέμου θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 5m/s με κάποιες εξαιρέσεις αν η περιοχή θεωρείται πυκνοκατοικημένη. Αφού επιλεγθεί ο τύπος και το είδος της ανεμογεννήτριας, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο ύψος της εγκατάστασης, μεγαλύτερο του 30% του σημείου που τοποθετείται, καθώς όπως προαναφέρθηκε επηρεάζεται η ταχύτητα του ανέμου. Η εγκατάσταση θα είναι καλό να βρίσκεται σε ψηλά κτήρια με λείες οροφές και την ύπαρξη όσο το δυνατόν λιγότερων εμποδίων και περιφερειακών οικοδομημάτων σε απόσταση 20-30m, που να είναι ικανά να την υποστηρίξουν βάση μηχανικής. Επίσης, η εγκατάσταση θα πρέπει να έχει υψηλή αισθητική και να μην χαλάει τη χωροταξία της περιοχής.

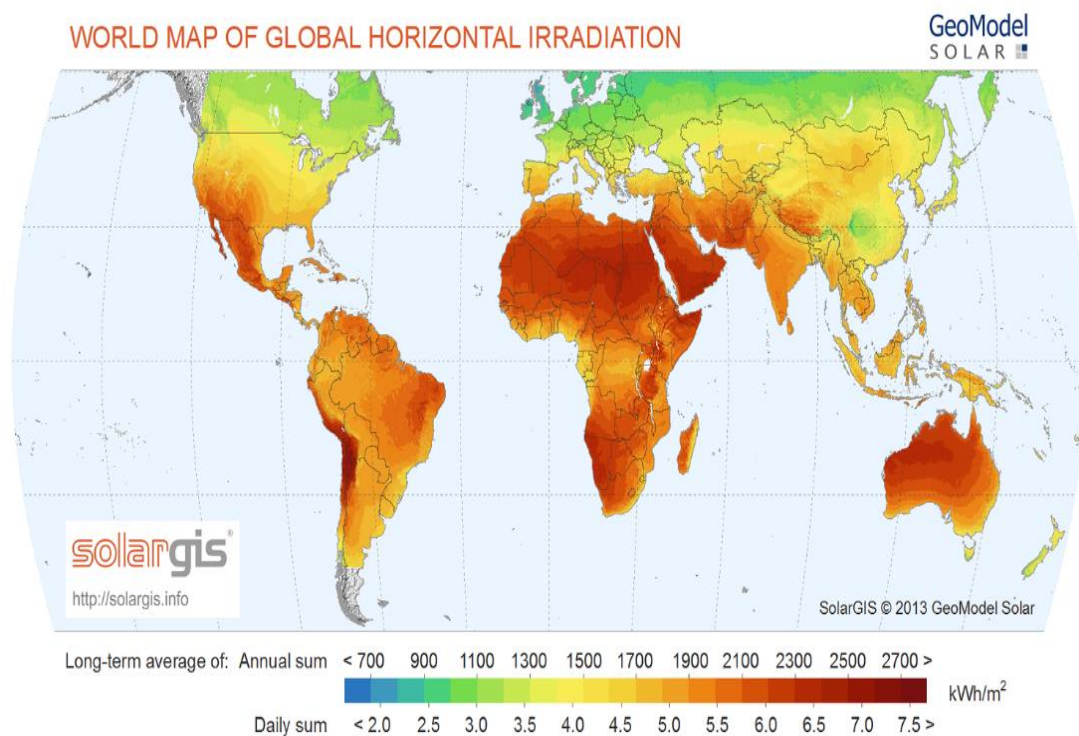
3.2.2 Η Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή χαρακτηρίζεται η ενέργεια που προέρχεται από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα, λόγω των υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στον πυρήνα του η ύλη φτάνει σε κατάσταση πλάσματος. Το πλάσμα χαρακτηρίζεται από αποκόλληση των δομικών στοιχείων του ατόμου (νετρόνια, πρωτόνια και ηλεκτρόνια) από τις δυνάμεις που τα συγκρατούν επιτρέποντάς τους να κινούνται ελεύθερα σαν μια μορφή λάβας. Ο ήλιος αποτελείται κυρίως από τα χημικά στοιχεία ήλιο και υδρογόνο τα οποία, αποτελούνται από πολύ μικρό αριθμό στοιχειωδών δομικών στοιχείων. Λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών αυξάνεται η κινητική ενέργεια των στοιχειωδών σωματιδίων και ως αποτέλεσμα συγκρούονται μεταξύ τους δημιουργώντας τις χημικές ενώσεις που προαναφέρθηκαν απελευθερώνοντας τεράστια ποσά ενέργειας. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται θερμοπυρηνική σύντηξη και είναι ακριβώς η αντίστροφη διαδικασία που λαμβάνει χώρα στα πυρηνικά εργοστάσια ως πυρηνική σχάση.

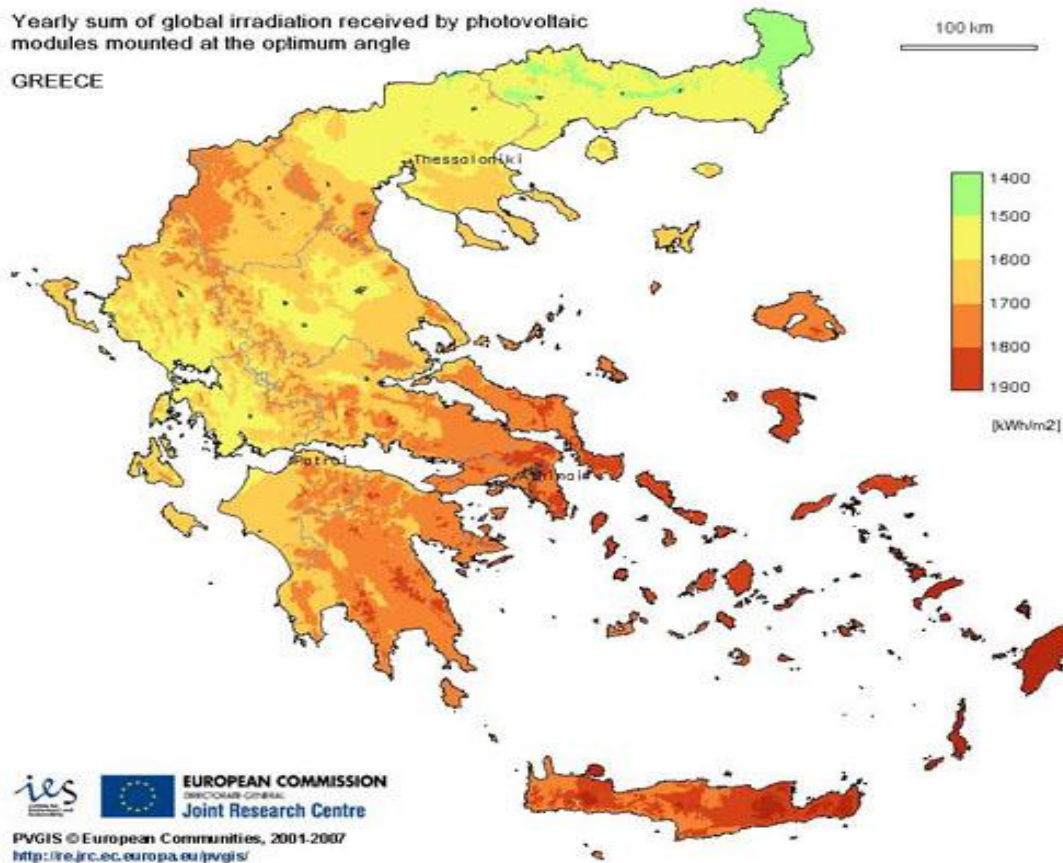
Ο πλανήτης δέχεται τεράστια ποσά υπεριώδους, υπέρυθρης ακτινοβολίας και θερμότητας κάθε δευτερόλεπτο. Υπολογίζεται ότι στο άνω μέρος της ατμόσφαιρας η ενέργεια αυτή ανέρχεται στα 174Petawatts δηλαδή, $174 \cdot 10^{15}$ Watts [1],[17]. Περίπου το 30% αυτής της ενέργειας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο 70% απορροφάτε από αυτήν, τα σύννεφα και τους ωκεανούς. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ενέργειας το ποσοστό ηλιακής ενέργειας που απορροφάτε σε μια στιγμή από την ατμόσφαιρα είναι ικανό να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες όλου του πλανήτη για ένα χρόνο προσφέροντας μια πληθώρα επιλογών σε θέρμανση ζεστού νερού χρήσης,

σε μαγείρεμα, σε θέρμανση ψύξη κλιματισμό, σε εφαρμογές αφαλάτωσης και σε παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ως ηλιακό δυναμικό χαρακτηρίζεται ως το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε ένα τετραγωνικό επιφάνειας της γης. Για την εκτίμησή του συντάσσεται μια σειρά ενεργειών από τις εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες οι οποίες με κατάλληλα μετρητικά όργανα, όπως είναι τα πυρανόμετρα, συλλέγουν μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας σε περιοχές για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οι μέσες μηνιαίες τιμές της έντασης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Από τις τιμές αυτές και με χρήση των ωρών ηλιοφάνειας προκύπτουν οι μέσες τιμές της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας ανά μήνα από τον ήλιο σε οριζόντιο επίπεδο. Κατόπιν χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εξισώσεις οι τιμές αυτές μετατρέπονται στις αντίστοιχες τιμές σε κεκλιμένο επίπεδο. Αποτέλεσμα της επεξεργασίας των μετρήσεων αυτών είναι η δημιουργία χαρτών ηλιακού δυναμικού οι οποίοι δίνουν μια γενικότερη εικόνα στο μελετητή για το εάν είναι κατάλληλη η περιοχή για περαιτέρω ενέργειες αξιοποίησης του. Το ηλιακό δυναμικό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, καθώς και από το κλίμα την εποχή, το ανάγλυφο και την τραχύτητα της υπό μελέτης περιοχής. Η Ελλάδα, λόγω της γεωγραφικής θέσης χαρακτηρίζεται από έντονο ηλιακό δυναμικό με πάρα πολλές προοπτικές αξιοποίησης, ειδικά στα νησιά. Η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.



Εικόνα 19: Παγκόσμια ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 20: Ένταση ηλιακού δυναμικού στην Ελληνική επικράτεια.

3.2.2.1 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η διαφορά δυναμικού που δημιουργείτε όταν συγκεκριμένα υλικά έρθουν σε επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία [19]. Τα υλικά αυτά ονομάζονται ημιαγωγοί και είναι ή φυσικά ή τεχνητά και ουσιαστικά έχουν μέσου μεγέθους μέτρο ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που τα κατατάσσει ανάμεσα στους αγωγούς και στους μονωτές. Πιο συγκεκριμένα όταν μία ακτίνα φωτός διαπεράσει ένα ηλεκτρόνιο σε ημιαγωγίμο υλικό εκείνο φορτίζεται καταλαμβάνοντας μια θέση σε μεγαλύτερη ενεργειακή στοιβάδα γύρω από τον πυρήνα του ατόμου του υλικού. Αυτήν την πιθανή θέση τη διατηρεί μέχρις ότου χάσει τη φόρτιση του και επανέλθει στην κατώτερη ενεργειακή του στοιβάδα δημιουργώντας έτσι μια πόλωση. Αξιοποιώντας το παραπάνω φαινόμενο έχουν κατασκευαστεί πολλών ειδών διατάξεις από ημιαγωγούς οι οποίες εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία.

3.2.2.2 Είδη Ηλιακών Συστημάτων

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τ βασικά ήδη φωτοβολταϊκών συστημάτων και παράλληλα πραγματοποιείτε μία συνοπτική ανάλυσή τους [20].

Ενεργητικά ηλιακά

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα ονομάζονται εκείνα που με τη βοήθεια κατάλληλων διατάξεων συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μεταφέρουν με τη μορφή

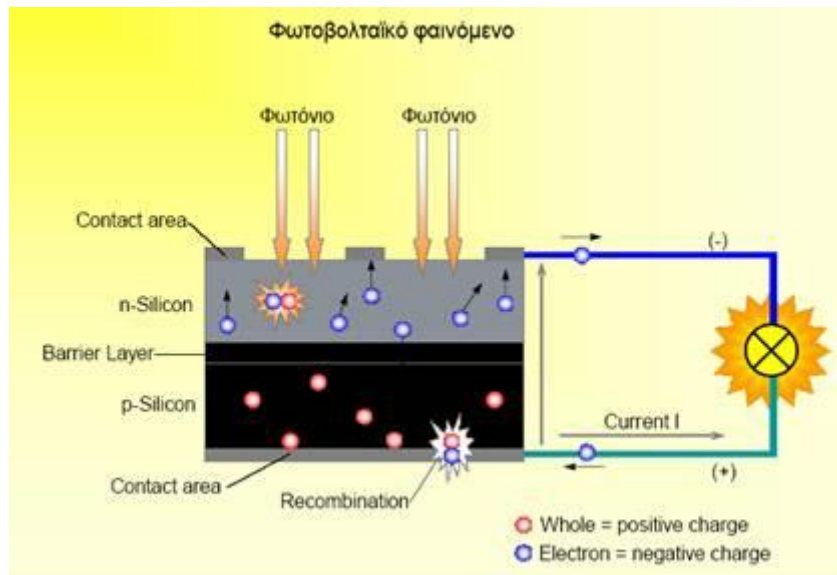
θερμότητας σε άλλα ρευστά. Επιπλέον στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα κατατάσσονται και εκείνα τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα και στη συνέχεια την αποθηκεύουν σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

- **Φωτοβολταικά συστήματα**

Τα φωτοβολταικά συστήματα, όπως προαναφέρθηκε, είναι εκείνες οι ημιαγώγιμες διατάξεις οι οποίες μετατρέπουν μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική η θερμική ενέργεια. Τα φωτοβολταικά στοιχεία εκμεταλλεύονται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και αποτελούνται από δύο πλάκες ημιαγώγιμων υλικών που βρίσκονται μεταξύ τους σε επαφή. Το κύριο υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι το πυρίτιο το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στο φλοιό της γης. Το πυρίτιο έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια έναντι του μέγιστου που είναι 8 δίνοντας του τη δυνατότητα με τεχνητό τρόπο να ανταλλάξει φορτίο με πρόσμιξη άλλου στοιχείου. Οι δύο πλάκες πυριτίου εμπεριέχουν διόδους θετικά και αρνητικά φορτισμένες (positive-negative). Η επάνω πλάκα πυριτίου (negative) εμπλουτίζεται συνήθως με φώσφορο η αρσενικό τα οποία διαθέτουν στην εξωτερική τους στοιβάδα ένα ηλεκτρόνιο παραπάνω (θετικά φορτισμένη). Η κάτω πλάκα πυριτίου (positive) εμπλουτίζεται συνήθως με βόριο το οποίο διαθέτει ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην εξωτερική του στοιβάδα (αρνητικά φορτισμένη). Όταν λοιπόν αυτές οι δύο πλάκες έρθουν σε επαφή δημιουργείται μεταξύ τους δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο επιτρέποντας την κίνηση της περισσείας ηλεκτρονίων από την αρνητική πλάκα, στις κενές θέσεις ηλεκτρονίων τις θετικής πλάκας χωρίς όμως να συμβαίνει το αντίθετο (δίοδος).

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με τη μορφή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φωτοβολταϊκού κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου negative και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου positive. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου positive αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής.

Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατο να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής negative πλέον υπάρχει μια περίσσεια ηλεκτρονίων που είναι εκμεταλλεύσιμη. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής negative και στο κάτω της επαφής positive και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται. Στο κλειστό αυτό κύκλωμα η ένταση του ρεύματος ονομάζεται ρεύμα βραχυκυκλώσεως, ενώ η τάση που δημιουργείται, τάση βραχυκυκλώσεως.



Εικόνα 21: Λειτουργία φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Τέλος η ενέργεια διέγερσης των φωτονίων καθώς και το ενεργειακό χάσμα ενός υλικού μετριέται σε ηλεκτρονιοβόλτ (eV). Η ακτινοβολία αποτελείται από διάφορα είδη μήκους κύματος όπως για παράδειγμα, τα μικροκύματα, το ορατό φως, η υπεριώδης ακτινοβολία, οι ακτίνες X και άλλα, το καθένα με φωτόνια διαφορετικής ενέργειας διέγερσης. Στα φωτοβολταϊκά πλαίσια πυριτίου το ενεργειακό χάσμα που πρέπει να ξεπεραστεί από τα υπό διέγερση ηλεκτρόνια είναι περίπου 1eV. Προσπίπτοντας λοιπόν τα φωτόνια από τα διάφορα μήκη κύματος πάνω στο φωτοβολταϊκό στοιχείο κάποια, λόγω της χαμηλής έντασης τους δεν είναι ικανά να διεγείρουν αρκετά τα ηλεκτρόνια και να σπάσουν τους ομοιοπολικούς δεσμούς ή να ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα με αποτέλεσμα να απορροφούνται από το σύστημα. Από την άλλη πλευρά τα φωτόνια με πολύ μεγαλύτερη ενέργεια διέγερσης από το ενεργειακό χάσμα του υλικού δημιουργούν περίσσεια ηλεκτρονίων που απορροφάτε και μετατρέπεται σε θερμότητα. Τελικά μόνο το 30% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αυτό που αξιοποιείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Το παραπάνω ποσοστό μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση άλλου υλικού το οποίο έχει είτε μικρότερο είτε μεγαλύτερο ενεργειακό χάσμα και καλύτερο συντελεστή μετατροπής.

▪ Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Είδη φωτοβολταϊκών πυριτίου

Η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου σήμερα έχει απλοποιηθεί πολύ λόγω της χρήσης του πυριτίου στην κατασκευή ημιαγωγών στην επιστήμη των υπολογιστών. Το πυρίτιο είναι το δεύτερο πιο συχνό στοιχείο του πλανήτη μετά το οξυγόνο και κρατάει της ημιαγωγίμες ιδιότητές του ακόμα και σε πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου έχουν πληθώρα εφαρμογών και διακρίνονται σε διάφορα είδη ανάλογα με το πάχος τους. Αποτελούνται κυρίως από πλάκες διαφορετικών υλικών, ενώ είναι σφραγισμένα με πλαστικό και γυαλί για την προστασία τους από τις καιρικές συνθήκες.

Μονοκρυσταλλικά

Τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους απόδοση η οποία ξεπερνάει το 15%. Είναι το φωτοβολταϊκό με της μεγαλύτερες αποδόσεις που στο εργαστήριο ξεπερνάνε το 24%. Στο εμπόριο υπάρχει μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με 19% απόδοση. Το πάχος του στοιχείου του πυριτίου κυμαίνεται γύρω στα 0,3mm. Βασικό τους πλεονέκτημα είναι η σχέση απόδοσης επιφάνειας καθώς και η αντοχή τους σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον σε περίπτωση συννεφιάς έχουν τη δυνατότητα να παράγουν πολύ περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με άλλα συστήματα. Τέλος χαρακτηρίζονται ως τύπος φωτοβολταϊκών πλαισίων με την καλύτερη αισθητική και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Βασικό τους μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος.



Εικόνα 22: Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο.

Πολυκρυσταλλικά

Τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος κατασκευής από τα μονοκρυσταλλικά, για αυτό και προτιμώνται περισσότερο για απλές κατασκευές υβριδικών σταθμών και θερμικών συστημάτων. Η απόδοση τους είναι περίπου 12% ενώ το πάχος κατασκευής τους διαφέρει μεταξύ 10μm – 50μm.



Εικόνα 23: Πολυκρυσταλλικό πλαίσιο.

Άμορφα

Τα φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου είναι τα φθηνότερα που μπορεί να συναντήσει κανείς και απόδοση τους δεν ξεπερνά το 9%. Αποτελούνται από επιστρώσεις πολλών λεπτών φύλλων πυριτίου μικρού πάχους επάνω σε γυαλί. Η χρήση τους συναντάται

κυρίως σε μεγάλες εκτάσεις γης ή σε οροφές πολύ μεγάλων κτηρίων βιομηχανικών εγκαταστάσεων.



Εικόνα 24: Άμορφο πλαίσιο

Άλλοι τύποι φωτοβολταϊκών

Επιγραμματικά αναφέρονται άλλοι τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων που δεν είναι τόσο συνηθισμένοι στην αγορά και παρουσιάζονται ωστόσο σε πάρα πολλές εφαρμογές ενώ αποτελούνται από υλικά διάφορα του πυριτίου. Τέτοια πλαίσια είναι κατασκευασμένα από τελοριούχο κάδμιο, από αρσενικό γάλλιο και δισηληνιούχο χαλκό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται απ' 10-25% και παρουσιάζουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με του πυριτίου.

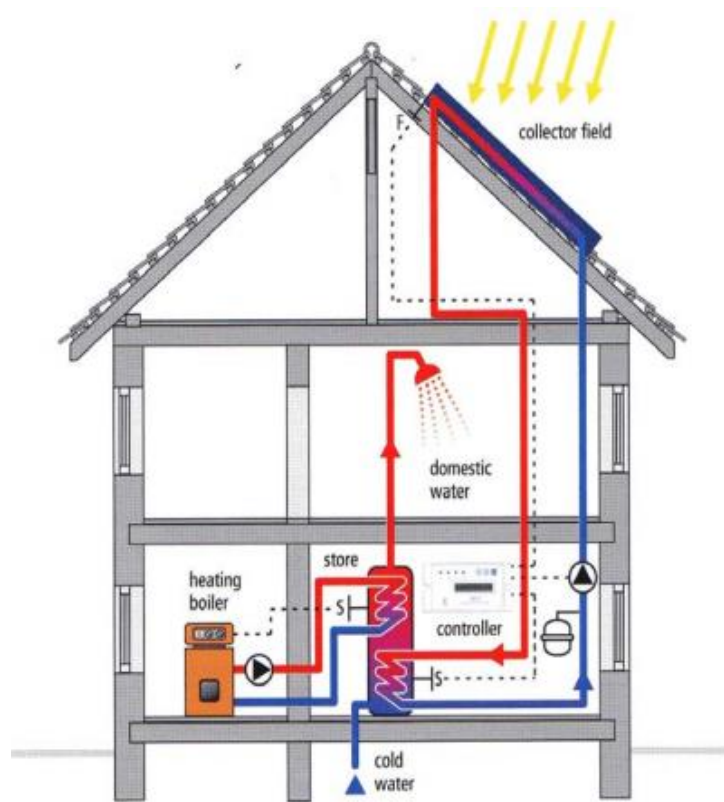
- **Θερμικά Ηλιακά Συστήματα**

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από ηλιακούς συλλέκτες, μία δεξαμενή για την αποθήκευση του ζεστά παραγόμενου νερού, συστήματα ελέγχου και σωλήνες. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω των ηλιακών συλλεκτών οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό ή αέρα και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν στη δεξαμενή. Το παραγόμενο ζεστό νερό μπορεί να καταναλωθεί στο μαγειρέμα στο πλύσιμο ρούχων και στο μπάνιο. Επιπλέον θερμικά ηλιακά χρησιμοποιούνται και στη βιομηχανία ή και ακόμα, μέσω των κατάλληλων διατάξεων, στη θέρμανση ψύξη και κλιματισμό. Το κόστος τους είναι άμεσα συνδεδεμένο με την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης και τα επιμέρους της στοιχεία όπως είναι οι αντλίες, οι κυκλοφορητές και οι εναλλάκτες θερμότητας. Τα ηλιακά θερμικά συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας εκμεταλλεύονται είτε το γεωδατικό ύψος είτε τους νόμους της θερμοδυναμικής. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας διακρίνονται σε συμπαγείς ολοκληρωμένους θερμοαντήρες νερού όπου η δεξαμενή βρίσκεται σε καλούπι κάτω από τον συλλέκτη και στους κλασικούς ηλιακούς θερμοσίφωνες στους οποίους η δεξαμενή βρίσκεται πάνω από το συλλέκτη. Στα δυο αυτά συστήματα το θερμαινόμενο νερό, που ρέει φυσικά μέσα στον συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο με αποτέλεσμα την κίνηση του προς τα επάνω και τη θέση του παίρνει το κρύο νερό δημιουργώντας μία φυσική κυκλοφορία.

- Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν αντλίες κυκλοφορητές βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το θερμικό μέσο, μέσα στον συλλέκτη. Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας διακρίνονται σε ανοικτού βρόγχου τα οποία χρησιμοποιούν κυκλοφορητή για περάσει το νερό μέσα στο σύστημα και στα κλειστού βρόγχου τα οποία χρησιμοποιούν δευτερεύον σύστημα κυκλοφορίας με θερμικό υγρό δεδομένης ενθαλπίας το οποίο, με τη βοήθεια αντλίας και εναλλάκτη θερμότητας μεταφέρει την παραγόμενη θερμική ενέργεια στο πρωτεύον σύστημα νερού στη δεξαμενή.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι πιο αξιόπιστα και έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης καθώς και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 25: Θερμικό ηλιακό σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

- **Παθητικά Ηλιακά Συστήματα**

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από διαφανείς-αδιαφανείς επιφάνειες και δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για το φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά, μέσω των μηχανισμών μετάδοσης της θερμότητας. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

Για να μπορέσει ένα παθητικό ηλιακό σύστημα να είναι όσον το δυνατόν πιο αποδοτικό γίνεται θα πρέπει να γίνει σωστή τεχνική μελέτη διαφόρων κλιματικών και γεωλογικών παραγόντων. Ως επί το πλείστον εξετάζεται η σωστή τοποθέτηση των επιφανειών του κτηρίου βάση την πορεία του ηλίου στον ουράνιο θόλο, οι ιδιότητες των υλικών που αποτελούν τις εν λόγω επιφάνειες, η μείωση των θερμικών απωλειών και τέλος η σωστή διάταξη των εσωτερικών χώρων για τη συλλογή αποθήκευση και διανομή της θερμότητας. Έτσι, με τον κατάλληλο συνδυασμό των παραπάνω μπορεί να δημιουργηθεί μια ενεργειακή ισορροπία για όλο το έτος, η οποία να επιτρέπει την ψύξη, τη θέρμανση, ή των φωτισμό των χώρων, αναλόγως την κλιματική ζώνη και ως αποτέλεσμα να μειωθούν οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτηρίου. Το ποσοστό ενέργειας που εξοικονομείται εξαρτάται από το λεγόμενο ηλιακό κέρδος.

Η αποθήκευση της θερμότητας από το πλεόνασμα ή το έλλειμα του ηλιακού κέρδους επιτυγχάνεται από τη χρήση κατάλληλων θερμοχωρητικών δομικών υλικών τα οποία χωρίζονται σε αδιαφανή ή διαφανή. Τα αδιαφανή υλικά (μονωτικά) χαρακτηρίζονται από ένα συντελεστή απορροφητικότητας και ένα συντελεστή ανακλαστικότητας και συμπεριφέρονται αναλόγως με το μέγεθος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας εκμεταλλευόμενα τους μηχανισμούς της θερμοδυναμικής και της μετάδοσης της θερμότητας. Στα διαφανή υλικά (υαλοπίνακες) προστίθεται και ο παράγοντας του συντελεστή διαπερατότητας καθώς με τα εν λόγω υλικά ρυθμίζεται και ο φυσικός φωτισμός συναρτήσει της θερμότητας. Όλα τα παραπάνω υλικά χωρίζονται σε υποκατηγορίες όπου αναλόγως το υπό μελέτη πρόβλημα επιλέγονται κατάλληλος, φθάνοντας στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των υλικών για την κατασκευή παθητικών ηλιακών συστημάτων αποτελεί το κόστος, οι καλές θερμικές και οπτικές ιδιότητες και τέλος η αντοχή σε θερμοκρασιακές μεταβολές και δυσμενείς περιβαλλοντικές εξωτερικές συνθήκες.

3.2.2.3 Συνδεσμολογίες – Βασικά Χαρακτηριστικά – Απώλειες – Βάσης Στήριξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

1) Συνδεσμολογία

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους είτε σε σειρά, είτε παράλληλα καθώς και σε συνδυασμό αυτών των δύο. Κάθε τρόπος σύνδεσης παρέχει τα δικά του οφέλη στο τελικό αποτέλεσμα. Ωστόσο στις περισσότερες των περιπτώσεων

συναντάται ο συνδυασμός των δύο τρόπων σύνδεσης. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι δύο τρόποι σύνδεσης φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Στην εν σειρά σύνδεση, αν και εφόσον όλα τα πλαίσια, έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, η ένταση του ρεύματος είναι η ίδια σε όλη τη διάταξη. Σε αντίθετη περίπτωση όπου κάποιο πλαίσιο έχει μικρότερη ονομαστική τιμή εντάσεως βραχυκύκλωσης, ανεξαρτήτως από το αν οι τιμές των υπολοίπων στοιχείων έχουν μεγαλύτερες ονομαστικές τιμές, τότε όλη η εγκατάσταση έχει την ένταση ρεύματος του μικρότερου πλαισίου. Η έκφραση της παραπάνω πρότασης περιγράφεται μαθηματικά στο παρακάτω τύπο.

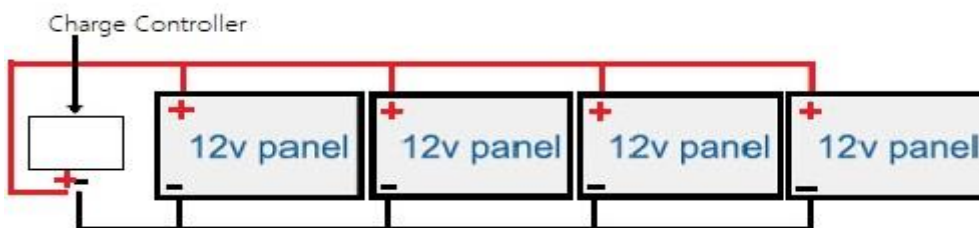
$$I_{σειρά} = I_{στοιχ.}$$

Η τάση στην εν σειρά σύνδεση εκφράζεται ως το άθροισμα των τάσεων όλων των πλαισίων που απαρτίζουν την εγκατάσταση και δίνεται από την παρακάτω σχέση.

$$V_{σειρά} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Η ισχύς της εν σειρά σύνδεσης είναι το γινόμενο της έντασης του ρεύματος του συνόλου της εγκατάστασης με τη συνολική τάση όλων των συστοιχιών και περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$P_{σειρά} = V_{σειρά} * I_{σειρά}$$



Εικόνα 26: Συνδεσμολογία εν σειρά.

Στην εν παράλληλο συνδεσμολογία υπάρχουν σχετικές διαφορές σε σχέση με την εν σειρά συνδεσμολογία. Η βασικότερη διαφορά έχει να κάνει με το ρεύμα και την τάση του συνόλου της εγκατάστασης.

Η ένταση του ρεύματος στην εν παράλληλο σύνδεση, αν και εφόσον τα πλαίσια διαθέτουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά, είναι ίσο με το άθροισμα όλων των

ρευμάτων των στοιχείων της εγκατάστασης. Η παρακάτω σχέση εκφράζει την προηγούμενη πρόταση.

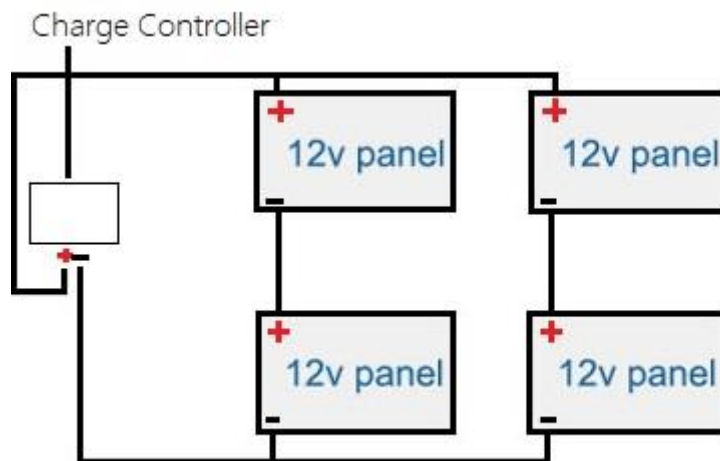
$$I_{\text{Παράλληλο}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Η τάση στην εν παράλληλο σύνδεση είναι ίση με την τάση του κάθε πλαισίου ξεχωριστά στα άκρα του και εκφράζεται ως εξής.

$$V_{\text{Παράλληλο}} = V_n \text{ Κάθε Στοιχείου}$$

Η ισχύς της εν παράλληλο σύνδεσης είναι το γινόμενο της τάσης του συνόλου της εγκατάστασης με τη συνολική ένταση του ρεύματος όλων των συστοιχιών και περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$P_{\text{Παράλληλο}} = I_{\text{Παράλληλο}} * V_{\text{Παράλληλο}}$$



Εικόνα 27: Συνδεσμολογία πάνελ εν παράλληλο.

2) Βασικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών στοιχείων όπως αυτά περιγράφονται εντός των τεχνικών φυλλαδίων του κάθε κατασκευαστή. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι πολύ σημαντικά για τη διαστασιολόγηση ενός συστήματος και είναι η ισχύς αιχμής, η τάση ανοιχτού κυκλώματος, η ένταση βραχυκύκλωσης ρεύματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και συμβατική ακτινοβολία και η τάση και ένταση του ρεύματος σε λειτουργία μέγιστης απόδοσης. Επιπλέον σημαντικά είναι ο συντελεστή πλήρωσης, που ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος προς την ισχύ βραχυκύκλωσης, ο βαθμός απόδοσης, ο συντελεστής κάλυψης και τέλος η διηλεκτρική αντοχή.

3) Απώλειες

Οι απώλειες είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας κατά τη διαστασιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς ο προσδιορισμός τους επιτρέπει στο μελετητή τη δυνατότητα μείωσής τους όταν αυτό είναι τεχνικά επιτρεπτό και την εξοικονόμηση χρημάτων. Οι βασικές απώλειες είναι λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, λόγω ρύπανσης της ατμόσφαιρας (σκόνη - αέριοι ρύποι), λόγω λάθος επιλογής ρυθμιστή ισχύος - φόρτισης και λόγω φθοράς στα πλαίσια με την πάροδο του χρόνου περίπου 1-2% για κάθε έτος.

Κατά τη διαστασιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος όλες οι παραπάνω απώλειες πρέπει να προβλεφθούν και να ανάλογα με το μέγεθός τους να γίνει υπερδιαστασιολόγηση της τάξης το 20-30% της παραγόμενης ενέργειας.

4) Βάσεις στήριξης

Οι κατασκευές στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να έχουν αντίσταση στον αέρα, χαμηλό κόστος, αποφυγή σκιασμού, εύκολη προσέγγιση ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των πλαισίων. Επιπλέον η κατασκευή θα πρέπει να έχει ύψος και τα πάνελ μεταξύ τους να διαθέτουν την κατάλληλη απόσταση.

Οι βάσεις στήριξης των πλαισίων χωρίζονται σε σταθερές κατασκευές, σε κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σ' έναν άξονα και σε κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σε δυο άξονες.



Εικόνα 28: Σταθερή βάση στήριξης φωτοβολταϊκού στοιχείου.



Εικόνα 29: Βάση στήριξης με σύστημα κατεύθυνσης-περιστροφής.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	85% kWh _(max)	90% kWh _(max)	50% kWh _(max)
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Νότιος	kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	30% kWh _(max)
Βόρειος	60% kWh _(max)	90% kWh _(max)	20% kWh _(max)

Εικόνα 30: Γωνία τοποθέτησης φωτοβολταϊκού πάνελ με βάση τον προσανατολισμό.

3.2.3 Αποθήκευση Ενέργειας

3.2.3.1 Εισαγωγή

Ως γνωστό η ενεργεία από της ανανεώσιμες πηγές δεν είναι σταθερή και συνεχώς μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή και από ώρα σε ώρα. Σημαντικό παράδειγμα αποτελεί ο ηλιακός κύκλος βάση του οποίου υπάρχει παραγωγή μονάχα τις πρωινές ώρες και σε αίθριες καιρικές συνθήκες. Η παραπάνω διαπίστωση καταστά αναγκαία την αποθήκευση της ενέργειας όταν υπάρχει υψηλή παραγωγή ούτως ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί σε περιόδους ελλείμματος. Για αυτόν το λόγο έχουν αναπτυχθεί διαφορές τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, ενώ στο συγκεκριμένο πεδίο καινοτομούν ανά τον κόσμο χιλιάδες εταιρίες.

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται αναφορά στις μέχρι σήμερα γνωστές τεχνολογίες και μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας, με ιδιαίτερη έμφαση στο κομμάτι των συσσωρευτών που αφορά τη συγκεκριμένη μελέτη.

3.2.3.2 Αποθηκευτικές Διατάξεις

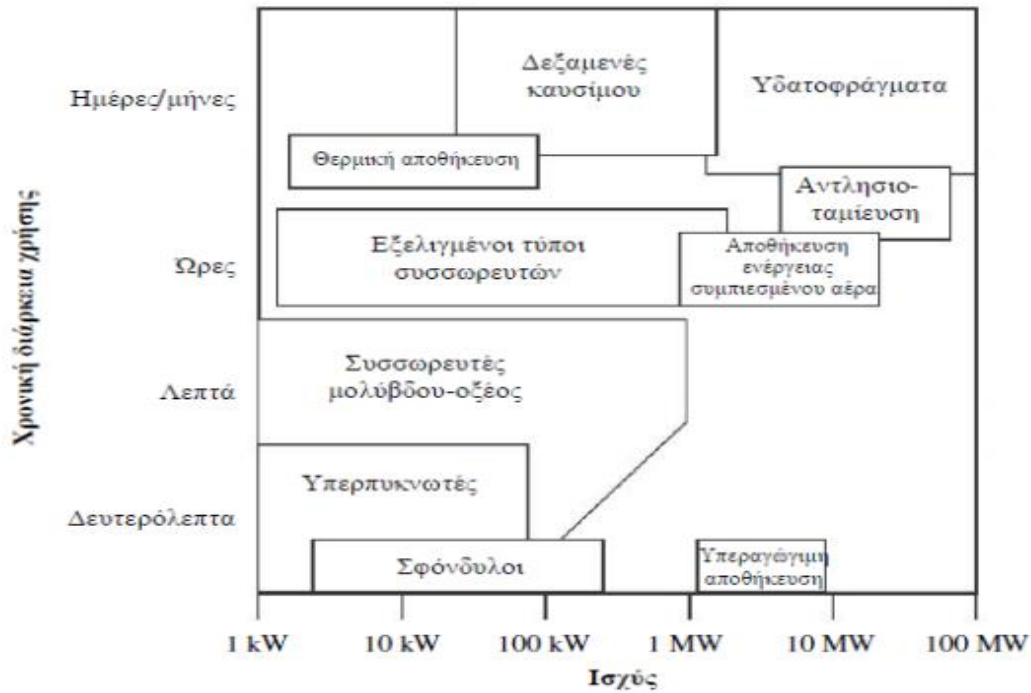
Για να είναι εφικτή η αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας, είναι απαραίτητο τις περισσότερες φορές να μετατραπεί σε κάποια άλλη μορφή μέχρι να επαναχρησιμοποιηθεί. Υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι αποθήκευσης ενέργειας όπου η κάθε μία καλύπτει διαφορετικές ανάγκες ενώ το οικονομικό κόστος ποικίλει. Η κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες βρίσκεται σε διαφορετικό στάδιο τεχνολογικής ανάπτυξης και για αυτό το λόγο είναι πολύ δύσκολη σήμερα η ταξινόμησή τους. Γενικότερα μπορούν να διακριθούν δυο κατηγορίες οι οποίες αποτελούνται από βραχυπρόθεσμα σύνολα αποθήκευσης και μακροπρόθεσμα σύνολα αντίστοιχα [24].

Οι βραχυπρόθεσμες διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά συστήματα, ηλεκτρονικά και μη και ο λόγος ύπαρξής τους σε αυτά είναι, να διατηρούν την τάση σταθερή, να ομαλοποιούν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος και συνεπώς να βελτιώνουν την ποιότητα ισχύος. Τέτοιου τύπου διατάξεις αποτελούν:

- Υπερπυκνωτές
- Σφόνδυλοι
- Υπεραγωγίμα μαγνητικά συστήματα

Οι μακροπρόθεσμες διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας συναντώνται σε μεγάλη διάστασης συστήματα. Οι διατάξεις αυτές μπορούν να αποθηκεύουν τεράστια ποσά ενέργειας τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα χρονικό εύρος από μερικές ώρες μέχρι και μερικές μέρες. Επιπλέον σε τέτοιες διατάξεις, με τη χρήση συσκευών αυτοματισμού, καταστάται ικανή η ρύθμιση της συχνότητας η διαχείριση της ενέργειας και η αποσυμφόρηση του δικτύου. Τέτοιες διατάξεις είναι:

- Συστήματα αντλιοταμείωσης
- Συστήματα αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα
- Αποθήκευση υδρογόνου
- Μπαταρίες-Συσσωρευτές



Εικόνα 31: Ισχύς συναρτήσει διάρκειας ζωής διαφόρων τρόπων αποθήκευσης ενέργειας[24].

3.2.3.3 Οι συσσωρευτές

Μπαταρίες ή συσσωρευτές καλούνται οι αποθηκευτικές διατάξεις οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική και το αντίστροφο. Καλύπτονται εξωτερικά από μονωτικό υλικό ενώ, στο εσωτερικό τους υπάρχουν ηλεκτρικά στοιχεία αποτελούμενα από δύο πλάκες από διαφορετικό μέταλλο η κάθε μια, το οποίο ορίζεται από της χημικές ιδιότητες του περιοδικού πίνακα (υψηλή αγωγιμότητα) και ονομάζονται ηλεκτρόδια. Οι δύο αυτές πλάκες του κάθε στοιχείου βυθίζονται σε ένα υγρό το οποίο ονομάζεται ηλεκτρολύτης. Τα ηλεκτρόδια αντιδρούν με τον ηλεκτρολύτη και ανταλλάσσουν μεταξύ τους ηλεκτρόνια όταν περάσει από αυτά συνεχές ρεύμα από κατάλληλο εξωτερικό κύκλωμα. Αντίστοιχα όταν σε αυτό το εξωτερικό κύκλωμα συνδεθεί μία τάση ο συσσωρευτής αποφορτίζεται [23].

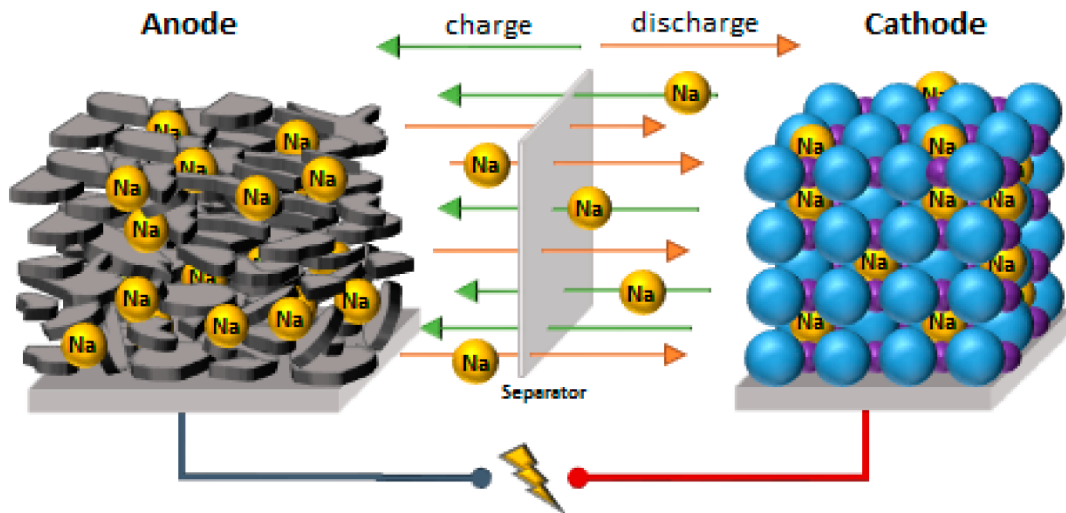
Τα ηλεκτρόδια χωρίζονται σε ηλεκτρόδιο ανόδου και ηλεκτρόδιο καθόδου. Το ηλεκτρόδιο ανόδου είναι το αρνητικό και δίνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα μέσω μιας διαδικασίας οξείδωσης. Το ηλεκτρόδιο καθόδου που ονομάζεται και θετικό ηλεκτρόδιο λαμβάνει τα ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα. Τέλος ο ηλεκτρολύτης παρεμβάλλεται ανάμεσα στην άνοδο και στην κάθοδο και μέσω μεταφοράς ενέργειας με τη μορφή ιόντων κλείνει το κύκλωμα.

Στη σημερινή εποχή έχουν αναπτυχθεί δεκάδες τύποι συσσωρευτών με τους πιο διαδεδομένους να είναι οι εξής:

- Μολύβδου-Οξέος
- Νικελίου-Καδμίου
- Λιθίου-Ιόντος
- Ψευδαργύρου-Αέρα

Βασικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών αποτελούν η ειδική ενέργεια, η πυκνότητα της ενέργειας αυτής, η ονομαστική τάση κυψέλης και η ειδική ισχύς. Στην περίπτωση των υβριδικών συστημάτων και ειδικότερα στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται φωτοβολταϊκό και ανεμογεννήτρια η συνήθης επιλογή συσσωρευτή είναι εκείνη του Μόλυβδου-οξέος και του Νικελίου-Καδμίου. Η παραπάνω επιλογή οφείλεται στο χαμηλό κόστος αν μονάδα αποθηκευμένης kWh καθώς τα υβριδικά συστήματα χρειάζονται μεγάλα ποσά αποθηκευτικής ικανότητας.

Οι συσσωρευτές, εκτός από μέσω αποθήκευσης ενέργειας σε ένα σύστημα, μπορούν να λειτουργήσουν και σαν ομαλοποιητές και σταθεροποιητές του ίδιου συστήματος. Λόγω του γεγονότος ότι πολλές φορές η στιγμιαία παραγόμενη ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές μπορεί να μην καλύπτει την απαιτούμενη ζήτηση ισχύος, παρεμβάλλεται ο συσσωρευτής ο οποίος, όντας φορτισμένος αποτρέπει το δίκτυο από πιθανή πτώση τάσης ή βύθιση, προστατεύοντας έτσι όλο το σύστημα από πιθανή καταστροφή. Το ίδιο συμβαίνει και κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου το αυτόνομο υβριδικό σύστημα βασίζεται μονάχα σε άλλη πηγή εκτός του ήλιου, όπως για παράδειγμα ο άνεμος ή ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Επιπλέον οι μπαταρίες είναι ικανές να παρέχουν αυτονομία για πολλές ημέρες, αν για παράδειγμα δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια ενώ, τις ημέρες όπου τα ποσά ακτινοβολίας είναι υψηλά, αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας, που δε χρειάζεται για να καλύψει κάποιο φορτίο. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι εφόσον τα φωτοβολταϊκά παράγουν συνεχές ρεύμα και η μπαταρία λειτουργεί και εκείνη με συνεχές, οι δυο αυτές διατάξεις συμπληρώνουν πολύ καλά η μία την άλλη.



Εικόνα 32: Γραφική απεικόνιση λειτουργίας συσσωρευτή.

Βασικά μεγέθη μπαταριών

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση μιας μπαταρίας είναι η χωρητικότητα (C), το βάθος εκφόρτωσης (DOD-το ποσοστό που επιτρέπεται να αποφορτιστεί ένας συσσωρευτής), η στάθμη φόρτισης (SOC), ο ρυθμός εκφόρτωσης (ο λόγος της χωρητικότητας προς τις ώρες εκφόρτωσης), ο βαθμός απόδοσης εισόδου και εξόδου, η διάρκεια ζωής και η αυτοεκφόρτιση (απώλεια φορτίου όταν η μπαταρία βρίσκεται εκτός πόλωσης, συνήθως 1-3% ανά μήνα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή

Υβριδικά καλούνται τα συστήματα τα οποία αποτελούνται από τουλάχιστο μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και δεν απορροφούν ενέργεια μεγαλύτερη του 30% από το δημόσιο δίκτυο για να πληρώσουν το φορτίο του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας [25]. Επιπλέον, σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, ένα υβριδικό σύστημα το οποίο φέρει κάποια συμβατική πηγή παραγωγής ενέργειας, όπως για παράδειγμα κινητήρα Diesel, η παραγωγή αυτής να μην ξεπερνά το 10% του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας του συστήματος. Τέλος η μέγιστη ισχύ των παραγωγικών συστημάτων δεν θα πρέπει να ξεπερνά την ισχύ των αποθηκευτικών συστημάτων προσαυξημένη κατά 20%.

Τα υβριδικά συστήματα παρουσιάζουν πάρα πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ενέργειας και ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε διασυνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δημόσιο δίκτυο και σε μη διασυνδεδεμένα.

4.1.1 Πλεονέκτημα Υβριδικών Συστημάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα βασικότερα πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων [25]. Γενικά ένα υβριδικό σύστημα:

- Μπορεί να εγκατασταθεί σε περιοχή όπου η πρόσβαση δεν είναι εύκολα εφικτή.
- Δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.
- Εξοικονομεί συμβατικό καύσιμο.
- Δεν εκπέμπει θόρυβο.
- Αξιοποιεί και συνδυάζει διαφορετικά είδη ΑΠΕ ανάλογα με την περίπτωση.
- Συνεισφέρει οικονομικά σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο
- Είναι οικονομικά βιώσιμο
- Έχει χαμηλό κόστος συντήρησης
- Μπορεί να συνδεθεί ή όχι στο δημόσιο εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης

4.2 Είδη Υβριδικών Συστημάτων

4.2.1 Διασυνδεδεμένα Συστήματα

Το ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας καθώς και ένα διευρυμένο δίκτυο μεταφοράς και διανομής της. Επάνω σε αυτό το δίκτυο είναι δυνατή η εγκατάσταση και λειτουργία υβριδικών σταθμών στους οποίους δεν απαιτείται τοποθέτηση συστημάτων διαχείρισης ενέργειας. Η εγκατεστημένη τους ισχύ μπορεί να κυμαίνεται από λίγα kW μέχρι και δεκάδες MW και ο σκοπός λειτουργίας τους μπορεί να διαφέρει από απλή παραγωγή ενέργειας, παραγωγή ενέργειας στις ώρες αιχμής ή σε περιπτώσεις αποσταθεροποίησης του δικτύου λόγω διακοπής ρεύματος.

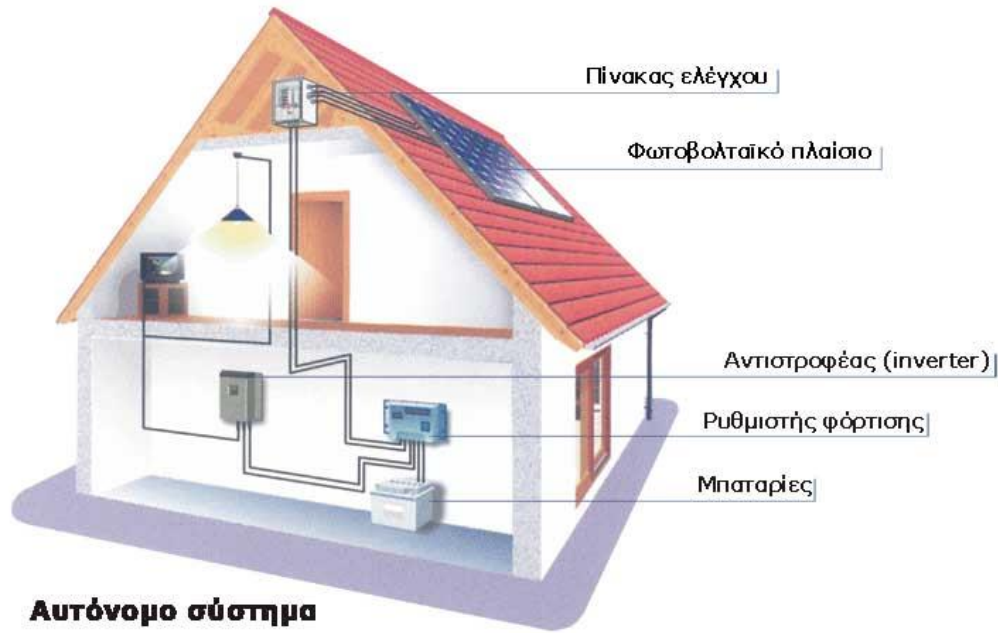


Εικόνα 33: Διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα (Net metering).

4.2.2 Μη Διασυνδεδεμένα - Αυτόνομα

Μια άλλη κατηγορία υβριδικών συστημάτων είναι εκείνα τα οποία δεν είναι διασυνδεδεμένα με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Τα συστήματα αυτά βρίσκονται ως επί το πλείστον σε απομονωμένες περιοχές όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη και το κόστος για την επέκταση του δημόσιου δικτύου θα ήταν πολύ μεγαλύτερο. Σε αντίθεση με τα διασυνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο συστήματα, τα αυτόνομα θα πρέπει να παρέχουν εξ' ολοκλήρου την ενέργεια μόνα τους, όπου υπάρχει ζήτηση. Έτσι είναι απαραίτητο για αυτούς τους σταθμούς να υπάρχει και η ανάλογη αποθηκευτική ικανότητα και να είναι τουλάχιστον η διπλάσια από το μέγιστο φορτίο ζήτησης που έχει καταγραφεί. Συνήθως τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα φέρουν και μία συμβατική πηγή παραγωγής ενέργειας σε περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια από της ΑΠΕ δεν επαρκεί. Σε κάθε περίπτωση η περίσσεια ενέργειας θα πρέπει είτε να καταλώνεται είτε να αποθηκεύεται για να μην προκαλείται αστάθεια στο σύστημα. Επιπλέον στα υβριδικά συστήματα αυτής της κατηγορίας συναντώνται περισσότερες ενδιάμεσες διατάξεις όπως είναι οι ρυθμιστές φόρτισης, οι μετατροπείς ρεύματος και οι αντιστροφείς, οι οποίες ρυθμίζουν τη συχνότητα και την άεργο ισχύ του δικτύου ώστε αυτό να είναι σταθερότερο.

Τέλος στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα πιο απλά υβριδικά συστήματα στα οποία η παραγωγή και η κατανάλωση γίνονται στο ίδιο σημείο και εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς. Τέτοια συστήματα αποτελούν φάροι-σημαδούρες, μονάδες αφαλάτωσης, άντληση νερού για πότισμα δημόσιος φωτισμός κτλ.



Εικόνα 34: Αυτόνομο υβριδικό σύστημα.

4.3 Επιμέρους Στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων

Πέραν των συσσωρευτών και των συστημάτων παραγωγής ενέργειας σε ένα υβριδικό σύστημα, υπάρχουν επιμέρους ενδιάμεσες διατάξεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστή και ομαλή λειτουργία του. Οι διατάξεις αυτές παρεμβάλλονται συνήθως ανάμεσα στα βασικά συστήματα της εγκατάστασης και σκοπό έχουν να προστατεύσουν την εγκατάσταση καθώς και να ρυθμίσουν διάφορες παραμέτρους που ζητάει ο καταναλωτής. Τέτοιες διατάξεις αποτελούν οι ρυθμιστές φόρτισης, οι ανορθωτές τάσης, οι μετατροπείς και οι αντιστροφές. Παρακάτω αναλύονται βασικά χαρακτηριστικά τους καθώς και βασικές λειτουργίες τους.

1) Ρυθμιστές φόρτισης

Οι ρυθμιστές φόρτισης παρεμβάλλονται ανάμεσα στα φωτοβολταϊκά συστήματα-ανεμογεννήτριες και στους συσσωρευτές και βασικός τους σκοπός είναι να προστατέψουν τις μπαταρίες από βαθιά εκφόρτωση και υπερφόρτωση. Επιπλέον ένας ρυθμιστής φόρτισης επιτρέπει στο σύστημα να κρατάει την τάση εξόδου από την ενεργειακή πηγή σταθερή στην επιθυμητή τάση φόρτισης της μπαταρίας. Τέλος ο ρυθμιστής φόρτισης έχει τη δυνατότητα να αυξάνει το βαθμό απόδοσης μίας εγκατάστασης καθώς μπορεί να ανιχνεύσει το καλύτερο σημείο απόδοσης βάσει της χαρακτηριστικής καμπύλης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Στη σημερινή αγορά υπάρχουν οι λεγόμενοι έξυπνοι ρυθμιστές φόρτισης οι οποίοι διαθέτουν οθόνες LCD, αποθηκευτική ικανότητα δεδομένων, προστασίες από υπερθερμάνσεις και λογισμικό για να συνδεθούν με υπολογιστική μονάδα. Η επιλογή της ισχύος του ρυθμιστή φόρτισης γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ της εγκατάστασης και συνήθως χρειάζονται περισσότεροι από έναν, πάντα με γνώμονα το σύνολο των κυκλωμάτων συστοιχιών μπαταρίας-φωτοβολταϊκών-ανεμογεννήτριας.

2) Ανορθωτής τάσης

Όταν σε μία εγκατάσταση υπάρχει ανεμογεννήτρια, είναι απαραίτητο πριν το ρυθμιστή φόρτισης να υπάρχει και ένας ανορθωτής τάσης. Ως γνωστόν η ανεμογεννήτρια στην έξοδό της δίνει εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), ενώ οι μπαταρίες και οι ρυθμιστές φόρτισης διαχειρίζονται συνεχές ρεύμα (DC). Παρεμβάλλοντας λοιπόν έναν ανορθωτή τάσης στο σύστημα δίνεται η δυνατότητα μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος της ανεμογεννήτριας σε συνεχές ρεύμα προς αποθήκευση στους συσσωρευτές μέσω του ρυθμιστή φόρτισης. Η επιλογή ανορθωτή τάσης συνάδει με την ισχύ της ανεμογεννήτριας καθώς και με την ισχύ του ρυθμιστή φόρτισης.

3) Μετατροπέας

Ο μετατροπέας συνεχούς-συνεχούς ρεύματος (DC-DC) είναι μία άλλη διάταξη η οποία αναλόγως το μέγεθος του υβριδικού συστήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτό. Παρεμβάλλεται ανάμεσα στα φωτοβολταϊκά και τους ρυθμιστές φόρτισης και αποτελεί βοηθητικό στοιχείο καθώς ρυθμίζει περαιτέρω την τάση εξόδου από τα πάνελ, η οποία είναι πολύ ασταθής λόγω της διακύμανσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

4) Αντιστροφέας

Ο αντιστροφέας είναι ίσως η πιο σημαντική διάταξη που συντάσσει ένα υβριδικό σύστημα. Βασική του δουλειά είναι να μετατρέψει το συνεχές ρεύμα των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενο ρεύμα που χρησιμοποιείται από τις ηλεκτρικές συσκευές και το δίκτυο. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει τη συχνότητα του ρεύματος. Ένας αντιστροφέας θα πρέπει να έχει μεγάλο εύρος τιμών εισόδου τάσης σε σχέση με τη συνολική τάση της εγκατάστασης (10%-30%), να έχει υψηλό βαθμό απόδοσης (>95%), να αντέχει τις υπερφορτώσεις για την εκκίνηση του συστήματος όταν υπάρχει ζήτηση ρεύματος, να αντέχει βραχυκυκλώματα και να έχει σταθερότητα τάσης (+- 8%) και συχνότητας (+-2%)

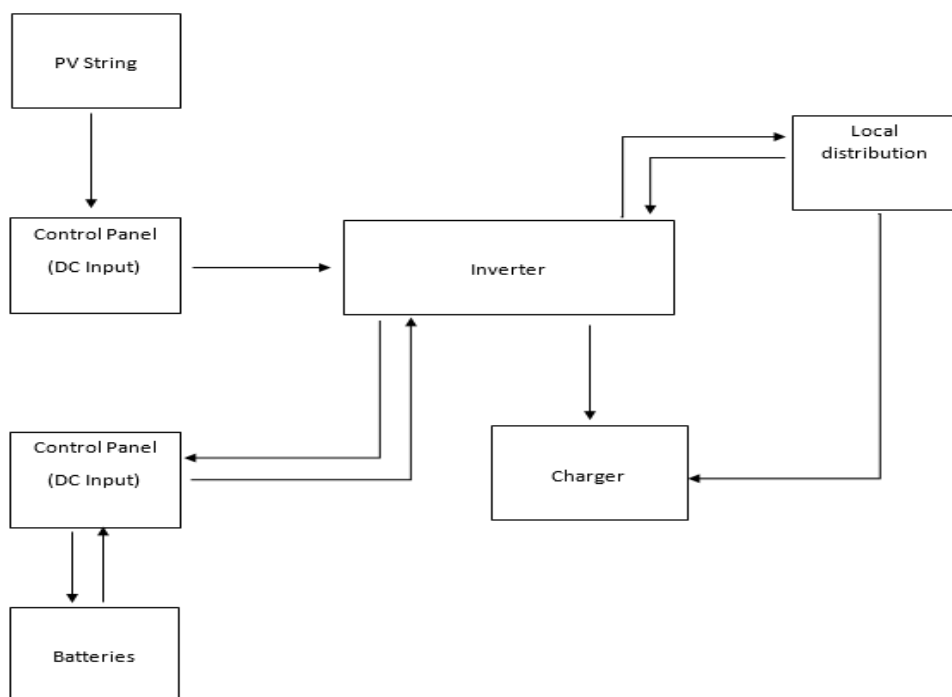
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑ.Δ.Α

5.1 Εισαγωγή

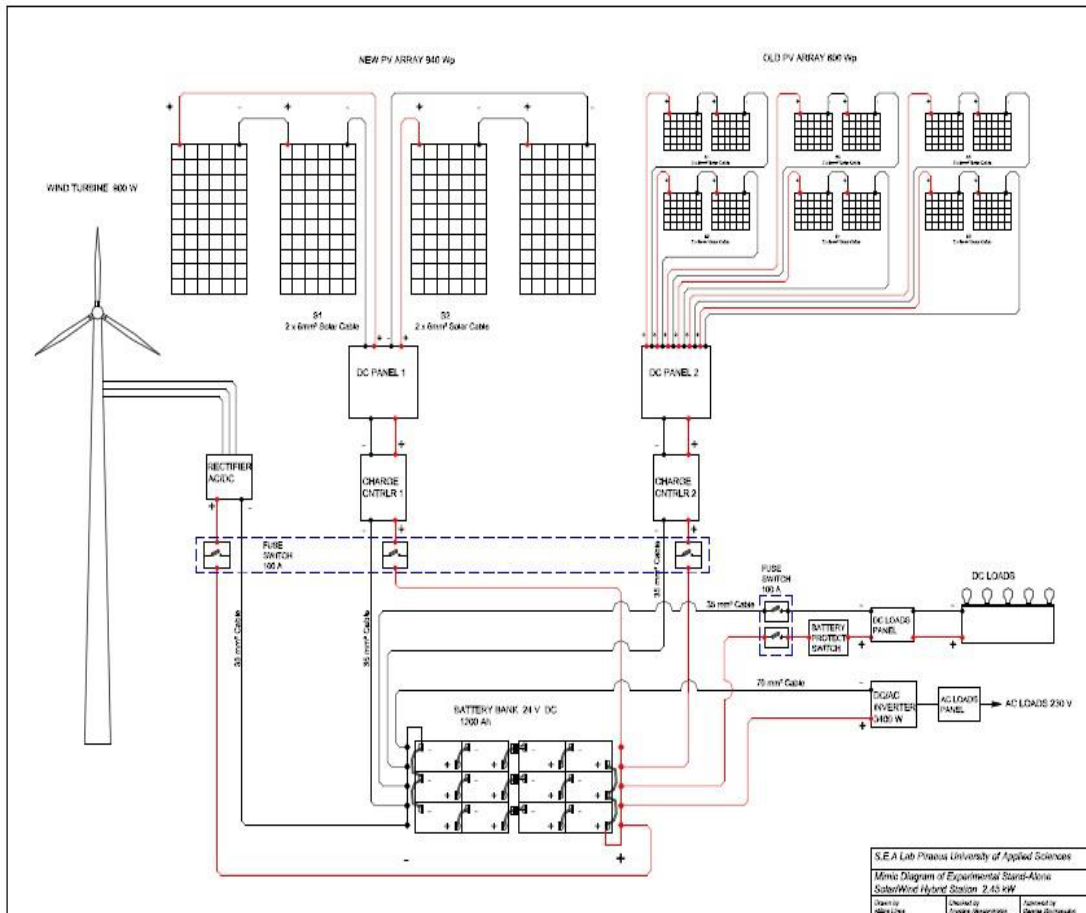
Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση όλων των διαθέσιμων εγκαταστάσεων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Για τον σκοπό αυτό συγκεντρώθηκαν όλα τα απαραίτητα εγχειρίδια και τεχνικά φυλλάδια όλων των συσκευών, όπως επίσης και ένα πλήθος φωτογραφιών και διαγραμμάτων για την περαιτέρω κατανόηση όλων των τμημάτων των εγκαταστάσεων.

Τα δύο υβριδικά συστήματα τα οποία βρίσκονται εντός των εγκαταστάσεων είναι ένας αυτόνομος σταθμός στο πίσω μέρος του εργαστηρίου των Ήπιων Μορφών Ενέργειας και ένας αυτόνομος σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην πρόσοψη του κτηρίου Γ. Ο υβριδικός σταθμός εντός του εργαστηρίου αποτελείται από 4 συστοιχίες φωτοβολταϊκών, τριών διαφορετικών κατασκευαστών και μια ανεμογεννήτρια, ενώ για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιούνται 12 συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτωσης. Ο σταθμός φόρτισης των οχημάτων αποτελείται από 12 φωτοβολταϊκά και 3 συσσωρευτές. Τέλος και ο οι δύο εγκαταστάσεις αποτελούνται από δευτερεύοντα στοιχεία για την ομαλότερη λειτουργία τους, όπως είναι οι ρυθμιστές φόρτισης και οι αντιστροφής τάσης.

Περισσότερες πληροφορίες όπως είναι για παράδειγμα οι τρόποι συνδεσμολογίας των εγκαταστάσεων, η ισχύ τους, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και οι καμπύλες λειτουργίας των παραγωγικών και αποθηκευτικών στοιχείων τους δίνονται παρακάτω. Τέλος οι δύο εγκαταστάσεις σε συνδυασμό μεταξύ τους, τόσο όσο της τελικής τους ισχύος, όσο και της παραγωγικής προοπτικής τους θα αποτελέσουν τη βάση για τη μελέτη αναβάθμισης τους και την αυτονομία του εργαστηρίου.



Εικόνα 35: Διάγραμμα ροής ενέργειας υβριδικού σταθμού φόρτισης οχημάτων Carport



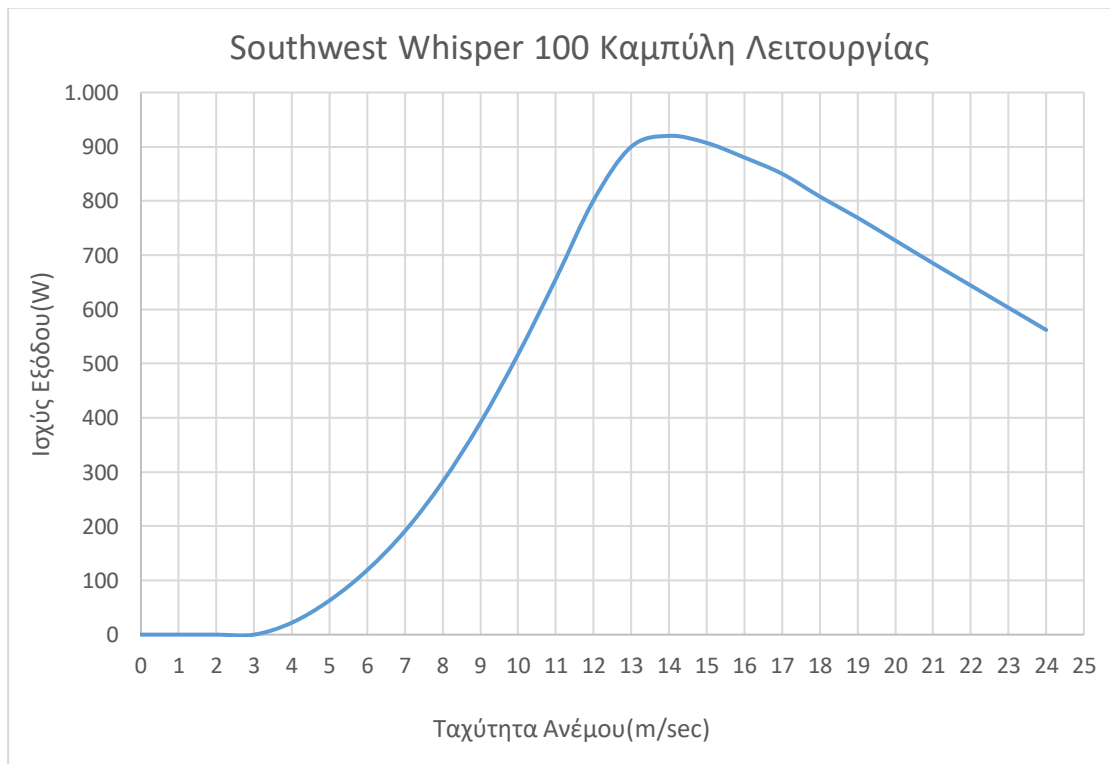
Εικόνα 36: Διάγραμμα ροής υβριδικού σταθμού εντός του εργαστηρίου ΗΜΕ & ΠΡΟΠΕ.

5.2 Η ανεμογεννήτρια

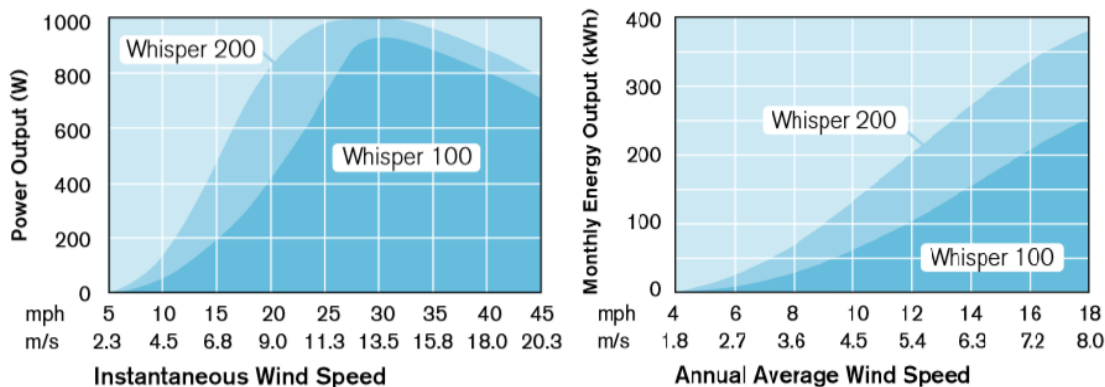
Η ανεμογεννήτρια του υπάρχοντος συστήματος είναι ασύγχρονη τριφασική εναλασσόμενου ρεύματος της Αμερικάνικης εταιρίας Southwest Windpower. Το μοντέλο της ονομάζεται Whisper 100. Η συνολική εγκατάσταση αποτελείται από τον πύργο στήριξης ο οποίος ανυψώνεται στα 15 μέτρα, τα πτερύγια καθώς και τη μηχανή που περιλαμβάνει το δρομέα οριζοντίου άξονα. Τα πτερύγια της είναι 3 με διαφορά 120° μοιρών μεταξύ τους ονομαστικής διαμέτρου 2,1m και είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο το οποίο κάνει την εγκατάσταση πολύ ελαφριά. Η συνολική ονομαστική ισχύ της είναι 900Watt. Επιπλέον περιλαμβάνει ένα σύστημα πέδησης το οποίο επιβραδύνει τη λειτουργία της σε περίπτωση που οι ταχύτητες του ανέμου είναι πάρα πολύ υψηλές, με σκοπό την αποφυγή καταστροφής των κινούμενων μαζών της. Τέλος είναι συνδεδεμένη με έναν ρυθμιστή φόρτισης ο οποίος ανορθώνει την τάση της στα 24V για να την καταστήσει ικανή να συνδεθεί με το υπόλοιπο υβριδικό σύστημα και να μπορέσει είτε να αποθηκεύσει την παραγόμενη ενέργεια, είτε να την καταναλώσει, είτε να την επιστρέψει στο δίκτυο (Net Metering).



Εικόνα 37: Ανεμογεννήτρια Whisper 100 και ανεμόμετρο.



Εικόνα 38: Χαρακτηριστική καμπύλη ανεμογεννήτριας Whisper 100.



Εικόνα 39: Χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος και μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής ανεμογεννήτριας.

Τα παραπάνω διαγράμματα αποτελούν τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας όπως προκύπτει από το κατασκευαστή. Στον οριζόντιο άξονα βρίσκονται οι διάφορες ταχύτητες ανέμου, ενώ στον κάθετο άξονα η πιθανή ισχύς εξόδου. Στη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας μπορεί να φανεί η στιγμιαία ισχύ που θα δώσει μια ανεμογεννήτρια ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Επιπλέον μπορεί να διακριθεί το βέλτιστο σημείο λειτουργίας καθώς και ταχύτητα εκκίνησης της μηχανής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ταχύτητα ανέμου για την εκκίνηση της ανεμογεννήτριας είναι τα 3,4m/s, ενώ το βέλτιστο σημείο λειτουργίας της επιτυγχάνεται σε ταχύτητες ανέμου 12,5m/s. Τέλος για ταχύτητες ανέμου άνω των 20m/s η μηχανή παύει τη λειτουργία της.

Παρακάτω βρίσκεται ένας αναλυτικός πίνακας που εμπεριέχει περισσότερα στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προϊόντος όπως αυτά προκύπτουν από το τεχνικό φυλλάδιο του κατασκευαστή.

Πίνακας 2 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας Whisper 100.

Μοντέλο	Whisper 100
Διάμετρος πτερωτής	2,1 m
Βάρος	21kg κουτί: 22,56kg
Διαστάσεις	1295 x 508 x 330mm
Ταχύτητα Εκκίνησης	3,4 m/s
Τάση	12, 24, 36, 48 VDC
Ισχύς	900 W στα 12,5 m/s
Turbine Controller	Whisper controller
Υλικό κατασκευής	Αλουμίνιο
Υλικό πτερωτής	3-Polypro/carbon glass reinforced
Προστασία από υψηλούς ανέμους	Patented side-furling
Ενέργεια ανά μήνα	100 kWh/mo στα 5,4 m/s
Μέγιστη αντοχή σε ανέμους	55 m/s

5.3 Τα φωτοβολταϊκά

Στο σύνολο των δύο εγκαταστάσεων υπάρχουν πέντε συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων συνολικής ονομαστικής ισχύος 4540W.

Πιο συγκεκριμένα, οι τέσσερις εκ των πέντε είναι τοποθετημένες στην οροφή του κτηρίου Γ ενώ, η μία εκ των πέντε αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής του υβριδικού σταθμού φόρτισης οχημάτων.

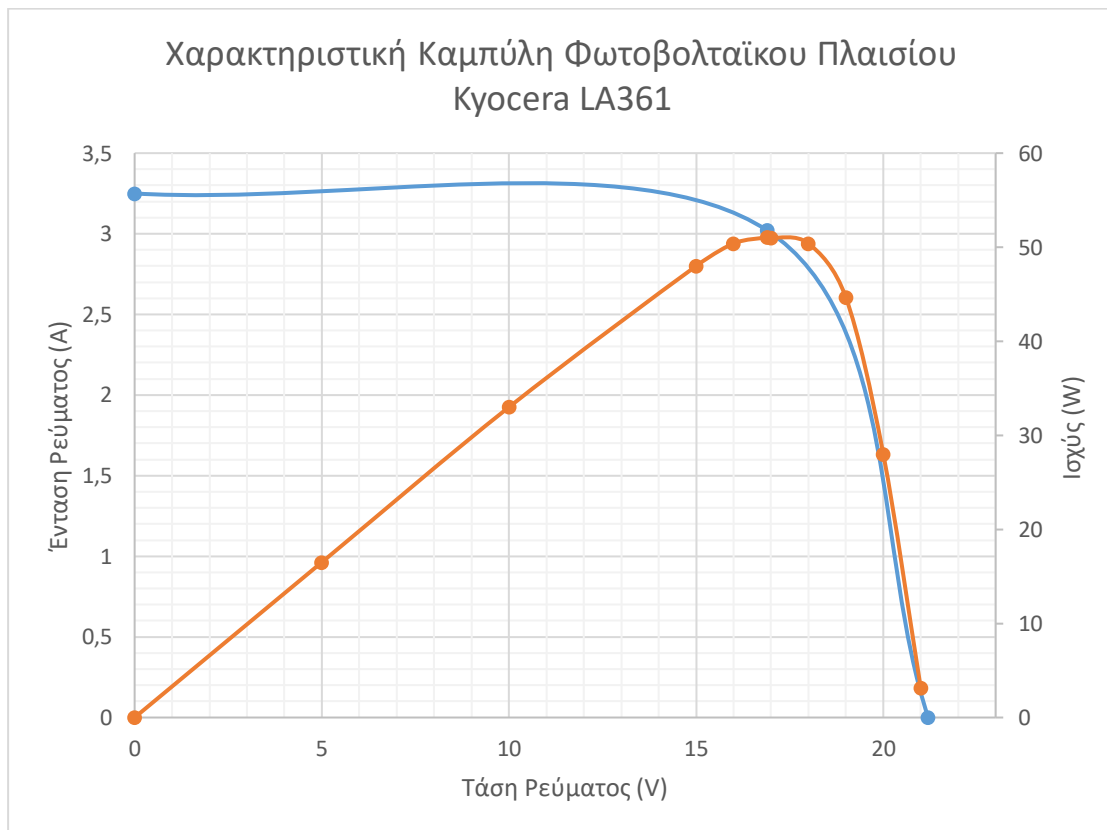
Από εκείνες που βρίσκονται επάνω στην οροφή του κτηρίου Γ οι δύο συστοιχίες πάνελ αποτελούνται από συνολικά δώδεκα φωτοβολταϊκά. Τα δέκα μεγαλύτερα από αυτά είναι της Ιαπωνικής κατασκευαστικής εταιρίας Kyocera και το μοντέλο τους είναι το LA361K51 με ονομαστική ισχύ 51W έκαστο τα οποία, αποτελούνται από 36 φωτοβολταϊκές κυψέλες. Τα δύο μικρότερα βρίσκονται μόνο στη μία εκ των δύο συστοιχιών και είναι κατασκευασμένα από την εταιρία Phaesun και το μοντέλο τους είναι το UPE 045 M4 01 PSP ονομαστικής ισχύος 45W το καθένα. Τα πλαίσια συνολική ονομαστική ισχύος 600W είναι τοποθετημένα σε σειρά με κατεύθυνση προς το νότο και κλίση επί του δαπέδου 30ο μοιρών. Ο βαθμός απόδοσής τους ανέρχεται στο 11,53% για τα Kyocera και στο 9,74% για τα Phaesun. Η βάση στην οποία στηρίζονται είναι κατασκευή της ερευνητικής ομάδας του εργαστηρίου και επιτρέπει τη ρύθμιση της κλίσης των πλαισίων αν 5 μοίρες ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η δυνατότερη επιτρεπτή παραγωγή αναλόγως την εποχή.



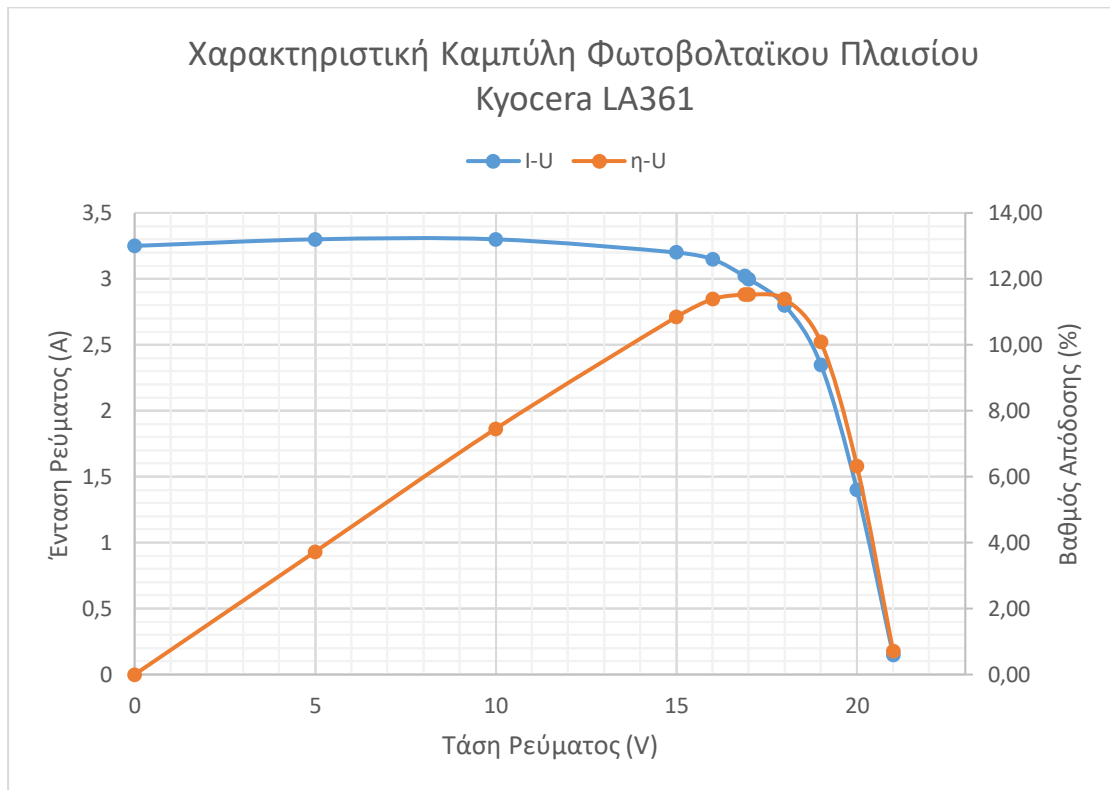
Εικόνα 40: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Kyocera-Phaesun) στην οροφή του κτηρίου Γ.

Πίνακας 3 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	KYOCERA LA361K51
Ονομαστική Ισχύ	51 W
Ονομαστική Τάση	16,9V
Ονομαστικό Ρεύμα	3,02A
Τάση Ανοικτού Κυκλώματος	21,2V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	3,25A
Βαθμός Απόδοσης	11,53%
Θερμοκρασιακός Συντελεστής	-0,40 %/°C
Διαστάσεις	988x448x36mm
Βάρος	6kg
Εύρος Θερμοκρασίας	-40 – 90



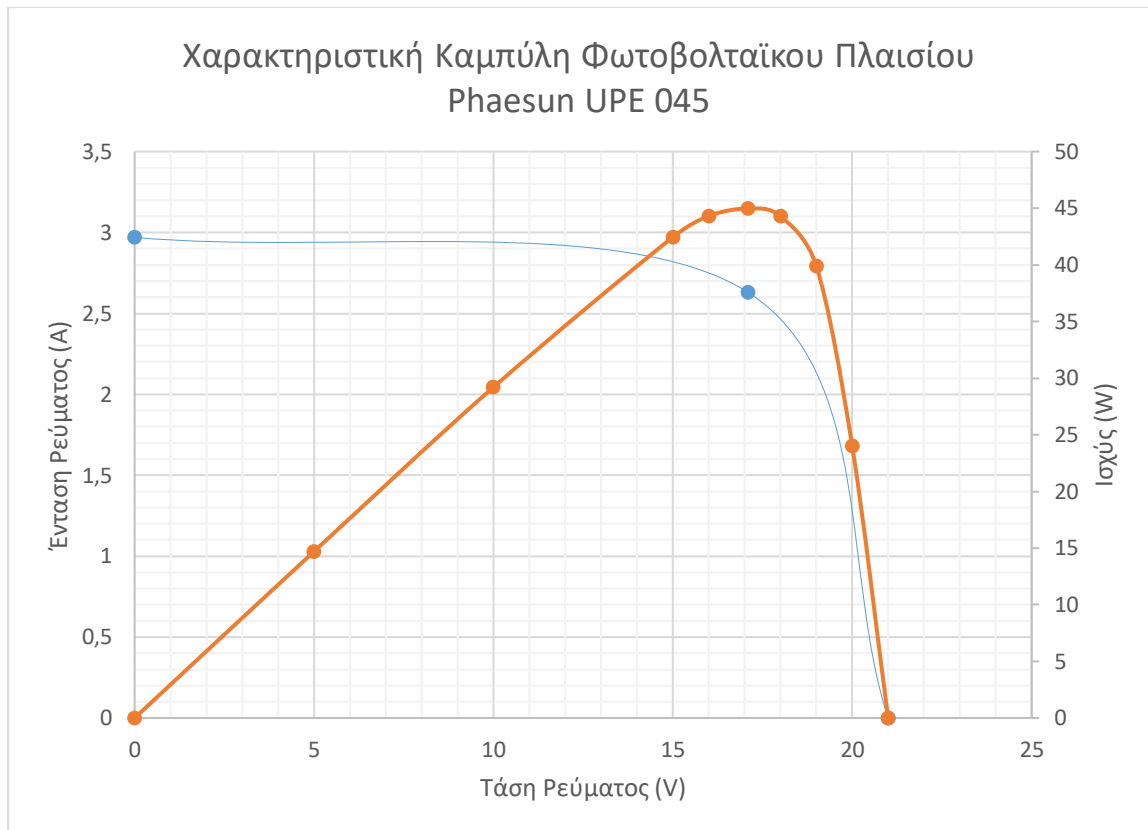
Εικόνα 41: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.



Εικόνα 42: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Βαθμού απόδοσης) φωτοβολταϊκών πλαισίων Kyocera.

Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων Phaesun.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Phaesun UPE 045 M4 01 PSP
Ονομαστική Ισχύ	45 W
Ονομαστική Τάση	17,1V
Ονομαστικό Ρεύμα	2,63A
Τάση Ανοικτού Κυκλώματος	21V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	2,97A
Βαθμός Απόδοσης	9,74%
Θερμοκρασιακός Συντελεστής	-0,40 %/oC
Διαστάσεις	674x685x36mm
Βάρος	6kg



Εικόνα 43: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Phaesun.

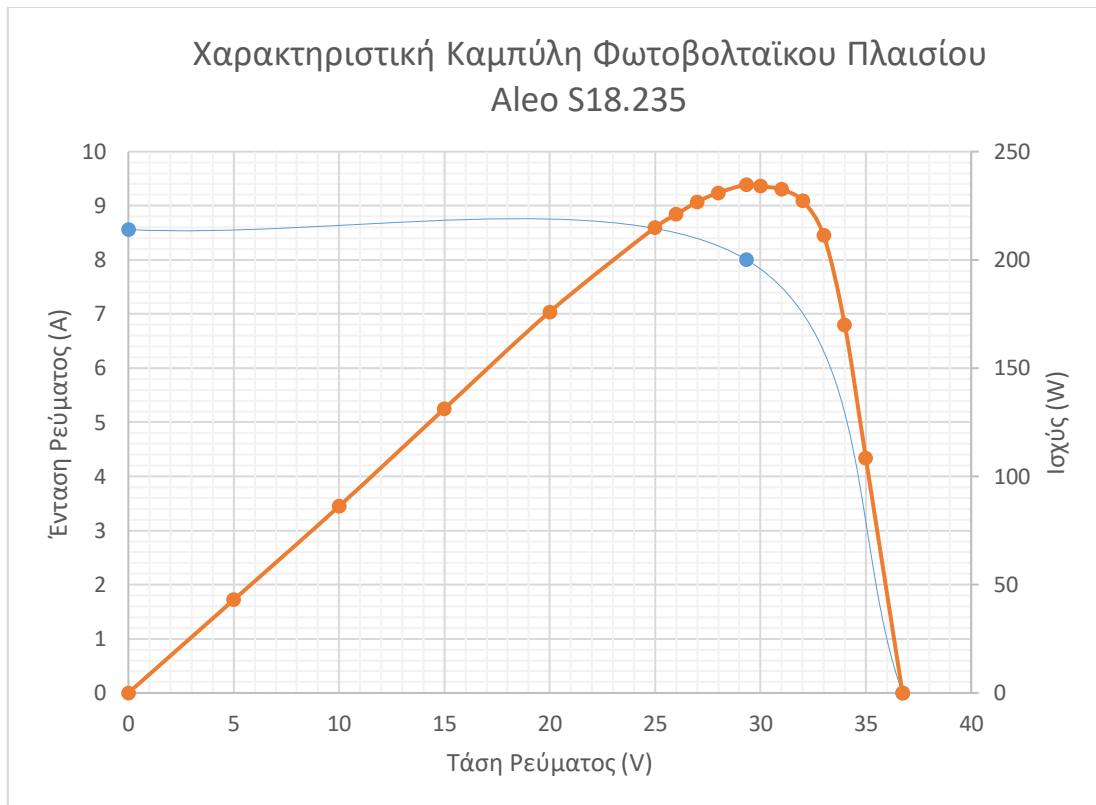
Η δεύτερη εγκατάσταση, που βρίσκεται στην οροφή του κτηρίου Γ, είναι πιο πρόσφατη από την προηγούμενη και έγινε με σκοπό την αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος σταθμού. Αποτελείται συνολικά από τέσσερα φωτοβολταϊκά πάνελ ονομαστικής ισχύος 235Watt το καθένα, από τα οποία προκύπτουν δύο συστοιχίες των δύο συνδεδεμένα σε σειρά, ενώ η δυο συστοιχίες μεταξύ τους είναι συνδεδεμένες παράλληλα. Η κατασκευαστική εταιρία είναι η Γερμανική Aleo και το μοντέλο των πλαισίων είναι το S18.235. Για να μπορέσουν να στηριχθούν τα στοιχεία έχει γίνει η επιλογή μία ρυθμιζόμενης βάσης Γερμανικής προέλευσης της εταιρίας Shelter μοντέλου Vario Top, η οποία επιτρέπει τη δυνατότητα αλλαγής της κλίσης τους σε ένα εύρος από 0ο έως 60ο μοίρες με βηματισμό 10ο μοιρών. Τα φωτοβολταϊκά έχουν Νότιο προσανατολισμό με απόκλιση από τον πραγματικό νότο περί τις 30ο μοίρες και η συνολική ονομαστική τους ισχύ ανέρχεται στα 940Watt.



Εικόνα 43: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Aleo) στην οροφή του κτηρίου Γ.

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πλαισίου Aleo.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	ALEO S18.235
Ονομαστική Ισχύ	235 W
Ονομαστική Τάση	29,3V
Ονομαστικό Ρεύμα	8,01A
Τάση Ανοικτού Κυκλώματος	36,8V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	8,54A
Απόδοση	14,3%
Διαστάσεις	1660x990x50mm
Βάρος	21kg



Εικόνα 44: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Aleo.

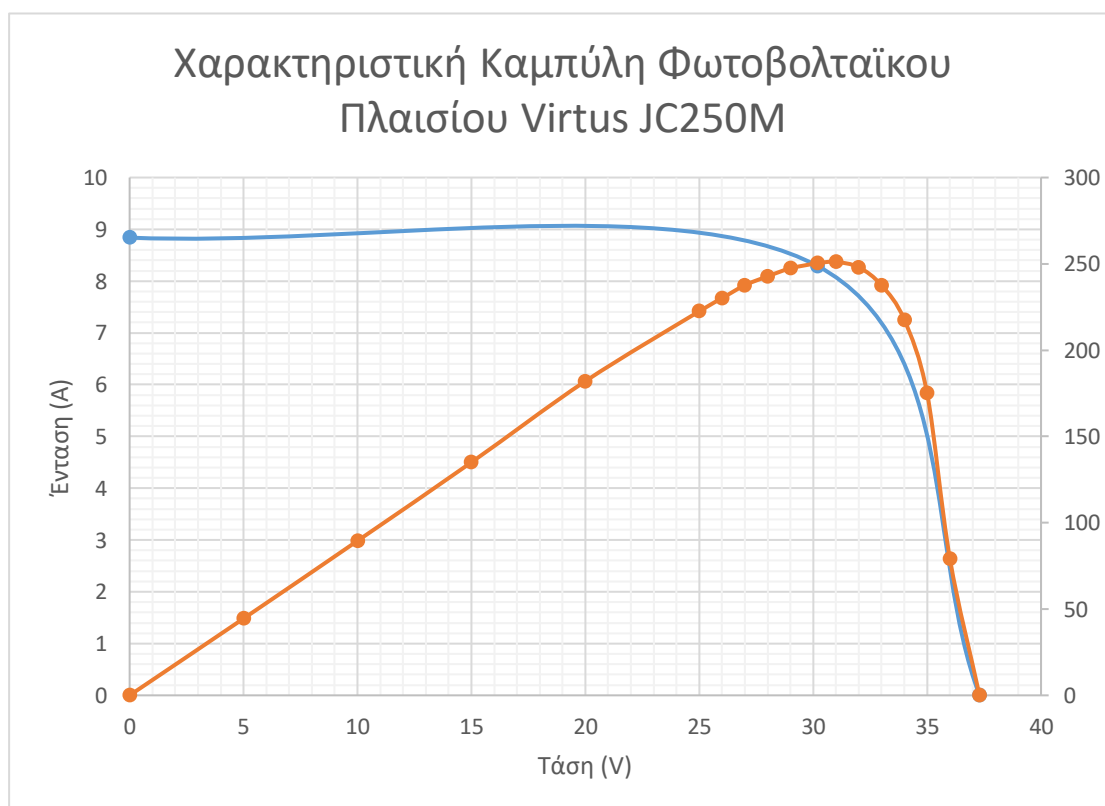


Εικόνα 45: Υβριδικός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων Carport

Τέλος η τελευταία και μεγαλύτερη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων εντός του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής αποτελεί ο υβριδικός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Η συνολική του ισχύ ανέρχεται στα 3000W και αποτελείται από 12 πάνελ των 250W το καθένα. Η κατασκευαστική εταιρία που τα προμηθεύει είναι η κινέζικη Renesola και το μοντέλο του είναι το Virtus JC250M. Ο βαθμός απόδοσης τους ανέρχεται στο 15,4%. Η βάση στήριξής τους είναι κατασκευή της εταιρίας Shelter, αποκλειστικά για αυτόνομους σταθμούς φόρτισης οχημάτων εξαρτώμενους από ηλιακή ενέργεια.

Πίνακας 6 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πλαισίου Virtus

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Virtus JC250M
Ονομαστική Ισχύ	250 W
Ονομαστική Τάση	30,2V
Ονομαστικό Ρεύμα	8,29A
Τάση Ανοικτού Κυκλώματος	37,3V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	8,84A
Απόδοση	15,4%
Διαστάσεις	1640x992x40mm
Βάρος	19kg



Εικόνα 46: Χαρακτηριστική καμπύλη (Τάσης-Έντασης-Ισχύος) φωτοβολταϊκών πλαισίων Virtus.

5.4 Οι συσσωρευτές

Για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και την ανεμογεννήτρια το υβριδικό σύστημα διαθέτει συνολικά 12 συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτωσης της Καναδικής εταιρίας παραγωγής και κατασκευής μπαταριών Rolls. Οι 8 εκ των 12 είναι μοντέλου S-530, ονομαστικής τάσεως 6 V και χωρητικότητα, η οποία κυμαίνεται στα 400Ah για ρυθμό εκφόρτωσης 20 ωρών και 530 Ah για ρυθμό εκφόρτωσης 100 ωρών. Οι άλλες 4 εγκαταστάθηκαν σε μεταγενέστερο στάδιο με την αναβάθμιση του σταθμού. Ο κατασκευαστής παραμένει ο ίδιος σε αντίθεση με το μοντέλο το οποίο είναι το S-550 ονομαστικής τάσεως 6 V και χωρητικότητας 364 Ah, 428Ah και 554Ah για ρυθμό εκφόρτωσης 10, 20 και 100 ωρών αντίστοιχα. Όσον αφορά τη συνδεσμολογία τους, έχει επιτευχθεί ένας συνδυασμός παράλληλων και εν σειρά συνδέσεων. Έτσι, υπάρχουν 3 παράλληλες συστοιχίες των 4 εν σειρά συσσωρευτών. Η συνολική τάση που εξασφαλίζεται είναι 24 V , ενώ η συνολική χωρητικότητα για ρυθμό εκφόρτωσης 20 ωρών είναι 1228Ah.

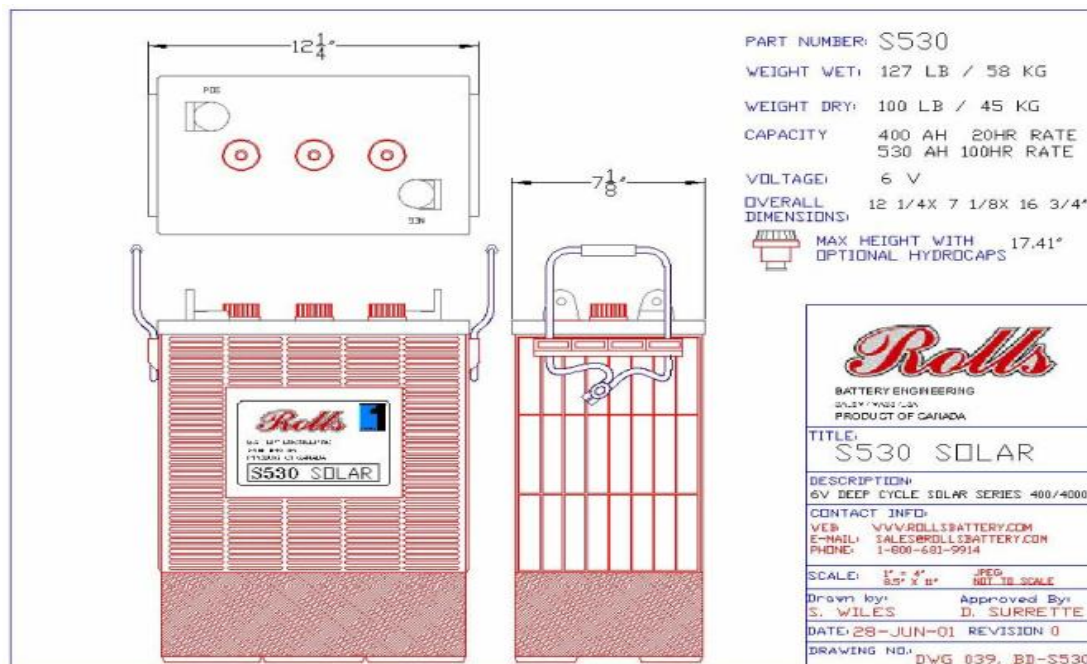


Εικόνα 46: Οι συσσωρευτές εντός του εργαστηρίου ΗΜΕ & ΠΡΟΠΕ.

Πίνακας 7: Διαστάσεις συσσωρευτών

Rolls		
Model	S-530	S-550
Material (Container/Cover)	High Density Polypropylene	
Handles	Rope	
Weight		
Weight Dry	45kg	43kg
Weight Wet	58kg	56kg
Dimensions		
Length	311mm	318mm
Width	181mm	181mm
Height	425mm	425mm
Plate Height	273mm	293mm
Plate Width	143mm	143mm
Thickness (Positive)	4,32mm	4,32mm
Thickness(Negative)	3,05mm	3,05mm
Capacity		
Reserve Capacity (25A)	870min	931min

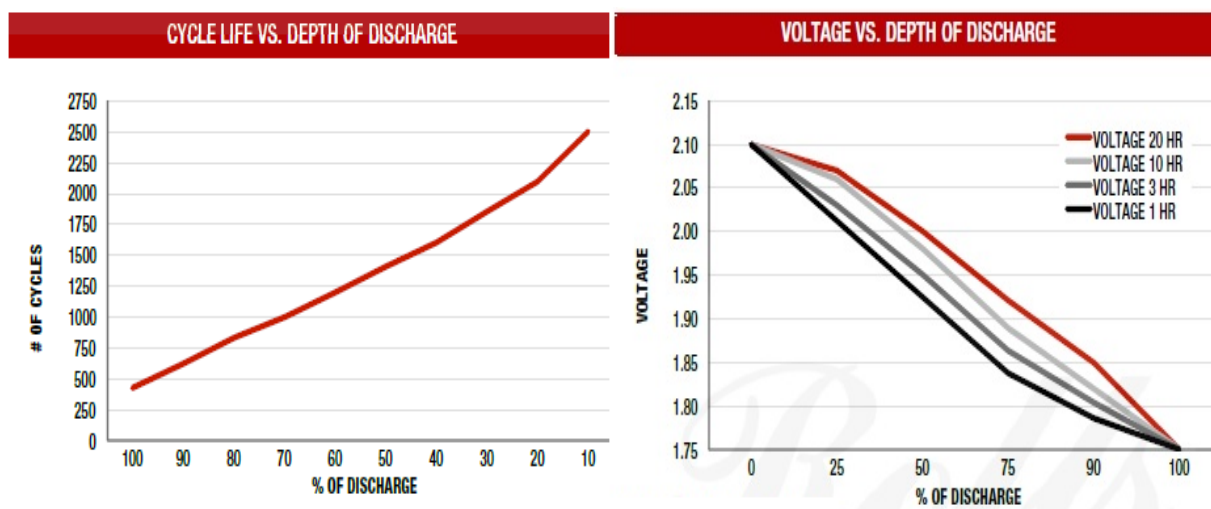
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα σχεδιαγράμματα των συσσωρευτών, όπου φαίνονται αναλυτικά οι διαστάσεις τους και κάποια από τα βασικά τους τεχνικά χαρακτηριστικά, ενώ στον πίνακα εμφανίζεται η σχέση χωρητικότητας και έντασης ηλεκτρικού ρεύματος ανάλογα με το ρυθμό χρήσης των μπαταριών όταν εκείνες λειτουργούν για να παρέχουν ηλεκτροδότηση όταν τα επιμέρους στοιχεία του υβριδικού συστήματος δεν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα συσσωρευτών Rolls

Πίνακας 8: Πίνακας χωρητικότητας συσσωρευτών με βάση των ρυθμό αποφόρτισης τους.

Model	S-530		S-550	
Hour Rate (h)	Capacity (Ah)	Current(A)	Capacity (Ah)	Current(A)
100	532	5,32	554	5,54
72	504	7,00	524	7,28
50	476	9,52	500	10,00
24	412	17,2	441	18,37
20	400	20	428	21,40
15	376	25,1	401	26,76
12	356	29,7	381	31,74
10	340	34,0	364	36,38
8	320	40	342	42,80
6	296	49,3	317	52,79
5	280	56	300	59,92
4	260	65	278	69,55
3	236	79	253	84,17
2	204	102	218	109,14
1	144	144	154	154,08



Εικόνα 48: Διάγραμμα κύκλου φορτίσεων συναρτήσει του βάθους αποφόρτισης.

Στο αριστερά διάγραμμα παρουσιάζεται η σχέση του κύκλου φορτίσεων ανάλογα με το μέγιστο βάθος εκφόρτισης (DOD). Κατά τη διαστασιολόγηση του εν λόγω σταθμού επιλέχθηκε για το μέγιστο βάθος εκφόρτισης το 50%, όπου από αυτό το σημείο και έπειτα σταματάει η λειτουργία των συσσωρευτών. Η επιλογή του μέγιστου βάθους εκφόρτισης γίνεται με σκοπό οι συσσωρευτές να παρέχουν όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια (λιγότερες ώρες απόρριψης), όταν τα φωτοβολταικά δεν λειτουργούν, πάντα στο μεγαλύτερο δυνατό κύκλο φορτίσεων. Αν για παράδειγμα επιλεγθεί ένα DOD στο 100% τότε, οι συσσωρευτές θα έχουν, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, γύρω στους 400 κύκλους φορτίσεων, το οποίο μεταφράζεται ως μικρότερη διάρκεια ζωής. Είναι σημαντικό λοιπόν να επιλεγθεί μια μέση λύση ούτως ώστε να

υπάρχει όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση του προϊόντος. Στην περίπτωση που εξετάζεται η μέγιστη διάρκεια ζωής είναι τα 10 χρόνια

Στο δεξιά σχήμα παρατηρείται η σχέση της τάσης των συσσωρευτών ανάλογα με το βάθος εκφόρτισης που επιλέχθηκε. Στο 50% του βάθους εκφόρτισης παρατηρείται ότι η τάση του κάθε στοιχείου του συσσωρευτή είναι 2V. Ο κάθε συσσωρευτής παρέχει συνολική τάση 6V. Η εγκατάσταση θα πάψει να λειτουργεί όταν η τάση πέσει κάτω από την τάση όλων των συσσωρευτών όπως εκείνοι έχουν διαστασιοποιηθεί σύμφωνα με τη συνδεσμολογία τους (παράλληλα και σε σειρά). Η συνολική τάση αυτή έχει οριστεί στα 24V.

Οι συσσωρευτές βρίσκονται σε μία συνεχή κατάσταση φόρτισης ούτως ώστε να διατηρείται συνέχεια η μνήμη τους.

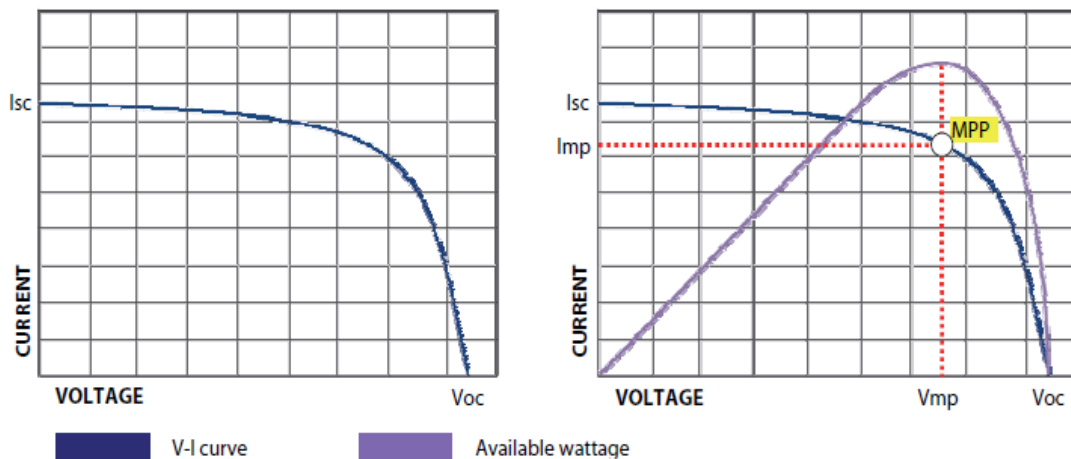
Τέλος ο υβριδικός σταθμός φόρτισης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων φέρει συσσωρευτές συνολικής χωρητικότητας 16,8kWh οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε τάση 12V.



Εικόνα 49: Τμήματα της εγκατάστασης του Carport (πίνακες ελέγχου, συσσωρευτές κτλ.).

5.5 Ρυθμιστές φόρτισης

Οι ρυθμιστές φόρτισης που περιλαμβάνει η εγκατάσταση είναι 3 στο σύνολο. Οι δύο εκ των τριών παρεμβάλλονται ανάμεσα στις συστοιχίες των φωτοβολταϊκών (600W, 940W) και τους συσσωρευτές και ο τρίτος ανάμεσα στην ανεμογεννήτρια και τους συσσωρευτές. Σκοπός τους είναι να προστατεύσουν τις μπαταρίες από την υπερβολική φόρτιση ή αποφόρτιση. Οι ρυθμιστές των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι της σειράς FlexMax της κατασκευαστικής εταιρίας Outback Power του ομίλου Alpha, ενώ όσον αφορά το ρυθμιστή της ανεμογεννήτριας τον παρέχει η ίδια η εταιρία (Southwest Windpower) με την αγορά οποιουδήποτε μοντέλου.



Εικόνα 50: Η τεχνολογία MPPT (Maximum Power Point Tracking).

Στο αριστερό σχήμα μπορεί κανείς να διακρίνει μια τυπική καμπύλη λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού. Τα όρια της δεδομένης καμπύλης προκύπτουν από την τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc}) στο φωτοβολταϊκό δηλαδή, όταν δεν υπάρχει φορτίο. Το άλλο όριο στον κάθετο άξονα είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}) το οποίο προκύπτει εφόσον έχω πλήρες φορτίο χωρίς αντιστάσεις. Εφόσον λοιπόν η καμπύλη δεν είναι γραμμική υπάρχει ένα σημείο που αν πολλαπλασιαστεί η ένταση του ρεύματος (I_{mp}) με τη διαφορά δυναμικού (V_{mp}) από ένα φορτίο προκύπτει η μέγιστη ισχύ όπως φαίνεται στο δεξί σχήμα.

Ένα πολύ θετικό στοιχείο για τους ρυθμιστές φόρτισης των πάνελ είναι ότι είναι τεχνολογίας MPPT (Maximum Power Point Tracking). Αυτό σημαίνει ότι είναι ικανοί να αναγνωρίσουν το σημείο μέγιστης ισχύος η οποία είναι διαθέσιμη από τη συστοιχία των πλαισίων και να την αποθηκεύσουν στους συσσωρευτές. Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης με τη σχετική μείωση των απωλειών λόγω της φύσης του φωτοβολταϊκού.

5.6 Αντιστροφείς - Inverter

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει έναν αντιστροφέα φορτίων AC/DC, ο οποίος παρεμβάλλεται ανάμεσα στους συσσωρευτές και τα εξωτερικά φορτία. Η βασικότερη λειτουργία του έχει να κάνει με τη μετατροπή των φορτίων συνεχούς ρεύματος σε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος, όπως αυτά παρέχονται από το δίκτυο της ΔΕΗ. Δευτερεύουσες λειτουργίες του περιλαμβάνουν την ανόρθωση της τάσης και της ισχύος, την προστασία του συστήματος από απότομες αυξομειώσεις της τάσης του δικτύου και τέλος το μπορεί να λειτουργήσει και σαν ρυθμιστής φόρτισης. Κατασκευάστρια εταιρία είναι η γερμανικής προέλευσης Schneider Electric και το μοντέλο του είναι το Conext SW 4024 230, ονομαστικής ισχύος τα 3,4kW. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει τόσο σε διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις όσο και σε μη διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις, παρέχοντας τη δυνατότητα, βάση σχεδιασμού, της παροχής ημιτονοειδούς σήματος συχνότητας 50Hz-60Hz.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει ένα πλήθος περιφερειακών συσκευών, οι οποίες όλες μαζί απαρτίζουν το σύστημα XanbusTM. Το εν λόγω σύστημα του αντιστροφέα επιτρέπει την επικοινωνία μέσω του διαδικτύου όλων των ρυθμίσεων λειτουργίας μεταξύ όλων των περιφερειακών συσκευών που χρησιμοποιούν το δεδομένο λογισμικό.

Οι περιφερειακές συσκευές που απαρτίζουν όλο το σύστημα του αντιστροφέα και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του συστήματος Xanbus είναι:

1. Ο πίνακας ελέγχου DC
2. Ο πίνακας ελέγχου AC
3. Ένας ρυθμιστής φόρτισης (MPPT) 60 για τα φωτοβολταϊκά
4. Έναν πίνακα ελέγχου του συστήματος (System Control Panel)
5. Έναν πίνακα αυτόματης έναρξης γεννήτριας (Automatic Generator Start)
6. Μια οθόνη ελέγχου της μπαταρίας
7. Έναν αισθητήρα θερμοκρασίας της μπαταρίας
8. Τρία καλώδια διαδικτύου 0,9m, 7,6m και 22,9m

Ο μετατροπέας (Inverter) που φέρει το υβριδικό σύστημα Carport αποτελεί τον εγκέφαλο της εγκατάστασης και η κύρια δουλειά του είναι να μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα, και αντίστροφα, από τα φωτοβολταϊκά. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα, μέσω προγραμματισμού, να ανακατευθύνει την παραγόμενη ενέργεια είτε από και προς της μπαταρίες, είτε στο διασυνδεδεμένο δίκτυο και στα σημεία φόρτισης. Η κατασκευαστική εταιρία είναι η ELFON η οποία παρέχει υπηρεσίες ολοκληρωμένων ενεργειακών λύσεων. Τέλος ο μετατροπέας μπορεί να διαχειρίζεται και να μετατρέπει φορτία έως και 5kW. Πρακτικά λοιπόν η συσκευή αυτή αποτελεί ταυτόχρονα και ρυθμιστή φόρτισης και αντιστροφέα της εγκατάστασης



Technical Data			
		IPM3	IPM5
Input Characteristics			
Input Voltage range	V_{DC}	200 to 450 VDC	200 to 450 VDC
MPPT Voltage range	V_{PV}	240 to 400 VDC	240 to 400 VDC
Maximum input current	I_{PVmax}	10A	18A
Nominal output power	P_{DCmax}	3000 kVA	5000 kVA
Overload capacity		110%	110%
Response time		<0.1 sec to extreme step changes	<0.1 sec to extreme step changes
Reverse polarity protection		YES	YES
Overvoltage protection		Varistor	Varistor
Output Characteristics			
Nominal output voltage	V_{AC}	230 VAC	
Grid rejection voltage		180 – 260 VAC	
Output frequency	F_{AC}	50 Hz \pm 0.1	
Acceptable grid frequency		46 to 54 Hz	
Stand-by dissipation		<8 W	
Input – Output Isolation		LF transformer	
Efficiency		95%	
Display		4 line LCD	
Communication		RS232, Ethernet	
Cooling method		Forced cooling	
Working Temperature range		0°C to 50°C	
Relative Humidity		95%, non condensing	
Battery			
Voltage		220 – 300 VDC	
Current	I_{max}	25A	
General Characteristics			
Dimensions (cm)		73 x 33 x 25	
Weight		45 kg	
IP Protection		IP20 (Internal Use)	
Certifications			
CE EN 62109 – 1, EN 60950 – 1, EN 62040 – 1, EN 60335-2-29 EN 61000 – 3 – 2, EN 61000 – 3 – 3, EN 61000 – 6 – 2			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι διαδικασίες που έλαβαν χώρα για τη διερεύνηση του προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου των Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος, το οποίο στεγάζει τα γραφεία του εκπαιδευτικού προσωπικού, μια αίθουσα διδασκαλίας και ένα χώρο αποθήκευσης και πειραματικών διατάξεων. Σκοπός είναι η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του σε πραγματικές συνθήκες, για τη δημιουργία και ανάπτυξη ενός Τυπικού Προφίλ Κατανάλωσης.

Στο πρώτο στάδιο περιγράφονται οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν μέχρι τη δυνατότητα της λήψης των μετρήσεων ηλεκτρικής κατανάλωσης και θερμοκρασίας. Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η πειραματική διάταξη που επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε, ενώ ύστερα περιγράφεται η διαδικασία της λήψης των μετρήσεων ηλεκτρικού ρεύματος και θερμοκρασίας. Η λήψη των μετρήσεων έγινε σε διάστημα του 1 λεπτού, της μίας ώρας και της μίας ημέρας ενώ για τη θερμοκρασιακές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το βήμα των 10 λεπτών. Οι ηλεκτρικές καταναλώσεις από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται εντός του χώρου είναι σε πραγματικό χρόνο. Τέλος παρουσιάζονται αναλυτικά οι απαραίτητες ενέργειες που έγιναν ώστε να μπορέσει να γίνει η αξιοποίησή τους.

6.1.1 Δυσκολίες που Αντιμετωπίστηκαν

Στο συγκεκριμένη παράγραφο γίνεται αναφορά σε όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν ώστε να μπορέσει τελικά να καταστεί ικανή η λήψη των μετρήσεων από τον πίνακα ελέγχου του εργαστηρίου.

Αρχικά έγινε η εγκατάσταση ενός συνόλου εξοπλισμού της εταιρίας Current Cost, ο οποίος περιλάμβανε:

- Μία οθόνη εμφάνισης δεδομένων θερμοκρασίας, στιγμιαίας κατανάλωσης και καταναλισκόμενης ενέργειας, η οποία λειτουργούσε και σαν δέκτης.
- Έναν πομπό με αισθητήρες (Αμπεροτσιμπίδες) για τη μέτρηση τριφασικού ρεύματος.
- Έναν διανομέα (Hub), ο οποίος συνδέεται με την οθόνη και παρέχει συνεχόμενο ανέβασμα των μετρήσεων σε διαδραστική πλατφόρμα της εταιρίας στο διαδίκτυο.
- Τροφοδοτικό μετασχηματιστή για την παροχή ρεύματος σε διανομέα και οθόνη.

Το πρόβλημα παρουσιάστηκε όταν χρειάστηκε να γίνει η λήψη των μετρήσεων κατανάλωσης από τη διαδραστική πλατφόρμα, η οποία παρουσίαζε την εγκατεστημένη συσκευή ως ανενεργή. Ύστερα από κατάλληλες ενέργειες έγινε γνωστό ότι λόγω χρεοκοπίας της εν λόγω εταιρίας, οι διακομιστές ήταν εκτός γραμμής και δεν υπήρχε δυνατότητα ανάκτησης των δεδομένων από το διαδίκτυο.

Στη συνέχεια προτάθηκε η χρήση ενός συστήματος κάμερας καταγραφής, η οποία θα πραγματοποιούσε λήψη βίντεο κατευθείαν από την οθόνη της Current Cost και ύστερα θα γινόταν η ανάκτηση των δεδομένων μέσω του βίντεο σε τακτά χρονικά διαστήματα με χειροκίνητο τρόπο. Η πρόταση απορρίφθηκε ύστερα από έμπρακτες δυσκολίες προστασίας του συστήματος, το μεγάλο κόστος αγοράς του εξοπλισμού και την πολύ χρονοβόρα διαδικασία λήψης των μετρήσεων.

Τέλος, έγινε η προσπάθεια εγκατάστασης μετρητικού οργάνου της εταιρίας PCE-Instruments παρόμοιας φύσης με εκείνο της Current Cost με τη μόνη διαφορά ότι εκείνο είχε τη δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων σε εσωτερική μνήμη. Η εν λόγω πρόταση απορρίφθηκε επειδή το μετρητικό όργανο καταλάμβανε πάρα πολύ όγκο εντός του πίνακα ελέγχου και θα έπρεπε ο εκείνος να παραμείνει χωρίς το κάλυμμα του, το οποίο προστατεύει από κινδύνους ατυχήματος ή τραυματισμού.



6.2 Μετρητικά Όργανα και Πειραματική Διάταξη

6.2.1 Μετρήσεις Ηλεκτρικής Κατανάλωσης

Ύστερα από ένα σύνολο ιδεών και προτάσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος που παρουσιάστηκε, όσον αφορά τη λήψη και εξαγωγή των μετρήσεων της ηλεκτρικής κατανάλωσης, η κατάληξη ήταν η αγορά καινούριου εξοπλισμού παρόμοιας φύσης με εκείνο της Current Cost. Ο μετρητής που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας Efergy γνωστή στο χώρο για τα προϊόντα ελέγχου και εξοικονόμησης ενέργειας [30].

Πιο συγκεκριμένα το σύνολο του εξοπλισμού Engage Gateway περιλαμβάνει:

- Έναν ασύρματο πομπό μπαταρίας.
- Τρεις αισθητήρες XL για τη μέτρηση τριφασικού ρεύματος έως 130A/Φάση και διατομή καλωδίων από 12mm έως 20mm.
- Έναν ενσύρματο δέκτη (Hub), για τη λήψη και μεταφόρτωση των μετρήσεων στη διαδικτυακή πύλη.
- Καλώδιο τροφοδοσίας δέκτη.
- Καλώδιο Ethernet (RJ45).

Η παραπάνω συσκευή επιφέρει πλεονεκτήματα όπως:

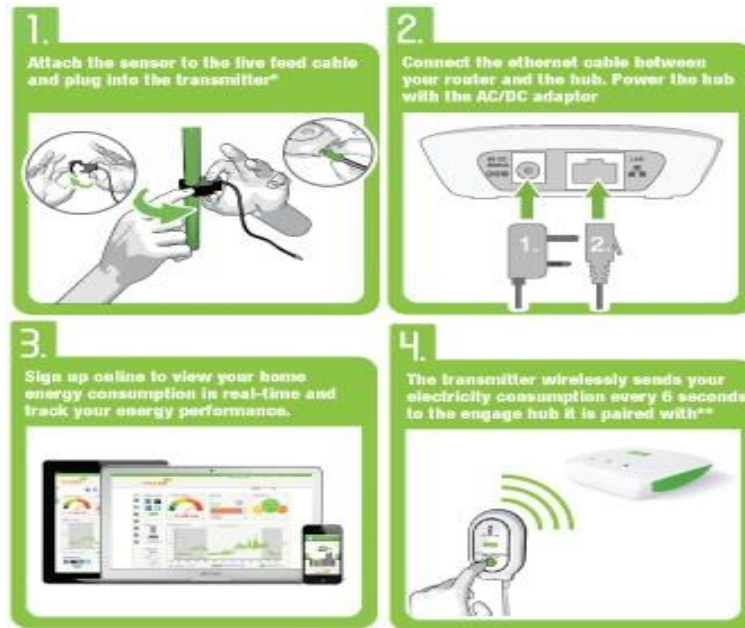
- Πρόσβαση στα ενεργειακά δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή και από παντού.
- Ευκολία στη χρήση
- Απλή εγκατάσταση.
- Ασύρματη μετάδοση δεδομένων.
- Ένδειξη κατανάλωσης ρεύματος σε πραγματικό χρόνο.
- Ιστορικό καταναλώσεων.
- Μηδενικό κόστος ενεργοποίησης και συνδρομής.



Εικόνα 51: Μετρητής κατανάλωσης ενέργειας Efergy Engage Gateway.

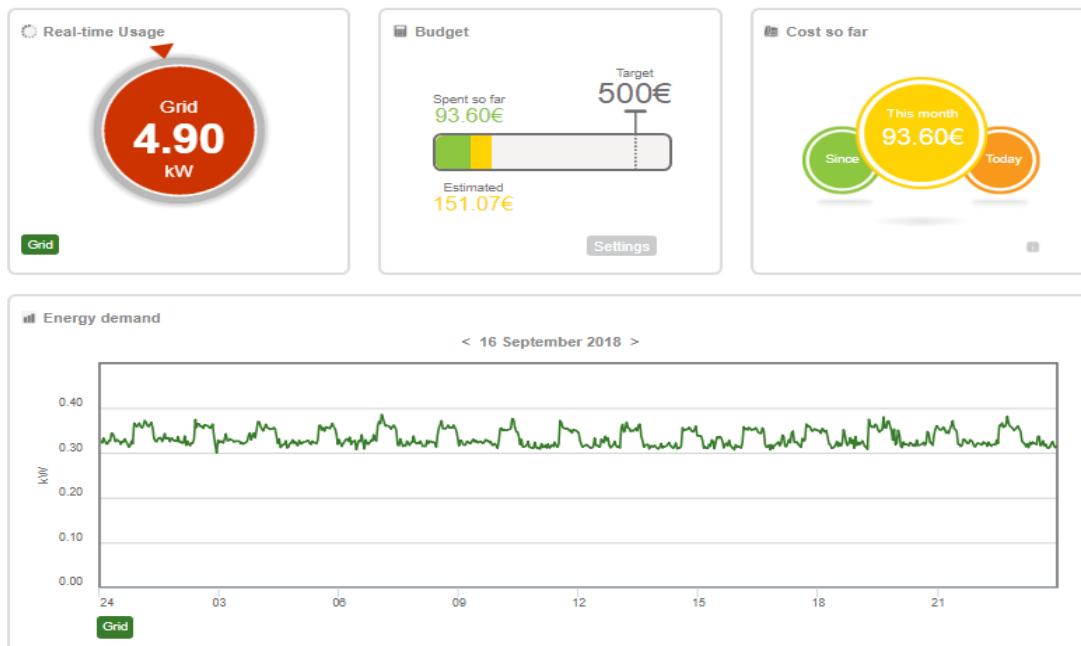
Σκοπός του συγκεκριμένου συστήματος είναι η συνεχής ενημέρωση του καταναλωτή όσον αφορά τη στιγμιαία καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια του εκπαιδευτικού χώρου.

Η τοποθέτηση του πομπού έγινε με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού προσωπικού στον κεντρικό πίνακα του γραφείου ύστερα από αφαίρεση του προστατευτικού μεταλλικού πλαισίου. Αφού εμφανίστηκαν τα κεντρικά καλώδια των τριών φάσεων του ηλεκτρικού ρεύματος, έγινε η τοποθέτηση των τριών αισθητήρων, οι οποίοι τα περιέβαλαν σαν δακτυλίδι. Οι τρεις αισθητήρες τοποθετήθηκαν επάνω στον πομπό, ενώ στη συνέχεια αφού έγινε η σύνδεση του δέκτη σε γραμμή τροφοδοσίας και διαδικτύου, πομπός και δέκτης συγχρονίστηκαν.

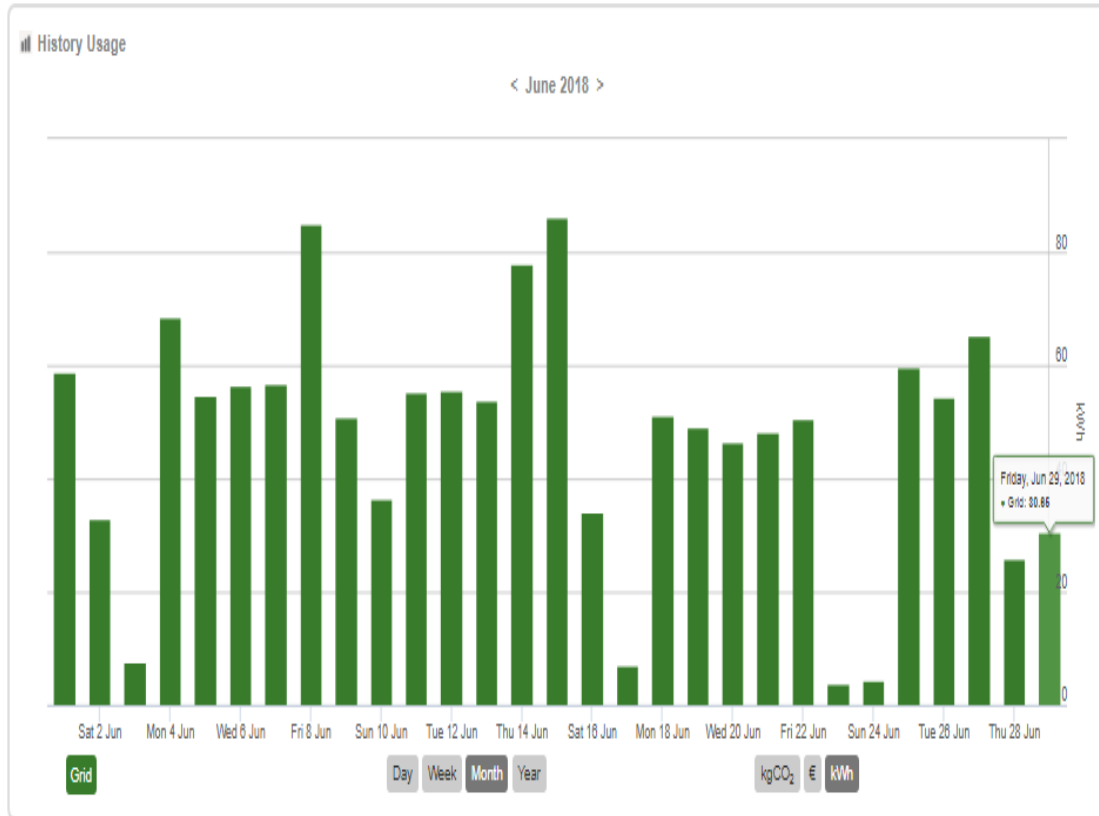


Εικόνα 52: Τοποθέτηση και σύνδεση πομπού-δέκτη του μετρητή.

Οι μετρήσεις εισέρχονται με τη μορφή δεδομένων σε διαδικτυακή πύλη, όπου και μετατρέπονται σε διαγράμματα. Επιπλέον το σύστημα έχει τη δυνατότητα ενημέρωσης του ανάλογου κόστους κατανάλωσης ενέργειας, μεταφρασμένο σε χρηματικές μονάδες, μέσω παραμετροποίησης των παραγόντων από τις ρυθμίσεις. Τέλος το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα στον καταναλωτή, να εξάγει τα δεδομένα σε μορφή υπολογιστικού φύλλου excel, ώστε να μπορέσει να δημιουργήσει περαιτέρω διαγράμματα με τα οποία μπορεί να παρατηρήσει την ενεργειακή συμπεριφορά του χώρου και να καταλήξει στα διάφορα συμπεράσματα.



Εικόνα 53: Διαδραστική διαδικτυακή πλατφόρμα του προϊόντος.



Εικόνα 54: Παρουσίαση διαγραμμάτων μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας της Efergy.

Reports

Generate reports

Data resolution minute Hour Day

Month

Report filename

Public / Private Private (default) Public (others can access if you allow them)

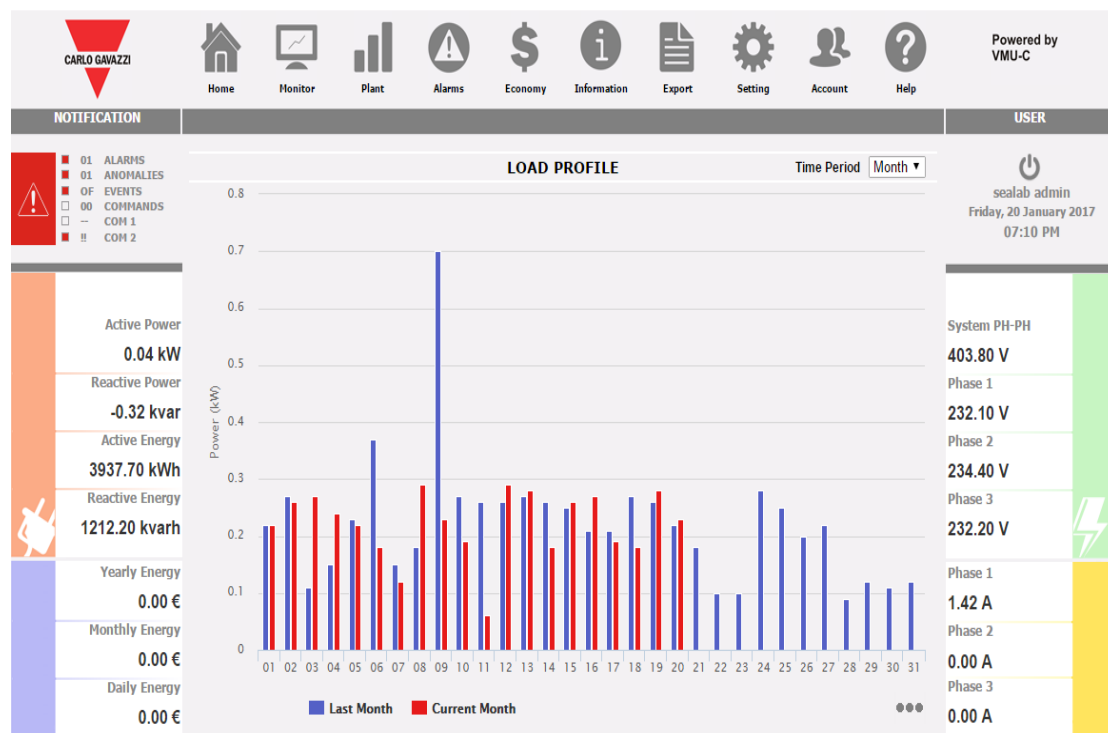
Alphabetical characters, numbers, underscores and dashes only. The file extension will be added. Optional - a filename will be provided if left blank.

[Continue](#)

Εικόνα 55: Εξαγωγή μετρήσεων κατανάλωσης μέσω της διαδικτυακής πύλης.

6.2.2 Μετρήσεις Παραγωγής Υβριδικού Σταθμού Φόρτισης Οχημάτων

Για την καταγραφή των μετρήσεων παραγωγής από τα φωτοβολταϊκά του Carport χρησιμοποιείται το VMUC-EM-WebServer το οποίο είναι μια διαδικτυακή, διαδραστική ηλεκτρονική πλατφόρμα της εταιρείας παροχής αυτοματισμών και λογισμικού Carlo Gavazzi [31]. Πιο συγκεκριμένα το VMUC-EM παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση που συμπεριλαμβάνει τη μέτρηση, την καταγραφή, την ανάλυση καθώς και τα χαρακτηριστικά επικοινωνίας για οποιαδήποτε εφαρμογή διαχείρισης ενέργειας. Το πρόγραμμα είναι συμβατό με κάθε είδος λειτουργικό σύστημα, γλώσσα προγραμματισμού, βιβλιοθήκες κ.λπ. Η παρακολούθηση του προγράμματος μπορεί να γίνει από οποιονδήποτε εφόσον εκείνος συνδεθεί με τα κατάλληλα κλειδιά/στοιχεία στο διαδίκτυο.

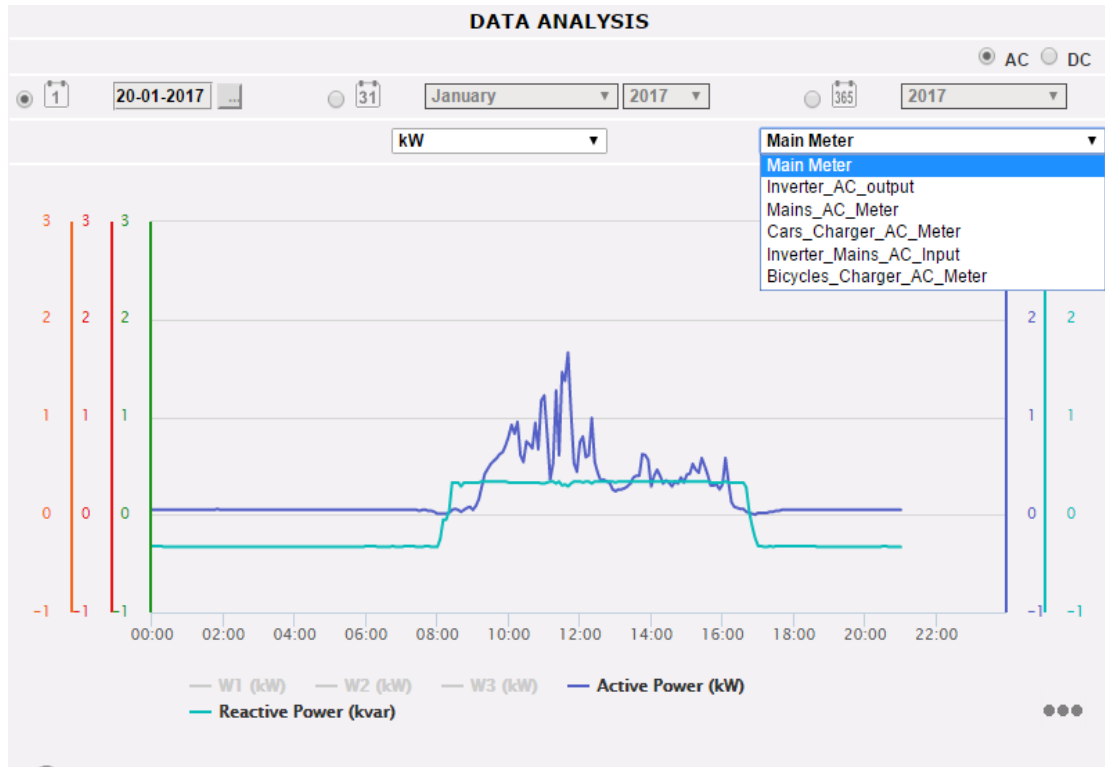


Εικόνα 56: Διαδραστική ηλεκτρονική πλατφόρμα καταγραφής δεδομένων του Carport.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα της κεντρικής διαδραστική επιφάνειας του προγράμματος, εκείνο περιλαμβάνει μια πληθώρα επιλογών για το διαχειριστή. Τέτοιες επιλογές είναι:

1. Παρακολούθηση ενεργούς-άεργους ισχύος, συνολικής παραγωγής
2. Παρακολούθηση τάσεων των φωτοβολταϊκών-συσσωρευτών και συνδεσμολογιών
3. Παρακολούθηση κερδών από την πώληση ενέργειας εφόσον αυτά καθοριστούν.
4. Παρακολούθηση έντασης ηλεκτρικού ρεύματος
5. Παρακολούθηση των μετρήσεων μέσω γραφημάτων-δυνατότητα επιλογής χρονικού βήματος

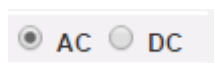
6. Μενού επιλογών
7. Πίνακας συναγερμών-ειδοποιήσεων



Εικόνα 57: Εξαγωγή διαγραμμάτων και δεδομένων.

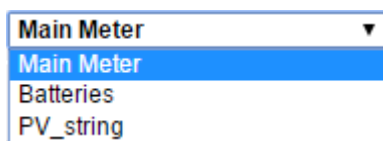
Περνώντας στην περιοχή Monitor του προγράμματος, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρακολουθήσει διάφορα ενεργειακά στοιχεία στο σημείο της εγκατάστασης που επιθυμεί. Η επιλογή του αντίστοιχου μετρητή γίνεται με βάση το κουμπί συνδυασμού όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει το Main Meter το οποίο είναι το καταγραφικό στην έξοδο του πίνακα ελέγχου της ΔΕΗ, το Inverter AC Output το οποίο καταγράφει στην έξοδο του Inverter, το Main AC Meter που καταγράφει τη παίρνει και τι δίνει στο δίκτυο της ΔΕΗ, το Cars Charger AC Meter το οποίο δείχνει τη ροή ενέργειας στο φορτιστή, το Inverter Mains AC Input το οποίο καταγράφει την ενέργεια στις είσοδο του Inverter και το Bicycle charger AC Meter.

Όλα τα παραπάνω αφορούν μετρήσεις εναλλασσόμενου ρεύματος που δεν είναι στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής. Οι μετρήσεις που χρειάζονται για τη συνέχεια είναι εκείνες της παραγωγής των φωτοβολταϊκών. Οι παραγωγές των φωτοβολταϊκών δίνονται στην περιοχή των γραφημάτων επιλέγοντας το παρακάτω κουμπί το οποίο βρίσκεται στην εικόνα επάνω δεξιά.



Τα παραπάνω κουμπιά δίνουν τη δυνατότητα εναλλαγής από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Από την παραπάνω επιλογή από AC σε DC δημιουργείται ένα καινούριο παράθυρο στο οποίο εμφανίζεται το παρακάτω κουτί συνδυασμού που

απεικονίζει τη ροή ενεργείας με τη μορφή γραφήματος από τα φωτοβολταϊκά και τις μπαταρίες.



Με βάση όλα τα παραπάνω δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρακολουθήσει τα γραφήματα παραγωγής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και πηγαίνοντας στην καρτέλα του κεντρικού μενού, εξαγωγής μετρήσεων (Export) να επιλέξει τις κατάλληλες ημερομηνίες και να κατεβάσει τα αρχεία.

6.2.3 Μετρήσεις Θερμοκρασίας

Για την καταγραφή και περισυλλογή των μετρήσεων θερμοκρασίας του εργαστηριακού χώρου, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα θερμόμετρα Logic Data Logger της εταιρίας Supco. Τα θερμόμετρα εγκαταστάθηκαν εντός της αίθουσας σε διαφορετικά σημεία, ώστε να υπάρχει πλήρης εικόνα των συνθηκών που επικρατούν εντός του εργαστηρίου. Είναι ικανά να λάβουν θερμοκρασίες από -40°C έως 65°C με χρήση μπαταρίας λιθίου και από 0°C έως 60°C με χρήση αλκαλικής μπαταρίας. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα του μετρητικού οργάνου για λήψη μετρήσεων σχετικής υγρασίας εύρους από 0% έως 99,9% RH, η οποία παραλήφθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη λόγω του μικρού όγκου της εσωτερικής μνήμης των οργάνων. Η ακρίβεια της θερμοκρασίας του οργάνου είναι $\pm 1^{\circ}\text{C}$, ενώ της υγρασίας $\pm 2\%$ του εύρους της κλίμακας. Οι διαστάσεις του καθενός από αυτά είναι 7,6cm x 6,4cm x 2,8cm και το βάρος 71g. Τέλος η πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιήθηκε είναι μπαταρία λιθίου, δυναμικού της τάξεως των 9V.



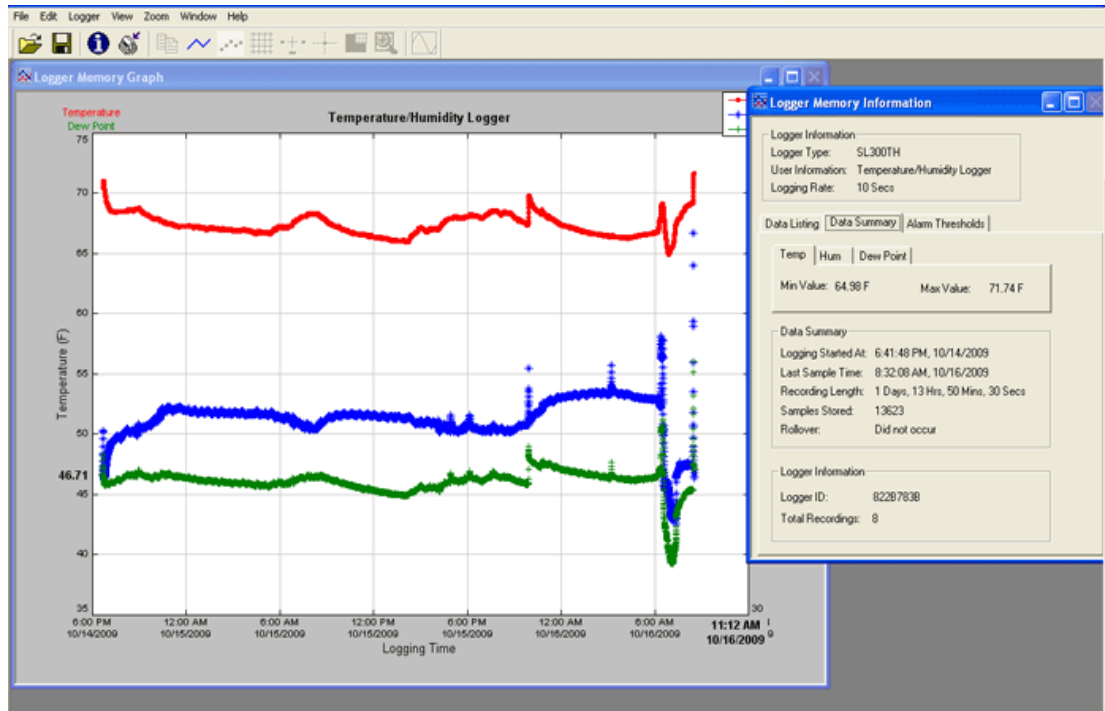
Εικόνα 58: Θερμόμετρο-Υγρασιόμετρο Logit LTH.

Η εταιρία διαθέτει δωρεάν λογισμικό συμβατό με Windows 98SE/ME, 2000, XP, Vista, Windows 7, Windows 8, το οποίο επιτρέπει τη δυνατότητα εξαγωγής των ληφθέντων μετρήσεων από την εσωτερική μνήμη της συσκευής, με τη χρήση καλωδίου τύπου USB. Αξίζει να αναφερθούν οι περεταίρω λειτουργίες του

λογισμικού όπως είναι η δημιουργία διαγραμμάτων, η βαθμονόμηση των συσκευών και η παραμετροποίηση των δεδομένων.

Ο απώτερος σκοπός της διαδικασίας λήψης των μετρήσεων θερμοκρασίας είναι, σε μεταγενέστερο στάδιο, να αφαιρεθούν τα θερμικά φορτία από τα κλιματιστικά.

Παρακάτω εμφανίζεται μια εικόνα από τα γραφήματα και τους πίνακες όπως παρουσιάζονται στο λογισμικό της Surco.



Εικόνα 59: Διαδραστική πλατφόρμα καταγραφής των θερμοκρασιών.

6.2.4 Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας

Η ισχύς εξόδου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Για τον έλεγχο καλής λειτουργίας της εγκατάστασης η μετρούμενη ηλεκτρική ισχύς θα πρέπει να είναι συγκρίσιμη με την αντίστοιχη αναμενόμενη θεωρητική ισχύ της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη την ακτινοβολία και τη θερμοκρασία τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Επειδή είναι αναγκαία η μέτρηση και της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται δυο πυρανόμετρα τύπου LI-COR. Το ένα όργανο έχει τοποθετηθεί σε οριζόντιο επίπεδο και το δεύτερο στη βάση των πλαισίων, ώστε να έχει πάντα την ίδια κλίση και τον ίδιο προσανατολισμό με αυτόν των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Για τη λειτουργία των πυρανόμετρων να σημειωθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το δίσκο του αισθητήρα προκαλεί ανύψωση της θερμοκρασίας του.

6.2.5 Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού

Αντίστοιχα, το ανεμόμετρο τύπου Young 05103 θεωρείται ένα αξιόπιστο όργανο ημιτονικού σήματος το οποίο χρησιμοποιείται για μετρήσεις ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου. Το ανεμόμετρο χρησιμοποιεί μια ελικοειδή τετραπτέρυγη πτερωτή

Χαρακτηριστικό του γνώρισμα είναι ότι το τμήμα του, το οποίο περιστρέφεται, έχει κατασκευαστεί από ειδικό αδιάβροχο πλαστικό υλικό με αποτέλεσμα να είναι ανθεκτικό και ταυτόχρονα ευαίσθητο στις μεταβολές των μετρούμενων παραμέτρων. Επιπλέον, το συγκεκριμένο όργανο πληρεί τις προδιαγραφές 24 US-EPA, ενώ οι ελαστικές ενώσεις του το προστατεύουν από την είσοδο υγρασίας και σκόνης, κάτι το οποίο καθιστά το όργανο κατάλληλο για μόνιμη έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον.

6.2.6 Καταγραφικό

Το καταγραφικό (Data Logger) το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα πειραματική εγκατάσταση είναι τύπου "STYLITIS-41". Το συγκεκριμένο όργανο έχει ενσωματωμένο πληκτρολόγιο, οθόνη, ρολόι, ημερολόγιο, συνδέεται μέσω θύρας RS-232 με υπολογιστή, μπορεί να λειτουργήσει και με μπαταρίες, ενώ τέλος αποθηκεύει δεδομένα σε εσωτερική μνήμη και σε αποσπώμενη κάρτα μνήμης για τουλάχιστον 30 ημέρες. Το συγκεκριμένο καταγραφικό συνδέεται με υφιστάμενο προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC) μέσω του λογισμικού "STYLITIS EXPLORER".

6.3 Ανάλυση της Πειραματικής Διαδικασίας

Με τη χρήση των προγραμμάτων της Efergy και της Supco ολοκληρώθηκε το πρώτο στάδιο του πειράματος που ήταν η περισυλλογή των μετρήσεων ηλεκτρικής κατανάλωσης και θερμοκρασίας. Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιήθηκε ύστερα από ένα ολόκληρο έτος με σκοπό να παρατηρηθούν πλήρως οι συνθήκες που επικράτησαν εντός του εργαστηριακού χώρου σε καθημερινή βάση. Βάση των μετρήσεων αυτών θα μπορέσουν να εξαχθούν τα σωστά συμπεράσματα όσον αφορά τις καταναλωτικές συνήθειες από εποχή σε εποχή. Αξίζει να τονισθεί ότι η λήψη των μετρήσεων έγινε με ακρίβεια λεπτού και έτσι η έρευνα μπορεί να θεωρηθεί ακριβής και αξιόπιστη.

Παρακάτω παρουσιάζονται με λεπτομέρεια τα βήματα της επεξεργασίας των μετρήσεων.

- 1) Αρχικά έγινε η λήψη των μετρήσεων από το διαδικτυακό τόπο της Efergy στη μνήμη ενός προσωπικού υπολογιστή. Το λογισμικό επιτρέπει τη δυνατότητα της λήψης των δεδομένων ακόμη και μετά από έναν χρόνο σε μορφή αρχείου excel. Ως αποτέλεσμα πραγματοποιήθηκε η λήψη τριών αρχείων για κάθε μήνα, δηλαδή 36 στο σύνολο. Τα αρχεία αυτά, αφορούν τη στιγμιαία κατανάλωση με ακρίβεια του ενός λεπτού, την ωριαία και την ημερήσια δαπάνη ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κάποια από τα δεδομένα στην αρχική τους μορφή.

Πίνακας 9: Μορφή δεδομένων του μετρητή κατανάλωσης.

2018-06-01 09:40:00,349.00
2018-06-01 09:41:00,352.00
2018-06-01 09:42:00,349.00

2018-06-01 09:43:00,2032.00
2018-06-01 09:44:00,2044.00
2018-06-01 09:45:00,2189.00
2018-06-01 09:46:00,2257.00
2018-06-01 09:47:00,2231.00
2018-06-01 09:48:00,2313.00
2018-06-01 09:49:00,2317.00
2018-06-01 09:50:00,2315.00
2018-06-01 09:51:00,2552.00

Διαβάζοντας από αριστερά προς τα δεξιά παρουσιάζεται η ημερομηνία και η ώρα της μέτρησης, ενώ στο τέλος φαίνεται η μέτρηση της στιγμιαίας κατανάλωσης σε Watt.

- 2) Για να μπορέσουν τα παραπάνω δεδομένα να αξιοποιηθούν και να επεξεργαστούν, είναι απαραίτητο να γίνει ο διαχωρισμός τους. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, χρησιμοποιείται το Microsoft Office Excel. Αρχικά επιλέγεται το κατάλληλο κελί και στην καρτέλα Data, επιλέγεται το κουμπί Text to Columns. Εφόσον τα δεδομένα διαχωρίζονται από (,), επιλέγεται το κουμπί με την ονομασία Delimited και στην καρτέλα Delimiters, τα κουτιά Comma και Space. Τέλος στο κουμπί των προχωρημένων επιλογών (Advanced...), όπου εμφανίζεται το πως θα διαχωρίζονται τα δέκατα από τις χιλιάδες, επιλέγεται στο πρώτο κελί το κόμμα ενώ το άλλο κελί παραμένει κενό.

Πίνακας 10: Μορφή δεδομένων μετρητή μετά την πρώτη επεξεργασία.

Timestamp	Time	Power (W)
1/6/2018	9:40:00	349.00
1/6/2018	9:41:00	352.00
1/6/2018	9:42:00	349.00
1/6/2018	9:43:00	2032.00
1/6/2018	9:44:00	2044.00
1/6/2018	9:45:00	2189.00
1/6/2018	9:46:00	2257.00
1/6/2018	9:47:00	2231.00
1/6/2018	9:48:00	2313.00
1/6/2018	9:49:00	2317.00
1/6/2018	9:50:00	2315.00
1/6/2018	9:51:00	2552.00

- 1) Η παραπάνω διαδικασία έγινε και για τα 36 αρχεία και τελικά δημιουργήθηκε ένα ενιαίο αρχείο στο οποίο περιγράφονται σε τρεις καρτέλες όλες οι καταναλώσεις για ένα ολόκληρο έτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση όλων των αποτελεσμάτων που συλλέχθηκαν από το μετρητή κατανάλωσης ενέργειας της Efergy, για τη δημιουργία του πραγματικού και του τυπικού προφίλ κατανάλωσης. Ο δεδομένος μετρητής κατέγραψε μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας από τον κεντρικό πίνακα ελέγχου του εργαστηρίου των Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο για ένα ολόκληρο έτος την περίοδο 2018-2019 (Μάϊος). Η παρουσίαση γίνεται μέσω πινάκων και διαγραμμάτων της πλατφόρμας υπολογιστικών φύλλων (Excel) της Microsoft. Σκοπός της παρούσας παρουσίασης, είναι η σύγκριση των δύο προφίλ ανά έτος, εποχή, μήνα, εβδομάδα και ώρα ούτως ώστε να δοθεί μία εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς της συγκεκριμένης αίθουσας (Γ015), η οποία στεγάζεται στο κτήριο Γ των εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

7.2 Προφίλ Κατανάλωσης

7.2.1 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης

Η διαδικασία που τελέστηκε για τη δημιουργία του πραγματικού προφίλ κατανάλωσης αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σκοπός του πειράματος ήταν η περισυλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας για τη δημιουργία μιας χρονοσειράς ωριαίου χρονικού βήματος, η οποία περιλαμβάνει όλη την ενέργεια που δαπανήθηκε από όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, σε αναμονή και μη, για ένα έτος.

Ύστερα από τη σωστή ταξινόμησή τους δημιουργήθηκε το παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 11: Πραγματικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης.

Παρατηρώντας το διάγραμμα του πραγματικού προφίλ διακρίνεται ότι το εύρος των ενεργειακών καταναλώσεων κυμαίνεται μεταξύ 0,30kWh και 10,1kWh. Οι κατώτερες τιμές οφείλονται κυρίως σε καταστάσεις αναμονής κάποιων ηλεκτρικών συσκευών εντός του εργαστηρίου ενώ, οι ανώτερες τιμές οφείλονται κυρίως στη χρήση αυτών σε ώρες λειτουργίας του εργαστηρίου.

Ξεκινώντας από την πρώτη ημέρα του χρόνου και το μήνα Ιανουάριο παρατηρείτε σταδιακά η πτωτική τάση των υψηλών καταναλώσεων μέχρι και το μάιο ενώ, από τον Ιούνιο μέχρι και τα τέλη του Σεπτεμβρίου οι τιμές είναι και πάλι υψηλές. Επίσης στο μήνα Οκτώβριο παρατηρείτε για ακόμη μια φορά πτωτική τάση η οποία παραμένει μέχρι και τα τέλη του Νοεμβρίου. Ο Δεκέμβριος έχει υψηλότερες καταναλώσεις από τους δύο προηγούμενους του. Τέλος σημειώνεται ότι στην περίοδο των Χριστουγέννων, του Πάσχα και του Αυγούστου το εργαστήριο παραμένει κλειστό εξού και τα τμήματα του διαγράμματος με καταναλώσεις από καταστάσεις αναμονής.

Η παραπάνω διακύμανση των υψηλών καταναλώσεων σε χαμηλότερες από εποχή σε εποχή οφείλεται στη χρήση των κλιματιστικών συσκευών για την ψύξη και τη θέρμανση των χώρων εργαστηρίου. Επιπλέον σημαντικός παράγοντας ανά χρονική περίοδο είναι η διάρκεια της ημέρας η οποία, επηρεάζει σημαντικά τη χρήση του φωτισμού. Επίσης σημαντικό ρόλο, έχουν οι ώρες διδασκαλίας ανά ακαδημαϊκό εξάμηνο.

7.2.2 Τυπικό Προφίλ Κατανάλωσης

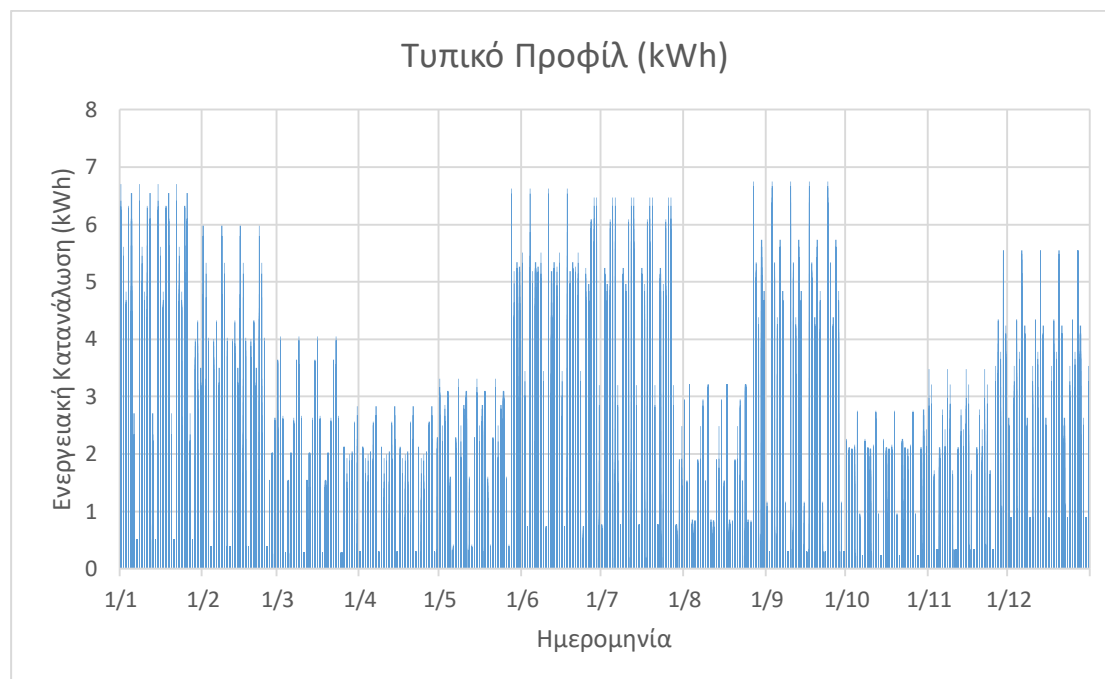
Το τυπικό προφίλ κατανάλωσης είναι επί της ουσίας μια πιο απλοποιημένη μορφή του πραγματικού προφίλ κατανάλωσης στην οποία «στρογγυλεύονται» οι ενεργειακές καταναλώσεις για κάθε μήνα.

Για τη δημιουργία του τυπικού προφίλ ωριαίας κατανάλωσης υπολογίσθηκε η τυπική εβδομάδα για κάθε μήνα. Ο τρόπος υπολογισμού μιας τυπικής εβδομάδας είναι ουσιαστικά ένας μέσος όρος καταναλώσεων για κάθε ξεχωριστή ημέρα και ώρα της εβδομάδας. Για παράδειγμα ο μέσος όρος όλων των τιμών των Σαββάτων, μεταξύ 11:00 και 12:00 του Ιανουαρίου αποτελούν, τη μία ωριαία τιμή από τις 168 ώρες της εβδομάδας. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όλους τους μήνες, ημέρες και ώρες του χρόνου.

Ύστερα αφού υπολογίσθηκαν όλες οι ωριαίες τιμές από όλες τις Δευτέρες, Τρίτες κτλ, του κάθε μήνα, τοποθετήθηκαν στη σωστή σειρά για τη δημιουργία της τυπικής εβδομάδας συνόλου, όπως προαναφέρθηκε, 168 ωρών.

Στη συνέχεια η κάθε τυπική εβδομάδα τοποθετήθηκε 4 φορές στη σειρά για τον κάθε μήνα από Ιανουάριο μέχρι και Δεκέμβριο. Επειδή όμως ο παραπάνω πολλαπλασιασμός μας δίνει 28 ημέρες για κάθε μήνα έναντι των 30 ή των 31 ημερών, που ισχύει στην πραγματικότητα, κάθε φορά που δημιουργήθηκε κενό 7 ημερών τοποθετήθηκε μια επιπλέον τυπική εβδομάδα στον εκάστοτε μήνα. Έτσι η διαδικασία σταμάτησε στο σημείο όπου το σύνολο των ωρών του έτους έφτασε τις 8760 όπως είναι και στην πραγματικότητα.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα του τυπικού προφίλ όπως αυτό προέκυψε από την παραπάνω διαδικασία.



Διάγραμμα 12: Τυπικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης εργαστηρίου ΗΜΕ&ΠΡΟΠΕ.

Στο διάγραμμα του τυπικού προφίλ κατανάλωσης παρατηρείται ότι οι πολύ μεγάλες καταναλώσεις που οφείλονται στις κλιματιστικές συσκευές και σε λοιπές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου, όπως για παράδειγμα στη μονάδα της αφάλατωσης, έχουν χαθεί κατά τον υπολογισμό του μέσου όρου δίνοντας έτσι μία ομαλότερη ενεργειακή συμπεριφορά-εικόνα του εργαστηρίου.

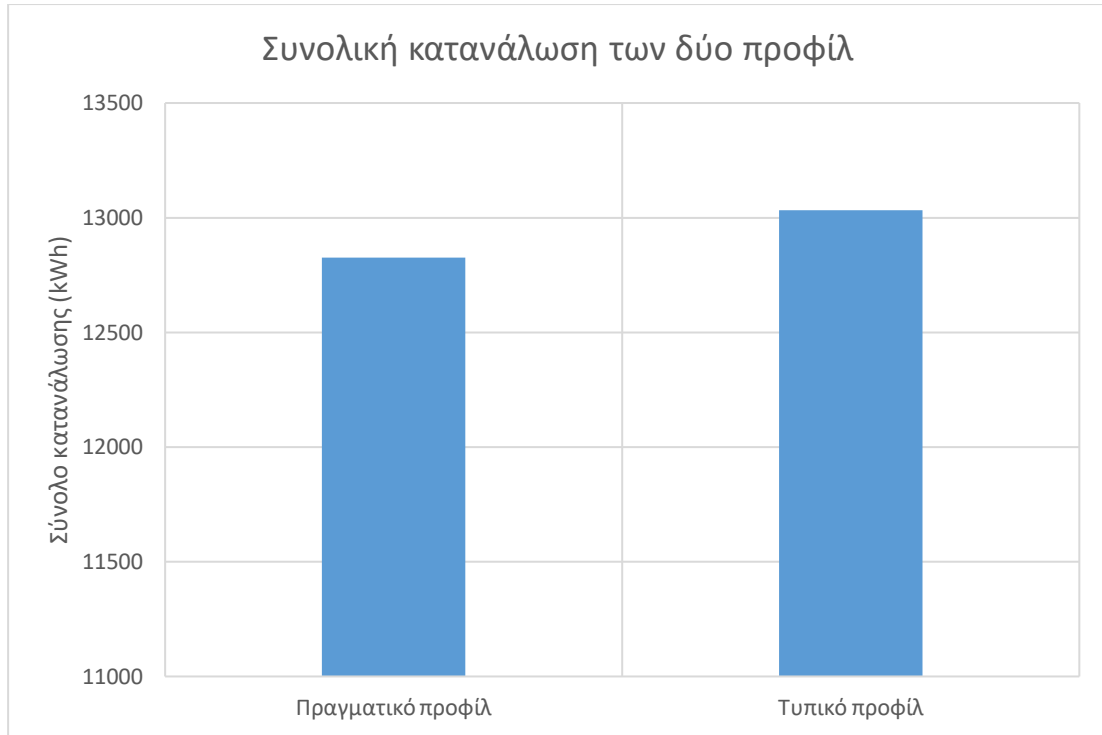
7.2.3 Σύγκριση Προφίλ

Στα παραπάνω διαγράμματα έκτος από την ενεργειακή συμπεριφορά των εγκαταστάσεων ανά μήνα και εποχή, μπορεί να φανεί ότι κατά μέσο όρο στις ώρες αιχμής οι καταναλώσεις κυμαίνονται μεταξύ 2-4kWh.

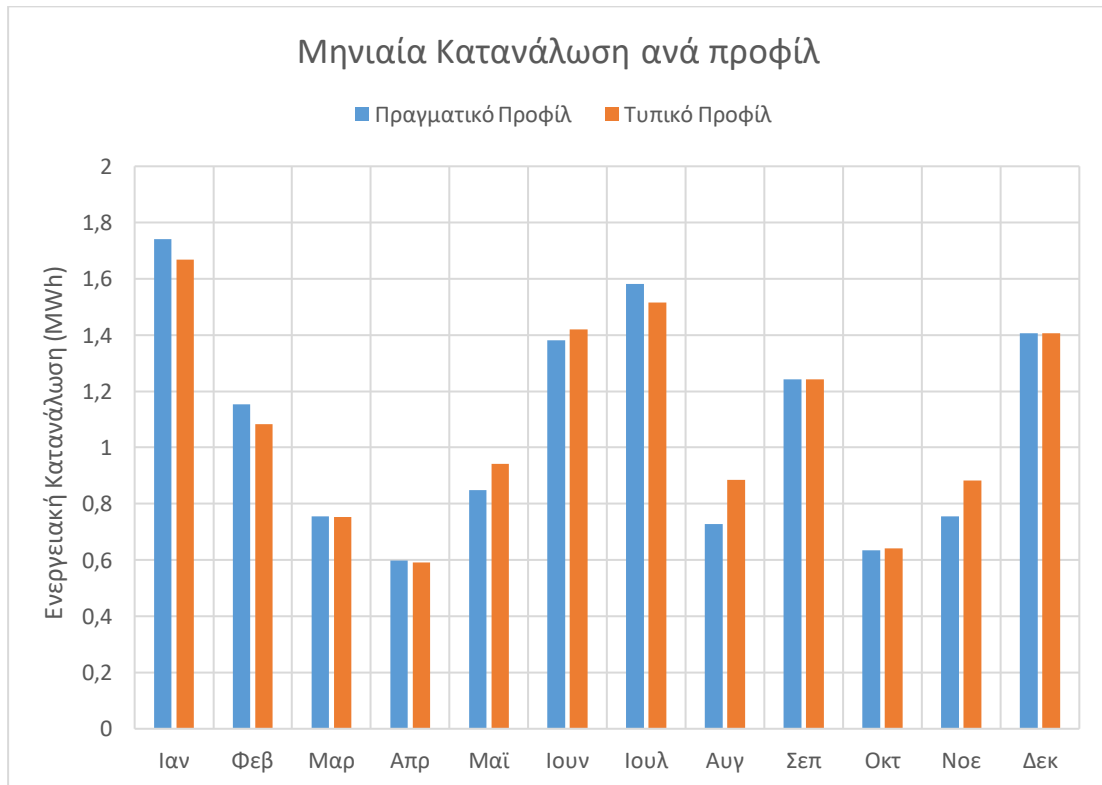
Στον παρακάτω πίνακα διακρίνεται το σύνολο της ηλεκτρικής κατανάλωσης όπως προέκυψε από τα δυο προφίλ καθώς και η μέγιστη-ελάχιστη κατανάλωση όπως επίσης και ο συντελεστής χρησιμοποίησης εγκατεστημένης ισχύος.

Πίνακας 11: Συντελεστής χρησιμοποίησης εγκατεστημένης ισχύος του εργαστηρίου

Ενεργειακή Κατανάλωση Έτους(kWh)	Μέγιστη Ζήτηση Ενέργειας(kWh)	Ελάχιστη Ζήτηση Ενέργειας(kWh)	Συντελεστής Χρησιμοποίησης Εγκατεστημένης Ισχύος
Πραγματικό προφίλ	12825,58	10,08	0,145
Τυπικό προφίλ	13032,29	6,75	0,220



Διάγραμμα 13: Σύγκριση συνολικής ετήσιας κατανάλωσης Πραγματικού-Τυπικού προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου ΗΜΕ & ΠΡΟΠΕ.

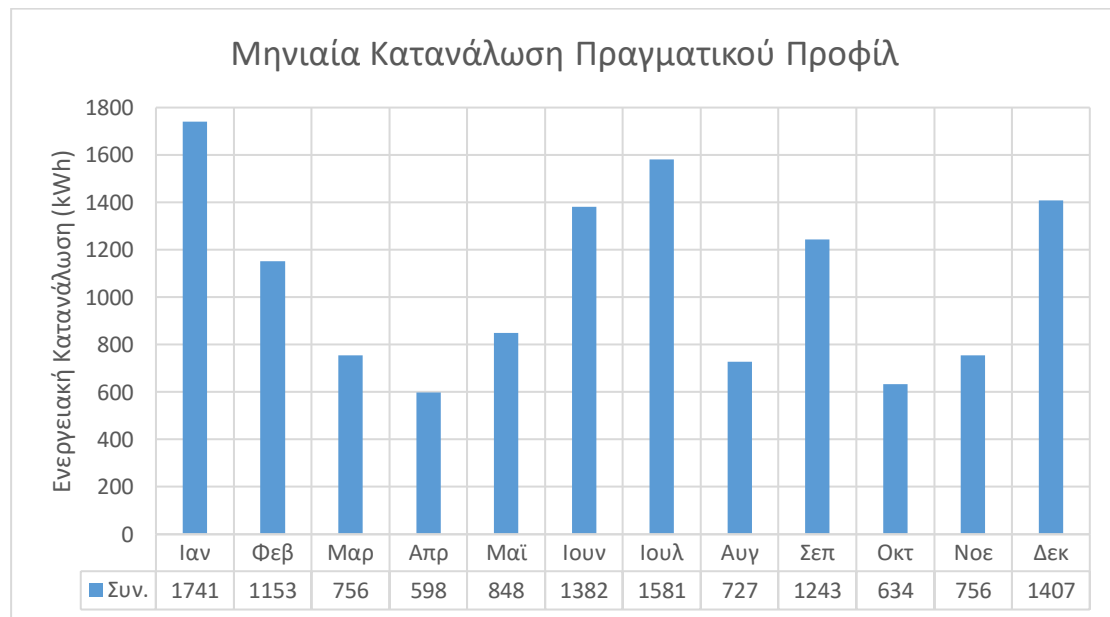


Διάγραμμα 14: Μηνιαία κατανάλωση (MWh) πραγματικού-τυπικού προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου ΗΜΕ & ΠΡΟΠΕ.

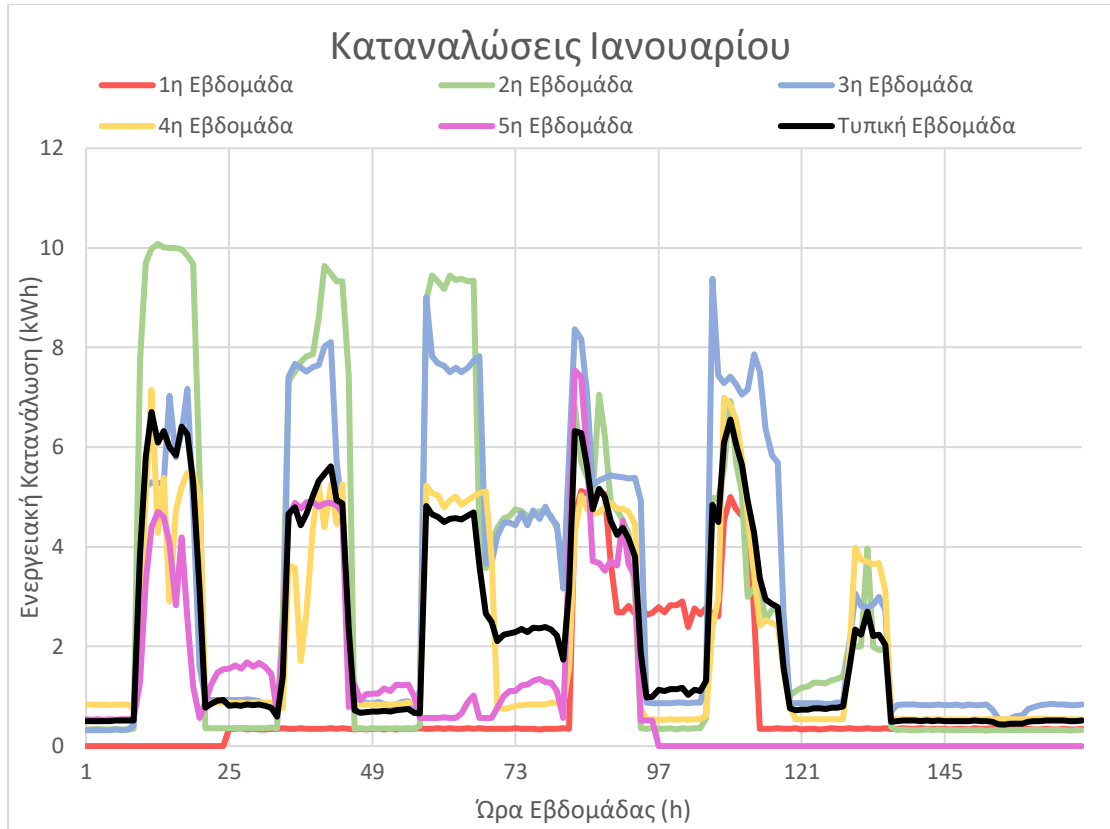
Παρατηρώντας λοιπόν τα ανωτέρω διαγράμματα και πίνακες συγκρίσεως των δυο προφίλ γίνεται αντιληπτή η αξιοπιστία της μεθόδου δημιουργίας του τυπικού προφίλ κατανάλωσης, καθώς τόσο στο μηνιαίο όσο και στο ετήσιο σύνολο κατανάλωσης ενέργειας η τιμές βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους. Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του εργαστηρίου ανέρχεται στις 12800kWh για το πραγματικό προφίλ, ενώ για το τυπικό προφίλ η ετήσια κατανάλωση είναι 13100kWh. Όσον αφορά το διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ανά προφίλ διακρίνεται ότι ο μήνας με τις πιο υψηλές καταναλώσεις κατά αύξουσα σειρά είναι ο Ιανουάριος, ο Ιούλιος, ο Ιούνιος, ο Δεκέμβριος και τέλος ο Σεπτέμβριος. Οι υψηλές καταναλώσεις κατά τη διάρκεια των προαναφερθέντων τιμών οφείλεται κυρίως στην ανάγκη θέρμανσης και ψύξης σε όλους τους χώρους του εργαστηρίου καθώς σε εκείνον, στεγάζονται γραφεία και φοιτητές στα πλαίσια της εκπαιδευτικής λειτουργίας. Οι μήνες με τη λιγότερη κατανάλωση κατά τη διάρκεια του έτους είναι ο Μάρτιος, ο Απρίλιος, Ο Οκτώβριος ο Νοέμβριος και ο Αύγουστος. Οι παραπάνω χαμηλές μηνιαίες καταναλώσεις οφείλονται αντίστοιχα στην έλλειψη θερμικών και ψυκτικών φορτίων.

7.3 Παράθεση Διαγραμμάτων Πραγματικού Προφίλ ανά Εβδομάδα

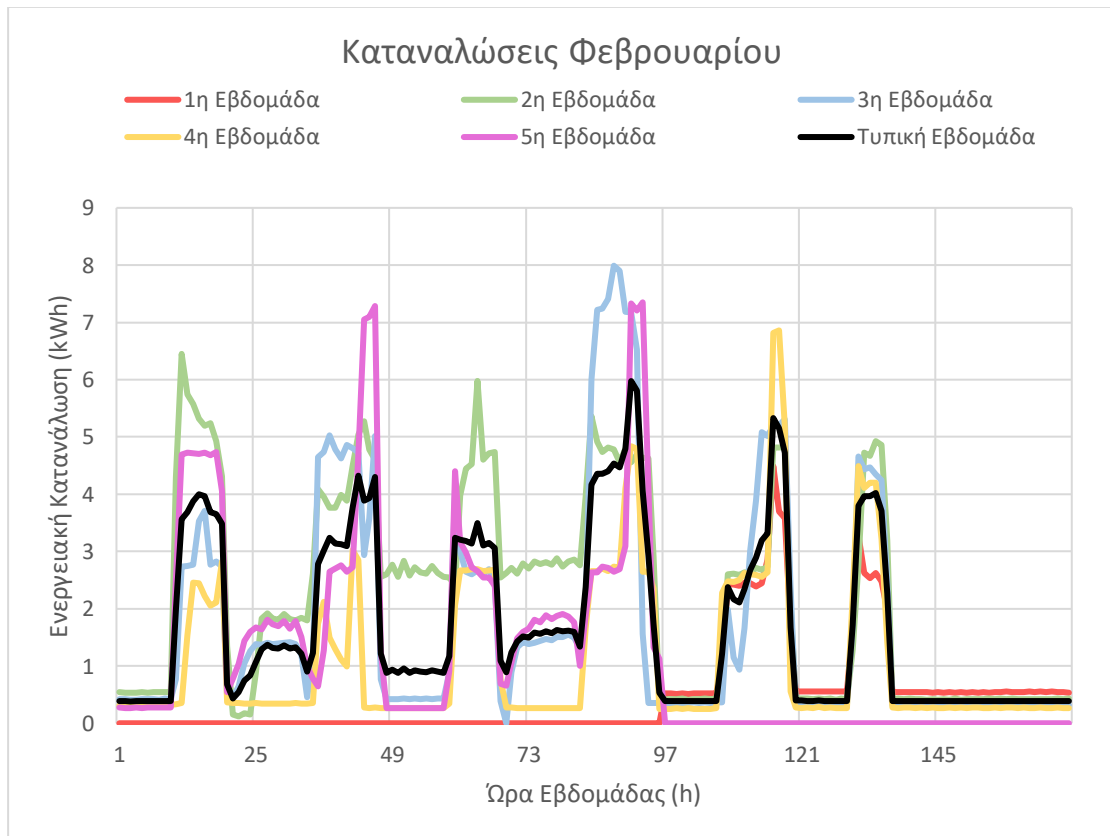
Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν πρώτον το διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης και δεύτερον, όλα τα διαγράμματα τα οποία περιλαμβάνουν όλες τις καταναλώσεις από την κάθε εβδομάδα του κάθε μήνα του πραγματικού προφίλ κατανάλωσης συν τη μία επιπλέον τυπική εβδομάδα που υπολογίστηκε. Για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και επειδή ο κάθε μήνας δεν ξεκινάει από την ίδια ημέρα προστέθηκαν στην πρώτη και στην τελευταία εβδομάδα του κάθε μήνα εικονικές ημέρες με μηδενική κατανάλωση, οι οποίες δεν συμπεριλήφθηκαν στον υπολογισμό της τυπική εβδομάδας, ούτως ώστε, όλες οι εβδομάδες να ξεκινούν από Δευτέρα και να τελειώνουν Κυριακή. Μετά το πέρας των διαγραμμάτων θα σχολιαστούν και θα αναφερθούν όλα τα συμπεράσματα που αποκομίστηκαν.



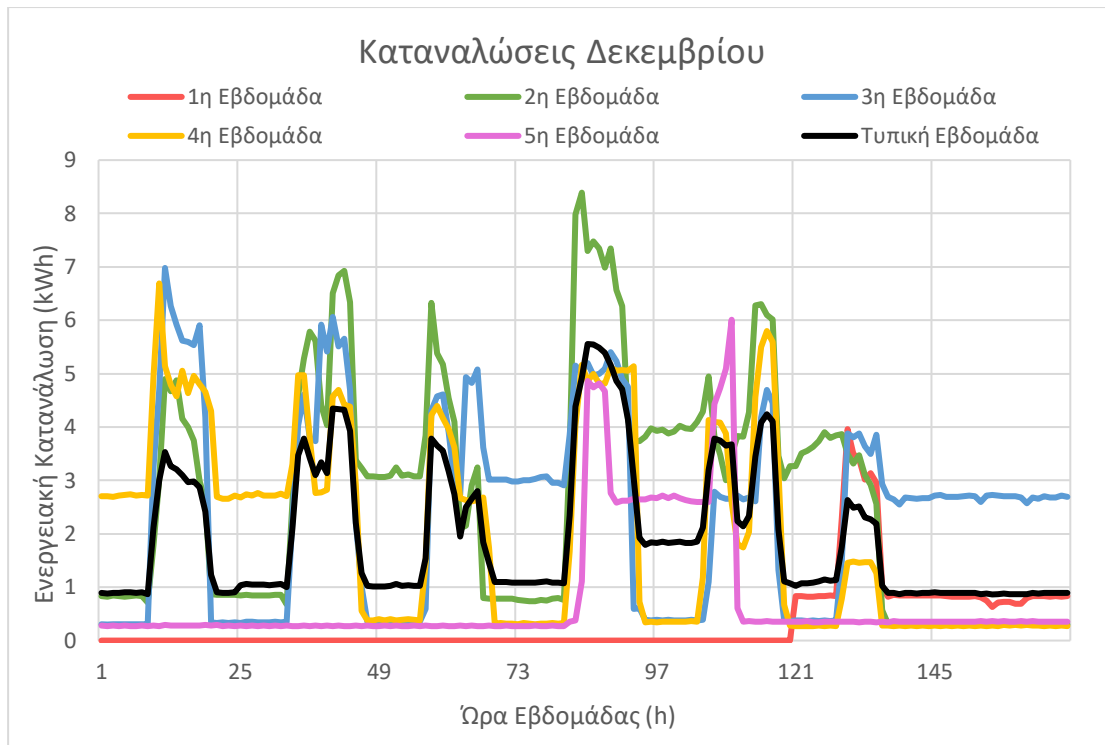
Διάγραμμα 15: Μηνιαία κατανάλωση (kWh) πραγματικού προφίλ κατανάλωσης.



Διάγραμμα 16: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιανουαρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.



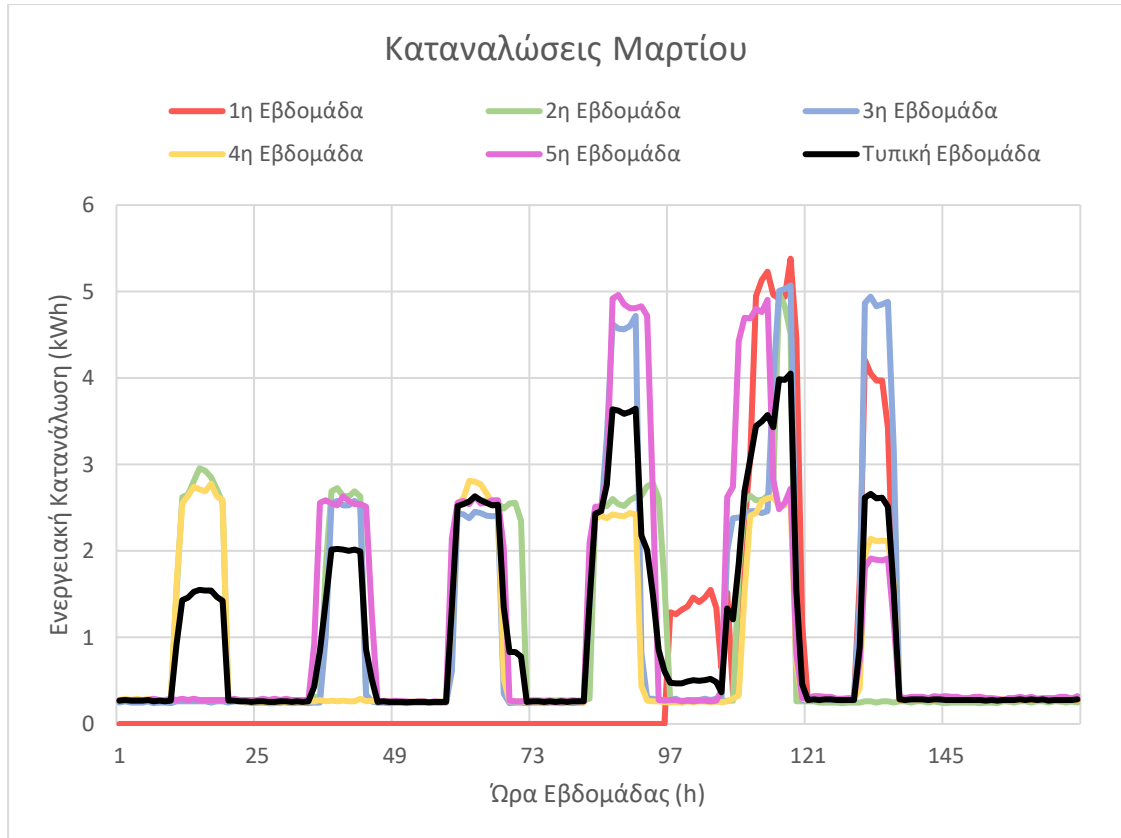
Διάγραμμα 17: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Φεβρουαρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.



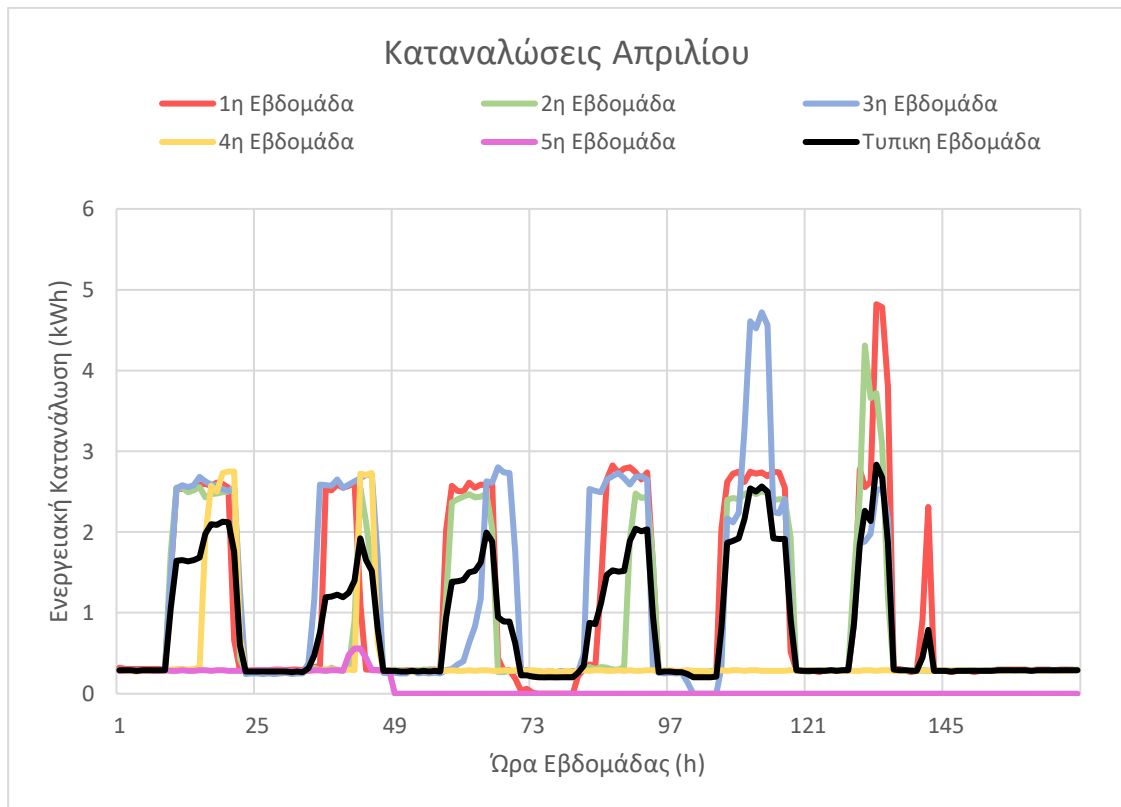
Διάγραμμα 18: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Δεκεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο ο μήνας με τις υψηλότερες καταναλώσεις είναι από του χειμερινούς ο Ιανουάριος. Ο προηγούμενος ισχυρισμός επιβεβαιώνεται από το παραπάνω διάγραμμα στο οποίο φαίνονται όλες οι εβδομάδες του μήνα σε αναδίπλωση, συν της τυπικής. Η πρώτη εβδομάδα διακρίνεται από χαμηλά φορτία λόγω αναστολή της λειτουργία του εκπαιδευτικού ιδρύματος για τις διακοπές των Χριστουγέννων. Στη συνέχεια, στη δεύτερη και στην τρίτη εβδομάδα υπάρχουν υψηλές καταναλώσεις που πολλές φορές αγγίζουν το μέγιστο φορτίο του ετησίου προφίλ με τιμές άνω των 8kWh. Επιπλέον στις υπόλοιπες εβδομάδες, βαδίζοντας προς το Φεβρουάριο, παρατηρείται μία απότομη πτώση των υψηλών τιμών. Τέλος με τη βοήθεια της τυπικής εβδομάδας είναι διακριτό ποιες μέρες κατά τη διάρκεια του μήνα είχαν κατά μέσο όρο περισσότερη κατανάλωση.

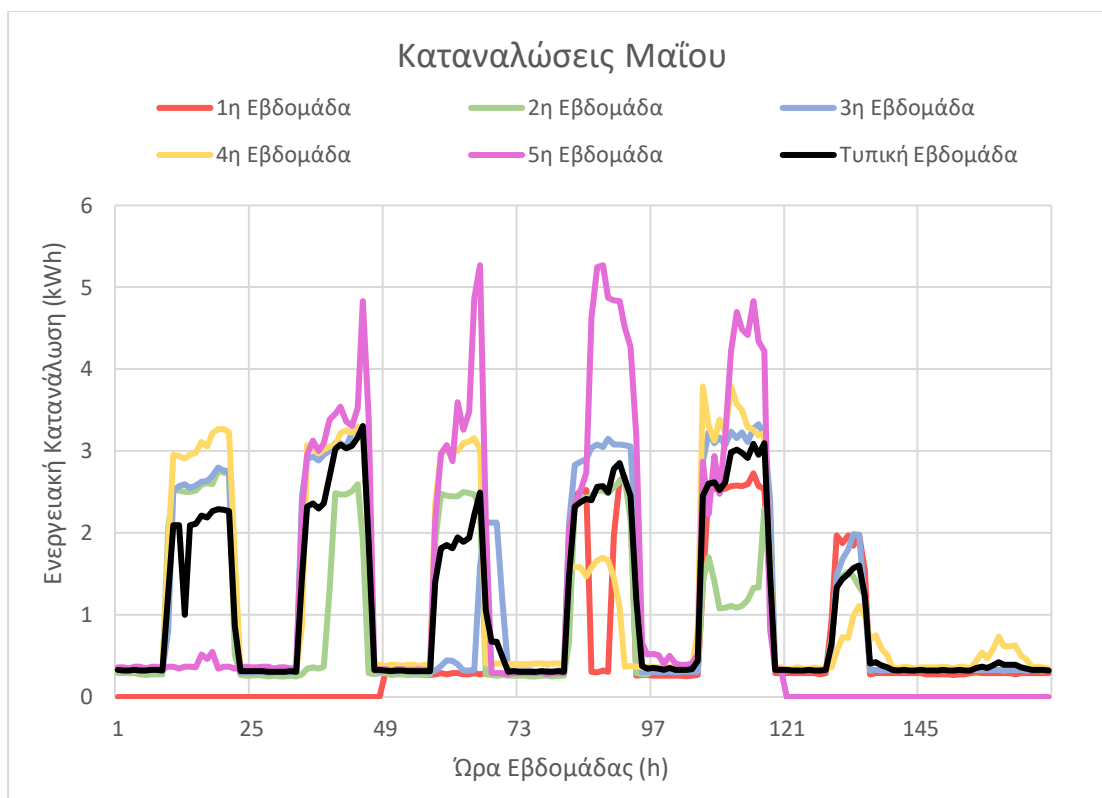
Στο μήνα Φεβρουάριο η ημέρα με την περισσότερη ενέργεια που δαπανήθηκε είναι εκείνη της Πέμπτης και της Παρασκευής ενώ για τις υπόλοιπες ημέρες γίνεται αντιληπτό βάση διαγράμματος σε ποιες από αυτές οι ενεργειακές δαπάνες ξεπερνούν το μέσο όρο. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι ο μήνας Φεβρουάριος είναι ως επί το πλείστον μήνας εξεταστικής περιόδου. Το παραπάνω γεγονός ευθύνεται για την απότομη πτώση των ενεργειακών τιμών καθώς το εργαστήριο χρησιμοποιείται μονάχα για τη διεξαγωγή των γραπτών εξετάσεων και όχι τόσο για την υποδοχή φοιτητών για διδασκαλία και εργαστηριακά πειράματα. Έτσι από τους τρεις χώρους του τμήματος χρησιμοποιείται περισσότερο ο πρώτος χώρος που στεγάζει τα γραφεία των συνεργατών. Τέλος αναφέρεται ότι οι καταναλώσεις του μήνα κυμαίνονται μεταξύ 0,5-8kWh με τις πιο υψηλές να βρίσκονται στην 2^η, 3^η και τελευταία εβδομάδα.



Διάγραμμα 19: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Μαρτίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.



Διάγραμμα 20: : Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Απριλίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.



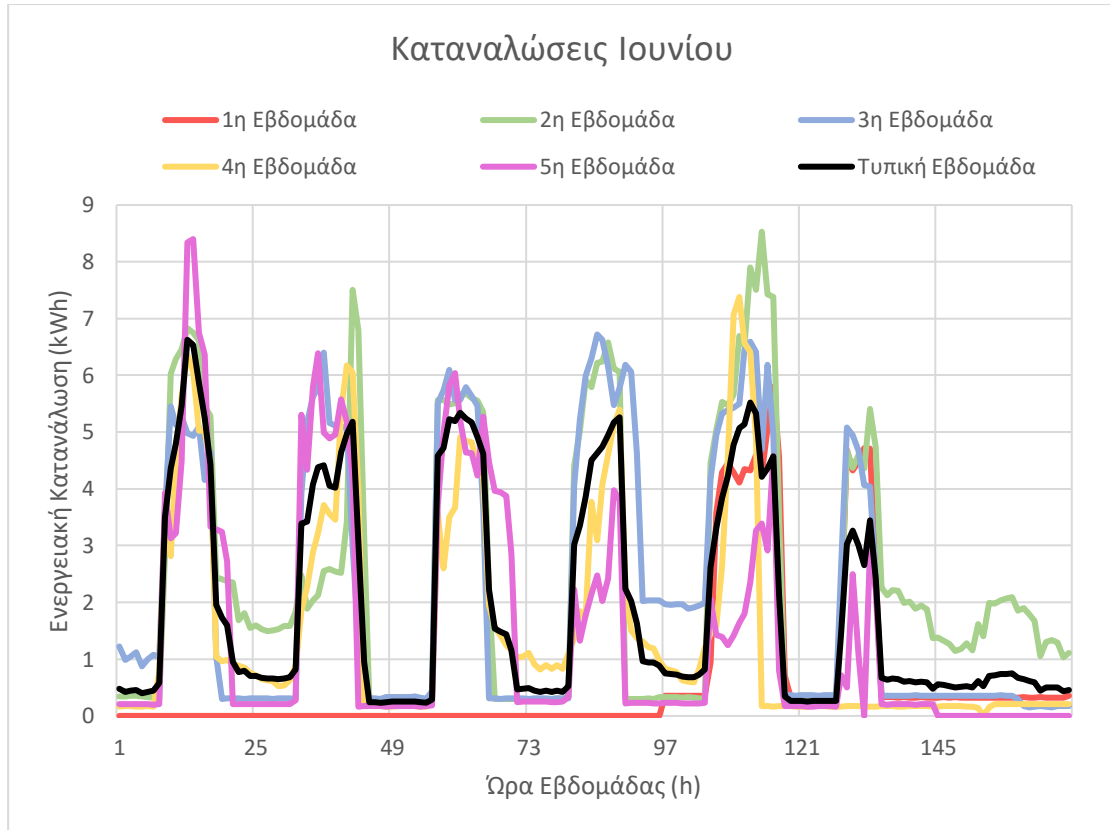
Διάγραμμα 21: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Μαΐου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

Ο μήνας του Μαρτίου είναι ίσος εκείνος με τις χαμηλότερες καταναλώσεις μέσα στο έτος και το παραπάνω γεγονός οφείλεται σε δύο βασικούς παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι η αλλαγή της εποχής από Χειμώνα σε Άνοιξη όπου λόγω αύξησης της μέσης θερμοκρασίας υπάρχει λιγότερη χρήση κλιματιστικών συσκευών. Ο δεύτερος λόγος οφείλεται στο ότι ο μήνας Μάρτιος αποτελεί μεταβατικό στάδιο μεταξύ των ακαδημαϊκών εξαμήνων και ουσιαστικά το εργαστήριο υπολειτουργεί εμού και οι υψηλότερες καταναλώσεις στα μέσα και στο τέλος του μήνα την 3η και 5η εβδομάδα. Οι τιμές κατανάλωσης του Μαρτίου κυμαίνονται μεταξύ 0,3- 5kWh και οι ημέρες με τις πιο υψηλές είναι η Πέμπτη, η Παρασκευή και το Σάββατο. Τέλος η τυπική εβδομάδα παρουσιάζει ανοδική τάση λόγω του προαναφερθέντων γεγονότων ενώ η Δευτέρα της τρίτης εβδομάδας παρουσιάζει ελάχιστες καταναλώσεις σε κατάσταση αναμονής λόγω της αργίας της Καθαρής Δευτέρας.

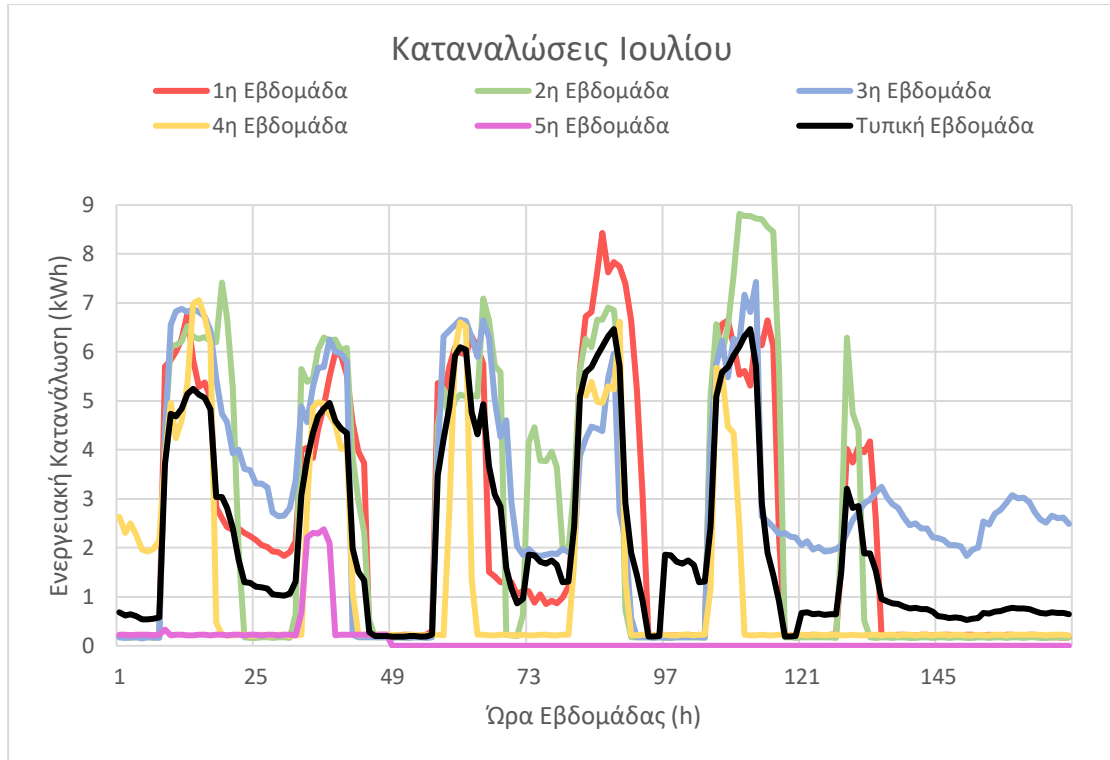
Οι καταναλώσεις του μήνα Απριλίου είναι από τις χαμηλότερες του έτους και αυτό επειδή υπάρχει παύση λειτουργίας του ιδρύματος για την κινητή εορτή του Πάσχα. Βάση της τυπική εβδομάδας παρατηρείται ότι γενικά οι ενεργειακές δαπάνες βρίσκονται ελαχίστως πάνω από το μέσο όρο πλην από τις ημέρες της Παρασκευής και του Σαββάτου της πρώτης, δεύτερης και τρίτης εβδομάδας, όπου σε αυτές της περιπτώσεις φτάνουν στο διπλάσιο. Το εύρος των τιμών κυμαίνεται μεταξύ των 0,9- 4,8kWh. Τέλος το χαμηλό των καταναλώσεων στο συγκεκριμένο μήνα οφείλεται τόσο στην αύξηση της διάρκειας της ημέρας, οπότε και σε λιγότερες ανάγκες για φωτισμό, όσο και στις λιγότερες ανάγκες για ψύξη ή θέρμανση του χώρου.

Οι καταναλώσεις του Μαΐου παρουσιάζουν το ίδιο μοτίβο με εκείνες του Απριλίου και οι λόγοι για αυτές είναι ακριβώς οι ίδιοι με τον εν λόγω μήνα. Η μόνη διαφορά

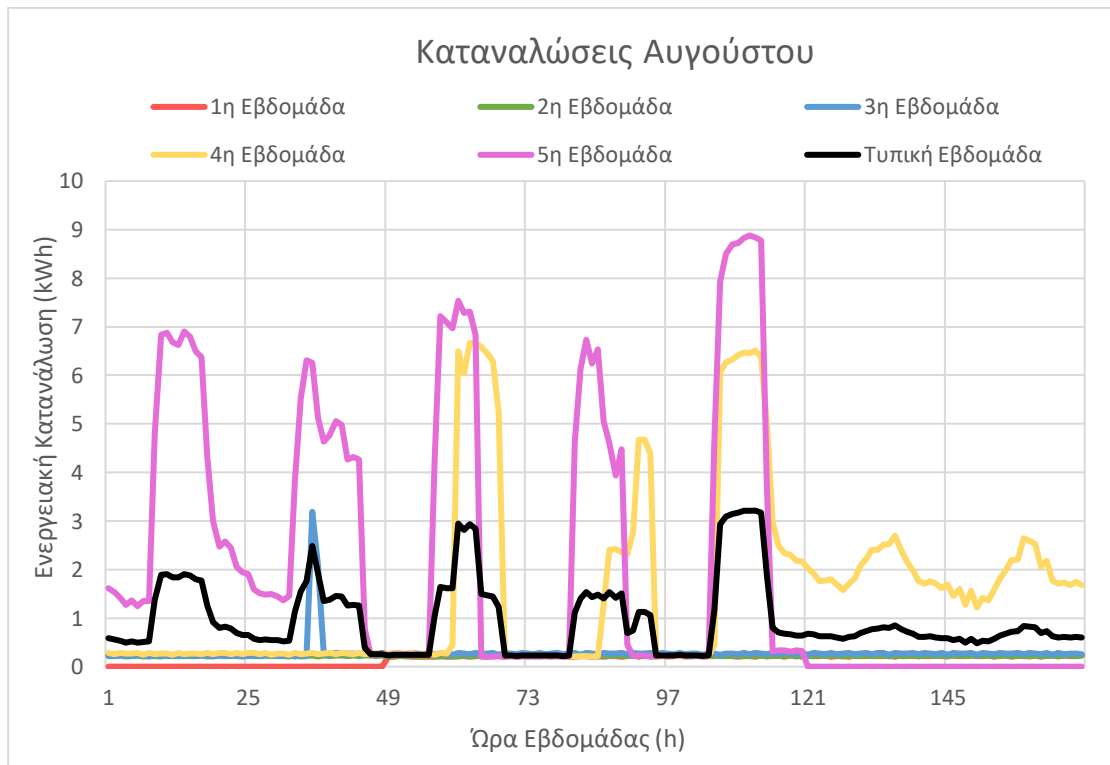
παρατηρείται στην τελευταία εβδομάδα όπου ουσιαστικά υπάρχει μετάβαση από την εποχή της Άνοιξης στην εποχή του Καλοκαιριού και οι ανάγκες για ψυκτικά φορτία αρχίζουν και αυξάνονται. Το εύρος τιμών για ακόμη μια φορά βρίσκεται ανάμεσα στα όρια των 0,3-5,2kWh και οι απότομες κορφές των καμπυλών οφείλονται στις ώρες αιχμής λειτουργίας του εργαστηριακού χώρου.



Διάγραμμα 22: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιουνίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

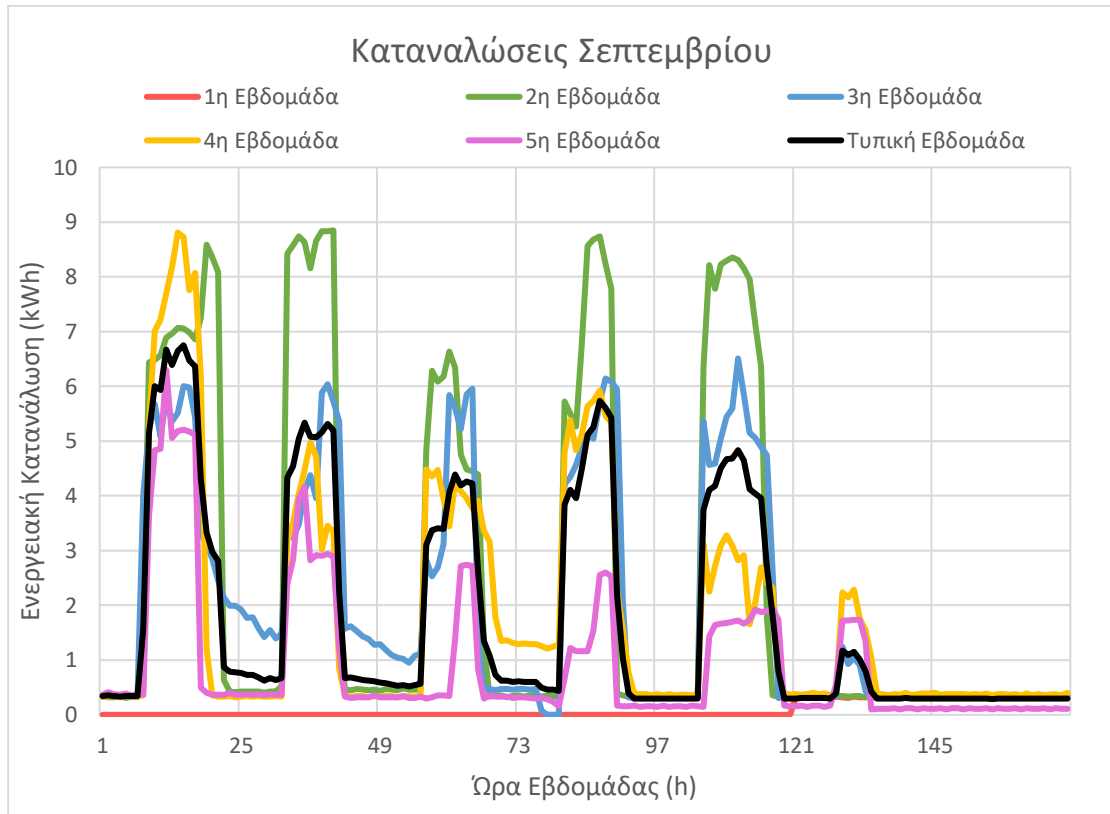


Διάγραμμα 23: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Ιουλίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

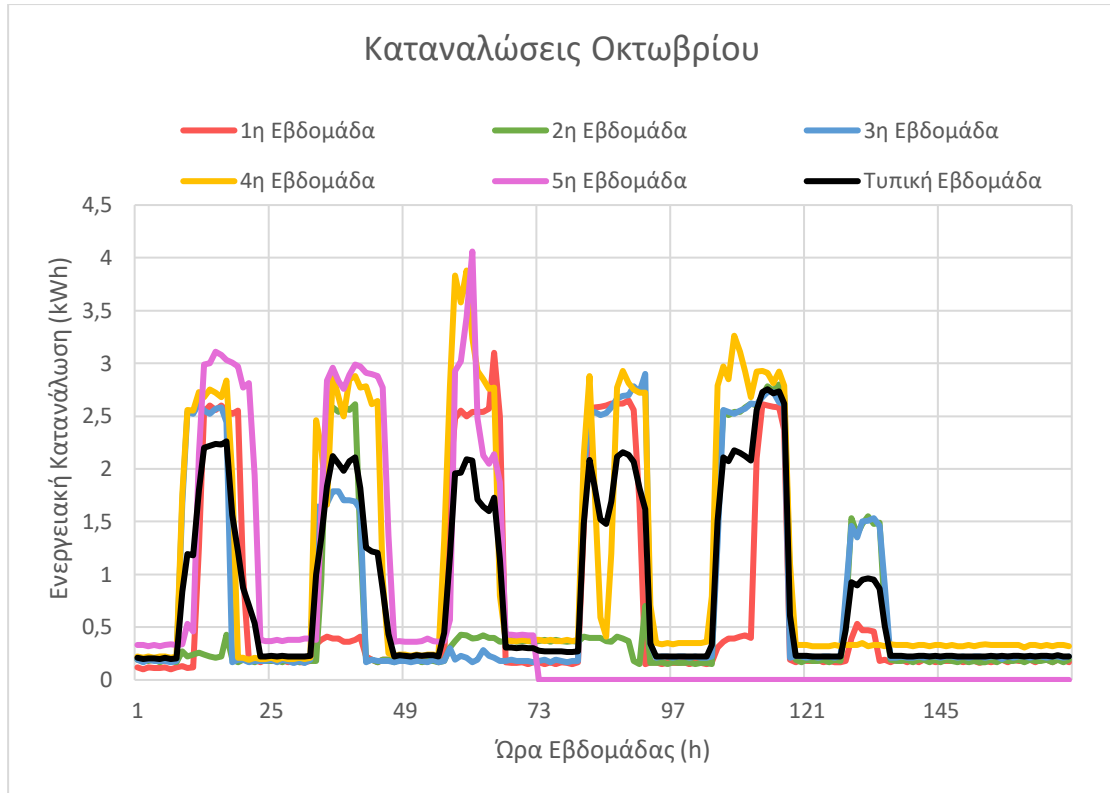


Διάγραμμα 24: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Αυγούστου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

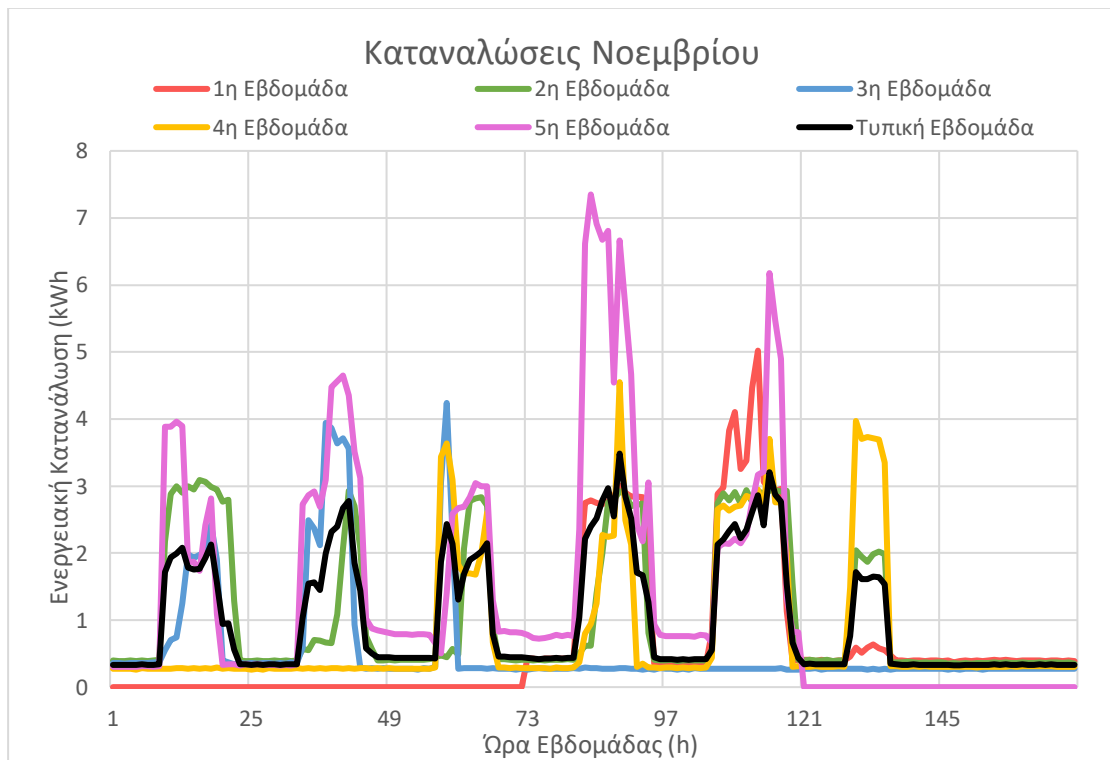
Στους μήνες του Ιουνίου και του Ιουλίου βρισκόμαστε πια στην καρδιά του Καλοκαιριού και η εικόνα που παρατηρείται στα ανωτέρω διαγράμματα είναι πάνω κάτω η ίδια. Πολύ υψηλές καταναλώσεις, που κυμαίνονται μεταξύ 0,3-9kWh, απότομες αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας των αιθουσών και τυπικές εβδομάδες στις οποίες δεν υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ πραγματικών μετρήσεων κατανάλωσης και μέσου όρου.



Διάγραμμα 25: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Σεπτεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.



Διάγραμμα 26: : Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Οκτωβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

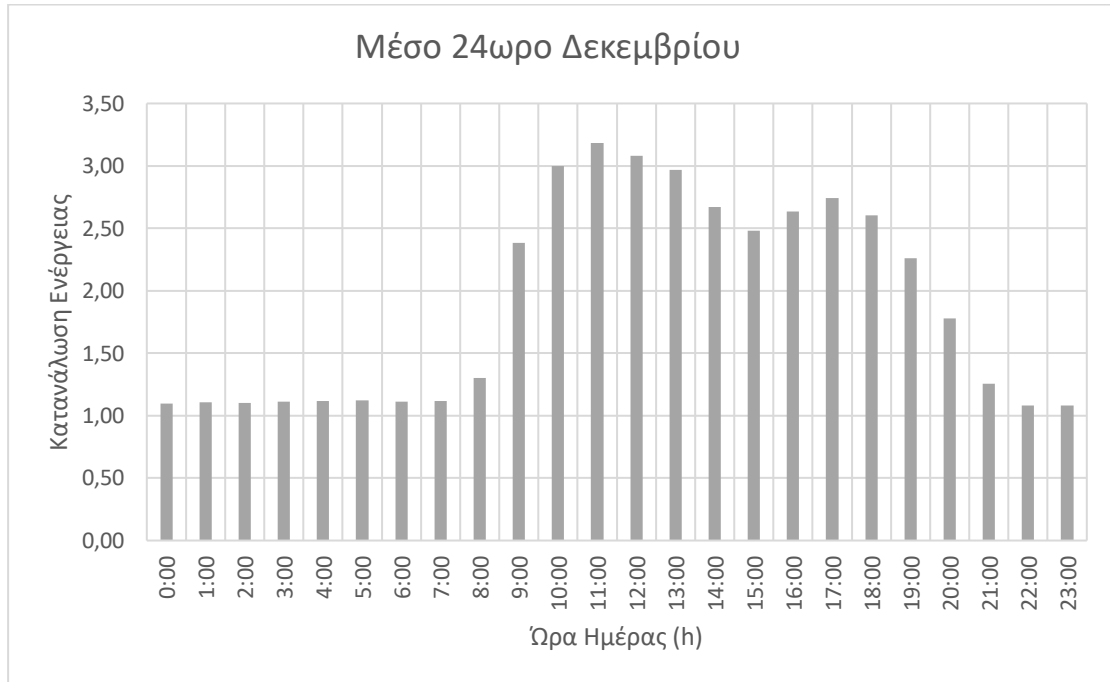


Διάγραμμα 27: Εβδομαδιαίες καταναλώσεις Νοεμβρίου (kWh) συν τυπική εβδομάδα μέσω εβδομαδιαίων καταναλώσεων.

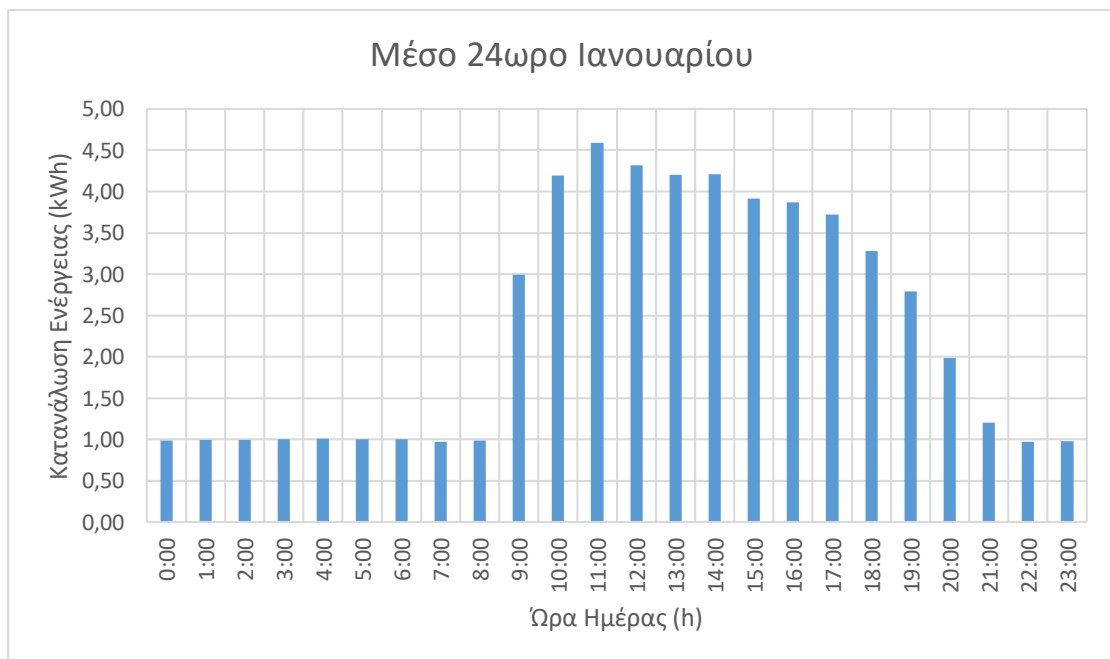
7.4 Παράθεση Διαγραμμάτων Πραγματικού Προφίλ Μέσων 24ώρων.

7.4.1 Χειμερινοί μήνες

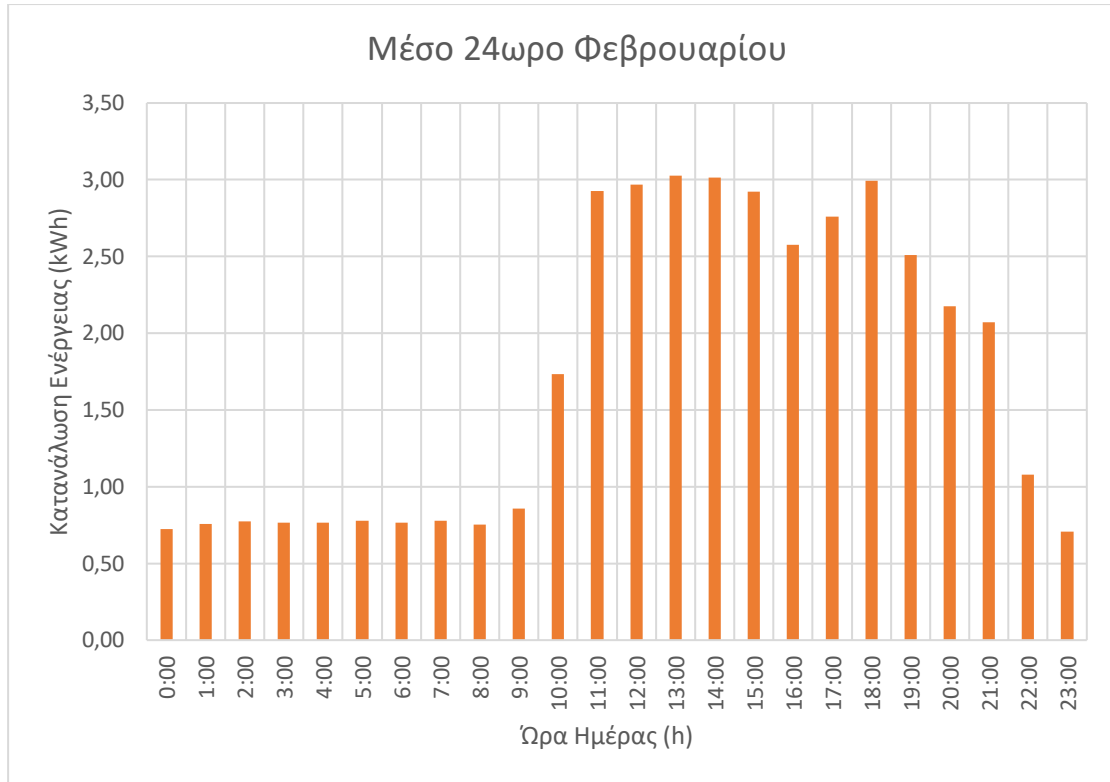
Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν διαγράμματα των μέσων 24ώρων για κάθε μήνα και εποχή ξεχωριστά με σκοπό να δοθεί μια εικόνα των ωρών λειτουργίας του εργαστηρίου, της κατανάλωσης σε κατάσταση αναμονής και των ωρών αιχμής και μέγιστης ζήτησης. Όπως θα παρατηρηθεί οι ώρες λειτουργίας του εργαστηρίου είναι Δευτέρα με Παρασκευή 9:00 με 21:00 για τα προπτυχιακά μαθήματα και Σάββατο 8:00 με 15:00 μεταπτυχιακά μαθήματα.



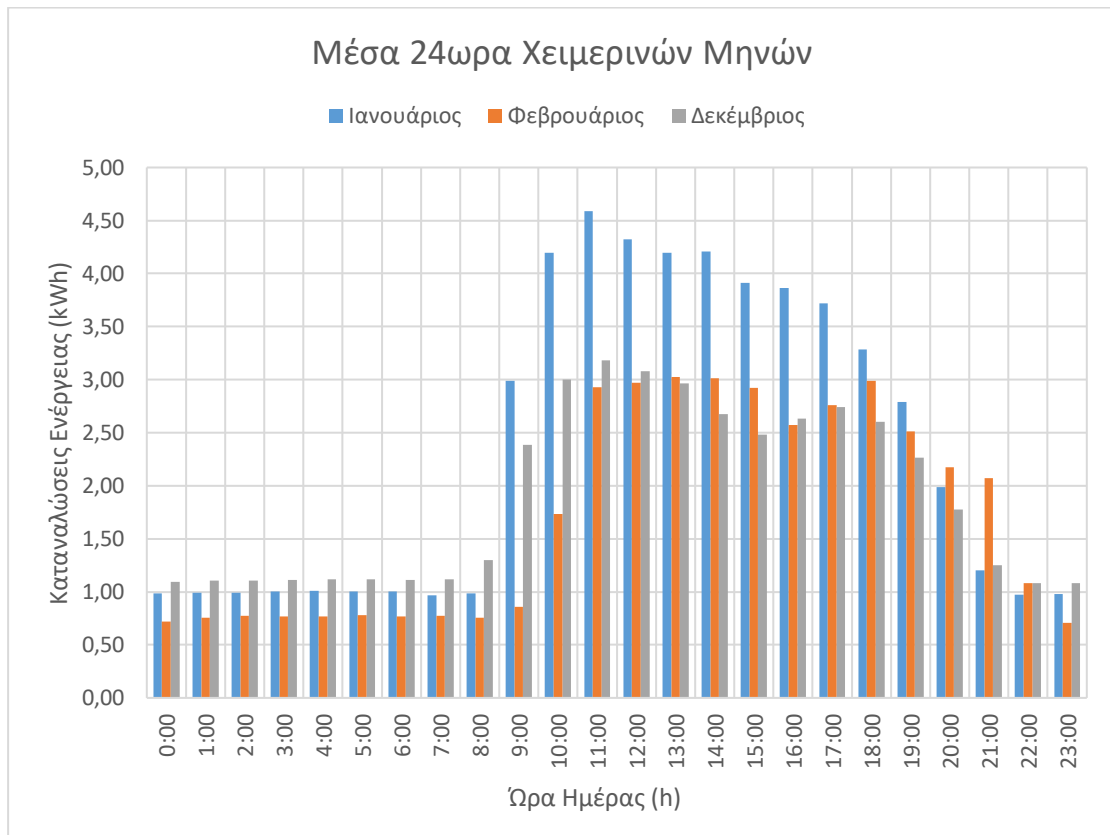
Διάγραμμα 28: Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Δεκεμβρίου.



Διάγραμμα 29 Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Ιανουαρίου.



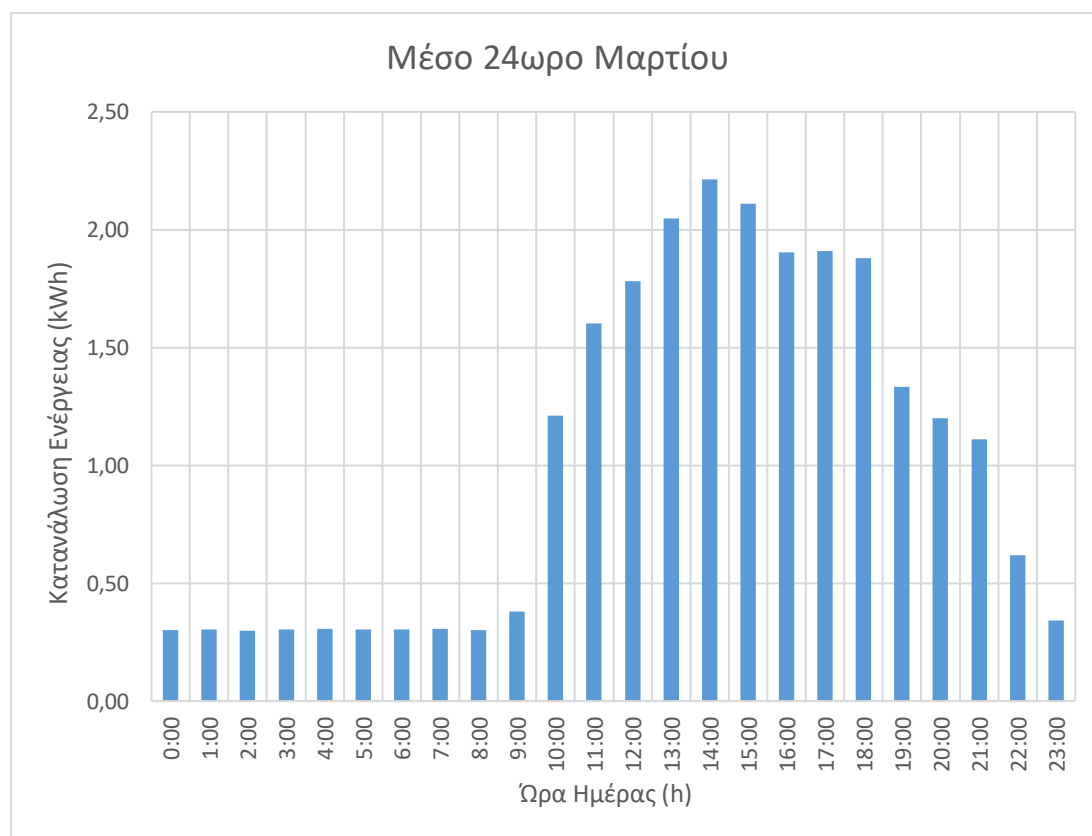
Διάγραμμα 30: Μέση κατανάλωση (kWh) 24ώρου Φεβρουαρίου.



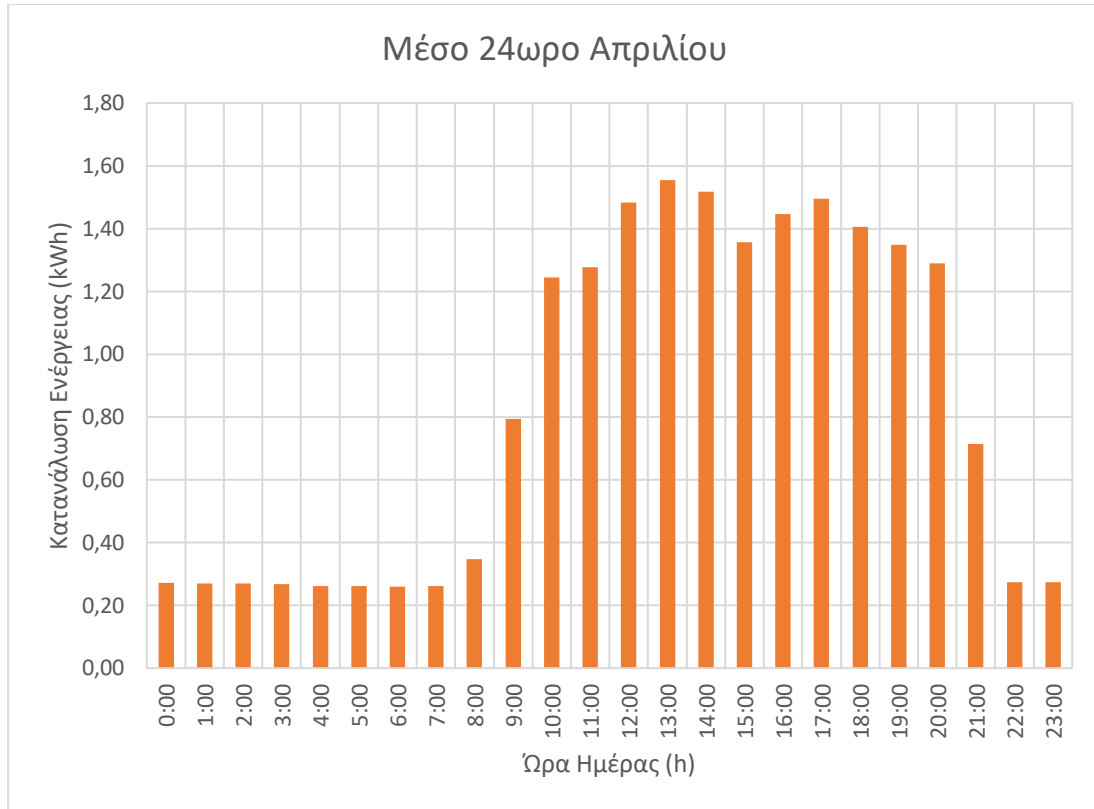
Διάγραμμα 31: Συγκεντρικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των χειμερινών μηνών.

Όπως παρατηρείται από τα 4 διαγράμματα των Χειμερινών μηνών, ο Ιανουάριος έχει την υψηλότερη κατανάλωση σε τιμές μέσου 24ώρου σε σχέση με τους υπόλοιπους δύο μήνες. Στις ώρες αιχμής λειτουργίας του εργαστηρίου, μεταξύ 10:00 και 14:00, η μέγιστη ζήτηση ενέργειας είναι περίπου 4,50kwh, έναντι των 3,00kWh στο δεκέμβριο και Φεβρουάριο. Μεταξύ 21:00 το βράδυ με 09:00 το πρωί οι μέσες καταναλώσεις του Ιανουαρίου και του Δεκεμβρίου είναι περίπου 1,00kwh για κάθε ώρα με μια διαφορά σε σχέση με το Φεβρουάριο 0,30kWh. Τέλος παρατηρείται ότι ο μήνας Φεβρουάριος έχει τις χαμηλότερες καταναλώσεις μεταξύ 09:00-12:00 ενώ στη συνέχεια αυξάνονται σε σχέση με το δεκέμβριο.

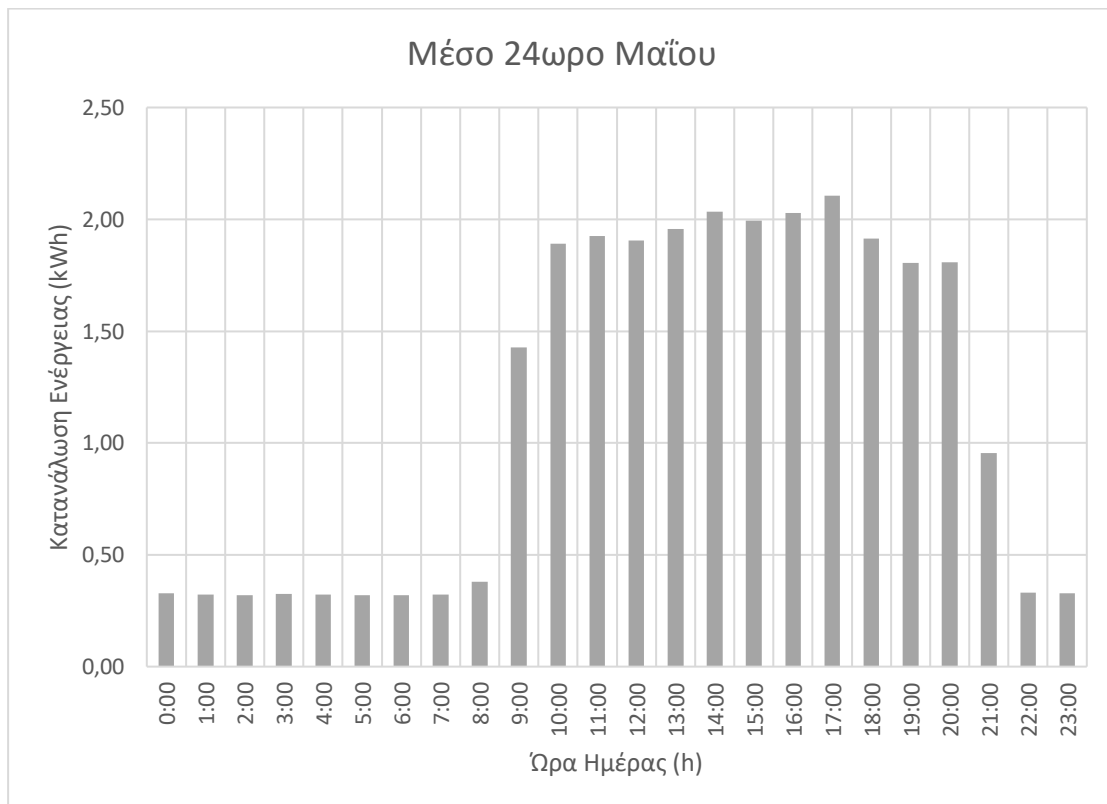
7.4.2 Άνοιξη



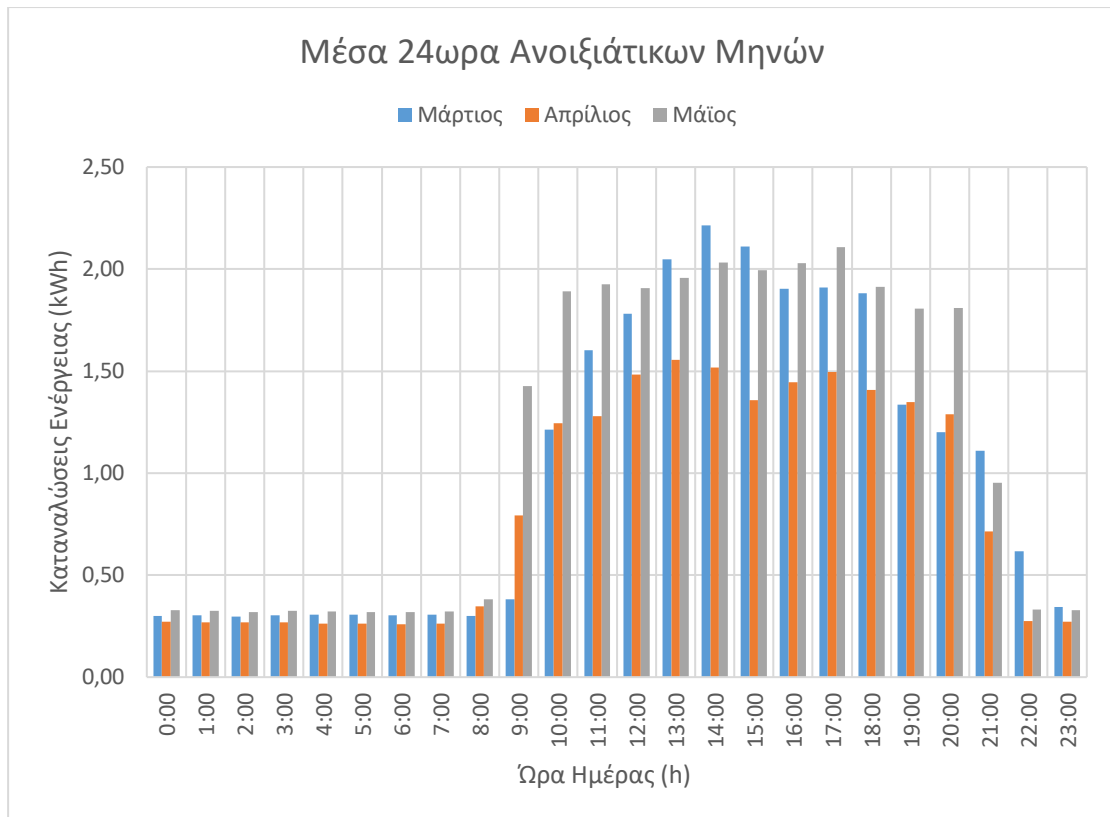
Διάγραμμα 32: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Μαρτίου.



Διάγραμμα 33: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Απριλίου.



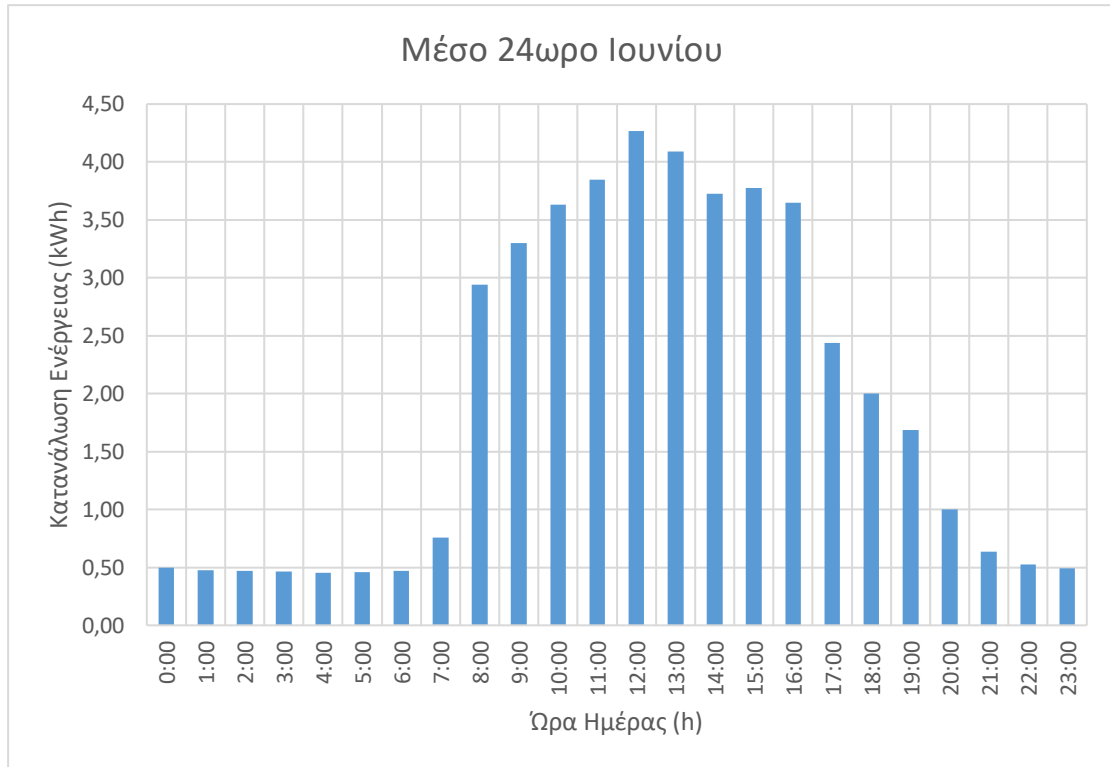
Διάγραμμα 34: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Μαΐου.



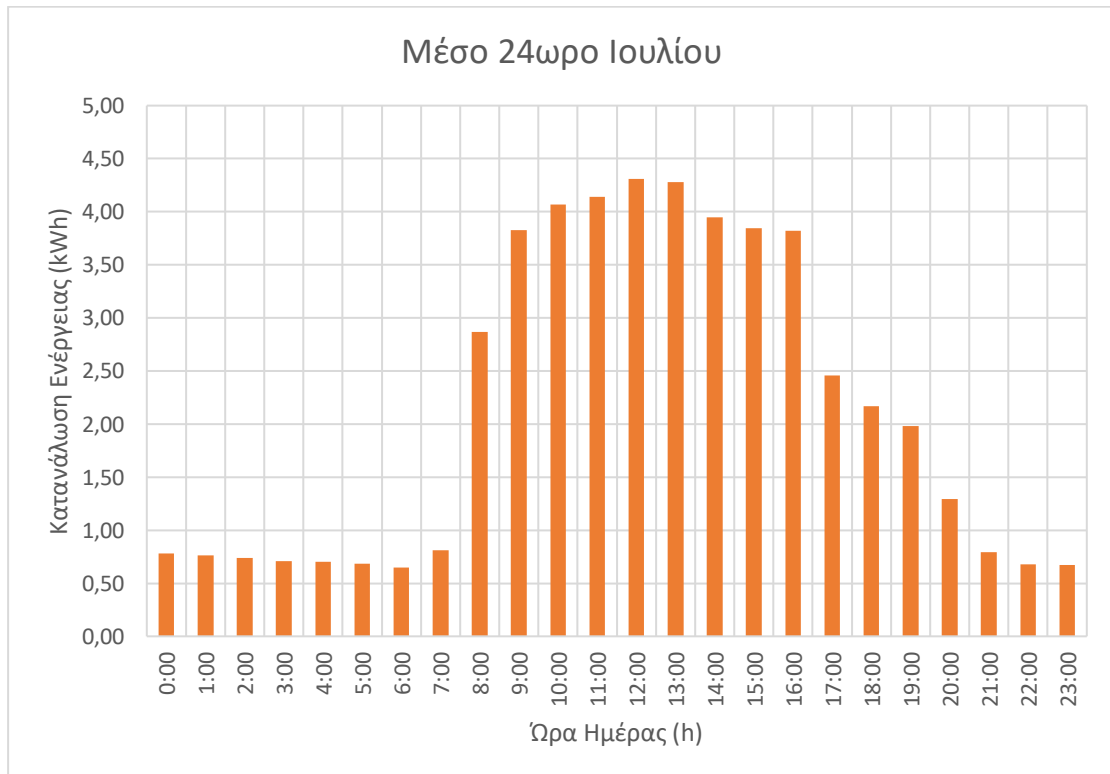
Διάγραμμα 35: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των ανοιξιάτικων μηνών.

Στους μήνες της Άνοιξης υπάρχουν χαμηλότερες καταναλώσεις σε σχέση με τους Χειμερινούς μήνες κατά το μισό. Στις ώρες αιχμής 10:00-14:00 η μέγιστη ζήτηση είναι 2,00kWh ανά ώρα, ενώ στις ώρες που ο χώρος δεν λειτουργεί η ζήτηση είναι 0,3kWh για όλους του μήνες της Άνοιξης. Ο Απρίλιος είναι ο μήνας με τις λιγότερες μέσες καταναλώσεις 24ώρου λόγω της εορτής του Πάσχα όπου, σε αντίθετη περίπτωση θα είχε τις ίδιες με το Μάρτιο και το Μάιο. Επίσης, στο Μάρτιο υπάρχει πτώση ζήτησης από τις 06:00 και μετά ενώ ο Μάιος καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του εργαστηρίου έχει σταθερότερη ζήτηση χωρίς ιδιαίτερες αυξομειώσεις.

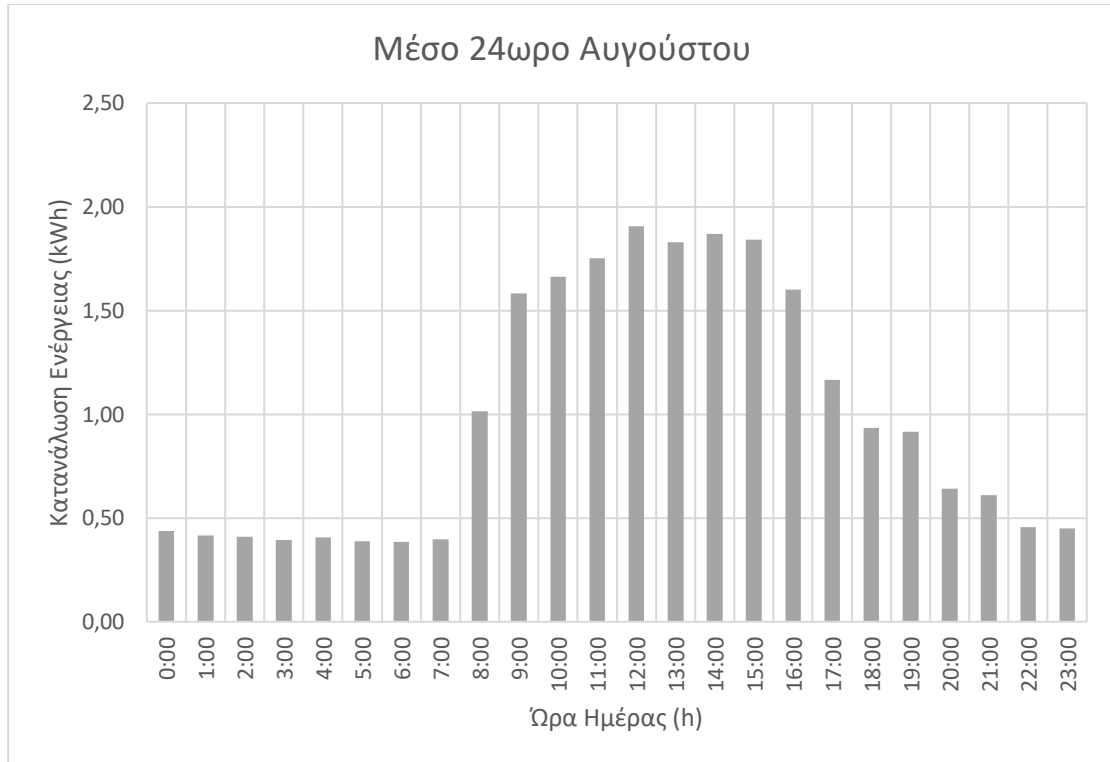
7.4.3 Καλοκαίρι



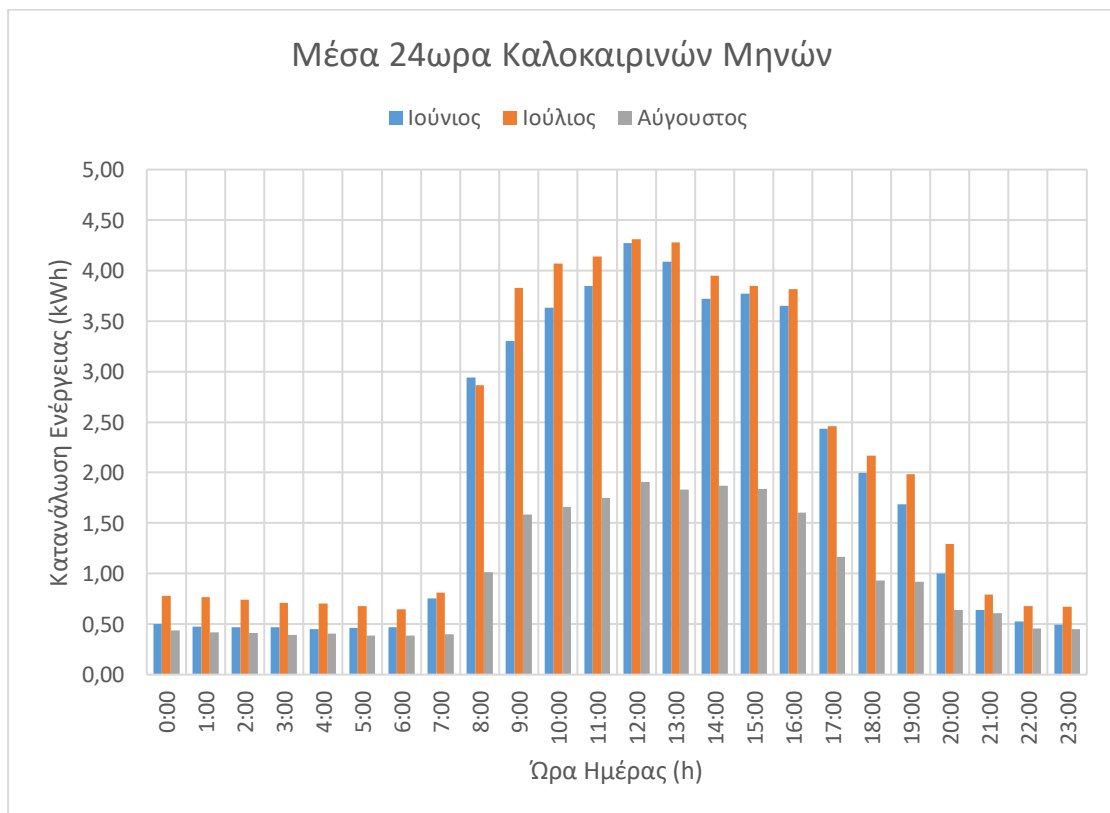
Διάγραμμα 36: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Ιουνίου.



Διάγραμμα 37: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Ιουλίου.



Διάγραμμα 38: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Αυγούστου.

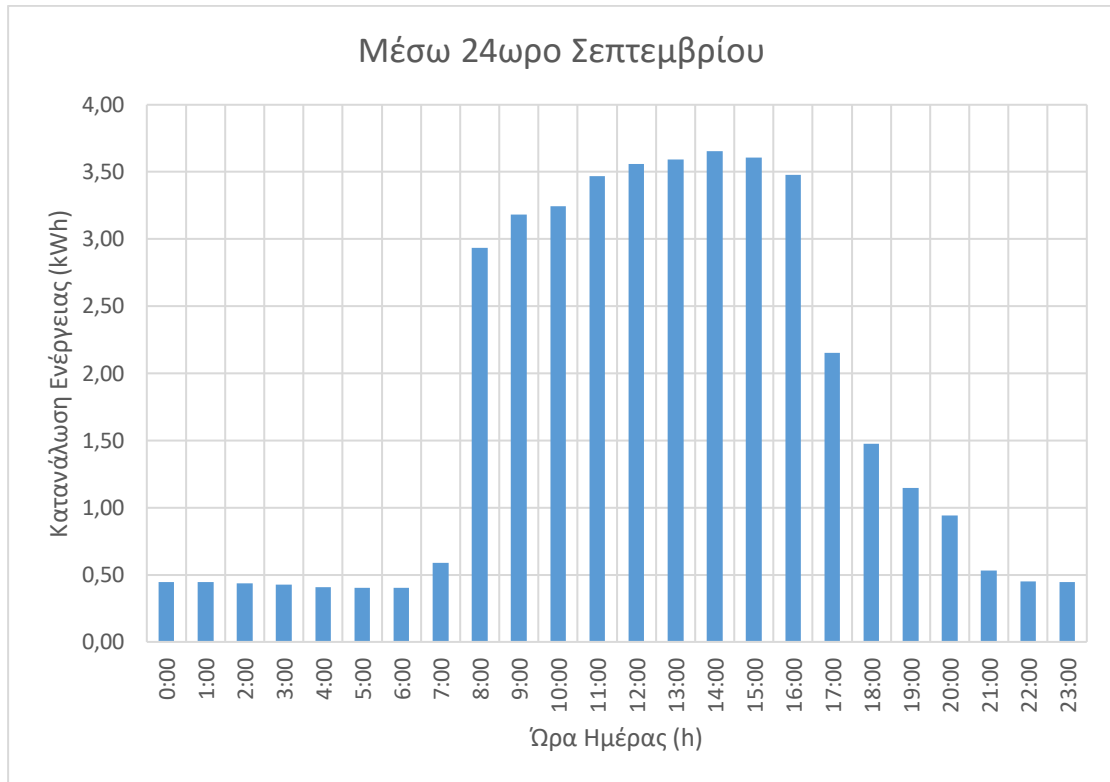


Διάγραμμα 39: Συγκεντρικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των θερινών μηνών.

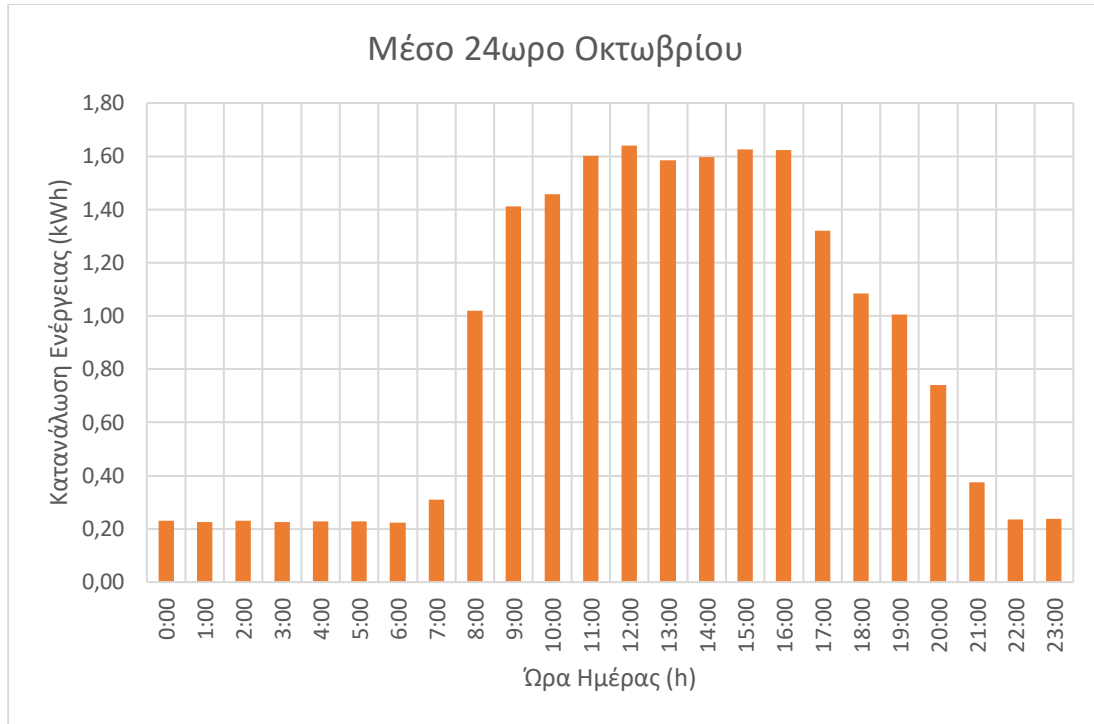
Στα διαγράμματα της θερινής εποχής μέσης ωριαίας κατανάλωσης, ο μήνας με τις υψηλότερες ενεργειακές δαπάνες είναι ο Ιούλιος με τις μέγιστες ζητήσεις να φτάνουν

μέχρι και τις 4,5kWh στις ώρες αιχμής. Ακολουθεί ο Ιούνιος με καταναλώσεις λίγο λιγότερες του Ιουλίου καθ' όλη τη διάρκεια της μέσης ημέρας, με μεγέθη της τάξεως των 4kWh. Ο Αύγουστος έχει τις λιγότερες καταναλώσεις που αγγίζουν τις 2kWh. Ο μήνας με τα υψηλότερα φορτία κατά τις ώρες που το εργαστήριο είναι κλειστό (21:00-09:00) και οφείλονται στις συσκευές σε κατάσταση αναμονής είναι ο Ιούλιος με τους υπόλοιπους δυο μήνες να μην έχουν διαφορά μεταξύ τους.

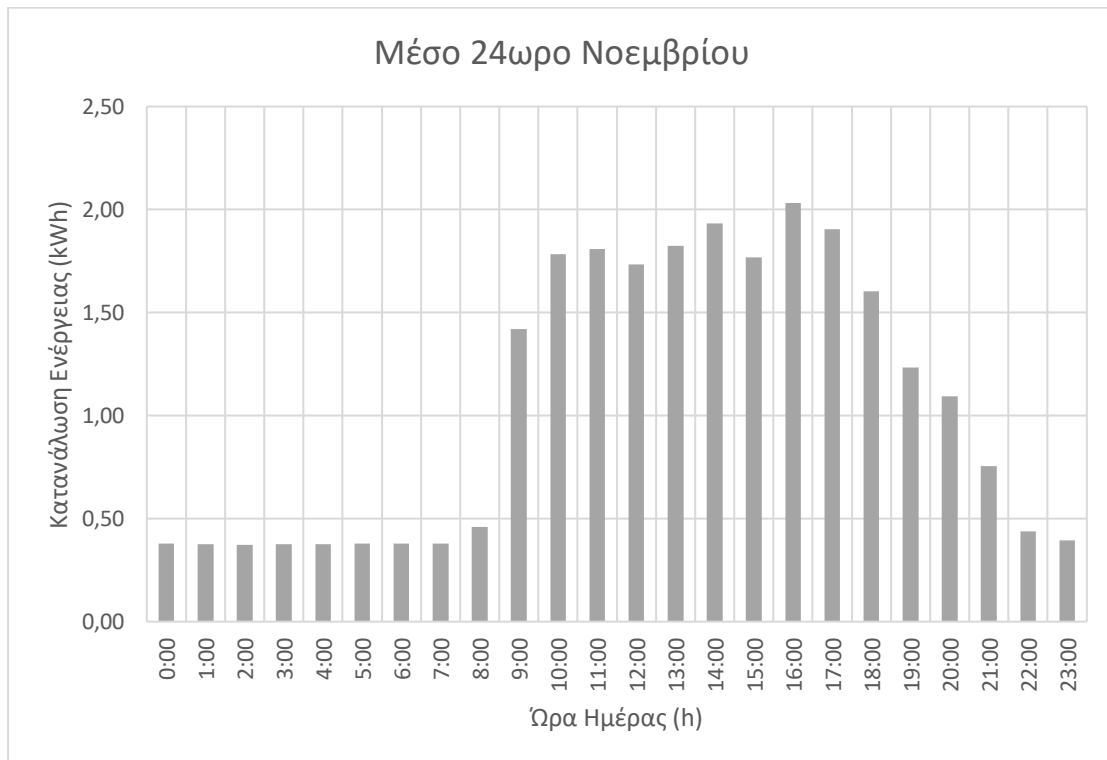
7.4.4 Φθινόπωρο



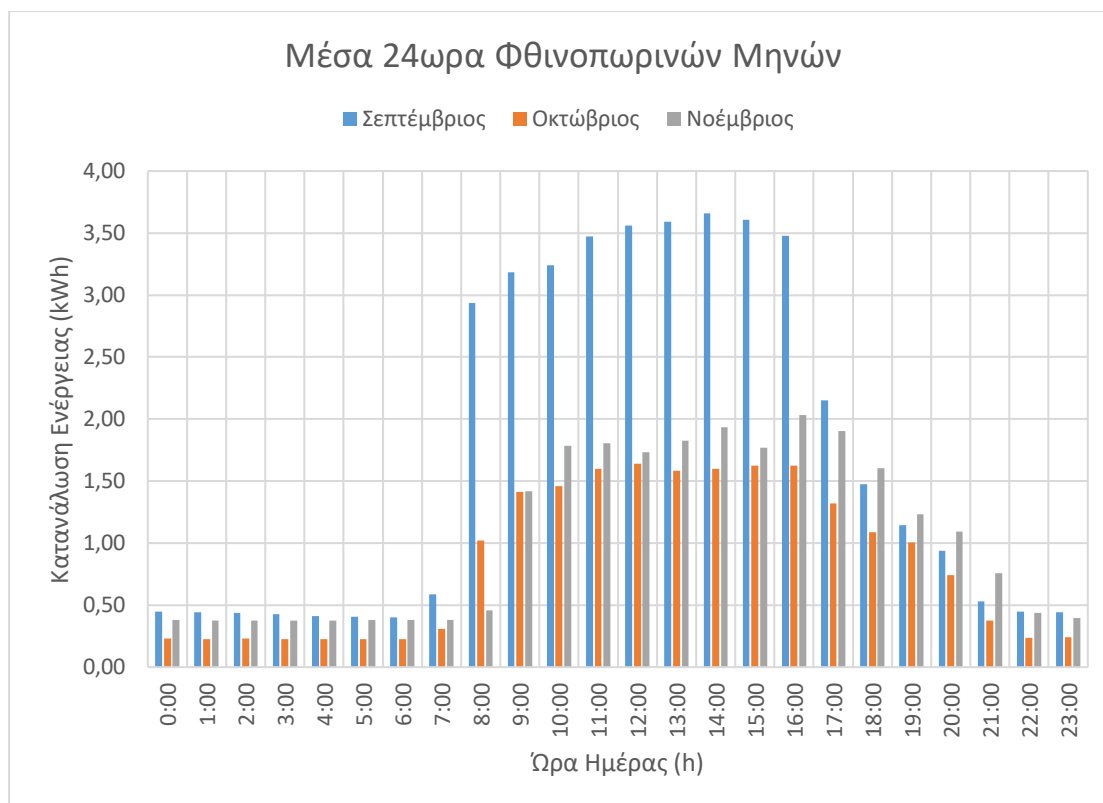
Διάγραμμα 40: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Σεπτεμβρίου.



Διάγραμμα 41: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Οκτωβρίου.



Διάγραμμα 42: Μέση ωριαία κατανάλωση (kWh) Νοεμβρίου.

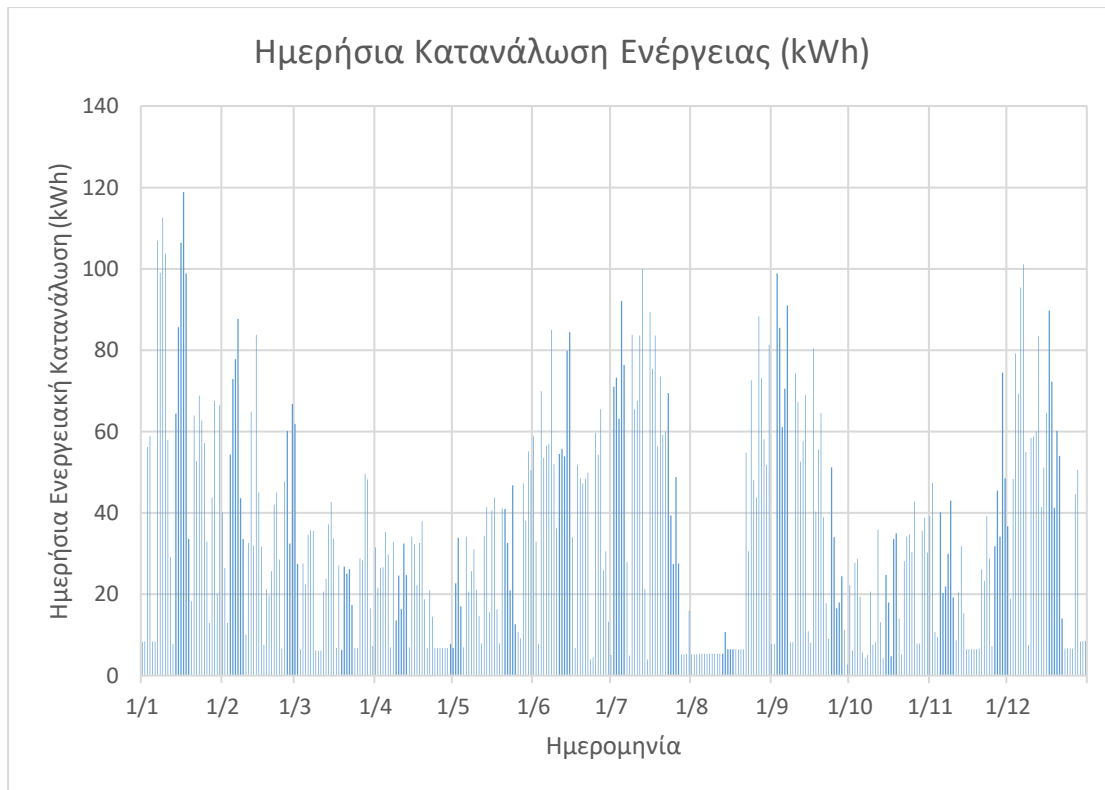


Διάγραμμα 43: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των φθινοπωρινών μηνών.

Κατά την εποχή του Φθινοπώρου ο μήνας Σεπτέμβριος μεταξύ των ωρών 08:00-17:00 έχει διπλάσιες καταναλώσεις σε σύγκριση με τους υπόλοιπους 2 μήνες. Οι μέγιστες τιμές φτάνουν τις 3,6kWh σε αντίθεση με το νοέμβριο και τον Οκτώβριο στους οποίους, οι μέγιστες φτάνουν τις 1,8kWh και 1,6 αντίστοιχα. Οι χαμηλότερες καταναλώσεις παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών με φορτία περίπου 0,5kW για το Σεπτέμβριο και το νοέμβριο και 0,25kW για τον Οκτώβριο.

7.5 Ημερήσια Διαγράμματα Πραγματικού Προφίλ

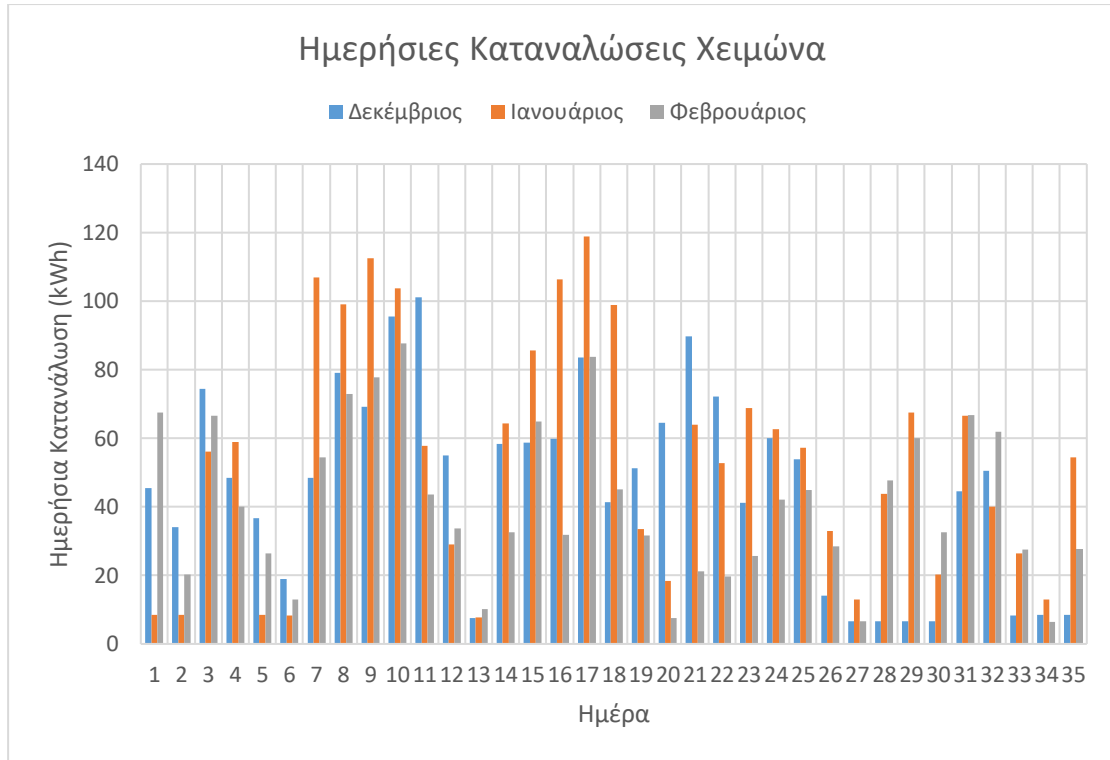
Στο παρόν σημείο της μελέτης παρουσιάζονται τα ημερήσια διαγράμματα όπως αυτά προέκυψαν από τα δεδομένα του μετρητή κατανάλωσης ενέργειας. Στα ημερήσια διαγράμματα μπορεί κανείς να αντιληφθεί το μέγεθος των ενεργειακών απαιτήσεων για κάθε ημέρα του έτους και πως αυτές αλλάζουν από εποχή σε εποχή. Σημειώνεται ότι η εικόνα του προφίλ κατανάλωσης δεν αλλάζει σε σχέση με τα διαγράμματα εκείνα που προέκυψαν από ωριαίες, ή ακόμα και λεπτού μετρήσεις. Ωστόσο, γνωρίζοντας τη συνολική ημερήσια κατανάλωση κάθε ημέρα του έτους είναι δυνατή η καλύτερη διαστασιολόγηση του μεγέθους των συσσωρευτών που θα απαρτίζουν τον υβριδικό σταθμό.



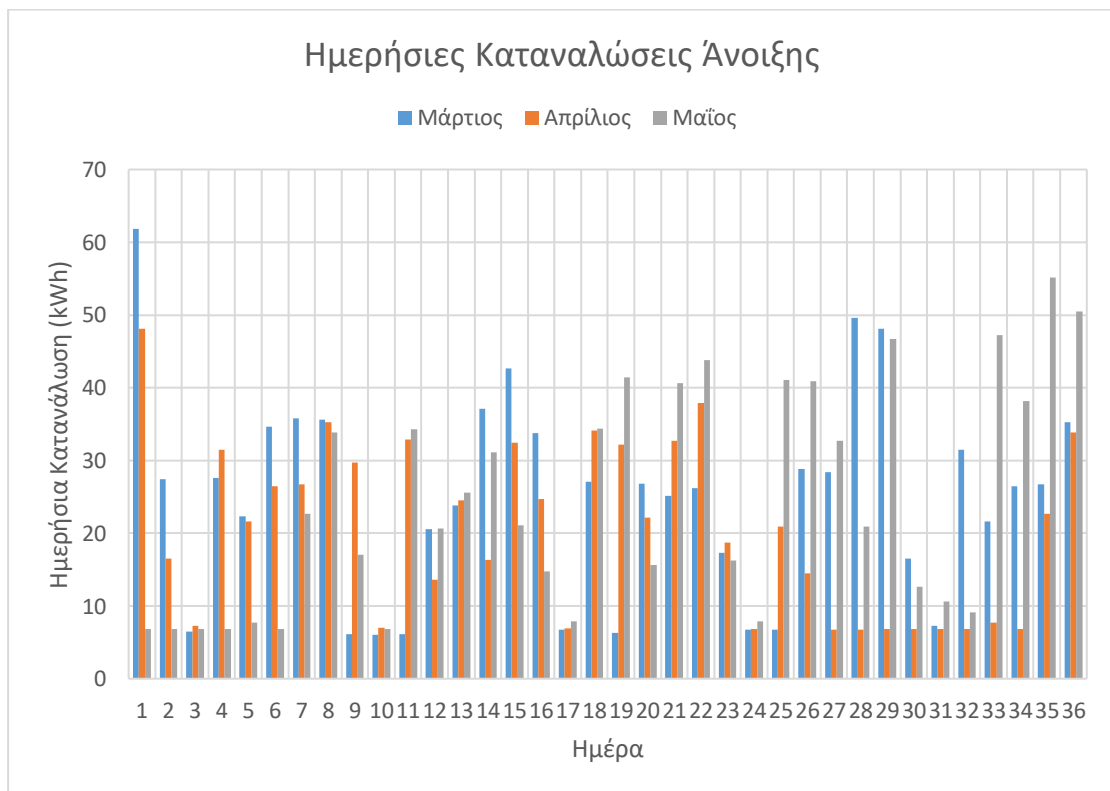
Διάγραμμα 44: Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) πραγματικού προφίλ.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα που απεικονίζει την ετήσια ημερήσια κατανάλωση του έτους, οι ημέρες με την υψηλότερη καταναλισκόμενη ενέργεια βρίσκονται στο μήνα του Ιανουαρίου και φτάνουν τις 120kWh. Ακολουθούν οι μήνες Δεκέμβριος, Ιούλιος και Σεπτέμβριος με μέγιστες ημερήσιες καταναλώσεις 100kWh και στη συνέχεια οι μήνες του Φεβρουαρίου και του Ιουνίου με δαπάνες άνω των 80kWh. Στους υπόλοιπους μήνες η ημερήσια κατανάλωση σπάνια ξεπερνά τις 40kWh.

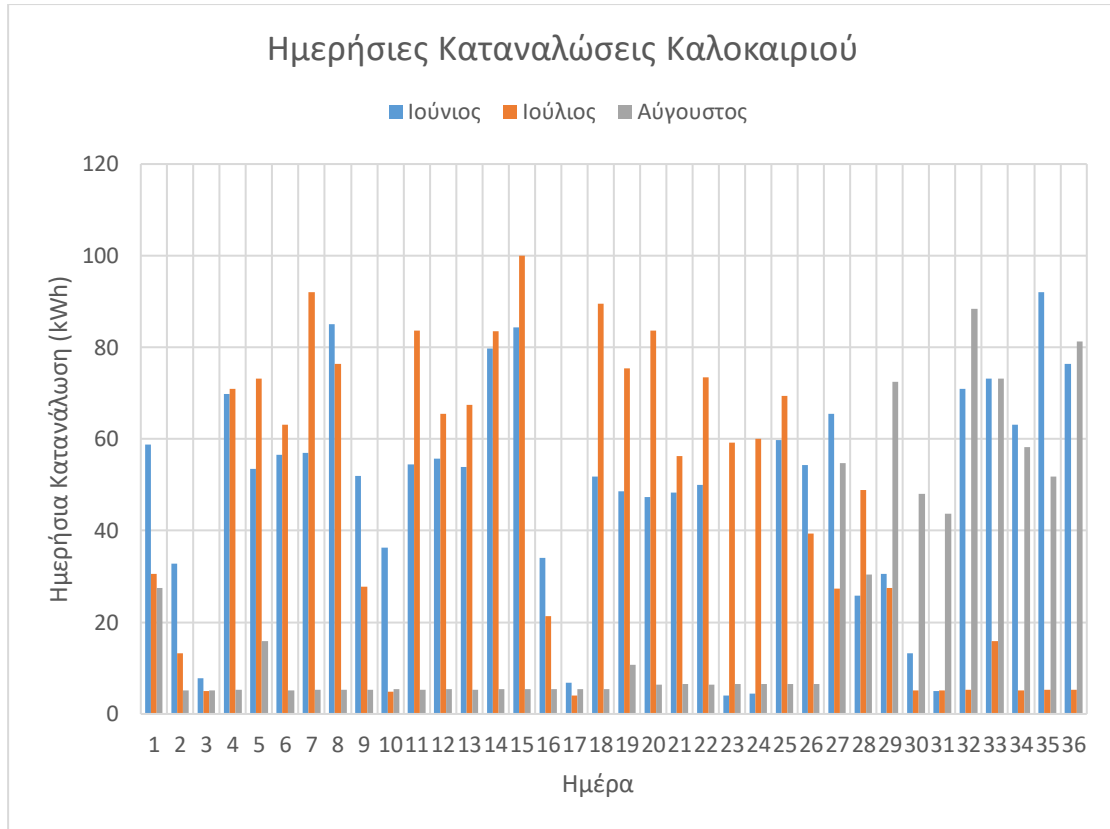
Για την καλύτερη ανάγνωση και ανάλυση των ημερήσιων καταναλώσεων, δημιουργήθηκαν περεταιίρω διαγράμματα ανά εποχή ούτως ώστε να γίνει σύγκριση από ημέρα σε ημέρα. Έτσι για παράδειγμα μπορεί κανείς να γνωρίζει την ενεργειακή συμπεριφορά του εργαστηρίου την 7^η ημέρα για κάθε μήνα του Χειμώνα. Όμως ο κάθε μήνας δεν ξεκινάει από την ίδια ημέρα με αποτέλεσμα αναδιπλώνοντας τα δεδομένα του κάθε μήνα, η 7^η ημέρα, που δόθηκε ως παράδειγμα προηγούμενος να είναι Δευτέρα για τον Ιανουάριο και Κυριακή για το δεκέμβριο. Οι Κυριακές και τα Σάββατα είναι ως επί των πλείστων ημέρες με πάρα πολύ μικρές καταναλώσεις σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ημέρες τις εβδομάδας και έτσι δεν υπάρχει νόημα στη σύγκριση δυο ημερών με τελείως διαφορετική ενεργειακή συμπεριφορά. Αναφέρεται όμως, ότι εφόσον ο συγκεκριμένος χώρος μελέτης παρουσιάζει συγκεκριμένο ωράριο λειτουργίας το οποίο δεν αλλάζει και οι ίδιες ημέρες μοιάζουν αναμεταξύ τους, έγινε η παραδοχή να προστεθούν μερικές ημέρες από τον προηγούμενο μήνα και μερικές ημέρες από τον επόμενο μήνα, στον κάθε μήνα. Σαν αποτέλεσμα προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα με παραπάνω ημέρες στον κάθε μήνα (λίγες από τον προηγούμενο και τον επόμενο πχ. Χειμερινό) αλλά με τη διαφορά ότι η 7^η μέρα του παραδείγματος θα είναι η ίδια, στην προκειμένη Δευτέρα. Η παραπάνω παραδοχή έγινε για όλες της εποχές του χρόνου και έτσι όλες όποια ημέρα επιλέξει κανείς θα είναι η ίδια.



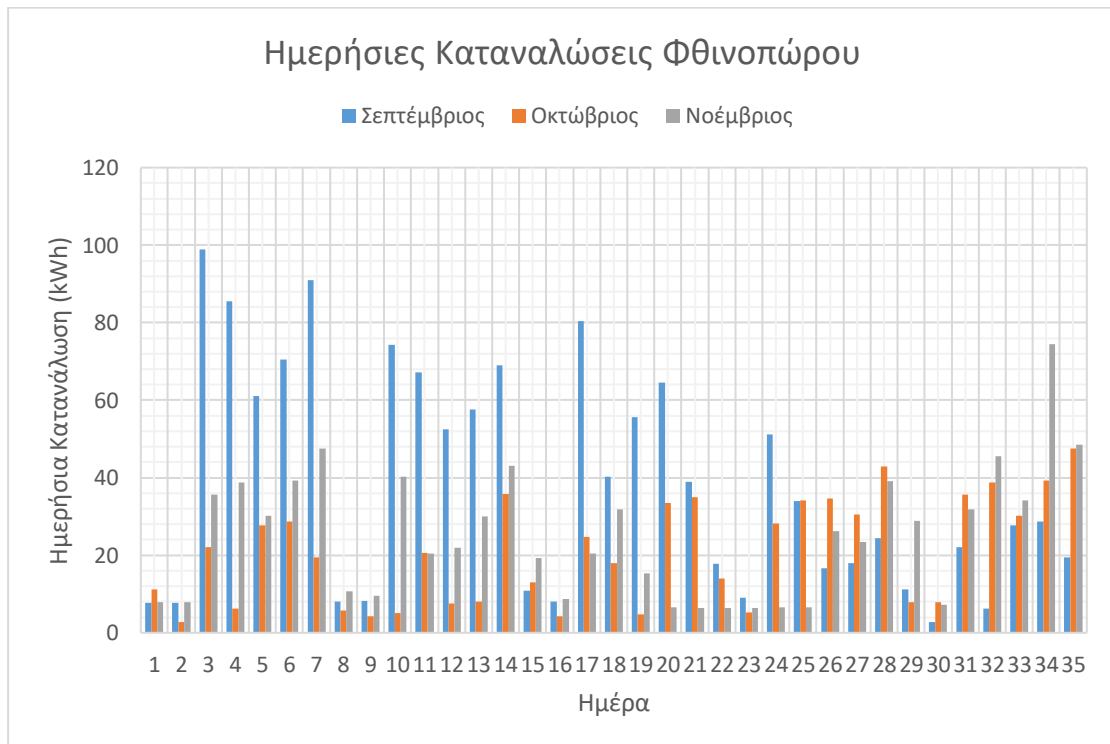
Διάγραμμα 45: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Χειμερινών μηνών.



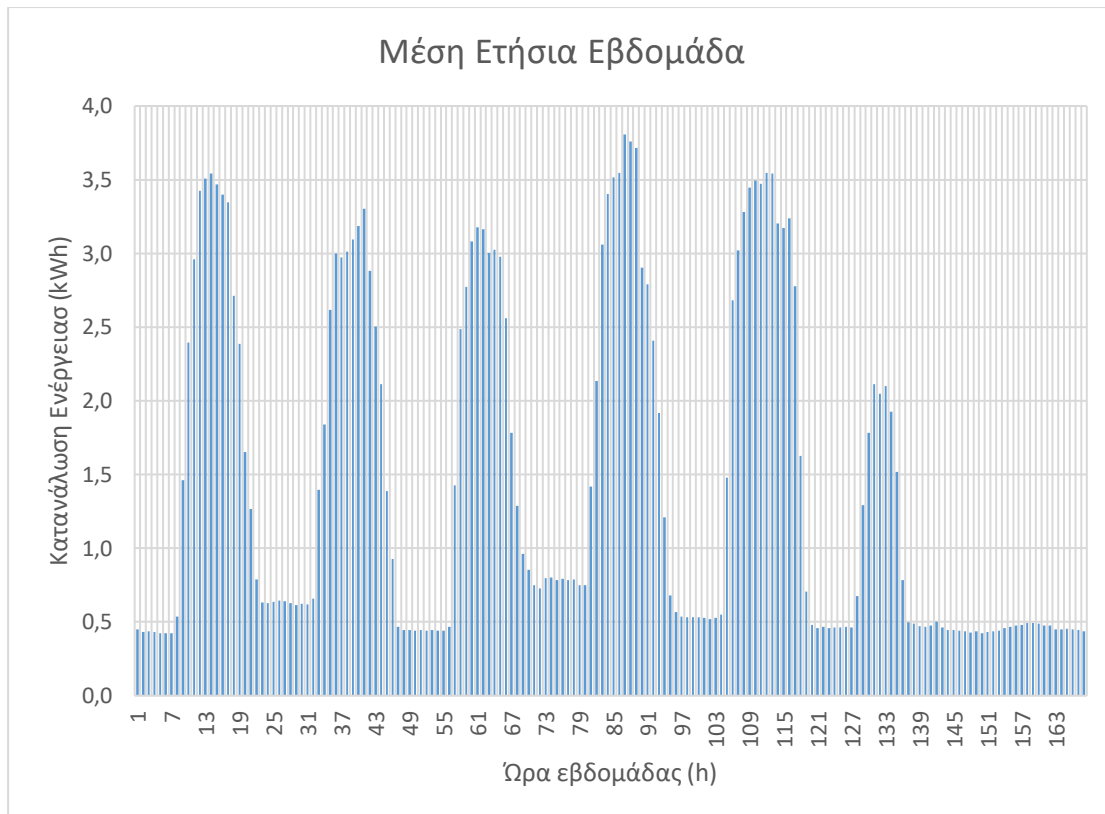
Διάγραμμα 46: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Άνοιξιάτικων μηνών.



Διάγραμμα 47: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Καλοκαιρινών μηνών.

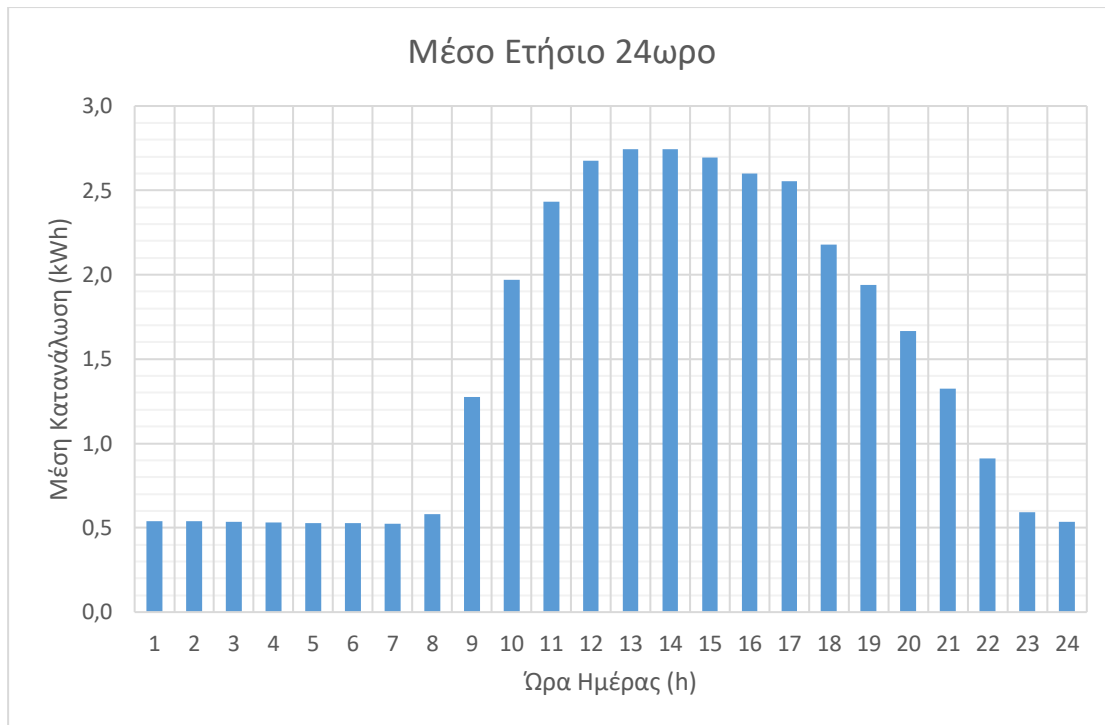


Διάγραμμα 48: Ημερήσιες καταναλώσεις (kWh) Φθινοπωρινών μηνών.



Διάγραμμα 49: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh) εβδομάδας.

Το παραπάνω σχήμα αποτελεί την τυπική εβδομάδα του έτους. Για τη δημιουργία του προστέθηκαν όλες οι τιμές για κάθε ίδια ώρα του έτους και για την κάθε μέρα ξεχωριστά και στη συνέχεια, διαιρέθηκαν δια το σύνολο των εβδομάδων του χρόνου (52 ή 53). Με το παραπάνω διάγραμμα δίνεται μια γενικότερη εικόνα των καταναλωτικών αναγκών του τμήματος. Ξεκινώντας από την πρώτη κορυφή και προς τα δεξιά (Δευτέρα-Κυριακή) παρατηρείται ότι οι μέγιστες ετήσιες μέσες καταναλώσεις της πρώτης ημέρας της εβδομάδας έχουν ένα εύρος από 3-3,5kWh για περίπου 5 ώρες (12:00-17:00). Η δεύτερη ημέρα της εβδομάδας έχει εύρος μέγιστων καταναλώσεων από 2-3,3kWh από τις 10:00-20:00. Η τρίτη ημέρα παρουσιάζει το ίδιο μοτίβο με τη δεύτερη. Η τέταρτη ημέρα (Πέμπτη) έχει τις υψηλότερες σε διάρκεια καταναλώσεις σε όλο το έτος με διακύμανση τιμών από 1,5kWh έως 4,3kWh. Η πέμπτη ημέρα (Παρασκευή) έρχεται δεύτερη με μέγιστες καταναλώσεις περί τις 3,5kWh αλλά για μεγαλύτερο διάστημα μέσα στην ημέρα (10:00-21:00). Τέλος στο Σάββατο οι καταναλώσεις κυμαίνονται μεταξύ 0,5-2kWh ενώ την Κυριακή το εργαστήριο είναι κλειστό. Όσον αφορά τις ώρες εκτός λειτουργίας του τμήματος οι ελάχιστες καταναλώσεις φτάνουν μέχρι και τις 0,6kWh.



Διάγραμμα 50: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh).

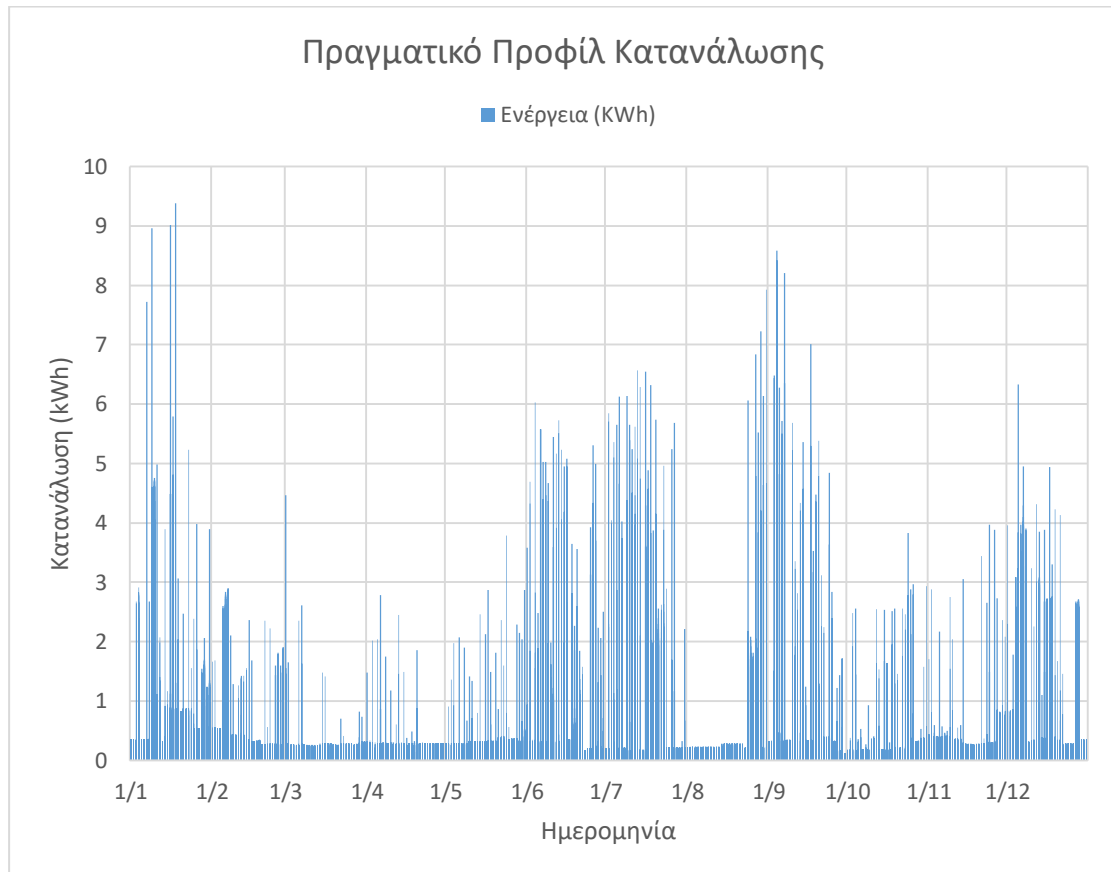
Με την ίδια λογική όπως στην προηγούμενη παράγραφο δημιουργήθηκε το αντίστοιχο γράφημα με τη διαφορά ότι απαλείφθηκε ο παράγοντας της ημέρας. Έτσι προσθέτοντας όλες της ώρες του έτους ξεχωριστά και διαιρώντας δια το σύνολο των ημερών του έτους (365) έγινε η εξαγωγή του μέσου ετήσιου 24ώρου που περιλαμβάνει όλα τα φορτία. Κατά μέσο όρο οι ελάχιστες καταναλώσεις για όλο το έτος είναι 0,5kWh από 22:00-08:00 ενώ οι μέγιστες είναι μεταξύ 2-2,7kWh κατά τις ώρες που το εργαστήριο βρίσκεται σε λειτουργία.

7.6 Αναφορά στα Φορτία Νυκτός

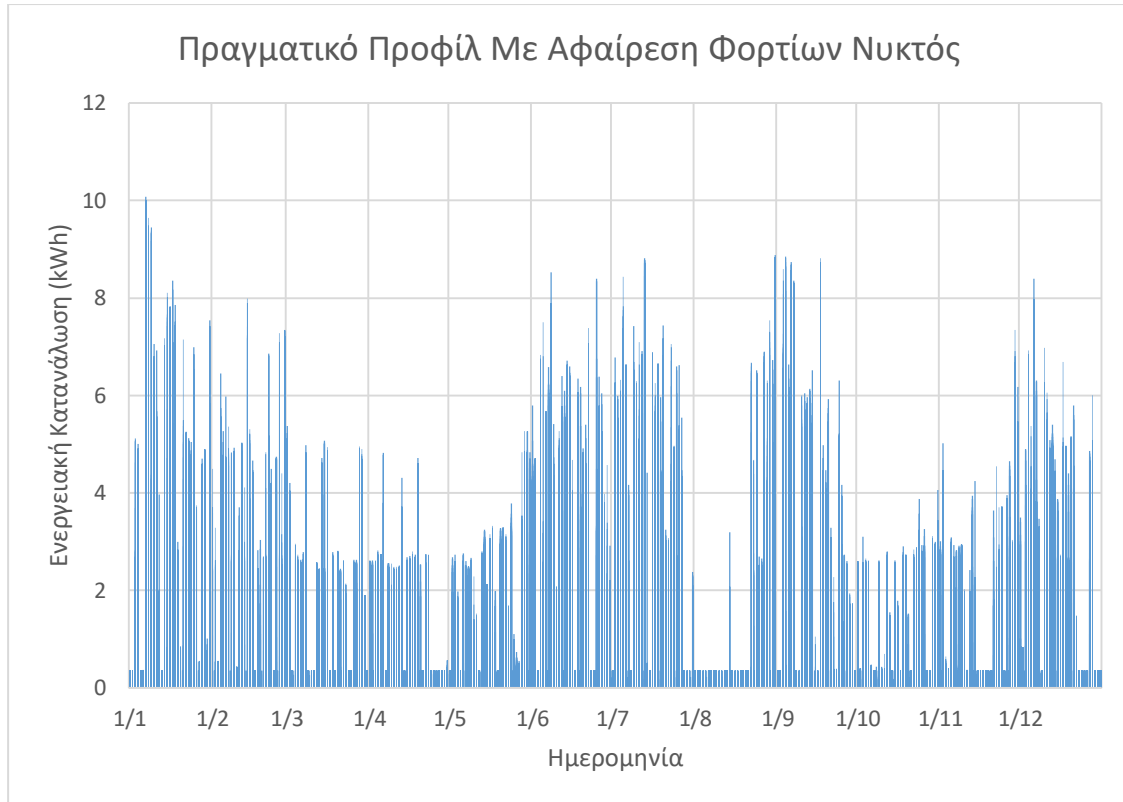
Κατόπιν της ανωτέρω επεξεργασίας των δεδομένων κατανάλωσης του εργαστηρίου παρατηρήθηκε υψηλή ζήτηση ενέργειας κατά τις νυκτερινές ώρες (22:00-08:00), όπου πρακτικά το εργαστήριο παραμένει εκτός λειτουργίας. Ύστερα από έρευνα διαπιστώθηκε ότι η καταναλώσεις αυτές οφείλονται κυρίως στις εν λειτουργία κλιματιστικές συσκευές οι οποίες μετά το πέρας της λειτουργίας του εργαστηρίου παρέμεναν ανοικτές άσκοπα. Οι προαναφερθέντες καταναλώσεις παρατηρήθηκαν κυρίως τους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες όπου υπάρχει αυξημένη ανάγκη για θέρμανση και ψύξη των εσωτερικών χώρων. Για το λόγο αυτό εξετάστηκε το ενδεχόμενο αφαίρεσης των φορτίων μεγαλύτερα της μίας κιλοβατώρας και δημιουργία εκ νέου προφίλ κατανάλωσης χωρίς αυτά. Φορτία μικρότερα της μίας κιλοβατώρας δεν αφαιρέθηκαν καθώς είναι πιθανόν να οφείλονται σε κάποιο υπολογιστικό σύστημα η σε κάποια πειραματική διάταξη που εκτελεί κάποια διεργασία. Η δημιουργία του καινούριου προφίλ κατανάλωσης έγινε με γνώμονα την πολιτική της ορθολογικότερης

χρήσης της ενέργειας και με βάση το γεγονός ότι στο κτήριο δεν υπάρχει κάποια διάταξη εποπτικού και απομακρυσμένου ελέγχου (BMS).

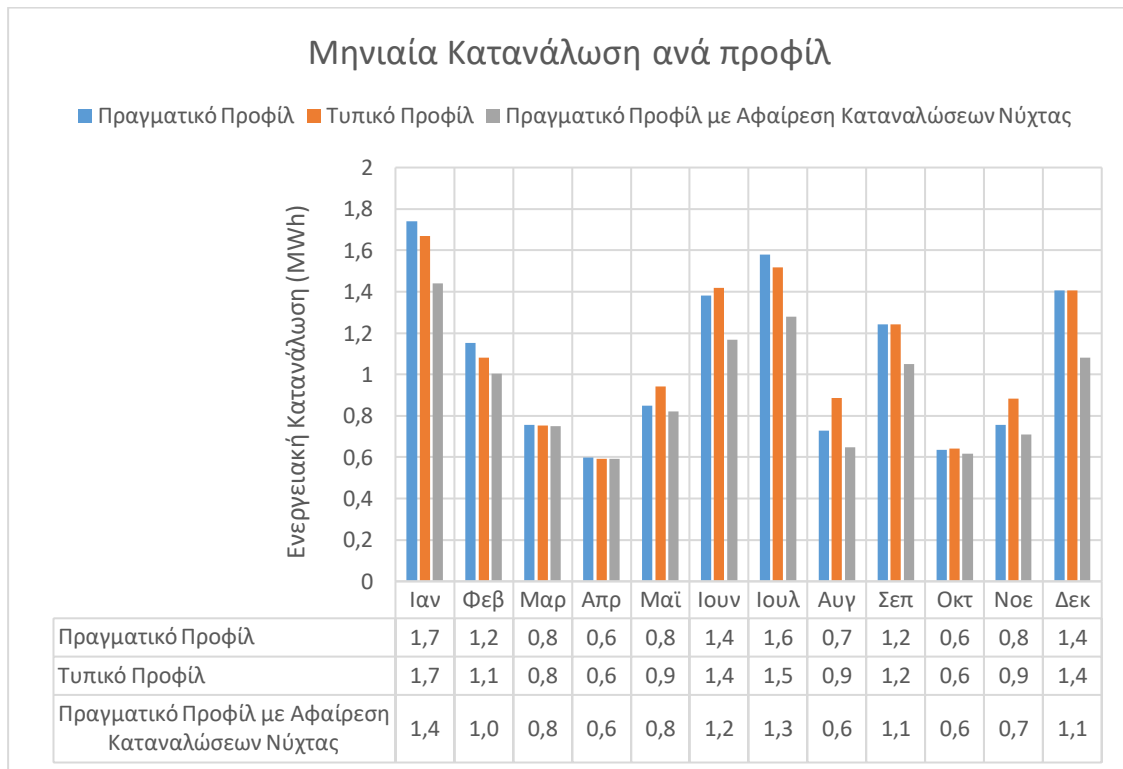
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των τριών προφίλ κατανάλωσης και ακολουθεί η μεταξύ τους σύγκριση ώστε να φανεί το μέγεθος της εξοικονόμησης της ενέργειας.



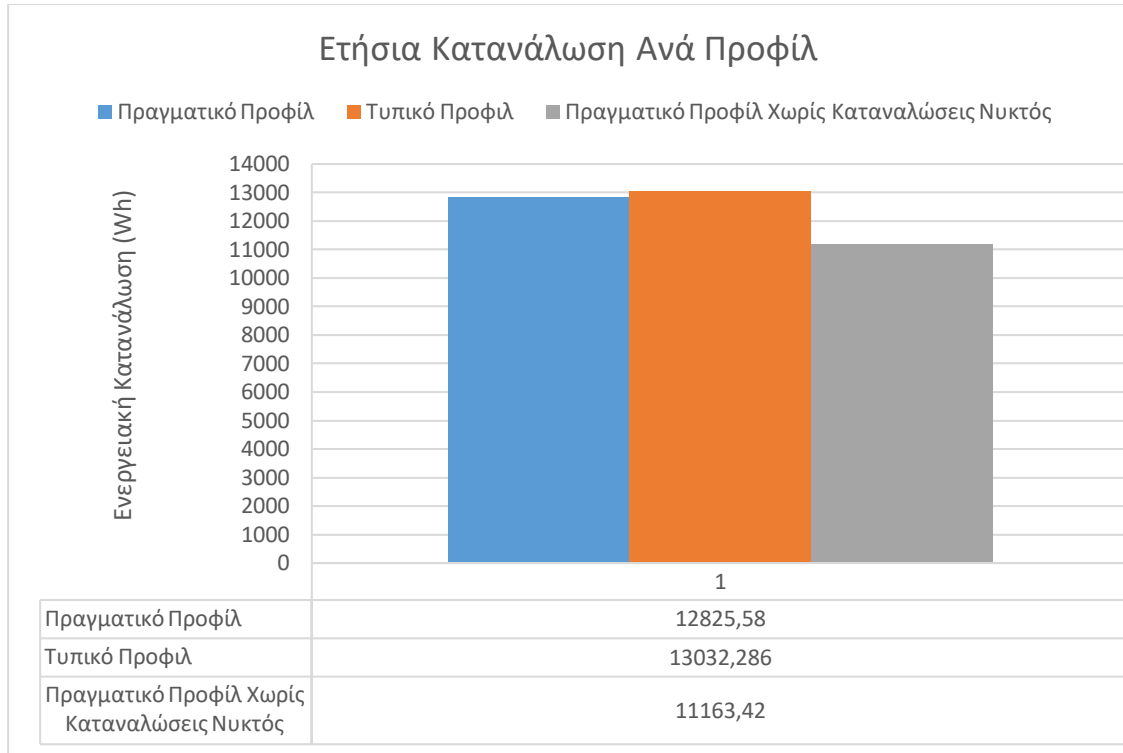
Διάγραμμα 51: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς αφαίρεση φορτίων νυκτός.



Διάγραμμα 52: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης (kWh) με αφαίρεση καταναλωτικών φορτίων νυκτός.



Διάγραμμα 53: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης (MWh) ανά προφίλ.



Διάγραμμα 54: Σύγκριση ετήσιας κατανάλωσης (Wh) ανά προφίλ.

Όπως παρατηρείται από το ανωτέρω γράφημα το μέγεθος της καταναλισκόμενης ενέργειας από τα φορτία νυκτός ανέρχεται περίπου στις 2000kWh ετησίως σε σχέση με τα άλλα δύο προφίλ, ποσό σημαντικά μεγάλο αν αναλογιστεί κανείς ότι αποτελεί ένα 20% του πραγματικού συνόλου. Το προηγούμενο ποσοστό μεταφράζεται σε κόστος επένδυσης για τον καταναλωτή και αυτό θα φανεί σε επόμενο κεφάλαιο της διαστασιολόγησης του υβριδικού σταθμού.

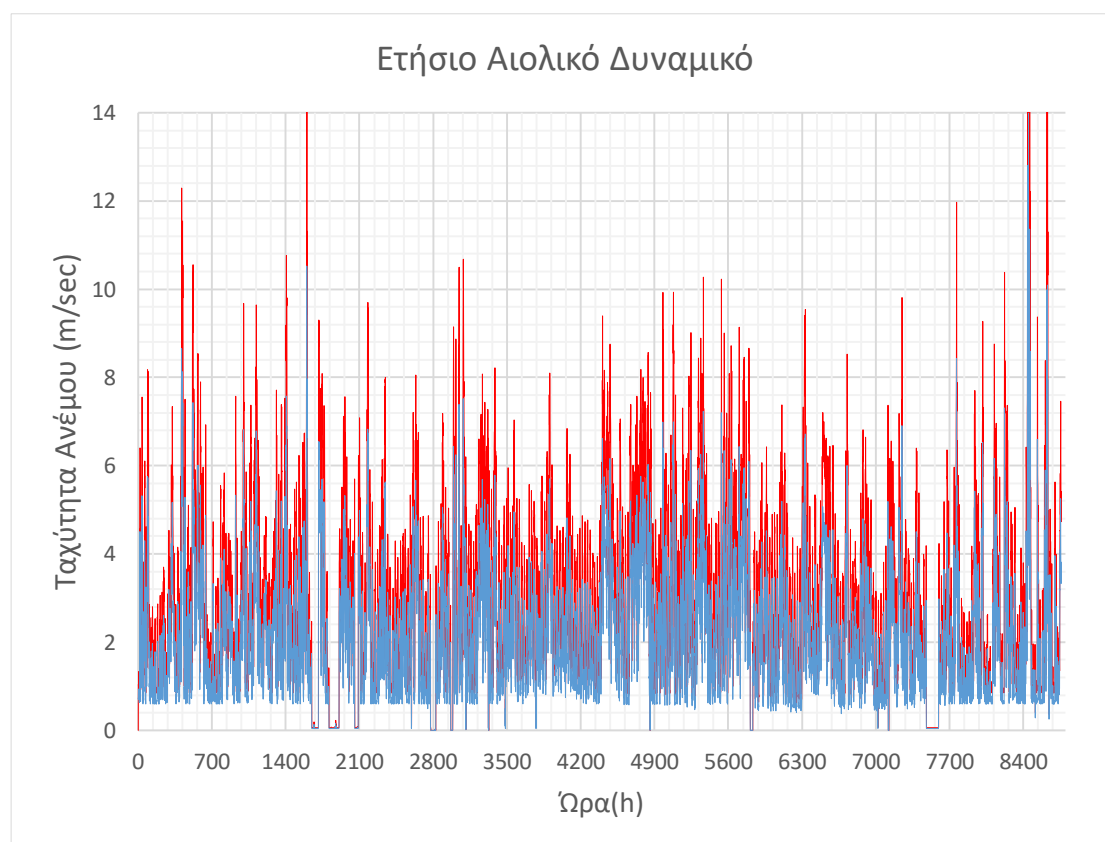
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

8.1 Εισαγωγή

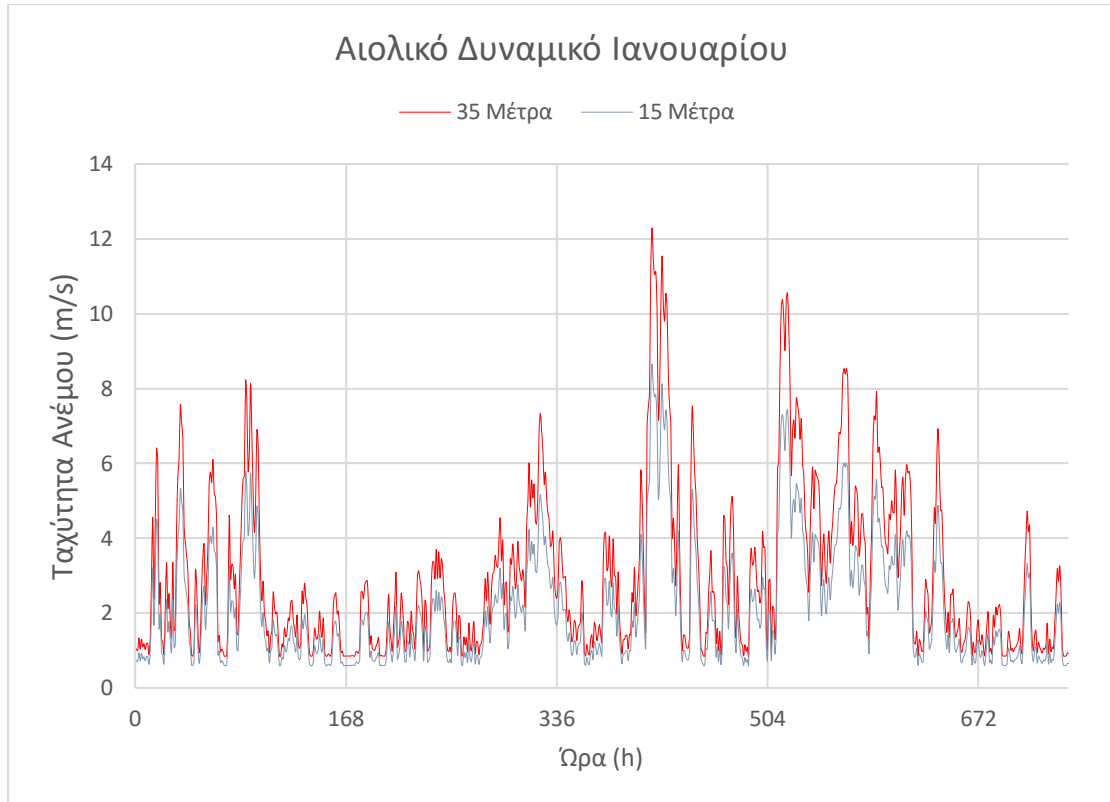
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται όλα τα κλιματολογικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα καταγραφικά που διαθέτει το εργαστήριο των Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα ετήσια και μηνιαία διαγράμματα της ταχύτητας του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο για ένα έτος, ώστε να γίνουν αντιληπτές οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Στη συνέχεια θα σχολιαστεί το κατά πόσο αυτές οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την εγκατάσταση και αναβάθμιση του υβριδική σταθμού για τη μερική ή πλήρη αυτονομία του εργαστηρίου.

8.2 Αιολικά Δεδομένα

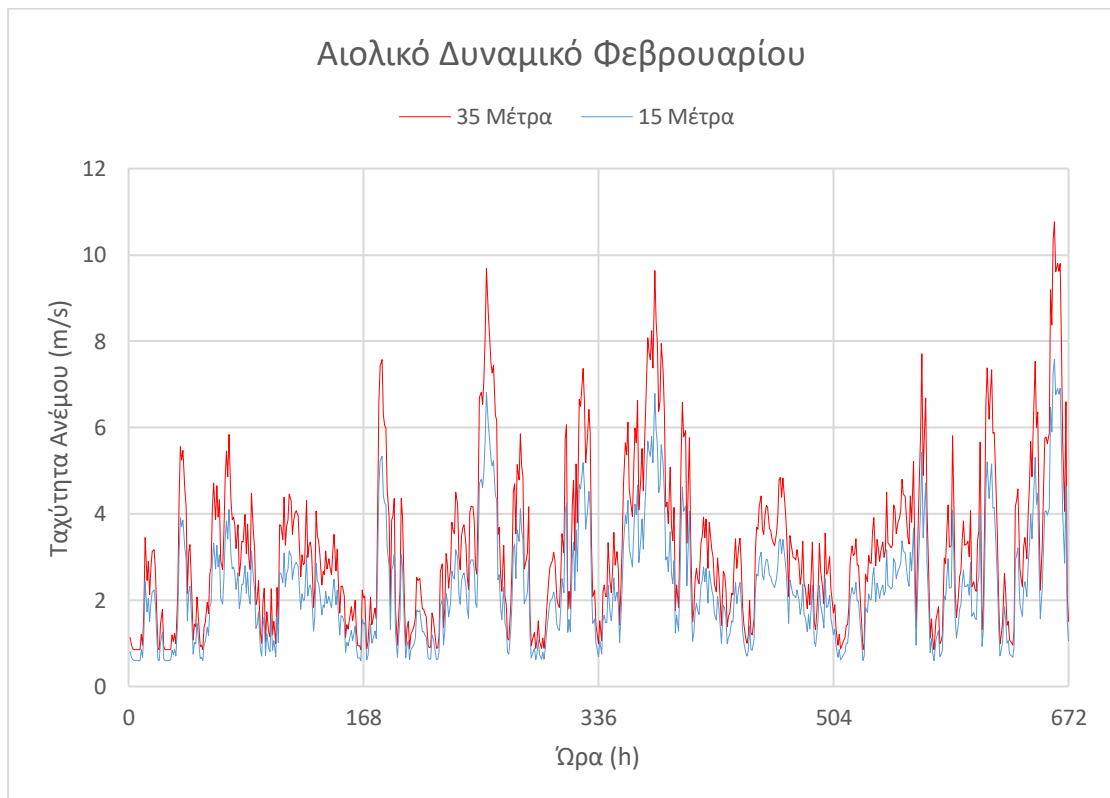
Παρακάτω παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό όπως αυτό προέκυψε από το καταγραφικό του ανεμόμετρου το οποίο βρίσκεται στο πίσω χώρο του εργαστηρίου. Το ανεμόμετρο είναι τοποθετημένο επάνω στην ήδη υπάρχουσα ανεμογεννήτρια σε ύψος 15m και είναι ρυθμισμένο να λαμβάνει μετρήσεις ανά 10min. Κατόπιν μετατροπής των μετρήσεων σε ωριαίες τιμές για ένα έτος δημιουργήθηκαν 13 διαγράμματα ταχύτητας ανέμου συναρτήσει της ώρας του έτους ή του μήνα.



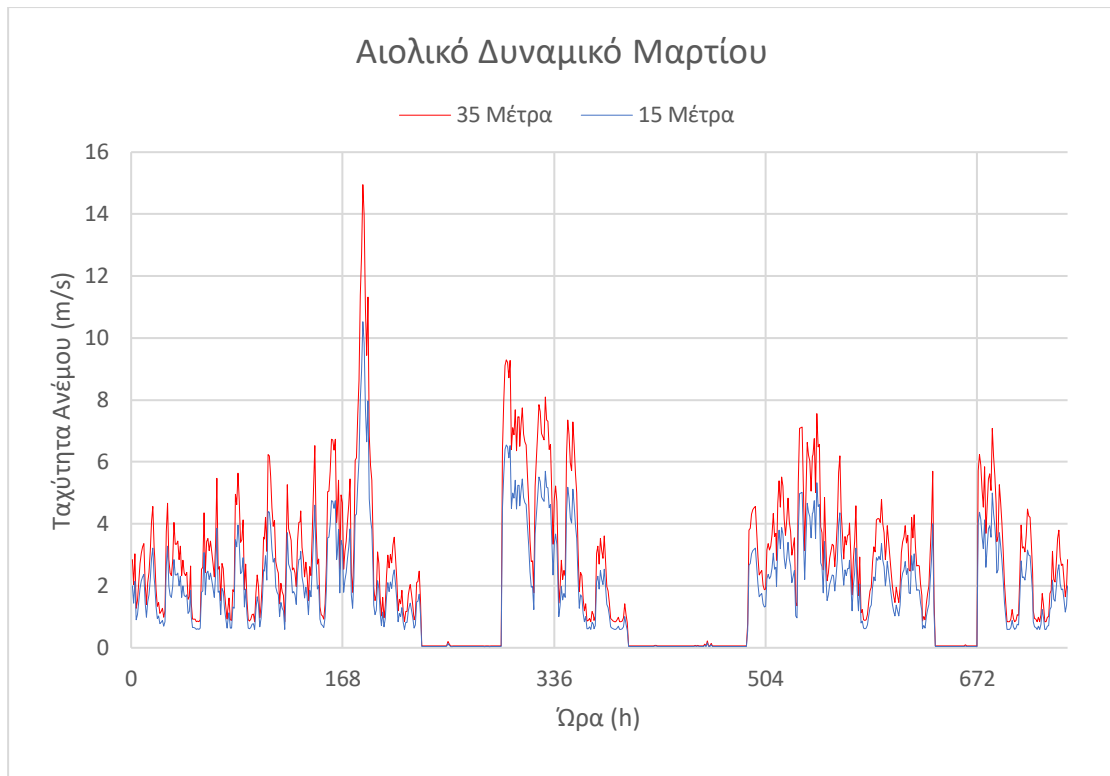
Διάγραμμα 55: Ετήσιο γράφημα αιολικού δυναμικού στα 15μ και στα 35μ.



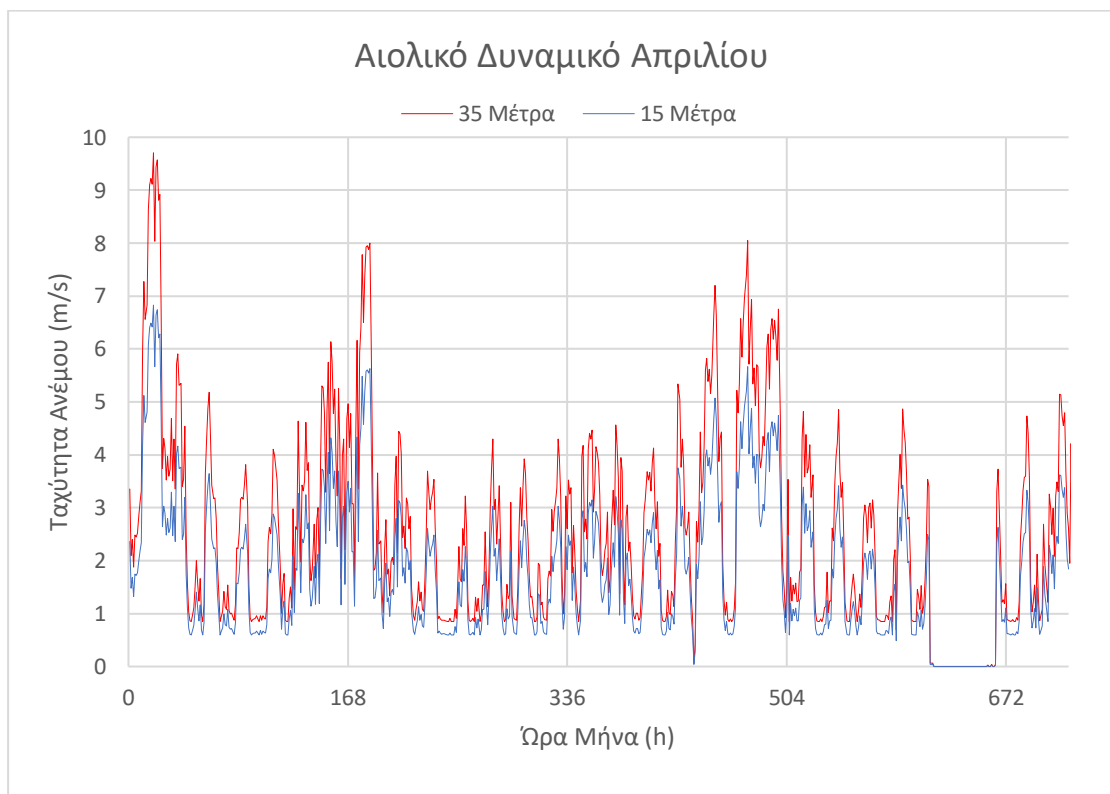
Διάγραμμα 56: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιανουαρίου.



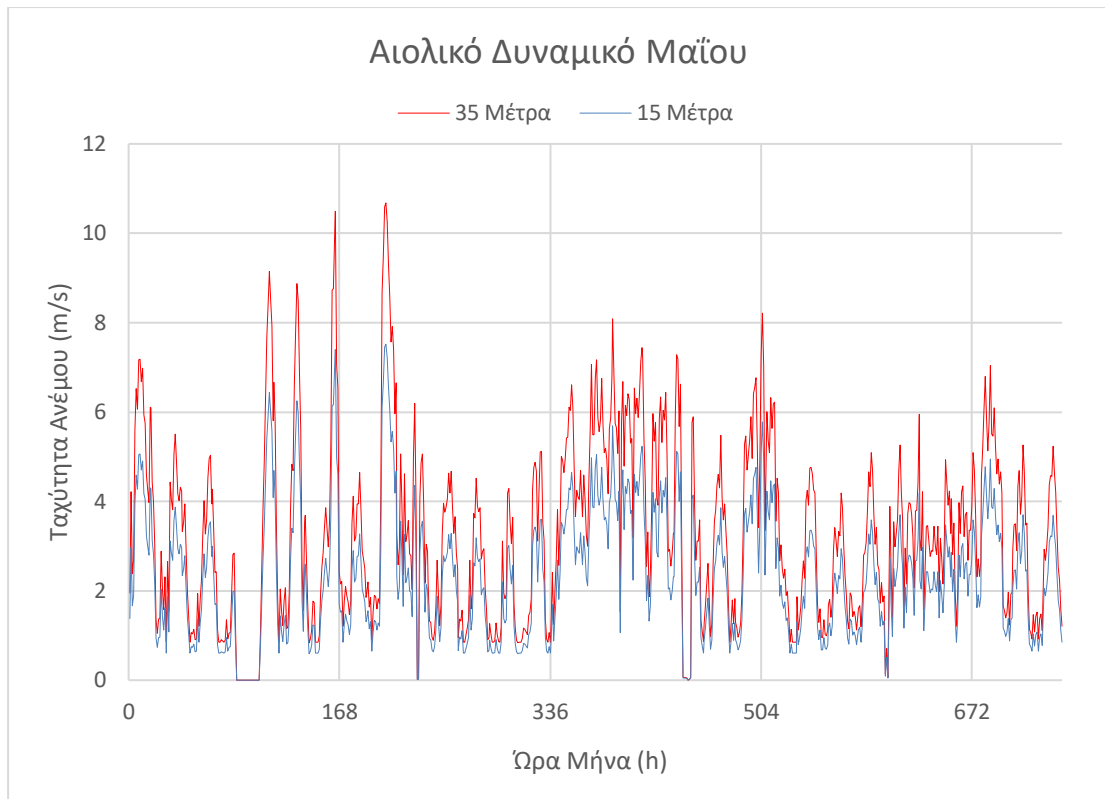
Διάγραμμα 57: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Φεβρουαρίου.



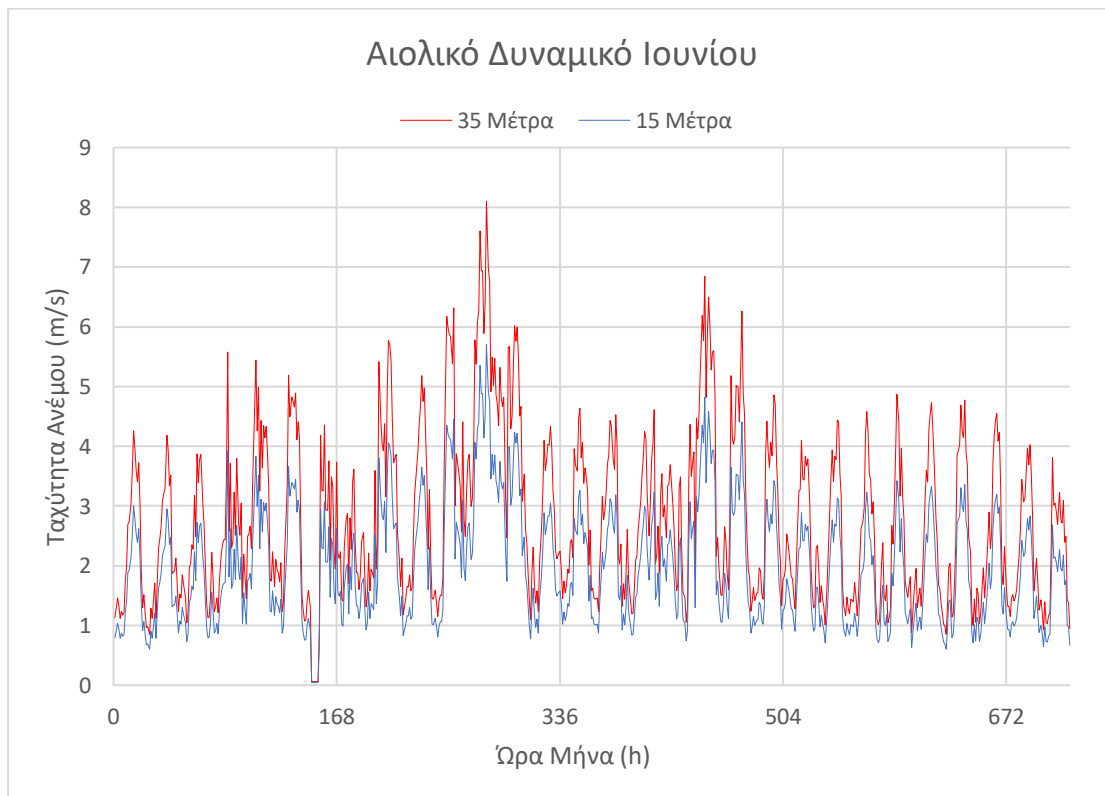
Διάγραμμα 58: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Μαρτίου.



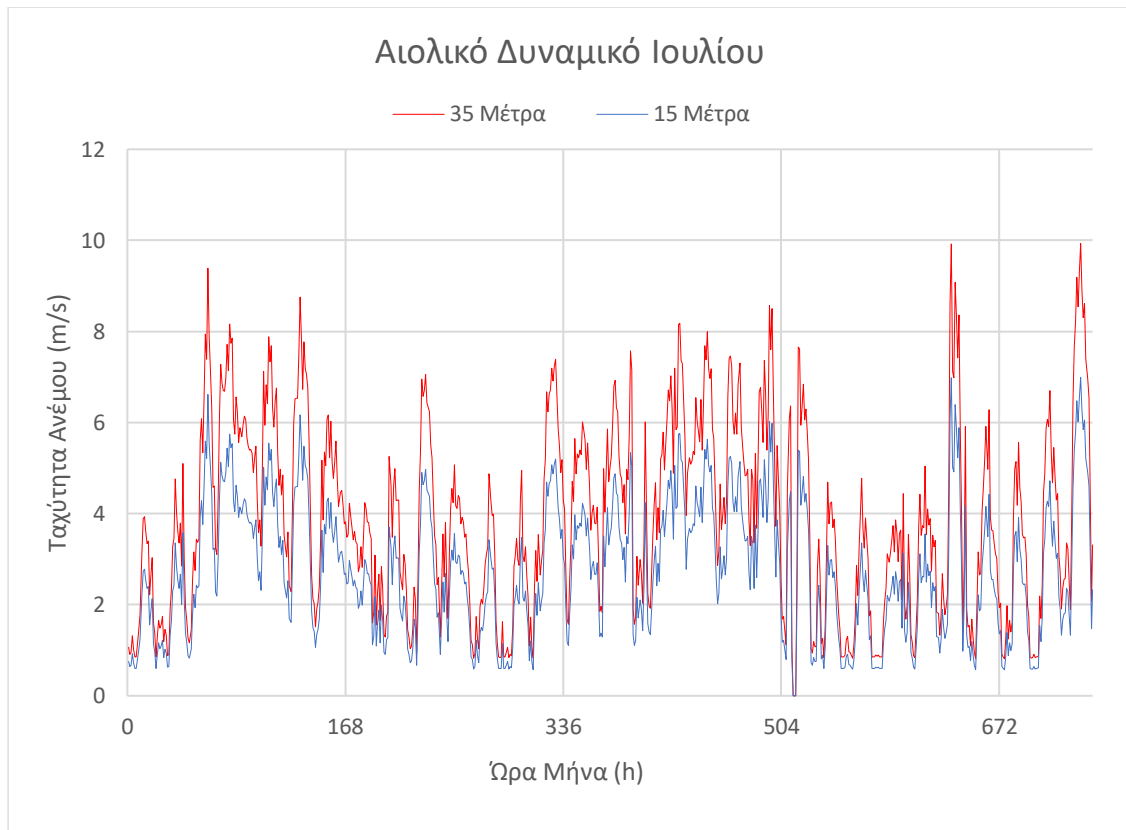
Διάγραμμα 59: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Απριλίου.



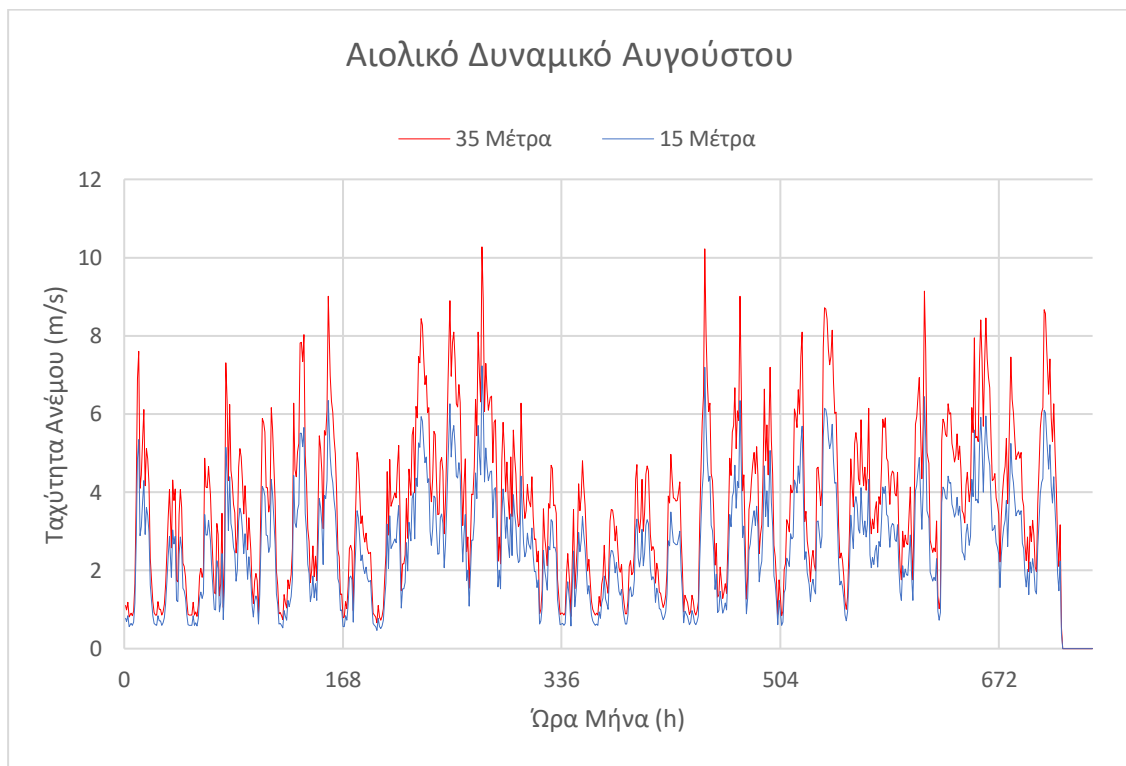
Διάγραμμα 60: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Μαΐου.



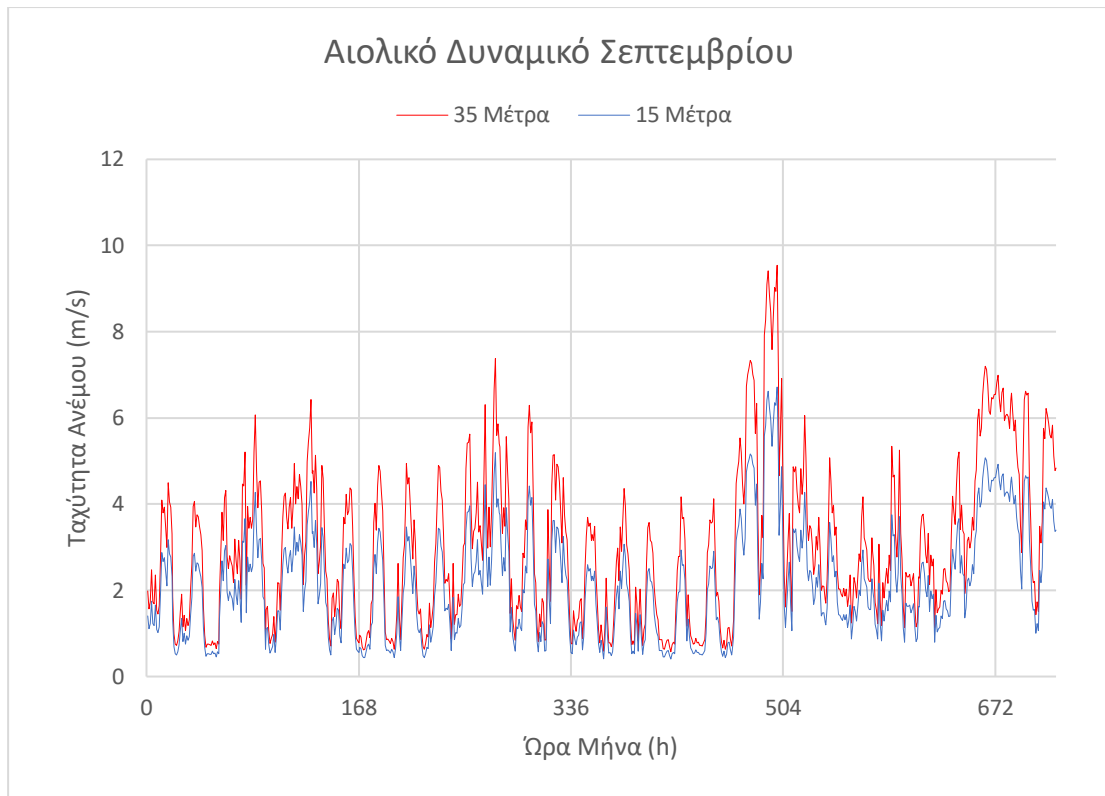
Διάγραμμα 61: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιουνίου.



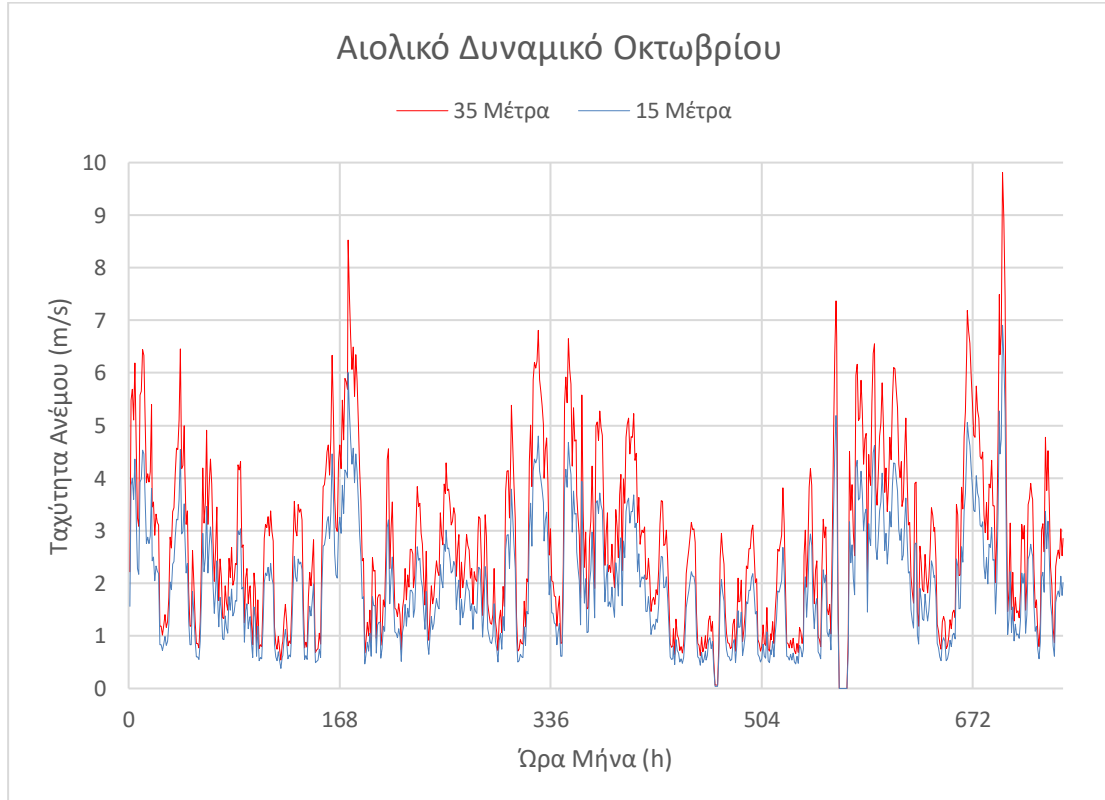
Διάγραμμα 62: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Ιουλίου.



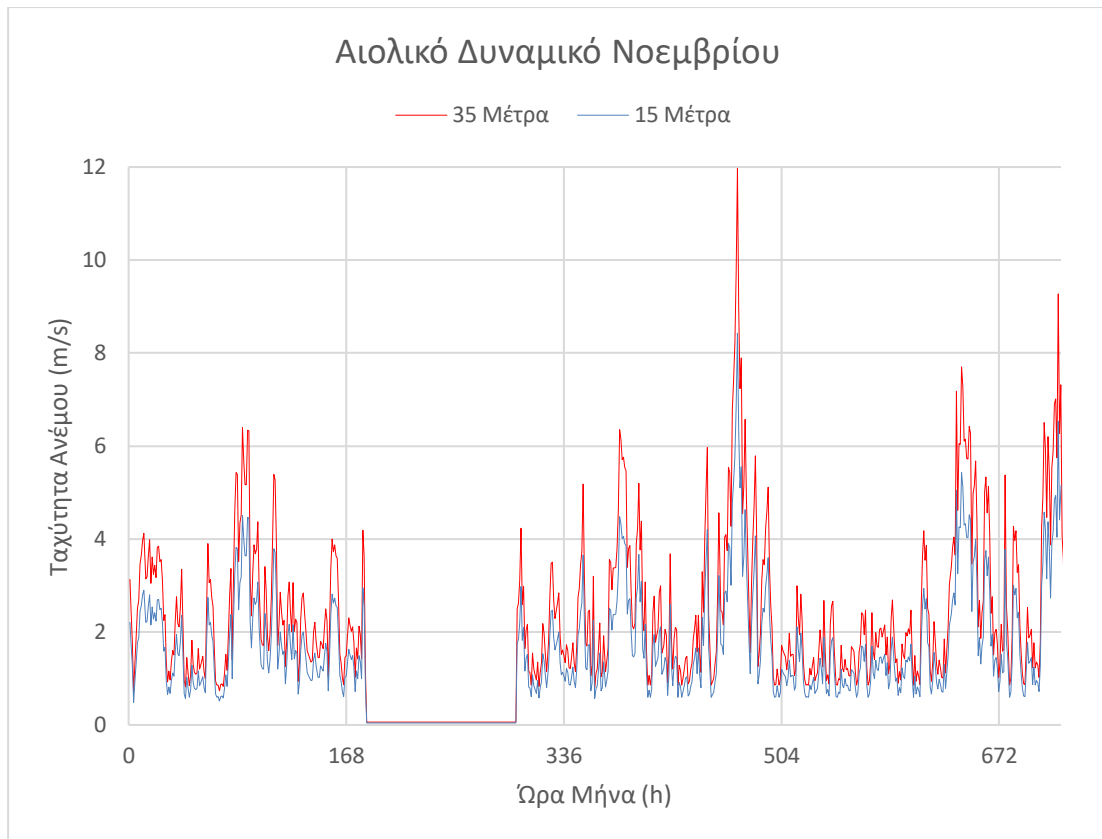
Διάγραμμα 63: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Αυγούστου.



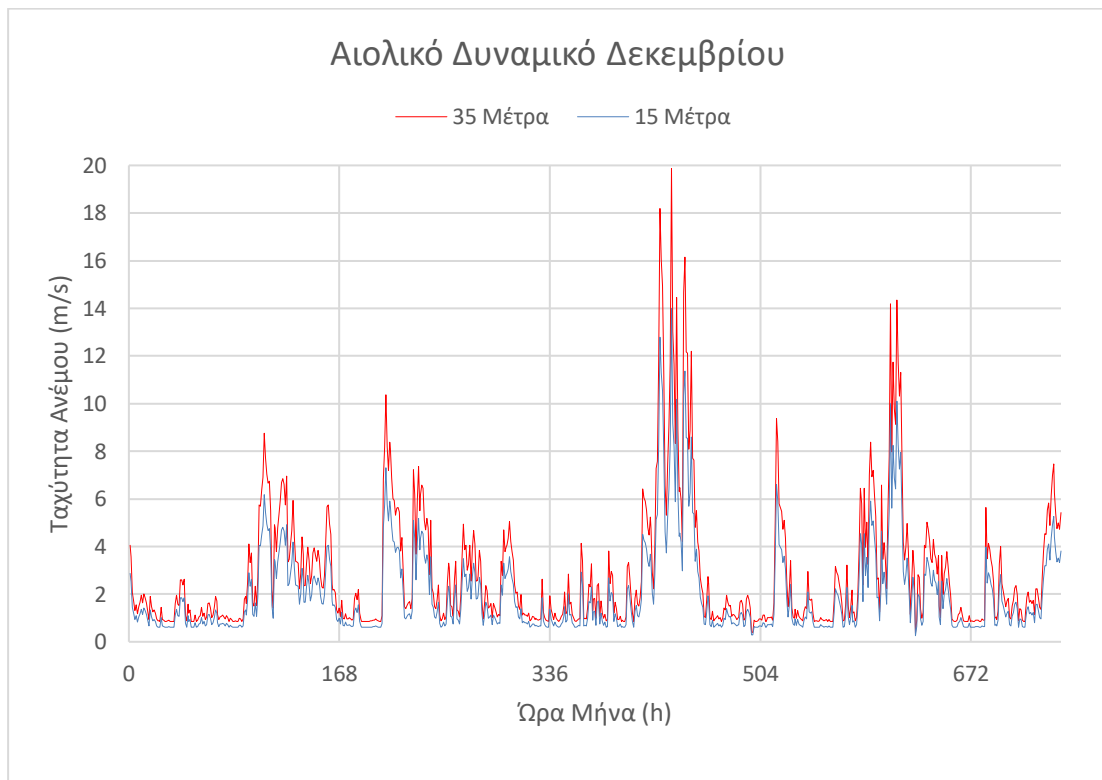
Διάγραμμα 64: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Σεπτεμβρίου.



Διάγραμμα 65: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Οκτωβρίου.



Διάγραμμα 66: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Νοεμβρίου.



Διάγραμμα 67: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ταχύτητας ανέμου (m/s) Δεκεμβρίου.

Όπως θα παρατηρήσει κανείς θα δει ότι σε κάθε διάγραμμα υπάρχουν δυο σειρές μετρήσεων. Η μπλε γραμμή αφορά τις πραγματικές μετρήσεις του ανεμομέτρου στα 15m, ενώ η κόκκινη αφορά τις μετρήσεις του ανέμου αναγόμενες στα 35m με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης της εκθετικής διανομής ταχύτητας (power law).

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^a$$

Όπου:

V (z): Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναγωγής (m/s)

V (z1): Η ταχύτητα του ανέμου στο μετρούμενο ύψος (m/s)

z: Το αναγόμενο/προτεινόμενο ύψος (m)

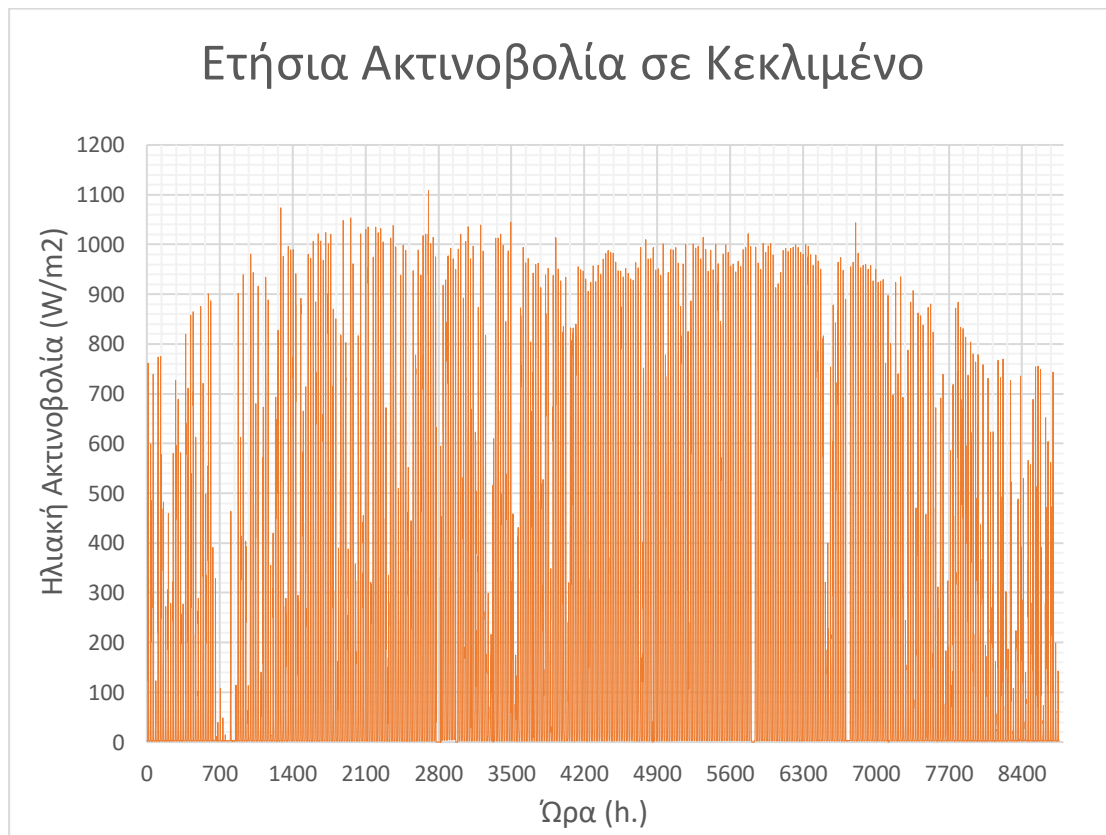
z1: Το αρχικό ύψος (m)

a: Παράμετρος τραχύτητας του εδάφους, συνήθως 0,45 για αστικές περιοχές

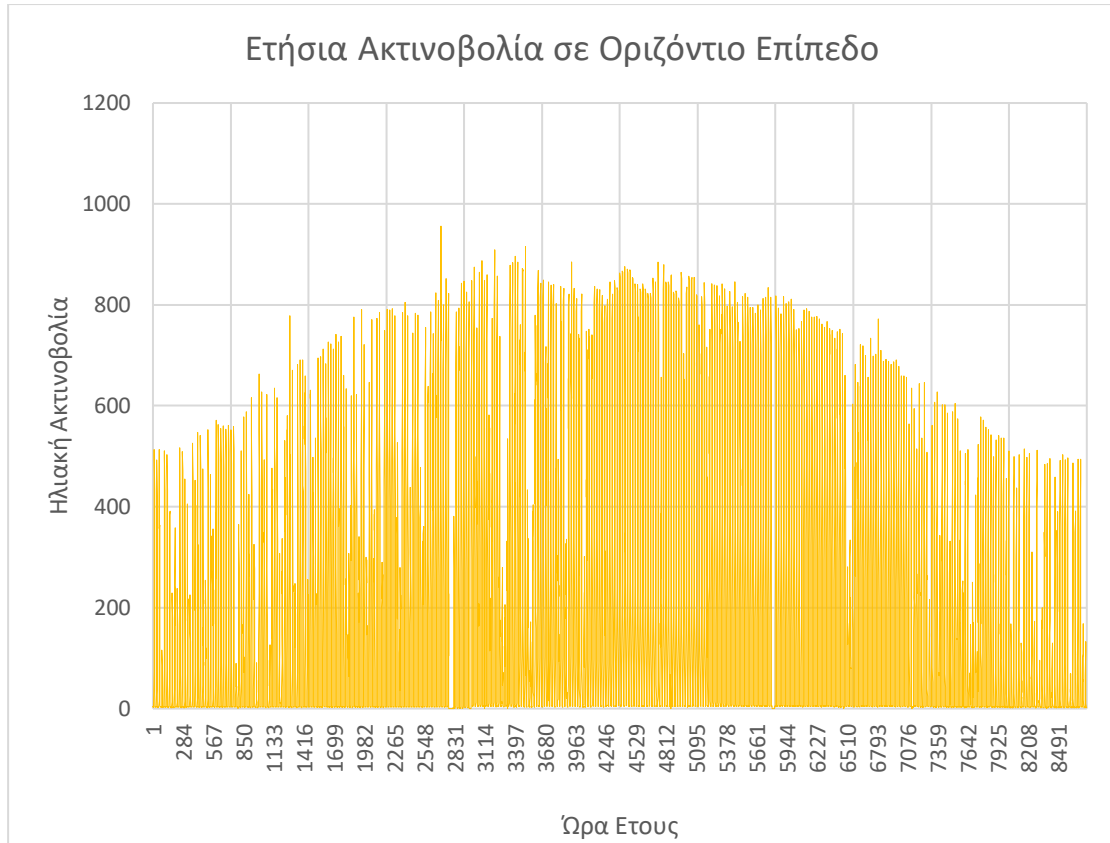
Ο λόγος για τον οποίο έγινε αυτή η αναγωγή είναι διότι οι αιολικές συνθήκες της περιοχής στα 15m όπως φαίνεται στα διαγράμματα έχουν πολύ χαμηλό μέτρο της ταχύτητας ανέμου. Το παραπάνω γεγονός δεν ευνοεί την εγκατάσταση ανεμογεννητριών στη συγκεκριμένη τοποθεσία καθώς ο ετήσιος μέσος όρος ταχύτητας ανέμου φτάνει τα 2,1m/s για το δεδομένο ύψος από το έδαφος. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες της αγοράς έχουν ταχύτητα εκκίνησης άνω των 5m/s. Ως γνωστόν όμως η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται εκθετικά όσο αυξάνεται το ύψος από το έδαφος αφού δεν υπάρχουν τόσα εμπόδια που να δημιουργούν στρόβιλα πεδία ή να εμποδίζουν τη ροή του ανέμου. Στα 35m η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται σημαντικά και ο μέσος όρος της φτάνει τα 4m/s δίνοντας έτσι τη δυνατότητα ανύψωσης της ήδη υπάρχουσας ανεμογεννήτριας η και τοποθέτηση καινούριας χαμηλής ισχύος ώστε να υπάρχει κατάλληλο όφελος βάσει κόστους-παραγωγής. Τέλος σημειώνεται ότι για λόγους ασφάλειας δεν συνίσταται μεγαλύτερο ύψος τοποθέτησης από τα 30-35m καθώς υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού και προβλήματα στερεοστατικότητας της εγκατάστασης. Περισσότερες λεπτομέρειες θα δοθούν σε μετέπειτα κεφάλαιο.

8.3 Ηλιακά Δεδομένα

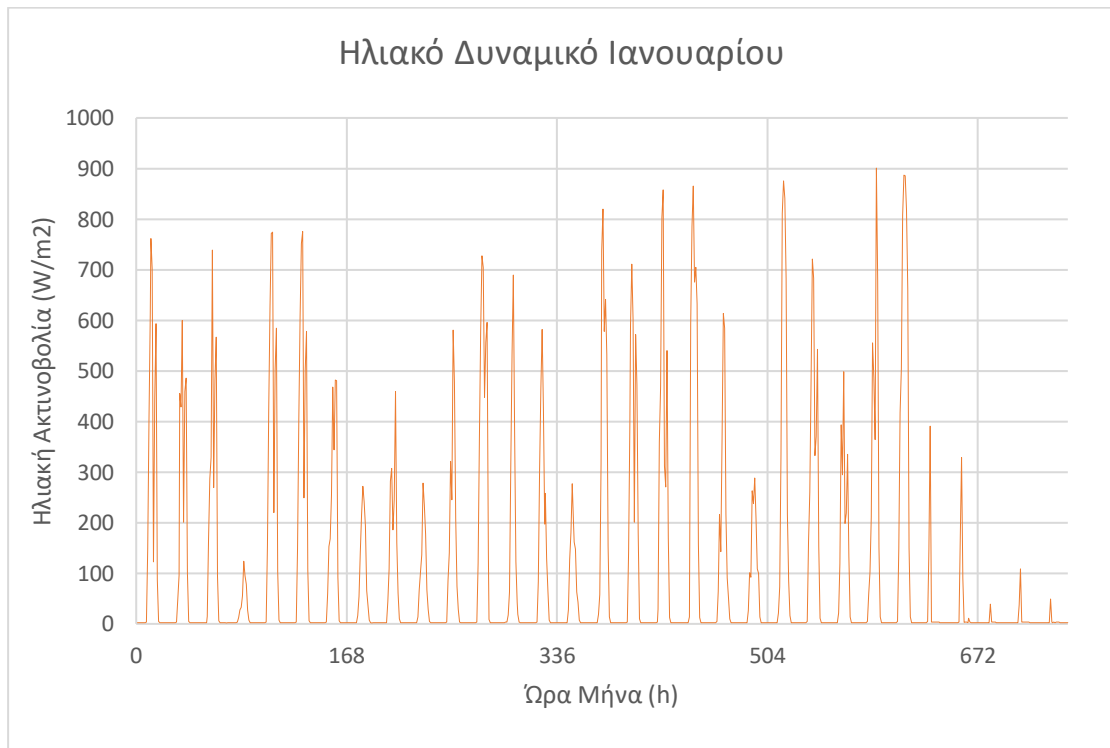
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν από τις μετρήσεις που λήφθηκαν από τα πυρανόμετρα που βρίσκονται στην οροφή του εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος. Το δυο καταγραφικά είναι τοποθετημένα κατάλληλα ώστε να μετράνε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο με χρονικό βήμα των 10min. Τα δεδομένα μετατράπηκαν σε ωριαίες τιμές για την ευκολία της επεξεργασία τους και ύστερα με τη βοήθεια του excel εξάχθηκαν ετήσια και μηνιαία διαγράμματα όπου στον κάθετο άξονα βρίσκεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 και στον οριζόντιο άξονα η ώρα. Με την **πορτοκαλί** γραμμή παρουσιάζονται τα διαγράμματα εκείνα σε κεκλιμένο επίπεδο, ενώ με την **κίτρινη** εκείνα σε οριζόντιο επίπεδο. Από το εύρος της γωνίας των δύο επιπέδων μπορεί να δημιουργηθεί μια σχέση ακτινοβολίας-γωνίας ώστε να μπορεί να υπολογιστεί κάθε φορά με σχετική ακρίβεια το ηλιακό δυναμικό σε κάθε κλίση.



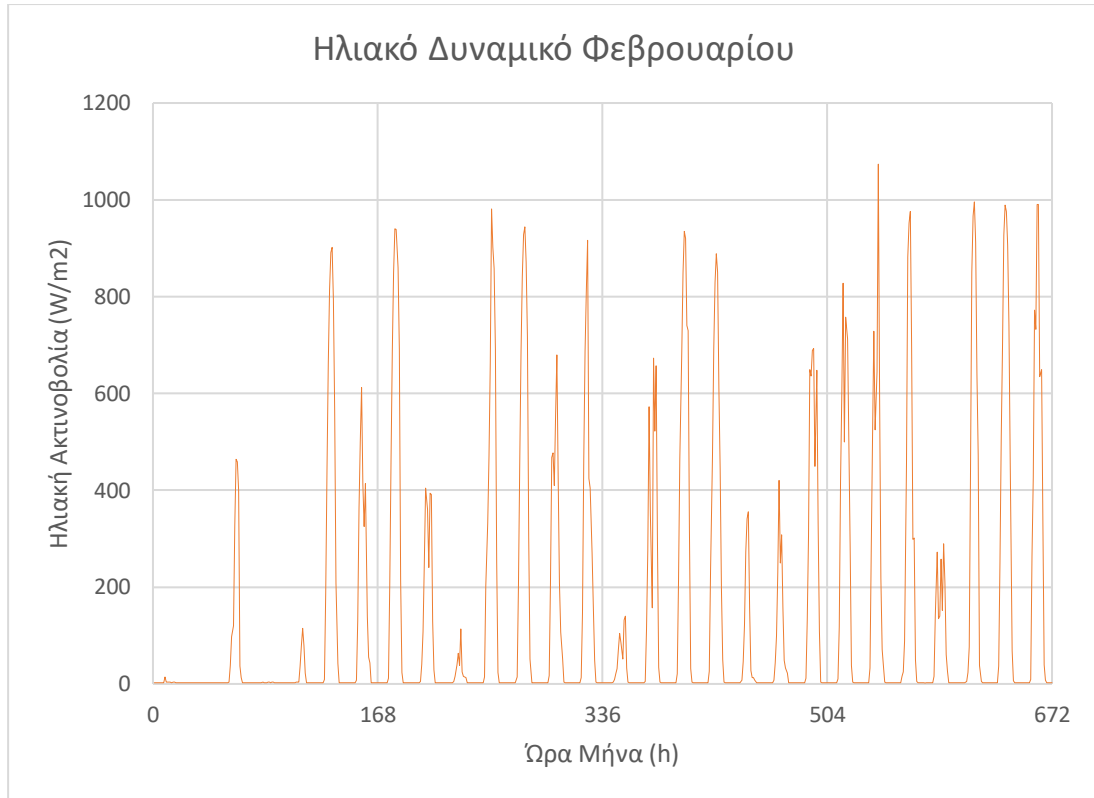
Διάγραμμα 68:Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο.



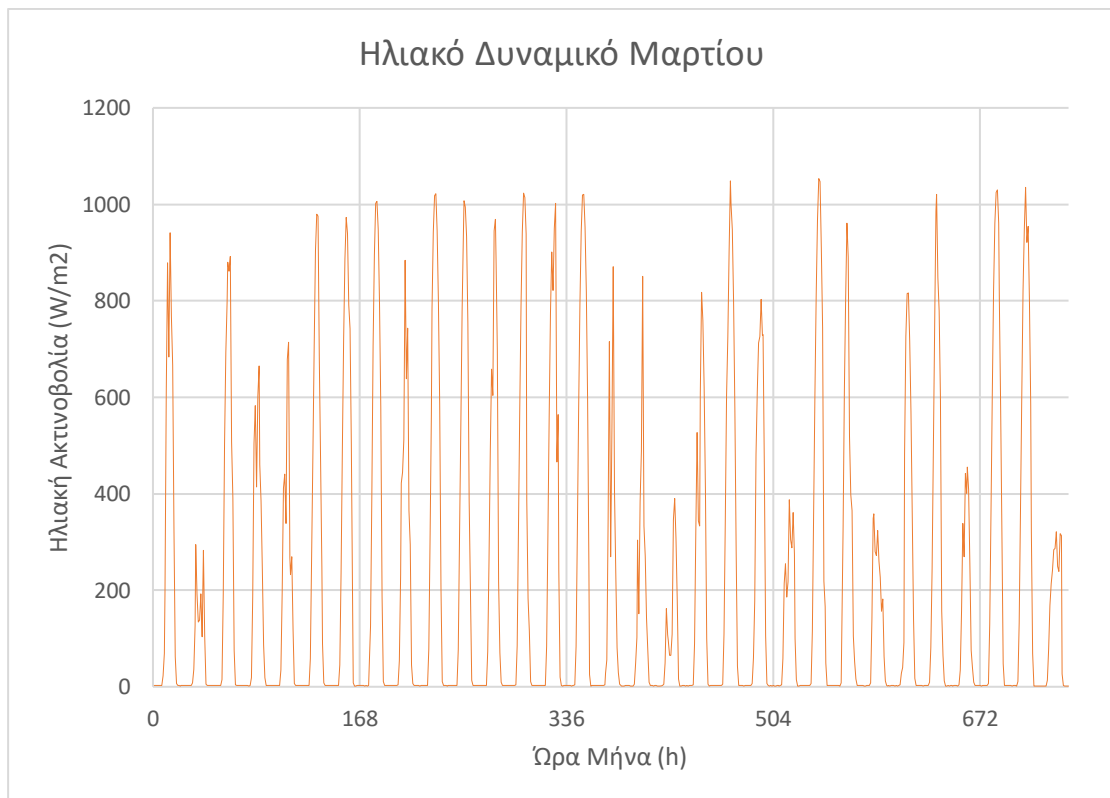
Διάγραμμα 69: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) σε οριζόντιο επίπεδο.



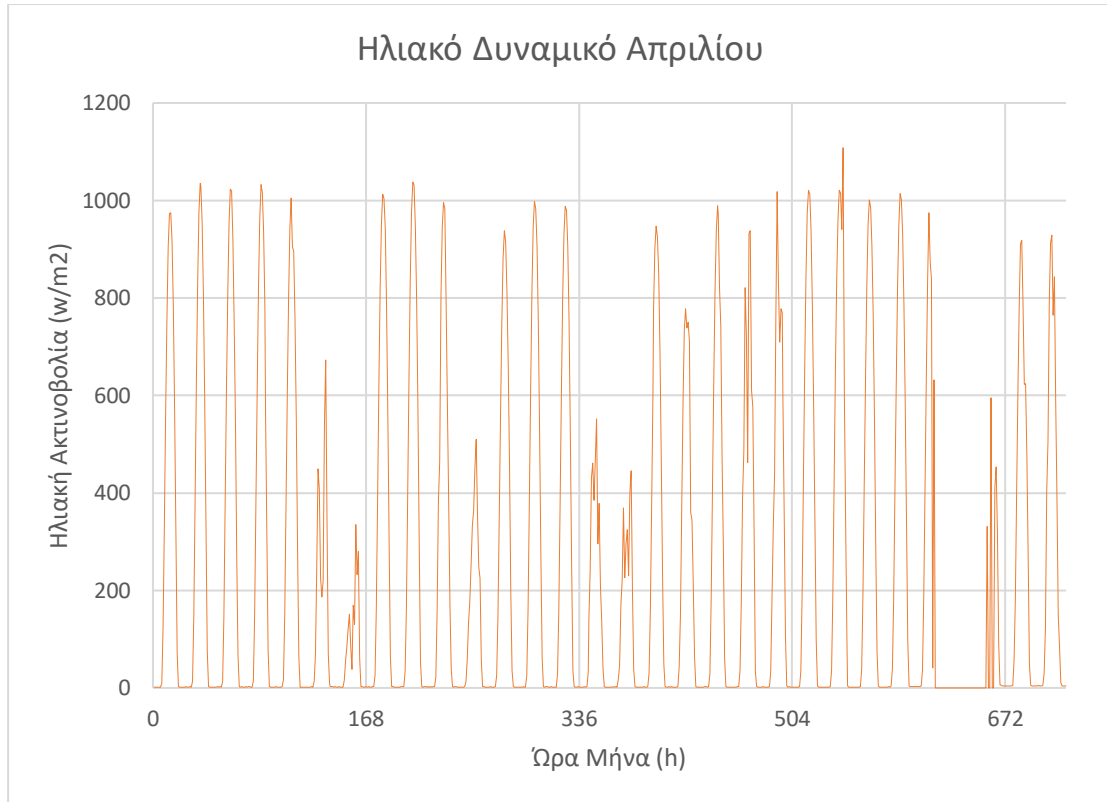
Διάγραμμα 70: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιανουαρίου.



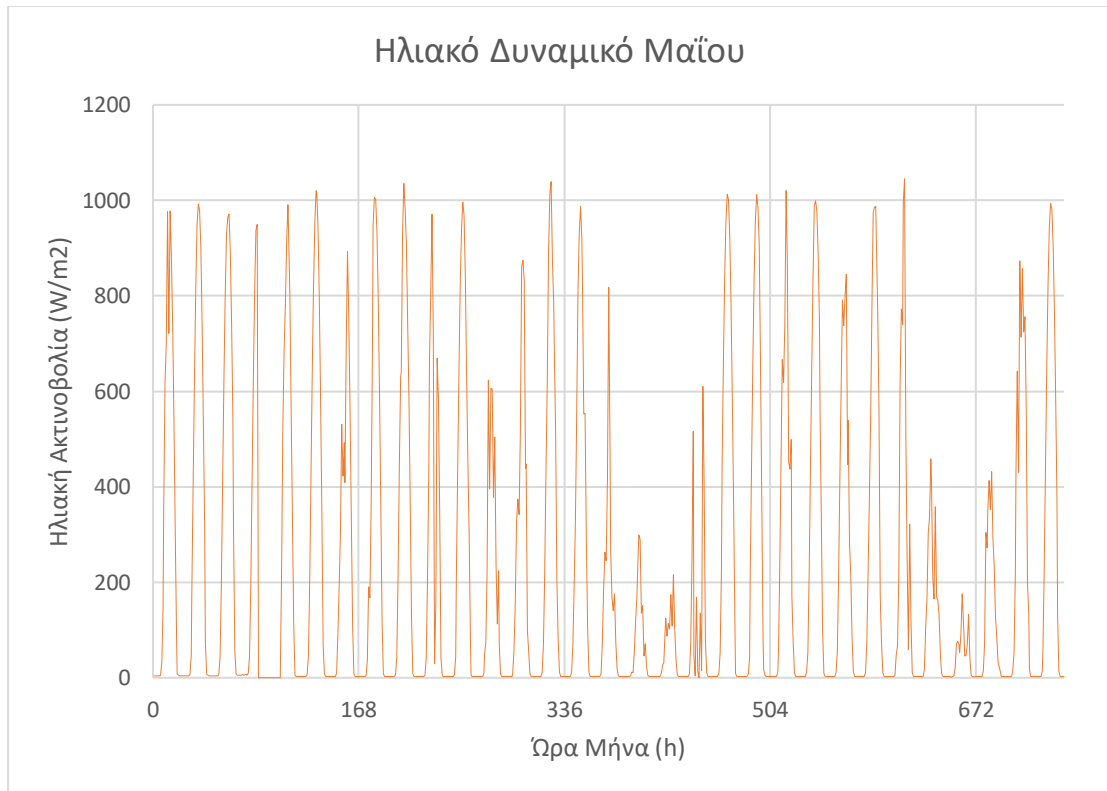
Διάγραμμα 71: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Φεβρουαρίου.



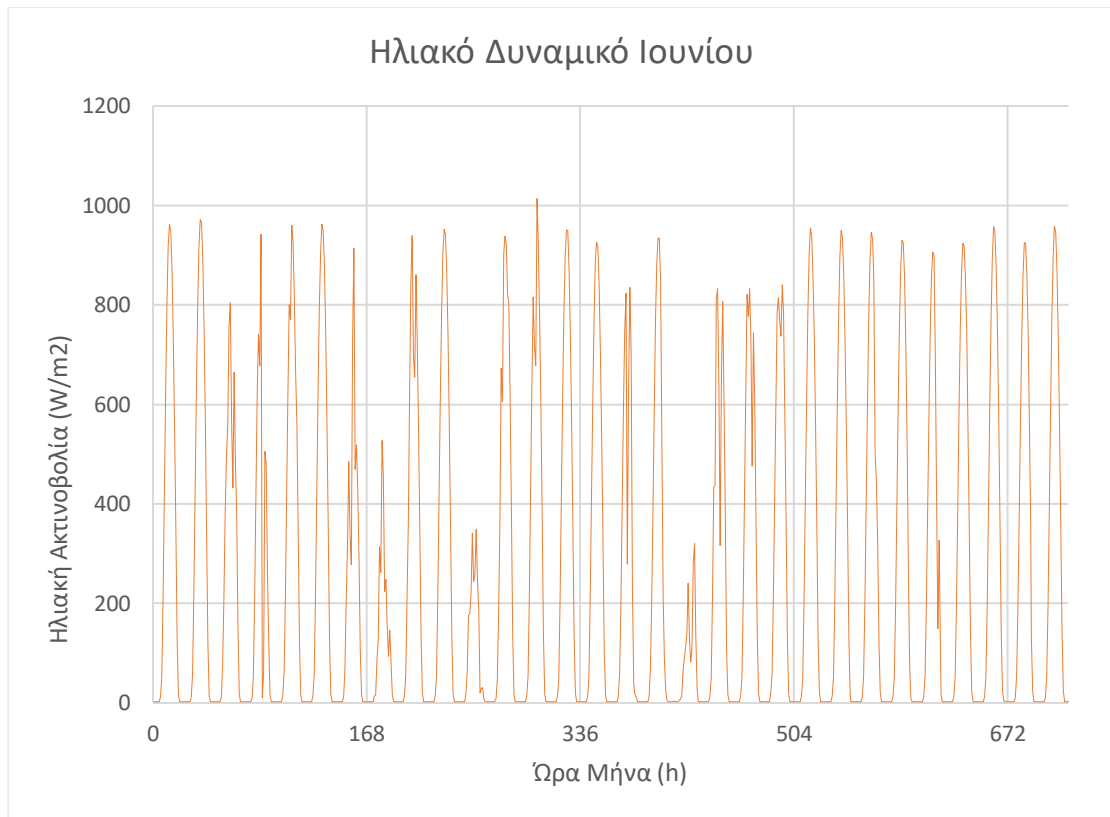
Διάγραμμα 72: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Μαρτίου.



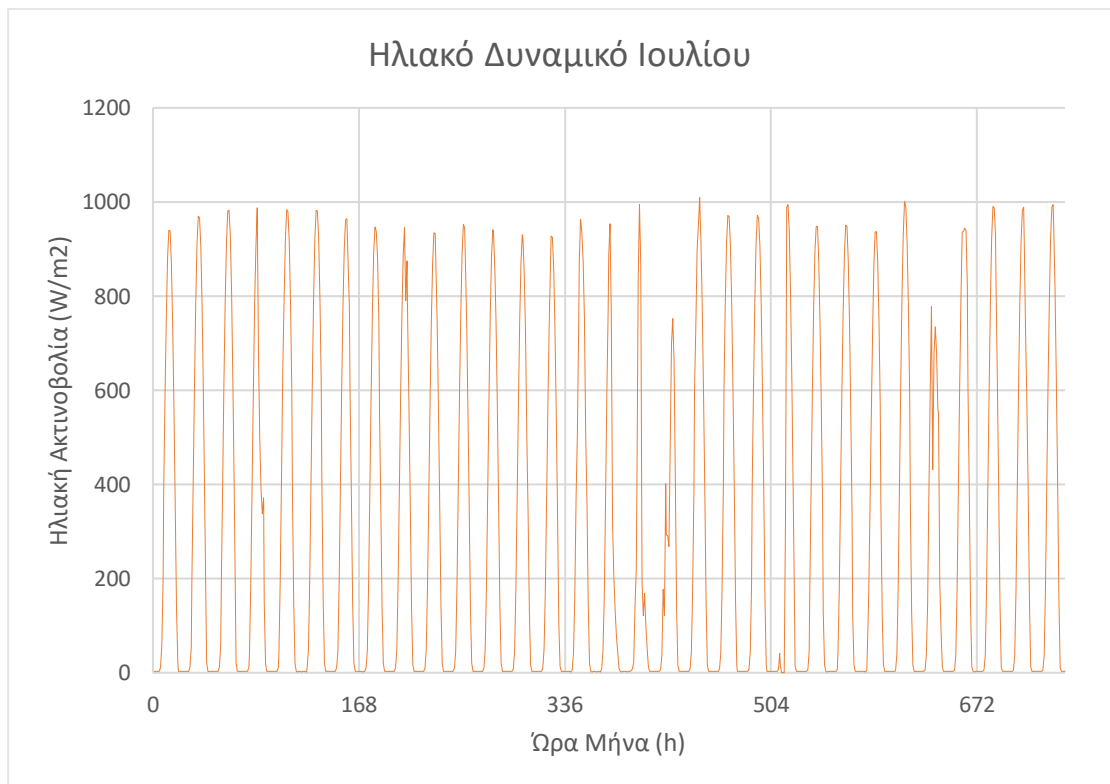
Διάγραμμα 73: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m2) σε κεκλιμένο επίπεδο Απριλίου.



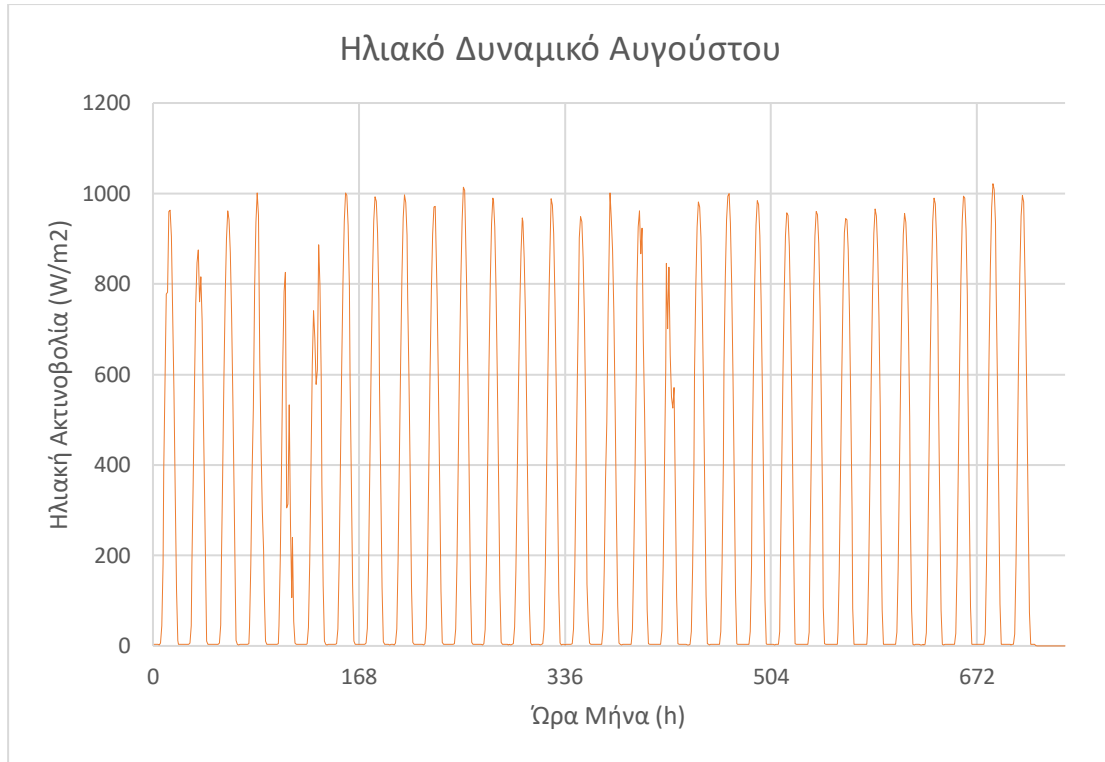
Διάγραμμα 74: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m2) σε κεκλιμένο επίπεδο Μαΐου.



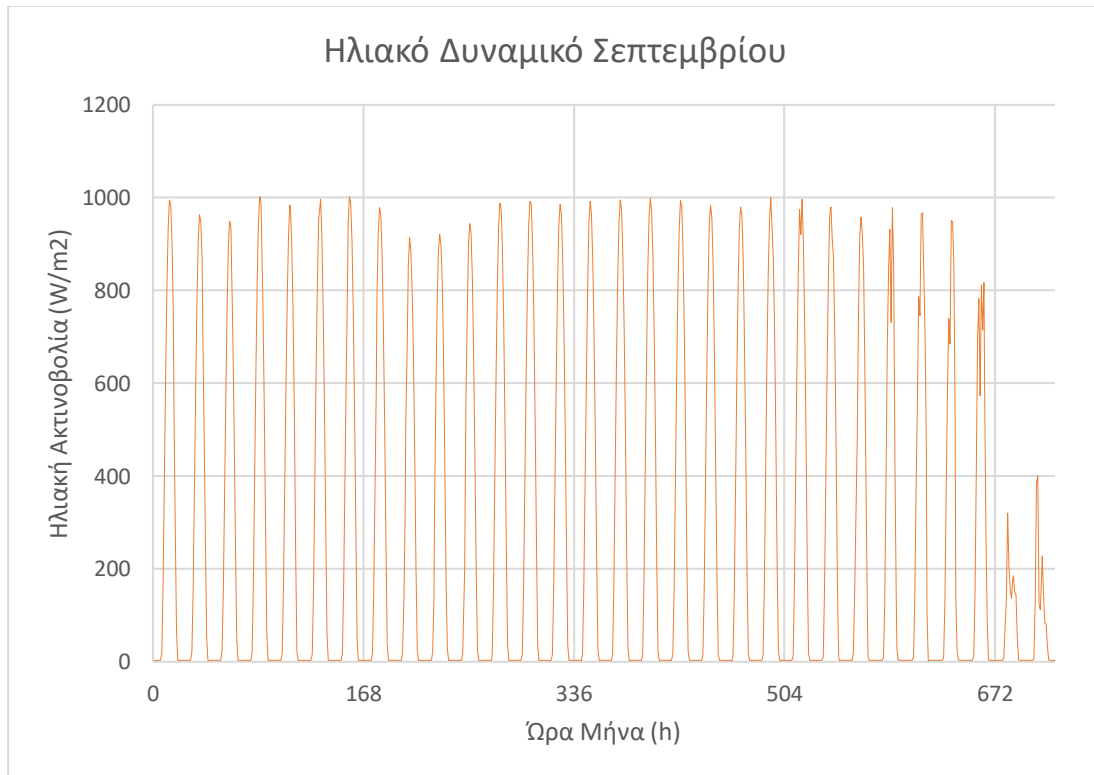
Διάγραμμα 75: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιουνίου.



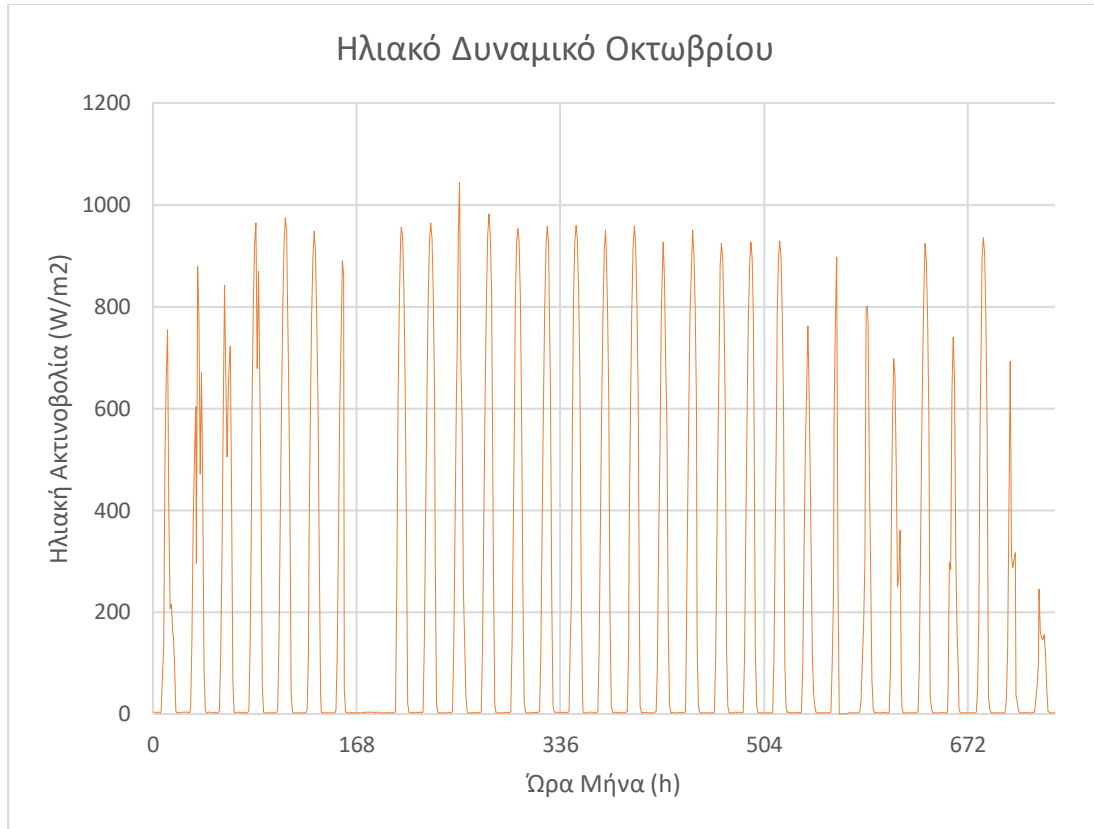
Διάγραμμα 76: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) σε κεκλιμένο επίπεδο Ιουλίου.



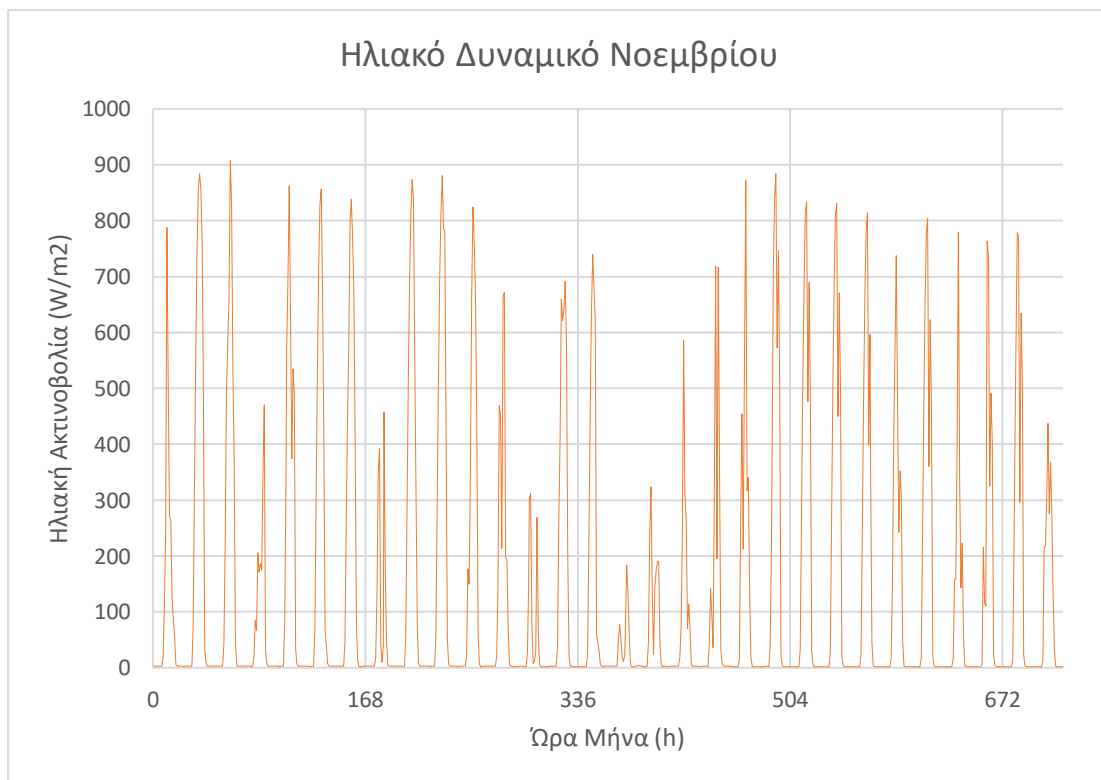
Διάγραμμα 77: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Αυγούστου.



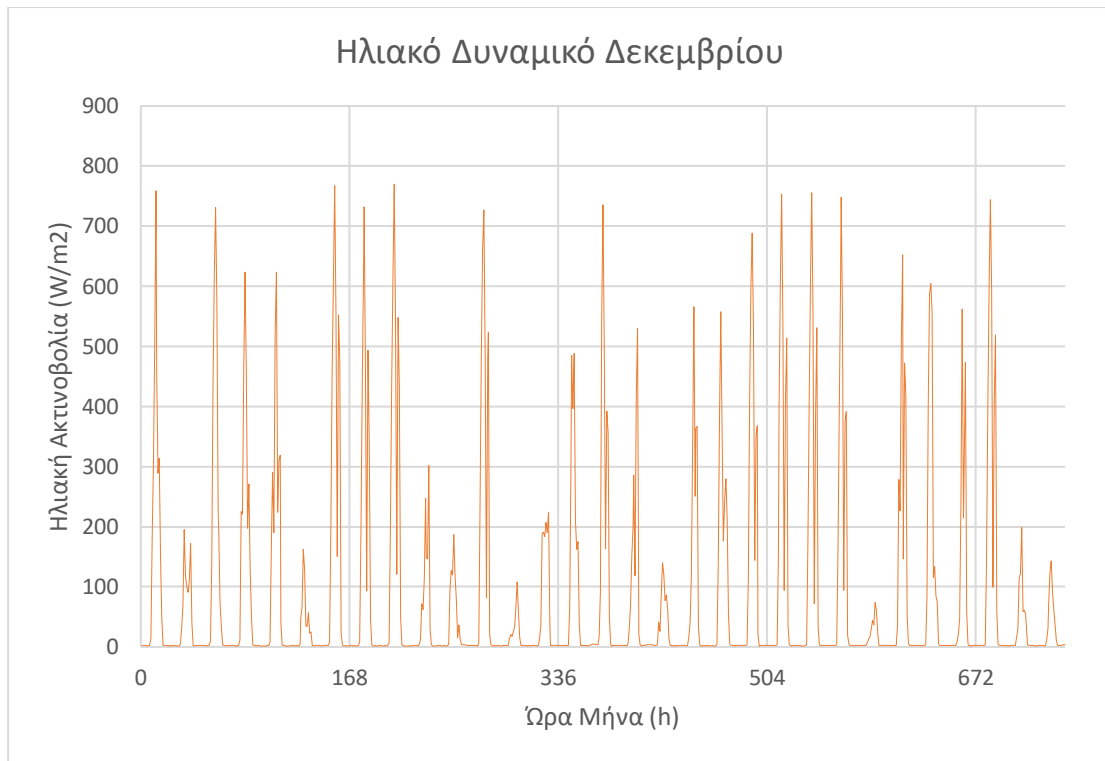
Διάγραμμα 78: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Σεπτεμβρίου.



Διάγραμμα 79: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Οκτωβρίου.



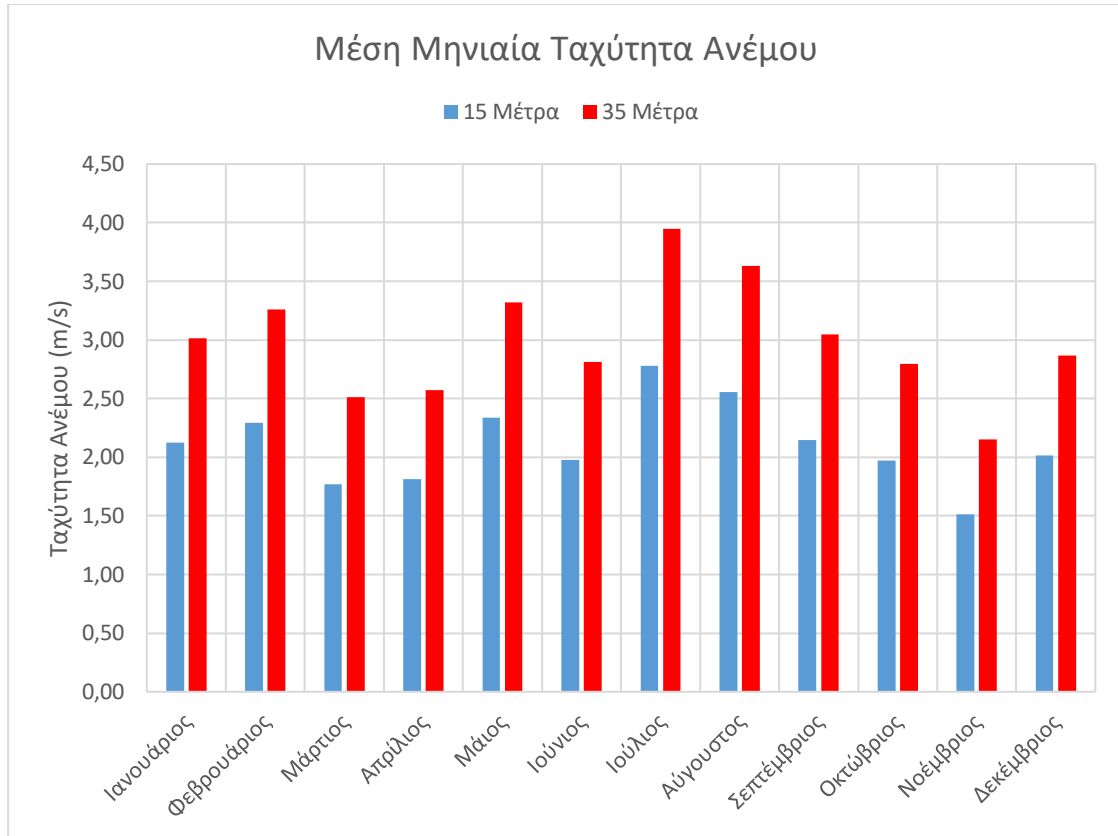
Διάγραμμα 80: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο Νοεμβρίου.



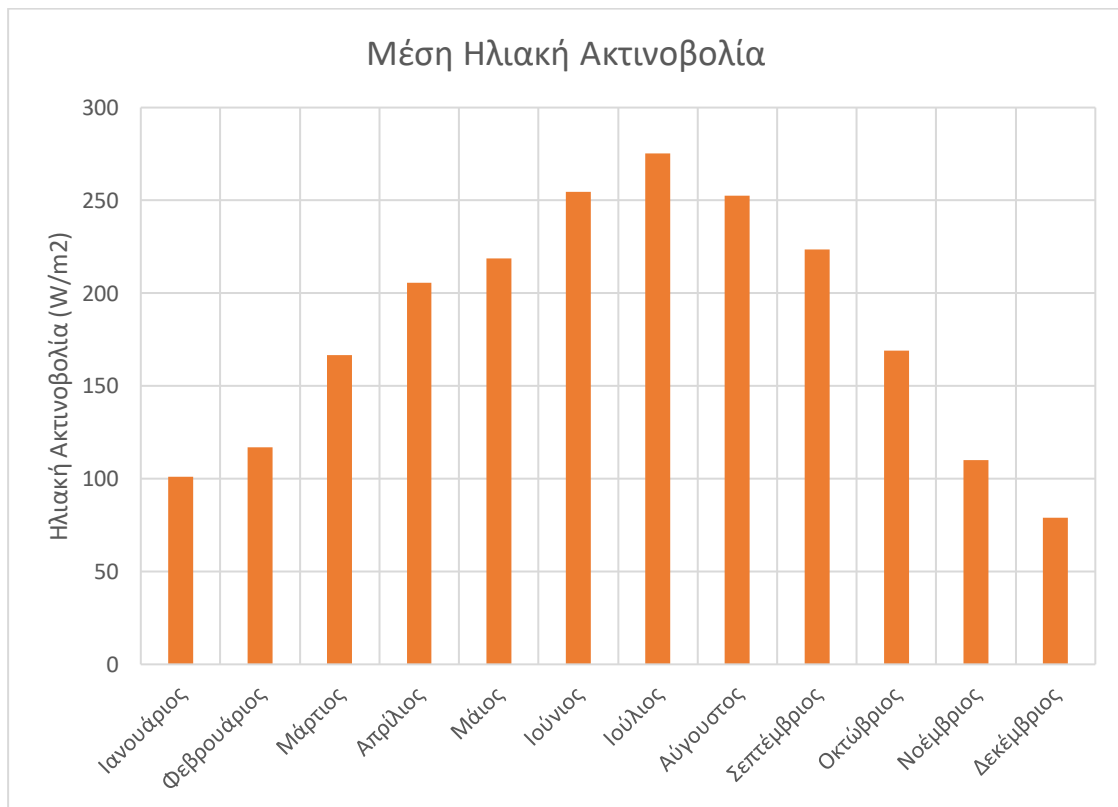
Διάγραμμα 81: Επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) σε κεκλιμένο επίπεδο Δεκεμβρίου.

Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα γίνεται αντιληπτό ότι οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής παρουσιάζουν πλούσιο ηλιακό δυναμικό έναντι του φτωχού αιολικού δυναμικού στην προηγούμενη παράγραφο. Οι συνθήκες που επικρατούν ευνοούν κατά πολύ την επένδυση σε ενεργητικά ηλιακά συστήματα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται όπως είναι φυσικό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι χαμηλή στους μήνες του χειμώνα ενώ όσο πλησιάζουν οι θερινοί μήνες να αυξάνεται μέχρι και μιάμιση φορά επάνω ενώ, στη συνέχεια να υπάρχει και πάλι πτωτική τάση. Ο μέσος όρος των χειμερινών μηνών είναι περίπου 100W/m², των μηνών της Άνοιξης 196W/m², των θερινών 260W/m² και του Φθινοπώρου 167 W/m². Τέλος ο ετήσιος μέσος όρος αγγίζει τις 180 μονάδες ισχύος ανά τετραγωνικό. Σημαντικό για την πλήρη αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού είναι η σωστή γωνία τοποθέτησης των πάνελ και ο βαθμός απόδοσης τους.

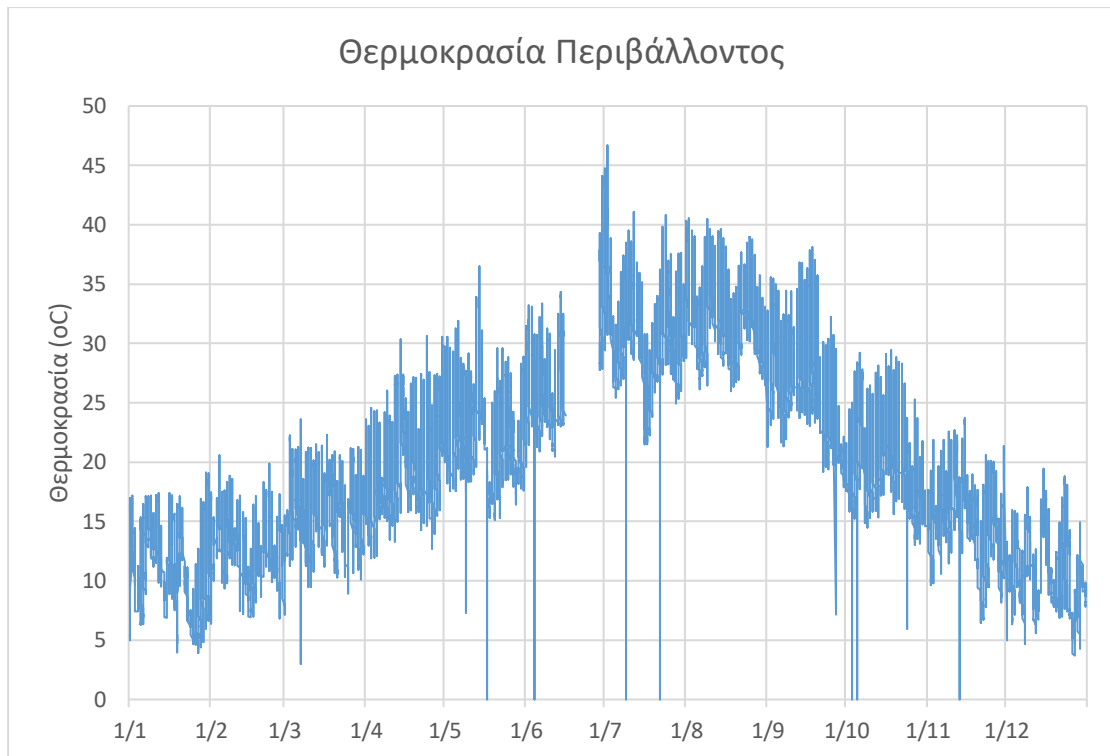
Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά ακόμα συγκεντρωτικά διαγράμματα κλιματολογικών δεδομένων που προέκυψαν ύστερα από μια μικρή επεξεργασία. Όπως θα δει κανείς υπάρχουν διαγράμματα μέσης μηνιαίας ταχύτητας ανέμου στα 15m και στα 35m, η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο και η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.



Διάγραμμα 82: Συγκριτικό γράφημα μέσης μηνιαίας κατανομής ταχύτητας ανέμου (m/s) στα 15μ. και στα 35μ.



Διάγραμμα 83: Μέση μηνιαία κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.



Διάγραμμα 84: Μηνιαία κατανομή θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται όπως και προαναφέρθηκε η διακύμανση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Ο λόγος για τον οποίο συλλέχθηκαν τα ανωτέρω δεδομένα είναι για να μπορεί να δοθεί μια εκτίμηση της πτώσης του βαθμού απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στο σημείο που δεν υπάρχουν δεδομένα στο μήνα Ιούνιο υπήρχε ουσιαστικά συντήρηση και βαθμονόμηση των μετεωρολογικών οργάνων του εργαστηρίου.

Τέλος όλα τα παραπάνω κλιματολογικά δεδομένα θα είναι αυτά που θα βοηθήσουν στη διαστασιολόγηση του ήδη υπάρχοντος και του προτεινόμενου υβριδικού σταθμού σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

9.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση των θεωρητικών και πραγματικών παραγωγών από τα δυο υπάρχοντα υβριδικά συστήματα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι δεδομένες παραγωγές θα αποτελέσουν τη βάση για τη διαστασιολόγηση και αναβάθμιση του σταθμού προς τη μερική ή ολική αυτονομία. Επιπλέον το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας θα μειώσει σημαντικά το αρχικό επενδυτικό κόστος.

9.2 Παραγωγή Ανεμογεννήτριας

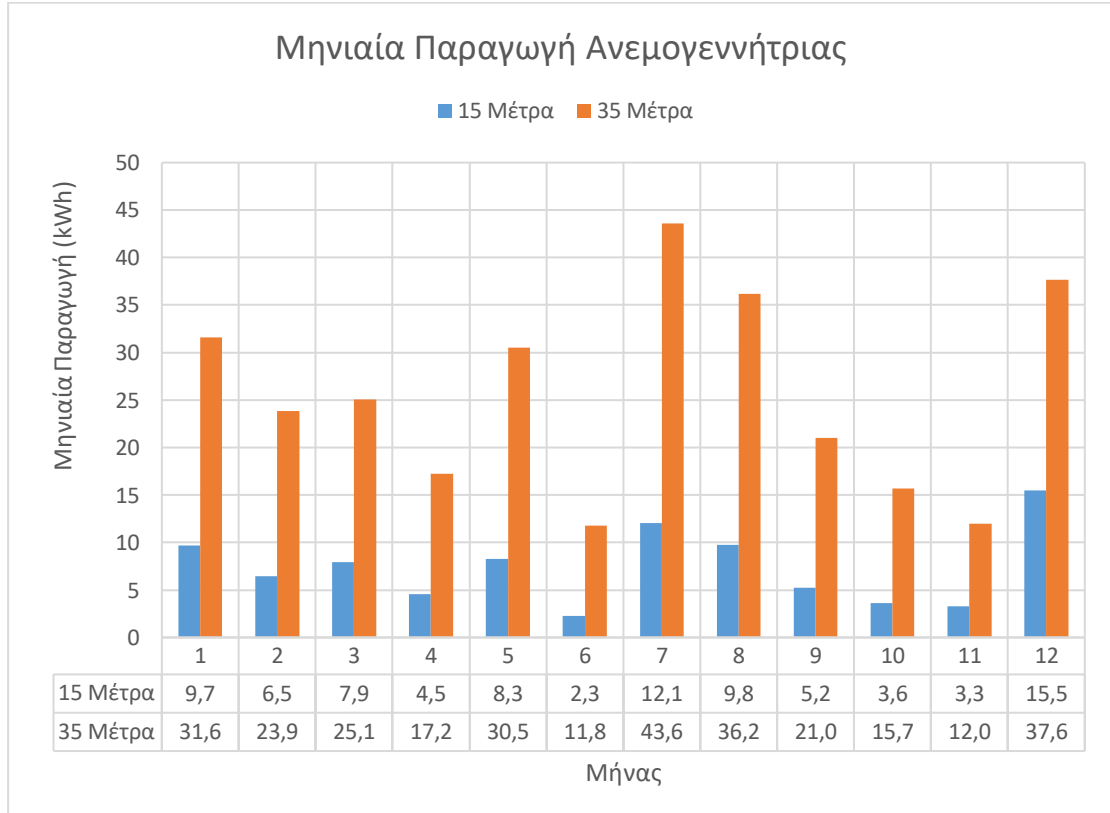
Η παραγωγή της ανεμογεννήτριας προέκυψε από τα κλιματολογικά δεδομένα που επικράτησαν το προηγούμενο έτος και χρησιμοποιώντας τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του κατασκευαστή. Οι υπολογισμοί έγιναν και για τις δυο σειρές μετρήσεων ταχύτητας ανέμου πρώτα στο πραγματικό ύψος των 15m και ύστερα στο αναγόμενο ύψος των 35m ώστε να γίνει αντιληπτή η επίδραση της διαφοράς του υψομέτρου τοποθέτησης στη συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τρία διαγράμματα παραγωγής, ένα για τα 15m, ένα για τα 35m και ένα με σύγκριση μέσω μηνιαίων τιμών και για τα δυο ύψη.



Διάγραμμα 85: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15m κατά ύψος.



Διάγραμμα 86: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 35μ κατά ύψος.

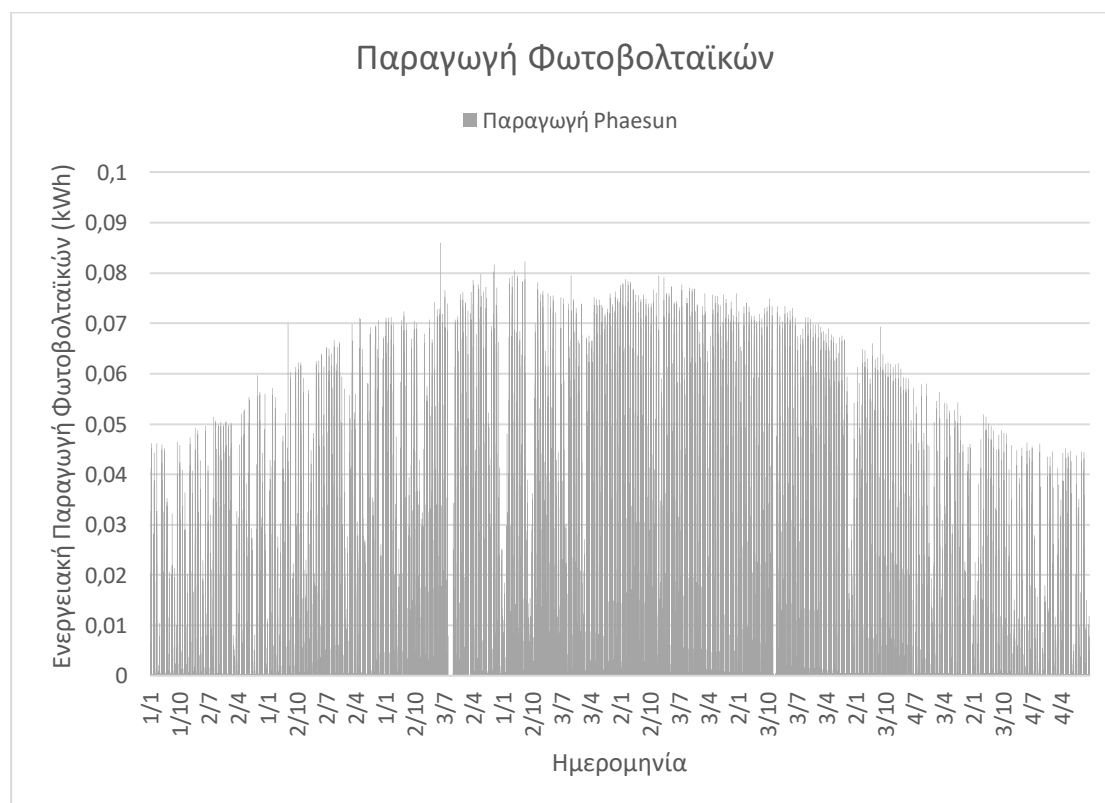


Διάγραμμα 87: Συγκριτικό γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ και στα 35μ.

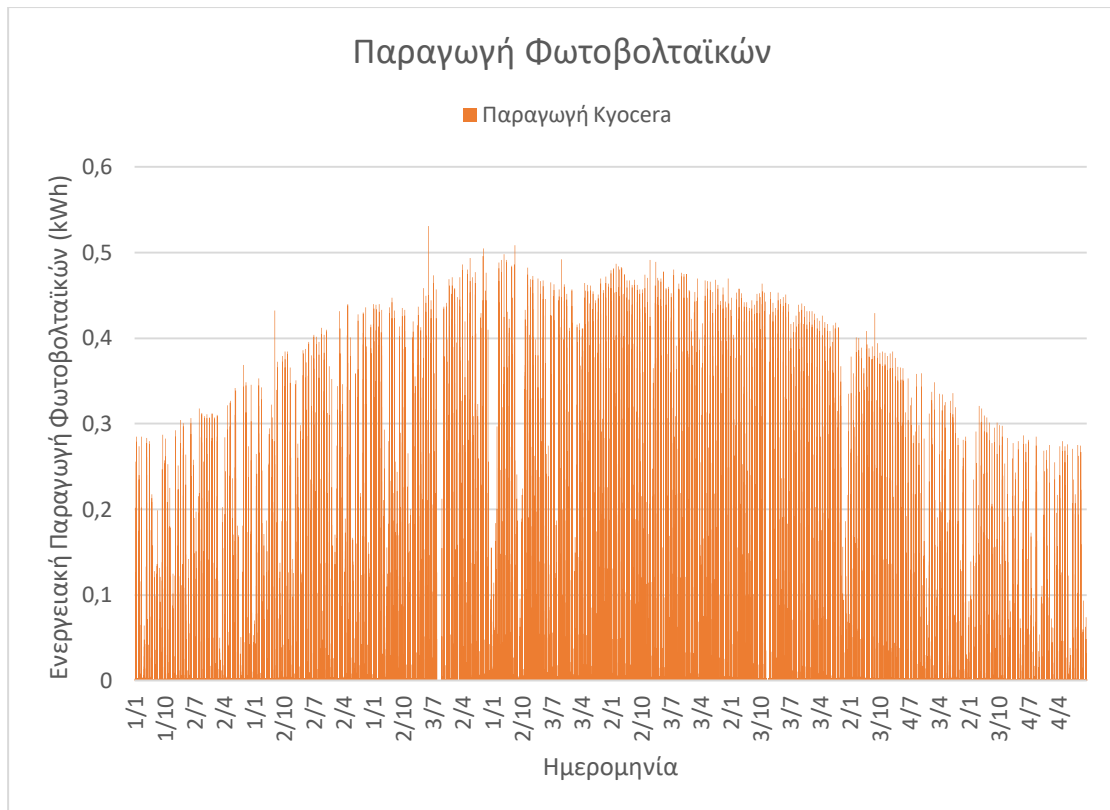
Όπως φαίνεται από το σχήμα της μηνιαίας παραγωγής της ανεμογεννήτριας η διαφορά στις τιμές ανάμεσα στα διαφορετικά ύψη φτάνει πολλές φορές μέχρι και 40%. Ωστόσο αν κοιτάξει κανείς την παραγωγή στο σύνολο της θα παρατηρήσει ότι στα 15m φτάνει τις 88,6kWh και στα 35m αγγίζει τις 306,2kWh ετησίως, μεγέθη πάρα πολύ μικρά αν αναλογιστεί το μέγεθος της συνολικής κατανάλωσης που βρίσκεται περίπου στις 13000kWh. Έχει αναφερθεί και σε παλαιότερες μελέτες ότι η συγκεκριμένη εγκατάσταση έχει τοποθετηθεί μονάχα για πειραματικούς σκοπούς ή πάρα πολύ μικρά φορτία. Με το παραπάνω συμπέρασμα δίνεται η δυνατότητα στο μελετητή να περιορίσει την έρευνα του στις ανεμογεννήτριες και να επικεντρωθεί περισσότερο στις περιπτώσεις εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων.

9.3 Παραγωγές Φωτοβολταϊκών

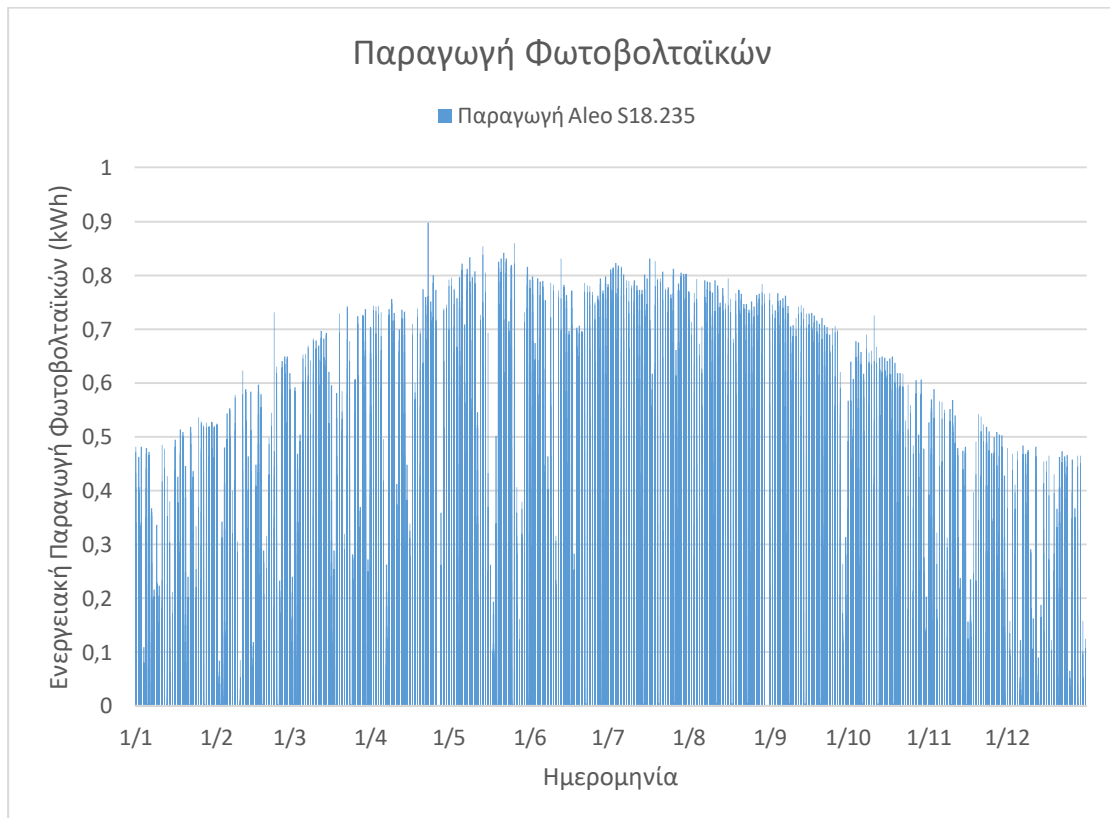
Για τον υπολογισμό της παραγωγής των φωτοβολταϊκών που βρίσκονται στην οροφή του προς μελέτη τμήματος χρησιμοποιήθηκαν η χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των κατασκευαστών, ο βαθμός απόδοσής τους και η ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο. Για τα φωτοβολταϊκά που βρίσκονται στον υβριδικό σταθμό φόρτισης οχημάτων χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που βρίσκονται στη διαδικτυακή βάση δεδομένων τα οποία, προκύπτουν από τους ρυθμιστές φόρτισης του συστήματος. Δημιουργήθηκαν 4 διαγράμματα ετήσιας παραγωγής για το κάθε τύπο πάνελ καθώς και ένα συγκεντρωτικό. Τέλος δημιουργήθηκε ένα γράφημα μηνιαίας παραγωγής και ακόμη ένα με την ετήσια συνολική.



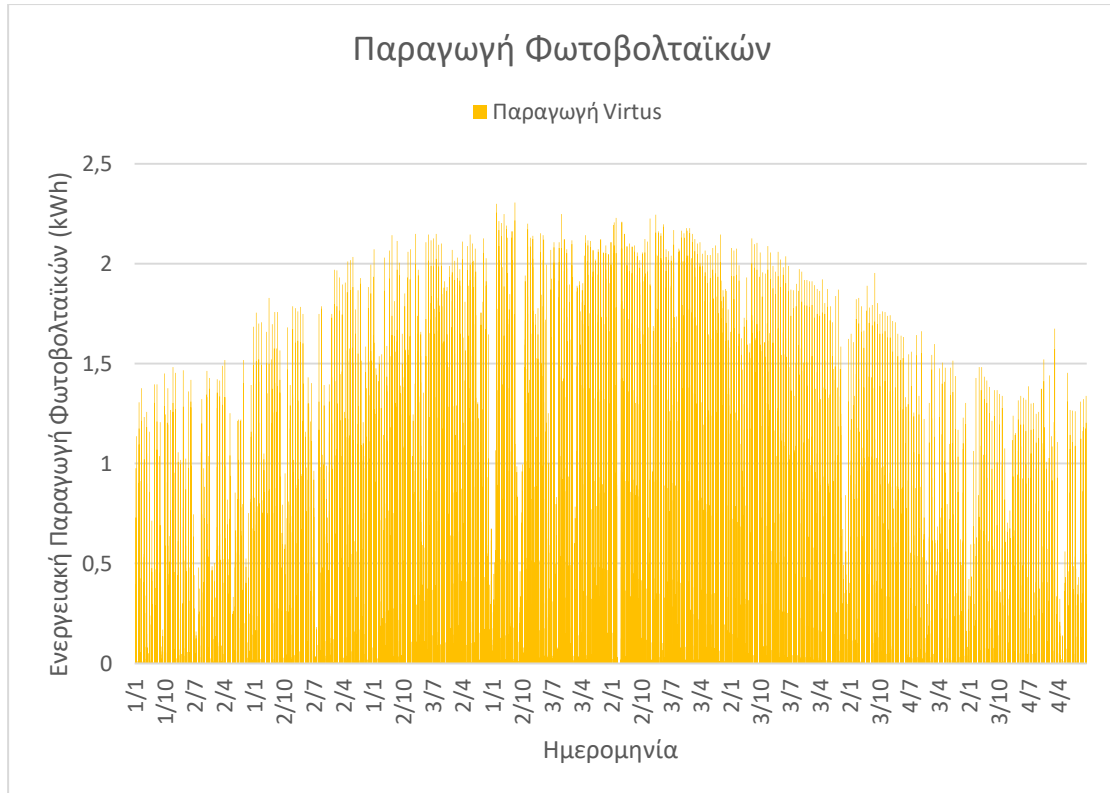
Διάγραμμα 88: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Phaesun στην οροφή της αίθουσας Γ015.



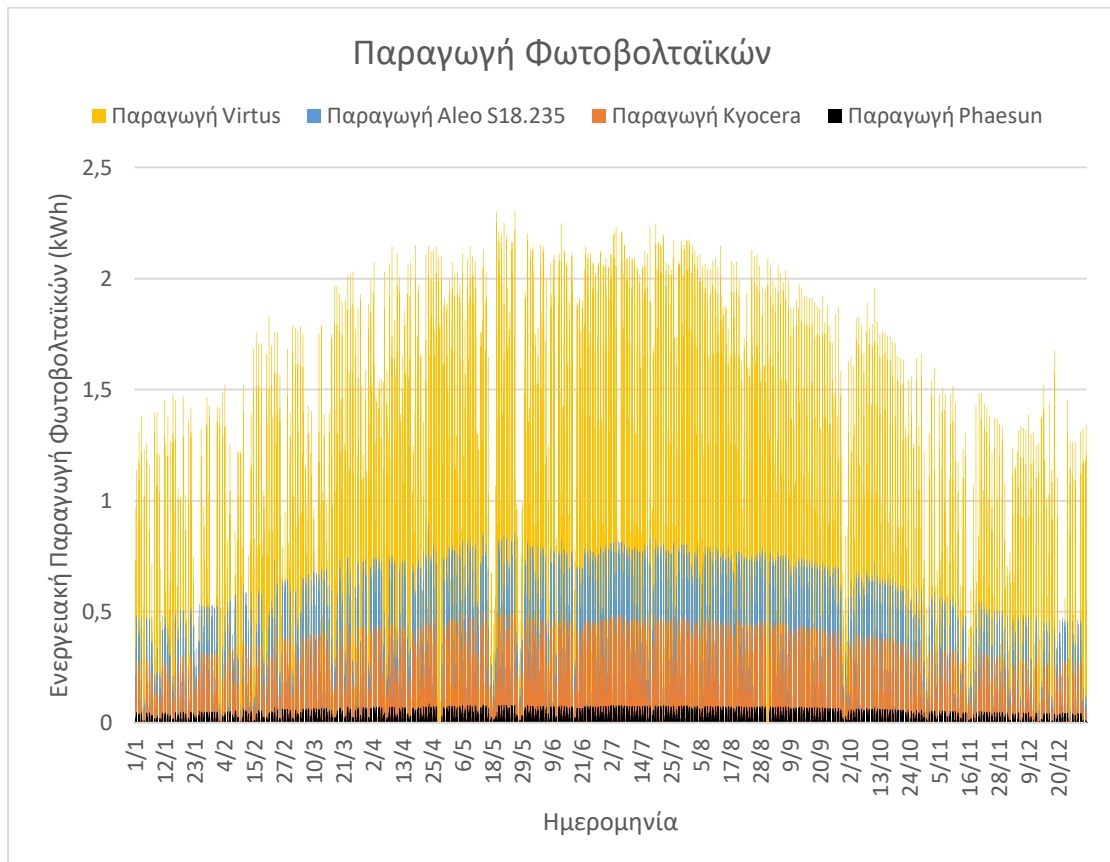
Διάγραμμα 89: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Kyocera στην οροφή της αίθουσας Γ015.



Διάγραμμα 90: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων Aleo στην οροφή της αίθουσας Γ015.



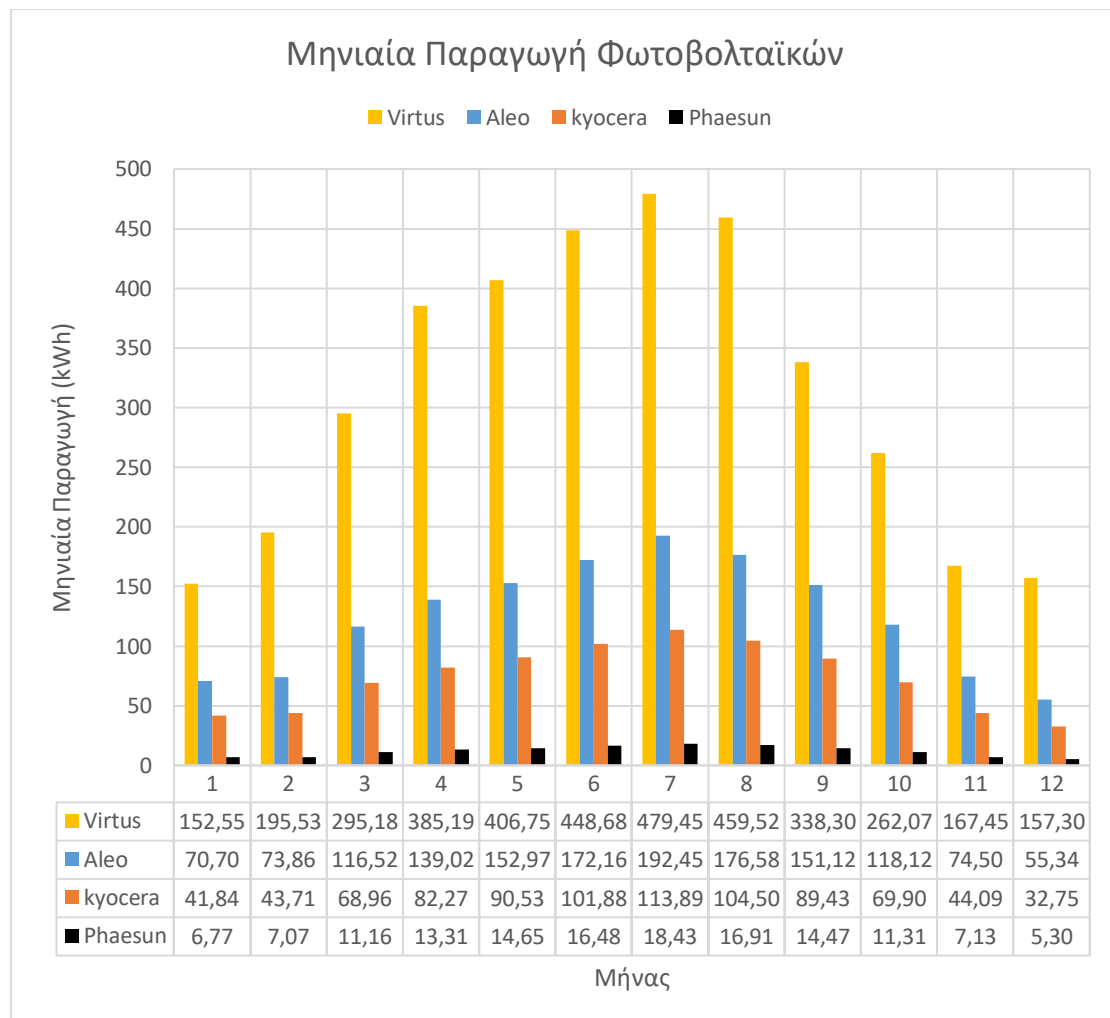
Διάγραμμα 91: Ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ Virtus του υβριδικού σταθμού φόρτισης οχημάτων.



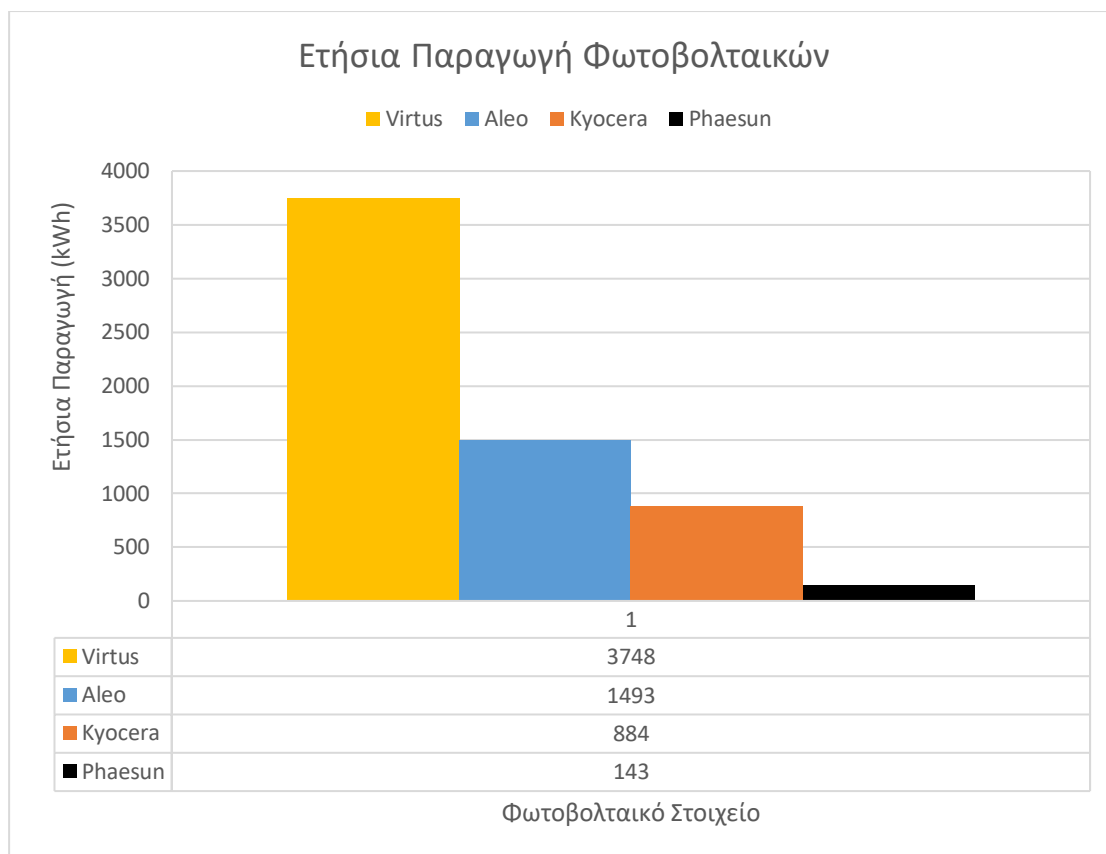
Διάγραμμα 92: Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιας κατανομής της ενεργειακής παραγωγής όλων των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Παρατηρώντας το προηγούμενο γράφημα διαπιστώνεται ότι ο υβριδικός σταθμός φόρτισης είναι εκείνος ο οποίο συμβάλει στη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από το σύνολο των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Η παραγωγή από τα Virtus ανέρχεται στην 1,4kWh κατά του Χειμερινούς μήνες και στην 2,3kWh κατά τους θερινούς μήνες. Ακολουθούν οι παραγωγές των νέο-εγκατεστημένων πάνελ Aleo με διακύμανση από 0,5kWh μέχρι 0,8kWh αντίστοιχα, η παραγωγή των παλιών Kyocera με μέγιστη διακύμανση από 0,25-0,45kWh και τέλος τα Phaesun.

Η παραγωγή μπορεί να φανεί πιο ξεκάθαρα στο διάγραμμα μηνιαίων παραγωγών με τις μέγιστες να εμφανίζονται των μήνα Ιούλιο και τις ελάχιστες το μήνα Δεκέμβριο, στην κάθε περίπτωση πάνελ.



Διάγραμμα 93: Μηνιαία παραγωγή όλων των διαθέσιμων φωτοβολταϊκών πλαισίων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.



Διάγραμμα 94: Συγκριτικό γράφημα ετήσιας παραγωγής εγκατεστημένων φωτοβολταικών πλαισίων.

Στο σύνολο της φωτοβολταικής παραγωγής τα Virtus παράγουν 3748kWh, τα Aleo 1493kWh, τα Kyocera 884kWh και τα Phaesun μόλις 143kWh ετησίως. Προσθέτοντας τις τέσσερις παραγωγές προκύπτει ότι συνολικά τα φωτοβολταικά τα οποία βρίσκονται ήδη εγκατεστημένα στο Ίδρυμα εκτιμάτε ότι έχουν δυνατότητα παραγωγής 6268kWh ετησίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

10.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μελέτη διαστασιολόγησης υβριδικού σταθμού, ο οποίος θα ηλεκτροδοτήσει τα φορτία του εργαστηρίου των Ηπίων Μορφών Ενέργειας του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Το συνολικό εμβαδόν του εργαστηρίου είναι περίπου 90τ.μ, και στεγάζει γραφεία καθηγητών μία αίθουσα διδασκαλίας και το χώρο του εργαστηρίου και των πειραματικών διατάξεων.

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να μελετηθούν διαφορά σενάρια τόσο από πρακτικής όσο και οικονομικής άποψης. Τα σενάρια αποτελούνται από συνδυασμούς φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών και συσσωρευτών. Σημειώνεται ότι δεν θα χρησιμοποιηθεί γεννήτρια πετρελαίου και τα συστήματα που θα προκύψουν θα καλύπτουν μερικώς την κατανάλωση και θα είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο ή θα είναι μη διασυνδεδεμένα και εντελώς αυτόνομα. Επίσης θα εξεταστεί το κατά πόσο τα δύο ήδη υπάρχοντα εγκατεστημένα συστήματα καλύπτουν τα φορτία κατανάλωσης. Επιπλέον θα αναλυθεί η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη διαστασιολόγηση βάση της ανάλυσης των δεδομένων που επεξεργάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και θα χρησιμοποιηθούν τα τρία προφίλ κατανάλωσης που δημιουργήθηκαν.

10.2 Διαδικασία Διαστασιολόγησης

Κατόπιν πειραματικής διαδικασίας που διήρκησε ένα χρόνο και αφορούσε τη μέτρηση των καταναλώσεων του εργαστηρίου με χρήση μετρητή κατανάλωσης ενέργειας δημιουργήθηκε το πραγματικό προφίλ κατανάλωσης. Ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων δημιουργήθηκαν άλλα δυο προφίλ από τα οποία το ένα είναι το τυπικό και το άλλο αφορά το πραγματικό με αφαίρεση των υψηλών φορτίων της νύχτας.

Στη συνέχεια έγινε λήψη κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία και ακολούθησε η εκτίμηση του δυναμικού τους στη συγκεκριμένη περιοχή. Επιπλέον έγινε αναγωγή της ταχύτητας του ανέμου με τη χρήση μαθηματικών εργαλείων από τη μετρούμενη στα 15μ (ύψος εγκαταστημένης ανεμογεννήτριας) στο ύψος των 35μ καθώς διαπιστώθηκε ότι το αιολικό δυναμικό της περιοχής είναι πολύ φτωχό. Βάση των κλιματολογικών δεδομένων που επικράτησαν έγινε εκτίμηση της παραγωγής των ήδη υπάρχοντων συστημάτων με τη χρήση των καμπυλών λειτουργίας για την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά του σταθμού 1. Για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών του Carport χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα όπως αυτά προέκυψαν από του μετρητές και εξήχθησαν από τη διαδραστική πλατφόρμα του συστήματος.

Αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα δεδομένα έγινε χρήση υπολογιστικού προγράμματος που δημιουργήθηκε σε Excel. Το πρόγραμμα αυτό βρίσκεται υπό την κατοχή του επιστημονικού προσωπικού του τμήματος και έλαβε τις εξής παραμέτρους:

Πίνακας 12: Παράμετροι διαστασιολόγησης

Πίνακας Παραμέτρων			
	Συμβολισμός	Μονάδες	Τιμή
Κατανάλωση φορτίων	Cons	kWh	X (Ορίζεται από το χρήστη)
Ταχύτητα ανέμου	V_w	m/s	X (Ορίζεται από το χρήστη)
Ηλιακής ακτινοβολίας	G	W/m ²	X (Ορίζεται από το χρήστη)
Ισχύς φωτοβολταϊκών	P_{pv}	kW	4,5-50
Ισχύς ανεμογεννήτριας	P_w	kW	0,9-10,9
Μέγεθος συσσωρευτών	ESS	kWh	49-240
Βαθμός απόδοσης εισαγωγής	n_{in}	%	85
Βαθμό απόδοσης εξαγωγής	n_{out}	%	85
Βάθος εκφόρτισης συσσωρευτών	DOD	%	80
Ταχύτητα ανέμου εκκίνησης της ανεμογεννήτριας	V_c	m/s	4
Ταχύτητα ανέμου ασφαλείας (βέλτιστης λειτουργίας)	V_r	m/s	10
Μέγιστη ταχύτητα ανέμου λειτουργίας ανεμογεννήτριας	V_f	m/s	25

Στη συνέχεια το πρόγραμμα υπολογίζει για την κάθε ώρα του έτους (8760h) την παραγωγή της ανεμογεννήτριας, την παραγωγή των φωτοβολταϊκών, της αποθήκευση ενέργειας και το τελικό έλλειμά ως εξής:

Παραγωγή ανεμογεννήτριας P_w (kWh) βάση των παρακάτω εξισώσεων

$$P_w = 0$$

$$V_w < V_c$$

$$P_w = \left[\frac{V_w}{V_r - V_c} + \left(\frac{V_c}{V_r - V_c} \right) \right] * N_w$$

$$V_c < V_w < V_r$$

$$P_w = N_w$$

$$V_r < V_w < V_f$$

$$P_w = 0$$

$$V_w > V_f$$

Παραγωγή φωτοβολταϊκών P_{pv} (kWh) βάση της παρακάτω εξίσωσης

$$P_v = G * N_{pv}$$

Συνολική παραγωγή από ΑΠΕ

Για την αποθήκευση ενέργειας υπολογίζεται στο excel η διαφορά της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ με το ωριαίο φορτίο ζήτησης. Αν η διαφορά ενέργειας είναι μεγαλύτερη του μηδενός τότε σημαίνει ότι υπάρχει περίσσεια ενέργειας και μπορεί να αποθηκευτεί με βαθμό απόδοσης εισόδου στις μπαταρίες ($\eta_{in}=85\%$). Σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή η παραπάνω διαφορά είναι μικρότερη του μηδενός, τότε υπάρχει έλλειμα ενέργειας και το σύστημα εκφορτίζεται με βαθμό απόδοσης ($\eta_{out}=85\%$). Η κατάσταση φόρτισης (SOC) ορίζεται ως το σημείο που μπορεί να βρίσκεται η κατώτερη στάθμη της μπαταρίας όπως αυτή έχει οριστεί βάση του βάθους εκφόρτισης ($DOD=80\%$ της ονομαστικής ισχύος του υπό εξέταση συσσωρευτή). Η περίσσεια ενέργειας προστίθεται στην κατώτερη στάθμη του συσσωρευτή που έχει οριστεί και σταματάει να συμβαίνει αυτό όταν υπάρχει πλήρη φόρτιση στην ονομαστική του τιμή. Όταν στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει έλλειμα τότε αφαιρείται ενέργεια από το συσσωρευτή σε όποια κατάσταση φόρτισης και αν βρίσκεται μέχρι να φτάσει στην κατώτερη του. Αν γίνει αυτό και δεν υπάρχει ούτε κάλυψη από ΑΠΕ αλλά ούτε και κάλυψη από συσσωρευτή τότε το πρόγραμμα δίνει πίσω το τελικό έλλειμά και η ώρα του έτους που συμβαίνει αυτό χαρακτηρίζεται ως ώρα απόρριψης. Αυτό συμβαίνει για κάθε ώρα του έτους κάθε φορά και υπολογίζονται όλες οι ώρες απόρριψης από την κάθε περίπτωση εγκατεστημένου συστήματος και έτσι προκύπτει ο συντελεστής κάλυψης. Επιπλέον ορίστηκαν οι τιμές κόστους ανά kWh για την ανεμογεννήτρια, τα φωτοβολταϊκά, τους συσσωρευτές και τα λοιπά ηλεκτρονικά, λαμβάνοντας υπό όψιν τις τρέχουσες τιμές της αγοράς, με σκοπό να δοθεί μία εκτίμηση του επενδυτικού κόστους.

Πίνακας 13: Κόστη εγκατάστασης

	Ανεμογεννήτρια	Φωτοβολταϊκά	Συσσωρευτές	Ηλεκτρονικά
Τιμή	1800 Ευρώ	1250 Ευρώ	400 Ευρώ	10% του επενδυτικού κόστους

Αρχικά, αναφέρεται ότι τα δύο υπάρχοντα συστήματα που βρίσκονται στην κατοχή του τμήματος μπορούν καλύψουν τη συνολική κατανάλωση του εργαστηρίου στο 50 με 60%. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στην επιλογή του προφίλ κατανάλωσης, το οποίο διαφέρει από έτος σε έτος εξού και η δημιουργία του τυπικού από το πραγματικό. Έτσι χρησιμοποιώντας τη συνολική ισχύ των δύο συστημάτων (Ανεμογεννήτρια-0,9kW , Φωτοβολταϊκά – 4,5kW , Συσσωρευτές – 50kWh) σαν βάση ξεκίνησε η διαστασιολόγηση του συστήματος με τις εξής παραδοχές.

- Για την ανεμογεννήτρια εξετάστηκαν μόνο τρεις διαφορετικές περιπτώσεις εφόσον οι μετρούμενες τιμές ταχύτητας ανέμου έδειξαν φτωχό αιολικό δυναμικό και το σύστημα δεν θα πρέπει να βασίζεται τόσο στην επιλογή πληθώρας ανεμογεννητριών. Έτσι εξετάστηκε η περίπτωση της αρχικής ανεμογεννήτριας στα 0,9kW και η χρήση επιπλέον ανεμογεννήτριας στα 5 και 10kW αντίστοιχα.
- Για τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιήθηκε η βάση των 4,5kW και εξετάστηκαν σενάρια χρήσης καινούριων πάνελ με βήμα 5kW ισχύος μέχρι την τελική εγκατεστημένη ισχύ των 50kW. Οι λόγοι που επιλέχθηκαν αυτές οι τιμές είναι

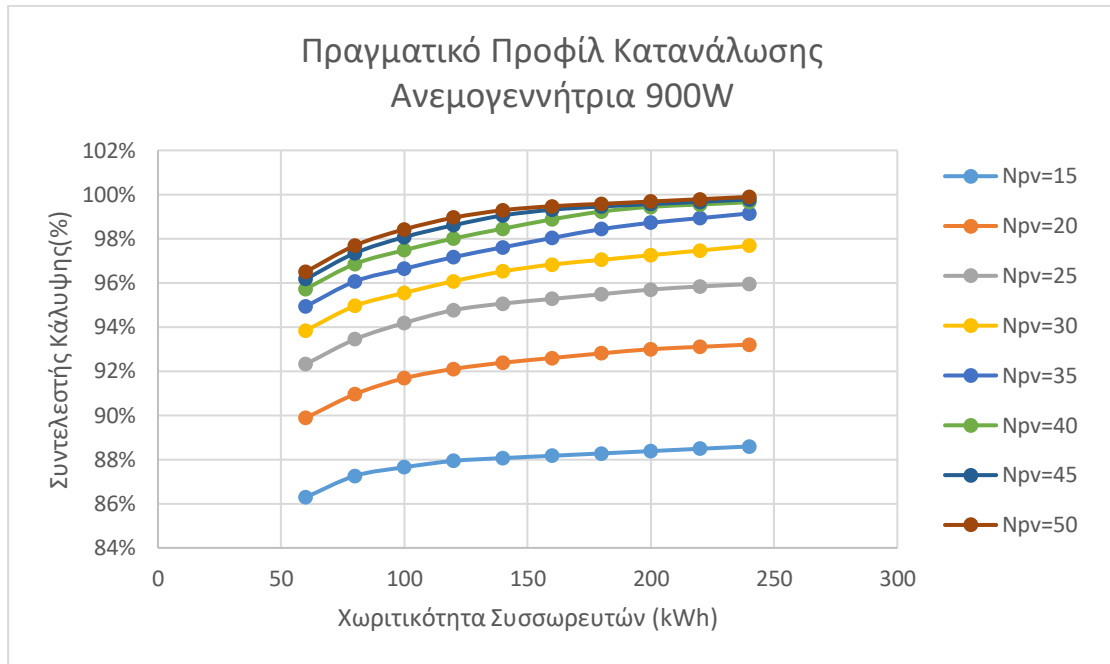
κυρίως λόγο του πλούσιου ηλιακού δυναμικού που επικρατεί στην περιοχή και δεύτερον λόγο του μεγάλου διαθέσιμου χώρου προς εγκατάσταση στην οροφή του κτηρίου Γ. Έτσι για την κάθε περίπτωση ανεμογεννήτριας που αναφέρθηκε, ξεκινώντας από την ήδη υπάρχουσα, μελετήθηκαν σενάρια φωτοβολταϊκών ανά 5kW μέχρι τα 50kW.

- Για τους συσσωρευτές η βάση των δύο συστημάτων είναι οι 50kWh. Το βήμα που επιλέχθηκε είναι οι 30kWh, πάλι για την κάθε περίπτωση ανεμογεννήτριας (0,9kW – 5,9kW – 10,9kW) καθώς επίσης και την κάθε περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος ανά 5kW. Η μέγιστη ισχύ μπαταριών που επιλέχθηκε είναι οι 220kWh η οποία αποτελεί, τη διπλάσια της μέγιστης ημερήσιας ισχύος κατανάλωσης του πραγματικού προφίλ που μετρήθηκε.

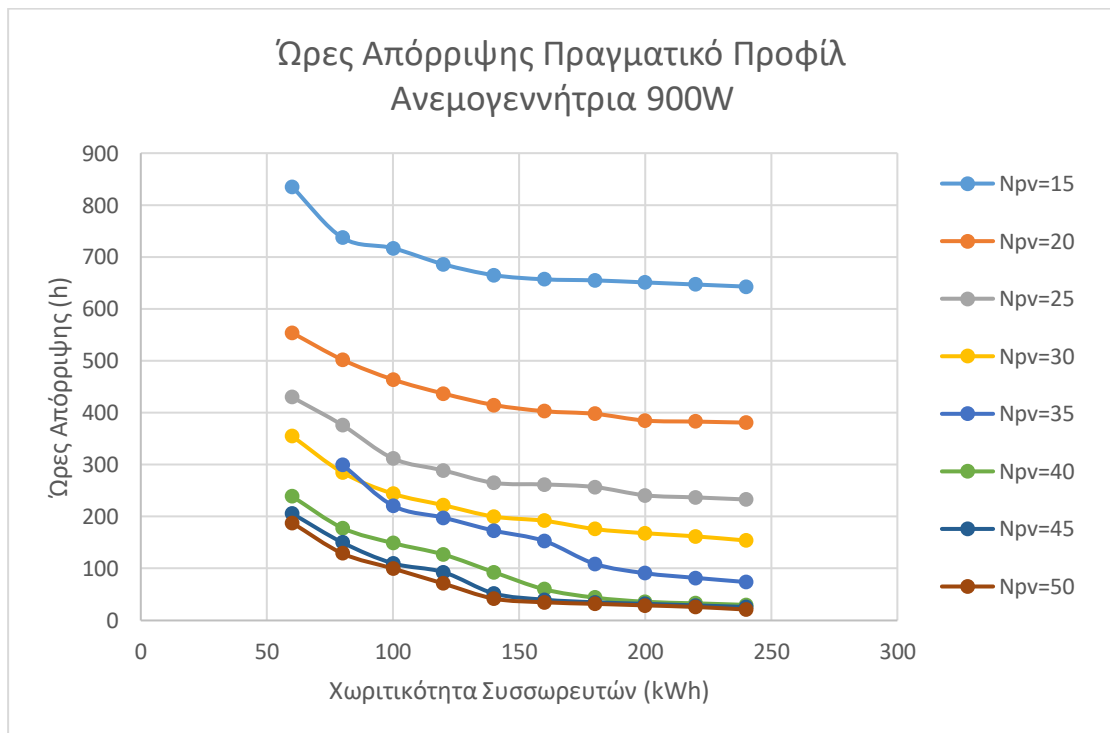
Αφού λοιπόν εξετάστηκαν όλα τα πιθανά σενάρια, έγινε η παραδοχή ότι τα προς λύση συστήματα θα είναι εκείνα που παρουσιάζουν αυτονομία μεγαλύτερη του 85% (συντελεστής κάλυψης) ανά προφίλ, μιας και ο αρχικός σκοπός ήταν η πλήρη κάλυψη των φορτίων του εργαστηρίου. Δημιουργήθηκαν, τρεις περιπτώσεις διαγραμμάτων ανά προφίλ κατανάλωσης (Πραγματικό-Τυπικό-Χωρίς φορτία νυκτός) σε τρεις περιπτώσεις χρήσης ανεμογεννήτριας. Τα διαγράμματα αφορούν συντελεστή κάλυψης συνάρτηση χωρητικότητας συσσωρευτών, ωρών απόρριψης συναρτήσσει χωρητικότητας συσσωρευτών και τέλος αρχικού επενδυτικού κόστους συναρτήσσει χωρητικότητας συσσωρευτών. Κάθε ένα από τα παρακάτω διαγράμματα αποτελείται από τις προτεινόμενες λύσεις συνδυασμού ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκών, συσσωρευτών ανά προφίλ καταναλώσεις. Επιπλέον δημιουργήθηκαν συγκεντρωτικοί πίνακες προτάσεων ανά προφίλ φιλτράροντας τα δεδομένα ως προς τις ώρες απόρριψης (0-100h, 100-200h, 200-300h) και αρχικού επενδυτικού κόστους κατά αύξουσα σειρά με σκοπό, να γίνει αντιληπτό το κατά πόσο το προφίλ κατανάλωσης επιρεάζει την αρχική επένδυση.

10.3 Αποτελέσματα Διαδικασίας

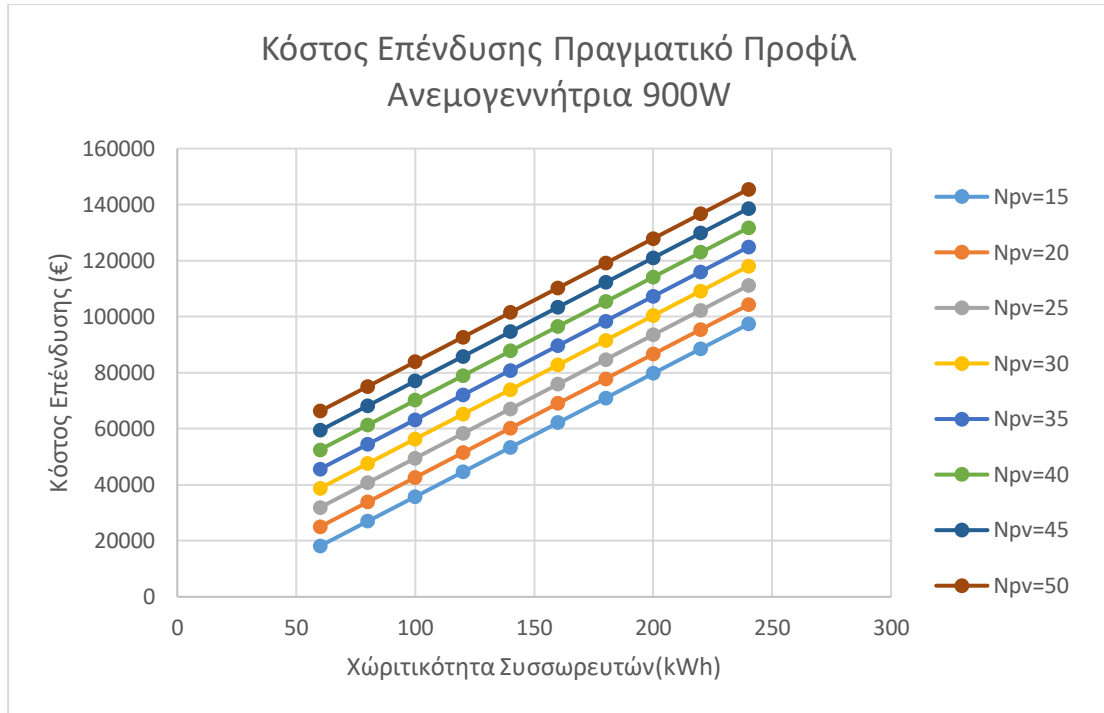
10.3.1 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης



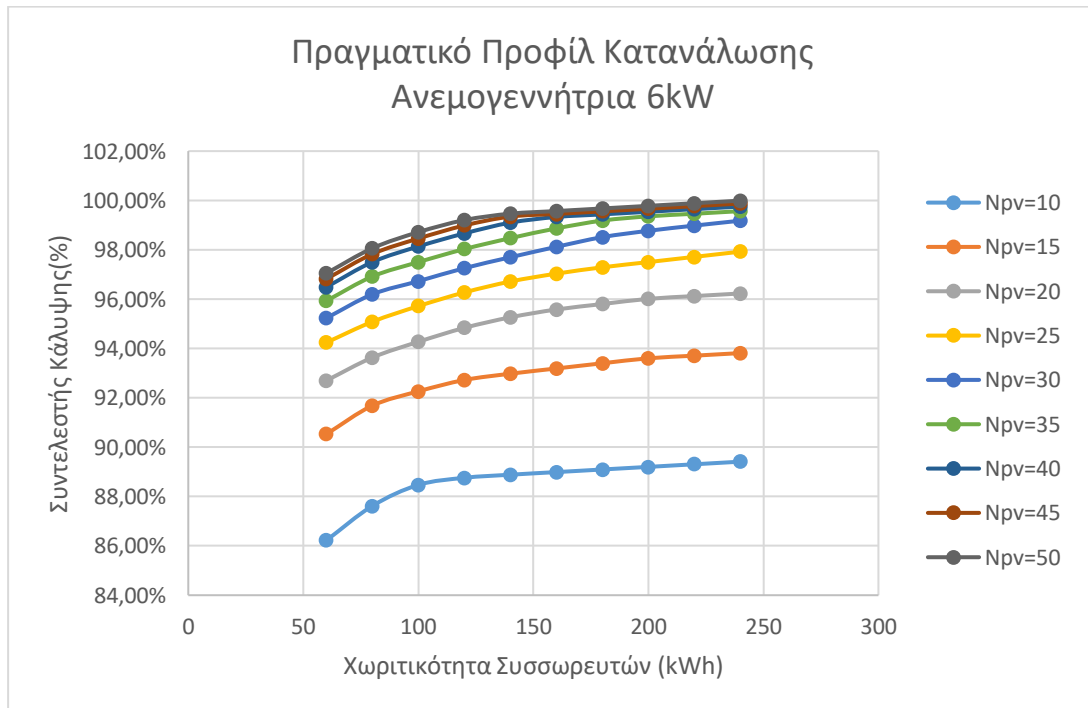
Διάγραμμα 95: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης.



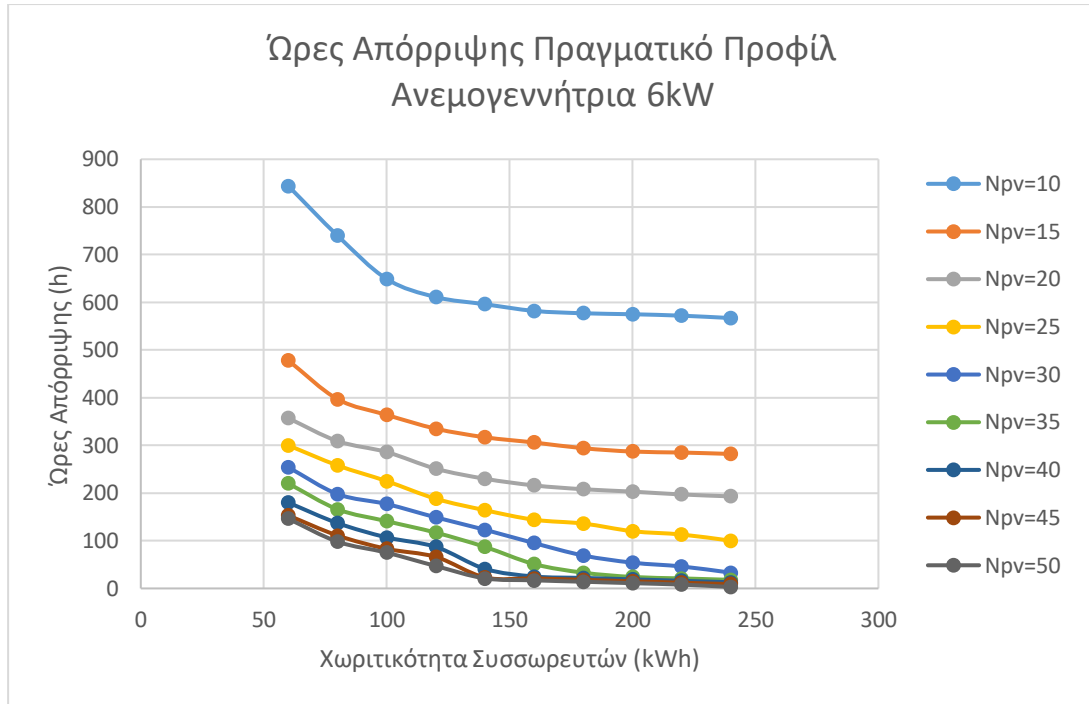
Διάγραμμα 96: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.



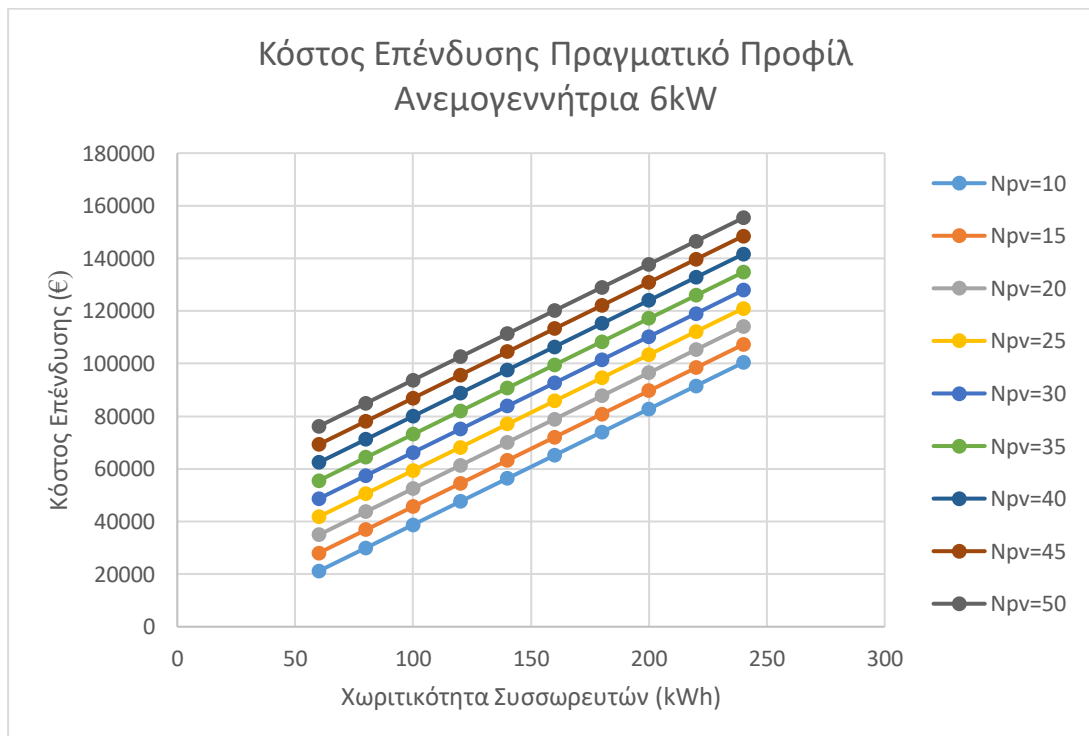
Διάγραμμα 97: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW - Πραγματικό προφίλ.



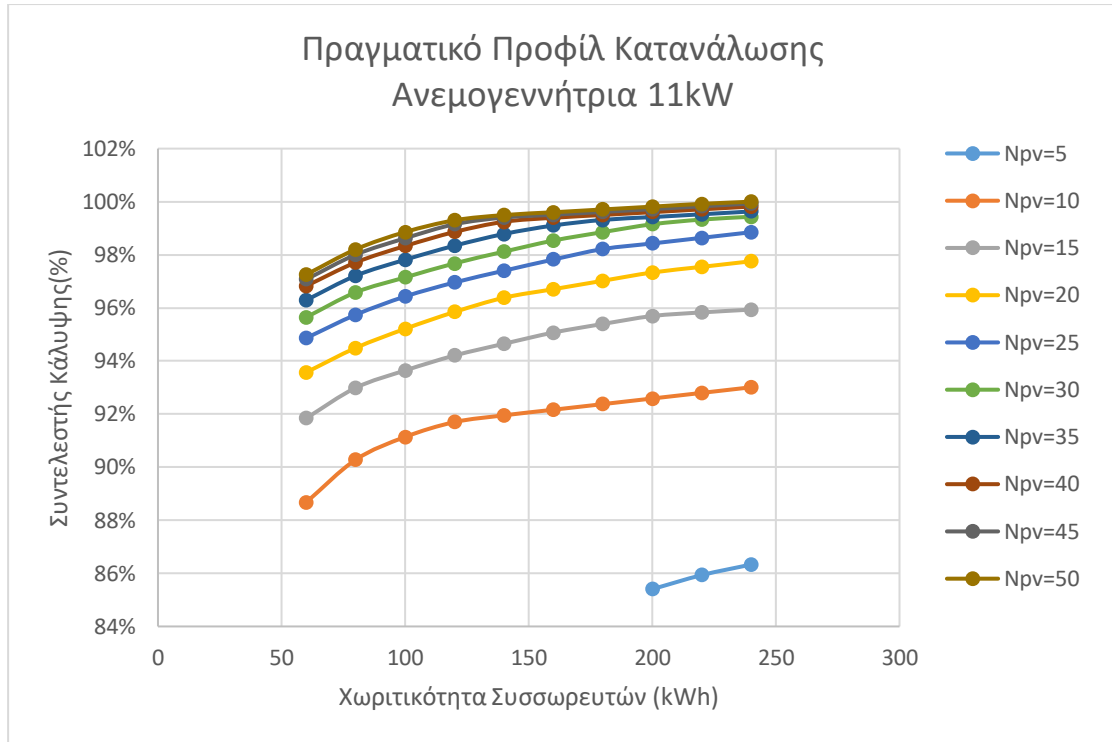
Διάγραμμα 98: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης



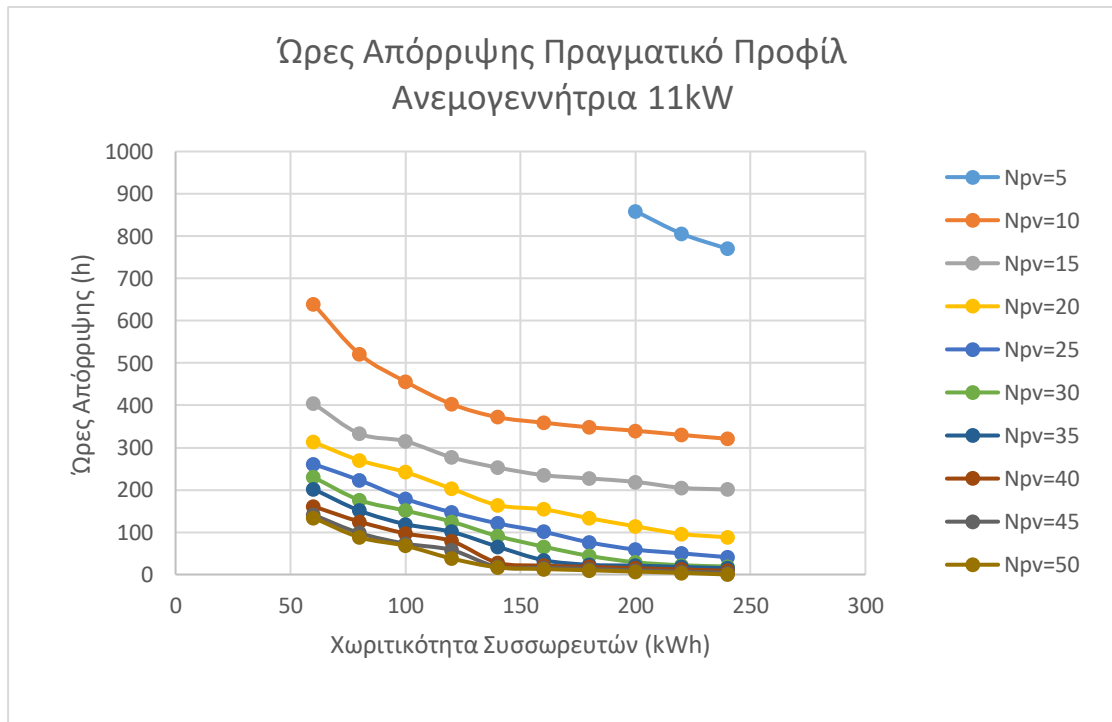
Διάγραμμα 99: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.



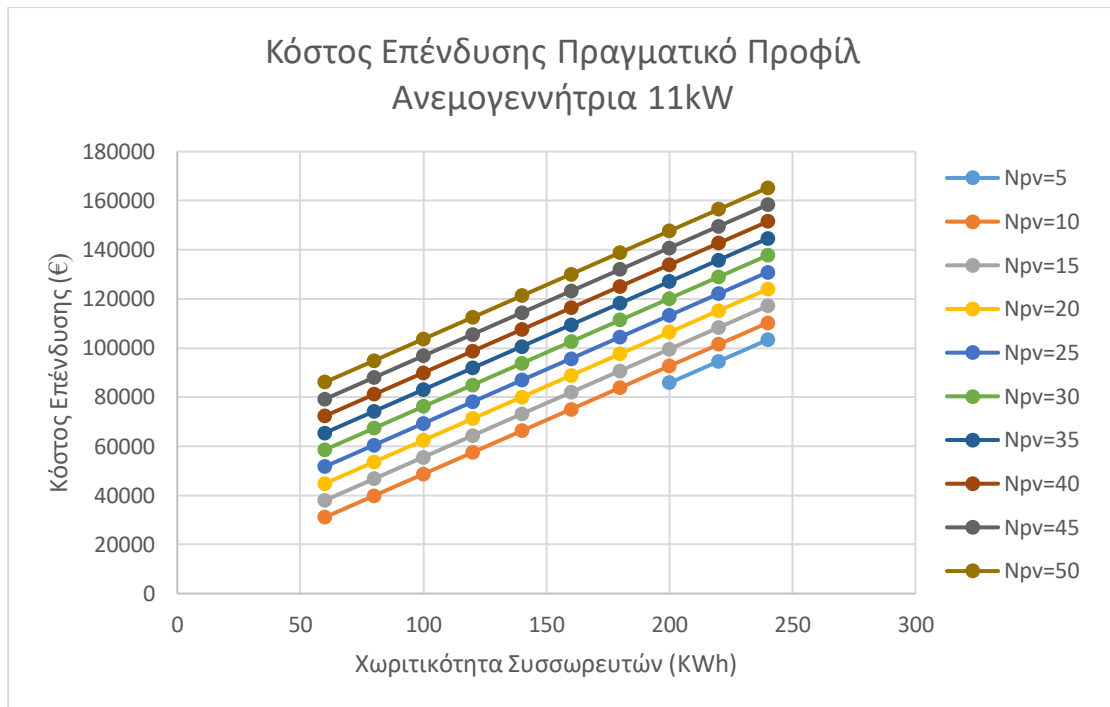
Διάγραμμα 100: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW - Πραγματικό προφίλ.



Διάγραμμα 101: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση συντελεστή κάλυψης - Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης.

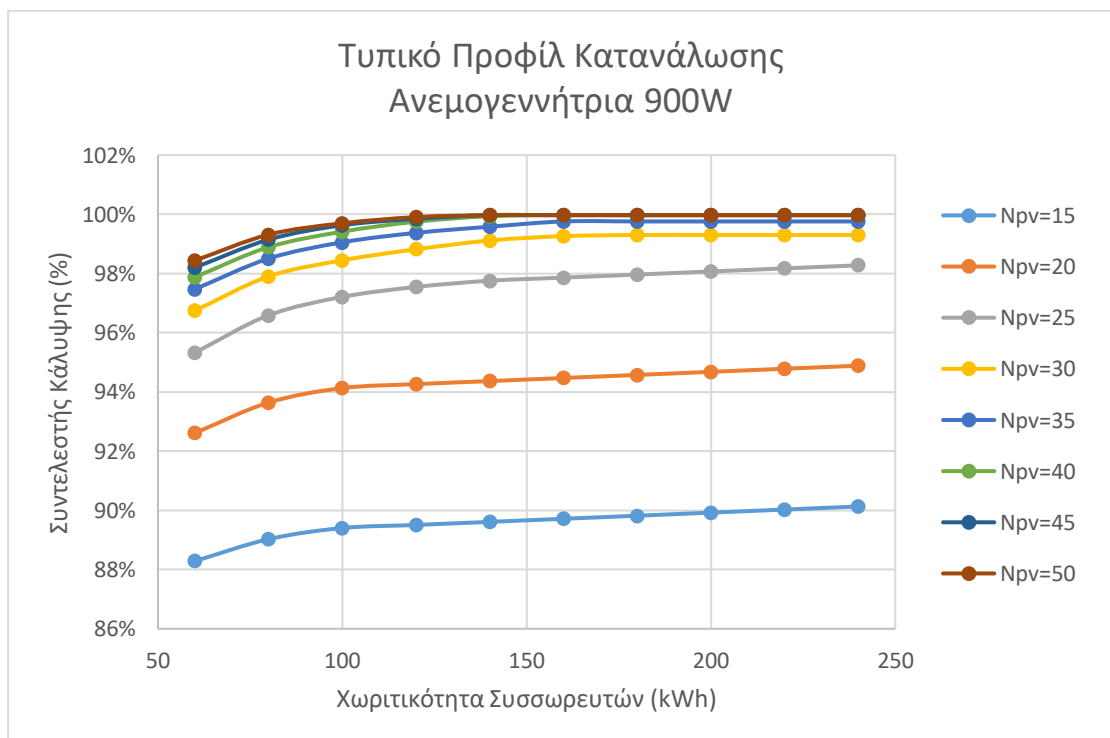


Διάγραμμα 102: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης - Πραγματικό προφίλ.

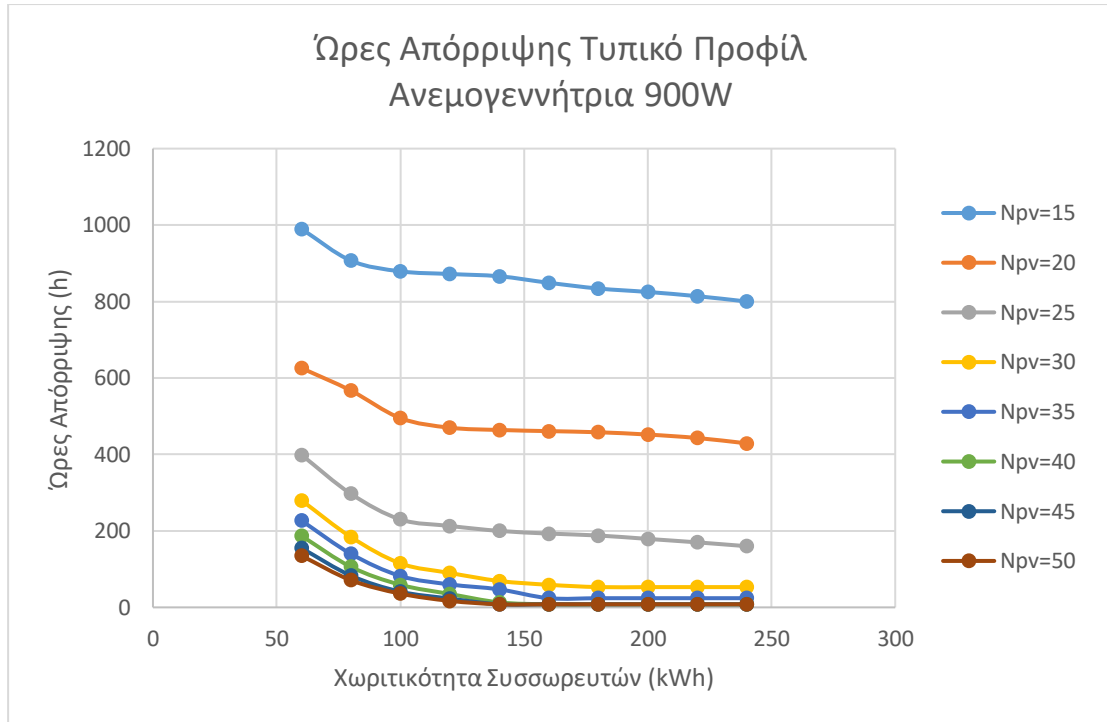


Διάγραμμα 103: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW - Πραγματικό προφίλ.

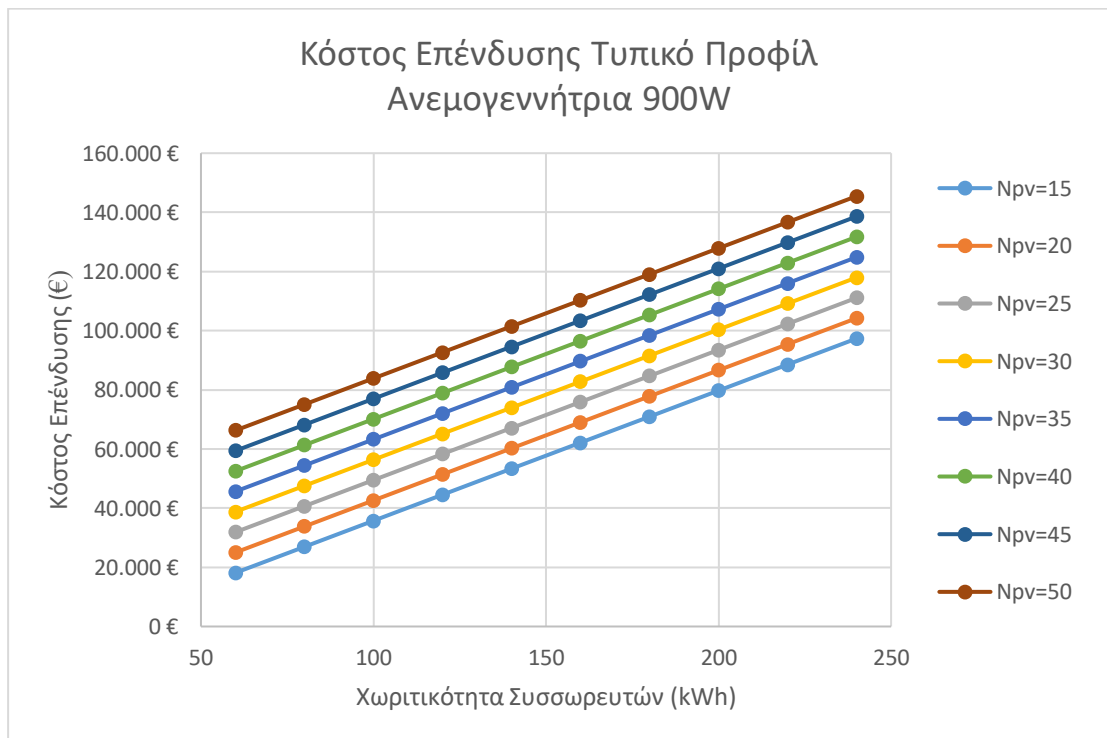
10.3.2 Τυπικό Προφίλ Κατανάλωσης



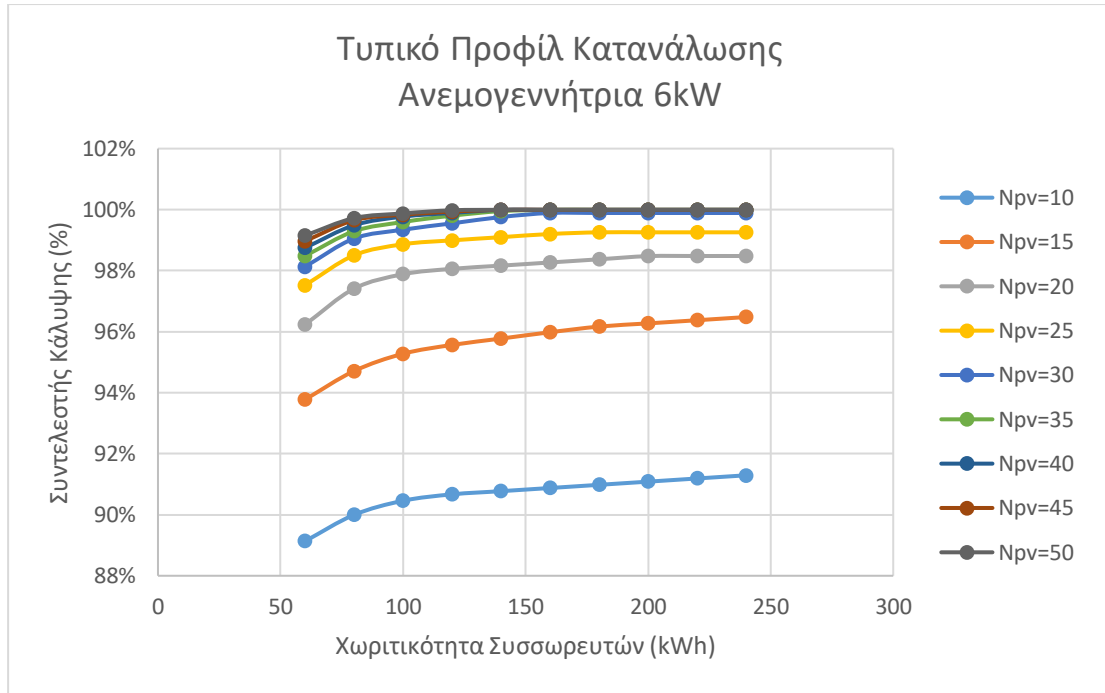
Διάγραμμα 104: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.



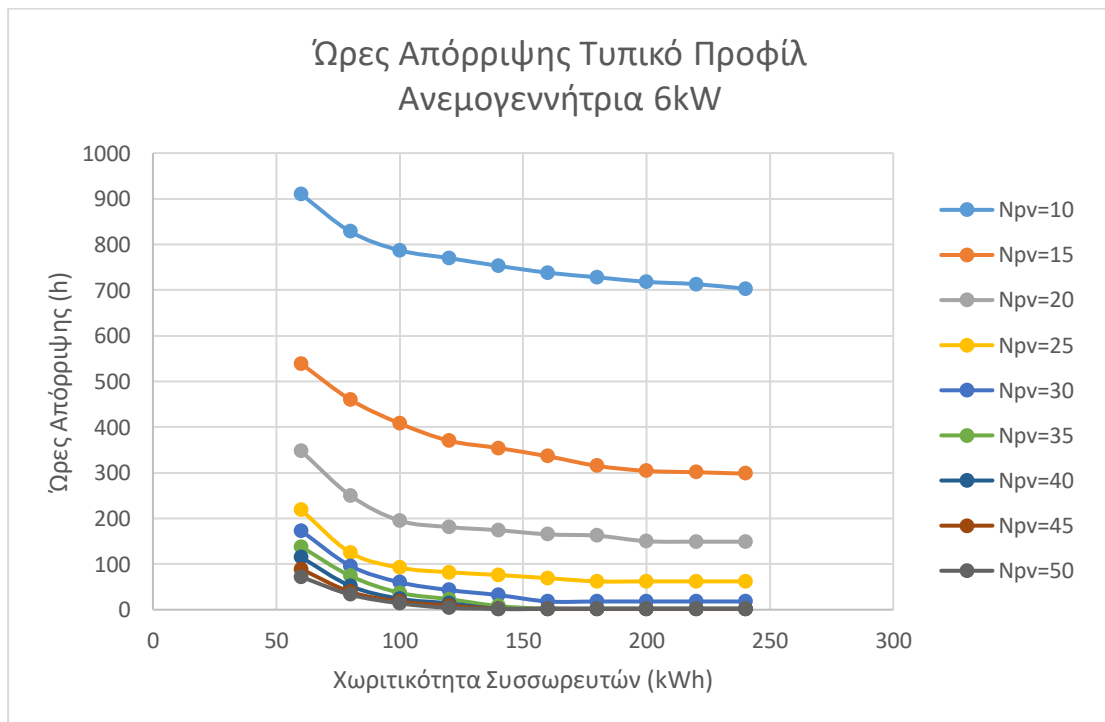
Διάγραμμα 105: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ.



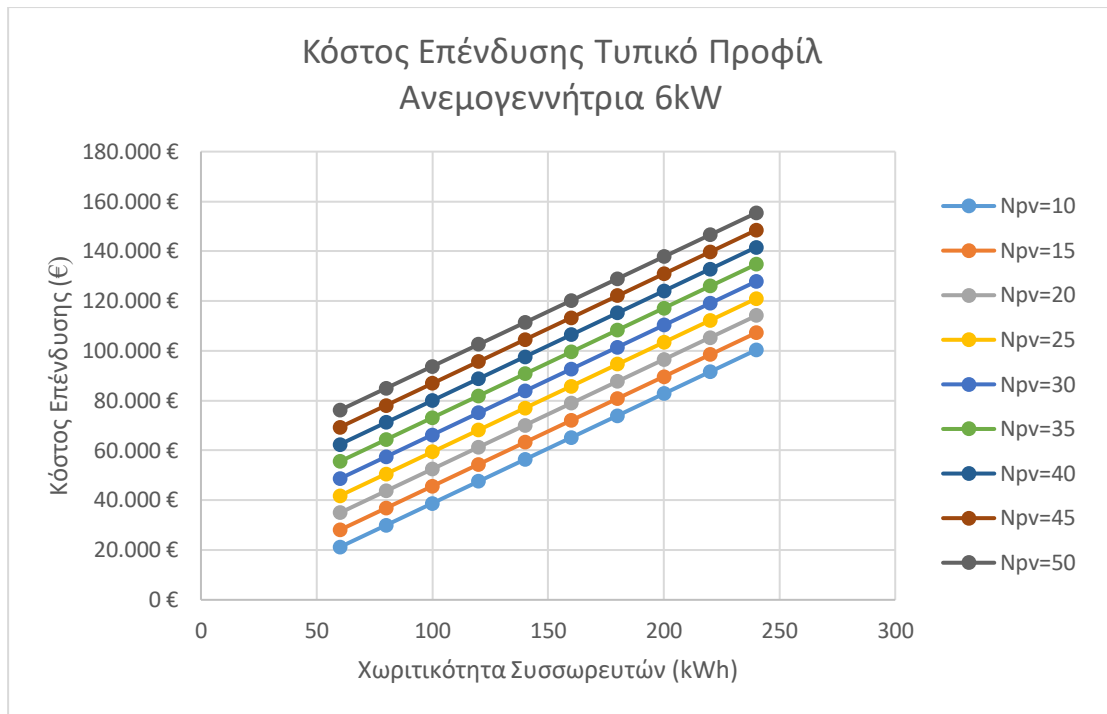
Διάγραμμα 106: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW - Τυπικό προφίλ



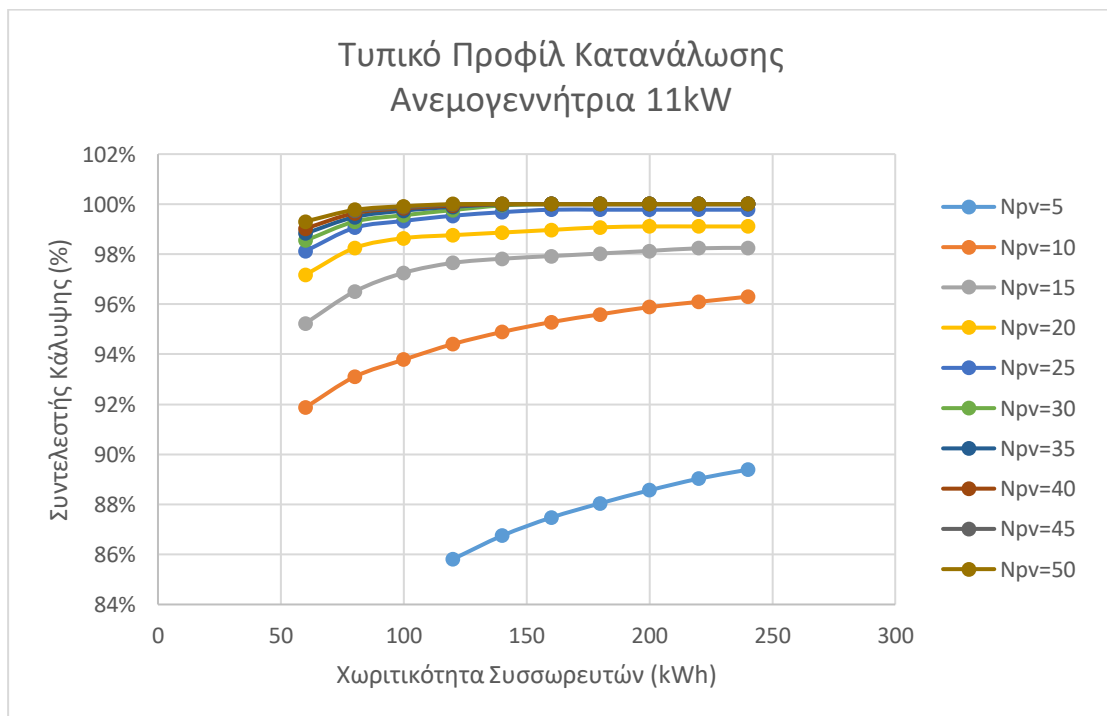
Διάγραμμα 107: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.



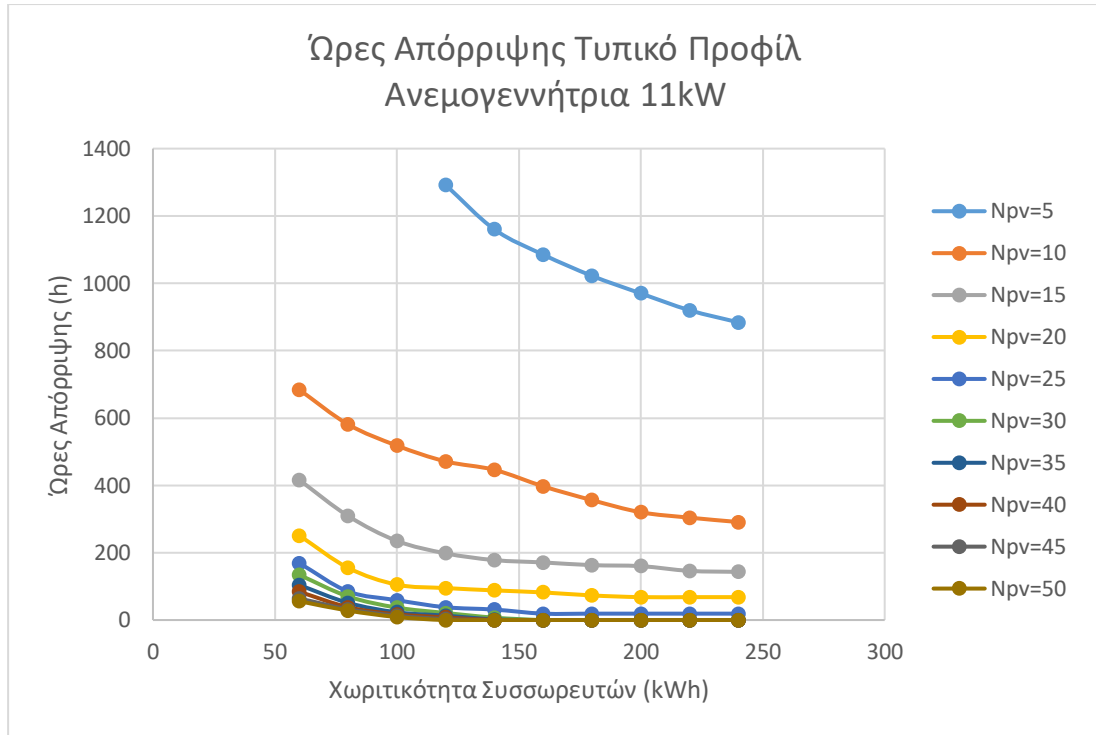
Διάγραμμα 108: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ



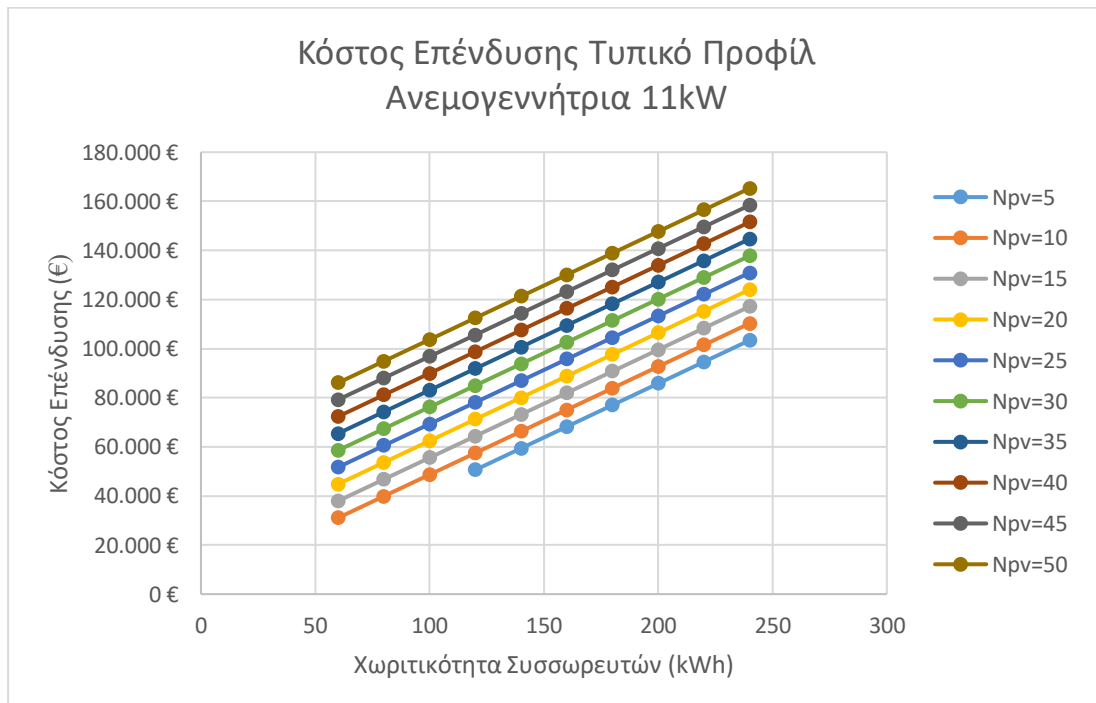
Διάγραμμα 109: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW - Τυπικό προφίλ



Διάγραμμα 110: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση συντελεστή κάλυψης – Τυπικό προφίλ κατανάλωσης.

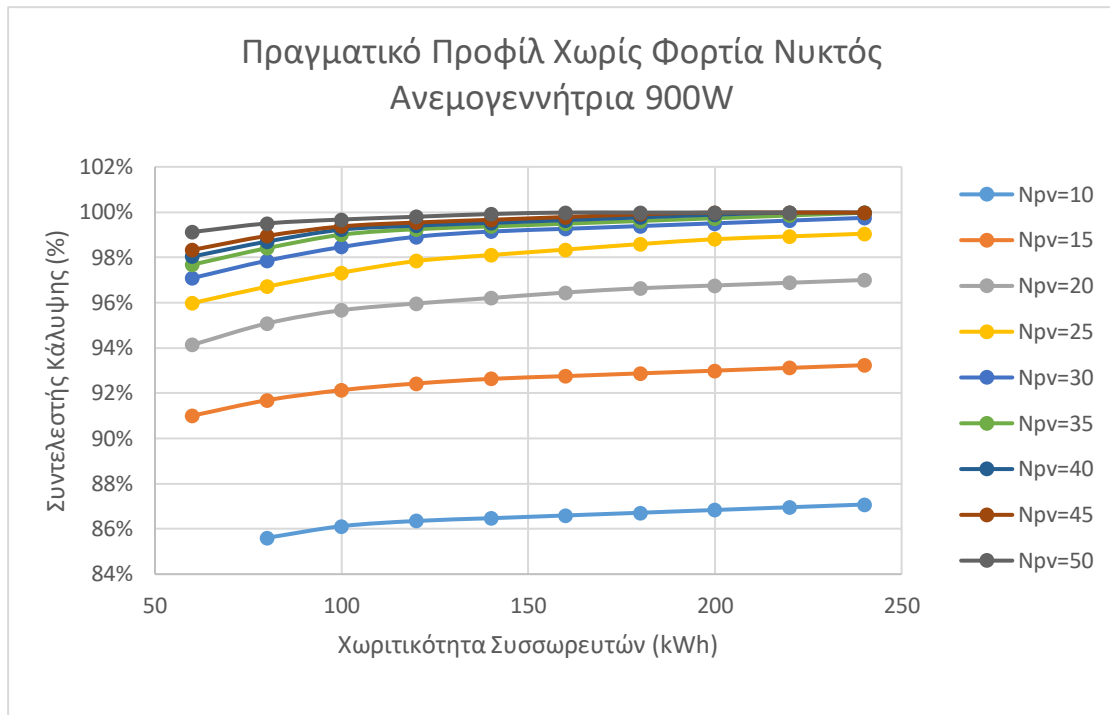


Διάγραμμα 111: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης - Τυπικό προφίλ

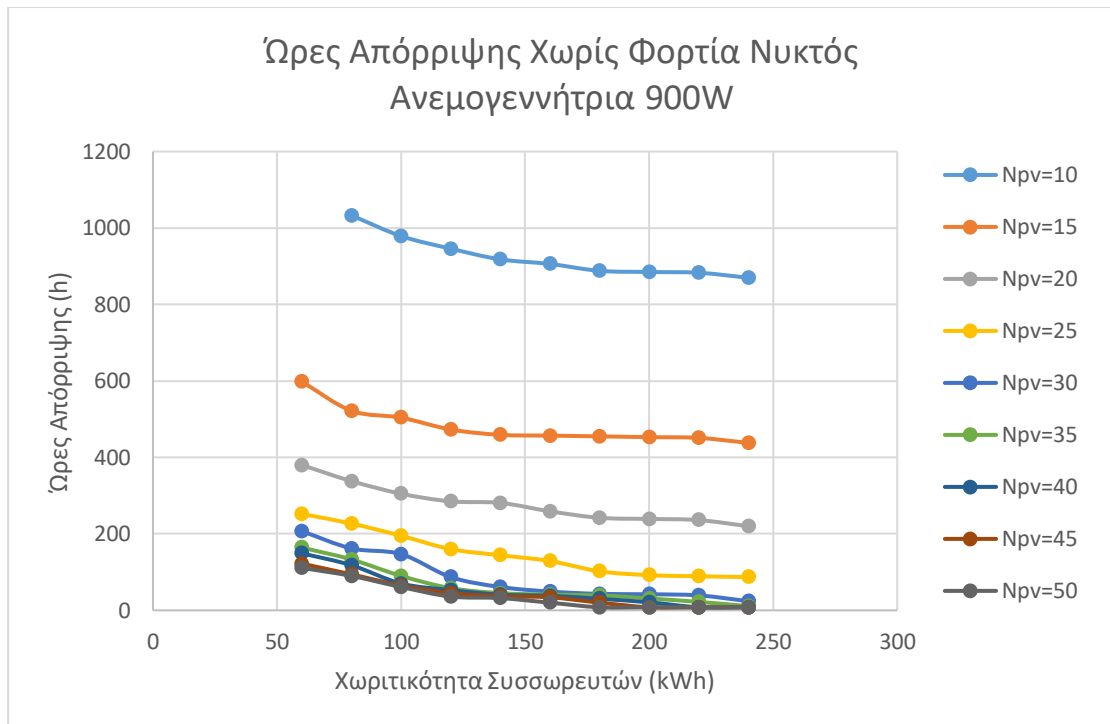


Διάγραμμα 112: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW - Τυπικό προφίλ

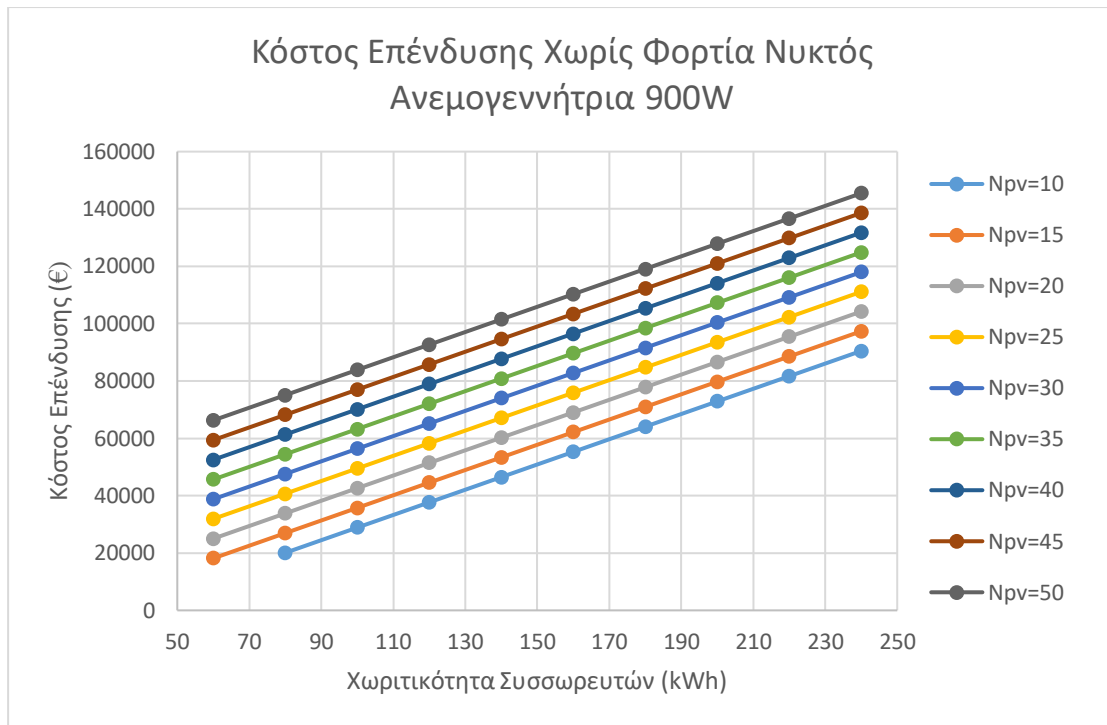
10.3.3 Πραγματικό Προφίλ Κατανάλωσης Χωρίς Φορτία Νυκτός



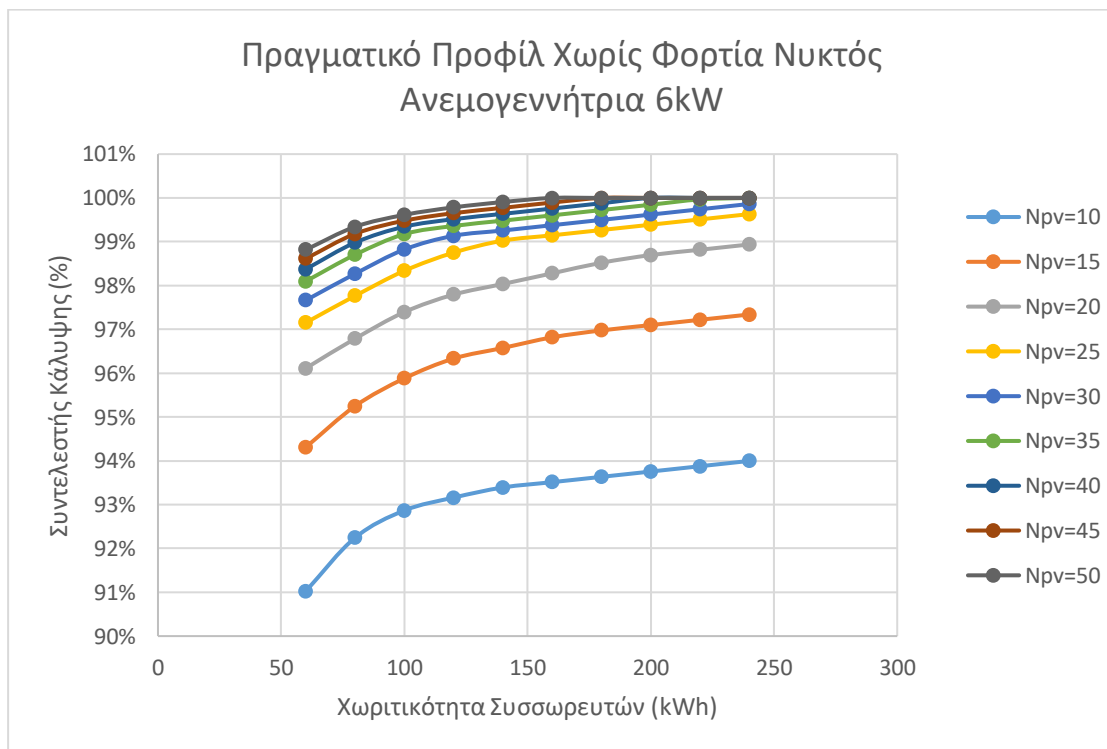
Διάγραμμα 113: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.



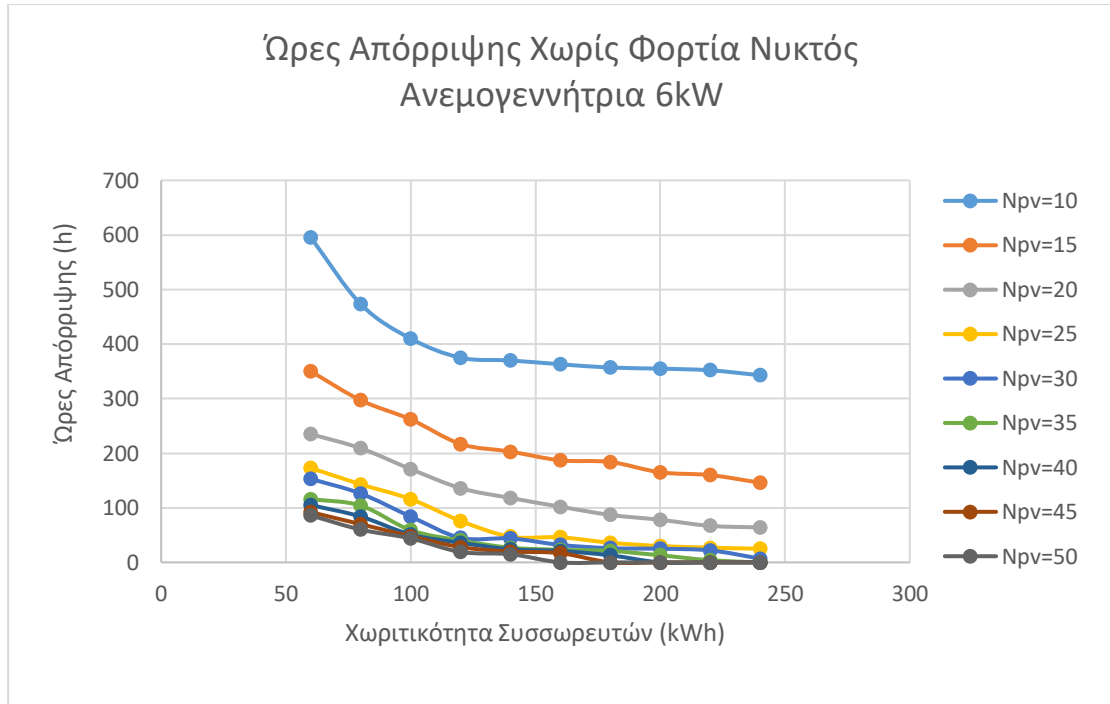
Διάγραμμα 114: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 0,9kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.



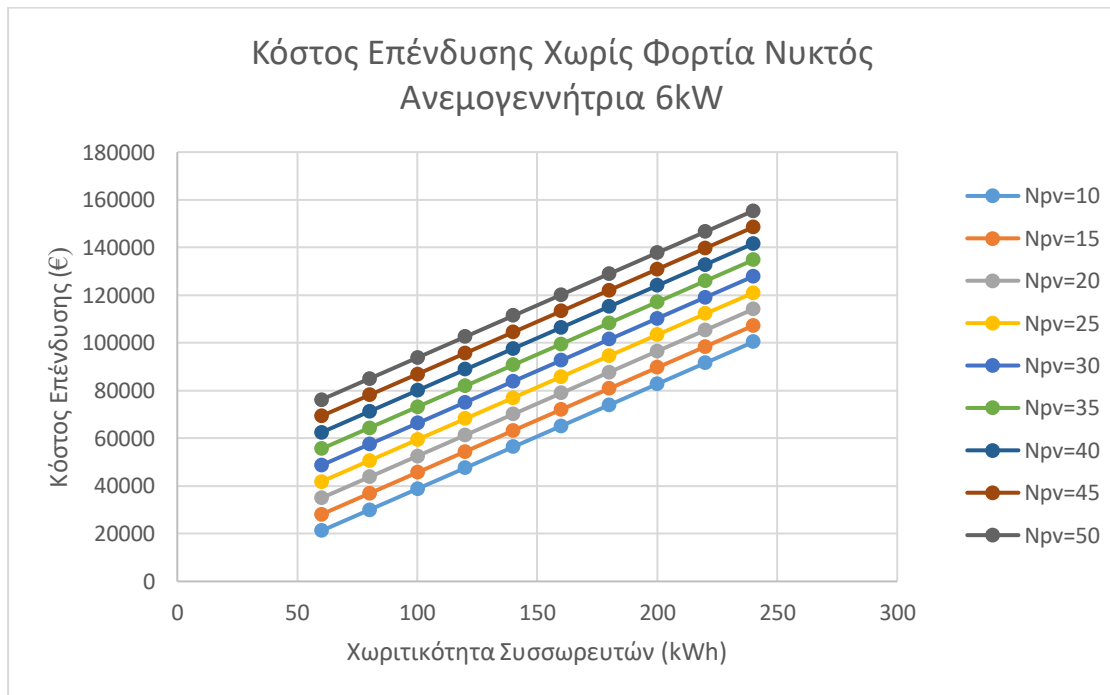
Διάγραμμα 115: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 0,9kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.



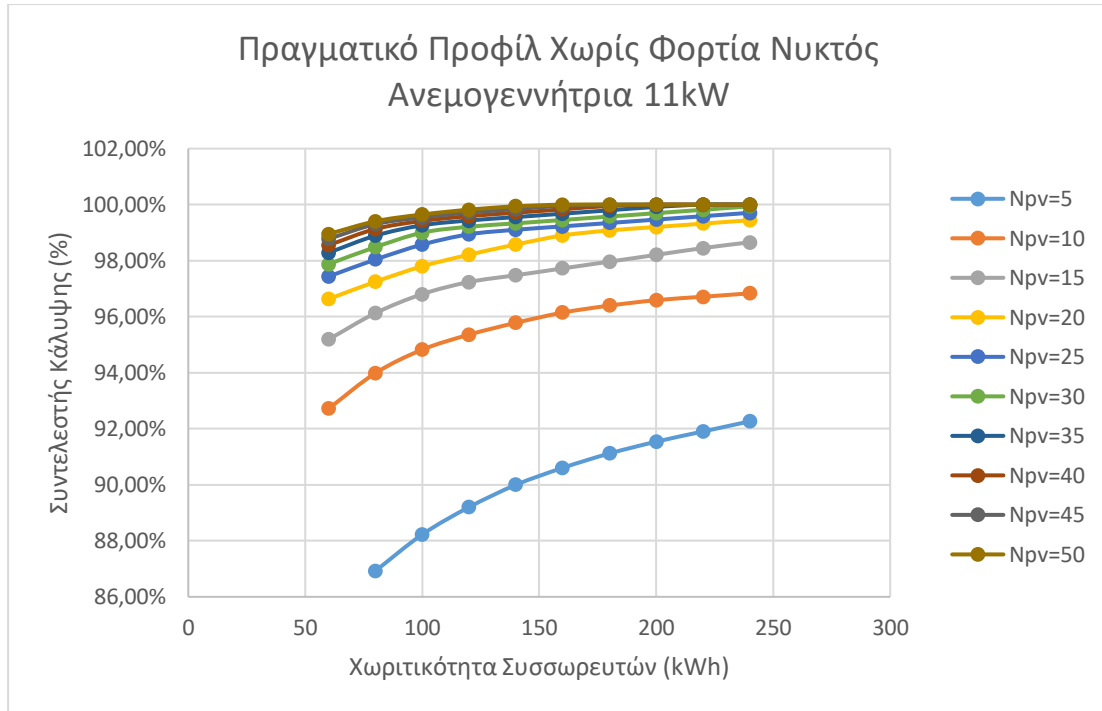
Διάγραμμα 116: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.



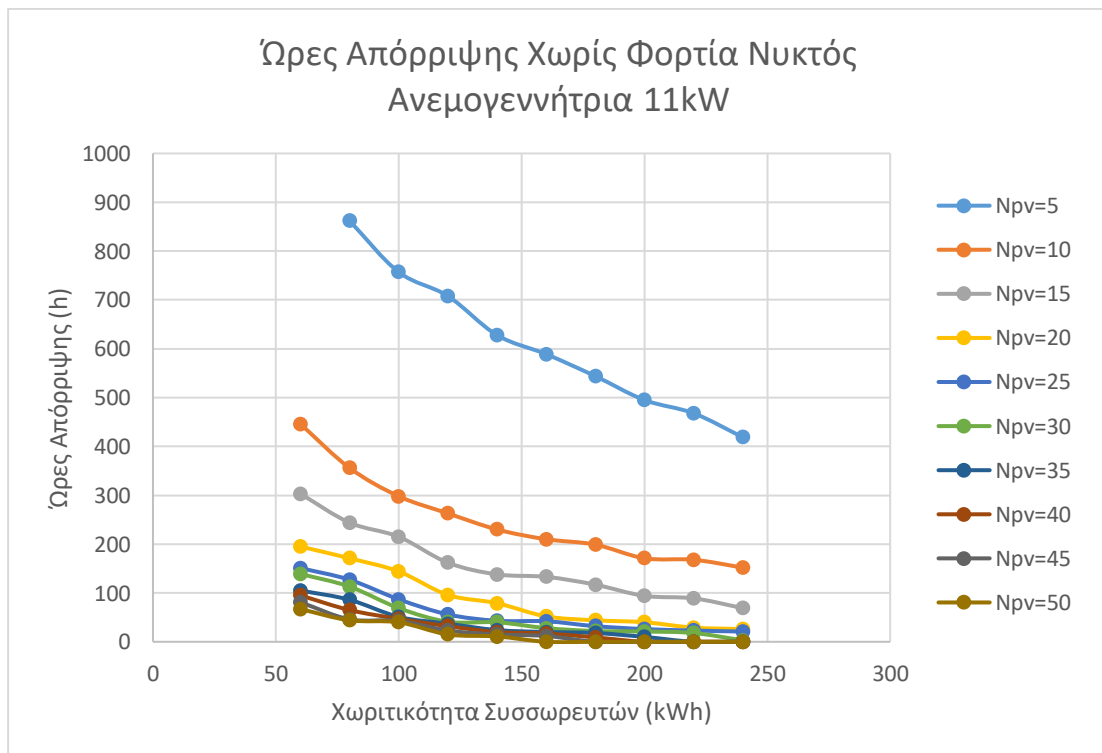
Διάγραμμα 117: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.



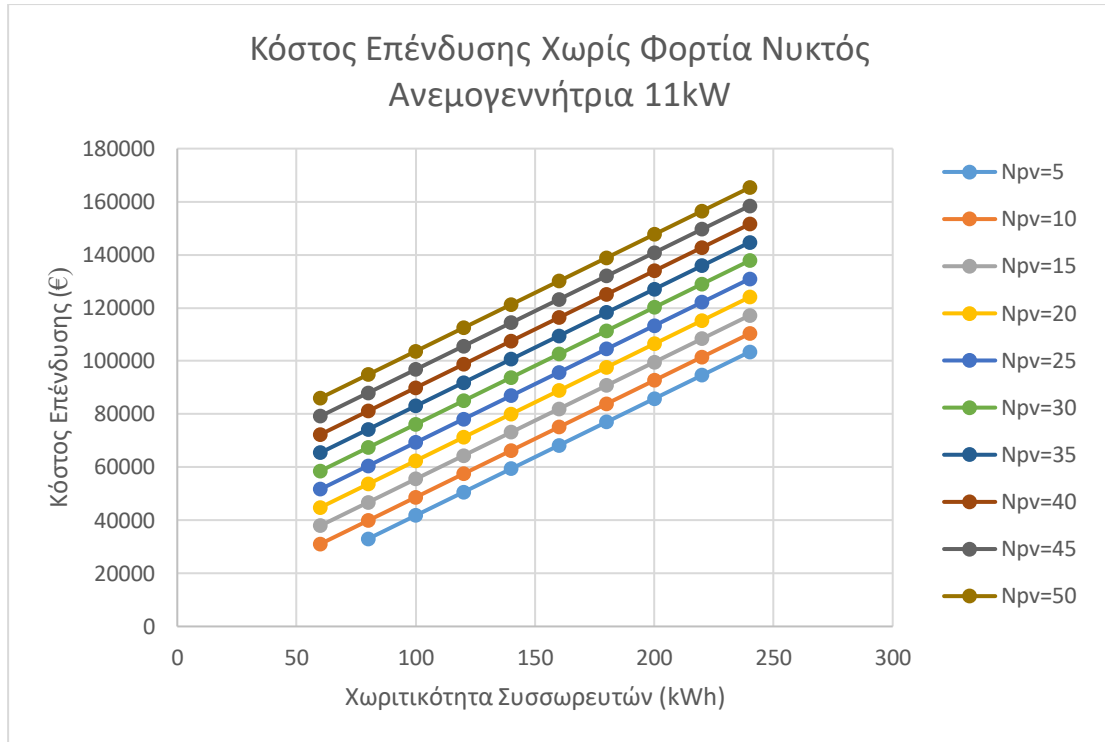
Διάγραμμα 118: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 6kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.



Διάγραμμα 119: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 6kW βάση συντελεστή κάλυψης – Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης χωρίς νυχτερινά φορτία.



Διάγραμμα 120: Συστήματα με ανεμογεννήτρια 11kW βάση ωρών απόρριψης – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.



Διάγραμμα 121: Αρχικό επενδυτικό κόστος για ανεμογεννήτρια 11kW – Χωρίς φορτία νυκτός προφίλ.

10.4 Συγκεντρωτικοί Πίνακες Οικονομικότερων Συστημάτων ανά Προφίλ Βάση Ωρών Απόρριψης

Στο σημείο αυτό αναγράφονται συγκεντρωτικά όλες οι λύσεις που προκύπτουν από την διαστασιολόγηση και κατηγοριοποιούνται βάσει τις ώρες απόρριψής τους και του προφίλ. Στην συνέχεια ακολουθούν διαγράμματα στα οποία γίνεται σύγκριση των 10 πρώτων οικονομικότερων λύσεων ανά προφίλ. Έτσι η θέση 1 του διαγράμματος αντιστοιχεί στην θέση ένα του καθε μίνακα των τριών προφίλ.

10.4.1 Ώρες Απόρριψης 200-300

- **Πραγματικό Προφίλ**

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(300-200h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	25	60	300	94,24%	41.800 €
2	1	35	60	300	94,94%	45.650 €
3	1	30	80	285	94,96%	47.575 €
4	6	30	60	254	95,23%	48.675 €
5	6	25	80	258	95,08%	50.600 €
6	11	25	60	261	94,87%	51.700 €
7	1	40	60	239	95,73%	52.525 €
8	6	20	100	286	94,27%	52.525 €
9	11	20	80	270	94,49%	53.625 €
10	1	35	80	221	96,07%	54.450 €
11	6	35	60	220	95,93%	55.550 €
12	1	30	100	244	95,55%	56.375 €
13	1	25	120	289	94,77%	58.300 €
14	11	30	60	230	95,65%	58.575 €
15	1	45	60	206	96,17%	59.400 €
16	6	25	100	225	95,72%	59.400 €
17	11	25	80	223	95,74%	60.500 €
18	6	20	120	251	94,84%	61.325 €
19	11	20	100	242	95,21%	62.425 €
20	11	15	120	277	94,21%	64.350 €
21	1	30	120	222	96,08%	65.175 €
22	11	35	60	202	96,29%	65.450 €
23	1	25	140	265	95,06%	67.100 €
24	6	20	140	230	95,26%	70.125 €
25	11	20	120	203	95,85%	71.225 €
26	11	15	140	253	94,65%	73.150 €
27	1	30	140	200	96,52%	73.975 €
28	1	25	160	262	95,27%	75.900 €
29	6	20	160	216	95,58%	78.925 €

30	6	15	180	294	93,40%	80.850 €
31	11	15	160	235	95,07%	81.950 €
32	1	25	180	257	95,49%	84.700 €
33	6	20	180	208	95,80%	87.725 €
34	6	15	200	287	93,60%	89.650 €
35	11	15	180	227	95,39%	90.750 €
36	1	25	200	241	95,70%	93.500 €
37	6	20	200	203	96,01%	96.525 €
38	6	15	220	285	93,71%	98.450 €
39	11	15	200	219	95,69%	99.550 €
40	1	25	220	237	95,84%	102.300 €
41	6	15	240	282	93,81%	107.250 €
42	11	15	220	205	95,83%	108.350 €
43	1	25	240	233	95,94%	111.100 €
44	11	15	240	201	95,94%	117.150 €

- **Τυπικό Προφίλ**

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(300-200h).

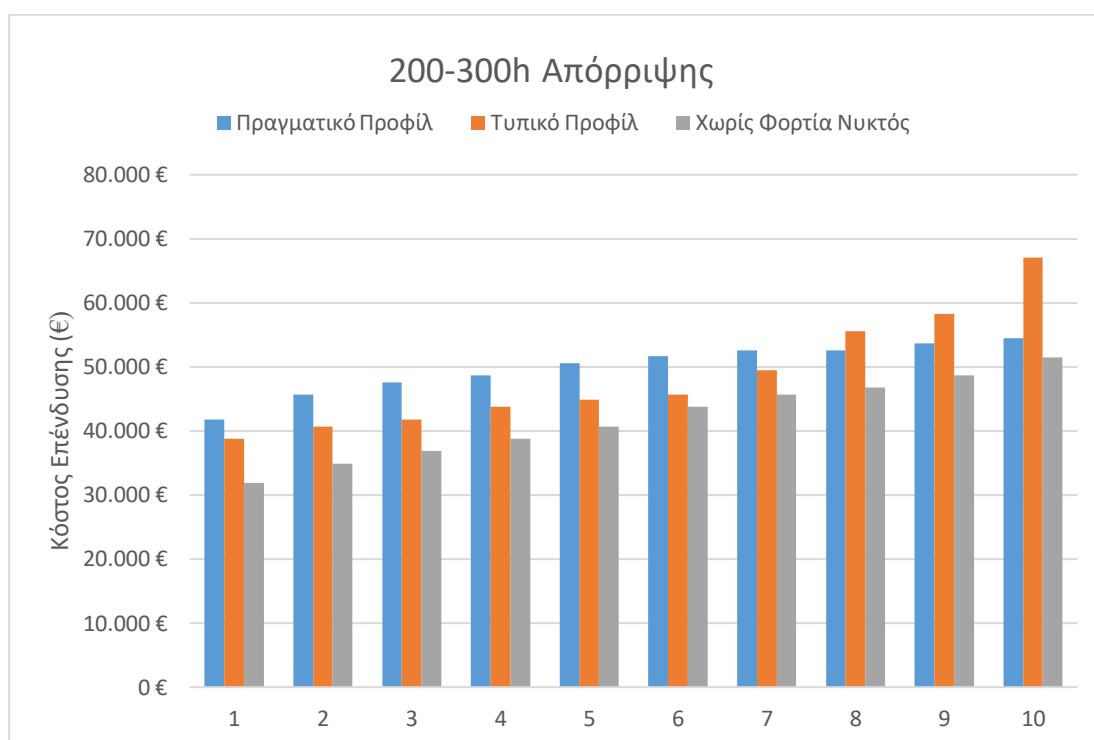
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	30	60	280	96,75%	38.775 €
2	1	25	80	297	96,59%	40.700 €
3	6	25	60	219	97,52%	41.800 €
4	6	20	80	250	97,41%	43.725 €
5	11	20	60	251	97,18%	44.825 €
6	1	35	60	227	97,47%	45.650 €
7	1	25	100	230	97,21%	49.500 €
8	11	15	100	235	97,26%	55.550 €
9	1	25	120	213	97,55%	58.300 €
10	1	25	140	200	97,76%	67.100 €
11	6	15	240	298	96,48%	107.250 €
12	11	10	240	291	96,30%	110.275 €

- **Χωρίς Φορτία Νυκτός Προφίλ**

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(300-200h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	25	60	252	95,98%	31.900 €
2	6	20	60	235	96,11%	34.925 €
3	6	15	80	297	95,25%	36.850 €
4	1	30	60	207	97,09%	38.775 €
5	1	25	80	227	96,70%	40.700 €
6	6	20	80	209	96,79%	43.725 €

7	6	15	100	262	95,88%	45.650 €
8	11	15	80	244	96,13%	46.750 €
9	11	10	100	298	94,82%	48.675 €
10	1	20	120	285	95,96%	51.425 €
11	6	15	120	217	96,33%	54.450 €
12	11	15	100	215	96,81%	55.550 €
13	11	10	120	263	95,36%	57.475 €
14	1	20	140	281	96,20%	60.225 €
15	6	15	140	203	96,58%	63.250 €
16	11	10	140	230	95,78%	66.275 €
17	1	20	160	259	96,45%	69.025 €
18	11	10	160	210	96,14%	75.075 €
19	1	20	180	242	96,64%	77.825 €
20	1	20	200	239	96,76%	86.625 €
21	1	20	220	236	96,88%	95.425 €
22	1	20	240	220	97,00%	104.225 €



Διάγραμμα 122: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 200-300h απόρριψης.

10.4.2 Ώρες Απόρριψης 100-200

- **Πραγματικό Προφίλ**

Πίνακας 17: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	30	80	198	96,20%	57.475 €
2	1	40	80	178	96,86%	61.325 €
3	6	40	60	180	96,49%	62.425 €
4	1	35	100	198	96,64%	63.250 €
5	6	35	80	166	96,92%	64.350 €
6	1	50	60	188	96,50%	66.275 €
7	6	30	100	177	96,73%	66.275 €
8	11	30	80	176	96,59%	67.375 €
9	1	45	80	150	97,35%	68.200 €
10	6	25	120	188	96,27%	68.200 €
11	6	45	60	153	96,82%	69.300 €
12	11	25	100	179	96,43%	69.300 €
13	1	40	100	149	97,48%	70.125 €
14	6	40	80	137	97,50%	71.225 €
15	1	35	120	173	97,17%	72.050 €
16	11	40	60	161	96,83%	72.325 €
17	1	55	60	178	96,75%	73.150 €
18	6	35	100	141	97,50%	73.150 €
19	1	30	140	200	96,52%	73.975 €
20	11	35	80	151	97,21%	74.250 €
21	1	50	80	129	97,70%	75.075 €
22	6	30	120	149	97,26%	75.075 €
23	6	50	60	146	97,05%	76.175 €
24	11	30	100	151	97,15%	76.175 €
25	1	45	100	110	98,07%	77.000 €
26	6	25	140	164	96,71%	77.000 €
27	6	45	80	111	97,83%	78.100 €
28	11	25	120	147	96,96%	78.100 €
29	1	40	120	127	98,01%	78.925 €
30	11	45	60	141	97,08%	79.200 €
31	6	40	100	107	98,14%	80.025 €
32	11	20	140	164	96,38%	80.025 €
33	1	35	140	153	97,61%	80.850 €
34	11	40	80	125	97,71%	81.125 €
35	1	55	80	119	97,93%	81.950 €
36	6	35	120	117	98,03%	81.950 €
37	1	30	160	192	96,83%	82.775 €

38	11	35	100	119	97,81%	83.050 €
39	1	50	100	100	98,42%	83.875 €
40	6	30	140	123	97,70%	83.875 €
41	11	30	120	125	97,68%	84.975 €
42	6	25	160	144	97,03%	85.800 €
43	11	50	60	134	97,26%	86.075 €
44	11	25	140	121	97,40%	86.900 €
45	11	20	160	154	96,70%	88.825 €
46	1	35	160	109	98,03%	89.650 €
47	1	30	180	176	97,04%	91.575 €
48	11	35	120	101	98,34%	91.850 €
49	6	25	180	136	97,29%	94.600 €
50	11	25	160	101	97,82%	95.700 €
51	11	20	180	133	97,02%	97.625 €
52	1	30	200	168	97,26%	100.375 €
53	6	25	200	120	97,50%	103.400 €
54	6	20	220	197	96,12%	105.325 €
55	11	20	200	114	97,33%	106.425 €
56	1	30	220	162	97,47%	109.175 €
57	6	25	220	113	97,71%	112.200 €
58	6	20	240	193	96,23%	114.125 €
59	11	15	240	201	95,94%	117.150 €
60	1	30	240	154	97,68%	117.975 €
61	6	25	240	100	97,93%	121.000 €

• **Τοπικό Προφίλ**

Πίνακας 18: Συγκενρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	30	80	184	97,90%	47.575 €
2	6	30	60	173	98,13%	48.675 €
3	6	25	80	125	98,50%	50.600 €
4	11	25	60	169	98,12%	51.700 €
5	1	40	60	187	97,88%	52.525 €
6	6	20	100	195	97,88%	52.525 €
7	11	20	80	155	98,25%	53.625 €
8	1	35	80	140	98,51%	54.450 €
9	6	35	60	138	98,48%	55.550 €
10	1	30	100	115	98,45%	56.375 €
11	11	30	60	134	98,55%	58.575 €
12	1	45	60	155	98,20%	59.400 €
13	1	40	80	106	98,89%	61.325 €
14	6	20	120	181	98,06%	61.325 €
15	6	40	60	115	98,75%	62.425 €

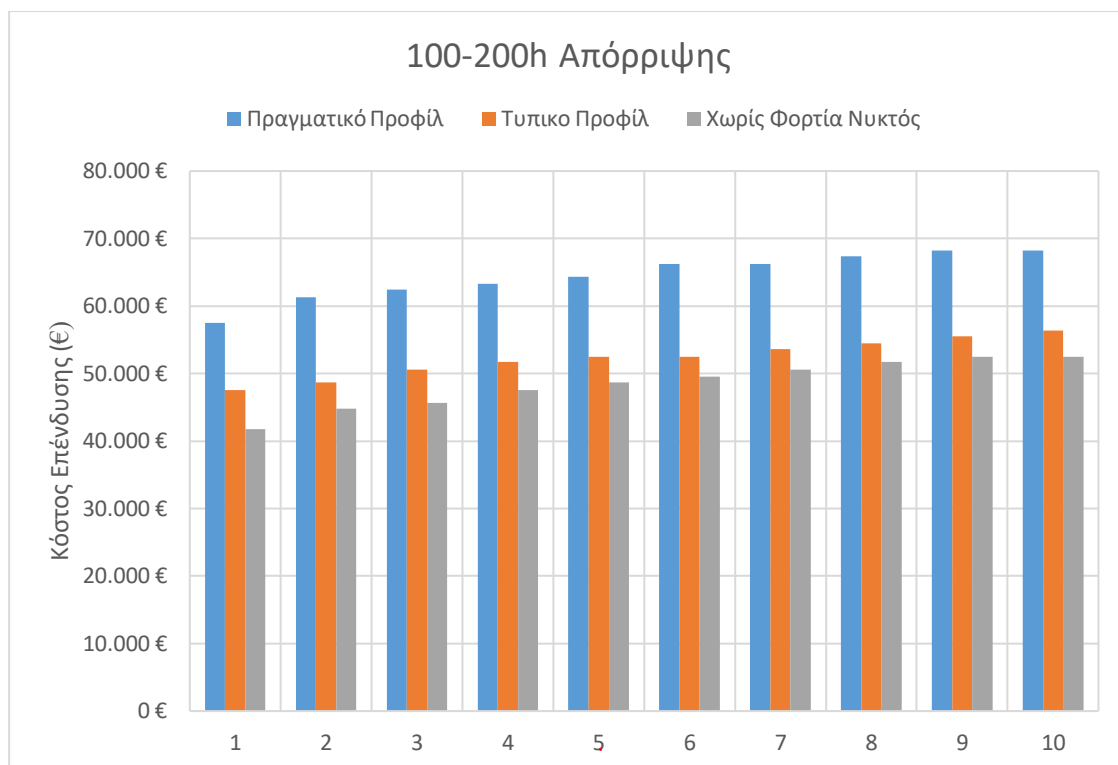
16	11	20	100	105	98,64%	62.425 €
17	11	15	120	198	97,65%	64.350 €
18	11	35	60	104	98,83%	65.450 €
19	1	50	60	135	98,44%	66.275 €
20	1	25	140	200	97,76%	67.100 €
21	6	20	140	174	98,16%	70.125 €
22	11	15	140	178	97,82%	73.150 €
23	1	25	160	193	97,86%	75.900 €
24	6	20	160	165	98,27%	78.925 €
25	11	15	160	171	97,92%	81.950 €
26	1	25	180	188	97,97%	84.700 €
27	6	20	180	162	98,37%	87.725 €
28	11	15	180	163	98,03%	90.750 €
29	1	25	200	179	98,07%	93.500 €
30	6	20	200	150	98,48%	96.525 €
31	11	15	200	160	98,13%	99.550 €
32	1	25	220	170	98,17%	102.300 €
33	6	20	220	149	98,48%	105.325 €
34	11	15	220	146	98,24%	108.350 €
35	1	25	240	160	98,28%	111.100 €
36	6	20	240	149	98,48%	114.125 €
37	11	15	240	143	98,25%	117.150 €

• **Χωρίς Φορτία Νοκτός Προφίλ**

Πίνακας 19: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	25	60	173	97,15%	41.800 €
2	11	20	60	195	96,63%	44.825 €
3	1	35	60	164	97,68%	45.650 €
4	1	30	80	162	97,85%	47.575 €
5	6	30	60	153	97,66%	48.675 €
6	1	25	100	195	97,32%	49.500 €
7	6	25	80	143	97,77%	50.600 €
8	11	25	60	151	97,44%	51.700 €
9	1	40	60	149	98,04%	52.525 €
10	6	20	100	171	97,40%	52.525 €
11	11	20	80	171	97,25%	53.625 €
12	1	35	80	133	98,41%	54.450 €
13	6	35	60	116	98,10%	55.550 €
14	1	30	100	147	98,46%	56.375 €
15	6	30	80	126	98,27%	57.475 €

16	1	25	120	160	97,84%	58.300 €
17	11	30	60	139	97,88%	58.575 €
18	1	45	60	122	98,33%	59.400 €
19	6	25	100	116	98,34%	59.400 €
20	11	25	80	127	98,04%	60.500 €
21	1	40	80	118	98,70%	61.325 €
22	6	20	120	136	97,79%	61.325 €
23	6	40	60	105	98,38%	62.425 €
24	11	20	100	144	97,80%	62.425 €
25	6	35	80	104	98,70%	64.350 €
26	11	15	120	162	97,24%	64.350 €
27	11	35	60	105	98,29%	65.450 €
28	1	50	60	111	98,56%	66.275 €
29	1	25	140	144	98,10%	67.100 €
30	11	30	80	113	98,48%	67.375 €
31	6	20	140	118	98,04%	70.125 €
32	6	15	160	187	96,82%	72.050 €
33	1	55	60	106	98,77%	73.150 €
34	11	15	140	138	97,48%	73.150 €
35	1	25	160	129	98,34%	75.900 €
36	6	20	160	102	98,28%	78.925 €
37	6	15	180	184	96,98%	80.850 €
38	11	15	160	133	97,72%	81.950 €
39	11	10	180	199	96,40%	83.875 €
40	1	25	180	102	98,59%	84.700 €
41	6	15	200	165	97,10%	89.650 €
42	11	15	180	117	97,96%	90.750 €
43	11	10	200	171	96,59%	92.675 €
44	6	15	220	160	97,22%	98.450 €
45	11	10	220	168	96,71%	101.475 €
46	6	15	240	146	97,34%	107.250 €
47	11	10	240	152	96,83%	110.275 €



Διάγραμμα 123: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 100-200h απόρριψης.

10.4.3 Ώρες Απόρριψης 0-100

- **Πραγματικό Προφίλ**

Πίνακας 20: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	50	100	100	98,42%	83.875 €
2	6	50	80	98	98,06%	84.975 €
3	1	45	120	93	98,61%	85.800 €
4	6	45	100	83	98,46%	86.900 €
5	1	40	140	93	98,45%	87.725 €
6	11	45	80	98	98,01%	88.000 €
7	6	40	120	87	98,66%	88.825 €
8	11	40	100	97	98,33%	89.925 €
9	1	55	100	93	98,65%	90.750 €
10	6	35	140	87	98,47%	90.750 €
11	11	35	120	101	98,34%	91.850 €
12	1	50	120	71	98,95%	92.675 €
13	6	30	160	95	98,12%	92.675 €
14	6	50	100	75	98,72%	93.775 €
15	11	30	140	91	98,12%	93.775 €

16	1	45	140	52	99,05%	94.600 €
17	11	50	80	88	98,21%	94.875 €
18	6	45	120	66	98,99%	95.700 €
19	11	25	160	101	97,82%	95.700 €
20	1	40	160	60	98,88%	96.525 €
21	11	45	100	73	98,62%	96.800 €
22	6	40	140	41	99,10%	97.625 €
23	1	35	180	91	98,43%	98.450 €
24	11	40	120	79	98,86%	98.725 €
25	1	55	120	67	99,11%	99.550 €
26	6	35	160	51	98,87%	99.550 €
27	11	35	140	66	98,79%	100.650 €
28	1	50	140	42	99,29%	101.475 €
29	6	30	180	69	98,51%	101.475 €
30	6	50	120	47	99,20%	102.575 €
31	11	30	160	66	98,54%	102.575 €
32	1	45	160	40	99,31%	103.400 €
33	11	50	100	68	98,86%	103.675 €
34	6	45	140	23	99,35%	104.500 €
35	11	25	180	76	98,22%	104.500 €
36	1	40	180	44	99,23%	105.325 €
37	11	45	120	58	99,15%	105.600 €
38	6	40	160	25	99,33%	106.425 €
39	1	35	200	82	98,72%	107.250 €
40	11	40	140	28	99,24%	107.525 €
41	1	55	140	37	99,43%	108.350 €
42	6	35	180	33	99,18%	108.350 €
43	11	35	160	34	99,10%	109.450 €
44	1	50	160	35	99,47%	110.275 €
45	6	30	200	54	98,77%	110.275 €
46	6	50	140	21	99,46%	111.375 €
47	11	30	180	44	98,85%	111.375 €
48	1	45	180	35	99,46%	112.200 €
49	11	50	120	38	99,30%	112.475 €
50	6	45	160	21	99,45%	113.300 €
51	11	25	200	59	98,43%	113.300 €
52	1	40	200	36	99,44%	114.125 €
53	11	45	140	18	99,40%	114.400 €
54	6	40	180	22	99,44%	115.225 €
55	11	20	220	96	97,55%	115.225 €
56	1	35	220	74	98,93%	116.050 €
57	11	40	160	21	99,39%	116.325 €
58	1	55	160	32	99,59%	117.150 €
59	6	35	200	24	99,36%	117.150 €
60	11	35	180	23	99,31%	118.250 €

61	1	50	180	32	99,58%	119.075 €
62	6	30	220	46	98,98%	119.075 €
63	6	50	160	17	99,57%	120.175 €
64	11	30	200	29	99,15%	120.175 €
65	1	45	200	32	99,57%	121.000 €
66	6	25	240	100	97,93%	121.000 €
67	11	50	140	17	99,50%	121.275 €
68	6	45	180	18	99,56%	122.100 €
69	11	25	220	50	98,64%	122.100 €
70	1	40	220	33	99,55%	122.925 €
71	11	45	160	16	99,51%	123.200 €
72	6	40	200	19	99,54%	124.025 €
73	11	20	240	88	97,76%	124.025 €
74	1	35	240	63	99,14%	124.850 €
75	11	40	180	18	99,50%	125.125 €
76	1	55	180	29	99,70%	125.950 €
77	6	35	220	21	99,46%	125.950 €
78	11	35	200	21	99,42%	127.050 €
79	1	50	200	29	99,68%	127.875 €
80	6	30	240	33	99,18%	127.875 €
81	6	50	180	14	99,68%	128.975 €
82	11	30	220	22	99,33%	128.975 €
83	1	45	220	29	99,67%	129.800 €
84	11	50	160	13	99,60%	130.075 €
85	6	45	200	15	99,66%	130.900 €
86	11	25	240	41	98,85%	130.900 €
87	1	40	240	30	99,65%	131.725 €
88	11	45	180	13	99,61%	132.000 €
89	6	40	220	16	99,65%	132.825 €
90	11	40	200	15	99,61%	133.925 €
91	1	55	200	26	99,80%	134.750 €
92	6	35	240	18	99,57%	134.750 €
93	11	35	220	18	99,53%	135.850 €
94	1	50	220	26	99,79%	136.675 €
95	6	50	200	11	99,78%	137.775 €
96	11	30	240	19	99,43%	137.775 €
97	1	45	240	26	99,78%	138.600 €
98	11	50	180	10	99,71%	138.875 €
99	6	45	220	12	99,77%	139.700 €
100	11	45	200	10	99,72%	140.800 €
101	6	40	240	13	99,75%	141.625 €
102	11	40	220	12	99,71%	142.725 €
103	1	55	220	20	99,91%	143.550 €
104	11	35	240	15	99,63%	144.650 €
105	1	50	240	21	99,89%	145.475 €

106	6	50	220	8	99,89%	146.575 €
107	11	50	200	7	99,81%	147.675 €
108	6	45	240	9	99,88%	148.500 €
109	11	45	220	7	99,83%	149.600 €
110	11	40	240	9	99,82%	151.525 €
111	1	55	240	8	99,98%	152.350 €
112	6	50	240	3	99,99%	155.375 €
113	11	50	220	4	99,92%	156.475 €
114	11	45	240	4	99,93%	158.400 €
115	11	50	240	0	100,00%	165.275 €

• **Τυπικό Προφίλ**

Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	30	80	96	99,05%	57.475 €
2	6	25	100	92	98,86%	59.400 €
3	11	25	80	85	99,05%	60.500 €
4	1	35	100	82	99,06%	63.250 €
5	6	35	80	74	99,29%	64.350 €
6	1	30	120	90	98,82%	65.175 €
7	6	30	100	60	99,34%	66.275 €
8	11	30	80	70	99,30%	67.375 €
9	1	45	80	83	99,15%	68.200 €
10	6	25	120	82	98,99%	68.200 €
11	6	45	60	89	98,97%	69.300 €
12	11	25	100	59	99,33%	69.300 €
13	1	40	100	59	99,42%	70.125 €
14	6	40	80	52	99,49%	71.225 €
15	11	20	120	95	98,76%	71.225 €
16	1	35	120	60	99,37%	72.050 €
17	11	40	60	84	99,03%	72.325 €
18	6	35	100	37	99,59%	73.150 €
19	1	30	140	69	99,12%	73.975 €
20	11	35	80	51	99,49%	74.250 €
21	1	50	80	71	99,32%	75.075 €
22	6	30	120	43	99,55%	75.075 €
23	6	50	60	72	99,15%	76.175 €
24	11	30	100	37	99,56%	76.175 €
25	1	45	100	41	99,63%	77.000 €
26	6	25	140	76	99,10%	77.000 €
27	6	45	80	39	99,65%	78.100 €
28	11	25	120	38	99,54%	78.100 €
29	1	40	120	35	99,75%	78.925 €

30	11	45	60	64	99,21%	79.200 €
31	6	40	100	24	99,77%	80.025 €
32	11	20	140	88	98,87%	80.025 €
33	1	35	140	47	99,58%	80.850 €
34	11	40	80	38	99,64%	81.125 €
35	6	35	120	23	99,80%	81.950 €
36	1	30	160	59	99,26%	82.775 €
37	11	35	100	23	99,74%	83.050 €
38	1	50	100	36	99,70%	83.875 €
39	6	30	140	32	99,76%	83.875 €
40	6	50	80	33	99,72%	84.975 €
41	11	30	120	21	99,76%	84.975 €
42	1	45	120	23	99,85%	85.800 €
43	6	25	160	69	99,20%	85.800 €
44	11	50	60	56	99,31%	86.075 €
45	6	45	100	18	99,83%	86.900 €
46	11	25	140	31	99,68%	86.900 €
47	1	40	140	13	99,94%	87.725 €
48	11	45	80	32	99,73%	88.000 €
49	6	40	120	14	99,89%	88.825 €
50	11	20	160	82	98,97%	88.825 €
51	1	35	160	24	99,76%	89.650 €
52	11	40	100	17	99,83%	89.925 €
53	6	35	140	8	99,95%	90.750 €
54	1	30	180	53	99,30%	91.575 €
55	11	35	120	13	99,89%	91.850 €
56	1	50	120	17	99,91%	92.675 €
57	6	30	160	18	99,89%	92.675 €
58	6	50	100	14	99,87%	93.775 €
59	11	30	140	7	99,95%	93.775 €
60	1	45	140	8	99,97%	94.600 €
61	6	25	180	62	99,26%	94.600 €
62	11	50	80	28	99,77%	94.875 €
63	6	45	120	9	99,94%	95.700 €
64	11	25	160	19	99,78%	95.700 €
65	1	40	160	8	99,97%	96.525 €
66	11	45	100	13	99,88%	96.800 €
67	6	40	140	2	99,99%	97.625 €
68	11	20	180	73	99,07%	97.625 €
69	1	35	180	24	99,76%	98.450 €
70	11	40	120	8	99,94%	98.725 €
71	6	35	160	2	99,99%	99.550 €
72	1	30	200	53	99,30%	100.375 €
73	11	35	140	2	100,00%	100.650 €
74	1	50	140	8	99,97%	101.475 €

75	6	30	180	18	99,89%	101.475 €
76	6	50	120	4	99,98%	102.575 €
77	11	30	160	0	100,00%	102.575 €
78	1	45	160	8	99,97%	103.400 €
79	6	25	200	62	99,26%	103.400 €
80	11	50	100	9	99,92%	103.675 €
81	6	45	140	2	99,99%	104.500 €
82	11	25	180	19	99,78%	104.500 €
83	1	40	180	8	99,97%	105.325 €
84	11	45	120	3	99,98%	105.600 €
85	6	40	160	2	99,99%	106.425 €
86	11	20	200	68	99,11%	106.425 €
87	1	35	200	24	99,76%	107.250 €
88	11	40	140	0	100,00%	107.525 €
89	6	35	180	2	99,99%	108.350 €
90	1	30	220	53	99,30%	109.175 €
91	11	35	160	0	100,00%	109.450 €
92	1	50	160	8	99,97%	110.275 €
93	6	30	200	18	99,89%	110.275 €
94	6	50	140	2	99,99%	111.375 €
95	11	30	180	0	100,00%	111.375 €
96	1	45	180	8	99,97%	112.200 €
97	6	25	220	62	99,26%	112.200 €
98	11	50	120	0	100,00%	112.475 €
99	6	45	160	2	99,99%	113.300 €
100	11	25	200	19	99,78%	113.300 €
101	1	40	200	8	99,97%	114.125 €
102	11	45	140	0	100,00%	114.400 €
103	6	40	180	2	99,99%	115.225 €
104	11	20	220	68	99,11%	115.225 €
105	1	35	220	24	99,76%	116.050 €
106	11	40	160	0	100,00%	116.325 €
107	6	35	200	2	99,99%	117.150 €
108	1	30	240	53	99,30%	117.975 €
109	11	35	180	0	100,00%	118.250 €
110	1	50	180	8	99,97%	119.075 €
111	6	30	220	18	99,89%	119.075 €
112	6	50	160	2	99,99%	120.175 €
113	11	30	200	0	100,00%	120.175 €
114	1	45	200	8	99,97%	121.000 €
115	6	25	240	62	99,26%	121.000 €
116	11	50	140	0	100,00%	121.275 €
117	6	45	180	2	99,99%	122.100 €
118	11	25	220	19	99,78%	122.100 €
119	1	40	220	8	99,97%	122.925 €

120	11	45	160	0	100,00%	123.200 €
121	6	40	200	2	99,99%	124.025 €
122	11	20	240	68	99,11%	124.025 €
123	1	35	240	24	99,76%	124.850 €
124	11	40	180	0	100,00%	125.125 €
125	6	35	220	2	99,99%	125.950 €
126	11	35	200	0	100,00%	127.050 €
127	1	50	200	8	99,97%	127.875 €
128	6	30	240	18	99,89%	127.875 €
129	6	50	180	2	99,99%	128.975 €
130	11	30	220	0	100,00%	128.975 €
131	1	45	220	8	99,97%	129.800 €
132	11	50	160	0	100,00%	130.075 €
133	6	45	200	2	99,99%	130.900 €
134	11	25	240	19	99,78%	130.900 €
135	1	40	240	8	99,97%	131.725 €
136	11	45	180	0	100,00%	132.000 €
137	6	40	220	2	99,99%	132.825 €
138	11	40	200	0	100,00%	133.925 €
139	6	35	240	2	99,99%	134.750 €
140	11	35	220	0	100,00%	135.850 €
141	1	50	220	8	99,97%	136.675 €
142	6	50	200	2	99,99%	137.775 €
143	11	30	240	0	100,00%	137.775 €
144	1	45	240	8	99,97%	138.600 €
145	11	50	180	0	100,00%	138.875 €
146	6	45	220	2	99,99%	139.700 €
147	11	45	200	0	100,00%	140.800 €
148	6	40	240	2	99,99%	141.625 €
149	11	40	220	0	100,00%	142.725 €
150	11	35	240	0	100,00%	144.650 €
151	1	50	240	8	99,97%	145.475 €
152	6	50	220	2	99,99%	146.575 €
153	11	50	200	0	100,00%	147.675 €
154	6	45	240	2	99,99%	148.500 €
155	11	45	220	0	100,00%	149.600 €
156	11	40	240	0	100,00%	151.525 €
157	6	50	240	2	99,99%	155.375 €
158	11	50	220	0	100,00%	156.475 €
159	11	45	240	0	100,00%	158.400 €
160	11	50	240	0	100,00%	165.275 €

• **Χωρίς Φορτία Νυκτός Προφίλ**

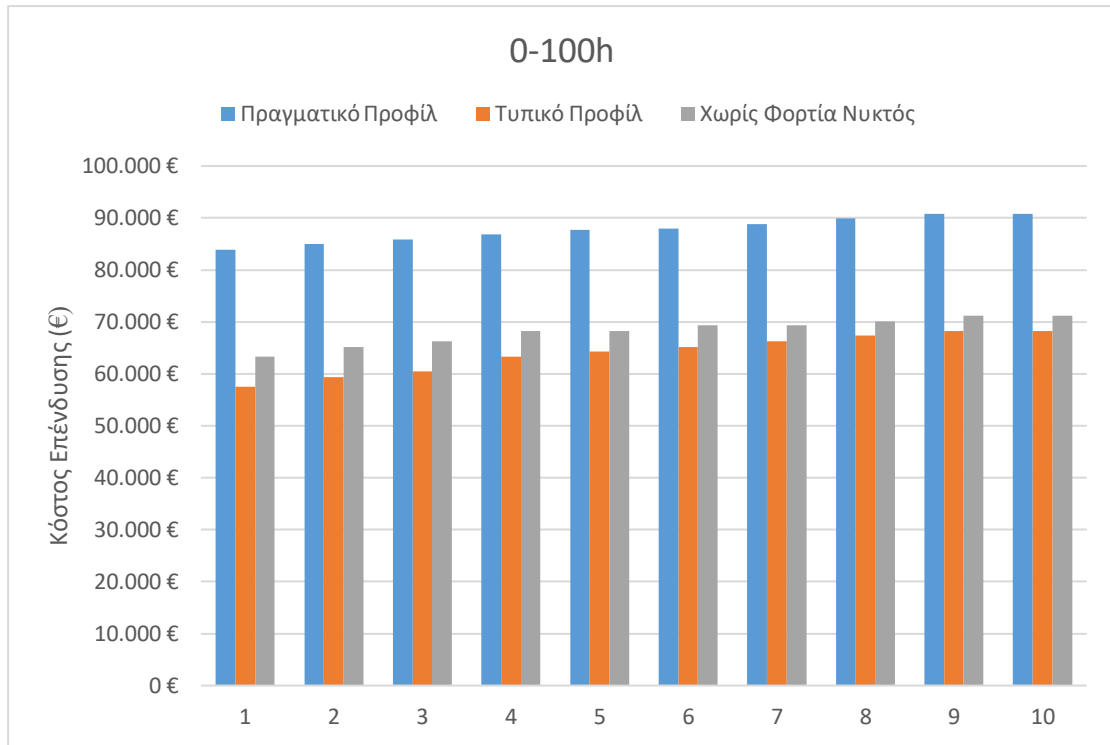
Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	35	100	90	99,00%	63.250 €
2	1	30	120	87	98,91%	65.175 €
3	6	30	100	84	98,82%	66.275 €
4	1	45	80	94	98,95%	68.200 €
5	6	25	120	76	98,75%	68.200 €
6	6	45	60	92	98,61%	69.300 €
7	11	25	100	87	98,57%	69.300 €
8	1	40	100	70	99,22%	70.125 €
9	6	40	80	84	98,98%	71.225 €
10	11	20	120	96	98,21%	71.225 €
11	1	35	120	58	99,25%	72.050 €
12	11	40	60	95	98,55%	72.325 €
13	6	35	100	59	99,18%	73.150 €
14	1	30	140	61	99,14%	73.975 €
15	11	35	80	86	98,89%	74.250 €
16	1	50	80	90	99,12%	75.075 €
17	6	30	120	45	99,14%	75.075 €
18	6	50	60	86	98,82%	76.175 €
19	11	30	100	69	99,00%	76.175 €
20	1	45	100	65	99,37%	77.000 €
21	6	25	140	47	99,03%	77.000 €
22	6	45	80	70	99,18%	78.100 €
23	11	25	120	56	98,94%	78.100 €
24	1	40	120	53	99,40%	78.925 €
25	11	45	60	81	98,78%	79.200 €
26	6	40	100	51	99,34%	80.025 €
27	11	20	140	79	98,58%	80.025 €
28	1	35	140	45	99,37%	80.850 €
29	11	40	80	65	99,13%	81.125 €
30	1	55	80	87	99,29%	81.950 €
31	6	35	120	40	99,36%	81.950 €
32	1	30	160	49	99,26%	82.775 €
33	11	35	100	51	99,26%	83.050 €
34	1	50	100	61	99,50%	83.875 €
35	6	30	140	44	99,26%	83.875 €
36	6	50	80	60	99,34%	84.975 €
37	11	30	120	41	99,21%	84.975 €
38	1	45	120	45	99,54%	85.800 €

39	6	25	160	46	99,15%	85.800 €
40	11	50	60	67	98,95%	86.075 €
41	6	45	100	48	99,48%	86.900 €
42	11	25	140	43	99,10%	86.900 €
43	1	40	140	41	99,52%	87.725 €
44	6	20	180	87	98,52%	87.725 €
45	11	45	80	46	99,30%	88.000 €
46	6	40	120	36	99,52%	88.825 €
47	11	20	160	52	98,90%	88.825 €
48	1	35	160	41	99,49%	89.650 €
49	11	40	100	47	99,42%	89.925 €
50	1	55	100	60	99,63%	90.750 €
51	6	35	140	27	99,48%	90.750 €
52	1	30	180	43	99,38%	91.575 €
53	11	35	120	37	99,43%	91.850 €
54	1	50	120	36	99,67%	92.675 €
55	6	30	160	32	99,38%	92.675 €
56	1	25	200	92	98,80%	93.500 €
57	6	50	100	44	99,61%	93.775 €
58	11	30	140	40	99,33%	93.775 €
59	1	45	140	37	99,66%	94.600 €
60	6	25	180	36	99,27%	94.600 €
61	11	50	80	44	99,41%	94.875 €
62	6	45	120	28	99,65%	95.700 €
63	11	25	160	42	99,22%	95.700 €
64	1	40	160	38	99,64%	96.525 €
65	6	20	200	78	98,70%	96.525 €
66	11	45	100	43	99,55%	96.800 €
67	6	40	140	24	99,64%	97.625 €
68	11	20	180	44	99,08%	97.625 €
69	1	35	180	39	99,61%	98.450 €
70	11	40	120	32	99,59%	98.725 €
71	1	55	120	33	99,81%	99.550 €
72	6	35	160	23	99,60%	99.550 €
73	11	15	200	94	98,21%	99.550 €
74	1	30	200	42	99,50%	100.375 €
75	11	35	140	24	99,56%	100.650 €
76	1	50	140	32	99,79%	101.475 €
77	6	30	180	26	99,50%	101.475 €
78	1	25	220	89	98,93%	102.300 €
79	6	50	120	19	99,79%	102.575 €
80	11	30	160	28	99,45%	102.575 €
81	1	45	160	34	99,78%	103.400 €
82	6	25	200	30	99,39%	103.400 €
83	11	50	100	40	99,65%	103.675 €

84	6	45	140	20	99,77%	104.500 €
85	11	25	180	32	99,35%	104.500 €
86	1	40	180	30	99,77%	105.325 €
87	6	20	220	67	98,82%	105.325 €
88	11	45	120	23	99,72%	105.600 €
89	6	40	160	21	99,76%	106.425 €
90	11	20	200	40	99,20%	106.425 €
91	1	35	200	31	99,73%	107.250 €
92	11	40	140	20	99,71%	107.525 €
93	1	55	140	20	99,93%	108.350 €
94	6	35	180	21	99,72%	108.350 €
95	11	15	220	89	98,45%	108.350 €
96	1	30	220	39	99,63%	109.175 €
97	11	35	160	20	99,68%	109.450 €
98	1	50	160	20	99,91%	110.275 €
99	6	30	200	25	99,62%	110.275 €
100	1	25	240	87	99,05%	111.100 €
101	6	50	140	15	99,91%	111.375 €
102	11	30	180	22	99,57%	111.375 €
103	1	45	180	20	99,90%	112.200 €
104	6	25	220	27	99,51%	112.200 €
105	11	50	120	15	99,82%	112.475 €
106	6	45	160	17	99,90%	113.300 €
107	11	25	200	26	99,47%	113.300 €
108	1	40	200	21	99,89%	114.125 €
109	6	20	240	64	98,94%	114.125 €
110	11	45	140	15	99,84%	114.400 €
111	6	40	180	13	99,88%	115.225 €
112	11	20	220	29	99,32%	115.225 €
113	1	35	220	22	99,85%	116.050 €
114	11	40	160	17	99,83%	116.325 €
115	1	55	160	8	99,98%	117.150 €
116	6	35	200	13	99,85%	117.150 €
117	11	15	240	69	98,66%	117.150 €
118	1	30	240	24	99,75%	117.975 €
119	11	35	180	18	99,80%	118.250 €
120	1	50	180	8	99,98%	119.075 €
121	6	30	220	22	99,74%	119.075 €
122	6	50	160	0	100,00%	120.175 €
123	11	30	200	21	99,70%	120.175 €
124	1	45	200	8	99,98%	121.000 €
125	6	25	240	25	99,63%	121.000 €
126	11	50	140	11	99,94%	121.275 €
127	6	45	180	0	100,00%	122.100 €
128	11	25	220	23	99,59%	122.100 €

129	1	40	220	8	99,98%	122.925 €
130	11	45	160	12	99,96%	123.200 €
131	6	40	200	0	100,00%	124.025 €
132	11	20	240	26	99,44%	124.025 €
133	1	35	240	11	99,97%	124.850 €
134	11	40	180	9	99,95%	125.125 €
135	1	55	180	8	99,98%	125.950 €
136	6	35	220	4	99,97%	125.950 €
137	11	35	200	10	99,92%	127.050 €
138	1	50	200	8	99,98%	127.875 €
139	6	30	240	7	99,86%	127.875 €
140	6	50	180	0	100,00%	128.975 €
141	11	30	220	18	99,82%	128.975 €
142	1	45	220	8	99,98%	129.800 €
143	11	50	160	0	100,00%	130.075 €
144	6	45	200	0	100,00%	130.900 €
145	11	25	240	21	99,71%	130.900 €
146	1	40	240	8	99,98%	131.725 €
147	11	45	180	0	100,00%	132.000 €
148	6	40	220	0	100,00%	132.825 €
149	11	40	200	0	100,00%	133.925 €
150	1	55	200	8	99,98%	134.750 €
151	6	35	240	0	100,00%	134.750 €
152	11	35	220	0	100,00%	135.850 €
153	1	50	220	8	99,98%	136.675 €
154	6	50	200	0	100,00%	137.775 €
155	11	30	240	3	99,94%	137.775 €
156	1	45	240	8	99,98%	138.600 €
157	11	50	180	0	100,00%	138.875 €
158	6	45	220	0	100,00%	139.700 €
159	11	45	200	0	100,00%	140.800 €
160	6	40	240	0	100,00%	141.625 €
161	11	40	220	0	100,00%	142.725 €
162	1	55	220	8	99,98%	143.550 €
163	11	35	240	0	100,00%	144.650 €
164	1	50	240	8	99,98%	145.475 €
165	6	50	220	0	100,00%	146.575 €
166	11	50	200	0	100,00%	147.675 €
167	6	45	240	0	100,00%	148.500 €
168	11	45	220	0	100,00%	149.600 €
169	11	40	240	0	100,00%	151.525 €
170	6	50	240	0	100,00%	155.375 €
171	11	50	220	0	100,00%	156.475 €
172	11	45	240	0	100,00%	158.400 €
173	11	50	240	0	100,00%	165.275 €



Διάγραμμα 124: Οικονομικότερη συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 0-100h απόρριψης.

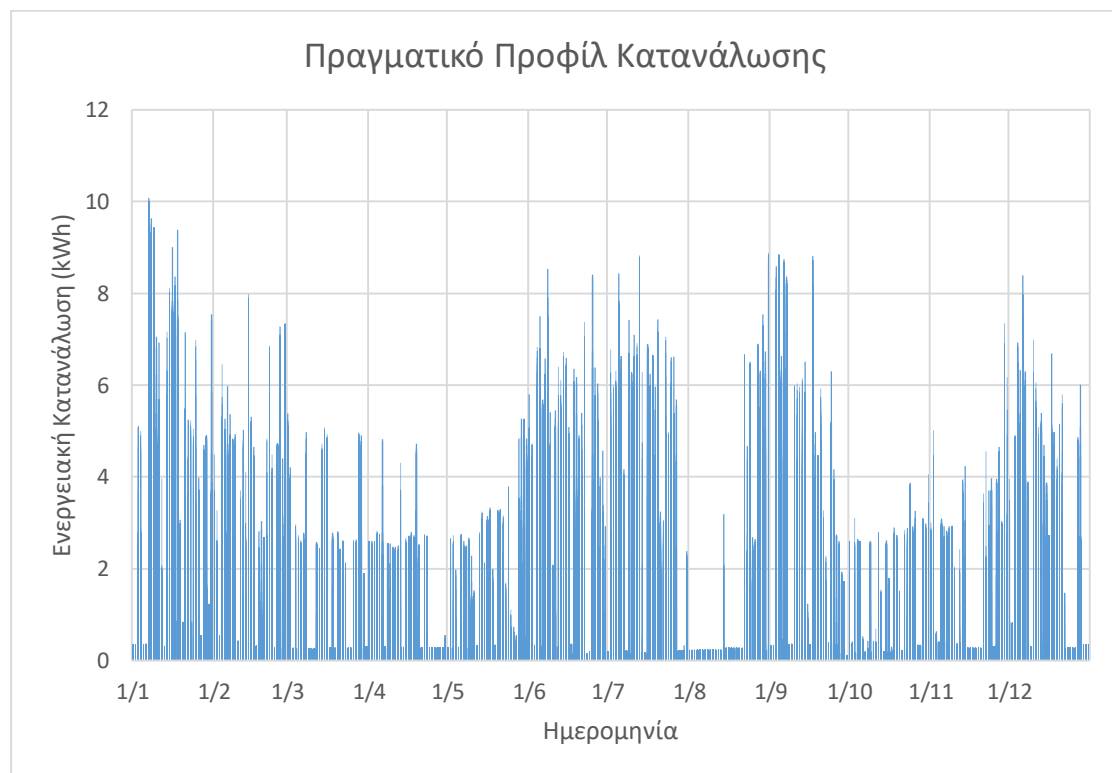
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

11.1 Εισαγωγή

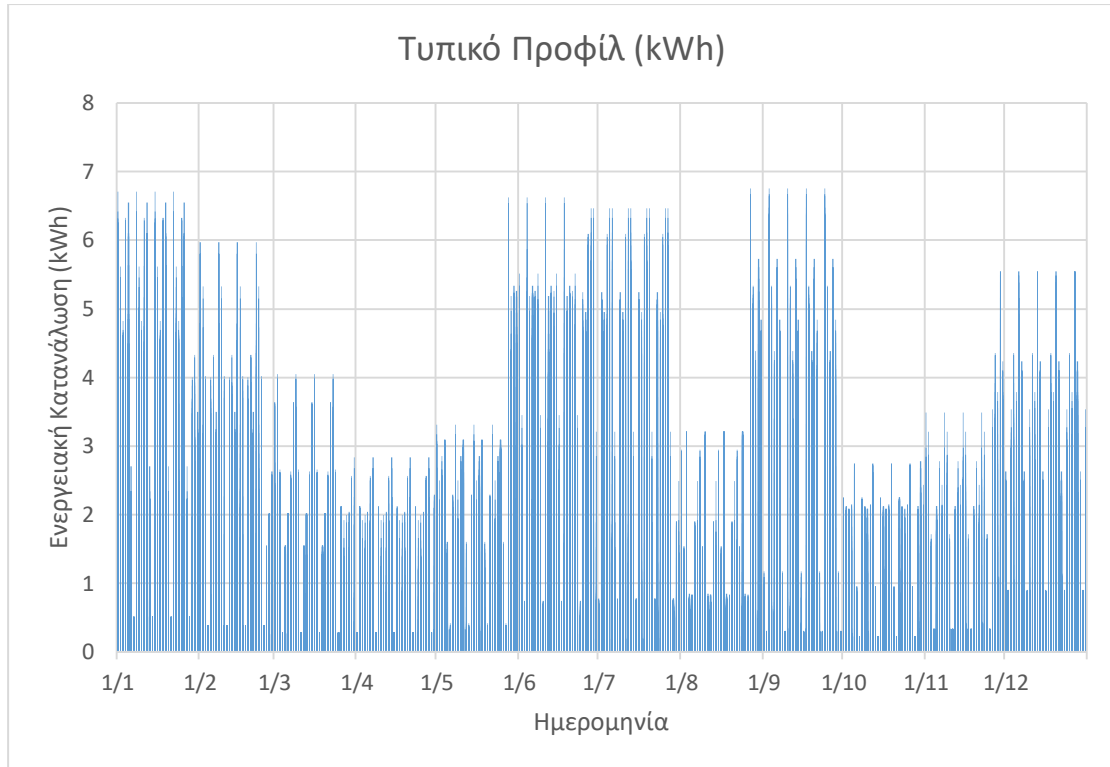
Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα σημαντικότερα γραφήματα που δημιουργήθηκαν από την επεξεργασία των μετρήσεων κατανάλωσης, παραγωγής και κλιματολογικών δεδομένων. Επιπλέον θα παρουσιαστούν οι καλύτερες και οικονομικότερες λύσεις από τη διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος, καθώς και μια σειρά συμπερασμάτων και άλλων λύσεων που παρατηρήθηκαν κατά τη διεξαγωγή της παρούσας διπλωματικής.

11.2 Αποτελέσματα των Προφίλ Κατανάλωσης

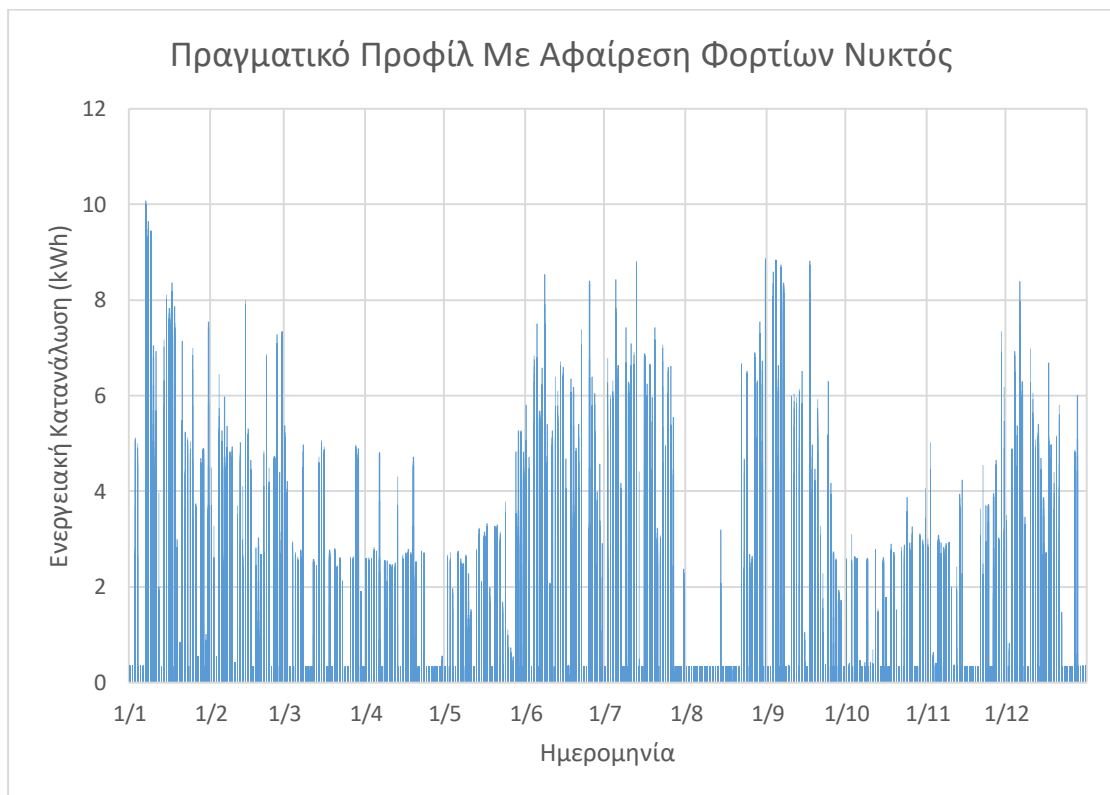
Στην παρούσα παράγραφο απεικονίζονται τα αποτελέσματα από τα δεδομένα των καταναλώσεων καθώς και η δημιουργία του πραγματικού, του τυπικού και τέλος του πραγματικού προφίλ κατανάλωσης χωρίς τα νυχτερινά φορτία. Στη συνέχεια θα γίνει σύγκριση των τριών προφίλ ως προς τη συνολική του κατανάλωση.



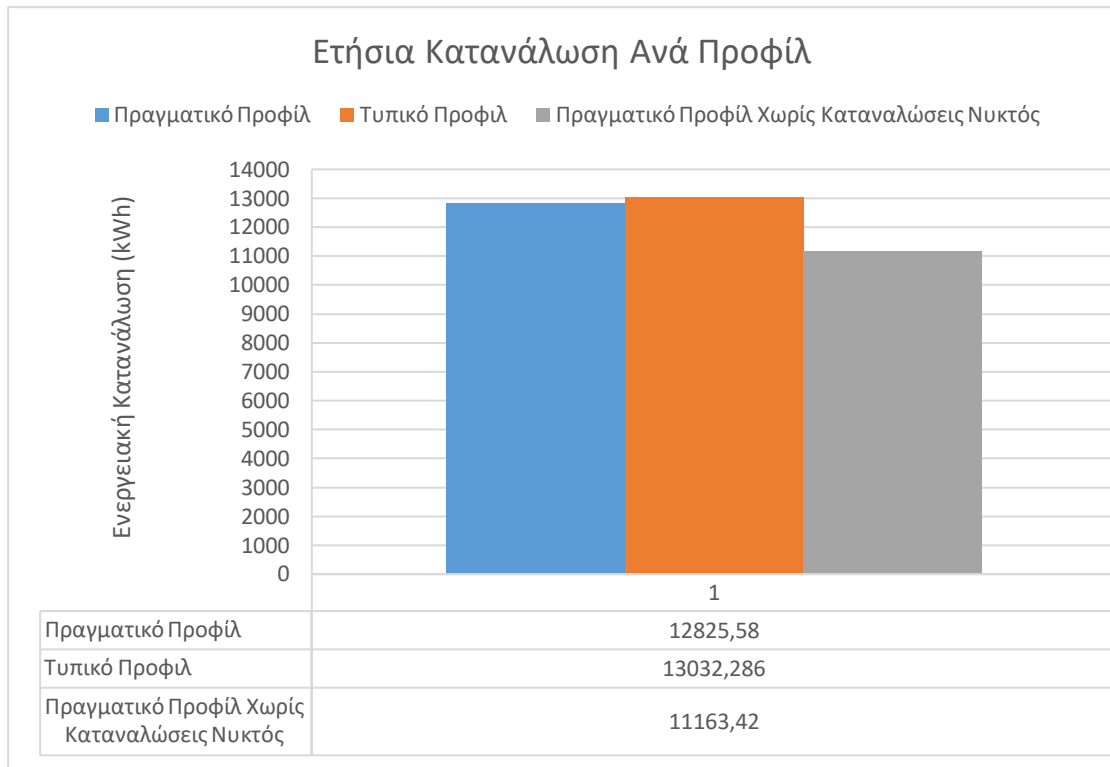
Διάγραμμα 125: Πραγματικό ωριαίο προφίλ κατανάλωσης.



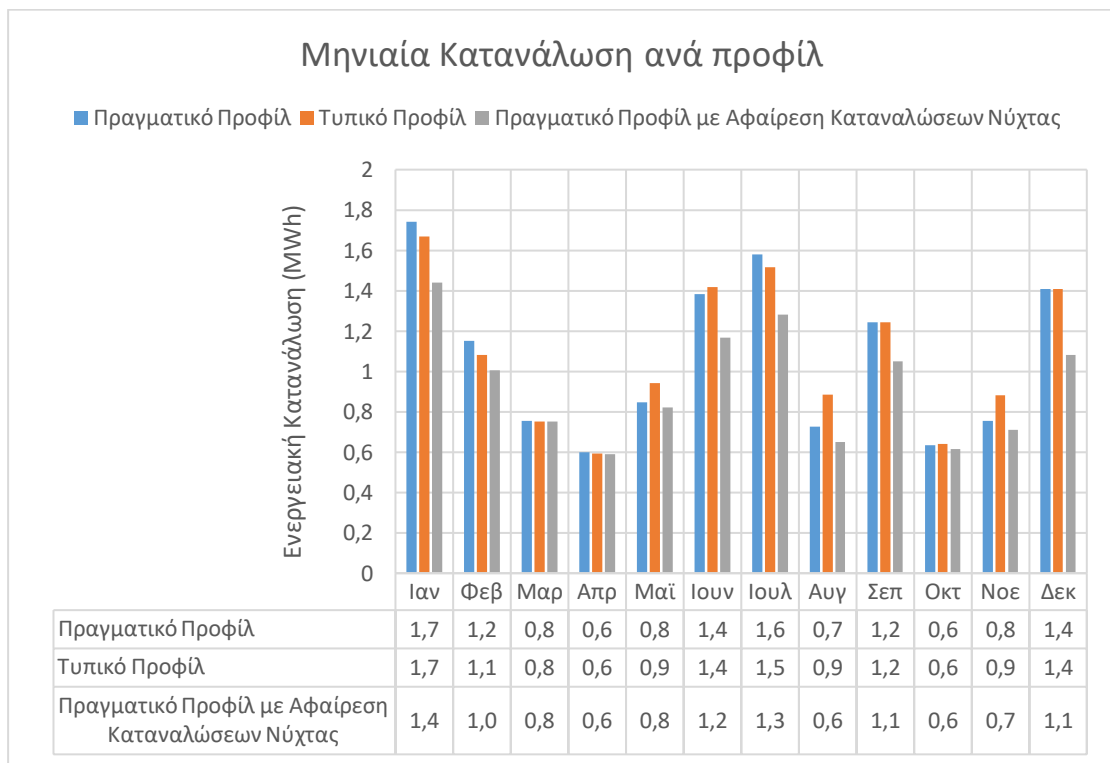
Διάγραμμα 126: Τυπικό ωραιο προφίλ κατανάλωσης εργαστηρίου ΗΜΕ&ΠΡΟΠΕ.



Διάγραμμα 127: Πραγματικό προφίλ κατανάλωσης (kWh) με αφαίρεση καταναλωτικών φορτίων νυκτός.



Διάγραμμα 128: Σύγκριση ετήσιας κατανάλωσης (kWh) ανά προφίλ.



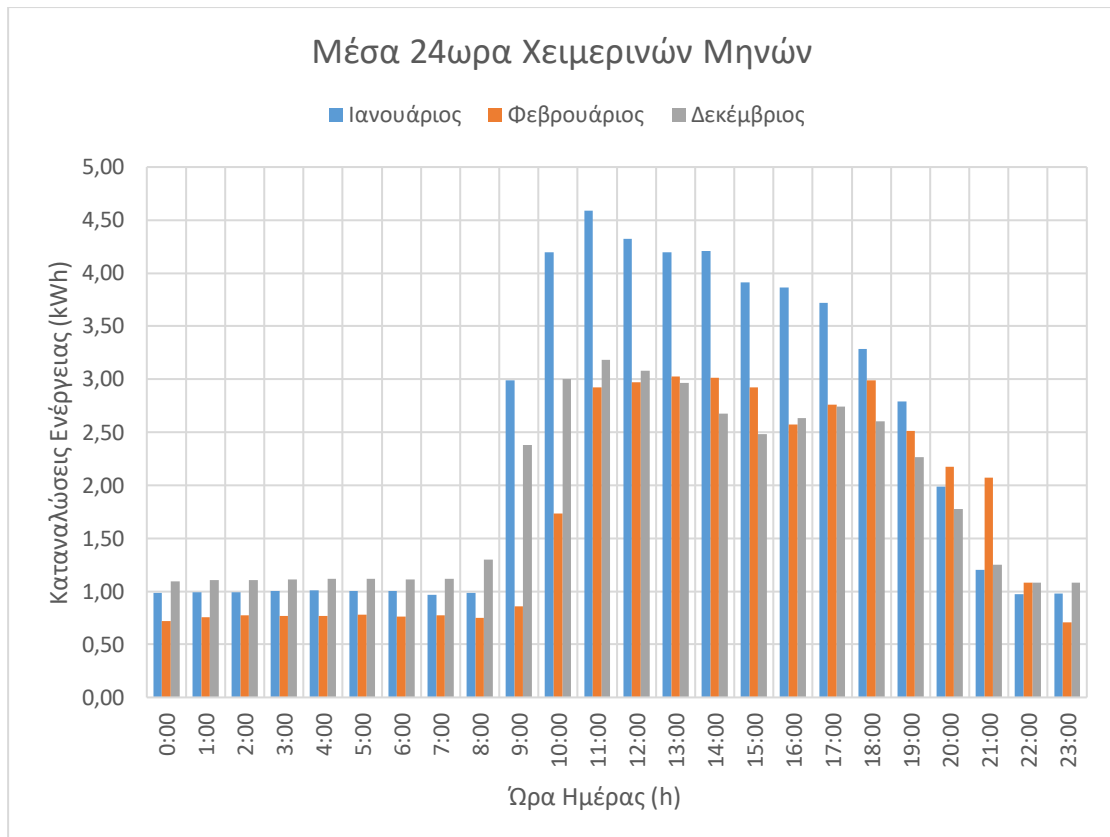
Διάγραμμα 129: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης (MWh) ανά προφίλ.

Από τα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να συγκριθούν τα τρία προφίλ κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα συγκρίνονται ως προς τη συνολική και μηνιαία κατανάλωση το πραγματικό προφίλ, το τυπικό προφίλ και το πραγματικό προφίλ χωρίς τα υψηλά νυχτερινά φορτία άνω της μίας κιλοβατώρας. Αρχικά παρατηρείται υψηλή κατανάλωση φορτίων κυρίως τους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες λόγω χρήσης κλιματιστικών συσκευών για τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης των χώρων αντίστοιχα. Άλλα υψηλά φορτία αποτελούν κατά τους χειμερινούς μήνες, η ανάγκη για χρήση περισσότερου φωτισμού και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η χρήση ανεμιστήρων οροφής. Επιπλέον δεν πρέπει να παραληφθούν υψηλά φορτία τα οποία οφείλονται σε πειραματικές διατάξεις του εργαστηρίου όπως για παράδειγμα η μονάδα αφαλάτωσης. Πρακτικά η γνώση του μεγέθους των φορτίων όταν πολλές συσκευές λειτουργούν ταυτόχρονα είναι σημαντική για τη διαστασιολόγηση του αντιστροφέα-Inverter. Στα διαγράμματα των προφίλ μπορεί να φανεί η μέγιστη ζήτηση ενέργειας η οποία είναι περίπου 11kwh όπως επίσης και η μέση κατανάλωση ενέργειας σε κατάσταση αναμονής των συσκευών παρατηρώντας την όταν το εργαστήριο παραμένει κλειστό τα Χριστούγεννα το Πάσχα και τον Αύγουστο (0,35kWh).

Η συνολική κατανάλωση του πραγματικού προφίλ ανέρχεται στις 12825,58kWh σε ετήσια βάση, ενώ του τυπικού προφίλ στις 13032,29kWh, τιμές πολύ όμοιες ποσοτικά μεταξύ τους. Αυτό επιβεβαιώνει την αξιοπιστία της μεθόδου της δημιουργίας του τυπικού προφίλ κατανάλωσης, η οποία εξομαλύνει ουσιαστικά τις πολύ ακραίες τιμές κατανάλωσης ενώ παράλληλα ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

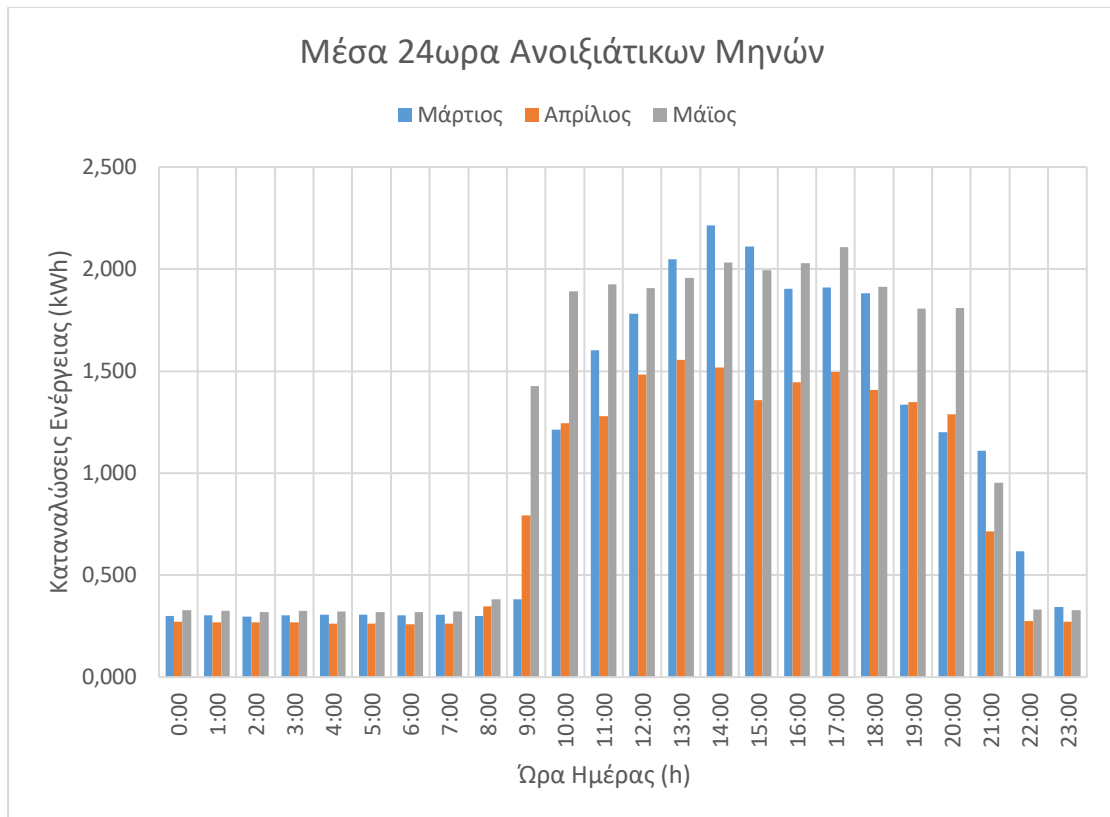
Τέλος δημιουργήθηκε το πραγματικό προφίλ κατανάλωσης, στο οποίο τα πολύ υψηλά φορτία που παρατηρήθηκαν κατά τις βραδινές ώρες και οφείλονται σε ανοικτές κλιματιστικές συσκευές, αφαιρέθηκαν και αντικαταστάθηκαν με μία μέση κατανάλωση σε κατάσταση αναμονής για τον κάθε μήνα ξεχωριστά. Με αυτή τη μέθοδο εξοικονομήθηκαν 1632,16kWh ποσό σημαντικά μεγάλο αν αναλογιστεί κανείς ότι αποτελεί περίπου το 15% της συνολικής κατανάλωσης. Η παραπάνω διαφορά φαίνεται και στο μηνιαίο διάγραμμα κατανάλωσης ανά προφίλ και διακρίνεται περισσότερο κατά το μήνα Ιανουάριο, Φεβρουάριου, Δεκέμβριο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο επιβεβαιώνοντας έτσι του προηγούμενους ισχυρισμούς.

Παρακάτω γίνεται λεπτομερέστερη ανάλυση των καταναλώσεων όπου παραθέτονται τα διαγράμματα των μέσων εικοσιτετράωρων για κάθε μήνα ξεχωριστά με βάση περεταίρω επεξεργασίας των δεδομένων του πραγματικού προφίλ κατανάλωσης. Τα διαγράμματα έχουν χωριστεί με βάση την εποχή ούτως ώστε να γίνει αντιληπτή η ενεργειακή συμπεριφορά του εργαστηρίου. Αρχικά το πρώτο συμπέρασμα που μπορεί να εκπονηθεί είναι οι ώρες λειτουργίας του εργαστηρίου καθώς και οι ώρες αιχμής της μέγιστης ζήτησης. Το εργαστήριο λειτουργεί καθημερινά από Δευτέρα έως Παρασκευή από τις 09:00 το πρωί έως τις 21:00 το βράδυ για όλες τις εποχές του χρόνου πέραν των διακοπών. Επίσης οι ώρες της μέγιστης ζήτησης ισχύος εμφανίζονται από της 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα.



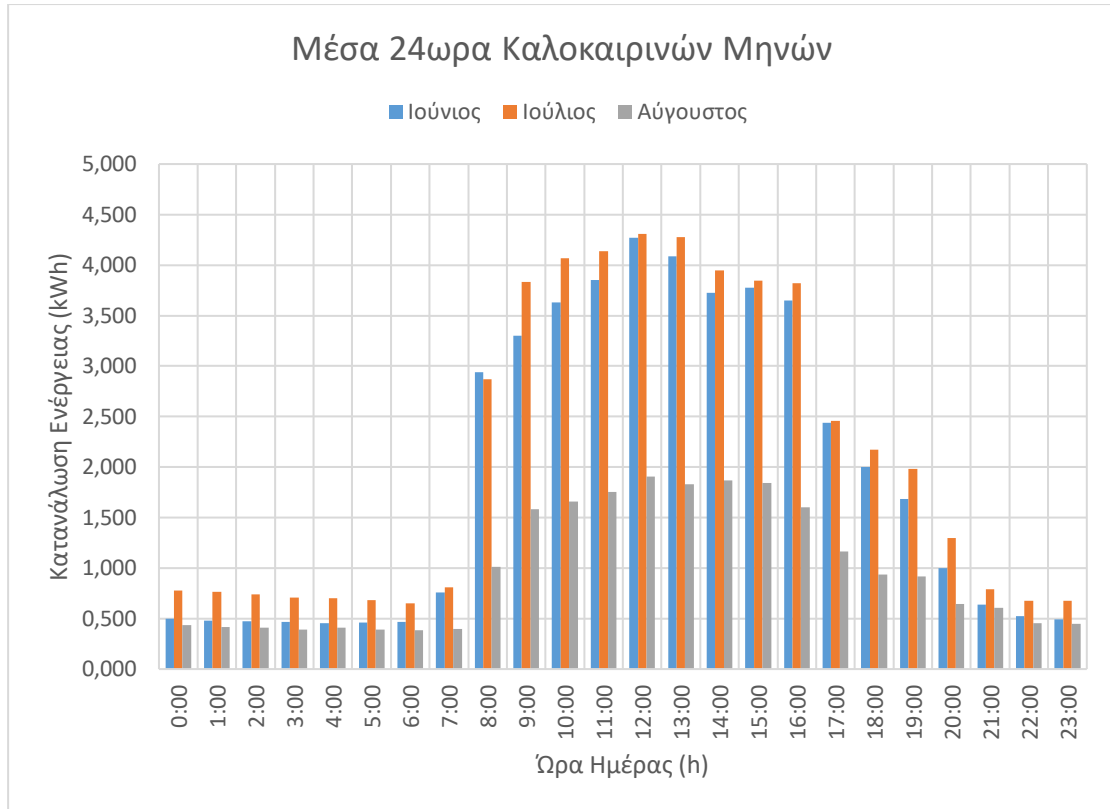
Διάγραμμα 130: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των χειμερινών μηνών.

Πρώτα από όλα παρατηρείτε ότι από τους χειμερινούς μήνες εκείνος με τις πιο υψηλές καταναλώσεις είναι ο μήνας Ιανουάριος, όπου για άλλη μια φορά οι ανάγκες για θέρμανση και φωτισμό είναι υψηλές. Ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος παρουσιάζουν στο μεγαλύτερο σύνολο των ωρών της ημέρας περίπου ίδια συμπεριφορά. Η ελάχιστη ζήτηση για κατανάλωση από τις συσκευές σε κατάσταση αναμονής κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ της 0,7-1kWh. Για τις ώρες που το εργαστήριο βρίσκεται σε λειτουργία η κατανάλωση αιχμής ανέρχεται στις 4kWh για τον Ιανουάριο, 3kWh για το Φεβρουάριο και 3kWh για το δεκέμβριο, με τον τελευταίο οι τιμές να επηρεάζονται λόγω πάσης λειτουργίας του εργαστηρίου για 15 ημέρες για τις διακοπές των Χριστουγέννων.



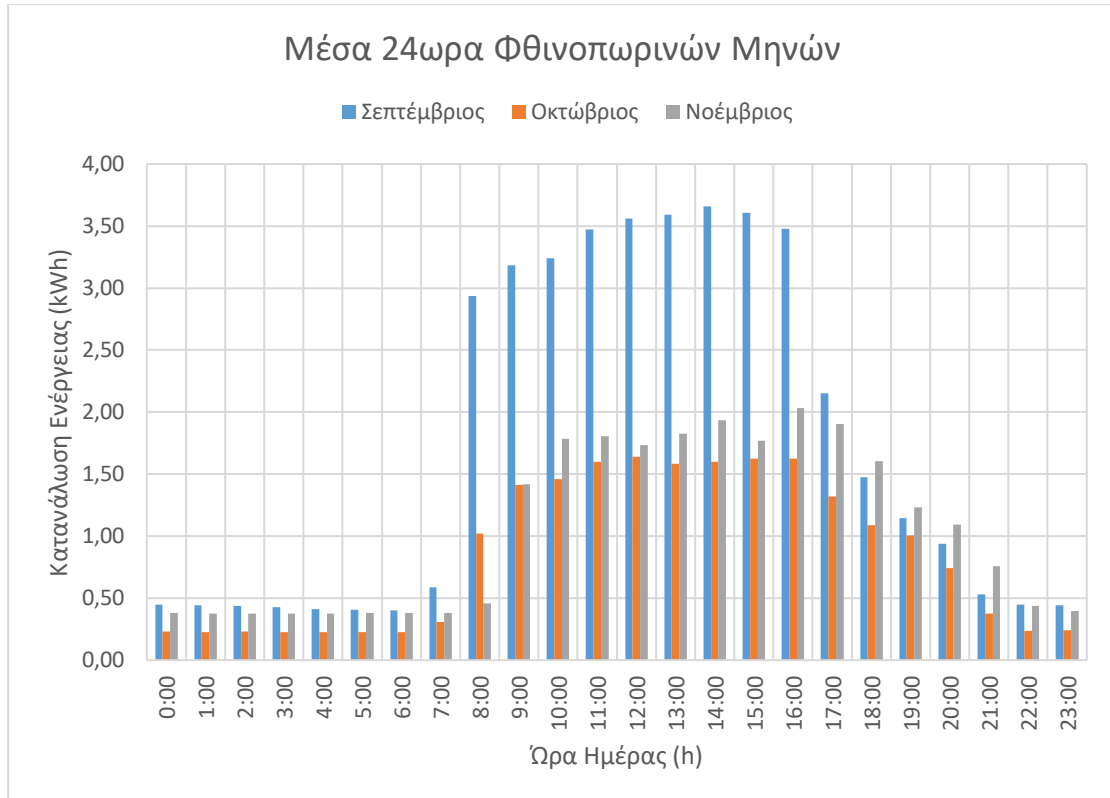
Διάγραμμα 131: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των ανοιξιάτικων μηνών.

Για τους μήνες τις Άνοιξης οι καταναλώσεις είναι σαφώς πολύ χαμηλότερες αφού δεν υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη κλιματισμού και φωτισμού. Ο Μάρτιος και ο Μάιος ακολουθούν την ίδια ενεργειακή συμπεριφορά με μέση κατανάλωση αιχμής τις 2kWh, με τον Απρίλιο να έρχεται τρίτος με μέση κατανάλωση 1,5kWh, λόγω των διακοπών του Πάσχα. Η μέση κατανάλωση για τις συσκευές σε κατάσταση αναμονής ανέρχεται στις 0,3kWh.



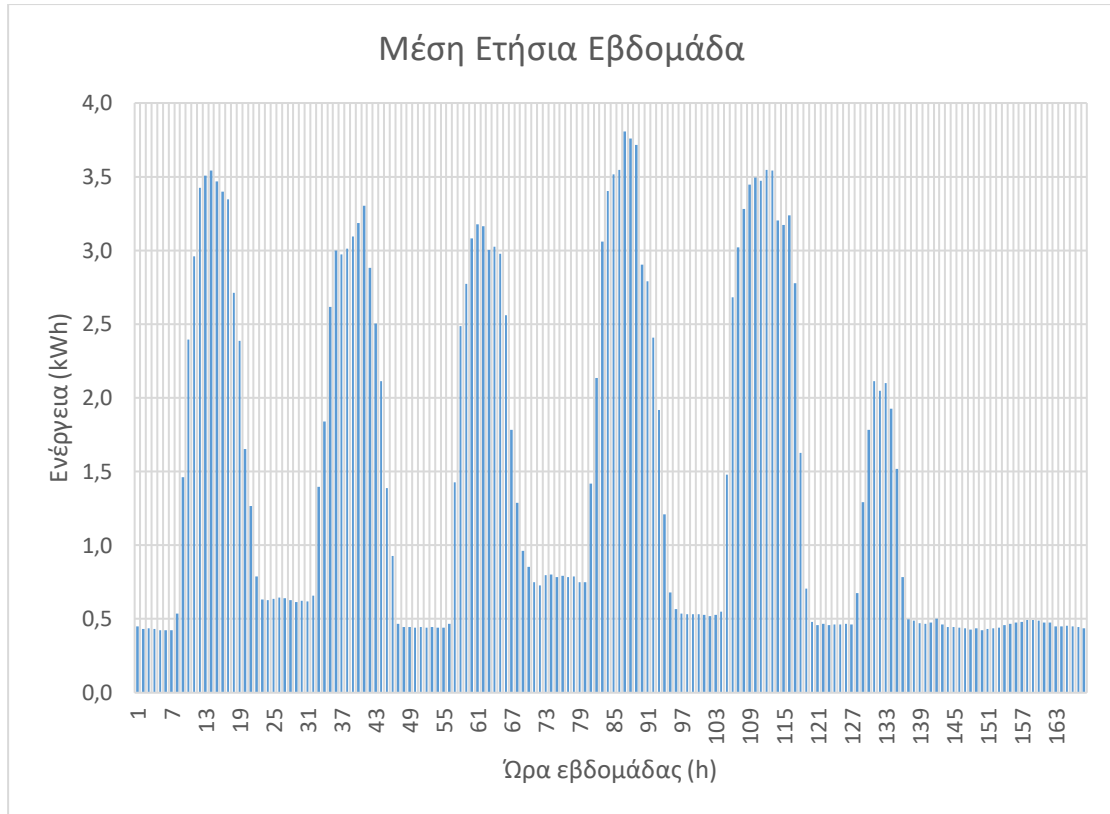
Διάγραμμα 132: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των θερινών μηνών.

Οι μήνες του καλοκαιριού ακολουθούν ίδια ενεργειακή συμπεριφορά με τους μήνες του χειμώνα για ευνόητους λόγους που έχουν αναφερθεί προηγούμενος. Οι υψηλότερες καταναλώσεις σε ώρες αιχμής είναι 3,5kWh για τον Ιούνιο και τον Ιούλιο και 1,5kWh για τον Αύγουστο λόγω της παύσης λειτουργίας του εργαστηρίου για τις διακοπές του καλοκαιριού. Τέλος η μέση κατανάλωση σε ώρες ελάχιστης ζήτησης είναι μεταξύ των 0,48-0,7kWh.



Διάγραμμα 133: Συγκεντρωτικό γράφημα μέσης κατανάλωσης (kWh) των φθινοπωρινών μηνών.

Στους μήνες του φθινοπώρου φαίνεται καλύτερα η μετάβαση από πιο ζεστή σε πιο κρύα εποχή με το μήνα Σεπτέμβριο να παρουσιάζει σχεδόν τις διπλάσιες καταναλώσεις σε σύγκριση με τον Οκτώβριο και το νοέμβριο, λόγω των υψηλών φορτίων από τις κλιματιστικές συσκευές και του ανεμιστήρες οροφής. Η μέση κατανάλωση του μηνιαίου εικοσιτετράωρου το Σεπτέμβριο ανήλθε στις 3,5kWh, για τον Οκτώβριο 1,3 kWh και για το νοέμβριο 1,6kWh για τις ώρες αιχμής. Όσον αφορά τη μέση κατανάλωση σε κατάσταση αναμονής αυτή κυμαίνεται μεταξύ της 0,25-0,40kWh.



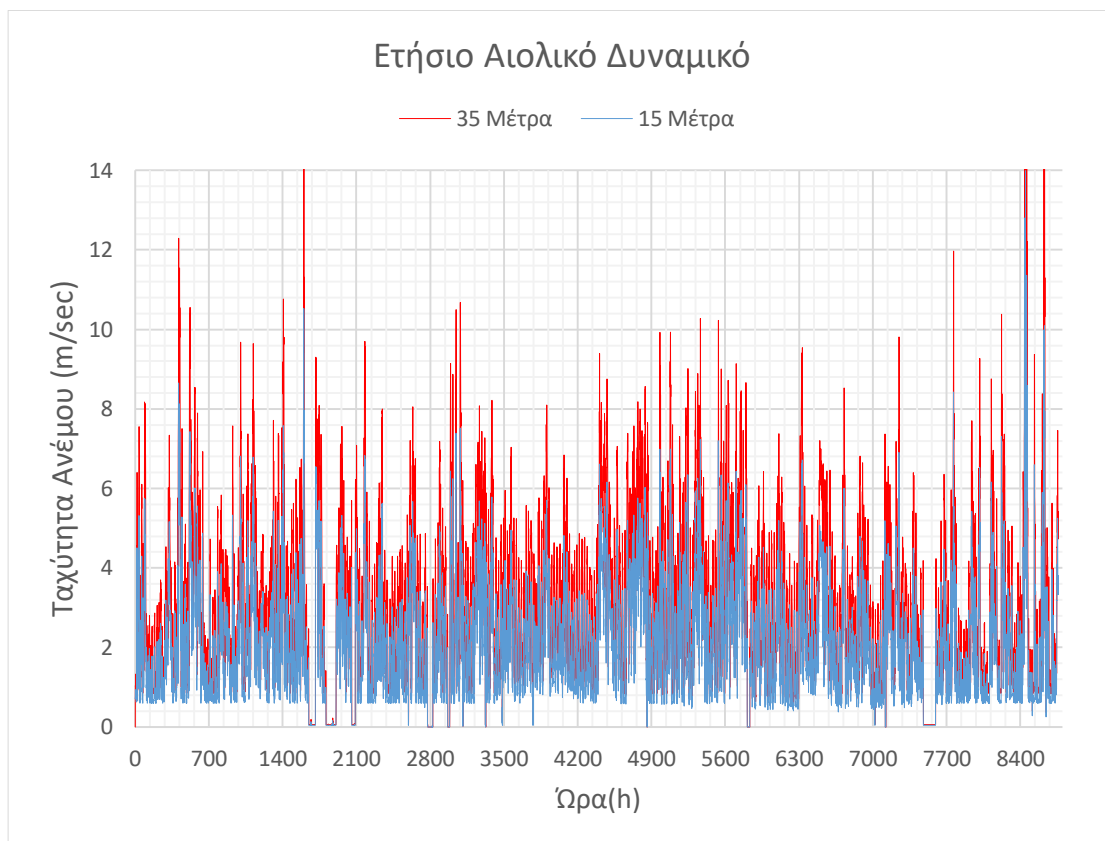
Διάγραμμα 134: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh) εβδομάδας.



Διάγραμμα 135: Μέση ετήσια ωριαία κατανάλωση (kWh).

11.3 Αποτελέσματα της Επεξεργασίας των Κλιματολογικών Δεδομένων

Για τη λήψη των κλιματολογικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα μετρητικά όργανα που έχει στην κατοχή του το εργαστήριο. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το ανεμόμετρο που βρίσκεται επάνω στην ανεμογεννήτρια σε ύψος 15μέτρα και δύο πυρανόμετρα τα οποία το ένα βρίσκεται σε οριζόντιο και το άλλο σε κεκλιμένο επίπεδο. Όλα τα μετρητικά είναι συνδεδεμένα σε υπολογιστικό σύστημα εποπτικού ελέγχου όπου και λαμβάνονται τα δεδομένα (STYLITYS). Κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας τους προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα αιολικού και ηλιακού δυναμικού, ώστε να γίνει αντιληπτή η ένταση τους και στη συνέχεια να εκτιμηθεί η δυναμικότητά τους, η οποία θα αποτελέσει τη βάση της διαστασιολόγησης του καινούριου υβριδικού συστήματος καθώς και την εκτιμηταία παραγωγή των ήδη υπάρχοντων συστημάτων.



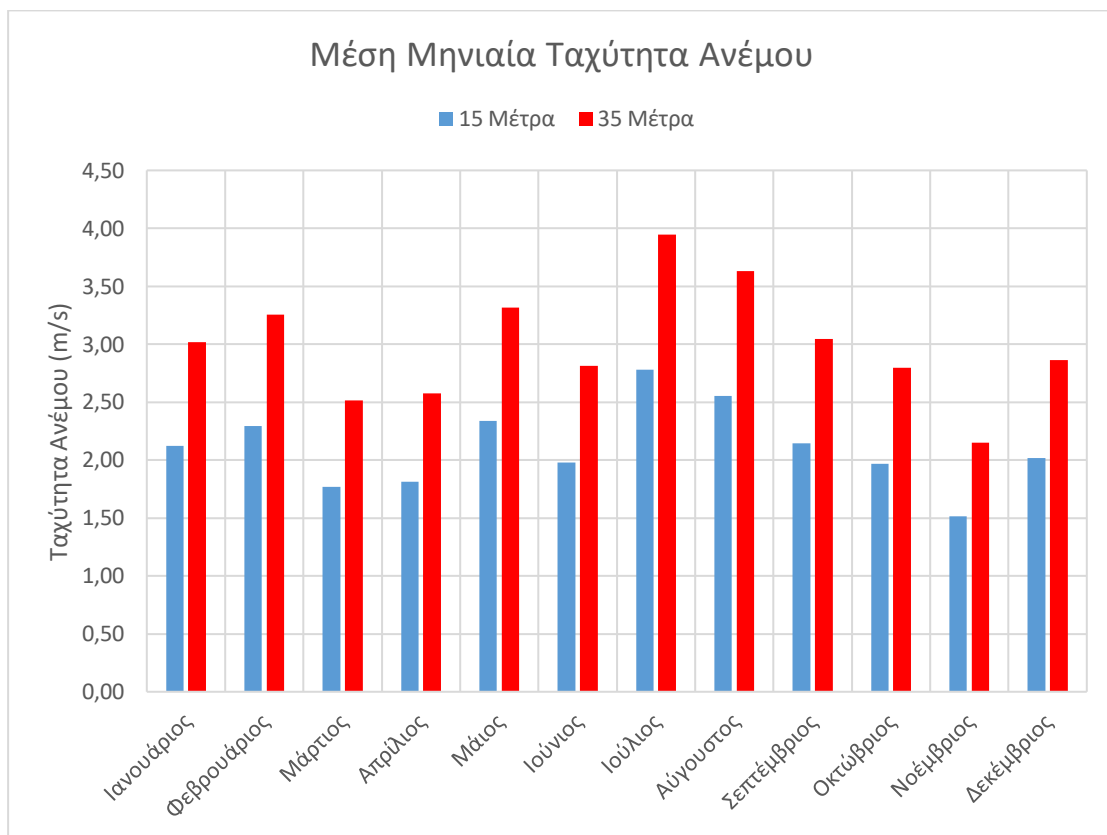
Διάγραμμα 136: Ετήσιο γράφημα αιολικού δυναμικού στα 15μ και στα 35μ.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται αρχικά δύο σειρές δεδομένων ταχύτητας ανέμου. Η **μπλε** χρονοσειρά αναφέρεται στις πραγματικές μετρήσεις που λήφθηκαν και επεξεργάστηκαν από το ανεμόμετρο ενώ η **κόκκινη** αναφέρεται σε χρονοσειρά που προέκυψε από την αναγωγή των πραγματικών μετρήσεων σε μεγαλύτερο ύψος τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας. Ο λόγος αναγωγής των μετρήσεων από τα 15 μέτρα στα 35 μέτρα έγινε με σκοπό να δοθεί μία εκτίμηση της θεωρητικής παραγωγής της ανεμογεννήτριας σε περίπτωση που εκείνη ήταν χαμηλή, λόγω το φτωχού αιολικού δυναμικού της περιοχής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η εκθετική και η λογαριθμική εξίσωση του κεφάλαιο 8 λαμβάνοντας υπό όψιν έναν συντελεστή τραχύτητας της επιφάνειας για μικρό αστικό περιβάλλον 0,38.

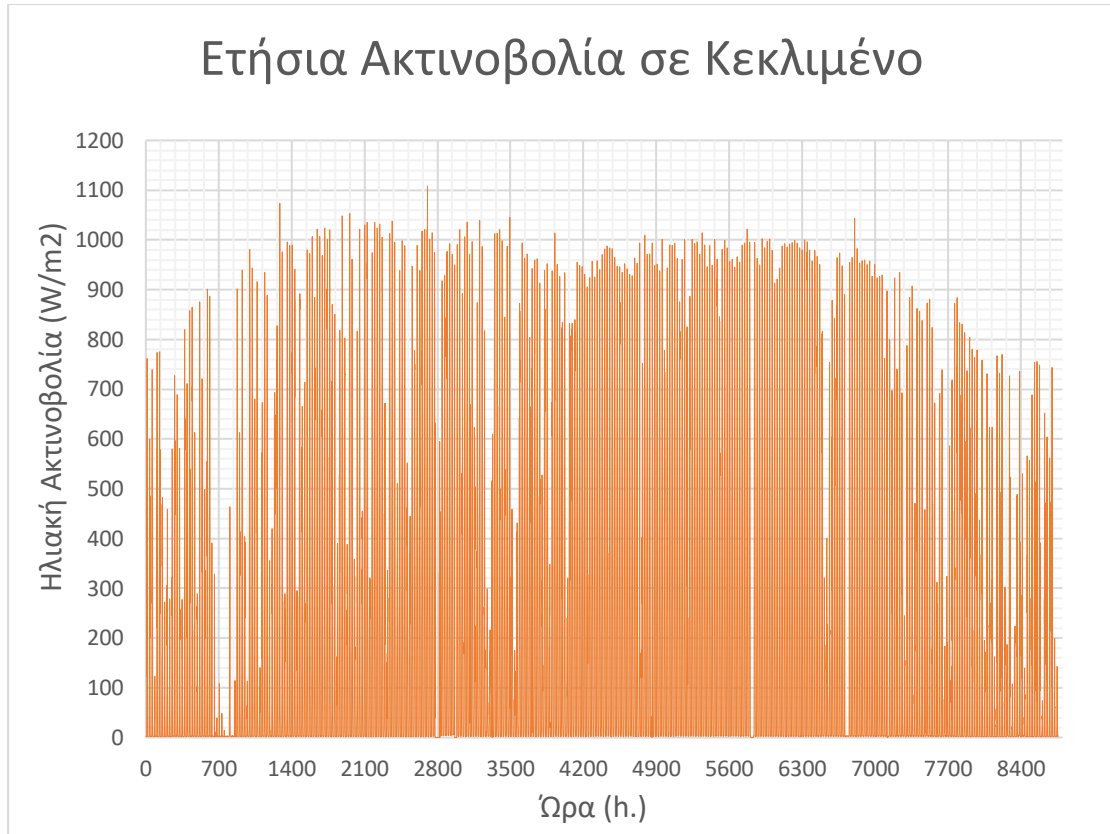
Η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου για το ύψος των 15 μέτρων προκύπτει 2,10m/s, ενώ για το ύψος των 35 φτάνει τα 3m/s. Ένα πρώτο συμπέρασμα λοιπόν που προκύπτει από τις μετρήσεις είναι ότι η περιοχή παρουσιάζει πολύ φτωχό αιολικό δυναμικό.

Επιπλέον, αναφέρεται ότι επιλογή του ύψος των 35 μέτρων και όχι παραπάνω έγινε για λόγους ασφαλείας, καθώς η περιοχή θεωρείται κατοικημένη και σε παραπάνω ύψος θα έπρεπε να συνυπολογιστούν παράγοντες που επηρεάζονται από την καμπυλότητα της γης.

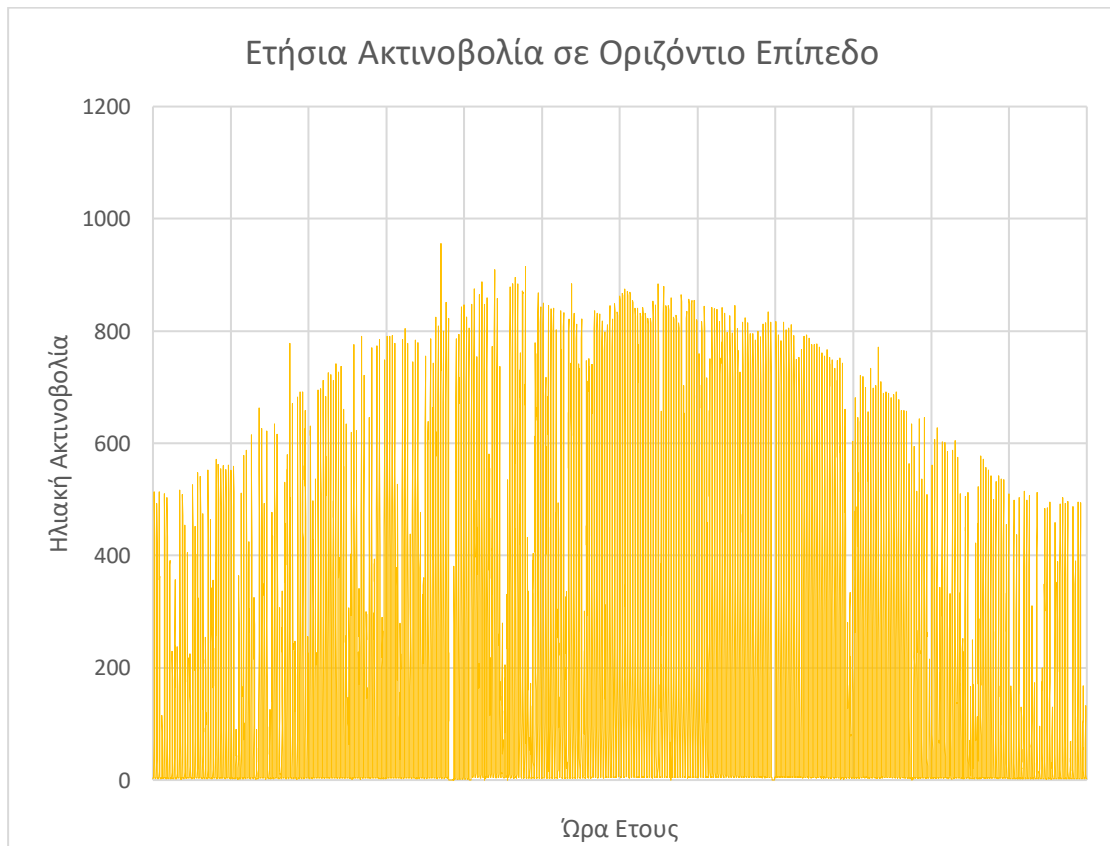
Τέλος, δημιουργήθηκε το παραπάνω γράφημα που απεικονίζει τη μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου με τους μήνες του Ιανουαρίου, του Φεβρουαρίου, του Μαΐου, του Ιουλίου και του Αυγούστου να παρουσιάζουν υψηλότερο αιολικό δυναμικό.



Διάγραμμα 137: Συγκριτικό γράφημα μέσης μηνιαίας κατανομής ταχύτητας ανέμου (m/s) στα 15μ. και στα 35μ.



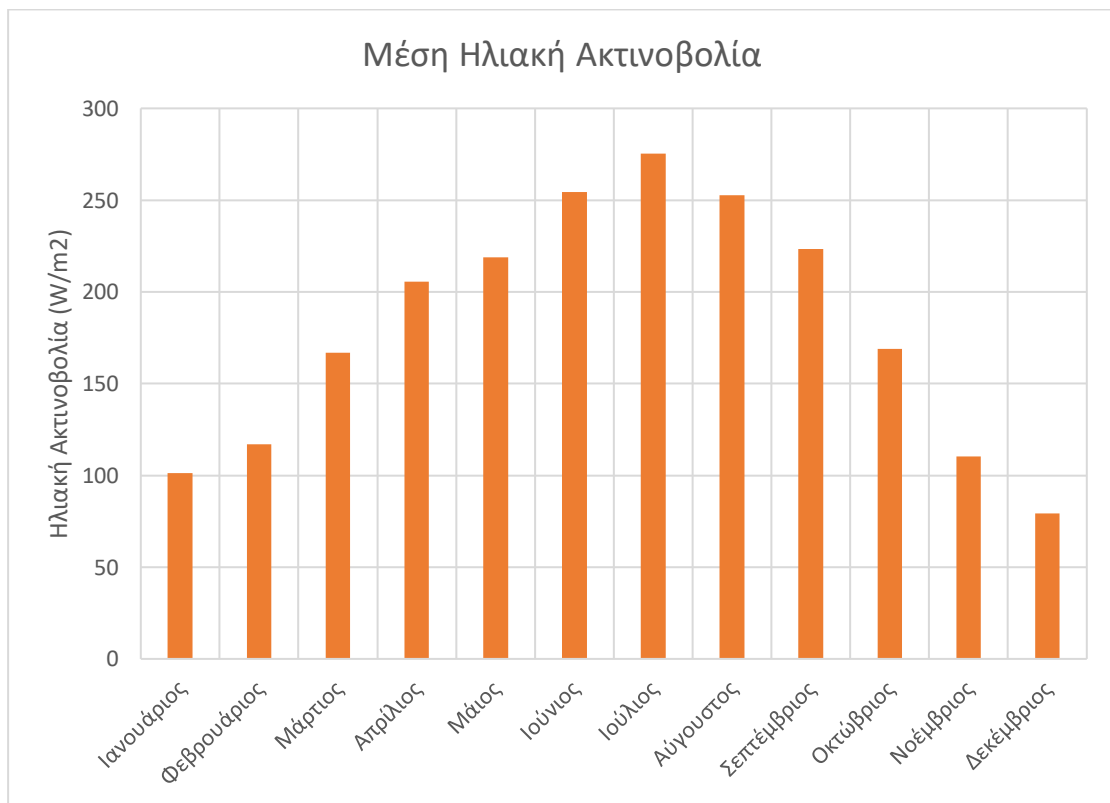
Διάγραμμα 138: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε κεκλιμένο επίπεδο.



Διάγραμμα 139: Ετήσια κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) σε οριζόντιο επίπεδο.

Στο σημείο αυτό απεικονίζονται τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο. Αρχικά συγκρίνοντας τα παραπάνω ετήσια διαγράμματα ηλιακής ακτινοβολίας παρατηρείται η αξιοπιστία της προηγούμενης μελέτης τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών, ως προς τη σωστή τοποθέτηση τους από άποψη κλίσης και κατεύθυνσης στον ουράνιο θόλο. Στο διάγραμμα ετήσιας ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο τα άκρα της καμπύλης τείνουν να παραλληλοποιηθούν με τον άξονα $x-x'$, αξιοποιώντας πλήρως το ηλιακό δυναμικό της περιοχής, γεγονός το οποίο δεν συμβαίνει στο διάγραμμα του οριζοντίου επιπέδου όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ακολουθεί τη λογική της εποχής (χαμηλότερη το χειμώνα υψηλότερη το καλοκαίρι). Επιπλέον η ένταση του ηλιακού δυναμικού στο οριζόντιο επίπεδο φαίνονται να είναι χαμηλότερη στο σύνολο της καθώς οι ηλιακές ακτίνες «καθυστερούν» να φτάσουν το πυρανόμετρο σε αυτήν τη θέση λόγω ύπαρξης εμποδίων όπως στηθαία και δέντρα που δημιουργούν σκιάσεις. Η μέση ηλιακή ακτινοβολία

Τέλος στο παρακάτω γράφημα μπορεί να φανεί και η μέση μηνιαία ένταση της ακτινοβολίας όπου διαπιστώνεται ότι η περιοχή παρουσιάζει έντονο ηλιακό δυναμικό.



Διάγραμμα 140: Μέση μηνιαία κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.

11.4 Αποτελέσματα Παραγωγής Ενέργειας από τα ήδη Υπάρχοντα Συστήματα

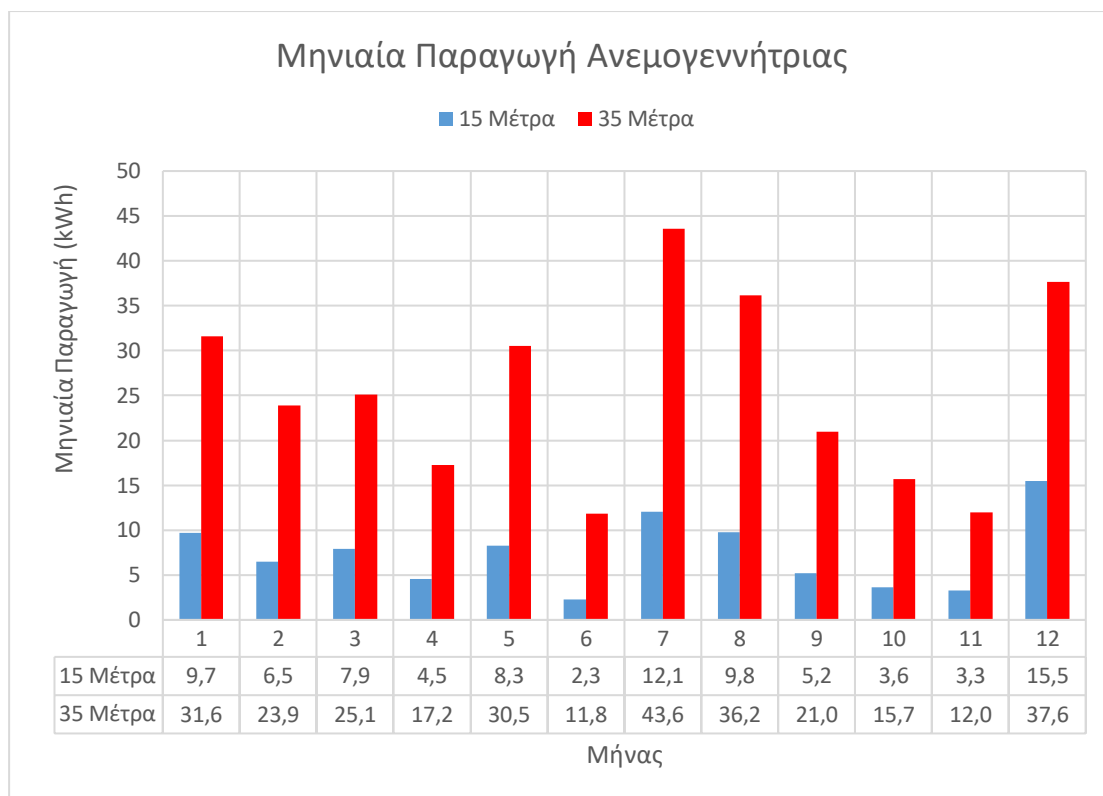
Για την εκτίμηση της ενεργειακής παραγωγής της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ταχύτητας ανέμου από το καταγραφικό του εργαστηρίου και η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του κατασκευαστή. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ταχύτητας ανέμου στο ύψος των 15 μέτρων καθώς και οι αναγόμενες στο ύψος των 35 μέτρων ούτως ώστε να δοθεί μια εικόνα της ενεργειακής της προοπτικής. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα παραγωγής σε ετήσια και μηνιαία βάση και για τις δυο χρονοσειρές ταχύτητας ανέμου.



Διάγραμμα 141: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ κατά ύψος.



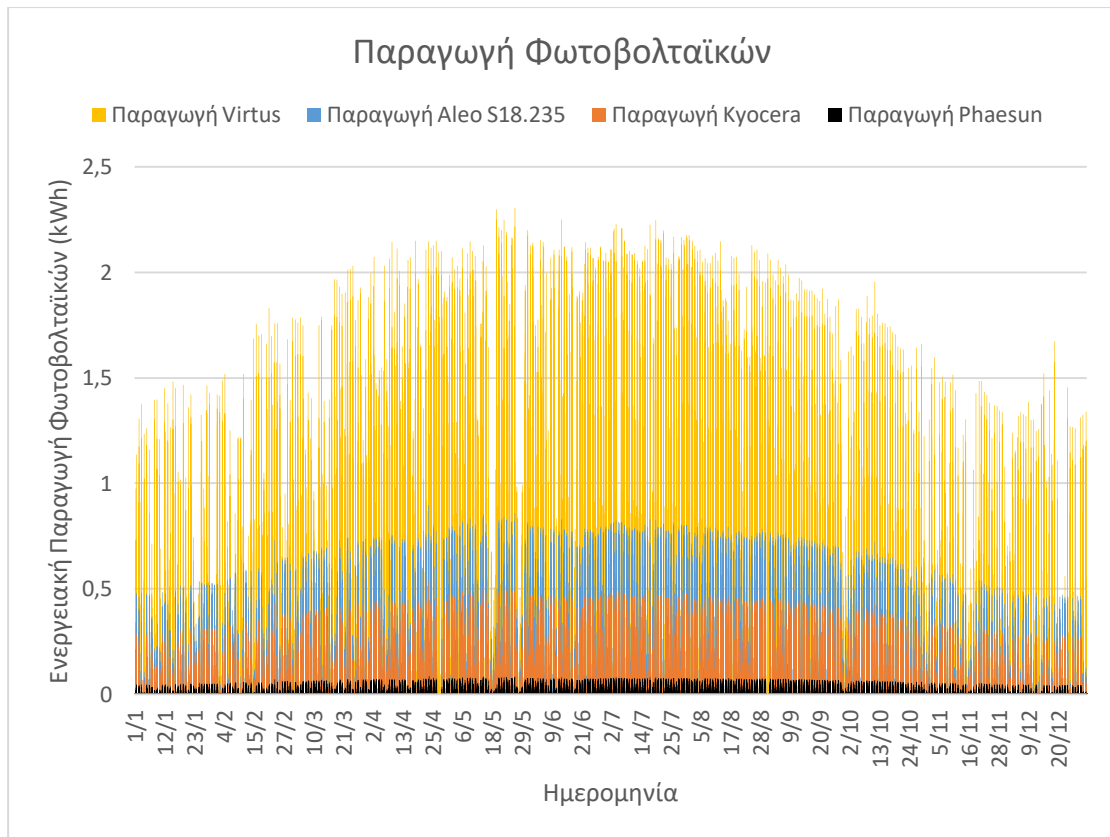
Διάγραμμα 142: Θεωρητική παραγωγή ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 35μ κατά ύψος.



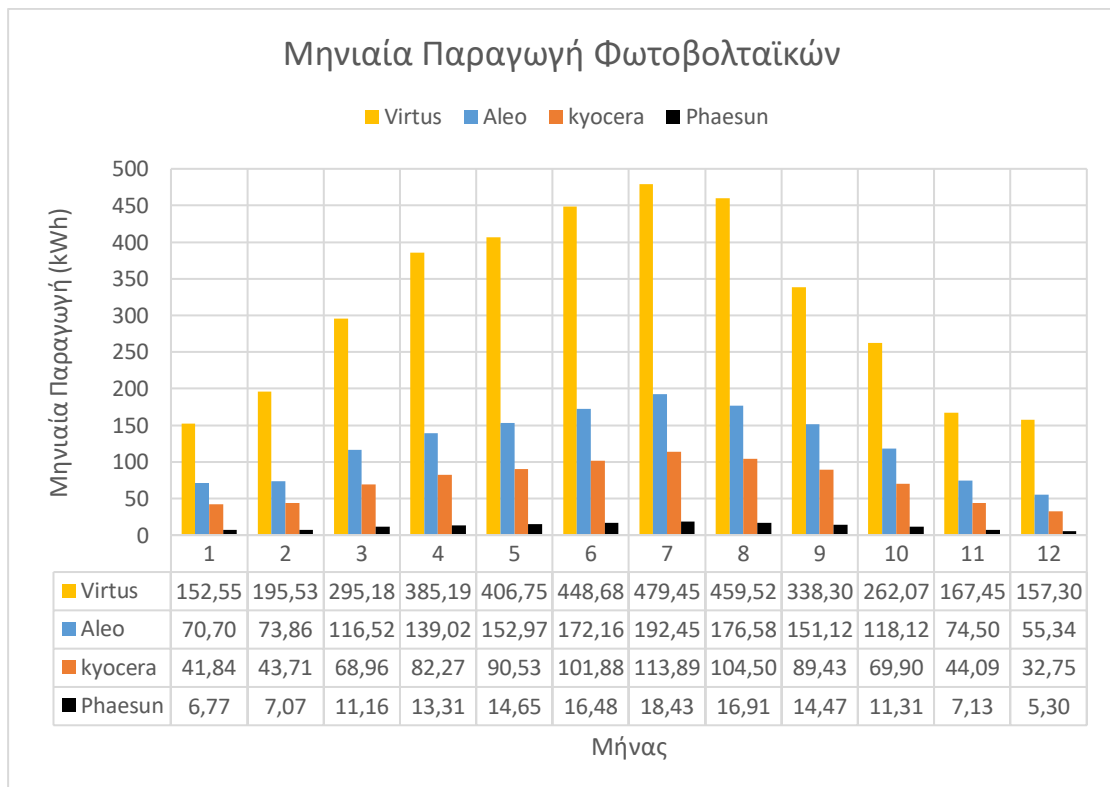
Διάγραμμα 143: Συγκριτικό γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας της εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας στα 15μ και στα 35μ.

Όπως παρατηρείται από τα ανωτέρω διαγράμματα η παραγωγή στα 35 μέτρα ύψους τοποθέτησης είναι σαφώς μεγαλύτερη σε τριπλάσια αναλογία. Στα 15 μέτρα η συνολική ετήσια παραγωγή ανέρχεται στις 88,7kWh, ενώ για το ύψος των 35 μέτρων η ετήσια παραγωγή ανέρχεται στις 306,2kWh. Τα δύο αυτά ποσά είναι πάρα πολύ μικρά σε σύγκριση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από τα προφίλ (12825,58kWh). Συνεπώς επιβεβαιώνεται και ο προηγούμενος ισχυρισμός για τη φτώχη ένταση του αιολικού δυναμικού της περιοχής και για αυτό το λόγο δεν ενδείκνυται χρήση ανεμογεννήτριας στο καινούριο σύστημα.

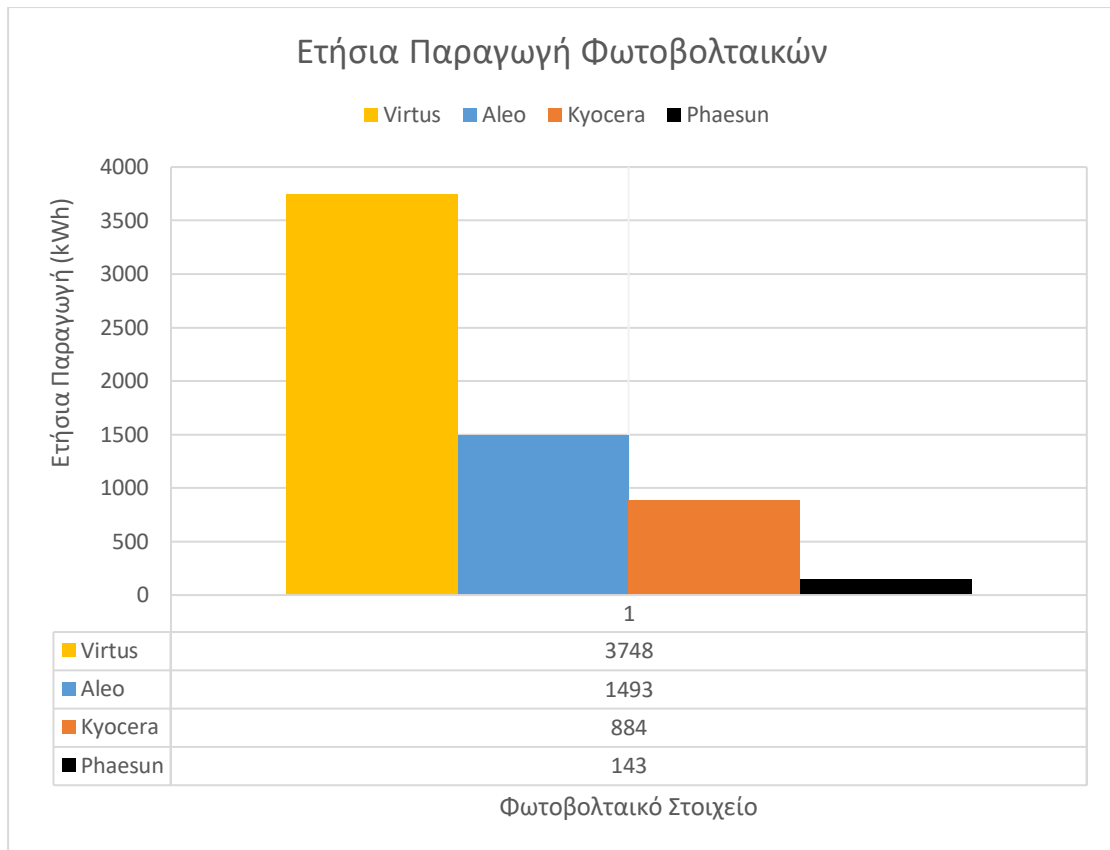
Για την εκτίμηση της παραγωγής από τα φωτοβολταικά χρησιμοποιήθηκαν οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας τους από τα τεχνικά φυλλάδια των κατασκευαστών. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε η χρονοσειρά των μετρήσεων της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο. Τέλος για τα φωτοβολταικά που είναι τοποθετημένα στον υβριδικό σταθμό φόρτισης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η διαδραστική διαδικτυακή πλατφόρμα όπου λαμβάνει μετρήσεις παραγωγής απευθείας. Παρακάτω εμφανίζονται σχήματα ετήσιας και μηνιαίας συνολικής παραγωγής.



Διάγραμμα 144: Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιας κατανομής της ενεργειακής παραγωγής όλων των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων.



Διάγραμμα 145: Μηνιαία παραγωγή όλων των διαθέσιμων φωτοβολταϊκών πλαισίων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.



Διάγραμμα 146: Συγκριτικό γράφημα ετήσιας παραγωγής εγκατεστημένων φωτοβολταικών πλαισίων.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα η παραγωγή από τις συστοιχίες φωτοβολταικών είναι αρκετά υψηλή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ για τους χειμερινούς μήνες αρκετά χαμηλότερη. Ο υβριδικός σταθμός φόρτισης οχημάτων είναι εκείνος που συμβάλει στο μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής η οποία φτάνει τις 3748kWh ετησίως. Ακολουθούν τα νέο-εγκατεστημένα Aleo με 1493kWh, τα Ιαπωνικά Kyocera με 884kWh και τέλος τα Phaesun με μόλις 143kWh. Στο σύνολο τους τα φωτοβολταικά παράγουν 6268kWh ετησίως. Το προηγούμενο ποσό είναι αρκετά υψηλό αν αναλογιστεί κανείς ότι η συνολική κατανάλωση είναι η διπλάσια και επιτυγχάνεται με ένα σύστημα συνολικής ισχύος 4,5kW, ενώ ο συντελεστής κάλυψης με τη χρήση των υπάρχοντων συσσωρευτών αγγίζει το 53-60% αναλόγως πάντα το προφίλ. Περισσότερες λεπτομερείς θα δοθούν σε επόμενη παράγραφο των συμπερασμάτων.

11.5 Αποτελέσματα Διαστασιολόγησης

Στην παρούσα παράγραφο αναφέρονται να οικονομικότερα συστήματα που προέκυψαν από τη διαστασιολόγηση των προφίλ κατανάλωσης. Αρχικά έγινε η παραδοχή ότι εφόσον ο αρχικός σκοπός ήταν η πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων, το καινούριο σύστημα θα πρέπει να δίνει συντελεστή κάλυψης μεγαλύτερο του 85%. Για τη διαστασιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις (Pv-4,5kW – Wt-0,9kW –Ess-49kWh), οι 3 χρονοσειρές καταναλώσεων (Πραγματικό, Τυπικό, Χωρίς τα υψηλά νυχτερινά φορτία προφίλ) και οι δύο χρονοσειρές κλιματολογικών δεδομένων (Ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο, Ταχύτητα ανέμου στα 35μέτρα). Για τον υπολογισμό των συστημάτων δημιουργήθηκε υπολογιστικό φύλλο Excel το οποίο υπολόγιζε για κάθε ώρα το πλεόνασμα ή το έλλειμμα ενέργειας με βάση της ζήτηση της. Δημιουργήθηκαν τελικά 9 πίνακες περιπτώσεων συστημάτων για τα τρία προφίλ και για 0-100h, 100-200h και 200-300h απόρριψης, καθώς δεν ήταν αποδεκτό οι συνολικές ώρες απόρριψης να ξεπερνούν τις μισές ενός μήνα. Οι πίνακες που ακολουθούν περιλαμβάνουν τα καινούρια συστήματα μαζί με τα παλαιότερα σαν σύνολο ισχύος, ενώ για την εκτίμηση του κόστους χρησιμοποιήθηκαν οι τρέχουσες τιμές της αγοράς (αφαιρώντας από το σύνολο την εκτιμώμενη τιμή των παλιών συστημάτων) και ένα 10% του συνολικού κόστους για κύκλο εργασιών και λοιπά συστήματα. Τέλος ακολουθεί η σύγκριση των 10 οικονομικότερων ανά προφίλ και ανά ομάδα ωρών απόρριψης.

- 200-300 Ώρες Απόρριψης

Πίνακας 22: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης (300-200h).

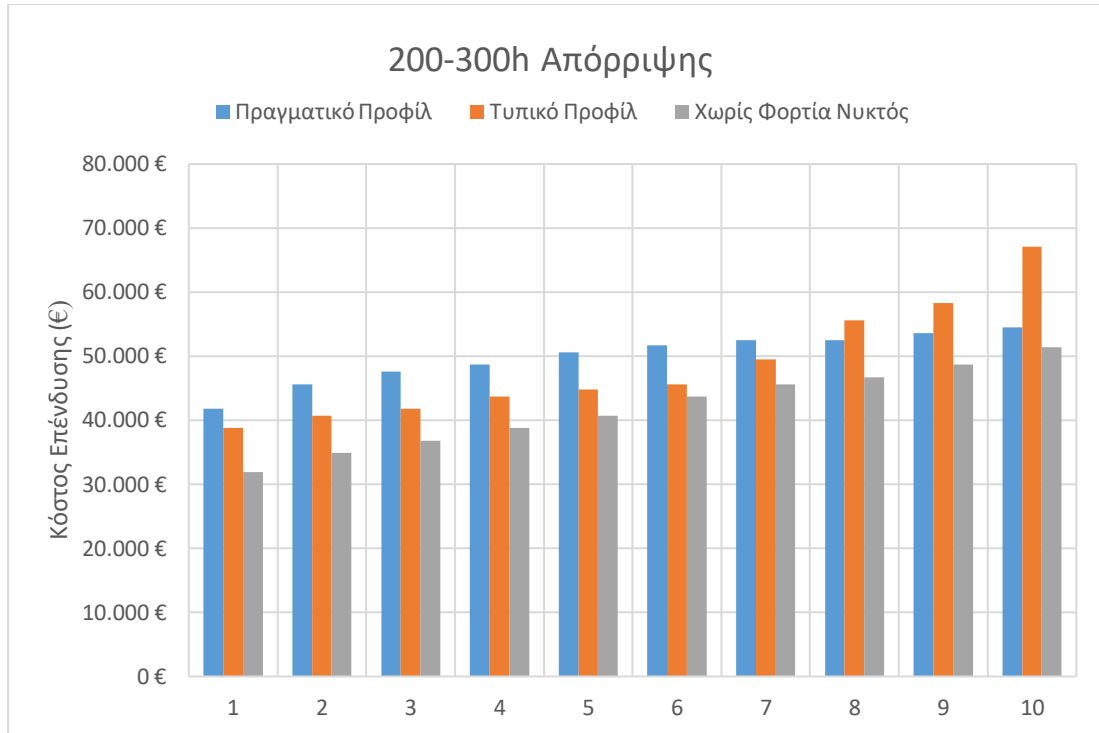
Συστήματα Πραγματικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	25	60	300	94,24%	41.800 €
2	1	35	60	300	94,94%	45.650 €
3	1	30	80	285	94,96%	47.575 €
4	6	30	60	254	95,23%	48.675 €
5	6	25	80	258	95,08%	50.600 €
6	11	25	60	261	94,87%	51.700 €
7	1	40	60	239	95,73%	52.525 €
8	6	20	100	286	94,27%	52.525 €
9	11	20	80	270	94,49%	53.625 €
10	1	35	80	221	96,07%	54.450 €

Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης (200-300h).

Συστήματα Τυπικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	30	60	280	96,75%	38.775 €
2	1	25	80	297	96,59%	40.700 €
3	6	25	60	219	97,52%	41.800 €
4	6	20	80	250	97,41%	43.725 €
5	11	20	60	251	97,18%	44.825 €
6	1	35	60	227	97,47%	45.650 €
7	1	25	100	230	97,21%	49.500 €
8	11	15	100	235	97,26%	55.550 €
9	1	25	120	213	97,55%	58.300 €
10	1	25	140	200	97,76%	67.100 €

Πίνακας 24: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης (200-300h).

Συστήματα Προφίλ Χωρίς Νυχτερινά Φορτία						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	25	60	252	95,98%	31.900 €
2	6	20	60	235	96,11%	34.925 €
3	6	15	80	297	95,25%	36.850 €
4	1	30	60	207	97,09%	38.775 €
5	1	25	80	227	96,70%	40.700 €
6	6	20	80	209	96,79%	43.725 €
7	6	15	100	262	95,88%	45.650 €
8	11	15	80	244	96,13%	46.750 €
9	11	10	100	298	94,82%	48.675 €
10	1	20	120	285	95,96%	51.425 €



Διάγραμμα 147: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 200-300h απόρριψης.

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται τα οικονομικότερα συστήματα ανά προφίλ βάση των προηγούμενων πινάκων για 200-300h απόρριψης. Η θέση 1 αντιστοιχεί στην αντίστοιχη θέση 1 του πίνακα. Όπως παρατηρείται το κάθε σύστημα διαφέρει από άποψη κόστους από 5000€-10000€. Το οικονομικότερο σύστημα για το πραγματικό προφίλ με τις λιγότερες ώρες απόρριψης και το μεγαλύτερο συντελεστή κάλυψης φέρει επιπλέον, ισχύ φωτοβολταϊκών 20kW, ισχύ ανεμογεννήτριας 5kW, ισχύ συσσωρευτών 11kWh και κοστίζει 41800€. Στο τυπικό προφίλ το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 25kW ισχύ φωτοβολταϊκών, 11kWh ισχύ συσσωρευτών και κοστίζει 38775€ χωρίς αναβάθμιση ανεμογεννήτριας. Τέλος για το προφίλ άνευ υψηλών νυκτερινών φορτίων το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 20kW φωτοβολταϊκά, 11kWh συσσωρευτές και κοστίζει 31900€ χωρίς επιπλέον αναβάθμιση σε ανεμογεννήτρια.

- 100-200 Ώρες Απόρριψης

Πίνακας 25: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

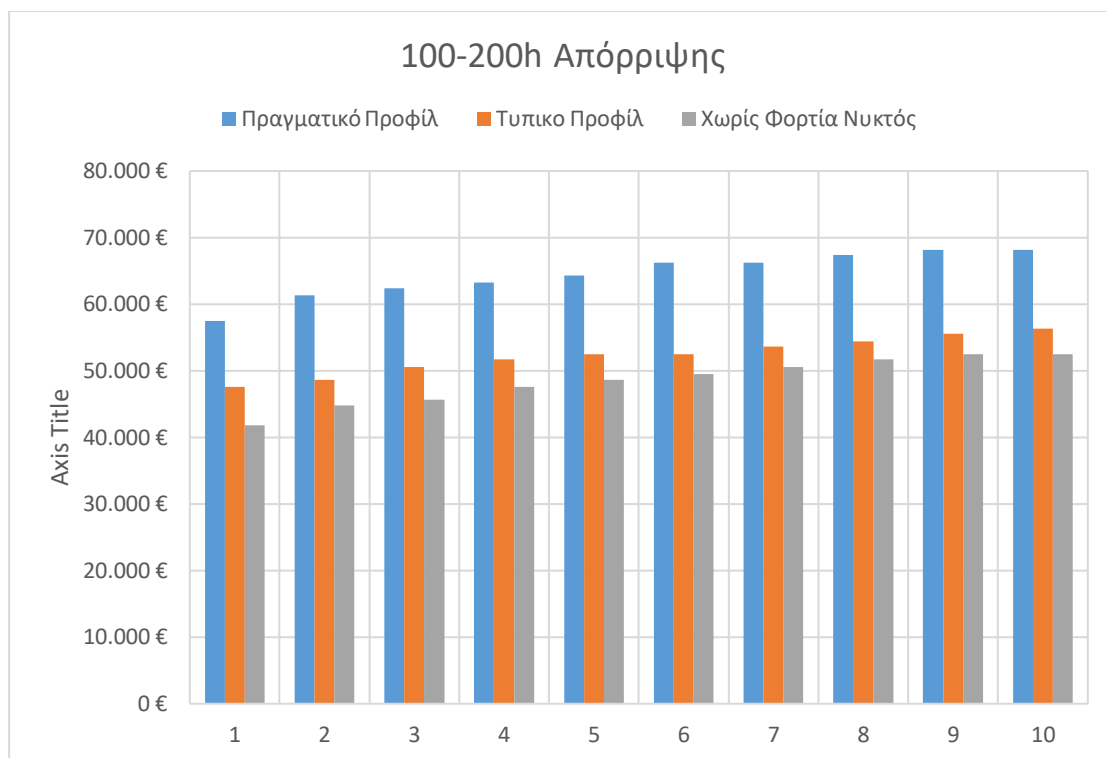
Συστήματα Πραγματικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	30	80	198	96,20%	57.475 €
2	1	40	80	178	96,86%	61.325 €
3	6	40	60	180	96,49%	62.425 €
4	1	35	100	198	96,64%	63.250 €
5	6	35	80	166	96,92%	64.350 €
6	1	50	60	188	96,50%	66.275 €
7	6	30	100	177	96,73%	66.275 €
8	11	30	80	176	96,59%	67.375 €
9	1	45	80	150	97,35%	68.200 €
10	6	25	120	188	96,27%	68.200 €

Πίνακας 26: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

Συστήματα Τυπικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	30	80	184	97,90%	47.575 €
2	6	30	60	173	98,13%	48.675 €
3	6	25	80	125	98,50%	50.600 €
4	11	25	60	169	98,12%	51.700 €
5	1	40	60	187	97,88%	52.525 €
6	6	20	100	195	97,88%	52.525 €
7	11	20	80	155	98,25%	53.625 €
8	1	35	80	140	98,51%	54.450 €
9	6	35	60	138	98,48%	55.550 €
10	1	30	100	115	98,45%	56.375 €

Πίνακας 27: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία βάση ωρών απόρριψης(100-200h).

Συστήματα Προφίλ Χωρίς Νυχτερινά Φορτία						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	25	60	173	97,15%	41.800 €
2	11	20	60	195	96,63%	44.825 €
3	1	35	60	164	97,68%	45.650 €
4	1	30	80	162	97,85%	47.575 €
5	6	30	60	153	97,66%	48.675 €
6	1	25	100	195	97,32%	49.500 €
7	6	25	80	143	97,77%	50.600 €
8	11	25	60	151	97,44%	51.700 €
9	1	40	60	149	98,04%	52.525 €
10	6	20	100	171	97,40%	52.525 €



Διάγραμμα 148: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 100-200h απόρριψης.

Όπως παρατηρείται από το παραπάνω γράφημα των συστημάτων από 100-200 ώρες απόρριψης το κόστος ανά προφίλ διαφέρει από 0€-20000€. Το οικονομικότερο σύστημα για το πραγματικό προφίλ με τις λιγότερες ώρες απόρριψης και το μεγαλύτερο συντελεστή κάλυψης φέρει επιπλέον, ισχύ φωτοβολταϊκών 25kW, ισχύ ανεμογεννήτριας 5kW, ισχύ συσσωρευτών 21kWh και κοστίζει 57475€. Στο τυπικό προφίλ το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 25kW ισχύ φωτοβολταϊκών, 21kWh ισχύ συσσωρευτών και κοστίζει 47575€ χωρίς αναβάθμιση ανεμογεννήτριας. Τέλος για το προφίλ άνευ υψηλών νυχτερινών φορτίων το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 20kW φωτοβολταϊκά, 11kWh συσσωρευτές, 5kWh ανεμογεννήτριας και κοστίζει 41800€.

• 0-100 Ώρες Απόρριψης

Πίνακας 28: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο πραγματικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

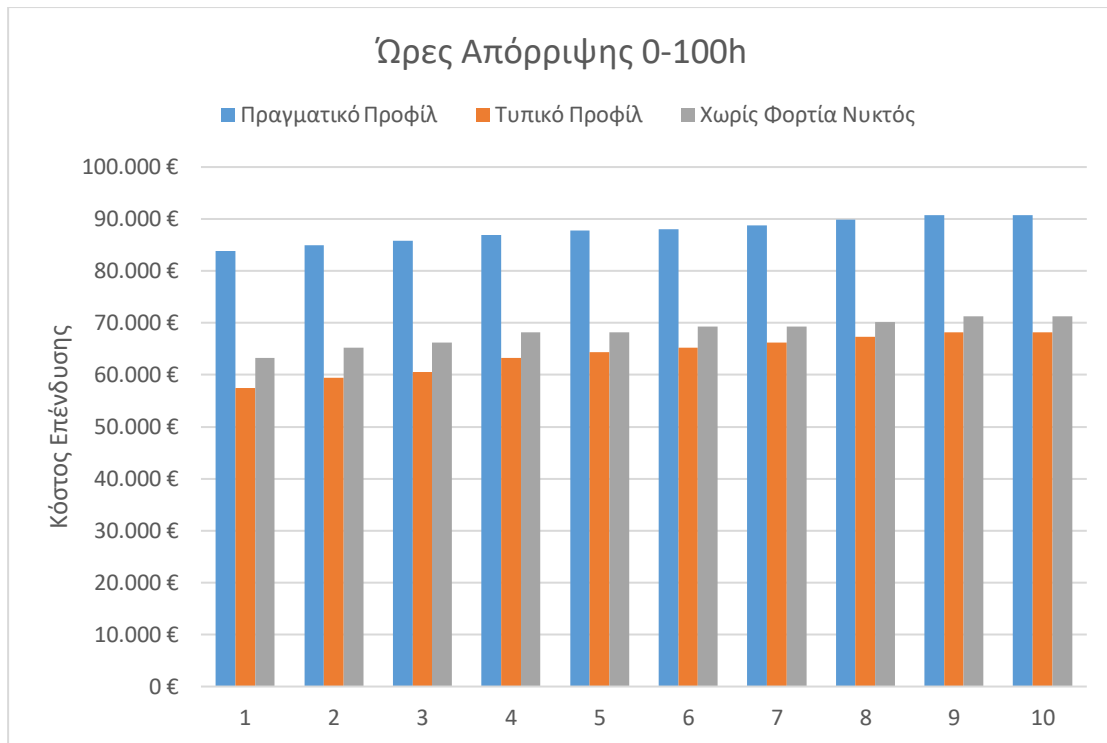
Συστήματα Πραγματικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	50	100	100	98,42%	83.875 €
2	6	50	80	98	98,06%	84.975 €
3	1	45	120	93	98,61%	85.800 €
4	6	45	100	83	98,46%	86.900 €
5	1	40	140	93	98,45%	87.725 €
6	11	45	80	98	98,01%	88.000 €
7	6	40	120	87	98,66%	88.825 €
8	11	40	100	97	98,33%	89.925 €
9	1	55	100	93	98,65%	90.750 €
10	6	35	140	87	98,47%	90.750 €

Πίνακας 29: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο τυπικό προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

Συστήματα Τυπικού Προφίλ						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	6	30	80	96	99,05%	57.475 €
2	6	25	100	92	98,86%	59.400 €
3	11	25	80	85	99,05%	60.500 €
4	1	35	100	82	99,06%	63.250 €
5	6	35	80	74	99,29%	64.350 €
6	1	30	120	90	98,82%	65.175 €
7	6	30	100	60	99,34%	66.275 €
8	11	30	80	70	99,30%	67.375 €
9	1	45	80	83	99,15%	68.200 €
10	6	25	120	82	98,99%	68.200 €

Πίνακας 30: Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων στο χωρίς νυχτερινά φορτία προφίλ βάση ωρών απόρριψης(0-100h).

Συστήματα Προφίλ Χωρίς Νυχτερινά Φορτία						
A/A	A/γ (kW)	P/V (kW)	ESS (kWh)	Ώρες Απόρριψης (h)	Συντελεστής Κάλυψης (%)	Κόστος Επένδυσης (€)
1	1	35	100	90	99,00%	63.250 €
2	1	30	120	87	98,91%	65.175 €
3	6	30	100	84	98,82%	66.275 €
4	1	45	80	94	98,95%	68.200 €
5	6	25	120	76	98,75%	68.200 €
6	6	45	60	92	98,61%	69.300 €
7	11	25	100	87	98,57%	69.300 €
8	1	40	100	70	99,22%	70.125 €
9	6	40	80	84	98,98%	71.225 €
10	11	20	120	96	98,21%	71.225 €



Διάγραμμα 149: Οικονομικότεροι συνδυασμοί συστημάτων ανά προφίλ με 0-100h απόρριψης.

Όπως παρατηρείται από το παραπάνω γράφημα των συστημάτων από 0-100 ώρες απόρριψης το κόστος ανά προφίλ διαφέρει από 0€-25000€. Το οικονομικότερο σύστημα για το πραγματικό προφίλ με τις λιγότερες ώρες απόρριψης και το μεγαλύτερο συντελεστή κάλυψης φέρει επιπλέον, ισχύ φωτοβολταϊκών 45kW, ισχύ συσσωρευτών 41kWh και κοστίζει 83875€. Στο τυπικό προφίλ το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 25kW ισχύ φωτοβολταϊκών, 21kWh ισχύ συσσωρευτών, 5kW ανεμογεννήτριας και κοστίζει 57475€. Τέλος για το προφίλ άνευ υψηλών νυχτερινών φορτίων το οικονομικότερο σύστημα φέρει επιπλέον 30kW φωτοβολταϊκά, 41kWh συσσωρευτές και κοστίζει 63250€.

11.6 Σχόλια-Συμπεράσματα

Αρχικά διαπιστώνεται ότι η συνολική κατανάλωση του εργαστηρίου των Ηπιών Μορφών Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος ανέρχεται στο ίδιο ποσό με τη μέγιστη ετήσια κατανάλωση ενός νοικοκυριού (ΚΑΠΕ). Το προφίλ κατανάλωσης ακολουθεί καθόλη τη διάρκεια του έτους το ίδιο μοτίβο καθώς το εργαστήριο λειτουργεί καθημερινά από Δευτέρα έως Παρασκευή από τις 09:00 μέχρι τις 21:00 το βράδυ, ενώ τα Σάββατα διεξάγονται μεταπτυχιακά προγράμματα από τις 08:00 το πρωί μέχρι τις 05:00 το απόγευμα. Επιπλέον το εργαστήριο παραμένει κλειστό τις αργίες, τα Χριστούγεννα, το Πάσχα, τον Αύγουστο και τις Κυριακές, οπότε, οι όποιες καταναλώσεις για εκείνες τις περιόδους οφείλονται σε συσκευές σε κατάσταση αναμονής και σε καταγραφικά, ρούτερ και λοιπά.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλώσεων οφείλεται κυρίως στις κλιματιστικές συσκευές, οι οποίες είναι αρκετά παλιές και θα πρέπει να αντικατασταθούν από καινούριες αποδοτικότερης ενεργειακής κλάσης. Επίσης, οι υψηλές αυτές καταναλώσεις από τα κλιματιστικά συμβαίνουν λόγω του γεγονότος είναι ότι ο μόνος τρόπος ψύξης και θέρμανσης του εργαστηρίου και σε περίπτωση που δεν αντικατασταθούν από κάποιες άλλες, μια άλλη καλή λύση είναι η μόνωση της οροφής είτε, με μονωτικό υλικό είτε με κήπο. Επιπλέον παρατηρήθηκε άσκοπη χρήση τους κατά τις νυχτερινές ώρες όπου το εργαστήριο παραμένει κλειστό. Το παραπάνω πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί κάνοντας χρήση ενός συστήματος εποπτικού ελέγχου (BMS - IR Blaster) με το οποίο, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να μπορεί είτε αυτόματα, είτε χειροκίνητα, είτε απομακρυσμένα να ανοίγει και να κλείνει όλες τις συσκευές του εργαστηρίου. Τέλος, άλλα υψηλά φορτία οφείλονται σε φωτισμό όπου μπορεί να γίνει αντικατάσταση των λαμπτήρων με άλλους αποδοτικότερους χαμηλότερης κατανάλωσης ή χρήση φωτοκύτταρων.

Όσον αφορά τα κλιματολογικά δεδομένα, η περιοχή παρουσιάζει πολύ φτωχό αιολικό δυναμικό και δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση και χρήση ανεμογεννήτριας. Το ηλιακό δυναμικό από την άλλη πλευρά είναι πάρα πολύ έντονο καθόλη τη διάρκεια του έτους και συνιστάται όσο το δυνατόν περισσότερη χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ.

Από την εκτίμηση της παραγωγής από τα εγκατεστημένα συστήματα, ο υβριδικός σταθμός φόρτισης με ισχύ 3kW ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής και χρήση του θα μειώσει αρκετά το επενδυτικό κόστος. Σε σειρά έρχονται τα υπόλοιπα φωτοβολταϊκά που είναι εγκατεστημένα στην οροφή του κτηρίου Γ με πρώτα, τα νεοεγκατεστημένα Α1εο. Η ανεμογεννήτρια δεν παράγει πρακτικά τίποτα και η τοποθέτηση της έγινε για πειραματικούς σκοπούς. Τέλος τα ήδη υπάρχοντα συστήματα μπορούν τα καλύψουν το 55% με 65% της κατανάλωσης αναλόγως πάντα το προφίλ κατανάλωσης.

Τελικά για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος προς αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος συστήματος, βασικός και πρωτεύοντας παράγοντας αποτελεί το διαθέσιμο κεφάλαιο του επενδυτή. Έτσι λοιπόν σημειώνεται ότι για την πλήρη αυτονομία του συστήματος το αρχικό επενδυτικό κόστος είναι πολύ υψηλό και δεν προτείνεται σαν επένδυση. Με βάση το προηγούμενο συμπέρασμα το καινούριο σύστημα θα πρέπει να είναι διασυνδεδεμένο με το ενιαίο δίκτυο. Για αυτόν το λόγο εξετάστηκαν περιπτώσεις από 0-300h ώρες απόρριψης. Το καινούριο σύστημα που θα επιλεγεί προτείνεται να

είναι μια αναβάθμιση σε φωτοβολταϊκά πάνελ (μέχρι 25kW) τα οποία, θα τοποθετηθούν επάνω στην οροφή του κτηρίου Γ καθώς υπάρχει άπλετος χώρος, λαμβάνοντας υπόψιν τη γωνία κλίσης και τον προσανατολισμό των προηγούμενων εγκαταστάσεων. Σε περίπτωση που επιλεγθεί κάποιο σύστημα με ανεμογεννήτρια, η τοποθέτηση της θα πρέπει να γίνει σε απομονωμένη περιοχή των εγκαταστάσεων του πανεπιστημίου μακριά από μέρη όπου μπορεί να περνάνε φοιτητές και σε ύψος μεγαλύτερο των 30 μέτρων, για να αξιοποιηθεί πλήρως το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Για την επιλογή των συσσωρευτών καλό είναι να υπερδιαστασιοποιηθούν (>25kWh) καθώς το καλοκαίρι υπάρχει πλούσιο διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό και η περίσσεια ενέργειας από την αποφόρτιση τους θα μπορεί είτε να παροχτευθεί και να πωληθεί στο δίκτυο είτε, να τροφοδοτήσει μικρότερα φορτία άλλων εργαστηρίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- [2] <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- [3] <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/>
- [4] https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-statistical-pocketbook_en#country-datasheets
- [5] <http://ypeka.gr/Ανοιχτά-Δεδομένα>
- [6] <https://www.energy.gov/data/open-energy-data>
- [7] <https://www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn>
- [8] <https://volton.gr/katalanosi-reymatos-poso-kaine-pragmatika-oi-hlektrikes-systeies/>
- [9] <https://www.selina-project.com>
- [10] <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects>
- [11] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077>
- [12] <https://www.terna-energy.com/i-etaireia/o-klados/>
- [13] **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης**, « Διαχείριση της αιολικής ενέργειας», 2η Βελτιωμένη & Επαυξημένη Έκδοση, Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2005.
- [14] Wind Turbine Models IEC 61400-27-1
- [15] «Επεξεργασία- Αξιοποίηση Μετρήσεων για τη δημιουργία Τυπικού Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Οικιακού Καταναλωτή», Ξαφέλης Χρήστος, ΤΕΙ Πειραιά, Ιούνιος 2014.
- [16] <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy>
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy#cite_note-ie11-1
- [18] **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Γεώργιος Χ. Σπυρόπουλος, Κοσμάς Α. Καββαδίας**, « Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας – Ηλιακή ακτινοβολία, Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, Ηλιακά θερμικά συστήματα», Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2007.
- [19] <http://www.tmth.gr/home/59-applications/560-photovoltaika>

- [20] http://www.cres.gr/cres/files/xrisima/ekdoseis/ekdoseis_GR1.pdf
- [21] **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κοσμάς Α. Καββαδίας**, « Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας – Αιολική ενέργεια, Ηλιακή ενέργεια, Υδάτινο Δυναμικό, Βιομάζα, Γεωθερμία», Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2001.
- [22] **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Αιμιλία Μ. Κονδύλη**, «Περιβάλλον & Βιομηχανική Ανάπτυξη – Μείζονα Περιβαλλοντικά Προβλήματα, Διαχείριση Αποβλήτων – Τόμος Δεύτερος», Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2005.
- [23] «Συσσωρευτές ηλεκτρικής ενέργειας στις ηλεκτρονικές συσκευές», Ζερβάκης Μιχάλης, ΤΕΙ Κρήτης
- [24] http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/11108/2430_3_1_Ενότητα_Σημειώσεις.pdf
- [25] <https://www.ppcr.gr/el/hybrid-systems>
- [26] http://www.cres.gr/cres/files/xrisima/ekdoseis/ekdoseis_GR32.pdf
- [27] **Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κωνσταντίνος Ι. Χαλβατζής**, «Περιβάλλον & Βιομηχανική Ανάπτυξη – Αειφορία και Ανάπτυξη, Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Τόμος Πρώτος», Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2005.
- [28] David Wood, «Small Wind Turbines: Analysis, Design, and Application»
- [29] «Εγκατάσταση και έλεγχος λειτουργίας αυτόνομου υβριδικού σταθμού Α.Π.Ε», Αλλυσανδράκης Άγγελος, ΤΕΙ Πειραιά, Φεβρουάριος 2016.
- [30] <http://www.efergy.com>
- [31] <https://www.gavazzionline.com/CGNA/Home>
- [32] Richards S. Figliola, Donald E. Beasley, «Τεχνικές Μετρήσεις – Θεωρία και Σχεδιασμός – Πέμπτη Έκδοση», Εκδόσεις Φούντας, Αθήνα 2014.
- [33] «Εξομοίωση Υβριδικού Συστήματος με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για Εγκατάσταση στην Κύπρο», Νεοκλής Χαράλαμπος, Πολυτεχνείο Πατρών, Απρίλιος 2014
- [34] «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων - Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης ξενοδοχειακής μονάδας LEDRA MARRIOTT Αττικής» Ντιντής Αθανάσιος, ΤΕΙ Κρήτης, Ηρακλειο 2014
- [35] «Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας», Γεώργιος Σταυρακάκης, ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ, «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»