

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός ενεργειακά αυτόνομης νεανικής κατασκήνωσης με χρήση
αποκεντρωμένων υβριδικών ενεργειακών συστημάτων

Design of energy autonomous youth camp using decentralized hybrid energy
systems

Ξεπαπαδάκης Μιχαήλ

Επιβλέπων καθηγητής : Αραμπατζής Γεώργιος

Χανιά Ιούλιος 2020

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κ. Αραμπατζή Γεώργιο για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τον κ. Καλογεράκη Αντώνιο για τη συνεχή βοήθεια και για τις συμβουλές που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα, καθώς και τον κ. Τσιναράκη Γεώργιο για το ενδιαφέρον του και την υποστήριξή του. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την στήριξή τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας, είναι ο σχεδιασμός μίας ενεργειακά αυτόνομης νεανικής κατασκήνωσης, η οποία θα ανεγερθεί σε έκταση της Ορθόδοξης Ακαδημίας Κρήτης, στα Νωπήγεια Χανίων. Η κατασκήνωση αυτή θα είναι φιλική προς το περιβάλλον, θα χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς και θα λειτουργεί κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου. Αρχικά, επιλέχθηκε το είδος και ο αριθμός των προκατασκευασμένων κτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν και προσδιορίστηκαν οι ανάγκες των φιλοξενούμενων σε ηλεκτρισμό. Η επιλογή των κτηρίων έγινε, με βάση οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια, επίσης σύμφωνα με τη χωρητικότητά τους. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του λογισμικού Homer, έγινε προσομοίωση όλων των πιθανών συνδυασμών, των αποκεντρωμένων υβριδικών συστημάτων ενέργειας, επιλέχθηκε ο βέλτιστος από αυτούς συνδυασμός και έγινε ανάλυση ευαισθησίας σε επιλεγμένες μεταβλητές. Στο τέλος, παρουσιάζονται τα οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής.

Abstract

The main objective of this dissertation is the design of an energy autonomous camp which will be built in a span of the Orthodox academy of Crete in Nopigia, Chania. This camp will be environmentally friendly and will be used for academic and recreational purposes during the summer season. Initially, the type and number of the prefabricated buildings were chosen so that the needs for electricity could be defined. The choosing of the buildings took place in accordance to economic and environmental criteria, as well as the room required. Next, using the Homer software, there was a simulation of the decentralized hybrid energy systems. The best combination available was chosen and then analysis of sensitivity in certain variables took place. Finally, the economic and environmental results for this analysis are presented.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	2
Abstract.....	2
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	4
1.1 : Αντικείμενο της εργασίας	4
1.2 : Μέθοδος επίλυσης	4
1.3 : Στόχος της εργασίας.....	4
1.4 : Δομή της εργασίας	5
Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	6
2.1 : Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα	6
2.2 : Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	11
2.3 : Υβριδικά συστήματα ενέργειας	12
2.4 : Τα Μικροδίκτυα	13
2.5 : Ενεργειακός συμψηφισμός.....	14
2.6 : Εισαγωγή στο λογισμικό HOMER.....	15
Κεφάλαιο 3 - Μελέτη περίπτωσης	17
3.1 : Σκοπός της κατασκήνωσης.....	17
3.2 : Ο χώρος της κατασκήνωσης	17
3.3 : Ανάγκες και περιορισμοί	19
Κεφάλαιο 4 - Σχεδιασμός νεανικής κατασκήνωσης.....	21
4.1 : Σχεδιασμός κατασκηνωτικού χώρου	21
4.2 : Ενεργειακές καταναλώσεις.....	23
Κεφάλαιο 5 - Σχεδιασμός αποκεντρωμένων υβριδικών ενεργειακών συστημάτων	35
5.1 : Δεδομένα εισόδου	35
5.2 : Στοιχεία συστήματος.....	40
5.3 : Ανάλυση σεναρίων αποκεντρωμένων υβριδικών ενεργειακών συστημάτων	42
5.3.1 : Σενάριο 1 – Φωτοβολταϊκά, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο	43
5.3.2 : Σενάριο 2 – Φωτοβολταϊκά, μετατροπέας, μπαταρίες, σύνδεση στο δίκτυο	49
5.3.3 : Σενάριο 3 – Φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο	56
5.3.4 : Σενάριο 4 – Φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μπαταρίες, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο	62
5.4 : Η απόσβεση των επενδύσεων για τα αποκεντρωμένα υβριδικά ενεργειακά συστήματα	70
5.5 : Συγκριτικός πίνακας προσομοιώσεων.....	73
Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1 : Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός μιας νεανικής κατασκήνωσης στα Νωπήγεια Χανίων, σε έκταση της Ορθόδοξης Ακαδημίας Κρήτης. Αρχικά καταγράφονται οι προδιαγραφές και οι ανάγκες της κατασκήνωσης, προσδιορίζεται ο κατάλληλος τύπος σπιτιών και προσεγγίζονται οι ενεργειακές της καταναλώσεις. Στη συνέχεια οι καταναλώσεις αυτές, μαζί με τα περιβαλλοντικά δεδομένα χρησιμοποιούνται από λογισμικό, προκειμένου να βρεθεί ο βέλτιστος συνδυασμός των υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο από ενεργειακής άποψης όσο και από οικονομικής. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτά και κατατίθενται προτάσεις .

1.2 : Μεθοδολογία σχεδιασμού

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να γίνει ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι το HOMER. Μέσω των ενεργειακών καταναλώσεων και της επιλογής των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έγινε μοντελοποίηση της λειτουργίας κάθε συνδυασμού συστημάτων. Εάν ένας συνδυασμός είναι εφικτός, γίνεται υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Έπειτα, κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης, επιδεικνύεται ένας κατάλογος συνδυασμών, οι οποίοι ταξινομούνται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Ακολουθεί η επανάληψη της διαδικασίας βελτιστοποίησης σε όσες μεταβλητές έχουν οριστεί ως μεταβλητές ευαισθησίας. Επιπλέον, ο σχεδιασμός του εσωτερικού των σπιτιών και της χωροθέτησης της κατασκήνωσης έγινε με το πρόγραμμα σχεδιασμού AutoCAD.

1.3 : Στόχος της εργασίας

Η ανάγκη δημιουργίας μίας κατασκήνωσης, η οποία θα φιλοξενεί νέους, κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, για εκπαιδευτικούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς και μέσα από τη λειτουργία της, θα προάγει την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, έδωσε το κίνητρο για την υλοποίηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Στόχος της παρούσας εργασίας, είναι η κάλυψη της ανάγκης αυτής, μέσω της παρουσίασης ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού.

1.4 : Δομή της εργασίας

Στο **πρώτο** (εισαγωγικό) κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο αντικείμενο της εργασίας, στη μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και στον κύριο στόχο της.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, στη χρήση αυτών στην Ελλάδα και στους μελλοντικούς στόχους που έχουν θέσει Ελλάδα και Ευρώπη. Επιπλέον γίνεται αναφορά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, στα υβριδικά συστήματα ενέργειας στα μικροδίκτυα και στον ενεργειακό συμψηφισμό. Επίσης γίνεται εισαγωγή στη λειτουργία και στις δυνατότητες του λογισμικού HOMER.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο παρουσιάζεται ο χώρος δημιουργίας της κατασκήνωσης και γίνεται μία σύντομη αναφορά στην Ορθόδοξο Ακαδημία Κρήτης. Καταγράφονται οι ανάγκες της κατασκήνωσης, όπως η χωρητικότητά της, η διαμόρφωση των σπιτιών και η χρήση των υφιστάμενων κτιρίων. Ακολουθώς παρουσιάζονται οι περιορισμοί και βάση των οποίων πραγματοποιείται ο σχεδιασμός της κατασκήνωσης.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο λαμβάνει χώρα η επιλογή των σπιτιών που θα χρησιμοποιηθούν, ο εσωτερικός σχεδιασμός τους μέσω του προγράμματος AutoCAD, η επιλογή των ηλεκτρικών συσκευών και η χωροθέτηση των σπιτιών στην κατασκήνωση. Έπειτα προσδιορίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών και φώτων για κάθε σπίτι. Υπολογίζονται οι καταναλώσεις για ζεστό νερό, κλιματισμό, μαγείρεμα, εκδηλώσεις και παρουσιάζονται τα ωριαία προφίλ τους. Επίσης καταγράφεται η συνολική και η ωριαία κατανάλωση της κατασκήνωσης, τα οποία αποτελούν δεδομένα εισόδου για το λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης.

Στο **πέμπτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου που θα χρησιμοποιηθούν από το πρόγραμμα, όπως οι ωριαίες καταναλώσεις της κατασκήνωσης και τα περιβαλλοντικά δεδομένα. Επιπλέον αναφέρονται οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τα χαρακτηριστικά τους, που επιλέχθηκαν για τα σενάρια που θα εξεταστούν. Γίνεται η ανάλυση από το πρόγραμμα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία.

Στο **έκτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της ανάλυσης από τα προηγούμενα κεφάλαια και κατατίθενται προτάσεις.

Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 : Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την **Οδηγία 2001/77/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ορίζονται οι μη ορυκτές Πηγές Ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, η βιομάζα, τα εκλυόμενα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια. Παρακάτω αναλύονται η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, οι οποίες αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στο ενεργειακό μείγμα της χώρας.

- *Αιολική ενέργεια*

Η αιολική ενέργεια αποτελεί στις μέρες μας τη σημαντικότερη συνιστώσα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλης ισχύος. Προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία απορροφάται από τη γη και την ατμόσφαιρά της και προκαλεί διαφορά πίεσης στον αέρα, τον οποίο θέτουν σε κίνηση, δημιουργώντας τον άνεμο. Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο, για την παραγωγή έργου όπως, η μεταφορική κίνηση (ιστιοφόρα πλοία) και η περιστροφική κίνηση (ανεμόμυλοι), έχει ρίζες στην αρχαιότητα. Ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνταν στην Περσία γύρω στο 200 π.Χ., ενώ αιολικά συστήματα οριζοντίου άξονα, σταθερής κατεύθυνσης, εμφανίζονται σε παραμεσόγειες περιοχές τον 10° αιώνα μ.Χ.. Πτερωτές με μηχανισμούς χειροκίνητου προσανατολισμού στην κατεύθυνση του ανέμου εμφανίζονται στην Ευρώπη τον 13° αιώνα, ενώ πιο εξελιγμένοι μηχανισμοί παρουσιάζονται στην Ολλανδία τον 15° αιώνα. Η αρχή της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκινάει το 1930 με την χρήση ανεμογεννητριών. Τα βελτιωμένα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος της παραγόμενης kWh, σε σχέση με αυτό των συμβατικών καυσίμων, καθιστούν τα αιολικά συστήματα εξαιρετική οικολογική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, με υψηλό βαθμό συμμετοχής στο κεντρικό δίκτυο της χώρας. Επιπλέον το αιολικό δυναμικό της χώρας, δηλαδή η μέση ταχύτητα του ανέμου, σε πολλά μέρη της χώρας βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Για παράδειγμα, στα νησιά του Αιγαίου το αιολικό δυναμικό κυμαίνεται από 7 έως 11 m/s, το οποίο υπερκαλύπτει την αποδοτική περιοχή ταχυτήτων για τις ανεμογεννήτριες. Προσφέρεται έτσι τη δυνατότητα κάλυψης σε μεγάλο ποσοστό των ενεργειακών απαιτήσεων των νησιών, τα οποία αποτελούν ιδανικό πεδίο εφαρμογής της τεχνολογίας των αιολικών συστημάτων [1].



Εικόνα 2.1.1 : Ανεμογεννήτριες [Πηγή ΔΕΗ Ανανεώσιμες]

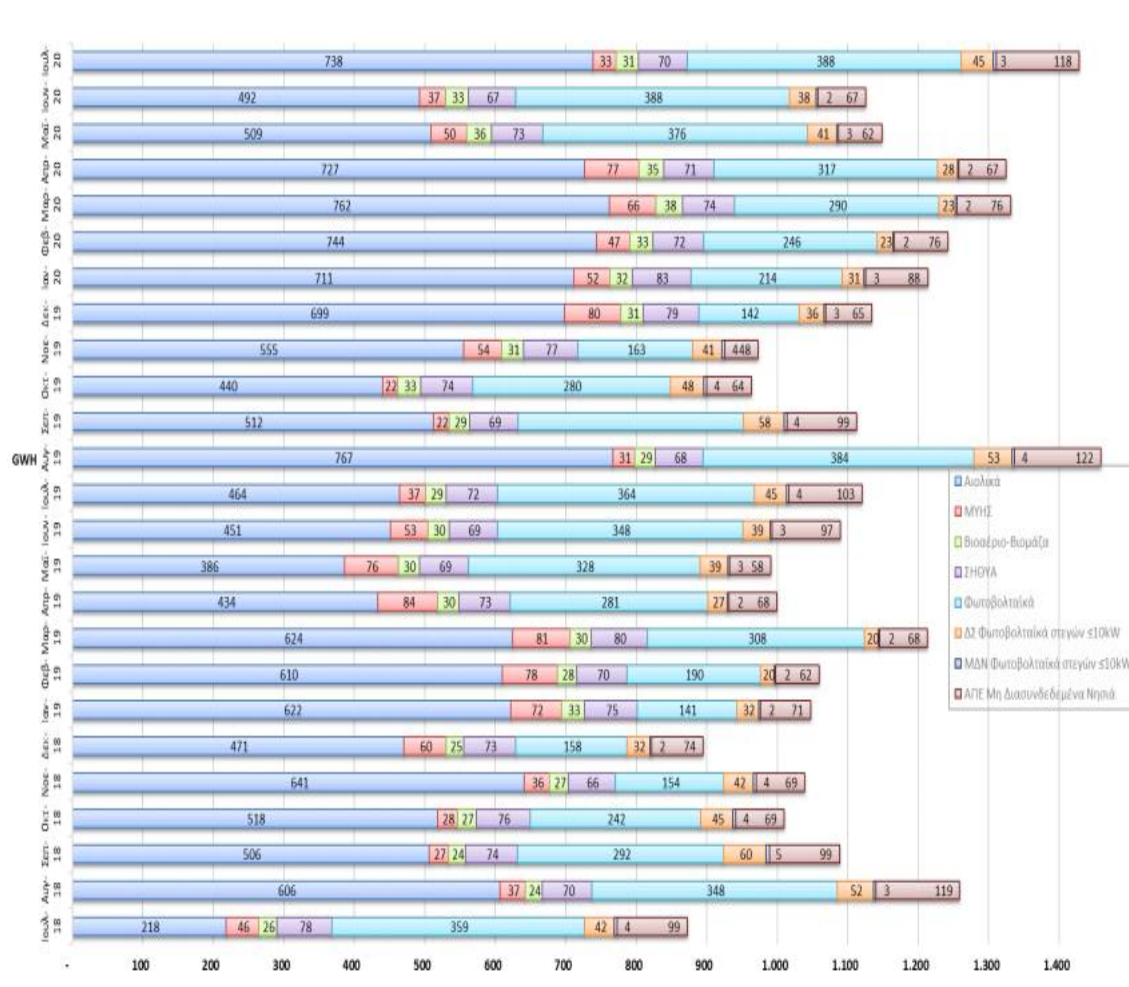
- *Ηλιακή ενέργεια*

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, γίνεται με διάφορους τρόπους οι οποίοι ανήκουν σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα, όπου μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών, δηλαδή τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα, τα οποία προκαλούν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας ή χρησιμοποιείται θερμικό ρευστό σε κίνηση, τα ενεργά ηλιακά συστήματα. Στα ενεργά ηλιακά συστήματα, περιλαμβάνονται αυτά που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε εσωτερική ενέργεια θερμικού ρευστού (θερμοσιφωνικά συστήματα) και αυτά που μετατρέπουν το ηλιακό φως κατευθείαν σε ηλεκτρισμό (φωτοβολταϊκά συστήματα). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα σε κτήρια σε συνδυασμό με τη σωστή θερμομόνωση αποτελούν σημαντικό στοιχείο της δομικής και θερμικής συμπεριφοράς των κτηρίων [1].



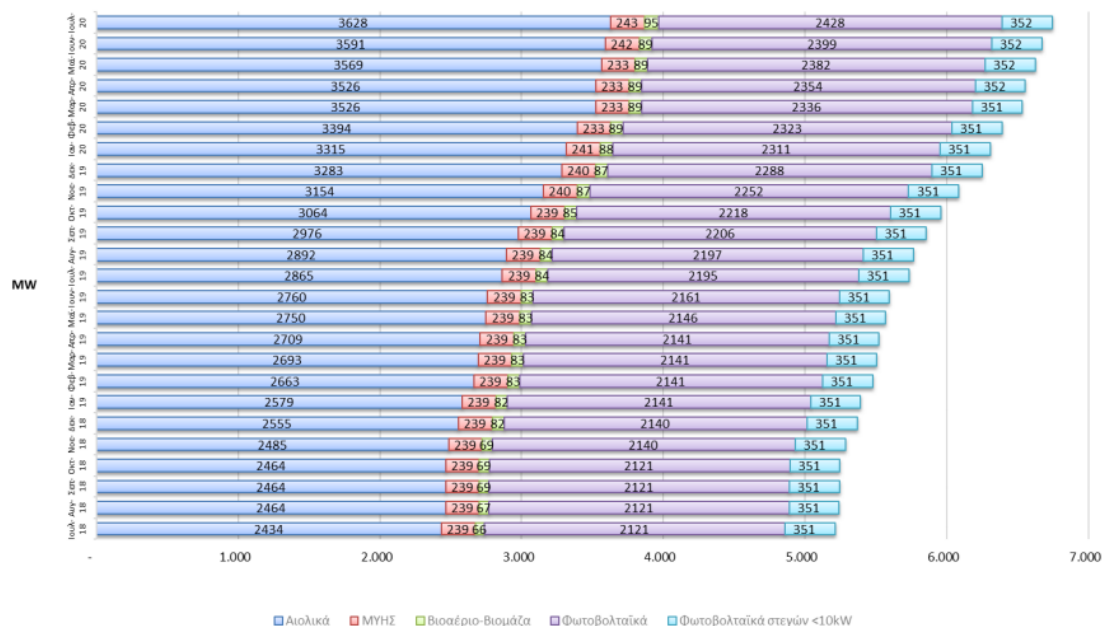
Εικόνα 2.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα [Πηγή ΔΕΗ Ανανεώσιμες]

Η Εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων ΑΠΕ, ΣΗΘΥΑ, ΜΥΗΣ και φωτοβολταϊκών στις στέγες ≤ 10kW, από τον Ιούλιο του 2018 μέχρι και τον Ιούλιο του 2020 είναι η εξής :



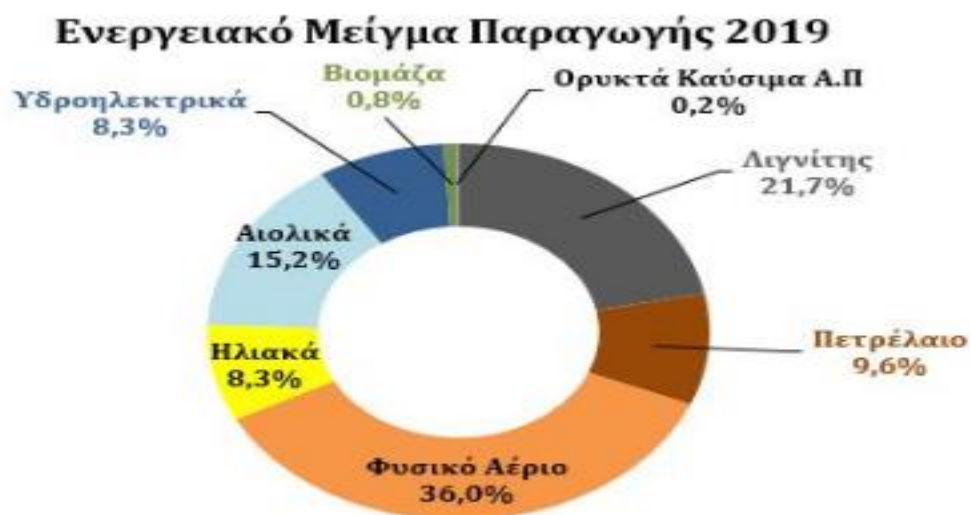
Διάγραμμα 2.1.1 Εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ΣΥΘΥΑ, ΜΥΗΣ και φωτοβολταϊκών σε στέγες [Πηγή ΔΑΠΕΕΠ]

Επιπλέον η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στην Ελλάδα, συνεχώς αυξάνεται, κάτι το οποίο φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.1.2 Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ [Πηγή ΔΑΠΕΕΠ]

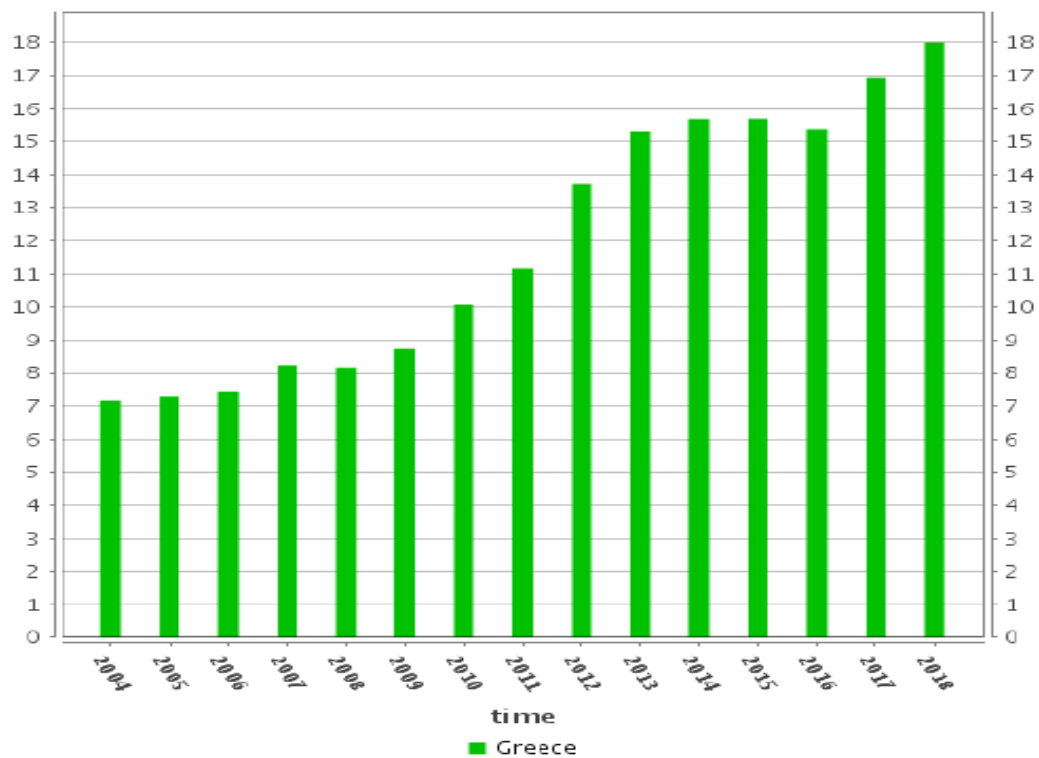
Το ενεργειακό μείγμα παραγωγής για το 2019 της χώρας φαίνεται παρακάτω, με 32,51% παραγωγή από ΑΠΕ το οποίο αντιστοιχεί σε 15,6 TWh.



Διάγραμμα 2.1.3 Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής 2019 [Πηγή ΔΑΠΕΕΠ]

Η Ελλάδα ήδη από το 2018 έχει επιτύχει το στόχο για ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ 18%.

Share of renewable energy in gross final energy consumption %



Διάγραμμα 2.1.4 Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας [Πηγή European Environment Agency]

Υπάρχουν ήδη οι επόμενοι στόχοι σε βάθος εικοσαετίας, οι οποίοι καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Στόχοι	2020	2025	2030	2035	2040
% ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	18%	22%	26%	27%	28%
% ΑΠΕ στην Ηλεκτροπαραγωγή	32%	46%	55%	59%	61%
% ΑΠΕ στην Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	29%	42%	52%	54%	56%
% ΑΠΕ στην Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας	25%	27%	26%	27%	28%
% Βιοκαυσίμων στις Μεταφορές	4%	6%	8%	8%	8%

Πίνακας 2.1.1 Στόχοι σε βάθος 20 χρόνων [Πηγή Institute of Energy for South-East Europe]

2.2 : Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ορίζεται, ως το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων, που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης [2].

Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

1. Οποιαδήποτε στιγμή η παραγωγή θα είναι ίση με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Όλες οι περιοχές κατανάλωσης θα εξυπηρετούνται με παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Η ηλεκτρική ενέργεια θα παρέχεται με το βέλτιστο οικονομικό και περιβαλλοντικό τρόπο.
4. Συνεχής και ποιοτική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς τους καταναλωτές [3].

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχει τρεις ξεχωριστές λειτουργίες προκειμένου να τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια τους καταναλωτές :

1. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο μετατρέπει τη θερμική ενέργεια των ορυκτών καυσίμων και τη μηχανική ενέργεια των υδάτινων ροών και των υδατοπτώσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Σημαντικό μερίδιο της παραγωγής της καταλαμβάνουν οι σταθμοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας των οποίων το μερίδιο συνεχώς αυξάνεται.
2. Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές κατανάλωσης, μέσω γραμμών υψηλής και υπερψηλής τάσεως.
3. Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως, στους καταναλωτές [2].

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ή αλλιώς ΣΗΕ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν είναι συνδεδεμένα, ή όχι, με το τοπικό κεντρικό δίκτυο. Στην πρώτη περίπτωση, δηλαδή όταν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο, μεγάλες μονάδες παραγωγής, εξυπηρετούν περιοχές, οι οποίες έχουν ανάγκη από μεγάλη ποσότητα φορτίου. Στη δεύτερη περίπτωση, δηλαδή όταν δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο, τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι εγκατεστημένα σε απομακρυσμένες γεωγραφικά περιοχές, χωρίς τη δυνατότητα σύνδεσης με κάποιο δίκτυο. Τα δίκτυα αυτά, χρησιμοποιούν συνήθως, συνδυασμούς τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως παραδοσιακούς, με ανανεώσιμους τρόπους. Τα παραπάνω ονομάζονται υβριδικά.

2.3 : Υβριδικά συστήματα ενέργειας

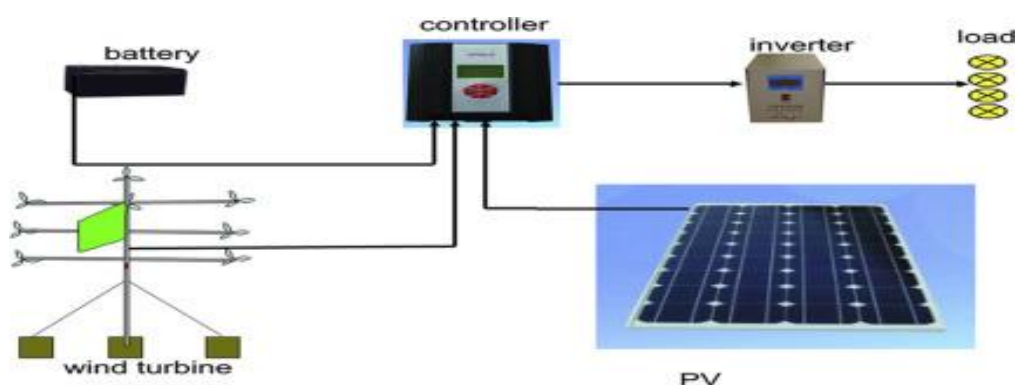
Ο συνδυασμός διαφορετικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας, όπως οι ηλεκτρογεννήτριες, τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καλείται υβριδικό σύστημα ενέργειας [4].

Κατά τη διάρκεια σχεδιασμού, ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής, λαμβάνονται υπόψη:

1. Η πολιτική της εκάστοτε χώρας για τα υβριδικά ενεργειακά συστήματα και για τις ΑΠΕ.
2. Η περιοχή στην οποία θα δημιουργηθεί.
3. Τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού φορτίου, όπως είναι το μέγιστο φορτίο, το συνολικό φορτίο και η διακύμανση.
4. Το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.
5. Το κόστος της μελέτης, της εγκατάστασης, της συντήρησης καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων συνοψίζονται παρακάτω:

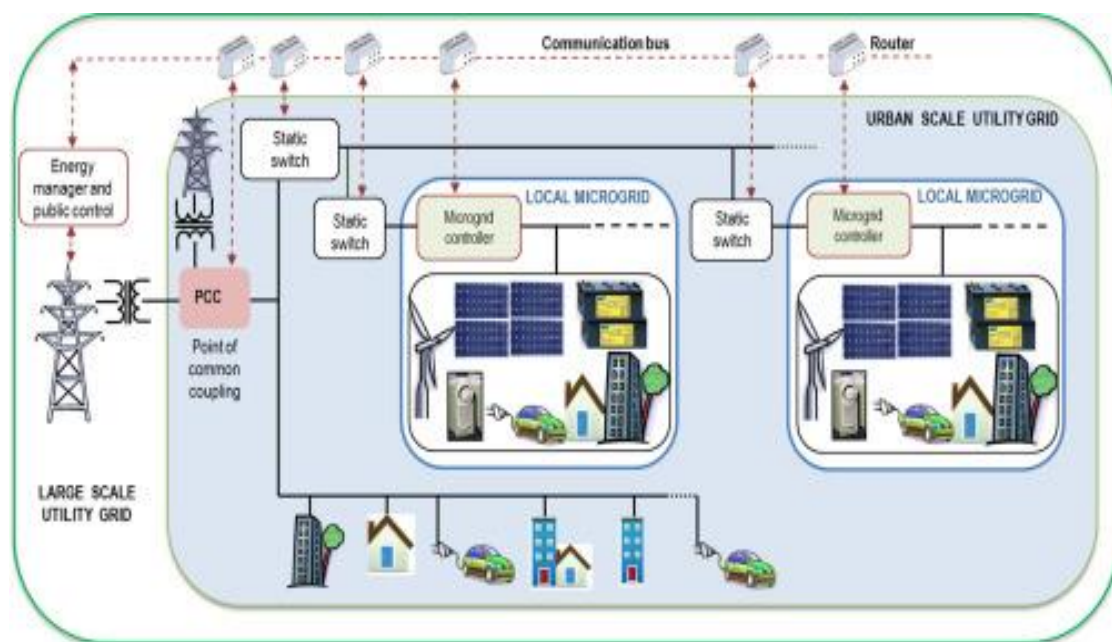
1. Εκμετάλλευση των καλύτερων χαρακτηριστικών των συστημάτων παραγωγής ενέργειας, προσφέροντας συγχρόνως ποιότητα ενέργειας, όπως αυτή του δικτύου.
2. Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές απομακρυσμένες, στις οποίες η σύνδεση με το δίκτυο, είτε είναι αδύνατη, είτε δεν συμφέρει οικονομικά.
3. Υψηλή αξιοπιστία, δίνοντας λύση, σε περιπτώσεις διακοπής της παροχής ενέργειας από το δίκτυο.
4. Μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, σε όσα υβριδικά δίκτυα χρησιμοποιούν συμβατικά συστήματα παραγωγής με καύσιμο, καθώς τα συστήματα αυτά, λειτουργούν κυρίως σε περιόδους αυξημένης ζήτησης φορτίου, ή σε περιόδους χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού[4].



Εικόνα 2.3 : Υβριδικό σύστημα [5]

2.4 : Τα Μικροδίκτυα

Τα μικροδίκτυα, είναι δίκτυα ισχύος μικρής κλίμακας, με δυνατότητα ελέγχου, τα οποία αποτελούνται από ένα ή περισσότερα είδη κατανεμημένης ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, γεννήτριες καθώς και από μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μπαταρίες. Εξυπηρετούν μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, παρέχοντάς της ηλεκτρική ενέργεια. Είναι συνδεδεμένα είτε στο κεντρικό δίκτυο, είτε λειτουργούν ανεξάρτητα από αυτό [6]. Λειτουργούν με χαμηλή τάση και συνήθως είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο, με δυνατότητα όμως αποσύνδεσης από αυτό, σε περιπτώσεις διακοπής λειτουργίας του κεντρικού δικτύου. Συνδέονται σε αυτό, με ένα σημείο κοινής ζεύξης, το οποίο διατηρεί την τάση στο ίδιο επίπεδο και αποσυνδέονται, με ένα διακόπτη αυτόματα ή χειροκίνητα [7]. Τέλος τα μικροδίκτυα, μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τη χρήση οποιουδήποτε πόρου τους, μέσω ενός ελεγκτή, με σκοπό την εκάστοτε επίτευξη των ενεργειακών στόχων [6].



Εικόνα 2.4 Τυπική δομή αστικού μικροδικτύου [8]

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των μικροδικτύων συνοψίζονται παρακάτω.

1. Βελτίωση της ηλεκτρικής αξιοπιστίας.

Όταν το κεντρικό δίκτυο χάνει την ισχύ του, το μικροδίκτυο, ακόμα και χωρίς τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών του, συνεχίζει να τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια, μέσω των γεννητριών και των μπαταριών του.

2. Μείωση ενεργειακού κόστους για τους καταναλωτές.

Μέσω της αποτελεσματικής διαχείρισης των μικροδικτύων, υπάρχει η δυνατότητα ροής εσόδων, καθώς πέρα από την κατανάλωση ενέργειας, υπάρχει η δυνατότητα η περίσσεια ενέργεια να διοχετευθεί στο κεντρικό δίκτυο.

3. Αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές συνδυάζονται με παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Έτσι με τα μικροδίκτυα, οι ανανεώσιμες πηγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τοπικό επίπεδο, εξαλείφοντας μειονεκτήματα της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας.

4. Κατασκευή κοντά στην περιοχή χρήσης τους.

Επιτυγχάνεται αδιάλειπτη παροχή ισχύος και αποφυγή προβλημάτων στην τάση. Επίσης μειώνεται το κόστος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού η ενέργεια παράγεται πολύ κοντά στους καταναλωτές και ταυτόχρονα μειώνονται οι απώλειες των καλωδίων [6].

Τα μικροδίκτυα υπάρχουν εδώ και δεκαετίες, όμως χρησιμοποιούνταν κυρίως για στρατιωτικούς και πανεπιστημιακούς σκοπούς. Ο συνολικός αριθμός των μικροδικτύων αυξάνεται και προβλέπεται, ότι η αγορά των μικροδικτύων θα φτάσει τα 39,4 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2028, με χωρητικότητα τα 19.888,8 MW από τα 3.480,5 MW που ήταν το 2019 [6].

2.5 : Ενεργειακός συμψηφισμός

Ως ενεργειακός συμψηφισμός, γνωστός επίσης με τον όρο net metering, νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα, ή από το σύστημα ανεμογεννητριών ενέργειας, με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση. Με την υπ' αριθμών ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) Υπουργική Απόφαση, θεσπίστηκε η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων από αυτοπαραγωγούς, για την κάλυψη των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσω της εφαρμογής του ενεργειακού συμψηφισμού. Η παραγόμενη από το σταθμό ενέργεια, συμψηφίζεται σε ετήσια βάση με την καταναλισκόμενη ενέργεια, στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού που τροφοδοτεί ο σταθμός. Το πιθανό πλεόνασμα που προκύπτει, διοχετεύεται στο δίκτυο, χωρίς την υποχρέωση αποζημίωσης στον αυτοπαραγωγό. Επομένως, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, δεν θα πρέπει να ξεπερνάει την καταναλισκόμενη, καθώς δεν προκύπτει κάποιο όφελος για τον αυτοπαραγωγό [9].

Τα πλεονεκτήματα του ενεργειακού συμψηφισμού παρουσιάζονται παρακάτω [10].

1. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα ενεργειακού συμψηφισμού, παρέχει μία απλή, χαμηλού κόστους και εύκολα διαχειρίσιμη ενεργειακή λύση.
2. Η παραγόμενη ενέργεια συμβάλει στην αποσυμφόρηση του δικτύου κατά τις ώρες αιχμής.
3. Δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση μέσων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς το πλεόνασμα διοχετεύεται στο δίκτυο.
4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους.
5. Αύξηση της αξίας των ακινήτων.
6. Εξοικονόμηση χρημάτων των εταιρειών κοινής ωφέλειας, καθώς δεν απαιτείται μέτρηση της κατανάλωσης και έκδοση λογαριασμού.

2.6 : Εισαγωγή στο λογισμικό HOMER

Το Homer, είναι λογισμικό βελτιστοποίησης συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας, το οποίο αναπτύχθηκε από το εργαστήριο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών, με σκοπό τη σχεδίαση τέτοιων συστημάτων και τη σύγκριση των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σ' ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Μέσω του λογισμικού, μοντελοποιείται η φυσική συμπεριφορά και το κόστος του κύκλου ζωής ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος του κύκλου ζωής, περιλαμβάνει το συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος κατά τη διάρκεια της ζωής του. Συγκρίνει διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού στην τεχνική και οικονομική τους υπόσταση και ποσοτικοποιεί τις επιδράσεις της αβεβαιότητας ή των αλλαγών στις μεταβλητές εισόδου. Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας παράγει ηλεκτρική ενέργεια και πιθανόν θερμότητα, προκειμένου να εξυπηρετήσει κάποιο κοντινό φορτίο. Μπορεί να περιλαμβάνει, οποιονδήποτε συνδυασμό συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο είτε είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, είτε είναι αυτόνομο. Το Homer μοντελοποιεί ένα τέτοιο σύστημα, το οποίο αποτελείται από τις παρακάτω τεχνολογίες παραγωγής:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Ανεμογεννήτριες
- Μικρά υδροηλεκτρικά έργα
- Ντηζελογεννήτριες
- Γεννήτριες βιομάζας
- Μικρογεννήτριες
- Κυψέλες καυσίμου
- Μπαταρίες
- Αποθήκευση υδρογόνου

Εκτελεί τρεις βασικές εργασίες, την προσομοίωση, τη βελτιστοποίηση και την ανάλυση ευαισθησίας.

Στην προσομοίωση, μοντελοποιείται η λειτουργία του συστήματος, χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που έχουν γίνει για κάθε μία από τις 8.760 ώρες ενός έτους. Για κάθε ώρα, συγκρίνεται η ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, με την αντίστοιχη ωριαία παραγωγή. Όσα συστήματα περιλαμβάνουν μπαταρίες ή γεννήτριες, αποφασίζει για κάθε ώρα πως θα ενεργοποιηθούν οι γεννήτριες και πως θα φορτιστούν ή θα εκφορτιστούν οι μπαταρίες. Οι υπολογισμοί αυτοί εκτελούνται για κάθε συνδυασμό συστημάτων και καθορίζεται εάν ένας συνδυασμός είναι εφικτός, δηλαδή ικανοποιείται η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν ικανοποιείται, υπολογίζει το κόστος του κύκλου ζωής του.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της προσομοίωσης, ακολουθεί η διαδικασία της βελτιστοποίησης. Κατά τη διαδικασία αυτή, το λογισμικό παρουσιάζει έναν κατάλογο ταξινομημένων συνδυασμών, σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος, προκειμένου να γίνει σύγκριση των επιλογών και να υιοθετηθεί το κατάλληλο σύστημα ενέργειας.

Τέλος, στην ανάλυση ευαισθησίας, επαναλαμβάνεται η διαδικασία της βελτιστοποίησης για κάθε μεταβλητή ευαισθησίας, η οποία έχει οριστεί ως δεδομένο εισόδου. Παραδείγματος χάριν, εάν καθοριστεί η ταχύτητα αέρα ως μεταβλητή ευαισθησίας, το λογισμικό θα προσομοιώσει όλους τους συνδυασμούς των συστημάτων για το εύρος των τιμών ταχύτητας αέρα που έχουν επιλεγεί [11].

Κεφάλαιο 3 - Μελέτη περίπτωσης

3.1 : Σκοπός της κατασκήνωσης

Σκοπός της κατασκήνωσης είναι οι φιλοξενία νέων, οι οποίοι επισκέπτονται την Ορθόδοξο Ακαδημία Κρήτης για εκπαιδευτικούς και ψυχαγωγικούς λόγους. Εκτός από τη φιλοξενία, η κατασκήνωση θα τους προσφέρει τη δυνατότητα εξοικείωσης με το φυσικό περιβάλλον και παρακολούθησης του τρόπου λειτουργίας των ανανεώσιμων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι η άφιξη στην ΟΑΚ, σπουδαστών και σπουδαστριών της Σχολής Κηπουρών Τοπίου από πόλεις της Γερμανίας, προκειμένου να πραγματοποιήσουν την πρακτική τους άσκηση στον περιβάλλοντα χώρο της Ακαδημίας. Η πρακτικής τους άσκηση περιλαμβάνει τη χρήση πέτρας με σκοπό τη δημιουργία ψηφιδωτών και μονοπατιών. Επιπλέον, το πρόγραμμα επίσκεψής τους στην ΟΑΚ, αποτελείται από επισκέψεις σε μουσεία και αξιοθέατα της περιοχής, καθώς και από τη δυνατότητα διδασχής της ελληνικής γλώσσας, του πολιτισμού και της ιστορίας της Κρήτης.

3.2 : Ο χώρος της κατασκήνωσης

Ο υπό μελέτης χώρος, βρίσκεται στα Νωπήγεια του δήμου Κισσάμου και ανήκει στην Ορθόδοξο Ακαδημία Κρήτης. Η ΟΑΚ είναι Κοινωφελές Ίδρυμα της κατηγορίας των Εθνικών Κληροδοτημάτων με κανονική αναφορά προς την Ιερά Μητρόπολη Κισάμου και Σελίνου και παράλληλα τελεί υπό την πνευματική προστασία του Οικουμενικού Πατριάρχου. Διοικείται από δεκαμελές Διοικητικό Συμβούλιο, υπό την προεδρία του εκάστοτε Μητροπολίτη Κισάμου και Σελίνου. Βασική αποστολή της ΟΑΚ είναι η διαλογική μαρτυρία και η λειτουργική διακονία της Ορθοδοξίας στον σύγχρονο κόσμο και ως εκ τούτου είναι αφιερωμένη στην καλλιέργεια του πνεύματος του διαλόγου ανάμεσα στην Ορθοδοξία και στις άλλες ομολογίες και θρησκείες και γενικότερα ανάμεσα στην πίστη, την επιστήμη και τον πολιτισμό.

Η ΟΑΚ:

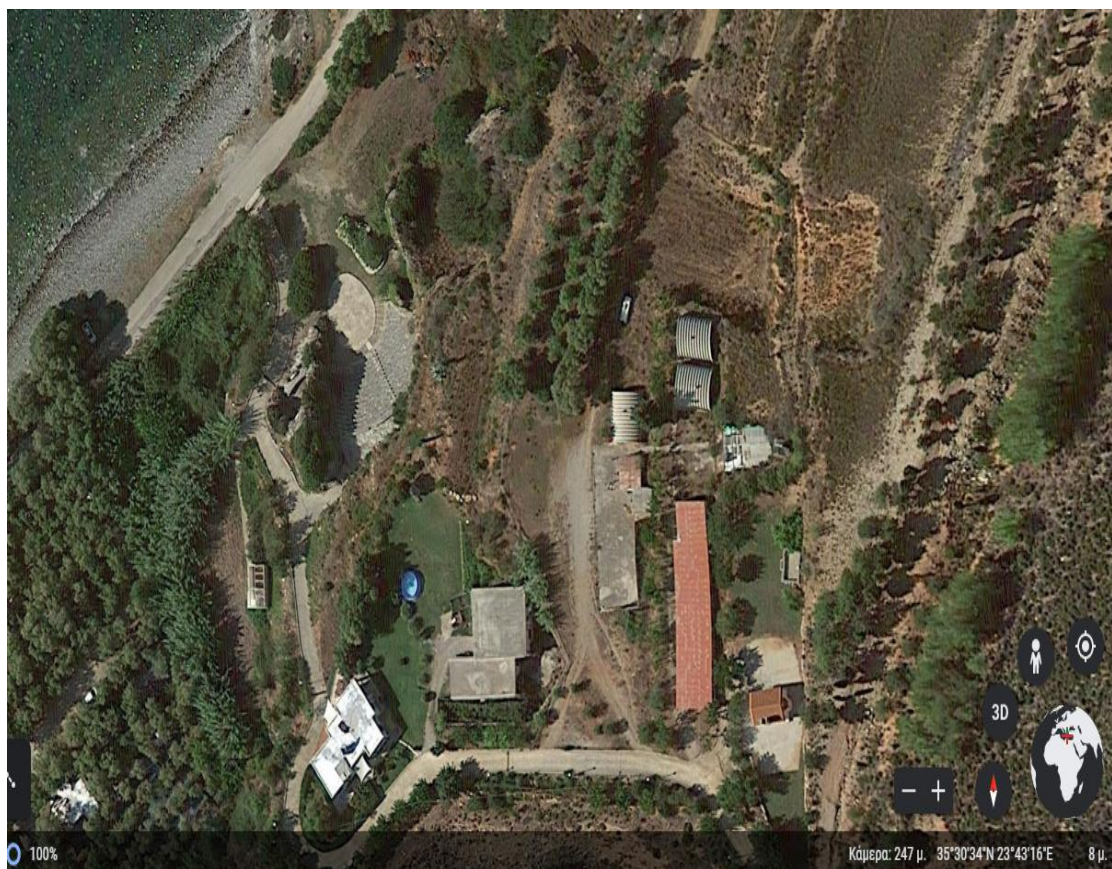
- Οργανώνει και φιλοξενεί τοπικά, εθνικά και διεθνή συνέδρια με δική της πρωτοβουλία ή σε συνεργασία με Εκκλησίες, Πανεπιστήμια ή άλλους Οργανισμούς.
- Αναπτύσσει ποικιλία προγραμμάτων και δράσεων εκπαιδευτικού και/ή πρακτικού χαρακτήρα.
- Παράγει επιστημονικό έργο στους τομείς της θεολογίας και του περιβάλλοντος.

Οι οικοδομικές εργασίες ξεκίνησαν το 1965 και αναγνωρίστηκε από την Πολιτεία ως « Θρησκευτικό – Κοινωφελές Καθίδρυμα» με το καθεστώς Νομικού Προσώπου Ιδιωτικού Δικαίου. Επίσης έχει αναγνωριστεί ως Μη – Κυβερνητική Οργάνωση. Τέλος με τον νόμο

«Περί Συνέργειες Πανεπιστημίων και ΤΕΙ, πρόσβαση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση...» του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων (ΦΕΚ 4610/7-5-2019 , Άρθρο 255 του ιδίου Νόμου), η ΟΑΚ εντάχθηκε στον νόμο 4310/2014 (Α'258) για την « Έρευνα, Τεχνολογική Ανάπτυξη και Καινοτομία» συγκαταλέγεται πλέον επίσημα μεταξύ των αναγνωρισμένων ανά την επικράτεια Ερευνητικών Κέντρων [12].

Η ΟΑΚ ήδη καλύπτει με φωτοβολταϊκά και ηλιακούς θερμοσίφωνες το 1/3 των ετήσιων αναγκών της και μέσα από συγκεκριμένες παρεμβάσεις, οι οποίες έχουν προσδιοριστεί, οδεύει προς το μηδενισμό του αποτυπώματος [13]. Στόχος της είναι ο μηδενισμός του αποτυπώματος άνθρακα, λόγω της χρήσης ενέργειας σε όλες τις εγκαταστάσεις της.

Ο χώρος δημιουργίας της κατασκήνωσης φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 3.2.1 Χωροθέτηση κατασκήνωσης [Πηγή Google Earth]

3.3 : Ανάγκες και αρχικές προδιαγραφές

Το οικοπέδο το οποίο έχει αποχαρακτηριστεί και στο οποίο θα τοποθετηθούν τα κτήρια της κατασκήνωσης, έχει οριοθετηθεί μέσω του Ελληνικού Κτηματολογίου. Η έκτασή του είναι μετρημένη στα 1337.47 τ.μ.. Όπως φαίνεται παρακάτω, εντός του οικοπέδου υπάρχουν 2 κυλινδρικά κτήρια στέγασης (τολ) και προβλέπεται η απομάκρυνσή τους .



Εικόνα 3.3.1 Οριοθέτηση περιοχής [Πηγή Ελληνικό Κτηματολόγιο]

Η κατασκήνωση θα έχει τη δυνατότητα φιλοξενίας μέχρι 60 ατόμων και η περίοδος κατά την οποία θα φιλοξενεί άτομα θα είναι μεταξύ Απριλίου και Οκτωβρίου. Το είδος αλλά και το μέγεθος του χώρου ή των χώρων φιλοξενίας (σπίτια) θα επιλεγεί στη βάση των κριτηρίων του κόστους, της απλότητας κατασκευής, της φιλικότητας προς το περιβάλλον και της κάλυψης των βασικών αναγκών των φιλοξενουμένων. Επιπλέον τα σπίτια θα πρέπει να έχουν εσωτερική τουαλέτα καθώς και χώρο για τα κρεβάτια, τα είδη υγιεινής, τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα. Κάθε σπίτι θα έχει τη δυνατότητα φιλοξενίας έως και έξι ατόμων και οι ηλεκτρικές συσκευές θα πρέπει να ικανοποιούν πλήρως τις βασικές τους ανάγκες.

Η βασική σίτιση των φιλοξενουμένων θα γίνεται από κεντρικό κτήριο, μέσα στο οποίο θα γίνονται όλες οι διαδικασίες προετοιμασίας του φαγητού. Προβλέπεται η ύπαρξη ξυλόφουρνου, ώστε ένας μέρος του φαγητού να ψήνεται με παραδοσιακό τρόπο, συμβάλλοντας στην διάδοση του παραδοσιακού ψησίματος και ταυτόχρονα στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπρόσθετα το ψυχαγωγικό κομμάτι θα περιλαμβάνει εκδηλώσεις, οι οποίες θα λαμβάνουν χώρα στο πέτρινο θέατρο, το οποίο υπάρχει πλησίον του κατασκηνωτικού χώρου, με μέσο χρόνο διάρκειας τις τρεις ώρες. Για το λόγο αυτό προβλέπεται η τοποθέτηση σε κατάλληλα σημεία προβολών και ηχείων εξωτερικού χώρου. Τέλος, για τον εξωτερικό νυχτερινό φωτισμό του κατασκηνωτικού χώρου ενδείκνυνται η ύπαρξη αυτόνομων κολονών, οι οποίες θα συλλέγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας και θα τη χρησιμοποιούν τις βραδινές ώρες .

Κεφάλαιο 4 - Σχεδιασμός νεανικής κατασκήνωσης

4.1 : Σχεδιασμός κατασκηνωτικού χώρου

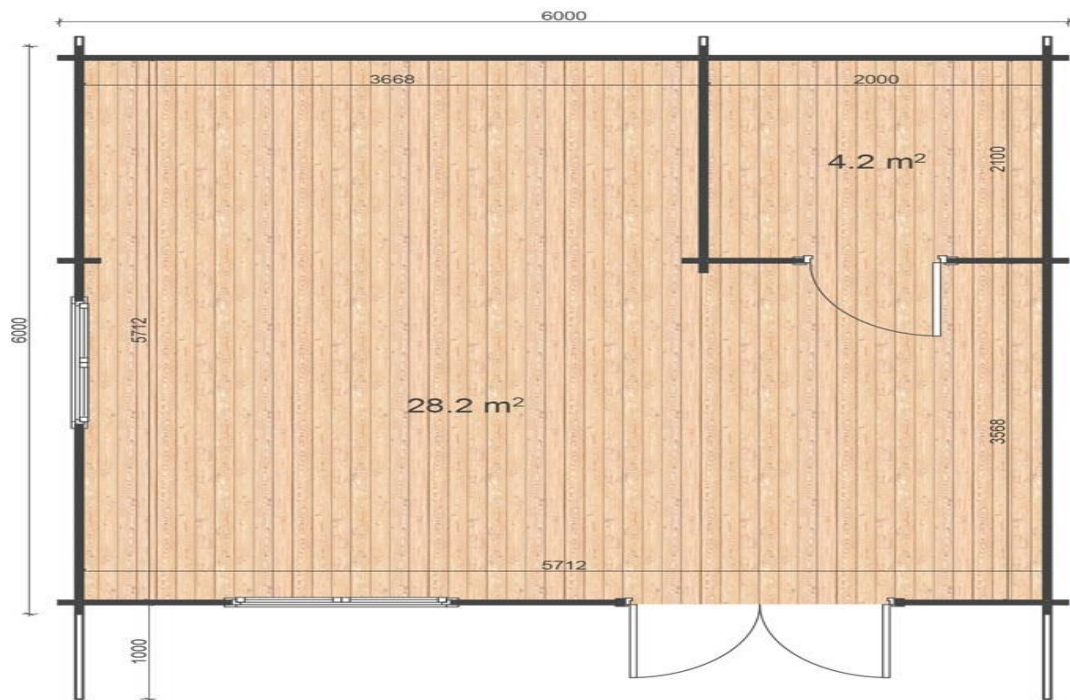
Λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια που ετέθησαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για το είδος του σπιτιού που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκήνωση, δηλαδή το κόστος, η απλότητα κατασκευής, η φιλικότητα προς το περιβάλλον και η κάλυψη των βασικών αναγκών των φιλοξενουμένων επιλέγεται ως λύση ένα ξύλινο προκατασκευασμένο σπίτι. Επιπλέον κάνοντας μία έρευνα αγοράς, επιλέγεται σαν πρότυπο σπίτι, το οποίο ικανοποιεί τα παραπάνω κριτήρια καθώς και την απαίτηση για έξι φιλοξενούμενα άτομα, το παρακάτω.



Εικόνα 4.1.1 Πρόσοψη προκατασκευασμένου οικίσκου [14]

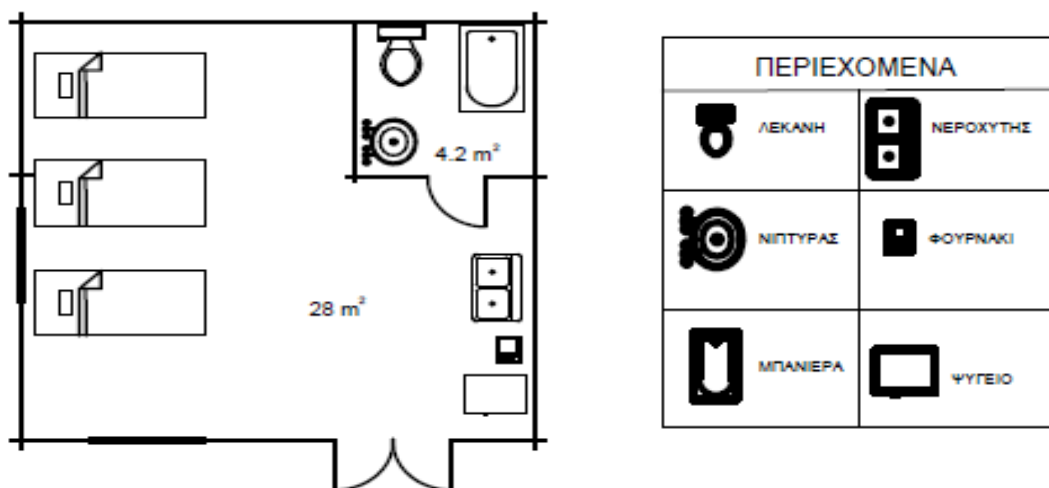
Το εσωτερικό εμβαδόν είναι 33 τ.μ., με έξι μέτρα πλάτος και έξι μέτρα μήκος. Έχει εσωτερικό δωμάτιο για μπάνιο και το σπίτι είναι φτιαγμένο εξ ολοκλήρου από ξύλο. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης διπλής τοιχοποιίας για θερμομόνωση. [14]

Ακολουθεί η κάτοψη του εσωτερικού χώρου.



Εικόνα 4.1.2 Κάτοψη προκατασκευασμένου οικίσκου [14]

Το κάθε προκατασκευασμένο σπίτι θα έχει τη δυνατότητα φιλοξενίας μέχρι και έξι ατόμων, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό διώροφα κρεβάτια. Για το σχεδιασμό του εσωτερικού χώρου, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό σχεδιασμού AutoCAD. Εντός του σπιτιού θα υπάρχουν τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές, το μπάνιο με τα είδη υγιεινής και τα κρεβάτια.



Εικόνες 4.1.3 και 4.1.4 Κάτοψη εσωτερικού χώρου

Ο χώρος της κατασκήνωσης αποτελείται από 10 προκατασκευασμένα σπίτια και η διαμόρφωσή της παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 4.1.5 Κάτοψη κατασκηνωτικού χώρου

4.2 : Ενεργειακές καταναλώσεις

Στοιχεία καταναλώσεων της ηλεκτρικής ενέργειας της κατασκήνωσης δεν υπάρχουν, οπότε αρχικά γίνεται καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών. Οι ηλεκτρικές συσκευές που αναφέρονται παρακάτω, καλύπτουν τις ανάγκες των φιλοξενουμένων κατά την καλοκαιρινή περίοδο:

- Φορητός Η/Υ
- Ηλεκτρικό σίδερο
- Τηλεόραση
- Φορτιστής κινητού
- Ρούτερ
- Λάμπα LED
- Ψυγείο
- Τοστιέρα
- Πιστολάκι μαλλιών
- Φούρνος απλός
- Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές
- Κλιματιστικό

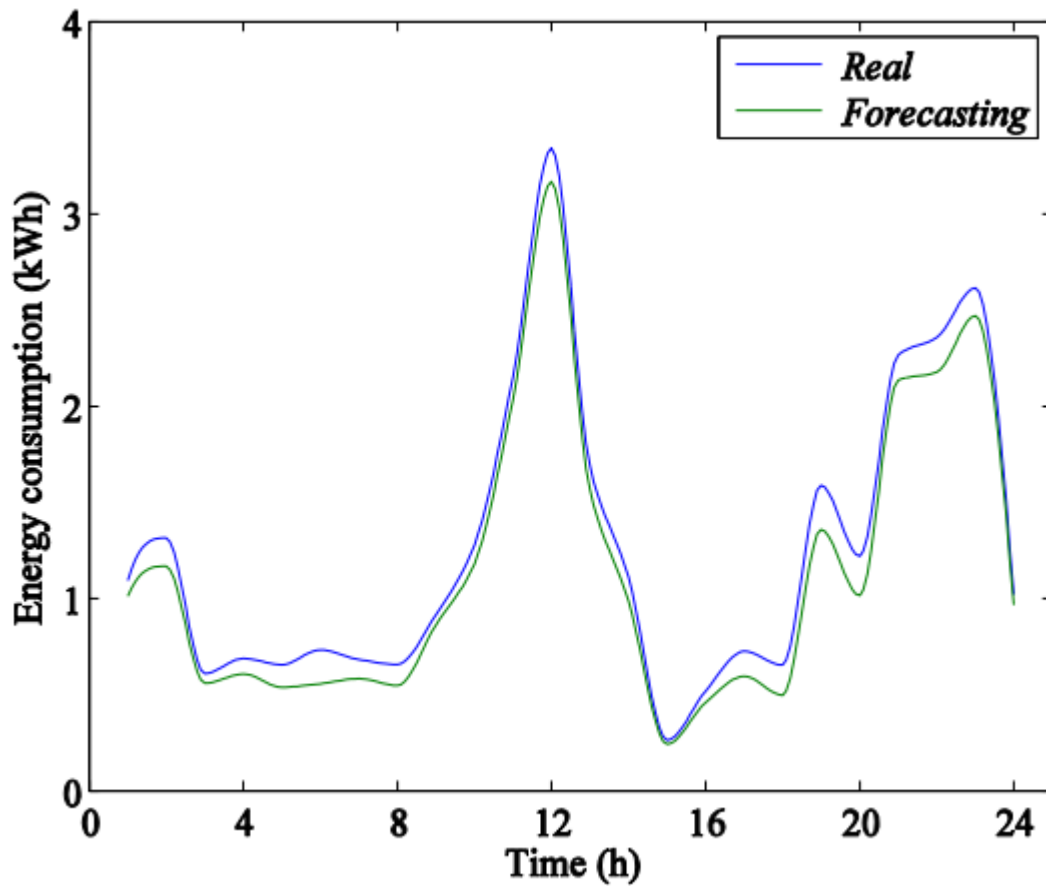
Οι υπολογισμοί θα αφορούν το μήνα Ιούλιο. Κάθε προκατασκευασμένο σπίτι θα φιλοξενεί έξι άτομα, οπότε ορισμένες συσκευές όπως ο φορητός υπολογιστής και ο φορτιστής του κινητού τηλεφώνου προβλέπεται ότι θα είναι σε αντιστοιχία με τον αριθμό των ατόμων. Η κατανάλωση του κλιματιστικού δεν υπολογίζεται στην παρούσα στιγμή, καθώς η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη θα υπολογιστεί ξεχωριστά. Οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν είναι αυτές του εμπορίου, οπότε και η ισχύς αναγράφεται βάση αυτών. Ο χρόνος λειτουργίας των συσκευών υπολογίζεται προσεγγιστικά. Η ενέργεια που καταναλώθηκε υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των συσκευών με την ισχύ και τον χρόνο λειτουργίας. Τέλος η συνολική ενέργεια κατανάλωσης για τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα για κάθε σπίτι, υπολογίζεται αν αθροίσουμε τις επιμέρους καταναλισκόμενες ενέργειες. Επομένως η συνολική ενέργεια για κάθε σπίτι, ανά ημέρα είναι 9,038 kWh.

- **ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΑ**

Ηλεκτρικές συσκευές	Αριθμός	Ισχύς	Χρόνος λειτουργίας	Ενέργεια που καταναλώθηκε
Φορητός Η/Υ	6	65 W	1 h	$6 \times 65W \times 1h = 390 \text{ Wh}$
Ηλεκτρικό σίδερο	1	1500 W	10 min	$1 \times 1500W \times (10\text{min}/60\text{min}) = 250 \text{ Wh}$
Τηλεόραση	1	200 W	1 h	$1 \times 200W \times 1h = 200 \text{ Wh}$
Φορτιστής κινητού	6	6 W	2 h	$6 \times 6W \times 2h = 72 \text{ Wh}$
Ρούτερ	1	10 W	24 h	$1 \times 10W \times 24h = 240 \text{ Wh}$
Λάμπα LED	5	8 W	3 h	$5 \times 8W \times 3h = 120 \text{ Wh}$
Ψυγείο	1	100 W	24 h	$1 \times 100W \times 24h = 2400 \text{ Wh}$
Τοστιέρα	1	1000 W	10 min	$1 \times 1000W \times (10\text{min}/60\text{min}) = 166 \text{ Wh}$
Πιστολάκι μαλλιών	2	2000 W	30 min	$2 \times 2000 \times (30\text{min}/60\text{min}) = 2000 \text{ Wh}$
Φουρνάκι	1	3100 W	1 h	$1 \times 3100W \times 1h = 3100 \text{ Wh}$
Λοιπές ηλ. συσκευές	1	100 W	1 h	$1 \times 100W \times 1h = 100 \text{ Wh}$
Σύνολο	26			9038Wh ή 9,038 kWh

Πίνακας 4.2.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συσκευών

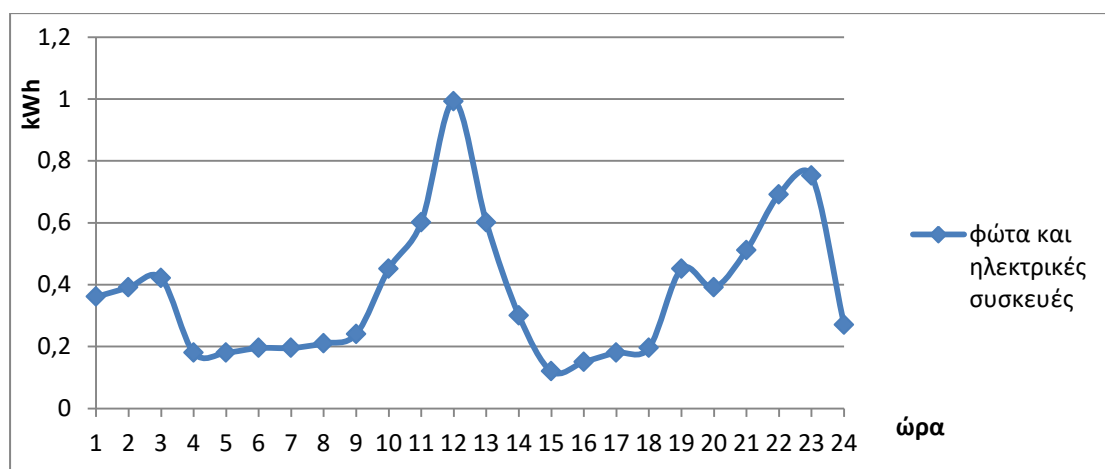
Το ωριαίο προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος των παραπάνω συσκευών, υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος.



Διάγραμμα 4.2.1 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας ηλεκτρικών συσκευών και φώτων, συναρτήσει της ώρας [15]

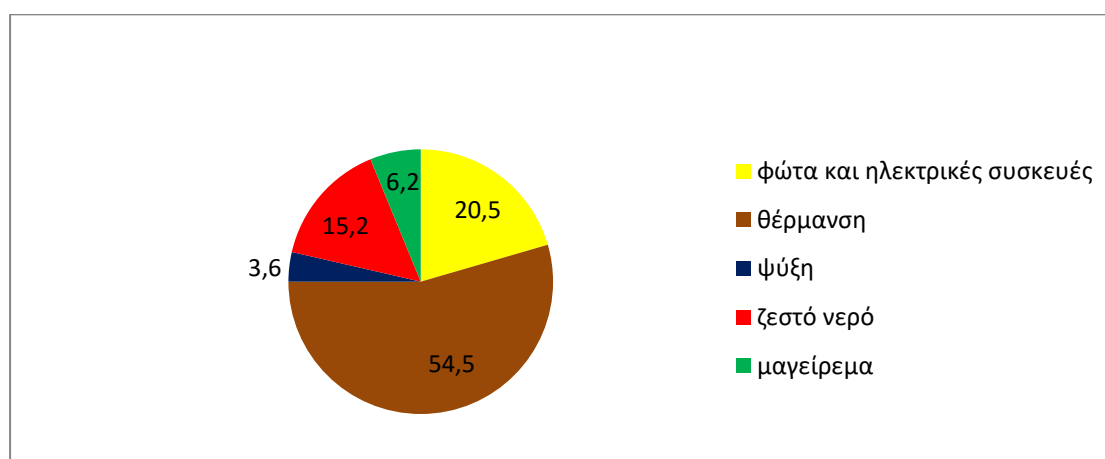
Από το διάγραμμα βρέθηκε για κάθε ώρα, η τιμή που της αντιστοιχεί σε kWh . Στη συνέχεια αφού αθροίστηκαν οι τιμές, υπολογίστηκε το ποσοστό που αντιστοιχεί για κάθε ώρα, μέσω του τύπου: $(\text{αντιστοιχούμενη τιμή} \times 100) / \text{Άθροισμα τιμών}$. Τέλος υπολογίστηκε η ωριαία κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών μέσω του τύπου: $(\text{ποσοστό} \times \text{Συνολική ενέργεια που καταναλώνεται}) / 100$.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται από το Microsoft Excel το διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα η οποία αφορά καθένα από τα σπίτια.



Διάγραμμα 4.2.2 : Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα

Από μετρήσεις που αφορούν την Ελλάδα, υπολογίζεται ότι η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές είναι 20.5% της συνολικής κατανάλωσης για τον οικιακό τομέα. Για τη θέρμανση το ποσοστό είναι 54,5%, για τη ψύξη 3,6% , για το ζεστό νερό 15,2% και για το μαγείρεμα 6,2% [16]. Η κατανομή των ποσοστών αυτών φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.2.3 Κατανομή ποσοστών για τα είδη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα

Το ποσοστό που αντιστοιχεί στις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα είναι 20,5% και η ημερήσια κατανάλωση είναι 9,038 kWh. Επομένως, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για έξι άτομα θα είναι 9,038 kWh διά 20,5% = 44,087 kWh. Πολλαπλασιάζοντας τα ποσοστά κάθε κατηγορίας με τη συνολική κατανάλωση προκύπτουν τα ακόλουθα:

Φώτα και ηλ. συσκ.	Θέρμανση	Ψύξη	Ζεστό νερό	Μαγείρεμα
9,038 kWh	24,027 kWh	1,587 kWh	6,701 kWh	2,733 kWh

Πίνακας 4.2.2 Κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία

Η κατασκήνωση θα λειτουργεί κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο, οπότε η ενεργειακή κατανάλωση της θέρμανσης δεν λαμβάνεται υπόψη. Επίσης προβλέπεται η δημιουργία ενός κεντρικού ξυλόφουρνου, προκειμένου να εξυπηρετεί, με τρόπο οικολογικό, τους φιλοξενούμενους. Άρα η κατανάλωση ενέργειας για το μαγείρεμα μειώνεται κατά 30% , στις 1,913 kWh. Επιπλέον ο νυχτερινός φωτισμός της κατασκήνωσης θα γίνεται από ηλιακές κολώνες φωτισμού, ώστε το σύστημα να μην επιβαρύνεται με το φορτίο αυτό. Τέλος, κοντά στην περιοχή δημιουργίας της κατασκήνωσης υπάρχει ένα πέτρινο θέατρο στο οποίο θα γίνονται εκδηλώσεις. Επομένως προβλέπεται για το σκοπό αυτό, η ύπαρξη 4 προβολέων LED των 50W και 4 ηχείων των 100W οι οποίοι θα λειτουργούν για 3 ώρες. Σύνολο $4 \times 50W + 4 \times 100W = 600W$ την ώρα, άρα για 3 ώρες έχουμε 1800W.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται μια ηλιακή κολώνα φωτισμού, καθώς και ένας παραδοσιακός ξυλόφουρνος.



Εικόνα 4.2.1 Ηλιακή κολώνα φωτισμού [Πηγή www.ideahellas.gr]



Εικόνα 4.2.2 Παραδοσιακός ξυλόφουρνος [Πηγή <https://saligari.espivblogs.net/>]

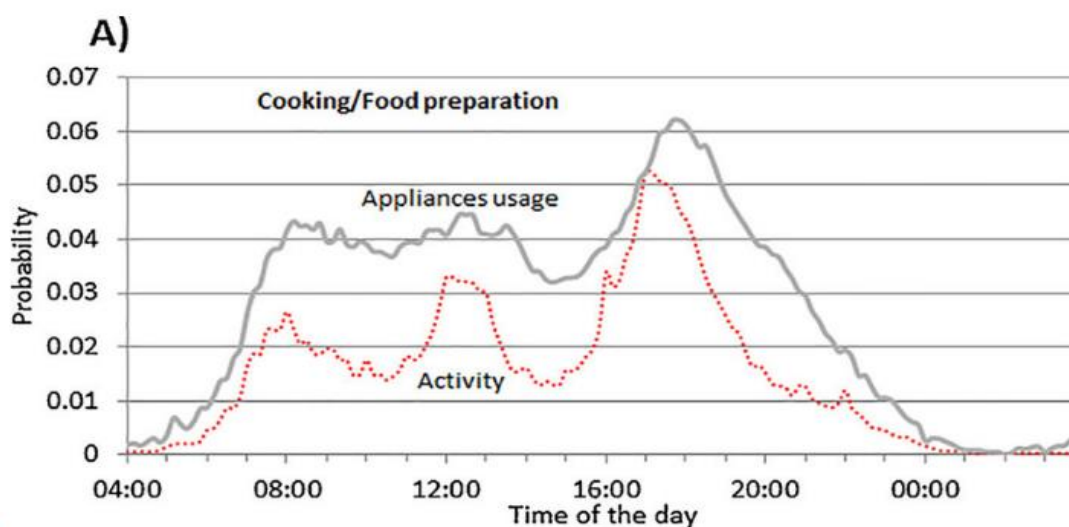
Ακολουθεί ο νέος πίνακας μετά τις παραπάνω αλλαγές, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί ολόκληρη η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της κατασκήνωσης.

Φώτα και ηλ. συσκ.	Ψύξη	Ζεστό νερό	Μαγείρεμα	Εκδηλώσεις
9,038 kWh	1,587 kWh	6,701 kWh	1,913 kWh	0,18 kWh

Πίνακας 4.2.3 Κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία

- **ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ**

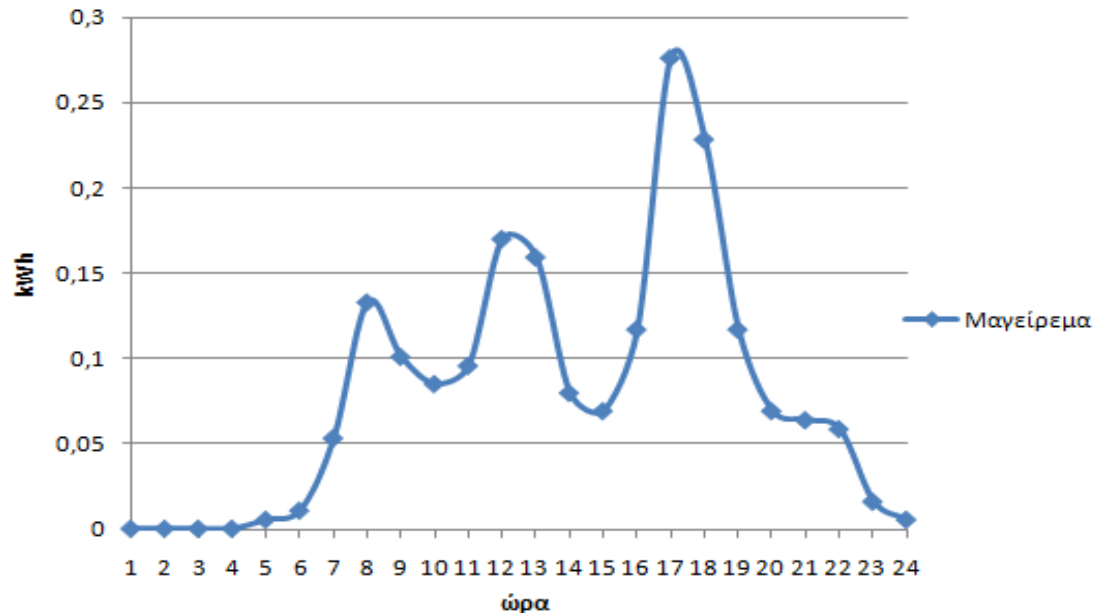
Για την ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αφορά το μαγείρεμα, χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω διάγραμμα προκειμένου να υπολογιστούν οι τιμές της.



Διάγραμμα 4.2.4 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για το μαγείρεμα [17]

Οι τιμές του παραπάνω διαγράμματος για κάθε ώρα της ημέρας, μετατράπηκαν σε ποσοστό επί % και πολλαπλασιάστηκαν με τις 1,913 kWh.

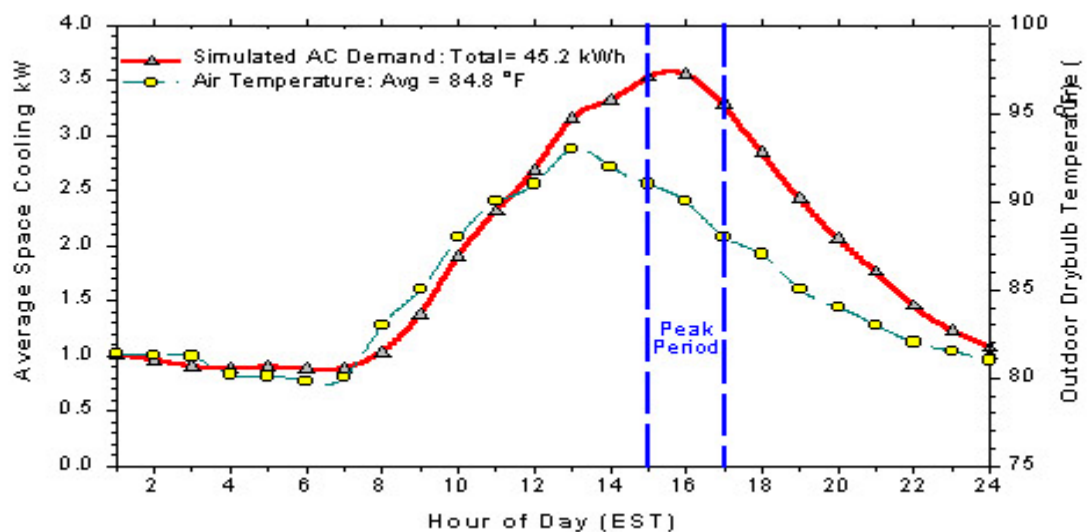
Παρουσιάζεται από το Microsoft Excel το διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ενέργειας για το μαγείρεμα η οποία αφορά καθένα από τα σπίτια.



Διάγραμμα 4.2.5 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για το μαγείρεμα

- **ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ**

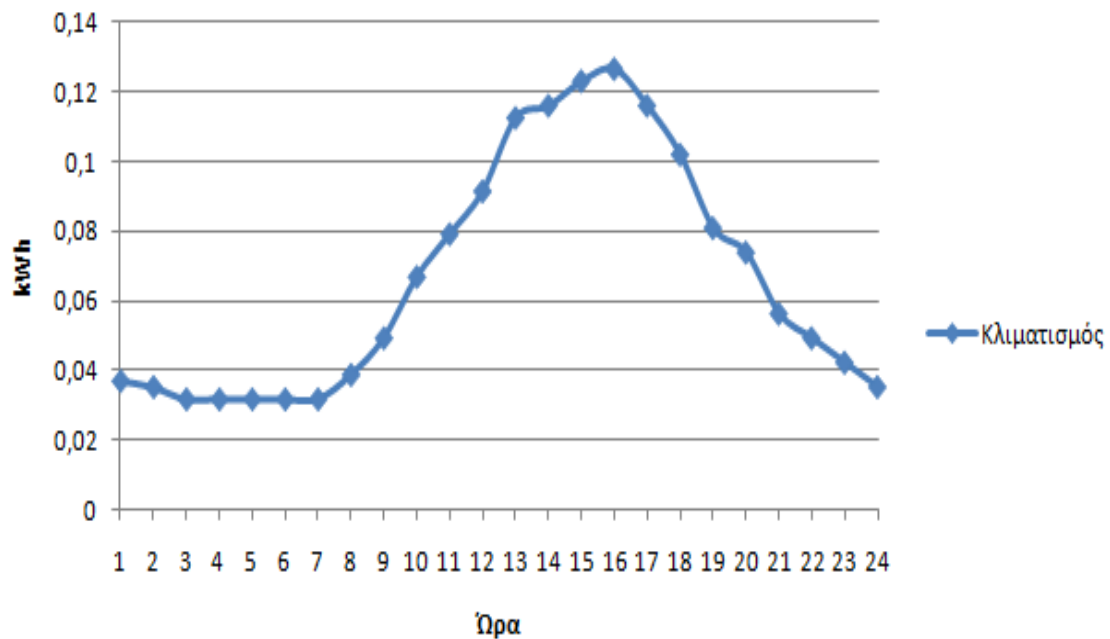
Η ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό ακολουθεί την παρακάτω κατανομή, μέσω τις οποίας υπολογίστηκαν οι ωριαίες τιμές.



Διάγραμμα 4.2.6 Ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό [18]

Οι τιμές του διαγράμματος για κάθε ώρα της ημέρας, μετατράπηκαν σε ποσοστό επί % και πολλαπλασιάστηκαν με τις 1,587 kWh.

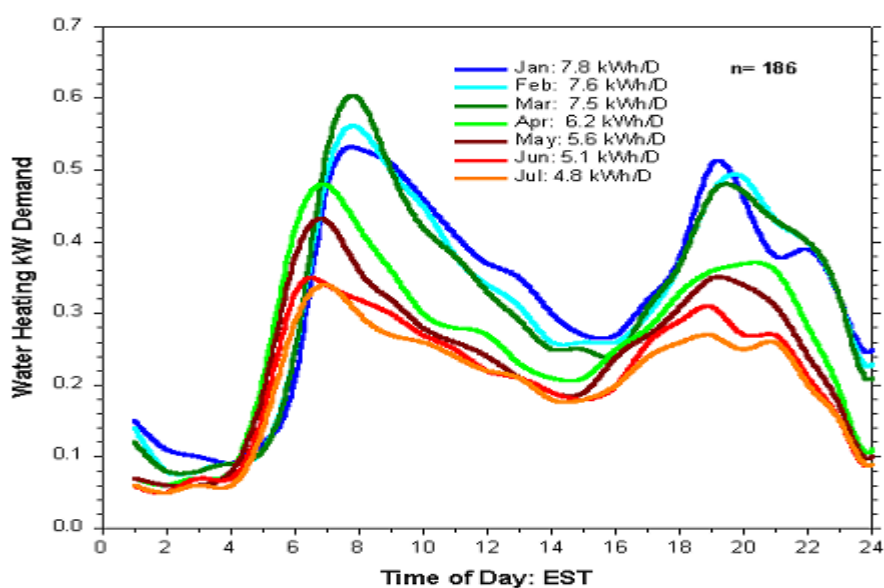
Στη συνέχεια παρουσιάζεται από το Microsoft Excel το διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ενέργειας για τον κλιματισμό, η οποία αφορά καθένα από τα σπίτια.



Διάγραμμα 4.2.7 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό

- **ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ**

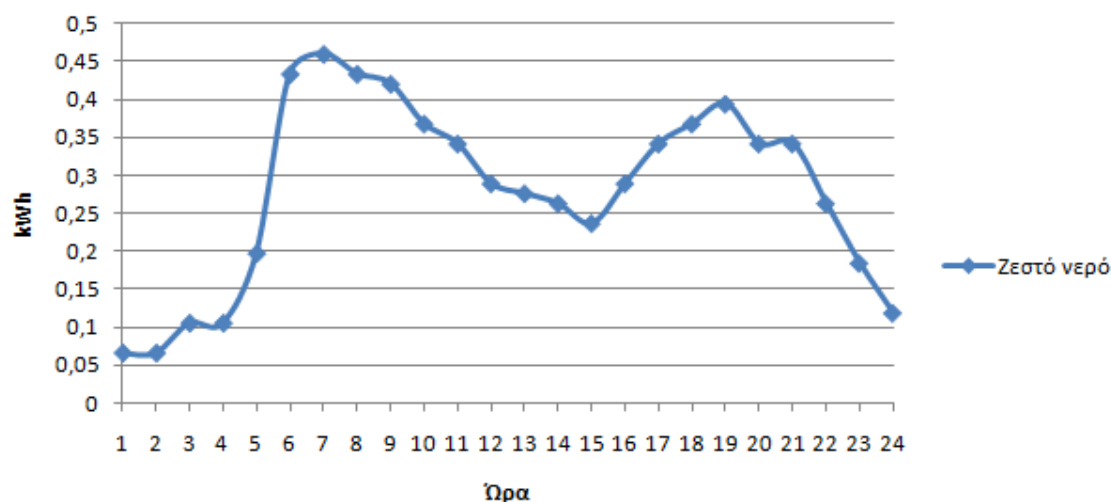
Η ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το ζεστό νερό ακολουθεί την παρακάτω κατανομή, μέσω της οποίας υπολογίστηκαν οι ωριαίες τιμές.



Διάγραμμα 4.2.8 Ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό [18]

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί σαν πρότυπος μήνας από το παραπάνω διάγραμμα ο μήνας Ιούλιος. Οι τιμές του διαγράμματος για κάθε ώρα της ημέρας, μετατράπηκαν σε ποσοστό επί % και πολλαπλασιάστηκαν με τις 6,701 kWh.

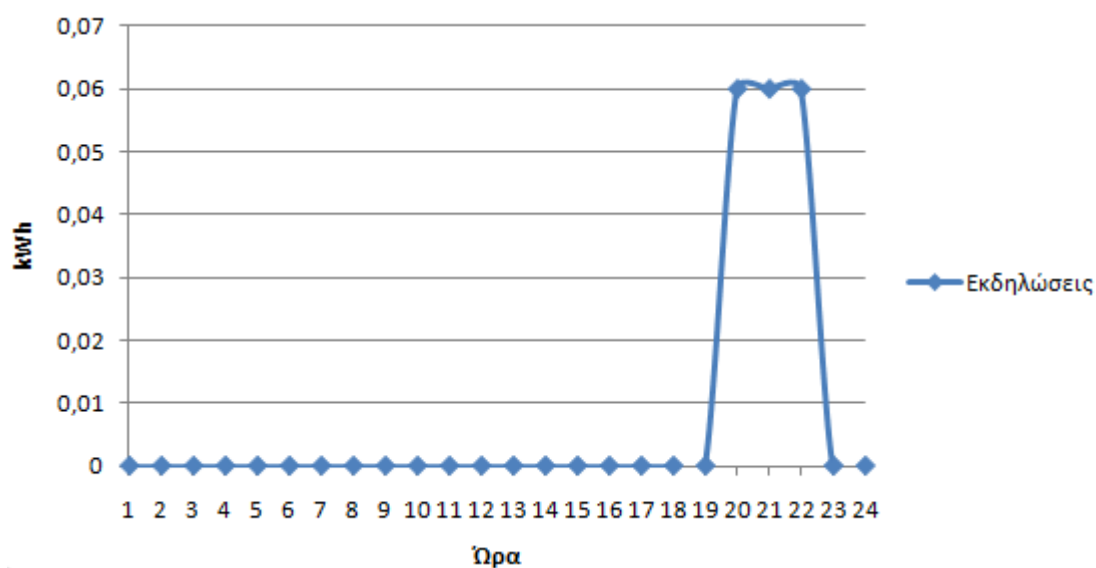
Στη συνέχεια παρουσιάζεται από το Microsoft Excel το διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ενέργειας για το ζεστό νερό, η οποία αφορά καθένα από τα σπίτια.



Διάγραμμα 4.2.9 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για το ζεστό νερό

- **ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ**

Η κατανάλωση για τις εκδηλώσεις αφορά 3 απογευματινές ώρες, 20:00, 21:00, 22:00. Στη συνέχεια παρουσιάζεται από το Microsoft Excel το διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ενέργειας για τις εκδηλώσεις, το οποίο αφορά το σύνολο της κατασκήνωσης.



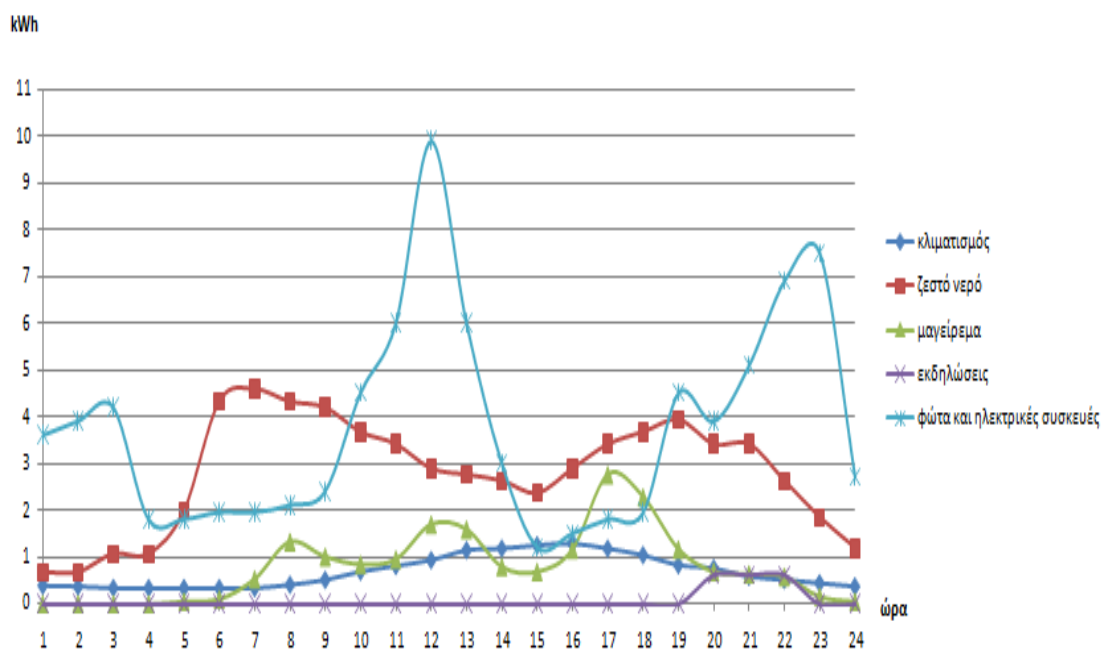
Διάγραμμα 4.2.10 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για τις εκδηλώσεις

- **ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ**

Η συνολική ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί ανά σπίτι, υπολογίζεται αν αθροίσουμε τις επιμέρους κατηγορίες. Εξαίρεση αποτελεί η κατηγορία των εκδηλώσεων, καθώς αυτή αφορά το σύνολο της κατασκήνωσης. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζουμε με τον αριθμό 10, ο οποίος είναι αριθμός των σπιτιών που θα υπάρχουν στην κατασκήνωση, βρίσκοντας έτσι τη συνολική ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο παρακάτω διάγραμμα μέσω της χρήσης του Microsoft Excel, διακρίνονται οι επιμέρους ωριαίες καταναλώσεις της κατασκήνωσης.

Διάγραμμα επιμέρους καταναλώσεων



Διάγραμμα 4.2.11 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας για κάθε είδος χρήσης

- **ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ**

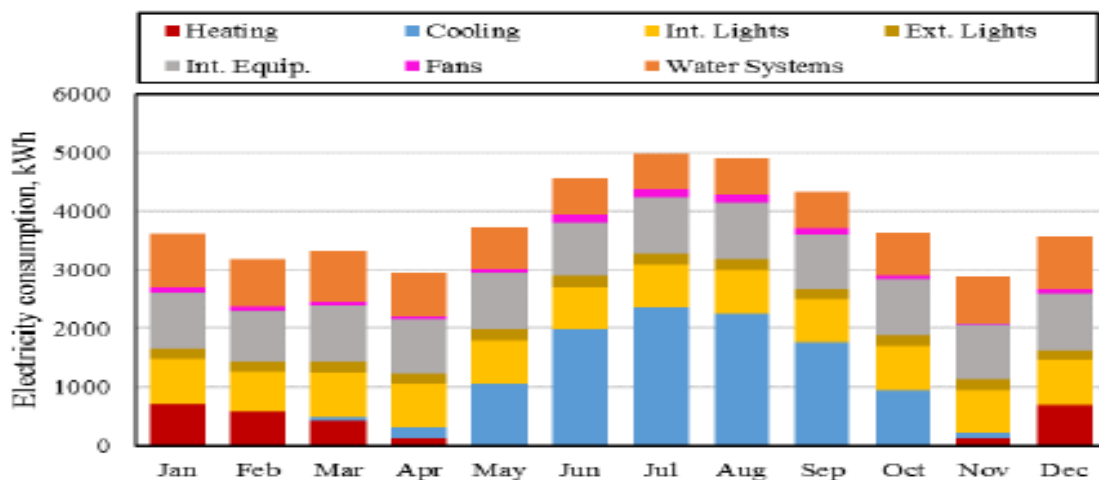
Τέλος, παρατίθεται το συνολικό διάγραμμα ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της κατασκήνωσης.



Διάγραμμα 4.2.12 Ωριαία κατανάλωση ενέργειας κατασκήνωσης

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι 34.466 kWh και η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας στην κατασκήνωση είναι οι 94,43 kWh. Οι ημερήσιες κυλοβατώρες το μήνα Ιούλιο είναι 194,1 , η μέγιστη τιμή κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι 15,43 kWh στις 12 το μεσημέρι και η ελάχιστη είναι 3,17 kWh στις 7 το πρωί.

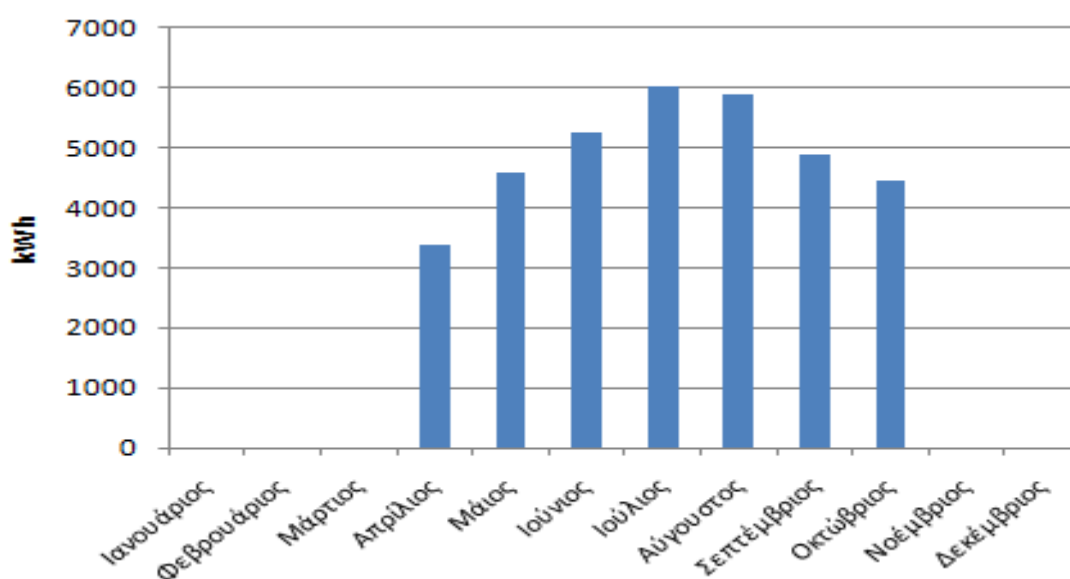
Το λογισμικό Homer σαν δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικού φορτίου δέχεται 8760 τιμές, οι οποίες είναι οι ώρες σε ένα έτος. Για το λόγο αυτόν δημιουργείται ένα αρχείο με 8760 τιμές. Οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται από μήνα σε μήνα, σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.2.13 Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας [19]

Ο πιο ενεργοβόρος μήνας είναι ο Ιούλιος και οι ωριαίες τιμές που έχουν βρεθεί προηγουμένως, αφορούν την κάθε μέρα του συγκεκριμένου μήνα. Οι τιμές από το διάγραμμα μετατράπηκαν σε ποσοστά επί τις 100. Στη συνέχεια τα ποσοστά αυτά πολλαπλασιάστηκαν με τις ωριαίες τιμές του Ιουλίου. Για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος οι ωριαίες τιμές είναι μηδέν καθώς η κατασκήνωση δεν θα λειτουργεί.

Το διάγραμμα που ακολουθεί αναφέρεται στην μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ο παρακάτω πίνακας στους υπολογισμούς που έγιναν προκειμένου να βρεθούν οι τιμές αυτές.



Διάγραμμα 4.2.14 Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Μήνες λειτουργίας	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος
Ημερήσια Κατανάλωση (kWh)	112,6	147,59	174,7	194,1	190,3	163,1	143,7
Ημέρες	30	31	30	31	31	30	31
Άθροισμα (kWh)	3379	4575	5243	6020	5899	4893	4454
Ετήσια κατανάλωση (kWh)	34.466 kWh						

Πίνακας 4.2.4 Υπολογισμοί μηνιαίας και ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Κεφάλαιο 5 - Σχεδιασμός αποκεντρωμένων υβριδικών ενεργειακών συστημάτων

5.1 : Δεδομένα εισόδου

Τοποθεσία κατασκήνωσης

Ο υπό μελέτη χώρος βρίσκεται βορειοδυτικά των Χανίων, στα Νωπήγεια του δήμου Κισσάμου, με τις ακόλουθες συντεταγμένες οι οποίες είναι απαραίτητες για το λογισμικό.

- Γεωγραφικό μήκος (Longitude) : $35^{\circ} 30' 35''$ N
- Γεωγραφικό πλάτος (Latitude) : $23^{\circ} 43' 19''$ E

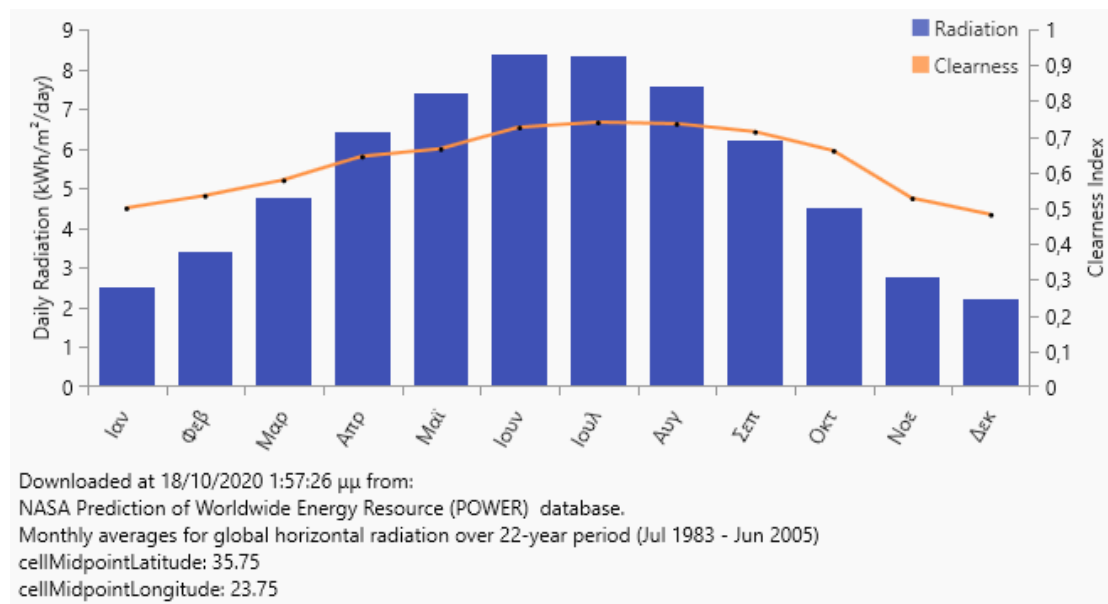


Εικόνα 5.1.1 Τοποθεσία Νωπήγεια [Πηγή Google Maps]

Ηλιακό δυναμικό

Το HOMER προσδιορίζοντας αρχικά το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε αυτόματα τις μετρήσεις για την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και τους δείκτες αιθριότητας για κάθε ώρα του έτους. Εισάγονται έτσι 8760 τιμές από τα καιρικά δεδομένα της NASA [20] και υπολογίζονται οι μηνιαίες μέσες τιμές του δείκτη αιθριότητας και της καθημερινής ακτινοβολίας.

Στο **διάγραμμα 5.1.1** και στον **πίνακα 5.1.1** φαίνονται οι μηνιαίες μέσες τιμές της ημερήσιας ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας της υπό μελέτης περιοχής. Ο ετήσιος μέσος όρος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι $5.36 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.



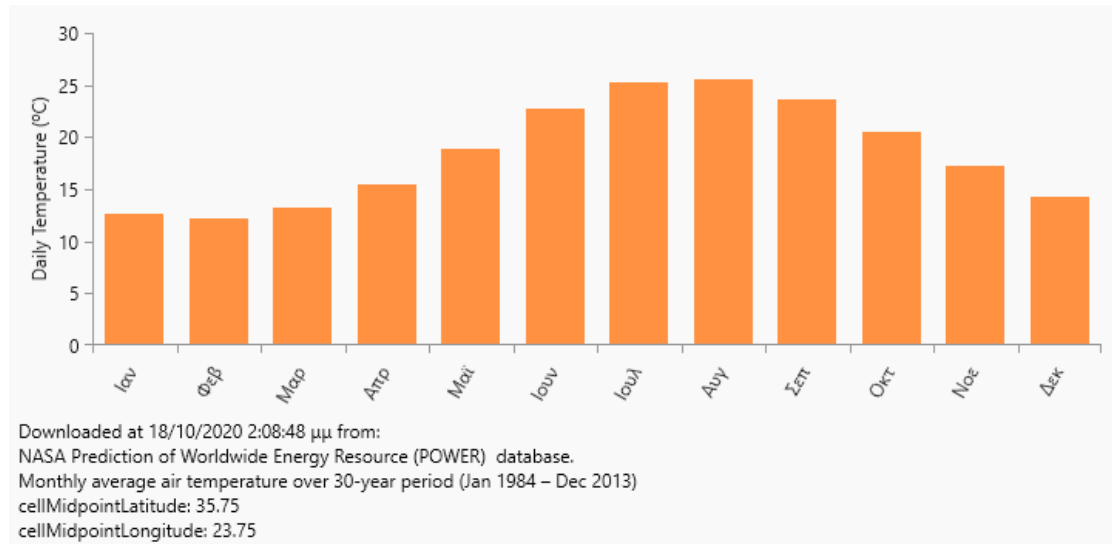
Διάγραμμα 5.1.1 Μηνιαίες μέσες τιμές της ημερήσιας ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας

Month	Clearness Index	Daily Radiation ($\text{kWh/m}^2/\text{day}$)
Ιαν	0.498	2.490
Φεβ	0.533	3.390
Μαρ	0.576	4.740
Απρ	0.643	6.410
Μαϊ	0.664	7.380
Ιουν	0.724	8.360
Ιουλ	0.738	8.320
Αυγ	0.734	7.550
Σεπ	0.712	6.180
Οκτ	0.659	4.480
Νοε	0.526	2.760
Δεκ	0.480	2.200

Πίνακας 5.1.1 Μηνιαίες μέσες τιμές της ημερήσιας ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας

Δεδομένα θερμοκρασίας

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας για την περιοχή, εισήχθησαν μέσα από το λογισμικό, με τον ίδιο τρόπο όπως το ηλιακό δυναμικό [20]. Στο **διάγραμμα 5.1.2** και στον **πίνακα 5.1.2**, παρουσιάζονται οι μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα για την περιοχή. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18.44 °C.



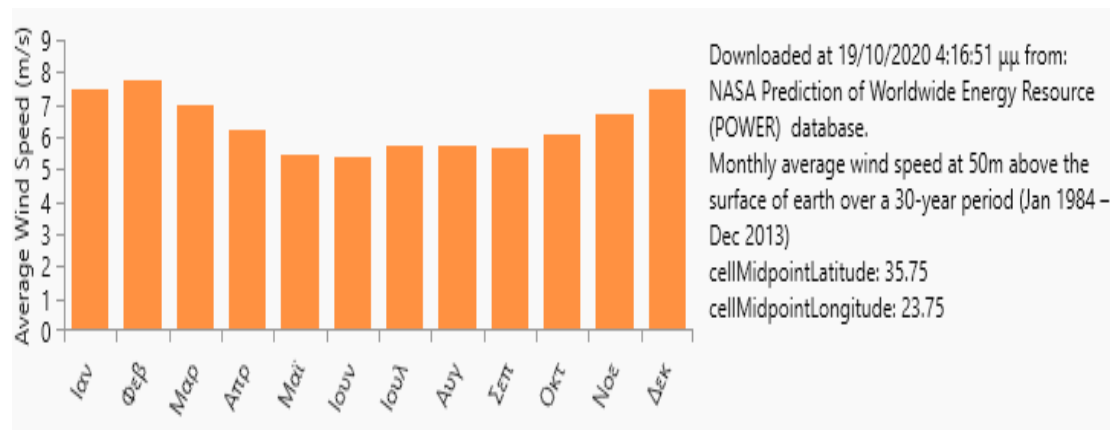
Διάγραμμα 5.1.2 Μηνιαίες μέσες τιμές της θερμοκρασίας ανά μήνα

Month	Daily Temperature °C
Ιαν	12.590
Φεβ	12.240
Μαρ	13.270
Απρ	15.510
Μαϊ	18.790
Ιουν	22.680
Ιουλ	25.190
Αυγ	25.600
Σεπ	23.590
Οκτ	20.460
Νοε	17.210
Δεκ	14.190

Πίνακας 5.1.2 Μηνιαίες μέσες τιμές της θερμοκρασίας ανά μήνα

Αιολικό Δυναμικό

Τα δεδομένα για το αιολικό δυναμικό της περιοχής, εισήχθησαν μέσα από το λογισμικό με τον ίδιο τρόπο όπως το ηλιακό δυναμικό[20]. Στο **διάγραμμα 5.1.3** και στον **πίνακα 5.1.3** ,παρουσιάζονται η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου για την περιοχή. Η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου είναι 6.38 m/s.



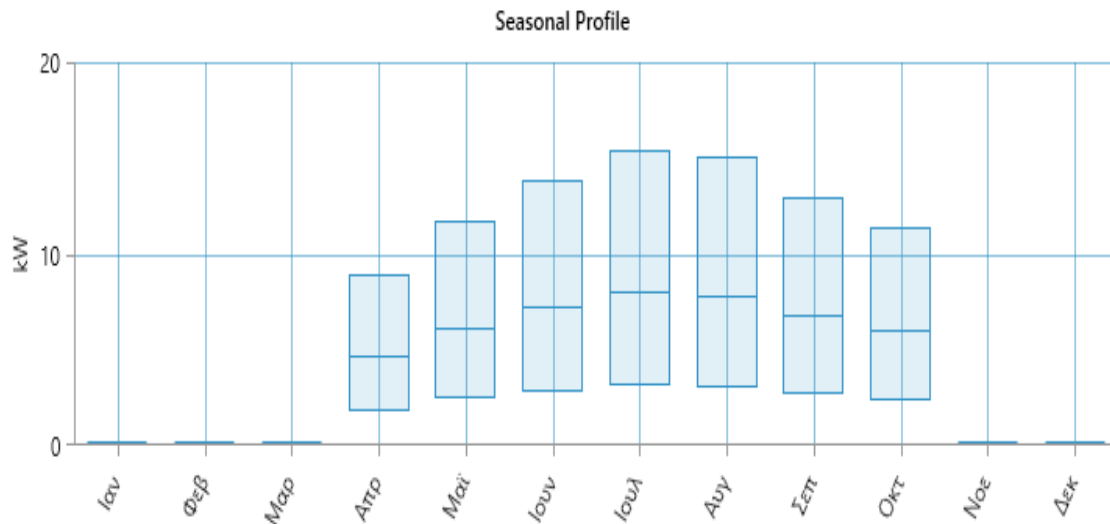
Διάγραμμα 5.1.3 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου

Month	Average m/s
Ιαν	7.500
Φεβ	7.770
Μαρ	7.000
Απρ	6.230
Μαϊ	5.410
Ιουν	5.380
Ιουλ	5.730
Αυγ	5.720
Σεπ	5.630
Οκτ	6.050
Νοε	6.700
Δεκ	7.480

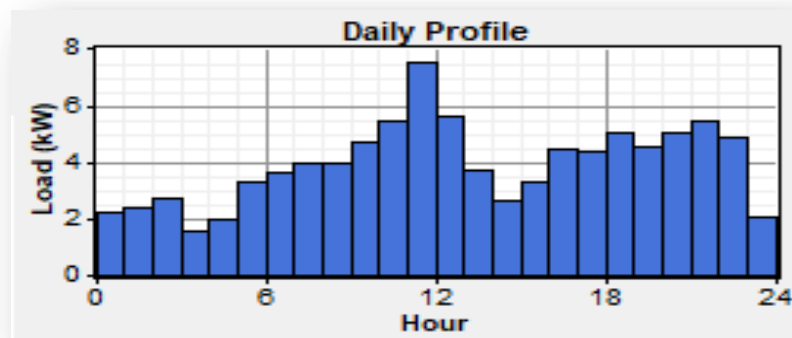
Πίνακας 5.1.3 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου

Ηλεκτρικό φορτίο

Το λογισμικό HOMER πέρα από τα κλιματικά δεδομένα, χρειάζεται και το ηλεκτρικό φορτίο για κάθε ώρα του έτους, δηλαδή 8760 τιμές για να εκτελέσει τους υπολογισμούς. Στο **διάγραμμα 5.1.4** παρουσιάζεται το εποχιακό προφίλ του φορτίου και στο **διάγραμμα 5.1.5** το καθημερινό προφίλ του φορτίου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι 34.466 kWh. Ο μήνας με την υψηλότερη κατανάλωση είναι ο Ιούλιος με ετήσια κορυφή του φορτίου τα 15,43 kW και η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας στην κατασκήνωση είναι οι 94,43 kWh.



Διάγραμμα 5.1.4 Εποχιακό προφίλ του φορτίου



Διάγραμμα 5.1.4 Καθημερινό προφίλ του φορτίου

5.2 : Στοιχεία συστήματος

Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια προσομοίωσης, είναι συνεχούς ρεύματος ονομαστικής ισχύος 275Watt 60 κυψελών ,με στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου, της εταιρίας Luxor με όνομα μοντέλου : LUXOR LX-275P. Η μέγιστη αποδοτικότητα 16.9% με 12 χρόνια εγγύηση και 25 χρόνια διάρκεια ζωής . Οι διαστάσεις του είναι 1.64m μήκος και 0.992m πλάτος με. Το αρχικό κόστος θεωρείται στα 454€ ανά kW, το κόστος αντικατάστασης στα 454€ ανά kW και το ετήσιο κόστος συντήρησης στα 10€. Το λογισμικό θεωρεί ότι το κόστος και το μέγεθος των φωτοβολταϊκών σχετίζονται γραμμικά. Αναλυτικότερα χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάνελ μέσα από το λογισμικό Homer παρουσιάζονται παρακάτω.

Properties
Name: Luxor Solar275LX-275P/156-72+
Abbreviation: Lux275
Panel Type: Flat plate
Rated Capacity (kW): 0.275
Temperature Coefficient: -0.460900
Operating Temperature (°C): 46.3
Efficiency (%): 13
Manufacturer: Luxor Solar
CEC PV Modules
Notes:
This component comes from the CEC module database, which was most recently updated in August 2017. The name plate power is: 275W. The nameplate voltage is: 43.95 V. The nameplate current is: 8.45A. The family and technology and type associated with this module is: Polycrystalline , Multi-c-Si and Flat Plate. The date which CEC attributes to this module and the date this module was last updated are: , . Notes from CEC are as follows:.

Εικόνα 5.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάνελ

Ανεμογεννήτρια

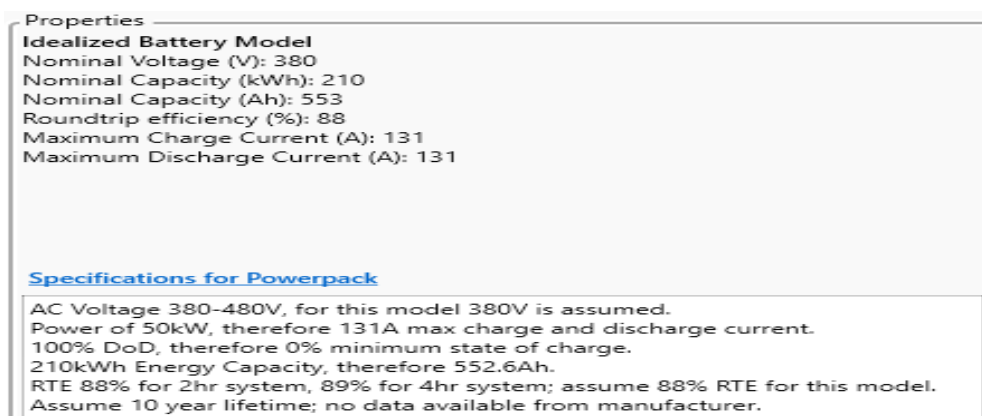
Η ανεμογεννήτρια που θα χρησιμοποιηθεί στα σενάρια προσομοίωσης, είναι η Generic 3 kW της κατασκευάστριας εταιρίας Generic. Το αρχικό κόστος είναι 5.100€, το κόστος αντικατάστασης 4.100€ και το ετήσιο κόστος συντήρησης 126 € με διάρκεια ζωής τα 20 χρόνια. Το λογισμικό θεωρεί ότι το κόστος και το μέγεθος των ανεμογεννητριών σχετίζονται γραμμικά. Αναλυτικότερα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας παρουσιάζονται παρακάτω.

Rated power	3 kW
Hub height	25m
Start-up wind speed	1 m/s
Cut-off wind speed	14 m/s
Capital cost	5.100 €
Replacement cost	4.100 €
O&M cost	126 €/year
Lifetime	20 years

Πίνακας 5.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας [21]

Μπαταρίες

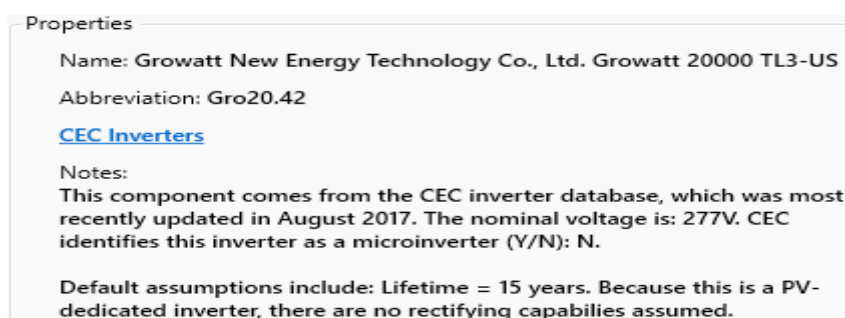
Οι μπαταρίες που θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια προσομοίωσης, είναι οι Tesla Powerpack 2 της κατασκευάστριας εταιρίας Tesla. Η ενεργειακή χωρητικότητά της είναι 210 kWh με μέγιστη ισχύ τα 50 kW και συνολική τάση 380 V. Το αρχικό κόστος καθώς και το κόστος αντικατάστασης είναι 70.000€ με διάρκεια ζωής τα 10 χρόνια. Το λογισμικό θεωρεί ότι το κόστος και το μέγεθος των μπαταριών σχετίζονται γραμμικά. Αναλυτικότερα χαρακτηριστικά των μπαταριών μέσα από το λογισμικό Homer παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 5.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά μπαταριών

Μετατροπείας

Οι μετατροπείς που θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια προσομοίωσης, είναι ο Growatt New Energy Technology Co., Ltd. Growatt 20000 TL3-US, 20 kW και ο Growatt New Energy Technology Co., Ltd. Growatt 18000 TL3-US, 18 kW της κατασκευάστριας εταιρίας Growatt. Το αρχικό κόστος καθώς και το κόστος αντικατάστασης για τον πρώτο, είναι 3200€ με διάρκεια ζωής τα 15 χρόνια. Για το δεύτερο μετατροπέα, το αρχικό κόστος καθώς και το κόστος αντικατάστασης για τον πρώτο, είναι 3000€ με διάρκεια ζωής τα 15 χρόνια. Το λογισμικό θεωρεί ότι το κόστος και το μέγεθος των μετατροπέων σχετίζονται γραμμικά. Αναλυτικότερα χαρακτηριστικά του μετατροπέα μέσα από το λογισμικό Homer παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 5.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά μετατροπέα

Συνδεδεμένο δίκτυο

Το σύστημα θα ανταλλάσσει ηλεκτρική ενέργεια με το δίκτυο, με τη μορφή του ενεργειακού συμψηφισμού. Για το λόγο αυτό επιλέγεται στο λογισμικό Homer το net metering και θεωρείται ότι το δίκτυο μπορεί να προσφέρει και να πάρει απεριόριστη ηλεκτρική ενέργεια, λειτουργώντας όλο το χρόνο. Στο τέλος κάθε χρόνου γίνεται ενεργειακός συμψηφισμός. Όταν η συνολική ενέργεια που προσφέρεται από το ενεργειακό σύστημα στο δίκτυο, είναι μεγαλύτερη από τη συνολική ενέργεια που προσφέρεται από το δίκτυο στο ενεργειακό σύστημα, τότε η ενέργεια προσφέρεται χωρίς οικονομικό όφελος. Στην αντίθετη περίπτωση οι κλοβατώρες πληρώνονται στην τιμή των 0.10766 €/kWh. Επιπλέον, όταν το ενεργειακό σύστημα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο, το λογισμικό υπολογίζει τις ετήσιες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το δίκτυο και καταναλώνεται στο σύστημα έχει προέλθει από τη λειτουργία συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το λογισμικό δέχεται σαν δεδομένα εισόδου τις συντεταγμένες της υπό μελέτη περιοχής και εισάγει αυτόματα τις ποσότητες των ρύπων ανά kWh, οι οποίες αναφέρονται στην εκάστοτε χώρα.

Οι ποσότητες στην περίπτωση της Ελλάδας είναι οι ακόλουθες.

Emissions		
Emissions		
Carbon Dioxide (g/kWh):	632,00	{..}
Carbon Monoxide (g/kWh):	0,00	{..}
Unburned Hydrocarbons (g/kWh):	0,00	{..}
Particulate Matter (g/kWh):	0,00	{..}
Sulfur Dioxide (g/kWh):	2,74	{..}
Nitrogen Oxides (g/kWh):	1,34	{..}

Εικόνα 5.2.5 Στοιχεία για τις εκπομπές ρύπων

5.3 : Ανάλυση σεναρίων αποκεντρωμένων υβριδικών ενεργειακών συστημάτων

Στο υποκεφάλαιο αυτό, αναλύονται τέσσερα διαφορετικά σενάρια.

Το **1^ο σενάριο** περιλαμβάνει, φωτοβολταϊκά, μετατροπέα και σύνδεση στο δίκτυο.

Το **2^ο σενάριο** περιλαμβάνει, φωτοβολταϊκά, μετατροπέα, μπαταρίες και σύνδεση στο δίκτυο.

Το **3^ο σενάριο** περιλαμβάνει, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μετατροπέα και σύνδεση στο δίκτυο.

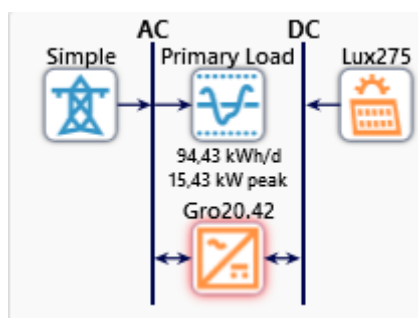
Το **4^ο σενάριο** περιλαμβάνει, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μετατροπέα, μπαταρίες και σύνδεση στο δίκτυο.

Όταν το λογισμικό εξάγει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, δίνεται βάση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στον ενεργειακό συμψηφισμό, στο αρχικό κεφάλαιο, στο καθαρό παρόν κόστος, στο κόστος ανά κιλοβατώρα, στο ποσοστό παραγωγής ενέργειας από τις ΑΠΕ, και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Στο τέλος του υποκεφαλαίου, παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων για καθ' ένα από τα σενάρια.

5.3.1 : Σενάριο 1 – Φωτοβολταϊκά, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο



Η λειτουργία του συστήματος έχει ως εξής: Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά καλύπτει την ζήτηση, το πλεόνασμα διοχετεύεται στο δίκτυο. Ενώ όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά δεν καλύπτει τη ζήτηση, τότε εισέρχεται το δίκτυο για την ευστάθεια του συστήματος.

Στο **σχήμα 5.3.1.1** παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος.



Σχήμα 5.3.1.1 Στοιχεία συστήματος

Στη συνέχεια εισάγονται τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα στοιχεία του συστήματος. Τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα φωτοβολταϊκά ξεκινάνε από τα 0 kW έως τα 200 kW. Τα μεγέθη για τον μετατροπέα ξεκινάνε από τα 0 kW μέχρι τα 200 kW. Αφού εισαχθούν τα παραπάνω δεδομένα, το λογισμικό ξεκινάει τη διαδικασία της προσομοίωσης, κάνοντας υπολογισμούς για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Δημιουργεί όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης, παραθέτει έναν κατάλογο με όλα τα αποδεκτά συστήματα και ταξινομημένα σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος.

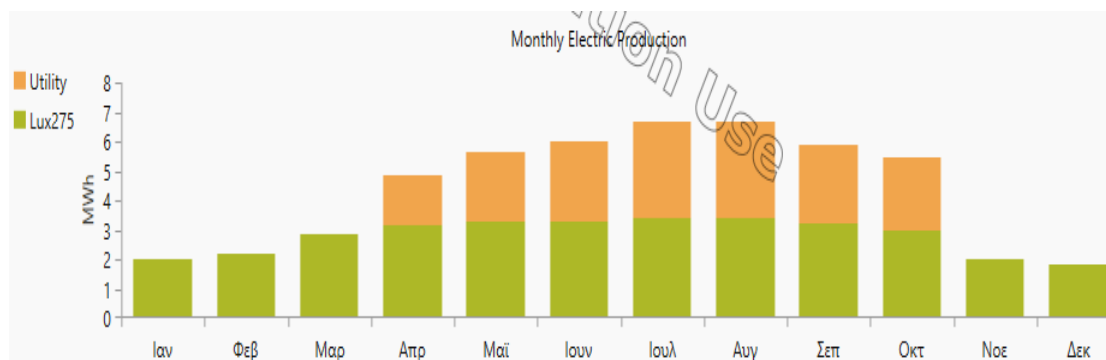
Architecture						Cost			
			Lux275 (kW)	Simple	Gro20.42 (kW)	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)
			20,0	1	20,4	18.937 €	0,0288 €	514,97 €	12.280 €

Σχήμα 5.3.1.2 Χαρακτηριστικά βέλτιστου συστήματος

Το βέλτιστο σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά 20 kW και 1 μετατροπέα 20 kW.

Ηλεκτρικά αποτελέσματα

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 5.3.1.3**, παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και με πορτοκαλί χρώμα η προσφορά του δικτύου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά ενώ το μικρότερο ποσοστό προέρχεται από τη συνεισφορά του δικτύου τους μήνες που λειτουργεί η κατασκήνωση.



Σχήμα 5.3.1.3 Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι κιλοβατώρες που παρήχθησαν από τα φωτοβολταϊκά και από το δίκτυο. Συγκεκριμένα, 33.505 kWh/yr παράγονται από τα φωτοβολταϊκά, δηλαδή το 64.3% του συνόλου των 52.078 kWh και 18.573 kWh, δηλαδή το 35.7%, παράγονται από το δίκτυο για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών της κατασκήνωσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συνολική ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ είναι 33.505 kWh/yr.

Production	kWh/yr	%
Luxor LX-275P	33.505	64,3
Grid Purchases	18.573	35,7
Total	52.078	100

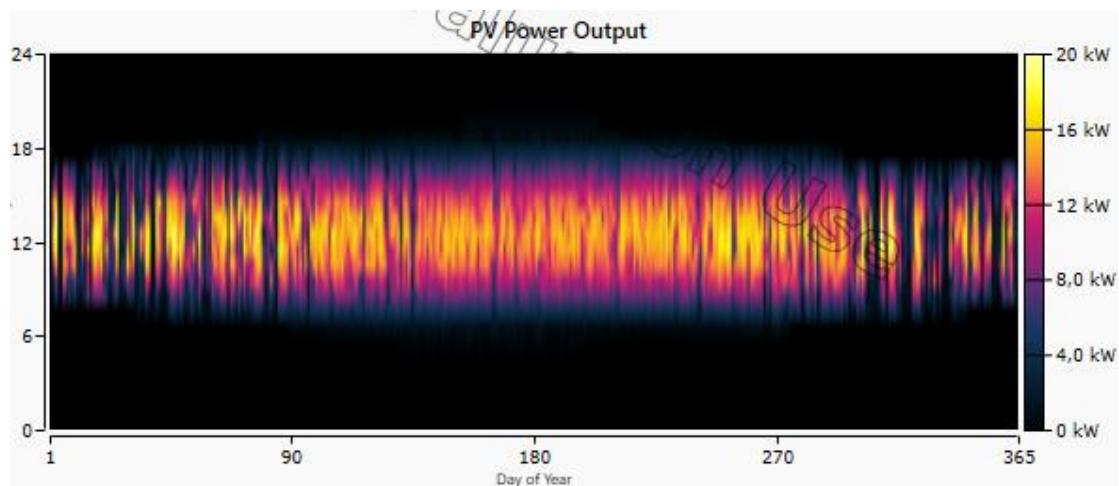
Σχήμα 5.3.1.4 Ποσοστό συνεισφοράς στην παραγωγή ενέργειας

Το λογισμικό Homer παρουσιάζει πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα για τα στοιχεία του συστήματος. Στο **σχήμα 5.3.1.5** φαίνεται η μέση ισχύς στην έξοδο των φωτοβολταϊκών, η μέση ενέργεια που παράγουν σε μία ημέρα και η μέση ισχύς εξόδου διαιρεμένη με την ονομαστική ισχύς.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	20,0	kW
Mean Output	3,82	kW
Mean Output	91,8	kWh/d
Capacity Factor	19,1	%
Total Production	33.505	kWh/yr

Σχήμα 5.3.1.5 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών

Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.1.6** παρουσιάζονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 5.3.1.6 Στοιχεία παραγωγής φωτοβολταϊκών ισχύος 20 kW

Το **σχήμα 5.3.1.7** παρουσιάζει στοιχεία σε σχέση με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, από και προς το δίκτυο. Παρατηρείται, ότι παροχή ενέργειας από το δίκτυο, είναι μεγαλύτερη από την παροχή ενέργειας προς το δίκτυο κατά 2.134 kWh. Επομένως το ενεργειακό σύστημα καλύπτει σχεδόν όλες τις ενεργειακές ανάγκες. Το HOMER στον ποσοστιαίο υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, δεν υπολογίζει την πραγματική συνεισφορά του δικτύου έπειτα από την ενεργειακό συμψηφισμό. Για το λόγο αυτό, το πραγματικό ποσοστό των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$[33.505/(33.505+2.134)] \times 100 = 94,01\%$$

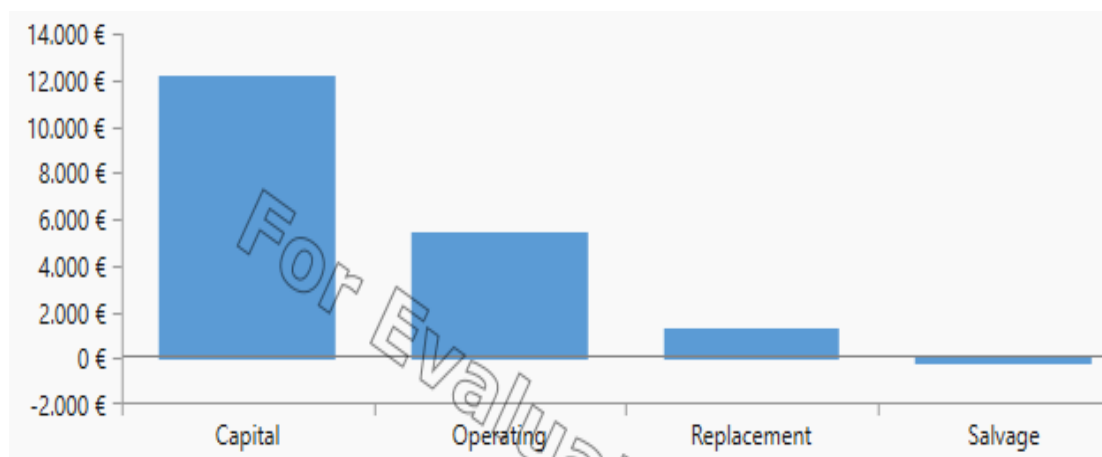
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energy Charge (€)
January	0	1,932	-1,932	0	-208,01 €
February	0	2,097	-2,097	0	-225,81 €
March	0	2,759	-2,759	0	-297,03 €
April	1,705	1,371	333	9	35,61 €
May	2,380	946	1,433	12	154,24 €
June	2,778	672	2,106	14	226,63 €
July	3,304	552	2,752	15	296,18 €
August	3,237	628	2,609	15	280,93 €
September	2,658	886	1,773	13	190,94 €
October	2,511	897	1,614	11	174,14 €
November	0	1,944	-1,944	0	-209,28 €
December	0	1,754	-1,754	0	-188,82 €
Annual	18,573	16,439	2,134	15	229,72 €

Σχήμα 5.3.1.7 Στοιχεία ενεργειακού συμψηφισμού

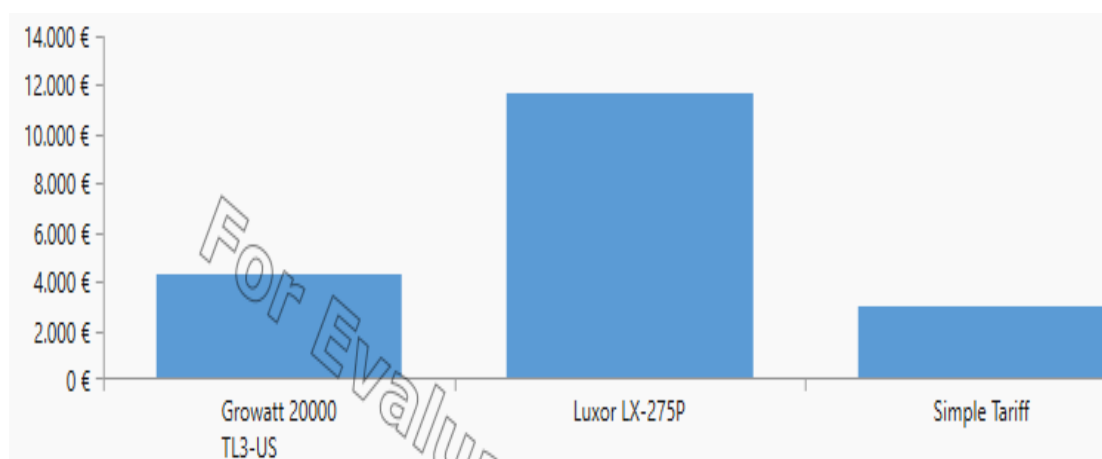
Οικονομικά αποτελέσματα

Εκτός από τα ηλεκτρικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται τα οικονομικά, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά, καθώς σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος κατατάσσονται οι δυνατοί συνδυασμοί. Στην περίπτωση αυτή, το καθαρό παρόν κόστος είναι ίσο με 18.937 € σε διάρκεια ζωής 25 χρόνων. Το συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος είναι 514,97 € και το κόστος ανά κιλοβατώρα διαμορφώνεται στα 0,02878 €/kWh.

Στο **σχήμα 5.3.1.8** παρουσιάζεται το αρχικό κεφάλαιο το οποίο είναι 12.280 €, το λειτουργικό κόστος το οποίο είναι 5.555 €, το κόστος αντικατάστασης 1.357 € και η υπολειμματική αξία 255 €, η οποία είναι η αξία του συστήματος μετά το πέρας των 25 χρόνων. Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.1.9** φαίνεται το κόστος με βάση το εξάρτημα του συστήματος. Τέλος στο **σχήμα 5.3.1.10** φαίνονται οι υπολογισμοί των οικονομικών αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.3.1.8 Κόστος με βάση το είδος

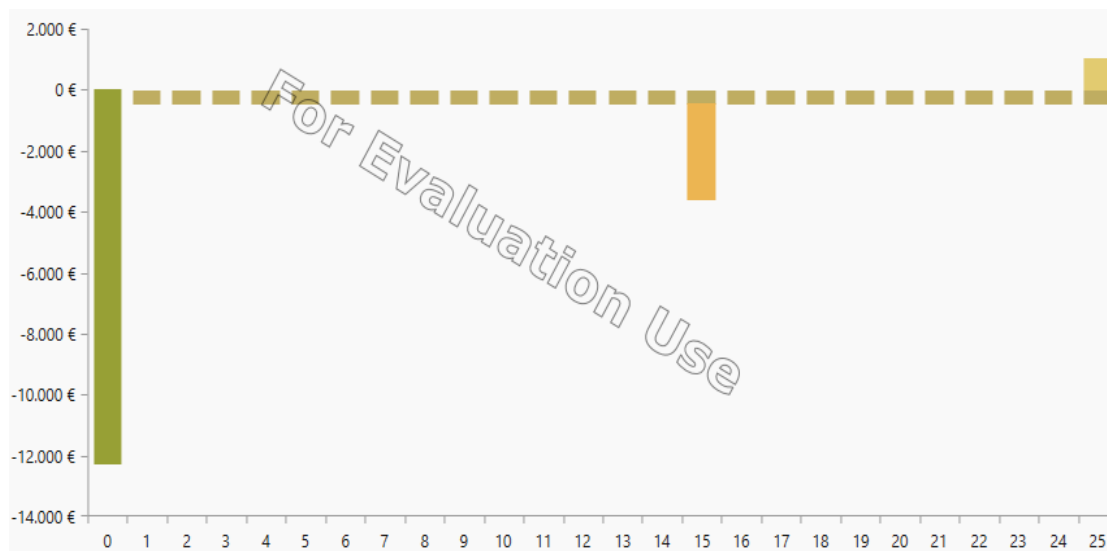


Σχήμα 5.3.1.9 Κόστος με βάση το εξάρτημα

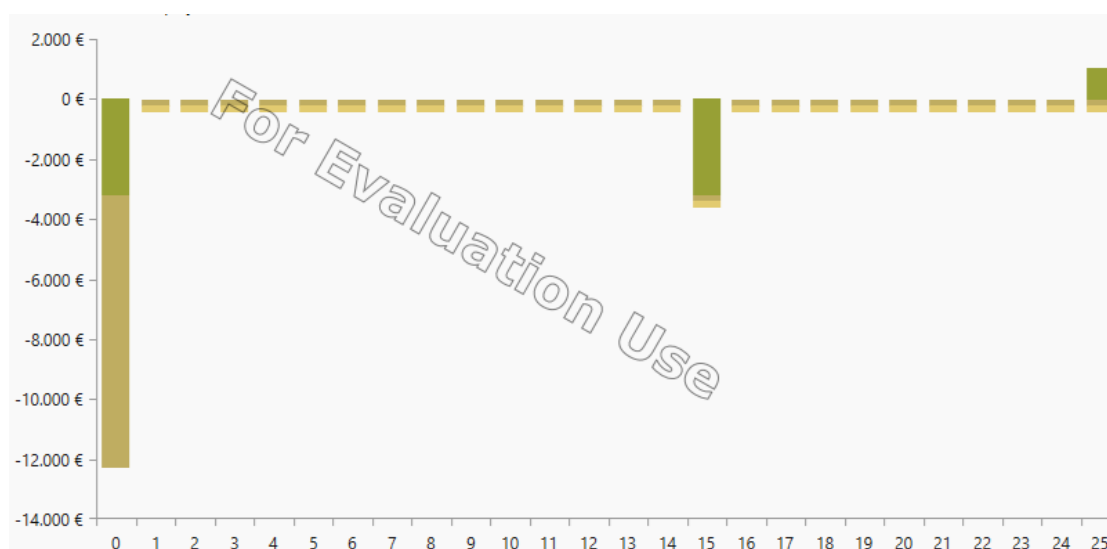
Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Growatt 20000 TL3-US	3.200,00 €	1.357,68 €	0,00 €	0,00 €	-255,53 €	4.302,15 €
Luxor LX-275P	9.080,00 €	0,00 €	2.585,50 €	0,00 €	0,00 €	11.665,50 €
Simple Tariff	0,00 €	0,00 €	2.969,68 €	0,00 €	0,00 €	2.969,68 €
System	12.280,00 €	1.357,68 €	5.555,19 €	0,00 €	-255,53 €	18.937,33 €

Σχήμα 5.3.1.10 Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικών αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ταμειακές ροές κατά τη διάρκεια των 25 χρόνων. Στο **σχήμα 5.3.1.11** φαίνονται οι ταμειακές ροές βάση του είδους του κόστους και στο **σχήμα 5.3.1.12** φαίνονται οι ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα του συστήματος.



Σχήμα 5.3.1.11 Ταμειακές ροές με βάση το είδος του κόστους



Σχήμα 5.3.1.12 Ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα

Περιβαλλοντικά αποτελέσματα

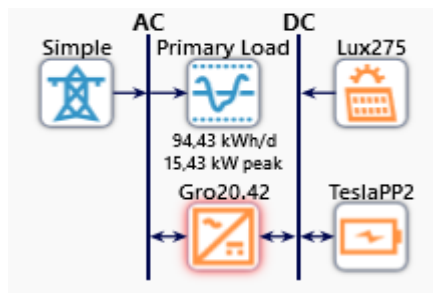
Οι ετήσιοι παραγόμενοι ρύποι παρουσιάζονται παρακάτω και προέρχονται από τους ρύπους που παράγει το δίκτυο, καθώς δεν υπάρχουν συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα.

Η καθαρή προσφορά του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 2.134 kWh/ year. Στην Ελλάδα, μία κιλοβατώρα από το δίκτυο αντιστοιχεί σε 0,632 kg/kWh CO₂. Επομένως, έχουμε $2.134 \text{ kWh/ year} \times 0,632 \text{ kg/kWh} = \underline{1.348 \text{ kg/year CO}_2}$.

5.3.2 : Σενάριο 2 – Φωτοβολταϊκά, μετατροπέας, μπαταρίες, σύνδεση στο δίκτυο

Η λειτουργία του συστήματος έχει ως εξής: Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά καλύπτει τη ζήτηση, το πλεόνασμα διοχετεύεται στις μπαταρίες, αν έχουν περιθώριο φόρτισης, αλλιώς διοχετεύεται στο δίκτυο. Ενώ, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά δεν καλύπτει τη ζήτηση, τότε αντλείται ενέργεια από τις μπαταρίες. Αν η ενέργεια δεν καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά και από τις μπαταρίες, τότε εισέρχεται το δίκτυο για την ευστάθεια του συστήματος.

Στο **σχήμα 5.3.2.1** παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος.



Σχήμα 5.3.2.1 Στοιχεία συστήματος

Στη συνέχεια εισάγονται τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα στοιχεία του συστήματος. Τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα φωτοβολταϊκά ξεκινάνε από τα 0 kW έως τα 200 kW. Τα μεγέθη για τον μετατροπέα ξεκινάνε από τα 0 kW μέχρι τα 200 kW και το πλήθος των μπαταριών από 1 έως 4. Τις περισσότερες φορές όταν υπάρχουν φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες, τοποθετείται ξεχωριστός μετατροπέας για τα φωτοβολταϊκά και ξεχωριστός για τις ανεμογεννήτριες. Το Homer δεν προσφέρει τη δυνατότητα αυτή, επομένως θεωρείται ότι ο μετατροπέας που επιλέγεται, ικανοποιεί τις ανάγκες όλων. Αφού εισαχθούν τα παραπάνω δεδομένα, το λογισμικό ξεκινάει τη διαδικασία της προσομοίωσης, κάνοντας υπολογισμούς για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Δημιουργεί όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης, παραθέτει έναν κατάλογο με όλα τα αποδεκτά συστήματα και ταξινομημένα σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος.

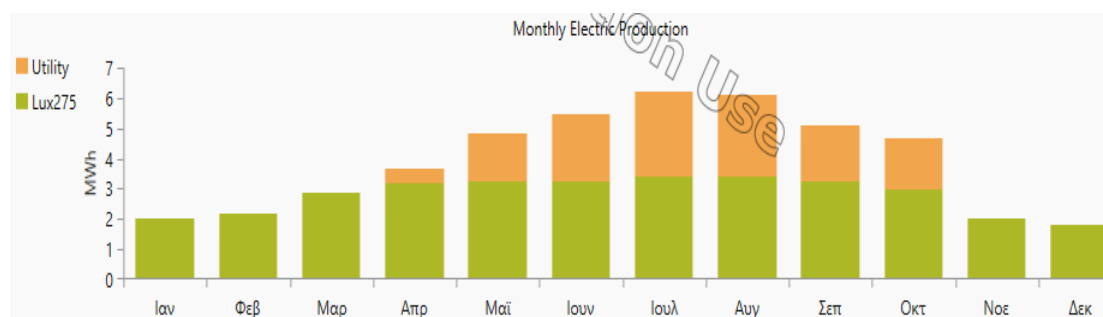
Architecture							Cost				
				Lux275 (kW)	TeslaPP2	Simple	Gro20.42 (kW)	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)
				20,0	1	1	20,4	143.391 €	0,247 €	4.727 €	82.280 €

Σχήμα 5.3.2.2 Χαρακτηριστικά βέλτιστου συστήματος

Το βέλτιστο σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά 20 kW, 1 μπαταρία και 1 μετατροπέα 20 kW.

Ηλεκτρικά αποτελέσματα

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 5.3.2.3**, παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και με πορτοκαλί χρώμα η προσφορά του δικτύου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά ενώ το μικρότερο ποσοστό προέρχεται από τη συνεισφορά του δικτύου τους μήνες που λειτουργεί η κατασκήνωση.



Σχήμα 5.3.2.3 Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι κιλοβατώρες που παρήχθησαν από τα φωτοβολταϊκά και από το δίκτυο. Συγκεκριμένα, 33.505 kWh/yr παράγονται από τα φωτοβολταϊκά, δηλαδή το 71,5 % του συνόλου των 46.849 kWh και 13.344 kWh, δηλαδή το 28,5 %, παράγονται από το δίκτυο για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών της κατασκήνωσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συνολική ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ είναι 33.505 kWh/yr.

Production	kWh/yr	%
Luxor LX-275P	33.505	71,5
Grid Purchases	13.344	28,5
Total	46.849	100

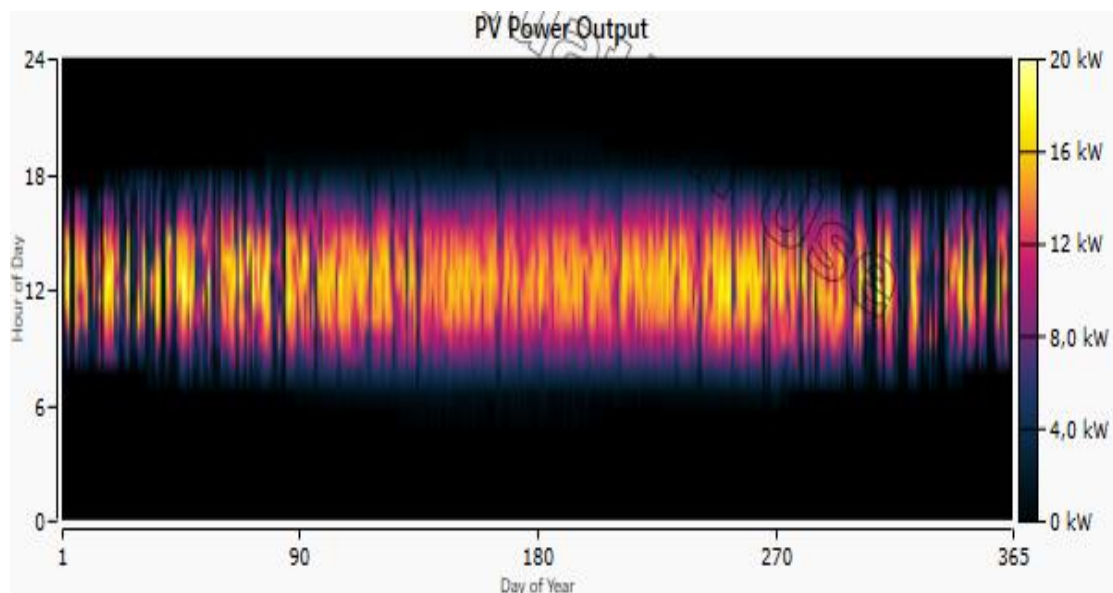
Σχήμα 5.3.2.4 Ποσοστό συνεισφοράς στην παραγωγή ενέργειας

Το λογισμικό Homer παρουσιάζει πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα για τα στοιχεία του συστήματος. Στο **σχήμα 5.3.2.5** φαίνεται η μέση ισχύς στην έξοδο των φωτοβολταϊκών, η μέση ενέργεια που παράγουν σε μία ημέρα και η μέση ισχύς εξόδου διαιρεμένη με την ονομαστική ισχύς.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	20,0	kW
Mean Output	3,82	kW
Mean Output	91,8	kWh/d
Capacity Factor	19,1	%
Total Production	33.505	kWh/yr

Σχήμα 5.3.2.5 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών

Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.2.6** παρουσιάζονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 5.3.2.6 Στοιχεία παραγωγής φωτοβολταϊκών ισχύος 20 kW

Επόμενο κομμάτι του υβριδικού συστήματος για το οποίο το λογισμικό Homer δίνει πληροφορίες για τη λειτουργία του, είναι οι μπαταρίες. Στα δύο επόμενα σχήματα παρουσιάζονται διάφορα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών, όπως η ονομαστική χωρητικότητα, η χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα, η αυτονομία και οι απώλειες.

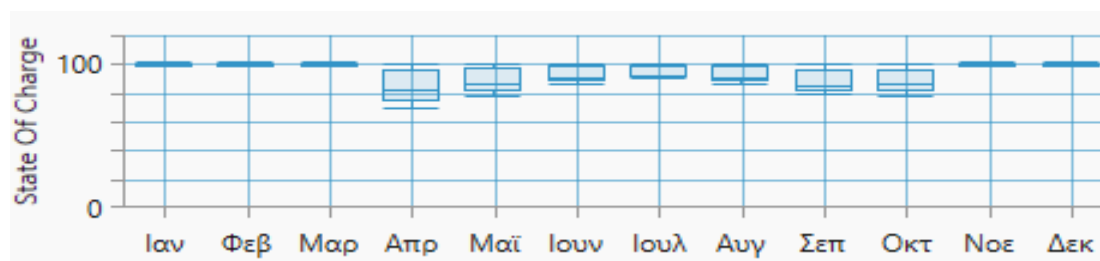
Quantity	Value	Units
Autonomy	53,4	hr
Storage Wear Cost	0	€/kWh
Nominal Capacity	210	kWh
Usable Nominal Capacity	210	kWh
Lifetime Throughput	58.080	kWh
Expected Life	10,0	yr

Σχήμα 5.3.2.7 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών

Quantity	Value	Units
Energy In	6.191	kWh/yr
Energy Out	5.448	kWh/yr
Storage Depletion	9,99E+020	kWh/yr
Losses	9,99E+020	kWh/yr
Annual Throughput	5.808	kWh/yr

Σχήμα 5.3.2.8 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει το ποσοστό φόρτισης που βρίσκονται οι μπαταρίες κάθε μήνα. Τους μήνες που η κατασκήνωση δεν λειτουργεί, οι μπαταρίες όπως είναι λογικό είναι πλήρως φορτισμένες, ενώ το καλοκαίρι η φόρτισή τους παρουσιάζει τη μικρή μείωση. Τον μήνα Απρίλιο οι μπαταρίες βρίσκονται στην χαμηλότερή τους φόρτιση, καθώς τότε ξεκινάει να λειτουργεί η κατασκήνωση, επομένως υπάρχουν ανάγκες για ηλεκτρισμό.



Σχήμα 5.3.2.9 Κατάσταση φόρτισης μπαταριών

Το **σχήμα 5.3.2.10** παρουσιάζει στοιχεία σε σχέση με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς στο δίκτυο. Παρατηρείται ότι παροχή ενέργειας από το δίκτυο, είναι μεγαλύτερη από την παροχή ενέργειας προς το δίκτυο κατά 2.851 kWh. Επομένως, το ενεργειακό σύστημα καλύπτει σχεδόν όλες τις ενεργειακές ανάγκες. Το HOMER στον ποσοστιαίο υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, δεν υπολογίζει την πραγματική συνεισφορά του δικτύου έπειτα από τον ενεργειακό συμψηφισμό. Για το λόγο αυτό, το πραγματικό ποσοστό των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$[33.505/(33.505+2.851)] * 100 = 92,15 \%$$

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Demand Limit (kW)	Energy Charge (€)
January	0	1,932	-1,932	0	0	-208,01 €
February	0	2,097	-2,097	0	0	-225,81 €
March	0	2,759	-2,759	0	0	-297,03 €
April	490	3	487	9	4	52,42 €
May	1,558	0	1,558	12	9	167,72 €
June	2,186	0	2,186	14	10	235,32 €
July	2,817	0	2,817	15	11	303,32 €
August	2,685	0	2,685	15	11	289,04 €
September	1,880	0	1,880	13	10	202,38 €
October	1,729	4	1,725	11	9	185,67 €
November	0	1,944	-1,944	0	0	-209,28 €
December	0	1,754	-1,754	0	0	-188,82 €
Annual	13,344	10,493	2,851	15		306,91 €

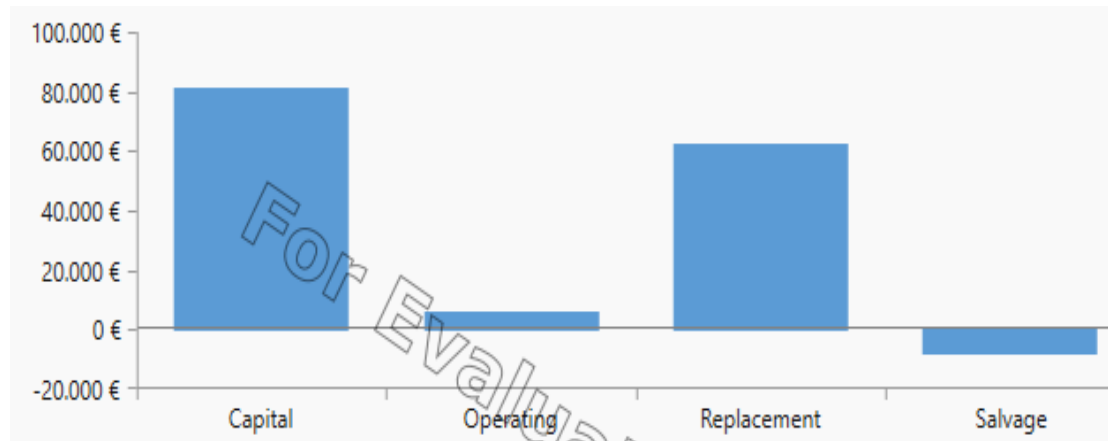
Σχήμα 5.3.2.10 Στοιχεία ενεργειακού συμψηφισμού

Οικονομικά αποτελέσματα

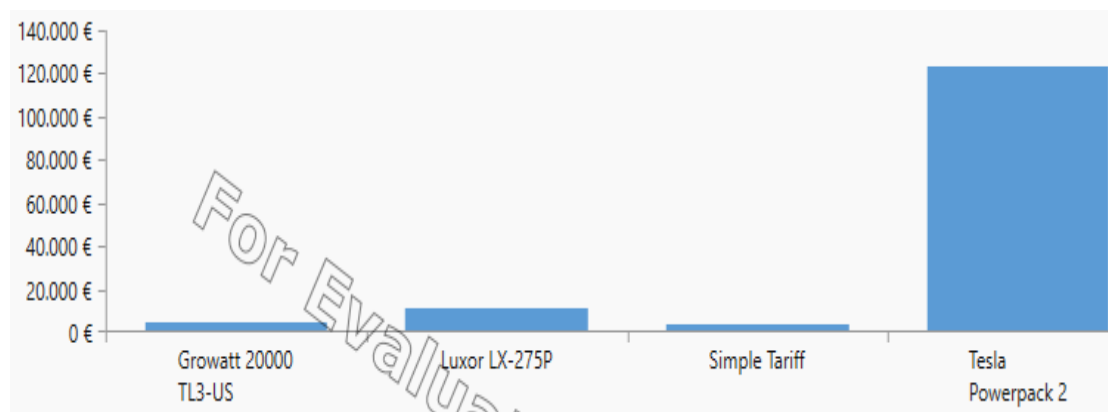
Εκτός από τα ηλεκτρικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται τα οικονομικά, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά, καθώς σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος κατατάσσονται οι δυνατοί συνδυασμοί. Στην περίπτωση αυτή, το καθαρό παρόν κόστος είναι ίσο με 143.391 € σε διάρκεια ζωής 25 χρόνων. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος, είναι 4.727 € και το κόστος ανά κιλοβατώρα διαμορφώνεται στα 0,2467 €/kWh.

Στο **σχήμα 5.3.2.11** παρουσιάζεται το αρχικό κεφάλαιο το οποίο είναι 82.280 €, το λειτουργικό κόστος το οποίο είναι 6.553 €, το κόστος αντικατάστασης 63.198 € και η τιμή διάσωσης 8.640€ η οποία είναι η αξία του συστήματος μετά το πέρας των 25 χρόνων. Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.2.12** φαίνεται το κόστος με βάση το εξάρτημα του συστήματος. Παρατηρείται ότι η μπαταρία αυξάνει κατά πολύ το αρχικό κεφάλαιο και το κόστος

αντικατάστασης, ανεβάζοντας σε οχταπλάσια τιμή σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, την τιμή της κιλοβατώρας. Τέλος στο **σχήμα 5.3.2.13** φαίνονται οι υπολογισμοί των οικονομικών αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.3.2.11 Κόστος με βάση το είδος

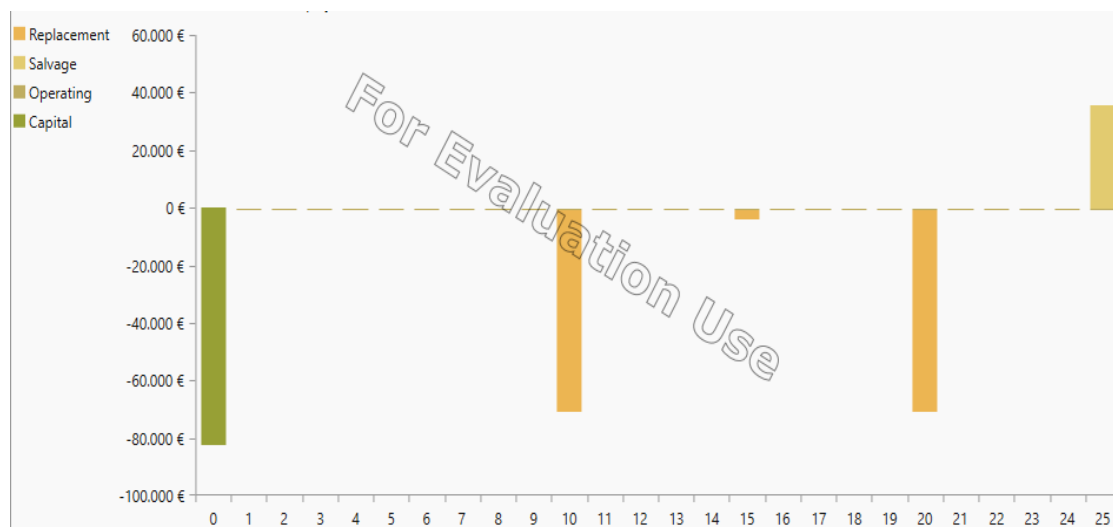


Σχήμα 5.3.2.12 Κόστος με βάση το εξάρτημα

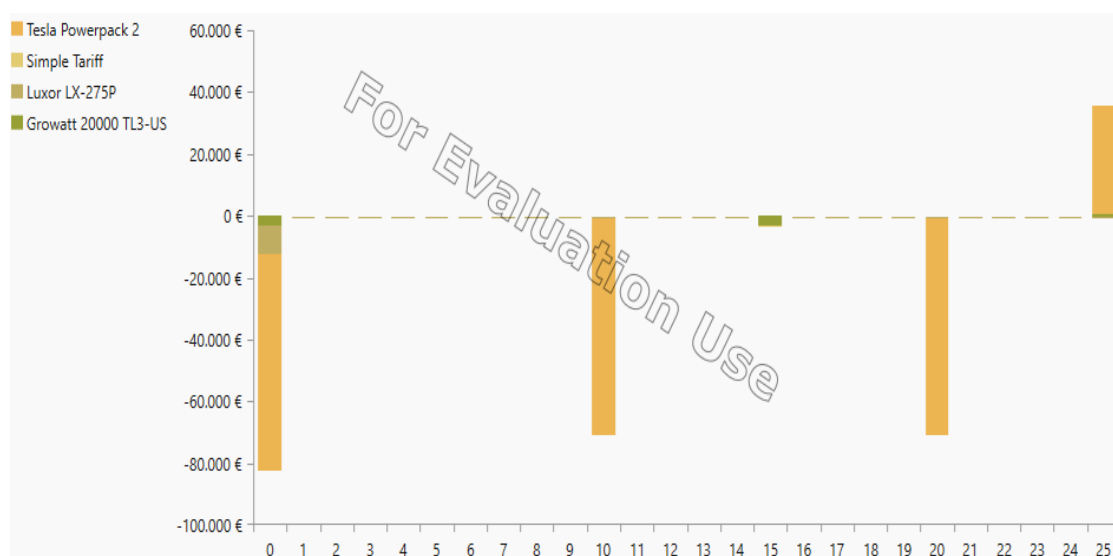
Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Growatt 20000 TL3-US	3.200,00 €	1.357,68 €	0,00 €	0,00 €	-255,53 €	4.302,15 €
Luxor LX-275P	9.080,00 €	0,00 €	2.585,50 €	0,00 €	0,00 €	11.665,50 €
Simple Tariff	0,00 €	0,00 €	3.967,53 €	0,00 €	0,00 €	3.967,53 €
Tesla Powerpack 2	70.000,00 €	61.840,63 €	0,00 €	0,00 €	-8.384,52 €	123.456,11 €
System	82.280,00 €	63.198,31 €	6.553,03 €	0,00 €	-8.640,05 €	143.391,29 €

Σχήμα 5.3.2.13 Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικών αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ταμειακές ροές κατά τη διάρκεια των 25 χρόνων. Στο **σχήμα 5.3.2.14** φαίνονται οι ταμειακές ροές βάση του είδους του κόστους και στο **σχήμα 5.3.2.15** φαίνονται οι ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα του συστήματος.



Σχήμα 5.3.2.14 Ταμειακές ροές με βάση το είδος του κόστους



Σχήμα 5.3.2.15 Ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα

Περιβαλλοντικά αποτελέσματα

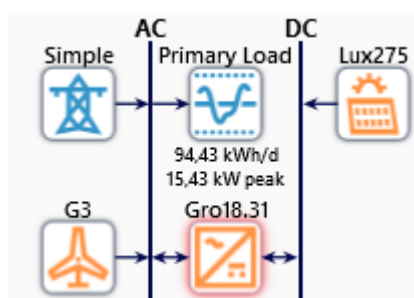
Οι ετήσιοι παραγόμενοι ρύποι παρουσιάζονται παρακάτω και προέρχονται από τους ρύπους που παράγει το δίκτυο, καθώς δεν υπάρχουν συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα.

Η καθαρή προσφορά του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 2.851 kWh/ year. Στην Ελλάδα 1 κιλοβατώρα από το δίκτυο αντιστοιχεί σε 0,632 kg/kWh CO₂. Επομένως έχουμε $2.851 \text{ kWh/ year} * 0,632 \text{ kg/kWh} = \underline{1.801 \text{ kg/year CO}_2}$.

5.3.3 : Σενάριο 3 – Φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο


















Η λειτουργία του συστήματος έχει ως εξής: Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και τις ανεμογεννήτριες καλύπτει την ζήτηση, το πλεόνασμα διοχετεύεται στο δίκτυο. Ενώ όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν καλύπτει τη ζήτηση, τότε εισέρχεται το δίκτυο για την ευστάθεια του συστήματος.

Στο **σχήμα 5.3.3.1** παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος.



Σχήμα 5.3.3.1 Στοιχεία συστήματος

Στη συνέχεια εισάγονται τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα στοιχεία του συστήματος. Τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα φωτοβολταϊκά ξεκινάνε από τα 0 kW έως τα 200 kW και για τον μετατροπέα ξεκινάνε από τα 0 kW μέχρι τα 200 kW. Το πλήθος των ανεμογεννητριών ξεκινάει από 1 έως 5. Τις περισσότερες φορές όταν υπάρχουν φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες, τοποθετείται ξεχωριστός μετατροπέας για τα φωτοβολταϊκά και ξεχωριστός για τις ανεμογεννήτριες. Το Homer δεν προσφέρει τη δυνατότητα αυτή, επομένως θεωρείται ότι ο μετατροπέας που επιλέγεται, ικανοποιεί τις ανάγκες όλων. Αφού εισαχθούν τα παραπάνω δεδομένα, το λογισμικό ξεκινάει τη διαδικασία της προσομοίωσης, κάνοντας υπολογισμούς για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Δημιουργεί όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης, παραθέτει έναν κατάλογο με όλα τα αποδεκτά συστήματα και ταξινομημένα σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος.

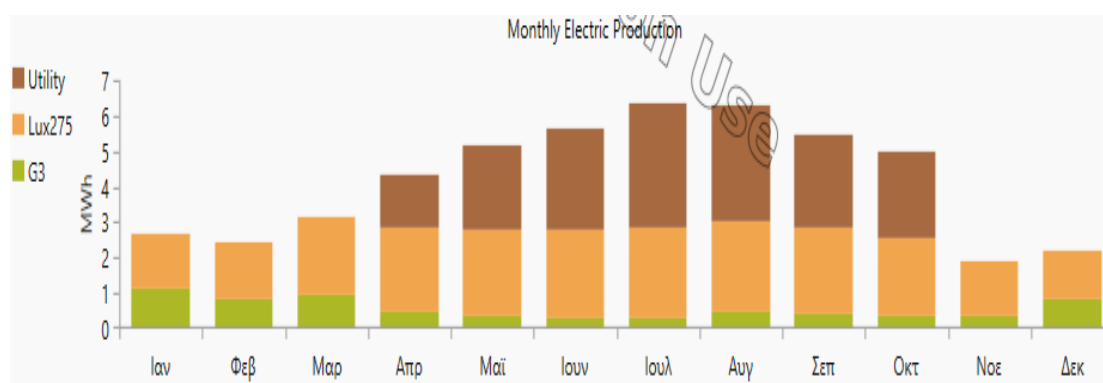
Architecture							Cost				
				Lux275 (kW) 	G3 	Simple 	Gro18.31 (kW) 	NPC (€) 	COE (€) 	Operating cost (€/yr) 	Initial capital (€) 
				15,0	1	1	18,3	24,845 € 	0,0388 €	768,54 €	14,910 €

Σχήμα 5.3.3.2 Χαρακτηριστικά βέλτιστου συστήματος

Το βέλτιστο σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά 15 kW, 1 ανεμογεννήτρια 3 kW και 1 μετατροπέα 18 kW.

Ηλεκτρικά αποτελέσματα

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 5.3.3.3**, παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, με πορτοκαλί από τα φωτοβολταϊκά και με καφέ χρώμα η προσφορά του δικτύου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά ενώ το μικρότερο ποσοστό προέρχεται από την ανεμογεννήτρια.



Σχήμα 5.3.3.3 Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι κιλοβατώρες που παρήχθησαν από τα φωτοβολταϊκά, από την ανεμογεννήτρια και από το δίκτυο. Συγκεκριμένα, 25.129 kWh/yr παράγονται από τα φωτοβολταϊκά, δηλαδή το 49,7 % του συνόλου των 50.534 kWh/ yr, 6.920 kWh/yr παράγονται από την ανεμογεννήτρια, δηλαδή το 13,7 % και 18.484 kWh/yr, δηλαδή το 36,6 %, παράγονται από το δίκτυο για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών της κατασκήνωσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συνολική ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ είναι 32.049 kWh/yr.

Production	kWh/yr	%
Luxor LX-275P	25.129	49,7
Generic 3 kW	6.920	13,7
Grid Purchases	18.485	36,6
Total	50.534	100

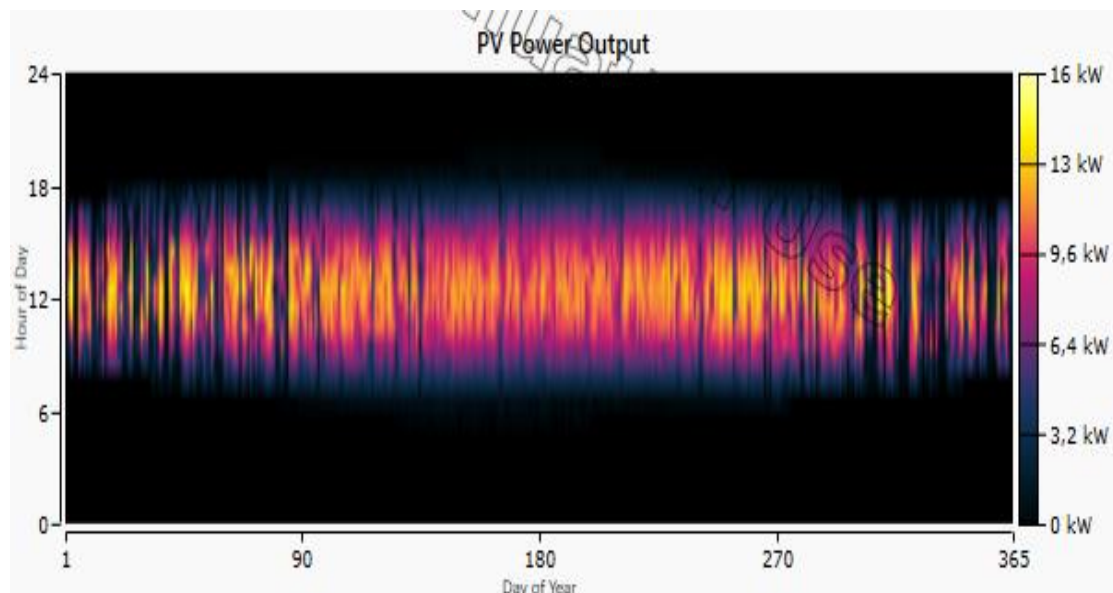
Σχήμα 5.3.3.4 Ποσοστό συνεισφοράς στην παραγωγή ενέργειας

Το λογισμικό Homer παρουσιάζει πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα για τα στοιχεία του συστήματος. Στο **σχήμα 5.3.3.5** φαίνεται η μέση ισχύς στην έξοδο των φωτοβολταϊκών, η μέση ενέργεια που παράγουν σε μία ημέρα και η μέση ισχύς εξόδου διαιρεμένη με την ονομαστική ισχύς.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	15,0	kW
Mean Output	2,87	kW
Mean Output	68,8	kWh/d
Capacity Factor	19,1	%
Total Production	25.129	kWh/yr

Σχήμα 5.3.3.5 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών

Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.3.6** παρουσιάζονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 5.3.3.6 Στοιχεία παραγωγής φωτοβολταϊκών ισχύος 15 kW

Επόμενο κομμάτι του υβριδικού συστήματος, για το οποίο το λογισμικό Homer δίνει πληροφορίες για τη λειτουργία του, είναι οι ανεμογεννήτριες. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται χαρακτηριστικά της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας όπως η μέση ισχύς εξόδου, ο παράγοντας ικανότητας (capital factor) και η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα χρόνο.

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	3,00	kW
Mean Output	0,790	kW
Capacity Factor	26,3	%
Total Production	6.920	kWh/yr

Σχήμα 5.3.3.7 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των ανεμογεννητριών

Το **σχήμα 5.3.3.8** παρουσιάζει στοιχεία σε σχέση με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς στο δίκτυο. Παρατηρείται ότι παροχή ενέργειας από το δίκτυο, είναι μεγαλύτερη από την παροχή ενέργειας προς το δίκτυο κατά 3.423 kWh. Επομένως, το ενεργειακό σύστημα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών. Το HOMER στον ποσοστιαίο υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, δεν υπολογίζει την πραγματική συνεισφορά του δικτύου έπειτα από την ενεργειακό συμψηφισμό. Για το λόγο αυτό το πραγματικό ποσοστό των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$[32.049 / (32.049 + 3.423)] * 100 = 90,35 \%$$

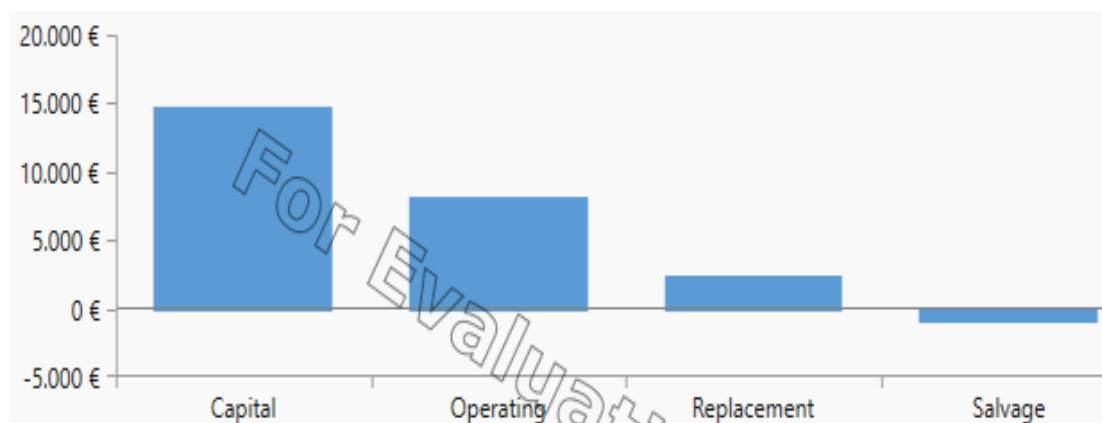
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energy Charge (€)
January	0	2,587	-2,587	0	-278,57 €
February	0	2,390	-2,390	0	-257,32 €
March	0	3,031	-3,031	0	-326,03 €
April	1,485	874	611	9	65,27 €
May	2,346	488	1,858	12	199,95 €
June	2,880	300	2,580	14	277,86 €
July	3,495	237	3,258	15	350,47 €
August	3,289	299	2,990	15	321,98 €
September	2,568	439	2,128	13	229,23 €
October	2,422	444	1,978	11	213,29 €
November	0	1,827	-1,827	0	-196,69 €
December	0	2,145	-2,145	0	-230,95 €
Annual	18,485	15,062	3,423	15	368,49 €

Σχήμα 5.3.3.8 Στοιχεία ενεργειακού συμψηφισμού

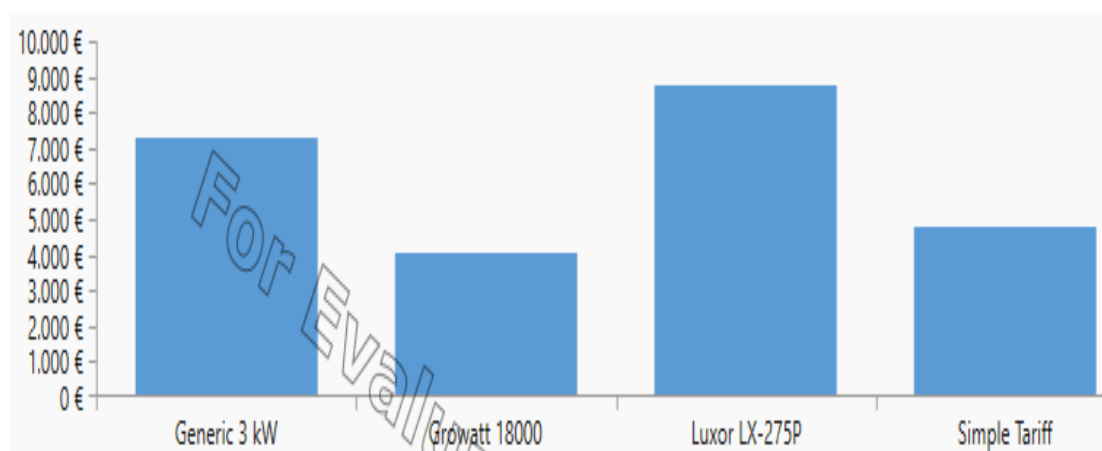
Οικονομικά αποτελέσματα

Εκτός από τα ηλεκτρικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται τα οικονομικά, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά, καθώς σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος κατατάσσονται οι δυνατοί συνδυασμοί. Στην περίπτωση αυτή το καθαρό παρόν κόστος είναι ίσο με 24.845 € σε διάρκεια ζωής 25 χρόνων. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος είναι 768 € και το κόστος ανά κιλοβατώρα διαμορφώνεται στα 0,0388 €/kWh.

Στο **σχήμα 5.3.3.9** παρουσιάζεται το αρχικό κεφάλαιο το οποίο είναι 14.910 €, το λειτουργικό κόστος το οποίο είναι 8.331 €, το κόστος αντικατάστασης 2.579 € και η τιμή διάσωσης 976€, η οποία είναι η αξία του συστήματος μετά το πέρας των 25 χρόνων. Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.3.10** φαίνεται το κόστος με βάση το εξάρτημα του συστήματος. Τέλος στο **σχήμα 5.3.3.11** φαίνονται οι υπολογισμοί των οικονομικών αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.3.3.9 Κόστος με βάση το είδος

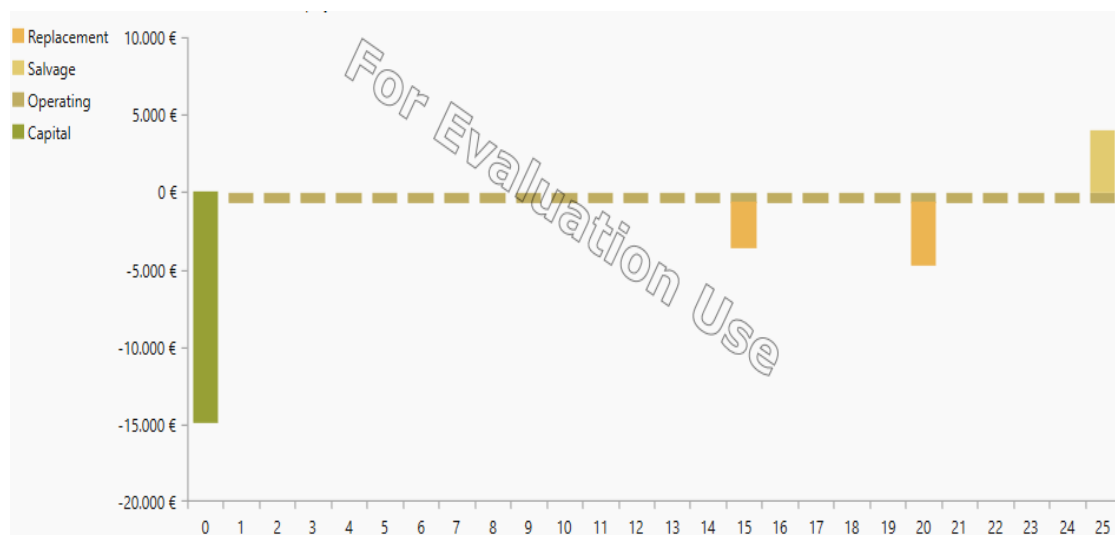


Σχήμα 5.3.3.10 Κόστος με βάση το εξάρτημα

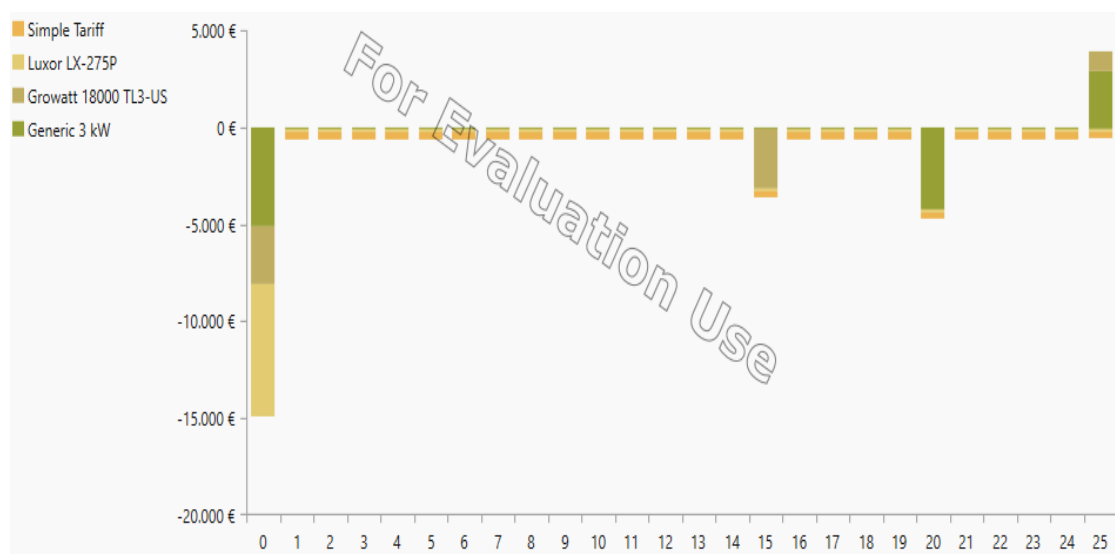
Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Generic 3 kW	5.100,00 €	1.307,11 €	1.628,87 €	0,00 €	-736,64 €	7.299,34 €
Growatt 18000 TL3-US	3.000,00 €	1.272,82 €	0,00 €	0,00 €	-239,56 €	4.033,26 €
Luxor LX-275P	6.810,00 €	0,00 €	1.939,13 €	0,00 €	0,00 €	8.749,13 €
Simple Tariff	0,00 €	0,00 €	4.763,63 €	0,00 €	0,00 €	4.763,63 €
System	14.910,00 €	2.579,93 €	8.331,63 €	0,00 €	-976,20 €	24.845,36 €

Σχήμα 5.3.3.11 Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικών αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ταμειακές ροές κατά τη διάρκεια των 25 χρόνων. Στο **σχήμα 5.3.3.12** φαίνονται οι ταμειακές ροές βάση του είδους του κόστους και στο **σχήμα 5.3.3.13** φαίνονται οι ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα του συστήματος.



Σχήμα 5.3.3.12 Ταμειακές ροές με βάση το είδος του κόστους



Σχήμα 5.3.3.13 Ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα

Περιβαλλοντικά αποτελέσματα

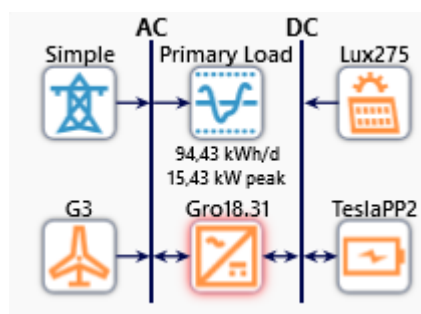
Οι ετήσιοι παραγόμενοι ρύποι παρουσιάζονται παρακάτω και προέρχονται από τους ρύπους που παράγει το δίκτυο, καθώς δεν υπάρχουν συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα.

Η καθαρή προσφορά του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 3.423 kWh/ year. Στην Ελλάδα 1 κιλοβατώρα από το δίκτυο αντιστοιχεί σε 0,632 kg/kWh CO₂. Επομένως έχουμε $3.423 \text{ kWh/year} * 0,632 \text{ kg/kWh} = \underline{2.163 \text{ kg/year CO}_2}$.

5.3.4 : Σενάριο 4 – Φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μπαταρίες, μετατροπέας, σύνδεση στο δίκτυο






















Η λειτουργία του συστήματος έχει ως εξής: Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και τις ανεμογεννήτριες καλύπτει την ζήτηση, το πλεόνασμα διοχετεύεται στις μπαταρίες αν έχουν περιθώριο φόρτισης, αλλιώς διοχετεύεται στο δίκτυο. Ενώ, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και τις ανεμογεννήτριες δεν καλύπτει τη ζήτηση, τότε αντλείται ενέργεια από τις μπαταρίες. Αν η ενέργεια δεν καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά, τις ανεμογεννήτριες και από τις μπαταρίες, τότε εισέρχεται το δίκτυο για την ευστάθεια του συστήματος.

Στο **σχήμα 5.3.4.1** παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος.



Σχήμα 5.3.4.1 Στοιχεία συστήματος

Στη συνέχεια εισάγονται τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα στοιχεία του συστήματος. Τα εξεταζόμενα μεγέθη για τα φωτοβολταϊκά ξεκινάνε από τα 0 kW έως τα 200 kW και για τον μετατροπέα ξεκινάνε από τα 0 kW μέχρι τα 200 kW. Το πλήθος των ανεμογεννητριών ξεκινάει από 1 έως 5 και το πλήθος των μπαταριών από 1 έως 4. Αφού εισαχθούν τα παραπάνω δεδομένα, το λογισμικό ξεκινάει τη διαδικασία της προσομοίωσης, κάνοντας υπολογισμούς για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Δημιουργεί όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης, παραθέτει έναν κατάλογο με όλα τα αποδεκτά συστήματα και ταξινομημένα σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος.

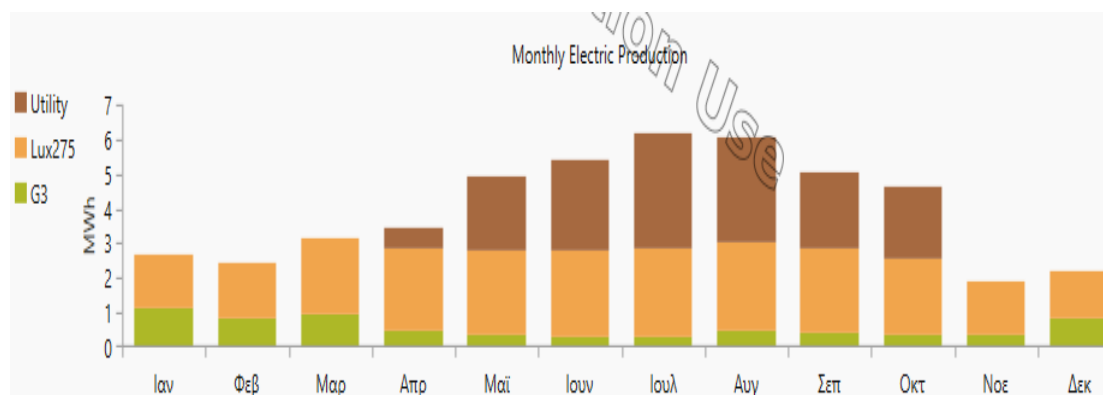
Architecture									Cost				
					Lux275 (kW) 	G3 	TeslaPP2 	Simple 	Gro18.31 (kW) 	NPC (€)  	COE (€)  	Operating cost (€/yr)  	Initial capital (€)
					15,0	1	1	1	18,3	148.867 €	0,248 €	4.947 €	84.910 €

Σχήμα 5.3.4.2 Χαρακτηριστικά βέλτιστου συστήματος

Το βέλτιστο σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά 15 kW, 1 ανεμογεννήτρια 3 kW, 1 μπαταρία και μετατροπέα 18 kW.

Ηλεκτρικά αποτελέσματα

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 5.3.4.3**, παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, με πορτοκαλί από τα φωτοβολταϊκά και με καφέ χρώμα η προσφορά του δικτύου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά ενώ το μικρότερο ποσοστό προέρχεται από την ανεμογεννήτρια.



Σχήμα 5.3.4.3 Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στην επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι κιλοβατώρες που παρήχθησαν από τα φωτοβολταϊκά, από την ανεμογεννήτρια και από το δίκτυο. Συγκεκριμένα, 25.129 kWh/yr παράγονται από τα φωτοβολταϊκά, δηλαδή το 52,5 % του συνόλου των 47.880 kWh/ yr, 6.920 kWh/yr παράγονται από την ανεμογεννήτρια, δηλαδή το 14,5 % και 15.831 kWh/yr, δηλαδή το 33,1 %, παράγονται από το δίκτυο για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών της κατασκήνωσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συνολική ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ είναι 32.049 kWh/yr.

Production	kWh/yr	%
LuxorLX-275P	25.129	52,5
Generic 3 kW	6.920	14,5
Grid Purchases	15.831	33,1
Total	47.880	100

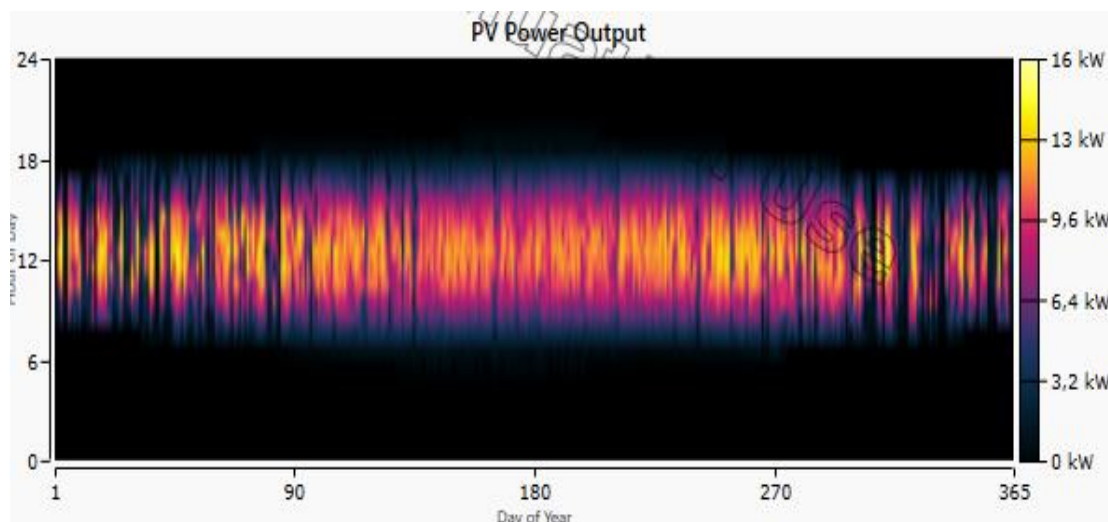
Σχήμα 5.3.4.4 Ποσοστό συνεισφοράς στην παραγωγή ενέργειας

Το λογισμικό Homer παρουσιάζει πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα για τα στοιχεία του συστήματος. Στο **σχήμα 5.3.4.5** φαίνεται η μέση ισχύς στην έξοδο των φωτοβολταϊκών, η μέση ενέργεια που παράγουν σε μία ημέρα και η μέση ισχύς εξόδου διαιρεμένη με την ονομαστική ισχύς.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	15,0	kW
Mean Output	2,87	kW
Mean Output	68,8	kWh/d
Capacity Factor	19,1	%
Total Production	25.129	kWh/yr

Σχήμα 5.3.4.5 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών

Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.4.6** παρουσιάζονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 5.3.4.6 Στοιχεία παραγωγής φωτοβολταϊκών ισχύος 15 kW

Επόμενο κομμάτι του υβριδικού συστήματος, για το οποίο το λογισμικό Homer δίνει πληροφορίες για τη λειτουργία του, είναι οι ανεμογεννήτριες. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται χαρακτηριστικά της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας όπως η μέση ισχύς εξόδου, ο παράγοντας ικανότητας (capital factor) και η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα χρόνο.

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	3,00	kW
Mean Output	0,790	kW
Capacity Factor	26,3	%
Total Production	6.920	kWh/yr

Σχήμα 5.3.4.7 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των ανεμογεννητριών

Επόμενο κομμάτι του υβριδικού συστήματος για το οποίο το λογισμικό Homer δίνει πληροφορίες για τη λειτουργία του, είναι οι μπαταρίες. Στα δύο επόμενα σχήματα παρουσιάζονται διάφορα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών, όπως η ονομαστική χωρητικότητα, η χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα, η αυτονομία και οι απώλειες.

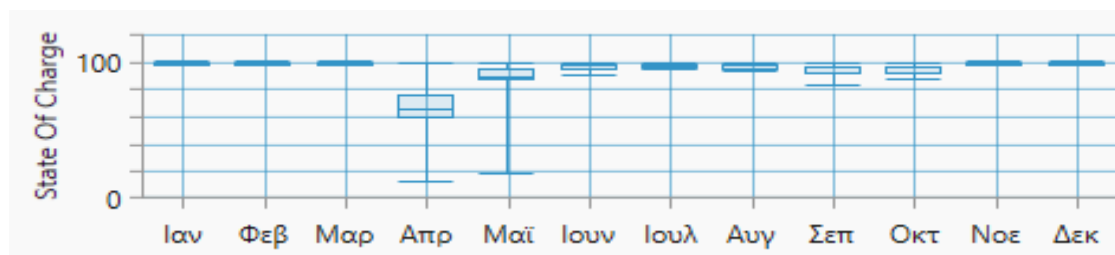
Quantity	Value	Units
Autonomy	53,4	hr
Storage Wear Cost	0	€/kWh
Nominal Capacity	210	kWh
Usable Nominal Capacity	210	kWh
Lifetime Throughput	33.110	kWh
Expected Life	10,0	yr

Σχήμα 5.3.4.8 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών

Quantity	Value	Units
Energy In	3.530	kWh/yr
Energy Out	3.106	kWh/yr
Storage Depletion	-210	kWh/yr
Losses	214	kWh/yr
Annual Throughput	3.311	kWh/yr

Σχήμα 5.3.4.9 Χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μπαταριών

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει το ποσοστό φόρτισης που βρίσκονται οι μπαταρίες κάθε μήνα. Τους μήνες που η κατασκήνωση δεν λειτουργεί, οι μπαταρίες όπως είναι λογικό είναι πλήρως φορτισμένες, ενώ το καλοκαίρι η φόρτισή τους παρουσιάζει τη μικρή μείωση. Τον μήνα Απρίλιο οι μπαταρίες βρίσκονται στην χαμηλότερή τους φόρτιση, καθώς τότε ξεκινάει να λειτουργεί η κατασκήνωση, επομένως υπάρχουν ανάγκες για ηλεκτρισμό.



Σχήμα 5.3.4.10 Κατάσταση φόρτισης μπαταριών

Το **σχήμα 5.3.4.11** παρουσιάζει στοιχεία σε σχέση με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς στο δίκτυο. Παρατηρείται ότι παροχή ενέργειας από το δίκτυο ,είναι μεγαλύτερη από την παροχή ενέργειας προς το δίκτυο κατά 3.829 kWh. Επομένως το ενεργειακό σύστημα καλύπτει μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών. Το HOMER στον ποσοστιαίο υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, δεν υπολογίζει την πραγματική συνεισφορά του δικτύου έπειτα από την ενεργειακό συμψηφισμό. Για το λόγο αυτό το πραγματικό ποσοστό των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$[32.049/(32.049+3.829)] * 100 = 89,32 \%$$

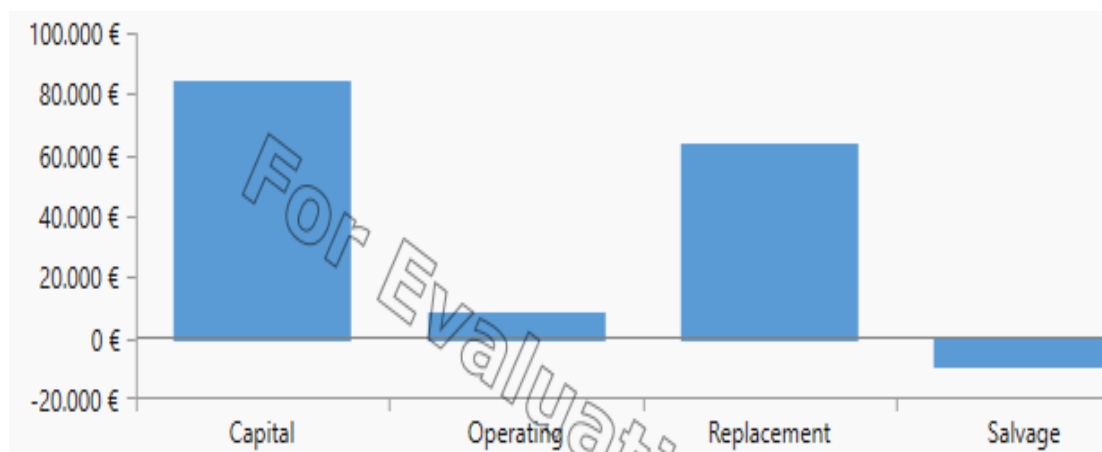
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Demand Limit (kW)	Energy Charge (€)
January	0	2,587	-2,587	0	0	-278,57 €
February	0	2,390	-2,390	0	0	-257,32 €
March	0	3,031	-3,031	0	0	-326,03 €
April	603	21	582	9	1	82,17 €
May	2,085	1	2,084	12	8	224,61 €
June	2,617	0	2,617	14	10	281,73 €
July	3,284	0	3,284	15	11	353,53 €
August	3,027	0	3,027	15	11	325,84 €
September	2,182	0	2,182	13	10	234,89 €
October	2,034	0	2,034	11	9	219,03 €
November	0	1,827	-1,827	0	0	-196,69 €
December	0	2,145	-2,145	0	0	-230,95 €
Annual	15,831	12,002	3,829	15		412,26 €

Σχήμα 5.3.4.11 Στοιχεία ενεργειακού συμψηφισμού

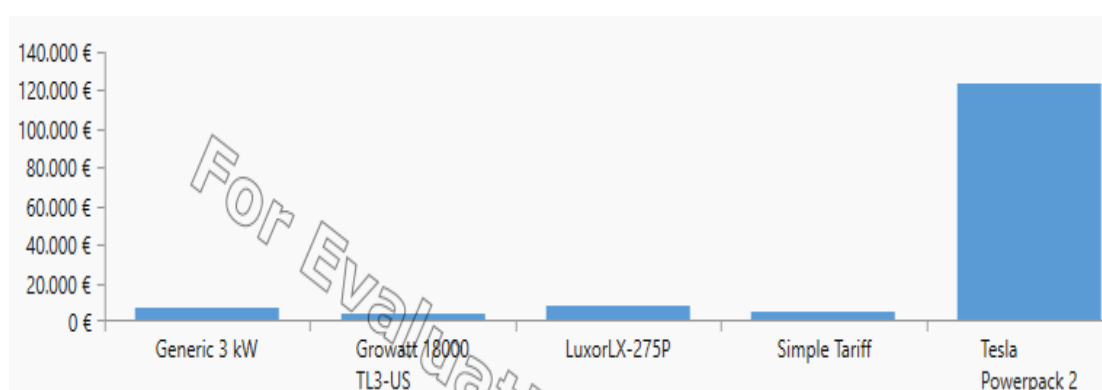
Οικονομικά αποτελέσματα

Εκτός από τα ηλεκτρικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται τα οικονομικά, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά καθώς σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος κατατάσσονται οι δυνατοί συνδυασμοί. Στην περίπτωση αυτή το καθαρό παρόν κόστος είναι ίσο με 148.867 € σε διάρκεια ζωής 25 χρόνων. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος είναι 4.947 € και το κόστος ανά κιλοβατώρα διαμορφώνεται στα 0.248 €/kWh.

Στο **σχήμα 5.3.4.12** παρουσιάζεται το αρχικό κεφάλαιο το οποίο είναι 84.910 €, το λειτουργικό κόστος το οποίο είναι 8.897 €, το κόστος αντικατάστασης 64.420 € και η τιμή διάσωσης 9.360 €, η οποία είναι η αξία του συστήματος μετά το πέρας των 25 χρόνων. Επιπλέον στο **σχήμα 5.3.4.13** φαίνεται το κόστος με βάση το εξάρτημα του συστήματος. Τέλος στο **σχήμα 5.3.4.14** φαίνονται οι υπολογισμοί των οικονομικών αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.3.4.12 Κόστος με βάση το είδος

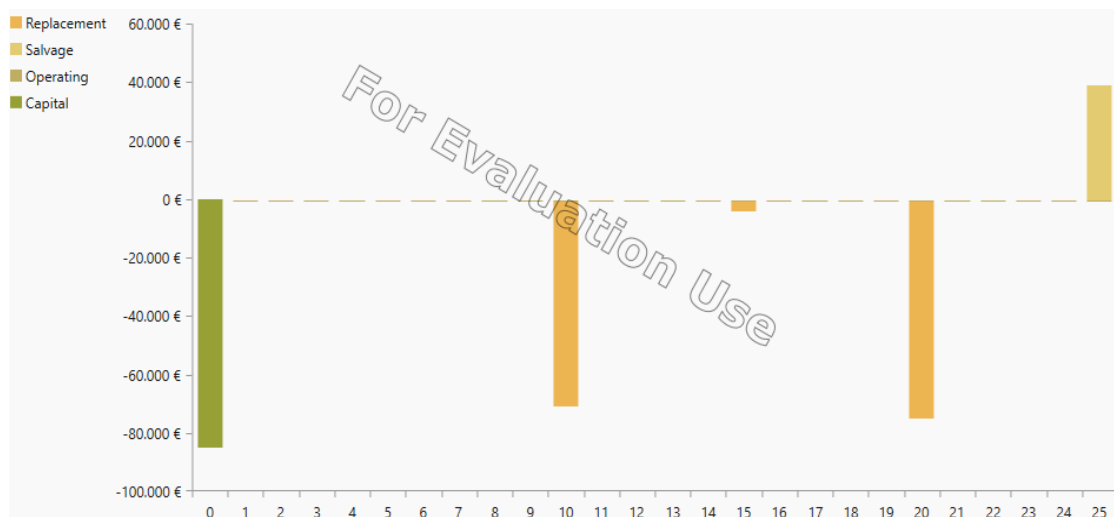


Σχήμα 5.3.4.13 Κόστος με βάση το εξάρτημα

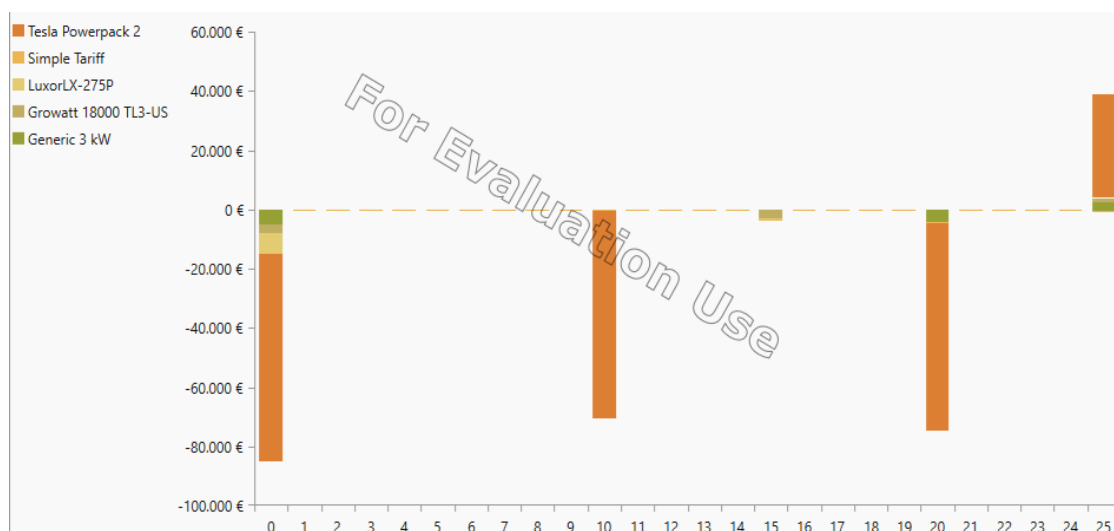
Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Generic 3 kW	5.100,00 €	1.307,11 €	1.628,87 €	0,00 €	-736,64 €	7.299,34 €
Growatt 18000 TL3-US	3.000,00 €	1.272,82 €	0,00 €	0,00 €	-239,56 €	4.033,26 €
LuxorLX-275P	6.810,00 €	0,00 €	1.939,13 €	0,00 €	0,00 €	8.749,13 €
Simple Tariff	0,00 €	0,00 €	5.329,54 €	0,00 €	0,00 €	5.329,54 €
Tesla Powerpack 2	70.000,00 €	61.840,63 €	0,00 €	0,00 €	-8.384,52 €	123.456,11 €
System	84.910,00 €	64.420,57 €	8.897,54 €	0,00 €	-9.360,72 €	148.867,38 €

Σχήμα 5.3.4.14 Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικών αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ταμειακές ροές κατά τη διάρκεια των 25 χρόνων. Στο **σχήμα 5.3.4.15** φαίνονται οι ταμειακές ροές βάση του είδους του κόστους και στο **σχήμα 5.3.4.16** φαίνονται οι ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα του συστήματος.



Σχήμα 5.3.4.15 Ταμειακές ροές με βάση το είδος του κόστους



Σχήμα 5.3.4.16 Ταμειακές ροές με βάση το εξάρτημα

Περιβαλλοντικά αποτελέσματα

Οι ετήσιοι παραγόμενοι ρύποι παρουσιάζονται παρακάτω και προέρχονται από τους ρύπους που παράγει το δίκτυο, καθώς δεν υπάρχουν συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα.

Η καθαρή προσφορά του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 3.829 kWh/year. Στην Ελλάδα 1 κιλοβατώρα από το δίκτυο αντιστοιχεί σε 0,632 kg/kWh CO₂. Επομένως έχουμε $3.829 \text{ kWh/year} * 0,632 \text{ kg/kWh} = \underline{2.419 \text{ kg/year CO}_2}$.

5.4 : Η απόσβεση των επενδύσεων για τα αποκεντρωμένα υβριδικά ενεργειακά συστήματα

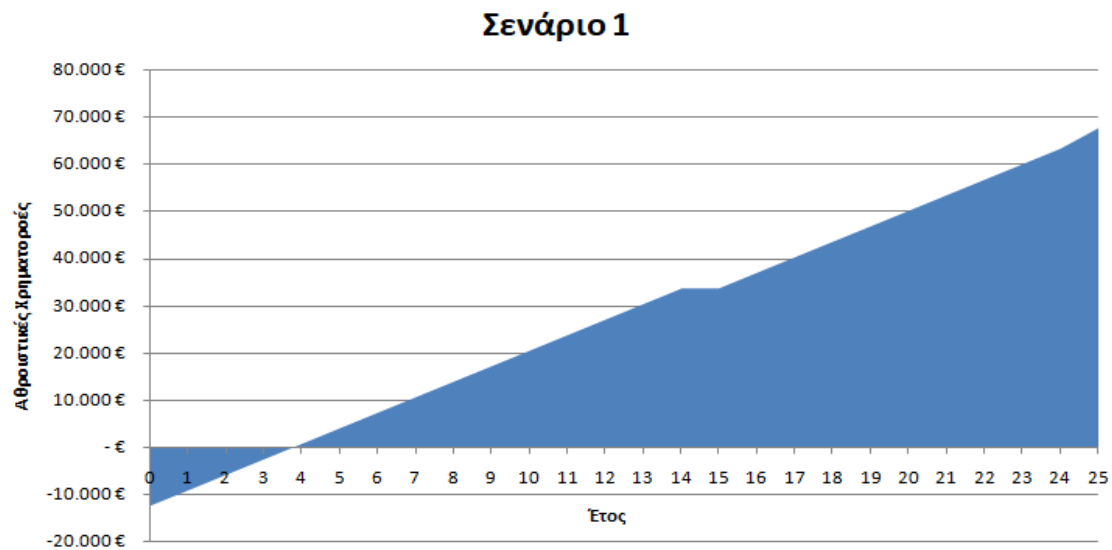
Στο υποκεφάλαιο αυτό μελετάται, σε πόσο καιρό θα επιτευχθεί απόσβεση για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ετήσιες χρηματοροές κατά τη λειτουργία των τεσσάρων βέλτιστων ενεργειακών συστημάτων, για 25 χρόνια, όσα και ο προσδοκώμενος κύκλος ζωής τους. Στο έτος μηδέν, η τιμή είναι το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για την επένδυση, μέχρι και το 24^ο έτος οι χρηματοροές υπολογίζονται, αν από τα έσοδα αφαιρεθεί το ετήσιο κόστος λειτουργίας και το κόστος αντικατάστασης, όταν υπάρχει. Ως ετήσια έσοδα θεωρούνται αυτά που εξοικονομούνται, αν η ηλεκτρική ενέργεια προερχόταν εξολοκλήρου από το δίκτυο. Τέλος στο 25^ο έτος υπάρχει ένα ακόμα έσοδο, το οποίο υπολογίζει το Homer και είναι η αξία του συστήματος στο τέλος του προσδοκώμενου κύκλου ζωής του.

Οι ετήσια κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 34.466 kWh , η τιμή της κιλοβατώρας είναι 0,10766 €/kWh . Το ετήσιο έσοδο είναι : 34.466 kWh * 0,10766 €/kWh = 3.710 €.

	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4	
Έτος	Ροές	Συνολικά	Ροές	Συνολικά	Ροές	Συνολικά	Ροές	Συνολικά
0	- 12.280 €	- 12.280 €	- 82.280 €	- 82.280 €	- 14.910 €	- 14.910 €	- 84.910 €	- 84.910 €
1	3.282 €	- 8.998 €	3.205 €	- 79.075 €	3.067 €	- 11.843 €	3.023 €	- 81.887 €
2	3.282 €	- 5.716 €	3.205 €	- 75.871 €	3.067 €	- 8.777 €	3.023 €	- 78.865 €
3	3.282 €	- 2.434 €	3.205 €	- 72.666 €	3.067 €	- 5.710 €	3.023 €	- 75.842 €
4	3.282 €	848 €	3.205 €	- 69.462 €	3.067 €	- 2.644 €	3.023 €	- 72.820 €
5	3.282 €	4.130 €	3.205 €	- 66.257 €	3.067 €	423 €	3.023 €	- 69.797 €
6	3.282 €	7.412 €	3.205 €	- 63.052 €	3.067 €	3.490 €	3.023 €	- 66.774 €
7	3.282 €	10.694 €	3.205 €	- 59.848 €	3.067 €	6.556 €	3.023 €	- 63.752 €
8	3.282 €	13.976 €	3.205 €	- 56.643 €	3.067 €	9.623 €	3.023 €	- 60.729 €
9	3.282 €	17.258 €	3.205 €	- 53.439 €	3.067 €	12.689 €	3.023 €	- 57.707 €
10	3.282 €	20.540 €	- 66.795 €	- 120.234 €	3.067 €	15.756 €	- 66.977 €	- 124.684 €
11	3.282 €	23.822 €	3.205 €	- 117.029 €	3.067 €	18.823 €	3.023 €	- 121.661 €
12	3.282 €	27.104 €	3.205 €	- 113.825 €	3.067 €	21.889 €	3.023 €	- 118.639 €
13	3.282 €	30.386 €	3.205 €	- 110.620 €	3.067 €	24.956 €	3.023 €	- 115.616 €
14	3.282 €	33.668 €	3.205 €	- 107.415 €	3.067 €	28.023 €	3.023 €	- 112.593 €
15	81 €	33.749 €	5 €	- 107.411 €	67 €	28.089 €	23 €	- 112.571 €
16	3.282 €	37.031 €	3.205 €	- 104.206 €	3.067 €	31.156 €	3.023 €	- 109.548 €
17	3.282 €	40.313 €	3.205 €	- 101.002 €	3.067 €	34.222 €	3.023 €	- 106.526 €
18	3.282 €	43.595 €	3.205 €	- 97.797 €	3.067 €	37.289 €	3.023 €	- 103.503 €
19	3.282 €	46.877 €	3.205 €	- 94.592 €	3.067 €	40.356 €	3.023 €	- 100.480 €
20	3.282 €	50.159 €	- 66.795 €	- 161.388 €	- 1.033 €	39.322 €	- 71.077 €	- 171.558 €
21	3.282 €	53.441 €	3.205 €	- 158.183 €	3.067 €	42.389 €	3.023 €	- 168.535 €
22	3.282 €	56.723 €	3.205 €	- 154.979 €	3.067 €	45.455 €	3.023 €	- 165.513 €
23	3.282 €	60.005 €	3.205 €	- 151.774 €	3.067 €	48.522 €	3.023 €	- 162.490 €
24	3.282 €	63.287 €	3.205 €	- 148.569 €	3.067 €	51.589 €	3.023 €	- 159.467 €
25	4.348 €	67.635 €	39.271 €	- 109.299 €	7.142 €	58.730 €	42.098 €	- 117.370 €

Πίνακας 5.4.1 Ετήσιες Χρηματοροές

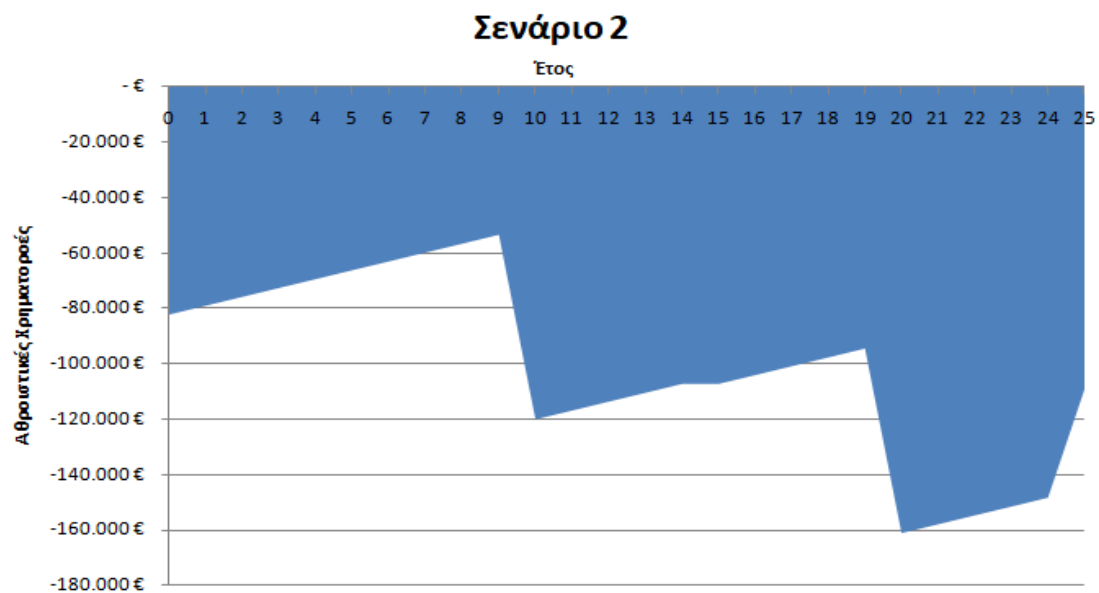
Στο **διάγραμμα 5.4.1** απεικονίζονται οι συνολικές ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές, καθόλη τη διάρκεια ζωής του πρώτου συστήματος.



Διάγραμμα 5.4.1 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών 1^{ου} συστήματος

Στο σύστημα αυτό παρατηρείται μία ομαλή μετάβαση από τις αρνητικές τιμές, στις θετικές με εξαίρεση το 15^ο έτος, όπου συμβαίνει το γεγονός της αντικατάστασης του μετατροπέα και το 25^ο έτος, όπου προστίθεται η αξία του συστήματος στο τέλος του κύκλου ζωής του. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, κατά το 3^ο έτος λειτουργίας του συστήματος ,παρατηρείται θετική τιμή της συνολικής καθαρής ταμειακής ροής. Με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής, υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης στα 3 χρόνια και 9 μήνες.

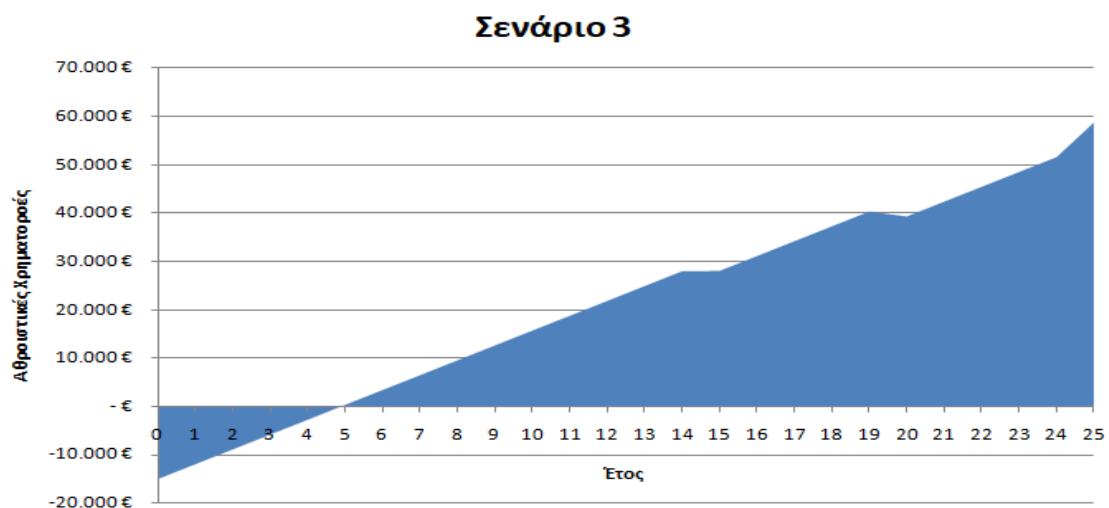
Στο **διάγραμμα 5.4.2** απεικονίζονται οι συνολικές ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές, καθόλη τη διάρκεια ζωής του δεύτερου συστήματος.



Διάγραμμα 5.4.2 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών 2^{ου} συστήματος

Το σύστημα αυτό δεν μεταβαίνει ποτέ σε θετική τιμή της συνολικής καθαρής ταμειακής ροής. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, το συγκεκριμένο σύστημα είναι οικονομικά μη βιώσιμο. Ο κύριος λόγος είναι η ύπαρξη μπαταριών, οι οποίες έκτος ότι στοιχίζουν ακριβά, έχουν διάρκεια ζωής 10 έτη.

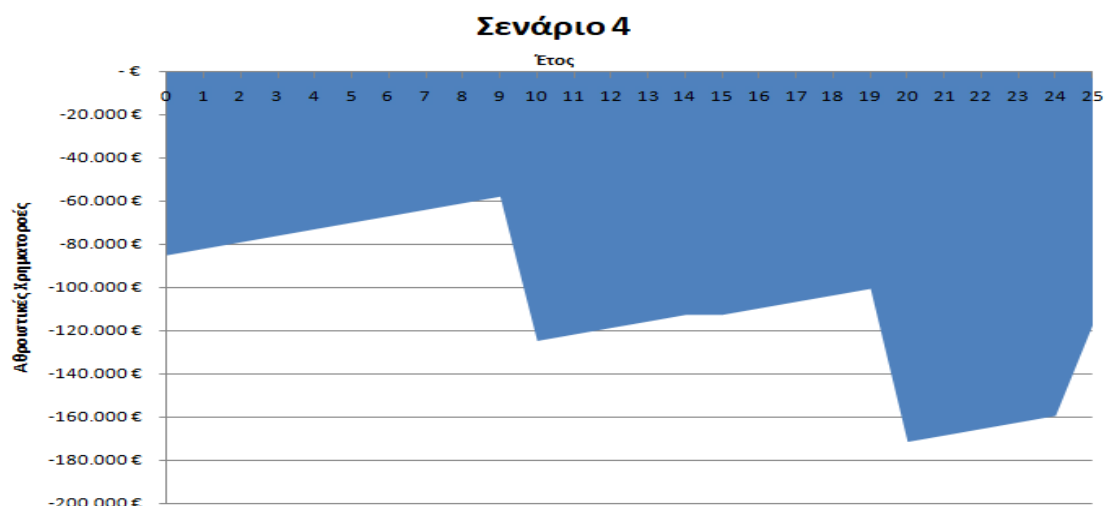
Στο **διάγραμμα 5.4.3** απεικονίζονται οι συνολικές ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές, καθόλη τη διάρκεια ζωής του δεύτερου συστήματος.



Διάγραμμα 5.4.3 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών 3^{ου} συστήματος

Στο σύστημα αυτό, όπως και στο πρώτο, παρατηρείται μία ομαλή μετάβαση από τις αρνητικές τιμές στις θετικές, με εξαίρεση το 15^ο έτος, όπου συμβαίνει το γεγονός της αντικατάστασης του μετατροπέα, το 20^ο έτος, όπου η ανεμογεννήτρια χρειάζεται αντικατάσταση και το 25^ο έτος, όπου προστίθεται η αξία του συστήματος στο τέλος του κύκλου ζωής του. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, κατά το 4^ο έτος λειτουργίας του συστήματος, παρατηρείται θετική τιμή της συνολικής καθαρής ταμειακής ροής. Με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής, υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης στα 4 χρόνια και 11 μήνες.

Στο **διάγραμμα 5.4.4** απεικονίζονται οι συνολικές ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές, καθόλη τη διάρκεια ζωής του δεύτερου συστήματος.



Διάγραμμα 5.4.4 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών 4^{ου} συστήματος

Το παραπάνω σύστημα, όπως και το 2^ο σύστημα, δεν μεταβαίνει ποτέ σε θετική τιμή της συνολικής καθαρής ταμειακής ροής. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, το σύστημα είναι οικονομικά μη βιώσιμο. Ο κύριος λόγος είναι η ύπαρξη μπαταριών, οι οποίες έκτος ότι στοιχίζουν ακριβά, έχουν διάρκεια ζωής 10 έτη.

5.5 : Συγκριτικός πίνακας προσομοιώσεων

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	PV-grid	PV-storage-grid	PV-wind turbine-grid	PV-wind turbine- storage-grid
Παραγωγή ενέργειας	33.505 kWh	33.505 kWh	32.049 kWh	32.049 kWh
Ενεργειακός συμψηφισμός	2.134 kWh	2.851 kWh	3.423 kWh	3.829 kWh
Αρχικό κεφάλαιο	12.280 €	82.280 €	14.910 €	84.910 €
Καθαρό Παρόν Κόστος	18.937 €	143.391 €	24.845 €	148.867 €
Τιμή kWh	0,02878 €/kWh	0,2467 €/kWh	0,0388 €/kWh	0,2478 €/kWh
Ποσοστό ΑΠΕ	94,01 %	92,15 %	90,35 %	89,32 %
Εκπομπές CO2	1.348 kg/year	1.801 kg/year	2.163 kg/year	2.419 kg/year
Χρόνια απόσβεσης	3 χρόνια και 9 μήνες	Μη βιώσιμη λύση	4 χρόνια και 11 μήνες	Μη βιώσιμη λύση

Πίνακας 5.5.1 Σημαντικότερα αποτελέσματα προσομοιώσεων

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα – Προτάσεις

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε ο σχεδιασμός νεανικής κατασκήνωσης και η εύρεση του οικονομικά και ενεργειακά βέλτιστου υβριδικού ενεργειακού συστήματος, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια. Η σημαντικότερη δυσκολία που αντιμετωπίστηκε, ήταν η δημιουργία του ωριαίου προφίλ κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς η κατασκήνωση σχεδιάστηκε από την αρχή, άρα δεν υπήρχε η δυνατότητα μέτρησης των ωριαίων καταναλώσεων.

Μετά την προσομοίωση τεσσάρων διαφορετικών συστημάτων μέσω του λογισμικού Homer, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Η συνεισφορά των φωτοβολταϊκών είναι σημαντικότερη σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες, καθώς για την ίδια παραγωγή ενέργειας, το κόστος για την τοποθέτηση και τη λειτουργία των ανεμογεννητριών είναι υψηλότερο.
- Η σημαντικότητα της σύνδεσης της κατασκήνωσης με το δίκτυο. Η σύνδεση αυτή προσφέρει την περίοδο που η κατασκήνωση δεν λειτουργεί, την εξολοκλήρου προσφορά της παραγόμενης ενέργειας. Επομένως, όταν η ενέργεια που προσφέρεται από τις ΑΠΕ δεν επαρκεί, τότε για την ευστάθεια του συστήματος, εισέρχεται το δίκτυο. Το δίκτυο, με τον τρόπο αυτό λειτουργεί σαν μπαταρία με απεριόριστη χωρητικότητα, εξοικονομώντας χρήματα.
- Υψηλό ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει είναι και πάλι η σύνδεση με το δίκτυο, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που προσφέρει το δίκτυο στο σύστημα, προέρχεται επί της ουσίας, από το σύστημα την περίοδο που η κατασκήνωση δεν λειτουργεί.
- Μικρή ονομαστική ισχύς των τεχνολογιών παραγωγής, αφού την περίοδο λειτουργίας κατά τις ώρες αιχμής, δεν χρειάζεται να καλύπτουν την ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Εισέρχεται όταν είναι απαραίτητο το δίκτυο.
- Η χρησιμοποίηση μπαταριών σε δύο από τα τέσσερα συστήματα, τα καθιστά οικονομικά μη βιώσιμα, καθώς εκτός του ότι αυξάνεται πολύ το κόστος του συστήματος, έχουν διάρκεια ζωής δέκα χρόνια.

Τα συστήματα 2 και 4 καλύπτουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις ενεργειακές ανάγκες της κατασκήνωσης, όμως έχουν πολύ υψηλό αρχικό κεφάλαιο και καθαρό παρόν κόστος σε σχέση με τα συστήματα 1 και 3, καθιστώντας τα, έπειτα από την οικονομική ανάλυση με αθροιστικές χρηματοροές, οικονομικά μη βιώσιμα.

Το σύστημα 3 είναι μία καλή λύση, καθώς συνδυάζει χαμηλό οικονομικό κόστος και υψηλή ενεργειακή κάλυψη των αναγκών. Με φωτοβολταϊκά 15 kW, μία ανεμογεννήτρια 3 kW και σύνδεση με το δίκτυο, το καθαρό παρόν κόστος είναι 24.845 €, το ποσοστό παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ λίγο πάνω από το 90 % και ο χρόνος απόσβεσης 4 χρόνια και 11 μήνες. Το μέρος που ενδείκνυται για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών, είναι οι σκεπές των προκατασκευασμένων σπιτιών. Η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας μπορεί να γίνει σε οικόπεδο πλησίον της κατασκήνωσης. Το σύστημα ικανοποιεί τόσο τις ενεργειακές όσο και τις οικονομικές απαιτήσεις, όμως σε σύγκριση με το σύστημα 1, δεν είναι το βέλτιστο.

Το σύστημα 1 αποτελείται από 20 kW φωτοβολταϊκά και σύνδεση με το δίκτυο. Η αρχική επένδυση είναι μόλις 12.280 € και το καθαρό παρόν κόστος 18.937 €. Το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 94,01 %, οι εκπομπές CO₂ είναι 1.348 kg/year και ο χρόνος απόσβεσης, 3 χρόνια και 9 μήνες. Το μέρος που ενδείκνυται για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών είναι οι σκεπές των προκατασκευασμένων σπιτιών. Είναι το βέλτιστο οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά σύστημα. Επομένως, η πρόταση που γίνεται, είναι για την υλοποίηση του πρώτου υβριδικού ενεργειακού συστήματος.

Ένα σημείο το οποίο μπορεί να εξεταστεί στο μέλλον, είναι με τι ενέργειες μπορεί να αντιμετωπιστεί η αύξηση της χωρητικότητας της κατασκήνωσης, άρα και η αύξηση του φορτίου που καλείται να εξυπηρετήσει το σύστημα, προκειμένου το σύστημα να είναι οικονομικά και ενεργειακά βιώσιμο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φραγκιαδάκης Ι. Ε. (2006). Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Θεσσαλονίκη : Ζήτη .
- [2] Κανέλλος Φώτιος – Σημειώσεις μαθήματος: Ηλεκτρική Οικονομία, Χανιά 2017.
- [3] Ηλιόπουλο Α. Θεόδωρο, Προσομοίωση και Αξιολόγηση Υβριδικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας μικρής κλίμακας που εμπεριέχουν τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τμήμα Σχολή Μηχανικών Παραγωγής Και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2014.
- [4] E. Kondili, “Classical and Recent Aspects of Power System Optimization”, pp 19-32, 2018.
- [5] Qunwu Huang, Yeqiang Shi, Yiping Wang, Linping Lu, Yong Cui. “Multi - turbine wind - solar hybrid system”. Renewable Energy, vol 76, pp 401, 2015.
- [6] Elisa Wood, What is a Microgrid, 2020.
- [7] Allison Lantero, How Microgrids Work, 2014. Available: <https://www.energy.gov/articles/how-microgrids-work> .
- [8] M.S. Mahmoud, “Microgrid Control Problems and Related Issues” .Microgrid, pp 4, 2017.
- [9] Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Ανακτήθηκε από <https://www.dei.gr/> .
- [10] Andreas Poullikkas, George Kourtis, Ioannis Hadjipaschalis. “A review of net metering mechanism for electricity renewable energy sources” .Energy and Environment, vol 4, issue 6, pp 975-1002, 2013.
- [11] Tom Lambert, Paul Gilman, Peter Lilienthal. “Micropower System Modeling With Power”, Chapter 15, 2006.
- [12] Ορθόδοξος Ακαδημία Κρήτης (ΟΑΚ). Ανακτήθηκε από <https://www.oac.gr/> .
- [13] Ioannis Vourdoubas, Antonios Kalogerakis, Kostantinos Zorbas. “Sustainability Assessment: Offsetting Carbon Emissions from Energy Use at the Orthodox Academy of Crete”. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences , vol 72, no 1, pp 67-75, 2020.
- [14] KARYSTOS 36m². Ανακτήθηκε από <https://www.oikosdecor.gr/karystos-36m/> .
- [15] F. Rodrigues, C. Cardeira, J.M.F. Calado, R. Melício. “Load Profile Analysis Tool for Electrical Appliances in Households Assisted by CPS”. 1st Energy Economics Iberian Conference, pp 221, 2016.
- [16] “Share of final energy consumption in the residential sector by type of end-use | Eurostat Statistics Explained, 2018. Ανακτήθηκε από https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&oldid=488255 .

- [17] José Luis Ramírez -Mendiola, Philipp Grünewald, Nick Eyre. "Linking intra-day variations in residential electricity demand loads to consumers activities: What's missing? ". Energy and Buildings, pp 8, December 2017.
- [18] Parker, D. S., "Research Highlights from a Large Scale Residential Monitoring Study in a Hot Climate." Proceeding of International Symposium on Highly Efficient Use of Energy and Reduction of its Environmental Impact, pp. 108-116, Japan Society for the Promotion of Science Research for the Future Program, , Osaka, Japan, January 2002.
- [19] Alghoul, Samah & Agha, Khairy & Zgalei, Abdullateef & Dekam, Elhadi I. . (2018). Energy Saving Measures of Residential Buildings in North Africa: Review and Gap Analysis. 7. 59-77.
- [20] Power.larc.nasa.gov, 2020. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> .
- [21] Kiflom Gebrehiwot , Md. Alam Hossain Mondal , Claudia Ringler , Abiti Getaneh Gebremeskel. Optimization and cost-benefit assessment of hybrid power systems for off-grid rural electrification in Ethiopia, *Energy* 177, pp 241, 2019.