



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δράκου Ι. Κωνσταντίνου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

**Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

«ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δράκου Ι. Κωνσταντίνου

Επιβλέπων: Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Καθηγητής.....

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 14^η Οκτώβρη 2022

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Δρ. Δημήτριος Ζαφειράκης

.....
Δρ. Γεώργιος Σπυρόπουλος

.....
Δρ. Κωνσταντίνος Μουστρής

Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Μέλος ΕΔΙΠ Πα.Δ.Α.

Αναπληρωτής Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Copyright © - Δράκος Ι. Κωνσταντίνος, 2022

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 στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

(Υπογραφή)



.....
Δράκος Ι. Κωνσταντίνος

Περίληψη

Στην προτεινόμενη πτυχιακή εργασία θα εξετασθούν αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις οικιακών αυτοπαραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελληνική επικράτεια. Για τον σκοπό αυτό θα προσομοιωθεί η λειτουργία υβριδικών συνδυασμών Φ/Β-Συσσωρευτών για τυπικό ηλιακό δυναμικό και προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης και θα μελετηθεί η βελτιστοποίηση του ισοζυγίου ιδιοκατανάλωσης και εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Στο πλαίσιο αυτό, θα αναπτυχθούν κατάλληλες στρατηγικές εμπορίας ενέργειας οι οποίες θα εφαρμοσθούν σε πλήθος υβριδικών συνδυασμών, εξετάζοντας την δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους παραγωγής/κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με το συμβατικό σενάριο της αποκλειστικής κάλυψης των αναγκών του τελικού καταναλωτή ενέργειας-μέσω προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο-και με το εναλλακτικό σενάριο της πλήρους αυτονομίας.

Λέξεις Κλειδιά

Αυτοπαραγωγός, Ηλεκτρική Κατανάλωση, Ηλεκτρική Ενέργεια, Αποθήκευση Ενέργειας, Ενεργειακός Συμψηφισμός, Φωτοβολταϊκό Σύστημα.

Abstract

In the proposed dissertation, representative cases of home self-generating electricity in Greece will be examined. For this purpose, the operation of hybrid combinations of PV-Batteries for typical solar potential and electricity consumption profile will be simulated and the optimization of the balance of self-consumption and electricity trading with the local electricity network will be studied. In this context, appropriate energy trading strategies will be developed which will be implemented in a number of hybrid combinations, considering the possibility of minimizing the cost of electricity generation/consumption compared to the conventional scenario of exclusive coverage of the needs of the consumer-through electricity supply from the mains-and with the alternative scenario of full autonomy.

Keywords

Prosumer, Energy Consumption, Electrical Energy, Energy Storage, Net Metering, Photovoltaic System.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Ζαφειράκη Δημήτριο, για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης.

Ευχαριστώ πολύ, τον πολύ καλό μου φίλο και συμφοιτητή Μπουντούλη Χρήστο, που μου στάθηκε και με βοήθησε με τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδινε μέχρι το τέλος αυτής της εργασίας.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη από τα βάθη της καρδιάς μου στον φίλο μου Πενταγιώτη Οδυσσέα, στην πολύ καλή μου φίλη Κορώση Αναστασία Αικατερίνη και σε όλους αυτούς που αποτελέσαν έρεισμα ως το πέρας της εργασίας αυτής. Κλείνοντας, οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου τον Ιωάννη και την Σοφία που σε αυτούς οφείλω όσα έχω καταφέρει μέχρι σήμερα.

Περιεχόμενα

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη | 4 |
| Abstract | 5 |
| Ευχαριστίες..... | 7 |
| Περιεχόμενα | 8 |
| Ευρετήριο σχημάτων | 10 |
| Ευρετήριο πινάκων | 12 |
| 1. Εισαγωγή..... | 13 |
| 2. Ηλεκτρική ενέργεια | 15 |
| 2.1. Εισαγωγή..... | 15 |
| 2.2. Παραγωγή..... | 15 |
| 2.3. Μεταφορά..... | 18 |
| 2.4. Διαμόρφωση Κόστους Ηλεκτρικής Ενέργειας..... | 20 |
| 2.5. Κόστος λιανικής σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκές Χώρες..... | 21 |
| 3. Οικιακά υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας | 28 |
| 3.6.5. Συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας | 54 |
| 3.6.6. Τεχνολογικά συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας..... | 57 |
| 3.6.7. Περιφερειακά συστήματα υβριδικών συστημάτων | 65 |
| 3.6.8. Οφέλη υβριδικών συστημάτων..... | 65 |
| 4. Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση 68 | |
| 4.1. Γενικά..... | 68 |
| 4.2. Ευρωπαϊκό Κανονιστικό Πλαίσιο..... | 69 |
| 4.2.1. Περιβαλλοντικοί Στόχοι | 69 |
| 4.2.2. Χρηματοδοτικά Προγράμματα | 70 |
| 4.2.3. Νομικοί περιορισμοί..... | 71 |
| 4.3. Ελληνικό Θεσμικό & Νομοθετικό Πλαίσιο | 72 |
| 4.4. Εθνικό Νομοθετικό & Κανονιστικό Πλαίσιο για την Αυτοπαραγωγή | 74 |
| 5. Αυτοπαραγωγή - σχήματα εφαρμογής | 81 |
| 5.1. Εισαγωγή..... | 81 |
| 5.2. Αυτοπαραγωγός (Net-metering) | 81 |
| 5.2.1. Παροχή & Προμήθεια ηλεκτρικού ρεύματος | 84 |
| 5.2.2. Οικονομικά οφέλη | 84 |

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| | | |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 5.2.3. | Οριακή τιμή δικτύου (spot price) | 85 |
| 5.2.4. | Περιπτώσεις αυτοπαραγωγής | 86 |
| 5.3. | Περιπτώσεις Ιδιοπαραγωγής..... | 88 |
| 5.4. | Ανάλυση προσομοίωσης..... | 89 |
| 5.4.1. | Διάρθρωση Υβριδικού Συστήματος | 90 |
| 5.4.2. | Δεδομένα ηλιακού δυναμικού | 90 |
| 6. | Αποτελέσματα Εφαρμογής Σεναρίων | 96 |
| 7. | Συμπεράσματα..... | 114 |
| 8. | Βιβλιογραφία..... | 117 |

Ευρετήριο σχημάτων

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1: Εξέλιξη κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς καταναλωτές, ΕΕ-27 και ευρωζώνη, 2008-2021 (€/kWh). Πηγή: Eurostat..... | 26 |
| Εικόνα 2: Αναλογία των φόρων καθώς και εισφορών που επιβαρύναν τους οικιακούς καταναλωτές – 2ο εξάμηνο του 2021(%). Πηγή: Eurostat..... | 27 |
| Εικόνα 3: Συνολική εγκατεστημένη και παραγόμενη ισχύς των ΑΠΕ στο δίκτυο της Ευρώπης ανά έτος (GW/Ανά Έτος). Πηγή: Researchgate..... | 31 |
| Εικόνα 4: Συνολική εγκατεστημένη και παραγόμενη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο της Ελλάδας ανά έτος (MW/Ανά Έτος). Πηγή: Energypress..... | 32 |
| Εικόνα 5: Συνολική ισχύς εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (MWp/Ανά Έτος). Πηγή: Helarco.gr..... | 35 |
| Εικόνα 6: Συνολική ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (MWp/Ανά Έτος). Πηγή: Helarco.gr..... | 35 |
| Εικόνα 7: Τμηματική απεικόνιση περιεχομένων ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου..... | 40 |
| Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Φ/Β-Α/Γ εγκατεστημένο σε οικία..... | 41 |
| Εικόνα 9: Απεικόνιση Ιεραρχίας σύνδεσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων..... | 42 |
| Εικόνα 10: (α) Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε οροφή κατοικίας, (β) Συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων..... | 47 |
| Εικόνα 11: Απεικόνιση γεννήτριας πετρελαίου ανοιχτού τύπου, τριφασική με μίζα 498cc (WS8500-3 Kraft)..... | 48 |
| Εικόνα 12: Χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης γεννήτριας με καύσιμο ντίζελ..... | 51 |
| Εικόνα 13: Απεικόνιση κυκλώματος υβριδικής εγκατάστασης, με συνδυασμό ΣΑΕ (αριστερά) και κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης (δεξιά)..... | 57 |
| Εικόνα 14: Απεικόνιση θεμελιώδης διαχείρισης παραγόμενης ενέργειας ενός Υβριδικού συστήματος Πηγή: https://energystorage.org | 58 |
| Εικόνα 15: Σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με σύστημα μπαταρίας στο ηλεκτρικό δίκτυο..... | 60 |
| Εικόνα 16: Απεικόνιση της λειτουργίας συσσωρευτή μόλυβδου-θεικού οξέος..... | 61 |
| Εικόνα 17: Συμπεριφορά της χωρητικότητας συσσωρευτή τύπου μόλυβδου-θεικού οξέος (Pb/H ₂ SO ₄), ως προς το βάθος εκφόρτισης και των κύκλων λειτουργίας του..... | 64 |
| Εικόνα 18: Απεικόνιση σεναρίου αυτοπαραγωγής με χρήση Ηλεκτρογεννήτριας πετρελαίου..... | 87 |
| Εικόνα 19: Απεικόνιση σεναρίου αυτοπαραγωγής χωρίς τη χρήση Ηλεκτρογεννήτριας πετρελαίου..... | 87 |
| Εικόνα 20: Απεικόνιση σεναρίου ιδιοπαραγωγής όπου υπάρχει σύνδεση με το τοπικό δίκτυο..... | 89 |
| Εικόνα 21: Απεικόνιση σεναρίου ιδιοπαραγωγής όπου δεν υπάρχει σύνδεση με το τοπικό δίκτυο..... | 89 |
| Εικόνα 22: Ωριαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας..... | 91 |
| Εικόνα 23: Χαρακτηριστική Καμπύλη Ισχύος Φ/Β, (I-U) για διάφορες τιμές Ηλιακής Ακτινοβολίας..... | 92 |
| Εικόνα 24: Φορτίο ζήτησης συναρτήσει των ωρών του έτους..... | 93 |
| Εικόνα 25: Σύγκριση Ηλιακού Δυναμικού με το Φορτίο Ζήτησης ανά ώρα του έτους..... | 94 |

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 26: Συντελεστής Κάλυψης Φορτίου (%) για περιοχές ισχύος Φ/Β στοιχείου $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$ | 97 |
| Εικόνα 27: Ώρες Απόρριψης Φορτίου για περιοχές ισχύος Φ/Β στοιχείου $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$ | 98 |
| Εικόνα 28: Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€) για περιοχές ισχύος Φ/Β $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$ | 100 |
| Εικόνα 29: Κόστος καυσίμου που απαιτείται για την κάλυψη του φορτίου αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$ | 102 |
| Εικόνα 30: Σχηματική απεικόνιση δείκτη LCOE. | 103 |
| Εικόνα 31: Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ενέργειας για περιοχές ισχύος Φ/Β $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$ | 104 |
| Εικόνα 32: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 1. | 108 |
| Εικόνα 33: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 2. | 109 |
| Εικόνα 34: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 3. | 110 |
| Εικόνα 35: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 4. | 112 |
| Εικόνα 36: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 5. | 113 |
| Εικόνα 37: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 6. | 114 |

Ευρετήριο πινάκων

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 1: Ανάλυση εγκατεστημένης ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά είδος μονάδας, 2011-2019 (MW) | 16 |
| Πίνακας 2: Χρεώσεις (Μοναδιαίες Χρεώσεις Χρήσης) για Πελάτες Συστήματος Υψηλής Τάσης καθώς και για Πελάτες Μέσης και Χαμηλής Τάσης του Διασυνδεδεμένου Δικτύου, βάσει του Απαιτούμενου Εσόδου (Πηγή: ΥΠΕ, 2022) | 23 |
| Πίνακας 3: Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για το 2ο εξάμηνο του 2021 καθώς και το 1ο εξάμηνο του 2022 (€ ανά kWh) συμπεριλαμβάνονται όλοι οι φόροι.(Πηγή 2ου Εξαμήνου 2021: Eurostat Electricity prices for household consumers second half of 2021. Πηγή 1ου Εξαμήνου 2022 | 24 |
| Πίνακας 4: Ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2021 καθώς και συνολική ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ως και το 2021 σε MWp. ... | 37 |
| Πίνακας 5: Αποδόσεις διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών στοιχείων[25]. | 44 |
| Πίνακας 6: Συντελεστές καμπύλης κατανάλωσης καυσίμου. | 49 |
| Πίνακας 7: Εφαρμογές, οφέλη ορισμένων τύπων κινητήρα. | 52 |
| Πίνακας 8: Ισχύς και διάρκεια ζωής μερικών τύπων γεννητριών. | 53 |
| Πίνακας 9: Μέγιστα όρια ισχύος (kW) σταθμών παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ανά αυτόνομο νησιωτικό σύστημα Πηγή: Helapco Net-Metering Νοέμβριος 2021 | 78 |

1. Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα πολύτιμο αγαθό για τους πολίτες ενός κράτους, για την οικονομία αλλά και σε γενικότερο βαθμό για την κοινωνία διότι το βιοτικό επίπεδο επηρεάζεται άμεσα από την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την πάροδο του χρόνου και την συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, όπως είναι αναμενόμενο τα ποσά της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μονίμως αυξάνεται. Χρειάζεται λοιπόν να αναπτυχθούν και να τεθούν σε λειτουργία μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με σκοπό την κάλυψη της μονίμως αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να περιορίζονται λόγω των πεπερασμένων αποθεμάτων και με την θερμοκρασία του πλανήτη μονίμως να αυξάνεται, σημειώνεται σημαντική άνοδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως για παράδειγμα η ηλιακή, η αιολική και τα υδροηλεκτρικά. Οι εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι διάφορες, δηλαδή έχουν την δυνατότητα να εφαρμοστούν σε συστήματα εντός δικτύου αλλά και εκτός δικτύου, όπως για παράδειγμα σε περιοχές που χρησιμοποιούνται για αγροτική εκμετάλλευση με περιορισμένη ή και χωρίς σύνδεση με το τοπικό δίκτυο. Η χρήση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με το δίκτυο ή και χωρίς την χρήση του δικτύου θα μειώσει αισθητά την χρήση ορυκτών καυσίμων, την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και το κόστος της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρόλο που οι ΑΠΕ παρέχουν αρκετά οφέλη στο γενικό σύνολο, η χρήση τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Ενδεχομένως το φαινόμενο αυτό να οφείλεται στην συνεχώς μεταβαλλόμενη παραγωγή ενέργειας που μας παρέχουν οι ΑΠΕ. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που ένας καταναλωτής επιθυμεί να είναι εξ ολοκλήρου αυτόνομος χρειάζεται ο συνδυασμός δύο ή και περισσότερων ΑΠΕ. Η χρήση ηλεκτρογεννήτριας σε συστήματα ΑΠΕ θεωρείται σημαντική διότι μας παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε περίπτωση που η παραγωγή από το σύστημα ΑΠΕ δεν είναι αρκετή, καθώς επίσης εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση της φθοράς του συστήματος αποθήκευσης και κατ' επέκταση συνδράμει στην ορθή διαστασιολόγηση μιας εγκατάστασης συστήματος παραγωγής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ. Συνεπώς, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί μελέτη και ακολούθως να λάβει χώρα η σωστή εγκατάσταση του

υβριδικού συστήματος με σκοπό την μείωση του κόστους της εγκατάστασης καθώς και να επιτευχθεί χαμηλό κόστος συντήρησης.

Στην Ελλάδα τέτοια συνδυαστικά συστήματα εντοπίζονται κυρίως στα νησιά και σε αποκεντρωμένες περιοχές που έχουν περιορισμένη σύνδεση στο δίκτυο. Η Ελλάδα διαθέτει περίπου 6000 νησιά, νησίδες και βραχονησίδες όπου από το σύνολο αυτό μόνο τα 79 νησιά έχουν πληθυσμό πάνω από 100 κατοίκους και μόλις 53 νησιά διαθέτουν πληθυσμό από 1000 κατοίκους και άνω. Η Ελλάδα είναι μία χώρα η οποία διαθέτει φυσικούς πόρους όπως ο ήλιος και ο αέρας, όπου εάν εφαρμοσθούν συστήματα παραγωγής ενέργειας βασισμένα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η παραγωγή ενέργειας των συστημάτων αυτών είναι δυνατόν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της χώρας. Παρόλα αυτά, το ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που εντοπίζεται στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι πολύ μικρό. Επομένως, όπως είναι αναμενόμενο τα μη διασυνδεδεμένα νησιά ως κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν αυτόνομους πετρελαϊκούς σταθμούς και λόγω αυτών το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένο. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στα Ελληνικά νησιά, παράγεται κυρίως από πετρέλαιο και μαζούτ. Η διασύνδεση των Ελληνικών μη διασυνδεδεμένων νησιών με το ηπειρωτικό δίκτυο καθίσταται ένα πολύ χρονοβόρο καθώς και δαπανηρό έργο, ωστόσο είναι ένα θέμα το οποίο έχει συζητηθεί ανά διαστήματα. Επίσημα πια, με το τέλος του 2021 η Ευρωπαϊκή επιτροπή αποδέχτηκε το σχέδιο της κρατικής ενίσχυσης του ύψους 1,4 δισεκατομμυρίων ευρώ για την ανάπτυξη των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε 29 αυτόνομα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά ηλεκτρικά συστήματα (τα οποία καλύπτουν 47 νησιά) [1].

2. Ηλεκτρική ενέργεια

2.1. Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια ανέκαθεν αποτελούσε αναπόσπαστο κομμάτι για την οικονομική σταθερότητα ενός κράτους. Ένα αγαθό που πλέον έχει εισχωρήσει στην καθημερινότητα μας και η οποιαδήποτε άνοδος ή κάθοδος υπέρχει στην τιμή ή στον ρυθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκαλεί άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινότητα μιας χώρας καθώς επηρεάζεται η οικονομία και κατ' επέκταση και το επίπεδο ζωής των πολιτών.

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια τιμή που μεταβάλλεται διαρκώς και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ο κύριος παράγοντας ρύθμισης της τιμής είναι η παραγωγή, πολύ σημαντικό ρόλο έχει και το ποσό του ενεργειακού αποθέματος που διαθέτει μια χώρα, καθώς επίσης η γεωλογική ιδιαιτερότητα και οι κλιματολογικές συνθήκες. Εν συνεχεία, ενσωματώνεται το κόστος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, και η σύνθεση όλων των παραπάνω παραγόντων με σκοπό να διαμορφωθεί η τελική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από τον εκάστοτε πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2. Παραγωγή

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια από τις παραδοσιακές βιομηχανικές δραστηριότητες που διεξάγει η ανθρωπότητα. Η ηλεκτρική ενέργεια καθίσταται πλέον ως έναν άκρως αναγκαίο αγαθό για μια ομαλή καθημερινότητα. Διότι η ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται σε εργασιακούς χώρους, σε νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα και σε σπιτικά, και έχει θεσπιστεί ως κομμάτι των Βασικών Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων, σύμφωνα με τις συνθήκες του ΟΗΕ [2,3].

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνει χώρα σύμφωνα με την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας, πρακτικά μέσω μιας φυσικής διεργασίας όπου πραγματοποιείται μετατροπή μίας μορφής ενέργειας σε μία διαφορετική. Κυριότερες πηγές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα εξής:

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

- Ορυκτά καύσιμα δηλαδή το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας κ.λπ.
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως δηλαδή η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η κυματική ενέργεια κ.λπ.
- Δευτερογενείς πηγές, δηλαδή διάφορα μέσα που είναι στην πραγματικότητα συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας όπως μπαταρίες ιόντων λιθίου που η ηλεκτρική ενέργεια έχει αποθηκευτεί με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον [4].

Πίνακας 1: Ανάλυση εγκατεστημένης ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά είδος μονάδας, 2011-2019 (MW)

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΕΔΣ) | | | | | | | | | |
| Λιγνιτικές | 5.028 | 4.958 | 4.958 | 4.456 | 4.456 | 3.912 | 3.912 | 3.904 | 3.904 |
| Φυσικού αερίου | 4.590 | 4.590 | 5.010 | 4.906 | 5.170 | 4.658 | 4.994 | 4.900 | 4.900 |
| Υδροηλεκτρικές | 3.032 | 3.032 | 3.032 | 3.173 | 3.173 | 3.173 | 3.152 | 3.171 | 3.171 |
| ΑΠΕ | 2.052 | 3.148 | 4.205 | 4.364 | 4.495 | 4.772 | 5.038 | 5.368 | 6.249 |
| Αιολικά | 1.363 | 1.466 | 1.520 | 1.662 | 1.775 | 2.047 | 2.302 | 2.555 | 3.283 |
| Μικρά Η/Υ | 205 | 213 | 220 | 220 | 224 | 223 | 230 | 240 | 240 |
| Βιοαέριο-Βιομάζα | 45 | 45 | 46 | 47 | 52 | 58 | 61 | 82 | 87 |
| Φ/Β | 439 | 1.126 | 2.070 | 2.085 | 2.093 | 2.094 | 2.094 | 2.140 | 2.288 |
| Φ/Β σε στέγες | - | 298 | 349 | 350 | 351 | 351 | 351 | 351 | 351 |
| ΣΗΘΥΑ | 125 | 126 | 126 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 106 |
| Πετρελαϊκές | 730 | 730 | 730 | 698 | 698 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Σύνολο | 15.557 | 16.584 | 18.061 | 17.696 | 18.092 | 16.615 | 17.196 | 17.443 | 18.330 |
| Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) | | | | | | | | | |
| ΑΠΕ | 360 | 400 | 448 | 475 | 478 | 482 | 482 | 457 | 458 |
| Αιολικά | 277 | 287 | 290 | 316 | 317 | 323 | 322 | 305 | 306 |
| Μικρά Η/Υ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Φ/Β | 83 | 112 | 135 | 136 | 136 | 136 | 136 | 130 | 130 |
| Φ/Β σε στέγες | | | 23 | 23 | 25 | 24 | 24 | 22 | 22 |
| Πετρελαϊκές | 1.776 | 1.758 | 1.684 | 1.751 | 1.753 | 1.780 | 1.760 | 1.608 | 1.757 |
| Σύνολο | 2.136 | 2.158 | 2.132 | 2.226 | 2.231 | 2.262 | 2.242 | 2.065 | 2.215 |
| Σύνολο χώρας (ΕΔΣ + ΜΔΝ) | | | | | | | | | |
| Λιγνιτικές | 5.028 | 4.958 | 4.958 | 4.456 | 4.456 | 3.912 | 3.912 | 3.904 | 3.904 |
| Φυσικού αερίου | 4.590 | 4.590 | 5.010 | 4.906 | 5.170 | 4.658 | 4.994 | 4.900 | 4.900 |
| Υδροηλεκτρικές | 3.032 | 3.032 | 3.032 | 3.173 | 3.173 | 3.173 | 3.152 | 3.171 | 3.171 |
| ΑΠΕ | 2.412 | 3.548 | 4.653 | 4.840 | 4.973 | 5.255 | 5.520 | 5.825 | 6.711 |
| Αιολικά | 1.640 | 1.753 | 1.810 | 1.978 | 2.092 | 2.370 | 2.624 | 2.861 | 3.592 |
| Μικρά Η/Υ | 205 | 213 | 220 | 220 | 224 | 223 | 230 | 240 | 242 |
| Βιοαέριο-Βιομάζα | 45 | 45 | 46 | 47 | 52 | 58 | 61 | 82 | 87 |
| Φ/Β | 522 | 1.238 | 2.205 | 2.221 | 2.229 | 2.230 | 2.230 | 2.270 | 2.418 |
| Φ/Β σε στέγες | - | 298 | 372 | 374 | 376 | 374 | 375 | 373 | 373 |
| ΣΗΘΥΑ | 125 | 126 | 126 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 106 |
| Πετρελαϊκές | 2.506 | 2.488 | 2.414 | 2.449 | 2.451 | 1.780 | 1.760 | 1.608 | 1.757 |
| Σύνολο | 17.693 | 18.742 | 20.193 | 19.922 | 20.323 | 18.877 | 19.438 | 19.508 | 20.549 |

Η πιο κοινή διαδικασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομηχανίες επιτυγχάνεται μετατρέποντας την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, χρησιμοποιώντας ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή ηλεκτρική γεννήτρια. Πλέον θεωρείται βασική διαδικασία με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διότι μπορεί να εφαρμοσθεί και διαφορετικά όπως για παράδειγμα με την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και την χρήση των κατάλληλων περιφερειακών τεχνολογικών συστημάτων [5,6].

Έχοντας υπόψιν το παγκόσμιο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, αναζητούνται νέοι τρόποι παραγωγής ενέργειας, πιο φιλικό προς το περιβάλλον, μέσα από κλιματική ουδετερότητα και μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός χρειάζεται να περιοριστεί ή ακόμη και να τερματιστεί η παραγωγή της ηλεκτρικής

ενέργειας με τις συνήθεις ρυπογόνες πηγές (πετρέλαιο, άνθρακας κ.τλ) και να ξεκινήσει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξ ολοκλήρου με συστήματα ΑΠΕ [7].

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι βασισμένη στις συνήθεις πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μη εκμεταλλεζόμενη τους φυσικούς πόρους που διαθέτει και αξιοποιώντας τους μόνο μερικώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ΑΠΕ. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι με την πάροδο του χρόνου έχει αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ΑΠΕ σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και συγκεκριμένα στην Ελλάδα το 2020 κατάφερε να καλύψει ένα ποσοστό της τάξης 37,5% που δηλώνει το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ [8].

Παρότι η πρόοδος των ΑΠΕ είναι σημαντική, υπάρχουν λόγοι που καθιστούν χρονοβόρα και δύσκολη την δημιουργία των σταθμών αυτών [9].

Κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), όπου διαθέτει και τον κυρίαρχο ρόλο του παρόχου της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ιδιώτες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

2.3. Μεταφορά

Ο τομέας της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα θέμα που από τα πρώτα στάδια διάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας έθεσε πολλά ερωτήματα σε ένα μεγάλο μέρος ανθρώπων. Διότι η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για νέους αγωγούς αλλά και η επέκταση των υφιστάμενων αγωγών οδήγησαν στην δημιουργία νέων βιομηχανιών με απώτερο σκοπό την έρευνα και την ανάπτυξη νέων σύγχρονων μεθόδων και συστημάτων αποσκοπώντας στην ελαχιστοποίηση των απωλειών και της αυξημένης αντοχής των υλικών με σκοπό την διαχρονικότητα τους. Οι έρευνες οι οποίες έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν και έχουν τεθεί σε εφαρμογή στις μέρες μας αποτελούν κομμάτι εξέλιξης που ακόμα και σήμερα είναι κομμάτι του εκσυγχρονισμού μας.

Στην Ελλάδα το θέμα της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι πράγματι μία πρόκληση διότι η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία διαθέτει έναν αρκετά υψηλό αριθμό κατοικημένων νησιών και έτσι οι αρμόδιες υπηρεσίες και φορείς έχουν δύο επιλογές για την τροφοδοσία των νησιών: στην πρώτη περίπτωση ακολουθείται αποκέντρωση παραγωγής με αποτέλεσμα να εγκατασταθούν μονάδες μεσαίας έως υψηλής ικανότητας παραγωγής ενέργειας κατευθείαν στα νησιά (αυτή η περίπτωση εφαρμόζεται στα Ελληνικά νησιά από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα), και η δεύτερη περίπτωση είναι η διαδοχική ανάπτυξη ενός νέου δικτύου το οποίο θα είναι υποθαλάσσιο μεταφέροντας έτσι ηλεκτρική ενέργεια, στο οποίο δίκτυο θα παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια που θα έχει παραχθεί από τις κύρια εγκατεστημένα συστήματα του ηπειρωτικού τμήματος της και μέσω του δικτύου αυτού θα παρέχεται σε όλα τα νησιά.

Στην περίπτωση ανάπτυξης υποθαλάσσιου δικτύου η περιβαλλοντολογική επιβάρυνση μειώνεται αρκετά από την άλλη όμως το κόστος συντήρησης είναι αρκετά υψηλό, διότι όπως είναι γνωστό το θαλάσσιο περιβάλλον κυρίως λόγω υγρασίας φθείρει όλες τις εγκαταστάσεις με αποτέλεσμα να χρειάζεται συνεχής και συστηματική συντήρηση και επίβλεψη. Η ανάπτυξη υποθαλάσσιου δικτύου είναι μια μέθοδος η οποία θα αναπτύξει νέους ορίζοντες για την μεταφορά αλλά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως για παράδειγμα θα αυξηθεί ο αριθμός εγκατεστημένων θαλάσσιων ανεμογεννητριών (offshore) καθώς όπως είναι αναμενόμενο και θα αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω κυματικής ενέργειας [10].

Το έργο της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ελλάδα το έχει αναλάβει εξολοκλήρου ο ΔΕΔΔΗΕ δηλαδή ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ΔΕΔΔΗΕ έχει ως κύριες αρμοδιότητες την συντήρηση, την ανάπτυξη του δικτύου αλλά και τη επίβλεψη της σωστής λειτουργίας του δικτύου διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος σε όλη την Ελλάδα. Κύριο έργο του είναι η δυνατότητα πρόσβασης των χρηστών του δικτύου σε αυτό, ενώ απώτερος σκοπός του είναι η συνεχής τροφοδοσία των καταναλωτών με ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο θα διαθέτει σταθερή τάση, καθώς και η συνεχής βελτίωση των υπηρεσιών που ήδη παρέχονται.

Ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε ιδρύθηκε το 2011, και η ίδρυση του έλαβε χώρα έπειτα από τον διαχωρισμό του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. Σήμερα, το κύριο κεφάλαιο της

εταιρείας ανήκει με ποσοστό 51% στη ΔΕΗ Α.Ε. και το 49% ανήκει στη Macquarie Asset Management [11][12].

2.4. Διαμόρφωση Κόστους Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι αλληλένδετη με το σύνολο των υπόλοιπων οικονομικών τομέων. Οι φορείς που εμπλέκονται συμβάλλουν για την συνολική διεργασία, δηλαδή από τη διαδικασία που λαμβάνει χώρα για την παραγωγή έως και την τελική κατανάλωση, καθώς η δράση των αρμόδιων φορέων, καθώς και του συνόλου των παραγόντων της αγοράς, αποτελούν τον λόγο που παρουσιάζεται η διακύμανση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας. Το τελικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, διαμορφώνεται βάσει τεσσάρων συνιστωσών [12]:

- Παραγωγή (Η εταιρία που παρήγαγε την ηλεκτρική ενέργεια)
- Μεταφορά – Διανομή (Η εταιρία που την διανέμει)
- Πάροχή (δηλαδή η εταιρεία που την πουλάει ή μεταπουλάει, η οποία είναι δυνατόν να μην είναι όμοια με την εταιρεία που παρήγαγε την ηλεκτρική ενέργεια)
- Κατανάλωση

Βάση κανονικών συνθηκών, το κόστος λιανικής εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας, θα διαμορφωνόταν βάση της επίδρασης των τεσσάρων παραγόντων που αναφερθήκαν παραπάνω, ωστόσο εξαιτίας της σημαντικότητας της ηλεκτρικής ενέργειας διότι θεωρείται βασικό κοινωνικό αγαθό, το κόστος διαμορφώνεται σύμφωνα και με κοινωνικές πολιτικές. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα κράτη διαμορφώνουν το κόστος εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας για τους καταναλωτές, σύμφωνα τόσο τις ανάγκες των φορέων που εμπλέκονται, όσο και τις αγοραστικές δυνατότητες του καταναλωτικού πλήθους, ενώ πολλά κράτη όπως για παράδειγμα η Ελλάδα, θέτουν σε ισχύ μέτρα περαιτέρω ελαχιστοποίησης του κόστους προς τους καταναλωτές, σύμφωνα διάφορα κοινωνικά κριτήρια, με σκοπό να καλύπτεται το μεγαλύτερο ποσοστό του καταναλωτικού πλήθους. Κράτη όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, το πλαίσιο διαμορφώνεται σύμφωνα με τις νομοθετικές ρυθμίσεις της εκάστοτε τοπικής κυβέρνησης, με αποτέλεσμα η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας να μην παρουσιάζει

ομοιογένεια, έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα να είναι περιορισμένη η δυνατότητα του κράτους να παρέχει σε όλες τις πολιτείες που διαθέτει το πλέον βασικό αυτό αγαθό [13].

Παρόλα αυτά, παρά την πολιτική που εφαρμόζεται στην Ελλάδα για τη διαμόρφωση του κόστους εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας, οι καταναλωτές επιβαρύνονται στον λογαριασμό που καλούνται να πληρώσουν με επιπλέον χρεώσεις όπως για παράδειγμα με φόρους, δημοτικά τέλη, τέλη σύνδεσης και συντήρησης δικτύου, και άλλες χρεώσεις. Με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια λάθος εντύπωση της «ακριβής» ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αφορά τις επιπρόσθετες χρεώσεις και όχι την ηλεκτρική ενέργεια σαν καθαρή τιμή [11].

Παρόλο που σημειώθηκε μια σταθερότητα όσο αφορά το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας στη στην Ελλάδα, όπως θα αναφερθεί παρακάτω στο κεφάλαιο 2.5, το δεύτερο εξάμηνο του 2021 παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση. Η άνοδος αυτή οφείλεται κυρίως στην άνοδο του κόστους του φυσικού αερίου και η ελαχιστοποίηση παροχής του καυσίμου προς τις χώρες της Ευρώπης, γεγονός που αποδεικνύει πόσο μπορούν να επηρεάσουν την ηλεκτροπαραγωγή οι διακυμάνσεις κόστους του φυσικού αερίου.

2.5. Κόστος λιανικής σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκές Χώρες

Όπως είδαμε στο παραπάνω κεφάλαιο, η τιμή εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, διαμορφώνεται βάση της αλληλεπίδρασης των συνολικών παραγόντων που συμβάλλουν σε αυτή, αλλά και θεωρώντας ότι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας είναι βασικό κοινωνικό αγαθό. Αρμόδιοι για την παραμετροποίηση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
- Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Βάση τον νόμο 4001/11 καθορίζονται οι αρμοδιότητες των υπηρεσιών αυτών όσο αφορά την διαμόρφωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία αγορά που είναι ελεύθερη στην Ελλάδα[16].

Οι υπάρχουσες χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την κατηγορία που ανήκει ο καταναλωτής, καθώς επίσης στην κατηγοριοποίηση λαμβάνεται υπόψιν το κοινωνικό αλλά και το οικονομικό υπόβαθρο του καταναλωτή, και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται με τον εξής τρόπο όπως αναφέρεται ο Πίνακας 2[16].

Εκτός από τις τιμές που σημειώνονται στον Πίνακα 2, στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται το κόστος συντήρησης, λειτουργίας του δικτύου μέσης καθώς και υψηλής τάσης καθώς επίσης και τις χρεώσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Κατά την διαδικασία απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ένας προβληματισμός που παρουσιάστηκε ήταν ο σχολιασμός πως η ενέργεια αυτή θα περιορίσει τον χαρακτήρα της ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα όμως με τα μέτρα που προαναφερθήκαν, αυτός ο προβληματισμός μετριάστηκε [17].

Τα κράτη που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έχουν και εφαρμόζουν παρεμφερή μοντέλα με σκοπό την εξασφάλιση της συνεχούς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους εκάστοτε καταναλωτές. Δηλαδή η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται βάσει του κόστους για να παραχθεί και να μεταφερθεί καθώς και των κοινωνικών αναγκών, σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα εφαρμόζονται μέτρα κοινωνικής πολιτικής με σκοπό την μείωση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας λιανικής πωλήσεως[17].

Πίνακας 2: Χρεώσεις για Πελάτες Συστήματος Υψηλής Τάσης καθώς και για Πελάτες Μέσης και Χαμηλής Τάσης του Διασυνδεδεμένου Δικτύου, σύμφωνα με το Απαιτούμενο Εσόδο (Πηγή: ΥΠΕ, 2022)¹

| Κατηγορία | Χρέωση Ισχύος | Χρέωση Ενέργειας (Λεπτά €/kWh) |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Πελάτες Υψηλής Τάσης | 24062 €/MW Ισχύος Χρέωσης ανά έτος | - |
| Πελάτες Μέσης Τάσης | 1197 €/MW Μεγίστης τιμής Μηνιαίως της Μέσης Ωριαίας Ζήτησης τις Ώρες Αιχμής (11πμ-2μμ) για κάθε μήνα | - |
| Πελάτες Χαμηλής Τάσης- Οικιακοί (πλην ΥΚΩ) | 0.13 €/kVA Συμφωνημένης Ισχύος Παροχής για κάθε έτος | 0.542 |
| Πελάτες Χαμηλής Τάσης- Οικιακοί ΥΚΩ και δικαιούχοι Κοινωνικού Οικιακού Τιμολογίου) | - | 0.602 |
| Λοιποί Πελάτες Χαμηλής Τάσης (συμπεριλαμβανομένων των ΦΟΠ) | 0.52 €/kVA Συμφωνημένης Ισχύος Παροχής ανά έτος | 0.488 |

2.6. Οικιακοί καταναλωτές & τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας σε Ελλάδα & Ευρώπη

Η αγορά ενέργειας αποτελεί ένα καθημερινό τμήμα εξόδων οικιακών αλλά και βιομηχανικών καταναλωτών σε Ευρωπαϊκό αλλά και Παγκόσμιο επίπεδο, ανεξάρτητα εάν η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το τοπικό δίκτυο, από αέριο ή από άλλο τρόπο. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το κόστος αγοράς της καθορίζουν και την τελική τιμή των βασικών αγαθών για τον βιοπορισμό της κοινωνίας. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά τα οικιακά τιμολόγια έχει σημειώσει αυξημένες τιμές με βάση τις ετήσιες μελέτες που διεξάγονται από την Eurostat. Η μελέτη του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά είναι

¹ Οι χρεώσεις αυτές δεν αφορούν τους πελάτες που έχουν ενταχθεί σε αγροτικά τιμολόγια, οι νυχτερινές καταναλώσεις των Πελατών που έχουν ενταχθεί στα τιμολόγια Γ1N, Γ23 και Γ23B, οι καταναλώσεις πελατών χαμηλής τάσης με μετρητή φορτίου ζώνης που καταγράφονται στις προκαθορισμένες για τους μετρητές αυτούς ζώνες χαμηλού φορτίου, καθώς επίσης και οι νυχτερινές καταναλώσεις (11μμ-7πμ) των Πελατών χαμηλής τάσης που διαθέτουν ωριαίο μετρητή.

βασισμένη στην μεσαία κοινή ζώνη κατανάλωσης των σπιτικών με την ζώνη αυτή να κυμαίνεται μεταξύ 2500 και 5000 kWh ετησίως. Η πιο αυξημένη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας που σημειώθηκε όσο αφορά τους καταναλωτές μέσης τάξης τα τελευταία χρόνια καταγράφηκε στην μελέτη που διεξάχθηκε τον Ιούλιο του 2022 από την HEPI (Household Energy Price Index) όπου κύριος υπαίτιος είναι ο πόλεμος που διεξάγεται μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας. Την ακριβότερη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας έχει η Δανία, με τιμή 0,5304 €/kWh, και η Ελλάδα έρχεται 21^η με τιμή 0,2180 €/kWh. Η χαμηλότερη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας για τους οικιακούς καταναλωτές σημειώνεται στην Ουκρανία με 0,053 €/kWh.

Πίνακας 3: Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για το 2ο εξάμηνο του 2021 καθώς και το 1ο εξάμηνο του 2022 (€ ανά kWh) συμπεριλαμβάνονται όλοι οι φόροι. (Πηγή 2ου Εξαμήνου 2021: Eurostat Electricity prices for household consumers second half of 2021. Πηγή 1ου Εξαμήνου 2022 HEPI July Release).

| ΧΩΡΑ | 2^ο ΕΞΑΜΗΝΟ 2021 | 1^ο ΕΞΑΜΗΝΟ 2022 |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | (€ ανά kWh) | (€ ανά kWh) |
| <i>Γερμανία</i> | 0,3193 | 0,3992 |
| <i>Δανία</i> | 0,2900 | 0,5304 |
| <i>Βέλγιο</i> | 0,2702 | 0,4021 |
| <i>Ιρλανδία</i> | 0,2555 | 0,3334 |
| <i>Ισπανία</i> | 0,2323 | 0,2834 |
| <i>Ιταλία</i> | 0,2259 | 0,4594 |
| <i>Αυστρία</i> | 0,2216 | 0,3652 |
| <i>Πορτογαλία</i> | 0,2089 | 0,2850 |
| <i>Λουξεμβούργο</i> | 0,1988 | 0,2141 |
| <i>Κύπρος</i> | 0,1976 | 0,3515 |
| <i>Γαλλία</i> | 0,1933 | 0,2521 |
| <i>Τσεχία</i> | 0,1802 | 0,4098 |
| <i>Σουηδία</i> | 0,1791 | 0,3114 |

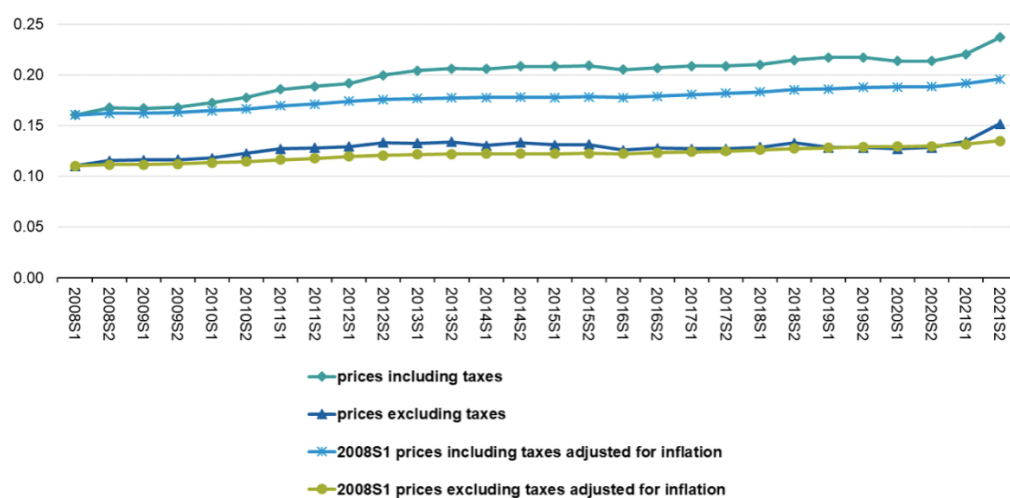
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| | | |
|------------------|--------|--------|
| <i>Φινλανδία</i> | 0,1767 | 0,2837 |
| <i>Ελλάδα</i> | 0,1680 | 0,2180 |
| <i>Σλοβακία</i> | 0,1668 | 0,1903 |
| <i>Σλοβενία</i> | 0,1662 | 0,2269 |
| <i>Πολωνία</i> | 0,1548 | 0,1885 |
| <i>Ρουμανία</i> | 0,1536 | 0,1618 |
| <i>Λετονία</i> | 0,1403 | 0,2994 |
| <i>Λιθουανία</i> | 0,1348 | 0,2400 |
| <i>Εσθονία</i> | 0,1324 | 0,3343 |
| <i>Κροατία</i> | 0,1291 | 0,1479 |
| <i>Ολλανδία</i> | 0,1281 | 0,4190 |
| <i>Μάλτα</i> | 0,1279 | 0,1232 |
| <i>Βουλγαρία</i> | 0,1024 | 0,1528 |
| <i>Ουγγαρία</i> | 0,1003 | 0,0975 |

Η μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το 1^ο εξάμηνο του 2022 όσο αφορά τα νοικοκυριά ήταν 0,2845 €/kWh.

Η πορεία του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας για τους οικιακούς καταναλωτές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-27) και στην Ευρωζώνη από το 1^ο εξάμηνο του 2008 διακρίνεται στο παρακάτω γράφημα. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, της προμήθειας και της συντήρησης δικτύου (δηλαδή κόστος δίχως φόρους) έμεινε στα ίδια επίπεδα τα τελευταία δέκα χρόνια. Παρουσιάστηκε μία μικρή αύξηση το 1^ο εξάμηνο του 2008 και από 0,1149 €/kWh έφτασε 0,1356 €/kWh στο 2^ο εξάμηνο του 2014. Η άνοδος αυτή οφείλεται κυρίως στον πόλεμο που έλαβε χώρα μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας στην Κριμαία και δημιουργήθηκαν εντάσεις και ανησυχίες για πιθανή μελλοντική ενεργειακή κρίση. Το κόστος των φόρων συνέχισε την ανοδική πορεία και από το 27% το 2008 έφτασε σε ποσοστό της τάξης του 37% το 2019 [18].

Development of electricity prices for household consumers, EU, 2008-2021
(EUR per kWh)



Source: Eurostat (online data codes: nrg_pc_204)

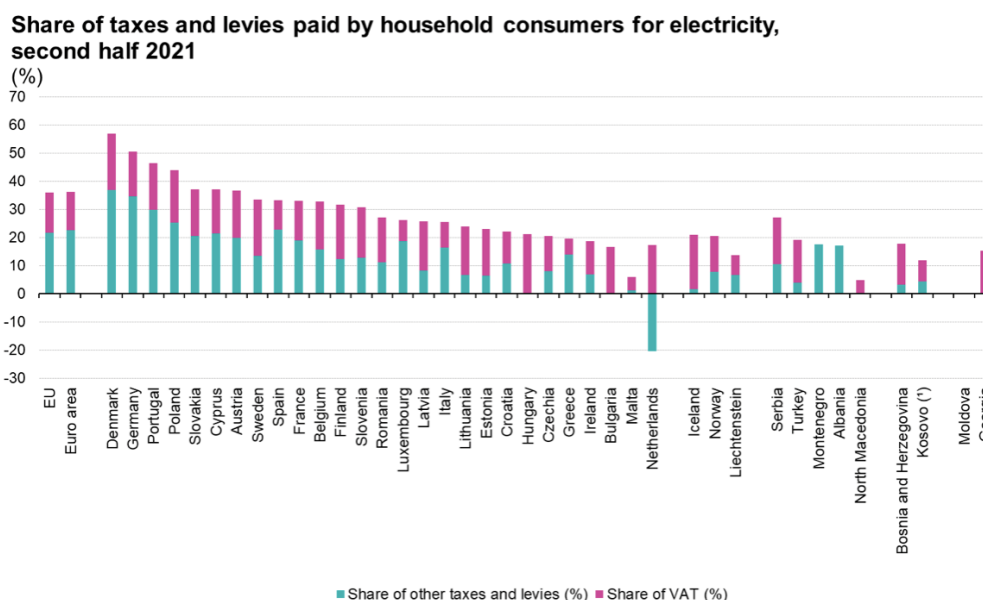
eurostat

Εικόνα 1: Εξέλιξη κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς καταναλωτές, ΕΕ-27 και ευρωζώνη, 2008-2021 (€/kWh). Πηγή: Eurostat

Η διαφορά τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς τους φόρους είναι διακριτή όπως εμφανής είναι και η αύξηση των φόρων από το δεύτερο εξάμηνο του 2009 έως και σήμερα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται ποσοστιαία η αναλογία που αφορά τους φόρους και τις εισφορές στο συνολικό κόστος λιανικής της ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς καταναλωτές στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το 2^ο εξάμηνο του 2021 το χαμηλότερο ποσοστό σημειώνεται στην Ολλανδία, όπου οι τιμές ήταν αρνητικές (-3,0%), καθώς η Ολλανδία παρέχει ένα επίδομα στους καταναλωτές, το οποίο χρησιμοποιείται για την μεταφορά της φορολογικής επιβάρυνσης από οικιακής χρήσης σε επιβάρυνση μη οικιακής χρήσης. Η σχετική αναλογία ήταν υψηλότερη στη Δανία, αποτελώντας το 56,9% του συνόλου της τελικής τιμής. Η μέση τιμή των φόρων και εισφορών στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν σε ποσοστό 36% σημειώνοντας μείωση

της τάξης 3,4% συγκριτικά με την αναλογία που σημειώθηκε το 1^ο εξάμηνο του 2021.

Ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α) στην Ευρωπαϊκή Ένωση αντιπροσωπεύει το 14,5% του συνόλου της τιμής, και κυμαίνεται από 4,8% στην Μάλτα και έως 21,2% στην Ουγγαρία.



(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.
Source: Eurostat (online data codes: nrg_pc_204)

Εικόνα 2: Αναλογία των φόρων καθώς και εισφορών που επιβαρύναν τους οικιακούς καταναλωτές – 2ο εξάμηνο του 2021(%). Πηγή: Eurostat

Λόγω των αρκετών παραμέτρων που διαμορφώνουν την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και μάλιστα σε ανύποπτο χρόνο, κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει προστασία του καταναλωτή. Αποσκοπώντας στην προστασία του οικιακού καταναλωτή είναι εφικτή η παρέμβαση της Πολιτείας, εφαρμόζοντας ένα όριο μέγιστης τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και την μείωση των φόρων και των επιπρόσθετων χρεώσεων που επιβαρύνουν την τελική τιμή της πώλησης όπου θα ήταν ένα μέτρο που θα εξομάλυνε την ανοδική πορεία που έχει λάβει χώρα τα τελευταία χρόνια.

Ωστόσο υπάρχουν επιπλέον μέτρα τα οποία μπορεί να εφαρμόσει και ο ίδιος ο καταναλωτής, όπως για παράδειγμα την μείωση της άσκοπης κατανάλωσης ενέργειας αποσκοπώντας στην μείωση των μη αναγκαίων ηλεκτρικών αναγκών. Καθώς επίσης ένα μέτρο που μπορεί να ληφθεί από τον εκάστοτε καταναλωτή είναι η δημιουργία ενός συστήματος παραγωγής ενέργειας, καθιστώντας τον αυτόνομο σε σχέση με το

ηλεκτρικό δίκτυο. Με τον τομέα των ΑΠΕ στην Ελλάδα να εξελίσσεται συνεχώς, και τα τεχνολογικά συστήματα να γίνονται ολοένα πιο προσιτά στον πολίτη, η εγκατάσταση ενός συστήματος αυτοπαραγωγής με τον συνδυασμό υβριδικών συστημάτων είναι πλέον εφικτή και με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας να μεταβάλλεται διαρκώς είναι και ενδιαφέρον από οικονομικής απόψεως.

3. Οικιακά υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

3.1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ορίζουμε τους φυσικούς και ανεξάντλητους πόρους της φύσης, υπάρχουν πολλά αξιοποιήσιμα είδη ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και τα βιοκαύσιμα. Οι ΑΠΕ θεωρούνται λύσεις αντί των συμβατικών ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών ρύπων, στην αλλαγή του ενεργειακού εφοδιασμού και στην αισθητή ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από μη φερέγγυες αγορές ορυκτών καυσίμων, όπως πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Μεταξύ των ΑΠΕ, μεγάλη έκταση έχει πάρει η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, μέσω τεχνολογικών συστημάτων όπου μπορούν να εγκατασταθούν σε μεγάλες εκτάσεις οικοπέδων ή ακόμα και σε οροφές κτηρίων.

Η ηλιακή ενέργεια ωστόσο δεν είναι μια πηγή ενέργειας που είναι σταθερή, είναι μεταβαλλόμενη και η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αλλάζει διαρκώς.

Η μεταβαλλόμενη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια τιμή που δεν μπορεί να εγγραφεί μόνιμη και σταθερή τιμή. Έτσι λοιπόν, η εγκατάσταση ενός συστήματος με αποθηκευτική ικανότητα μας δίνει την δυνατότητα βέλτιστης αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας και έτσι υπάρχει ισορροπία στο ισοζύγιο παραγωγής και κατανάλωσης.

Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, και οι τεχνολογίες της χαρακτηρίζονται είτε ως παθητική ηλιακή είτε ως ενεργητική ηλιακή ενέργεια, αυτό ορίζεται σύμφωνα με το πώς συλλαμβάνουν και διανέμουν την ηλιακή ενέργεια ή την μετατρέπουν σε ηλιακή ισχύ. Η ηλιακή ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκής

τεχνολογίας άρχισε να αξιοποιείται το 1954 όπου εφευρέθηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Έκτοτε η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει σημειώσει σημαντική άνοδο, με βαθμιαία μείωση του κόστους εφαρμογής, έχει ως αποτέλεσμα την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων από επενδυτές σε όλο τον κόσμο, κατέχοντας πλέον ένα πολύ υψηλό ποσοστό συμμετοχής στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ηλιακή ενέργεια είναι ένα μονίμως μεταβαλλόμενο μέγεθος, γεγονός που καθιστά αναγκαία την εγκατάσταση μεγάλων εγκαταστάσεων με σκοπό την μεγαλύτερη δυνατή παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο πολλά επιστημονικά κέντρα θεωρούν πως τα κράτη χρειάζεται να βασιστούν κυρίως στην ηλιακή ενέργεια διότι με την επαρκή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών, την συστηματική παρακολούθηση και συντήρηση τους είναι δυνατόν να περιοριστεί η ενεργειακή κρίση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Γερμανία όπου το 2021 παράγαγε περίπου 51 TWh, έχοντας εγκατεστημένα συστήματα ισχύος 59 GW.

Αν και το παράδειγμα της Γερμανίας φαίνεται αρκετά προηγμένο, είναι πλέον αποδεδειγμένο πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όχι μόνο μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης που βιώνουμε αλλά μπορούν ακόμα και να αποτελέσουν και μια πολύ σημαντική πηγή εσόδων για την χώρα μας διότι διαθέτει πολύ ικανό ηλιακό και αιολικό δυναμικό, όπως και άλλες αξιοποιήσιμες πηγές για την παραγωγή ενέργειας [19][20][21].

3.2. Διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Βάση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, κύριος στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να γίνει η Ευρώπη η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος σε παγκόσμιο επίπεδο μέχρι το 2050, ανακοινώνοντας μία αρκετά ελπιδοφόρα δέσμη μέτρων, που αφού εφαρμοσθεί στο μέλλον φαίνεται να παρέχει στους Ευρωπαίους πολίτες την δυνατότητα της ανεξαρτητοποίησης από τις συμβατικές και ρυπογόνες μεθόδους παραγωγής ενέργειας καθώς και βελτίωση της ποιότητας ζωής τους.

Με την πάροδο του χρόνου η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, με αποτέλεσμα να μειώνεται αρκετά το κόστος της. Μεταξύ 2005 και 2017, στην Ευρωπαϊκή Ένωση σημειώθηκε διπλασιασμός της αναλογίας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ΑΠΕ, καθώς από περίπου 15% σημειώθηκε άνοδος περίπου σε ποσοστό της τάξης του 31%. Η άνοδος αυτή οφείλεται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική και ηλιακή ενέργεια προερχόμενη από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και αιολικών πάρκων. Εξέχουσα σημασία για την πρόοδο που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια έχει η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και η στήριξη που παρείχε στα μέλη της. Στα παρακάτω γραφήματα (Εικόνα 3 και 4) διακρίνεται η σταθερή άνοδος των ΑΠΕ στην Ευρώπη και στην Ελλάδα συγκρίνοντας στην εγκατεστημένη και την παραγόμενη ισχύ ανά έτος. Από το 2017, είχαν επιτευχθεί από πολλά κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι στόχοι που είχαν τεθεί για το 2020. Σύμφωνα με στοιχεία της HELAPCO (Σύνδεσμος Εταιρίας Φωτοβολταϊκών) η Ελλάδα το 2021 σημείωσε συνολική ισχύ διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων 4126 MW.

Αναλυτικότερα η κατανομή εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του Διασυνδεδεμένου Συστήματος ανά τεχνολογία σύμφωνα με τον ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προελευσης) για τον Μάιο του 2022 διαμορφώθηκε με την εξής κατανομή:

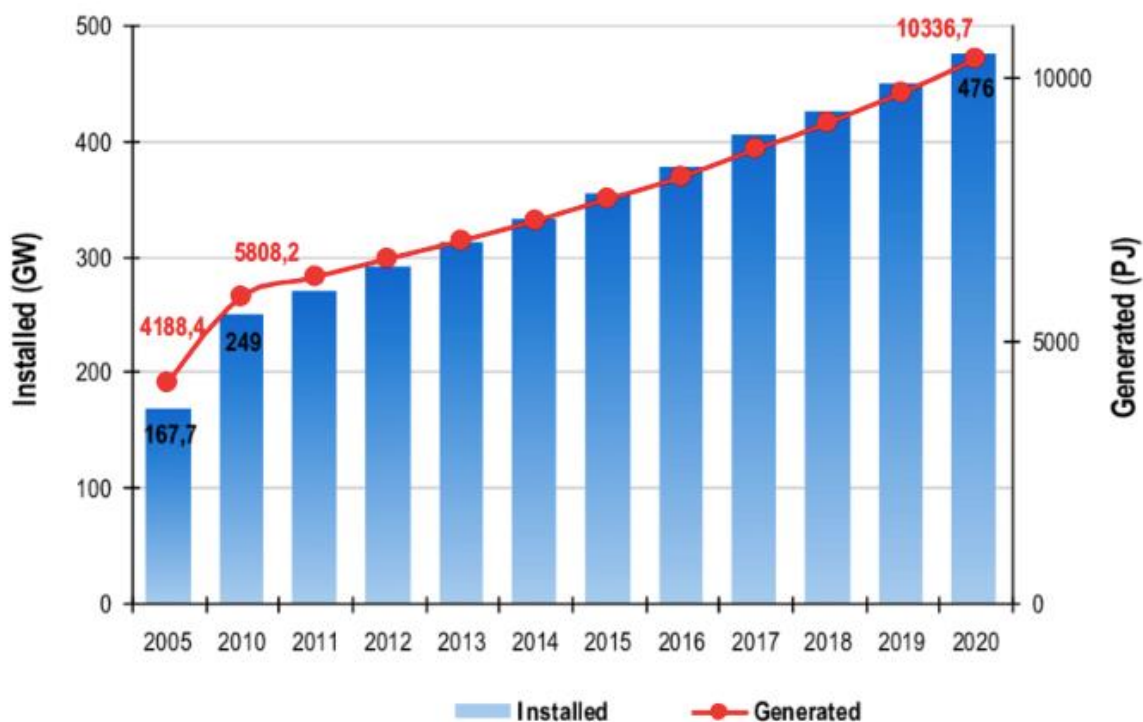
- Σταθμοί Αιολικής ενέργειας 4426,23 MW
- Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί 257,92 MW
- Σταθμοί Βιοαερίου & Βιομάζας 112,31 MW
- Φωτοβολταϊκά Πάρκα 4198,59 MW
- Φωτοβολταϊκά σε Στέγες 351,56 MW
- Μονάδες ΣΗΘΥΑ 118,15 MW

Σε ότι αφορά την παραγωγή των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ΣΗΘΥΑ που αφορά το Διασυνδεδεμένο Σύστημα σύμφωνα με τον ΔΑΠΕΕΠ για το έτος 2022 έως τον Μάιο παρήχθησαν:

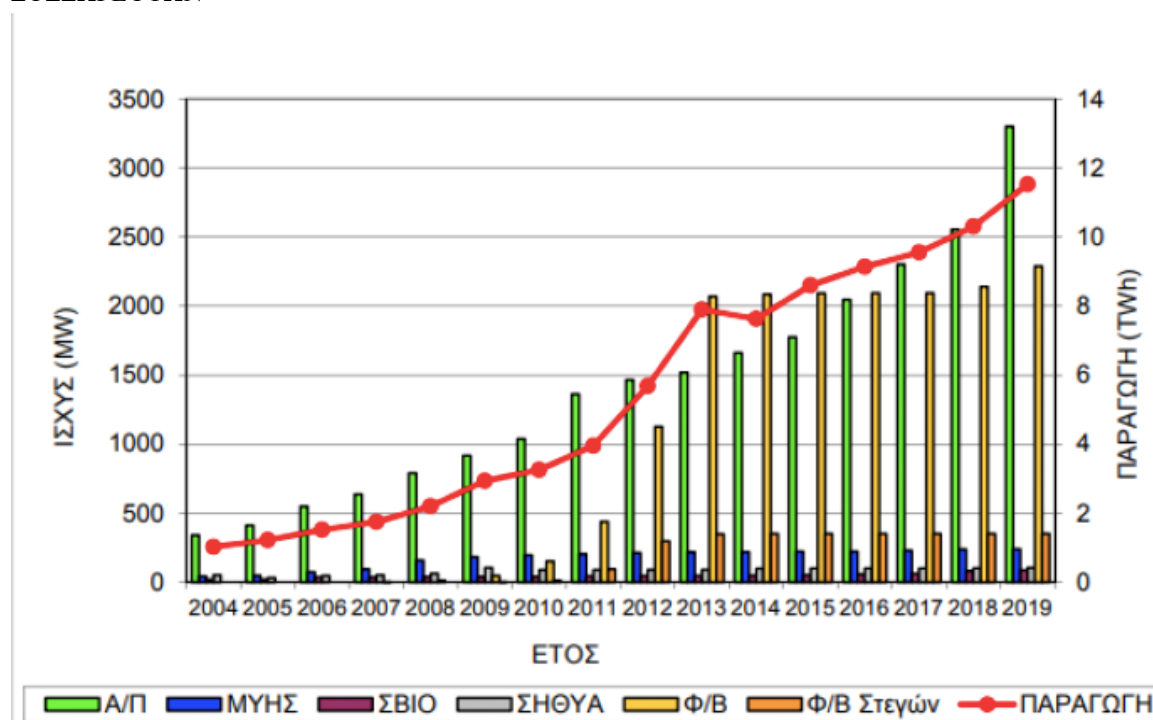
- Σταθμοί Αιολικής ενέργειας: 4258138 MWh
- Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί: 363715 MWh

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

- Σταθμοί Βιοαερίου-Βιομάζας: 185396 MWh
- Μονάδες ΣΗΘΥΑ: 77646 MWh
- Φωτοβολταϊκά Πάρκα: 2333024,71 MWh
- Φωτοβολταϊκά σε Στέγες: 134666,86 MWh



Εικόνα 3: Συνολική εγκατεστημένη και παραγόμενη ισχύς των ΑΠΕ στο δίκτυο της Ευρώπης ανά έτος (GW/Ανά Έτος). Πηγή: Researchgate



Εικόνα 4: Συνολική εγκατεστημένη και παραγόμενη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο της Ελλάδας ανά έτος (MW/Ανά Έτος). Πηγή: Energypress

Συνοψίζοντας την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία

Η κλιματική αλλαγή αλλά και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι φαινόμενα που απειλούν την ύπαρξη της Ευρώπης αλλά και της ανθρωπότητας της ίδιας. Με σκοπό να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις αυτές, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία αποσκοπεί στην μετατροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μια εκσυγχρονισμένη, και πιο αποδοτική ένωση που θα διαθέτει κράτη μέλη όπου μέσω της χρήσης των φυσικών πόρων και της ανταγωνιστικής οικονομίας, θα εξασφαλίζει:

- Μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050
- Ανάπτυξη της οικονομίας ανεξάρτητη από την χρήση πόρων
- Αξιοκρατική αντιμετώπιση σε όλες τις περιφέρειες, δίχως να μένει κανένας πολίτης στο περιθώριο με αποτέλεσμα τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.

Το πλαίσιο αυτό περιγράφει τις επενδύσεις που χρειάζονται και τα διαθέσιμα μέσα χρηματοδότησης. Καθώς υπήρξε και πρόταση ενός νόμου για το κλίμα, με τον οποίο θα υπάρχει μετατροπή αυτής της πολιτικής δέσμευσης σε νομική υποχρέωση.

Για να πραγματοποιηθεί ο στόχος αυτός θα χρειαστεί να δραστηριοποιηθούν πολλοί τομείς της οικονομίας όπως:

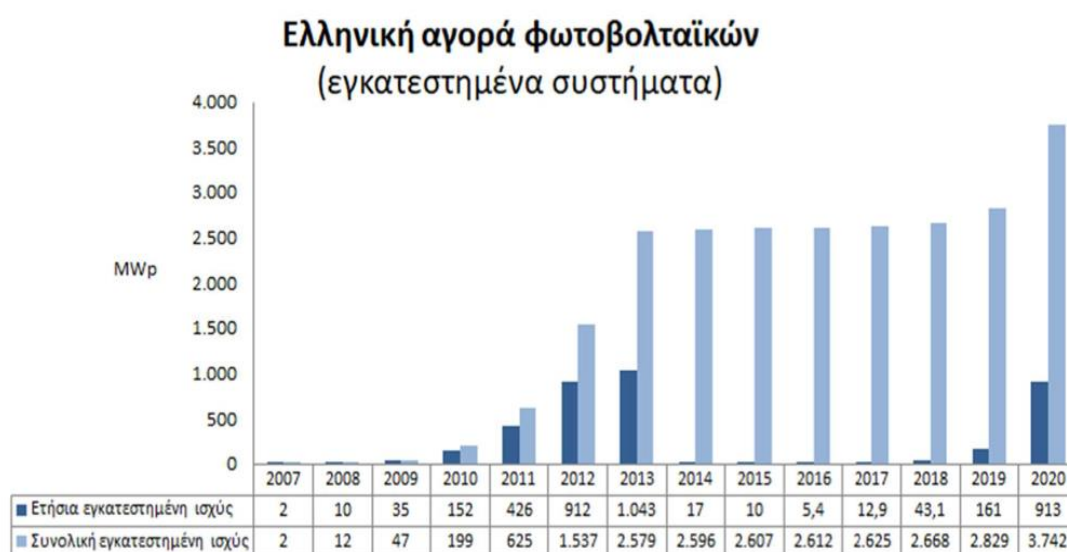
- Επενδύσεις σε τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον
- Στήριξη στην ανάπτυξη τεχνολογιών στον τομέα της βιομηχανίας
- Ανάπτυξη και χρήση νέων μέσων ιδιωτικής αλλά και μαζικής μεταφοράς, εκπέμποντας έτσι λιγότερους ρύπους
- Απαλλαγή του ενεργειακού τομέα από τις εκπομπές άνθρακα
- Έλεγχος και διασφάλιση της ενεργειακής απόδοσης νεόδμητων κτηρίων
- Διεθνείς συνεργασίες με εταιρίες για σκοπό την διαρκή βελτίωση των παγκόσμιων περιβαλλοντολογικών προτύπων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θα παρέχει επίσης χρηματοδοτική στήριξη και οποιαδήποτε μορφής βοήθεια σε όσους επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό κατά το μεταβατικό στάδιο προς στην πράσινη οικονομία. Γνωστός ως Μηχανισμός Δίκαιης Μετάβασης, ο μηχανισμός αυτός θα παρέχει τουλάχιστον 100 δις. Ευρώ για το διάστημα μεταξύ 2021-2027 στις περιοχές που δείχνουν να επηρεάζονται περισσότερο. Τη χρονική περίοδο μεταξύ 1990 έως το 2017, η αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 1% ετησίως, ενώ για τα επόμενα έτη η αύξηση του μέσου όρου προβλέπεται να είναι 0,3% σε περίπτωση λήψης ειδικών μέτρων ενεργειακής απόδοσης, και εάν δεν πραγματοποιηθεί λήψη ειδικών μέτρων ενεργειακής απόδοσης η ποσοστιαία άνοδος προβλέπεται να ανέρχεται στο 0,7% για το μελλοντική χρονική περίοδο μεταξύ 2022-2050 [22].

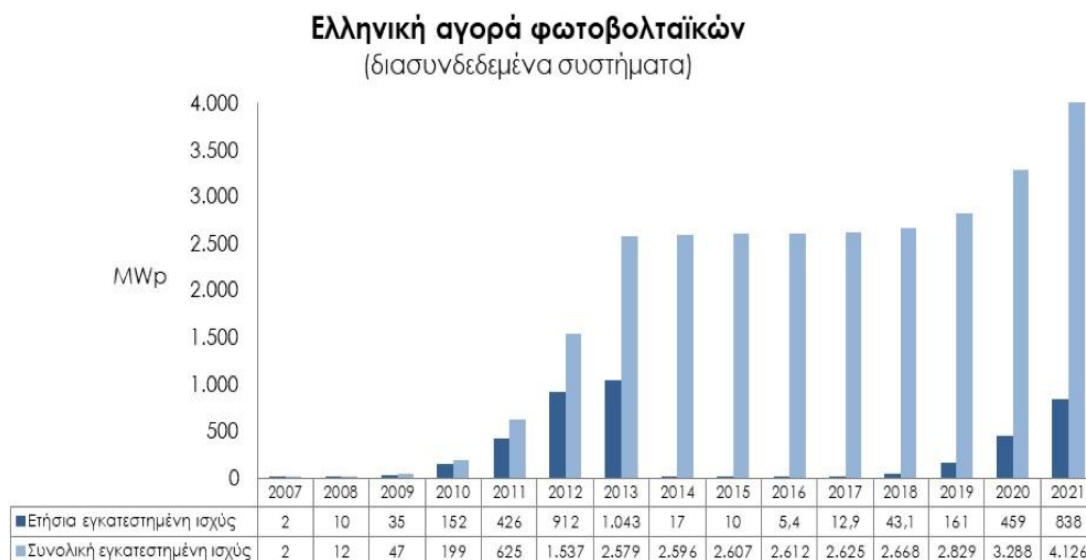
3.3. Ανάπτυξη Φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελληνική αγορά

Στο πλαίσιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μια ανάλυση αγοράς φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα σε βάθος 15 χρόνων (2007-2021) με αποτέλεσμα να υποτυπωθεί με σαφήνεια ο ρυθμός που έλαβε χώρα η αγορά των φωτοβολταϊκών και κατ' επέκταση η εγκατάσταση και η διασύνδεση τους.

Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να αναφερθεί ότι στο παρακάτω διάγραμμα δίνονται δύο ζεύγη μεγεθών που είναι διαφορετικά: το ένα ζεύγος αφορά τη νέα ετήσια και γενική συνολική εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών συστημάτων, και το άλλος ζεύγος τιμών αφορά τη νέα ετήσια και συνολική ισχύ φωτοβολταϊκών συστημάτων που είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο. Αυτή η κατηγοριοποίηση πραγματοποιείται διότι το 2021 εγκαταστάθηκαν νέα συστήματα συνολικής ισχύος περίπου 370 MW_p αλλά δεν διασυνδέθηκαν καθ' όλη την διάρκεια του 2021. Πιο συγκεκριμένα είχε πραγματοποιηθεί κατάθεση ετοιμότητας και η εγκατάσταση τους θα λάβει χώρα ενδεχομένως το 2022. Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει εξέχουσα σημασία διότι η ισχύς που έχει εγκατασταθεί μας αποτυπώνει τις πωλήσεις εξοπλισμού, τον αριθμό των συστημάτων και κατ' επέκταση τις θέσεις εργασίας, ενώ από την άλλη τα διασυνδεδεμένα συστήματα επηρεάζουν την ισχύ που είναι διαθέσιμη στο σύστημα καθώς επίσης και τα οικονομικά μεγέθη του ειδικού λογαριασμού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τις εκάστοτε πληρωμές προς τους παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 5: Συνολική ισχύς εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (MWp/Ανά Έτος). Πηγή: Helarpo.gr



Εικόνα 6: Συνολική ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (MWp/Ανά Έτος). Πηγή: Helarpo.gr

Παρατηρώντας τα γραφήματα, ξεκινώντας από το 2007 έως το 2013 παρατηρείται μια ανοδική πορεία όσο αφορά στην εγκατάσταση και την διασύνδεση των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς επίσης και ότι συνεπάγεται αυτό, όπως οι θέσεις εργασίας στον κλάδο αυτό. Ωστόσο το 2014 παρατηρείται ραγδαία πτώση της αγοράς των φωτοβολταϊκών (το ποσοστό της αγοράς ήταν μόλις 1,5% σε σύγκριση με το 2013), της εγκατάστασης και της διασύνδεσης. Η πτώση αυτή οφείλεται ως επί το πλείστον στην κακή διαχείριση της πολιτικής που ακολουθήθηκε, επιχειρώντας στη συνέχεια μια προσπάθεια να πραγματοποιηθεί διόρθωση σε παλιότερες θεσμικές αστοχίες. Παρόλο την πτώση που έλαβε χώρα το 2014, λόγω της ανάπτυξης που υπήρξε έως το 2013, το 2014, τα φωτοβολταϊκά συστήματα κάλυψαν το 7% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, καθιστώντας την Ελλάδα για δεύτερη συνεχόμενη χρονιά στην δεύτερη θέση διεθνώς, όσον αφορά στην συνεισφορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Το 2015 παρατηρείται επιπλέον μείωση στην εξέλιξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα (το ποσοστό της αγοράς ήταν μόλις 1,0% σε σύγκριση με το 2013), κυρίως λόγω της λανθασμένης πολιτικής διαχείρισης όπου η αγορά φωτοβολταϊκών έκανε πίσω βήματα και έφτασε τα επίπεδα της αγοράς του 2008. Η περαιτέρω καθυστέρηση στην εφαρμογή του νέου

θεσμικού πλαισίου κατά την διάρκεια του 2015 (ήταν η αιτία που διέκοψε την ανάπτυξη μεσαίων και μεγάλων έργων) και η επιβολή των capital controls (που επίδρασαν αρνητικά στην εγκατάσταση μικρών εγκαταστάσεων συμψηφισμού ενέργειας net-metering) αποτέλεσαν δύο παράγοντες που ήταν οι κύριοι λόγοι στην πορεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Παρ' όλα αυτά η Ελλάδα για τρίτη συνεχόμενη χρονιά διακρίθηκε στην δεύτερη θέση παγκοσμίως με αφορμή την συνεισφορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην κάλυψη των φορτίων ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνεχίζοντας, η μείωση των εγκατεστημένων και διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων παρουσίασε αριθμούς που παρατηρούνται το 2007, δηλαδή την χρονιά που ξεκίνησε η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στον Ελλαδικό χώρο. Για την περαιτέρω μείωση οφείλεται κυρίως η επιπλέον καθυστέρηση στην εφαρμογή του νέου θεσμικού πλαισίου (η εφαρμογή του πλαισίου έλαβε χώρα τον Αύγουστο του 2016 όμως ήταν πλέον αργά για να πραγματοποιηθεί ανάπτυξη μεσαίων και μεγάλων έργων στα μέσα του 2016. Το 2016 η Ελλάδα βρέθηκε τρίτη σε διεθνές επίπεδο διότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα κάλυψαν το 7,05% των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Το 2017 πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση των πρώτων φωτοβολταϊκών σταθμών που προκρίθηκαν από τον πιλοτικό διαγωνισμό του Δεκεμβρίου 2016, ενώ παράλληλα παρουσιάστηκε μια μικρή άνοδος της αγοράς των φωτοβολταϊκών συστημάτων της τάξης του 14%. Παρά όμως την αύξηση, τα επίπεδα παραμένουν χαμηλά σε σύγκριση με τα επίπεδα από το 2013 και πίσω. Και το 2017 η Ελλάδα κατάφερε να κατακτήσει υψηλή θέση στην παγκόσμια κατάταξη διότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα καλύψαν ένα μεγάλο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Ανοδική πορεία σημειώνεται και το 2018 καθώς παρουσιάστηκε αύξηση κατά 11,8% σε σχέση με το 2017, παραμένοντας παρά όλα αυτά σε χαμηλό επίπεδο σε σχέση με το δυναμικό της χώρας. Για πολλοστή φορά η Ελλάδα διακρίθηκε σε υψηλή κατάταξη παγκοσμίως λόγω της αυξημένης συνεισφοράς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων της χώρας. Το 2019 η αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων παρουσιάζει μια ανοδική πορεία σε σχέση με την περσινή χρονιά όπου σημειώθηκε μία σχετική άνοδος της τάξης του 3,1% συγκριτικά με το 2018, καθώς και οι οικονομικοί αναλυτές, πρόβλεψαν ότι η τάση της αγοράς έδειχνε πως θα παρουσιάσει επιπρόσθετη άνοδο με στόχο να επανέλθουν τα μεγέθη στα επίπεδα των εκατοντάδων MW ετησίως. Για ακόμη μια χρονιά τα φωτοβολταϊκά κάλυψαν το 7% των αναγκών της χώρας σε

ηλεκτρική ενέργεια, κατατάσσοντας την Ελλάδα στην τέταρτη θέση παγκοσμίως με αφορμή την κάλυψη των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Κλείνοντας, το 2020 ήταν πράγματι μια πολύ ιδιαίτερη χρονιά για τα φωτοβολταϊκά. Αρχικά διότι η πανδημία επηρέασε την αγορά όχι μόνο την εγχώρια αλλά και την παγκόσμια, καθώς επίσης έλαβε χώρα και η αλλαγή του τρόπου με τον οποίο επισημοποιείται (κλειδώνει) η ταρίφα (με την “δήλωση ετοιμότητας” και όχι με την ηλέκτριση), αλλάζοντας ριζικά τον τρόπο παρουσίασης των στατιστικών για το 2020.

Η αγορά των συστημάτων αυτοπαραγωγής το 2020 σχεδόν διπλασιάστηκε συγκριτικά με το 2019, ωστόσο τα επίπεδα παραμένουν χαμηλά σε σχέση με το δυναμικό της χώρας. Κατά την διάρκεια του 2020 πραγματοποιήθηκαν εγκαταστάσεις νέων συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, ισχύος 17 MWp, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το σύνολο εγκατεστημένης ισχύος της κατηγορίας αυτής στα 51 MWp, πλέον τα εμπορικά συστήματα να παρέχουν κάλυψη άνω του 90% του ποσοστού της ισχύος αυτής, δεδομένο το οποίο αποδεικνύει πώς τα οικιακά συστήματα βρίσκονται σε μειονεκτική θέση σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα. Το 2021, από τα 838 MWp, δηλαδή της συνολικής ισχύ που διασυνδέθηκε, για τα 454 MWp είχε ήδη δηλωθεί ετοιμότητα από το 2020 αλλά ηλεκτρίστηκαν επίσημα το 2021. Παρομοίως, τα 370 MWp περίπου έχουν πραγματοποιήσει δήλωση ετοιμότητας το 2021 άλλα θα ηλεκτριστούν το 2022. Το 2021, η αγορά των συστημάτων παρουσίασε μεγάλη άνοδο καθώς υπερδιπλασιάστηκε σε σχέση με το 2020. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση 38 MWp νέων συστημάτων με ενεργειακό συμψηφισμό ή ακόμα και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, αυξάνοντας έτσι την συνολική εγκατεστημένη ισχύ της κατηγορίας του ενεργειακού συμψηφισμού και του εικονικά ενεργειακού συμψηφισμού στα 89 MWp [23].

Πίνακας 4: Ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2021 καθώς και συνολική ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ως και το 2021 σε MWp.

| Διασυνδεδεμένα συστήματα | MWp |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Ισχύς νέων διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2021 | 838 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| Συνολική ισχύς των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ως και το 2021 | 4126 |
|----------------------------------------------------------------------------|------|

3.4. Ηλιακή ενέργεια

Ως ηλιακή ενέργεια καλούμε το σύνολο των μορφών ενέργειας που μας παρέχονται από τον ήλιο, ο οποίος αποτελεί μία από της κύριες πηγές ενέργειας της γης. Μία από της ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πως δεν παρέχει μόνο φως, αλλά, επιπροσθέτως προσδίδει θερμότητα στα σώματα στα οποία προσπίπτει, ενώ ακόμα έχει την δυνατότητα να τροποποιεί τις ιδιότητες ορισμένων υλικών, τα οποία με το φαινόμενο αυτό παράγουν ρεύμα. Η ηλιακή ενέργεια λοιπόν μας παρέχει τις εξής μορφές ενέργειας:

- Φωτεινή
- Θερμική
- Ακτινοβολίας

Η εκμετάλλευση της ηλιακή ενέργειας, πραγματοποιείται με τα εξής ηλιακά συστήματα:

- Ενεργητικά
- Παθητικά
- Φωτοβολταϊκά

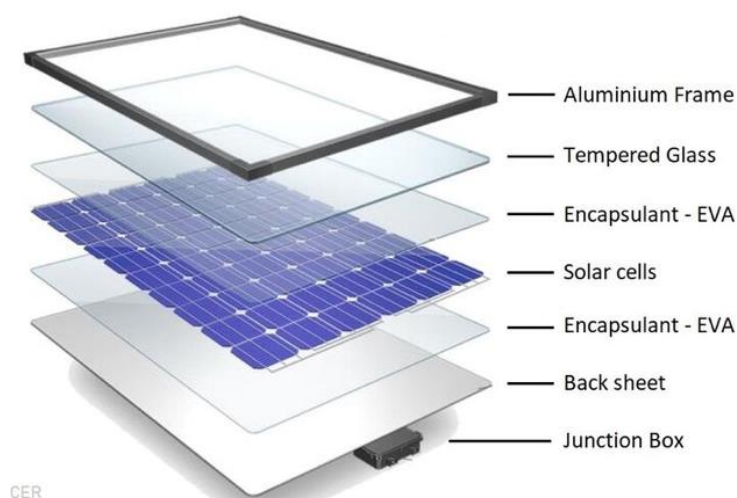
Σε μεγαλύτερο βαθμό χρησιμοποιείται σε θερμικές εφαρμογές όπως ηλιακοί θερμοσίφωνες. Ωστόσο η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει αξιοσημείωτη άνοδο με την πάροδο της τελευταίας δεκαετίας και στο μέλλον προβλέπεται να αυξηθεί η εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα συνεπώς και η χρήση τους[24].

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η οποία ηλιακή ενέργεια μεταφέρεται μέσω της ηλιακή ακτινοβολία από τον ήλιο ο οποίος βρίσκεται σε μία μέση απόσταση $149,6 \cdot 10^6$ km. Από αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί έχει υπολογισθεί ότι ο ήλιος εκπέμπει ενέργεια (ανά μονάδα χρόνου) σε μορφή ακτινοβολίας με αποδιδόμενη ισχύ $3,72 \cdot 10^{23}$ kW. Το σύνολο της

εκπεμπόμενης ενέργειας, σε μονάδα χρόνου, που προσδίδεται σε μια μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στη διεύθυνση της ακτινοβολίας που δέχεται, στη μέση ετήσια απόσταση γης και ηλίου, ονομάζεται ηλιακή σταθερά, " G_{sc} " και είναι ίση με 1367 W/m^2 . Τα Φ/Β συστήματα αποτελούνται από διόδους ημιαγωγών (επί το πλείστον πυριτίου), οι οποίες όπως δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία, στην συνέχεια δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρόσθια και την οπίσθια όψη τους. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στο λεγόμενο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, και το ρεύμα το οποίο παράγεται με την διαδικασία αυτή είναι συνεχές. Σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, η κύρια μονάδα που μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Όταν το φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται ακτίνες φωτός τότε προκαλείται στο εσωτερικό του ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο είναι ανάλογο της πυκνότητας ισχύος του ηλιακού φωτός, που προσπίπτει στην επιφάνειά του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η ανώτατη συνεχής ηλεκτρική τάση που μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο, βρίσκεται σε περιοχές τάσης μεταξύ 0.5 και 0.7 V , ενώ το αντίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα κυμαίνεται στη περιοχή μεταξύ 10 και 40 mA/cm^2 , για πυκνότητα ισχύος ηλιακού φωτός 1 kW/m^2 . Επειδή υπάρχουν ελάχιστες συσκευές που έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν σε τόσο χαμηλές τάσεις, τα Φ/Β στοιχεία συνδέονται σε σειρά και σχηματίζουν με αυτόν τον τρόπο ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν τα κύρια δομικά στοιχεία για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Το πλήθος των φωτοβολταϊκών στοιχείων επιλέγεται έτσι ώστε να ταιριάζει με την απαιτούμενη τάση φόρτισης ενός κοινού ηλεκτρικού συσσωρευτή μόλυβδου-θειικού οξέως ($\text{Pb/H}_2\text{SO}_4$), ονομαστικής τάσης 12V [25].

Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του και από τον τύπο του, καθώς επίσης ιδιαίτερη σημασία έχει και η εκάστοτε ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το στοιχείο, ο προσανατολισμός του και η συντήρηση του πλαισίου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διατίθενται σε πολλά και διαφορετικά μεγέθη. Μια συστοιχία μικρής επιφάνειας είναι ικανή να έχει βοηθητικό ρόλο στην τροφοδοσία ενός σπιτιού. Συστοιχίες μεγάλης έκτασης που διαθέτουν μεγάλα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν την δυνατότητα να τροφοδοτούν αρκετές οικίες και με την χρήση αποθηκευτικού συστήματος να υπάρχει δυνατότητα πλήρους αυτονομίας. Συστοιχίες μεγάλης έκτασης όπου τα πλαίσια είναι συνδεδεμένα σε σειρά

αλλά και παράλληλα δημιουργούν φωτοβολταϊκά πάρκα, με σκοπό να παρέχουν ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Εικόνα 7: Τμηματική απεικόνιση περιεχομένων ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου

3.5. Υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

Τα Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας είναι συστήματα παραγωγής ενέργειας, τα οποία χρησιμοποιούν συνδυαστικά μεθόδους παραγωγής ενέργειας μέσω ΑΠΕ χρησιμοποιώντας παράλληλα σύστημα αποθήκευσης με σκοπό την βέλτιστη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας. Οι πιο συνήθεις συνδυασμοί περιλαμβάνουν Φωτοβολταϊκά-Αιολικά-Συσσωρευτή και Φωτοβολταϊκά-Ηλεκτρογεννήτρια-Συσσωρευτή. Η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται συνήθως σε συσσωρευτές τύπου μολυβδου-οξέος. Τα υβριδικά συστήματα έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν αποδοτικά σε απομακρυσμένα νησιά ή ακόμη και σε ακριτικές περιοχές, όπου σε τέτοιου είδους περιπτώσεις η ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο σε συνδυασμό με την αποθηκευμένη παραγόμενη ενέργεια από τους συσσωρευτές έχει δευτερεύον ρόλο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, και η χρήση του δικτύου και του αποθηκευτικού συστήματος λαμβάνει χώρα όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ΑΠΕ δεν είναι επαρκής. Ο συνδυασμός αυτών των συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα την επίλυση του προβλήματος στο οποίο το καθαρό παρών κόστος (NPC) ελαχιστοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις, σε σχέση με το σταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCE). Η σωστή επίλυση του προβλήματος αυτού

είναι μια περίπλοκη διαδικασία λόγω του αυξημένου αριθμού των μεταβλητών και την μη γραμμικότητα στην απόδοση ορισμένων στοιχείων που διαθέτει το σύστημα[26].

Τα κύρια μέρη ενός Υβριδικού Συστήματος είναι τα εξής:

- Το σύστημα παραγωγής ενέργειας
- Το αποθηκευτικό σύστημα
- Το κέντρο ελέγχου όλου του συστήματος



Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Φ/Β-Α/Γ εγκατεστημένο σε οικία.

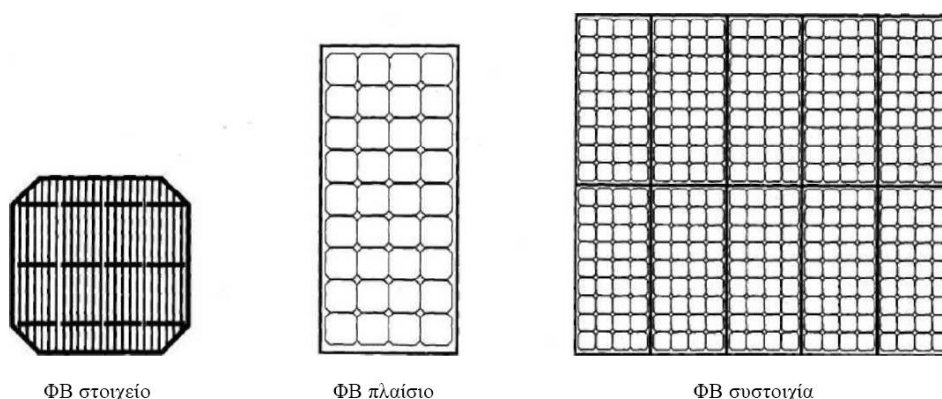
3.6. Τμήματα υβριδικού συστήματος

3.6.1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα αναλύσουμε φωτοβολταϊκά στοιχεία που είναι ικανά να εγκατασταθούν σε οικίες και να στηρίζουν τις εκάστοτε ενεργειακές ανάγκες της οικίας αυτής. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που είναι δυνατόν να εγκατασταθούν σε μία οικία έχουν μεγάλο εύρος. Η μέση κατανάλωση μιας οικίας είναι περίπου 3750 kWh ετησίως. Σημαντικοί παράγοντες για να επιτευχθεί σωστή διαστασιολόγηση είναι η τοποθεσία της οικίας, το ύψος της καθώς και η περίμετρος της οικίας έχει σημασία

(δέντρα, κτήρια και οτιδήποτε μπορεί να επισκιάσει το στοιχείο) διότι πρέπει να μην παρεμβαίνει τίποτα ανάμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Ανάλογα με το ηλιακό δυναμικό θα χρειαστεί μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων 1-10 kW για να συνεισφέρει στην ζήτηση.

Η συνδυαστική συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων, είτε σε σειρά είτε παράλληλα, συνήθως σε μια επίπεδη επιφάνεια, αποτελεί τη φωτοβολταϊκή συστοιχία. Στο σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζεται η ιεραρχία των Φ/Β συστημάτων.



Εικόνα 9: Απεικόνιση Ιεραρχίας σύνδεσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Η ταξινόμηση των Φ/Β πλαισίων γίνεται σύμφωνα με την ισχύ που αποδίδουν κάτω από τις Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου, οι οποίες αφορούν την κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στην όψη του Φ/Β στοιχείου, με πυκνότητα ισχύος 1 kW/m^2 , θερμοκρασίας Φ/Β στοιχείου 25°C με απόκλιση 2°C , και τιμή μάζας αέρα AM 1.5. Η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αποδώσει ένα Φ/Β στοιχείο βάσει τις Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου, είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του και το ονομάζουμε ισχύς αιχμής του Φ/Β στοιχείου. Η μονάδα βάσει το S.I εκφράζεται σε "Watt αιχμής" ή Wp. Στο εμπόριο διατίθενται Φ/Β πλαίσια κρυσταλλικού Πυριτίου μεγάλο εύρος περιοχής τιμών ισχύος αιχμής. Μικρές κατασκευές Φ/Β στοιχείων, μερικών Wp, εφαρμόζονται σε συστήματα που δεν απαιτούν υψηλή ηλεκτρική ισχύ. Σε εφαρμογές αυτόνομων πλαισίων ή συνδεδεμένων στο δίκτυο της ΔΕΗ, Φ/Β συστημάτων, χρησιμοποιούνται, συνήθως, Φ/Β πλαίσια μέγιστης ισχύος από 30 έως και 250 Wp.

3.6.2. Βασικά στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου

Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκό στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου (LA361-K51S κατασκευασμένο από την Kyocera) μέγιστης ισχύος 51 W_p. Τα κύρια στοιχεία που αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι τα εξής:

1. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία
2. Υλικό EVA για την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στοιχείων
3. Το ειδικά διαμορφωμένο γυαλί στο εμπρόσθιο μέρος του πλαισίου
4. Το φύλλο που προστατεύει το οπίσθιο μέρος του πλαισίου (στις περισσότερες περοπτώσεις είναι TPT Tedlar)
5. Το αλουμινένιο πλαίσιο
6. Το κουτί που συνδέεται

3.6.3. Τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων

Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι τα πλαίσια:

- Μονο-κρυσταλλικού πυριτίου(Single-crystal Silicon)
- Πολυ-κρυσταλλικού πυριτίου (Multi-crystalline Silicon)
- Ημιαγωγοί λεπτών Υμενίων (Thin film)
- Συγκεντρωτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (Concentrated photovoltaic cell CVP)

Η εξέλιξη που έλαβε χώρα τα τελευταία χρόνια μας δίνει την δυνατότητα μιας κατηγοριοποίησης τεχνολογιών των φωτοβολταϊκών πάνελ βάσει γενιάς, δηλαδή τα ηλιακά πάνελ 1^{ης} γενιάς είναι τα πάνελ:

- Μονο-κρυσταλλικού πυριτίου(Single-crystal Silicon)
- Πολυ-κρυσταλλικού πυριτίου (Multi-crystalline Silicon)

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ 2^{ης} γενιάς είναι:

- Ημιαγωγοί λεπτών Υμενίων (Thin film)
- Άμορφου πυριτίου (Amorphous ή thin Silicon)

Και τέλος ως 3^{ης} γενιάς θεωρούμε τα εξής φωτοβολταϊκά συστήματα:

- Βιο-Υβριδικά ηλιακά στοιχεία
- Ηλιακά στοιχεία καδμίου Τελουριούχου (CdTe)
- Συγκεντρωτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (Concentrated photovoltaic cell CVP)[27].

Σήμερα οι θεωρητικές βέλτιστες αποδόσεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων κρυσταλλικού Πυριτίου, βρίσκονται σχεδόν στο 24% για Φ/Β πλαίσια που αφορούν διαστημικές κατασκευές και περίπου 14% με 18% για βιομηχανική και οικιακή χρήση. Σε εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος αιχμής, η τιμή αγοράς Φ/Β πλαισίων, μειώνεται σε συνάρτηση με το μέγεθος της εγκατάστασης. Σε μεγάλα συστήματα μεγάλης ισχύος, άνω του MWp, το κόστος αυτό μειώνεται σχεδόν στο μισό σε σχέση με το αντίστοιχο των εγκαταστάσεων μικρότερης ισχύος. Κατά τη διάρκεια της δεκαετία του 1980, η πτωτική τάση του κόστους της βιομηχανικής παραγωγής των Φ/Β στοιχείων, είχε ως αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση οικονομικότερων μεθόδων ώστε να παρασκευάζεται το βασικό φωτοαγωγικό υλικό. Οι μέθοδοι αυτοί χαρακτηρίζονται από τη δημιουργία πάρα πολύ λεπτών στρωμάτων υλικού (thin films), κυρίως πυριτίου, σε επιμελημένα καθαρισμένη επιφάνεια, που δίνει την δυνατότητα της πρόσφυση του αποτιθέμενου υλικού (άμορφο Πυρίτιο, a-Si). Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αποδόσεις διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Πίνακας 5: Αποδόσεις διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών στοιχείων[25].

| Υλικό Φ/Β στοιχείου | Θεωρητική μέγιστη απόδοση (%) | Πραγματική απόδοση (%) |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Μονοκρυσταλλικού πυριτίου Si | 24 | 15 |
| Πολύκρυσταλλικού πυριτίου Si | 18 | 12 |
| Άμορφου Πυριτίου Si | 12 | 5 |

| | | |
|-----------------|----|---|
| Μεμβράνες GaAs | 23 | - |
| Μεμβράνες CuO | 20 | - |
| Μεμβράνες Cd-Te | 24 | - |

Οικιακή χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η τοποθέτηση ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να γίνει στην ταράτσα, την σκεπή ή ακόμα και την βεράντα, επίσης χρειάζεται χώρο δίχως σκίαση, κατά προτίμηση κυρίως νότιου προσανατολισμού, για να τοποθετηθεί όσο είναι δυνατόν μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Τα **πλεονεκτήματα** τους είναι:

- Λειτουργούν σε χαμηλά επίπεδα θορύβου, δίχως κατάλοιπα, με αποτέλεσμα να αποφεύγετε η μόλυνση του περιβάλλοντος.
- Λειτουργούν κυρίως δίχως κινητά μέρη, απαιτώντας έτσι ελάχιστη συντήρηση.
- Λειτουργούν δίχως καύσιμα.
- Λειτουργούν ακόμη και με νεφελώδη ουρανό (διάχυτη ακτινοβολία).
- Για την χρήση τους δεν απαιτούνται υγρά ή αέρια σε αντίθεση με τα θερμικά συστήματα.
- Είναι κατασκευασμένα από πυρίτιο, ένα από τα πλέον εν αφθονία στοιχεία.
- Πλέον είναι αποδοτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Έχουν σχετικά γρήγορη απόκριση σε ξαφνικές μεταβολές της ηλιοφάνειας.
- Αν ένα τμήμα πάθει βλάβη το σύστημα συνεχίζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι την αντικατάστασή του λοιπού τμήματος.
- Μεγάλες δυνατότητες σε μεγάλο εύρος περιοχής ισχύων (από mW μέχρι MW).

- Έχουν μεγάλο λόγο ισχύος/βάρος επομένως κατάλληλα για εγκατάσταση σε στέγες.
- Είναι κατάλληλα για εφαρμογή σε επιτόπιες επιφάνειες όπου δεν υπάρχει ή δε συμφέρει η επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου.

Έχουν την δυνατότητα να συναρμολογηθούν τυποποιημένα στοιχεία μαζικής παραγωγής σε σύστημα οποιουδήποτε μεγέθους, για να καλύψουν χαμηλές, μέσες και υψηλές ενεργειακές ανάγκες.

Τα μειονεκτήματα τους είναι:

- Το κόστος αγοράς και η ελλιπής εφαρμογή επιδοτήσεων ήταν ως πριν λίγο διάστημα ο κυριότερος λόγος για τη στασιμότητα της αγοράς φ/β στην Ελλάδα, (δηλαδή η έλλειψη επιχορήγησης για τον οικιακό καταναλωτή, η ελλιπής επιχορήγηση της παραγόμενης φ/β ηλεκτρικής ενέργειας).
- Τα φωτοβολταϊκά, και γενικότερα όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν σχετικά υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και χαμηλό λειτουργικό κόστος, σε αντίθεση με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που κατά βάση έχουν σχετικά μικρότερο αρχικό κόστος επένδυσης και υψηλά λειτουργικά κόστη. Τα δεδομένα αυτά όμως αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Πολλές χώρες έχουν προβεί σε ενέργειες τα τελευταία χρόνια εφαρμόζοντας προγράμματα ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών, με επιδοτήσεις υψηλού χρηματικού ποσού τόσο της αγοράς και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, όσο και της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας.
- Ο απαραίτητος τακτικός καθαρισμός της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης λόγω της ρύπανσης (περιττώματα πτηνών, σκόνη, αλάτι θαλάσσης κτλ.).
- Είναι αναγκαία η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω των φωτοβολταϊκών, καθώς και η συμπληρωματική παραγωγή με ανεμογεννήτριες και συμβατικές μηχανές παραγωγής λόγω ετεροχρονισμού φορτίου ζήτησης και παραγωγής.



Εικόνα 10: (α) Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε οροφή κατοικίας, (β) Συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων.

3.6.4. Γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Γεννήτρια είναι η μηχανή που μεταβάλλει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή του Faraday βάσει της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος χρειάζεται η τροφοδοσία της γεννήτριας με καύσιμο (Τα καύσιμα ποικίλουν και εξαρτώνται με τον τύπο της γεννήτριας). Ένα σημαντικό θετικό στοιχείο που διαθέτει η χρήση γεννήτριας, είναι ότι είναι δυνατόν να παράγει ηλεκτρική ενέργεια βάσει της ζήτησης, που συγχρόνως με την γρήγορη απόκριση που μας παρέχει, καθιστά την γεννήτρια και το έργο που προσφέρει η χρήση της σε ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πολύ σημαντικό[28].

Η χρήση της γεννήτριας λαμβάνει χώρα όταν η παραγωγή του συστήματος δεν είναι αρκετή για την κάλυψη του φορτίου ζήτησης.

Στον τομέα των γεννητριών συγκαταλέγονται:

- Οι μηχανές εσωτερικής καύσης
- Οι μικρογεννήτριες
- Οι κυψέλες καυσίμου

Καύσιμα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την χρήση μιας γεννήτριας είναι αρκετά όπως το πετρέλαιο (diesel), το φυσικό αέριο, η βενζίνη, το υδρογόνο, η μεθανόλη, η αιθανόλη, το βιοαέριο κ.α.



Εικόνα 11: Απεικόνιση γεννήτριας πετρελαίου ανοιχτού τύπου, τριφασική με μίζα 498cc (WS8500-3 Kraft)

Οι γεννήτριες πετρελαίου δηλαδή οι μηχανές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με τη καύση καύσιμου ντίζελ χρησιμοποιούν συνδυασμό ηλεκτρικής γεννήτριας και κινητήρα ντίζελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος, είναι βασισμένη σε μια παλινδρομική μηχανή καύσης που λειτουργεί βάση του κύκλου Diesel [29]. Είναι πολλά τα μεγέθη ντιζελογεννητριών τα οποία μπορεί να συναντήσει κανείς. Τα μεγέθη αυτά ξεκινούν από λίγα kW έως και 1 MW. Σε περιπτώσεις χρήσης μικρού μεγέθους γεννήτριας, οι πιο διαδεδομένες λύσεις είναι οι γεννήτριες που χρησιμοποιούν για καύσιμο την βενζίνη ή το προπάνιο. Οι μικρές γεννήτριες βενζίνης και προπανίου κυμαίνονται μεταξύ 25 kW και 250 kW.

Οι κυψέλες καυσίμου πλέον αποτελούν ένα μη συμβατικό είδος τεχνολογίας που έχει την δυνατότητα να μετατρέψει σε πρώτο χρόνο τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια, και πρόκειται να διαδοθεί και να αναπτυχθεί ραγδαίως τα επόμενα χρόνια[30].

Τα κύρια χαρακτηριστικά που κατηγοριοποιούν τον τύπο καθώς και τα μεγέθη σε μια γεννήτρια είναι:

- Ο τύπος καυσίμου που χρειάζεται
- Οι τιμές μέγιστης και ελάχιστης ισχύος που αποδίδει
- Η καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου, που αναλύει την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται από τη γεννήτρια ανάλογα με το εκάστοτε φορτίο της.

Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση καυσίμου χαρακτηρίζεται από δύο συνιστώσες: 1^η την σταθερή κατανάλωση του καυσίμου που καταναλώνεται όταν το φορτίο είναι μηδενικό, και 2^η την οριακή κατανάλωση, που είναι ανάλογη με την ισχύ που παράγει η γεννήτρια.

Όσο αφορά τις ντιζελογεννήτριες και τις κυψέλες καυσίμου, συγκρίνοντας της καμπύλες κατανάλωσής τους είναι διακριτό ότι η χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για μια γραμμική συνάρτηση της ηλεκτρικής ισχύς που παράγεται. Η ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται στη μονάδα του χρόνου δίνεται από την εξής σχέση:

$$F = F_0 * P_{genmax} + F_1 * P_{gen}$$

Που ισχύει:

- F_0 είναι ο συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου της ονομαστικής ισχύος της γεννήτριας με μονάδες (kg, L, m³)/hr/kW
- P_{genmax} η ονομαστική ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας kW
- F_1 η κλίση της καμπύλης καυσίμου hr/kW
- P_{gen} η ισχύς που παράγεται από τη γεννήτρια kW.

Στην παραπάνω σχέση ο αρχικός όρος εκφράζει την σταθερή κατανάλωση καυσίμου, και ο δεύτερος όρος την οριακή κατανάλωση καυσίμου. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ενδεικτικές τιμές για τους συντελεστές F_0 και F_1 , σύμφωνα με το είδος καυσίμου που χρησιμοποιείται από τη γεννήτρια.

Πίνακας 6: Συντελεστές καμπύλης κατανάλωσης καυσίμου.

| Είδος καυσίμου | F_0 | F_1 |
|----------------|-------|-------|
|----------------|-------|-------|

| | | |
|---------------------|------|------|
| Ντίζελ | 0.08 | 0.25 |
| Βενζίνη | 0.13 | 0.32 |
| Φυσικό αέριο | 0 | 0.25 |
| Βιοαέριο | 0.8 | 1.9 |
| Υδρογόνο | 0 | 0.06 |

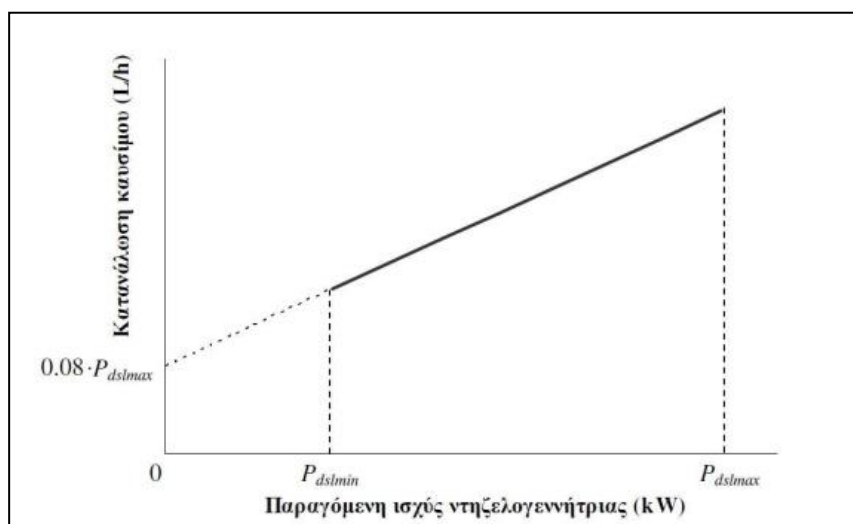
Ντιζελογεννήτριες

Η ορθή διαστασιολόγηση των ντιζελογεννητριών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ιδιαίτερη σημασία διότι πρέπει να αποφευχθεί το φαινόμενο χαμηλού φορτίου ή έλλειψης ισχύος. Για την διαστασιολόγηση γίνεται συνήθως η παραδοχή ότι η κατανάλωση καυσίμου είναι στην ουσία μια γραμμική συνάρτηση της ισχύς που παράγεται από την ντιζελογεννήτρια. Ταυτοχρόνως, για να αποφευχθούν τυχόν φθορές του κινητήρα ή ακόμη και για την αποφυγή της ελάχιστης παραγόμενης ισχύος μιας ντιζελογεννήτριας P_{dslmin} χρειάζεται να ρυθμιστεί στο 30% περίπου από την μέγιστη ισχύ που διαθέτει P_{dslmax} . Η ακόλουθη σχέση μας δίνει την κατανάλωση καυσίμου μιας ντιζελογεννήτριας F_{dsl} (σε μονάδες L/h), όπου διαμορφώνεται σύμφωνα με τον Πίνακα 6 και την σχέση που τυπώθηκε παραπάνω.

$$F_{dsl} = 0,08 * P_{dslmax} + 0,25\% * P_{dsl}$$

$$\text{Για } P_{dslmin} \leq P_{dsl} \leq P_{dslmax}$$

P_{dsl} είναι η ισχύς της ντιζελογεννήτριας σε kW. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει γραφικά την χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης μιας γεννήτριας που χρησιμοποιεί ντίζελ.



Εικόνα 12: Χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης γεννήτριας με καύσιμο ντίζελ.

Ο κύκλος ζωής μιας γεννήτριας, αντιθέτως με άλλα βασικά στοιχεία ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ενέργειας, δεν ορίζεται από τα χρόνια που χρησιμοποιείται αλλά σε ώρες που έχει λειτουργήσει. Το δεδομένο αυτό προκύπτει διότι η διάρκεια ζωής εξαρτάται κυρίως από τις ώρες λειτουργίας της και όχι τόσο από την χρονολογία παραγωγής της. Η διάρκεια ζωής μια γεννήτριας βασίζεται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- τις συνθήκες λειτουργίας της, δηλαδή το κλίμα το οποίο χρησιμοποιείται αν έχει πολύ υγρασία η είναι πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην περιοχή που λειτουργεί
- τη συχνότητα συντήρησης της γεννήτριας
- την ορθή διαστασιολόγηση της, δηλαδή τη σωστή επιλογή ονομαστικής ισχύος της γεννήτριας, ώστε να μην χρειάζεται να λειτουργεί σε υψηλά φορτία
- την ποιότητα κατασκευής της γεννήτριας[31].

Ο πιο ευρέως διαδεδομένος τύπος κινητήρα σε γεννήτριες είναι οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους κινητήρες ανάφλεξης με σπινθηρισμό. Όπως προαναφέρθηκε εξέχουσα σημασία στην διάρκεια ζωής ενός κινητήρα έχει το μέσο φορτίο με το οποίο λειτουργεί δηλαδή η ταχύτητα σε rpm. Δηλαδή ένας κινητήρας χαμηλής ταχύτητας

(1800 rpm) θα έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από έναν κινητήρα υψηλής ταχύτητας (3600 rpm)[32].

Πίνακας 7: Εφαρμογές, οφέλη ορισμένων τύπων κινητήρα.

| <i>Τύπος κινητήρα</i> | <i>Οφέλη</i> | <i>Εφαρμογές</i> |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Βενζινοκινητήρες με αέρα ψύξη, (3000 rpm)</i> | Χαμηλότερο Κόστος αναλογίας W/ €. Χαμηλότερος θόρυβος και λιγότεροι κραδασμοί. | Εφεδρική πηγή ή πηγή έκτακτης ανάγκης τροφοδοσία ρεύματος, κατά τη λειτουργία έως και 100 ώρες το χρόνο. Ή ως μόνιμη πηγή για περίοδο έως 2 μήνες. |
| <i>Κινητήρες ντίζελ με αέρα ψύξη, (3000 rpm)</i> | Διπλάσια ισχύ από τους βενζινοκινητήρες με αερόψυξη. Ομαλή απόκριση κατά την αύξηση φορτίου. Αξιόπιστη εκκίνηση. | Τροφοδοτικό έκτακτης ανάγκης για χρήση σε χώρους όπου δεν υπάρχει βενζίνη ή για εργασίες έκτακτης ανάγκης. |
| <i>Κινητήρες ντίζελ με υγρό ψύχεται, (1500 rpm)</i> | Υψηλή ισχύς κινητήρα. Οικονομικός. Χαμηλό επίπεδο θορύβου και κραδασμών. Αξιόπιστη εκκίνηση. | Εφεδρική πηγή τροφοδοσίας ενέργειας και μπορεί να λειτουργήσει και ως μόνιμη πηγή τροφοδοσίας για μεγάλο χρονικό διάστημα (περίπου 2 χρόνια). |
| <i>Κινητήρες αερίου με αέρα ψύξη, (3000 rpm)</i> | Υψηλή ισχύς κινητήρα., γρήγορη προθέρμανση κινητήρα. Χαμηλός κόστος kW/h. | Εφεδρικό τροφοδοτικό με χαμηλό κόστος kW/h. |

| | | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Κινητήρες αερίου με υγρό ψύξης, (1500 rpm)</i></p> | <p>Υψηλή ισχύς κινητήρα. Τιμή χαμηλότερη από το κύριο δίκτυο.</p> | <p>Εφεδρική πηγή τροφοδοσίας ενέργειας ή μόνιμη πηγή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε σταθερή λειτουργία η οποία αποδίδει από 7 έως 15 μήνες.</p> |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Πίνακας 8: Ισχύς και διάρκεια ζωής μερικών τύπων γεννητριών.

| Τύπος γεννήτριας | Ισχύς (kW) | Διάρκεια ζωής (hrs) |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| Υψηλής ταχύτητας (3600 rpm), αερόψυκτη, βενζίνης, φυσικού αερίου ή προπάνιου | 1 - 10 | 250 - 1,000 |
| Υψηλής ταχύτητας (3600 rpm), αερόψυκτη, ντίζελ | 4 - 20 | 6,000 - 10,000 |
| Χαμηλής ταχύτητας (1800 rpm), υδρόψυκτη, φυσικού αερίου ή προπάνιου | 15 - 50 | 6,000 - 10,000 |
| Υψηλής ισχύος, υδρόψυκτη, ντίζελ | 7 - 10,000 | 20,000 - 80,000 |
| Μικροτουρμπίνα φυσικού αερίου | 25 - 500 | 50,000 - 80,000 |

Ο προσδιορισμός της διάρκειας ζωής μιας γεννήτριας L_{gen} ή κυψέλης καυσίμου με υπολογιστικό τύπο, πραγματοποιείται με τον εξής τύπο:

$$L_{gen} = \frac{L_{gen,h}}{N_{gen}}$$

$L_{gen,h}$ είναι η διάρκεια ζωής της γεννήτριας σε ώρες και N_{gen} οι λειτουργικές της ώρες για το χρονικό διάστημα ενός έτους. Η χρήση αυτού του υπολογιστικού τύπου αποσκοπεί στο να γνωρίζουμε πότε πρέπει να εγκατασταθεί μια γεννήτρια ώστε να μην μείνει το σύστημα μας χωρίς εφεδρική τροφοδοσία [32].

3.6.5. Συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας έχει αυξηθεί με ραγδαίο ρυθμό σε όλους τους τομείς[33]. Η οικιακή χρήση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας παράγοντας για την συνεχή αύξηση ζήτησης ενέργειας[34]. Παράλληλα, Ευρωπαϊκοί αρμόδιοι φορείς έχουν γνωστοποιήσει πως χρειάζεται να πραγματοποιηθούν προσπάθειες με σκοπό την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή[35]. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα στον οικιακό τομέα, η ανάπτυξη αυτή εκδήλωσε το ενδιαφέρον των οικιακών καταναλωτών να στραφούν σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων στις στέγες των κατοικιών τους.

Η συνεχώς διακοπτόμενη παροχή ενεργειακών πόρων, συνδυαζόμενη με την συνεχή αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας καθιστά δύσκολο το έργο της διαχείρισης του δικτύου, δηλαδή της ύπαρξης αξιοπιστίας και σταθερότητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η εμφάνιση της μέγιστης ζήτησης φορτίου δεν συμπίπτει με την μέγιστη προσφορά που παρέχουν οι αποκεντρωμένοι ενεργειακοί πόροι, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια διαμετρικά αντίθετη αντιστοιχία μεταξύ του προφίλ παραγωγής ανανεώσιμων πηγών και του προφίλ ζήτησης[36]. Μια έννοια που χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση του φαινομένου αυτού είναι το σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Το σύστημα αυτό έχει οριστεί ως «οι ενέργειες που μεταβάλλουν τον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές κάνουν χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας αποσκοπώντας στην επίτευξη της εξοικονόμησης και υψηλότερης απόδοσης κατά την χρήση της ενέργειας»[37]. Η χρήση του συστήματος διαχείρισης της ζήτησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την επίτευξη της βέλτιστης αυτοκατανάλωσης των επιπέδων των αποκεντρωμένων ενεργειακών πόρων, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την αναγκαία μεταφορά ενέργειας από το δίκτυο. Το σύστημα διαχείρισης μπορεί να αξιοποιηθεί και σε άλλες μορφές εφαρμογών, όπως για παράδειγμα σε ένα ελεγχόμενο, φορτίο που μετακινείται όπως δηλαδή ένα υβριδικό όχημα (PHEV)[36].

Μολονότι, ορισμένες συσκευές μπορούν να δεσμευθούν σε ένα συγκεκριμένο χρόνο τον οποίο χρησιμοποιούνται (όπως η χρήση ενός βραστήρα), άλλες συσκευές δεν είναι δυνατόν να παρέχουν την δέσμευση αυτή (όπως για παράδειγμα ένα ψυγείο ή ένας καταψύκτης). Άλλες συσκευές δεν καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας για να

χρειάζεται να ενταχθούν στο σύστημα διαχείρισης ενέργειας (όπως για παράδειγμα η χρήση ενός H/Y). Συνεπώς, είναι πρακτικά αδύνατο να πραγματοποιηθεί πλήρη αντιστοιχία της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του συνόλου των νοικοκυριών με την αντίστοιχη διαθέσιμη τροφοδοσία σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη ιδιοκατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που είναι παραγόμενη από αποκεντρωμένους πόρους μπορούν να τεθούν σε χρήση συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS). Το πλεόνασμα της παραγόμενης ενέργειας είναι δυνατόν να αποθηκευτεί προσωρινά σε ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με σκοπό να καταναλωθεί στο μέλλον όταν το φορτίο ζήτησης θα είναι αυξημένο[38]. Το σύστημα αποθήκευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό να αντιδράει σε σήματα τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος[39]. Στην περίπτωση που το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλό, τότε στο σύστημα δίνεται η δυνατότητα να φορτίσει, στην περίπτωση που το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό, δίνεται η δυνατότητα στο σύστημα αποθήκευσης να αποφορτιστεί με σκοπό την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο καταφέροντας με αυτόν τον τρόπο την απόκτηση μεγαλύτερου ποσοστού κέρδους. Το βασικό μειονέκτημα των ΣΑΕ είναι το αρκετά υψηλό κόστος τους[40][38].

Στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης υπάρχει ενδιαφέρον, καθώς και κίνητρο για την εγκατάσταση συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυαζόμενο με την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης σε οικιακό επίπεδο. Ωστόσο, το ενδιαφέρον αυτό δεν υπάρχει στα νοικοκυριά σε χώρες όπως για παράδειγμα η Ολλανδία και το Βέλγιο καθώς το τιμολόγιο για την τροφοδοσία της ηλεκτρικής ενέργειας που είναι παραγόμενη από αποκεντρωμένους ενεργειακούς πόρους είναι παρόμοιο με το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος[41].

Με την πάροδο του χρόνου η ιδιοκατανάλωση γίνεται ολοένα και πιο ελκυστική για της περιπτώσεις οικιακού επιπέδου αποσκοπώντας στην βελτίωση της «οικονομικής χρήσης» των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο που αφορά την πράσινη συμφωνία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα λάβει χώρα η στήριξη στις πράσινες επενδύσεις. Με την αύξηση της ιδιοκατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενη από φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες, επιτυγχάνεται η αποφυγή του κόστους της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Η προσθήκη ενός συστήματος αποθήκευσης (ESS) στο ήδη υπάρχον σύστημα διαχείρισης, με

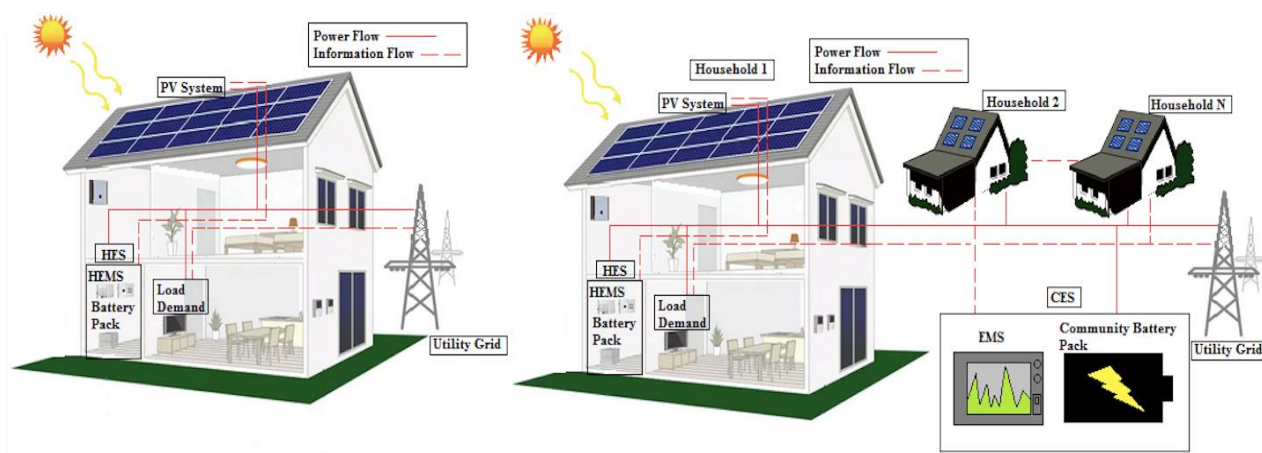
σκοπό την βελτίωση της ιδιοκατανάλωσης έχει κινήσει αρκετά το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών.

Μια εναλλακτική εφαρμογή ενός ΣΑΕ είναι η κοινοτική αποθήκευση, η οποία θεωρείται μία αρκετά καλή λύση για την διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και της διάθεσης των αποκεντρωμένων ενεργειακά πόρων. Αυτό το κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης είναι γνωστό ως «Σύστημα αποθήκευσης που βρίσκεται στο επίπεδο κατανάλωσης που διαθέτει την δυνατότητα εκτέλεσης πολλαπλών εφαρμογών με θετικό αντίκτυπο τόσο για τον καταναλωτή όσο και για τον διαχειριστή του συστήματος διανομής». Σχετικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί έχουν δείξει πως οι μονάδες κοινοτικής αποθήκευσης ενέργειας ενδεχομένως να έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν περισσότερα οφέλη συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μιας οικίας, δηλαδή για παράδειγμα οικονομικότερες επενδύσεις σε ατομικό επίπεδο, φθηνότερη παροχή ενέργειας καθώς και βελτιωμένη δυνατότητα εξισορρόπησης δικτύου[42,43].

Μία ακόμη επωφελής προσθήκη είναι δυνατόν να λάβει χώρα στο κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης είναι η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης της ενέργειας. Το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα διαχείρισης του κοινοτικού συστήματος αποθήκευσης καθώς και να παρέχει έλεγχο της κατανομής του διαθέσιμου ποσού ηλεκτρικής ενέργειας από τις οικιακές μονάδες αποθήκευσης. Στην ουσία, με την χρήση του συστήματος αυτού, ένα μεγάλο σύνολο νοικοκυριών με αποκεντρωμένους ενεργειακούς πόρους μοιράζεται μόνο ένα κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης. Ως αποτέλεσμα έχουμε ότι με την χρήση του συστήματος αυτού, παρουσιάζεται αύξηση της ιδιοκατανάλωσης, καθώς και η μείωση του κόστους. Επιπροσθέτως ένας προγνωστικός μηχανισμός έξυπνης φόρτισης είναι μια πολύ σημαντική προσθήκη σε ένα τέτοιου είδους σύστημα[44]. Η μελέτη αποδεικνύει ότι το κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης είναι δυνατόν να πετύχει χαμηλότερα επίπεδα χρηματικής δαπάνης και υψηλότερα επίπεδα ιδιοκατανάλωσης.

Το σύνολο των προαναφερόμενων στοιχείων παρουσιάζουν πως είναι δυνατόν να εξοικονομηθούν χρήματα καθώς και να σημειωθούν αυξημένα επίπεδα ιδιοκατανάλωσης όταν χρησιμοποιούνται ΣΑΕ. Παρ' όλ' αυτά, εξακολουθεί να απουσιάζει μια πιο εμπειρισταωμένη οικονομική ανάλυση που να θέτει σε σύγκριση

τόσο τα ΣΑΕ οικιακού επιπέδου, όσο και τα κοινοτικά συστήματα αποθήκευσης χρησιμοποιώντας ρεαλιστικά δεδομένα.



Εικόνα 13: Απεικόνιση κυκλώματος υβριδικής εγκατάστασης, με συνδυασμό ΣΑΕ (αριστερά) και κοινοτικό σύστημα αποθήκευσης (δεξιά).

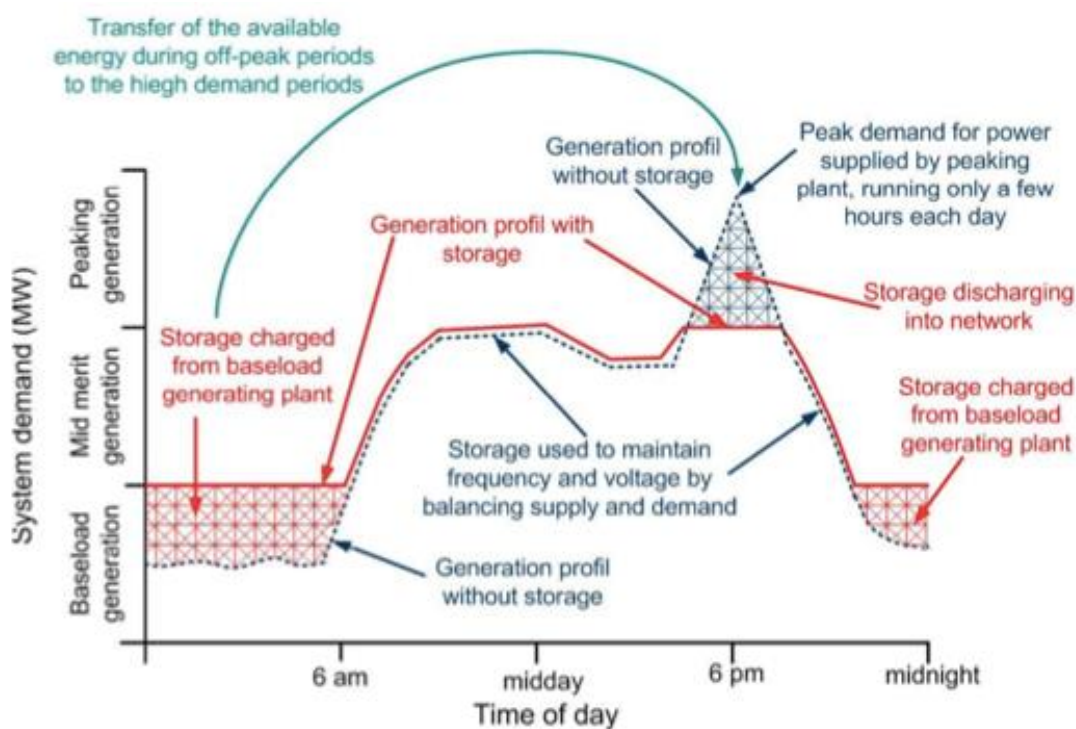
Ωστόσο, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλύουμε οικονομικά τη πρώτη περίπτωση που απεικονίσθηκε παραπάνω, δηλαδή η περίπτωση του οικιακού συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με συνδυασμό συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (ΣΑΕ).

3.6.6. Τεχνολογικά συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι το αποθηκευτικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο σε αυτή, διότι η παραγόμενη ενέργεια προέρχεται από ΑΠΕ. Ένας λόγος ο οποίος χρίζει απαραίτητη την ύπαρξη ΣΑΕ είναι η έλλειψη δυνατότητας κάλυψης της εκάστοτε ζήτησης. Συνεπώς, αιώτερος σκοπός με την εγκατάσταση ενός συστήματος αποθήκευσης είναι η δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας την στιγμή όπου τα εγκατεστημένα συστήματα ΑΠΕ είτε φωτοβολταϊκό, ή ανεμογεννήτρια δεν μπορούν να αποδώσουν είτε λόγω συννεφιάς, είτε λόγω νηνεμίας. Έκτος από αυτόν τον σκοπό όμως, κύριος στόχος αποτελεί επίσης η ομαλοποίηση της ισχύ στην έξοδο των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μολονότι η εγκατάσταση των συστημάτων αυτών αυξάνουν αρκετά το συνολικό κόστος τους συστήματος, η χρήση τους βελτιώνει αρκετά την λειτουργία του συστήματος. Οι κύριοι λόγοι είναι οι εξής:

1. Παροχή συνεχής ισχύος.

2. Ενίσχυση ενεργειακής αυτονομίας.
3. Μείωση κατανάλωσης καυσίμου.
4. Εξισορρόπηση της παραγόμενης ενέργειας μέσω ΑΠΕ.
5. Ομαλότερη διαχείριση ενέργειας καθώς και βέλτιστη χρήση διαθέσιμων ενεργειακών πηγών.
6. Ελαχιστοποίηση κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
7. Βελτιστοποίηση ποιότητας ισχύος και αξιοπιστίας του συστήματος.
8. Μείωση στην εκπομπή των ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον[45][46].



Εικόνα 14: Απεικόνιση θεμελιώδους διαχείρισης παραγόμενης ενέργειας ενός Υβριδικού συστήματος Πηγή: <https://energystorage.org>

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας υπάρχουν σε διάφορες μορφές όπως για παράδειγμα: χημικές, μηχανικές και θερμικές[47]. Ωστόσο, οι τύποι των τεχνολογιών αποθήκευσης που πληρούν κάποια τεχνικά και οικονομικά κριτήρια είναι αρκετοί, με διαφορετικές εφαρμογές βασισμένες στις ανάγκες του εκάστοτε συστήματος, και υπάρχουν διάφοροι τύποι. Η πληθώρα τύπων των αποθηκευτικών συστημάτων, καθώς

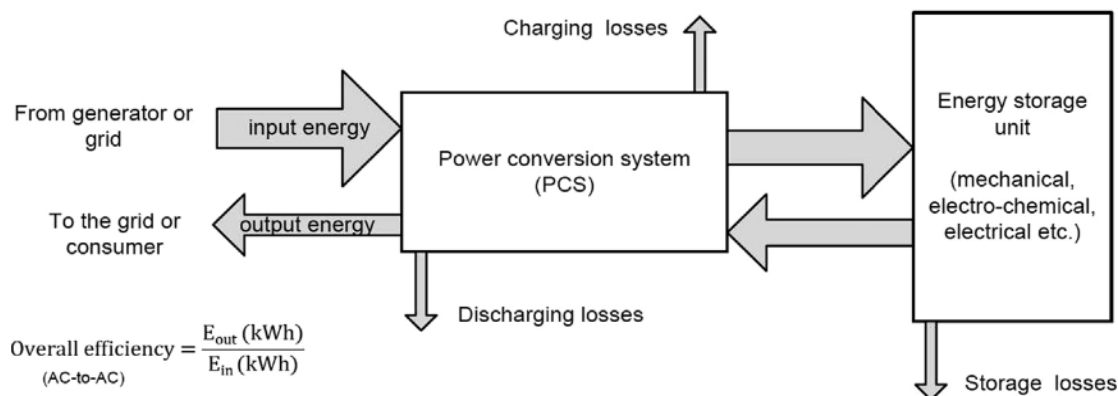
και το διαφορετικό αναπτυξιακό επίπεδο τους, καθιστά δύσκολο έργο την σύγκριση μεταξύ τους[48]. Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ανάλογα με τις εφαρμογές τους χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

1. Εφαρμογές μεγάλης βραχείας αποθήκευσης (δευτερόλεπτα).
2. Εφαρμογές βραχείας αποθήκευσης (λίγα λεπτά έως μία ώρα).
3. Εφαρμογές μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης (άνω των 10 ωρών).
4. Εφαρμογές μακροπρόθεσμης αποθήκευσης (όριο αρκετών ημερών)[49].

Συσσωρευτές

Συγκεντρώνοντας το ενδιαφέρον μας σε εφαρμογές οικιακής κλίμακας, οι μπαταρίες φαίνεται να είναι η βέλτιστη λύση για την ομαλοποίηση της παραγωγής-ζήτησης σε ένα νοικοκυριό. Έκτος από τις μπαταρίες υπάρχουν επιπρόσθετες αποθηκευτικές τεχνολογίες σε επίπεδο διανομής του δικτύου, όπως για παράδειγμα οι υπερπυκνωτές και οι σφόνδυλοι που έχουν διαμορφωθεί για την παροχή και την αποθήκευση ισχύος[50]. Συστήματα αποθήκευσης βασισμένα στο υδρογόνο είναι πιθανόν μια λύση αντί της μπαταρίας, όμως λόγω του αρκετά υψηλού κόστους καθώς και της μειωμένης απόδοσης της αποθηκευτικής ιδιότητας του συστήματος αυτού συγκριτικά με τις μπαταρίες, δεν εντάσσονται στις πιθανές εναλλακτικές λύσης αντί της συμβατικής μπαταρίας[50].

Το σύστημα της μπαταρίας αποτελείται από την μπαταρία και επιπροσθέτως από έναν αμφίδρομο μετατροπέα της ηλεκτρικής ισχύος όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 15. Την χρονική στιγμή που η μπαταρία εισέλθει στην διαδικασία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ένας μετατροπέας ισχύος μεταβάλλει την εκάστοτε ισχύ του δικτύου από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα στην κατάλληλη μορφή δηλαδή. Την στιγμή που η μπαταρία έχει τεθεί σε λειτουργία κατά την διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής, η έξοδος της μπαταρίας διαθέτει συνεχές ρεύμα και πραγματοποιείται άλλη μια φορά μετατροπή της τροφοδοσίας του δικτύου δηλαδή μετατροπή σε εναλλασσόμενο.



Εικόνα 15: Σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με σύστημα μπαταρίας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Η λειτουργία των συσσωρευτών είναι η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας και ο μετασχηματισμός της σε χημική. Οι συσσωρευτές είναι αποτελούμενοι από ηλεκτρόδια ανόδου καθώς και καθόδου όπου στο ενδιάμεσο τμήμα τους εδράζεται ένας ηλεκτρολύτης. Με την χρήση ολοκληρωμένων συστημάτων συσσωρευτών έχουμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε πολύ μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας καθώς είναι έτσι διαμορφωμένα με αποτέλεσμα η φόρτιση και η εκφόρτιση τους να μπορεί να πραγματοποιείται αρκετές πάρα πολλές φορές, οι κύκλοι φόρτισης του κάθε συσσωρευτή εξαρτάται με τον τύπο, και με τον τρόπο που εφαρμόζεται η λειτουργία του. Το συνεχές μεγάλο βάθος εκφόρτισης μπορεί να οδηγήσει τον συσσωρευτή σε μειωμένο χρόνο ζωής. Η χρήση των συσσωρευτών θεωρείται κατάλληλη για την αποθήκευση μικρών ποσών ενέργειας, για μεμονωμένες κατοικίες και νοικοκυριά[32].

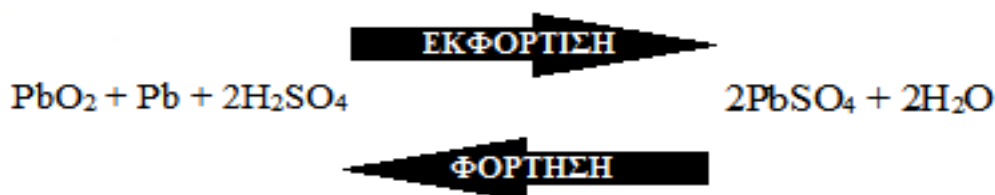
Η διαστασιολόγηση και η συνδεσμολογία των συσσωρευτών ορίζεται από τις ενεργειακές απαιτήσεις και το είδος κατανάλωσης των ενεργειακών φορτίων. Το κόστος των συσσωρευτών είναι υψηλό, και όσο μεγαλώνει ο κύκλος των επιτρεπόμενων φορτίσεων-εκφορτίσεων αυξάνεται και το κόστος, καθώς επίσης γίνεται πιο συστηματική και πιο απαιτητική η συντήρηση της εγκατάστασης. Σε εγκαταστάσεις όπου καταναλώνεται εναλλασσόμενο ρεύμα η εγκατάσταση ανορθωτών τάσης, μετατροπέων συχνότητας, καθώς και σταθεροποιητών τάσης και συχνότητας είναι απαραίτητη[32].

Η λειτουργία των συσσωρευτών γίνεται με συνεχές ρεύμα ομοίως με τις κυψέλες καυσίμου, ωστόσο οι κυψέλες καυσίμου πρόκειται για συσκευές που μετατρέπουν διαρκώς την ενέργεια όσο πραγματοποιείται η τροφοδοσία καυσίμου, από την άλλη οι

συσσωρευτές είναι συσκευές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δηλαδή περιορισμένης χρήσης. Οι πιο ευρέως γνωστοί τύποι συσσωρευτών είναι[45]:

1. Μόλυβδου – Θειϊκού οξέος (Pb/H₂SO₄)
2. Νικελίου - Καδμίου (NiCd)
3. Χλωριδίου Νικελίου και Νατρίου
4. Θείου - Νατρίου
5. Ιόντων Λιθίου
6. Μεταλλικού στοιχείου - αέρα

Σύμφωνα με τους προαναφερόμενους τύπους συσσωρευτών, οι συσσωρευτές μόλυβδου - θειϊκού οξέος είναι οι πιο διαδεδομένοι τύποι συσσωρευτών για τοποθέτηση σε υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο υπάρχει δυνατότητα χρήσης και άλλων τύπων συσσωρευτών που διαθέτουν ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά που υπερτερούν συγκριτικά με τους συσσωρευτές μόλυβδου -θειϊκού οξέος, το χαμηλότερο κόστος ανάλογα την χωρητικότητα τους, καθιστά τους συσσωρευτές μόλυβδου-θειϊκού οξέος τον πιο ελκυστικό τύπο συσσωρευτή προς το παρόν. Το βασικό δομικό τμήμα που αποτελούνται οι συσσωρευτές είναι η κυψέλη, η οποία αποτελείται από την κάθοδο (μια πλάκα που διαθέτει μόλυβδο Pb), την άνοδο (μια πλάκα που διαθέτει οξειδίο του μόλυβδου PbO₂), και τέλος τον ηλεκτρολύτη (που στην ουσία είναι ένα διάλυμα θειϊκού οξέος H₂SO₄). Η αρχή της λειτουργίας ενός συσσωρευτή μόλυβδου-θειϊκού οξέος με αντίδραση δύο κατευθύνσεων απεικονίζεται στην παρακάτω Εικόνα 16.



Εικόνα 16: Απεικόνιση της λειτουργίας συσσωρευτή μόλυβδου-θειϊκού οξέος.

Η αριστερή κατεύθυνση αφορά την λειτουργία της φόρτισης, ενώ η δεξιά κατεύθυνση αντιπροσωπεύει την εκφόρτιση του συσσωρευτή. Τα τέσσερα κυριότερα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αποδοτικότητα ενός συσσωρευτή είναι τα εξής:

1. Η χωρητικότητα του
2. Η απόδοση του
3. Ο ρυθμός φόρτισης-εκφόρτισης
4. Η διάρκεια ζωής του.

Η χωρητικότητα C_{bat} έχει ως μονάδα μέτρησης τα αμπερώρια (Ah) και δηλώνει την αποθηκευτική ικανότητα του συσσωρευτή. Ωστόσο, λόγο ότι η τάση του συσσωρευτή V_{bat} έχει πρακτικά σταθερή τιμή κατά διάρκεια της λειτουργίας του, είναι πιο πρακτικό αντί της χωρητικότητας C_{bat} να υπολογίζεται η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που δύναται να αποθηκεύσει ο συσσωρευτής E_{bat} (σε Wh), βάση της εξίσωσης:

$$E_{bat} = \frac{C_{bat} * V_{bat}}{1000}$$

Η απόδοση μας δίνει το κλάσμα της ενέργειας που στην αρχή αποθηκεύεται στον συσσωρευτή και μελλοντικά υπάρχει η δυνατότητα να αποκτηθεί ξανά. Ο τυπικός βαθμός απόδοσης για τους συσσωρευτές μόλυβδου - θεϊκού οξέος είναι $n_{bat}=80\%$. Ο ρυθμός φόρτισης και εκφόρτισης δηλώνει τον ρυθμό ταχύτητας που δύναται να απορροφήσει και να διαχύσει ενέργεια ο συσσωρευτής. Κατά την διάρκεια διαστασιολόγησης των συσσωρευτών είναι απαραίτητο να λογισθεί το γεγονός ότι, στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων, δεν είναι επιτρεπτό να αποφορτιστούν κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο φόρτισης. Συγκεκριμένα για τους συσσωρευτές τύπου μόλυβδου - θεϊκού οξέος, το ανώτερο επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης είναι το 80% του ποσοστού της αποθηκευτικής τους ικανότητας.

Η περιοριστική παράμετρος αυτή, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας C_{bat} και την αξιοποιήσιμη ενέργεια E_{bat} . Για να πραγματοποιηθεί υπολογιστική εκτίμηση της διάρκειας ζωής ενός συσσωρευτή, παίρνονται υπόψη κυρίως δύο παράγοντες: αρχικά ο αριθμός των κύκλων λειτουργίας που έχουν πραγματοποιηθεί και στην συνέχεια το βάθος που εκφορτίζεται ο συσσωρευτής ανά κάθε κύκλο. Ο εκάστοτε κύκλος λειτουργίας του συσσωρευτή περιέχει τη διαδοχική λειτουργία δηλαδή της φόρτισης και της εκφόρτισης. Η χωρητικότητα C_{bat} , είναι μια τιμή που δεν παραμένει σταθερή. Όσο αυξάνονται οι κύκλοι λειτουργίας η χωρητικότητα ελαττώνεται. Κατά προσέγγιση η περιοδική φόρτιση-εκφόρτιση ενός

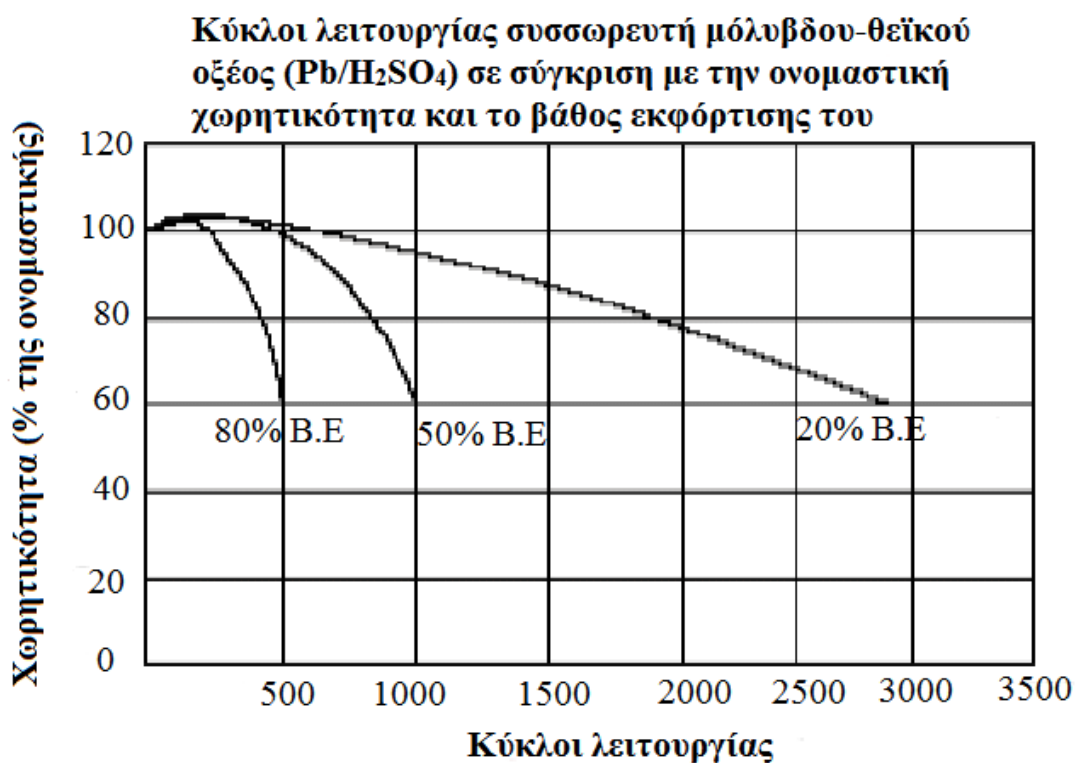
συσσωρευτή μόλυβδου-θεϊκού οξέος, κυμαίνεται σε ποσοστό της τάξης του 20% κάτω από την τιμή της ονομαστικής χωρητικότητας και ισοδυναμεί με 4500 κύκλους λειτουργίας. Σε περίπτωση που το βάθος εκφόρτισης μεγιστοποιηθεί σε ποσοστό της τάξης 40%, ο αριθμός των κύκλων λειτουργίας μειώνεται κατά το ήμισυ.

Μια σχετικά καλή εκτίμηση της ρεαλιστικής συμπεριφοράς των συσσωρευτών, που στην ουσία υπολογίζει τον χρόνο ζωής τους, ο πολλαπλασιασμός του βάθους εκφορτίσεως και του αριθμού των κύκλων λειτουργίας N_k που μένει σταθερό:

$$\text{βεκφ} * N_k = \text{Σταθερό}$$

Όπου το N_k , δηλαδή ο αριθμός των κύκλων της λειτουργίας του συσσωρευτή. Βάση της προσέγγισης αυτής σε κάθε συσσωρευτή αναλογεί μία συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας $E_{batlife}$ όπου μετριέται σε kWh (κιλοβατώρες), η οποία δύναται να αποθηκεύεται και να αντλήται προτού ο συσσωρευτής χρήζει αντικατάστασης. Για τους συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτισης (συσσωρευτές φωτοβολταϊκού συστήματος) μια τυπική προσέγγιση ορίζει πως στον πολλαπλασιασμό που προαναφέρθηκε έχει την τιμή 1200, και για συσσωρευτές μικρότερου βάθους εκφόρτισης 120.

Στην Εικόνα 17, απεικονίζεται μια τυπική συμπεριφορά της ποσοστιαίας χωρητικότητας ενός συσσωρευτή βάση του βαθμού εκφόρτισης και τον κύκλων λειτουργίας του. Όπως διαπιστώνεται όσο αυξάνονται οι κύκλοι λειτουργίας και βάση του βαθμού εκφόρτισης (Depth Of Discharge) ανάλογα μειώνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή. Η μείωση της χωρητικότητας σύμφωνα με τους κύκλους λειτουργίας του συσσωρευτή, λαμβάνει χώρα λόγω της σταδιακής ελάττωσης των ενεργών υλικών των ηλεκτροδίων.



Εικόνα 17: Συμπεριφορά της χωρητικότητας συσσωρευτή τύπου μολυβδου-θειικού οξέος (Pb/H₂SO₄), ως προς το βάθος εκφόρτισης και των κύκλων λειτουργίας του.

Επιπρόσθετοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την επίδοση ενός συσσωρευτή είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος που λειτουργεί καθώς και η εσωτερική του θερμοκρασία, ο χρόνος λειτουργίας του και η αυτοεκφόρτιση του[51]. Οι ψηλές θερμοκρασίες άνω των 20°C έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της διάρκειας ζωής ενός συσσωρευτή, ενώ οι αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες μείον των 10°C έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου στερεοποίησης του ηλεκτρολύτη του συσσωρευτή[52].

Η επιρροή της θερμοκρασίας στους συσσωρευτές είναι δυνατόν να αντιμετωπισθεί τοποθετώντας τους συσσωρευτές σε σημεία που δεν προσβάλλονται από πολύ ψηλές ή από χαμηλές θερμοκρασίες. Κατά την κατάσταση αυτοεκφορτίσεως, μολονότι ένας συσσωρευτής είναι φορτισμένος, ενδέχεται να εκφορτιστεί ακόμη και αν μην είναι συνδεδεμένος σε κάποιο εξωτερικό φορτίο.

Ωστόσο, ο ρυθμός της αυτοεκφόρτισης στις περισσότερες περιπτώσεις σημειώνεται μικρότερος συγκρίνοντας τον με τους συνηθισμένους ρυθμούς εκφόρτισης που σημειώνονται σε συσσωρευτές συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, για αυτόν τον λόγο δεν λαμβάνονται υπόψη. Η γήρανση (δηλαδή το πέρας του χρόνου που

έχει τεθεί σε λειτουργία ο συσσωρευτής, ή εναλλακτικά ο αριθμός των κύκλων λειτουργίας του), προκαλεί μείωση της αρχικής ονομαστικής χωρητικότητας του συσσωρευτή. Με μια τυπική προσέγγιση, η τιμή που θέτεται ως όριο για τον συντελεστή γήρανσης είναι 0,8, για την διάρκεια ζωής του συσσωρευτή (δεδομένο το οποίο ισοδυναμεί με την ελάττωση της αποθηκευτικής ικανότητας, στο πέρας της διάρκειας ζωής του συσσωρευτή, σε ποσοστό τάξης 80% από την ονομαστική του τιμή).

3.6.7. Περιφερειακά συστήματα υβριδικών συστημάτων

Ως περιφερειακά συστήματα αναφερόμαστε στα επικουρικά συστήματα τα οποία εγκαθιστούμε για την διακίνηση και την διαχείριση της ενέργειας. Δηλαδή χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα ισχύος στο σύστημα. Δίνοντας έτσι την δυνατότητα να απορροφάει/προσδίδει ενεργό ή άεργο ισχύ. Σε ένα υβριδικό σύστημα χρησιμοποιούνται επίσης ηλεκτρολογικά εξαρτήματα για την σύνδεση του συστήματος (καλώδια, κλέμες, διακόπτες και άλλες διατάξεις προστασίας κ.λπ.). Και τέλος για να υπάρχει έλεγχος σωστής λειτουργίας και υψηλής αποδοτικότητας του συστήματος μπορεί να εγκατασταθεί και ένα κλειστό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης.

3.6.8. Οφέλη υβριδικών συστημάτων

- **Συνεχής τροφοδοσία.** Τα υβριδικά συστήματα παρέχουν συνεχώς ρεύμα, καθώς το σύστημα αποθήκευσης που είναι συνδεδεμένο με αυτό, αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που είναι παραγόμενη από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και που δεν καταναλώνεται εκείνη την στιγμή από τον καταναλωτή, και την προσδίδει όταν την χρειάζεται ο καταναλωτής. Με τον τρόπο αυτό σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος, το σύστημα αποθήκευσης λειτουργεί ως μετατροπέας για την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας ως εφεδρική πηγή. Ωστόσο, η λειτουργία αυτή μπορεί να λάβει χώρα το βράδυ που δεν αποδίδει το φωτοβολταϊκό σύστημα, καθώς και σε περίπτωση νηνεμίας που δεν αποδίδει μια ανεμογεννήτρια. Το αποθηκευτικό σύστημα παρέχει την αποθηκευμένη

ηλεκτρική ενέργεια με αποτέλεσμα η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας να συνεχίζεται χωρίς καμία διακοπή.

- **Βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών.** Λόγω της ύπαρξης συστήματος αποθήκευσης, δεν υπάρχει απόρριψη της παραγόμενης περίσσειας ενέργειας που δύναται να παραχθεί σε πολύ ηλιόλουστες μέρες ή με πολύ υψηλή ανεμοπίεση. Έτσι, με την χρήση των συστημάτων αυτών βελτιστοποιείται η χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, αποθηκεύοντας την ενέργεια όταν παράγουν οι ΑΠΕ και αποδίδει την ενέργεια τις μέρες που οι ΑΠΕ του συστήματος δεν αποδίδουν. Έχοντας ως αποτέλεσμα την διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ζήτησης.
- **Χαμηλό κόστος συντήρησης.** Το κόστος συντήρησης των υβριδικών συστημάτων(ηλιακής ενέργειας) είναι σχετικά χαμηλό συγκριτικά με τις συμβατικές ηλεκτρογεννήτριες που χρησιμοποιούν ντίζελ ως πηγή καυσίμου. Επιπροσθέτως, αφενός τα υβριδικά συστήματα δεν χρησιμοποιούν κάποιο είδος καυσίμου, αφετέρου δεν απαιτούν πολύ συχνή συντήρηση.
- **Υψηλή απόδοση.** Τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας λειτουργούν πιο αποδοτικά και αποτελεσματικά από την χρήση συμβατικών ηλεκτρογεννητριών που καταναλώνουν άσκοπα καύσιμο υπό ορισμένες συνθήκες. Τα υβριδικά συστήματα, λειτουργούν αποτελεσματικά σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας, καθώς και σε όλους τους τύπους συνθηκών χωρίς να καταναλώνουν κάποιου είδους καύσιμο.
- **Διαχείριση φορτίου.** Σε αντίθεση με τις συμβατικές ηλεκτρογεννήτριες, οι οποίες παρέχουν υψηλή ισχύ σχεδόν αμέσως αφότου ενεργοποιηθούν, τα περισσότερα υβριδικά συστήματα διαχειρίζονται ανάλογα το φορτίο. Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί να είναι εξοπλισμένο με τεχνολογικά συστήματα που προσαρμόζουν την παροχή ενέργειας σύμφωνα με τις συσκευές με τις οποίες είναι συνδεδεμένες σε αυτό, είτε πρόκειται για ηλεκτρονική συσκευή με αντίσταση που απαιτεί υψηλή ισχύ, είτε για την φόρτιση ενός κινητού τηλεφώνου που απαιτεί μικρότερη ισχύ[53].

Η συνεχής αυξανόμενη αξιοπιστία αυτών των συστημάτων, οι ελάχιστες απώλειες κατά τη μεταφορά, καθώς και η αξιοποίηση ανεξάντλητων και φιλικών πόρων προς το περιβάλλον έχουν εξέχουσα σημασία διότι καθιστούν τα υβριδικά συστήματα ως την βέλτιστη αποκεντρωμένη λύση.

Τα υβριδικά συστήματα τα οποία είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο είναι δυνατό να έχουν εγκατασταθεί για αποκλειστική χρήση παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια, ή ως συστήματα εφεδρικής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, είτε εισέρχονται σε λειτουργία τις ώρες υψηλότερης κατανάλωσης όπου το κόστος της kWh είναι υψηλό. Συστήματα τα οποία διαχειρίζονται την ενέργεια ανάλογα με την ώρα αιχμής και το κόστος της kWh είναι εγκατεστημένα σε υβριδικά συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα απευθείας στο δίκτυο, με σκοπό να αποθηκεύεται η ενέργεια στο αποθηκευτικό σύστημα, με αποτέλεσμα να αξιοποιείται όταν κληθεί απαραίτητο. Οι συνήθεις παράγοντες όπου μπορούν να προβληματίσουν τον εκάστοτε καταναλωτή που θέλει να εγκαταστήσει ένα υβριδικό σύστημα είναι το κόστος της kWh που παράγεται από τις εγκατεστημένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του συστήματος, όπως και το φορτίο ζήτησης που είναι αναγκαίο να καλυφθεί όταν χρειάζεται.

Υβριδικά συστήματα μικρής κλίμακας θέτονται σε χρήση σήμερα κυρίως σε χώρες που αναπτύσσονται ταχέως, όπου η συνεχής αύξηση του φορτίου ζήτησης αποτελεί συχνό πρόβλημα της ανωμαλίας του δικτύου που είναι δυνατόν να οδηγήσουν στην κατάρρευση του.

4. Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση

4.1. Γενικά

Η αυξανόμενη χρήση της ενέργειας από τη βιομηχανική επανάσταση σε συνδυασμό με τη συνεχή ανόδου του κόστους, και την αυξανόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει δημιουργήσει μια σειρά προβλημάτων, ένα από τα προβλήματα αυτά είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη με αποτέλεσμα να κινδυνεύει ο πλανήτης καθώς και να μειώνεται το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων. Κάθε χρόνο απελευθερώνονται και επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ως επί το πλείστον από την καύση ορυκτών καυσίμων καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου. Με την πάροδο του χρόνου αναμένεται να παρουσιασθούν φαινόμενα όπως πλημύρες, ξηρασίες, λιώσιμο των πάγων και μεταβολή κλίματος. Τα στοιχεία αυτά οδήγησαν αρκετές χώρες και πολλούς αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς στο συμπέρασμα πως η τρέχουσα κατάσταση χρίζει αντιμετώπισης όχι μονάχα για την διάσωση του περιβάλλοντος ωστόσο και για της ίδιας της ανθρωπότητας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ελπίζει να γίνει η πρώτη ήπειρος με μηδενικές εκπομπές ρύπων, όσο αφορά το σύνολο των δραστηριοτήτων της, για την επίτευξη αυτού του στόχου έχουν συμβάλει πολλά κράτη μέλη αρκετούς πόρους.

Για να φέρει εις πέρας τον στόχο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτείται να ληφθούν δύο κύριες προϋποθέσεις οι οποίες είναι σχετικά αλληλένδετες. Η πρώτη αφορά την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την ολοκληρωτική κάλυψη των μέσων μεταφοράς καθώς και των δραστηριοτήτων βιομηχανιών, και η δεύτερη αφορά την αποκλειστική παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μολονότι, αυτοί οι στόχοι είναι δύσκολα επιτεύξιμοι, η Ευρωπαϊκή Ένωση ευελπιστεί πως έως το 2100, θα έχει καταφέρει την μηδενική εκπομπή ρύπων καθώς και την ολοκληρωτική κατάργηση των ΜΕΚ(Μηχανών εσωτερικής καύσης), τουλάχιστον σε επίγειες εφαρμογές.

4.2. Ευρωπαϊκό Κανονιστικό Πλαίσιο

4.2.1. Περιβαλλοντικοί Στόχοι

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η Ευρωπαϊκή Ένωση, από το 2000 έχει προβάλλει ορισμένους περιβαλλοντολογικούς στόχους οι οποίοι έχουν ως κύριο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος, την τήρηση των συμφωνιών του Παρισιού και του Κιότο όπου δεσμεύεται η Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και την επίτευξη της ενεργειακής αυτονομίας των κρατών-μελών από τρίτες χώρες. Ο χρονικός παράγοντας έχει εξέχουσα σημασία για τον καθορισμό των στόχων όπου πρόκειται να τεθούν, διότι μελετάτε και αναλύεται η επίτευξη τους καθώς και η εφαρμογή νέων στόχων για το μέλλον[54]. Ειδικότερα οι στόχοι οι οποίοι τεθήκαν το 2009, με χρονικό περιθώριο το 2020, συμπεριλαμβάνουν τα εξής [55]:

- Ελαχιστοποίηση της παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 20%.
- Βελτιστοποίησης της αποδοτικότητας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 20%
- Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ να ανέρχεται στο 20%.

Για το έτος 2030 οι στόχοι συμπεριλαμβάνουν:

- Ελαχιστοποίηση της παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 40%.
- Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ να ανέρχεται στο 32%.
- Βελτιστοποίησης της αποδοτικότητας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 32,5%.

Ενώ οι στόχοι που έχουν τεθεί για το έτος 2050 είναι οι εξής:

- Η εξολοκλήρου κλιματική ουδετερότητα ολόκληρου του συνόλου των οικονομικών δραστηριοτήτων, μέσω των αναπτυξιακών τεχνολογιών ελαχιστοποίησης ή ακόμη και πλήρους εκμηδενισμού των αερίων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ΑΠΕ.

Το σύνολο των κρατών-μελών κλίνονται να λάβουν τα μέτρα τα οποία απαιτούνται εκμεταλλευόμενοι ταυτοχρόνως τους Ευρωπαϊκούς πόρους για την επίτευξη των στόχων που προαναφερθήκαν, στα χρονικά περιθώρια που έχουν τεθεί. Οι περιβαλλοντολογικοί στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τεθήκαν οριστικά το 2009, από

το πλαίσιο 2009/28/ΕΚ, στο οποίο τίθενται νέοι στόχοι, όπως για παράδειγμα οι στόχοι οι οποίοι καθορίζονται από τις απαιτήσεις βάση του συμφώνου του Παρισιού[55]. Από την πλευρά Ευρωπαϊκής Ένωσης πραγματοποιείται με την παραδοχή, πως τα κράτη-μέλη, σε εθνικό επίπεδο, δεν κατέχουν τους πόρους που απαιτούνται για να πετύχουν τους συγκεκριμένους στόχους, και ως αποτέλεσμα η παραμετροποίηση του πλαισίου προσδίδει τις κύριες υποδομές που χρειάζονται για την επίτευξη των εθνικών σχεδίων για την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και την σταδιακή ανάπτυξη μίας βελτιωμένης και αποδοτικής κλιματικής καθώς και ενεργειακής πολιτικής. Σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο τα κράτη - μέλη διαθέτουν την δυνατότητα προσβασιμότητας σε νέες τεχνολογίες και διαθέσιμους πόρους, ενώ ταυτοχρόνως αναπτύσσονται και διμερείς συμφωνίες ενεργειακής σύναψης (όπως για παράδειγμα Κύπρος – Ελλάδα – Ιταλία, κ.λπ.). Εντωμεταξύ η εφαρμογή τέτοιας πολιτικής έχουν ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της διαπραγματευτικής ισχύς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, γενικότερα ως μπλοκ, δίνοντας έτσι την δυνατότητα να πραγματοποιούνται συμφωνίες ενεργειακής φύσεως με τρίτες χώρες[48].

4.2.2. Χρηματοδοτικά Προγράμματα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προμηθεύει τα κράτη-μέλη με τους πόρους του οποίους χρειάζονται με σκοπό την παραμετροποίηση και την εφαρμογή των ενεργειακών πολιτικών τους, στα πλαίσια των εκάστοτε περιβαλλοντολογικών στόχων που έχουν τεθεί. Κύριο ρόλο στην χρηματοδοτική δυνατότητα που διαθέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει το ΕΔΕΤ (Ευρωπαϊκό Διαρθρωτικό και Επενδυτικό Ταμείο), όπου στο οποίο μπορεί να υποβληθεί αίτημα από τα κράτη και το σύνολο των ιδιωτών πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με σκοπό την χρηματοδότηση διαφόρων προγραμμάτων. Κύριος όρος για την συμμετοχή είναι η εφαρμογή των κανονισμών που έχουν ορισθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με την εκάστοτε νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως επίσης και η τήρηση της νομιμότητας που θέτει η εκάστοτε δραστηριότητα[56].

Το ΕΔΕΤ είναι το υψηλότερο σε χρηματική έκταση χρηματοδοτικό ταμείο παγκοσμίως, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος των δραστηριοτήτων της οικονομίας, ενώ ταυτοχρόνως διαθέτει και προβλέψεις για την χρηματοδότηση προγραμμάτων επενδυτικού ενδιαφέροντος, τα οποία συνδέονται με παρεμβάσεις και ιδιωτικές δραστηριότητες. Ένα μεγάλο μέρος των πόρων του ΕΔΕΤ προσδίδεται σε

προγράμματα με σκοπό την αναβάθμιση βασικών υποδομών, αποσκοπώντας στην βελτίωση των κρατικών δραστηριοτήτων, χρηματοδότηση προγραμμάτων περιβαλλοντολογικών παρεμβολών, και την πραγματοποίηση προγραμμάτων ανάπτυξης και επιστημονικών ερευνών σε όλους τους τομείς [57].

Επιπροσθέτως, τα ΕΔΕΤ (όπου ένα από αυτά είναι και το ΕΣΠΑ), διαθέτουν την δυνατότητα αναδιανομής των πόρων στους εταίρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με εξέχουσα σημασία να δίνεται προγράμματα περιβαλλοντολογικού ενδιαφέροντος. Το ΕΣΠΑ κατέχει το μεγαλύτερο μέρος κονδυλίων, προγραμμάτων που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς κι την ανάπτυξη της βιώσιμης οικονομίας, ένα μικρότερο ποσοστό της τάξης του 20% αξιοποιείται σε προγράμματα που αφορούν την βελτιστοποίηση των ήδη υπάρχων υποδομών. Η οικονομική ενίσχυση προγραμμάτων περιβαλλοντολογικής φύσεως είναι βασική, με σκοπό την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, διότι παρέχονται τα κατάλληλα κίνητρα στους επενδυτές να επενδύσουν κεφάλαια στις ΑΠΕ, στο σύνολο του πλαισίου των οικονομικών τομέων και της βιώσιμης ανάπτυξη, ενώ ταυτοχρόνως, μέσω προγραμμάτων συγχρηματοδότησης καθιστά καλύτερες τις σχέσεις μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης[39].

4.2.3. Νομικοί περιορισμοί

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι μια αρκετά δύσκολη και σύνθετη διαδικασία, η οποία χρειάζεται επανειλημμένες παραμετροποιήσεις για την ολική διαμόρφωση του βέλτιστου επενδυτικού πλαισίου. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συγκεκριμένες δραστηριότητες περιορίζονται αρκετά, λόγω των πολύ υψηλής επιβάρυνσης του περιβάλλοντος[58].

Το καθεστώς αυτό δημιουργεί ορισμένους φραγμούς στα κράτη-μέλη, και πιο συγκεκριμένα σε αυτά που εξαρτώνται κυρίως στα ορυκτά καύσιμα (π.χ Βέλγιο), τα οποία οφείλουν να επενδύσουν πόρους όσο αφορά την ανάπτυξη των ΑΠΕ, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την χρήση των ορυκτών καυσίμων, γεγονός που σχηματίζει αρνητικό επενδυτικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να μειώνεται και το γενικό σύνολο του ΑΕΠ(Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν). Έτσι ως αποτέλεσμα, η σύναψη συμφωνιών γίνεται πολύ δύσκολη εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, διότι τα κράτη-μέλη έχουν ως

απότερο σκοπό την εξασφάλιση των δικών τους συμφερόντων, και ταυτοχρόνως να τηρούν τους προβλεπόμενους όρους των Ευρωπαϊκών αρχών[48,55].

Η σωστή ισορροπία του ισοζυγίου του επενδυτικού περιβάλλοντος και της ανάπτυξης των κρατών-μελών, είναι εξέχουσας σημασίας, διότι με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το κατάλληλο κλίμα για το επενδυτικό ενδιαφέρον όλων των κρατών-μελών, καθώς επίσης αυξάνεται το ενδιαφέρον για νέα αναπτυξιακά προγράμματα χρηματοδότησης για έρευνα και περεταίρω εξέλιξης των ΑΠΕ, όπως επίσης με την παροχή τεχνογνωσίας στα κράτη-μέλη μπορεί να αποτελέσει την βέλτιστη λύση[17]. Μια επιπρόσθετη δυσκολία είναι η οικονομική κατάσταση που βρίσκονται τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς το κάθε ένα βιώνει διαφορετικές καταστάσεις. Η πρόκληση αυτή προσδίδει ένα σύνθετο ανόμοιο πλαίσιο, το οποίο δεν διευκολύνει τη λήψη ορθών και αποτελεσματικών αποφάσεων [9].

4.3. Ελληνικό Θεσμικό & Νομοθετικό Πλαίσιο.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το κόστος και η εμπορία της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, είναι ένα μέρος της οικονομίας που δέχεται συνεχής επιρροή από το κράτος, εξ' αιτίας της αναγκαιότητας του, στο μεγαλύτερο μέρος των δραστηριοτήτων στην καθημερινότητα των πολιτών της χώρας. Έως το 2010, την κυριότητα της παραγωγής, της διανομής καθώς και την ρύθμιση της ηλεκτρικής ενέργειας την είχε το Ελληνικό δημόσιο, γεγονός το οποίο ήταν διαμετρικά αντίθετο από τις αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για λεύθερη διακίνηση κεφαλαίου και οικονομικών δραστηριοτήτων. Η ενέργεια από τις αρμόδιες Ελληνικές κυβερνήσεις κατά την διάρκεια της οικονομικής κρίσης για την «ελευθέρωση» της αγοράς ενέργειας έλαβε χώρα με την ψήφιση του νόμου 3851/2010, ο οποίος ορίζει ότι υπάρχει δυνατότητα παροχής αδείας σε ιδιώτες «παρόχους» ηλεκτρικής ενέργειας να διεξάγουν δραστηριότητες στον Ελλαδικό χώρο[50].

Παρ' όλα αυτά η ενέργεια αυτή δεν αποτέλεσε το πλήρες νομικό πλαίσιο δεδομένου πως οι «παρόχοι» αυτοί ήταν μεσάζοντες και όχι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας, ως συνδυετικός παράγοντας μεταξύ ΔΕΗ και καταναλωτών. Η ολοκληρωτική απελευθέρωση της αγοράς έλαβε χώρα το επόμενο έτος από την ψήφιση του νόμου 4001/2011, ο οποίος ορίζει ότι [59]:

Υπάρχει δυνατότητα σύστασης εταιρίας και το ξεκίνημα δραστηριοτήτων από εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές. Στην ουσία αυτό το μέτρο έδωσε την δυνατότητα σε εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να πουλήσουν ενέργεια σε πρώτο χρόνο στους καταναλωτές μέσω των ήδη υπάρχων υποδομών του ΔΕΔΔΗΕ.

Λαμβάνει χώρα η ίδρυση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, η οποία ορίζει τη μέγιστη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά την εκάστοτε μονάδα μέτρησης καθώς και έχει την ευθύνη για τον συντονισμό των δραστηριοτήτων μεταξύ ΔΕΔΔΗΕ και των συνεργαζόμενων ιδιωτικών εταιριών.

Τερματίζεται ο περιορισμός της αποκλειστικότητας της σύνδεσης των οικιακών καταναλωτών με τη ΔΕΗ.

Σχηματίζεται πλαίσιο μεταφοράς του καθεστώτος ιδιοκτησίας του συνόλου των υποδομών διακίνησης καθώς και διακομιδής της ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ στον ΔΕΔΔΗΕ.

Επιπροσθέτως βάση του παραπάνω νομοθετικού πλαισίου ορίζεται με ακρίβεια ο όρος του παραγωγού της ηλεκτρικής ενέργειας, όπου πλέον ενσωματώνει το σύνολο των νομικών προσώπων που προσδίδουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, ανεξάρτητα από την αρχική πηγή παραγωγής ενέργειας και του τελικού αποδέκτη (καταναλωτή). Στην ουσία βάση του νομοθετικού πλαισίου οι κύριοι κάτοχοι μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν πιά την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα τους για ίδια χρήση, ή να την μεταπωλήσουν σε άλλους καταναλωτές (που διαθέτουν την κατάλληλη άδεια), ή να την προμηθεύσουν σε κάποια από τις ιδιωτικές εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [60].

Το θέμα αυτό είναι εξέχουσας σημασίας για την ανάπτυξη του τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργεια στην Ελλάδα μέσω ΑΠΕ, καθώς έως και το 2011, το πλήθος των παραγωγών ήταν υποχρεωμένοι να πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια που παρήγαγαν κατευθείαν στη ΔΕΗ, σε ήδη καθορισμένο κόστος, ενώ στην παρούσα φάση μπορούν να διαπραγματευτούν για την τιμή με ιδιωτικές εταιρίες, παρέχοντας με τον τρόπο αυτό επενδυτικό κίνητρο για την επιπλέον ανάπτυξη της ηλεκτροπαραγωγής μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας (2011-2021) η εγκατάσταση ηλιακών πάρκων καθώς και αιολικών πάρκων στην Ελλάδα παρουσίασε αύξηση για μονάδες

υψηλής τάσης, ενώ παρουσιάστηκε μείωση στις μικρότερες μονάδες, εξ' αιτίας του ελλειπή απαραίτητου επενδυτικού κεφαλαίου [60].

4.4. Εθνικό Νομοθετικό & Κανονιστικό Πλαίσιο για την Αυτοπαραγωγή

Το νομοσχέδιο που έλαβε ισχύ από τον Μάρτιο του 2019 ήταν η αιτία που εκδηλώθηκε κίνητρο για την αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Για πρώτη φορά στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκε ενσωμάτωση όλων των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ καθώς έως τότε δυνατότητα παραγωγής ενέργειας διέθεταν μόνο οι μονάδες με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και μικρών αιολικών μηχανών [61].

Με την λήψη ισχύος του νομοσχεδίου αυτού παρέχεται η δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης σταθμών ΑΠΕ, Σ.Η.Θ.Υ.Α (Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης) καθώς και συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΑΕ) με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους, εφαρμόζοντας ενεργειακό συμψηφισμό [61].

Στις μεταρρυθμίσεις το αρμόδιο Υπουργείο Ενέργειας εισήγαγε έναν καινούριο όρο, τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό που στην ουσία παρέχει την δυνατότητα του συμψηφισμού της ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί με το σύνολο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, για τους αυτοπαραγωγούς, ανεξαρτήτως από τον χώρο που λαμβάνει χώρα η παραγωγή της ενέργειας και η κατανάλωση της [61].

Φορείς Εφαρμογής

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αυτοπαραγωγής μπορεί να εγκατασταθεί από φυσικό πρόσωπο, ή ακόμα και νομικό πρόσωπο δημοσίου και ιδιωτικού δικαίου, όπου τα οποία πρόσωπα πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- Να είναι νόμιμοι κάτοχοι του χώρου στον οποίο θα γίνει εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Να έχουν την νόμιμη χρήση αυτού και να είναι κάτοχοι της έγγραφης συναίνεσης του νόμιμου κατόχου του χώρου όπου είναι εγκατεστημένη το σύστημα.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση, είναι επιτρεπτή η εγκατάσταση ενός ή ακόμα και μεγαλύτερου αριθμού φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε κοινόχρηστο ή και σε κοινόκτητο χώρο ακινήτου. Δικαίωμα ένταξης σε διατάξεις δύναται να παρέχεται στους νόμιμους κατόχους του ακινήτου ή στους έχοντες άδεια παραχώρησης για την εκμετάλλευση του ακινήτου από τους νόμιμους ιδιοκτήτες του ακινήτου. Κύρια προϋπόθεση αποτελεί η έκδοση έγγραφου συμφωνητικού των συνιδιοκτητών βάσει διατάξεων του Αστικού Κώδικα. Η εκπροσώπηση των οριζόντιων ιδιοκτησιών γίνεται από τον εκάστοτε διαχειριστή ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση στην παροχή των κοινόχρηστων. Επιπροσθέτως μία ακόμη απαιτούμενη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη σύμφωνης γνώμης του συνόλου της ιδιοκτησίας του κτηρίου, η οποία θα πρέπει να είναι ικανή να αποδειχθεί είτε με το πρακτικό ομόφωνης απόφασης του συνόλου της ιδιοκτησίας ή ακόμη και με έγκυρη έγγραφη συμφωνία όλων των ιδιοκτητών του κτηρίου.

Εάν σε περίπτωση έχουμε ενεργειακό συμψηφισμό, κάθε φωτοβολταϊκός σταθμός αντιστοιχίζεται αυστηρά μόνο σε ένα μετρητή κατανάλωσης.

Σε περίπτωση εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, ο κάθε φωτοβολταϊκός σταθμός αντιστοιχίζεται με τουλάχιστον έναν μετρητή κατανάλωσης οπότε δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε όμοιο χώρο.

Η εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού είναι δυνατή με τους παρακάτω τρόπους:

- Συμψηφισμός της ενέργειας η οποία παράγεται από έναν φωτοβολταϊκό σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας με την καταναλισκόμενη ενέργεια από μία εγκατάσταση κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού σε απομακρυσμένη θέση. Σε αυτή την περίπτωση ο εκάστοτε φωτοβολταϊκός σταθμός είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο μέσω μίας νέας παροχής, με το πατροπαράδοτο σχήμα ενός ανεξάρτητου παραγωγού. Το οποίο ισχύει και σε περιπτώσεις που ο σταθμός έχει εγκατασταθεί σε κοντινό χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης χωρίς να είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένος με αυτή.
- Συμψηφισμός της ενέργειας που παράγεται από έναν φωτοβολταϊκό σταθμό με την καταναλισκόμενη ενέργεια από περισσότερες της μίας εγκαταστάσεις κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού από τις οποίες μία βρίσκεται στον ίδιο ή σε

κοντινό χώρο με την εγκατάσταση παραγωγής και συνδέεται ηλεκτρικά με αυτή. Σε αυτήν την περίπτωση ο φωτοβολταϊκός σταθμός είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο είτε μέσω της υφιστάμενης παροχής της εγκατάστασης κατανάλωσης αυτής, είτε μετά από επαύξησή της, από την στιγμή που απαιτείται από το μέγεθος του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στην ενίσχυση της αυτοπαραγωγής ως τρόπο εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και ελαχιστοποίησης του ενεργειακού κόστους, δίνοντας έμφαση στην ενεργή συμμετοχή των καταναλωτών - αυτοπαραγωγών και στην υποστήριξη της πρωτογενούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνάμα, στηρίζονται οι στόχοι του νομοσχεδίου για τις Ενεργειακές Κοινότητες σε σχέση και με το πλαίσιο που κινούνται οι ΑΠΕ στον Ευρωπαϊκό χώρο [62].

Τροποποίηση πλαισίου Ενεργειακού συμψηφισμού (Αύγουστος 2021)

Μετά την τροποποίηση του ήδη υπάρχοντος πλαισίου που έλαβε χώρα τον Αύγουστο του 2021 τα όρια ισχύος του ενεργειακού συμψηφισμού για το διασυνδεδεμένο δίκτυο αυξήθηκαν σε 3 MW ως το μέγιστο όριο εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών αυτοπαραγωγής [63].

Ωστόσο, για σταθμούς παραγωγής μικρών αιολικών μηχανών ή σταθμούς δύο τεχνολογιών που διαθέτουν μικρές αιολικές μηχανές, το σύνολο εγκατεστημένης ισχύος δεν επιτρέπεται να ανέρχεται άνω των 60 kW. Με τις νέες παραμετροποιήσεις του πλαισίου προβλέπεται συγκεκριμένα για φωτοβολταϊκούς σταθμούς, σταθμούς μικρών αιολικών μηχανών, βιοαερίου, ΣΑΕ και άλλα, τα οποία είναι εγκατεστημένα στο διασυνδεδεμένο σύστημα ή στην Κρήτη προβλέπεται η εγκατάστασή τους με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού, με μέγιστη ισχύ παραγωγής των σταθμών ίση με το πλήρες ποσοστό 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης [63].

Πιο αναλυτικά σημειώνονται παρακάτω τα όρια και οι περιορισμοί που ισχύουν συγκρίνοντας το ηπειρωτικό τμήμα της χώρας με τα συνδεδεμένα νησιά και τα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Διάκριση ηπειρωτικής χώρας - συνδεδεμένων νησιών με μη διασυνδεδεμένα νησιά

Σε Διασυνδεδεμένο Σύστημα και στο διασυνδεδεμένο δίκτυο όπως και στο νησί της Κρήτης, ισχύουν τα παρακάτω:

- Σε περίπτωση ενεργειακού συμψηφισμού, η ισχύς για κάθε εγκατεστημένο σταθμό παραγωγής ενέργειας είναι ικανή να φτάσει εως και το πλήρες ποσοστό της ισχύος όπου έχει συμφωνηθεί (Ισχύς σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυτοπαραγωγού (kW) ≤ Συμφωνημένη ισχύ κατανάλωσης (kVA)).
- Σε περίπτωση εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, η ισχύς για κάθε σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ικανή να αβέρχεται εως και το πλήρες ποσοστό του αθροίσματος της ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων όπου έχει συμφωνηθεί (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW) ≤ Αθροισμα συμφωνημένης ισχύος καταναλώσεων (kVA)).
- Το ανώτατο όριο έχει οριστεί στα 3 MW όποτε σε καμία περίπτωση δεν μπορεί η ισχύς ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα είναι εγκατεστημένος στο διασυνδεδεμένο δίκτυο και στη νήσο Κρήτη να ανέρχεται άνω αυτού του ορίου.
- Ειδικά για σταθμούς Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης ακόμα και για ΣΑΕ του νομικού προσώπου του κράτους ή άλλων νομικών προσώπων ιδιωτικού ή δημοσίου τομέα που έχουν ως επιδιώκουν σκοπούς δημοσίου ενδιαφέροντος, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στο διασυνδεδεμένο σύστημα ή στη νήσο Κρήτη, τότε σε αυτή την περίπτωση είναι επιτρεπτή η εγκατάσταση ΣΑΕ, με ανώτατη ονομαστική ισχύ μετατροπέα του συστήματος αποθήκευσης (σε kVA) ίση με την ονομαστική ισχύ του σταθμού παραγωγής (σε kW).

B.) Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (ΜΔΝ)

- Σε περίπτωση ενεργειακού συμψηφισμού σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά ισχύει ότι προαναφέρθηκε για την νήσο Κρήτη δηλαδή, η ισχύς για κάθε σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατόν να φτάνει μέχρι και το πλήρες ποσοστό της ισχύος όπου έχει συμφωνηθεί (Ισχύς σταθμού παραγωγής ενέργειας αυτοπαραγωγού (kW) ≤ Συμφωνημένη ισχύ κατανάλωσης (kVA)).

- Σε περίπτωση εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού ισχύει ότι προαναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ικανή να φτάσει μέχρι και το πλήρες ποσοστό του αθροίσματος της ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων όπου έχει συμφωνηθεί (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW) ≤ Αθροισμα συμφωνημένης ισχύος καταναλώσεων (kVA)).
- Σε οποιαδήποτε περίπτωση, η ισχύς των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε οποιοδήποτε σύστημα των μη διασυνδεδεμένων νησιών, θα υπολογίζεται στο εκάστοτε ισχύον διάστημα ισχύος ανά τεχνολογία σταθμών παραγωγής του συστήματος αυτού, βάση των σετικών αποφάσεων της ΡΑΕ [62].

Η ισχύς ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα από τα μη διασυνδεδεμένα νησιά δεν προβλέπεται βάσει ορίων να ξεπερνάει τα κάτωθι ανώτατα όρια ανά αυτόνομο νησιωτικό σύστημα:

Πίνακας 9: Μέγιστα όρια ισχύος (kW) για σταθμούς παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ανά αυτόνομο νησιωτικό σύστημα Πηγή: Helarco Net-Metering Νοέμβριος 2021

| Αυτόνομο Νησιωτικό Σύστημα | Αριθμός σταθμών που εγκαθίστανται από Ενεργειακή Κοινότητα | Αριθμός σταθμών που εγκαθίστανται από πρόσωπα ιδιωτικού ή δημόσιου τομέα, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς γενικής και τοπικής εμβέλειας | Υπόλοιποι Σταθμοί |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Κως (Σύμπλεγμα) | 300 | 100 | 50 |
| Λέσβος (Σύμπλεγμα) | 300 | 100 | 50 |

| | | | |
|------------------------------|------|-----|-----|
| Ρόδος (Σύμπλεγμα) | 1000 | 500 | 100 |
| Θήρα (Σύμπλεγμα) | 200 | 100 | 50 |
| Χίος (Σύμπλεγμα) | 200 | 100 | 50 |
| Σάμος (Σύμπλεγμα) | 200 | 100 | 50 |
| Λοιπά Συστήματα | 100 | 100 | 20 |

Σύνδεση σταθμού ενεργειακού συμψηφισμού στο Δίκτυο

Ύστερα από την υποβολή του απαραίτητου αιτήματος για την εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού, ο αρμόδιος Διαχειριστής του δικτύου, ελέγχει το απεσταλμένο αίτημα και αποφασίζει στο διάστημα του ερχόμενου μήνα από την υποβολή του αιτήματος, για αιτήματα ενεργειακού συμψηφισμού, ή εντός των επόμενων δύο μηνών για αιτήματα εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, σε διατύπωση προσφοράς σύνδεσης.

Σε περίπτωση που είναι αποδεκτή η προσφορά σύνδεσης, η διάρκεια ισχύος θέτεται σε 12 μήνες από την χορήγηση της για τους σταθμούς που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο, εάν και εφόσον δεν χρειάζονται περαιτέρω εργασίες σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ. Είκοσι τέσσερις από την χορήγηση της για σταθμούς που συνδέονται στο δίκτυο και χρειάζονται περαιτέρω εργασίες σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ.

Συγκεκριμένα σε περιπτώσεις στις οποίες υφίσταται η υποχρέωση διενέργειας επιπρόσθετων εξεταστικών διαδικασιών, βάση των διατάξεων των δημοσίων συμβάσεων, με σκοπό να υλοποιηθεί το έργο, η διάρκεια της ισχύος της προσφοράς σύνδεσης επιμηκύνεται για διάστημα 18 μηνών, με την προϋπόθεση ότι ο φορέας κρατάει ενήμερο τον αρμόδιο διαχειριστή του δικτύου πριν την λήξη της [63].

5. Αυτοπαραγωγή - σχήματα εφαρμογής

5.1. Εισαγωγή

Ο ρυθμός εξέλιξης της ενεργειακής μετάβασης πραγματοποιείται πλέον με ταχύτατους ρυθμούς όπου σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούν προβληματισμούς, όπως δηλαδή με τις ασταθείς τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό και όχι μόνο, η αυτοπαραγωγή σε οικίες από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συναντάται όλο και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου, διότι είναι πολλές οι οικίες που εγκαθιστούν φωτοβολταϊκά συστήματα στις ταράτσες των σπιτιών τους, καθώς και ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας, με σκοπό να μειώσουν τους λογαριασμούς ρεύματος.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως στις Η.Π.Α η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κατοικημένες περιοχές που έχει σημειωθεί το 1ο τρίμηνο του 2022 ανέρχεται στα 1,247 MW, δηλαδή 30% πάνω από το 1ο τρίμηνο του 2021 και 5% πάνω από το 4ο τρίμηνο του 2021. Ωστόσο, οι προβλέψεις από την Solar Energy Industries Association και την Wood Mackenzie παρουσιάζουν αύξηση των εγκαταστάσεων των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κατοικημένες περιοχές για το υπόλοιπο του 2022 [64].

Ταυτοχρόνως εταιρίες γνωστοποιούν την δημιουργία νέων εφαρμογών που θα δίνουν την δυνατότητα στους ιδιοκτήτες να μπορούν να αξιολογήσουν, να διαχειριστούν οι ίδιοι τις ρυθμίσεις παραγωγής καθώς και της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας της οικίας τους από το κινητό τους τηλέφωνο, νέες καινοτομίες όντας πιο αποδοτικές και πιο φιλικές προς τον χρήστη, και με αυτόν τον τρόπο η μετάβαση λαμβάνει χώρα με ταχύτερο ρυθμό. Επιπροσθέτως, η τροποποίηση του νομοθετικού πλαισίου άλλαξε με την πάροδο του χρόνου, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα στον εκάστοτε καταναλωτή να κάνει εφαρμογή αυτοπαραγωγής, ιδιοπαραγωγής ή και απλή εφαρμογή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

5.2. Αυτοπαραγωγός (Net-metering)

Ως αυτοπαραγωγός ορίζεται ο καταναλωτής με την συμβατική έννοια που ωστόσο παράγει είτε αγαθά είτε υπηρεσίες προς πώληση. Στην ουσία Αυτοπαραγωγή είναι ο ενεργειακός συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας από τον εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την καταναλωθείσα

ενέργεια στις εγκαταστάσεις του εκάστοτε αυτοπαραγωγού, ο οποίος συμψηφισμός διενεργείται ανά τριετία.

Το net-metering δίνει την δυνατότητα στον καταναλωτή να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, και την ίδια στιγμή να υπάρχει αμεσότητα χρησιμοποίησης του δικτύου για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

Ο όρος “net” παρουσιάζεται για να γνωστοποιηθεί πως η χρέωση δηλαδή η πίστωση του καταναλωτή αφορά την διαφορά ανάμεσα της καταναλισκόμενης και της ενέργειας που παράγεται σε ένα κύκλο καταμέτρησης - τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Σε περίπτωση που σημειωθεί περίσσεια ενέργεια, το ποσό της ενέργειας δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά πιστώνεται λογιστικά για το διάστημα ενός έτος και τότε λαμβάνει χώρα η τελική εκκαθάριση [62].

Θέτοντας το πρακτικά σε περίπτωση που οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός αυτοπαραγωγού υπερβούν το όριο της ενέργειας που έχει παραχθεί μέσω του συστήματος του, τότε η περαιτέρω ενέργεια είναι δυνατόν να καλυφθεί με την χρήση ηλεκτρογεννήτριας και στην περίπτωση που το φορτίο κατανάλωσης δεν μπορεί να καλυφθεί ούτε με την χρήση ηλεκτρογεννήτριας τότε η επιπλέον ενέργεια παρέχεται από το τοπικό δίκτυο αγοράζοντας τη. Στην περίπτωση που το απαιτούμενο φορτίο είναι λιγότερο από την ενέργεια που παράγεται από το σύστημα μέσω ΑΠΕ, τότε η διαφορά μεταξύ παραγόμενης και καταναλωθείσας ενέργειας μεταφέρεται μέσω μετρητικού συστήματος στο δίκτυο, με τον τρόπο αυτό ο καταναλωτής που πραγματοποιεί συμψηφισμό ενέργειας λαμβάνει μια πίστωση στον λογαριασμό του. Έτσι επιτυγχάνεται η κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών ενός νοικοκυριού έχοντας μηδενική απώλεια της παραγόμενης ενέργειας μέσω του συστήματος με την χρήση ΑΠΕ.

Απλούστερα μπορούμε να πούμε ότι ο αυτοπαραγωγός παράγει την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται, μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την καταναλώνει σε πρώτο χρόνο και όταν δεν είναι αρκετή η παραγόμενη ενέργεια αντί να χρησιμοποιηθούν συσσωρευτές χρησιμοποιείται η ενέργεια του δικτύου. Ο ενεργειακός συμψηφισμός βάση του θεσμού της αυτοπαραγωγής γίνεται σε kWh (αντιθέτως με τις πρακτικές των ταριφών που μέχρι πρότινος πραγματοποιούταν συμψηφισμός σε €) για 25 έτη με σύμβαση. Στην εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται δεν χρειάζεται να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη. Στην

ουσία ο φωτοβολταϊκός σταθμός δεν είναι απαραίτητο να είναι εγκατεστημένος στον ίδιο χώρο απλά είναι απαραίτητο να είναι συνδεδεμένος ηλεκτρικά με μία αποκλειστική γραμμή διασύνδεσης. Δηλαδή ο σταθμός είναι συνδεδεμένος στο τοπικό δίκτυο μέσω της παροχής της εγκατάστασης κατανάλωσης. Το εν λόγω σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί σε στέγη, σε δώμα, σε έδαφος ή σε οποιαδήποτε άλλη πολεοδομική κατασκευή είναι νόμιμο να τοποθετηθεί.

Τα κύρια στοιχεία του Net metering είναι τα εξής:

- Όλη η ενέργεια η οποία παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα προσδίδεται στην ζήτηση του χρήστη.
- Σε περίπτωση όπου δεν είναι αρκετή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα για την κάλυψη της ζήτησης, τότε σε αυτή την περίπτωση θα καταναλώνεται το υπόλοιπο της ηλεκτρικής ενέργειας από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Η περρίσεια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν θα χάνεται, αλλά θα διοχετεύεται στο δίκτυο.
- Στο τέλος του έτους η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε από το δημόσιο δίκτυο θα συμψηφίζεται με την ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύτηκε σε αυτό με αποτέλεσμα να γίνεται χρέωση του αυτοπαραγωγού για τη διαφορά μεταξύ τους.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται τα εξής:

- Να μειωθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό ο λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος.
- Ο εκάστοτε αυτοπαραγωγός να προστατευτεί από τυχόν αυξήσεις του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Να υπάρξει εκμετάλλευση από αυτή την ανεξάντλητη πηγή ενέργειας αντικαθιστώντας τους συμβατικούς τύπους οποίες χρησιμοποιούμε μέχρι τώρα στη καθημερινότητα μας όπως για παράδειγμα την χρήση πετρελαίου, την χρήση καυσόξυλων και του υγραερίου.
- Να αυτονομηθεί ενεργειακά ο εκάστοτε αυτοπαραγωγός [65].

Εικονικός Ενεργειακός Συμψηφισμός

Ως εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός ορίζεται ο συμψηφισμός της ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί μέσω συστήματος ΑΠΕ ή Σ.Η.Θ.Υ.Α ενός αυτοπαραγωγού, με το σύνολο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, εκ των οποίων τουλάχιστον η μία ή δεν βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο με το εγκατεστημένο σύστημα ΑΠΕ ή Σ.Η.Θ.Υ.Α ή, σε περιπτώσεις που βρίσκεται, η τροφοδοσία λαμβάνεται από άλλη παροχή.

5.2.1. Παροχή & Προμήθεια ηλεκτρικού ρεύματος

- Αν υπάρχει πλεόνασμα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, τότε παρέχεται στο δίκτυο και πραγματοποιείται καταγραφή από μετρητή (εξέρχεται ενέργεια).
- Αν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν αρκεί για την κάλυψη των εκάστοτε ενεργειακών αναγκών, τότε προμηθευόμαστε ενέργεια από το δίκτυο (εισέρχεται ενέργεια)
- Στην λήξη της τιμολογιακής περιόδου (4 μήνες για οικιακούς καταναλωτές), πραγματοποιείται συμψηφισμός της ενέργειας που έχει εξαχθεί και έχει εισαχθεί και τιμολογείται αυτή η ενεργειακή διαφορά..
- Σε περίπτωση που υπάρχει πλεόνασμα της ενέργειας που έχει εξαχθεί συγκριτικά με την ενέργεια που έχει εισαχθεί (στο χρονικό διάστημα των 4 μηνών), τότε σε αυτή την περίπτωση η διαφορά αυτή πιστώνεται στον επόμενο λογαριασμό. Η ολοκλήρωση του ενεργειακού συμψηφισμού πραγματοποιείται με το πέρας του ενός έτους.

5.2.2. Οικονομικά οφέλη

Το θέμα αυτό είναι ένα αρκετά μεγάλο πλεονέκτημα για τον αυτοπαραγωγό, που είναι δυνατόν να παρατηρεί τους λογαριασμούς ρεύματος να ελαχιστοποιούνται αρκετά. Επιπροσθέτως, ο ετήσιος συμψηφισμός μας παρέχει το πλεονέκτημα να έχουμε αυξημένη παραγωγή κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, αυξάνοντας έτσι την ενέργεια που εξέρχεται, την οποία μπορούμε να την αξιοποιήσουμε την χειμερινή περίοδο, (που το φωτοβολταϊκό μας σύστημα δεν θα παράγει όσο παράγει τους

καλοκαιρινούς μήνες) για την κατανάλωση συσκευών που απαιτούν υψηλά φορτία όπως για παράδειγμα για θέρμανση. Και για τους επαγγελματίες επίσης είναι μία συμφέρουσα επένδυση καθώς σημειώνεται μείωση του κόστους των προϊόντων που παράγονται ή και των υπηρεσιών κάνοντας τους με αυτόν τον τρόπο πιο ανταγωνιστικούς. Ωστόσο, ο αυτοπαραγωγός είναι πιο εύστοχος ως ένας πιο γενικευμένος όρος, καθώς ο σύγχρονος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλά περισσότερα από απλά ένας παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει την δυνατότητα παροχής υπηρεσιών στο δημόσιο δίκτυο, όπως για παράδειγμα η αποθήκευση καθώς και η ζήτηση-απόκριση σε αγορές χονδρικής πώλησης και λιανικής πώλησης.

Με την πάροδο του χρόνου η αυτοπαραγωγή εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Δύο κύρια χαρακτηριστικά που απαρτίζουν την αυτοπαραγωγή είναι αρχικά η αυτονομία και στην συνέχεια η ενεργή συμμετοχή στην εμπορεία ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αυτοπαραγωγοί διαθέτουν και διαχειρίζονται τα ποσά παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα να διαθέτουν αυξημένη αυτονομία, δηλαδή έχουν διαφορετική αντίληψη στο ζήτημα διαχείρισης της ενέργειας συγκριτικά με τους απλούς καταναλωτές, προβαίνοντας στην εφαρμογή μέτρων για την ρύθμιση της κατανάλωσης τους. Όσα προαναφερθήκαν, συμπληρώνονται από την συμμετοχή τους στην αγορά. Κάποιο ποσοστό αυτοπαραγωγών πουλάνε την περίσσεια παραγόμενη ενέργεια κατευθείαν στις τοπικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, άλλο ποσοστό αυτοπαραγωγών θέτουν σε προσφορά ενεργειακές υπηρεσίες αποθήκευσης σε ορισμένες βοηθητικές αγορές υπηρεσιών, και κάποιοι άλλοι δέχονται ορισμένα ποσά αποζημίωσης για την ελαχιστοποίηση της ηλεκτρικής τους ενέργειας, μέσω ορισμένων προγραμμάτων βασιζόμενα στην ζήτηση και την απόκριση.

5.2.3. Οριακή τιμή δικτύου (spot price)

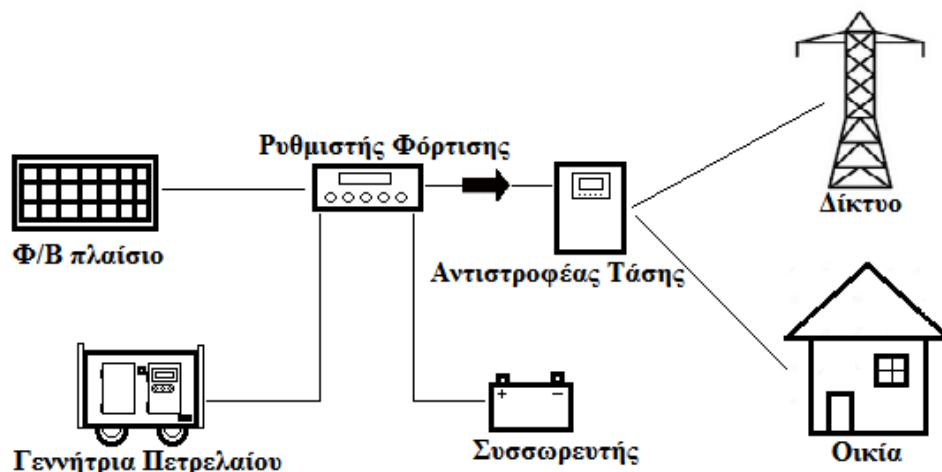
Οριακή τιμή συστήματος ορίζουμε το κόστος χονδρικής με το οποίο ο πάροχος προμηθεύεται την ηλεκτρική ενέργεια και το κόστος εμπορείας για την ενέργεια που διαθέτει ο παραγωγός. Η τιμή αυτή είναι διαρκώς μεταβαλλόμενη διότι διαμορφώνεται βάση της προσφοράς και της ζήτησης, της ποσότητας αλλά και του φορτίου του οποίου απαιτούν οι καταναλωτές. Ωστόσο, οι διακυμάνσεις αυτές στο κόστος ενδέχεται υπό συνθήκες να επιβαρύνουν οικονομικά τον καταναλωτή.

Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει ο καταναλωτής τους όρους της συμβάσεως σε περίπτωση που αποφασίσει να συνάψει συμφωνία με διαφορετικό πάροχο στο μέλλον.

Γνωρίζοντας την πληροφορία αυτή ο αυτοπαραγωγός έχει την δυνατότητα να διαχειριστεί με τον βέλτιστο τρόπο την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα του καθώς και το εγκατεστημένο σύστημα προς δικό του όφελος. Τις αρχικές πρωινές ώρες το κόστος της πώλησης είναι χαμηλό, λόγω της ελάχιστης ζήτησης, ωστόσο τις ώρες του μεσημεριού και το βράδυ παρατηρείται αυξημένη ζήτηση. Ο αυτοπαραγωγός έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει τι ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει και να την παρέχει στο τοπικό δίκτυο όταν εκείνος πιστεύει ότι τον συμφέρει. Η δυνατότητα αυτή όμως παρέχεται ως σήμερα μονάχα στους αυτοπαραγωγούς και όχι στους καταναλωτές, καθώς εμπορεύονται ηλεκτρική ενέργεια σε πρώτο χρόνο από τον λιανοπωλητή τους και όχι από την αγορά χονδρικής εμπορείας. Ως βήμα εκκίνησης των δυναμικών σχημάτων της τιμολόγησης μπορεί να καταλογισθεί η νυχτερινή τιμολόγηση, η οποία δίνει κίνητρο στον καταναλωτή να διαχειριστεί την ζήτηση ενέργειας τις νυχτερινές ώρες με σκοπό το μειωμένο κόστος στην αγορά ενέργειας.

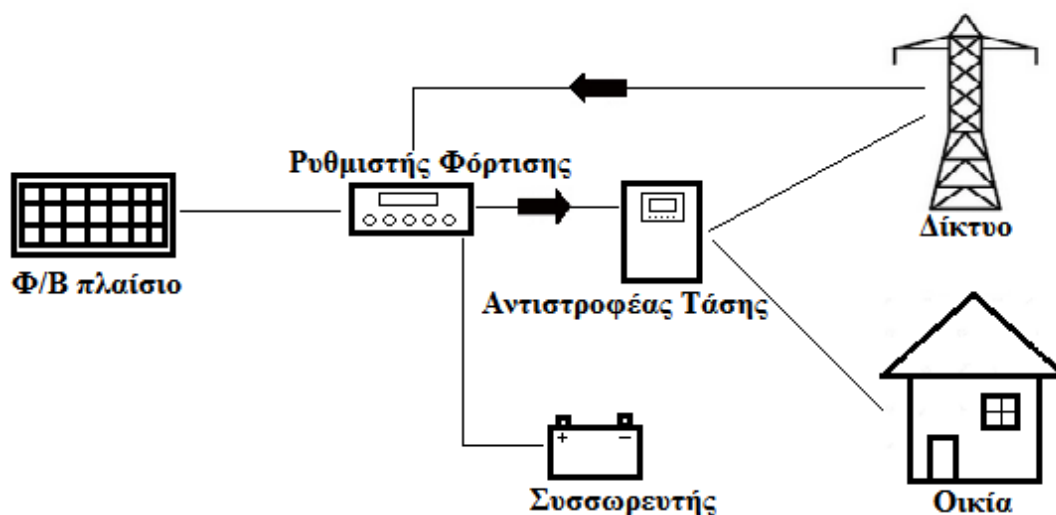
5.2.4. Περιπτώσεις αυτοπαραγωγής

Στην διπλωματική αυτή πρόκειται να εξετασθούν τέσσερα σενάρια αυτοπαραγωγής. Τα πρώτα δύο σενάρια έχουν αρκετές ομοιότητες. Εξετάζουν και τα δύο συγκρότημα αποτελούμενο από φωτοβολταϊκά στοιχεία, μια ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, ένα σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ένα τμήμα για την σύνδεση στο δίκτυο καθώς και ένα τμήμα για την σύνδεση στην κατανάλωση του αυτοπαραγωγού (οικία). Η διαφορά αυτών των δύο σεναρίων παρουσιάζεται στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πρώτη περίπτωση το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συγκεκριμένη, σε αντίθεση με την δεύτερη περίπτωση όπου υπάρχει μεταβολή της τιμής η οποία είναι ωριαία.



Εικόνα 18: Απεικόνιση σεναρίου αυτοπαραγωγής με χρήση Ηλεκτρογεννήτριας πετρελαίου.

Στα εναπομείναντα δύο σενάρια που παρουσιάζονται δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, μονάχα το αποθηκευτικό σύστημα και το δίκτυο ως δευτερεύουσα πηγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κάλυψη του εκάστοτε απαιτούμενου φορτίου. Όπως ακριβώς σημειώθηκε και στα πρώτα δύο σενάρια η μόνη διαφορά και αυτών των δύο σεναρίων είναι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας.

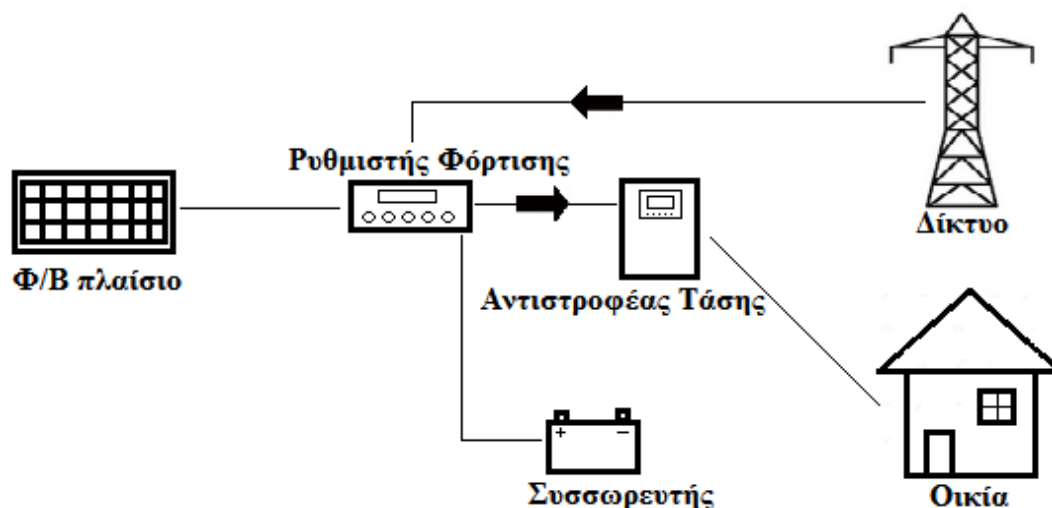


Εικόνα 19: Απεικόνιση σεναρίου αυτοπαραγωγής χωρίς τη χρήση Ηλεκτρογεννήτριας πετρελαίου.

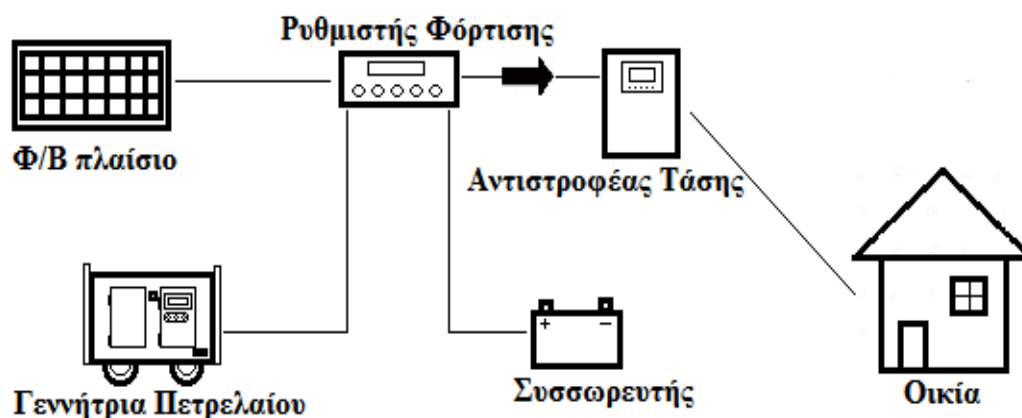
5.3. Περιπτώσεις Ιδιοπαραγωγής

Τα σενάρια του ιδιοπαραγωγού είναι τρία. Στο πρώτο εξ αυτών χρησιμοποιείται ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου δίχως όμως να υπάρχει σύνδεση στο τοπικό δίκτυο, στο δεύτερο σενάριο υπάρχει σύνδεση στο δίκτυο χωρίς όμως να υπάρχει ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου όπου η εκάστοτε ζήτηση φορτίου καλύπτεται με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σε σταθερή τιμή και τέλος στο τρίτο σενάριο για να καλυφθούν οι εκάστοτε ενεργειακές ανάγκες, πραγματοποιείται αγορά ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας την spot τιμή. Ο αυτοπαραγωγός και ο ιδιοπαραγωγός διαφοροποιούνται στο τμήμα διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή ο αυτοπαραγωγός παράγει ηλεκτρική ενέργεια έχοντας την δυνατότητα να πουλήσει την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια σε αντίθεση με τον ιδιοπαραγωγό που μπορεί μονάχα να αποθηκεύσει την πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια.

Στην περίπτωση του ιδιοπαραγωγού εξετάζονται τρία σενάρια. Όπου το πρώτο σενάριο χρησιμοποιεί το υβριδικό σύστημα το οποίο είναι συνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. Η στρατηγική του πρώτου σεναρίου έχει την εξής δομή: το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από ΑΠΕ (στην συγκεκριμένη περίπτωση η παραγωγή πραγματοποιείται από φωτοβολταϊκά πλαίσια). Το σύστημα αυτό διαθέτει και σύστημα αποθήκευσης, όπου αποθηκεύεται η πλεονάζουσα ενέργεια. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια ή υπάρχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου και το απαιτούμενο ποσό ενέργειας δεν καλύπτεται από την παραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων ή από την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο σύστημα αποθήκευσης, ο ιδιοπαραγωγός αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψει της ανάγκες του από το ηλεκτρικό δίκτυο με σταθερή τιμή, όπου εδώ σημειώνεται και η διαφορά που υπάρχει από το πρώτο σενάριο με το δεύτερο όπου η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας δεν πραγματοποιείται με σταθερή τιμή αλλά μεταβάλλεται ωριαία (Spot Price). Τέλος στο τρίτο σενάριο όπου απεικονίζεται στην Εικόνα 21 εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος όπου η μόνη διαφορά που υπάρχει είναι πως ο ιδιοπαραγωγός δεν είναι συνδεδεμένος στο ηλεκτρικό δίκτυο, δηλαδή είναι αυτόνομος, επομένως στην περίπτωση που το φορτίο ζήτησης δεν μπορεί να καλυφθεί με την παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων ή από τους συσσωρευτές του συστήματος αποθήκευσης, δεν αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται αλλά καλύπτει το απαιτούμενο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ηλεκτρογεννήτριας πετρελαίου.



Εικόνα 20: Απεικόνιση σεναρίου ιδιοπαραγωγής όπου υπάρχει σύνδεση με το τοπικό δίκτυο.



Εικόνα 21: Απεικόνιση σεναρίου ιδιοπαραγωγής όπου δεν υπάρχει σύνδεση με το τοπικό δίκτυο.

5.4. Ανάλυση προσομοίωσης

Απώτερος σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η ανάλυση πληθώρας περιπτώσεων αυτοπαραγωγών/ιδιοπαραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας. Η προσομοίωση της λειτουργίας του υβριδικού συστήματος βασίζεται σε περιοχή τυπικού ηλιακού δυναμικού, στοχεύοντας με τον τρόπο αυτόν στην εξαγωγή βέλτιστων αποτελεσμάτων τα οποία θα εξομαλύνουν το ισοζύγιο της ιδιοκατανάλωσης και εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τοπικού δικτύου. Η εκτενέστερη ανάπτυξη και εφαρμογή ποικίλων στρατηγικών εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας όπου εξετάζονται συνδυαστικά με μια πληθώρα υβριδικών συνδυασμών, αποσκοπούν στην μείωση του κόστους παραγωγής

καθώς και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας συγκριτικά με το κλασσικό σενάριο της ολοκληρωτικής κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του εκάστοτε καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας από το τοπικό δίκτυο.

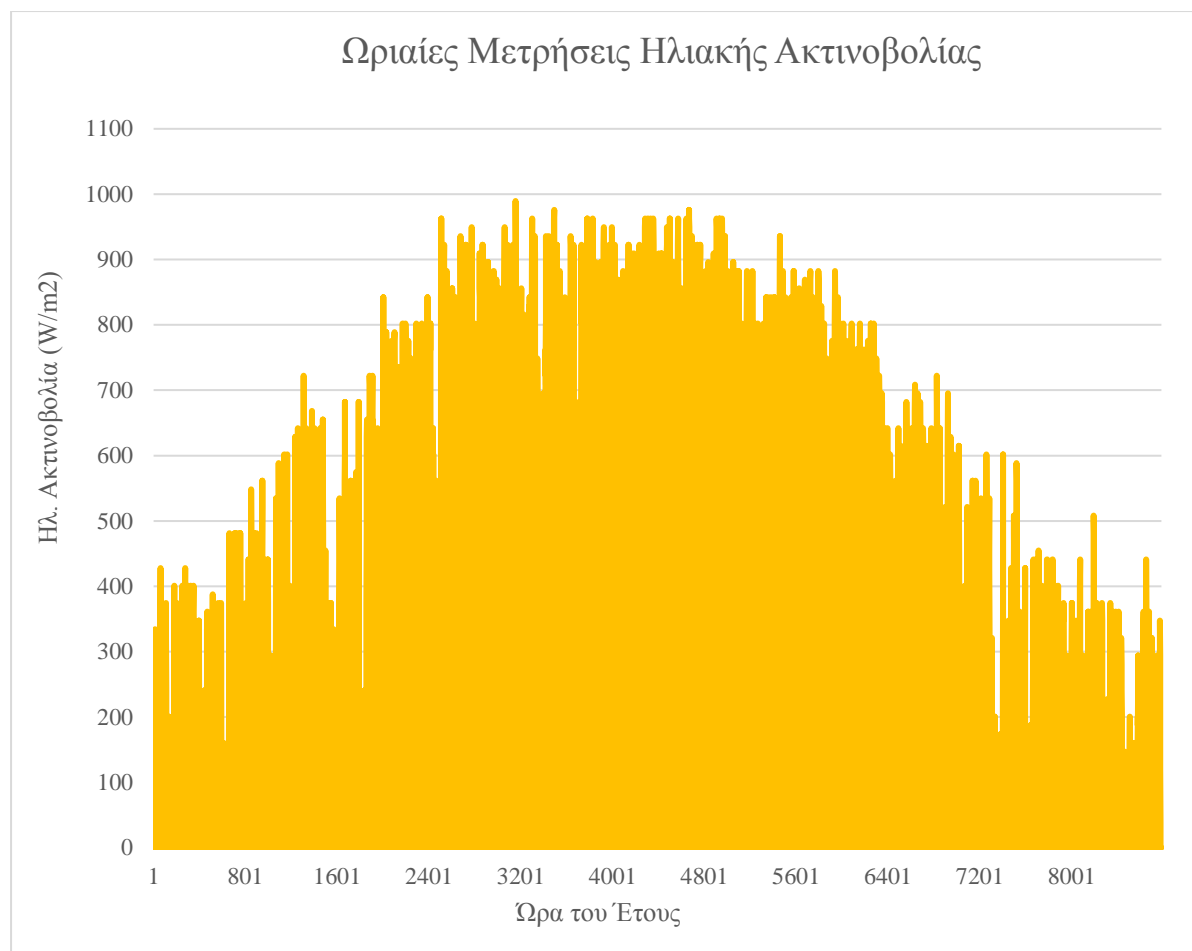
5.4.1. Διάρθρωση Υβριδικού Συστήματος

Η διάρθρωση του συγκεκριμένου υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο
- Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας
- Ηλεκτρογεννήτρια Πετρελαίου
- Ρυθμιστής Φόρτισης
- Αντιστροφέας τάσης
- Απαραίτητη συνδεσμολογία με το τοπικό δίκτυο

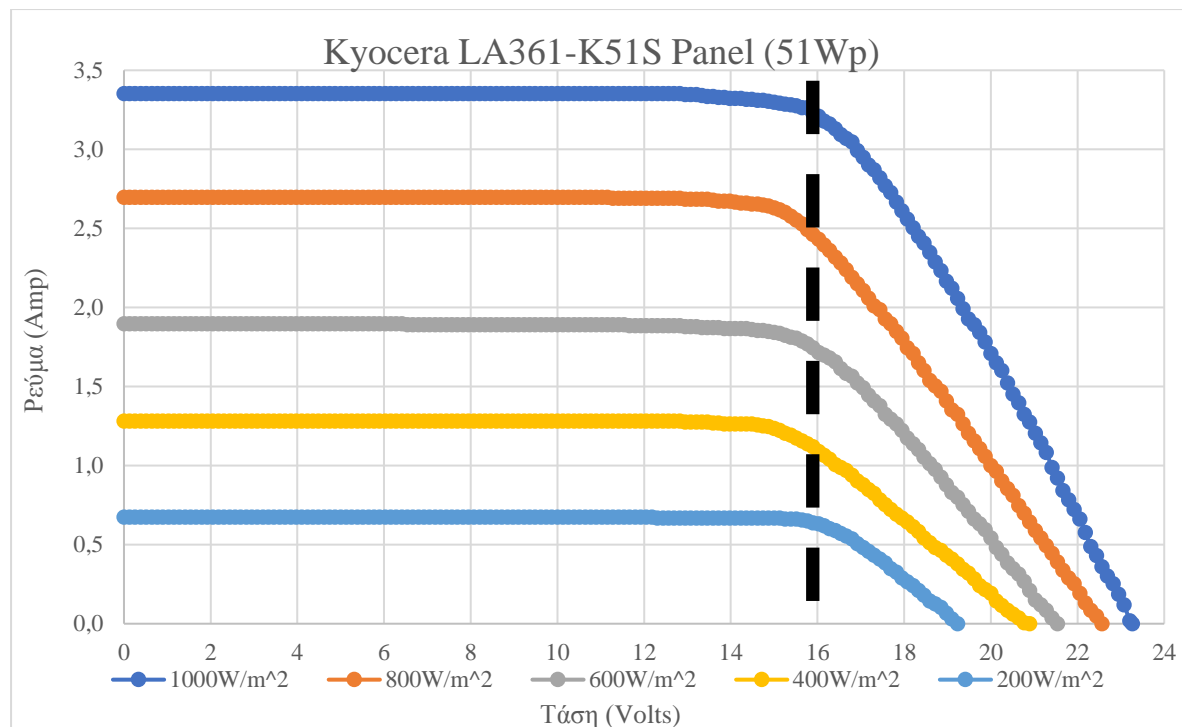
5.4.2. Δεδομένα ηλιακού δυναμικού

Το ηλιακό δυναμικό που επιλέχθηκε για την εφαρμογή των σεναρίων καθώς και των υποπεριπτώσεων προέκυψε ως ο μέσος όρος ηλιακής ακτινοβολίας έπειτα από δειγματοληψία σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος. Στην συνέχεια απεικονίζεται η ωριαία ηλιακή ακτινοβολία σε διάστημα ενός έτους.



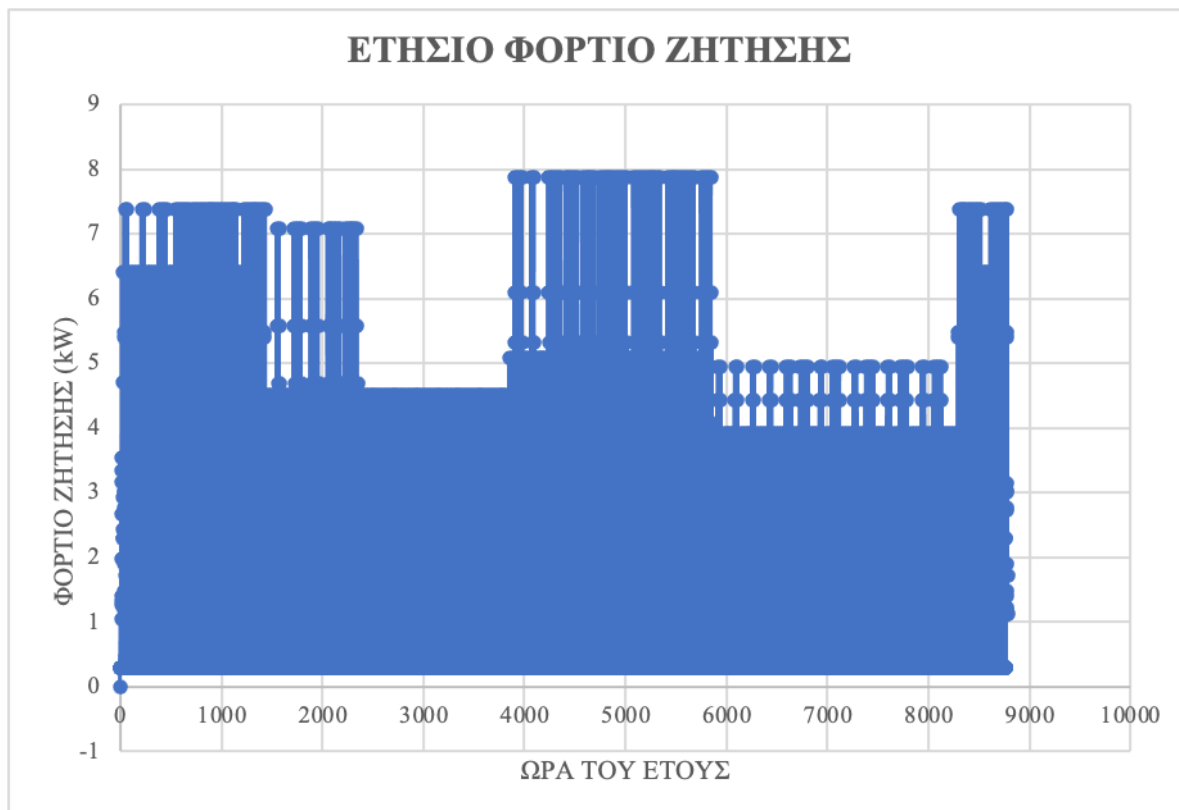
Εικόνα 22: Ωριαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας.

Αφού πραγματοποιήθηκε επιλογή τοποθεσίας για την εγκατάσταση του υβριδικού μας συστήματος, στη συνέχεια πραγματοποιείται επιλογή φωτοβολταϊκού πλαισίου. Η επιλογή αυτή δεν πραγματοποιείται με φωτοβολταϊκό πλαίσιο συγκεκριμένης ισχύος, η επιλογή γίνεται βάση χαρακτηριστικής καμπύλης φωτοβολταϊκού πλαισίου. Παρατηρώντας το γράφημα του φωτοβολταϊκού πλαισίου που επιλέχθηκε, διακρίνεται ότι η ευθεία γραμμή που έχει τοποθετηθεί και ενώνει τα σημεία στα οποία εμφανίζεται η μέγιστη ισχύς του φωτοβολταϊκού, είναι ευθεία γραμμή κάθετη στον άξονα της Τάσης (V). Όπου διαπιστώνεται πως το σημείο της μέγιστης ισχύος παρατηρείται για την ίδια τιμή Τάσης (V), ανεξαρτήτως της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.



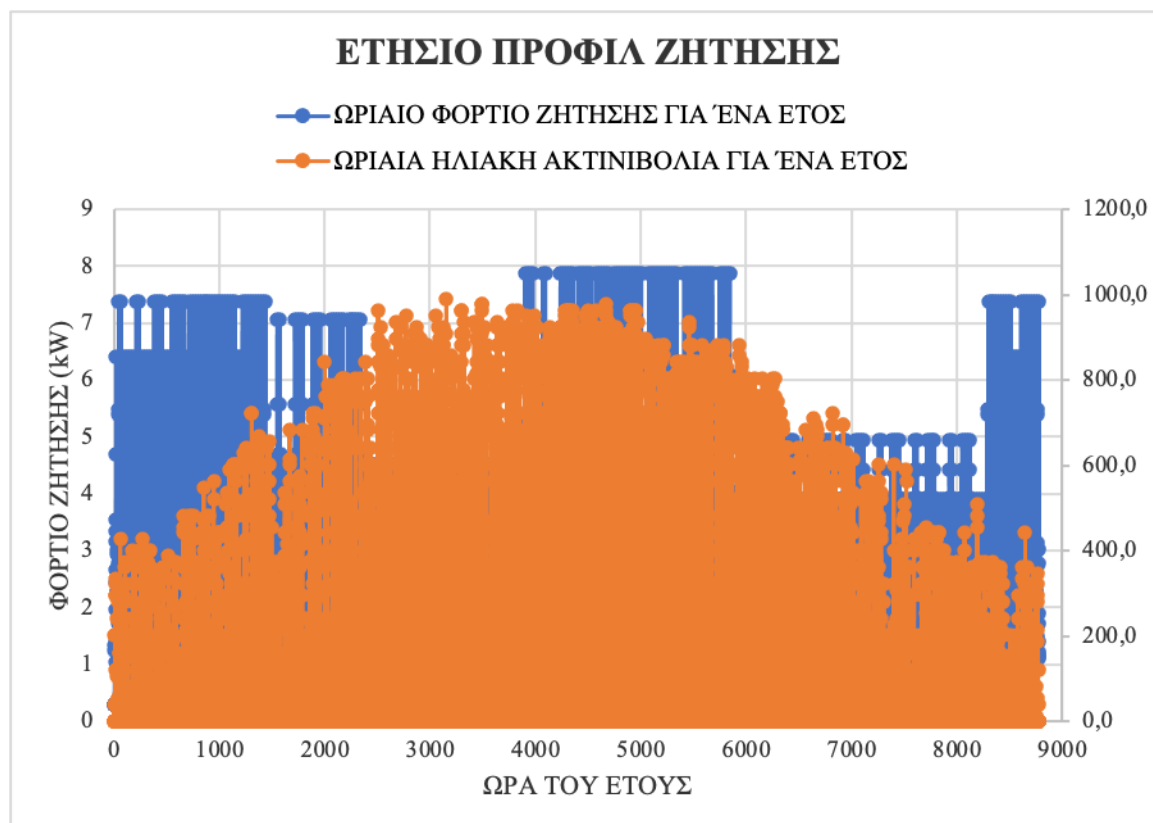
Εικόνα 23: Χαρακτηριστική Καμπύλη Ισχύος Φ/B, (I-U) για διάφορες τιμές Ηλιακής Ακτινοβολίας.

Στη συνέχεια για το γράφημα του φορτίου ζήτησης συναρτήσει των ωρών του έτους δηλαδή του ετήσιου ενεργειακού προφίλ κατανάλωσης, ως E_{tot} πάρθηκε το ποσό 14594,70 kWh, με μέγιστο φορτίο N_{peak} : 7,87 kW, μεγέθη που συνιστούν ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση για οικιακή χρήση.



Εικόνα 24: Φορτίο ζήτησης συναρτήσει των ωρών του έτους.

Στο σημείο αυτό, που υπάρχει το ετήσιο φορτίο ζήτησης καθώς και το ηλιακό δυναμικό ενός έτους γίνεται σύγκριση των μετρήσεων αυτών ενσωματώνοντας τα δεδομένα αυτά σε ένα ενιαίο γράφημα. Παρακάτω όπου πραγματοποιείται η σύγκριση διακρίνεται ότι τους πρώτους μήνες του έτους όπως και τους τελευταίους το ηλιακό δυναμικό δεν προσαρμόζεται πλήρως στο φορτίο ζήτησης. Αντίθετα, την καλοκαιρινή περίοδο λόγω της ψύξης και της αυξημένης χρήσης του air condition, η προσαρμογή δείχνει καλύτερη. Με την σύγκριση αυτή εξάγεται το συμπέρασμα πως οι ώρες απόρριψης του φορτίου θα είναι περιορισμένες ωστόσο και συγκεκριμένες πράγμα το οποίο οφείλεται στο μειωμένο ηλιακό δυναμικό στους πρώτους και τους τελευταίους μήνες του έτους δηλαδή την χειμερινή περίοδο, παρατήρηση που υποδηλώνει και τη σημασία της διαχείρισης του φορτίου.



Εικόνα 25: Σύγκριση Ηλιακού Δυναμικού με το Φορτίο Ζήτησης ανά ώρα του έτους.

Το μείζον ζήτημα που πρέπει να διαχειριστούμε, είναι αρχικά το διάστημα που παρατηρείται απόρριψη του φορτίου που στην συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρεται κατά κύριο λόγο στη χειμερινή περίοδο, και γενικότερα στο διάστημα που το ηλιακό δυναμικό είναι χαμηλό διότι είναι μειωμένη και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί διαχείριση του ηλεκτρικού φορτίου με σκοπό να πραγματοποιηθεί προσαρμογή της ενεργειακής ζήτησης ανάλογα με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από το υβριδικό μας σύστημα. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση δεν είναι συνδεδεμένη με το τοπικό δίκτυο παροχής ενέργειας και η αποθηκευμένη ενέργεια στο αποθηκευτικό σύστημα δεν είναι αρκετή, τότε σε αυτή την περίπτωση το ενεργειακό έλλειμα που παρατηρείται πρέπει να καλυφθεί από μια ηλεκτρογεννήτρια. Το καύσιμο που χρησιμοποιεί ώστε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια η ηλεκτρογεννήτρια είναι το diesel. Παρακάτω δίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά του καυσίμου όπως το κόστος, ο βαθμός απόδοσης και η θερμογόνος δύναμη.

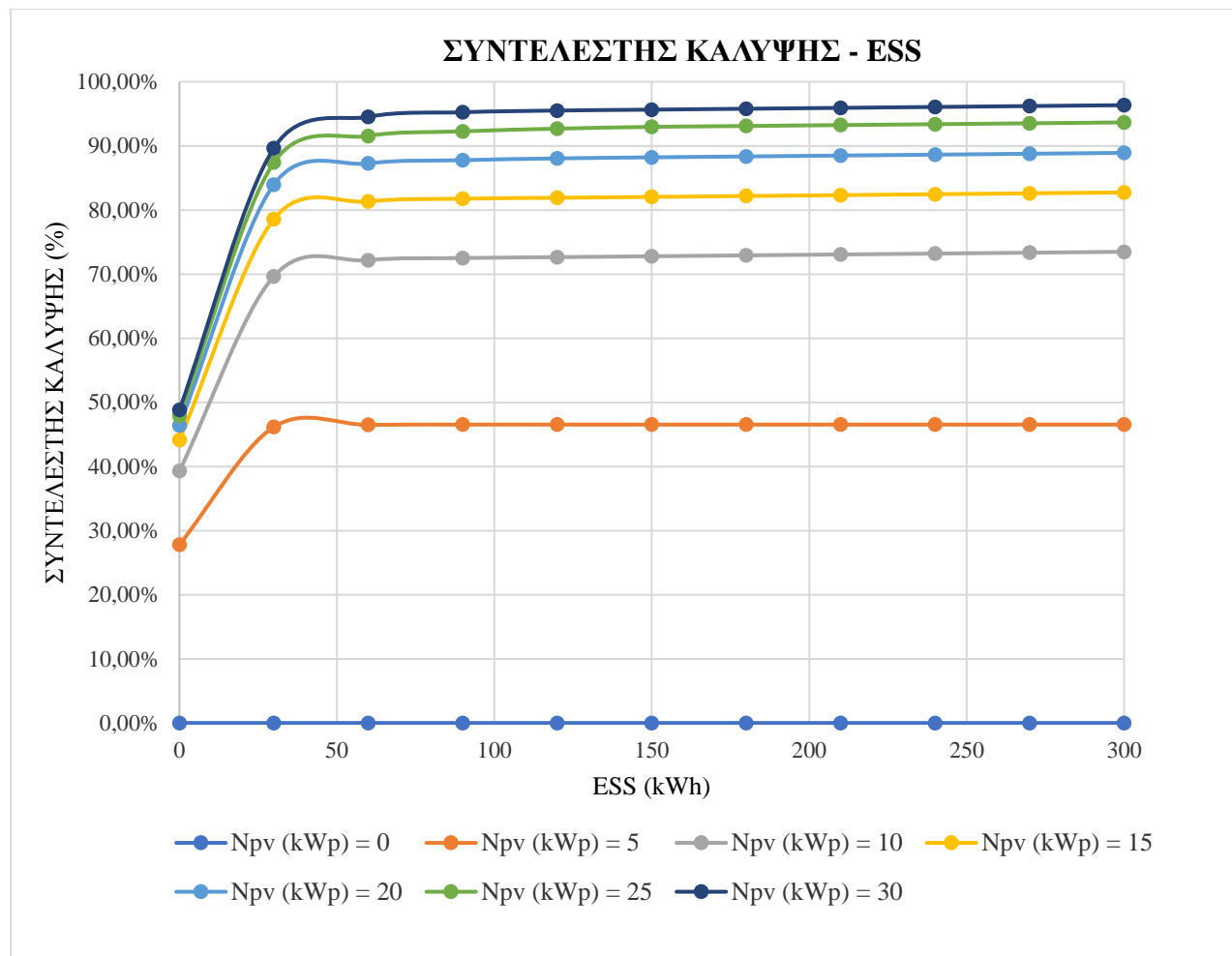
- Κόστος Diesel c_{oil} (€/lt) = 1
- Θερμογόνος Δύναμη Diesel H_u (kWh/lt) = 11
- Βαθμός Απόδοσης Diesel η_{diesel} = 30%

Σε διαφορετική περίπτωση, όπου δηλαδή υπάρχει πλεόνασμα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το υβριδικό μας σύστημα, το σύστημα αποθήκευσης έχει εξέχουσα σημασία διότι με αυτό γίνεται η διαχείριση της ενέργειας αυτής ώστε να επιτευχθεί ο στόχος για την εκάστοτε επιλεγόμενη και επιθυμητή χρήση της ενέργειας αυτής. Στην περίπτωση που επιθυμεί ο παραγωγός να πουλάει την ηλεκτρική ενέργεια, το σύστημα αποθήκευσης δίνει την δυνατότητα το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας να αποθηκεύεται μέχρι το διάστημα που η τιμή της ενέργειας έχει αυξημένη τιμή με σκοπό το κέρδος για τον παραγωγό να είναι αυξημένο. Ένα σύστημα αποθήκευσης δίνει την δυνατότητα εφαρμογής πολλών και διαφόρων εφαρμογών καθώς επίσης με την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης η βιωσιμότητα ενός υβριδικού συστήματος επιτυγχάνεται ευκολότερα λόγω της διαχείρισης της ενέργειας που μας επιτρέπεται λόγω της αποθήκευσης της. Τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης που επιλέχθηκε είναι τα εξής:

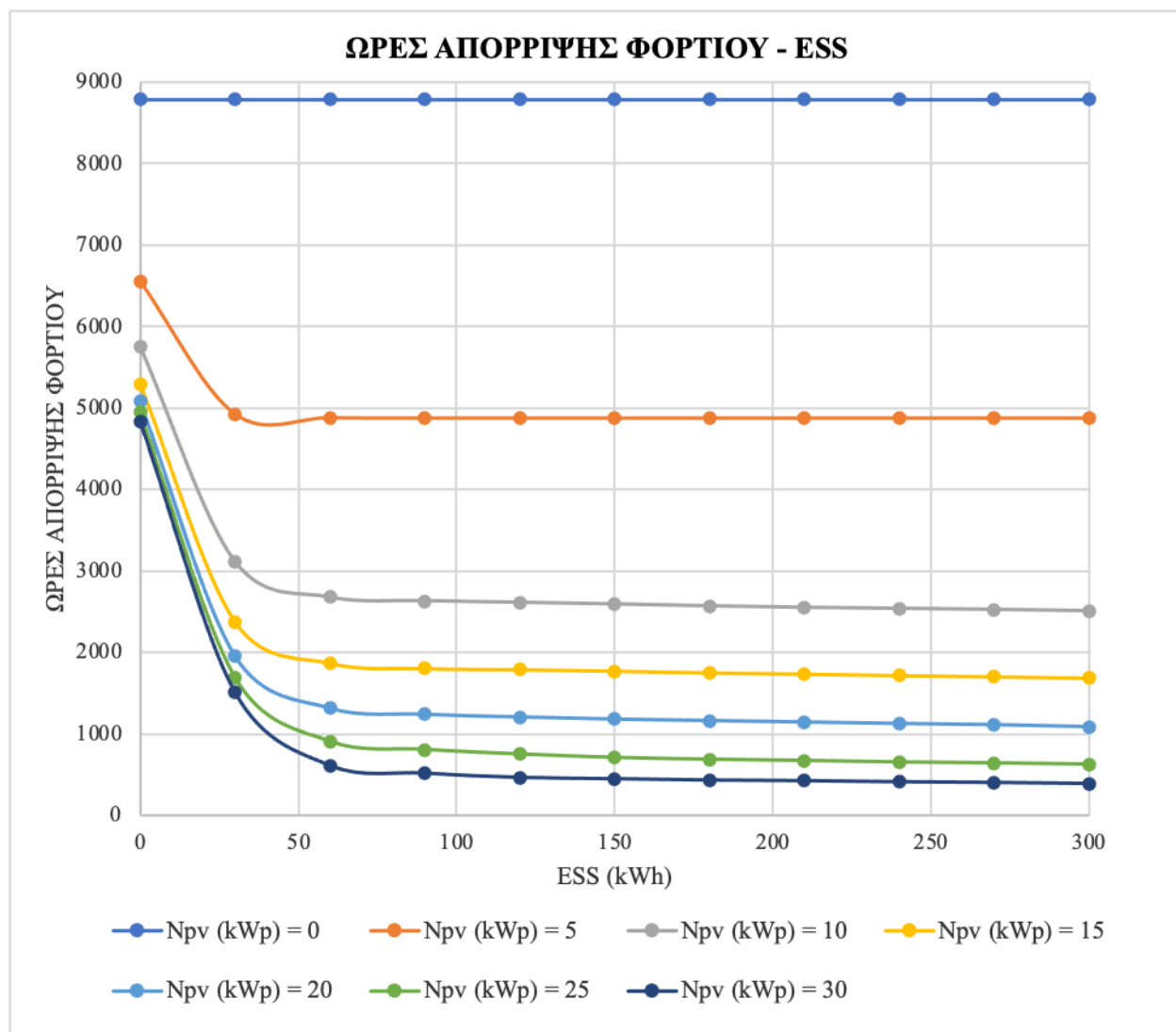
- Βαθμός Απόδοσης φόρτισης η_{in} = 85%
- Βαθμός Απόδοσης εκφόρτισης η_{out} = 85%
- Μέγιστο βάθος εκφόρτισης – Max Depth Of Discharge (DOD) = 80%

6. Αποτελέσματα Εφαρμογής Σεναρίων

Με σκοπό να είναι αυτόνομη η λειτουργία ενός υβριδικού συστήματος κύρια και βασική προϋπόθεση είναι το ποσοστό του συντελεστή κάλυψης να είναι πολύ υψηλό, ~100%, καθώς και οι ώρες απόρριψης του εκάστοτε φορτίου να είναι ελάχιστες ή ιδανικά μηδενικές. Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα του συντελεστή κάλυψης του φορτίου συμπεριλαμβάνοντας Φ/Β στοιχεία με εύρος ισχύος N_{pv} από 0 kW έως 30 kW καθώς και συσσωρευτές με αποθηκευτική ικανότητα Ess από 0 kWh έως 300 kWh. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν διακρίνουμε ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποκλειστικά από τα Φ/Β στοιχεία δεν είναι εφικτό να καλύψουν το ολικό φορτίο, διότι αναλύοντας τα δεδομένα και διακρίνοντας την υψηλότερη τιμή του συντελεστή κάλυψης που ανέρχεται στο 96,35% και βρίσκεται στο πεδίο $N_{pv} = 30kW$ και $ESS = 300kWh$, το οποίο αντιστοιχεί σε 390 ώρες απόρριψης όπως εντοπίζεται στο παρακάτω γράφημα Εικόνα , αναλύοντας αυτό το αποτέλεσμα διαπιστώνεται πως η ζήτηση δεν είναι δυνατόν να καλυφθεί εξ ολοκλήρου με ένα σύστημα Φ/Β στοιχείων – συσσωρευτή ακόμα και στην περίπτωση που όλες οι τιμές αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό.



Εικόνα 26: Συντελεστής Κάλυψης Φορτίου (%) για περιοχές ισχύος Φ/Β στοιχείου N_{pv} = 0-30kW και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα E_{ss} = 0-300kWh.



Εικόνα 27: Ώρες Απόρριψης Φορτίου για περιοχές ισχύος Φ/Β στοιχείου $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$.

Πριν πραγματοποιηθεί σύγκριση σχημάτων αυτοπαραγωγής – ιδιοπαραγωγής θα διεξαχθεί οικονομική ανάλυση και στην συνέχεια αξιολόγηση της απόδοσης του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συναρτήσει του κόστους της ολικής επένδυσης και το κόστος συντήρησης του.

Τα δεδομένα που χρειάζονται για την οικονομική ανάλυση είναι τα εξής:

- Αρχικό επενδυτικό κόστος I_c (€)
- Λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης Mt (€)
- Συντελεστής ετήσιου κόστους συντήρησης $m = 3\%$

- Ανηγμένο κόστος Φ/Β $C_w = 2000$ (€/kW)
- Ανηγμένο κόστος συσσωρευτή $C_{ess} = 200$ (€/kWh)
- Κόστος ενισχυτικού εξοπλισμού $C_{bos} = 10\% \times IC$ (€)
- Διάρκεια ζωής εγκατάστασης $n = 20$ (έτη)

Όπως διαπιστώνεται στο γράφημα που απεικονίζεται παρακάτω Εικόνα 28 το κόστος της επένδυσης ανέρχεται έως και τις 90.000€ στην ευθεία της ισχύος των 30 kW του Φ/Β και την χωρητικότητα στα 300 kWh του συσσωρευτή. Η ανοδική τάση που παρατηρείται στις ευθείες του γραφήματος παρακάτω είναι λογική διότι όσο αυξάνεται η ισχύς του Φ/Β συστήματος καθώς και η χωρητικότητα του συσσωρευτή τόσο θα αυξάνεται και το κόστος της επένδυσης καθώς επίσης θα συνεχίζει η ανοδική πορεία της ευθείας του γραφήματος.

Ο υπολογισμός του αρχικού κόστους της επένδυσης I_c σε € γίνεται ως εξής:

$$I_c = (N_{pv} * C_{pv}) + (E_{ss} * C_{ess})$$

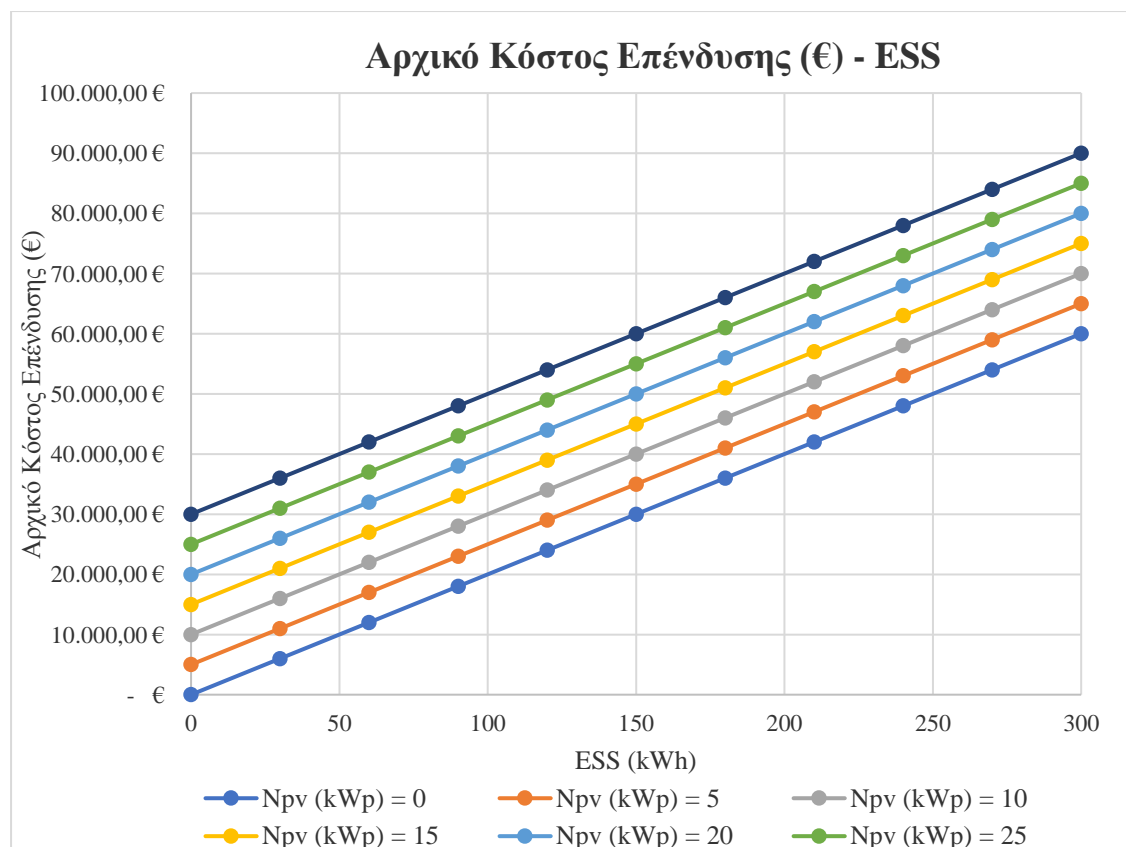
Και το ολικό κόστος της επένδυσης I_{total} σε € υπολογίζεται με τον εξής τρόπο:

$$I_{total} = I_c + C_{bos}$$

Έχοντας:

$$N_{pv} = \text{Ισχύς Φωτοβολταϊκού (kW)}$$

$$E_{ss} = \text{Χωρητικότητα Σύσσωρευτή (kWh)}$$



Εικόνα 28: Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€) για περιοχές ισχύος Φ/Β $N_{pv} = 0-30kW$ και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$.

Ένας επιπρόσθετος υπολογισμός που πραγματοποιήθηκε είναι αυτός του δείκτη που μας φανερώνει το κόστος που χρειάζεται από τον επενδυτή για να καλυφθούν οι ανάγκες ζήτησης φορτίου όταν ο συνδυασμός Φ/Β και συσσωρευτή δεν μπορούν να τις καλύψουν. Πρακτικά το κόστος αυτό απευθύνεται στην χρήση ηλεκτρογεννήτριας δηλαδή στο κόστος του καυσίμου που θα χρειαστεί για να πραγματοποιηθεί η κάλυψη του εκάστοτε απαιτούμενου φορτίου. Για να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός αυτός κύρια προϋπόθεση είναι να γνωρίζουμε την ποσότητα του καυσίμου που χρειάζεται για την κάλυψη των εκάστοτε ενεργειακών φορτίων.

Οπότε ισχύει:

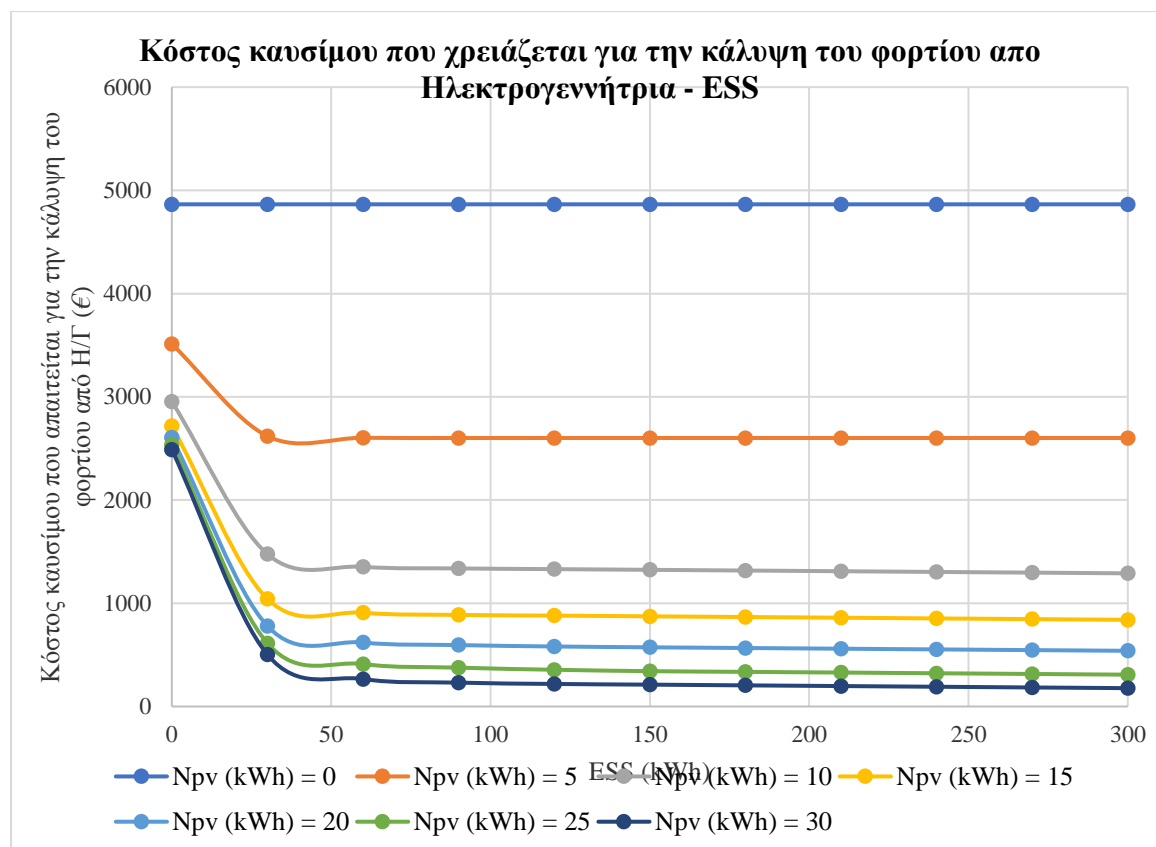
$$Vd = Etot * \frac{1 - \text{Συντελεστής Κάλυψης}}{\frac{nd}{Hu}}$$

Και εν συνεχεία:

$$F_t = V_d * C_d$$

Όπου:

- Όγκος καυσίμου V_d (lt)
- Ολικό φορτίο της ζήτησης E_{tot} (kWh)
- Βαθμός απόδοσης του καυσίμου η_d (%)
- Θερμογόνος δύναμη diesel H_u (kWh/lt)
- Κόστος diesel c_d (€/lt)
- Ετήσιο κόστος καυσίμου F_t (€)



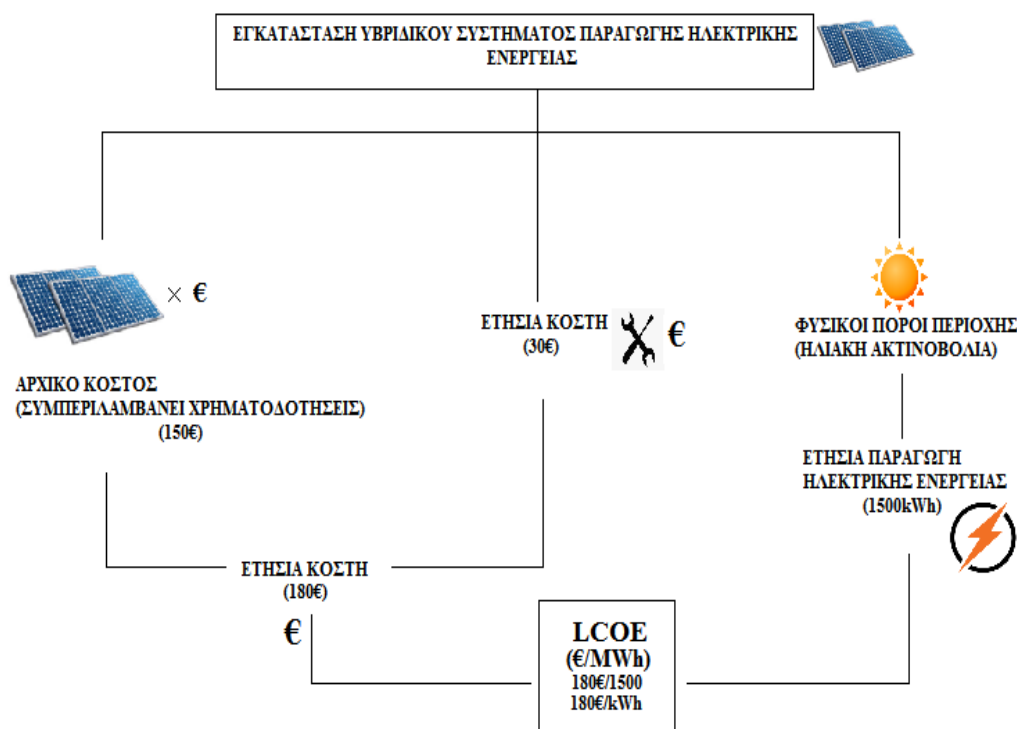
Εικόνα 29: Κόστος καυσίμου που απαιτείται για την κάλυψη του φορτίου αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300kWh$.

Όπως μπορούμε να αντιληφθούμε, το παραπάνω γράφημα είναι παρόμοιο με το γράφημα που απεικονίζει τις ώρες απόρριψης συναρτήσει της χωρητικότητας του συσσωρευτή (ESS). Η ομοιότητα του γραφήματος προκύπτει διότι όταν το υβριδικό μας σύστημα παράγει χαμηλά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας και είτε δεν υφίσταται η ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης είτε έχοντας συσσωρευτή με χαμηλή χωρητικότητα, για να καλυφθεί η ζήτηση του ενεργειακού φορτίου θα χρειαστεί να τεθεί σε χρήση ηλεκτρογεννήτρια με αποτέλεσμα να υπάρχουν ομοιότητες αυτά τα δύο γραφήματα.

Στο σημείο αυτό θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός και η ανάλυση ενός επιπρόσθετου υπολογιστικού συντελεστή που μας δηλώνει πόσο αποδοτικό είναι το τεχνολογικό σύστημα που έχει τεθεί σε χρήση στο υβριδικό μας σύστημα. Ο δείκτης αυτός πρακτικά μας φανερώνει πόσο κερδοφόρο είναι ένα υβριδικό σύστημα σε μακροπρόθεσμη περίοδο. Δηλαδή το ποσό αυτό είναι το Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ενέργειας - Levelized Cost of Energy (LCOE) που πρακτικά διατυπώνεται ως η τιμή που χρειάζεται να λάβει ο παραγωγός από την ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί από το υβριδικό σύστημα με σκοπό να καλυφθεί το συνολικό επενδυτικό κόστος.

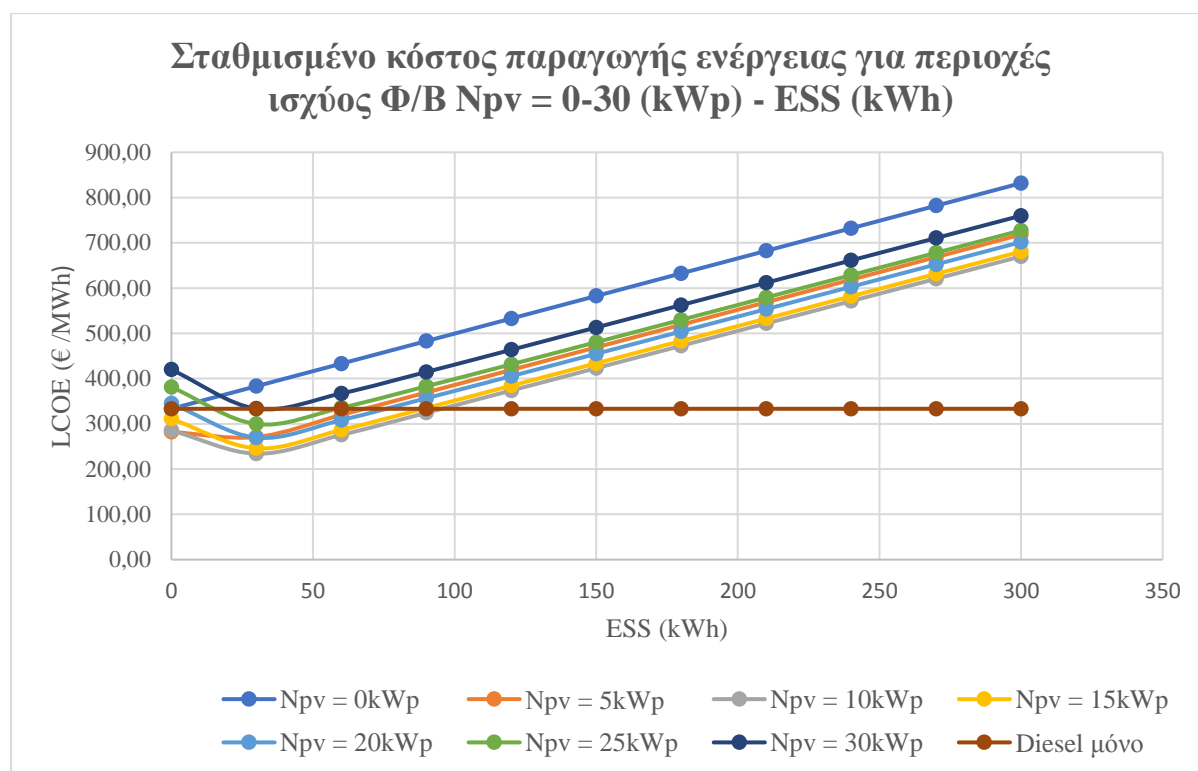
$$LCOE = \frac{\text{Συνολικό κόστος εγκατάστασης (Κόστη λειτουργικά & συντήρισης)}}{\text{Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας}}$$

Παρακάτω απεικονίζεται σχηματικά τι εκφράζει ο δείκτης.



Εικόνα 30: Σχηματική απεικόνιση δείκτη LCOE.

Ως αποτέλεσμα, τελικός παράγοντας για την αξιολόγηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας της εγκατάστασης είναι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το υβριδικό μας σύστημα. Παρατηρώντας το παρακάτω γράφημα που απεικονίζει το Σταθμισμένο κόστος παραγωγής ενέργειας (LCOE) (€ /MWh) για διάφορες περιοχές ισχύος Φ/Β συναρτήσεως της χωρητικότητας των συσσωρευτών, διακρίνεται μια ελαφριά πτωτική πορεία του LCOE στις περισσότερες περιοχές ισχύος και πιο συγκεκριμένα η ελαφριά πτώση σημειώνεται στο σημείο χωρητικότητας συσσωρευτών ESS = 30kWh. Εξαιρεση αποτελεί η καμπύλη ισχύος $N_{pv} = 0kW$ όπου παρατηρείται μία σταθερή ανοδική πορεία όσο το ESS αυξάνεται, καθώς επίσης διαφορετική πορεία έχει και η ευθεία που αποτυπώνει την αποκλειστική χρήση Diesel στο γράφημα όπου η τιμή της ευθείας μένει σταθερή καθ' όλη την σύγκριση, με την τιμή της να είναι στο 333,33 €/MWh.



Εικόνα 31: Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ενέργειας για περιοχές ισχύος Φ/Β $N_{pv} = 0-30$ kWp και συσσωρευτή με αποθηκευτική ικανότητα $Ess = 0-300$ kWh.

Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ενέργειας σε Παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ενέργειας των νέων έργων φωτοβολταϊκών συστημάτων που τέθηκαν σε λειτουργία κατά την διάρκεια του 2021 παρουσιάστηκε μειωμένο κατά 13% σε σχέση με το κόστος του 2020, έως 0,047€/kWh.

Η ραγδαία πτώση του συνολικού εγκατεστημένου κόστους, οι αυξανόμενοι συντελεστές χωρητικότητας καθώς και τα μειωμένα κόστη λειτουργίας και συντήρησης είχαν ιδιαίτερη σημασία στην μείωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από φωτοβολταϊκά συστήματα και στη βελτίωση της οικονομικής ανταγωνιστικότητας τους.

Ωστόσο, έπειτα από μια δεκαετία συνεχούς πτώσης, οι τιμές των Φ/Β πλαισίων και γενικότερα του συνολικού συστήματος παρουσίασαν αύξηση με συνέπεια να δημιουργηθεί αναταραχή στην αλυσίδα διανομής με αποτέλεσμα να παρουσιασθεί αύξηση του κόστους των υλικών καθώς και χαμηλότερη διαθεσιμότητα υλικών. Η ετήσια αναφορά του οργανισμού ανέφερε ότι η τιμή των κρυσταλλικών

φωτοβολταϊκών μονάδων στην Ευρώπη παρουσίασε αύξηση μεταξύ 4%-7% συγκριτικά με το 2020.

Η αύξηση της τιμής οφείλεται στην άνοδο του κόστους του πυριτίου, η οποία αυξήθηκε σε ραγδαίο ρυθμό τις τελευταίες βδομάδες. Παρόλο που δεν έχει πραγματοποιηθεί αύξηση τιμής σε όλα τα υλικά που απαιτούνται για την εγκατάσταση του συστήματος, η εκτίμηση του Διεθνούς Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) είναι πως οι τιμές των ηλιακών μονάδων μπορεί να είναι κατά μέσο όρο, το ένα πέμπτο υψηλότερες από τις τιμές που υπήρχαν το 2020.

Παρά τα τρέχοντα προβλήματα της αλυσίδας εφοδιασμού, ο Παγκόσμιος Οργανισμός IRENA ανέφερε ότι η ηλιακή και αιολική ενέργεια, με τους σχετικά γρήγορους χρόνους υλοποίησης των εγκαταστάσεων, έχουν ιδιαίτερη σημασία για την επίτευξη της ταχείας μείωσης των ορυκτών καυσίμων.

Το 2022 είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πόσο οικονομικά βιώσιμη είχε γίνει η νέα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απελευθερώνει τις οικονομίες από τις μη σταθερές τιμές και τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, περιορίζει το ενεργειακό κόστος και πραγματοποιεί ενίσχυση της ανθεκτικότητας της αγοράς – η ενίσχυση της ανθεκτικότητας της αγοράς θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί εφόσον συνεχιστεί η τρέχουσα ενεργειακή κρίση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η ηλιακή και αιολική ενέργεια φαίνονται πιο ελκυστικές λόγω των υψηλών τιμών στο χρηματιστήριο του άνθρακα και των ορυκτών αερίων που σημειώθηκαν το 2021 και το 2022.

Ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), ανέφερε ότι το κόστος καυσίμων και του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ για τις ήδη υπάρχουσες μονάδες φυσικού αερίου στην Ευρώπη ενδεχομένως να ανέρχεται κατά μέσο όρο τέσσερις μέχρι έξι φορές υψηλότερο το 2022 συγκριτικά με αυτό των νέων ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων και των χειρσαίων αιολικών συστημάτων που τέθηκαν σε λειτουργία το 2021. Έκθεση που δημοσιεύθηκε νωρίτερα φέτος από την ενεργειακή εταιρία BP προέβλεψε ότι το LCOE της ηλιακής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο ενδέχεται να μειωθεί έως και 55% μέχρι το έτος 2030.

Επί του παρόντος, το LCOE των φωτοβολταϊκών κυμαίνεται μεταξύ 0,0312€/kWh έως 0,110€/kWh, ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης, την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής που είναι εγκατεστημένο το σύστημα, και το συνολικό κόστος της εγκατάστασης όπου κυμαίνεται από 530€/kW_p έως 1600 €/kW_p, ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που διαθέτουν σύστημα αποθήκευσης είναι μια ραγδαία αναπτυσσόμενη αγορά στο ενεργειακό σύστημα. Σήμερα το LCOE των υβριδικών συστημάτων φωτοβολταϊκών συστημάτων με συσσωρευτές κυμαίνεται από 0,052€/kWh έως 0,192€/kWh. Αυτό το μεγάλο εύρος τιμής οφείλεται στην διαφορά τιμής των διαφόρων συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Μακροχρόνια, οι προβλέψεις δείχνουν ότι το 2040, το LCOE θα βρίσκεται μεταξύ 0,0358€/kWh και 0,0677€/kWh για μικρά συστήματα οροφής, και μεταξύ 0,0192€/kWh και 0,0351€/kWh για επίγεια φωτοβολταϊκά συστήματα. Από το 2024, το LCOE αναμένεται να είναι κάτω από 0,10€/kWh για όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα (χωρίς την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας). Το 2040, ακόμη και τα συστήματα φωτοβολταϊκού - αποθήκευσης ενέργειας μικρής κλίμακας αναμένεται να επιτύχουν LCOE μεταξύ 0,05€/kWh και 0,12€/kWh[66].

Αποτελέσματα Προσομοίωσης Εξεταζόμενων Σεναρίων

Έχοντας συγκρίνει και αναλύσει ορισμένους δείκτες και συντελεστές στην προηγούμενη ενότητα, στο σημείο αυτό εξετάζονται τα επτά σενάρια βάσει των υπολογισμών που μας παρουσιάζουν την αποδοτικότητα της επένδυσής μας, καθώς και την ανάλυση της συμπεριφοράς τους, έπειτα από μεταβολή των κρίσιμων οικονομικών μεταβλητών στοιχείων.

- Σενάριο 1^ο: Ιδιοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο με σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Σενάριο 2^ο: Ιδιοπαραγωγός με χρήση ηλεκτρογεννήτριας.
- Σενάριο 3^ο: Αυτοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο με σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Σενάριο 4^ο: Αυτοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο με χρήση ηλεκτρογεννήτριας με σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.

- Σενάριο 5^ο: Ιδιοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο και χωρίς σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Σενάριο 6^ο: Αυτοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο και χωρίς σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Σενάριο 7^ο: Αυτοπαραγωγός συνδεδεμένος στο δίκτυο με χρήση ηλεκτρογεννήτριας και χωρίς σταθερό κόστος εμπορείας ηλεκτρικής ενέργειας.

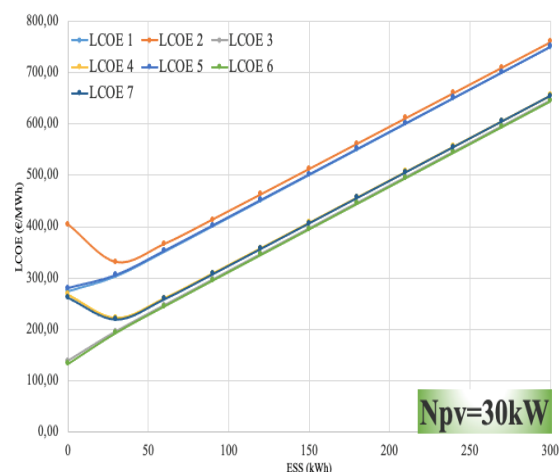
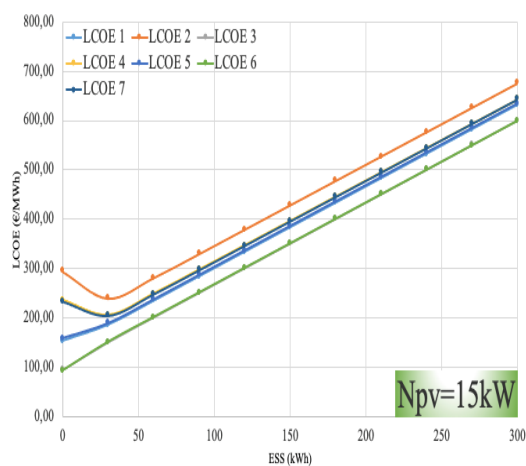
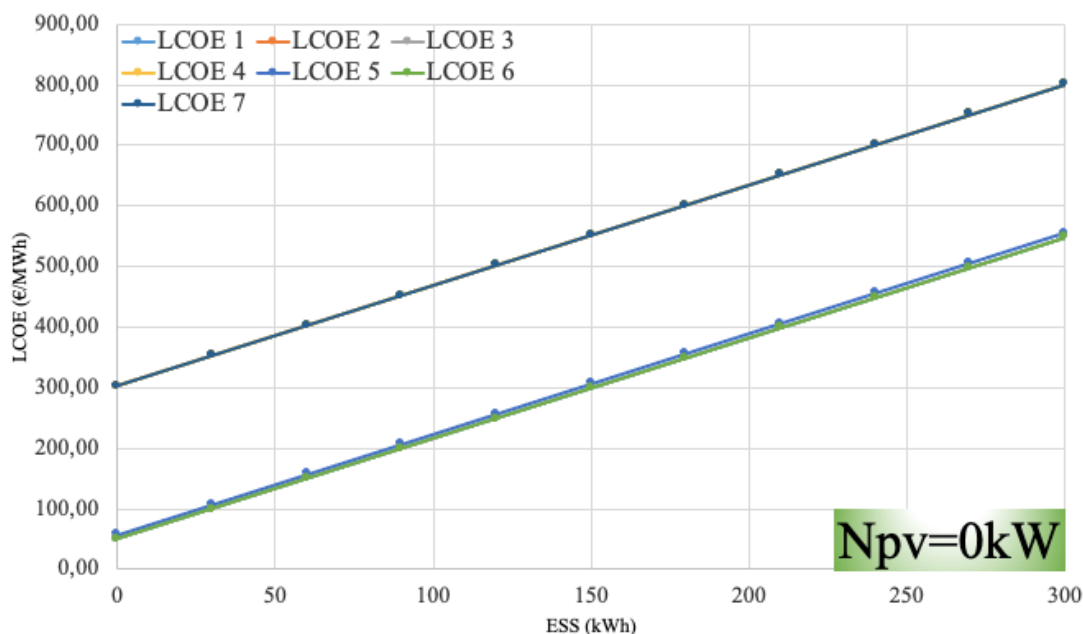
Τα επτά σενάρια που προαναφερθήκαν προσομοιωθήκαν με τα εξής μεταβαλλόμενα στοιχεία:

- Υποπερίπτωση 1^η: $c_{el} = 0,05 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 1,0 \text{ €/lt}$.
- Υποπερίπτωση 2^η: $c_{el} = 0,10 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 1,0 \text{ €/lt}$.
- Υποπερίπτωση 3^η: $c_{el} = 0,15 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 1,0 \text{ €/lt}$.
- Υποπερίπτωση 4^η: $c_{el} = 0,20 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 1,0 \text{ €/lt}$.
- Υποπερίπτωση 5^η: $c_{el} = 0,10 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 0,8 \text{ €/lt}$.
- Υποπερίπτωση 6^η: $c_{el} = 0,10 \text{ €/kWh}$, $c_{oil} = 1,2 \text{ €/lt}$.

Στο σημείο αυτό, για την εύρεση του αποδοτικότερου σεναρίου αυτοπαραγωγής θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ενέργειας (LCOE), και τα γραφήματα σύγκρισης θα έχουν το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ενέργειας (LCOE) συναρτήσει της χωρητικότητας του συσσωρευτή για τρία σημεία ισχύος του Φ/Β ($N_{pv}=0\text{kW}$, $N_{pv}=15\text{kW}$ και $N_{pv}=30\text{kW}$).

Συγκρίνοντας την πρώτη περίπτωση Εικόνα 32, για $N_{pv}=0\text{kW}$, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο μέρος καμπύλων των σεναρίων εφάπτονται μεταξύ τους, στις καμπύλες του $LCOE_{2,4,7}$ το αρχικό κόστος $303,03\text{€/MWh}$ οφείλεται στην χρήση ηλεκτρογεννήτριας καθώς επίσης δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια και η αύξηση του LCOE οφείλεται στην αύξηση του Ess. Στις καμπύλες του $LCOE_{1,3,6}$ το κόστος εκκίνησης είναι 50€/MWh και οφείλεται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με σταθερή τιμή $0,05\text{€/kWh}$ για την κάλυψη του ελλείματος και η ανοδική πορεία του LCOE παρατηρείται λόγω της αύξησης του Ess. Η μόνη καμπύλη που διαφέρει απειροελάχιστα με τις υπόλοιπες στο γράφημα αυτό είναι αυτή του $LCOE_5$, αποτέλεσμα το οποίο παρατηρείται διότι η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο με σκοπό την κάλυψη του ενεργειακού ελλείματος γίνεται με μεταβαλλόμενη

τιμή με αποτέλεσμα το κόστος στο τελευταίο σημείο του γραφήματος να είναι 555,99€/MWh σε αντίθεση με τις ευθείες του $LCOE_{1,3,6}$ που ανέρχονται στα 548,54€/MWh. Για $N_{pv}=15kW$ και $30kW$, όλες οι περιπτώσεις παρουσιάζουν ποικίλα αποτελέσματα με το βέλτιστο σενάριο να είναι το $LCOE_6$ διότι σε όλο το φάσμα του $LCOE$ συναρτήσεϊ του Ess του συστήματος αποθήκευσης έχει το μικρότερο $LCOE$.

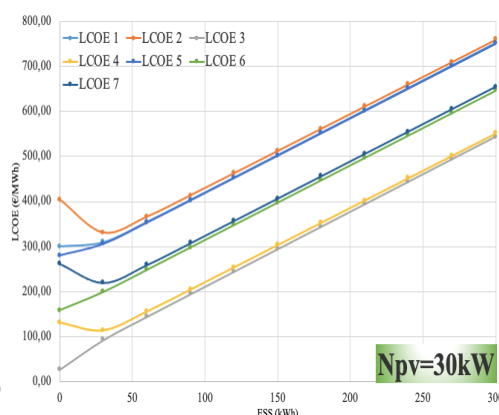
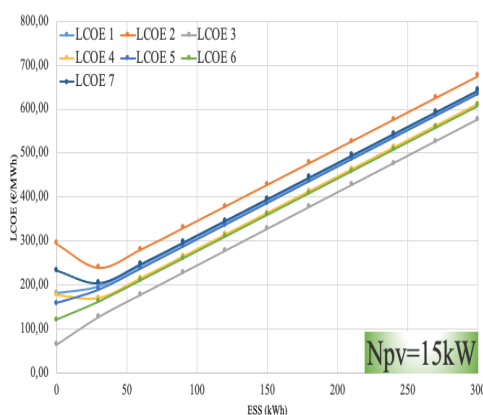
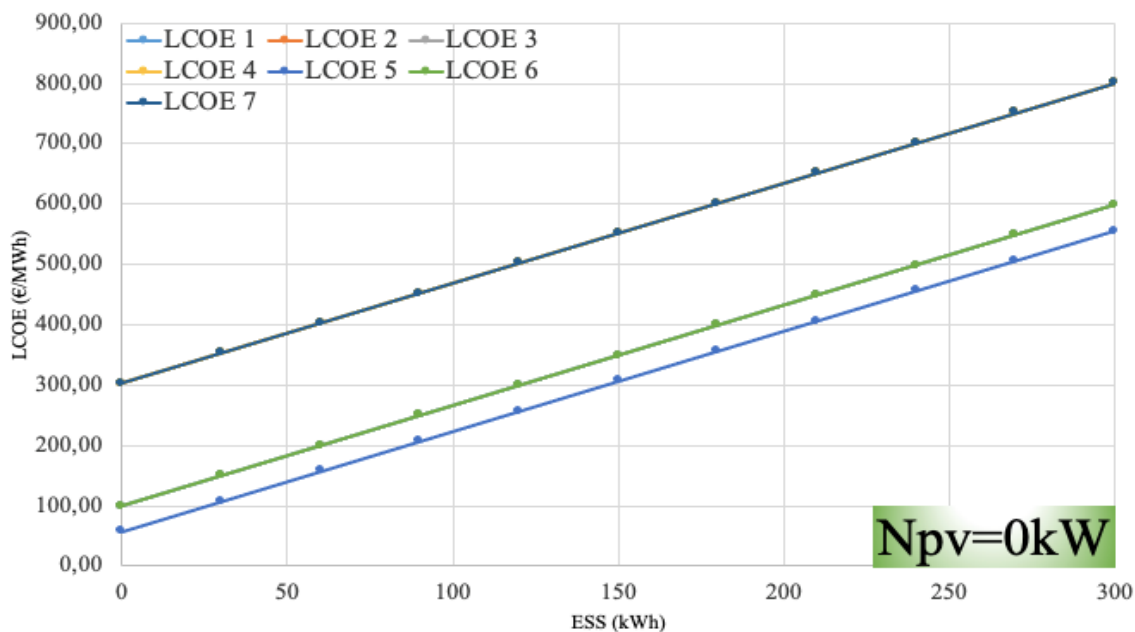


Εικόνα 32: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσεϊ της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 1.

Αναλύοντας και συγκρίνοντας την 2^η περίπτωση Εικόνα 33, για $N_{pv}=0kW$, παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά των καμπυλών του γραφήματος με την 1^η περίπτωση, με την μόνη διαφορά να διακρίνεται στα σενάρια που εμπλέκεται η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο με πάγια τιμή $c_{ei} = 0,1 \text{ €/kWh}$, όπου

εκεί παρατηρείται αύξηση του LCOE που για τις περιπτώσεις 1,3 και 6 ξεκινάει από 100€/MWh.

Όσον αφορά τα γραφήματα $N_{pv}=15kW$ τα βέλτιστα σενάρια είναι τα $LCOE_{3,4,6}$ και με διαφορά το $LCOE_3$. Για τα γραφήματα $N_{pv}=30kW$ η βέλτιστη περίπτωση διακρίνεται στα σενάρια του $LCOE_{3,4}$ με την αρχική τιμή του $LCOE_3$ να είναι 26,95€/MWh, όπου σε αυτό το σενάριο δεν υπάρχει σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

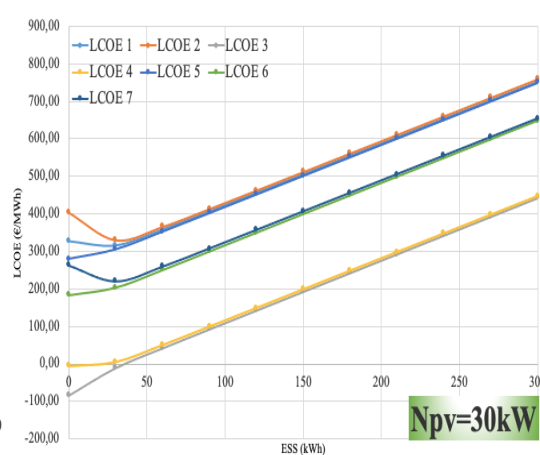
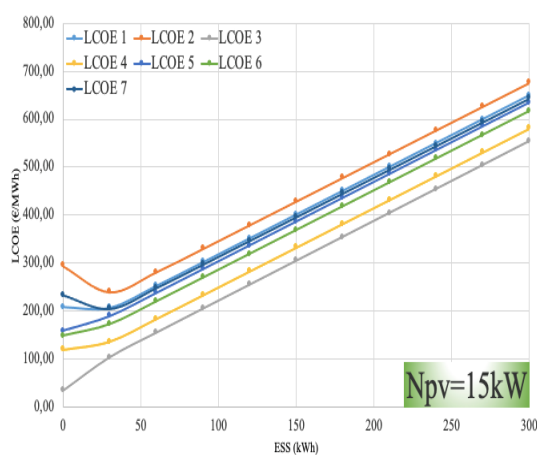
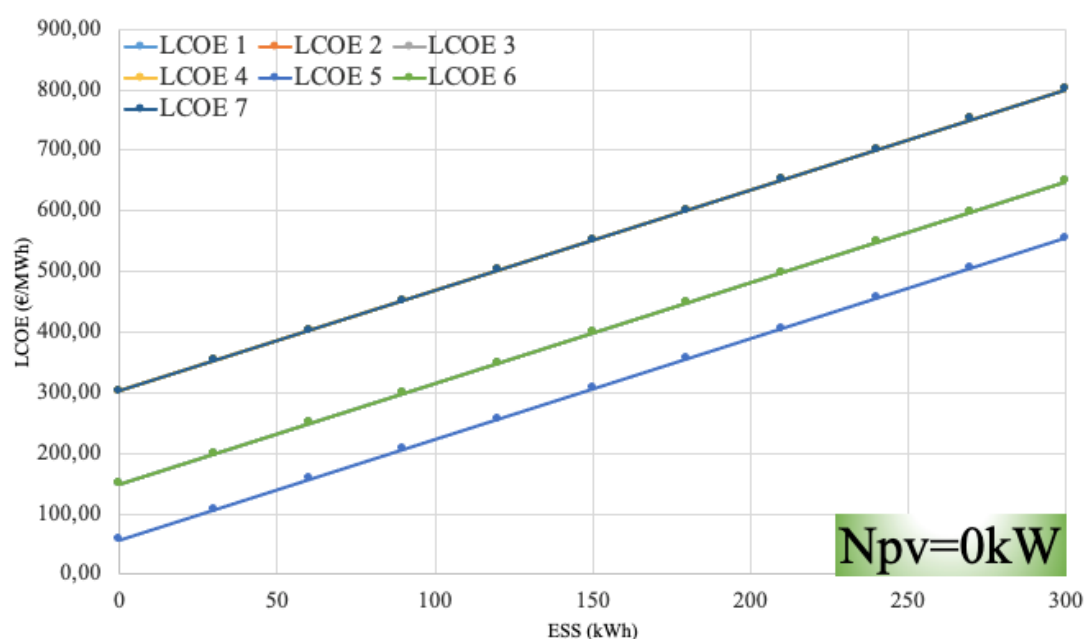


Εικόνα 33: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 2.

Στην 3^η περίπτωση Εικόνα 34, για $N_{pv}=0kW$ παρατηρούνται παρόμοια αποτελέσματα συγκριτικά με τις παραπάνω περιπτώσεις με την μοναδική διαφορά να παρουσιάζεται στα σενάρια που είναι άμεσα εξαρτημένα από την εμπορεία ηλεκτρικής ενέργειας από

το δίκτυο με πάγιο κόστος $c_{el} = 0.15\text{€/kWh}$, στα $LCOE_{1,3,4}$ που η τιμή εκκίνησης στα 150€/MWh .

Για τιμές ισχύος $N_{pv}=15\text{kW}$ τα αποτελέσματα είναι παρόμοια και οι ελάχιστες διαφορές που παρουσιάζονται είναι πολύ μικρές. Στα αποτελέσματα της ισχύος των 30kW παρατηρείται το πρώτο αρνητικό αποτέλεσμα του LCOE, στην περίπτωση του $LCOE_3$ με αρχική τιμή $-84,21\text{€/MWh}$ το οποίο συνεπάγεται με το γεγονός ότι το σύστημα είναι κερδοφόρο.



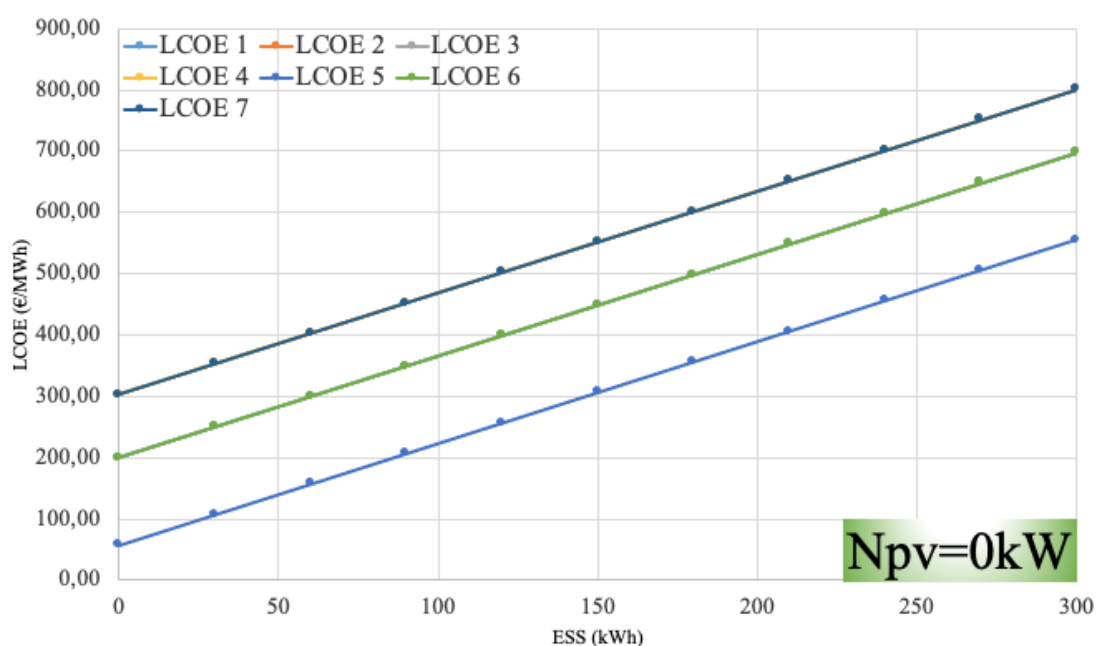
Εικόνα 34: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 3.

Στην περίπτωση 4 Εικόνα 35, για $N_{pv}=0\text{kW}$ η μορφή των καμπύλων είναι παρόμοια με τις προηγούμενες περιπτώσεις με τη μόνη διαφορά να σημειώνεται στις περιπτώσεις του $LCOE_{1,3}$ και 6 γεγονός που οφείλεται στο ότι τα σενάρια αυτά είναι εξαρτημένα

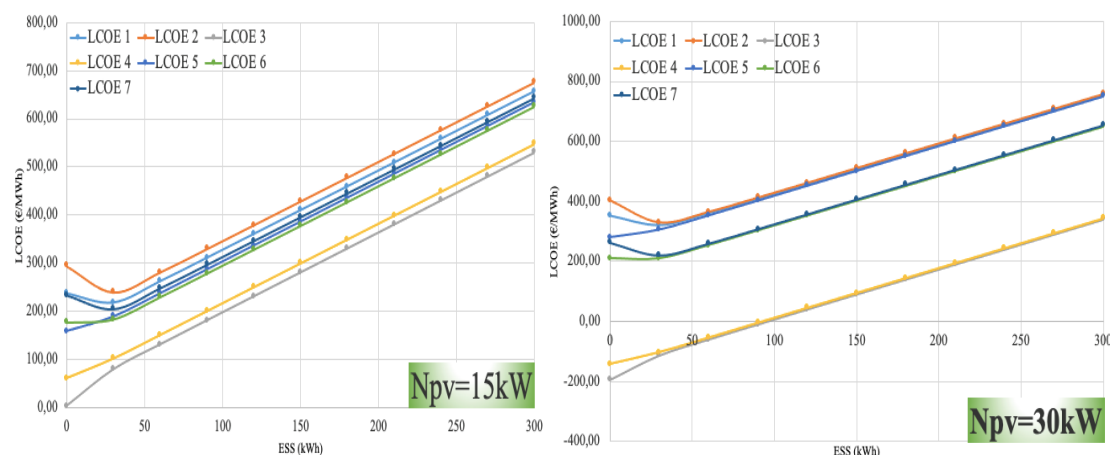
από την εμπορεία της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο με πάγιο κόστος $c_{el} = 0.20\text{€/kWh}$, όπου η αρχική τιμή τους ξεκινάει από τα 200€/MWh .

Για $N_{pv}=15\text{kW}$ οι τιμές των καμπύλων έχουν τάση παρόμοια με την 3^η περίπτωση. Η χαμηλότερη τιμή του LCOE σημειώνεται στις περιπτώσεις του LCOE 3 και 4 με την τιμή του $LCOE_3$ να έχει τιμή εκκίνησης στα 0€/MWh και να ανέρχεται στα 520€/MWh και τιμή του $LCOE_4$ να ξεκινάει από 70€/MWh και να φτάνει στα 530€/MWh , χωρίς να σημειώνεται κάποια αρνητική τιμή. Το διάγραμμα ισχύος 30kW , σημειώνεται η μέγιστη αρνητική τιμή του LCOE για τα σενάρια 3 και 4, με την μέγιστη αρνητική τιμή του LCOE να ανέρχεται για το $LCOE_3$ με αρχική τιμή $-195,37\text{€/MWh}$, αυτό οφείλεται διότι τα σενάρια αυτά (το 3^ο και το 4^ο σενάριο) αφορούν αυτοπαραγωγό που πουλάει το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει με πάγια τιμή πώλησης. Στις ευθείες του $LCOE_{3,4}$ η τιμή του LCOE παύει να είναι αρνητική από την στιγμή που η τιμή του ESS φτάνει την τιμή των 90kWh αυτό συμβαίνει διότι από το σημείο αυτό και στην συνέχεια το αρχικό επενδυτικό κόστος και το κόστος συντήρησης ανεβαίνουν σημαντικά και για αυτό προκύπτει θετικό πρόσημο στην τιμή του LCOE.

Στις επόμενες περιπτώσεις 5 και 6 Εικόνα 36 και Εικόνα 37 δεν σημειώνεται αρνητική τιμή LCOE διότι στο 3^ο και 4^ο σενάριο οι αυτοπαραγωγοί πουλάνε την πλεονάζουσα ενέργεια με την οριακή τιμή συστήματος (spot price).



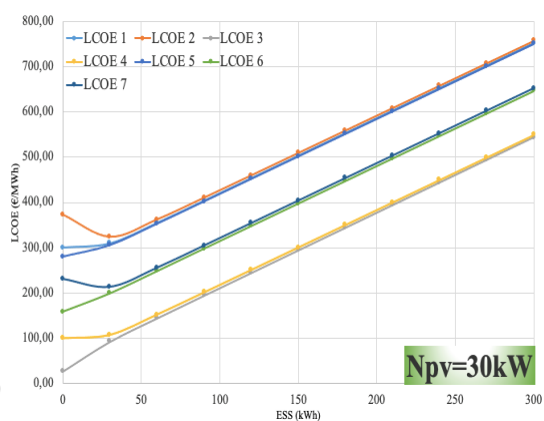
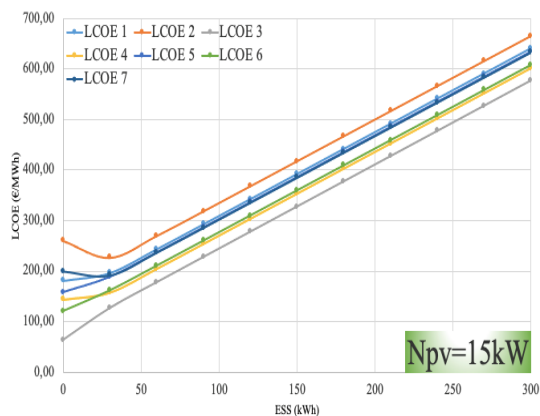
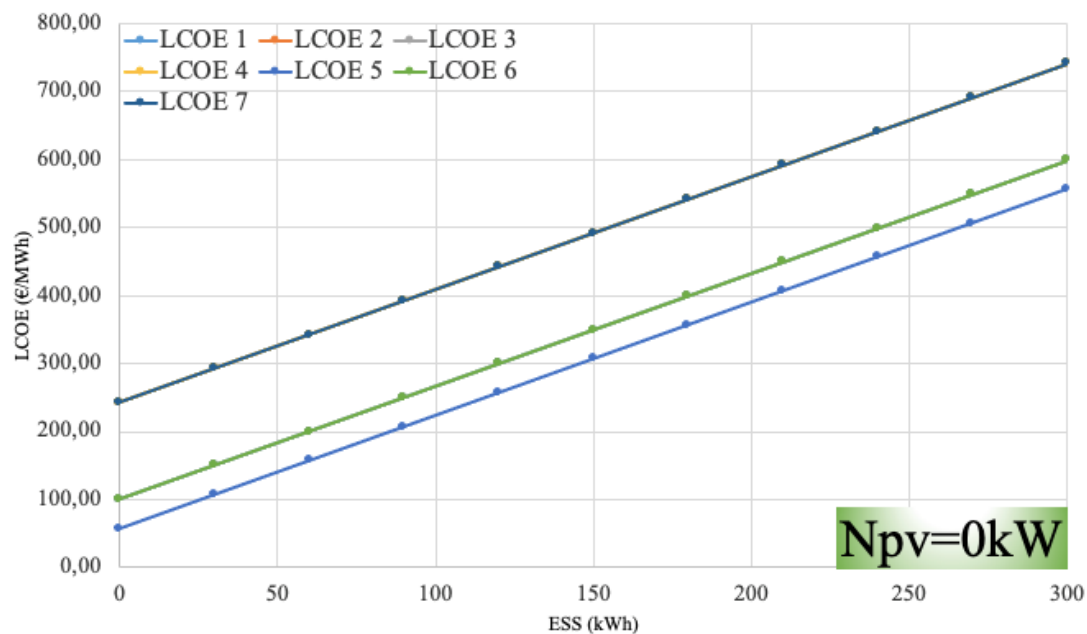
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ



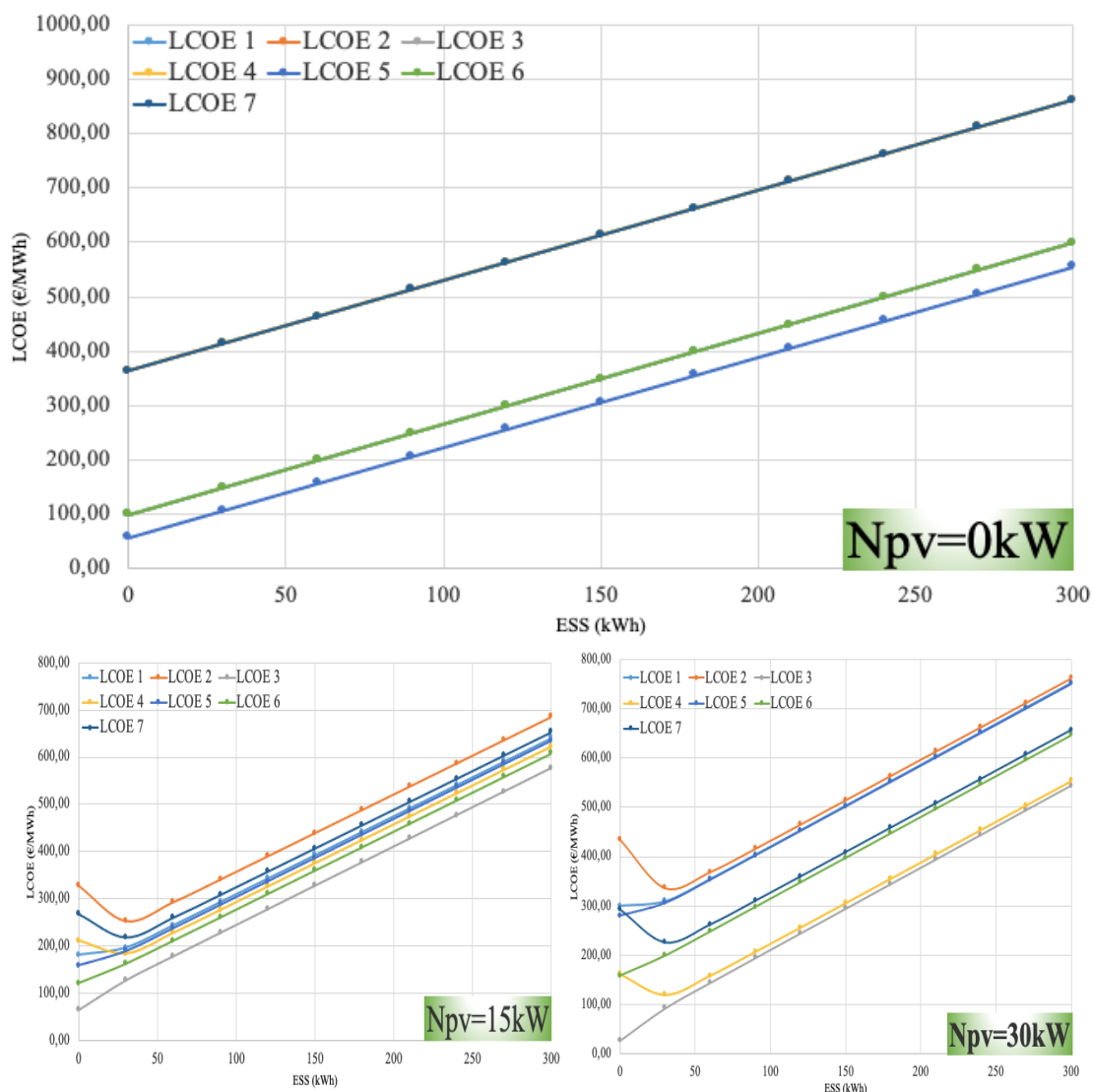
Εικόνα 35: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 4.

Στις περιπτώσεις 5 και 6 η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μένει πάγια (0,1€/kWh) και η μεταβλητή τιμή είναι αυτή του καυσίμου. Τα αποτελέσματα που αναμένονται να μεταβάλλονται είναι τα σενάρια όπου πραγματοποιείται η χρήση ηλεκτρογεννήτριας δηλαδή το LCOE των σεναρίων 2, 4 και 7. Στα αποτελέσματα της περίπτωσης 5 Εικόνα 36 όπου η τιμή του καυσίμου είναι 0,8€/lt το LCOE κυμαίνεται σε χαμηλότερα νούμερα, συγκριτικά με την περίπτωση 6 που η τιμή του καυσίμου είναι κατά 40 λεπτά υψηλότερη σε σχέση με την 5^η περίπτωση, και ανέρχεται στην τιμή 1,2€/lt. Αναλύοντας το σύνολο των γραφημάτων καταλήγουμε πως τα σενάρια που είναι πιο αποδοτικά είναι το 3^ο και το 4^ο διότι παρουσιάζουν μειωμένο LCOE συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια. Ιδίως το LCOE₃ στην 4^η περίπτωση όπου η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στο δίκτυο με σταθερή τιμή 0,2 €/kWh (με Nw = 30kW και ESS = 300kWh) παρατηρείται το σταθμισμένο κόστος να έχει αρνητική τιμή.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ



Εικόνα 36: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 5.



Εικόνα 37: Σύγκριση σταθμισμένου κόστους συναρτήσει της χωρητικότητας συσσωρευτών – περίπτωση 6.

7. Συμπεράσματα

Όπως προαναφέρθηκε στο αρχικό κεφάλαιο η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα πολύτιμο αγαθό όχι μόνο για την καθημερινή ηλεκτροδότηση των πολιτών μίας χώρας αλλά και για την οικονομία διότι χωρίς την ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι εφικτό να λειτουργήσουν οι τομείς της βιομηχανίας, της εστίασης και της πρωτογενούς παραγωγής. Πράγμα το οποίο σημαίνει πως το βιοτικό επίπεδο του συνόλου του πληθυσμού καθώς και οι κύριες πλουτοπαραγωγικές πηγές της χώρας βασίζονται στη συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Συγκεκριμένα τα τελευταία χρόνια διανύουμε

μια περίοδο τόσο οικονομικής όσο και ενεργειακής κρίσης, με αποτέλεσμα η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας να μην είναι εφικτή για όλους τους συνανθρώπους μας.

Διαμάχες πολιτικές αλλά και αντιπαραθέσεις μεταξύ χωρών για οικονομικούς λόγους κάνουν το έργο της ενεργειακής ισότητας πολύ δύσκολο.

Χρειάζεται λοιπόν να ευαισθητοποιηθεί το σύνολο των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης να υπάρξει προστασία των καταναλωτών από τους εκάστοτε φορείς και παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την ενεργειακή αυτάρκεια των πολιτών, ώστε να μην υπάρχει αντίκτυπος στην κοινωνία έπειτα από κάθε ενεργειακή και οικονομική κρίση.

Ο βέλτιστος τρόπος για να έχει αυτάρκεια ο καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η επένδυση σε υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τους εκάστοτε φυσικούς πόρους για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και την αποθήκευση της με σκοπό την καλύτερη διαχείριση και την μεγιστοποίηση της αυτάρκειας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάμε και αναλύουμε ποικίλα σενάρια αυτοπαραγωγής όπως για παράδειγμα αυτοπαραγωγή με χρήση ηλεκτρογεννήτριας σε συνδυασμό με μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ως κύρια και μόνη πηγή ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η ηλιακή ενέργεια, στο σύνολο των σεναρίων υπήρξε χρήση αποθηκευτικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, σε ορισμένα σενάρια υπήρξε πλήρης αυτονόμηση χωρίς να υπάρχει σύνεση με το ηλεκτρικό τοπικό δίκτυο και οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονταν με την χρήση ηλεκτρογεννήτριας.

Εν τέλει έπειτα από τις απαραίτητες οικονομικές συγκρίσεις, τα σενάρια που αναδείχθηκαν τα βέλτιστα ήταν το 3ο και το 4ο όπου είχαν το χαμηλότερο σταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) συγκριτικά με το σύνολο των σεναρίων. Συγκεκριμένα στην περίπτωση που το πλεόνασμα της παραγόμενης από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας εγχέεται στο δίκτυο με τιμή 0.2€/kWh(έχοντας μέγιστη ισχύ $N_{pv} = 30kW$ και μέγιστη χωρητικότητα στο σύστημα αποθήκευσης με $ESS = 300kWh$) το τρίτο και το τέταρτο σενάριο έχουν αρνητική τιμή του σταθμισμένου κόστους. Φαινόμενο το οποίο μας φανερώνει πως τα σενάρια αυτά είναι κερδοφόρα κατά την εκκίνηση της λειτουργίας τους υπερκαλύπτοντας το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Προφανώς η αγορά και η εγκατάσταση αυτών των συστημάτων δεν είναι κάτι προσιτό και εύκολο λόγω του υψηλού κόστους για την αγορά τους, ωστόσο η συνεχόμενη έρευνα που διεξάγεται, καθώς και η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την πτωτική τάση που σημειώνεται στις τιμές των υλικών που χρειάζονται για την πραγματοποίηση εγκατάστασης ενός υβριδικού συστήματος είναι σημάδια που προμηνύουν πως η πρόσβαση σε τέτοιου είδους επενδύσεις θα γίνεται ολοένα πιο προσιτή στους απλούς πολίτες.

Ωστόσο, εκτός από την μείωση του κόστους χρειάζεται και το κράτος να προωθήσει χρηματοδοτικά προγράμματα, με σκοπό να ωθήσει τους πολίτες να επενδύσουν σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και να χρηματοδοτήσει ερευνητικά ινστιτούτα και ιδρύματα με σκοπό την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Στο πλαίσιο των ενεργειών αυτών χρειάζεται να γνωστοποιηθεί στους πολίτες η εφαρμογή των υβριδικών συστημάτων καθώς και η δυνατότητα της αυτοπαραγωγής. Επιπροσθέτως χρειάζεται η απλοποίηση της διαδικασίας για την εφαρμογή αυτοπαραγωγής, καθώς και η παραμετροποίηση των περιορισμών που έχουν τεθεί από τους αρμόδιους φορείς για την εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού και εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού με σκοπό να εφαρμοσθεί αυτοπαραγωγή από περισσότερους συμβατικούς καταναλωτές.

Εν κατακλείδι, χρειάζεται να αρχίσει να ευαισθητοποιείται το σύνολο των καταναλωτών με σκοπό την επίλυση θεμάτων όπως το περιβαλλοντικό, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί η βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών καθώς και η διάσωση του πλανήτη από την υπερθέρμανση που λαμβάνει χώρα την τελευταία δεκαετία, με σκοπό ένα καλύτερο αύριο για τους συνανθρώπους μας, για εμάς και για τις επόμενες γενιές.

8. Βιβλιογραφία

- [1] Katsoulakos, N.M. An Overview of the Greek Islands' Autonomous Electrical Systems: Proposals for a Sustainable Energy Future. *Smart Grid Renew. Energy* 2019, 10, 55–82.
- [2] Rodríguez-Serrano, I., Caldés, N., de la Rúa, C. & Lechón, Y., 2017. Assessing the three sustainability pillars through the Framework for Integrated Sustainability Assessment (FISA): Case study of a Solar Thermal Electricity project in Mexico.. *Journal of Cleaner Production*, 149, pp. 1127-1144.
- [3] Watt, L., 2020. Fijian infrastructural citizenship: spaces of electricity sharing and informal power grids in an informal settlement. *Cogent Social Sciences*, 6[1], p. 1719568.
- [4] Engeland, K. και συν., 2017. Space-time variability of climate variables and intermittent renewable electricity production—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, pp. 600-617.
- [5] Arbabzadeh, M., Sioshansi, R., Johnson, J. X. & Keoleian, G. A., 2019. The role of energy storage in deep decarbonization of electricity production. *Nature communications*, 10(1), pp. 1-11.
- [6] Xu, F. και συν., 2019. Electricity production enhancement in a constructed wetland-microbial fuel cell system for treating saline wastewater. *Bioresource technology*, 288, p. 121462.
- [7] Copernicus climate change service, B-Open / Aureliana Barghini 14/01/2021.
- [8] Ec. Europa.eu/ Eurostat, Electricity from renewable sources (% of total gross electricity consumption, 2020).
- [9] Zografidou, E., Petridis, K., Petridis, N. E. & Arabatzis, G., 2017. A financial approach to renewable energy production in Greece using goal programming. *Renewable energy*, 108, pp. 37-51.
- [10] Σιδηρόπουλος Στέφανος, Θεσσαλονίκη 2019, Α.Π.Θ. Θαλάσσια κυκλοφορία και εκμετάλλευση ενέργειας στα στενά Εύριπου. Σελ. 12-15.
- [11] Πανελλήνιο Ηλεκτρικό Ρεύμα, ΔΕΔΔΗΕ - Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Pir.gr.
- [12] Ιδιωτικοποίηση ΔΕΔΔΗΕ: Όσα πρέπει να γνωρίζεται για το deal με τη Macquarie, Παναγούλης Θεοδωής, 11 Σεπτεμβρίου 2021, news247.gr.
- [13] A review of short-term electricity price forecasting techniques in deregulated electricity markets 2009, Linlin Hu, Gareth Anthony Taylor, Hai-Bin Wan, M. Irving. Σελ. 2.

[14] Electricity regulation in the United States: Overview, Mark F Sundback, Bill Rappolt and Andrew P Mina, Sheppard Mullin LLP, Ιούλιος 2020.

[15] Papaioannou, G. P. και συν., 2020. Granger Causality Network Methods for Analyzing Cross-Border Electricity Trading between Greece, Italy, and Bulgaria. *Energies*, 13(4), σελ. 900.

[16] ΥΠΕ, 2021. Τιμολόγηση Ηλεκτρικής Ενέργειας. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/ilektriki-energeia/lianiki-agora/timologisi-ilektrikis-energeias/>.

[17] Drosos, D., Kyriakopoulos, G. L., Arabatzis, G. & Tsotsolas, N., 2020. Evaluating customer satisfaction in energy markets using a multicriteria method: The case of electricity market in Greece. *Sustainability*, 12(9), σελ. 3862.

[18] Pasquale DE MICCO. A cold winter to come? The EU seeks alternatives to Russian gas. DIRECTORATE-GENERAL FOR EXTERNAL POLICIES POLICY DEPARTMENT. Οκτ. 2014. σελ 4-10.

[19] Matteo Ciucci 10/2021, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf. σελ.1.

[20] Luke Richardson. History of Solar Energy: Timeline & Invention of Solar Panels. May 3 2022. <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>

[21] Benjamin Wehrmann. Solar power in Germany – output, business & perspectives. 13 Απριλίου 2022. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives>.

[22] Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Μάρτιος 2021. Insete.gr

[23] Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών. Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2007-2021. 27 Δεκεμβρίου, 2010 - 13 Μαΐου 2022. Helarpc.gr

[24] Θωμαΐδου Αγάπη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα. Καβάλα Νοέμβριος 2009. Σελ. 11.

[25] Καλλδέλης Κ. Ιωάννης, Καββαδίας Α. Κοσμάς. Αθήνα 2001. Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας. Σελ. 170

[26] Jose L. Bernal-Agustin, Rodolfo Dufo-Lopez. Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 21 Ιανουαρίου 2009. Σελ. 1

[27] Askari Mohammad Bagher, Mirzaei Mahmoud Abadi Vahid, Mirhabibi Mohsen. Types of Solar Cells and Application. *American Journal of Optics and Photonics*. Σελ. 94-113.

- [28] Monika Sharma. Generators: Working, types and advantages. Σελ. 1
- [29] Annaratone D., Steam Generators: Description and Design. Milano: Springer, 2007. <https://energyeducation.ca>
- [30] Leonardo Giorgi, Fabio Leccese. Fuel Cells: Technologies and Applications. Σελ.1
- [31] The Life Expectancy of Your Diesel Generator. Αυγουστος 21, 2020. Reactpower.com
- [32] Θ.Α. Ηλιόπουλος, Προσομοίωση και Αξιολόγηση Υβριδικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας μικρής κλίμακας που εμπεριέχουν τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2014
- [33] Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Μελέτη Επάρκειας Ισχύος Για την Περίοδο 2020-2030. Αθήνα, Δεκέμβριος 2019.
- [34] Τσαρτσάλη Ελένη. Μελέτη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας ενός Οικιακού καταναλωτή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή. Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2013. Σελ. 18.
- [35] Δημήτριος Γ. Αγγελόπουλος. Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία Προώθησης Επενδύσεων σε Έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αθήνα, Δεκέμβριος 2019. Σελ. 16.
- [36] Staats M, de Boer-Meulman P, van Sark W. Experimental determination of demand side management potential of wet appliances in the netherlands. Sustain Energy Grids Netw 2017;9:80–94.
- [37] Castillo-Cagigal M, Caamano-Martín E, Matallanas E, Masa-Bote D, Gutiérrez A, Monasterio-Huelin F, et al. Pv self-consumption optimization with storage and active dsm for the residential sector. Sol Energy 2011;85(9):2338–48.
- [38] Yeon Ju Baik, Ye Gu Kang. Distributed ESS Capacity Decision for Home Appliances and Economic Analysis. MDPI. 28 Ιουλίου 2022. Σελ. 1
- [39] Kyriakopoulos, G. L., Arabatzis, G., Tsialis, P. & Ioannou, K., 2018. Electricity consumption and RES plants in Greece: Typologies of regional units. Renewable Energy, 127, pp. 134-144.
- [40] Sanchez Brandon. How does an Energy Storage System (ESS) work?. 27 Ιουλίου, 2020. <https://electricpower.com>
- [41] Agentschap N. Zonnestroom en de nederlandse wetgeving. Ministerie van Economische Zaken. Landbouw en Innovatie (Ministry of Economic Affairs); 2012.

[42] Arghandeh R, Woyak J, Onen A, Jung J, Broadwater RP. Economic optimal operation of community energy storage systems in competitive energy markets. *Appl Energy* 2014;135:71–80.

[43] Thomas P, Walker T, McCarthy C. Demonstration of community energy storage fleet for load leveling, reactive power compensation, and reliability improvement. *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE. IEEE; 2012. p. 1–4.*

[44] AlSkaif T, Schram W, Litjens G, van Sark W. Smart charging of community storage units using markov chains. *PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), 2017 IEEE. IEEE; 2017. p. 1–6.*

[45] Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας. Technological Education Institute of Piraeus. Department of Mechanical Engineering. Lab of Soft Energy Applications & Environmental Protection. Δευτέρα, 1 Ιουλίου 2013. Sealab.gr

[46] Pietro Tumino. The Architecture of Battery Energy Storage Systems. 23 Σεπτεμβρίου, 2020. Eepower.com

[47] Ν. Ανδρίστος. Ενέργεια και Περιβάλλον. Αποθήκευση Ενέργειας. Σελ 287.

[48] Domenech, T. & Bahn-Walkowiak, B., 2019. Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states. *Ecological Economics*, 155, pp. 7-19.

[49] Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας. Ενεργειακά Συστήματα. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Σελ.10-11.

[50] Vasileiou, M., Loukogeorgaki, E. & Vagiona, D. G., 2017. GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece. *Renewable and sustainable energy reviews*, 73, pp. 745-757.

[51] Natascia Andrenacci, Francesco Vellucci and Vincenzo Sglavo. The Battery Life Estimation of a Battery under Different Stress Conditions. MDPI. 18 December 2021. Σελ. 1-2.

[52] Edwin van Oosten. Temperature effects on batteries - Intercel Services B.V. intercel.eu

[53] Advantages and Disadvantages Of Hybrid Solar Energy Systems. 28 Απριλίου, 2018. Solartechnologies.com

[54] Gamero, A. και συν., 2017. Tracking progress toward EU biodiversity strategy targets: EU policy effects in preserving its common farmland birds. *Conservation Letters*, 10(4), pp. 395-402.

[55] Ευρωπαϊκή Ένωση, 2021. Δέσμη μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια για το 2020 (2009/28/ΕΚ). [Ηλεκτρονικό] Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=legissum%3A2001_8

[56] Vos, C., 2017. European integration through ‘soft conditionality’. The contribution of culture to EU enlargement in Southeast Europe. *International Journal of Cultural Policy*, 23(6), pp. 675-689.

[57] Kern, K., 2019. Cities as leaders in EU multilevel climate governance: Embedded upscaling of local experiments in Europe. *Environmental Politics*, 28(1), pp. 125-145.

[58] Di Cataldo, M., 2017. The impact of EU Objective 1 funds on regional development: Evidence from the UK and the prospect of Brexit. *Journal of Regional Science*, 57(5), pp. 814-839.

[59] Ελληνική Κυβέρνηση, 2011. Νόμος 4001/2011 : Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου.. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 179/Α/22-8-2011).

[60] Tsoutsos, T. και συν., 2017. Benchmarking framework to encourage energy efficiency investments in South Europe. The trust EPC South approach. *Procedia environmental sciences*, 38, Issue 413-419.

[61] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Μάρτιος 2019, Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

[62] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό για ιδιώτες, επιχειρήσεις και ενεργειακές κοινότητες με ή χωρίς αποθήκευση. Net-metering. 27 Απριλίου 2022. Σελ. 1-19. Helapco.gr

[63] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Αύγουστος 2021, Τροποποίηση της υπό στοιχεία ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/ 15084/382/19.02.2019 υπουργικής απόφασης «Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018» (Β'759), Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

[64] Solar Market Insight Report 2022 Q2, SEIA/Wood Mackenzie Power & Renewables U.S. Solar Market Insight. 7 Ιουνίου, 2022.

[65] Φωτοβολταϊκά Net Metering. Αυτοπαραγωγή Ενέργειας. Solarway.gr

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΥΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ-
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

[66] Levelized Cost Of Electricity – Renewable Energy Technologies, Fraunhofer ISE
,Dr. Christoph Kost.