



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Ενεργειακές Κοινότητες Πολιτών:
Τεχνική μελέτη για την ίδρυση Ενεργειακής Κοινότητας
στο Δήμο Κύμης- Αλιβερίου**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ

Επιβλέπων : Χρυσόστομος (Χάρης) Δούκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Ενεργειακές Κοινότητες Πολιτών:
Τεχνική μελέτη για την ίδρυση Ενεργειακής Κοινότητας
στο Δήμο Κύμης- Αλιβερίου**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ

Επιβλέπων : Χρυσόστομος Δούκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή 18 Οκτωβρίου 2023.

(Υπογραφή)

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Ευάγγελος Μαρινάκης
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

(Υπογραφή)

.....

ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © 2023 – Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται στο παρόν έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Περίληψη

Η σύγχρονη κοινωνία βρίσκεται σε μια κρίσιμη στιγμή της ιστορίας της, καθώς αντιμετωπίζει μια σειρά από προκλήσεις που συνδέονται άρρηκτα με τον τομέα της ενέργειας. Από την αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια και τις εξαντλημένες φυσικές πηγές, έως την ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ενεργειακής παραγωγής και χρήσης, η ενέργεια καθορίζει το μέλλον.

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για αειφόρο, αποδοτική, και καθαρή ενέργεια καθίσταται κεντρική για την κατανόηση και αντιμετώπιση των προκλήσεων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική ενέργεια, αντιπροσωπεύουν μια βιώσιμη εναλλακτική για την παραδοσιακή ενεργειακή παραγωγή και προσφέρουν τη δυνατότητα της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών με μικρότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και λιγότερη επίπτωση στο περιβάλλον.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την τεχνική μελέτη φωτοβολταϊκού σταθμού με σκοπό την ίδρυση ενεργειακής κοινότητας. Η περιοχή ενδιαφέροντος βρίσκεται σε αγροτική περιοχή στον δήμο Κύμης – Αλιβερίου του νομού Ευβοίας και εξετάζεται για 100 νοικοκυριά. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μια αναφορά στην ενεργειακή πολιτική σε ευρωπαϊκό και εθνικό πλαίσιο. Έπεται, αναλύονται οι ενεργειακές κοινότητες και η διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του διαδικτυακού εργαλείου PVGIS, διερευνώνται τα ενεργειακά δεδομένα της υπό εξέταση ενεργειακής κοινότητας και διεξάγεται αναλυτική τεχνική μελέτη για Φ/Β σταθμό απόδοσης 200 kW. Έπειτα, εφαρμόζεται προσομοίωση του Φ/Β συστήματος μέσω του λογισμικού PVSyst, με περιγραφή των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί η οικονομική αξιολόγηση για να διαπιστωθεί αν είναι οικονομικά βιώσιμη η επένδυση.

Λέξεις Κλειδιά: ενεργειακές κοινότητες, φωτοβολταϊκά, ενεργειακός συμψηφισμός

Abstract

Modern society is at a critical moment in its history, facing several challenges that are inextricably linked to the energy sector. From growing global demand for energy and depleted natural resources, to concerns about the environmental impact of energy production and use, energy is defining the future.

Awareness of the need for sustainable, efficient, and clean energy becomes central to understanding and addressing the challenges. Renewable energy sources, such as solar, wind, hydro and geothermal energy, represent a viable alternative to traditional energy production and offer the possibility of meeting energy needs with lower greenhouse gas emissions and less impact on the environment.

This thesis deals with the technical study of a photovoltaic power plant in order to establish an energy community. The area of interest is located in a rural area in the municipality of Kymi-Aliveri in the prefecture of Evia and is considered for 100 households. More specifically, a reference is made to energy policy in the European and national context. Next, energy communities and the process of energy offsetting are analyzed. Then, with the help of the web-based tool PVGIS, the energy data of the energy community under consideration are investigated and a detailed technical study for a 200 kW PV plant is carried out. Then, a simulation of the PV system is applied using PVSyst software, with a description of the results. This is followed by an economic evaluation to determine whether the investment is economically viable.

Keywords: energy communities, photovoltaics, net metering

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Είμαι βαθύτατα συγκινημένη για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, με σκοπό την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος «Τέχνο-οικονομικά Συστήματα» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Έτσι, ως ένδειξη σεβασμού και εκτίμησης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος κάποιους ανθρώπους πως συνέβαλαν.

Αρχικά θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χρυσόστομο Δούκα, Καθηγητή Ε.Μ.Π., τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για την καθοδήγησή του. Επίσης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την εκπόνηση και συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω ιδιαίτερος την κ. Ελένη Κανέλλου, υποψήφια διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά της κατά τη διεξαγωγή της εργασίας. Οι συμβουλές της ήταν καθοριστικές ως προς την ορθότητα του αποτελέσματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όπως και να αφιερώσω την συγκεκριμένη εργασία στην οικογένεια μου, όπου η στήριξη και η συμπαράστασή τους με συνόδευσε από την αρχή έως το τέλος της εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Η σημασία της Ηλιακής Ενέργειας.....	2
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας.....	3
1.3	Οργάνωση κειμένου.....	4
2	Ενεργειακή Πολιτική.....	6
2.1	Ευρωπαϊκό Πλαίσιο.....	7
2.2	Εθνικό Πλαίσιο.....	10
2.2.1	<i>Αγορά ΑΠΕ στην Ελλάδα.....</i>	<i>12</i>
3	Ενεργειακές Κοινότητες.....	16
3.1	Μορφές Ενεργειακών Κοινοτήτων.....	17
3.2	Λειτουργίες Ενεργειακών Δραστηριοτήτων.....	18
3.3	Ενεργειακός Συμψηφισμός - Net Metering.....	19
3.3.1	<i>Οφέλη Net Metering.....</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Διαδικασία Net Metering.....</i>	<i>22</i>
4	Τεχνική Μελέτη.....	23
4.1	Ανάλυση Ενεργειακών Δεδομένων.....	23
4.1.1	<i>Ανάλυση ηλιακής ακτινοβολίας.....</i>	<i>25</i>
4.2	Απόδοση Φωτοβολταϊκού Συστήματος.....	28
4.3	Χωροθέτηση Φ/Β Σταθμού.....	32
4.4	Τεχνική Περιγραφή - Γενική Περιγραφή Αρχιτεκτονικής.....	34
4.4.1	<i>Φωτοβολταϊκά Πλαίσια.....</i>	<i>35</i>
4.4.2	<i>Σύστημα Στήριξης Φ/Β Πλαισίων.....</i>	<i>36</i>
4.4.3	<i>Αντιστροφέας (Inverter).....</i>	<i>37</i>
4.4.4	<i>Εγκατάσταση Ισχυρών Ρευμάτων.....</i>	<i>38</i>
4.4.5	<i>Σύστημα Γείωσης.....</i>	<i>41</i>
5	Προσομοίωση.....	43
5.1	PVSyst.....	43

5.2	Παράμετροι προσομοίωσης	44
5.3	Αποτελέσματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	45
6	Οικονομική Μελέτη.....	51
6.1	Ενέργεια και Ισχύς.....	51
6.1.1	<i>Ενέργεια σε kW.....</i>	<i>52</i>
6.2	Χρηματοοικονομική Ανάλυση.....	52
6.2.1	<i>Δείκτες Απόδοσης Επένδυσης.....</i>	<i>53</i>
6.3	Οικονομική ανάλυση Φ/Β Σταθμού 200 kW	55
6.4	Διαχείριση Ρίσκου.....	62
6.4.1	<i>SWOT.....</i>	<i>64</i>
7	Συμπεράσματα	65
	Συνοτμεύσεις.....	69
	Βιβλιογραφία.....	70
	Παράρτημα I – PVSyst SimulationReport	74

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1. Πλήθος και ισχύς έργων αυτοπαραγωγής ενεργειακών κοινοτήτων (Πηγή ΔΕΔΔΗΕ).....	14
Εικόνα 3-1. Διαδικασία net metering (Πηγή eleman.gr).....	20
Εικόνα 4-1. Γεωγραφική Απεικόνιση ΟΤΑ που συμμετέχουν στην Ελιά Ενεργειακή Κοινότητα.....	24
Εικόνα 4-2. Γεωγραφική θέση Τρικόβλιο Καλάμου Δήμου Κύμης – Αλιβερίου.....	33
Εικόνα 5-1. Παράμετροι Προσομοίωσης ΦΒ συστήματος στο PVSyst.....	44

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 4-1. Μηνιαία ενεργειακή απολαβή στην περιοχή εγκατάστασης του ΦΒ σταθμού (PVGIS 2023).....	27
Σχήμα 4-2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή εγκατάστασης του ΦΒ σταθμού (PVGIS 2023).....	27
Σχήμα 4-3. Μηνιαία μέση διάχυτη πυκνότητα ισχύος (PVGIS 2023).	28
Σχήμα 4-4. Μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό 1 kWp (PVGIS 2023).....	31
Σχήμα 4-5. Μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό 200kWp (PVGIS 2023).....	32
Σχήμα 5-1. Ενέργεια αναφοράς στο επίπεδο του συλλέκτη (PVSyst 2023).	45
Σχήμα 5-2. Κανονικοποιημένη Παραγωγή ανά kWp για 201 kWp (PVSyst 2023).....	46
Σχήμα 5-3. Κανονικοποιημένη παραγωγή και δείκτες απωλειών ανά kWp για 201 kWp (PVSyst 2023).	47
Σχήμα 5-4. Συντελεστής απόδοσης PR (PVSyst 2023).....	48
Σχήμα 5-5. Ημερήσια Παραγωγή Ενέργειας (PVSyst 2023).	49
Σχήμα 6-1. Περίοδος Αποπληρωμής της επένδυσης.....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4-1. Παράμετροι που εισήχθησαν στη βάση δεδομένων PVGIS.....	30
Πίνακας 4-2. Πίνακας μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής Φ/Β σταθμού 200kWp (PVGIS 2023).....	31
Πίνακας 4-3. Χαρακτηριστικά οικοπέδου.....	33
Πίνακας 4-4. Γεωδαιτικές συντεταγμένες και υψόμετρο οικοπέδου.....	34
Πίνακας 4-5. Εξοπλισμός σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα IEC.....	40
Πίνακας 4-6. Χαρακτηριστικά διεθνή προτύπων IEC.....	41
Πίνακας 5-1. Συγκεντρωτικός Πίνακας παραγωγής Φ/Β πλαισίων (PVSyst 2023).....	50
Πίνακας 6-1. Μέση μηνιαία συνεδεσμένη ενέργεια ανά ώρα (kW) (PVSyst 2023).....	52
Πίνακας 6-2. Αξία αρχικής επένδυσης Φ/Β σταθμού 200kW.....	56
Πίνακας 6-3. Λειτουργικά Έξοδα Φ/Β σταθμού 200kW.....	57
Πίνακας 6-4. Συνολικό κόστος/νοικοκυριό με ή χωρίς Φ/Β σταθμό για 25 έτη.....	58
Πίνακας 6-5. Αναμενόμενη Μηνιαία Παραγωγή Φ/Β 200 kW.....	58
Πίνακας 6-6. Όφελος για το κάθε μέλος ανά έτος σε €.....	59
Πίνακας 6-7. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης του έργου.....	61
Πίνακας 6-8. Καθαρές Ταμειακές Ροές, PV, NPV επένδυσης.....	62
Πίνακας 6-9. Ανάλυση SWOT.....	64

1

Εισαγωγή

Η γη μπορεί να θεωρηθεί ως ένα αυτόνομο ενεργειακό σύστημα, καθώς παρέχει δυνατότητες για την άντληση και παραγωγή ενέργειας. Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε σύγχρονες κοινωνίες είναι αναπόφευκτη λόγω της βελτίωσης του επιπέδου διαβίωσης και της ανάπτυξης των υποδομών. Η καθημερινότητα απαιτεί την χρήση ενέργειας για θέρμανση, μεταφορές και παραγωγή αγαθών. Η αύξηση αυτή οδηγεί στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) αποτελούν μια βιώσιμη λύση που συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ο παραπάνω όρος περιλαμβάνει πηγές όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια και η βιομάζα. Αυτές οι πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες στον βραχύ και μεσοπρόθεσμο χρόνο, ενώ η ανανεώσιμη φύση της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτάται από γεωλογικούς παράγοντες.

Η Ελλάδα διαθέτει έναν μεγάλο φυσικό πλούτο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, οι υδάτινοι πόροι και η γεωθερμική ενέργεια. Πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ελληνική Κυβέρνηση αύξησαν τα κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προωθώντας έτσι την ανάπτυξη τους.

Ο ενεργειακός τομέας προσφέρει διαφοροποιημένες ευκαιρίες για επενδύσεις, και η επιλογή της κατάλληλης μορφής ανανεώσιμης ενέργειας εξαρτάται από τους στόχους και τις ανάγκες του επενδυτή. Ο τομέας της ηλιακής ενέργειας έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο στην Ελλάδα, ενώ η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η γεωθερμική ενέργεια, επίσης, παρουσιάζουν δυνατότητες ανάπτυξης. Σημειώνεται

πως η αιολική ενέργεια επηρεάζεται από την ηλιακή ενέργεια γιατί η παραγωγή της εξαρτάται από την θέρμανση του αέρα (Τσικουδή 2014). Η επιλογή της κατάλληλης μορφής Α.Π.Ε. εξαρτάται από παράγοντες όπως οι φυσικές συνθήκες της περιοχής, η τεχνολογική ωριμότητα, η οικονομική βιωσιμότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Συνολικά, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί πρόκληση και ευκαιρία για την Ελλάδα. Οι επενδύσεις σε αυτόν τον τομέα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας και να συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Οι υποψήφιοι επενδυτές πρέπει να εκτιμήσουν τις ευκαιρίες και τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατάλληλης μορφής ανανεώσιμης ενέργειας για την επένδυσή τους στον ενεργειακό τομέα.

1.1 Η σημασία της Ηλιακής Ενέργειας

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του φάσματος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο ελπιδοφόρα μέσα για την ομαλή μετάβαση σε ένα βιώσιμο και περιβαλλοντικά φιλικό μέλλον. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της ηλιακής ενέργειας έχουν διευρύνει την προσβασιμότητα και την αποδοτικότητά της, καθιστώντας την μια ανταγωνιστική εναλλακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η σημασία της ηλιακής ενέργειας είναι πολυσύνθετη και αναπτύσσεται σε πολλά επίπεδα:

- **Βιώσιμη Ενέργεια:** Η ηλιακή ενέργεια είναι ανανεώσιμη και άφθονη, καθώς ο ήλιος αναμένεται να εκπέμπει ενέργεια για δεκάεκατομμύρια χρόνια ακόμη. Αυτό την καθιστά μια βιώσιμη πηγή ενέργειας που δεν εξαντλείται.
- **Μείωση των Ρύπων:** Η χρήση της ηλιακής ενέργειας μειώνει την εκπομπή ρύπων και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθώς δεν παράγονται εκπομπές CO² κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακούς συλλέκτες.

- **Εξοικονόμηση Πόρων:** Η χρήση ηλιακής ενέργειας συμβάλλει στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων όπως τα ορυκτά καύσιμα και το νερό, καθώς αυτό δεν απαιτείται για τη ψύξη όπως στις παραδοσιακές ηλεκτροπαραγωγικές διαδικασίες.
- **Οικονομική Απόδοση:** Η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων μπορεί να μειώσει το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τους καταναλωτές, ενώ παράλληλα δημιουργεί θέσεις εργασίας στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η επένδυση στις ΑΠΕ, και ιδιαίτερα στην ηλιακή ενέργεια, συμβάλλει όχι μόνο στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και στη δημιουργία θέσεων εργασίας, τη μείωση των ενεργειακών εξαρτήσεων και την ενίσχυση της οικονομίας. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια δίνει τη δυνατότητα στον καθένα να συμβάλει στη μετάβαση προς μια πιο βιώσιμη και πράσινη κοινωνία, αναλαμβάνοντας τον ρόλο του παραγωγού δικής του ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του ή άλλων ανάλογων λύσεων. Η στροφή προς τις ΑΠΕ, και κυρίως προς την ηλιακή ενέργεια, αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προς την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια των μελλοντικών γενεών.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εμβάθυνση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η παρουσίαση των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων. Σκοπός είναι η εξοικείωση των πολιτών με τις νέες μορφές ενέργειας, δηλαδή αυτές που είναι πιο βιώσιμες και λιγότερο επιβαρυντικές για το περιβάλλον, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μορφές ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα.

Στόχος της εργασίας, επίσης, είναι να συμβάλει στην κατανόηση της σημασίας των ενεργειακών κοινοτήτων των πολιτών. Οι ενεργειακές κοινότητες, δίνουν τη δυνατότητα της ενεργειακής μετάβασης από συμβατικές σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Δίνουν, επίσης, ένα κίνητρο στους πολίτες, στις τοπικές επιχειρήσεις και

οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης, να συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη εργασία συμβάλλει στην στροφή των πολιτών στην πράσινη ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών είτε μέσα από την αυτοπαραγωγή σε ατομικό επίπεδο είτε μέσα από την συλλογική αυτοπαραγωγή όπως ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός από ενεργειακές κοινότητες.

Έτσι, λοιπόν, στα παρακάτω κεφάλαια, μελετάται διεξοδικά η ίδρυση μιας ενεργειακής κοινότητας με σκοπό την δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς και η αξιολόγηση εάν το υπό μελέτη έργο είναι βιώσιμο.

1.3 Οργάνωση κειμένου

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει τίτλο «Ενεργειακές Κοινότητες πολιτών: Τεχνική μελέτη για την ίδρυση Ενεργειακής Κοινότητας στο Δήμο Κύμης- Αλιβερίου». Η δομή της εργασίας αποτελείται από τα παρακάτω επτά κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τη σχέση της Ελλάδας στον τομέα της ενέργειας. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η σημασία της ηλιακής ενέργειας και αναλύεται το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας καθώς και οι στόχοι της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η ενεργειακή πολιτική τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό πλαίσιο. Γίνεται σύντομη αναφορά στο νομικό πλαίσιο και αναλύεται η αγορά ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ενεργειακές κοινότητες. Αναλύονται εκτενώς οι μορφές, οι δραστηριότητες και οι λειτουργίες των κοινοτήτων καθώς και περιγράφεται το θεσμικό πλαίσιο. Παράλληλα, παρουσιάζεται και αναλύεται η έννοια του ενεργειακού συμψηφισμού (Net Metering).

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιέχεται η τεχνική μελέτη του προτεινόμενου φωτοβολταϊκού σταθμού. Γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της ενεργειακής κοινότητας που πρόκειται να ιδρυθεί. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ανάλυση των

ενεργειακών δεδομένων της περιοχής μελέτης μέσω του εργαλείου PVGIS, υπολογίζεται η απόδοση των Φ/Β συστημάτων και ακολουθεί περιγραφή της αρχιτεκτονικής της προτεινόμενης εγκατάστασης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται προσομοίωση του φωτοβολταϊκού σταθμού, με τη βοήθεια του λογισμικού PVSyst. Περιγράφονται οι παράμετροι που εισήχθησαν στο σύστημα και αναλύονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Στο έκτο κεφάλαιο διεξάγεται οικονομική μελέτη για την αξιολόγηση της επένδυσης. Αναλύονται τα έξοδα του Φ/Β σταθμού 200 kW, υπολογίζεται η αρχική αξία της επένδυσης, τα λειτουργικά έξοδα του σταθμού καθώς και οι καθαρές ταμειακές ροές. Επίσης, γίνεται μια σύντομη αξιολόγηση της επένδυσης καθώς και αναλύεται η διαχείριση ρίσκου μέσω της μεθόδου SWOT.

Στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και προτείνονται λύσεις και μέτρα για την επίλυση της ενεργειακής φτώχειας και την ενίσχυση των ενεργειακών κοινοτήτων .

Όσον αφορά στα παραρτήματα, στο Παράρτημα I δίνεται το Simulation Report από την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον PVSyst.

2

Ενεργειακή Πολιτική

Καθώς ο χρόνος προχωρά, προκύπτουν ολοένα και πιο σημαντικά ζητήματα στον κλάδο της ενέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν την ανάγκη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και άλλα προβλήματα που καθιστούν την ανανεώσιμη ενέργεια κάτι περισσότερο από απαραίτητη και βιώσιμη λύση.

Στην Ελλάδα, οι φυσικοί πόροι, όπως ο πλούσιος ηλιακός φωτισμός, η μοναδική αιολική δυναμικότητα και τα πλούσια γεωθερμικά πεδία, προσφέρουν μια δυναμική προοπτική για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Τα ενεργειακά δεδομένα αναδεικνύουν τη δυνατότητα της χώρας μας να δημιουργήσει μια νέα βιομηχανία, με δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, απαιτείται η ανάπτυξη μιας πολιτικής που θα καλύπτει όλες τις πηγές ενέργειας σε ευρωπαϊκό και σε εθνικό επίπεδο. Αυτό θα συμβάλει στην ανάπτυξη μιας οικονομίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, η οποία θα είναι ασφαλής, ανταγωνιστική και βιώσιμη.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχει εγκρίνει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος, την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ και την ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής από ενεργειακή άποψη οικονομίας, με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Οι στόχοι 20-20-20, που αφορούν τη μείωση των εκπομπών, την ανανεώσιμη ενέργεια και την ενεργειακή απόδοση, αποτελούν σημαντικό μέρος αυτής της προσέγγισης.

- 20% διείσδυση ΑΠΕ στην τελική ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μέσω της βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης
- 20% μείωση των εκπομπών CO₂, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

2.1 Ευρωπαϊκό Πλαίσιο

Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) καθορίζεται σε ένα ευρύ πλαίσιο νόμων, κανονισμών και στρατηγικών που αναπτύσσονται και αναθεωρούνται συνεχώς. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο για την ενεργειακή πολιτική περιλαμβάνει τις παρακάτω σημαντικές διαστάσεις και πτυχές:

- Στόχοι και Κλιματικές Προκλήσεις: Η ΕΕ έχει θέσει στόχους για την μείωση των εκπομπών θερμοκηπίου και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτοί οι στόχοι καθορίζονται σε πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού και άλλων διεθνών συμφωνιών.
- Ενεργειακή Ασφάλεια: Η ΕΕ επιδιώκει να διασφαλίσει τον εφοδιασμό και την ασφάλεια του ενεργειακού της τομέα με τη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας και την αποκέντρωση της παραγωγής.
- Ενεργειακή Αποδοτικότητα: Η προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί βασικό στόχο, καθώς η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έχει μεγάλο αντίκτυπο στη μείωση των εκπομπών CO₂.
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Η ΕΕ έχει θέσει στόχους για την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ενεργειακό της μίγμα.
- Ενιαία Ενεργειακή Αγορά: Η ΕΕ προωθεί την ενοποίηση της ενεργειακής αγοράς, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαφάνεια, η ανταγωνιστικότητα και η διασύνδεση των εθνικών αγορών.
- Έρευνα και Καινοτομία: Η ΕΕ επενδύει σε έρευνα και καινοτομία στον τομέα της ενέργειας, προκειμένου να αναπτύξει νέες τεχνολογίες και λύσεις.

- Συμμόρφωση με Κανονισμούς: Οι χώρες μέλη της ΕΕ πρέπει να συμμορφώνονται με την ενεργειακή νομοθεσία της και να υποβάλλουν εθνικούς ενεργειακούς σχεδιασμούς.
- Κοινωνική Δικαιοσύνη: Η πολιτική ενέργειας της ΕΕ πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα για τη διασφάλιση της κοινωνικής δικαιοσύνης, ώστε όλοι να έχουν πρόσβαση σε βιώσιμες και ασφαλείς ενεργειακές υπηρεσίες.

Οι βασικοί νόμοι και οι εκάστοτε εκ δοθείσες οδηγίες μπορεί να διαφέρουν με την πάροδο του χρόνου, αλλά ορισμένοι από τους πιο σημαντικούς νόμους που έχουν επηρεάσει την ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνουν:

- Το Πακέτο για την Ενέργεια και το Κλίμα 2020: Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει μια σειρά νόμων και μέτρων που αφορούν την ενεργειακή απόδοση, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών CO², και την ενεργειακή ασφάλεια.
- Ο Κανονισμός για το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής (EU ETS): Αυτός ο κανονισμός καθιερώνει τη μεγαλύτερη αγορά εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO² στον κόσμο και περιλαμβάνει τις διατάξεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τις μεγάλες βιομηχανίες.
- Οδηγία για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (RES Directive): Αυτή η οδηγία καθορίζει στόχους για την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ενέργειας και την ενθαρρύνει μέσω διαφόρων μέτρων.
- Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση (Energy Efficiency Directive): Αυτή η οδηγία προωθεί την ενεργειακή αποδοτικότητα σε κτίρια, βιομηχανίες, και άλλους τομείς.
- Κανονισμός για την Ενεργειακή Ασφάλεια: Αυτός ο κανονισμός αφορά τη διαχείριση του εφοδιασμού ενέργειας και την αντιμετώπιση κρίσεων στον τομέα της ενέργειας.

Το 2016, με το νόμο 4426/2016 (COP211), η Συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή αποτέλεσε την πρώτη νομικά δεσμευτική διεθνή συνθήκη στον κόσμο σε αυτόν τον τομέα. Υιοθετήθηκε από 196 συμβαλλόμενα μέλη (κράτη) και έχει ως στόχο τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη, προτιμώντας την επίτευξη του 1,5 βαθμούς Κελσίου, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα.

Ταυτόχρονα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναλάβει τη δέσμευση να εφαρμόσει τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών, που εγκρίθηκαν το 2015 στο πλαίσιο της Ατζέντας 2030 των Ηνωμένων Εθνών. Στόχος αυτής της Ατζέντας είναι η Δράση για το Κλίμα, που συμπίπτει με τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού.

Το 2019, η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε σε αναθεώρηση της ενεργειακής πολιτικής της με το πακέτο "Καθαρή Ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους" (Clean Energy Package), με στόχο να προσαρμοστεί στις υποχρεώσεις της ΕΕ στο πλαίσιο του COP21. Αυτή η νομοθετική δέσμη περιλάμβανε προτάσεις για την εύκολη μετάβαση σε μια "οικονομία καθαρής ενέργειας" και την αναδιάρθρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ. Σε αυτό το πλαίσιο, καθορίστηκαν στόχοι για το 2030 σχετικά με την ενέργεια:

- Ανανεώσιμη ενέργεια: Επιβολή δεσμευτικών στόχων για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ.
- Ενεργειακή απόδοση: Καθορισμός δεσμευτικών στόχων για την ενεργειακή απόδοση, τουλάχιστον 32,5%, σε σχέση με ένα συνηθισμένο επιχειρηματικό μοντέλο.
- Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου: Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 40% σε σύγκριση με το 1990.

Το Δεκέμβριο του 2020, η ΕΕ ξεκίνησε την "Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία" (European Green Deal), με στόχο την μετάβαση της οικονομίας της σε ένα "πράσινο" οικονομικό μοντέλο. Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Νόμου για το Κλίμα, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο αυξάνει τον στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το 2030, τουλάχιστον κατά 55%, σε σύγκριση με το 1990. Αναμένεται ότι η "Πράσινη Συμφωνία" θα προκαλέσει νομοθετικές αλλαγές στο μέλλον, περιλαμβάνοντας τροποποιήσεις σε υφιστάμενους νόμους και νέους νόμους

που αφορούν, μεταξύ άλλων, τη δημιουργία μιας βιομηχανίας υδρογόνου στην ΕΕ, την εισαγωγή φόρου για το διοξείδιο του άνθρακα και τη μείωση των εκπομπών μεθανίου.

Τον Μάιο του 2022, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε το Σχέδιο REPowerEU. Με το σχέδιο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στόχο να περιορίσει ή τερματίσει την εξάρτησή της από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και να διαφοροποιήσει τον ενεργειακό της εφοδιασμό. Τα μέτρα που προτάθηκαν από την Επιτροπή αφορούν στην ενίσχυση των μέτρων ενεργειακής απόδοσης, με την αύξηση του υποχρεωτικού στόχου ενεργειακής απόδοσης από 9% σε 13%, στα πλαίσια του “Fit for 55” πακέτου της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Προτάθηκε, επίσης, η αύξηση του στόχου για το ποσοστό των ανανεώσιμων ενεργειών έως το 2030 από 40% σε 45% στο πλαίσιο του πακέτου "Fit for 55".

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει μακροπρόθεσμο στόχο ότι έως το 2050 θα είναι κλιματικά ουδέτερη με μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, οι ευρωπαίοι πολίτες θα ζουν σε μια οικονομία ευημερίας, όπου η ανάπτυξη θα είναι αναγεννητική και οι ανισότητες θα έχουν μειωθεί σημαντικά. Αυτός ο στόχος βρίσκεται στην καρδιά του Ευρωπαϊκού Πράσινου Σχεδίου και είναι συμβατός με τη δέσμευση της ΕΕ για παγκόσμια δράση κατά της κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με τη Συμφωνία του Παρισιού.

2.2 Εθνικό Πλαίσιο

Ανασκόπηση νομοθετικού πλαισίου

Μετά από εξέταση του νομοθετικού πλαισίου της Ελλάδας, παρατηρείται ότι δεν διατυπώνεται ρητά στο συνταγματικό κείμενο του 1975 το δικαίωμα στο περιβάλλον. Ως βάση το άρθρο 24 της παραγράφου 1 του Συντάγματος, μετά την αναθεώρηση του 2001, η προστασία του περιβάλλοντος θεωρείται πλέον και κρατική υποχρέωση αλλά και δικαίωμα του κάθε ατόμου και κατοχυρώνεται ως συνταγματικό δικαίωμα.

Πιο αναλυτικά, ο Ν. 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» είναι ο πρώτος νόμος που προβλέπει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτός συστήματος της ΔΕΗ. Επιτρέπεται, δηλαδή, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς που λειτουργούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ανήκουν σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα.

Στη συνέχεια, ο Ν. 2244/1994 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 168/07-10-94) «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» αντικατέστησε τον παραπάνω Ν. 1559/1985, έδωσε τα πρώτα οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στον ελλαδικό χώρο. Τα βασικά σημεία του νόμου ήταν ότι επιτράπηκε η παραγωγή ηλεκτρισμού από αυτόνομους παραγωγούς, εφαρμόζοντας τεχνολογίες ΑΠΕ, ενώ η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) είναι υποχρεωμένη να αγοράζει όλη την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, λαμβάνοντας υπόψιν τεχνικούς περιορισμούς του συστήματος. Δημιουργείται ένα επενδυτικό περιβάλλον, καθώς υπογράφονται συμβόλαια δεκαετούς ισχύος με τους ιδιώτες παραγωγούς και ιδρύεται το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) που συγκεντρώνει όλες τις δραστηριότητες που αφορούν στις ΑΠΕ.

Επιπρόσθετα, ο Ν. 2773/1999 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99) «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας- Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα στον εκσυγχρονισμό των ενεργειακών αγορών και κυρίως στην απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα βασικά σημεία του νόμου ήταν η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητης και αυτοτελούς διοικητικής αρχής που εποπτεύεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης με γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες σε όλο τον τομέα ενέργειας.

Με την ψήφιση του Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85/4-6-2010): «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» θεσπίστηκε η επιτάχυνση της

ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Σε εναρμόνιση με τις αρμοδιότητες της, η ΡΑΕ μέσω της Υ.Α.Α.Υ. 19598, καθόρισε την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ.

Σημαντικοί νόμοι για το εθνικό πλαίσιο αποτέλεσαν ο Ν. Νόμος Ν.4602/2019(ΦΕΚ Α' 45-09.03.2019) «Έρευνα ,εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας , σύσταση Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών» και ο νόμος Ν. 4643/2019(ΦΕΚ Α' 193/03.12.2019) «Απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των ΑΠΕ».

2.2.1 Αγορά ΑΠΕ στην Ελλάδα

Παρά τις διακυμάνσεις, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα είναι εμφανώς ανοδική, και αυτό αποτελεί θετική εξέλιξη προς την κατεύθυνση της αειφόρου ενέργειας. Αυτή η ανάπτυξη οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η μείωση του τεχνολογικού κόστους και τα αναπτυξιακά προγράμματα. Ωστόσο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξακολουθεί να εξαρτάται κυρίως από τα συμβατικά καύσιμα.

Σε συνδυασμό με την σταθεροποίηση της οικονομίας, η παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ επανήλθε δυναμικά στο προσκήνιο, τόσο για την επίτευξη των κοινοτικών στόχων, όσο και για την ενεργειακή αναβάθμιση της χώρας αλλά και την οικονομική ανάπτυξη.

Στόχος στην Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί κάθε χώρα-μέλος μέχρι το 2030 να καλύπτει τουλάχιστον το 27% των ενεργειακών τους αναγκών από ανανεώσιμες πηγές. Η ανάπτυξη αιολικών συστημάτων, καθώς και η επιτάχυνση της ανάπτυξης των υπεράκτιων αιολικών, με την προσθήκη περισσότερων από 12GB μέχρι το 2030, περιλαμβάνονται στη μία από τις επτά παρεμβάσεις που βρίσκονται στον πυρήνα του νέου Εθνικού Σχεδίου για το Περιβάλλον και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) της Ελλάδας (CNN 2023).

Η παραγωγή αιολικής ενέργειας ήταν πολύ χαμηλή το 1990, αλλά αυξήθηκε σημαντικά, φτάνοντας τα 5,5 TWh το 2017. Η ηλιακή ενέργεια επίσης αυξήθηκε δραματικά, φτάνοντας τα 3,5 TWh το 2017, που ήταν είκοσι πέντε φορές

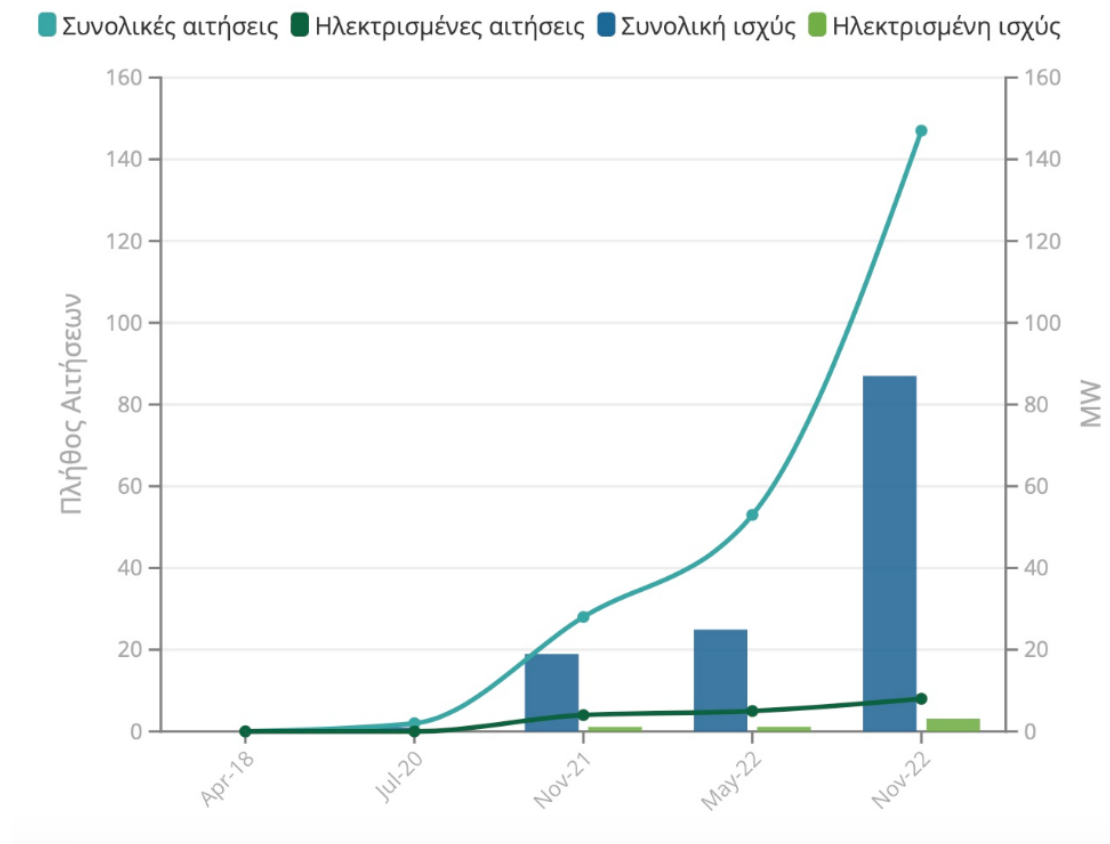
περισσότερη από το 2010. Η υδροηλεκτρική ενέργεια συνέβαλε σημαντικά, φθάνοντας τα 3,5 TWh το 2017, αντιπροσωπεύοντας το 5,4% της συνολικής παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα.

Επίσης, έχουν γίνει βήματα για την αξιοποίηση των βιοκαυσίμων, αν και το 2019 αντιπροσώπευαν μόλις το 1% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής. Το 2019, η αιολική ενέργεια έφτασε τα 7,266 GWh, ενώ η ηλιακή ενέργεια φτάνει τα 4,129 GWh. Η βιοενέργεια παρουσίασε μικρή βελτίωση, φτάνοντας τα 3,78 GWh το 2019 ενώ αυξήθηκε σημαντικά στα 4,471 GWh το 2021. Η υδροηλεκτρική ενέργεια διακυμάνθηκε σημαντικά, φτάνοντας τα 5,743 GWh το 2018, μειώθηκε στα 3,978 GWh το 2019, και αυξήθηκε στα 6,688 GWh το 2020 και στα 5,403 GWh το 2021.

Το 2023 αναμένεται να αποτελέσει ένα σημαντικό έτος για την ενεργειακή αγορά της Ελλάδας, καθώς βρίσκεται σε μια ευνοϊκή θέση σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, όσον αφορά την προσφορά ενέργειας. Ειδικότερα, το 2022, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) κυριάρχησαν στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα, με κορυφαίους παίκτες τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα, καθώς και τις μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, συμπεριλαμβανομένων των υδροηλεκτρικών σταθμών.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του 2022, βρίσκονταν υπό κατασκευή πάνω από 840 MW νέων αιολικών πάρκων. Το 2022 ήταν το έτος κατά το οποίο η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μεγάλα υδροηλεκτρικά (23667 GWh) ξεπέρασε την παραγωγή από ορυκτό αέριο και λιγνίτη μαζί (23534 GWh) (ΟΤ 2023). Συνολικά οι ΑΠΕ μαζί με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά κάλυψαν το 46,7 % της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το 2022, το φυσικό αέριο το 35,4 % και ο λιγνίτης το 11 %.

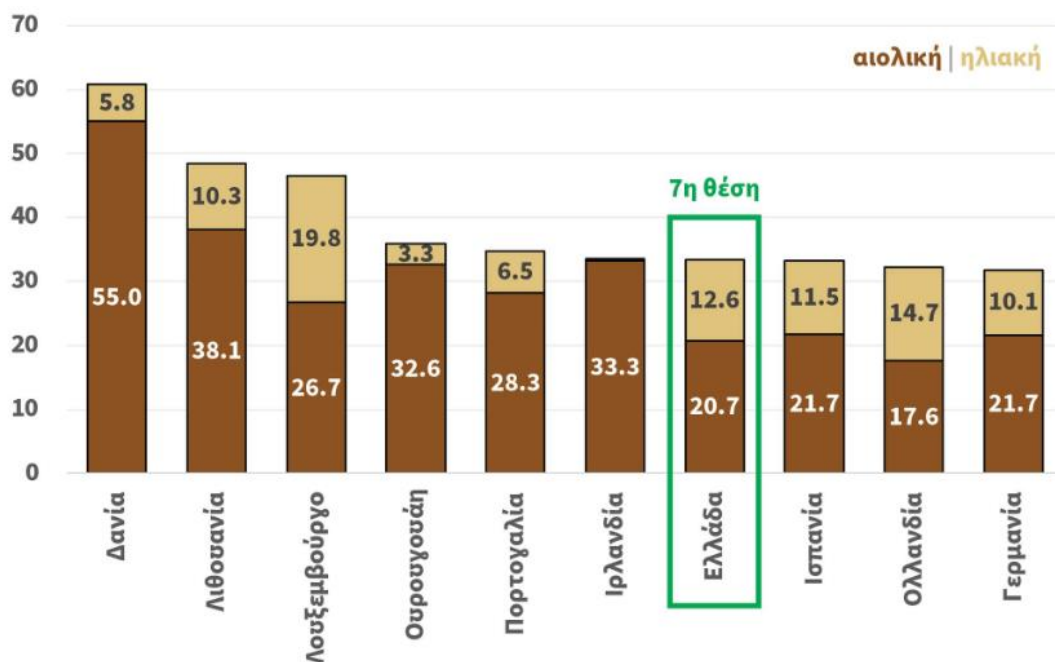
Στην Εικόνα 2-1, παρουσιάζεται το πλήθος και η ισχύς έργων αυτοπαραγωγής από ενεργειακές κοινότητες (Πηγή ΔΕΔΔΗΕ), όπως φαίνεται η εξέλιξη είναι ραγδαία από τον Απρίλιο του 2018 έως τον Νοέμβριο του 2022, όπου το 2018 παρατηρείται μηδενική ισχύς και μηδενικές αιτήσεις για ενεργειακές κοινότητες, ενώ το 2022 η συνολική ισχύ ξεπερνά τα 80MW και επίσης συνολικές νέες αιτήσεις 150.



Εικόνα 2-1. Πλήθος και ισχύς έργων αυτοπαραγωγής ενεργειακών κοινοτήτων (Πηγή ΔΕΔΔΗΕ).

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί πως η Ελλάδα είχε τη δεύτερη καλύτερη επίδοση σε επίπεδο ποσοστού της φωτοβολταϊκής παραγωγής στο συνολικό όγκο της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη. Το ποσοστό αυτό αυξήθηκε από 9,6% σε 12,6% μέσα σε ένα χρόνο. Από 3.660 MW στο τέλος του 2021 έφθασαν στα 4.570 MW το Δεκέμβριο του 2022, σύμφωνα με τον ΔΑΠΕΕΠ. Τα στατιστικά του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών για την εξέλιξη της αγοράς δείχνουν ότι το αμέσως προηγούμενο ρεκόρ καταγράφηκε το 2013 με 1.043 νέα MW ενώ μεσολάβησαν χρονιές κατά τις οποίες προστέθηκαν λιγότερα από 10 MW.

Ακόμη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-1, σύμφωνα με μελέτη της δεξαμενής σκέψης Ember, η Ελλάδα κατατάσσεται 7^η παγκοσμίως μεταξύ των χωρών με τη μεγαλύτερη διείσδυση ΑΠΕ το 2022.



Εικόνα 2-2. Κατάταξη Ελλάδας με βάση τις ΑΠΕ (Πηγή Ember, GER 2023).

3

Ενεργειακές Κοινότητες

Οι ενεργειακές κοινότητες είναι ένα σημαντικό κομμάτι του σύγχρονου ενεργειακού τοπίου, προωθώντας τη βιωσιμότητα και την ανανεώσιμη ενέργεια. Συγκεκριμένα, ορίζονται ως τοπικοί αστικοί συνεταιρισμοί αποκλειστικού σκοπού, μέσω των οποίων τα μέλη αυτών μπορούν να δραστηριοποιηθούν στον ενεργειακό τομέα, αξιοποιώντας τις καθαρές πηγές ενέργειας. Δημιουργήθηκαν βάσει του νόμου Ν. 4513/2018 και στη συνέχεια του Ν. 4579/2020, όπου τα άτομα που τις απαρτίζουν μπορούν να παράγουν το δικό τους ρεύμα τόσο για ιδιωτική κατανάλωση όσο και για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Σε μια τέτοιου είδους κοινότητα μπορούν να συμμετέχουν όλα τα φυσικά και νόμιμα πρόσωπα, συμπεριλαμβανομένων και των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης και ο ελάχιστος αριθμός μελών είναι πέντε (5).

Οι ενεργειακές κοινότητες είναι ένας νέος και καινοτόμος τρόπος παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ενέργειας που βασίζεται στη συνεργασία και τη συμμετοχή των κατοίκων μιας περιοχής ή ενός κοινωνικού συνόλου. Ο σκοπός τους είναι να προωθήσουν την αειφόρο ενέργεια, να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να δημιουργήσουν τοπικές ενεργειακές αυτόρκες κοινότητες.

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των ενεργειακών κοινοτήτων περιλαμβάνουν:

- ✓ **Αυτόρκεια:** Οι ενεργειακές κοινότητες προσπαθούν να καταστούν αυτόρκες στην παραγωγή της ενέργειας τους, συχνά χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια και η βιομάζα.
- ✓ **Κοινωνική συμμετοχή:** Οι κάτοικοι ενεργειακών κοινοτήτων συνεργάζονται για να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την παραγωγή και τη διανομή της

ενέργειας. Αυτό δίνει στους κατοίκους τη δυνατότητα να έχουν περισσότερο έλεγχο επί της ενέργειας που καταναλώνουν και της τιμής που πληρώνουν.

- ✓ Βιώσιμη παραγωγή: Οι ενεργειακές κοινότητες προωθούν τη βιώσιμη παραγωγή ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο κλίμα.
- ✓ Οικονομική ευκαιρία: Οι ενεργειακές κοινότητες μπορούν να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας στην τοπική οικονομία, όπως την εγκατάσταση και συντήρηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- ✓ Κοινωνική συνοχή: Η συμμετοχή σε ενεργειακές κοινότητες ενισχύει τις σχέσεις κοινωνικής συνοχής μεταξύ των κατοίκων και της τοπικής κοινότητας.

Οι δραστηριότητες των ενεργειακών κοινοτήτων ποικίλουν και μπορεί να έχουν κερδοσκοπικό ή μη χαρακτήρα. Μερικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:

- ✓ Λειτουργία Φ/Β πάρκου από ΟΤΑ για ηλιακή κοινωνική πολιτική
- ✓ Λειτουργία Φ/Β συστήματος σε κτίριο ή πάρκο για εικονική αυτοπαραγωγή
- ✓ Λειτουργία βιομάζας ή βιοαερίου για παραγωγή ενέργειας από αγροτική κοινότητα

3.1 Μορφές Ενεργειακών Κοινοτήτων

Οι ενεργειακές κοινότητες αντιπροσωπεύουν μια καινοτόμο προσέγγιση στον τομέα της ενέργειας που έχει να κάνει με τη συλλογική παραγωγή, διαχείριση και κατανάλωση ενέργειας. Αυτές οι κοινότητες αποτελούνται από άτομα, νοικοκυριά, επιχειρήσεις ή άλλους οργανισμούς που συνεργάζονται για να δημιουργήσουν και να μοιραστούν κοινές πηγές ενέργειας. Υπάρχουν διάφορες μορφές ενεργειακών κοινοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

1. Κοινοτικά Ανανεώσιμα Έργα (Community Renewable Projects): Σε αυτήν την περίπτωση, μια κοινότητα επενδύει στην ανάπτυξη και λειτουργία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά πάρκα, αιολικά πάρκα ή μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Οι πόροι και οι παραγόμενες εσοδείες μοιράζονται στα μέλη της κοινότητας.

2. Ενεργειακές Συνεταιριστικές Επιχειρήσεις (Energy Cooperatives): Σε αυτές τις κοινότητες, οι άνθρωποι ενώνονται για να δημιουργήσουν συνεταιριστικές εταιρείες που επενδύουν σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα στέγασης ή ηλιακούς θερμοσίφωνες. Τα μέλη έχουν δικαιώματα ψήφου και μοιράζονται τα κέρδη.
3. Συλλογική Αυτοπαραγωγή (Collective Self-Generation): Σε αυτό το μοντέλο, τα νοικοκυριά ή οι επιχειρήσεις εγκαθιστούν τα δικά τους ανανεώσιμα ενεργειακά συστήματα, όπως ηλιακούς συλλέκτες ή ανεμογεννήτριες, και παράγουν ενέργεια για την ατομική τους κατανάλωση, αλλά ενδέχεται να πωλούν και περίσσεια ενέργεια στο δίκτυο.
4. Ενεργειακή Αυτάρκεια (Energy Autonomy): Σε αυτήν την προσέγγιση, οι κοινότητες επιδιώκουν να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες μέσω ανανεώσιμων πηγών και ενεργειακής αποθήκευσης χωρίς να εξαρτώνται από το κεντρικό δίκτυο. Αυτό περιλαμβάνει συστήματα ηλιακής ενέργειας και μπαταριών.

3.2 Λειτουργίες Ενεργειακών Δραστηριοτήτων

Οι ενεργειακές κοινότητες παρουσιάζουν έναν καινοτόμο τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, προάγοντας την αυτοδυναμία, την αειφορία και την ενεργειακή ανεξαρτησία των κοινοτήτων. Μπορούν να συμμετέχουν σε παραδοσιακές δραστηριότητες αλλά και σε νέες επιχειρηματικές ιδέες.

Έχει αναδειχθεί μια τάση όπου μικρότερες ενεργειακές κοινότητες επικεντρώνονται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.). Αυτό σημαίνει ότι εγκαθιστούν και λειτουργούν ανανεώσιμα συστήματα παραγωγής ενέργειας, όπως ηλιακά πάνελ, ανεμογεννήτριες, βιομάζα κ.λπ., προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες των μελών τους και να προωθήσουν τη χρήση καθαρής ενέργειας στην τοπική κοινωνία. Η προαγωγή των Α.Π.Ε. σε τοπικό επίπεδο έχει πολλαπλά οφέλη. Συμβάλλει στην αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, καθώς μειώνει την εξάρτηση από συμβατικές πηγές και τις συνακόλουθες υψηλές τιμές ενέργειας καθώς παρέχει μια εναλλακτική επιλογή στους καταναλωτές και ενισχύει τη βιώσιμη ανάπτυξη. Επιπλέον, προσφέρει ενεργειακές

υπηρεσίες σε πιο προσιτές τιμές ή ακόμα και δωρεάν σε ευάλωτους καταναλωτές. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω προγραμμάτων ενίσχυσης, ενεργειακών επιδομάτων, εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων σε οικίες με χαμηλό εισόδημα κ.λπ.. Ωστόσο, υπάρχουν ενεργειακές κοινότητες που έχουν ευρύτερο ρόλο, συνδυάζοντας την παραγωγή, την προμήθεια και τη διανομή ενέργειας. Έτσι δημιουργούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα ενέργειας με αποτέλεσμα να ενδυναμώνουν την ενεργειακή ανεξαρτησία της κοινότητας.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντικές πτυχές για τις ενεργειακές κοινότητες. Η ανάπτυξη μιας ενεργειακής κουλτούρας μέσω της ενημέρωσης και της εκπαίδευσης των μελών της κοινότητας παίζει κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη αυτών των στόχων.

3.3 Ενεργειακός Συμψηφισμός - Net Metering

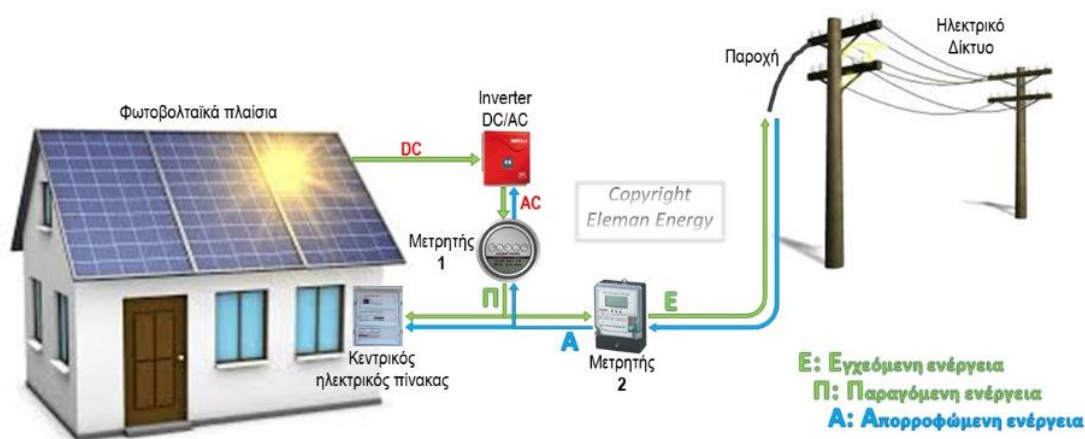
Ο όρος «Net Metering» αναφέρεται σε ένα σύστημα αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές Α.Π.Ε., όπως κυρίως τα φωτοβολταϊκά, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται στο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της κατανάλωσης, η ενέργεια που καταναλώνεται συμψηφίζεται με την ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Στο σύστημα Net Metering, η μέτρηση της ενέργειας που παράγεται και καταναλώνεται γίνεται με ένα δίκτυο μετρητών, που καταγράφει τόσο την εισερχόμενη ροή ενέργειας από το δίκτυο, όσο και την εξερχόμενη ροή προς το δίκτυο. Στο τέλος του κύκλου μέτρησης, υπολογίζεται η διαφορά ανάμεσα στην παραγόμενη και καταναλωμένη και είναι αυτή που χρεώνεται ή πιστώνεται στο τιμολόγιο. Αν η παραγόμενη ενέργεια υπερβαίνει την καταναλωμένη, η περίσσεια ενέργειας πιστώνεται και μεταφέρεται για τους επόμενους κύκλους μέτρησης. Αντίθετα, αν η παραγόμενη ενέργεια είναι μικρότερη, ο καταναλωτής πρέπει να αγοράσει την επιπλέον ενέργεια από το δίκτυο. Τελικά, κατά την εκκαθάριση σε μηνιαία, ετήσια ή άλλη βάση, γίνεται πιστωτική ή χρεωστική ισοσκέλιση και ο καταναλωτής εξοφλεί ή πιστώνεται για την αντίστοιχη ενέργεια.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων Net Metering μπορεί να γίνει τόσο επί κτιρίων όσο και επί εδάφους, σύμφωνα με την ισχύουσα πολεοδομική νομοθεσία.

Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να εγκατασταθούν σε διάφορους τύπους κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων εμπορικών, βιομηχανικών, γεωργικών και κτιρίων του πρωτογενούς τομέα, όπως αγροτικές αποθήκες ή κτηνοτροφικές μονάδες. Ωστόσο, οι ακριβείς περιορισμοί και απαιτήσεις για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να διαφέρουν, ανάλογα με τη νομοθεσία και τους κανονισμούς που ισχύουν στη συγκεκριμένη περιοχή ή χώρα. Ο ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Δικτύου Ηλεκτρικής Ενέργειας) μπορεί να έχει ορισμένες απαιτήσεις για τη σύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο και την ανάγκη να εγκατασταθεί σε κοντινή απόσταση από τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης που τροφοδοτεί.

Η Εικόνα 3.1. περιγράφει με απλό τρόπο την διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού.



Εικόνα 3-1. Διαδικασία net metering (Πηγή eleman.gr)

3.3.1 Οφέλη Net Metering

Ο ενεργειακός συμψηφισμός παρέχει πολλά οφέλη στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν ΑΠΕ για την αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με το Net Metering, οι καταναλωτές μπορούν να εκμεταλλευτούν πλήρως την παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β τους συστήματα. Πιο αναλυτικά:

1. Αντίστροφη μέτρηση (Net Metering): Όλη η παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα διοχετεύεται στην κατανάλωση του χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Χαραλαμπία Ελευθερίου

- μετρίεται αντίστροφα, δηλαδή αφαιρείται από τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του καταναλωτή.
2. Άντληση ενέργειας από το δίκτυο: Όταν η παραγωγή ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης, ο καταναλωτής μπορεί να αντλήσει την έλλειψη από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο.
 3. Αποθήκευση περισσευόμενης ενέργειας: Όταν υπάρχει περίσσειμα ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα, αυτή αποθηκεύεται στο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον καταναλωτή σε μεταγενέστερο χρόνο, παρέχοντας ευελιξία και αποθετική δυνατότητα.
 4. Συμψηφισμός ενέργειας: Η ενέργεια που αντλείται από το δίκτυο συμψηφίζεται με την ενέργεια που αποθηκεύτηκε σε αυτό και η χρέωση γίνεται μόνο για τη διαφορά ανάμεσά τους. Αυτό σημαίνει ότι ο καταναλωτής πληρώνει μόνο για την καθαρή ενέργεια που πραγματικά απορροφά από το δίκτυο.
 5. Επέκταση της ισχύος: Ο καταναλωτής μπορεί να αιτηθεί την αύξηση της ισχύος του εγκατεστημένου φωτοβολταϊκού συστήματος, εφόσον το δίκτυο υποστηρίζει το επιπλέον φορτίο. Υπάρχουν προδιαγραφές για τις μονοφασικές και τριφασικές εγκαταστάσεις, ανάλογα με την τάση του δικτύου.
 6. Περιβαλλοντικά οφέλη: Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και το Net Metering συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂, καθώς αντικαθιστούν παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο λιγνίτης, ο πετρέλαιο, το καύσιμο ξύλο, το υγραέριο και τη βενζίνη.

Συνολικά, το Net Metering προσφέρει πολλά οφέλη στους καταναλωτές, συμβάλλοντας στη μείωση του λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας, την αυτονομία στην παραγωγή ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

3.3.2 Διαδικασία Net Metering

Η διαδικασία του Net Metering είναι ένας σύνθετος, αλλά σημαντικός τρόπος για τους καταναλωτές να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά συστήματα και να παράγουν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια.

Πρώτο βήμα, είναι ο σχεδιασμός και η επιλογή του φωτοβολταϊκού συστήματος που επιθυμεί να εγκαταστήσει ο εκάστοτε ιδιώτης ή επιχείρηση. Στη συνέχεια, γίνεται επικοινωνία με τον τοπικό πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) για να υποβληθεί αίτηση, η οποία περιλαμβάνει την παροχή πληροφοριών σχετικά με το σύστημα, τις προδιαγραφές και την τοποθεσία. Ο πάροχος αξιολογεί την αίτηση, ελέγχει το σύστημα και τις αναγκαίες προδιαγραφές, και σε περίπτωση έγκρισης, παρέχει τις απαραίτητες οδηγίες. Πραγματοποιείται η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, δηλαδή την τοποθέτηση των πάνελ, των αντιστροφών και των απαραίτητων μετρητών καθώς και ο αντίστροφος μετρητής για τον προσδιορισμό τόσο της εισερχόμενης όσο και της εξερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα, το σύστημα συνδέεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια ηλιόλουστων περιόδων, το φωτοβολταϊκό σύστημα θα παράγει ρεύμα που θα τροφοδοτεί το δίκτυο. Όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνει, το πλεόνασμα ενέργειας εκτρέπεται στο δίκτυο και πιστώνεται στον αντίστροφο μετρητή. Την νύχτα ή όταν χρειάζεται περισσότερη ενέργεια από την παραγόμενη, αυτή αντλείται από το δίκτυο, και η διαφορά αυτή υπολογίζεται από τον μετρητή.

Στο τέλος του κύκλου χρέωσης, ο λογαριασμός εκδίδεται με βάση τη διαφορά της παραγόμενης και καταναλωμένης ενέργειας. Το Net Metering επιτρέπει στους καταναλωτές να μειώσουν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και να συμβάλουν στην πράσινη ενέργεια.

4

Τεχνική Μελέτη

4.1 Ανάλυση Ενεργειακών Δεδομένων

Τα ενεργειακά δεδομένα αναφέρονται στις πληροφορίες που σχετίζονται με την παραγωγή, τη μεταφορά, τη διανομή και την κατανάλωση ενέργειας. Η ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων επιτρέπει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ενεργειακών πολιτικών και των στρατηγικών ανανεώσιμης ενέργειας, την αναγνώριση των τάσεων στη χρήση της ενέργειας και τη δημιουργία στρατηγικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η νέα ενεργειακή κοινότητα «Ελιά» εδρεύει στον οικισμό της Αχλαδεράς, που βρίσκεται στον Δήμο Κύμης – Αλιβερίου, στην Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας. Ο δήμος αυτός καλύπτει μια έκταση 801,21 τετραγωνικών χιλιομέτρων (τ.χλμ) και στεγάζει έναν πληθυσμό που, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, αριθμεί 28.437 κατοίκους.

Τα μέλη που θα απαρτίζουν την ενεργειακή κοινότητα είναι 100 νοικοκυριά. Σημειώνεται ότι τα μέλη αυτά προέρχονται από την τοπική κοινότητα της Αχλαδεράς, χωρίς την εμπλοκή των τοπικών αρχών του Δήμου.



Εικόνα 4-1. Γεωγραφική Απεικόνιση ΟΤΑ που συμμετέχουν στην Ελιά Ενεργειακή Κοινότητα.

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ 2012), έπειτα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε με ενεργειακά δεδομένα τόσο για τους χειμερινούς (Οκτώβριος – Απρίλιος) όσο και για τους θερινούς μήνες (Μάιος – Σεπτέμβριος), η Μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ανά νοικοκυριό είναι **3.750 KWh**.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο βαθμός αστικότητας, οι κλιματολογικές συνθήκες, οι ενεργειακές συνήθειες και άλλα που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής των κατοίκων σε κάθε περιοχή. Η συγκεκριμένη μελέτη εστιάζει στην ενεργειακή κατανάλωση σε αγροτική περιοχή, οπότε η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μειώνεται σε **3.070 KWh**.

Στον ενεργειακό συμψηφισμό θα συμμετέχουν 100 παροχές ηλεκτρικού ρεύματος, άρα η συνολική μέση ηλεκτρική κατανάλωση είναι **307.000 KWh ή 307 MWh** το έτος.

4.1.1 Ανάλυση ηλιακής ακτινοβολίας

Η φωτεινή ακτινοβολία προέρχεται από τον Ήλιο και αποτελεί μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αποτελεί την πηγή της ενέργειας που μπορεί να εκμεταλλευτεί με δύο τρόπους:

1. **Ηλιακά Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Photovoltaic Systems):** Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά κύτταρα για να μετατρέψουν τη φωτεινή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ηλεκτρικών συσκευών και δικτύων.
2. **Ηλιακά Θερμικά Συστήματα (Solar Thermal Systems):** Τα ηλιακά θερμικά συστήματα αξιοποιούν τη φωτεινή ακτινοβολία για να θερμάνουν υγρά που κυκλοφορούν μέσα από συλλέκτες. Το θερμικά αυτά υγρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση νερού σε κατοικίες ή επιχειρήσεις.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης αποτελείται από δύο κύριες συνιστώσες, την απευθείας ακτινοβολία και τη διάχυτη ακτινοβολία. Η απευθείας είναι η ακτινοβολία που προέρχεται κατευθείαν από τον Ήλιο και φτάνει κάθετα στην επιφάνεια της Γης. Η τυπική τιμή της είναι περίπου 800 W/m^2 .

Η διάχυτη ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα της Γης και φθάνει στην επιφάνεια αφού έχει διασκορπιστεί. Η τυπική τιμή της διάχυτης ακτινοβολίας είναι περίπου 100 W/m^2 . Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης είναι το άθροισμα αυτών των δύο συνιστωσών και μετριέται σε W/m^2 .

Οι τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών εκμεταλλεύονται την ολική φωτεινή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλες τεχνολογίες, όπως τα συγκεντρωτικά φωτοβολταϊκά, αξιοποιούν μόνο την απευθείας ακτινοβολία. Η ποσότητα της ενέργειας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια 1 τετραγωνικού μέτρου κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος ονομάζεται ενεργειακή απολαβή και μετριέται συνήθως σε kWh/m^2 .

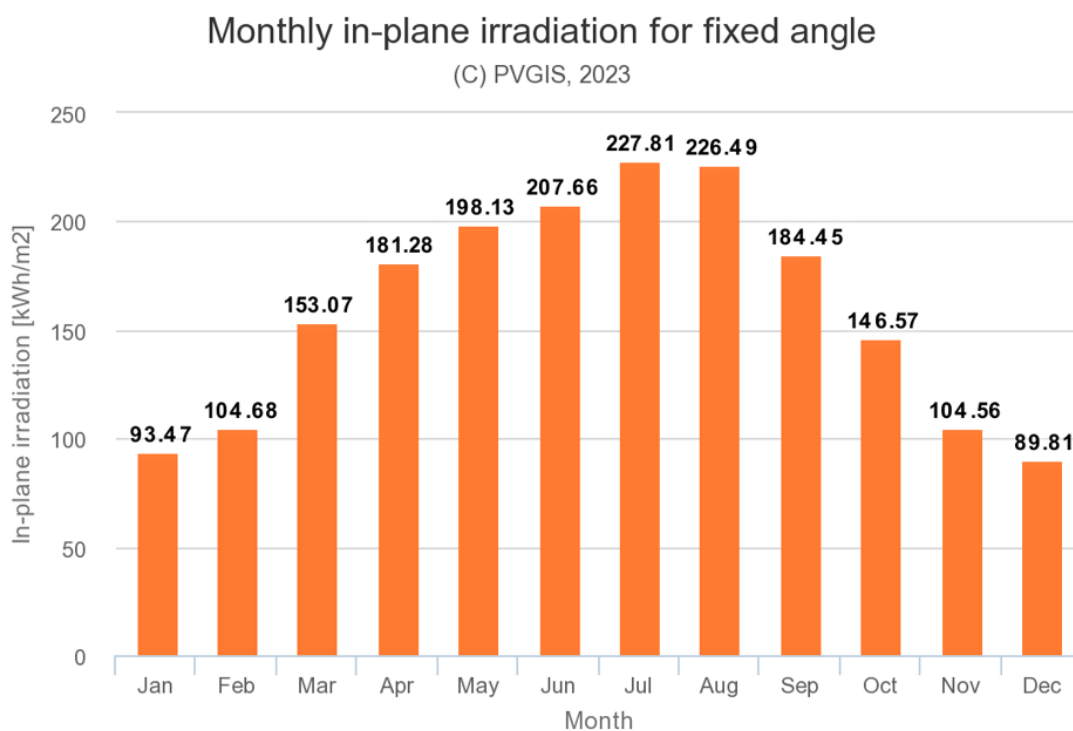
Για την παρακάτω ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η ενεργειακή πλατφόρμα PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) (PVGIS 2023). Το PVGIS είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο, που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα σε διάφορες τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από φωτοβολταϊκούς εγκαταστάτες, ερευνητές και άλλους για να υπολογίσουν την προβλεπόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα σε διάφορες γεωγραφικές τοποθεσίες. Το PVGIS παρέχεται από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και είναι δωρεάν προς χρήση.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το PVGIS-SARAH (PVGIS 2023), η ενεργειακή απολαβή στην περιοχή ενδιαφέροντος ανέρχεται σε **1920 kWh/m²** το έτος και απεικονίζεται αναλυτικότερα σε μηνιαία βάση στο Σχήμα 4.1.

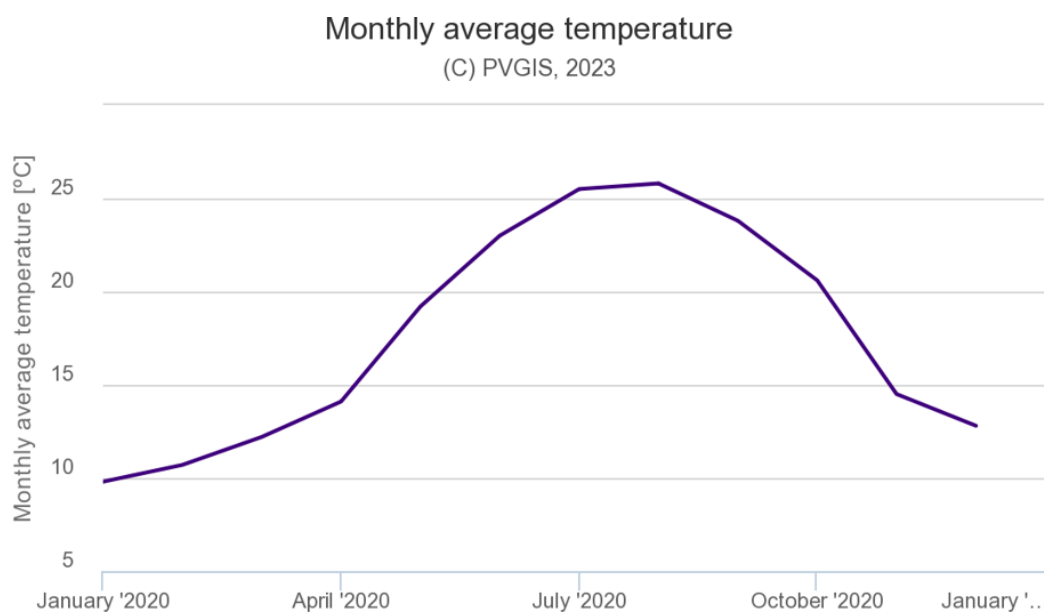
Εκτός από την ηλιακή ισχύ, η φωτοβολταϊκή παραγωγή, είναι υπό την επίδραση πολλών άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοσή της. Συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειώνεται λόγω παραγόντων όπως η κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ, ο προσανατολισμός τους, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας και η ταχύτητα του ανέμου.

Στο Σχήμα 4.2. απεικονίζεται η μέση θερμοκρασία στην περιοχή εγκατάστασης και στο Σχήμα 4.3. η μέση μηνιαία διάχυτη πυκνότητα ισχύος, με δεδομένα που πάρθηκαν από τη βάση δεδομένων PVGIS-SARAH.

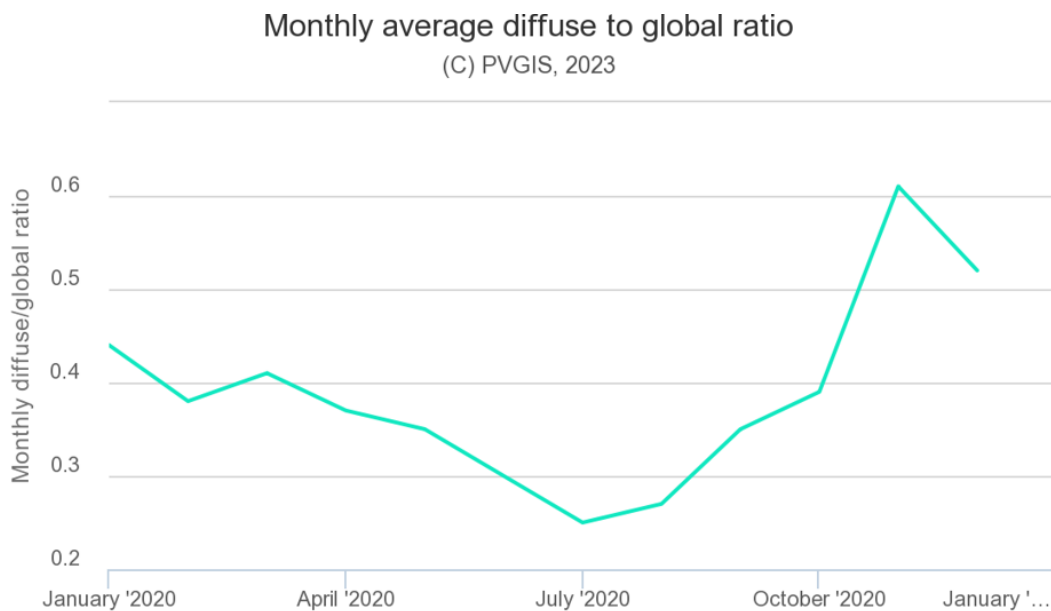
Όπως παρατηρείται, η μέση θερμοκρασία κινείται στους 17,4 °C και η διάχυτη πυκνότητα τους θερινούς μήνες βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας και σε υψηλά τους χειμερινούς.



Σχήμα 4-1. Μηνιαία ενεργειακή απολαβή στην περιοχή εγκατάστασης του ΦΒ σταθμού (PVGIS 2023).



Σχήμα 4-2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή εγκατάστασης του ΦΒ σταθμού (PVGIS 2023).



Σχήμα 4-3. Μηνιαία μέση διάχυτη πυκνότητα ισχύος (PVGIS 2023).

4.2 Απόδοση Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος αναφέρεται στην ικανότητά του να μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν αυτήν την απόδοση. Οι κύριοι παράγοντες περιλαμβάνουν την τοποθεσία του συστήματος, την κλίση και την κατεύθυνση των φωτοβολταϊκών πάνελ, τις καιρικές συνθήκες και τον τύπο των πάνελ.

Η τοποθεσία είναι κρίσιμη για την απόδοση, καθώς απαιτείται αρκετή ηλιοφάνεια για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος. Επιπλέον, η κλίση και η κατεύθυνση των πάνελ επηρεάζουν το πόσο άμεσα εκθέτονται στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι καιρικές συνθήκες, όπως η σκιά από δέντρα ή κτίρια, μπορούν να επηρεάσουν επίσης την απόδοση.

Ο τύπος των πάνελ παίζει κρίσιμο ρόλο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πάνελ, όπως μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά. Κάθε τύπος έχει διαφορετική απόδοση και αποτελεσματικότητα.

Συνολικά, μια καλή εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να έχει απόδοση περίπου 15-20% ή περισσότερο, ανάλογα με τις συνθήκες.

Βάσει των ενεργειακών πληροφοριών που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.1, το τελικό φωτοβολταϊκό σύστημα αναμένεται να έχει ισχύ 200 kW και θα είναι προσανατολισμένο προς το νότο (180°).

Θα χρησιμοποιηθούν 625 πάνελ των 320 Watt, τα οποία αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.3, άρα δηλαδή

$$\text{Εγκατεστημένη ισχύς} = 625 \text{ πάνελ} \times 320 \text{ W} = 200 \text{ kW}$$

Η γωνία κλίσης των βάσεων έχει επιλεγεί να είναι 28° βάσει της γεωγραφικής χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού σταθμού και της βέλτιστης απόδοσης των πάνελ σε αυτήν την κλίση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Να σημειωθεί πως συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 25° -30° (HELAPCO 2013). Ο ακριβής προσδιορισμός της χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού σταθμού θα γίνει από τον ανάδοχο, λαμβάνοντας υπόψη τα προσφερόμενα πλαίσια, όπως διαστάσεις, απόδοση και άλλα σχετικά χαρακτηριστικά.

Επιπλέον, η ακριβής ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού θα καθοριστεί και αυτή από τον ανάδοχο, λαμβάνοντας υπόψη το είδος και την τεχνολογία του φωτοβολταϊκού συστήματος που θα προσφέρει.

Στον Πίνακα 4.1. περιγράφονται οι παράμετροι που εισήχθησαν στην πλατφόρμα του Γεωγραφικού Πληροφοριακού συστήματος για Φ/Β εφαρμογές (Photovoltaic Geographical Information System PVGIS) του European Commission Joint Research Centre (JRC), για τον υπολογισμό των μηνιαίων ενεργειακών απολαβών του Φ/Β σταθμού.

Επιπρόσθετα, στον Πίνακα 4.2. καταγράφονται οι μηνιαίες παραγωγές ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β σταθμού. Συγκεκριμένα, η πρώτη στήλη αναφέρεται στην μοναδιαία μηνιαία παραγωγή ανά 1KW εγκατεστημένης ισχύος και η δεύτερη στήλη στην μοναδιαία μηνιαία παραγωγή για τον Φ/Β σταθμό εγκατεστημένης ισχύος 200 kW.

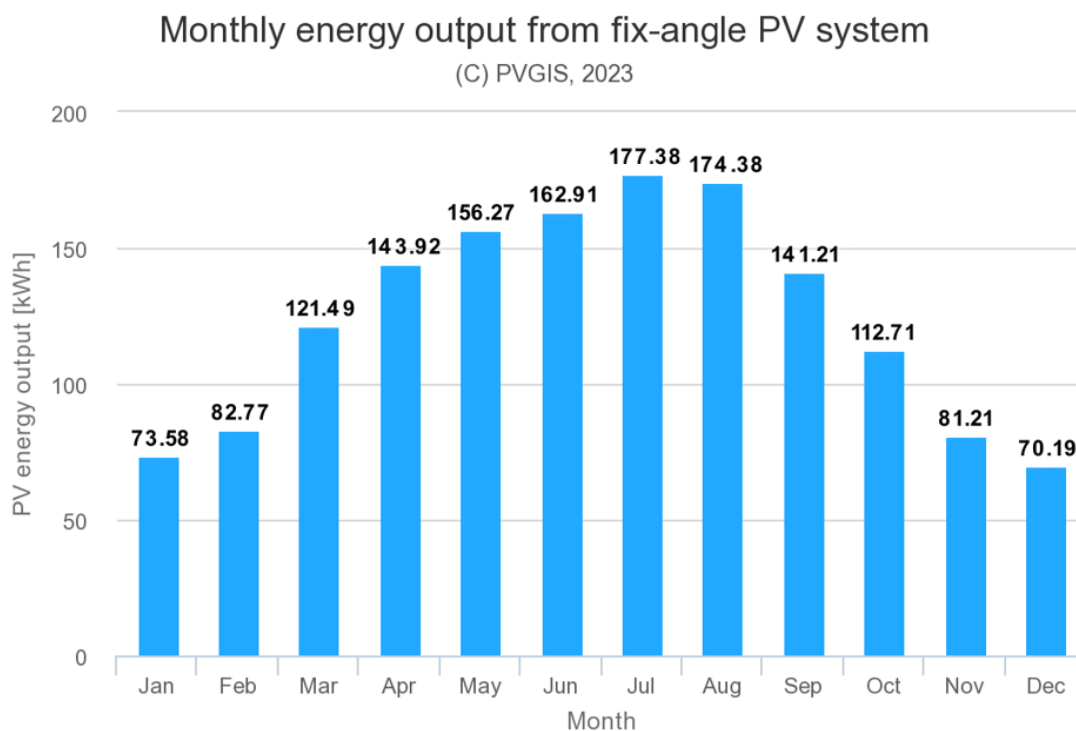
Παράλληλα, στο Σχήμα 4.4. παρουσιάζεται η μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό συνολικής ισχύος 1kW, ενώ το Σχήμα 4.5. αναπαριστά τη μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό ισχύος 200 kW, όπως υπολογίστηκε παραπάνω.

Παράμετροι PVGIS	
Βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας (Solar radiation database)	PVGIS-SARAH
Τεχνολογία Φ/Β πλαισίων (PV technology)	ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΥΡΙΤΙΟ
Μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμού (kWp) (Installed peak PV power [kWp])	200
Απώλειες συστήματος (%) (System loss [%])	14%
Θέση στήριξης (Mounting position)	ΣΤΑΘΕΡΗ
Κλίση τοποθέτησης (°) (Slope)	28°
Αζιμούθιο (°) (Azimuth)	180°

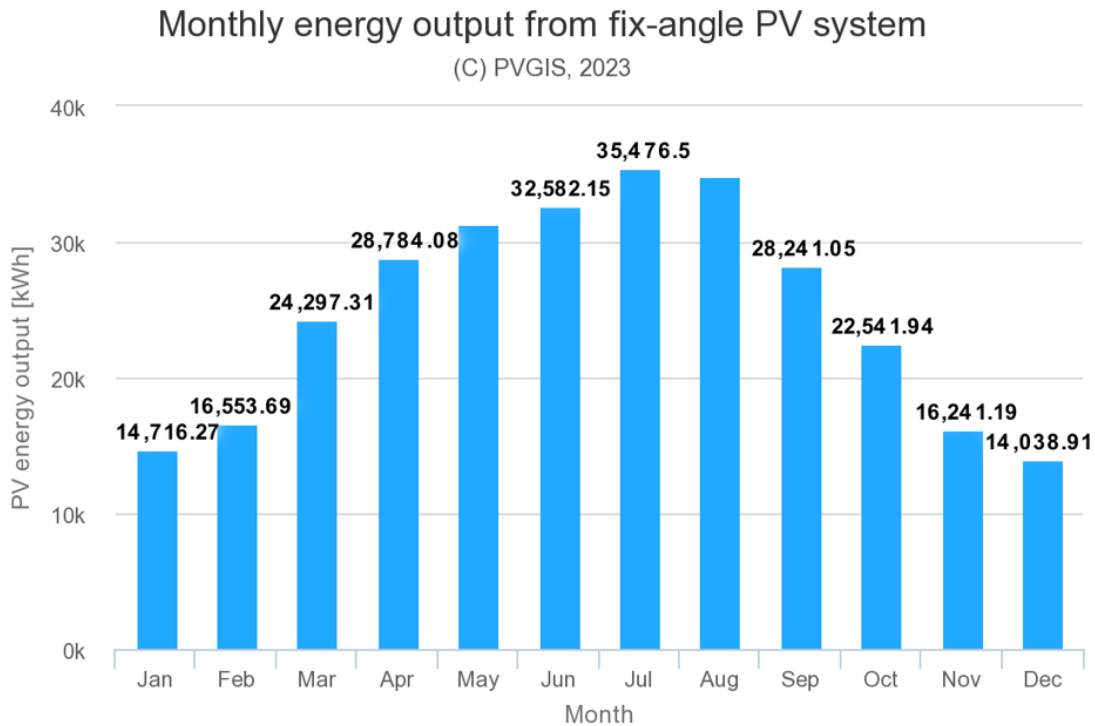
Πίνακας 4-1. Παράμετροι που εισήχθησαν στη βάση δεδομένων PVGIS.

	Παραγωγή από 1kW	Παραγωγή από 200kW
Months	Μοναδιαία Μηνιαία Παραγωγή (kWh)	Μηνιαία Παραγωγή Φ/Β σταθμού (kWh)
Ιανουάριος	73,58	14716,27
Φεβρουάριος	82,77	16553,69
Μάρτιος	121,49	24297,31
Απρίλιος	143,92	28784,08
Μάιος	156,27	31253,23
Ιούνιος	162,91	32582,15
Ιούλιος	177,38	35476,50
Αύγουστος	174,38	34876,11
Σεπτέμβριος	141,21	28241,05
Οκτώβριος	112,71	22541,94
Νοέμβριος	81,21	16241,19
Δεκέμβριος	70,19	14038,91
Summary	1498,02	299602,43

Πίνακας 4-2. Πίνακας μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής Φ/Β σταθμού 200kWp (PVGIS 2023).



Σχήμα 4-4. Μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό 1 kWp (PVGIS 2023).



Σχήμα 4-5. Μηνιαία παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σταθμό 200kWp (PVGIS 2023).

4.3 Χωροθέτηση Φ/Β Σταθμού

Η χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού είναι κρίσιμης σημασίας για την απόδοση και τη λειτουργία του συστήματος και απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και λήψη όλων των σχετικών παραγόντων υπόψη για τη σωστή διασφάλιση του σταθμού.

Κατά τη χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί παράγοντες. Αρχικά, πρέπει να επιλεγεί τοποθεσία με άφθονη ηλιοφάνεια, όπου τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα λαμβάνουν μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στη συνέχεια, τα πάνελ πρέπει να τοποθετούνται υπό τη σωστή γωνία προς τον ήλιο, προκειμένου να εξασφαλιστεί η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας. Η κατεύθυνση και η γωνία αυτή εξαρτώνται από τη γεωγραφική τοποθεσία και τον εποχικό χαρακτήρα της ηλιοφάνειας.

Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση των Φ/Β πάνελ και του εξοπλισμού, καθώς και ο χώρος για τυχόν συντήρηση.

Τέλος, η επιλογή του χώρου πρέπει να είναι συμμορφωμένη με όλους τους νομικούς και κανονιστικούς περιορισμούς που ισχύουν στην ευρύτερη περιοχή όσον αφορά τη χρήση και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού της συγκεκριμένης μελέτης θα πραγματοποιηθεί εκτός του οικισμού Αχλαδεράς στη θέση Τρικόβλιο Καλάμου στην περιοχή του Δήμου Κύμης – Αλιβερίου. Παρακάτω, στους Πίνακες 4.3 και 4.4 αποτυπώνονται τα χαρακτηριστικά και οι γεωδαιτικές συντεταγμένες του οικοπέδου αντίστοιχα, ενώ στην Εικόνα 4.2. παριστάνεται η γεωγραφική θέση του Φ/Β συστήματος.



Εικόνα 4-2 .Γεωγραφική θέση Τρικόβλιο Καλάμου Δήμου Κύμης – Αλιβερίου.

Είδος Υποδομής	Θέση	Κυριότητα Ακινήτου	Αριθμός Παροχής
Γήπεδο συνολικής επιφάνειας 4287 m ²	Εκτός οικισμού Αχλαδεράς θέση Τρικόβλιο Δήμου Κύμης- Αλιβερίου	Δήμος Κύμης - Αλιβερίου	Νέα Παροχή

Πίνακας 4-3. Χαρακτηριστικά οικοπέδου.

Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο
38.450 N	38.450 E	156 m

Πίνακας 4-4. Γεωδαιτικές συντεταγμένες και υψόμετρο οικοπέδου.

4.4 Τεχνική Περιγραφή - Γενική Περιγραφή Αρχιτεκτονικής

Ο φωτοβολταϊκός (Φ/Β) σταθμός είναι ένα σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί φωτοβολταϊκά πάνελ για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα Φ/Β Πλαίσια παράγουν Συνεχές Ρεύμα (ΣΡ) ανάλογα με την ένταση της ηλιοφάνειας, Κατά τη διάρκεια μιας αίθριας ημέρας, όταν ο ήλιος βρίσκεται υπό κανονική κλίση σε σχέση με τα Φ/Β Πλαίσια, παράγεται η μέγιστη ενέργεια.

Ωστόσο, η παραγωγή ενέργειας μειώνεται κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες και κατά τις εποχές που ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα ή χαμηλότερα στον ουρανό, καθώς και κατά τις νεφελώδεις ημέρες. Επιπλέον, ο Φ/Β σταθμός δεν παράγει ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σε περίπτωση που παρουσιαστεί βλάβη στο δίκτυο της Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, το σύστημα αποσυνδέεται αυτόματα για λόγους ασφαλείας.

Η δομή της εγκατάστασης βασίζεται στην αρχιτεκτονική ενός κεντρικού Αντιστροφέα εγκατεστημένου σε κατάλληλη θέση μέσα σε έναν υποσταθμό παραγωγής/ανύψωσης. Η μικρότερη δομική μονάδα του σταθμού είναι το Φ/Β πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει πολλά διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία (cells) που περικλείονται από προστατευτικά υλικά και τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο αλουμινίου. Τα πλαίσια είναι συνδεδεμένα ηλεκτρικά ανά ομάδες- συστοιχίες που ονομάζονται (strings) και τοποθετούνται σε ειδικές κατασκευές στήριξης. Κάθε συστοιχία- κύκλωμα αποτελείται από πλαίσια που συνδέονται σε σειρά με βάση τον επιλεγμένο Αντιστροφέα, για να επιτευχθεί η επιθυμητή τάση εισόδου.

Ο Αντιστροφέας (inverter) είναι υπεύθυνος για την μετατροπή του παραγόμενου συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενα ρεύμα, συμβατό με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ και έχει ονομαστική ισχύ εξόδου 1000 kW. Η έξοδος του αντιστροφέα οδηγείται μέσω του πεδίου της χαμηλής τάσης Χ.Τ. σε έναν τριφασικό μετασχηματιστή που

ανυψώνει την τάση στα 20kV, η οποία αντιστοιχεί στην τάση του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ, στον οποίο διοχετεύεται και η παραγόμενη ενέργεια του σταθμού.

Το πεδίο αναχώρησης της ενέργειας που παράγεται από τον Φ/Β σταθμό προς το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ ονομάζεται «κυψέλη μεταφοράς». Το πρωτεύον του μετασχηματιστή οδηγείται στην κυψέλη μεταφοράς μέσω κατάλληλου αγωγού μέσης τάσης και ακροκιβωτίων. Ο αυτόματος διακόπτης της κυψέλης μεταφοράς έχει την ικανότητα να συνδέει ή αποσυνδέει τον φωτοβολταϊκό σταθμό από το δίκτυο, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και την κατάσταση του δικτύου. Για παράδειγμα, σε περίπτωση βλάβης ή απότομων αλλαγών φορτίου στο δίκτυο, αποσυνδέεται αυτόματα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η απόδοση του φωτοβολταϊκού σταθμού επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η σκίαση και οι συνθήκες. Για τη βέλτιστη απόδοση, το σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί και να λειτουργήσει με προσεκτική επίβλεψη και συντήρηση.

4.4.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια

Τα Φ/Β Πλαίσια που υπολογίζονται για τη συγκεκριμένη μελέτη και εγκατάσταση είναι του οίκου S-ENERGY πολυκρυσταλλικού πυριτίου, τύπου SN320P-10, ονομαστικής ισχύος 320Watt ή άλλης εταιρείας αντιστοίχου ποιότητας, ίδιας ισχύος. Τα panel της S-ENERGY είναι Κορεατικής κατασκευής και υψηλής απόδοσης.

Η εγκατάσταση της κάθε στοιχειοσειράς (αριθμός Φ/Β Πλαισίων συνδεδεμένα ηλεκτρολογικά σε σειρά) θα γίνεται έτσι ώστε, Φ/Β Πλαίσια με παρόμοιο ρεύμα (I_{mp}), όπως αυτό προκύπτει από το flash report του εργοστασίου, να εγκαθίστανται στην ίδια στοιχειοσειρά (τόσο ηλεκτρολογικά όσο και χωροταξικά) ώστε να περιορίζονται οι απώλειες λόγω ηλεκτρικής ανομοιομορφίας (mismatch).

Για να επιτευχθεί αυτό, θα υπάρχει μια μέριμνα και διαχείριση των παραγγελιών φωτοβολταϊκών πλαισίων. Θα καταγράφονται τα στοιχεία κάθε πλαισίου πριν ή κατά την παραλαβή τους στο έργο. Τα πλαίσια θα ομαδοποιούνται με βάση την προταξινόμηση που έχει γίνει στο εργοστάσιο του προμηθευτή. Οι αριθμοί κατασκευαστή (serial numbers) των πλαισίων που ανήκουν στην ίδια στοιχειοσειρά θα είναι γνωστοί στους εγκαταστάτες και θα τηρείται η σωστή ομαδοποίηση κατά την εγκατάσταση, όπως ορίζεται από τον ανάδοχο. Επίσης, θα διεξάγονται μετρήσεις I-V σε κατάλληλες καιρικές συνθήκες, μεταξύ των ακροδεκτών κάθε στοιχειοσειράς.

Αν εντοπιστεί οποιοδήποτε σφάλμα σε μια στοιχειοσειρά, θα γίνονται μετρήσεις σε όλα τα πλαίσια της ίδιας στοιχειοσειράς.

Σκοπός των μετρήσεων αυτών είναι :

(α) ο εντοπισμός και η αντικατάσταση ελαττωματικών Φ/Β Πλαισίων τα οποία δεν έχουν ομαλά διαγράμματα I-V.

(β) Η εκτίμηση του ενδεχόμενου εκφυλισμού της πραγματικής ισχύος των στοιχειοσειρών ή/και των Φ/Β Πλαισίων με μετατροπή των μετρήσεων I-V με βάση τα πρότυπα IEC 60904-1, 60891, 60904-10 ή/και άλλο κατάλληλο πρότυπο ή αλγόριθμο σε συνθήκες STC.

4.4.2 Σύστημα Στήριξης Φ/Β Πλαισίων

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι τεχνικές λεπτομέρειες για το σύστημα στήριξης των Φ/Β πάνελ.

1. Σύστημα Στήριξης: Το σύστημα θα είναι μεταβλητής θέσης, με δυνατότητα να ιχνηλατεί την θέση του ήλιου από ανατολή προς δύση. Αυτό είναι σημαντικό για εκμετάλλευση του μέγιστου δυνατού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.
2. Υλικά: Το σύστημα στήριξης θα αποτελείται από μονό πάσσαλο διατομής τύπου C, κατασκευασμένο από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα (S235) με πάχος γαλβανίσματος 80μm. Οι επάνω μέρη των πασσάλων θα είναι από αλουμίνιο ή γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα. Οι βίδες που θα χρησιμοποιηθούν για τη συναρμολόγηση θα είναι χαλύβδινες, γαλβανισμένες και κατάλληλης κλάσης αντοχής.
3. Πιστοποίηση: Βασίζεται σε διάφορα φορτία όπως τα μόνιμα φορτία, οι θερμοκρασιακές μεταβολές, το φορτίο χιονιού και το φορτίο ανέμου, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΥΡΟΚΩΔΙΚΑ 1. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη δυναμικά φορτία, όπως αναφέρονται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ-2000) με τις συμπληρώσεις του 2003.
4. Εγκατάσταση: Οι εργασίες που θα εκτελεστούν κατά την εγκατάσταση του συστήματος στήριξης, συμπεριλαμβανομένης της συναρμολόγησης των μερών,

είναι η σταθεροποίηση των πασσάλων θεμελίωσης, η τοποθέτηση και η σταθεροποίηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων πάνω στα συστήματα στήριξης.

4.4.3 Αντιστροφέας (Inverter)

Ο αντιστροφέας θα είναι επιλογή μεταξύ των SCHNEIDER ELECTRIC, SMA και ABB, ειδικότερα του τύπου ULTRA – 1050.0 – TL.

Τα παρακάτω χαρακτηριστικά εξασφαλίζουν την συμμόρφωση του αντιστροφέα με τις τεχνικές και ασφαλείας προδιαγραφές που απαιτούνται για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στο δίκτυο.

Πιο αναλυτικά ο αντιστροφέας:

- ✓ Συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του ΔΕΔΔΗΕ για τη σύνδεση φωτοβολταϊκών σταθμών στο δίκτυο.
- ✓ Διαθέτει σύστημα αυτόματης αποσύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων από το δίκτυο σε περίπτωση πτώσης της τάσης.
- ✓ Διαθέτει δήλωση συμμόρφωσης CE από τον κατασκευαστή σύμφωνα με την οδηγία 2004/108/EC (ή 93/97/EC ή 89/336/EC).
- ✓ Συμμορφώνεται με την οδηγία για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα 2006/95/EC (ή 93/68/EC ή 73/23/EC).
- ✓ Συμμορφώνεται με την οδηγία για τη χαμηλή τάση.
- ✓ Συμμορφώνεται με το πρότυπο "VDE 0126-1-1: 2006" για την αυτόματη αποσύνδεση μεταξύ του γεννήτριου και του δημόσιου χαμηλής τάσης δικτύου.

4.4.4 Εγκατάσταση Ισχυρών Ρευμάτων

Όλες οι ηλεκτρολογικές εργασίες θα πραγματοποιηθούν σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, καθώς και με τους κανόνες της επιστήμης. Η ηλεκτρική εγκατάσταση θα συμμορφώνεται σύμφωνα με τους κανονισμούς που αφορούν τις αρμονικές και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, την ελληνική νομοθεσία, τους σχετικούς κανονισμούς εναρμόνισης με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές προδιαγραφές καθώς και με τους κανονισμούς που έχει θεσπίσει η ΔΕΗ σχετικά με την ποιότητα του παρεχόμενου ηλεκτρικού ρεύματος.

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων περιλαμβάνει:

- Την εγκατάσταση ρευματοδοτών και καλωδιώσεων.
- Την εγκατάσταση των πινάκων διανομής.
- Την εγκατάσταση του συστήματος γείωσης.
- Κάθε άλλη ηλεκτρική εγκατάσταση που απαιτείται.

4.4.4.1 Πεδίο Χαμηλής Τάσης και Αντίστοιχος Εξοπλισμός

Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

Τα καλώδια θα εισέρχονται σε κατάλληλο μεταλλοενδεδυμένο Πίνακα Χαμηλής Τάσης (Γ.Π.Χ.Τ) (METAL ENCLOSED SWITCHGEAR). Ο ηλεκτρικός πίνακας θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των εξής δοκιμών τύπου σύμφωνα με το πρότυπο EN 60439-1:

- ✓ Δοκιμή ανύψωσης θερμοκρασίας
- ✓ Δοκιμή διηλεκτρικής στάθμης
- ✓ Δοκιμή αντοχής σε βραχυκυκλώματα
- ✓ Δοκιμή αξιοπιστίας των συστημάτων προστασίας
- ✓ Δοκιμή των αποστάσεων περιθωρίων και ερπυσμού
- ✓ Δοκιμή της μηχανικής λειτουργίας
- ✓ Δοκιμή του βαθμού προστασίας.

Μονάδα Αδιάλειπτης Παροχής (UPS)

Στον οικίσκο Χαμηλής Τάσης του Φ/Β Σταθμού, προβλέπεται η εγκατάσταση του κατωτέρω συστήματος αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS):

- ✓ για την τροφοδοσία των κρίσιμων φορτίων των συστημάτων ασφαλείας (μονάδα Η/Υ, CCTV, σύστημα συναγερμού-εφόσον απαιτούνται, σύστημα πυρανίχνευσης κτλ.-για όσα από αυτά θα εγκατασταθούν-πέραν των απαιτήτων).
- ✓ για την τροφοδοσία των κρίσιμων φορτίων που αφορούν σε προστασίες (π.χ., Η/Ν των πεδίων Μ.Τ., σύστημα παρακολούθησης Μετασχηματιστή).
- ✓ για την τροφοδοσία του ενεργού εξοπλισμού .

Τα προτεινόμενα συστήματα θα συμμορφώνονται με τις βασικές απαιτήσεις του προτύπου 89/336 EEC, καθώς επίσης και των EN 50091-1-1 και EN 50091-2.

Το Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής θα είναι μονοφασικής εισόδου / μονοφασικής εξόδου, τεχνολογίας Line Interactive και θα αποτελείται από τα παρακάτω λειτουργικά μέρη:

- **Ανορθωτή/Φορτιστή Συσσωρευτών**
- **Συστοιχία συσσωρευτών τάσης 12 V** που θα υποστηρίζουν το φορτίο σε περιπτώσεις μεγάλων διακυμάνσεων της τάσεως δικτύου, μικρών διακοπών ή μίας ολικής διακοπής του δικτύου της ΔΕΗ, ενώ δεν χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν μόνο μικρές διακυμάνσεις σε αυτό.

Η ελάχιστη ισχύς που πρέπει να καλύπτουν οι μονάδες UPS δίδεται στους υπολογισμούς των αντιστοίχων ηλεκτρικών πινάκων, ενώ η αυτονομία τους θα είναι τουλάχιστον 45min.

4.4.4.2 Οικίσκος Μέσης Τάσης και Αντίστοιχος Εξοπλισμός

Πρότυπα

Ο εξοπλισμός του Υ/Σ θα έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και ελεγχθεί σύμφωνα με τα παρακάτω πρότυπα κατά IEC:

- Κοινές προδιαγραφές για πίνακες μέσης τάσης: IEC 60 694
- Πίνακες ΜΤ με μεταλλικό περίβλημα (1 το 52kV): IEC 60 298
- Διακόπτης φορτίου υψηλής τάσης AC: IEC 60 265
- Αποζεύκτης και γειωτής: IEC 60 129
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος μέσης τάσης AC: IEC 62271-100
- Ρελέ μέσης τάσης AC: 60 470
- Συνδυασμένοι διακόπτες με ασφάλειες, υψηλής τάσης: IEC 60 420
- Μετασχηματιστές έντασης: IEC 60 044-1
- Μετασχηματιστές τάσης: IEC 60 044-2
- Ασφάλειες υψηλής τάσης: IEC 60 282-1
- Ηλεκτρονόμοι προστασίας: IEC 60 255
- Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα για μετρήσεις και όργανα ελέγχου: IEC 60 801
- Δείκτης προστασίας περιβλημάτων (IP): IEC 60 529
- Πίνακες Χ.Τ.: IEC 60439-1

IEC 62271-200	AC metal-enclosed switchgear and control gear for rated voltages above 1 kV and up to and including 54 kV (old IEC Number: 60298)
IEC 62271- 103/104	MV switches (old IEC Number: 60265)
IEC 62271-102	AC disconnectors and earthing switches (old IEC Number: 60129)
IEC 62271-001	Common clauses for MV switchgear and control gear (old IEC Number: 60694)
IEC 62271-105	MV AC switch-fuse combinations (old IEC Number: 60420)
IEC 62271-100	MV AC circuit breakers (old IEC Number: 60056)

Πίνακας 4-5. Εξοπλισμός σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα IEC.

Τα γενικά χαρακτηριστικά τους θα είναι:

Ονομαστική Τάση	24kV
Τάση Λειτουργίας	20kV
Ονομαστική Συχνότητα	50Hz
Ονομαστική τάση αντοχής σε βιομηχανική συχνότητα (1min)	50kV
Ονομαστική αντοχή κρουστικής τάσης	125kV
Ονομαστική αντοχή ρεύματος βραχυκύκλωσης	12,5 kA/1s
Ονομαστική ένταση κύριων ζυγών (40°)	630A
Περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας	-5 to 40°C
Σχετική υγρασία εγκατάστασης	95%
Υψόμετρο εγκατάστασης	Max 1000m
Βοηθητική τάση ελέγχου & σημάτων	220V AC

Πίνακας 4-6. Χαρακτηριστικά διεθνή προτύπων IEC.

4.4.5 Σύστημα Γείωσης

Η επιλογή του συστήματος γείωσης του Φ/Β Σταθμού έγινε με στόχο:

- Την ελαχιστοποίηση της αντίστασης γείωσης κάθε Ομάδας Φ/Β Συστοιχιών και κατά συνέπεια όλου του Φ/Β Σταθμού.
- Την ελαχιστοποίηση του κόστους αγοράς υλικών.
- Την ευκολία εγκατάστασης του συστήματος γείωσης.

Πιο συγκεκριμένα η γείωση των Φ/Β Πλαισίων θα πραγματοποιηθεί με αγωγό χαλκού Cu 35mm² σύνδεση των ΦΒ πλαισίων με αγωγό Cu τουλάχιστον 16mm², ομοίως και οι συνδέσεις των αντιστροφέων με το δίκτυο γείωσης, με αγωγό 25mm².

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο αγωγός θα τοποθετηθεί σε βάθος τουλάχιστον 0,5m. από την επιφάνεια του εδάφους όταν οδεύει σε χαντάκι.

Όλες οι γειώσεις συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο σύστημα γείωσης το οποίο θα αποτελείται από ταινία γείωσης StZn (30*3) στο έδαφος και σε βάθος 60 cm και αγωγούς χαλκού πολύκλωνους. Η σύνδεση ταινίας – χαλκού θα γίνεται πάντα με κατάλληλους διμεταλλικούς ακροδέκτες.

Στους μεταλλικούς οικίσκους θα εγκατασταθεί περιμετρική γείωση εντός του εδάφους. Το σύστημα περιμετρικής γείωσης του Οικίσκου θα συνδέεται με το υπόλοιπο σύστημα γείωσης του Φ/Β Σταθμού. (Στους Οικίσκους πρέπει να προβλέπεται γείωση των μεταλλικών μερών επαφής που θα συνδέεται με την κεντρική γείωση του πάρκου καθώς και γείωση σε κάθε άλλη μη ενεργή μεταλλική κατασκευή που υπάρχει στο χώρο του υποσταθμού και δεν συνδέεται στον κύριο ισοδυναμικό ζυγό).

Η σύνδεση της ταινίας με τις μεταλλικές πόρτες γίνεται στην κάσα, το δε κινητό φύλλο

- Τα μεταλλικά μέρη των μετασχηματιστών.
- Οι ζυγοί γείωσης των Πινάκων Μέσης και Χαμηλής Τάσης.

5

Προσομοίωση

5.1 PVsyst

Το PVsyst (PVsyst 2022, Version 5.2) είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό σχεδιασμού και προσομοίωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόδοσης ηλιακών πάνελ και την εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτά. Το λογισμικό διαθέτει μια σειρά από εργαλεία για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση ηλιακών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων:

1. **Μετεωρολογικά Δεδομένα:** Το PVsyst επιτρέπει τη χρήση τοπικών μετεωρολογικών δεδομένων ή δεδομένων από διάφορες πηγές για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας και άλλων μετεωρολογικών παραμέτρων.
2. **Σχεδιασμός Συστήματος:** Το λογισμικό επιτρέπει τον σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης των πάνελ, της κλίσης τους, του προσανατολισμού κ.λπ.
3. **Προσομοίωση Απόδοσης:** Χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα και τις παραμέτρους του συστήματος, το PVsyst προσομοιώνει την απόδοση των πάνελ και τον υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
4. **Ανάλυση Οικονομικότητας:** Το λογισμικό μπορεί επίσης να προσομοιώσει τα οικονομικά χαρακτηριστικά του έργου, όπως τον χρόνο αποπληρωμής και τα κέρδη.

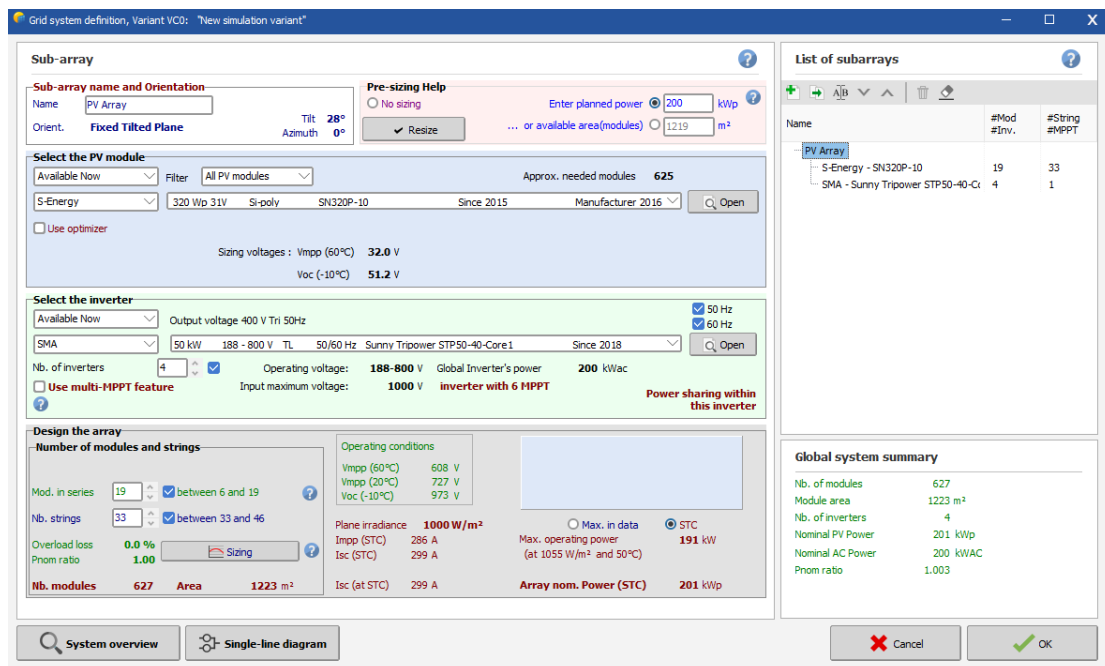
Η χρήση του PVSystem απαιτεί την κατανόηση των βασικών αρχών του φωτοβολταϊκού σχεδιασμού και των παραμέτρων που επηρεάζουν την απόδοση των πάνελ. Επίσης, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων εξαρτάται από τη σωστή εισαγωγή των δεδομένων.

Γενικά, η προσομοίωση σε λογισμικά είναι ένα απαραίτητο βήμα για την εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακά συστήματα, αλλά η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εξαρτάται από τη σωστή εισαγωγή των δεδομένων και την κατανόηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος.

5.2 Παράμετροι προσομοίωσης

Οι παράμετροι προσομοίωσης που εισήχθησαν στο λογισμικό PVSystem, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 5-1, είναι οι εξής:

- **Planned power:** 200 kWp, όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 4.2.
- **PV Module:** επιλέχθηκαν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια της εταιρίας S-ENERGY, ονομαστικής ισχύος 320Watt, τα οποία αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.4.1.
- **Inverter:** επιλέχθηκαν οι αντριστροφείς της εταιρίας SMA 50 Watt και σύνολο 4, οι οποίοι αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.4.3.
- **Μετεωρολογικά δεδομένα:** από PVGIS (PVGIS 2023).



Εικόνα 5-1. Παράμετροι Προσομοίωσης ΦΒ συστήματος στο PVSystem.

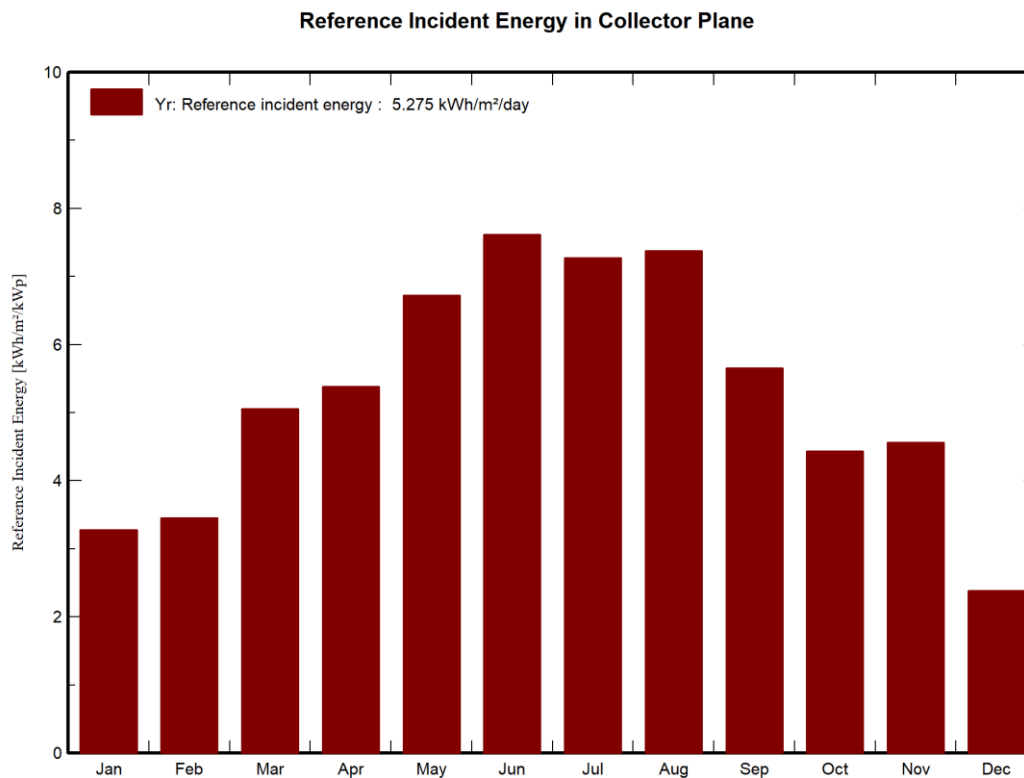
Με βάση τα παραπάνω, υπολογίζεται αυτόματα στο σύστημα PVSystem (Global System Summary):

- Απόδοση Φ/Β σταθμού: 201 kWp
- Απαιτούμενος αριθμός πάνελ: 627
- Έκταση περιοχής εγκατάστασης: 1223 m²
- Απαιτούμενος αριθμός inverter: 4

5.3 Αποτελέσματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

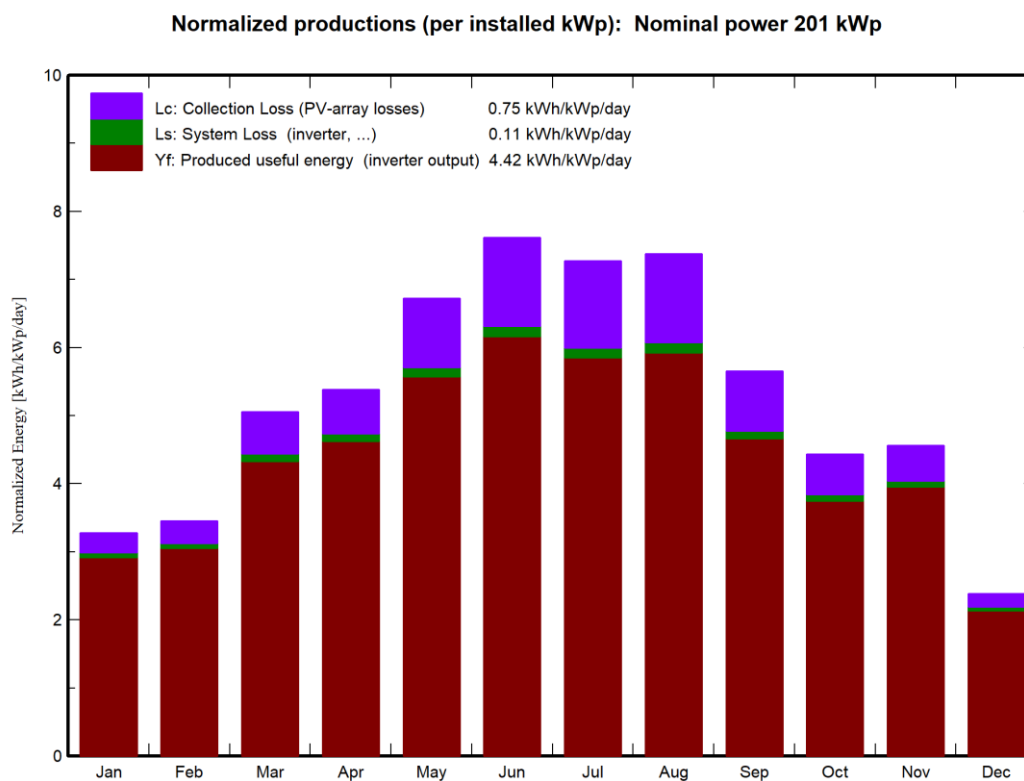
Παρακάτω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, έπειτα από την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του PVSystem.

Αναλυτικότερα, στο Σχήμα 5.1., παρουσιάζεται η ενέργεια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας για δεδομένη κλίση του πλαισίου χωρίς να λαμβάνονται υπόψιν απώλειες. Όπως φαίνεται, η μέση αναφορά ενέργειας είναι 5.275 kWh/m² ανά ημέρα με μικρότερη τιμή αναφοράς περίπου 2.5 kWh/m² τις ημέρες του Δεκεμβρίου ενώ και οι υπόλοιποι χειμερινοί μήνες βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα ενέργειας.



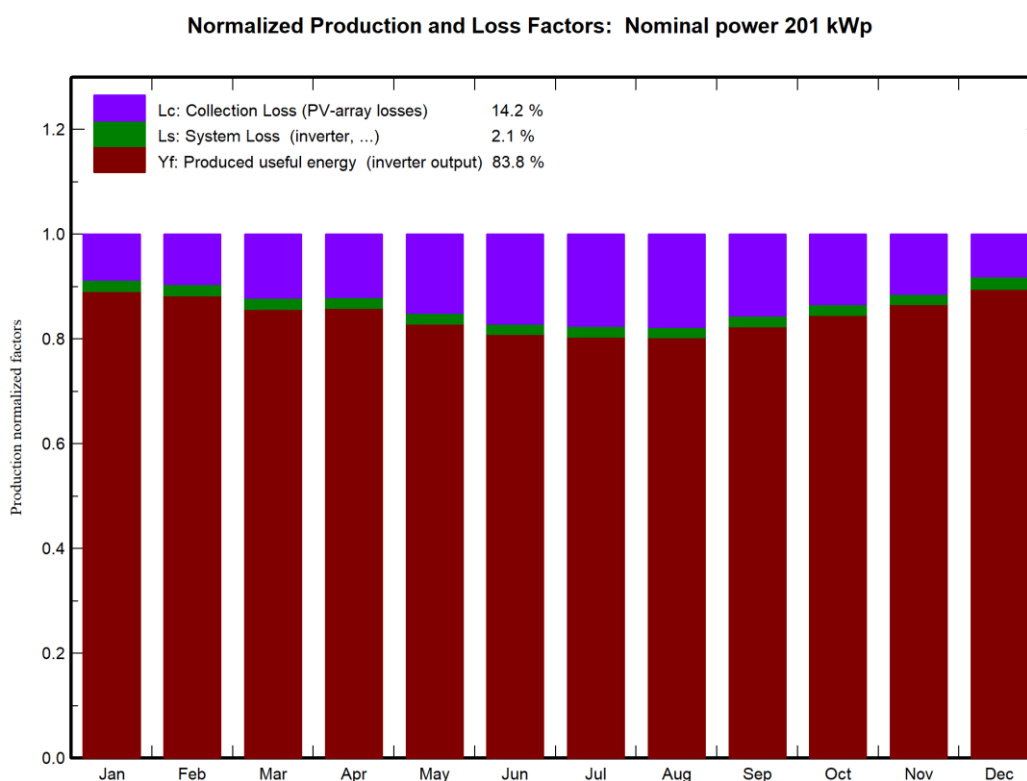
Σχήμα 5-1. Ενέργεια αναφοράς στο επίπεδο του συλλέκτη (PVSystem 2023).

Ακολουθεί το Σχήμα 5.2., το οποίο περιγράφει την κανονικοποιημένη παραγωγή ανά kW για 201 kWp. Όπως παρατηρείται, η μέση ενέργεια που εκχέεται στο δίκτυο (Produced useful energy) είναι 4.42 kWh/Wp ανά ημέρα με μεγαλύτερη να είναι τον μήνα Ιούλιο (περίπου 6 kWh/Wp ανά ημέρα) ενώ και εδώ ο Δεκέμβριος έχει την πιο χαμηλή τιμή. Επίσης, οι μέσες απώλειες του συστήματος (System Loss), όπως π.χ. του αντιστροφέα, είναι 0.11 kWh/Wp ανά ημέρα και οι μέσες απώλειες του Φωτοβολταϊκού συστήματος (Collection Loss) είναι 0.75 kWh/Wp ανά ημέρα με μεγαλύτερες να είναι κυρίως τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 5-2. Κανονικοποιημένη Παραγωγή ανά kWp για 201 kWp (PVSystem 2023).

Στο Σχήμα 5.3. που ακολουθεί, φαίνεται επίσης η κανονικοποιημένη παραγωγή για 201kWp, με την ειδοποιό διαφορά των δύο σχημάτων να είναι ότι, στο παρακάτω παριστάνεται το ποσοστό επί τις 100 των δύο απωλειών (συστήματος και Φ/Β σταθμού) καθώς και της ενέργειας που εκχέεται σε σχέση με την ενέργεια που θα παραγόταν σε ένα τέλειο σύστημα χωρίς απώλειες.



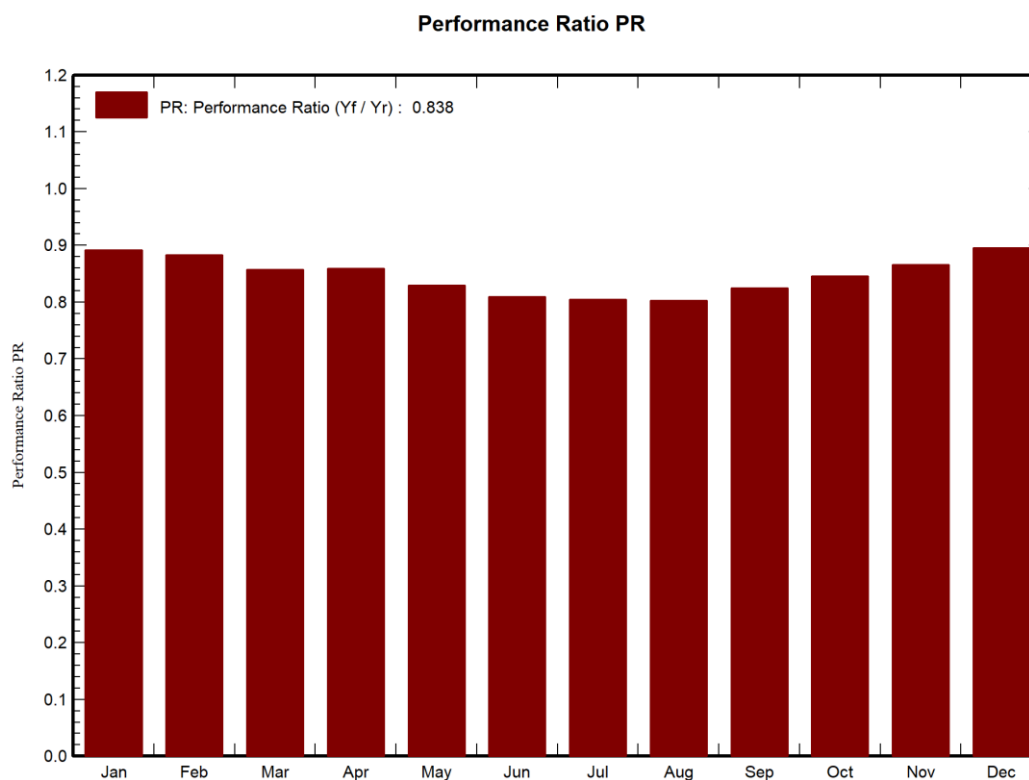
Σχήμα 5-3. Κανονικοποιημένη παραγωγή και δείκτες απωλειών ανά kWp για 201 kWp (PVSyst 2023).

Στο επόμενο Σχήμα 5.4. δίνεται συντελεστής απόδοσης PR. Ο συντελεστής απόδοσης (Performance Ratio - PR) αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Ο PR εκφράζει το ποσοστό της πραγματικής παραγωγής ενέργειας από το σύστημα σε σχέση με την αναμενόμενη παραγωγή, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες απώλειες και απρόσμενα γεγονότα.

Ο συντελεστής απόδοσης PR υπολογίζεται συνήθως ως:

$$PR = (\text{Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από τα Φωτοβολταϊκά} / \text{Ηλιακή Ενέργεια που φτάνει στα Φωτοβολταϊκά}) \times 100$$

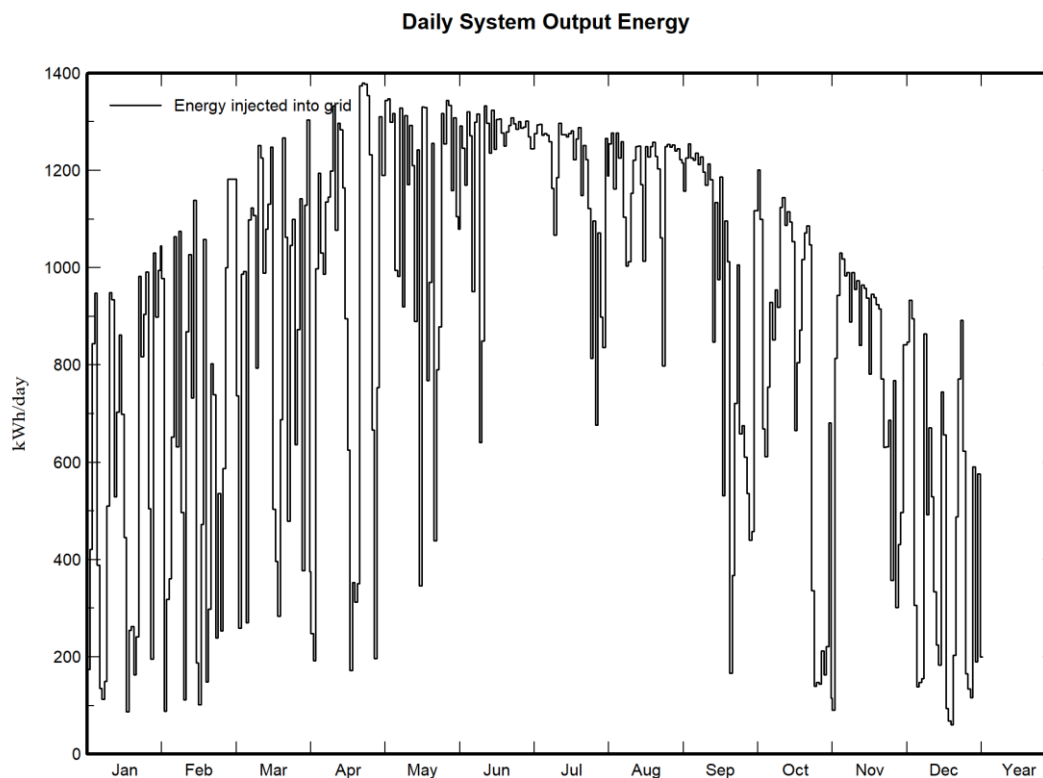
Παρατηρείται πως ο μέσος λόγος PR για την περιοχή εγκατάστασης είναι 0.838.



Σχήμα 5-4. Συντελεστής απόδοσης PR (PV Syst 2023).

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5.5. παρουσιάζεται η ημερήσια παραγωγή ενέργειας που παράγει ο Φ/Β σταθμός και εκχέεται στο δίκτυο κάθε μήνα για κάθε ημέρα. Μπορεί να διακριθεί πως τους καλοκαιρινούς μήνες η παραγωγή είναι μεγάλη, με τους μήνες Απρίλιο- Μάιο – Ιούνιο- Ιούλιο να αγγίζει τα 1300 kW/h/day. Τους χειμερινούς μήνες, από Νοέμβριο μέχρι Φεβρουάριο η ημερήσια παραγωγή πέφτει μέχρι και 200 kW/h/day.

Συμπεραίνεται πως η μέση ημερήσια παραγωγή είναι περίπου 1000 kW/h/day. Επίσης, παρατηρούνται οι συνεχόμενες μεταβολές της παραγωγής λόγω των διαφορετικών καιρικών συνθηκών που επικρατούν.



Σχήμα 5-5. Ημερήσια Παραγωγή Ενέργειας (PVsyst 2023).

Τέλος, στον Πίνακα 5.1. παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα παραγωγής των Φ/Β πλαισίων. Συγκεκριμένα, τα παρακάτω αφορούν τα εξής:

- GlobHor: Global Horizontal irradiation
- DiffHor: Horizontal Diffuse irradiation
- T_Amb: Ambient Temperature
- GlobInc: Global incident in coll. plane
- GlobEff: Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray: Effective energy at the output of the array
- E_Grid: Energy injected into grid
- PR: Performance Ratio

Χαραλαμπία Ελευθερίου

Simulation Trikovlio
Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	66.1	29.57	9.32	101.6	98.9	18619	18179	0.892
February	72.3	36.00	11.31	96.8	94.3	17573	17152	0.883
March	129.2	54.81	14.37	156.6	153.0	27617	26957	0.858
April	149.5	61.29	13.06	161.4	157.4	28517	27825	0.859
May	209.5	73.05	19.61	208.3	202.7	35515	34658	0.829
June	239.3	59.39	23.63	228.4	222.5	38015	37077	0.809
July	231.9	66.27	26.23	225.5	219.6	37313	36396	0.804
August	215.5	59.94	26.10	228.6	223.2	37768	36832	0.803
September	146.4	53.40	21.81	169.6	165.6	28757	28061	0.825
October	105.5	44.35	18.04	137.5	134.2	23915	23334	0.846
November	87.3	30.06	15.67	136.9	133.6	24342	23800	0.866
December	49.0	27.31	10.01	74.0	71.8	13642	13299	0.896
Year	1701.5	595.47	17.47	1925.3	1877.0	331592	323572	0.838

Πίνακας 5-1. Συγκεντρωτικός Πίνακας παραγωγής Φ/Β πλαισίων (PVsyst 2023).

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία στην περιοχή Τρικόβλιο (περιοχή εγκατάστασης Φ/Β σταθμού) είναι 17,47 °C. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως η αποτελεσματική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται το ένα φωτοβολταϊκό σύστημα (EArray) έχει τιμή 331592 kWh/έτος.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα από την συγκεκριμένη προσομοίωση στο περιβάλλον PVsyst είναι ο αριθμός σε kWh που τελικά εκχέεται στο δίκτυο(E_Grid) στην διάρκεια κάθε μήνα αλλά και του έτους.

Άρα **E_Grid= 323572 kWh/έτος.**

6

Οικονομική Μελέτη

6.1 Ενέργεια και Ισχύς

Ο ενεργειακός συμψηφισμός είναι η διαδικασία όπου ο αυτοπαραγωγός ενέργειας συμψηφίζει την παραγόμενη ενέργειά του με την ενέργεια που λαμβάνει από τον προμηθευτή ενέργειας, βάσει των πραγματικών δεδομένων μέτρησης που παρέχονται από τον Διαχειριστή του Δικτύου (ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΤΕ 2023). Ο συμψηφισμός πραγματοποιείται σε κάθε εκκαθαριστικό λογαριασμό που εκδίδει ο προμηθευτής, με την τελική εκκαθάριση να διαδραματίζεται στον πρώτο εκκαθαριστικό λογαριασμό που εκδίδεται τρία χρόνια μετά την ενεργοποίηση του σταθμού αυτοπαραγωγής. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε τρία χρόνια μέχρι τη λήξη της Σύμβασης Ενεργειακού Συμψηφισμού.

Στον ενεργειακό συμψηφισμό, η χρεωστέα ενέργεια για το ανταγωνιστικό τμήμα του τιμολογίου υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ των ποσοτήτων ενέργειας που καταναλώνονται και εκχέονται, δηλαδή η διαφορά (Απορροφώμενη) - (Εγχεόμενη), μόνο αν αυτή η διαφορά είναι θετική. Εάν η διαφορά αυτή είναι μηδέν, τότε δεν υπάρχει χρεωστέα ενέργεια, ενώ εάν είναι αρνητική, επίσης δεν υφίσταται χρεωστέα ενέργεια, αλλά η διαφορά αυτή πιστώνεται στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό ως πρόσθετη εγχεόμενη ενέργεια. Εάν υπάρχει περισσότερη εγχεόμενη ενέργεια μετά

την εκκαθάριση της τριετίας, το πλεόνασμα αυτό δεν πιστώνεται στον επόμενο λογαριασμό.

Για τον αναλυτικό υπολογισμό του ποσού, απαιτείται γνώση της αιχμής της ισχύος (σε kW) και των kWh που καταναλώνονται στις διάφορες ζώνες τιμολόγησης.

6.1.1 Ενέργεια σε kW

Ο Πίνακας 6.1. που ακολουθεί, παρέχει μια λεπτομερή εικόνα της κατανομής της ενέργειας που εισάγεται στο δίκτυο κατά τις διάφορες ώρες του μήνα, εξηγώντας πώς αυτή η ενέργεια χρεώνεται ή πιστώνεται στον αυτοπαραγωγό ανάλογα με τις διαφορές μεταξύ της εισαγόμενης και εξαγόμενης ενέργειας ώστε να πραγματοποιηθεί ο ενεργειακός συμψηφισμός.

Simulation Trikovlio
Monthly Hourly averages for E_Grid [kW]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
January	0	0	0	0	0	0	0	0	16	49	75	85	97	85	80	60	37	4	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0	0	0	20	44	69	89	93	85	82	65	46	21	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0	0	7	40	74	105	116	123	123	100	88	61	31	2	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	1	19	49	77	102	118	116	122	111	102	67	38	8	0	0	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0	6	34	71	106	128	132	133	131	126	106	83	47	14	1	0	0	0	0
June	0	0	0	0	0	0	8	36	73	110	131	148	155	148	138	121	91	56	19	3	0	0	0	0
July	0	0	0	0	0	0	7	33	70	103	126	141	136	140	130	117	92	58	20	3	0	0	0	0
August	0	0	0	0	0	0	3	25	63	98	127	144	153	152	143	122	92	52	14	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0	21	55	88	108	123	127	123	109	85	61	31	2	0	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0	0	11	39	70	99	108	112	104	91	65	43	12	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	0	0	40	78	105	121	122	114	99	75	39	0	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0	0	15	38	54	64	70	67	55	45	22	0	0	0	0	0	0	0	0
Year	0	0	0	0	0	0	2	16	46	78	103	116	120	116	105	88	61	29	7	1	0	0	0	0

Πίνακας 6-1. Μέση μηνιαία συνεδεμένη ενέργεια ανά ώρα (kW) (PVSyst 2023).

6.2 Χρηματοοικονομική Ανάλυση

Η έννοια της επένδυσης αποτελεί έναν σημαντικό οικονομικό όρο που αναφέρεται στη δαπάνη κεφαλαίων με σκοπό τη δημιουργία μελλοντικών αποδόσεων ή κερδών. Αυτή η δαπάνη μπορεί να γίνει σε διάφορες μορφές, όπως επενδύσεις σε ακίνητα, μηχανήματα, ανθρώπινο κεφάλαιο, μετοχές, ομόλογα ή άλλα χρηματοοικονομικά εργαλεία.

Οι επενδύσεις μπορούν να γίνουν από ιδιώτες, επιχειρήσεις, κυβερνήσεις ή άλλους οικονομικούς φορείς. Χαρακτηρίζονται συνήθως από κάποιον βαθμό αβεβαιότητας, καθώς δεν είναι πάντα βέβαιο ότι θα επιτευχθούν οι επιθυμητές αποδόσεις. Οι

επενδυτές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο και να διαχειρίζονται το ρίσκο κατάλληλα. Κάθε επενδυτικό σχέδιο μπορεί να θεωρηθεί ως μια σειρά χρηματικών ροών που ξεκινούν με μια αρχική επένδυση, δηλαδή μια χρηματική έκδοση. Η κύρια αποστολή της επένδυσης είναι να αξιολογήσει εάν τα μελλοντικά οφέλη από αυτήν την επένδυση θα αντισταθμίσουν την αρχική δαπάνη.

6.2.1 Δείκτες Απόδοσης Επένδυσης

Καθαρή Παρούσα Αξία

Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι ένα σημαντικό χρηματοοικονομικό μέτρο που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την αποτίμηση μιας επενδυτικής ευκαιρίας ή ενός έργου. Αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή και πρακτικά εργαλεία στον τομέα της χρηματοοικονομίας και της επιχειρηματικής αξιολόγησης. Βασίζεται σε αρχές του χρόνου της χρηματοοικονομίας και της αξιολόγησης επενδύσεων.

Η βασική ιδέα της καθαρής παρούσας αξίας είναι ότι τα χρήματα που λαμβάνονται ή δαπανώνται στο μέλλον έχουν διαφορετική αξία από τα χρήματα που λαμβάνονται ή δαπανώνται σήμερα. Αυτό συμβαίνει λόγω της αξίας του χρόνου των χρημάτων και της δυνατότητας επένδυσης ή απόκτησης επιτοκίου. Η NPV λαμβάνει υπόψη αυτήν την αξία του χρόνου και εκφράζει την συνολική διαφορά ανάμεσα στα χρηματικά ροής που προκύπτουν από ένα έργο και το αρχικό κεφάλαιο που πρέπει να επενδυθεί. Η χρησιμότητα της είναι ότι επιτρέπει τη σύγκριση της αξίας των διάφορων επενδυτικών ευκαιριών και έργων, καθώς επιτρέπει στους επενδυτές να αξιολογήσουν την κερδοφορία τους βάσει του χρόνου.

Ο υπολογισμός της NPV απαιτεί τη συλλογή όλων των μελλοντικών χρηματικών ροών που σχετίζονται με το έργο, την επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου εκπομπής για να αξιολογηθούν αυτές οι ροές, και την χρήση του κατάλληλου διαστήματος αξιολόγησης (συνήθως σε έτη).

Η NPV μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής:

- Εάν η NPV είναι θετική, τότε το έργο ή η επενδυτική ευκαιρία προσφέρει καλύτερη απόδοση από ό,τι μια εναλλακτική επένδυση με βάση την επιτόκιο ή την απόδοση που απαιτείται.
- Εάν η NPV είναι αρνητική, τότε το έργο δεν είναι κερδοφόρο και θα πρέπει να απορριφθεί.

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) είναι αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις επενδύσεις και τα έργα, βοηθώντας στον προσδιορισμό της κερδοφορίας και της αξίας μιας χρηματοοικονομικής ευκαιρίας. Ο IRR είναι η εσωτερική στόχευση του κεφαλαίου ή το εσωτερικό επιτόκιο που καθιστά την καθαρή παρούσα αξία (NPV) μιας επενδυτικής ευκαιρίας ή ενός έργου ίση με μηδέν. Δηλαδή, είναι το επιτόκιο στο οποίο η επένδυση θα είχε μηδενική NPV, δείχνοντας το ρυθμό απόδοσης που προσφέρει το έργο ή η επενδυτική ευκαιρία.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι ένα σημαντικό μέτρο για τους επενδυτές και τους αναλυτές για διάφορους λόγους:

- Αξιολόγηση Επενδύσεων: Ο IRR χρησιμοποιείται για να κρίνει εάν μια επενδυτική ευκαιρία είναι αξιόλογη και προσφέρει αρκετά υψηλό ρυθμό απόδοσης ώστε να είναι ελκυστική για τον επενδυτή. Όσο υψηλότερος είναι ο IRR, τόσο πιο ελκυστική είναι η επένδυση.
- Σύγκριση Επενδύσεων: Ο IRR επιτρέπει τη σύγκριση διαφόρων επενδύσεων ή έργων. Η επένδυση με το υψηλότερο IRR θεωρείται συνήθως η καλύτερη επιλογή.
- Εσωτερική Στόχευση: Ο IRR είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την εσωτερική στόχευση του κεφαλαίου. Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν το IRR για να αποφασίσουν ποια έργα ή επενδύσεις πρέπει να υλοποιήσουν, λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα κεφάλαια και το κόστος χρηματοδότησης.

Για τον υπολογισμό του IRR, πρέπει να λυθεί η εξίσωση της NPV ως προς το εσωτερικό επιτόκιο. Εάν ο IRR είναι μεγαλύτερος από το κόστος χρηματοδότησης ή το απαιτούμενο επιτόκιο από ένα έργο, τότε το έργο θεωρείται κερδοφόρο.

6.3 Οικονομική ανάλυση Φ/Β Σταθμού 200 kW

Παρακάτω αναλύονται τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης για την εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος απόδοσης 200 kW της ενεργειακής κοινότητας «Ελιά». Σημειώνεται ότι οι αναφερόμενες τιμές αποτελούν **ενδεικτικές εκτιμήσεις** για τον επιλεγμένο εξοπλισμό, αλλά παράλληλα προσεγγίζουν πολύ κοντά τις πραγματικές τιμές. Τονίζεται, επίσης, ότι έχουν ληφθεί υπόψη τα έξοδα που αφορούν την εγκατάσταση του εξοπλισμού, όπως οι δαπάνες για την κατασκευή βάσεων στήριξης και την διάταξη των καλωδίων.

Παραδοχές

Για τους υπολογισμούς, την οικονομική ανάλυση και την αξιολόγηση της επένδυσης έχουν ληφθεί υπόψη ορισμένες παραδοχές. Σε κάθε τομέα, οι παραδοχές είναι δυσμενείς με σκοπό την αξιολόγηση της επένδυσης σε δύσκολες και αντίξοες συνθήκες, εφάμιλλες με την παρατεταμένη οικονομική κρίση.

Πάγια Έξοδα

Τα πάγια έξοδα αναφέρονται στις δαπάνες που σχετίζονται με τη λειτουργία και την υποδομή μιας επιχείρησης ή οργανισμού και που δεν εξαρτώνται από τον όγκο της παραγωγής ή των πωλήσεων. Αυτά τα έξοδα είναι σταθερά κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος και δεν επηρεάζονται από την ποσότητα παραγόμενων αγαθών ή υπηρεσιών.

Το κόστος της αρχικής επένδυσης αντιπροσωπεύει το σύνολο των δαπανών που απαιτούνται για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και την επίτευξη της λειτουργικής του κατάστασης. Αυτά περιλαμβάνουν τα έξοδα για την προμήθεια του εξοπλισμού, την μεταφορά του, την εγκατάσταση του και την θέση του σε λειτουργία. Τα έξοδα αυτά περιλαμβάνουν επίσης όλες τις οικοδομικές εργασίες που απαιτούνται, καθώς και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Στον Πίνακα 6.2. αναλύεται η αξία της αρχικής επένδυσης για την κατασκευή και εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Να σημειωθεί πως η διάρκεια ζωής για τον υπό μελέτη Φ/Β σταθμό είναι τα 25 έτη.

ΑΞΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ			
Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Αξία (€)
Φωτοβολταϊκά πλαίσια S-ENERGY (SN320P-10 320 kWp)	625	230,00 €	143.750 €
Αντιστροφείς (Inverter) SMA 50kWp	4	6.000,00 €	24.000 €
Σύστημα Στήριξης 200kW	200	120,00 €	24.000 €
Ηλεκτρολογικό Υλικό	1	30.000,00 €	30.000 €
Συστήματα τηλεπαρακολούθησης	1	3.000,00 €	3.000 €
Ηλεκτρολογικές/Μηχανολογικές εργασίες	1	5.500,00 €	5.500 €
Υποσταθμός ΜΤ	1	50.000,00 €	50.000 €
Μελέτες/Άδειες	1	2.500,00 €	2.500 €
Κόστος σύνδεσης	1	800,00 €	800 €
Λοιπές Εργασίες	1	60.000,00 €	60.000 €
ΣΥΝΟΛΟ			343.550,00 €

Πίνακας 6-2. Αξία αρχικής επένδυσης Φ/Β σταθμού 200kW.

Λειτουργικά Έξοδα

Τα λειτουργικά έξοδα αναφέρονται στις δαπάνες που προκύπτουν κατά την καθημερινή λειτουργία μιας επιχείρησης, οργανισμού ή οποιουδήποτε οικονομικού συστήματος. Τα λειτουργικά έξοδα είναι αναγκαία για τη διατήρηση και την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης και συμπεριλαμβάνουν διάφορες κατηγορίες δαπανών. Είναι σημαντικό να διαχειρίζονται αποτελεσματικά, καθώς επηρεάζουν την οικονομική απόδοση της επένδυσης.

Αυτά τα έξοδα, αφορούν ετήσια έξοδα της ενεργειακής κοινότητας, περιλαμβάνεται η συντήρηση και ο καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και το κόστος για την ασφάλιση του εξοπλισμού.

Στον Πίνακα 6.3. αναλύονται τα πάγια έξοδα για την κατασκευή και εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ			
Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Αξία (€)
Ασφάλεια Εξοπλισμού	1	3.500,00 €	3.500 €
Συντήρηση/Καθαρισμός Πλαισίων	1	1.500,00 €	1.500 €
ΣΥΝΟΛΟ			5.000,00 €

Πίνακας 6-3. Λειτουργικά Έξοδα Φ/Β σταθμού 200kW.

Από την παραπάνω ανάλυση, φαίνεται ότι η αξία της αρχικής επένδυσης για την ενεργειακή κοινότητα «Ελιά» είναι **343.550,00 €**.

Επιπλέον, γίνεται η υπόθεση ότι δε θα υπάρξει χρηματοδότηση του έργου από δανεισμό και πραγματοποιείται εξ' ολοκλήρου από τα μέλη της ενεργειακής κοινότητας.

Η Εν. Κοιν., όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.1., αποτελείται από 100 νοικοκυριά, οπότε ως αρχικό χρηματικό κεφάλαιο για κάθε νοικοκυριό είναι τα

$$343.550,00 \text{ €} / 100 = 3.435,50 \text{ €}.$$

Επιπλέον, τα λειτουργικά έξοδα του Πίνακα 6.3., **5.000 €** στο σύνολο, αφορούν έξοδα που θα πραγματοποιούνται κάθε χρόνο για τα επόμενα 25 χρόνια που είναι η προτεινόμενη διάρκεια ζωής.

Οπότε, για κάθε νοικοκυριό τα έξοδα ανά έτος θα είναι **50 €** και σύνολο **1250 €** για τα 25 χρόνια.

Να σημειωθεί ότι ο παραπάνω υπολογισμός πραγματοποιείται για σταθερά λειτουργικά έξοδα κατά τα 25 έτη.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε αγροτική περιοχή, ο μέσος λογαριασμός/ τιμολόγιο ΔΕΗ για ένα νοικοκυριό ανέρχεται σε **150 €** το δίμηνο.

Έτσι, εάν υιοθετηθεί αυτή η παραδοχή, το πληρωτέο ποσό για το λογαριασμό ΔΕΗ ένα έτος είναι **900 €** και σύνολο **900€ x 25 = 22.500 €** για τα 25 χρόνια.

Συνοψίζοντας, στον παρακάτω Πίνακα 6.4., παρουσιάζεται το συνολικό κόστος ανά νοικοκυριό για τα 25 έτη, τόσο για την Φ/Β εγκατάσταση των 200 kW, όσο και για το ποσό που θα πλήρωνε χωρίς αυτήν στον λογαριασμό της ΔΕΗ.

Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση 200 kW		
		Για 25 έτη
Αρχικό Κεφάλαιο/ Νοικοκυριό	3.435,50 €	
Έξοδα το έτος/ Νοικοκυριό	50,00 €	1.250,00 €
Συνολικό Κόστος		4.685,50 €
Λογαριασμός/ Τιμολόγιο ΔΕΗ χωρίς Φ/Β σταθμό		
		Για 25 έτη
Πληρωτέο ποσό το έτος/ Νοικοκυριό	900,00 €	22.500,00 €
Συνολικό Κόστος		22.500,00 €

Πίνακας 6-4. Συνολικό κόστος/νοικοκυριό με ή χωρίς Φ/Β σταθμό για 25 έτη.

Επιπλέον, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.1., η απαιτούμενη ενέργεια που χρειάζεται η υπό μελέτη ενεργειακή κοινότητα είναι **307.000 KWh** το έτος.

Οπότε, σύμφωνα με τα αποτελέσματα τόσο από το προγραμματιστικό εργαλείο PVGIS όσο και από το μοντέλο προσομοίωσης PVSyst, για την μηνιαία παραγωγή ενέργειας για τον Φ/Β σταθμό 200 kW, προκύπτουν τα παρακάτω:

	Παραγωγή από 200kW		
	PVGIS	PVSyst	
Months	Μηνιαία Παραγωγή Φ/Β σταθμού (kWh)		Αναμενόμενη Παραγωγή Φ/Β σταθμού (kWh)
Ιανουάριος	14716,27	18619	16667,64
Φεβρουάριος	16553,69	17573	17063,35
Μάρτιος	24297,31	27617	25957,16
Απρίλιος	28784,08	28517	28650,54
Μάιος	31253,23	35515	33384,12
Ιούνιος	32582,15	38015	35298,58
Ιούλιος	35476,5	37313	36394,75
Αύγουστος	34876,11	37768	36322,06
Σεπτέμβριος	28241,05	28757	28499,03
Οκτώβριος	22541,94	23915	23228,47
Νοέμβριος	16241,19	24342	20291,60
Δεκέμβριος	14038,91	13642	13840,46
Σύνολο	299602,43	331593,00	315598

Πίνακας 6-5. Αναμενόμενη Μηνιαία Παραγωγή Φ/Β 200 kW.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.5., από τον Μέσο Όρο των δύο προγραμμάτων υπολογίζεται πως η αναμενόμενη παραγωγή του Φ/Β σταθμού είναι περίπου **315.598 kWh** το έτος.

Πράγμα το οποίο σημαίνει πως, η παραγόμενη ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ενέργεια της Εν. Κοινότητας, δηλαδή,

$$315.598 \text{ kWh} > 307.000 \text{ kWh}$$

και είναι επαρκή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών που απαρτίζουν την ενεργειακή κοινότητα.

Χονδρικά αυτό σημαίνει ότι, στον πρώτο εκκαθαριστικό λογαριασμό που θα εκδοθεί την πρώτη τριετία μετά την έναρξη του Φ/Β σταθμού, θα υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας:

$$921.000 \text{ kWh} - 946.794 \text{ kWh} = -25.794 \text{ kWh} \text{ (σε απόλυτη τιμή)}$$

το οποίο και πιστώνεται στον επόμενο λογαριασμό.

Χρησιμοποιώντας τις τιμές χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον Σεπτέμβριο του 2022, δηλαδή **0,181€/kWh** προκύπτει ο Πίνακας 6-6 που δείχνει το όφελος των 100 νοικοκυριών της Εν. Κοιν., δηλαδή:

	Ενεργειακή Κοινότητα (100 νοικοκυριά)
Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)	0,181
Συμψηφιζόμενη ενέργεια (kWh)	315.598
Σύνολο	571,23 €

Πίνακας 6-6. Όφελος για το κάθε μέλος ανά έτος σε €.

Οπότε μπορεί να υπολογιστεί ότι τα **συνολικά ετήσια έσοδα της ενεργειακής κοινότητας** είναι:

$$571,23 \text{ €} \times 100 = 57.123 \text{ €}$$

Η χρονική αξία του χρήματος αντιστοιχεί στο κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου μιας επιχείρησης. Στον χώρο των επενδύσεων, αναφέρεται επίσης ως «προεξοφλητικό επιτόκιο» ή «συντελεστής αναγωγής» σε παρούσα αξία.

Άρα Προεξοφλητικό Επιτόκιο $i(\%) = 5\%$.

Το κέρδος στη συγκεκριμένη μελέτη αντιστοιχεί στο συνολικό χρηματικό ποσό που εξοικονομείται κάθε χρόνο μέσω της εφαρμογής net metering. Αυτή η εξοικονόμηση, οφείλεται στο γεγονός ότι η ενέργεια που παράγεται μειώνει ή μηδενίζει την ποσότητα ενέργειας που θα αγόραζε η Εν. Κοιν. από την Δ.Ε.Η. .

Δεδομένου, όμως, ότι δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν οι μελλοντικές τιμές χρέωσης και μεταφοράς ενέργειας από την Δ.Ε.Η., θεωρείται ως ετήσιο κέρδος για την οικονομική μελέτη ένα σταθερό ποσό, δηλαδή **57.123 €**

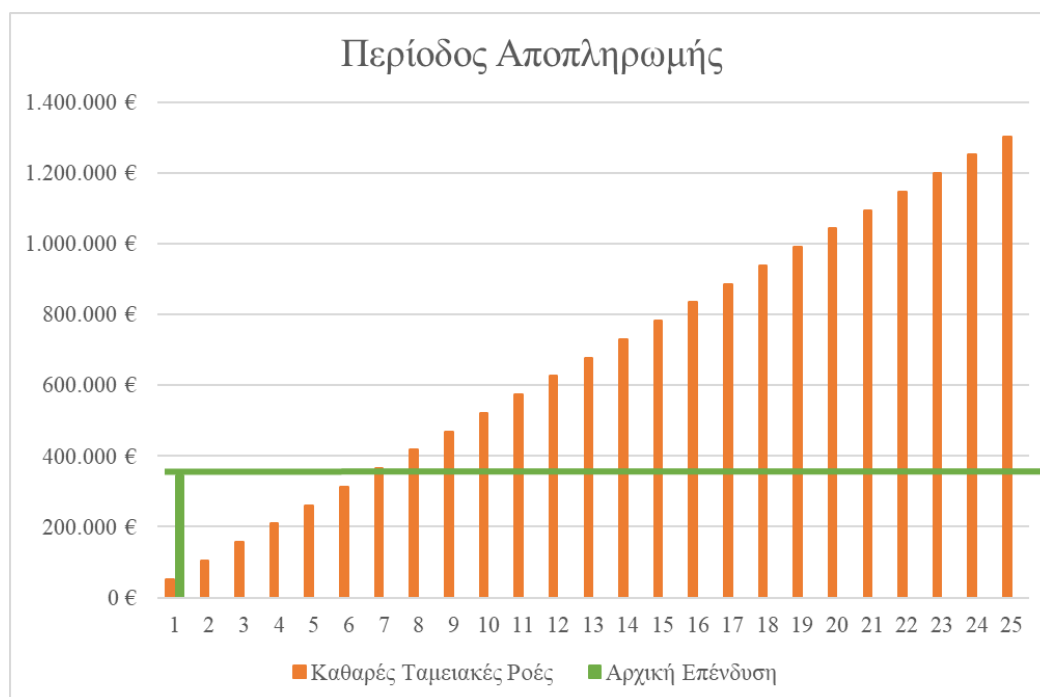
Υπολογίζονται, επίσης, οι **καθαρές ταμειακές ροές** του έργου ως:

$$\text{Ετήσια έσοδα} - \text{Ετήσια έξοδα} = 57.123\text{€} - 5.000\text{€} = 52.123 \text{ €}$$

Επιπρόσθετα, υπολογίζεται η **περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης** ως:

$$\text{Αρχική επένδυση} / \text{Καθαρές Ταμειακές Ροές} = 343.550,00 \text{ €} / 52.123 \text{ €} = 7$$

Που σημαίνει ότι η περίοδος αποπληρωμής της αρχικής επένδυσης της εγκατάστασης είναι περίπου τα **7 χρόνια**.



Σχήμα 6-1. Περίοδος Αποπληρωμής της επένδυσης.

Παρακάτω, στον Πίνακα 6-7, παρουσιάζονται τα παραπάνω αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης και στον Πίνακα 6-8 οι καθαρές ταμειακές ροές για τα 25 έτη λειτουργίας.

Αξία Αρχικής Επένδυσης	343.550,00 €
Αρχικό Κεφάλαιο ανά μέλος	3.435,50 €
Ετήσια Έξοδα Εν. Κοιν.	5.000,00 €
Ετήσιο Όφελος Εν. Κοιν.	57.123 €
Καθαρές Ταμειακές Ροές/έτος	52.123 €
Περίοδος Αποπληρωμής	7 έτη

Πίνακας 6-7. Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης του έργου.

Επιπλέον, γίνεται η υπόθεση ότι το επιτόκιο αναγωγής ανέρχεται σε **i=5%**.

Ο τύπος της παρούσας αξίας ποσού X μετά από n χρόνια (Present Value) υπολογίζεται ως:

$$PV = X / (1+i) / (1+i)^n$$

Και η καθαρή παρούσα αξία υπολογίζεται ως:

$$NPV = PV_{\text{κερδών}} - Pn_{\text{κόστους}}$$

Με τους παραπάνω τύπους, παρουσιάζεται ο Πίνακας 6-8:

Αρχική Επένδυση		
343.550 €		
Έτος	Καθαρές Ταμειακές Ροές	Pv
1	52.123 €	49.641 €
2	104.246 €	94.554 €
3	156.369 €	135.077 €
4	208.492 €	171.527 €
5	260.615 €	204.199 €
6	312.738 €	233.370 €
7	364.861 €	259.300 €
8	416.984 €	282.231 €
9	469.107 €	302.391 €

Χαραλαμπία Ελευθερίου		
10	521.230 €	319.990 €
11	573.353 €	335.228 €
12	625.476 €	348.288 €
13	677.599 €	359.345 €
14	729.722 €	368.559 €
15	781.845 €	376.081 €
16	833.968 €	382.050 €
17	886.091 €	386.599 €
18	938.214 €	389.847 €
19	990.337 €	391.910 €
20	1.042.460 €	392.892 €
21	1.094.583 €	392.892 €
22	1.146.706 €	392.001 €
23	1.198.829 €	390.304 €
24	1.250.952 €	387.880 €
25	1.303.075 €	384.802 €
NPV		
	7.387.409 €	

Πίνακας 6-8. Καθαρές Ταμειακές Ροές, PV, NPV επένδυσης.

Παρατηρείται ότι $NPV > 0$ άρα η επένδυση είναι συμφέρουσα.

Το συνολικό κέρδος που μπορεί να προκύψει από τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος για τα 25 χρόνια μπορεί να υπολογιστεί με τον εξής τρόπο:

$$\text{Συνολικό Κέρδος} = \text{Καθαρές Ταμειακές Ροές} - \text{Αρχική Επένδυση} = 1.303.075€ - 343.550,00 € = 959.525 €$$

Έτσι, για κάθε μέλος/νοικοκυριό, το κέρδος έπειτα την αποπληρωμή της επένδυσης ανέρχεται σε $959.525 € / 100 = 9.595,25 €$ και, συνεπώς, η επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη.

6.4 Διαχείριση Ρίσκου

Όλες οι επενδύσεις είναι συνυφασμένες με την έννοια του ρίσκου, ωστόσο μια καλά μελετημένη επένδυση προχωρά σε ανάλυση κινδύνων, αξιολογεί την πιθανότητα εμφάνισης τους και προβλέπει διορθωτικές ενέργειες. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό να αναγνωρισθεί το περιβάλλον της επένδυσης, με σκοπό να διαγνωστούν τυχόν αδυναμίες, να ενισχυθούν οι δυνάμεις και να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι. Για

τους λόγους αυτούς, στο επιχειρηματικό σχέδιο για την ίδρυση ενεργειακής κοινότητας, περιλαμβάνεται ανάλυση SWOT και πλάνο διαχείρισης ρίσκου.

Η επένδυση σε έναν φωτοβολταϊκό σταθμό έχει πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Πλεονεκτήματα:

- Βιώσιμη πηγή ενέργειας: Οι Φ/Β σταθμοί χρησιμοποιούν τον ήλιο ως πηγή ενέργειας, που είναι ανανεώσιμη και καθαρή, μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας: Μετά την εγκατάσταση, απαιτούν σχεδόν καθόλου συντήρηση και οι λειτουργικές δαπάνες είναι χαμηλές.
- Περιβαλλοντική βελτίωση: Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
- Ανεξαρτησία ενέργειας: Η επένδυση σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς μπορεί να παρέχει ανεξαρτησία από τις ενεργειακές εταιρείες και τις διακοπές ρεύματος.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης: Η εγκατάσταση Φ/Β σταθμού απαιτεί σημαντική αρχική επένδυση, που μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για ορισμένους επενδυτές.
- Επηρεάσιμη παραγωγή ενέργειας από τον καιρό: Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, όπως η συννεφιά και η ηλιοφάνεια.
- Απαιτείται χώρος: Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί απαιτούν μεγάλη επιφάνεια για την εγκατάστασή τους, πράγμα που μπορεί να δυσκολέψει την εύρεση κατάλληλου χώρου.
- Ανεπάρκεια στη διάρκεια της νύκτας: Τα Φ/Β συστήματα δεν παράγουν ενέργεια τη νύκτα, εκτός αν υπάρχει σύστημα αποθήκευσης ενέργειας όπως μπαταρίες.

Κατά τη λήψη αποφάσεων για την επένδυση σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη αυτά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

προκειμένου να γίνει μια ενημερωμένη απόφαση που να ταιριάζει στις ανάγκες και τις συνθήκες του συγκεκριμένου έργου.

6.4.1 SWOT

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται στον κόσμο της επιχειρηματικής στρατηγικής για να αξιολογήσει τις εσωτερικές και εξωτερικές πτυχές που επηρεάζουν μια επιχείρηση, ένα προϊόν ή ένα έργο. Το SWOT αντιπροσωπεύει τις λέξεις Strengths (Δυνατά σημεία), Weaknesses (Αδυναμίες), Opportunities (Ευκαιρίες) και Threats (Κίνδυνοι) (CFI 2022).

Έτσι, για το προτεινόμενο έργο φωτοβολταϊκού σταθμού 200kW προέκυψαν ο παρακάτω Πίνακας 6-9. :

ΔΥΝΑΜΕΙΣ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι Φ/Σ περιλαμβάνουν υλικό με πρωτοπόρα τεχνολογία που εξασφαλίζει 23% αυξημένη απόδοση. ▪ Η Ελλάδα είναι μια πολύ ηλιόλουστη χώρα. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι Φ/Σ είναι ευάλωτοι στα ακραία καιρικά φαινόμενα. ▪ Τα δίκτυα υποδομής να είναι κορεσμένα, με εμφάνιση βλάβης.
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η απόφαση της ΕΕ [Brussels, 30.11.2016 COM(2016) 861 final 2016/0379 (COD)] για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου 50% έως το 2030, θα γίνει μέσω ΑΠΕ και είναι δεσμευτική για όλα τα κράτη μέλη. ▪ Τα Φ/Β πλαίσια θα παράγουν για τα επόμενα 25 έτη. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η επένδυση πρέπει να φυλάσσεται γιατί είναι ευάλωτη σε δολιοφθορές, γεγονός που αυξάνει το κόστος. ▪ Αλλαγές στην νομοθεσία που μπορεί να επιφέρει νέους φόρους. ▪ Μεγάλη γραφειοκρατία

Πίνακας 6-9. Ανάλυση SWOT

7

Συμπεράσματα

Οι ενεργειακές κοινότητες αντιπροσωπεύουν μια καινοτόμο προσέγγιση στην παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση ενέργειας, όπου οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά στη διαχείριση και τη χρήση της ενέργειας. Ενθαρρύνουν τη συνεργασία των πολιτών και την ανάπτυξη βιώσιμων ενεργειακών λύσεων σε τοπικό επίπεδο. Αυτές οι κοινότητες μπορούν να προωθήσουν την πράσινη ενέργεια, να μειώσουν το κόστος της ενέργειας και να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και κλιματικής αλλαγής.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τις Ενεργειακές Κοινότητες πολιτών. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε τεχνική μελέτη για την ίδρυση ενεργειακής κοινότητας στον Δήμο Κύμης – Αλιβερίου. Μελετήθηκε διεξοδικά η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού 200kW με σκοπό τον ενεργειακό συμψηφισμό.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- PVGIS (2023)
- PVSyst (2023)

Το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών PVGIS, βοήθησε στη συλλογή των ενεργειακών δεδομένων της υπό εξέταση περιοχής, ενώ το λογισμικό σχεδιασμού PVSyst στην προσομοίωση του φωτοβολταϊκού μοντέλου.

Η μελέτη εκπονήθηκε για ενεργειακή κοινότητα που αποτελείται από 100 νοικοκυριά αγροτικής περιοχής με ενεργειακή ζήτηση 307 MWh το έτος. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του PVSyst, είναι σχεδόν ίδια με την τεχνική μελέτη που πραγματοποιήθηκε βάσει των ενεργειακών δεδομένων του PVGIS, πράγμα που συμπεραίνει πως η ανάλυση είναι αξιόπιστη.

Με σύγκριση των δύο παραπάνω προγραμμάτων, προέκυψε πως η ενεργειακή παραγωγή του Φ/Β συστήματος είναι περίπου 316 MWh το έτος. Το οποίο σημαίνει πως είναι επαρκή για την ενεργειακή κοινότητα.

Έπειτα από την οικονομική μελέτη και αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στο Κεφάλαιο 6, συμπεραίνεται πως η επένδυση είναι βιώσιμη.

Για την ανάλυση και διεκπεραίωση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία βασισμένα σε παραδοχές. Για να είναι υλοποιήσιμη η συγκεκριμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, θα πρέπει να βρίσκεται κοντά σε σταθμό της ΔΕΔΔΗΕ, διαφορετικά θα πρέπει να φέρεται.

Όμως, αξίζει να σημειωθεί, ότι για τις ενεργειακές κοινότητες δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί το σωστό νομικό πλαίσιο σε εθνικό επίπεδο, με αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα τα οποία δυσχεραίνουν την βιώσιμη ανάπτυξη. Επιπρόσθετα όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 6.4 από την μέθοδο SWOT, υπάρχουν αρκετές απειλές και εμπόδια σχετικά με την ενεργειακή κοινότητα. Υπάρχει, ακόμη, αρκετή γραφειοκρατία σχετικά με τις αιτήσεις διασύνδεσης των έργων από τον ΔΕΔΔΗΕ όπως επίσης υπάρχει και μεγάλος αριθμός απορρίψεων των αιτήσεων. Για την εγκατάσταση, λοιπόν, του φωτοβολταϊκού συστήματος στην περιοχή του δήμου Κύμης- Αλιβερίου, θα πρέπει πρώτα να μελετηθεί εάν υπάρχει διαθέσιμος χώρος στο δίκτυο ή αν είναι κορεσμένο.

Για όλα τα παραπάνω προβλήματα θα πρέπει να παρθούν ορισμένα μέτρα και αποφάσεις για την επίλυση της ενεργειακής φτώχειας και την ενίσχυση των ενεργειακών κοινοτήτων. Είναι σκόπιμο να τεθούν σαφείς στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο σχεδιασμός κατάλληλων χρηματοδοτικών εργαλείων προσαρμοσμένων στις ιδιαιτερότητες των ενεργειακών κοινοτήτων είναι κρίσιμος για την οικονομική τους στήριξη και τη διευκόλυνση της διαδικασίας συγκέντρωσης κεφαλαίου. Υπάρχουν διάφορα χρηματοδοτικά εργαλεία που μπορούν να εξεταστούν για να υποστηρίξουν τις ενεργειακές κοινότητες:

- **Επιχορηγήσεις και Επιδοτήσεις:** Κυβερνητικές επιχορηγήσεις και επιδοτήσεις μπορούν να παρασχεθούν για την αρχική επένδυση σε ενεργειακά έργα. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν επιδοτήσεις για την αγορά και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- **Δάνεια και Πιστώσεις:** Οι ενεργειακές κοινότητες μπορούν να αναζητήσουν δάνεια από τράπεζες ή άλλες χρηματοπιστωτικές οργανώσεις για τη χρηματοδότηση των έργων τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι εφικτό να χορηγηθούν πιστώσεις με ευνοϊκούς όρους για τα ανανεώσιμα ενεργειακά έργα.
- **Συμπράξεις με Επενδυτές:** Οι ενεργειακές κοινότητες μπορούν να εξετάσουν τη δυνατότητα συνεργασίας με επενδυτές ή ενεργειακές εταιρείες που είναι διατεθειμένες να επενδύσουν κεφάλαιο στα έργα τους.
- **Χρηματοδοτικά Εργαλεία της ΕΕ:** Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει χρηματοδοτικά εργαλεία και προγράμματα υποστήριξης για την αειφόρο ενέργεια και τις ενεργειακές κοινότητες.

Ο κατάλληλος συνδυασμός των παραπάνω εργαλείων μπορεί να προσφέρει την απαραίτητη οικονομική στήριξη και να βοηθήσει τις ενεργειακές κοινότητες να αναπτύξουν τα έργα τους με επιτυχία.

Η δημιουργία διαθέσιμου ηλεκτρικού χώρου για ενεργειακές κοινότητες πρέπει να είναι ισότιμη και δίκαιη προς όλους τους ενδιαφερόμενους. Η προτεραιότητα δεν πρέπει να δίνεται αποκλειστικά σε ενεργειακές κοινότητες από Δήμους και μεγάλες επιχειρήσεις με μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες. Αντίθετα, πρέπει να υπάρχει ισορροπία ώστε να δοθεί ευκαιρία σε όλες τις ενεργειακές κοινότητες, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών κοινοτήτων πολιτών, να αξιοποιήσουν το εργαλείο του Εικονικού Ενεργειακού Συμφηφισμού.

Οι ενεργειακές κοινότητες πολιτών που καθυστερούν στις διαδικασίες συγκέντρωσης κεφαλαίου και εγγραφής μελών, αλλά έχουν σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, πρέπει να έχουν τη δυνατότητα συμμετοχής στην αγορά ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη διασφάλιση ότι υπάρχουν διαθέσιμοι ηλεκτρικοί χώροι που δεν αποκλείονται από ενεργειακές κοινότητες με βάση τον μέγεθος τους ή τις ενεργειακές τους ανάγκες.

Σε αυτό το πλαίσιο, η διαφάνεια, η ισότητα και η δικαιοσύνη πρέπει να είναι τα κύρια κριτήρια για την κατανομή του ηλεκτρικού χώρου, έτσι ώστε όλες οι ενεργειακές κοινότητες να έχουν ίσες ευκαιρίες για ανάπτυξη έργων που συμβάλλουν στην οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Συντομεύσεις

ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό
ΕνΚοιν ή ΕΚοιν	Ενεργειακές Κοινότητες
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ασημακόπουλος Γ., Λέτσης Σ. (2013). Μελέτη Φωτοβολταϊκού Πάρκου 60KW, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Τμήμα Ηλεκτρολογίας

Βέττας Ν., Danchev S., Μανιάτης Γ., Παρτσιώκας Ν., Βαλάσκας Κ. (2021). Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις, Οργανισμός Έρευνας & Ανάλυσης

Βισκαδούρος Γ. (2021). Μελέτη εγκατάστασης ΦΒ σταθμού 405kWp με το σχήμα του Virtual Net Metering για τα μέλη της Μινώα Ενεργειακής Κοινότητας, Minoan Energy

Γρούντας Ι. (2020). Παράγοντες και Μηχανισμοί Γήρνασης του Υλικού Επικάλυψης Φ/Β στοιχείων, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. και Μηχ. Υπολογιστών

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΤΕ (2023). “Net-metering” – Φωτοβολταϊκά – Ενεργειακός συμψηφισμός

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ (2012). ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ: Έρευνα Κατανάλωσης στα Νοικοκυριά 2011-2012

Κάπος Α. (2023). Τεχνικά χαρακτηριστικά και κοινωνική συνεισφορά των ενεργειακών κοινοτήτων: Μελέτη Περίπτωσης για τη Ραφήνα, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. και Μηχ. Υπολογιστών

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (2009). Πληροφορίες για Φ/Β Συστήματα, Τμήμα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και Διεσπαρμένης Παραγωγής

Λάμπρου Β. (2022). Ανασκόπηση και Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και των μεθόδων αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Μπαράτσας Α. (2020). Οικονομοτεχνική Μελέτη Εφαρμογής Ενεργειακού Συμψηφισμού στο Γ.Ν Ιωαννίνων ‘Χατζηκόστα’, Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (HELAPCO 2013). Ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός

Τσικουδή Α. (2014). Ερευνητική εργασία: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. Νομοθεσία – Εθνικό Πλαίσιο

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2019). Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το κλίμα

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. Ευρωπαϊκή Πολιτική

Χάδος Θ. (2021). Οι ενεργειακές κοινότητες ως φορέας της καθαρής ενεργειακής μετάβασης μιας περιοχής, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. και Μηχ. Υπολογιστών

Euditi (2023). Θεσμικό πλαίσιο Ενεργειακών Κοινοτήτων ΟΤΑ

Greenpeace (2019). Ενεργειακές κοινότητες: Όλα όσα θέλεις να ξέρεις, Κλίμα και Ενέργεια

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Arnould J., Quiroz D., (2022). Energy communities in the EU, BEUC, The European Consumer Organization

Buonanno A., Caliano M., Di Somma M., Morch A., Papadimitriou C., Sæle H. (2023). Development of Energy Communities in Europe, Norway

Corporate Finance Institute (2022). SWOT Analysis

European Commission (2019). Clean Energy for all Europeans Package

European Commission. Energy communities

European Commission (2022). European Commission (2022).

European Commission (2022). Renewable Energy Directive, Timeline for renewable energy in the EU

European Commission (2022). REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe

European Commission (2022). REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition

Gerundo, R. and Marra, A. (2022). A decision support methodology to foster renewable energy communities in the Municipal Urban Plan, MDPI. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

PVGIS (2022). Version 5.2, Software, European Commission

PVSyst (2023). Version 7.4, Software, Switzerland

Ενεργειακές Κοινότητες πολιτών:
Τεχνική μελέτη για την ίδρυση Ενεργειακής Κοινότητας στο Δήμο Κύμης- Αλιβερίου

Χαραλαμπία Ελευθερίου

Παράρτημα I – PVSyst Simulation Report



Version 7.4.0

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Trikovlio

Variant: Simulation Trikovlio

No 3D scene defined, no shadings

System power: 201 kWp

Trikovió - Greece

| Author



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
27/06/23 22:10
with v7.4.0

Project: Trikovlio
Variant: Simulation Trikovlio

Project summary			
Geographical Site	Situation	Project settings	
Trikovlió	Latitude	38.45 °N	Albedo
Greece	Longitude	24.16 °E	0.20
	Altitude	151 m	
	Time zone	UTC+2	
Meteo data			
Trikovlió			
PVGIS api TMY			

System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
PV Field Orientation	Near Shadings		User's needs
Fixed plane	No Shadings		Unlimited load (grid)
Tilt/Azimuth	28 / 0 °		
System information			
PV Array			
Nb. of modules	627 units	Inverters	Nb. of units
Pnom total	201 kWp		4 units
		Pnom total	200 kWac
		Pnom ratio	1.003

Results summary					
Produced Energy	323572 kWh/year	Specific production	1613 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	83.76 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
27/06/23 22:10
with v7.4.0

Project: Trikovlio
Variant: Simulation Trikovlio

General parameters			
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	Models used
Fixed plane		No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth	28 / 0 °		Diffuse Imported
			Circumsolar separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Free Horizon		No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	SN320P-10	Model	Sunny Tripower STP50-40-Core1
(Original PVsyst database)			
Unit Nom. Power	320 Wp	Unit Nom. Power	50.0 kWac
Number of PV modules	627 units	Number of inverters	4 units
Nominal (STC)	201 kWp	Total power	200 kWac
Modules	33 Strings x 19 In series	Operating voltage	188-800 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.00
Pmpp	181 kWp	Power sharing within this inverter	
U mpp	638 V		
I mpp	284 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	201 kWp	Total power	200 kWac
Total	627 modules	Number of inverters	4 units
Module area	1223 m ²	Pnom ratio	1.00
Cell area	1099 m ²		

Array losses			
Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	38 mΩ
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s		
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.2 %
		IAM loss factor	
		ASHRAE Param.: IAM = 1 - bo (1/cos(i) - 1)	
		bo Param. 0.05	



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
27/06/23 22:10
with v7.4.0

Project: Trikovlio
Variant: Simulation Trikovlio

Main results

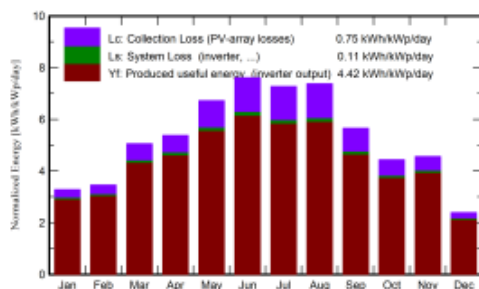
System Production
Produced Energy

323572 kWh/year

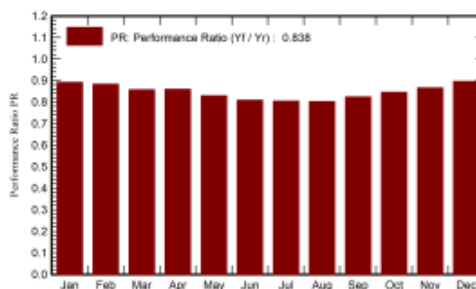
Specific production
Perf. Ratio PR

1613 kWh/kWp/year
83.76 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	66.1	29.57	9.32	101.6	98.9	18619	18179	0.892
February	72.3	36.00	11.31	96.8	94.3	17573	17152	0.883
March	129.2	54.81	14.37	156.6	153.0	27617	26957	0.858
April	149.5	61.29	13.06	161.4	157.4	28517	27825	0.859
May	209.5	73.05	19.61	208.3	202.7	35515	34658	0.829
June	239.3	59.39	23.63	228.4	222.5	38015	37077	0.809
July	231.9	66.27	26.23	225.5	219.6	37313	36396	0.804
August	215.5	59.94	26.10	228.6	223.2	37768	36832	0.803
September	146.4	53.40	21.81	169.6	165.6	28757	28061	0.825
October	105.5	44.35	18.04	137.5	134.2	23915	23334	0.846
November	87.3	30.06	15.67	136.9	133.6	24342	23800	0.866
December	49.0	27.31	10.01	74.0	71.8	13642	13299	0.896
Year	1701.5	595.46	17.47	1925.3	1877.0	331592	323572	0.838

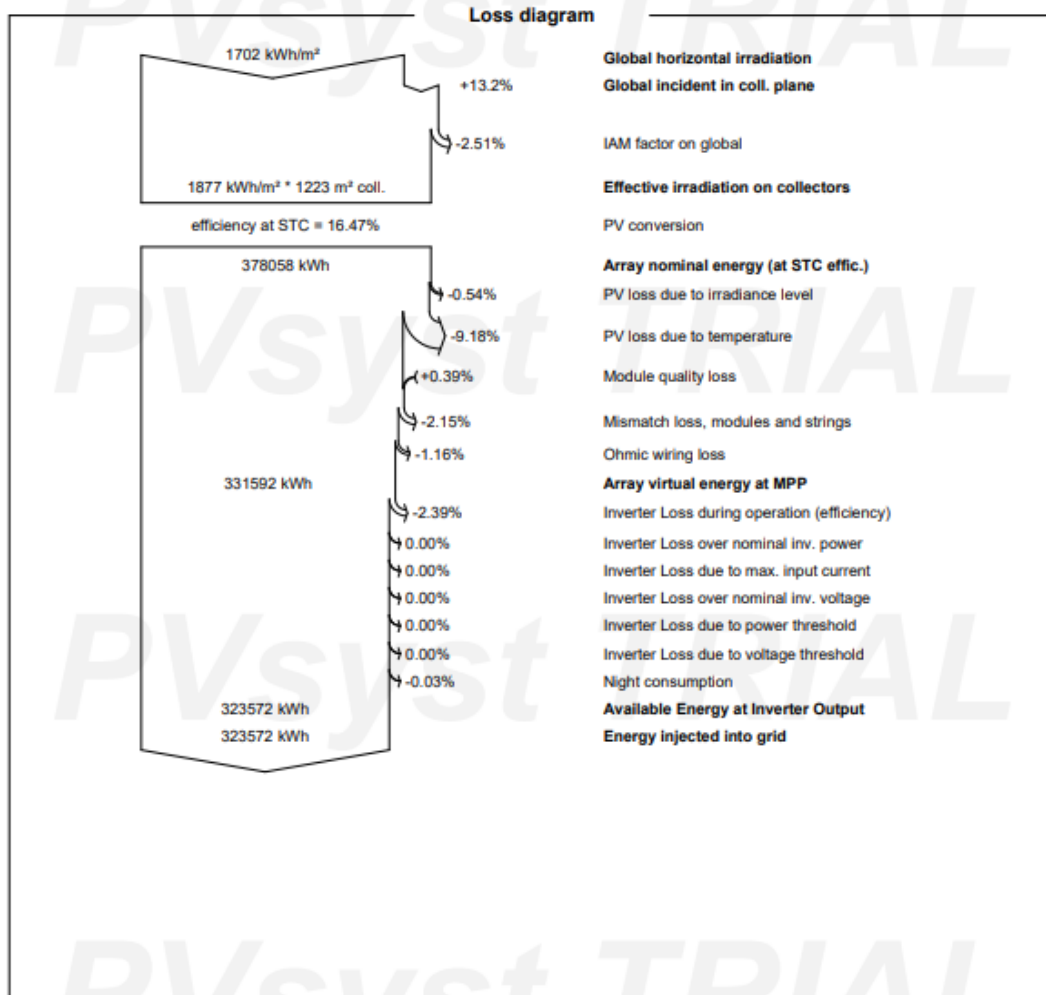
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



PVsyst V7.4.0
 VC0, Simulation date:
 27/06/23 22:10
 with v7.4.0

Project: Trikovlio
 Variant: Simulation Trikovlio





PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
27/06/23 22:10
with v7.4.0

Project: Trikovlio
Variant: Simulation Trikovlio

