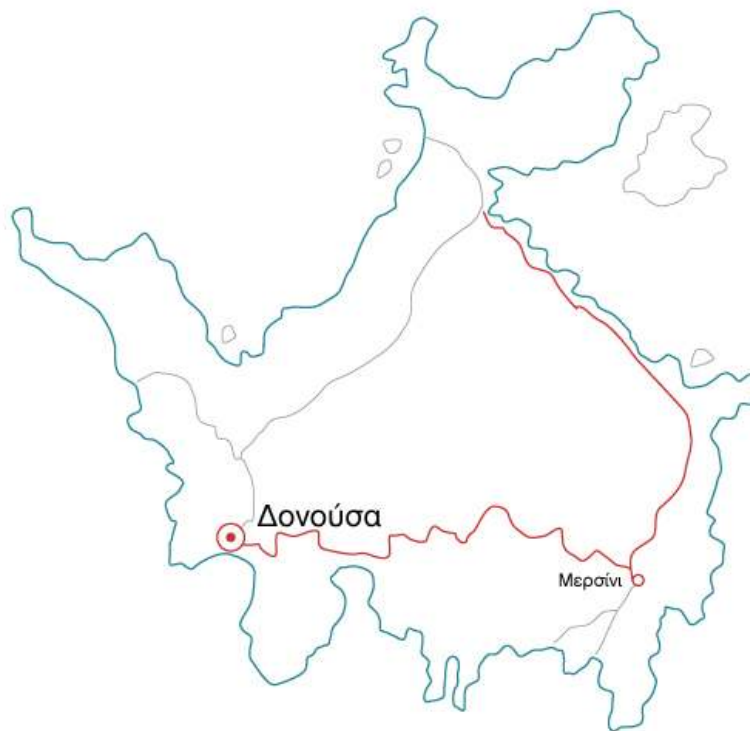


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Σχεδιασμός Υβριδικού Συστήματος Ενέργειας Στη Νήσο Δονούσα Με Χρήση Homer Energy

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Επιμελητής: Θωμάς Σταματόπουλος

Επιβλέπων: Αρθούρος Ζερβός
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας, είναι η ανάλυση της λειτουργίας αυτόνομου υβριδικού συστήματος ενέργειας αποτελούμενο από ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, συμβατικές μονάδες παραγωγής και ηλεκτρικούς συσσωρευτές, ως σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και χωροταξική εφαρμογή της τελικής επιλογής. Η οικονομοτεχνική ανάλυση, γίνεται με χρήση του λογισμικού του Homer Energy, στο οποίο ενσωματώνονται όλες οι παράμετροι του συστήματος.

Θεωρήθηκαν τρία πιθανά σενάρια:

- χωρίς χρήση ΑΠΕ με και χωρίς μονάδες αποθήκευσης,
- χωρίς χρήση συμβατικών μονάδων παραγωγής με και χωρίς μονάδες αποθήκευσης και
- βελτιστοποίηση με χρήση όλων των τεχνολογιών και χρήση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας.

Οι οικονομικοί παράγοντες κάθε τεχνολογίας εισάγονται στο λογισμικό του Homer Energy το οποίο τρέχει όλα τα πιθανά σενάρια εντός των οριοθετημένων περιοχών και παρουσιάζει τις πιο ενδεδειγμένες λύσεις, δηλαδή αυτές με το ελάχιστο κόστος (κόστος κατασκευής και λειτουργίας) για ολόκληρη τη διάρκεια ζωής του έργου.

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει τη χρησιμότητα των Υβριδικών Συστημάτων Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ σε μικρά ενεργειακά συστήματα εκτός δικτύου, όπως αυτό της Δονούσας. Γίνεται ιδιαίτερη ανάλυση των οικονομικών στοιχείων μιας τέτοιας επένδυσης και σύγκριση των σεναρίων που προαναφέρθηκαν ως προς το συνολικό κόστος, αναδεικνύοντας το βέλτιστο συντελεστή διείσδυσης των ΑΠΕ σε ένα τέτοιο σύστημα, ο οποίος με χρήση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να είναι αρκετά υψηλός.

Η εργασία εμφανίζει μεγάλη χρησιμότητα, λόγω του μεγάλου ενεργειακού προβλήματος που αντιμετωπίζουν μικρά συστήματα εκτός δικτύου των Κυκλάδων, σε συνδυασμό με το υψηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό που διαθέτουν. Με την σημερινή κατάσταση της απόλυτης ενεργειακής εξάρτησης των νησιών αυτών από τις συμβατικές μονάδες και το εισαγόμενο πετρέλαιο, η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρόταση ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης με δυνατότητα ευρύτερης εφαρμογής. Ως μελέτη περίπτωσης επιλέγεται και αναλύεται η νήσος Δονούσα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας κ. Αρθούρο Ζερβό Καθηγητή Ε.Μ.Π. για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με την παρούσα εργασία. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Κάραλη για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθειά του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για τη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	7
1.1 Ενέργεια – Ιστορική Αναδρομή [1].....	7
1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [3]	8
1.3 ΑΠΕ – Ελλάδα [6].....	10
1.4 ΑΠΕ - Κοινωνική Αποδοχή [7].....	12
2. Δονούσα	14
2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά [8]	14
2.2 Εκτίμηση Δυναμικού ΑΠΕ.....	16
2.2.1 Αιολικό Δυναμικό	17
2.2.2 Ηλιακό Δυναμικό.....	17
2.3 Υπάρχουσα Κατάσταση	19
2.4 Ευνοϊκές συνθήκες εφαρμογής της μελέτης στη Δονούσα	20
3. Υβριδικά Συστήματα	23
3.1 Εισαγωγή	23
3.2 Εφαρμογές υβριδικών συστημάτων ενέργειας	24
3.2.1 Συστήματα διεσπαρμένης παραγωγής σε κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.....	24
3.2.2 Αυτόνομα υβριδικά συστήματα.....	24
3.2.3 Τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού	25
3.3 Τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας	25
3.3.1 Αντλησιοταμίευση[12]	26
3.3.2 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές[12].....	26
3.3.3 Συμπύεση αέρα[12].....	26
3.3.4 Σφόνδυλος[12]	27
3.3.5 Υπεραγωγίμα υλικά[12]	27
3.3.6 Υπερπυκνωτές[13].....	28
3.3.7 Κυψέλες καυσίμου[14].....	28
3.3.8 Θερμική αποθήκευση	29
4. Προσομοίωση του υβριδικού ενεργειακού συστήματος για τη Δονούσα	30
4.1 Σημαντικές αποφάσεις για το ενεργειακό σύστημα.....	30
4.1.1 Μέρη υβριδικού συστήματος	30
4.1.2 Μέσο αποθήκευσης[15].....	31

4.1.3 Στοιχεία προσομοίωσης	32
4.2 Εργαλείο προσομοίωσης	33
4.3 Υπολογιζόμενα μεγέθη.....	35
4.3.1 Οικονομικοί Υπολογισμοί.....	36
4.3.2 Υπολογισμοί ενέργειας	36
4.3.3 Φωτοβολταϊκά (PV).....	36
4.3.4 Ανεμογεννήτριες (WT).....	37
4.3.5 Γεννήτρια (G)	37
4.3.6 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές (B).....	37
4.3.7 Αντιστροφέας (C).....	38
4.3.8 Εκπομπές ρύπων	38
4.3.9 Παρατηρήσεις	38
5. Σενάρια λειτουργίας υβριδικού συστήματος	40
5.1 Σενάριο 1: 0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες	40
5.1.1 Περίπτωση Ι – χωρίς τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας.....	40
5.1.2 Περίπτωση ΙΙ – με τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας.....	45
5.2 Σενάριο 2: 100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες	54
5.2.1 Περίπτωση Ι – χωρίς τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας.....	54
5.2.2 Περίπτωση ΙΙ – με τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας.....	61
5.3 Σενάριο 3: ... Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων (με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας).....	70
5.3.1 Οικονομικά στοιχεία	71
5.3.2 Ενεργειακά στοιχεία.....	74
5.3.3 Φωτοβολταϊκά	75
5.3.4 Ανεμογεννήτριες	76
5.3.5 Γεννήτρια.....	76
5.3.6 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές	77
5.3.7 Αντιστροφέας	79
5.3.8 Εκπομπές ρύπων	79
5.2.1.6 Παρατηρήσεις	80
6. Συμπεράσματα – Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας.....	81
6.1 Συμπεράσματα.....	81
6.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας.....	82
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	84

7.1 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.1.2 (0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)	84
7.1.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.	84
7.1.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.	85
7.2 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.2.2 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)	87
7.2.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.	87
7.2.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.	89
7.3 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.3 (Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων)	90
7.3.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.	90
7.3.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.	92
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	94
8.1 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)	94
8.2 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες χωρίς χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)..	94
8.3 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.2 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)	95
8.4 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων)	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	97

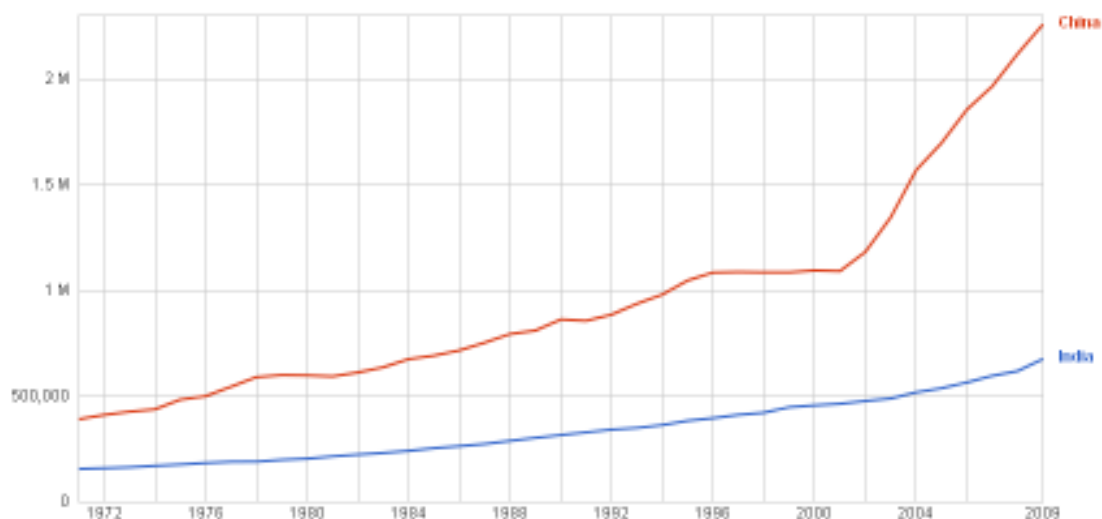
1. Εισαγωγή

1.1 Ενέργεια – Ιστορική Αναδρομή [1]

Ο άνθρωπος έκανε για πρώτη φορά χρήση ενέργειας προερχόμενης έξω από το σώμα του, όταν ανακάλυψε πως να χρησιμοποιεί τη φωτιά. Το κύριο, και σε πολλές περιπτώσεις, το μόνο διαθέσιμο καύσιμο ήταν το ξύλο. Πέρα από την ικανοποίηση βασικών αναγκών σε θέρμανση και μαγείρεμα, το ξύλο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ξυλάνθρακα, που με τη σειρά του χρησιμοποιήθηκε για να αναγάγει ορυκτά σε μέταλλα.

Τα πρώτα ορυκτά καύσιμα που εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος ήταν επιφανειακά αποθέματα ασφάλτου, τύρφης και άνθρακα, πετρέλαιο από επιφανειακή ανάβλυση και αέριο προερχόμενο από υπόγεια αποθέματα. Παρά την ύπαρξη εκτενών κοιτασμάτων, η εξόρυξη άνθρακα με πρωτόγονα μέσα ήταν πολύ δύσκολη, με αποτέλεσμα το ξύλο να παραμείνει το κύριο χρησιμοποιούμενο καύσιμο μέχρι τις αρχές του 18^{ου} αιώνα και την χρήση του κοκ, η οποία σε συνδυασμό με την εμφάνιση της ατμομηχανής οδήγησε στη ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη. Οι αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες με την εξέλιξη της βιομηχανίας, οδήγησαν σε μεγάλη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα τη συνεχή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Energy use (kt of oil equivalent)



Σχήμα 1.1: Κατανάλωση ενέργειας σε ισοδύναμους τόνους πετρελαίου[2]

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Παρά την παγκόσμια οικονομική κρίση, λόγω της αύξησης του βιοτικού επιπέδου και του ανθρώπινου πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες, κυρίως Ινδία και Κίνα, η ενεργειακή ζήτηση ολοένα αυξάνεται. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Αυτές οι πηγές, είναι μη ανανεώσιμες και αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται ότι με το σημερινό ρυθμό παραγωγής ενέργειας, τα ορυκτά καύσιμα καταναλώνονται εκατό φορές ταχύτερα από το χρόνο που απαιτείται για να ξαναδημιουργηθούν. Εκτός αυτού, η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργεί μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου. Καθίσταται λοιπόν σαφής η αναγκαιότητα ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [3]

Η ανανεώσιμη ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από πηγές που δεν εξαντλούνται ή που μπορούν να αντικατασταθούν ταχύτατα από τις βιοχημικές διεργασίες της γης. Στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) συμπεριλαμβάνεται η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η αξιοποίηση των νερών των ποταμών και των θαλασσών (κύματα και παλίρροιες) σε μικρή κλίμακα, η γεωθερμία και άλλες πηγές προερχόμενες από τη βιομάζα.

Οι Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας και η εξοικονόμηση (ορθολογική χρήση) ενέργειας, αποτελούν τις πιο ρεαλιστικές λύσεις στα σημερινά ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Οι τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας που χαρακτηρίζονται ως ανανεώσιμες ή ήπιες περιλαμβάνουν την:

- Ηλιακή Ενέργεια (έμμεση ή άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας),
- Αιολική Ενέργεια (εκμετάλλευση του ανέμου),
- Γεωθερμική Ενέργεια (εκμετάλλευση του γεωθερμικού πεδίου),
- Βιομάζα (εκμετάλλευση γεωργικών, ζωικών, δασικών υπολειμμάτων, αστικών λυμάτων κτλ),
- Υδροδυναμική Ενέργεια (εκμετάλλευση υδάτινων πόρων),
- Θαλάσσια Ενέργεια (εκμετάλλευση της κίνησης των κυμάτων και ρευμάτων της θάλασσας).

Η ονομασία αυτών των τεχνολογιών ως ανανεώσιμες, γίνεται καθώς οι τεχνολογίες αυτές είναι πρακτικά ανεξάντλητες, έχοντας δυνατότητα να

ανανεώνουν συνεχώς το δυναμικό τους μέσω βιοχημικών διεργασιών του πλανήτη. Η ύπαρξή τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη. Οι τεχνολογίες αυτές αναφέρονται και ως ήπιες. Η ονομασία αυτή αποδίδει τη μικρή επιβάρυνση αυτών στο περιβάλλον σε αντίθεση με ότι συμβαίνει με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα.

Οι ΑΠΕ προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα αλλά παράλληλα χαρακτηρίζονται και από κάποια πλεονεκτήματα. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι:

- Συμβολή στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος
- Ελάχιστη επιβάρυνση του περιβάλλοντος
- Συμβολή στην εξοικονόμηση συναλλάγματος μειώνοντας τις εισαγωγές ενέργειας από άλλες χώρες, συμβάλλοντας στην ενεργειακή αυτονομία μίας χώρας
- Εύκολη εφαρμογή τους σε απομακρυσμένες περιοχές.

Η στρατηγική πολιτική και το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για τις ΑΠΕ παρουσιάζεται στη Λευκή Βίβλο (COM (97)599/26.11.97). Βασικός στόχος της ΕΕ είναι η ισορροπημένη χρήση όλων των πηγών ενέργειας των καυσίμων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αειφόρος ανάπτυξη, και βάζει επιμέρους στόχους για κάθε τεχνολογία.

Οι δυνατότητες των ΑΠΕ είναι τεράστιες, επειδή σε γενικές γραμμές, ο συντελεστής ετήσιας αναπλήρωσης των πόρων που χρησιμοποιούνται υπερβαίνει αρκετές φορές την ετήσια παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, οι ΑΠΕ δύναται να παρέχουν ενέργεια βασισμένες σε τοπικές διαθέσιμες πηγές.

Οι ΑΠΕ έχουν αποτελούν έναν βασικό πυλώνα της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας. Το 2011 περίπου το 13 % της παγκόσμιας πρωτογενούς παροχής ενέργειας καλύφθηκε από ανανεώσιμες πηγές με το 10.6 % να προέρχεται από καύσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι το ξύλο, το 2.2 % από υδροηλεκτρική ενέργεια, το 0.4 % από γεωθερμική ενέργεια και περίπου το 0.1 % από αιολική και ηλιακή ενέργεια [4].

Διάφορες έρευνες[5] δείχνουν ότι μέσα στα επόμενα 50 χρόνια η συνεισφορά των ΑΠΕ θα μπορούσε να αυξηθεί και σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50 %, κάνοντας αυτές τις πηγές, τη βασική πηγή ενέργειας του μέλλοντος. Μερικές μορφές ΑΠΕ ήδη αυξάνονται με εντυπωσιακό ρυθμό. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών η γεωθερμική ενέργεια παρουσίασε άνοδο της τάξεως του 8 %, η ηλιακή ενέργεια της τάξεως του 28 % και η αιολική ενέργεια του 48 %.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι απόρροια τόσο οικολογικών όσο και οικονομικών παραγόντων. Οι οικολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τις κλιματικές αλλαγές και άλλους περιβαλλοντικούς προβληματισμούς. Σήμερα, περίπου το 80 % της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας παρέχεται από ορυκτά καύσιμα, η χρήση των οποίων συμβάλλει στις κλιματικές αλλαγές, προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και καταστρέφει τις ήδη περιορισμένες φυσικές πηγές ενέργειας. Οι ΑΠΕ βοηθούν στην ελάφρυνση όλων αυτών των προβλημάτων.

Οι οικονομικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη μείωση του κόστους των ΑΠΕ και την ανασφάλεια σχετικά με τις μελλοντικές τιμές και τα διαθέσιμα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων. Με άλλα λόγια, οι τιμές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

και τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά έξοδα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων βαδίζουν σε εντελώς αντίθετες κατευθύνσεις.

Οι ΑΠΕ αποτελούν μία σταθερή, φιλική ως προς το περιβάλλον και τοπικά διαθέσιμη λύση στις ενεργειακές μας ανάγκες.

1.3 ΑΠΕ – Ελλάδα [6]

Η ενεργειακή ζήτηση στην Ελλάδα αυξάνεται συνεχώς από το 1950 και παρά την τωρινή οικονομική κρίση, τα επίπεδα κατανάλωσης παραμένουν αρκετά υψηλά ακόμα και σήμερα. Κύρια στρατηγική της χώρας μας τις τελευταίες δεκαετίες ήταν η αξιοποίηση των αποθεμάτων λιγνίτη, με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής ενέργειας κάνοντας αξιοποίηση ενός ρυπογόνου και φτωχού ενεργειακά καυσίμου. Αποτέλεσμα αυτής της πολιτικής ήταν η δημιουργία ενός κακού ενεργειακού ισοζυγίου και η μεγάλη οικολογική επιβάρυνση. Με τα δεδομένα στον παγκόσμιο χάρτη να αλλάζουν, και την εισαγωγή του κόστους εκπομπών, σήμερα πλέον η οικονομικότητα του λιγνίτη είναι αμφισβητήσιμη, και με την πάροδο των ετών τείνει να αποδυναμωθεί.



Φωτογραφία 1.1: Λιγνιτικοί σταθμοί μεγαλόπολης

Με την εκτενέστατη αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού των μεγάλων ποταμών της χώρας, τα νέα έργα πλέον έχουν εκλείψει και το ενδιαφέρον έχει πλέον στραφεί στην εκμετάλλευση των μικρών ρευμάτων με τη δημιουργία μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει μείνει κάπως πίσω, μετά από κάποιες προσπάθειες οι οποίες ήταν ανεπιτυχείς και οδήγησαν στη δημιουργία αρνητικού κλίματος στην κοινωνία.

Το ηλιακό δυναμικό είναι αυξημένο τόσο στα μη διασυνδεδεμένα νησιά όσο και στην υπόλοιπη χώρα λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες αξιοποίησης αυτού του δυναμικού τόσο από μεγάλους παραγωγούς με τη δημιουργία ηλιακών πάρκων όσο και από μικροπαραγωγούς μέσω των φωτοβολταϊκών στη στέγη. Πρέπει να τονιστεί ότι μεγάλο κίνητρο αποτελεί η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.

Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας αποτελεί σημαντικότερη πηγή ενέργειας λόγω της δυναμικής του καθώς εμφανίζει μεγάλη συγκέντρωση σε απομακρυσμένες περιοχές. Τα νησιά του Αιγαίου μέσω αξιοποίησής τους, μπορούν να επιτύχουν σημαντική ανεξάρτηση από το πετρέλαιο και με την προοπτική της διασύνδεσής τους με την ηπειρωτική χώρα, να διατελέσουν ως παραγωγοί ενέργειας ωφελώντας και το υπόλοιπο σύστημα. Η αξιοποίηση αυτών των πόρων σήμερα συναντά δυσκολίες κυρίως λόγω των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών που δεν δείχνουν εμπιστοσύνη σε τέτοιες επιχειρηματικές δραστηριότητες.

Η Ελλάδα αποτελεί ιδανικό τόπο για ευρεία χρήση των ΑΠΕ. Τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυσικού τοπίου της σε συνδυασμό με τα ποικιλόμορφα κλιματολογικά στοιχεία της ικανοποιούν την αναγκαία συνθήκη για την ανάπτυξη κάθε εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η γεωγραφική της θέση (γεωγραφικό πλάτος 33^ο) εξασφαλίζει μια εκτεταμένη περίοδο ηλιοφάνειας, προσφέροντας την δυνατότητα μιας ουσιαστικής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Επίσης, η διάσπαρτη παρουσία μιας πλειάδας μικρών αλλά ορμητικών ποταμών, λόγω του έντονου τοπογραφικού της ανάγλυφου, επιτρέπει την αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας ως συνέπεια της φυσικής ροής του ύδατος προς κατώτερα υψομετρικά επίπεδα. Τέλος, η συνύπαρξη ηπειρωτικού – νησιωτικού τοπίου προσφέρει φυσικές διόδους στην νομοτελειακή μετακίνηση μεγάλων αέριων μαζών, διαμορφώνοντας ένα ιδιαίτερα αξιόλογο αιολικό δυναμικό κυρίως στις παράκτιες περιοχές.



Φωτογραφία 1.2: Αιολικό πάρκο στη Μαγνησία

Τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα ακολουθώντας την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) έχει κάνει σημαντικά βήματα στην ανάπτυξη των Α.Π.Ε. και την αξιοποίηση του Αιολικού και Ηλιακού δυναμικού της. Σημαντικός παράγοντας

αποτελεί και τα οικονομικά κίνητρα κυρίως στον τομέα της τιμολόγησης καθώς η σταθερότητα μιας τέτοιας επένδυσης.

Για την Ελλάδα η αξιοποίηση των ΑΠΕ κρίνεται ως ζήτημα στρατηγικής σημασίας. Η χρήση των πηγών αυτών βοηθάει στην ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση της χώρας και μειώνει την εκροή χρημάτων για την αγορά ενέργειας.

1.4 ΑΠΕ - Κοινωνική Αποδοχή [7]

Η γενική στάση των κατοίκων των νησιών απέναντι στις ΑΠΕ, όσον αφορά επεμβάσεις μικρής κλίμακας, θα λέγαμε πως είναι μάλλον θετική, χωρίς να λείπουν ωστόσο αντιδράσεις, αντιρρήσεις, διαφωνίες και σκεπτικισμός. Η στάση των τοπικών κοινωνιών αλλάζει σε γενικές γραμμές όσο μεγαλώνουν τα MW των δυνητικών εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Η κυρίαρχη στάση των τοπικών κοινωνιών και των φορέων τοπικής αυτοδιοίκησης θα λέγαμε ότι είναι θετική ως προς έργα τα οποία αφορούν αποκλειστικά την τοπική κοινωνία και δεν επηρεάζουν τα οικονομικά συμφέροντα των κατοίκων, την αισθητική και το περιβάλλον.

Όσον αφορά τα δυνητικά έργα ΑΠΕ μεγαλύτερης κλίμακας, δηλαδή αιολικά πάρκα ή εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας για ηλεκτροπαραγωγή η στάση των κοινωνιών είναι σχεδόν πάντα αρνητική. Τέτοιες



Φωτογραφία 1.3: Αφίσα κίνησης πολιτών αντίθετη με τη δημιουργία αιολικού πάρκου στην περιοχή τους

εγκαταστάσεις μπορεί να είναι είτε σε σύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο, είτε σε δίκτυο νησιών, ή μπορεί να έχουν προταθεί για την ικανοποίηση της ηλεκτρικής ζήτησης ενός μεγάλου νησιού (π.χ. Ρόδος, Λέσβος, Χίος). Ειδικά στην περίπτωση νησιών με άφθονο αιολικό και γεωθερμικό δυναμικό όπου έχουν προταθεί ή προωθούνται επενδύσεις μεγάλου μεγέθους για συνεισφορά σε μεγαλύτερα δίκτυα, όπως της ηπειρωτικής Ελλάδας ή νησιωτικών δικτύων οι αντιδράσεις είναι

πολύ έντονες. Συχνά αυτές παίρνουν διαστάσεις «πολέμου» των τοπικών κοινωνιών απέναντι στους επενδυτές, τους κρατικούς φορείς και τις ΑΠΕ γενικότερα.

Βασικότερος λόγος για αυτή τη στάση των τοπικών κοινωνιών είναι η έλλειψη ενημέρωσης του κοινού για τις ΑΠΕ και εξοικείωσης τους με αυτές. Άλλοι σημαντικοί λόγοι είναι:

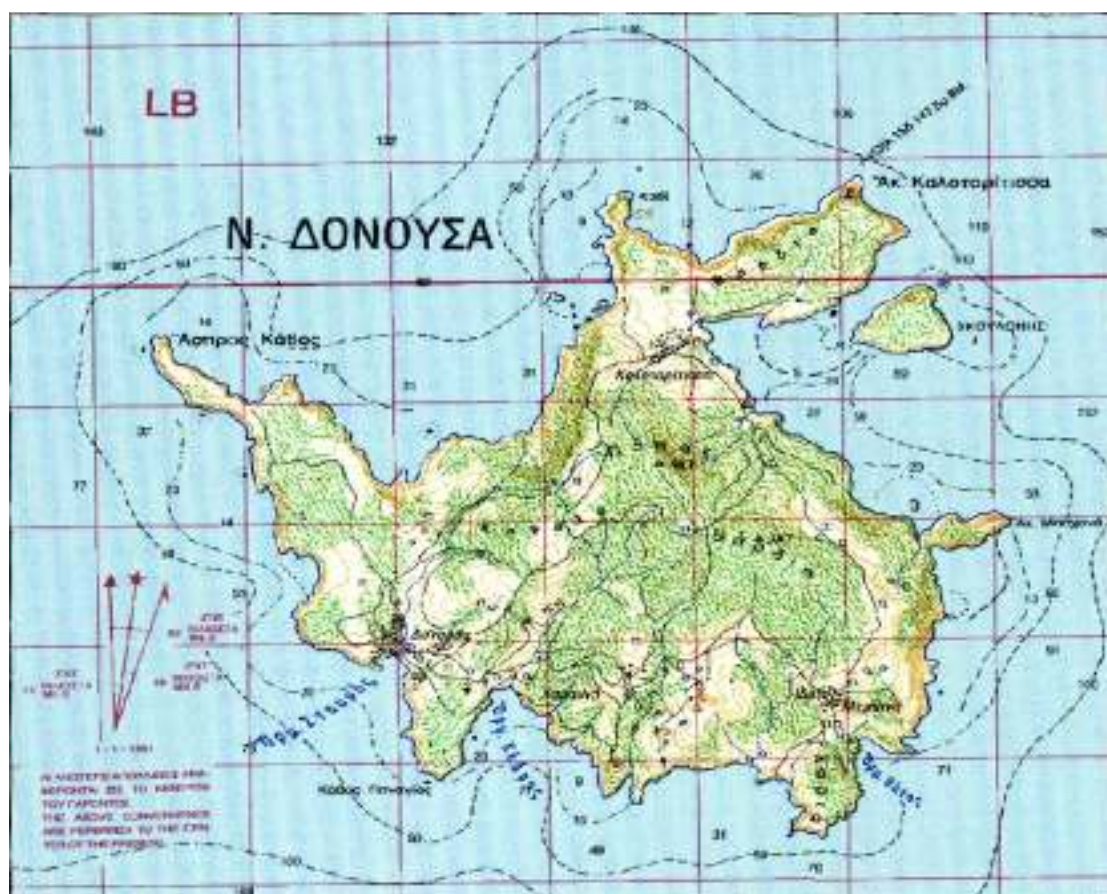
- Η έλλειψη ενημέρωσης για περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα που αφορούν τις ΑΠΕ καθώς και τους εθνικούς στόχους της Ελλάδας και της σημασίας της συνεισφοράς των νησιών σε αυτούς.
- Η απουσία στρατηγικής προσέγγισης για προώθηση των ΑΠΕ στις τοπικές κοινωνίες.
- Οι προτάσεις για μεγάλες εγκαταστάσεις σε μικρά νησιά, που αναπόφευκτα δημιουργούν αρνητικό κλίμα και καχυποψία στις τοπικές κοινωνίες.

2. Δονούσα

2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά [8]

Η Δονούσα είναι ένα μικρό νησί στις νοτιοανατολικές Κυκλάδες και βρίσκεται 10 μίλια βόρεια της Αμοργού και ανατολικά της Νάξου. Η έκτασή της είναι 14 km², λοφώδης και πετρώδης (μεγίστης διαμέτρου 3 μίλια) με μέγιστο υψόμετρο 385 m και συνολικό μήκος ακτών 31 km, με 163 μόνιμους κατοίκους κατά την απογραφή του 2001[9].

Διοικητικά η Δονούσα ανήκει στο δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων μαζί με τα νησιά Νάξο, Κουφονήσια, Σχοινούσα και Ηράκλεια μετά το πρόγραμμα Καλλικράτης (ΦΕΚ Α87 της 07/06/2010).



Σχήμα 2.1: Χάρτης της Δονούσας

Δεν υπάρχει αρκετό πόσιμο νερό στην Δονούσα εκτός από την «πηγή» στο χωριό Μερσίνη, το οποίο ρέει καθ όλη τη διάρκεια του έτους. Συνέπεια αυτού είναι η ανάγκη εισαγωγής νερού για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων, τόσο των μόνιμων όσο και των τουριστών. Και με τη συνεχή αύξηση του τουρισμού στο νησί αλλά και την ανάπτυξη της οικονομίας του, το πρόβλημα εντείνεται.



Σχήμα 2.2: Οι οικισμοί της Δονούσας

ΕΤΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (άτομα/km ²)
2001	163	46.85	11.64
1991	111	0	7.93
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ			
Δονούσης	Δονούσα		137
	Καλοταριτίσσα		5
	Μερσίνη		19
	Χαραυγή		2
Συνολικός πληθυσμός			163

Πίνακας 2.3: Δημογραφικά – γεωγραφικά στοιχεία[9]

Ιστορικά οι πρώτοι της κάτοικοι ήρθαν στο νησί από την Αμοργό και ίδρυσαν το χωριό «Σταυρός» όπου έκτισαν την ομώνυμη εκκλησία. Το αρχαιολογικό μουσείο της Νάξου φιλοξενεί αρχαϊκά ευρήματα, τα οποία ανακαλυφθήκανε στην Δονούσα κατά τις ανασκαφές που γίνανε και ήλθαν σε πέρας, το 1968. Αυτά τα ευρήματα είναι βασικά αμφορείς υψηλής ποιότητας κεραμικής τέχνης, τα οποία ανακαλύφθηκαν σε τοποθεσία γεωμετρικής περιόδου (προς το τέλος του 9ου αιώνα προ Χριστού).

Η Δονούσα, λόγω της θέσης της, υπήρξε κατά καιρούς αναπόφευκτος σταθμός σε ποικίλα θαλάσσια περάσματα. Ο Βιργίλιος την αναφέρει στην πορεία του Αινεία από την Τροία στην Ιταλία, ενώ ταξιδιώτες του 18ου και 19ου αιώνα, πλέοντες από τη Νάξο στην Πάτμο ή αντίστροφα, περνούσαν από αυτήν. Είχε περισσότερους από έναν πρωτοκυκλαδικούς οικισμούς. Επάνω από τα ερείπια ενός από αυτούς, στην νοτιοανατολική πλευρά της, ανασκάφηκε μια οχυρωμένη εγκατάσταση που χρονολογείται μεταξύ του 9ου και του 8ου αιώνα π.Χ.. Τα δωδεκανησιακά στοιχεία της κεραμικής, εκτός από τα κυκλαδικά-ναξιακά, μαρτυρούν ότι ο οικισμός αυτός ήταν ένας εμπορικός σταθμός πάνω σε ένα θαλάσσιο δρόμο, ο οποίος ένωνε την Αττική και την Εύβοια με το ανατολικό Αιγαίο. Τον 1ο αιώνα π.Χ. ο Αντώνιος παραχώρησε το νησί στους Ρόδιους, ενώ στους



Φωτογραφία 2.4: Η χώρα της Δονούσας

αυτοκρατορικούς χρόνους υπήρξε τόπος εξορίας. Θα καταστεί γνωστή στα ελληνικά πολιτικά δρώμενα εκ του γεγονότος ότι οι κάτοικοί της έμαθαν την έξωση του Βασιλιά Όθωνα 14 χρόνια αργότερα, όταν επισκέφθηκε το νησί ο Γεώργιος ο Α΄. Αργότερα, έγινε γνωστή και στην διάρκεια του Α΄ Παγκόσμιου Πολέμου λόγω της "ανθράκευσης" δηλαδή του εφοδιασμού με κάρβουνο του Γερμανικού καταδρομικού Γκαίμπεν αποκρυπτόμενο πίσω από το ακρωτήριο Άσπρο, διαφεύγοντας έτσι των Αγγλικών και Γαλλικών πολεμικών πλοίων.

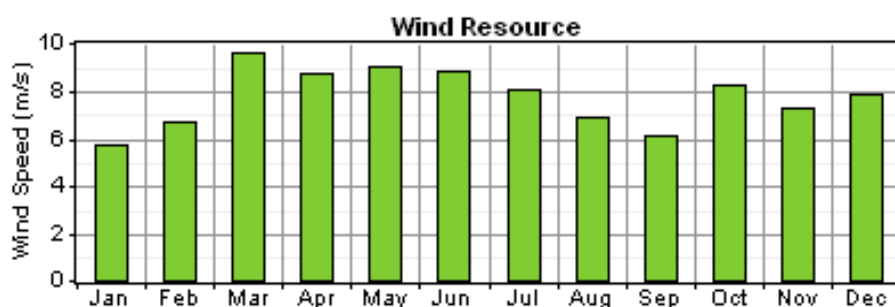
Σύμφωνα με την αρχαία Ελληνική Μυθολογία η Δονούσα πήρε το όνομά της από τον θεό Διόνυσο, ο οποίος έζησε σ' αυτό το νησί. Ο Θησέας και η Αριάδνη σταμάτησαν στη Δονούσα, η οποία τότε ονομαζόταν Δία, όταν επέστρεφαν από την Κρήτη. Ο Διόνυσος είδε την Αριάδνη και την ερωτεύτηκε τρελά. Γι' αυτό η θεά Αθηνά διέταξε τον ήρωα Θησέα να υπακούσει στον Διόνυσο και να αφήσει την Αριάδνη στο νησί. Έτσι η μοίρα της Αριάδνης ήταν να γίνει η αχώριστη σύζυγος του Διονύσου.

2.2 Εκτίμηση Δυναμικού ΑΠΕ

Η Δονούσα θεωρείται ένα ιδιαίτερα ευνοημένο νησί όσον αφορά το δυναμικό των ΑΠΕ. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά στοιχεία για το δυναμικό της αιολικής και ηλιακής ενέργειας που είναι οι δύο μορφές ενέργειας που θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία.

2.2.1 Αιολικό Δυναμικό

Όπως όλα τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζει ιδιαίτερα πλούσιο αιολικό δυναμικό με μέση ετήσια ταχύτητα στις κορυφογραμμές πάνω από 7.5 m/sec. Καμία περιοχή δεν υπάγεται σε κάποια προστατευόμενη ζώνη, συνεπώς οι εκμεταλλεύσιμες περιοχές καθορίζονται πλήρως από την αντίστοιχη νομοθεσία που αφορά τη χωροθέτηση των ΑΠΕ. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται και ο χάρτης του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ο οποίος καταδεικνύει τα παραπάνω.



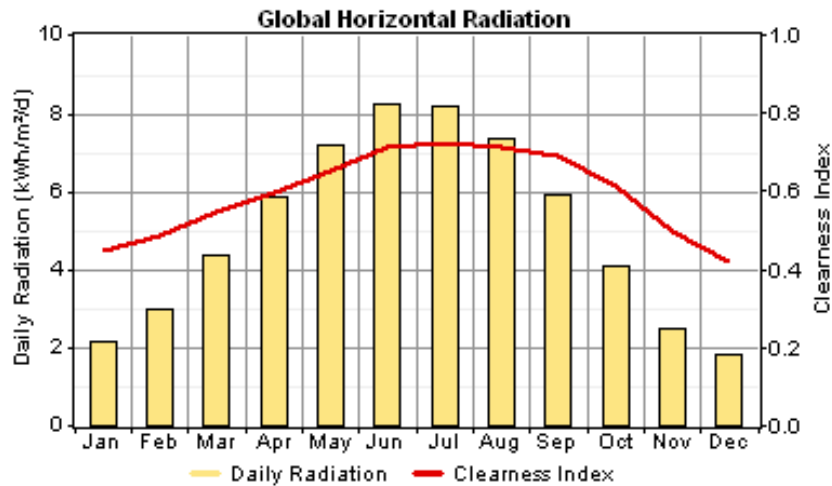
Διάγραμμα 2.5: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου στη νήσο Ίο*

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι μεγάλα τμήματα στο κέντρο του νησιού, το οποίο συγκεντρώνει αρκετές πιθανές τοποθεσίες υψηλού δυναμικού, λόγω του υψομέτρου παραμένει ακατοίκητο, στοιχείο σημαντικό για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών καθώς η μειωμένη χρησιμότητα των περιοχών διευκολύνει την αδειοδοτική διαδικασία. Επίσης η τοπογραφία της νήσου, η οποία περιορίζεται σε δύο μικρούς οικισμούς, έναν κοντά στο λιμάνι και έναν στα νοτιο-ανατολικά του νησιού, μειώνει της πιθανές απώλειες από φυσικά εμπόδια τα οποία αυξάνουν την τριβή του ανέμου.

2.2.2 Ηλιακό Δυναμικό

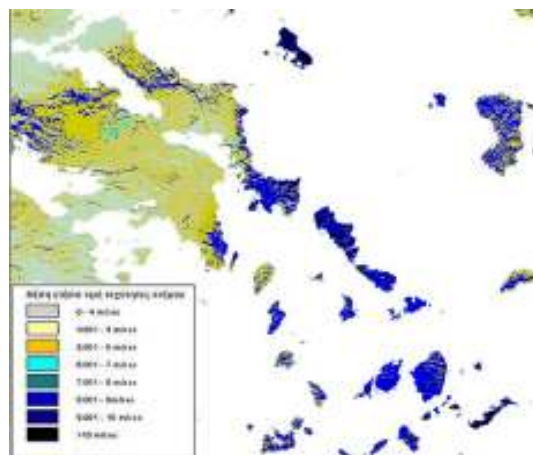
Η Δονούσα λόγω της γεωγραφικής της θέσης έχει μεγάλα ποσοστά ηλιοφάνειας καθ όλη τη διάρκεια του έτους. Το στρατηγικό πλεονέκτημα του ηλιακού δυναμικού είναι ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση την εποχή με τη μεγαλύτερη ζήτηση, δηλαδή κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η συγκέντρωση ενέργειας ξεπερνά τις 8 kWh/m² την ημέρα τους καλοκαιρινούς μήνες. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται και ο χάρτης του ΚΑΠΕ ο οποίος καταδεικνύει τα παραπάνω.

*Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τα ανεμολογικά δεδομένα της Ίου στην οποία έχουν γίνει πιο εκτενείς και αξιόπιστες μετρήσεις.

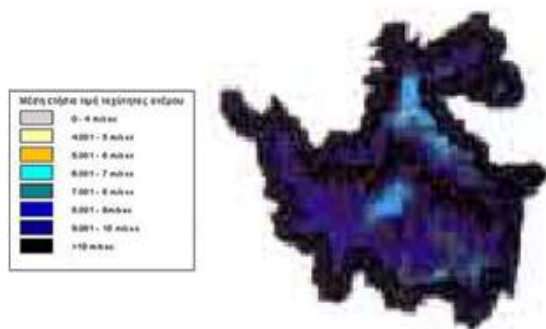


Διάγραμμα 2.6: Μηνιαίο ηλιακό δυναμικό στη νήσο Δονούσα

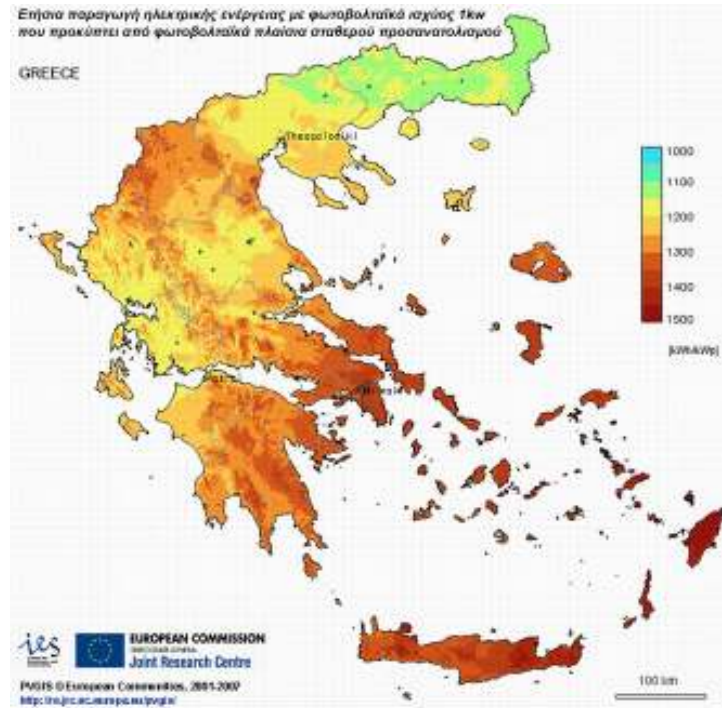
Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις παρουσιάζουν πλεονέκτημα ως προς την χαμηλή τους και συνεχώς μειούμενη τιμή καθώς και την ευκολία στη μεταφορά και την εγκατάσταση, σημαντικός παράγοντας για ένα νησί των μικρών Κυκλάδων. Επίσης οι άγονες περιοχές του νησιού οι οποίες και προαναφέρθηκαν, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.



Διάγραμμα 2.7: Αιολικό δυναμικό στην περιοχή των Κυκλάδων [10]



Διάγραμμα 2.8: Αιολικό δυναμικό στην περιοχή της Δονούσας [10]

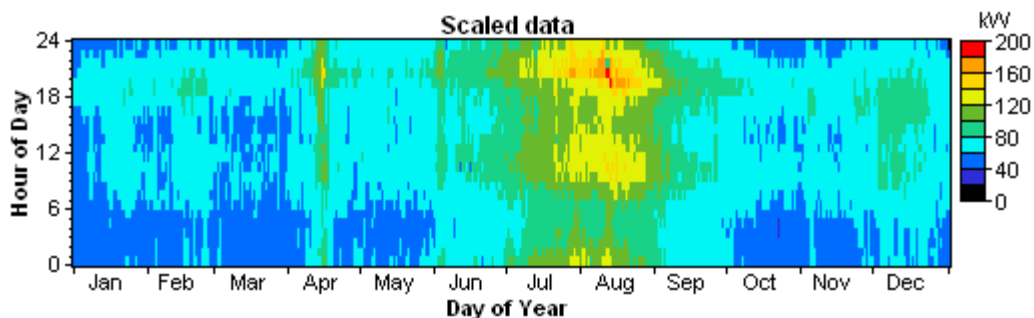


Διάγραμμα 2.9: Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδος [10]

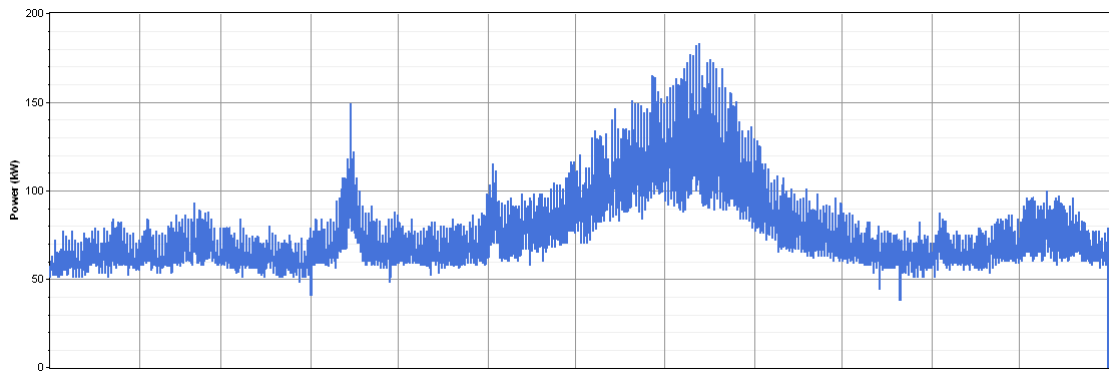
2.3 Υπάρχουσα Κατάσταση

Τα παρακάτω συμπεράσματα βασίζονται σε μετρήσεις που έγιναν στη νήσο Σέριφο και με εφαρμογή συντελεστών ομοιότητας ως προς τον πληθυσμό των δύο κοινοτήτων, η ανάλυση αυτή βασίζεται στην κοινή λειτουργία της οικονομίας των νήσων.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις οι οποίες, παρουσιάζονται παρακάτω σε μορφή πίνακα, η ζήτηση στο νησί παρουσιάζει ένα τοπικό μέγιστο κατά τη διάρκεια των διακοπών του Πάσχα καθώς και μια γενικότερη αύξηση κατά την καλοκαιρινή περίοδο, με τις μέγιστες τιμές να εμφανίζονται κατά τον μήνα Αύγουστο. Η μορφή αυτή της καμπύλης της ζήτησης, φανερώνει μια ξεκάθαρη εξάρτηση της ζήτησης με τις τουριστικές δραστηριότητες.



Σχήμα 2.10: Χρονική σειρά ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους



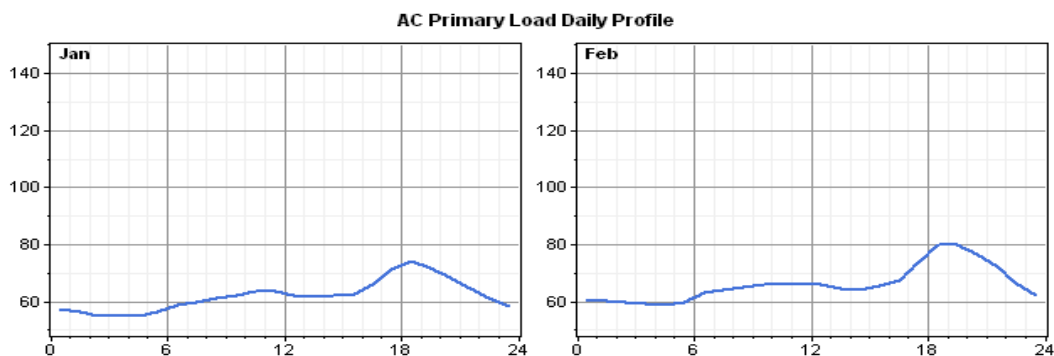
Σχήμα 2.11: Καμπύλη ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους

Η μορφή της καμπύλης ζήτησης, υπολογίζοντας τουριστική ανάπτυξη της νήσου στα πλαίσια της συνολικής ανάπτυξης των Κυκλάδων χωρίς ιδιαίτερη αύξηση του αριθμού μονίμων κατοίκων, έχει προοπτικές όξυνσης των μεγίστων.

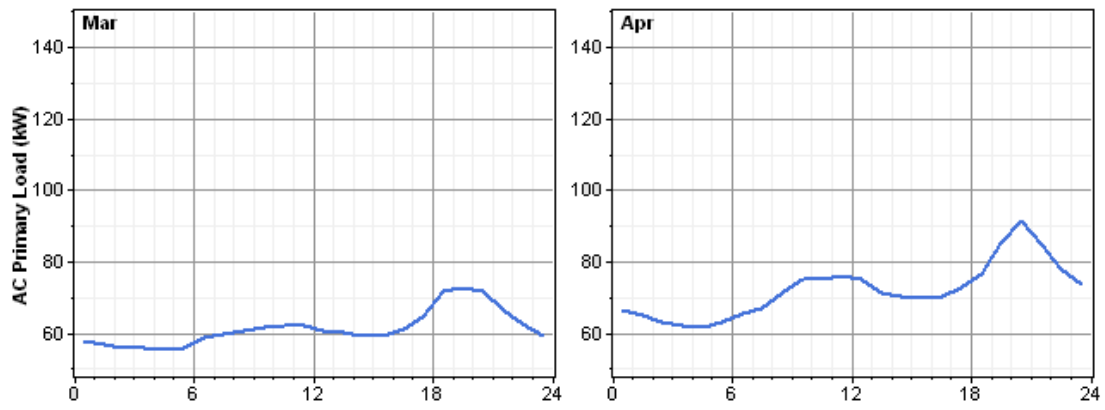
Σε ωριαία κλίμακα παρατηρούνται δύο τοπικά μέγιστα στη διάρκεια της ημέρας καθ όλη τη διάρκεια του έτους, ένα τις πρωινές ώρες (9-12) και ένα τις βραδινές (18-22). Οι μεταβολές αυτές οφείλονται αφενός στην αλλαγή κατά την διάρκεια της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους και αφετέρου στην εποχιακή μορφή της ζήτησης και την οικονομία του νησιού. Παρακάτω ακολουθούν πίνακες με τη μέση ημερήσια διακύμανση της ζήτησης για κάθε μήνα του έτους.

2.4 Ευνοϊκές συνθήκες εφαρμογής της μελέτης στη Δονούσα

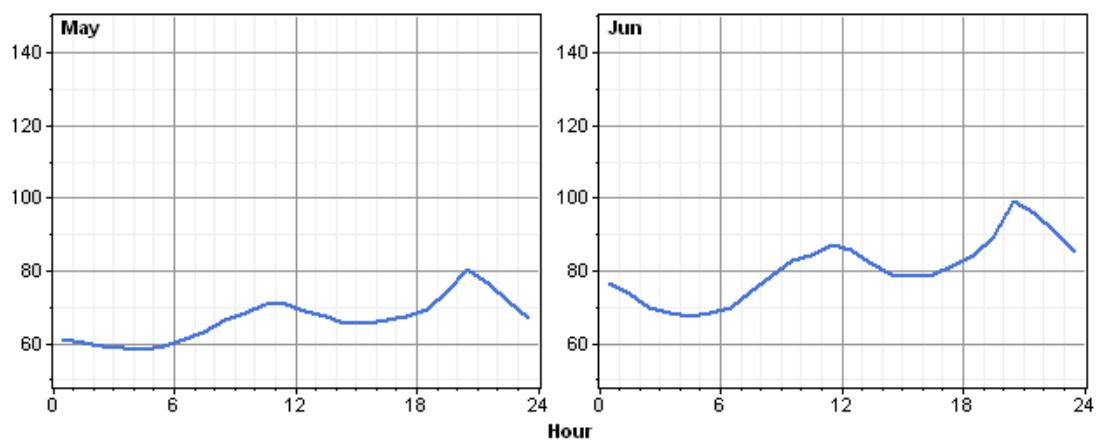
- Το πλούσιο δυναμικό του νησιού σε ΑΠΕ αποτελεί ένα πάγιο πλεονέκτημά του.
- Το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από συμβατικές μονάδες είναι αυξημένο λόγω της εποχικής διακύμανσης και του κόστους μεταφοράς. Έτσι μια αλλαγή του ενεργειακού μείγματος με εγκατάσταση ΑΠΕ, θα ευνοούσε στην μείωση του κόστους.
- Η ενεργειακή εξάρτηση του νησιού από το πετρέλαιο και η έλλειψη ενεργειακής αυτονομίας, είναι ιδιαίτερα δυσάρεστη για τους κατοίκους και περιορίζει την ανάπτυξη του νησιού.



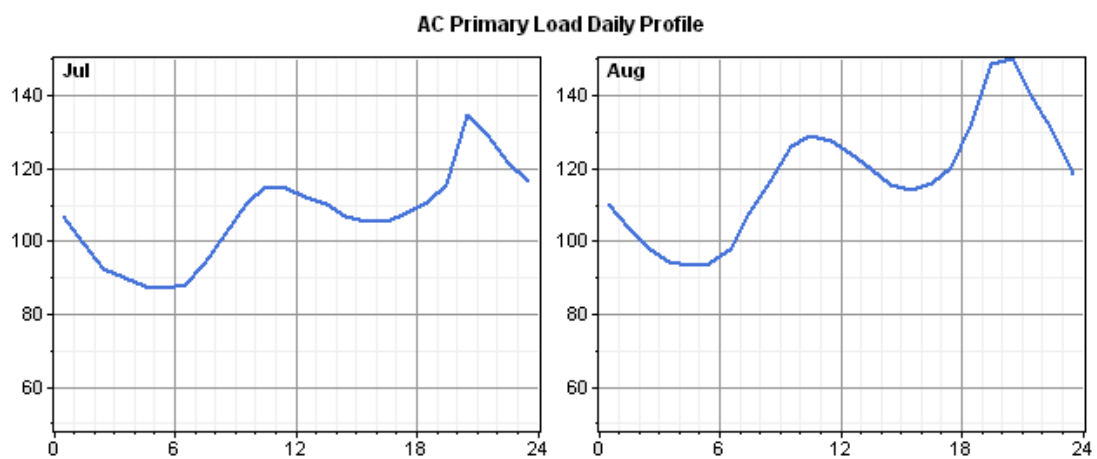
Διάγραμμα 2.12: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Ιανουάριο - Φεβρουάριο



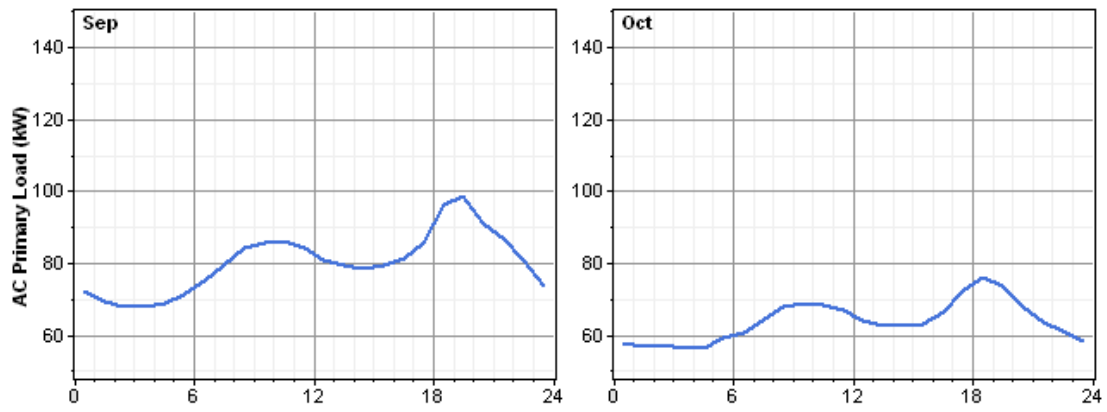
Διάγραμμα 2.13: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο



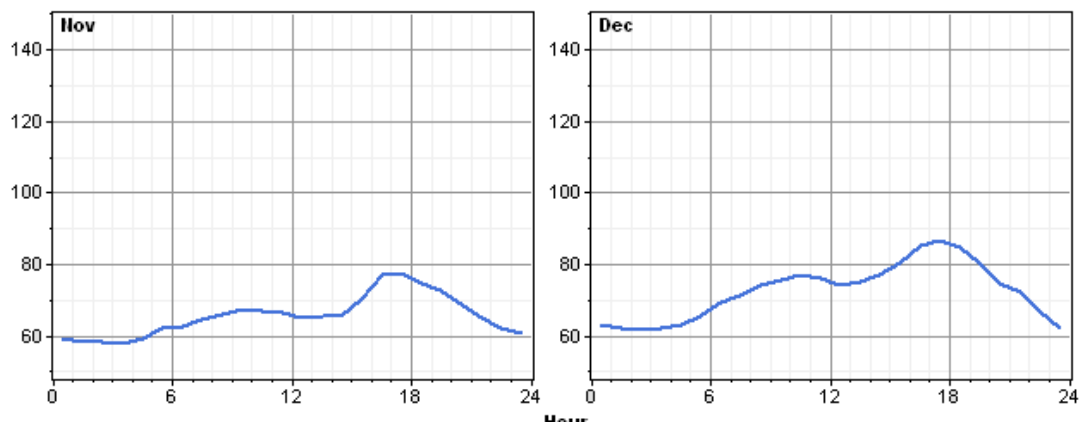
Διάγραμμα 2.14: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Μάιο - Ιούνιο



Διάγραμμα 2.15: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Ιούλιο – Αύγουστο



Διάγραμμα 2.16: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Σεπτέμβριο – Οκτώβριο



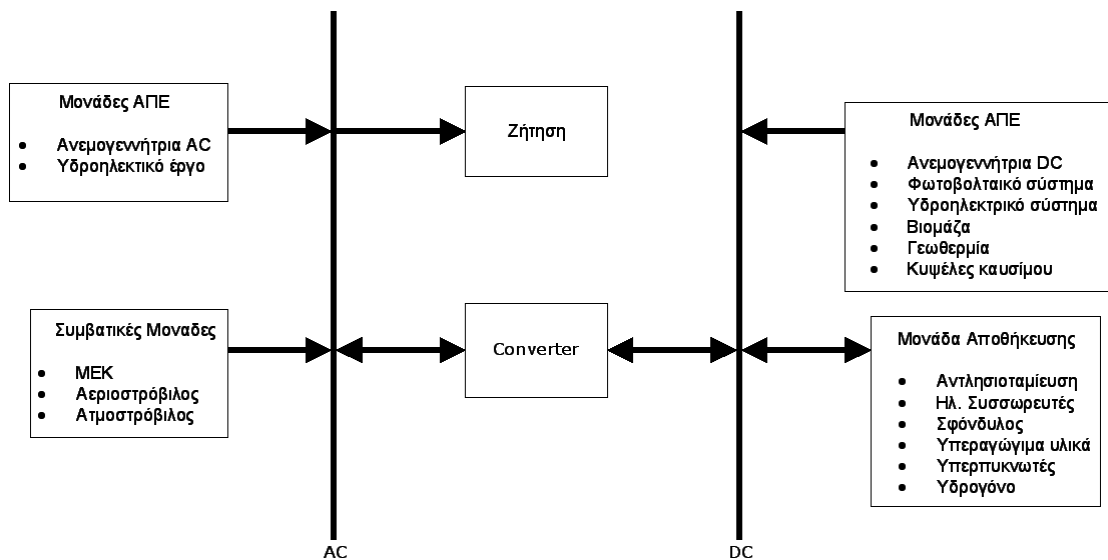
Διάγραμμα 2.17: Ημερήσια μεταβολή ζήτησης για τους μήνες Νοέμβριο – Δεκέμβριο

3. Υβριδικά Συστήματα

3.1 Εισαγωγή

Τα Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας (ΥΣΕ) είναι δυναμικά συστήματα ισχύος, τα οποία χρησιμοποιούν πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας, για κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Στόχος ενός υβριδικού συστήματος, είναι η υποστήριξη μονάδων ΑΠΕ και βοήθεια ενσωμάτωσής τους στο ενεργειακό ισοζύγιο. Ο συνδυασμός πολλών τεχνολογιών παράλληλα, εξασφαλίζει σταθερότητα και ασφάλεια στο σύστημα, ελαχιστοποιώντας τις μεταβολές της τάσης και εξασφαλίζοντας τη ζήτηση.

Τα βασικά μέρη που αποτελούν ένα ΥΣΕ είναι: α) οι μονάδες παραγωγής ενέργειας, β) οι μονάδες αποθήκευσης ενέργειας, γ) η μονάδα ελέγχου παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συντονισμού των διάφορων διαθέσιμων επιλογών για κάλυψη των αναγκών. Πιο συγκεκριμένα, ένα ΥΣΕ μπορεί να περιλαμβάνει μία συμβατική μονάδα παραγωγής σε συνδυασμό με μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου, καθώς και συστήματα διαχείρισης φορτίου.



Σχήμα 3.1: Βασικά μέρη υβριδικού συστήματος ενέργειας

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που[11]:

- Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.

- Η συνολική ενέργεια που απορροφά το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού.
- Η μέγιστη ισχύς παραγωγής μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά 20%.

3.2 Εφαρμογές υβριδικών συστημάτων ενέργειας

Τα ΥΣΕ μπορούν να βρουν εφαρμογές σε διάφορες περιπτώσεις, οι πιο σημαντικές από τις οποίες είναι:

- Συστήματα διασπαρμένης παραγωγής σε κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας
- Αυτόνομα υβριδικά συστήματα
- Τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού

3.2.1 Συστήματα διασπαρμένης παραγωγής σε κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

Τα συστήματα αυτά είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο. Κύριο χαρακτηριστικό τέτοιων συστημάτων είναι η απουσία συστημάτων ελέγχου, καθώς ο έλεγχος της τάσης και συχνότητας του παραγόμενου ρεύματος γίνεται από το κεντρικό δίκτυο. Η παραγόμενη ενέργεια του σταθμού απορροφάται άμεσα από το δίκτυο, λόγω του πρωτεύοντα ρόλου των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας και τυχόν έλλειμμα ενέργειας κατά τη ζήτηση καλύπτεται από το κεντρικό δίκτυο. Σε κάποιες περιπτώσεις η παρουσία μεγάλου ποσοστού ΑΠΕ στο κεντρικό δίκτυο επηρεάζει την ποιότητα του ρεύματος, οπότε γίνεται λόγος για ασθενές δίκτυο και συνήθως απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και διατάξεις ελέγχου.

3.2.2 Αυτόνομα υβριδικά συστήματα

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα (ΑΥΣ) χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων ή νησιωτικών περιοχών που δεν είναι διασυνδεδεμένες με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε δεν υπάρχει σύστημα μεταφοράς παρά μόνο σύστημα διανομής. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να είναι σχεδιασμένο για πλήρη και ακριβή κάλυψη της ζήτησης οποιαδήποτε στιγμή και απορρόφηση όλων των μεταβολών φορτίου. Κατά βάση τέτοιου είδους εφαρμογές

περιλαμβάνουν συνδυασμό ΑΠΕ και συμβατικών μονάδων καθώς και μονάδες αποθήκευσης ενέργειας για βέλτιστη απόδοση της εγκατάστασης.

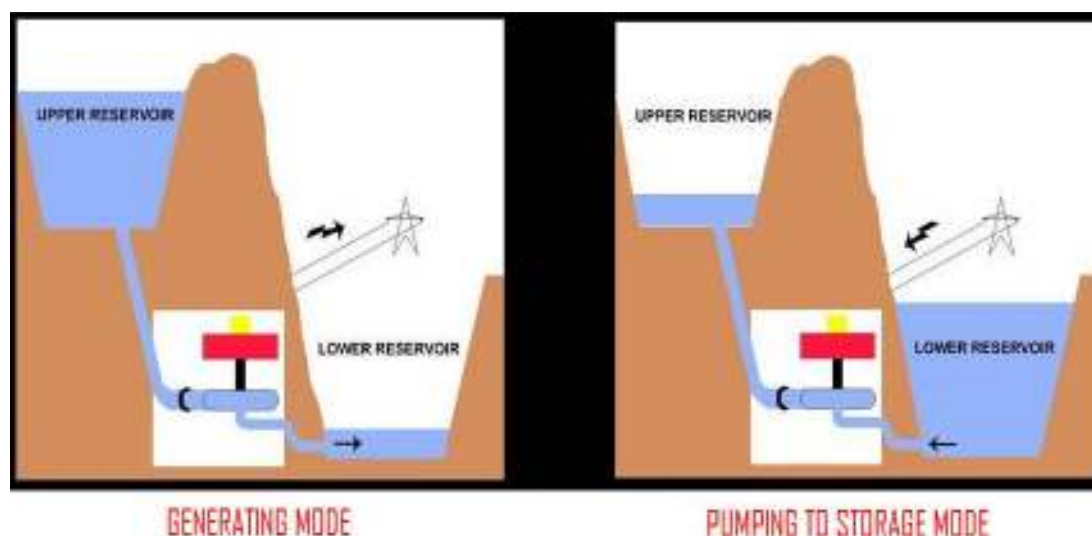
3.2.3 Τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού

Υδρική συστήματα τέτοιου τύπου, αφορούν ειδικές εφαρμογές, όπως ηλεκτρικοί φάροι, ο φωτισμός της σήμανσης στους αυτοκινητόδρομους, συστήματα ασφαλήσεως και άλλα. Κύρια παράμετρος μίας τέτοιας εγκατάστασης αποτελεί η επάρκεια της παραγόμενης ενέργειας για την παραγωγή της απαιτούμενης εργασίας και παράμετροι όπως η διαχείριση περίσσειας ισχύος δεν θεωρούνται σημαντικοί.

3.3 Τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Οι πιο διαδεδομένες και ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται είναι οι παρακάτω:

- Αντλησιοταμίευση
- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες)
- Συμπύεση αέρα
- Σφόνδυλος
- Υπεραγώγιμα υλικά
- Υπερπυκνωτές
- Κυψέλες καυσίμου
- Θερμική αποθήκευση



Σχήμα 3.2: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας έργου αντλησιοταμίευσης

3.3.1 Αντλησιοταμίευση[12]

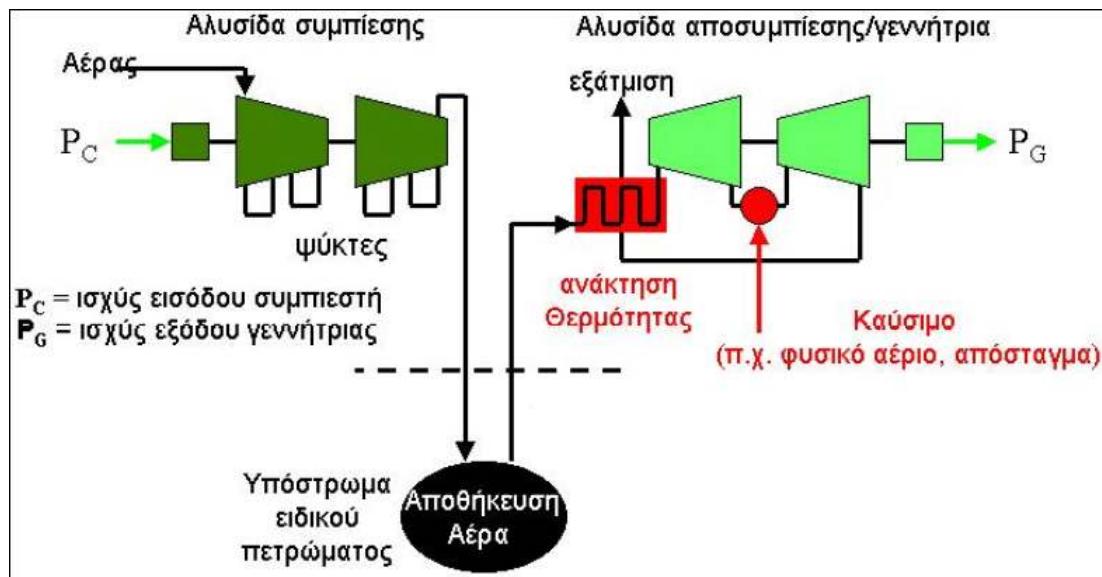
Η αποθήκευση με άντληση υδάτων αποτελεί την παλαιότερη από τις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας σε κεντρικό σταθμό. Σήμερα η αντλησιοταμίευση αποτελεί μία πολύ ελκυστική μέθοδο αποθήκευσης, κυρίως για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας και ενδείκνυται η εφαρμογή της σε απομονωμένα ή μη συστήματα. Η βασική λογική της αντλησιοταμίευσης είναι η χρήση της περίσσειας ενέργειας, όποτε αυτή υπάρχει, για άντληση νερού και αποθήκευση με τη μορφή της δυναμικής ενέργειας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τόσο σε αμιγώς υδροηλεκτρικά έργα όσο και σε υβριδικά πάρκα. Μειονέκτημα της αντλησιοταμίευσης αποτελεί η ανάγκη νερού και υψομετρικής διαφοράς καθώς και η αλλοίωση που προκαλεί στο περιβάλλον.

3.3.2 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές[12]

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην τεχνολογία των ηλεκτρικών συσσωρευτών εξαιτίας του μεγάλου εύρους εφαρμογών που καλύπτουν και της μεγάλης ζήτησης στην αγορά. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε μορφή ηλεκτροχημικής ενέργειας και αποδίδεται σε μορφή συνεχούς ρεύματος. Οι μπαταρίες αποτελούν μια εύκολη λύση καθώς δεν απαιτούν σημαντικά δομικά έργα αλλά απαιτούν συντήρηση και αντικατάσταση σε χρονικό διάστημα 8 με 10 ετών.

3.3.3 Συμπίεση αέρα[12]

Η τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας με συμπίεση αέρα (CAES) αποτελεί την μόνη εμπορικά διαθέσιμη λύση, που έχει δυνατότητα αποθήκευσης πολύ μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Ο κύκλος παραγωγής σε μια τέτοια εγκατάσταση, είναι μία παραλλαγή του κύκλου ενός συμβατικού αεροστροβίλου. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου αυτής αποθήκευσης, ακολουθεί την ίδια λογική με αυτή της αντλησιοταμίευσης. Η περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιείται για συμπίεση αέρα (μέχρι 75 bar) εντός ενός στεγανού αποθηκευτικού χώρου με τη βοήθεια συμπιεστή αφού πρώτα ψυχθεί για να εξασφαλιστεί μέγιστη δυνατή αποθήκευση. Για εφαρμογή αυτής της μεθόδου χρησιμοποιούνται φυσικές κοιλάτες όπως σπήλαια άλατος ή πετρώδη και εξαντλημένα κοιτάσματα φυσικού αερίου ή πετρελαίου. Κύριος περιοριστικός παράγοντας αυτής της μεθόδου είναι απαίτηση μεγάλου μεγέθους εγκατάστασης και η ύπαρξη φυσικής δεξαμενής.



Σχήμα 3.3: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αποθήκευσης CAES[4.5]

3.3.4 Σφόνδυλος[12]

Ο σφόνδυλος (flywheel) είναι μία περιστρεφόμενη μάζα γύρω από έναν άξονα, η οποία μπορεί να αποθηκεύσει ενέργεια με τη μορφή της κινητικής ενέργειας. Μια διάταξη αποθήκευσης σφονδύλου αποτελείται από τον σφόνδυλο και μία ενσωματωμένη ηλεκτρική συσκευή η οποία έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί ως είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια. Η ηλεκτρική συσκευή λειτουργεί ως κινητήρας για να περιστρέφει το σφόνδυλο και να αποθηκεύει ενέργεια, μετατρέποντας το σφόνδυλο σε μία μηχανική μπαταρία. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ο σφόνδυλος τόσο περισσότερη ενέργεια αποθηκεύει. Η ενέργεια ανακτάται επιβραδύνοντας το σφόνδυλο, όπου η ενέργεια επιστρέφει στην ηλεκτρική συσκευή μέσω επιβραδυνόμενης στρεπτικής ροπής, λειτουργώντας λοιπόν ως γεννήτρια. Οι σφόνδυλοι, προς το παρόν χρησιμοποιούνται για μη ηλεκτροπαραγωγές εφαρμογές, εντούτοις πρόσφατα διερευνάται η χρήση τους για ενεργειακή αποθήκευση τέτοιου είδους.

3.3.5 Υπεραγώγιμα υλικά[12]

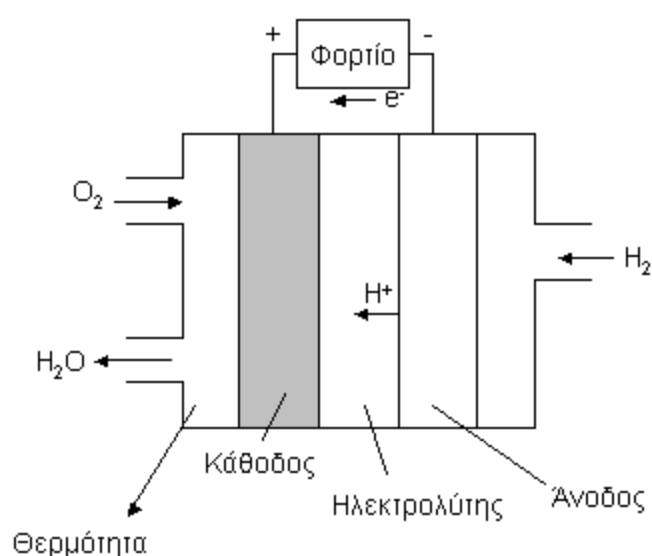
Η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο το οποίο δημιουργείται από τη ροή του ρεύματος σε πηνίο από υπεραγώγιμο υλικό. Η υπεραγωγιμότητα επιτυγχάνεται με εμβαπτισμό του πηνίου σε υγρό διάλυμα ηλίου υπό συνθήκες κενού μέσα σε κατάλληλο κρυστάλλινο. Το σύστημα αυτό έχει υψηλό κύκλο ζωής και ως εφαρμογή αποτελεί λύση για περιπτώσεις σταθερής και συνεχούς τρόπου λειτουργίας.

3.3.6 Υπερπυκνωτές[13]

Ο υπερπυκνωτής (supercapacitor/ultracapacitor) είναι μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας η οποία έχει πολύ μεγάλη πυκνότητα ενέργειας, σε σύγκριση με κοινού πυκνωτές. Οι υπερπυκνωτές αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια διαχωρίζοντας τα θετικά από τα αρνητικά φορτία με διαφορετικό τρόπο από τις μπαταρίες, οι οποίες είναι φτιαγμένες να εκτελούν χημικές αντιδράσεις. Η ενέργεια η οποία αποθηκεύουν μοιάζει με το στατικό ηλεκτρισμό που αναπτύσσεται σε επιφάνειες, και λόγω της εξαιρετικά μεγάλης επιφάνειας και δομής τους μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Προς το παρόν η χρήση τους περιορίζεται σε μικρής κλίμακας εφαρμογές.

3.3.7 Κυψέλες καυσίμου[14]

Η κυψέλη καυσίμου (fuel cell) είναι μία ηλεκτροχημική συσκευή που μετατρέπει την ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Στη βασική της μορφή, λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα, ενώ η αποθήκευση ενέργειας πραγματοποιείται με διάσπαση και δημιουργία υδρογόνου. Η τεχνολογία αυτή αρκετά νέα και άρα πολύ ακριβή και απαιτεί μεγάλη και συνεχή συντήρηση, για τους λόγους αυτούς δεν έχει ευρεία εφαρμογή.



Σχήμα 4.4: Κυψέλη καυσίμου

3.3.8 Θερμική αποθήκευση

Στα συστήματα θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται υλικά που μπορούν να διατηρηθούν σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες σε μονωμένα δοχεία. Η θερμότητα ή το ψύχος που αποδίδεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση θερμικών μηχανών. Τα συστήματα αυτά κατηγοριοποιούνται σε χαμηλής και υψηλής θερμοκρασίας ανάλογα με τη θερμοκρασία λειτουργίας του μέσου αποθήκευσης είναι μικρότερη ή υψηλότερη από τη θερμοκρασία του δωματίου. Πιο συγκεκριμένα τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης, χωρίζονται ανάλογα σε βιομηχανικής ψύξης ($<-18^{\circ}\text{C}$), οικιακής ψύξης ($0-12^{\circ}\text{C}$), οικιακής θέρμανσης ($25-50^{\circ}\text{C}$) και βιομηχανικής θέρμανσης ($>175^{\circ}\text{C}$).

4. Προσομοίωση του υβριδικού ενεργειακού συστήματος για τη Δονούσα

Η Δονούσα αποτελεί ένα ενεργειακό σύστημα απομονωμένο από το κεντρικό δίκτυο και αυτό συνεπάγεται ότι θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του Αυτόνομου Υβριδικού Συστήματος. Στις επόμενες σελίδες θα περιγράψουμε αναλυτικά τις επιλογές που έγιναν κατά την μοντελοποίηση του συστήματος και τις παραδοχές οι οποίες έγιναν.

4.1 Σημαντικές αποφάσεις για το ενεργειακό σύστημα

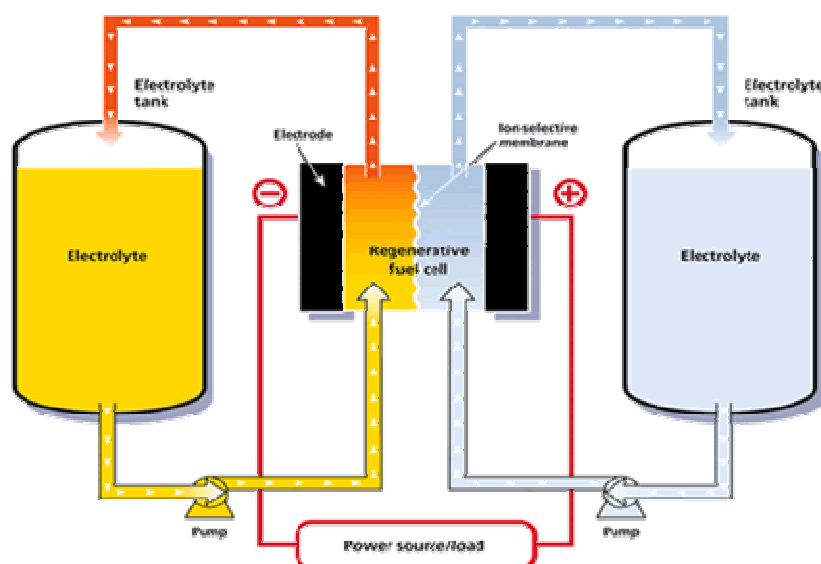
4.1.1 Μέρη υβριδικού συστήματος

Για το εξεταζόμενο ΑΥΣ, θα ληφθούν περιπτώσεις ανάλογα με το ποσοστό των ΑΠΕ και των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες οι οποίες λαμβάνονται υπό εξέταση είναι:

- Ανεμογεννήτριες:
Η ανεμογεννήτρια η οποία θα εξετάσουμε πρέπει να έχει μικρό μέγεθος λόγω του μεγέθους του συστήματος. Επομένως επιλέγεται να ελεγχθεί το σύστημα για χρήση ανεμογεννητριών με δοκιμές σε ανεμογεννήτρια των 250 kW. Ο χρόνος ζωής της ανεμογεννήτριας εκτιμάται στα 15 χρόνια.
- Φωτοβολταϊκά:
Η χρήση φωτοβολταϊκών φαίνεται λογική λόγω της ηλιοφάνειας της περιοχής, η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτή των σταθερών πλακών για απλοποίηση της εφαρμογής. Ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών εκτιμάται στα 20 χρόνια.
- Γεννήτρια diesel:
Η γεννήτρια αποτελεί την παρούσα λύση στο ενεργειακό πρόβλημα της περιοχής και θα εξεταστεί η αλλαγή με αντικατάσταση της παλαιάς με καινούργια καλύτερης απόδοσης και διαφορετικού μεγέθους. Ο χρόνος ζωής της γεννήτριας εκτιμάται στα 20 χρόνια.
- Αντιστροφείας:
Η επιλογή του μεγέθους της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος και τις ώρες λειτουργίας του εναλλάκτη (Converter). ο εναλλάκτης είναι απαραίτητος για τη σωστή λειτουργία του συστήματος και την εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας από τα ανανεώσιμα τμήματα της εγκατάστασης και μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο.

4.1.2 Μέσο αποθήκευσης[15]

Ως μέσο αποθήκευσης λόγω ευκολίας στην εγκατάσταση και ιδιαιτεροτήτων της περιοχής (χαμηλή υψομετρική διαφορά, περιορισμένος χώρος, απομακρυσμένη τοποθεσία) επιλέγεται η χρήση ηλεκτρικών συσσωρευτών(μπαταριών). Οι πιο κατάλληλες μπαταρίες για την εφαρμογή είναι οι τύπου ροής (flow batteries).



Σχήμα 4.1: Λειτουργία μπαταριών ροής

Οι μπαταρίες ροής, θεωρούνται κατάλληλες για εφαρμογές που απαιτούν υψηλές ποσότητες αποθήκευσης ισχύος, κυμαινόμενες από 1 kW μέχρι 200 MW και περιόδους διαρκείας 1 δευτερόλεπτο μέχρι 12 ώρες. Η ενέργεια που διαχειρίζονται, αποθηκεύεται και αποδесμεύεται μέσω μίας αντίστροφης ηλεκτροχημικής αντίδρασης μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών. Η τεχνολογία αυτών των μπαταριών θεωρείται αρκετά σύγχρονη και υπάρχουν ακόμα περιθώρια βελτίωσης. Τα κύρια πλεονεκτήματά της είναι η μεγάλη ανοχή σε υπερφόρτιση και υπερβολική αποφόρτιση, καθώς και μεγάλη ταχύτητα ανταπόκρισης. Μειονέκτημα αποτελεί η πολυπλοκότητα λόγω της χρήσης αντλιών αισθητήρων, μονάδων ελέγχου και επιπλέον δοχείων συγκράτησης σε σχέση με άλλες τεχνολογίες.

Παρόλα αυτά θεωρείται μια σίγουρη και φθηνή λύση για εφαρμογές μεγάλου μεγέθους. Ο χρόνος ζωής της μπαταρίας εκτιμάται στα 8 με 10 έτη και του ηλεκτρολύτη πολύ μεγαλύτερη από αυτή. Επισημαίνεται ότι στη μοντελοποίηση δεν συμπεριλαμβάνεται ο τρόπος λειτουργίας των συσσωρευτών.

4.1.3 Στοιχεία προσομοίωσης

– Ζήτηση:

Για τον υπολογισμό της ζήτησης, που όπως έχει προαναφερθεί, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της νήσου Σέριφου με εφαρμογή συντελεστών ομοιότητας. Οι μετρήσεις αυτές καλύπτουν τη διάρκεια ενός έτους με συχνότητα μίας ώρας.

– Αιολικό δυναμικό:

Για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν ανεμολογικές μετρήσεις που έγιναν σε συνολικό χρόνο ενός έτους με συχνότητα 10 λεπτών για την περιοχή της Ίου, νησί το οποίο βρίσκεται γεωγραφικά κοντά με τη Δονούσα.

– Ηλιακό δυναμικό:

Για τον υπολογισμό του ηλιακού δυναμικού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον διαδικτυακό τόπο της NASA συναρτήσεως της γεωγραφικής θέσης της νήσου, τα οποία επαληθεύτηκαν από μετρήσεις του ΚΑΠΕ για την περιοχή των Κυκλάδων.

– Καύσιμα:

Όσον αφορά τα καύσιμα (Diesel) θεωρήθηκε σταθερή τιμή στα 1.5 €/L καυσίμου, η οποία συμπεριλαμβάνει και το κόστος μεταφοράς του καυσίμου στο νησί. Επίσης το κόστος εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα δεν λήφθηκε υπόψη καθώς τα σημερινά δεδομένα δεν υπαγορεύουν κάτι τέτοιο και το κόστος αυτό είναι θεωρητικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο.

– Οικονομικά στοιχεία:

Για τα οικονομικά αποτελέσματα θεωρήθηκε ετήσιο κόστος δανεισμού 6% και συνολικός χρόνος λειτουργίας του έργου τα 25 έτη. Ως πάγια έξοδα του έργου, θεωρήθηκαν 12000 €/year τα οποία αντιστοιχούν στην απασχόληση ενός μόνιμου υπαλλήλου. Τα υπόλοιπα πιθανά κόστη (βλάβες, συντήρηση) έχουν συμπεριληφθεί στα επιμέρους κόστη της κάθε τεχνολογίας ως κόστη συντήρησης και λειτουργίας.

Τα στοιχεία για τα κόστη κάθε τεχνολογίας δίνονται παρακάτω σε πινακοποιημένη μορφή αναγόμενα ανά kW εγκατεστημένης ισχύος.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (€/kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (€/kW·yr)	ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ (yr)
Ανεμογεννήτρια (WT)	2500	2200	2	15
Φωτοβολταϊκά (PV)	2000	1200	20	20
Γεννήτρια (G)	1500	1000	20	

Μπαταρία (B)	2700	700	35	8
Converter(C)	250	200	0	15
Ηλεκτρολύτης	100	90	0	25

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα κόστη ανεμογεννητριών αφορούν τα εξεταζόμενα μεγέθη στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης (μικρότερη του 1MW).

4.2 Εργαλείο προσομοίωσης

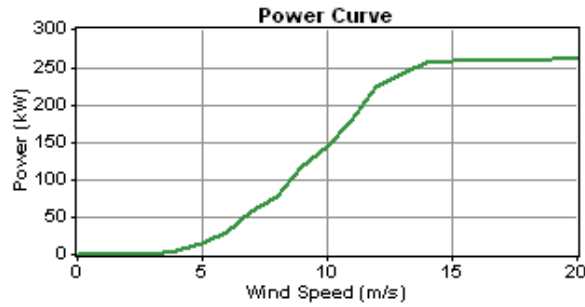
Για την προσομοίωση των πιθανών σεναρίων με συνδυασμούς των τεχνολογιών που έχουν προαναφερθεί γίνεται με το λογισμικό του Homer Energy. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί πρόγραμμα εξειδικευμένο στο σχεδιασμό και την ανάλυση υβριδικών συστημάτων και χρησιμοποιείται για επαγγελματικές και μη εφαρμογές.

Η λειτουργία του προγράμματος, βασίζεται σε παραμέτρους οι οποίες εισάγονται από το χρήστη και εξέταση όλων των πιθανών σεναρίων που καλύπτουν αυτές τις παραμέτρους. Τα όρια του κάθε μεγέθους είναι ορισμένα με τέτοιο τρόπο ώστε η βέλτιστη λύση να βρίσκεται εντός της περιοχής αναζήτησης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία κάθε τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκαν.

- Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες που εξετάζονται, μοντελοποιούνται σύμφωνα με καμπύλη ισχύος που φαίνεται παρακάτω τόσο σχηματικά όσο και σε πινακοποιημένη μορφή. Είναι σταθερής ταχύτητας, τύπου pitch control και τα δεδομένα αντιστοιχούν στο μοντέλο WES 30 της εταιρίας Wind Energy Solutions. Ο τύπος αυτός επιλέγεται, λόγω της καλής σταθερότητας και της αξιοπιστίας της κατασκευής. Να σημειωθεί ότι σε κάθε περίπτωση, θεωρήθηκαν απώλειες 5% επί της υπολογιζόμενης καμπύλης ισχύος παραγωγής τους.

Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Αποδιδόμενη Ισχύς (kW)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Αποδιδόμενη Ισχύς (kW)
0.00	0.000	10.00	145.000
0.00	0.000	11.00	179.000
1.00	0.000	12.00	222.000
2.00	0.000	13.00	241.200
3.00	0.000	14.00	256.600
4.00	4.400	15.00	258.600
5.00	14.900	16.00	258.000
6.00	29.300	17.00	257.000
7.00	56.300	18.00	259.000
8.00	77.200	19.00	260.000
9.00	115.800	20.00	260.000



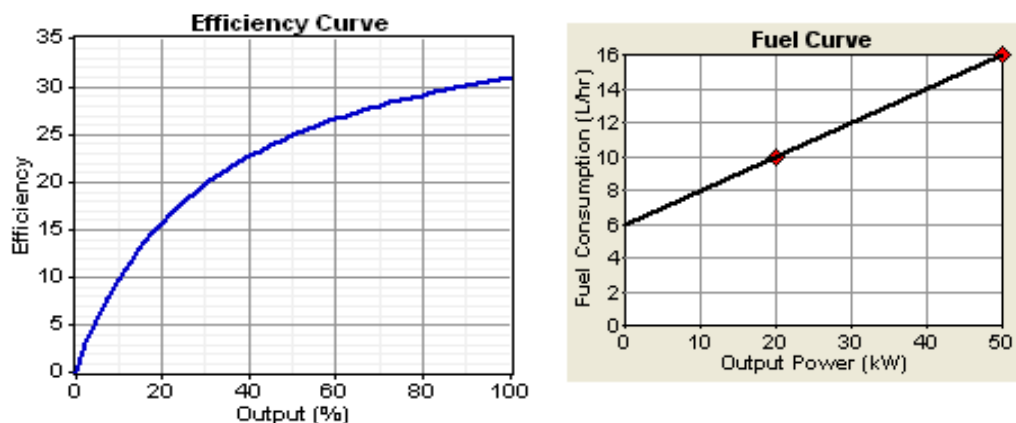
Διάγραμμα 4.2: Καμπύλη ισχύος της υπό εξέταση ανεμογεννήτριας

- Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά που εξετάζονται είναι σταθερά, χωρίς σύστημα παρακολούθησης (tracking system) και είναι τοποθετημένα υπό γωνία 37.1° με μηδενικό αζιμούθιο. Το ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά είναι συνεχόμενο ρεύμα χαμηλής τάσης, και σε αυτό υπολογίζεται και συντελεστής 10% απωλειών της απόδοσης που σχετίζεται με τη διαφορά των συνθηκών εργαστηρίου στις οποίες έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές απόδοσης με τις πραγματικές συνθήκες, ενώ η επιρροή της θερμοκρασίας θεωρείται αμελητέα.

- Γεννήτρια Diesel

Η γεννήτρια θεωρείται ότι λειτουργεί με καύσιμο κατώτερης θερμογόνου ικανότητας 43.2 MJ/kg και πυκνότητας 820 kg/m^3 όπου η σύστασή του σε άνθρακα και θείο είναι 88% και 0.33% αντίστοιχα. Παρακάτω δίνονται τα διαγράμματα κατανάλωσης – ισχύος και απόδοσης ισχύος της γεννήτριας. Όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας της γεννήτριας, δεν τίθεται κανένας περιορισμός για λόγους βελτιστοποίησης ενώ θεωρείται η ελάχιστη λειτουργία της μηχανής στο 30% της απόδοσής της.



Διάγραμμα 4.3: Καμπύλη απόδοσης και κατανάλωσης καυσίμου της γεννήτριας

Όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμου, θεωρούμε ότι συνδέεται γραμμικά με το μέγεθος της παραγόμενης ισχύος, ανεξαρτήτου του μεγέθους της γεννήτριας, και πιο συγκεκριμένα από τη σχέση:

$$F = F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen}$$

Όπου:

- F : στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου [L]
- F_0 : σταθερά καμπύλης κατανάλωσης καυσίμου [L/hr/kW_{rated}]
- F_1 : περιθωριακή κατανάλωση καυσίμου της γεννήτριας [L/hr/kW]
- Y_{gen} : ονομαστική ισχύς της γεννήτριας [kW]
- P_{gen} : στιγμιαία παραγόμενη ισχύς της γεννήτριας [kW]

- Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές που εξετάζονται, αποθηκεύουν και προσδίδουν συνεχόμενο ρεύμα η απόδοση της αποθηκευόμενης ισχύος είναι 80% και το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης είναι στο 0% μεγέθη που θεωρούνται τυπικά για το συγκεκριμένο τύπο μπαταριών, και αντιστοιχούν στο μοντέλο VRB-ESS Flow Battery της εταιρίας Prudent Energy.

- Αντιστροφέας (Converter)

Ο εναλλάκτης είναι σχεδιασμένος κατάλληλα για το μέγεθος της εγκατάστασης και της αποθηκευόμενης ενέργειας και για τη λειτουργία του θεωρείται βαθμός απόδοσης στο 90%. Επίσης δύναται η παράλληλη λειτουργία του με τη γεννήτρια diesel και μπορεί να γίνει μετατροπή ρεύματος από εναλλασσόμενο σε συνεχές με βαθμό απόδοσης 85%. Ο αντιστροφέας λειτουργεί ως Rectifier για μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο και ως Inverter για την αντίστροφη λειτουργία.

4.3 Υπολογιζόμενα μεγέθη

Μετά τον υπολογισμό όλων των πιθανών συνδυασμών εντός των εισαγομένων μεγεθών, γίνεται παρουσίαση των πιο ενδεικνυόμενων λύσεων με κριτήρια το κόστος παραγωγής της ενέργειας και το αρχικό κόστος επένδυσης και συνοπτική παρουσίαση ορισμένων κρίσιμων μεγεθών της επένδυσης (αρχικό κόστος, κόστος λειτουργίας, καθαρά παρούσα αξία, κόστος παραγόμενης ενέργειας,

ανανεώσιμο ποσοστό παραγόμενης ενέργειας και κατανάλωση καυσίμου). Παρακάτω ακολουθούν οι αναλυτικοί υπολογισμοί οι οποίοι γίνονται.

4.3.1 Οικονομικοί Υπολογισμοί

Όσον αφορά τους οικονομικούς υπολογισμούς, το Homer Energy κάνει αναλυτικό υπολογισμό της ροής των χρημάτων κατά όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του έργου. Υπολογίζονται τα κόστη κάθε τεχνολογίας και είδους κόστους (αρχικό, αντικατάστασης, λειτουργίας, καυσίμου) τόσο σε ετήσια βάση όσο και συνολικά σε καθαρά παρούσα αξία. Επίσης σχεδιάζεται διάγραμμα της ροής χρημάτων για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου σε ετήσια βάση.

Τονίζεται ότι οι οικονομικοί υπολογισμοί γίνονται υπολογίζοντας τα κόστη σε κάθε περίπτωση και όχι τα πιθανά έσοδα σε περίπτωση πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, και βάση αυτών των μετρήσεων θα γίνει και η σχετική βελτιστοποίηση.

4.3.2 Υπολογισμοί ενέργειας

Όσον αφορά τους ενεργειακούς υπολογισμούς, το Homer Energy υπολογίζει τη στιγμιαία παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας διασταυρώνοντας τα δεδομένα της στιγμιαίας ζήτησης και της στιγμιαίας παραγωγής από τα διάφορα τμήματα του υβριδικού συστήματος, σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν εισαχθεί για κάθε τεχνολογία. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται:

- Η ετήσια παραγωγή ενέργειας [kWh/yr] τόσο συνολικά όσο και για κάθε τεχνολογία ξεχωριστά.
- Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας.
- Το ποσό της απορριπτόμενης ενέργειας.
- Το ποσό της μη καλυπτόμενης ζήτησης
- Το ποσοστό της συνολικής αποθηκευόμενης ενέργειας ετησίως.
- Το ανανεώσιμο τμήμα του ενεργειακού ισοζυγίου.
- Το ποσοστό περίσσειας παραγόμενης ισχύος.

4.3.3 Φωτοβολταϊκά (PV)

Για τα φωτοβολταϊκά σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής, υπολογίζονται:

- Ο συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας
- Η συνολική παραγωγή ενέργειας
- Η μέγιστη και ελάχιστη αποδιδόμενη ισχύς
- Το ποσοστό διείσδυσης
- Οι ώρες λειτουργίας σε ετήσια βάση
- Το κόστος παραγωγής ενέργειας

Επίσης παρουσιάζεται ο πίνακας της πρόσδοσης ισχύος των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του χρόνου.

4.3.4 Ανεμογεννήτριες (WT)

Για τις ανεμογεννήτριες σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ και το αιολικό δυναμικό της περιοχής, υπολογίζονται:

- Ο συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας
- Η συνολική παραγωγή ενέργειας
- Η μέγιστη και ελάχιστη αποδιδόμενη ισχύς
- Το ποσοστό διείδυσης
- Οι ώρες λειτουργίας σε ετήσια βάση
- Το κόστος παραγωγής ενέργειας

Επίσης παρουσιάζεται ο πίνακας της μέσης πρόσδοσης ισχύος των ανεμογεννητριών στο δίκτυο σε μηνιαία βάση για όλη τη διάρκεια του χρόνου.

4.3.5 Γεννήτρια (G)

Για τη γεννήτρια σύμφωνα με το επιλεγμένο μέγεθός της, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Ώρες λειτουργίας
- Συνολικός αριθμός εκκινήσεων ετησίως
- Χρόνος ζωής της γεννήτριας με το συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας της
- Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας
- Ανηγμένο κόστος γεννήτριας
- Κόστος παραγόμενης ενέργειας
- Συνολική παραγόμενη ενέργεια ετησίως
- Μέση, μέγιστη και ελάχιστη παραγωγή ισχύος
- Κατανάλωση καυσίμου σε [L/yr] και [L/kWh]
- Μέσος συντελεστής απόδοσης

Επίσης παρουσιάζεται ο πίνακας της ενεργειακής πρόσδοσης της γεννήτριας στο δίκτυο σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του χρόνου.

4.3.6 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές (B)

Για τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Χρόνος αυτονομίας
- Κόστος ενέργειας

- Ροή ενέργειας (εισαγόμενη, εξερχόμενη, απώλειες)
- Συνολικά διαχειριζόμενη ενέργεια

Επίσης παρουσιάζεται ιστόγραμμα με το ποσοστό φόρτισης των μπαταριών και της συχνότητας εμφάνισής της, διάγραμμα με τα μηνιαία στατιστικά φόρτισης καθώς και αναλυτική παρουσίαση του ποσοστού φόρτισης σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

4.3.7 Αντιστροφέας (C)

Σύμφωνα με το τελικό μέγεθος του αντιστροφέα, ο οποίος συνεργάζεται με όλα τα τμήματα της εγκατάστασης, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Μέση, μέγιστη και ελάχιστη απόδοση ισχύος
- Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας
- Ώρες λειτουργίας
- Ροή ενέργειας (εισαγόμενη, εξερχόμενη, απώλειες)

Επίσης παρουσιάζονται δύο πίνακες με την εισαγόμενη ενέργεια σε μορφή συνεχόμενου και εναλλασσόμενου ρεύματος σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

4.3.8 Εκπομπές ρύπων

Υπολογίζοντας τις καταναλώσεις καυσίμου από την απόδοση της γεννήτριας και την ολική κατανάλωση καυσίμου, έχοντας ορίσει τη σύσταση προκύπτουν οι εκπομπές των παρακάτω ρύπων σε [kg/yr]:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Άκαυτοι υδρογονάνθρακες (UHC)
- Σωματίδια (PM)
- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)

4.3.9 Παρατηρήσεις

1. Ο υπολογισμός του συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας ορίζεται ως το κλάσμα της αποδιδόμενης ενέργειας σε ετήσια βάση, προς την αποδιδόμενη ενέργεια στην περίπτωση λειτουργίας στο πλήρες φορτίο στο ίδιο χρονικό διάστημα.
2. Στο σύστημα απαιτείται διασφάλιση ορισμένου ποσοστού εφεδρικής αποθηκευόμενης ενέργειας. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 10% του εκάστοτε ωριαίου φορτίου και λειτουργεί για τη διασφάλιση αξιοπιστίας και

σταθερότητας του συστήματος. Σε περίπτωση ύπαρξης ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών η ενέργεια αυτή καλύπτεται σε ποσοστό 25% και 50% αντίστοιχα από κάθε τεχνολογία. Οι τιμές θεωρούνται ενδεικτικές για τον τύπο του συστήματος.

3. Ο σχεδιασμός του έργου, ανάλογα με τις προϋποθέσεις κάθε σεναρίου, γίνεται με γνώμονα το ελάχιστο κόστος ανηγμένο σε καθαρά παρούσα αξία υπολογίζοντας τα κόστη της εγκατάστασης σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας της και την παραμένουσα αξία μετά την πάση της λειτουργίας.

5. Σενάρια λειτουργίας υβριδικού συστήματος

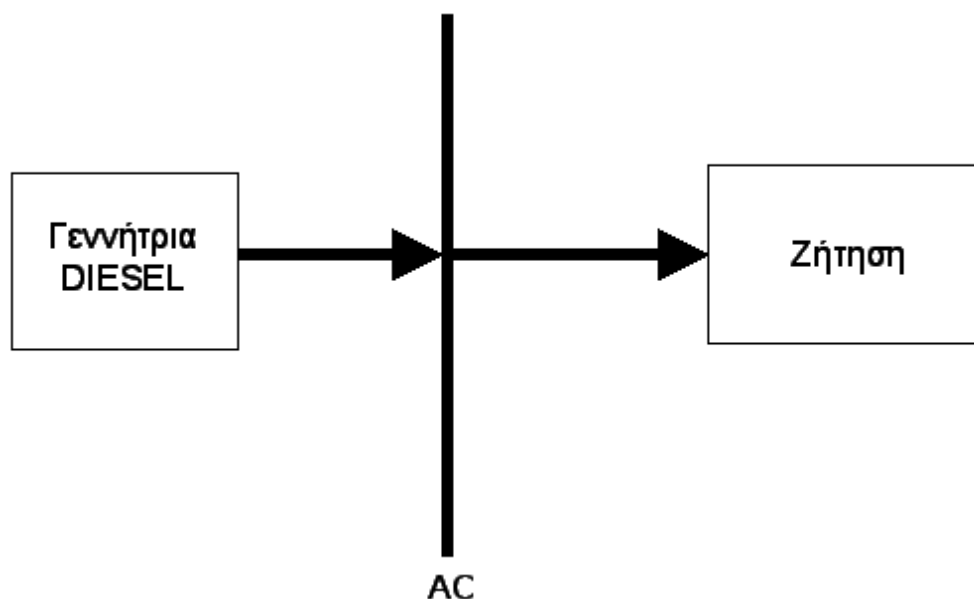
5.1 Σενάριο 1: 0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες

5.1.1 Περίπτωση I – χωρίς τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας

Η περίπτωση αυτή αποτελεί την παρούσα κατάσταση. Η ενεργειακή κάλυψη των αναγκών του νησιού καλύπτεται πλήρως από μια γεννήτρια diesel η οποία υποφέρει και όλες τις μεταβολές του φορτίου. Το μέγεθος της γεννήτριας, είναι τέτοιο ώστε να καλύπτεται η ζήτηση και στις ακραίες περιπτώσεις φορτίου (183 kW).

Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:

- Γεννήτρια diesel 185 kW



Σχήμα 5.1: Σύστημα παραγωγής ενέργειας, Περίπτωση I

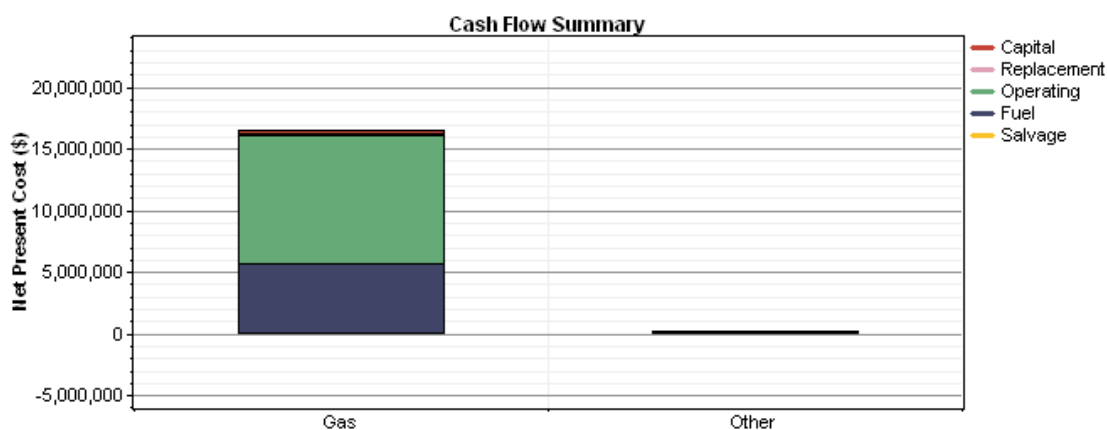
Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/yr)	Συνολική ΚΠΑ (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (L/yr)	Ώρες Λειτουργίας (h/yr)
277,500	1,277.897	16,613,317	1.947	296,523	8,759

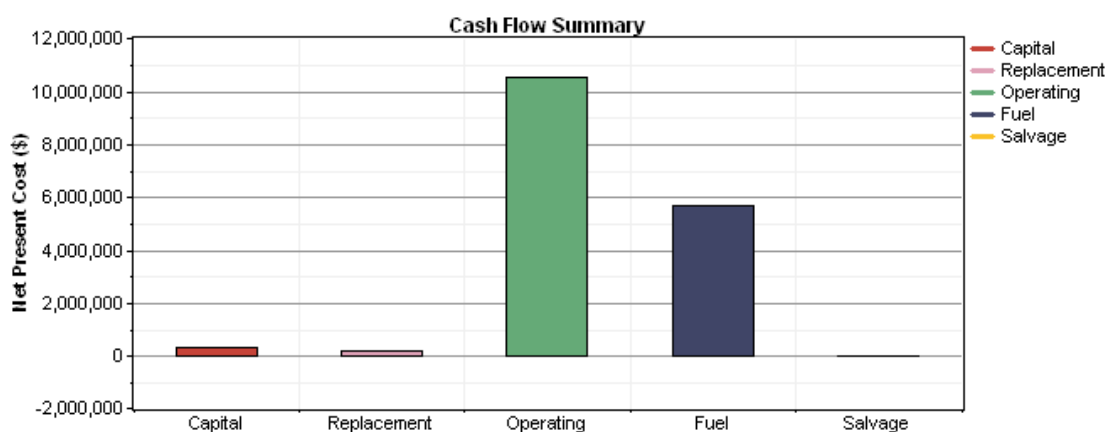
5.1.1.1 Οικονομικά Στοιχεία

➤ Ανάλυση Κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



Διάγραμμα 5.2: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία*



Διάγραμμα 5.3: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Γεννήτρια	277,500	160,972	10,357,176	5,685,840	-21,565	16,459,924
Άλλο	0	0	153,400	0	0	153,400
Σύστημα	277,500	160,972	10,510,576	5,685,840	-21,565	16,613,324

Για τα κόστη που φαίνονται στον πίνακα έχουμε:

Αρχικό : αρχικό κόστος

Αντικ. : κόστος αντικατάστασης

*Ο όρος Gas(gasoline) αναφέρεται στο πετρέλαιο(diesel) που χρησιμοποιεί η γεννήτρια.

Σ&Λ : κόστος συντήρησης και λειτουργίας

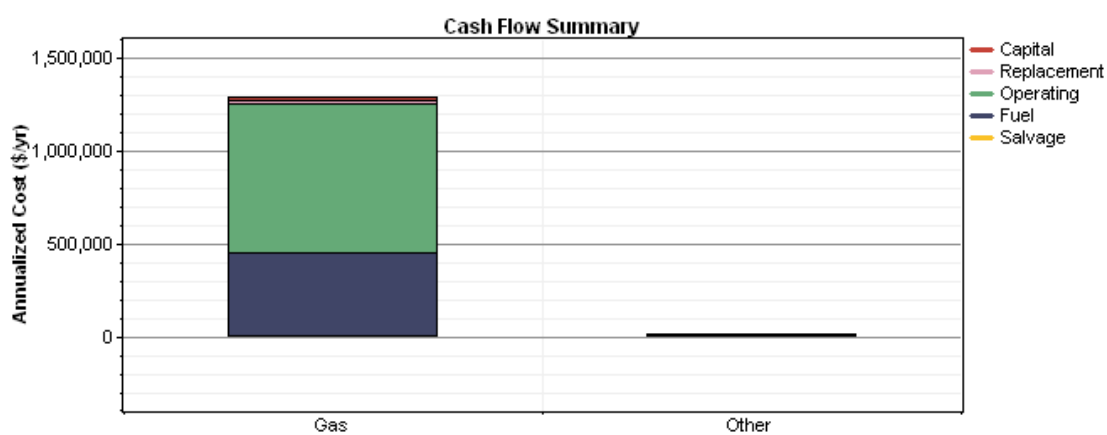
Καυσ. : κόστος καυσίμου

Π.Α. : κόστος παραμένουσας αξίας του έργου

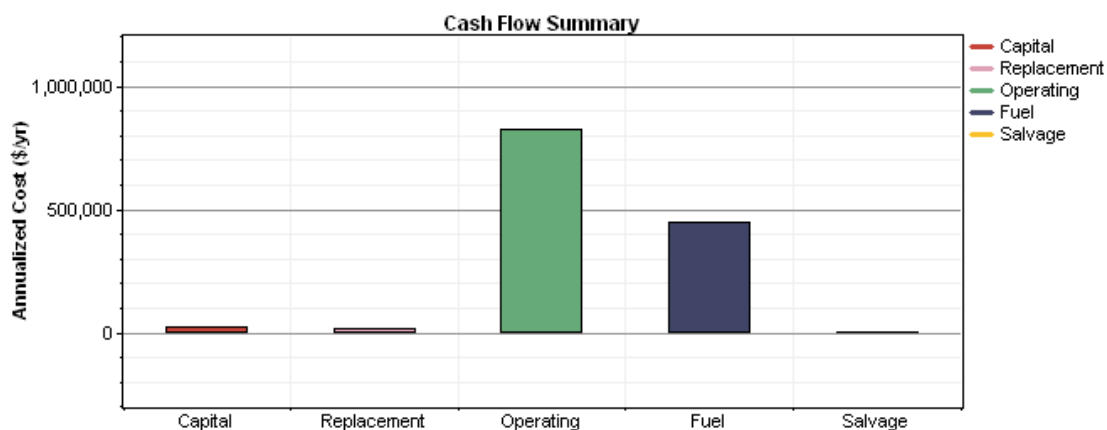
Ολικό : ολικό κόστος

Ο ίδιος συμβολισμός θα χρησιμοποιηθεί σε όλους τους πίνακες που ακολουθούν.

Ετήσια Βάση:



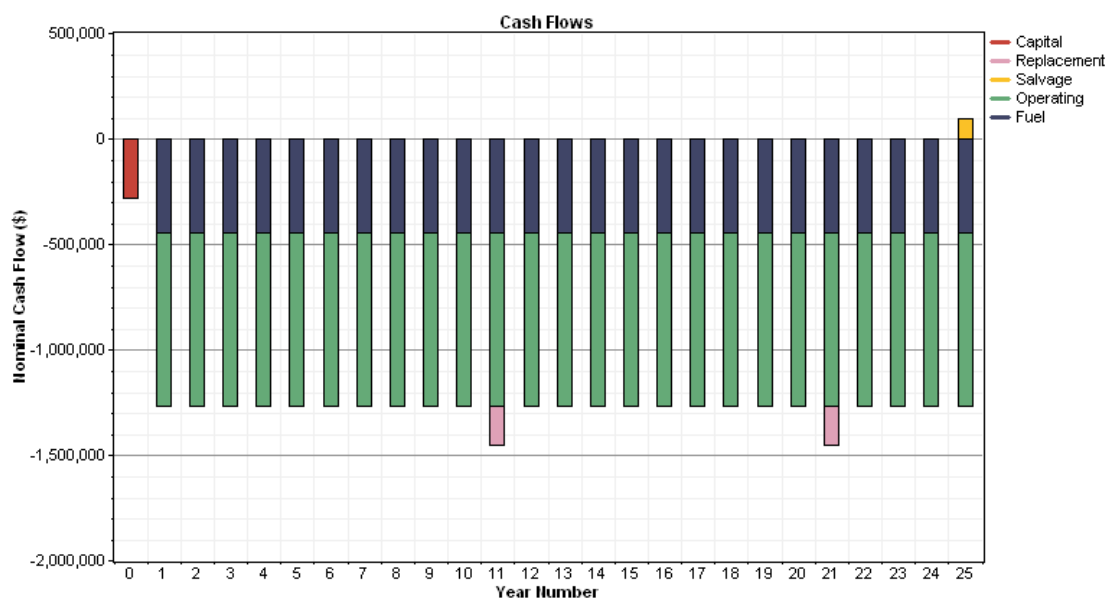
Διάγραμμα 5.4: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία



Διάγραμμα 5.5: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Ετήσια Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Ολικό (€)
Γεννήτρια	21,708	12,592	810,208	444,785	1,287,606
Άλλο	0	0	12,000	0	12,000
Σύστημα	21,708	12,592	822,208	444,785	1,299,606

➤ Χρηματοροή



Διάγραμμα 6.6: Διάγραμμα χρηματοροής

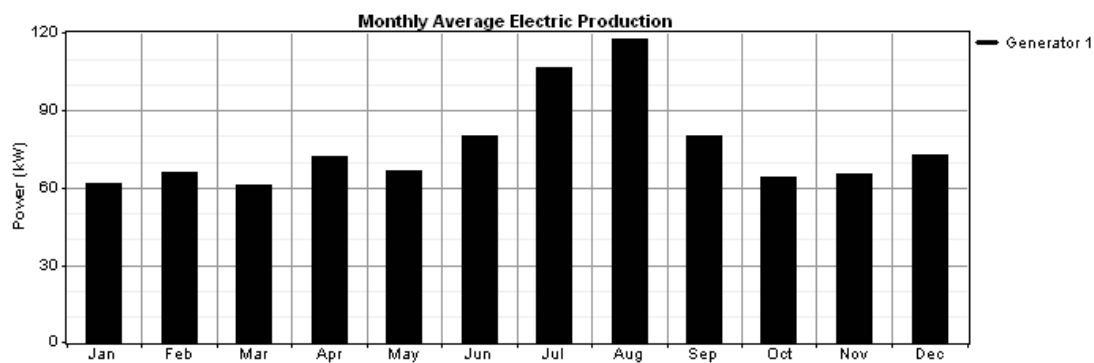
Παρατηρούμε ότι παρά το κύριο κόστος του έργου δεν είναι το αρχικό ποσό που απαιτείται για την επένδυση, αλλά το σταθερό και υψηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας το οποίο διαμορφώνει και μια ομαλή και σχεδόν σταθερή χρηματοροή για όλη τη διάρκεια λειτουργίας του έργου.

5.1.1.2 Ενεργειακά στοιχεία

Παραγωγή	kWh/yr	%	Κατανάλωση	kWh/yr	%
G	667,598	100	Φορτίο	667,598	100
Σύνολο	667,598	100	Σύνολο	667,598	100

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	0	0
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	0	0
Ανικανότητα Κάλυψης	0	0

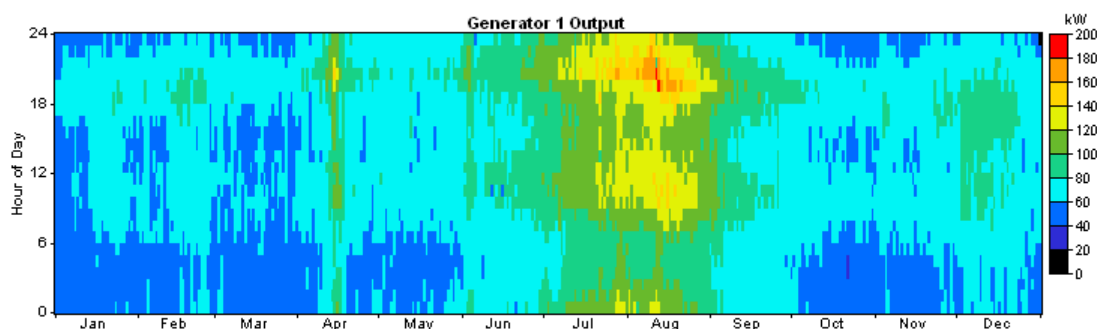
Παρατηρούμε ότι έχουμε πλήρη κάλυψη των αναγκών της ζήτησης με μηδενική απόρριψη ενέργειας.



Διάγραμμα 5.7: Μέση πρόσδοση ισχύος ανά τεχνολογία για κάθε μήνα του έτους

5.1.1.3 Γεννήτρια

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ώρες λειτουργίας	8,759	hr/yr
Αριθμός εκκινήσεων	1	starts/yr
Λειτουργικός χρόνος ζωής	10.0	yr
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	41.2	%
Σταθερό κόστος	117	€/hr
Ανηγμένο κόστος	0.375	€/kWh
Παραγωγή ενέργειας	667,598	kWh/yr
Μέση απόδοση ισχύος	76.2	kW
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	38.0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	183	kW
Κατανάλωση καυσίμου	296,523	L/yr
Ανηγμένη κατανάλωση καυσίμου	0.444	L/kWh
Ενέργεια καυσίμου	2,917,786	kWh/yr
Μέση απόδοση	22.9	%



Διάγραμμα 5.8: Πρόσδοση ισχύος της γεννήτριας στο δίκτυο σε ωριαία βάση

Η γεννήτρια αποτελώντας το μοναδικό τμήμα της εγκατάστασης, λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, φυσικά με κόστος φθοράς και κόπωσης της μηχανής. Επίσης το σύστημα εξαρτάται απολύτως από τη λειτουργία της, με αποτέλεσμα την αδυναμία σε περίπτωση βλάβης ή ανάγκη συντήρησης.

5.1.1.4 Εκπομπές ρύπων

Η μεγάλη κατανάλωση καυσίμου, οδηγεί και αντίστοιχα μεγάλες εκπομπές ρύπων οι οποίες επιβαρύνουν το τοπικό οικοσύστημα.

Ρύπος	Εκπομπές [kg/yr]
CO ₂	780,842
CO	1,927
UHC	213
PM	145
SO ₂	1,568
NO _x	17,198

5.1.1.5 Παρατηρήσεις

1. Το κόστος παραγωγής της ενέργειας είναι πολύ υψηλό (1.947 €/kWh).
2. Η χρήση της συμβατικής μονάδας κατά αποκλειστικότητα, μας επιτρέπει την μηδενική απόρριψη ενέργειας.
3. Το σύστημα καλύπτεται πλήρως καθώς η επιλογή της γεννήτριας, όμως αυτή λειτουργεί πολύ μακριά από το βέλτιστο σημείο λειτουργίας αυξάνοντας την κατανάλωση καυσίμου.
4. Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι πολύ μικρό.
5. Κόστος συντήρησης και λειτουργίας του έργου είναι πολύ αυξημένο λόγω της μεγάλης κατανάλωσης καυσίμου.
6. Υπάρχει απόλυτη εξάρτηση του συστήματος από την εισαγωγή πετρελαίου.
7. Οι παραγόμενοι ρύποι είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα.
8. Πολύ μονομερές ενεργειακό μείγμα, προβληματικό σε περίπτωση βλάβης.

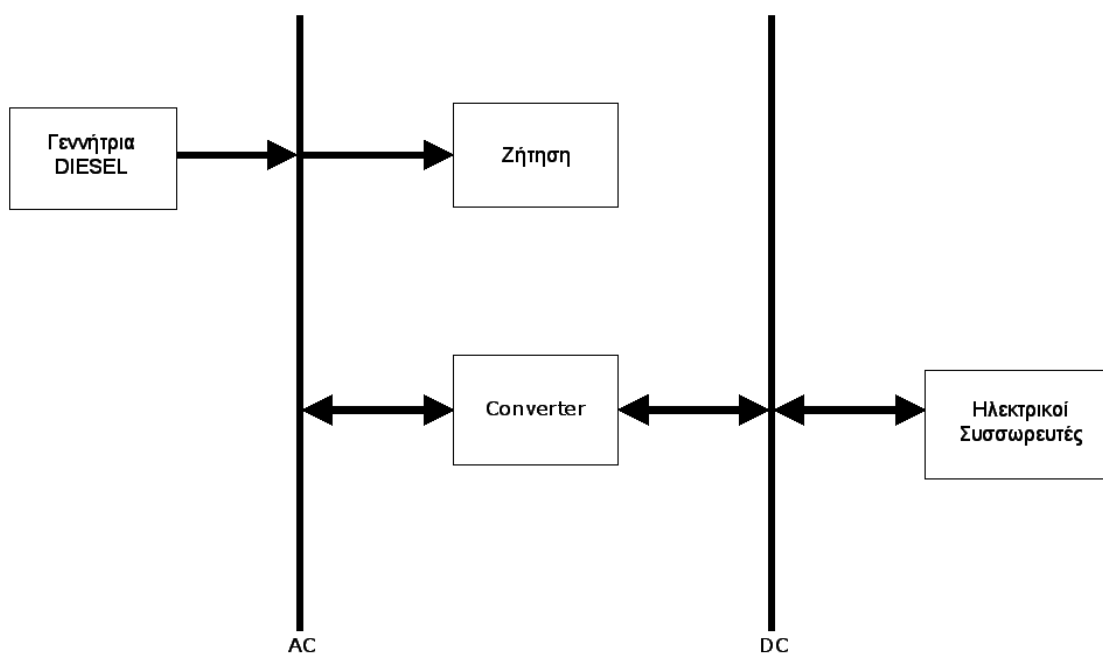
5.1.2 Περίπτωση II – με τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας

Η περίπτωση αυτή αποτελεί μια μικρή μετατροπή ως προς την παρούσα κατάσταση. Η είσοδος των ενεργειακών συσσωρευτών και η αποθήκευση ενέργειας, δίνει τη δυνατότητα εξομάλυνσης των ακραίων καταστάσεων του

συστήματος και δυνατότητα λειτουργίας της γεννήτριας με τρόπο που εξασφαλίζει καλύτερη απόδοση. Συνεπώς περιμένουμε μειωμένο μέγεθος γεννήτριας και λιγότερη κατανάλωση καυσίμου, άρα και μείωσης του κόστους συντήρησης και λειτουργίας.

Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:

- Γεννήτρια diesel 130 kW
- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές 100 kW / 900 kWh
- Αντιστροφέας 100 kW



Σχήμα 5.9: Σύστημα παραγωγής ενέργειας, Περίπτωση II

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

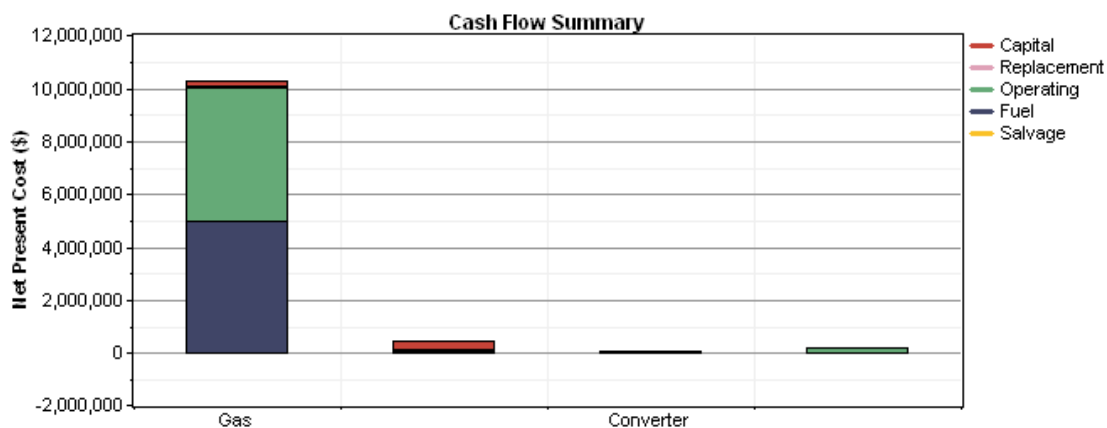
Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/yr)	Συνολική ΚΠΑ (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (L/yr)	Ώρες Λειτ. Γεννήτριας (h/yr)
580,000	806,047	10,883,989	1.275	257,567	6,118

Ακόμα και από τα πρώτα δεδομένα γίνεται σαφής η βελτίωση της αποδοτικότητας του συστήματος με την εισαγωγή των ηλεκτρικών συσσωρευτών. Παρατηρείται σημαντική μείωση τόσο του της συνολικά δαπανούμενης ποσότητας καυσίμου, και κατά συνέπεια του κόστους παραγωγής ενέργειας όσο και των ωρών λειτουργίας της γεννήτριας.

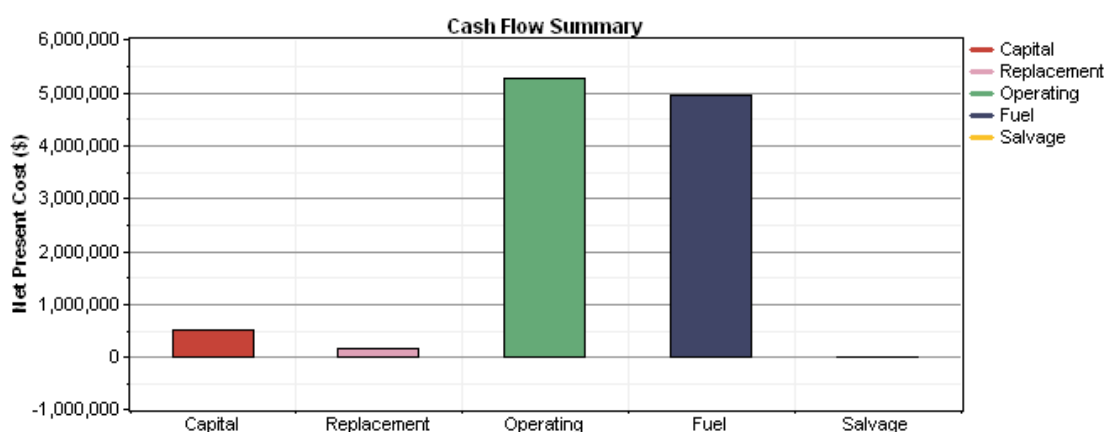
5.1.2.1 Οικονομικά στοιχεία

➤ Ανάλυση κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



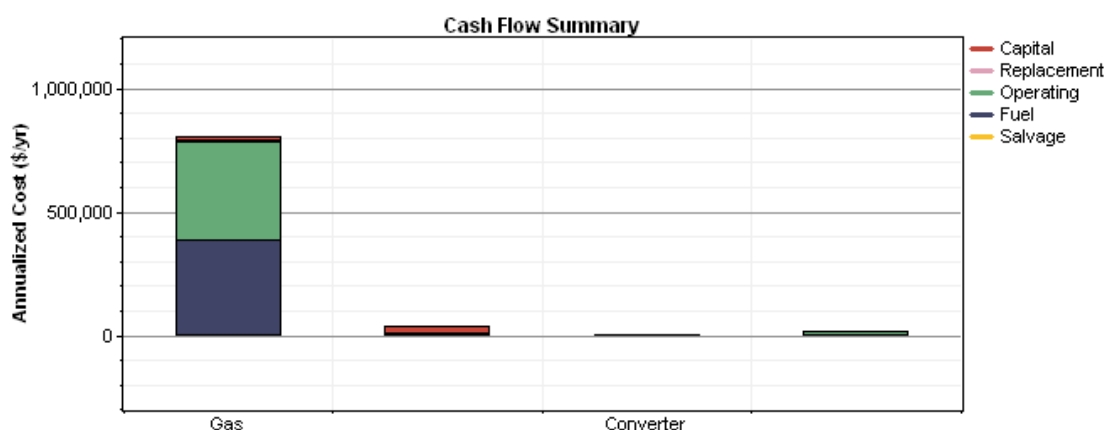
Διάγραμμα 5.10: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία



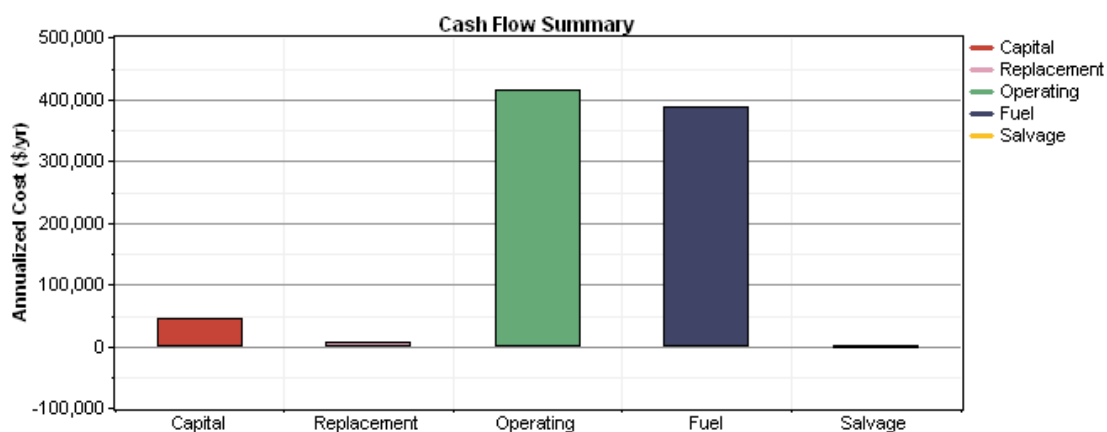
Διάγραμμα 5.11: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Γεννήτρια	195,000	56,442	5,083,560	4,938,851	-7,693	10,266,160
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	360,000	29,209	58,306	0	-14,873	432,642
Αντιστροφέας	25,000	8,345	0	0	-1,553	31,792
Άλλο	0	0	153,400	0	0	153,400
Σύστημα	580,000	93,996	5,295,267	4,938,851	-24,120	10,883,996

Ετήσια Βάση:



Διάγραμμα 5.12: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία

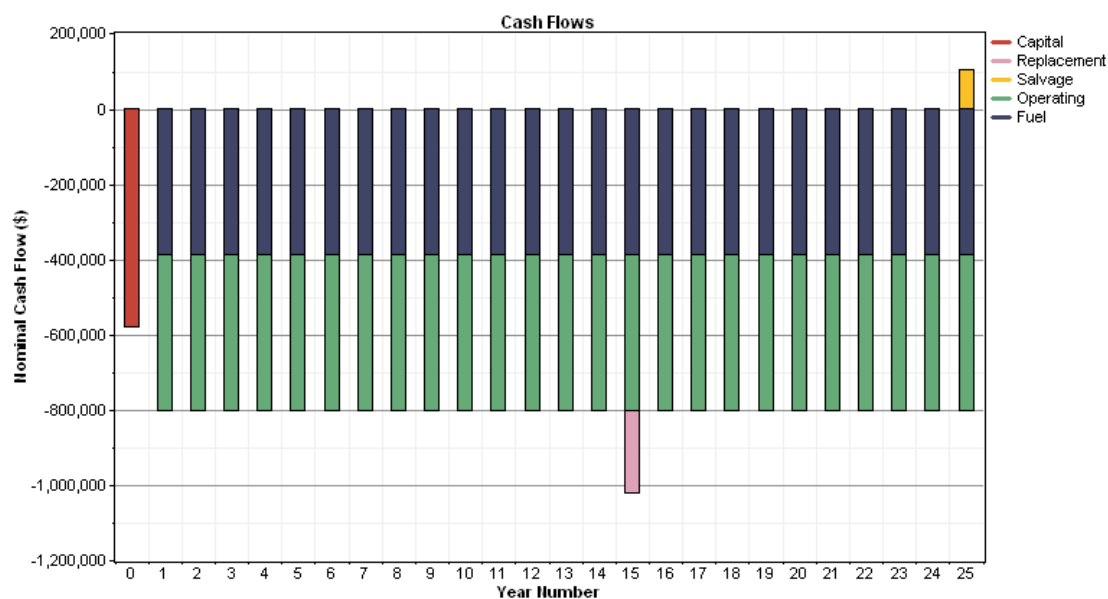


Διάγραμμα 5.13: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Ετήσια Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Γεννήτρια	15,254	4,415	397,670	386,350	-602	803,088
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	28,162	2,285	4,561	0	-1,163	33,844
Αντιστροφέας	1,956	653	0	0	-122	2,487
Άλλο	0	0	12,000	0	0	12,000
Σύστημα	45,371	7,353	414,231	386,350	-1,887	851,419

Τόσο από τα ετήσια δεδομένα όσο και από τα συνολικά παρατηρείται η σημαντικότητα της κατανάλωσης καυσίμου στη χρηματοροή της εγκατάστασης, καθώς αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής εκροής κάτι το οποίο αποτυπώνεται και στο διάγραμμα της χρηματοροής.

➤ Χρηματοροή



Διάγραμμα 5.14: Διάγραμμα χρηματοροής

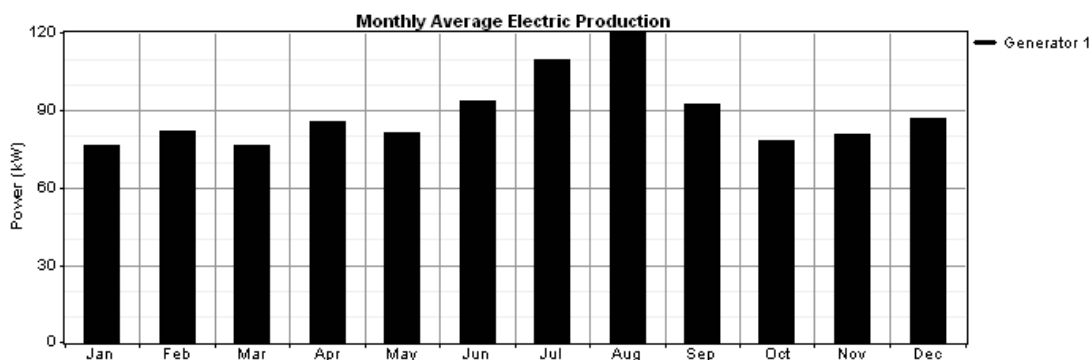
Παρατηρούμε ότι η μορφή της χρηματοροής παραμένει παρόμοια με αυτή που συναντήσαμε στην προηγούμενη περίπτωση, καθώς έχουμε και εδώ τον ίδιο τρόπο λειτουργίας. Η μείωση του κόστους οφείλεται στην καλύτερη λειτουργία της γεννήτριας.

5.1.2.2 Ενεργειακά στοιχεία

Παραγωγή	kWh/yr	%	Κατανάλωση	kWh/yr	%
G	775,714	100	Φορτίο	667,598	100
Σύνολο	775,714	100	Σύνολο	667,598	100

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	0.00236	0.00
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	0.00	0.00
Ανικανότητα Κάλυψης	0.00	0.00

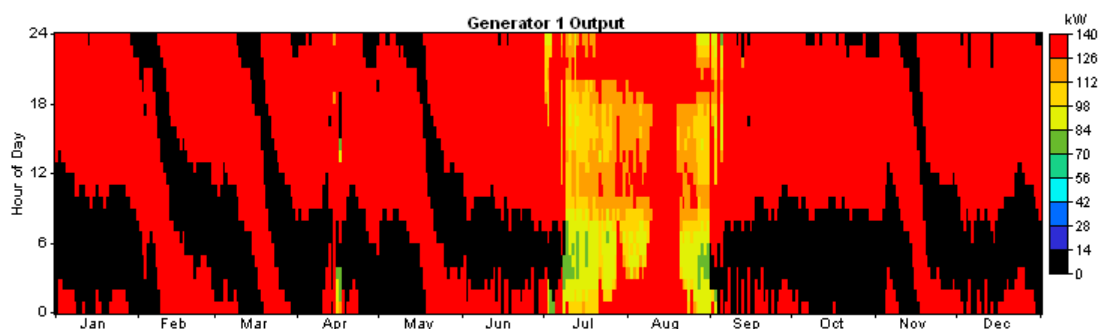
Και σε αυτή την περίπτωση επιτυγχάνεται πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών χωρίς την απόρριψη ενέργειας.



Διάγραμμα 5.15: Μέση πρόσδοση ισχύος ανά τεχνολογία για κάθε μήνα του έτους

5.1.2.3 Γεννήτρια

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ώρες λειτουργίας	6,118	hr/yr
Αριθμός εκκινήσεων	321	starts/yr
Λειτουργικός χρόνος ζωής	14.3	yr
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	68.1	%
Σταθερό κόστος	82.1	€/hr
Ανηγμένο κόστος	0.375	€/kWh
Παραγωγή ενέργειας	775,714	kWh/yr
Μέση απόδοση ισχύος	127	kW
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0.351	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	130	kW
Κατανάλωση καυσίμου	257,567	L/yr
Ανηγμένη κατανάλωση καυσίμου	0.332	L/kWh
Ενέργεια καυσίμου	2,534,456	kWh/yr
Μέση απόδοση	30.6	%



Διάγραμμα 5.16: Πρόσδοση ισχύος της γεννήτριας στο δίκτυο σε ωριαία βάση

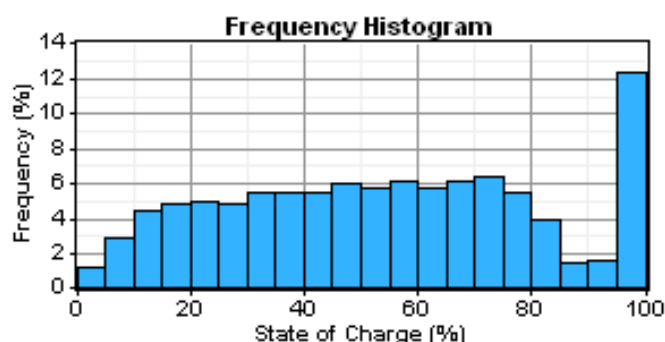
Παρατηρούμε ότι η παραγωγή ενέργειας δεν ταυτίζεται με τη ζήτηση, γεγονός που οφείλεται στους ηλεκτρικούς συσσωρευτές.

5.1.2.4 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

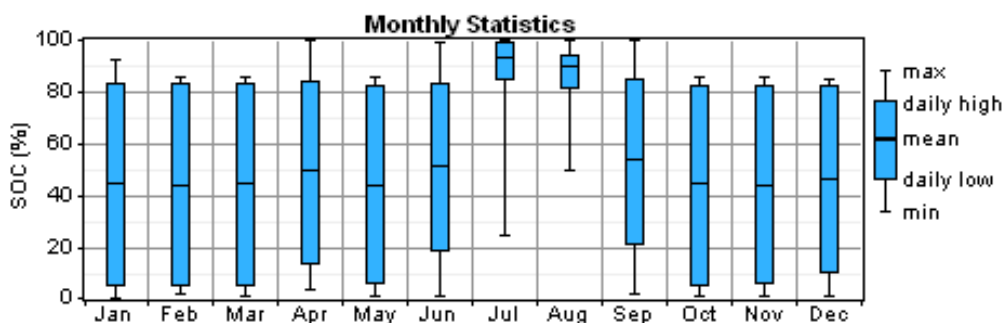
Οι μονάδες αποθήκευσης ενέργειας εξομαλύνουν σημαντικά τη λειτουργία της γεννήτριας και άρα συνολικά του συστήματος. Η αποθηκευόμενη ενέργεια ακολουθεί σχεδόν περιοδική μορφή για αρκετά σημαντικό ποσοστό του έτους όπου η ζήτηση είναι μειωμένη, ενώ λειτουργεί με πολύ υψηλά ποσοστά φόρτισης τις περιόδους όπου η ζήτηση αυξάνεται, γεγονός που οφείλεται στη λειτουργία της γεννήτριας.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	100	kWh
Ικανότητα αποθήκευσης	900	kWh
Αυτονομία	11.8	hr
Κόστος φθοράς	0.005	€/kWh
Μέσο κόστος ενέργειας	0.551	€/kWh
Εισαγόμενη ενέργεια	237,124	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	189,818	kWh/yr
Εξάντληση αποθήκευσης	132	kWh/yr
Απώλειες	47,173	kWh/yr
Ετήσια διαχειριζόμενη ενέργεια	212,222	kWh/yr

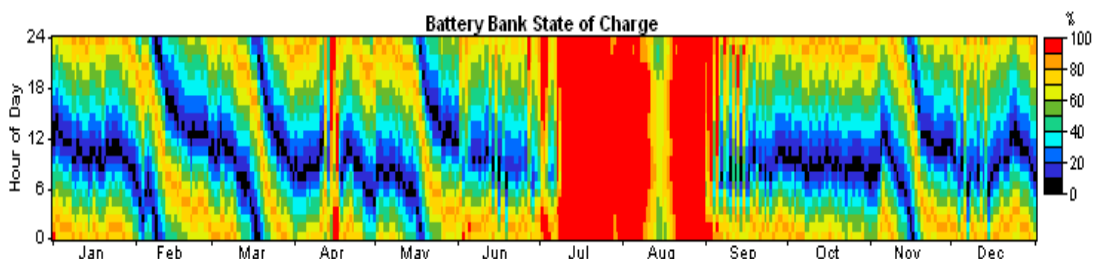
Παρακάτω ακολουθούν και τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις που έγιναν. Περισσότερα στοιχεία για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσσωρευτών εμπεριέχονται στο Παράρτημα 1.



Διάγραμμα 5.17: Ιστόγραμμα ποσοστού φόρτισης – συχνότητας εμφάνισης



Διάγραμμα 5.18: Μηνιαία στατιστικά φόρτισης



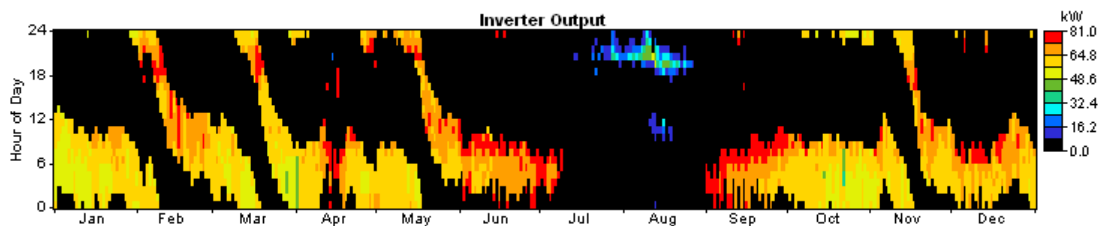
Διάγραμμα 5.19: Πρόσδοση ισχύος των μπαταριών σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

5.1.2.5 Αντιστροφείας

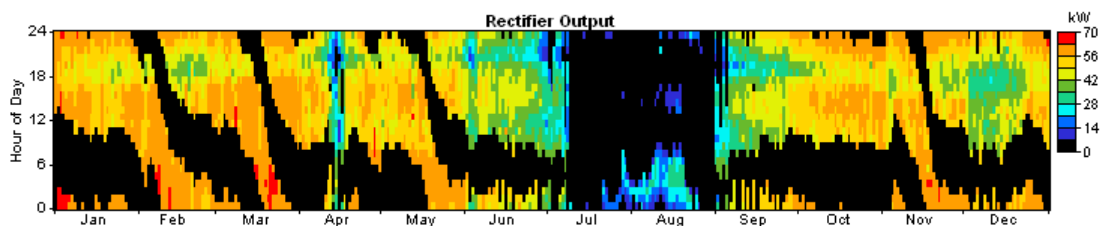
Η λειτουργία του αντιστροφέα είναι σημαντικότερη και το μέγεθος του είναι επιλεγμένο ώστε να γίνεται κατά το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση του και παρατηρούμε ότι η φόρτισή του παρουσιάζει την αντίθετη λειτουργία από αυτή των συσσωρευτών.

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	100	100	kW
Μέση απόδοση	20	27	kW
Ελάχιστη απόδοση	0	0	kW
Μέγιστη απόδοση	81	70	kW
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	19.5	27.1	%

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Ώρες λειτουργίας	2,875	5,083	hrs/yr
Εισαγώμενη ενέργεια	189,818	278,967	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	170,834	237,124	kWh/yr
Απώλειες	18,984	41,844	kWh/yr



Διάγραμμα 5.20: Πρόσδοση ισχύος του Inverter σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.



Διάγραμμα 5.21: Πρόσδοση ισχύος του Rectifier σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

5.1.2.6 Εκπομπές ρύπων

Ρύπος	Εκπομπές [kg/yr]
CO ₂	678,258
CO	1,674
UHC	185
PM	126
SO ₂	1,362
NO _x	14,939

5.1.2.7 Παρατηρήσεις

1. Παρατηρούμε ότι η τιμή της παραγόμενης ενέργειας μειώνεται σημαντικά (1.266 €/kWh). Η μείωση της τιμής οφείλεται στην καλύτερη διαχείριση της γεννήτριας σε συνδυασμό με τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές, που έχει ως αποτέλεσμα τη λειτουργία της κοντά στο σημείο λειτουργίας.
2. Οι ρύποι είναι μειωμένοι μερικώς αλλά παραμένουν σε υψηλά επίπεδα.
3. Τα προβλήματα της ενεργειακής μονομέρειας και εξάρτησης παραμένουν επομένως η λύση αν και βελτιωμένη παρουσιάζει σημαντικές αδυναμίες.

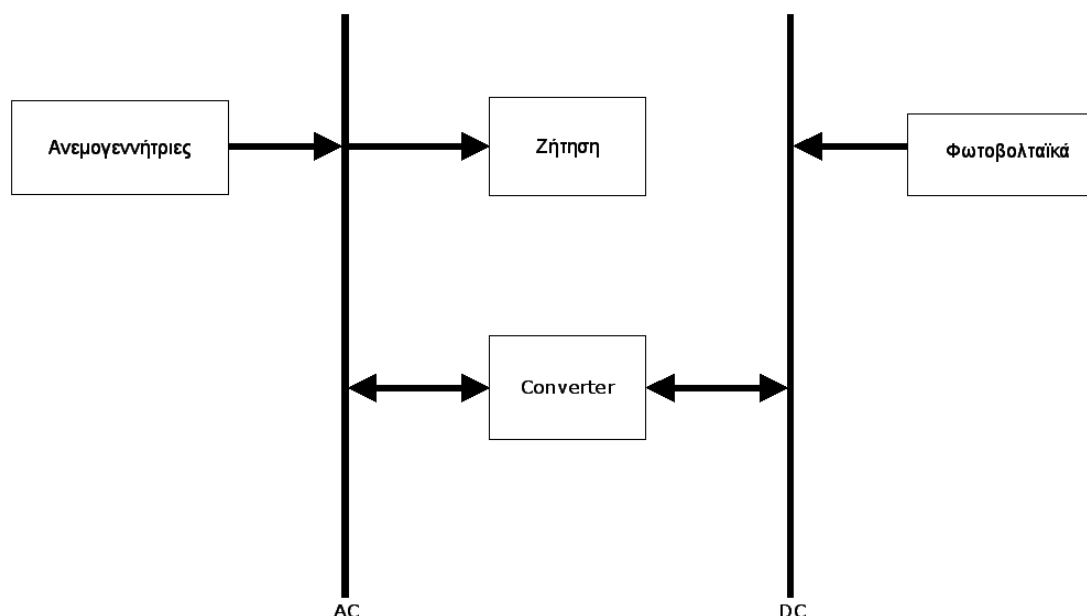
5.2 Σενάριο 2: 100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες

5.2.1 Περίπτωση Ι – χωρίς τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας

Στο σενάριο αυτό θα εξετάσουμε τη λειτουργία του συστήματος με αποκλειστική χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ, χωρίς κάποια τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας. Η περίπτωση αυτή αποτελεί ακραία εφαρμογή καθώς απαιτεί υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος με αποτέλεσμα να αυξάνει το δραματικά κόστος κατασκευής.

Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:

- 40 ανεμογεννήτριες των 250 kW
- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 3200 kW
- Αντιστροφέας 200 kW



Σχήμα 5.22: Σύστημα παραγωγής ενέργειας, Περίπτωση Ι

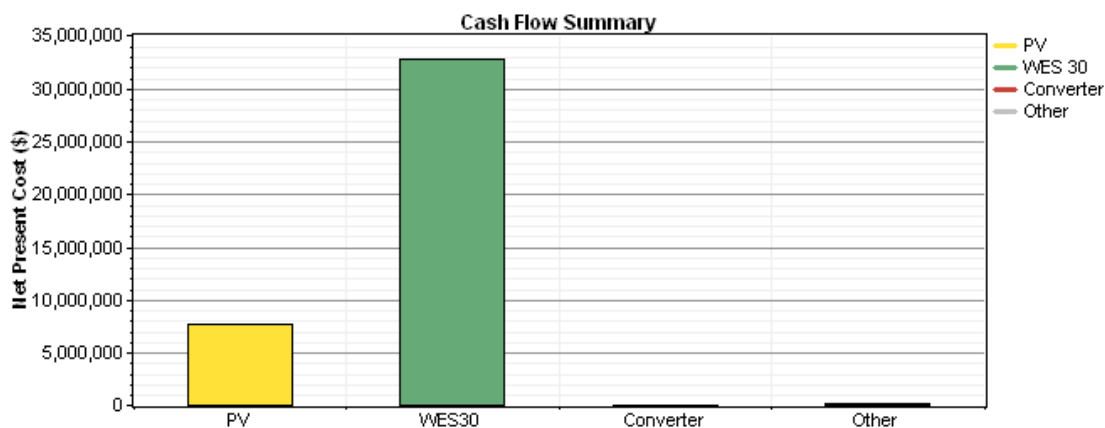
Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/yr)	Συνολική ΚΠΑ (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (L/yr)	Ανανεώσιμο Τμήμα
31,450,000	726,929	40,992,588	5.084	0	1

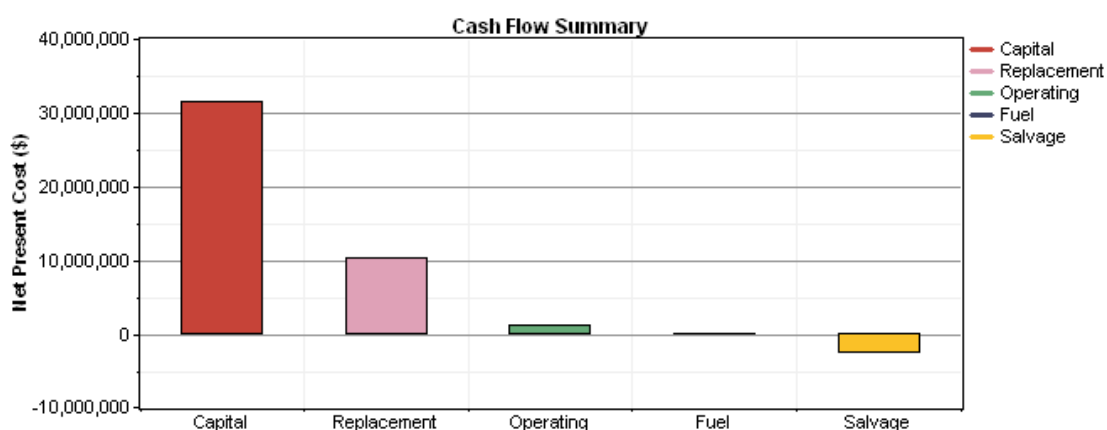
5.2.1.1 Οικονομικά στοιχεία

➤ Ανάλυση κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



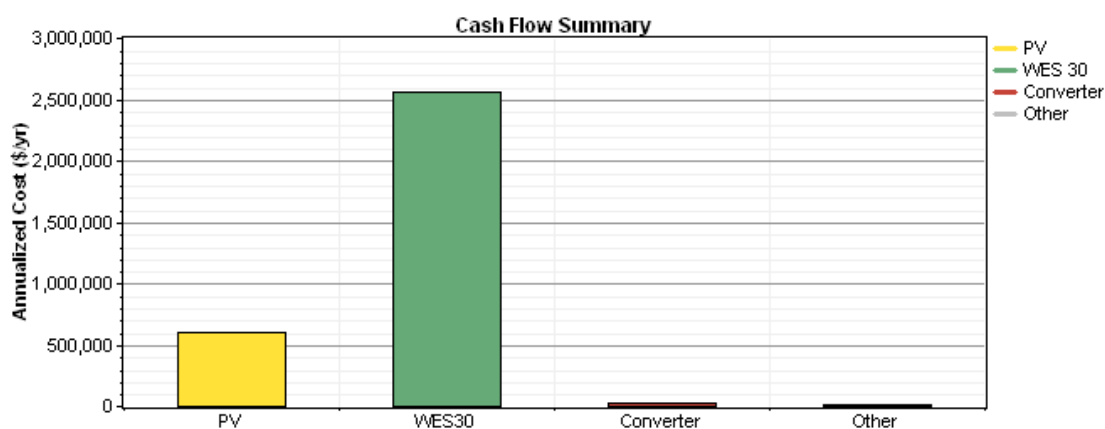
Διάγραμμα 5.23: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία



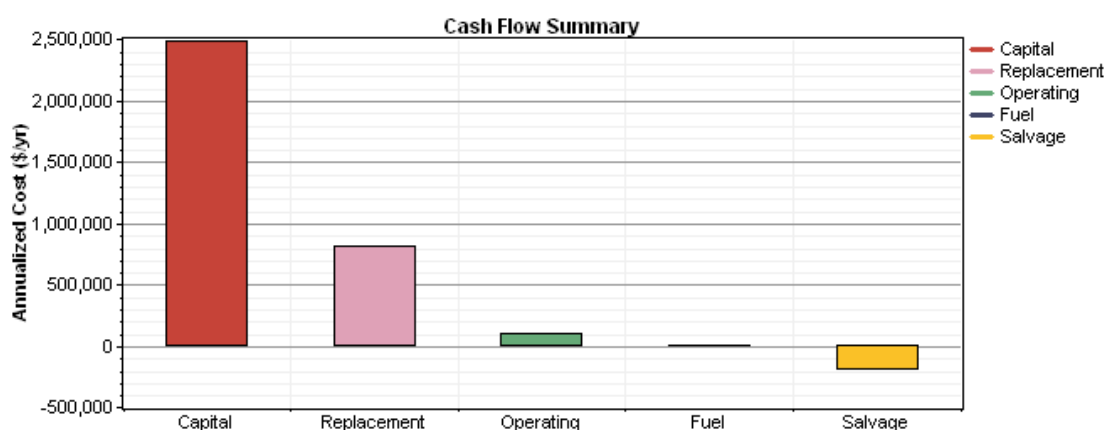
Διάγραμμα 5.24: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυ σ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	6,400,000	1,197,332	818,135	0	-671,037	7,744,431
Ανεμογεννήτριες	25,000,000	9,179,838	255,667	0	-1,708,659	32,726,852
Αντιστροφέας	50,000	16,691	0	0	-3,107	63,584
Άλλο	0	0	153,400	0	0	153,400
Σύστημα	31,450,000	10,393,860	1,227,203	0	-2,382,803	40,688,256

Ετήσια Βάση:



Διάγραμμα 5.25: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία

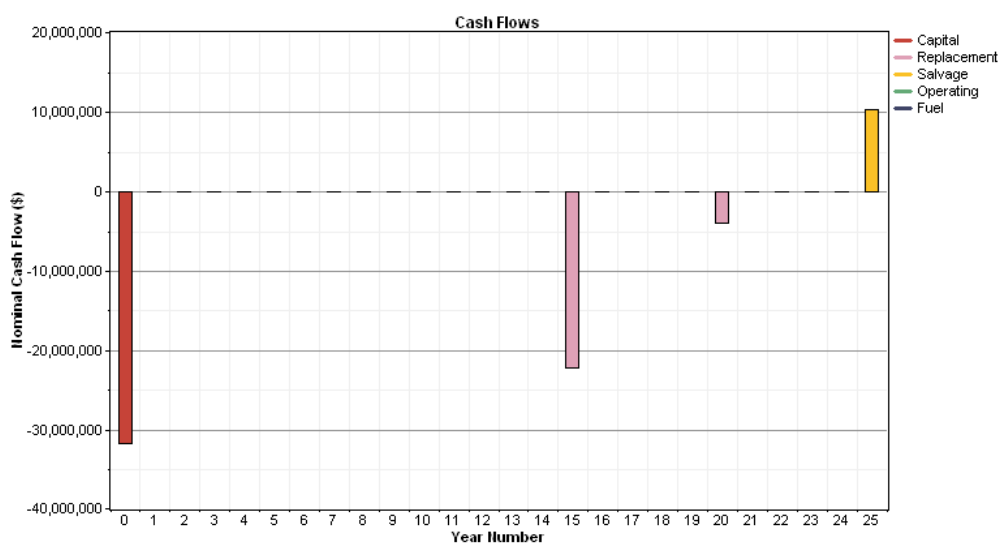


Διάγραμμα 5.26: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Ετήσια Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυ σ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	500,651	93,663	64,000	0	-52,493	605,821
Ανεμογεννήτριες	1,955,668	718,109	20,000	0	-133,663	2,560,114
Αντιστροφέας	3,911	1,306	0	0	-243	4,974
Άλλο	0	0	12,000	0	0	12,000
Σύστημα	2,460,230	813,078	96,000	0	-186,399	3,182,909

Παρατηρείται σημαντική μεταβολή στα κόστη σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Καθώς πλέον το αρχικό κόστος επένδυσης είναι μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους, ενώ το κόστος συντήρησης και λειτουργίας έχει μειωθεί σημαντικά.

➤ Χρηματοροή



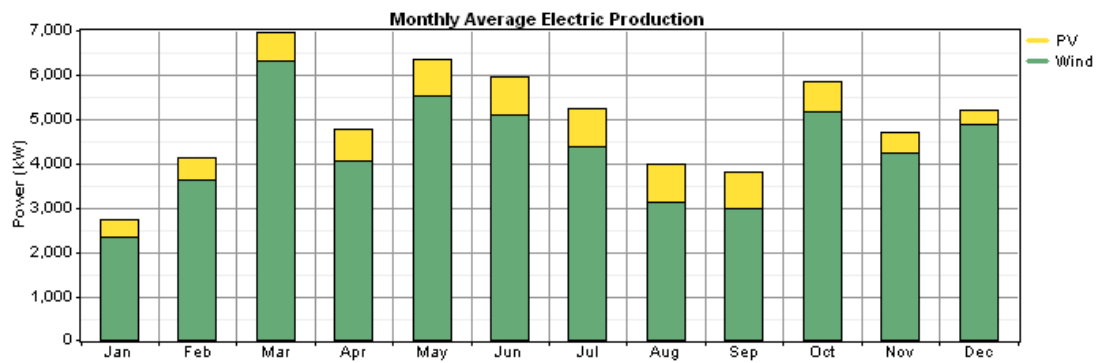
Διάγραμμα 5.27: Διάγραμμα χρηματοροής

Η αλλαγή στη μορφή της ροής των χρημάτων που προαναφέρθηκε φαίνεται καθαρά στο παραπάνω διάγραμμα. Χωρίς το κόστος εξαγοράς του καυσίμου, τα ετήσια κόστη περιορίζονται σε βλάβες και αντικαταστάσεις τμημάτων της εγκατάστασης. Έτσι παρατηρούμε για μεγάλο χρονικό διάστημα σχεδόν μηδενικά ετήσια έξοδα ενώ εμφανίζονται χρονικά σημεία μεγάλης χρηματικής εκροής τα οποία οφείλονται σε αντικαταστάσεις. Επίσης σημαντική είναι και η παραμένουσα αξία του έργου, η οποία αποτυπώνεται στο τέλος της λειτουργίας της εγκατάστασης.

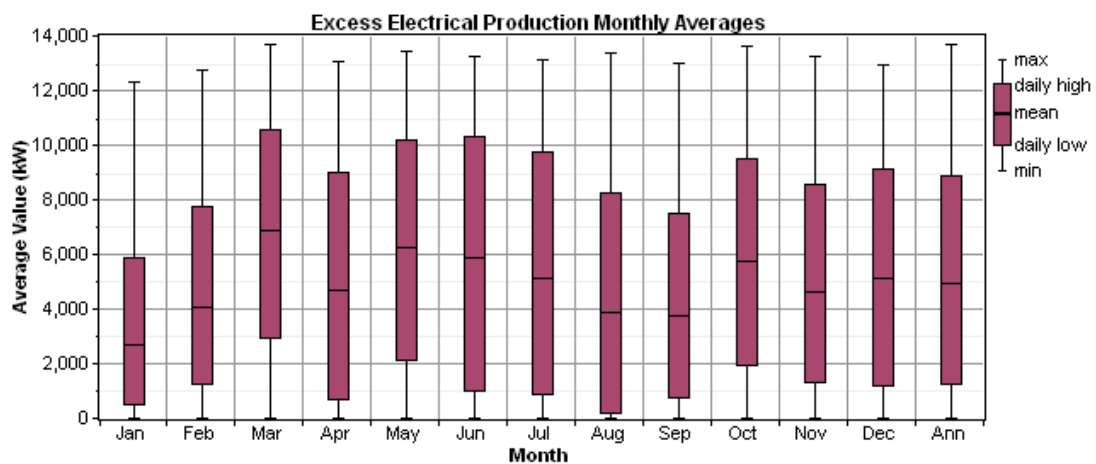
5.2.1.2 Ενεργειακά στοιχεία

Παραγωγή	kWh/yr	%	Κατανάλωση	kWh/yr	%
PV	5,845,872	13	Φορτίο	630,756	100
WT	37,805,924	87	Σύνολο	630,756	100
Σύνολο	43,651,796	100			

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	43,017,280	98.5
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	36,840	5.5
Ανικανότητα Κάλυψης	47,393	7.1



Διάγραμμα 5.28: Μέση παραγωγή ισχύος ανά τεχνολογία κάθε μήνα του έτους



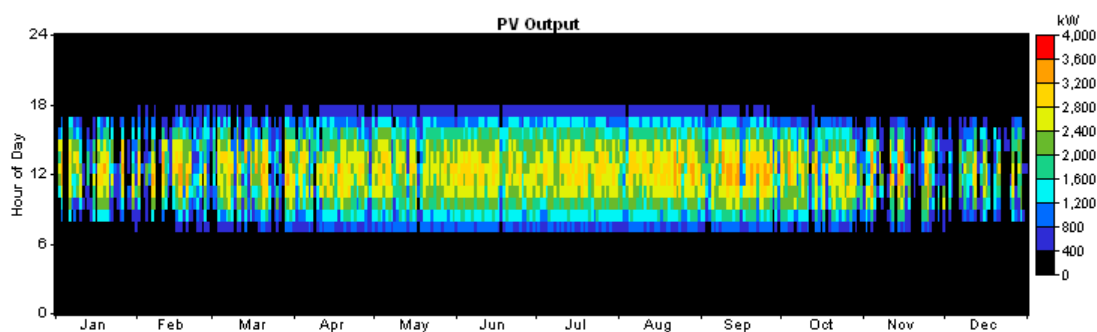
Διάγραμμα 5.29: Μηνιαίο ποσό απορριπτόμενης ισχύος του συστήματος για κάθε μήνα του έτους

Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ως μονάδες βάσης μπορούν να θεωρηθούν οι ανεμογεννήτριες οι οποίες λειτουργούν κατά πολύ μεγάλο ποσοστό ενώ τα φωτοβολταϊκά λειτουργία λιγότερο και για συγκεκριμένο διάστημα της ημέρας, λόγω και της φύσης της λειτουργίας τους. Επίσης φαίνεται η χαμηλή αποδοτικότητα του συστήματος από το πολύ μεγάλο ποσοστό απόρριψης ενέργειας σε συνδυασμό με την μη καλυπτόμενη ζήτηση.

5.2.1.3 Φωτοβολταϊκά

Η εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών είναι πλήρης στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό με την έλλειψη μονάδων αποθήκευσης. Η λειτουργία τους, περιορίζεται χρονικά κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν, και περιορίζεται λόγω της περιορισμένης ζήτησης η οποία εμφανίζει τοπικό μέγιστο συγκεκριμένες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	3,200	kW
Μέση απόδοση ισχύος	667	kW
Μέση απόδοση ισχύος	16,016	kWh/d
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	20.9	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	5,845,872	kWh/yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	3,735	kW
Ποσοστό εισχώρησης	876	%
Ώρες λειτουργίας	4,386	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.104	€/kWh



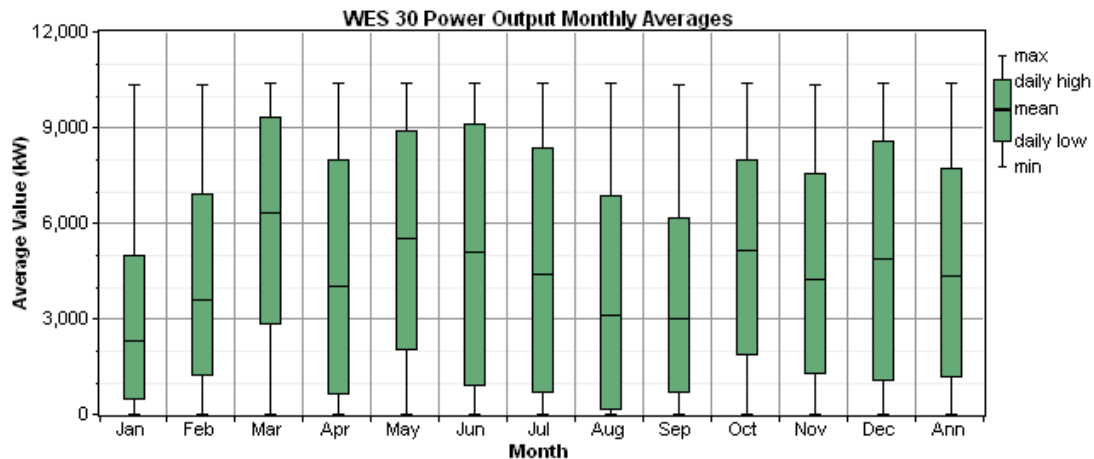
Διάγραμμα 5.29: Πρόσδοση ισχύος των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο σε ωριαία βάση

5.2.1.4 Ανεμογεννήτριες

Η λειτουργία των ανεμογεννητριών και το υψηλό δυναμικό της περιοχής, τις καθιστούν τη μοναδική μονάδα με δυνατότητα παραγωγής καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	10,000	kW
Μέση απόδοση ισχύος	4,316	kW
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	43.2	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	37,805,924	kWh/yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	10,400	kW
Ποσοστό εισχώρησης	5,663	%

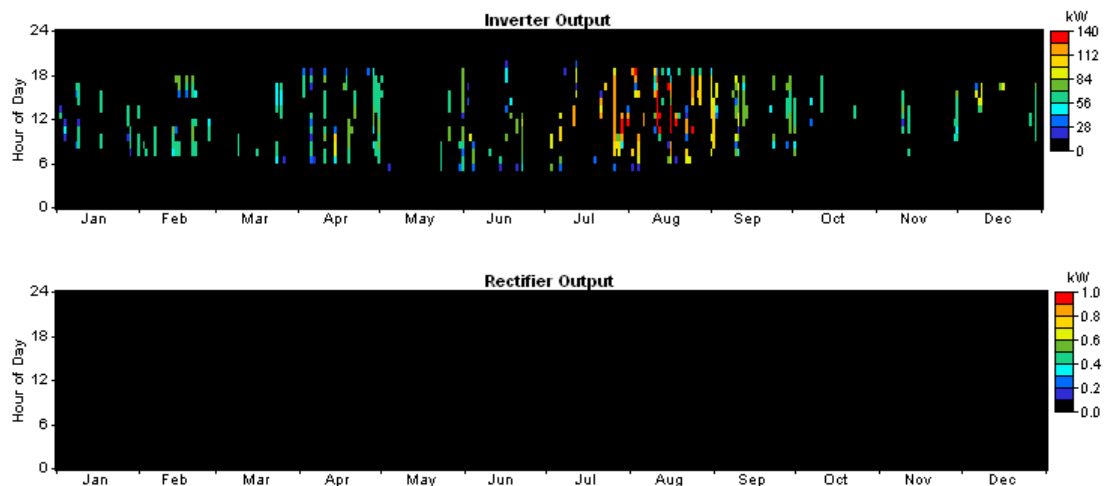
Ώρες λειτουργίας	8,000	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.0677	€/kWh



Διάγραμμα 5.30: Πρόσδοση ισχύος των ανεμογεννητριών στο δίκτυο σε μηνιαία βάση

5.2.1.5 Αντιστροφείας

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	200	200	kW
Μέση απόδοση	4	0	kW
Ελάχιστη απόδοση	0	0	kW
Μέγιστη απόδοση	140	0	kW
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	1.9	0.0	%
Ώρες λειτουργίας	480	0	hrs/yr
Εισαγόμενη ενέργεια	37,167	0	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	33,450	0	kWh/yr
Απώλειες	3,717	0	kWh/yr



Διάγραμμα 5.32: Πρόσδοση ισχύος του Inverter & Rectifier σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

Από τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνουμε ότι η λειτουργία του αντιστροφέα ταυτίζεται με τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων και δεν έχουμε λειτουργία του ως Rectifier, καθώς δεν έχουμε αποθήκευση ενέργειας.

5.2.1.6 Εκπομπές ρύπων

Οι εκπομπές ρύπων όπως αναμενόταν είναι μηδενικές, καθώς δεν έχουμε καμία κατανάλωση καυσίμου.

Ρύπος	Εκπομπές [kg/yr]
CO ₂	0
CO	0
UHC	0
PM	0
SO ₂	0
NO _x	0

5.2.1.6 Παρατηρήσεις

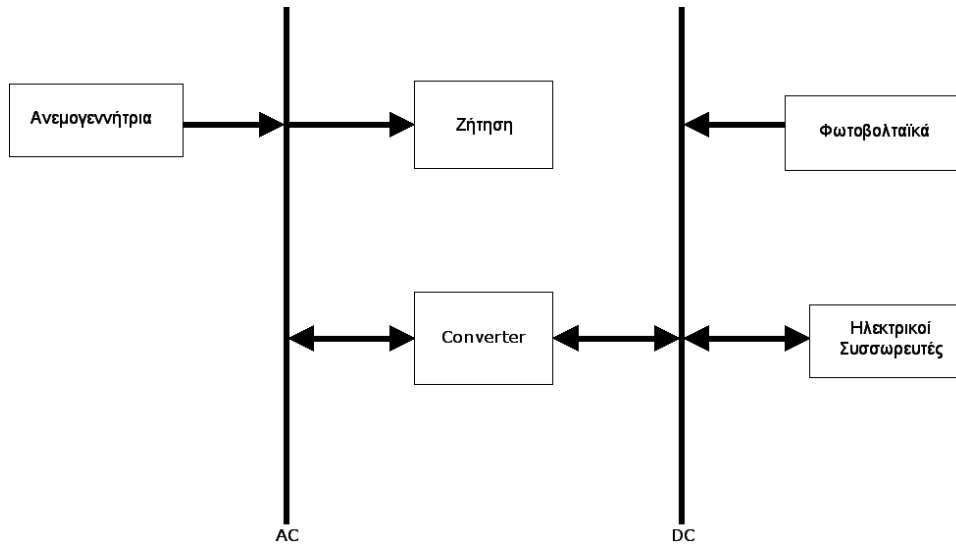
1. Η λύση είναι πλήρως ανεφάρμοστη, τόσο λόγω υπερβολικού κόστους όσο και χωροταξικών περιορισμών.
2. Το μεγαλύτερο ποσό της παραγόμενης ενέργειας (95%) απορρίπτεται, γεγονός που δείχνει και την μεγάλη υπερδιαστασιολόγηση, και παρά το μέγεθος της κατασκευής έχουμε ένα ποσοστό (7.1%) μη καλυπτόμενης ζήτησης.
3. Επιτυγχάνεται μηδενισμός των εκπεμπόμενων ρύπων.
4. Κρίνεται απαραίτητη η χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης.

5.2.2 Περίπτωση II – με τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας

Στο σενάριο αυτό θα εξετάσουμε τη λειτουργία του συστήματος με αποκλειστική χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ και με χρήση ηλεκτρικών συσσωρευτών ως τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας. Η περίπτωση αυτή αποτελεί συνήθως ακριβή λύση η οποία εφαρμόζεται συνήθως μόνο για λόγους οικολογικούς, όμως έχει ενδιαφέρον η εξέτασή της στο παρόν σύστημα λόγω του υψηλού αιολικού και ηλιακού δυναμικού και της απομακρυσμένης τοποθεσίας.

Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:

- 1 ανεμογεννήτρια των 250 kW
- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 420 kW
- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές 190 kW / 4100 kWh
- Αντιστροφέας 200 kW



Σχήμα 5.33: Σύστημα παραγωγής ενέργειας, Περίπτωση II

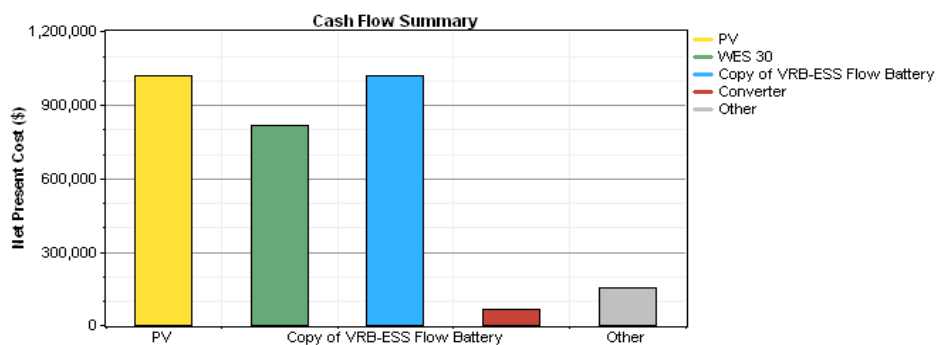
Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/yr)	Συνολική ΚΠΑ (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (L/yr)	Ανανεώσιμο Τμήμα
2,438,000	49,621	3,072,328	0.360	0	1

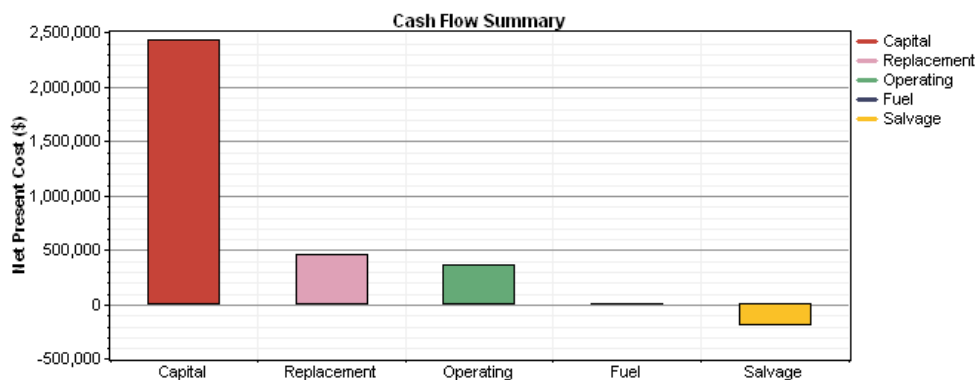
5.2.2.1 Οικονομικά στοιχεία

- Ανάλυση κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



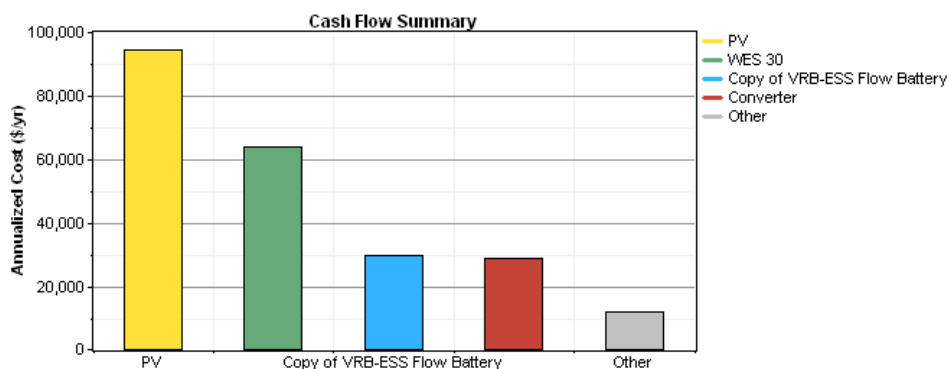
Διάγραμμα 5.34: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία



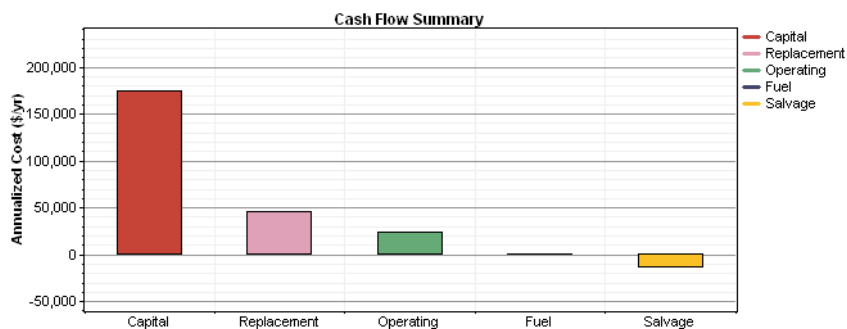
Διάγραμμα 5.35: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυ σ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	840,000	157,150	107,380	0	-88,074	1,016,456
Ανεμογεννήτρια	625,000	229,496	6,392	0	-42,716	818,171
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	923,000	55,496	95,538	0	-53,318	1,020,717
Αντιστροφέας	50,000	16,691	0	0	-3,107	63,584
Άλλο	0	0	153,400	0	0	153,400
Σύστημα	2,438,000	458,833	362,711	0	-187,215	3,072,329

Ετήσια Βάση:



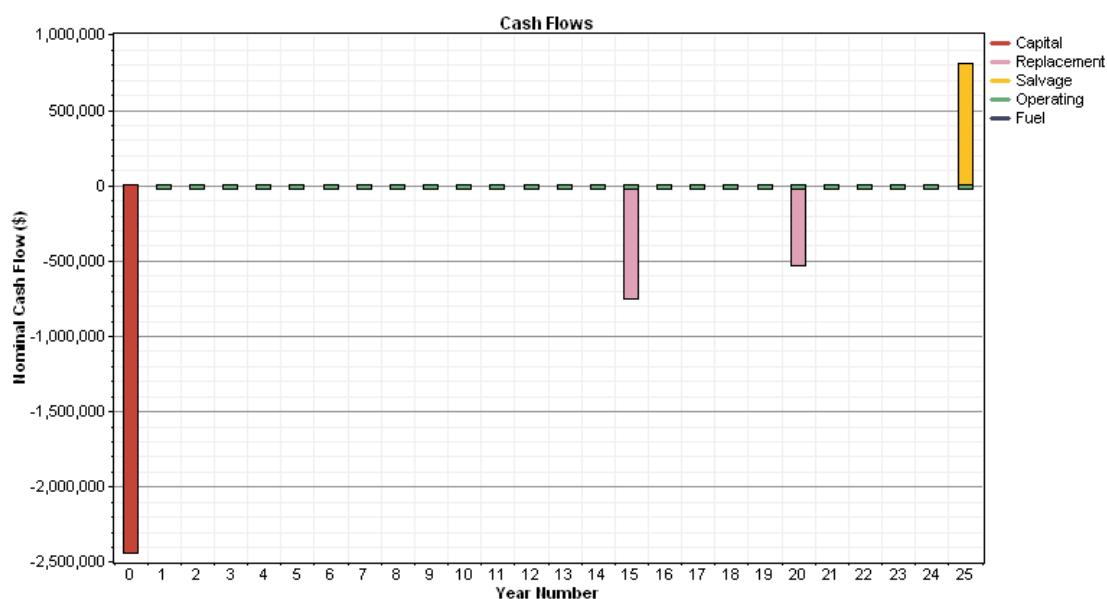
Διάγραμμα 5.36: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία



Διάγραμμα 5.37: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Ετήσια Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυ σ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	65,710	12,293	8,400	0	-6,890	79,514
Ανεμογεννήτρια	48,892	17,953	500	0	-3,342	64,003
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	72,203	4,341	7,474	0	-4,171	79,847
Αντιστροφέας	3,911	1,306	0	0	-243	4,974
Άλλο	0	0	12,000	0	0	12,000
Σύστημα	190,717	35,893	28,374	0	-14,645	240,338

➤ Χρηματοροή



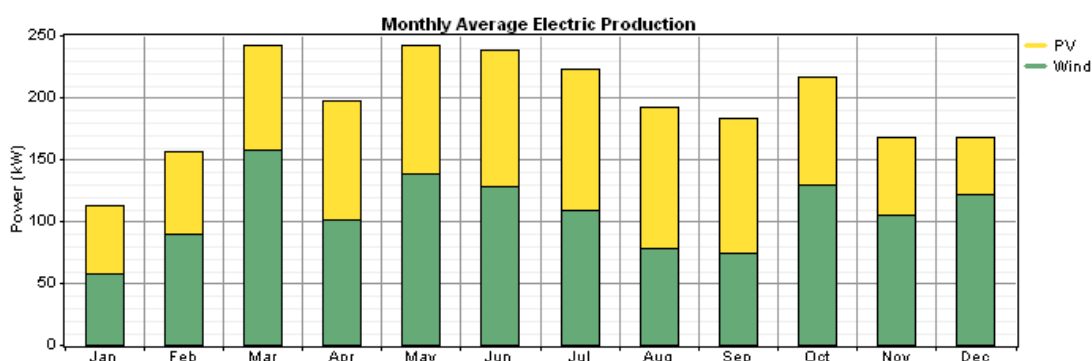
Διάγραμμα 5.38: Διάγραμμα χρηματοροής

Η μορφή της χρηματοροής είναι παρόμοια με αυτή της περίπτωσης χωρίς χρήση ηλεκτρικών συσσωρευτών, αλλά μειώνεται δραστικά το μέγεθος της επένδυσης. Έτσι παρατηρούνται οι εκροές χρημάτων στα ίδια χρονικά σημεία αλλά διαφορετικού μεγέθους, αλλά μειωμένες κατά μία τάξη μεγέθους γεγονός που καταδεικνύει και τη σημαντικότητα της αποθήκευσης ενέργειας στο συγκεκριμένο σύστημα.

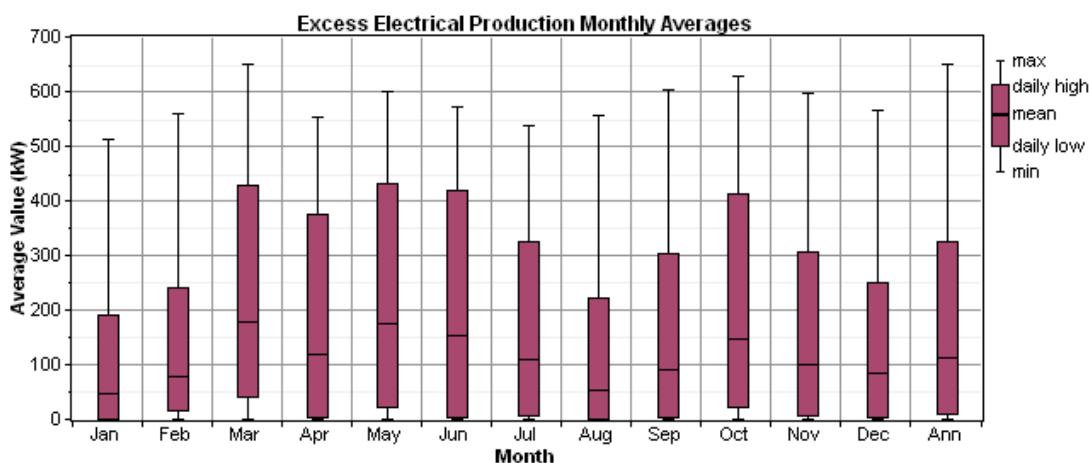
5.2.2.2 Ενεργειακά στοιχεία

Παραγωγή	kWh/yr	%	Κατανάλωση	kWh/yr	%
PV	767,272	45	Φορτίο	667,190	100
WT	945,148	55	Σύνολο	667,190	100
Σύνολο	1,712,420	100			

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	975,460	57.0
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	408	0.1
Ανικανότητα Κάλυψης	647	0.1



Διάγραμμα 5.39: Μέση παραγωγή ισχύος ανά τεχνολογία για κάθε μήνα του έτους



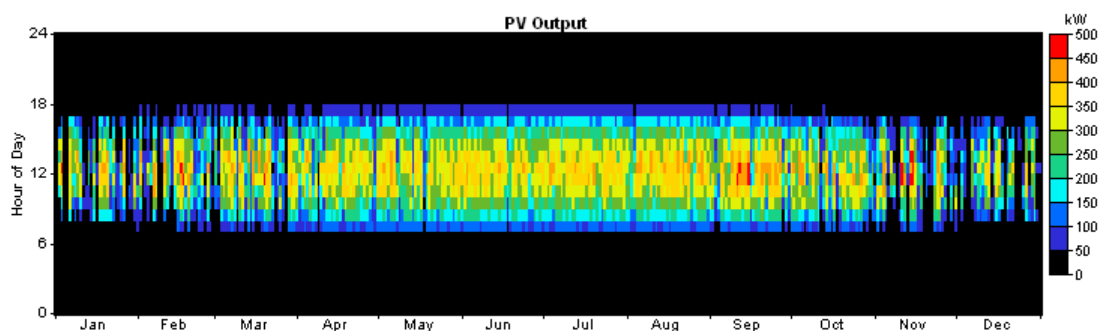
Διάγραμμα 5.40: Μηνιαίο ποσό απορριπτόμενης ισχύος του συστήματος για κάθε μήνα του έτους

Με τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, με αποτέλεσμα αυτά να καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό στην παραγωγή ενέργειας, και κατά τους μήνες υψηλής ηλιοφάνειας να ξεπερνούν σε παραγωγή τις ανεμογεννήτριες. Επίσης η απορριπτόμενη ενέργεια μειώνεται περίπου στο μισό σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση και η ζήτηση καλύπτεται σχεδόν πλήρως.

5.2.2.3 Φωτοβολταϊκά

Ο συνδυασμός της μεγάλης ηλιοφάνειας της περιοχής και της εποχικότητας της ζήτησης η οποία ταυτίζεται σε μεγάλο ποσοστό με το ηλιακό δυναμικό, κάνοντας χρήση των μονάδων αποθήκευσης, επιτρέπουν σημαντική εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, γεγονός που επιτρέπει και τη μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	420	kW
Μέση απόδοση ισχύος	88	kW
Μέση απόδοση ισχύος	2,102	kWh/d
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	20.9	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	767,272	kWh/yr
Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	490	kW
Ποσοστό εισχώρησης	115	%
Ώρες λειτουργίας	4,386	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.104	€/kWh

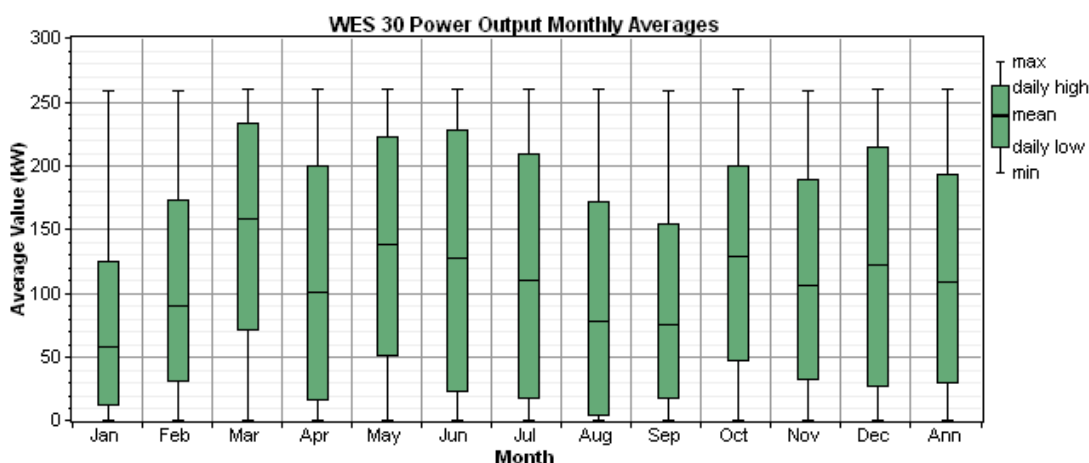


Διάγραμμα 5.41: Πρόσδοση ισχύος των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο σε ωριαία βάση

5.2.2.4 Ανεμογεννήτριες

Η λειτουργία των ανεμογεννητριών παραμένει σημαντική για το σύστημα, τόσο λόγω της δυνατότητας παραγωγής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, όσο και λόγω της παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος με μείωση της επιβάρυνσης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	250	kW
Μέση απόδοση ισχύος	108	kW
Συνελεστής εκμεταλευσιμότητας	43.2	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	945,148	kWh/yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	260	kW
Ποσοστό εισχώρησης	142	%
Ώρες λειτουργίας	8,000	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.0677	€/kWh



Διάγραμμα 5.42: Πρόσδοση ισχύος των ανεμογεννητριών στο δίκτυο σε μηνιαία βάση

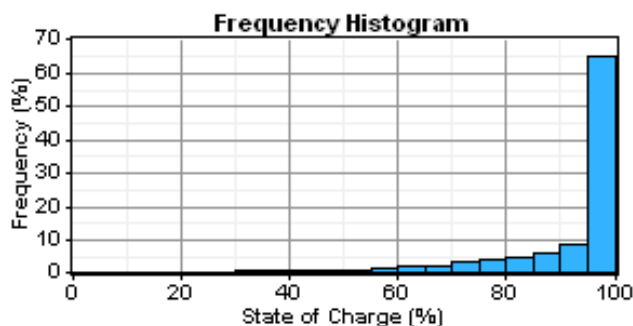
5.2.2.5 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Η κρισιμότητα τους φάνηκε στην προηγούμενη περίπτωση όσο και σε αυτή με τις σημαντικές μεταβολές που παρουσιάζουν τόσο τα κόστη όσο ο τρόπος λειτουργίας και εκμετάλλευσης των διαφόρων τμημάτων της εγκατάστασης.

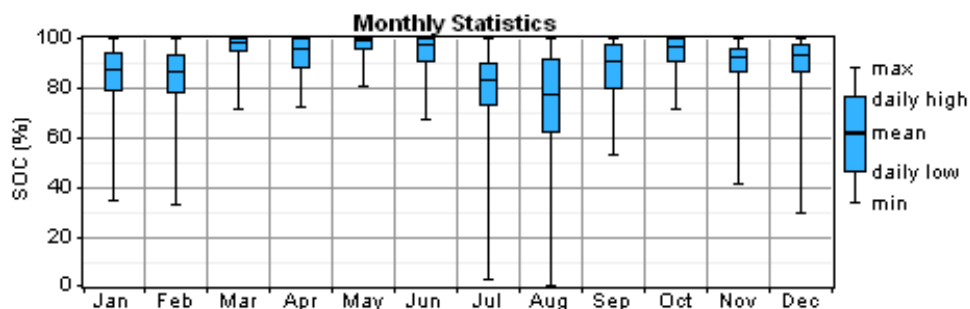
Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	190	kWh
Ικανότητα αποθήκευσης	4,100	kWh
Αυτονομία	53.8	Hr
Κόστος φθοράς	0.005	€/kWh
Μέσο κόστος ενέργειας	0.000	€/kWh
Εισαγόμενη ενέργεια	184,170	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	147,336	kWh/yr

Εξάντληση αποθήκευσης	0	kWh/yr
Απώλειες	36,834	kWh/yr
Ετήσια διαχειριζόμενη ενέργεια	164,727	kWh/yr

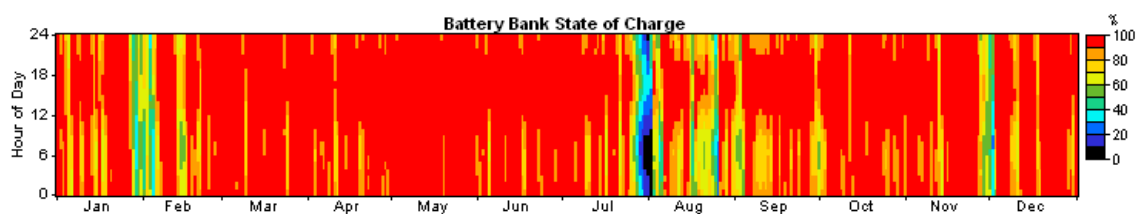
Παρακάτω ακολουθούν και τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις που έγιναν. Περισσότερα στοιχεία για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσσωρευτών εμπεριέχονται στο Παράρτημα 1.



Διάγραμμα 5.43: Ιστόγραμμα ποσοστού φόρτισης – συχνότητας εμφάνισης



Διάγραμμα 5.44: Μηνιαία στατιστικά φόρτισης

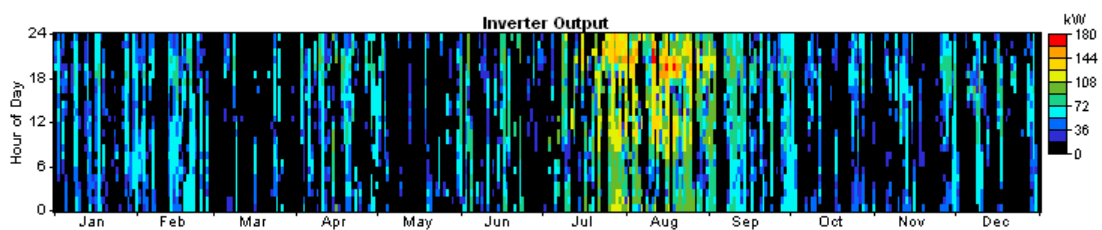


Διάγραμμα 5.45: Ποσοστό φόρτισης μπαταριών σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

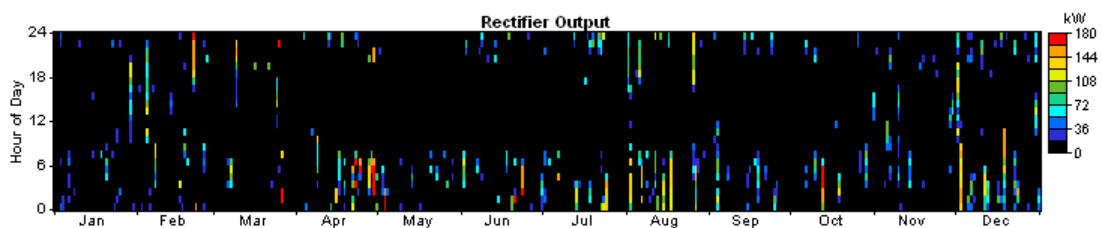
5.2.2.6 Αντιστροφείας

Η λειτουργία του αντιστροφέα αναβαθμίζεται τόσο στη μετατροπή ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο (DC → AC) όσο και από εναλλασσόμενο σε συνεχές (AC → DC). Η αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας και πρόσδοσή της στο σύστημα αποτελούν κύρια λειτουργία για την εξασφάλιση της σταθερότητας και αξιοπιστίας του συστήματος.

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	200	200	kW
Μέση απόδοση	26	5	kW
Ελάχιστη απόδοση	0	0	kW
Μέγιστη απόδοση	171	173	kW
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	13.0	2.5	%
Ώρες λειτουργίας	4,027	861	hrs/yr
Εισαγόμενη ενέργεια	252,527	51,295	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	227,274	43,600	kWh/yr
Απώλειες	25,253	7,694	kWh/yr



Διάγραμμα 5.46: Πρόσδοση ισχύος του Inverter σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.



Διάγραμμα 5.47: Πρόσδοση ισχύος του Rectifier σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

5.2.2.7 Εκπομπές ρύπων

Προφανώς και σε αυτή την περίπτωση οι εκπομπές θα είναι μηδενικές αφού δεν έχουμε καμία κατανάλωση καυσίμου.

Ρύπος	Εκπομπές [kg/yr]
CO ₂	0
CO	0
UHC	0
PM	0
SO ₂	0
NO _x	0

5.2.1.6 Παρατηρήσεις

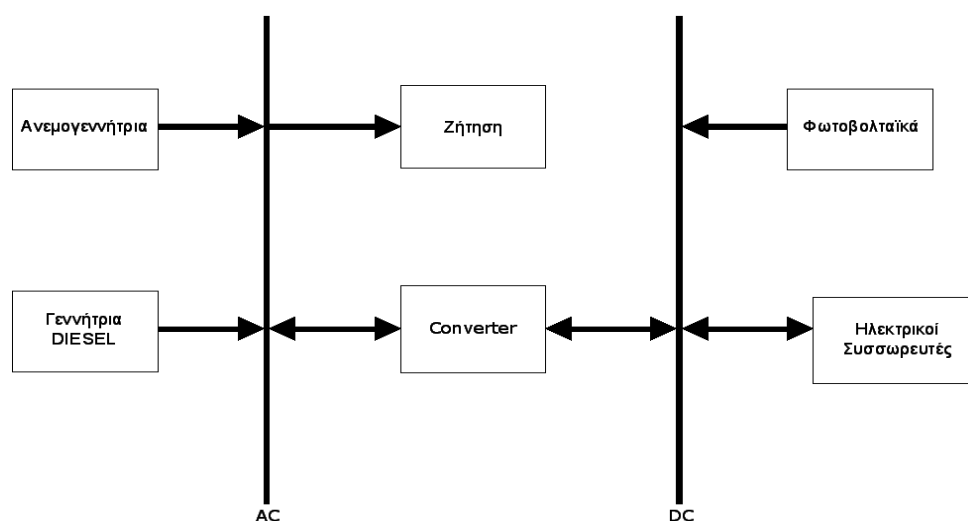
1. Το κόστος μειώνεται σημαντικά σε σχέση με την προηγούμενη εφαρμογή.
2. Το κόστος της παραγόμενης ενέργειας είναι μειωμένο σε ποσοστό 94% σε σχέση με την προηγούμενη εφαρμογή (0.360 €/kWh) τιμή η οποία είναι η μικρότερη μέχρι στιγμής.
3. Το μέγεθος του έργου είναι μεγάλο γεγονός που καθιστά δύσκολη την εφαρμογή του, και πιθανώς να συναντήσει δυσκολίες στην εκτέλεση.
4. Το αρχικό κόστος είναι αυξημένο και ίσως απαγορευτικό για τη μικρή κοινότητα του νησιού.

5.3 Σενάριο 3: Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων

Στο σενάριο αυτό θα κάνουμε πλήρη διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής υβριδικού συστήματος στη νήσο. Η βελτιστοποίηση αφορά το συνολικό κόστος του έργου για όλη τη διάρκεια λειτουργίας του ανηγμένο σε καθαρά παρούσα αξία. Κρίνεται επίσης σημαντική η χρήση όλων των τεχνολογιών (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, γεννήτρια diesel, ηλεκτρικοί συσσωρευτές) ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των δυνατοτήτων της κάθε μίας, και λειτουργία όσο γίνεται σε συνθήκες μέγιστου βαθμού απόδοσης.

Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:

- 1 ανεμογεννήτρια των 250 kW
- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 300 kW
- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές 150 kW / 3800 kWh
- Αντιστροφέας 200 kW
- Γεννήτρια DIESEL 110 kW



Σχήμα 5.48: Σύστημα παραγωγής ενέργειας, Περίπτωση II

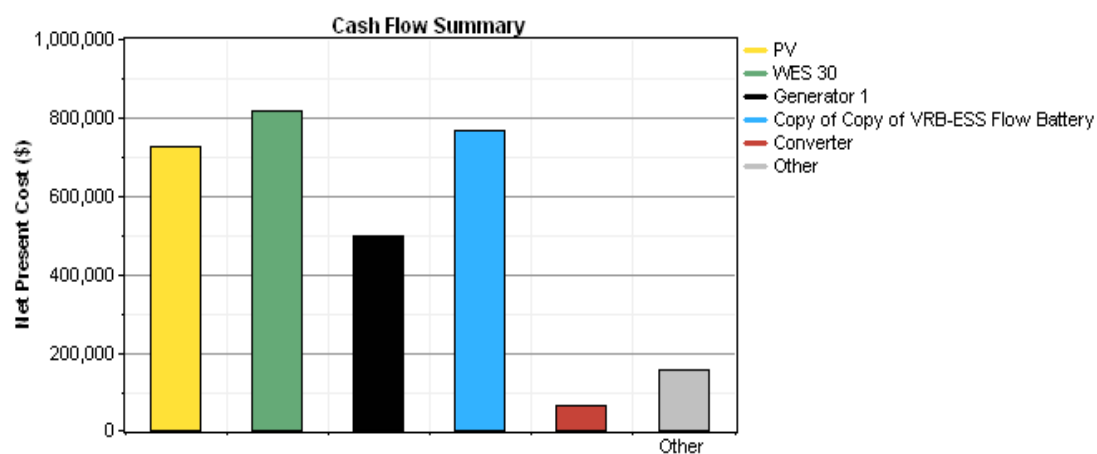
Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/yr)	Συνολική ΚΠΑ (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (L/yr)	Ανανεώσιμο Τμήμα
2,095,000	72,865	3,026,455	0.355	6,271	0.98

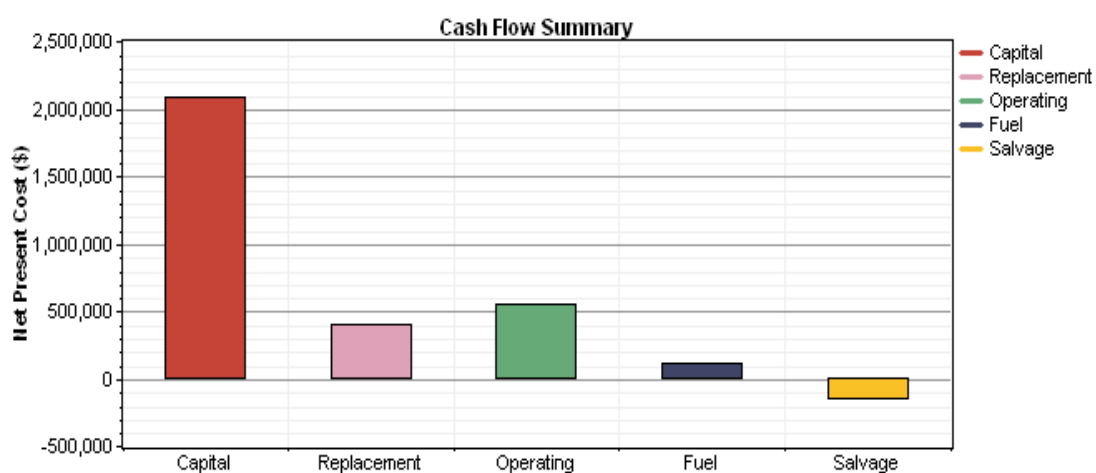
5.3.1 Οικονομικά στοιχεία

➤ Ανάλυση κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



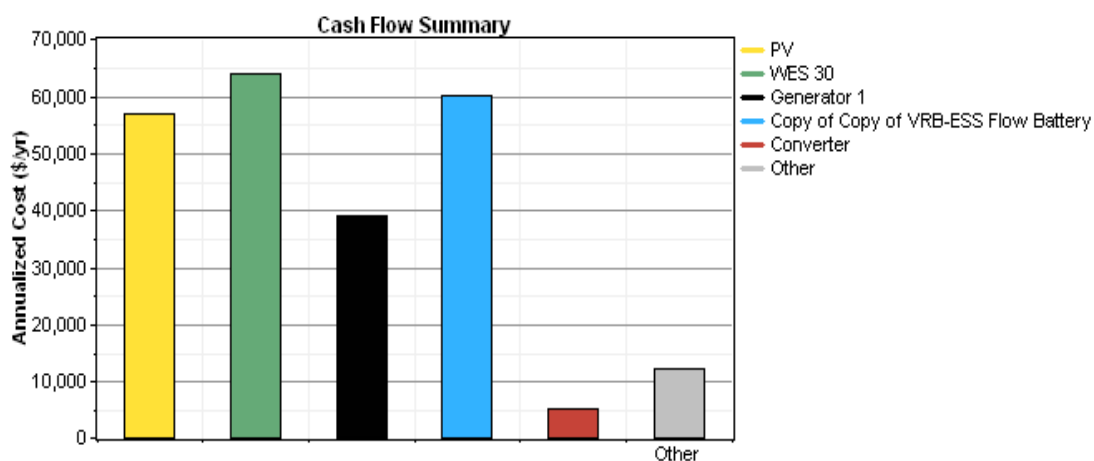
Διάγραμμα 5.49: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία



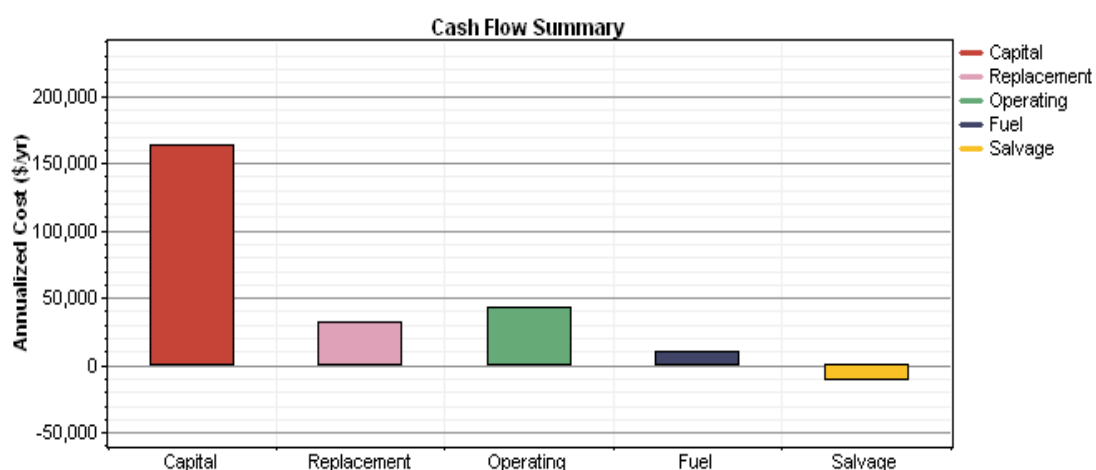
Διάγραμμα 5.50: Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	600,000	112,250	76,700	0	-62,910	726,040
Ανεμογεννήτρια	625,000	229,496	6,392	0	-42,716	818,171
Γεννήτρια	165,000	0	235,533	120,255	-23,180	497,609
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	655,000	43,813	76,993	0	-8,155	767,650
Αντιστροφέας	50,000	16,691	0	0	-3,107	63,584
Άλλο	0	0	153,400	0	0	153,400
Σύστημα	2,095,000	402,249	549,018	120,255	-140,067	3,026,455

Ετήσια Βάση:



Διάγραμμα 5.51: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία

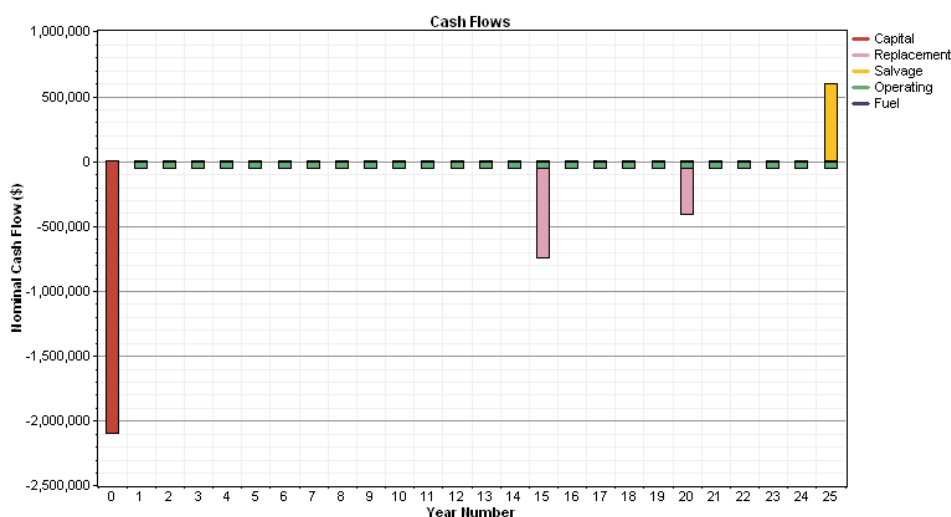


Διάγραμμα 5.52: Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Κόστη	Αρχικό (€)	Αντικ. (€)	Σ&Λ (€)	Καυσ. (€)	Π.Α. (€)	Ολικό (€)
Φωτοβολταϊκά	46,936	8,781	6,000	0	-4,921	56,796
Ανεμογεννήτρια	48,892	17,953	500	0	-3,342	64,003
Γεννήτρια	12,907	0	18,425	9,407	-1,813	38,926
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	51,239	3,427	6,023	0	-638	60,051
Αντιστροφέας	3,911	1,306	0	0	-243	4,974
Άλλο	0	0	12,000	0	0	12,000
Σύστημα	163,885	31,467	42,948	9,407	-10,957	236,750

Τόσο σε ετήσια βάση όσο και συνολικά παρατηρείται μια ισορροπία των εκροών ως προς την κάθε τεχνολογία, ενώ ως προς τον τύπο του κάθε κόστους το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί σε αρχικά κόστη επένδυσης.

➤ Χρηματοροή



Διάγραμμα 5.53: Διάγραμμα χρηματοροής

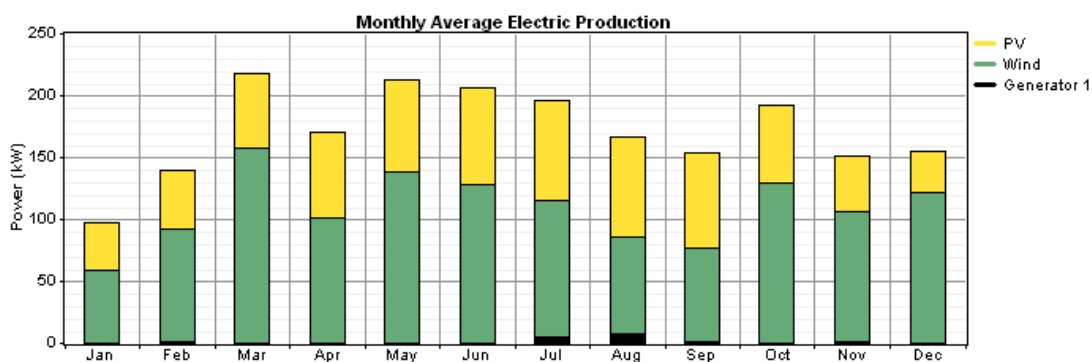
Η μορφή της χρηματοροής σε αυτή την περίπτωση αποτελείται από δύο κυρίως χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι οι μεγάλες εκροές χρημάτων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, και το δεύτερο είναι η μικρή αλλά σταθερή εκροή καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του έργου.

Η μορφή αυτή οφείλεται αφενός στο μεγάλο ποσοστό ΑΠΕ το οποίο παίζει και καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του συστήματος δημιουργώντας μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης και παραμένουσας αξίας όσο και των αυξημένων κοστών αντικατάστασης. Και αφετέρου στην σταθερή κατανάλωση καυσίμου, η οποία καλύπτει ανάγκες του συστήματος σε περιπτώσεις μεγάλης ζήτησης.

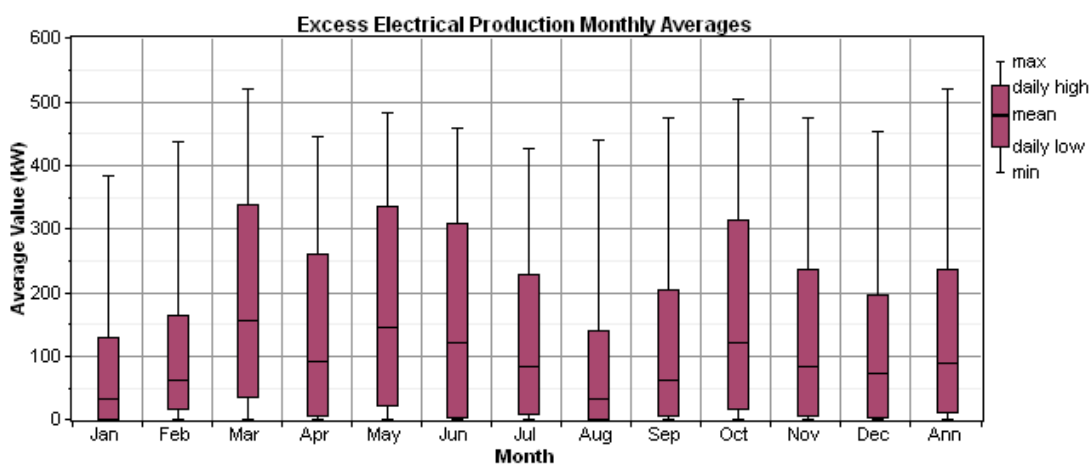
5.3.2 Ενεργειακά στοιχεία

Παραγωγή	kWh/yr	%	Κατανάλωση	kWh/yr	%
PV	548,051	36	Φορτίο	667,190	100
WT	945,148	63	Σύνολο	667,190	100
Γεννήτρια	13,294	1			
Σύνολο	1,506,493	100			

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	771,466	51.2
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	252	0.0
Ανικανότητα Κάλυψης	651	0.1



Διάγραμμα 5.54: Μέση παραγωγή ισχύος ανά τεχνολογία για κάθε μήνα του έτους



Διάγραμμα 5.55: Μηνιαίο ποσό απορριπτόμενης ισχύος του συστήματος για κάθε μήνα του έτους

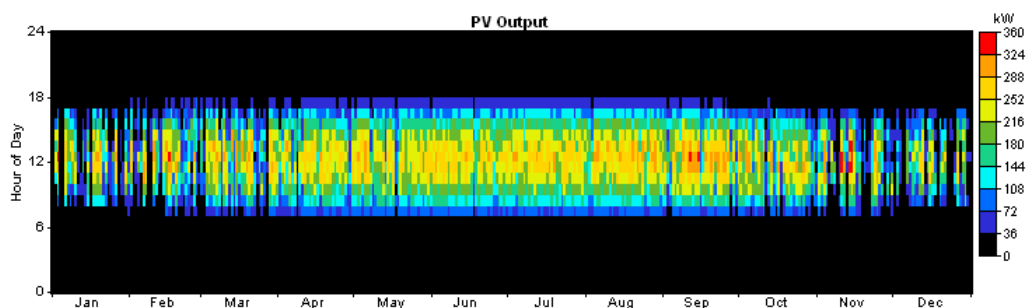
Η λειτουργία φωτοβολταϊκών και ανεμογεννήτριας είναι παρόμοια με την προηγούμενη περίπτωση. Η ανεμογεννήτρια καλύπτει τη ζήτηση κατά το μεγαλύτερο μέρος της για το περισσότερο μέρος του έτους, εκτός από τις περιόδους υψηλής ηλιοφάνειας. Η λειτουργία των τεχνολογιών ΑΠΕ γίνεται σχεδόν με απόλυτη αυτονομία εκτός από τις περιόδους μεγάλης ζήτησης όπου η συμβατική μονάδα λειτουργεί, με μικρό ποσοστό κάλυψης επί της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής. Το ποσοστό απορριπτόμενης ενέργειας παραμένει στο ίδιο επίπεδο με το προηγούμενο σενάριο.

5.3.3 Φωτοβολταϊκά

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών περιορίζεται από τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής κάθε εποχή του έτους καθώς γίνεται δυνατότητα μέγιστης εκμετάλλευσης του συνδυασμού των τεχνολογιών.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	300	kW
Μέση απόδοση ισχύος	63	kW
Μέση απόδοση ισχύος	1,502	kWh/d
Συνελεστής εκμεταλλευσιμότητας	20.9	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	548,051	kWh/yr

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	350	kW
Ποσοστό εισχώρησης	82.1	%
Ώρες λειτουργίας	4,386	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.104	€/kWh

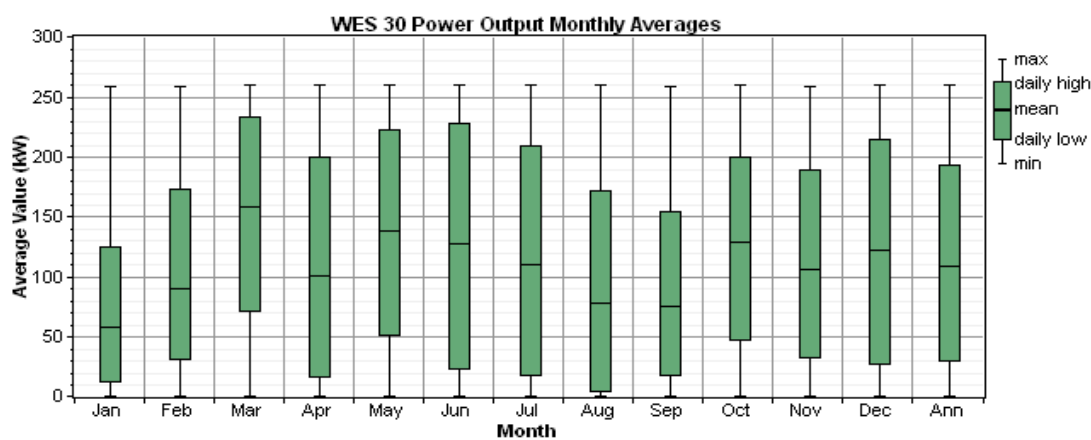


Διάγραμμα 5.56: Πρόσδοση ισχύος των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο σε ωριαία βάση

5.3.4 Ανεμογεννήτριες

Μεγάλο πλεονέκτημα της ανεμογεννήτριας εξακολουθεί να είναι η παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος, χαρακτηριστικό που την καθιστά απαραίτητη για το σύστημα για εξασφάλιση χαμηλού κόστους. Επίσης αποτελεί παλαιά τεχνολογία και πλήρως ανεπτυγμένη σε σχέση με αυτή των μπαταριών με όλα τα πλεονεκτήματα που συνεπάγεται αυτό.

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	250	kW
Μέση απόδοση ισχύος	108	kW
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	43.2	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	945,148	kWh/yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	260	kW
Ποσοστό εισχώρησης	142	%
Ώρες λειτουργίας	8,000	hr/yr
Ανηγμένο κόστος	0.0677	€/kWh

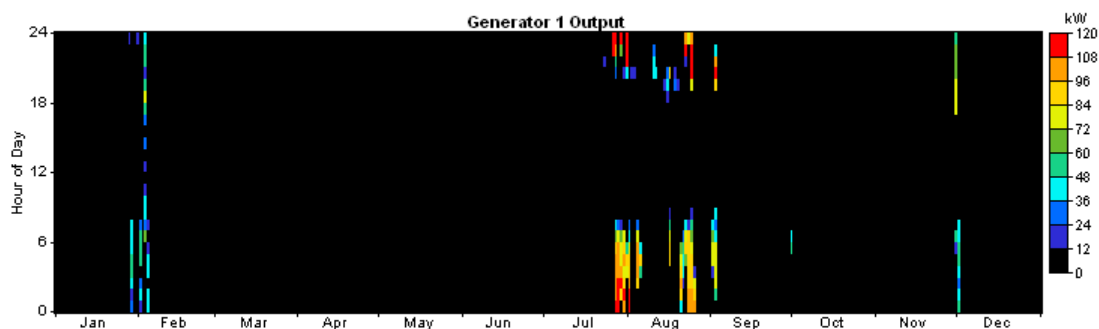


Διάγραμμα 5.57: Πρόσδοση ισχύος της ανεμογεννητριών στο δίκτυο σε μηνιαία βάση

5.3.5 Γεννήτρια

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ώρες λειτουργίας	335	hr/yr
Αριθμός εκκινήσεων	59	starts/yr
Λειτουργικός χρόνος ζωής	261	Yr
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	1.38	%
Σταθερό κόστος	69.5	€/hr
Ανηγμένο κόστος	0.375	€/kWh

Παραγωγή ενέργειας	13,294	kWh/yr
Μέση απόδοση ισχύος	39.7	kW
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0.366	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	110	kW
Κατανάλωση καυσίμου	6,271	L/yr
Ανηγγμένη κατανάλωση καυσίμου	0.472	L/kWh
Ενέργεια καυσίμου	61,711	kWh/yr
Μέση απόδοση	21.5	%



Διάγραμμα 5.58: Πρόσδοση ισχύος της γεννήτριας στο δίκτυο σε ωριαία βάση

Από τα παραπάνω στοιχεία που αφορούν τη γεννήτρια και το αντίστοιχο διάγραμμα πρόσδοσης ισχύος, γίνεται σαφής ο περιορισμένος ρόλος της συμβατικής μονάδας. Παρόλα αυτά με το συνδυασμό όλων των τεχνολογιών επιτυγχάνεται καλύτερη λειτουργία του συστήματος και χαμηλότερο κόστος της παραγόμενης ενέργειας. Επίσης η γεννήτρια είναι σημαντική όσον αφορά το ενεργειακό μίγμα της περιοχής, περισσότερες πηγές προσδίδουν ασφάλεια και σταθερότητα στο σύστημα.

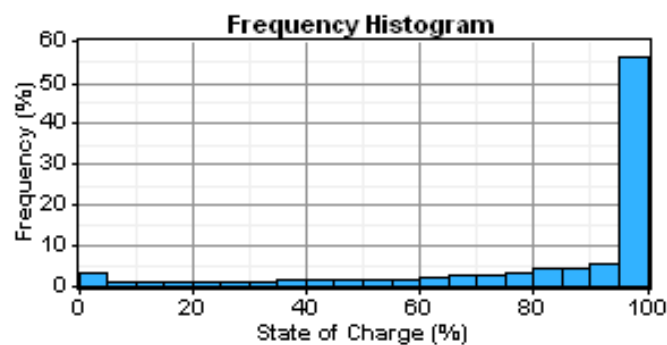
5.3.6 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Σε ένα σύστημα με τόσο μεγάλο συντελεστή ΑΠΕ οι μπαταρίες εξακολουθούν να παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, γεγονός που καταδεικνύεται και από τα παρακάτω.

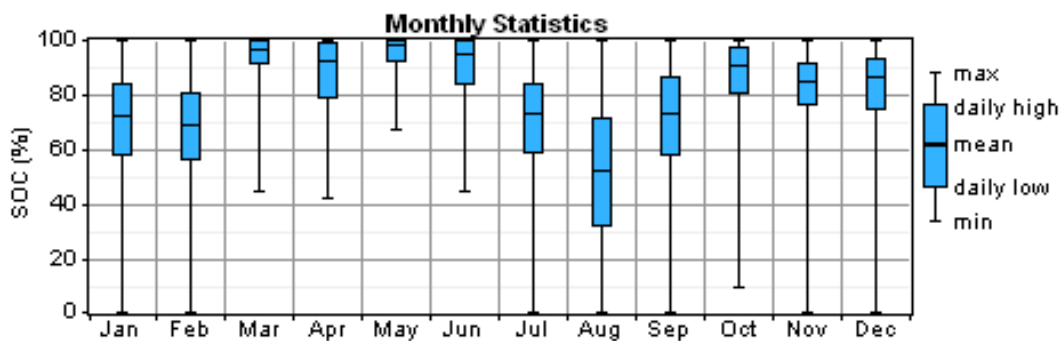
Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	150	kWh
Ικανότητα αποθήκευσης	2,500	kWh
Αυτονομία	32.8	Hr
Κόστος φθοράς	0.005	€/kWh
Μέσο κόστος ενέργειας	0.000	€/kWh

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εισαγόμενη ενέργεια	172,821	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	138,257	kWh/yr
Εξάντληση αποθήκευσης	0	kWh/yr
Απώλειες	34,564	kWh/yr
Ετήσια διαχειριζόμενη ενέργεια	154,576	kWh/yr

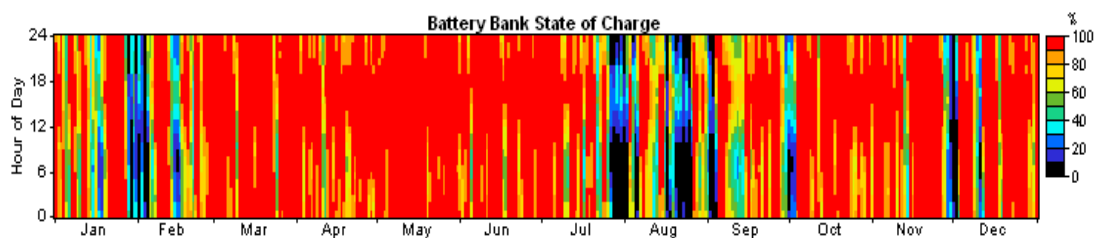
Παρακάτω ακολουθούν και τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις που έγιναν. Περισσότερα στοιχεία για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσσωρευτών εμπεριέχονται στο Παράρτημα 1.



Διάγραμμα 5.59: Ιστόγραμμα ποσοστού φόρτισης – συχνότητας εμφάνισης



Διάγραμμα 5.60: Μηνιαία στατιστικά φόρτισης

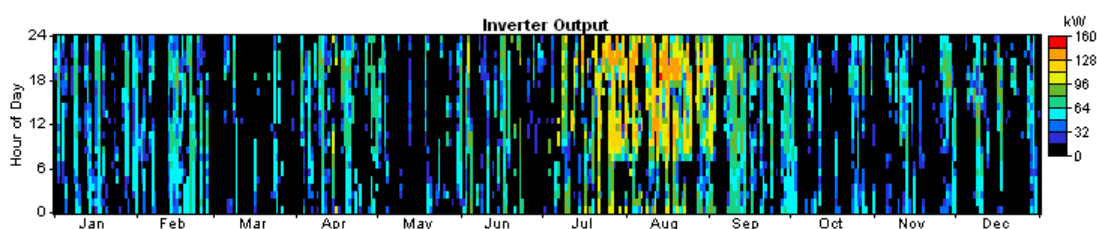


Διάγραμμα 5.61: Ποσοστό φόρτισης μπαταριών σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

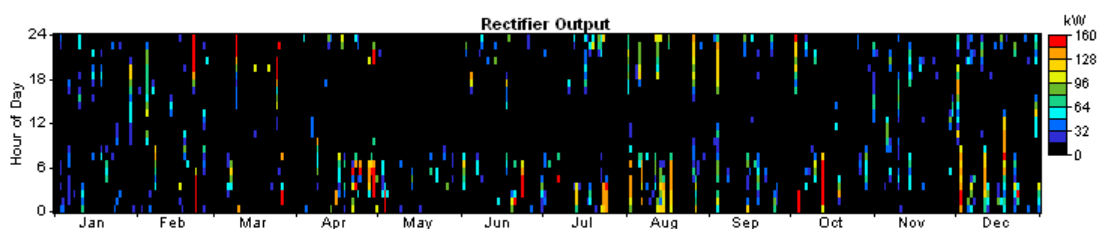
5.3.7 Αντιστροφέας

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	200	200	kW
Μέση απόδοση	24	6	kW
Ελάχιστη απόδοση	0	0	kW
Μέγιστη απόδοση	144	150	kW
Συντελεστής εκμεταλευσιμότητας	12.2	3.0	%

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Ώρες λειτουργίας	3,911	1,027	hrs/yr
Εισαγόμενη ενέργεια	237,930	62,232	kWh/yr
Εξερχόμενη ενέργεια	214,137	52,897	kWh/yr
Απώλειες	23,793	9,335	kWh/yr



Διάγραμμα 5.62: Πρόσδοση ισχύος του Inverter σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.



Διάγραμμα 5.63: Πρόσδοση ισχύος του Rectifier σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

5.3.8 Εκπομπές ρύπων

Οι εκπομπές σε αυτή την περίπτωση δεν είναι μηδενικές, εξακολουθούν όμως να είναι αρκετά χαμηλές.

Ρύπος	Εκπομπές [kg/yr]
CO ₂	16,515
CO	40.8
UHC	4.52
PM	3.07
SO ₂	33.2
NO _x	364

5.2.1.6 Παρατηρήσεις

1. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο βέλτιστος συντελεστής ΑΠΕ ο οποίος είναι αρκετά υψηλός (0.98) κάτι το οποίο φάνηκε και από τα πολύ καλά αποτελέσματα που είχαμε με την αποκλειστική χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ και ηλεκτρικών συσσωρευτών.
2. Παρά το σημαντικό ποσοστό απορριπτόμενης ενέργειας, το κόστος παραγωγής παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.
3. Η λειτουργία της γεννήτριας diesel περιορίζεται πρακτικά σε περιόδους υψηλής ζήτησης.
4. Σε αυτό το σενάριο επιτυγχάνεται σχεδόν πλήρης ανεξαρτητοποίηση του νησιού από την κατανάλωση πετρελαίου και το κόστος παραγωγής ενέργειας μειώνεται στο ελάχιστο (0.355 €/kWh).

6. Συμπεράσματα – Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

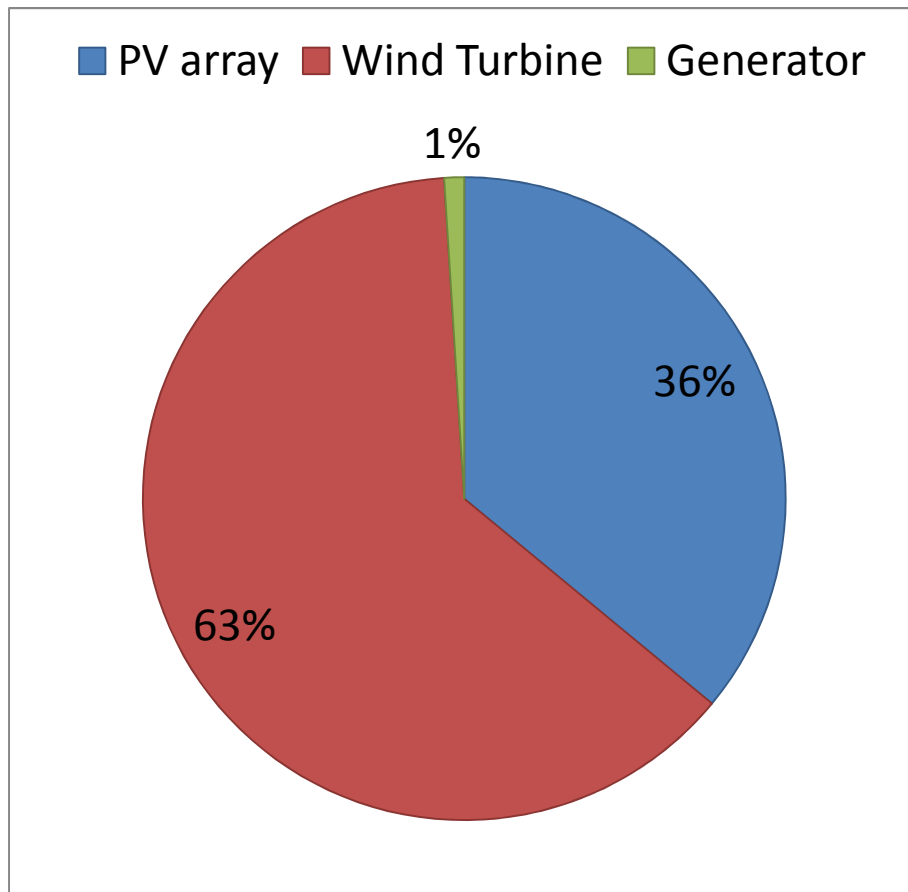
6.1 Συμπεράσματα

Μέσω της έρευνας η οποία έγινε στη νήσο Δονούσα και γενικότερα στον τομέα σχεδιασμού και εφαρμογής Υβριδικών Συστημάτων Ενέργειας για τον ελλαδικό χώρο, διαπιστώθηκαν τα παρακάτω:

- 1) Ο τομέας της παραγωγής ισχύος από εναλλακτικές μορφές ενέργειας, και ειδικότερα η παραγωγή ισχύος με εκμετάλλευση του ηλιακού και αιολικού δυναμικού, παρουσιάζει μεγάλες προοπτικές στη νήσο Δονούσα, λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης δυναμικού, του κλίματος της περιοχής και της διακύμανσης της ζήτησης, η οποία εμφανίζει μέγιστα κατά κύριο λόγω τους καλοκαιρινούς μήνες.
- 2) Η εφαρμογή ενός Υβριδικού Συστήματος Ενέργειας, αποτελεί οικονομικά και τεχνολογικά εφικτή λύση για τη νήσο Δονούσα με μακροπρόθεσμα οφέλη, ανεξαρτητοποίησης της οικονομίας και ανάπτυξής της.
- 3) Η βέλτιστη λύση του σημερινού ενεργειακού προβλήματος, φαίνεται να είναι ο συνδυασμός συμβατικών τεχνολογιών (γεννήτρια DIESEL) και τεχνολογιών ΑΠΕ (ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά πάνελ) με τα μεγέθη τα οποία περιγράφονται στο Σενάριο 3.
- 4) Το αρχικό κόστος μιας επένδυσης σε ένα τέτοιο έργο, αν και υψηλό, υπερκαλύπτεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, και συνυπολογίζοντας την σταθερά αυξανόμενη ζήτηση, η επένδυση καθίσταται ως χαμηλού ρίσκου και υψηλής απόδοσης.
- 5) Το παράδειγμα της Δονούσας, καταδεικνύει ότι τα προβλήματα μη εφαρμογής τέτοιων συστημάτων σε ευρεία κλίμακα σε περιοχές εκτός δικτύου, είναι κυρίως γραφειοκρατικά και προβλήματα κοινωνικής αποδοχής.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με όλα τα κρίσιμα οικονομικά μεγέθη για κάθε περίπτωση που εξετάστηκε. Ο πίνακας βοηθάει αρκετά στην επαλήθευση των παραπάνω συμπερασμάτων και την σύγκριση των σεναρίων που εξετάστηκαν δίνοντας μια συνολική εικόνα.

ΣΕΝΑΡΙΟ	1i	1ii	2i	2ii	3
Συνεισφορά ΑΠΕ (%)	0	0	100	100	98
ΠΑ Συνολικού Κόστους (€)	16,613,317	10,883,989	40,688,256	3,072,328	3,026,455
Αρχικό Κόστος (€)	277,500	580,000	31,450,000	2,438,000	2,095,000
Κόστος Σ&Λ ανά έτος (€)	1,277,897	806,047	1,227,203	49,621	72,865
Κόστος Παραγόμενης Ενέργειας (€/kWh)	1.821	1.275	5.046	0.360	0.355
Εκπεμπόμενο CO ₂ (kg/yr)	780,842	678,258	0	0	16,515
Ποσοστό Καλυπτόμενης Ζήτησης (%)	100	100	94.5	99.9	100



Διάγραμμα 6.1: Ποσοστά παραγωγή ενέργειας ανά τεχνολογία για το Σενάριο 3

Τα σενάρια που αναφέρονται στον πίνακα είναι τα παρακάτω:

- ❖ **Σενάριο 1i** : 0% ΑΠΕ, 100% συμβατικές μονάδες (χωρίς χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)
- ❖ **Σενάριο 1ii** : 0% ΑΠΕ, 100% συμβατικές μονάδες (με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)
- ❖ **Σενάριο 2i** : 100% ΑΠΕ, 0% συμβατικές μονάδες (χωρίς χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)
- ❖ **Σενάριο 2ii** : 100% ΑΠΕ, 0% συμβατικές μονάδες (με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)
- ❖ **Σενάριο 3** : Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων

6.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

Επιπρόσθετη έρευνα θα μπορούσε να γίνει με επανάληψη της παρούσας ανάλυσης για κάποια άλλη περιοχή εκτός δικτύου με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλά μεγαλύτερου μεγέθους και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

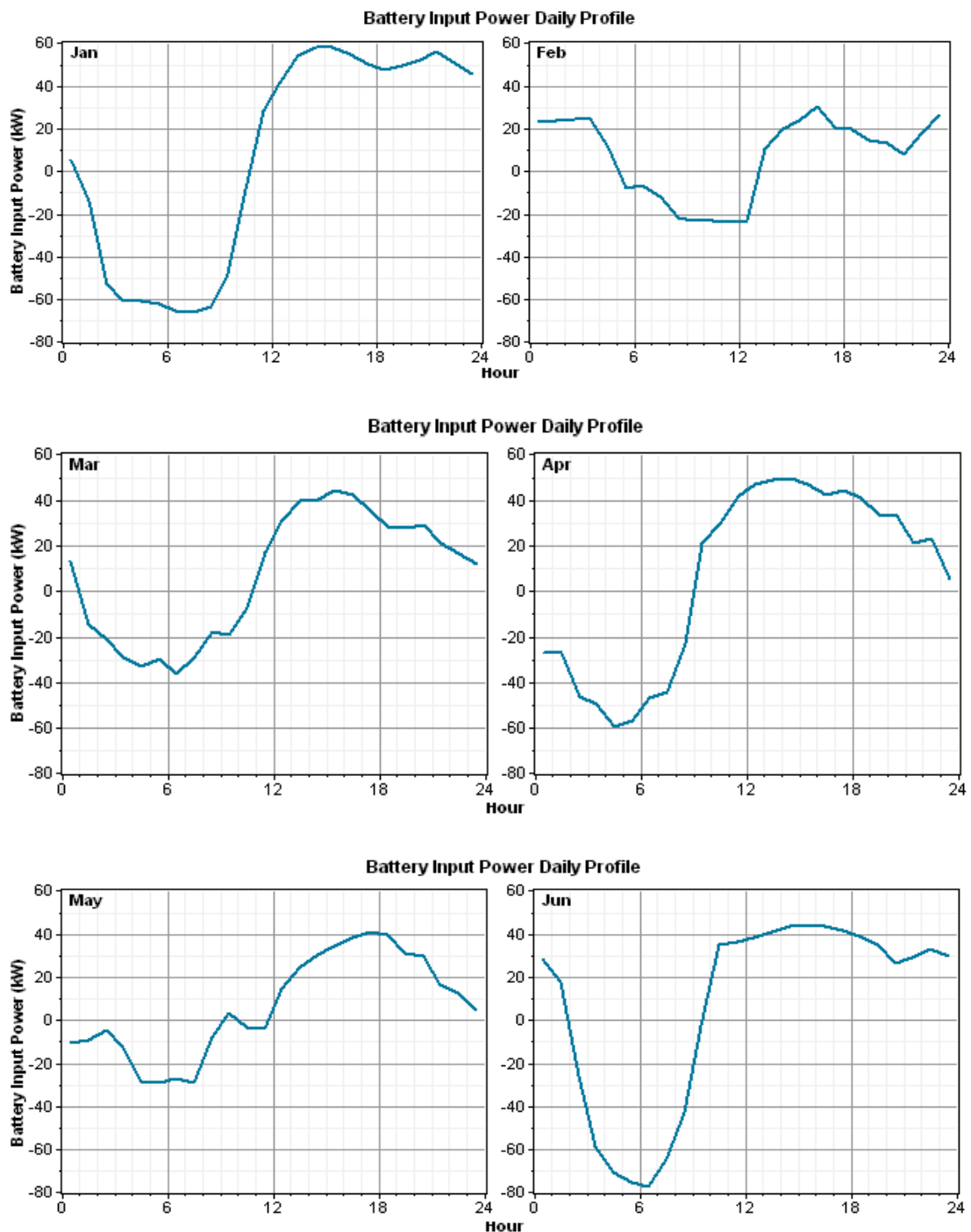
Άξια διερεύνησης είναι επίσης η κατασκευή ενός έργου αφαλάτωσης στη νήσο Δονούσα σε συνδυασμό με ένα Υβριδικό Σύστημα Ενέργειας, και η ανάλυση των αλλαγών που θα επιφέρει αυτή η αλλαγή.

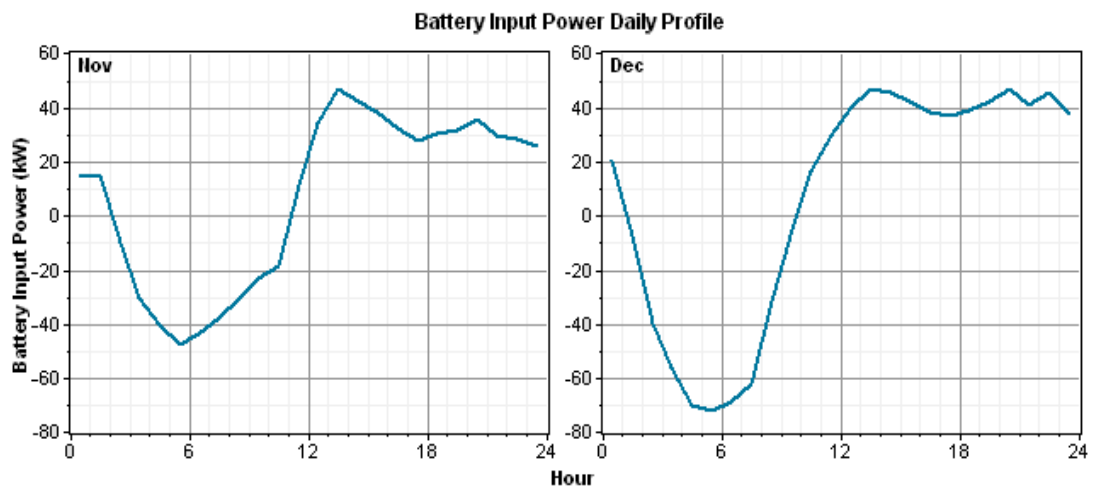
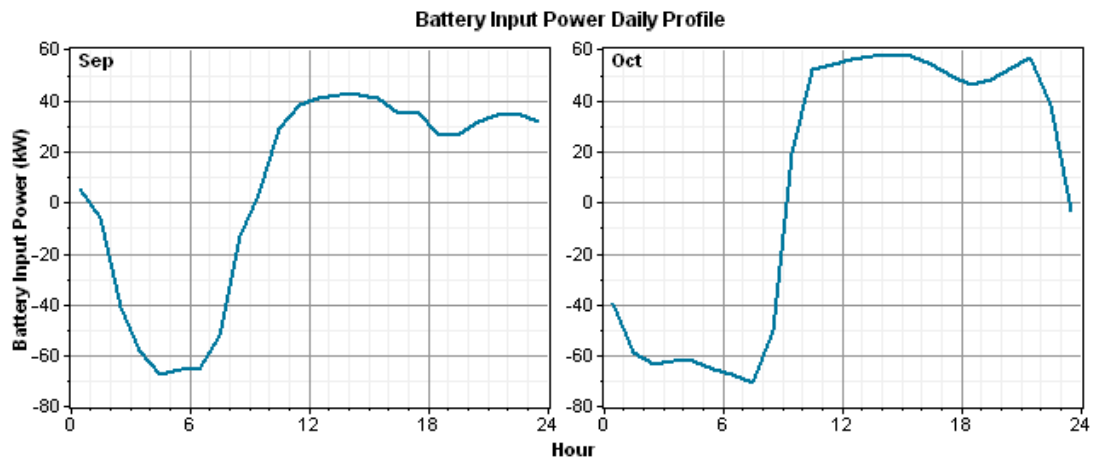
Τέλος, κατεύθυνση μελλοντικής έρευνας αποτελεί, η περαιτέρω ανάλυση σε θέματα εφαρμογής και χωροθέτησης ενός τέτοιου έργου, με έμφαση στις ιδιαιτερότητες της περιοχής και της κοινωνικής αποδοχής μιας επένδυσης.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

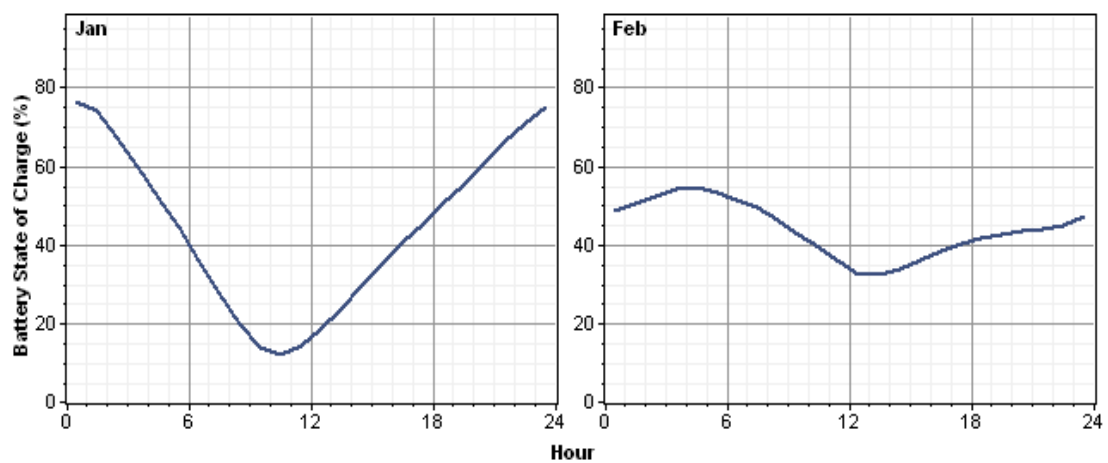
7.1 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.1.2 (0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)

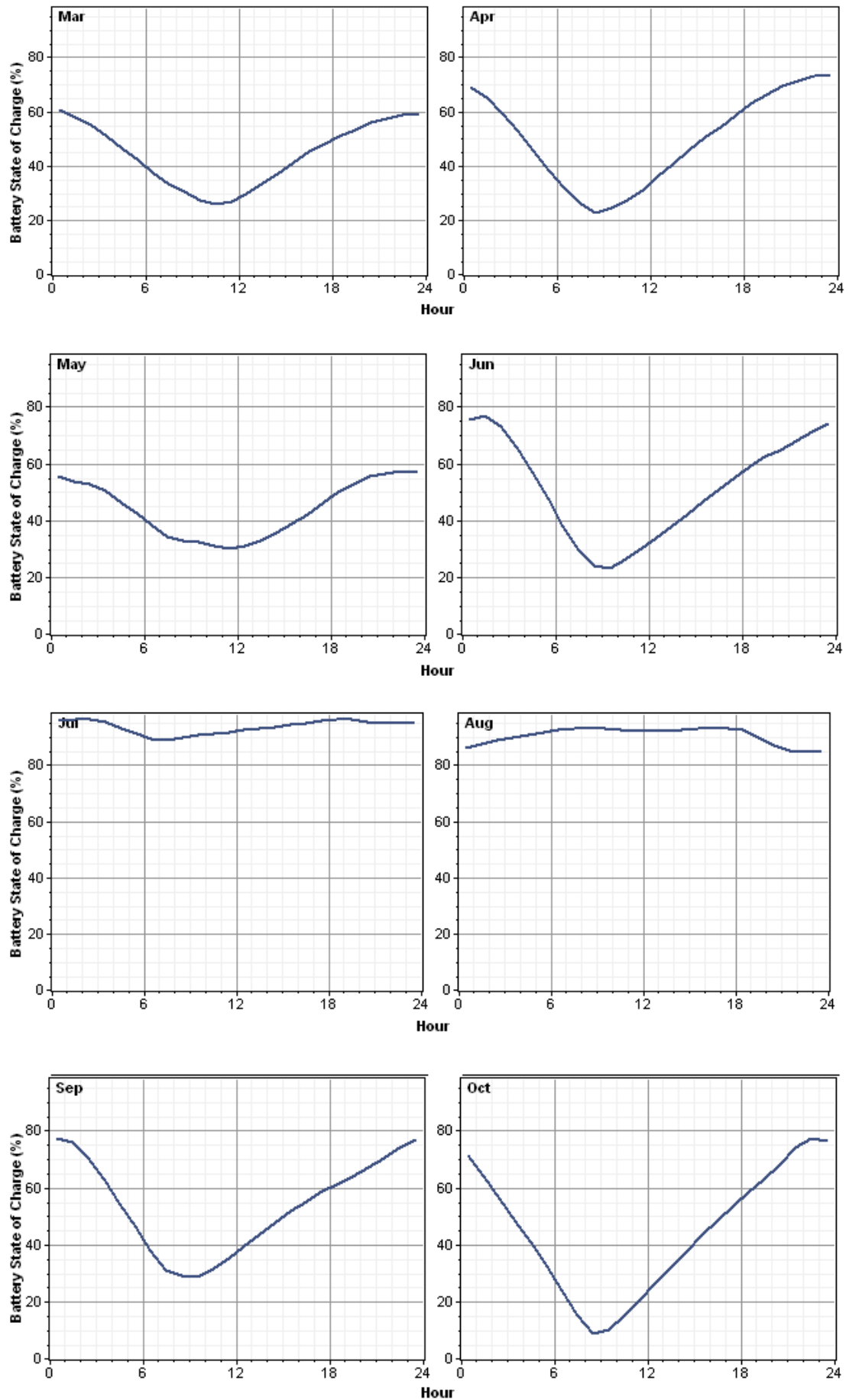
7.1.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.

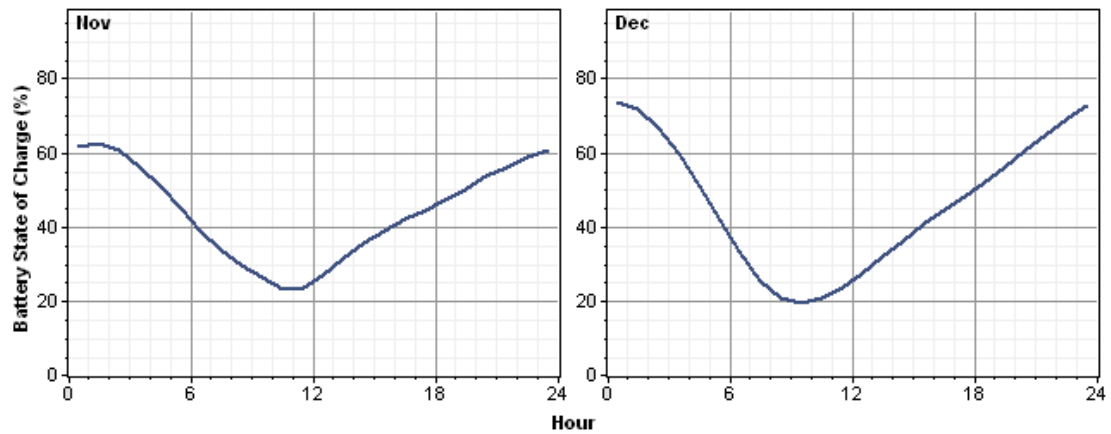




7.1.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.

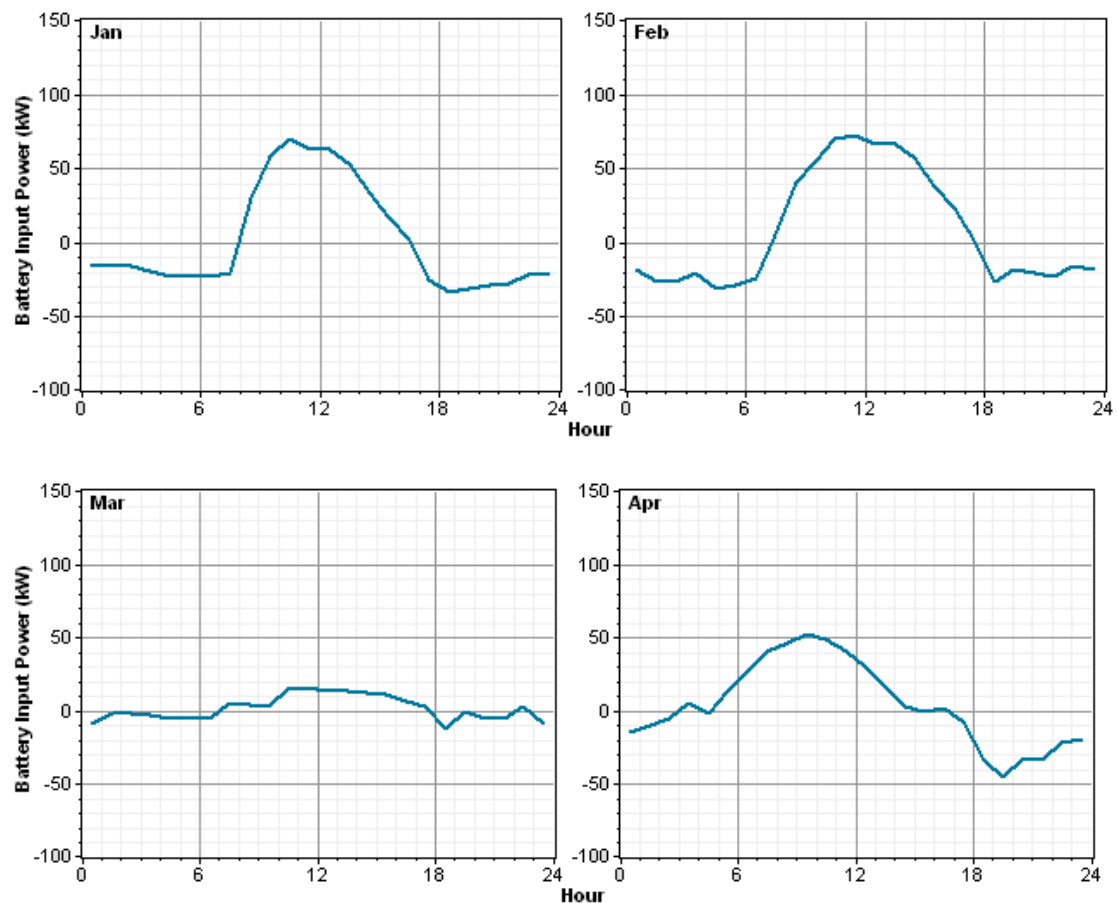


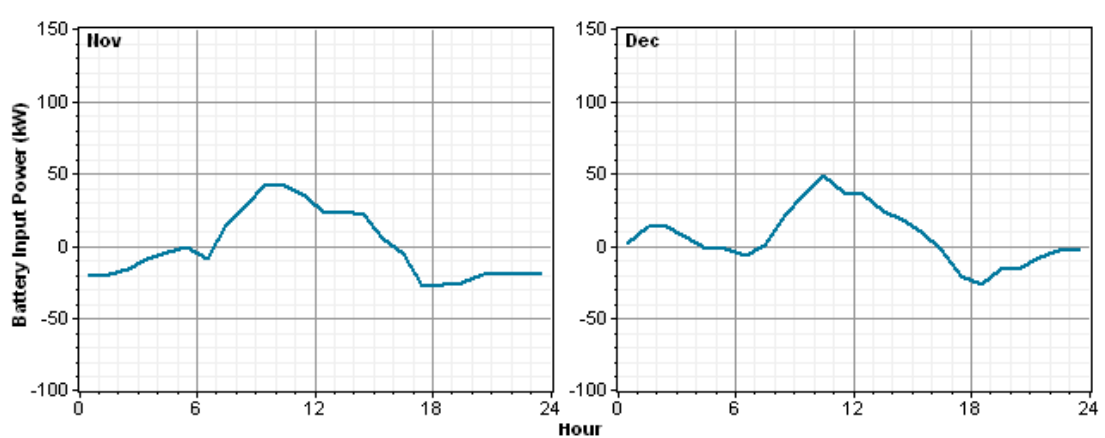
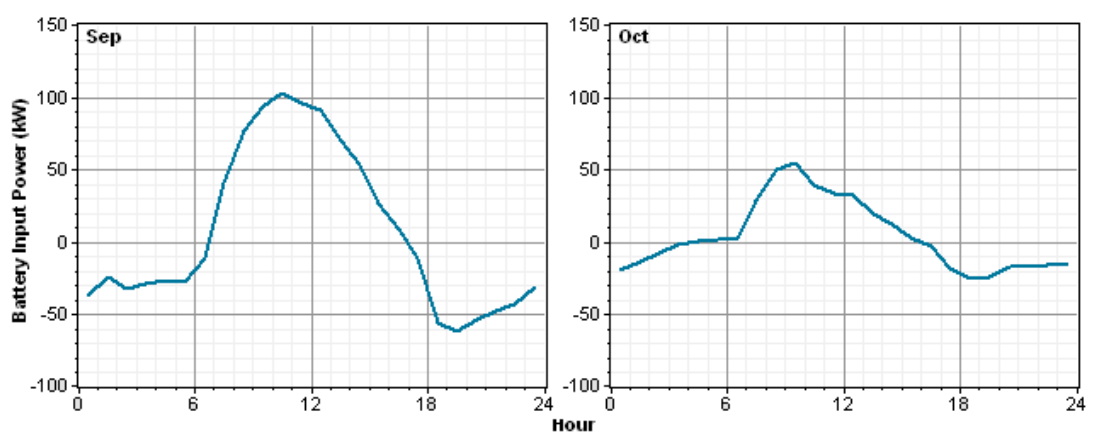
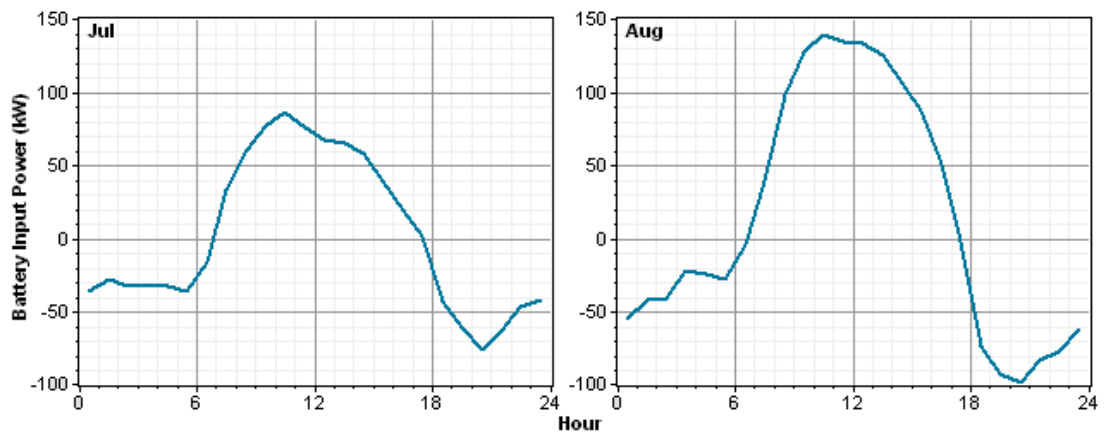
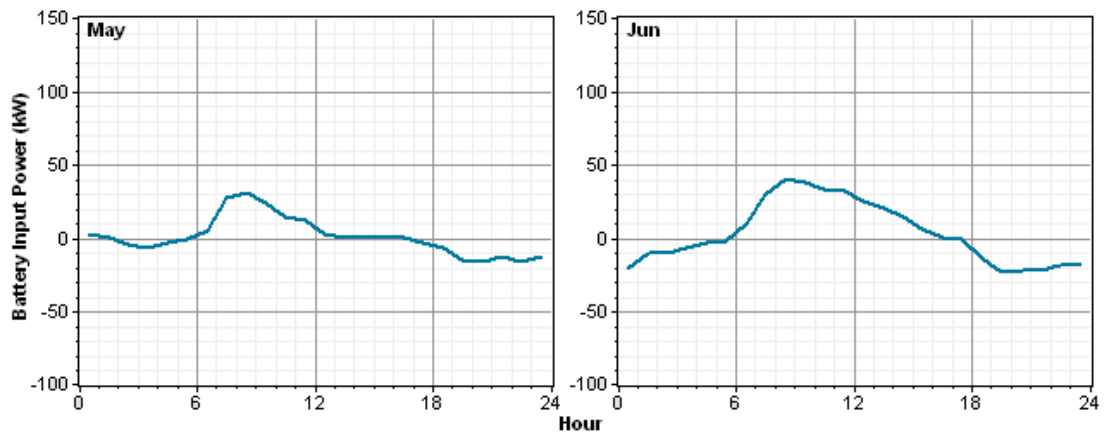




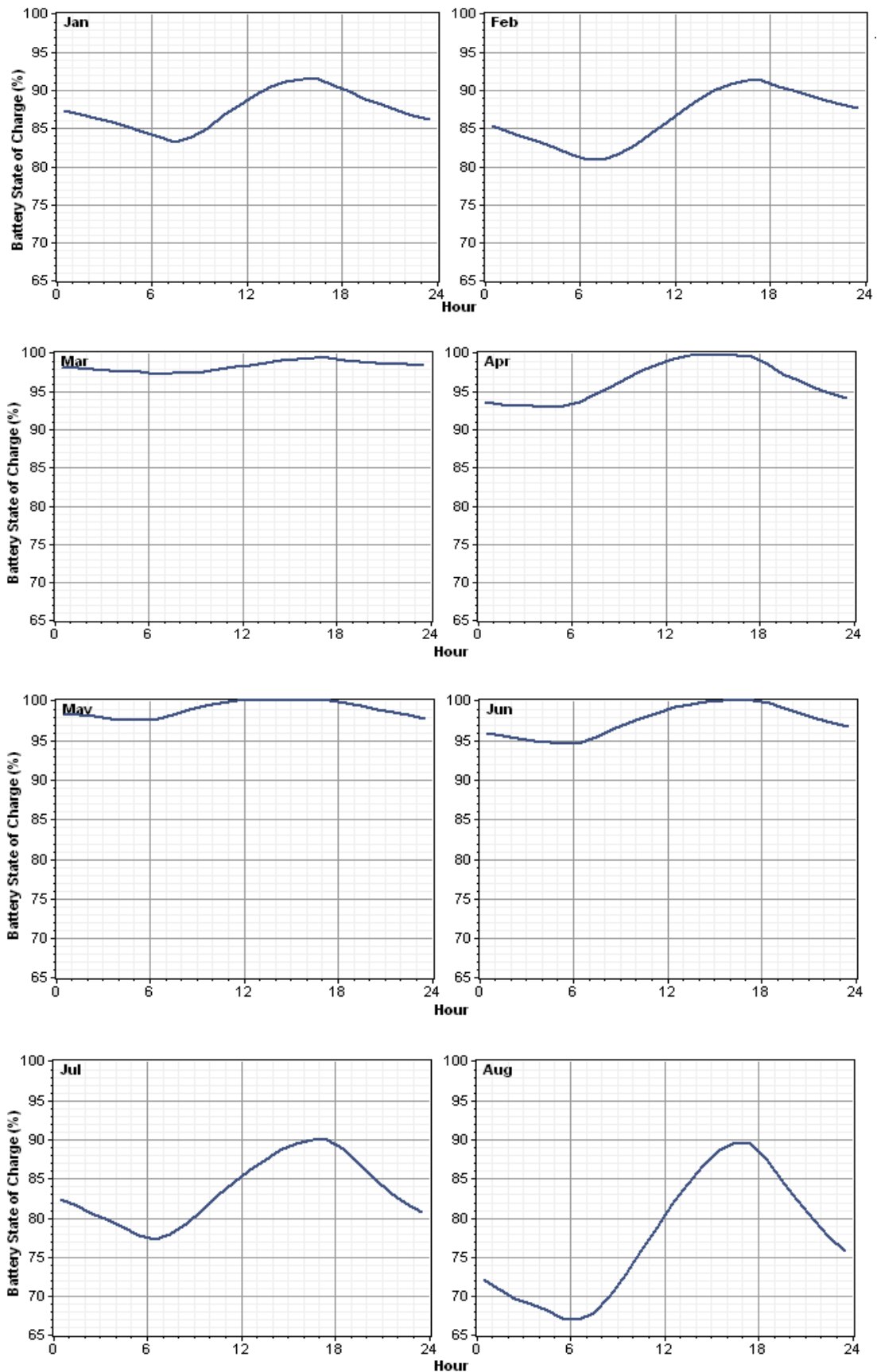
7.2 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.2.2 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)

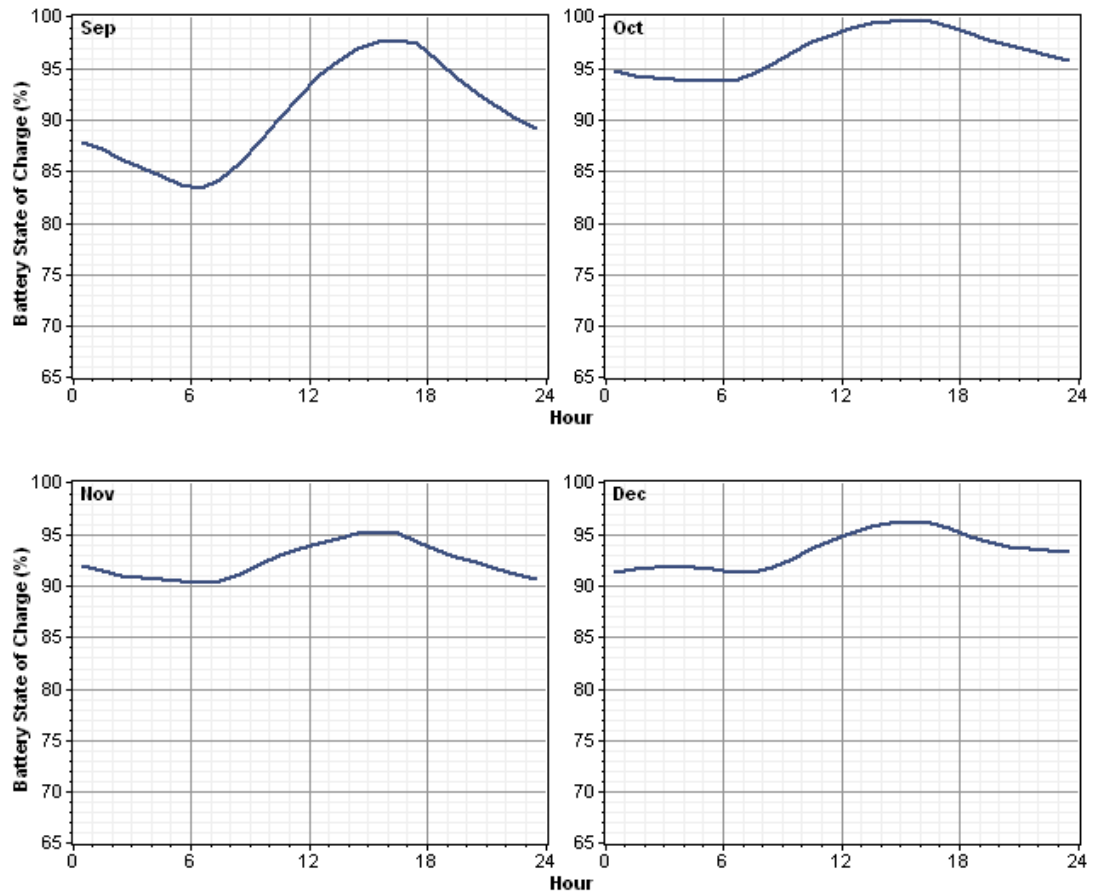
7.2.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.





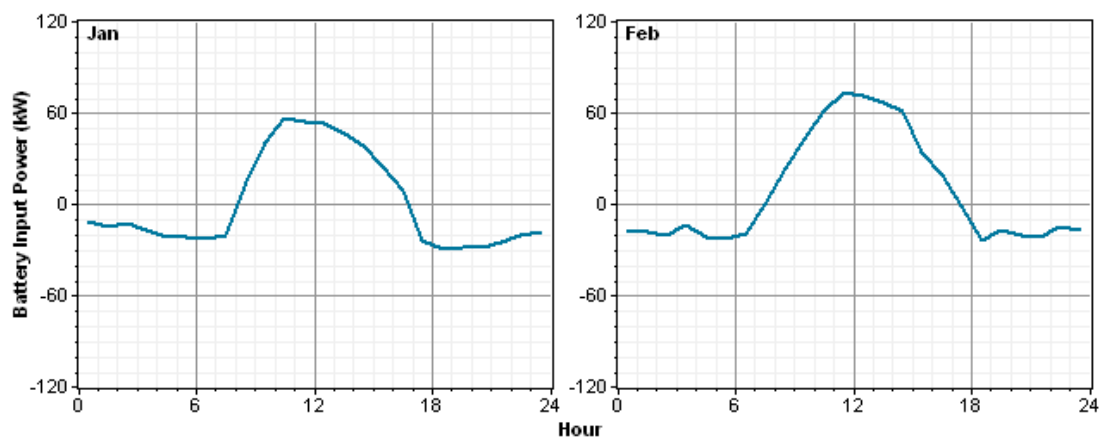
7.2.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.

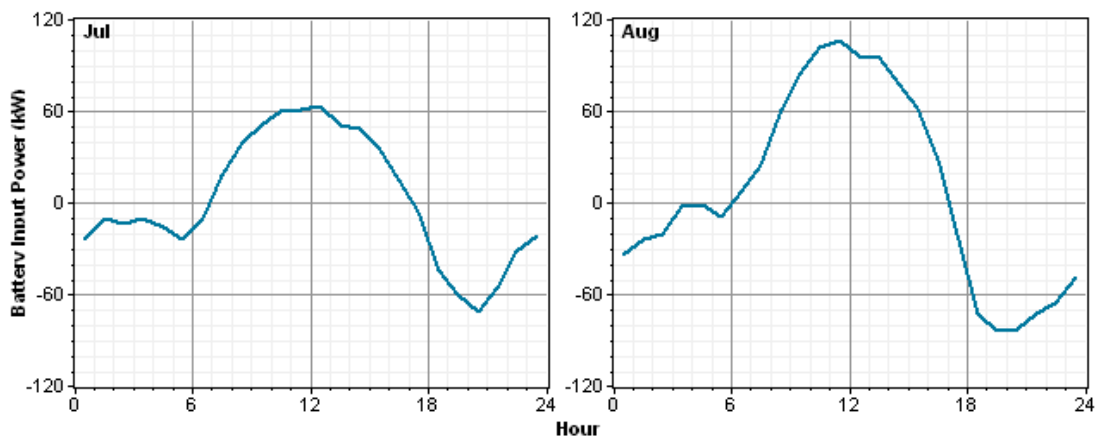
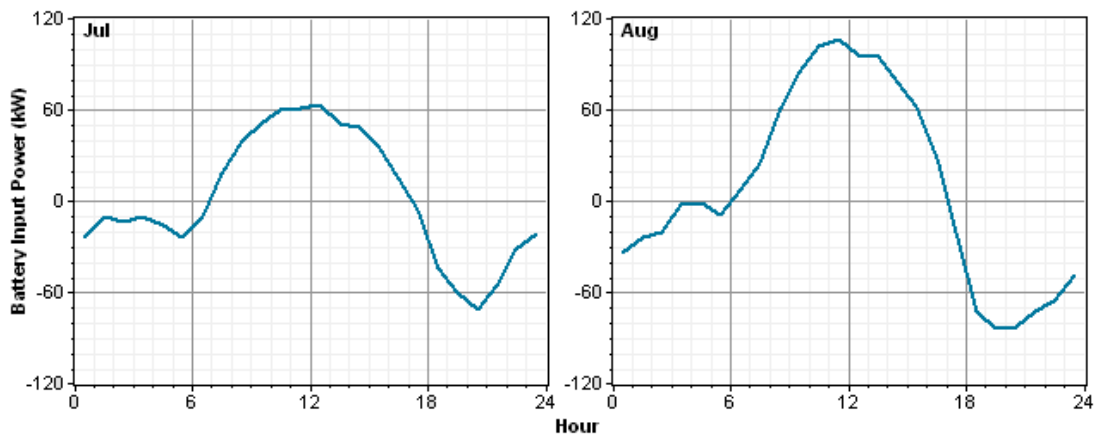
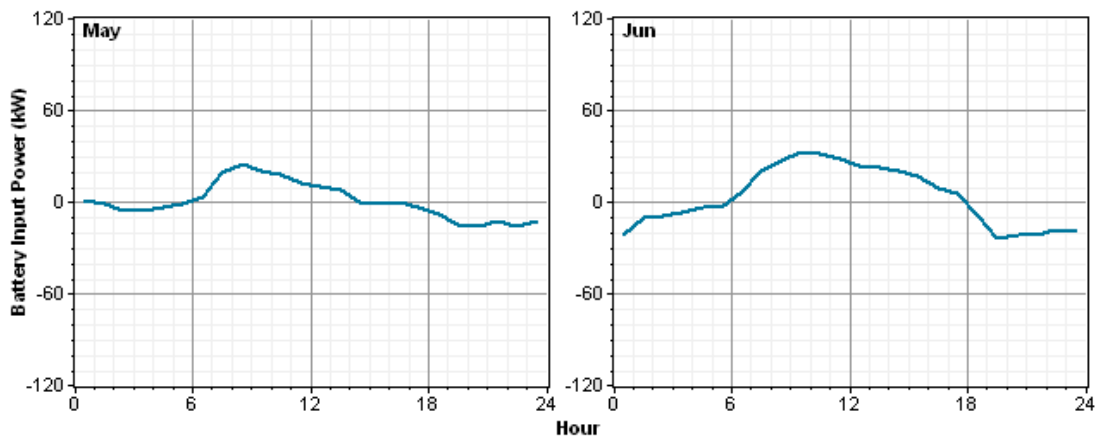
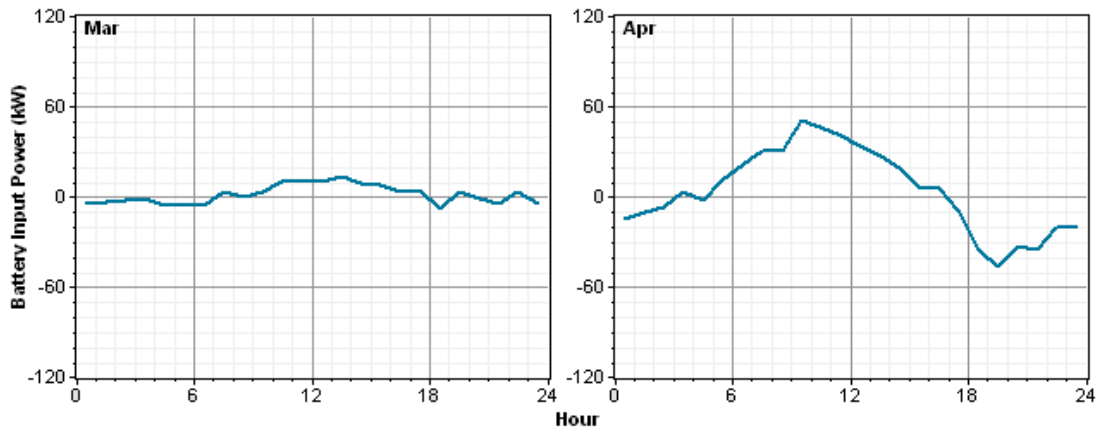


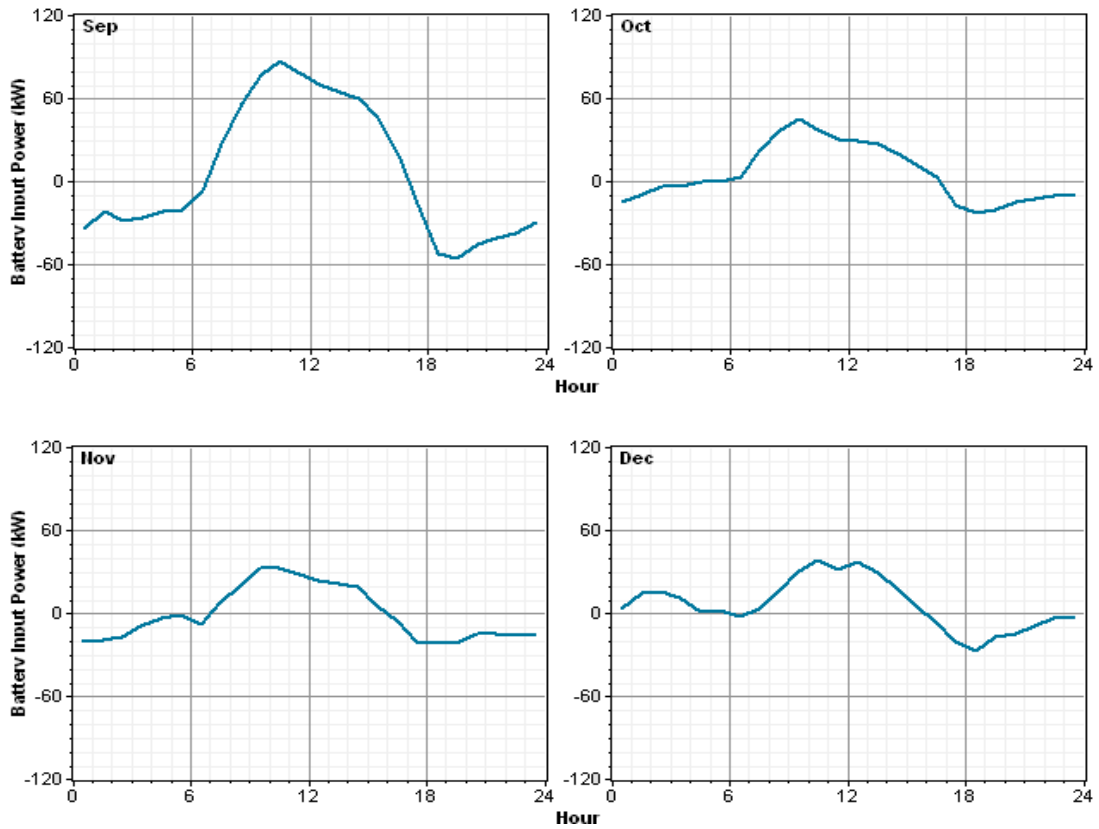


7.3 Πίνακες ωριαίας πρόσδοσης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών για την περίπτωση 5.3 (Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων)

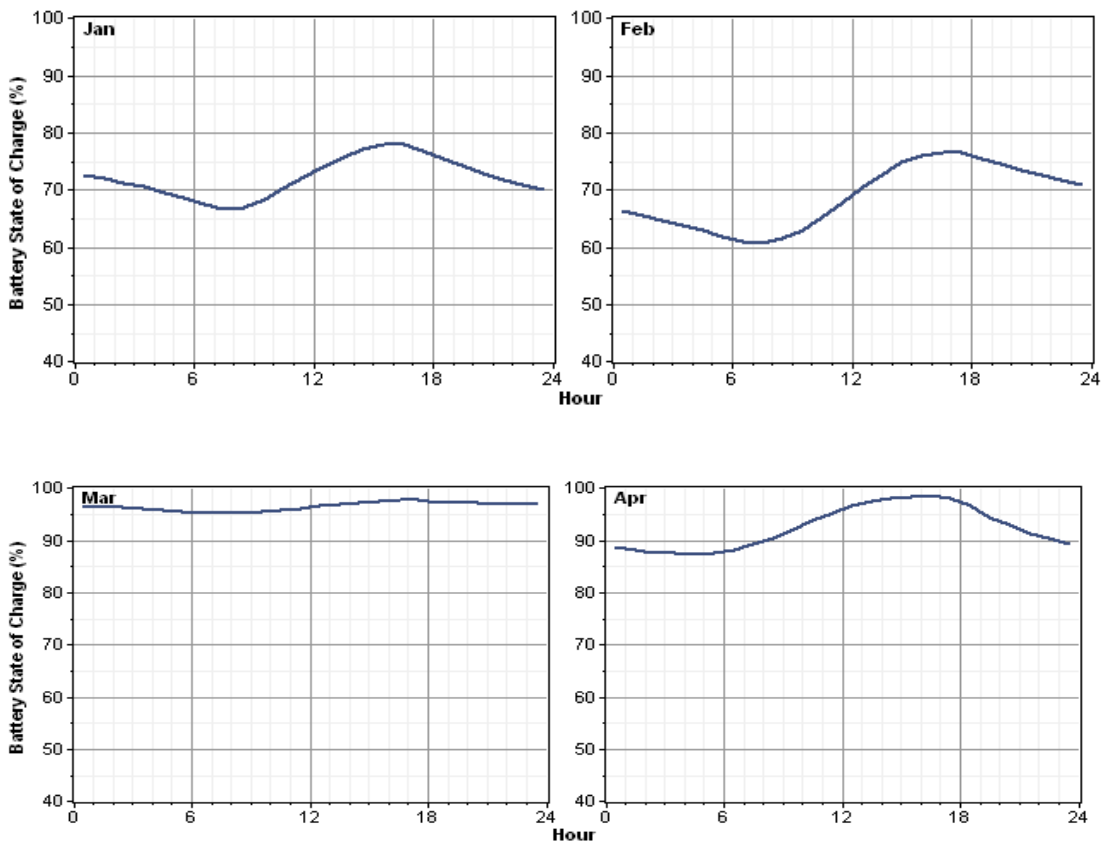
7.3.1 Μέση πρόσδοση ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών σε ωριαία βάση κατά τη διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα του έτους.

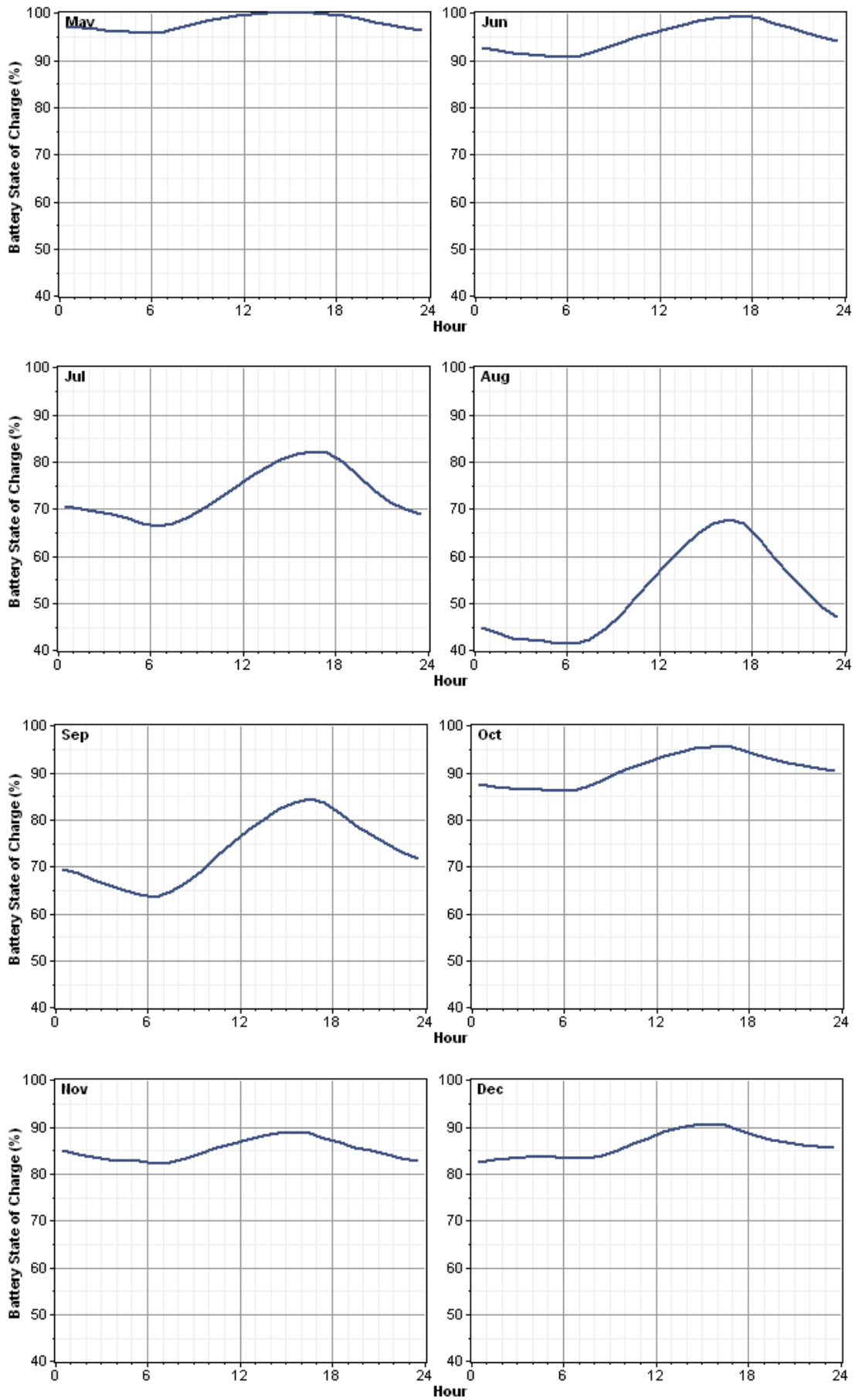






7.3.2 Ωριαία πρόσδοση ενέργειας ηλεκτρικών συσσωρευτών για κάθε μήνα του έτους.



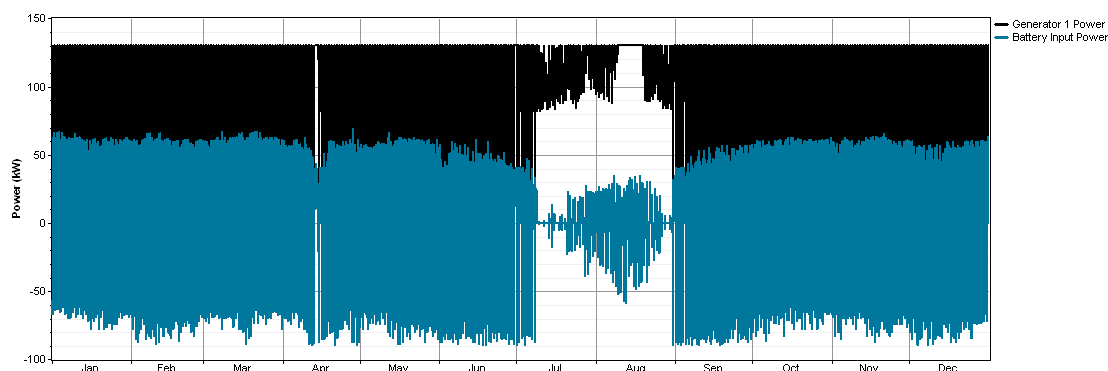


8. Παράρτημα 2

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα σχετικής πρόσδοσης ενέργειας ανά τεχνολογία για κάθε διαφορετική περίπτωση. Δεν συμπεριλαμβάνονται διαγράμματα για την περίπτωση αποκλειστικής χρήσης συμβατικών τεχνολογιών χωρίς χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας, καθώς οι ανάγκες ισχύος καλύπτονται άμεσα και πλήρως από τη γεννήτρια DIESEL.

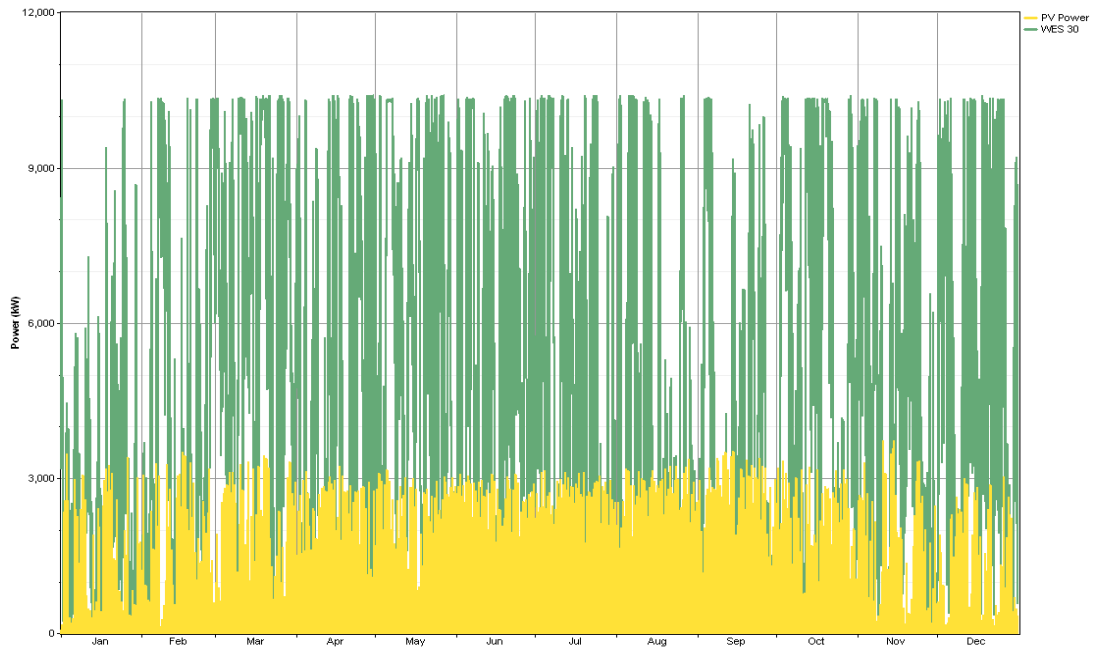
8.1 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (0% ΑΠΕ , 100% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)

Στο παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται η εναλλασσόμενη λειτουργία των δύο μέσων, στο διάστημα όπου η κατανάλωση είναι χαμηλή, με λειτουργία της γεννήτριας DIESEL κατά τη διάρκεια φόρτισης των συσσωρευτών, και σχεδόν πλήρη κάλυψη των αναγκών από τη γεννήτρια DIESEL σε περιόδους υψηλής ζήτησης.



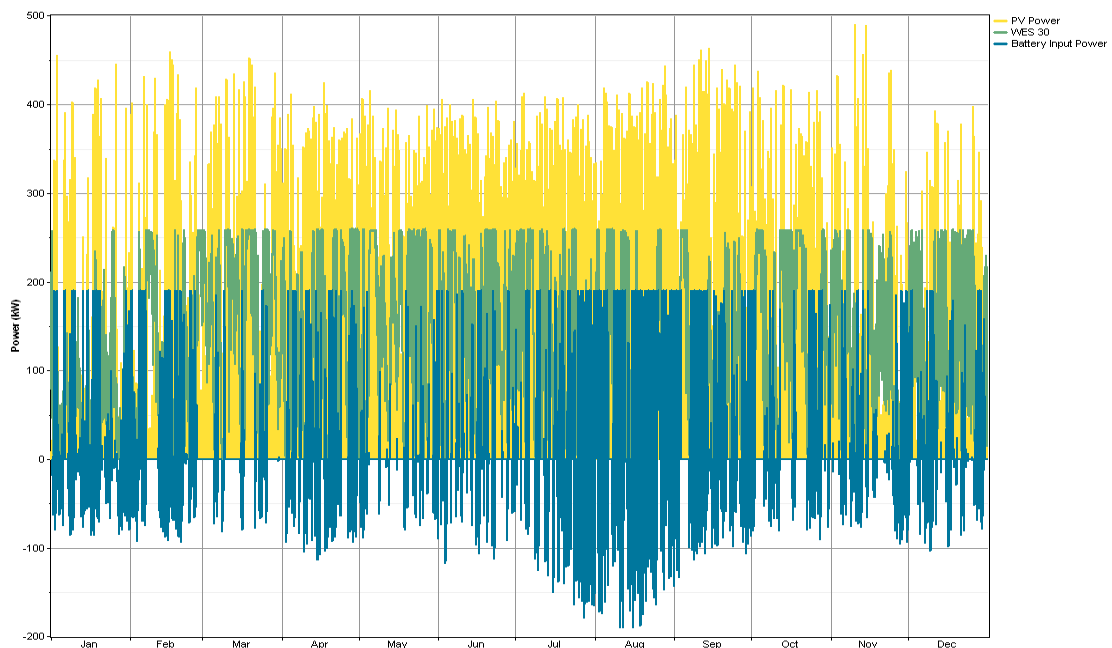
8.2 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες χωρίς χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)

Στο παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται παραγωγή ενέργειας πλήρως εξαρτώμενη από τη διαθεσιμότητα δυναμικού και ανεξάρτητα από τη ζήτηση του δικτύου. Έχουμε εμφάνιση περιοδικότητας στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών και τυχαιότητα στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών με αποτέλεσμα την μεγάλη απόρριψη ενέργειας.



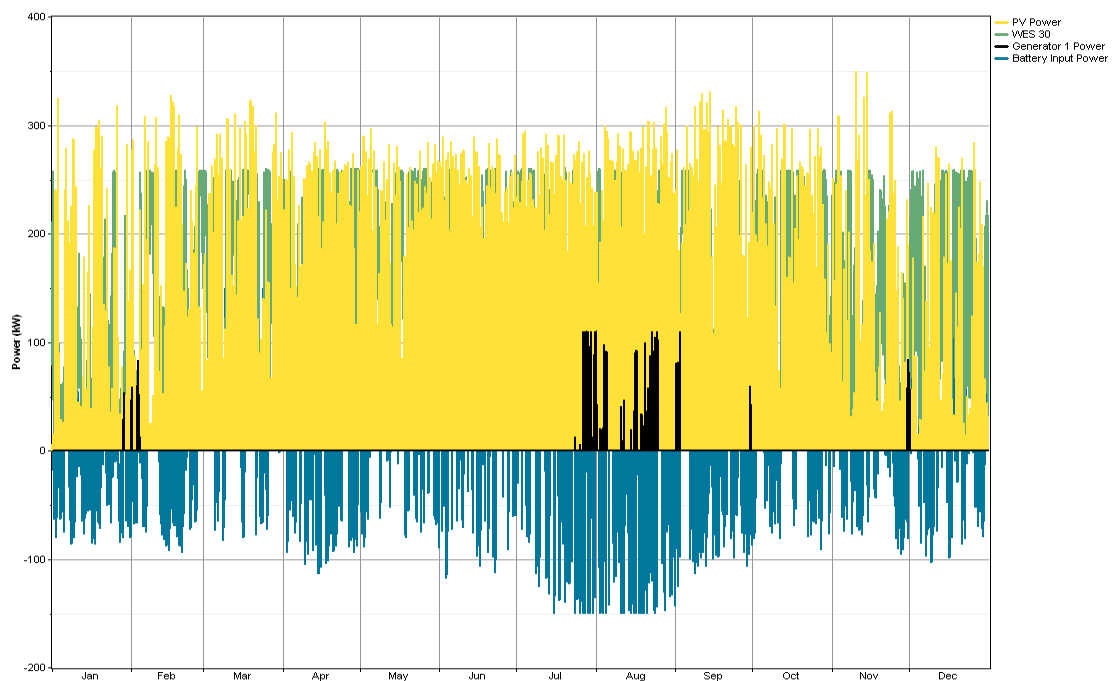
8.3 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.2 (100% ΑΠΕ , 0% συμβατικές μονάδες με χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας)

Στο παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται η ίδια μορφή με την προηγούμενη περίπτωση, με την διαφορά της πολύ μικρότερης κλίμακας λόγω των ηλεκτρικών συσσωρευτών, οι οποίοι λειτουργούν με πρόσδοση ενέργειας σε χρονικές περιόδους χαμηλού δυναμικού και αποθήκευση όπου η κάλυψη της ζήτησης ολοκληρώνεται από τις άλλες μονάδες.



8.4 Σχετική πρόσδοση ενέργειας στο σύστημα ανά τεχνολογία για την περίπτωση 5.2.1 (Βελτιστοποίηση ΥΣΕ με παράλληλη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ & συμβατικών μονάδων)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται η εναλλασσόμενη λειτουργία των φωτοβολταϊκών και των ηλεκτρικών συσσωρευτών με επικουρική λειτουργία της ανεμογεννήτριας και λειτουργία της γεννήτριας μόνο σε περιόδους πολύ υψηλής ζήτησης.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΑΡΘΟΥΡΟΣ ΖΕΡΒΟΣ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- [2] <http://www.google.com/publicdata/directory>
- [3] GODFREY BOYLE, Renewable energy : power for a sustainable future
- [4] BP - Statistical Review of World Energy June 2012
- [5] DIRK ASSMANN, Renewable Energy: A Global Review of Technologies, Policies and Markets
- [6] Κλιματική αλλαγή, βιώσιμη ανάπτυξη & ανανεώσιμες πηγές ενέργειας : αναζητώντας λύσεις για το ελληνικό περιβάλλον : 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο / Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Συμβούλιο Περιβάλλοντος ; συντονιστές έκδοσης Σωτήριος Ε. Τσιούρης, Μαίρη Ανανιάδου - Τζημοπούλου
- [7] Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου: Οι ΑΠΕ στα Ελληνικά Νησιά
- [8] <http://www.donoussa.gr>
- [9] <http://www.ypai.gr/site/home.csp>
- [10] <http://www.cres.gr>
- [11] Ε. ΒΡΕΤΤΟΣ, «Ενεργειακή προσομοίωση και βέλτιστη διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος ΑΠΕ – Συσσωρευτών – Υδρογόνου», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 2010
- [12] Α. ΣΑΓΑΝΗ, «Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας – μέθοδοι αποθήκευσης και εφαρμογές», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 2009
- [13] ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ, «Ηλεκτροχημικοί υπερπυκνωτές, τεχνολογία και εφαρμογές», Πτυχιακή Εργασία, ΑΠΘ, 2011
- [14] <http://www.allaboutenergy.gr>
- [15] <http://www.electrochem.org>