



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ

Ενεργειακή Αυτονόμηση Απομακρυσμένων Περιοχών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΡΑΓΩΝΑΣ ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ

Επιβλέπων: Φ. Ζαννίκος

Αθήνα, 2020

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση σεναρίων για την ενεργειακή αυτονόμηση απομακρυσμένων περιοχών. Ως μοντέλο απομακρυσμένης περιοχής αξιοποιείται ένα από τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά του Αιγαίου και συγκεκριμένα η Αστυπάλαια, για το οποίο υπάρχουν δεδομένα ηλεκτρικής κατανάλωσης για το έτος 2018. Η διερεύνηση των πιθανών σεναρίων και των αρχιτεκτονικών δικτύου γίνεται με χρήση του λογισμικού HOMER Pro και με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του κόστους σε Καθαρή Παρούσα Αξία. Το μείγμα ενέργειας που εξετάζουμε προκύπτει εξ ολοκλήρου από ΑΠΕ και συγκεκριμένα από κατάλληλο μείγμα Αιολικής ενέργειας, Ηλιακής ενέργειας και ενέργειας από την αξιοποίηση Βιομάζας. Παράλληλα γίνεται χρήση τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας με ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Παρατίθενται αναλυτικά τα τεχνικό-οικονομικά στοιχεία της επικρατούσας αρχιτεκτονικής δικτύου για σενάρια αξιοποίησης και μη της Βιομάζας ενώ στη συνέχεια γίνεται ανάλυση ευαισθησίας για το σενάριο που αξιοποιείται η Βιομάζα. Καταληκτικά παρουσιάζεται μία πρόταση γενικευμένης μεθοδολογίας για την ενεργειακή αυτονόμηση απομακρυσμένων περιοχών.

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας σηματοδοτεί και το πέρας των σπουδών μου στο τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας εργασίας, κ. Φ. Ζαννίκο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα ιδιαίτερα ενδιαφέρον για εμένα καθώς και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα τους συναδέλφους που συνεργαστήκαμε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών για την αρωγή τους. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για την αμέριστη στήριξη και υπομονή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Περίληψη

Ευχαριστίες

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορία της ενεργειακής κατανάλωσης.....	8
1.1 Παγκόσμια Ενεργειακή κατάσταση.....	11
1.1.1 Προβλέψεις παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης.....	11
1.1.2 Το ζήτημα της Βιώσιμης Ανάπτυξης – Κλιματική Αλλαγή.....	13
1.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή κατάσταση.....	15
1.3 Εθνική ενεργειακή κατάσταση.....	18
1.4 Προσέγγιση του ζητήματος της Ενεργειακής Αυτονόμησης.....	22

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Δυναμικά

2.1 Αιολικό δυναμικό.....	23
2.2 Ηλιακό δυναμικό.....	29
2.3 Δυναμικό βιομάζας.....	34
2.4 Υδάτινο Δυναμικό.....	37
2.5 Θαλάσσιο δυναμικό.....	39
2.6 Γεωθερμικό Δυναμικό.....	41

3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Τεχνολογίες

3.1 Τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας.....	43
3.1.1 Ανεμογεννήτριες – Αιολικά Πάρκα.....	43
3.1.2 Φωτοβολταϊκά.....	51
3.1.3 Τεχνολογίες εκμετάλλευσης ενεργειακού περιεχομένου βιομάζας.....	57
3.2 Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας.....	64
3.2.1_Το μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας – το ζήτημα των ορυκτών καυσίμων.....	64
3.2.2 Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας.....	65

4 Προσομοίωση αυτονόμησης ενεργειακού συστήματος ΜΔΝ Αστυπάλαιας

4.1 Παρούσα κατάσταση – Ζήτηση Ενέργειας στην Αστυπάλαια.....	69
4.2 Το λογισμικό HOMER – Παραμετροποίηση Δυναμικών ΑΠΕ.....	76
4.2.1 Παραμετροποίηση Αιολικού Δυναμικού.....	77
4.2.2 Παραμετροποίηση Ηλιακού Δυναμικού.....	80
4.2.3 Παραμετροποίηση Δυναμικού Βιομάζας.....	82
4.3 Τεχνικός Εξοπλισμός – Χαρακτηριστικά.....	84
4.3.1. Μοντέλο Ανεμογεννήτριας.....	84
4.3.2 Μοντέλο Φωτοβολταϊκών Πάνελ.....	86
4.3.3 Μοντέλο Γεννητριών Syngas.....	86
4.3.4 Μοντέλο Αντιστροφέα.....	87
4.4 Παρουσίαση Σεναρίων Αυτονόμησης.....	87
4.4.1 -Σενάριο Α – ΑΠΕ χωρίς την εκμετάλλευση Βιομάζας.-.....	88
4.4.1.1 Οικονομικά στοιχεία (Σενάριο Α).....	89
4.4.1.2 Ενεργειακά στοιχεία (Σενάριο Α).....	91
4.4.2 -Σενάριο Β – ΑΠΕ με εκμετάλλευση Βιομάζας.-.....	97
4.4.2.1 Οικονομικά στοιχεία (Σενάριο Β).....	98
4.4.2.2 Ενεργειακά στοιχεία (Σενάριο Β).....	99
4.4.3 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	110

5. Γενίκευση – Πρόταση Μεθοδολογίας

5.1 Βήμα πρώτο – Προκαταρκτική Εκτίμηση Δυναμικών.....	116
5.2 Βήμα Δεύτερο - Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών.....	120
5.3 Βήμα Τρίτο - Εξοπλισμός – Τεχνολογικό – Οικονομικά Εκμεταλλεύσιμο δυναμικό.....	122
5.4 Βήμα Τέταρτο – Ανάλυση Ευαισθησίας.....	124
5.5 Βήμα Πέμπτο – Κοινωνικο-Οικονομικές συνθήκες.....	124

6. Συμπεράσματα – Συζήτηση.....

126

7.Βιβλιογραφία – Πηγές.....

128

8. .Κατάλογος Σχημάτων – Πινάκων – Διαγραμμάτων

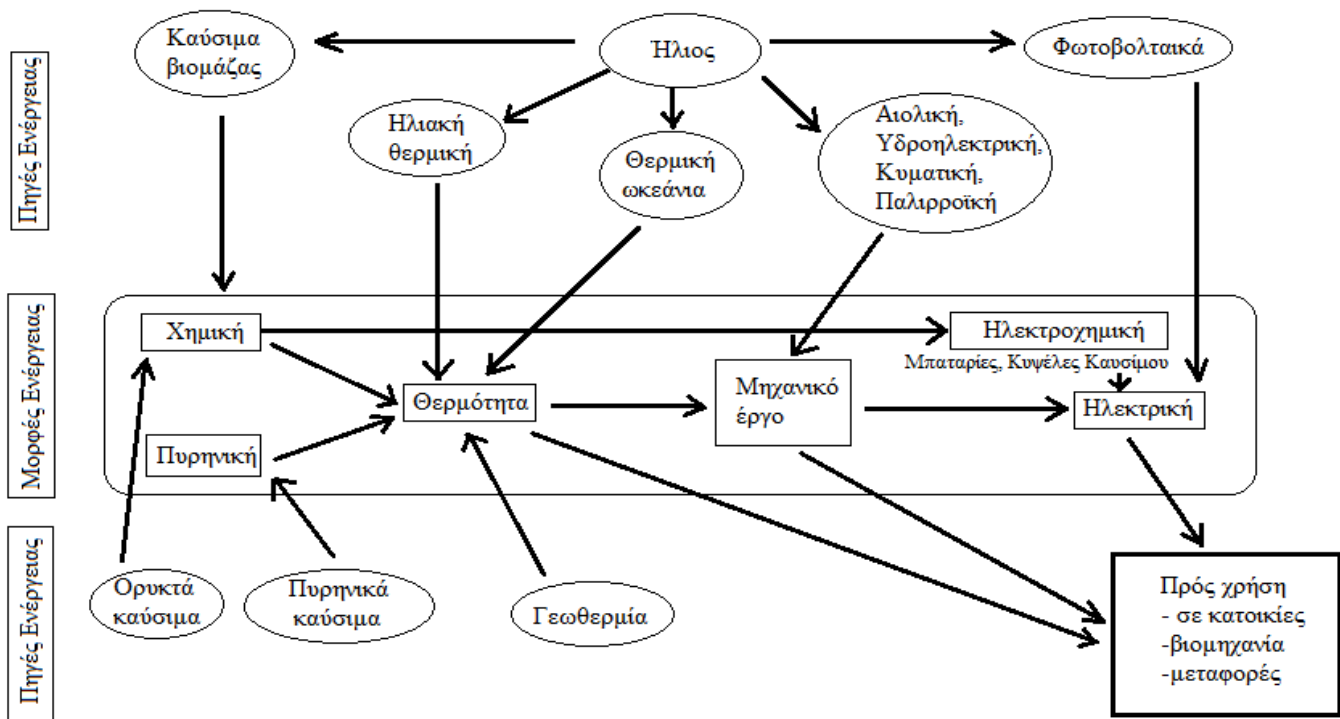
131

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορία της ενεργειακής κατανάλωσης

Η ενέργεια είναι συνυφασμένη με την ύπαρξη της ζωής στη γη, καθώς τα έμβια όντα πρέπει να καταναλώνουν ενέργεια για να διατηρηθούν στη ζωή, είτε στη μορφή ηλιακής ενέργειας όπως κάνουν για παράδειγμα οι φυτικοί οργανισμοί, είτε στη μορφή χημικής ενέργειας όπως κάνουν οι ζωικοί οργανισμοί μέσα από την τροφή τους. Η ενέργεια είναι επίσης μια από τις βασικές ανάγκες που προϋποθέτει η ύπαρξη μιας λειτουργικής κοινωνίας. Η ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών έχει στηριχτεί στην κατανάλωση ενέργειας και στην εκμετάλλευση ενός διαρκώς εμπλουτιζόμενου μείγματος ενεργειακών δυναμικών.

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει (ή εναλλακτικά αποθηκεύει) μία ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Ενέργεια, συνεπώς, είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παραγάγει έργο. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται μια γενική επισκόπηση των μορφών ενέργειας που είναι τεχνολογικά διαθέσιμες για χρήση από τον άνθρωπο, πως μια μορφή ενέργειας μπορεί να μετατραπεί σε μια άλλη μορφή καθώς και για ποιους σκοπούς αυτή τελικά διανέμεται στην κοινωνία προς χρήση.



Σχήμα 1: Επισκόπηση μορφών, μετατροπών και τελικής χρήσης ενέργειας.

Αν θα μπορούσαμε να κάνουμε μια περιοδολόγηση της εκμετάλλευσης ενεργειακών πηγών, θα καταλήγαμε σε 2 κύριες ιστορικές και τεχνολογικές περιόδους.

Κατά την πρώτη περίοδο, που ξεκινάει από την ανθρώπινη προϊστορία και καταλήγει στην πρώτη βιομηχανική επανάσταση, ο κύριος όγκος της ενέργειας που καταναλώνει το ανθρώπινο είδος για σκοπούς όχι άμεσα συνδεδεμένους με την πέψη τροφής, προέρχεται από την εκμετάλλευση της βιομάζας (καύση ξυλίας, κατάλοιπων γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων κτλ), από την εκμετάλλευση της μυϊκής δύναμης εξημερωμένων ζώων (άλογα για μεταφορές, βοοειδή για όργωμα της γης κτλ) και κατά ένα μικρό σχετικά ποσοστό από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και της ενέργειας του νερού (ανεμόμυλοι και υδρόμυλοι αντίστοιχα). Η περίοδος χαρακτηρίζεται από μικρή απόδοση στις τεχνολογίες παραγωγής, μεταφοράς, αποθήκευσης και χρήσης ενέργειας.

Η δεύτερη περίοδος που ξεκινά με την βιομηχανική επανάσταση και εκτείνεται ως τις μέρες μας, χαρακτηρίζεται από κυριαρχία της εκμετάλλευσης της αποθηκευμένης ενέργειας στα ορυκτά καύσιμα. Τα ορυκτά καύσιμα διαθέτουν πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα ενεργειακού δυναμικού σε σχέση με τις υπόλοιπες πηγές, απελευθερώνουν τις δυνάμεις της σύγχρονης βιομηχανίας και οδηγούν σε τεράστιες τεχνολογικές, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτικές αλλαγές στις περιοχές που βρίσκονται συγκεντρωμένα. Οι περιοχές της κεντρικής Ευρώπης όπως και η Αγγλία είναι και οι πρώτες που παρουσιάζουν αυτές τις κατακλυσμιαίες αλλαγές κυρίως με την καύση του ορυκτού άνθρακα. Η ανακάλυψη και αποδοτική εκμετάλλευση του ορυκτού πετρελαίου και των κλασμάτων του συνδέεται με την αναβάθμιση τόσο του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων όσο και την αναβάθμιση της αντίστοιχης χώρας στην παγκόσμια γεωπολιτική σκακιέρα (βλ. την περίπτωση των ΗΠΑ). Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι η ανθρώπινη πρόοδος, πρώτον ήταν ανάλογη του διαθέσιμου ποσού ενέργειας που μπορούσε κάθε κοινωνία να εκμεταλλευτεί, και δεύτερον ότι με την εισαγωγή και κυριαρχία των ορυκτών καυσίμων στο ενεργειακό μείγμα παρουσίασε εκθετικούς ρυθμούς ανάπτυξης.

Η ανάπτυξη όμως των ανθρωπίνων κοινωνιών έχει αναδείξει και δύο πολύ σοβαρά προβλήματα τα οποία η ανθρωπότητα θα κληθεί στο προσεχές μέλλον να λύσει:

Το πρώτο, το ενεργειακό ζήτημα βασίζεται στην εξής αντίφαση: ενώ οι ανθρώπινες κοινωνίες καταναλώνουν ενέργεια με αυξανόμενο ρυθμό κυρίως από ορυκτά καύσιμα, τα ορυκτά καύσιμα ανανεώνονται με τόσο βραδείς ρυθμούς (αναφερόμαστε ουσιαστικά σε γεωλογικές περιόδους) που ουσιαστικά θεωρούνται μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αυτό το σενάριο εργασίας οδηγεί σε ένα

ενεργειακό αδιέξοδο κατά το οποίο οι διαθέσιμοι πόροι δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες (οι θεωρίες του peak oil ή του peak coal βασίζονται σε αυτό το σενάριο).

Το δεύτερο πρόβλημα, το περιβαλλοντικό πρόβλημα, αναφέρεται στις επιπτώσεις που έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, η καύση των ορυκτών καυσίμων σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή (ένα θέμα το οποίο η πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας αναγνωρίζει ως πολύ σοβαρή απειλή για την οποία πρέπει να παρθούν άμεσα δραστικά μέτρα καθώς απειλεί τον τρόπο ζωής μας στον πλανήτη).

Απαντώντας σε αυτά τα δύο κυρίαρχα προβλήματα έχουν καταστρωθεί, στα πλαίσια της Βιώσιμης Ανάπτυξης, διαφορετικές στρατηγικές, στην πλειοψηφία των οποίων άλλοτε με μεγαλύτερο ειδικό βάρος και άλλοτε με μικρότερο, παίζουν ρόλο οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Αναφερόμαστε δηλαδή σε νέα μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης Ενέργειας. Αν ανατρέξουμε στο Σχήμα 1 παραπάνω καθώς και στην οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ανανεώσιμες πηγές αναφέρονται αυτές στις οποίες η ενέργεια προέρχεται έμμεσα ή άμεσα από τον ήλιο, δηλαδή η ηλιακή ενέργεια σε φωτοβολταϊκά και ηλιακά θερμικά συστήματα, η αιολική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων των υδάτινων όγκων, η θερμική των υδάτινων όγκων, η υδροηλεκτρική, η ενέργεια από επεξεργασία βιομάζας (πχ εκλυόμενα αέρια από ΧΥΤΑ, από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τα υγρά βιοκαύσιμα κ.α.) καθώς και η γεωθερμική ενέργεια που δεν προέρχεται από τον ήλιο.

Όπως διατυπώνεται ρητά και στην οδηγία 2018/2001/EU

«Η αυξημένη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει επίσης να διαδραματίσει θεμελιώδη ρόλο στην προώθηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, της βιώσιμης και οικονομικά προσιτής ενέργειας, της τεχνολογικής ανάπτυξης και της καινοτομίας, καθώς και της τεχνολογικής και βιομηχανικής πρωτοπορίας, προσφέροντας παράλληλα οφέλη για το περιβάλλον, την κοινωνία και την υγεία και δημιουργώντας μεγάλες ευκαιρίες απασχόλησης και περιφερειακής ανάπτυξης, ιδίως σε αγροτικές και απομονωμένες περιοχές, σε αραιοκατοικημένες περιοχές ή εδάφη ή σε περιοχές με μερική αποβιομηχάνιση.

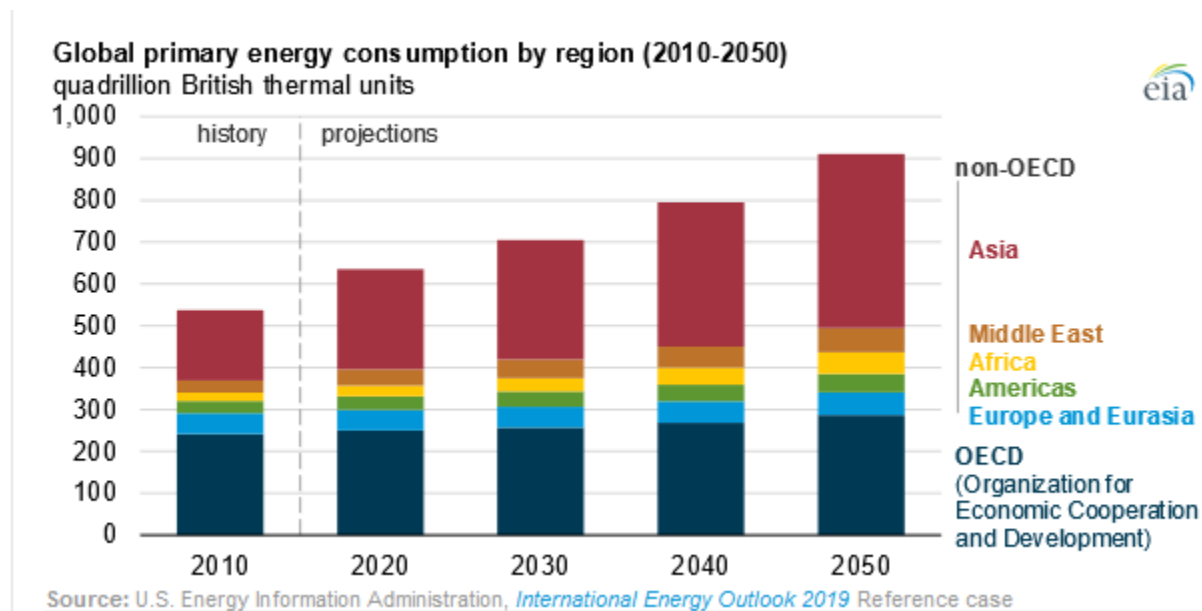
[...] η προώθηση της χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας στους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας, της θέρμανσης και της ψύξης, καθώς και στις μεταφορές, αποτελούν αποτελεσματικά εργαλεία, σε συνδυασμό με μέτρα ενεργειακής απόδοσης, για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ένωση και της ενεργειακής εξάρτησης της Ένωσης.»

Στη συνέχεια της εργασίας θα παρουσιαστεί συνοπτικά η παρούσα ενεργειακή κατάσταση σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος.

1.1 Παγκόσμια Ενεργειακή κατάσταση – Βιώσιμη Ανάπτυξη

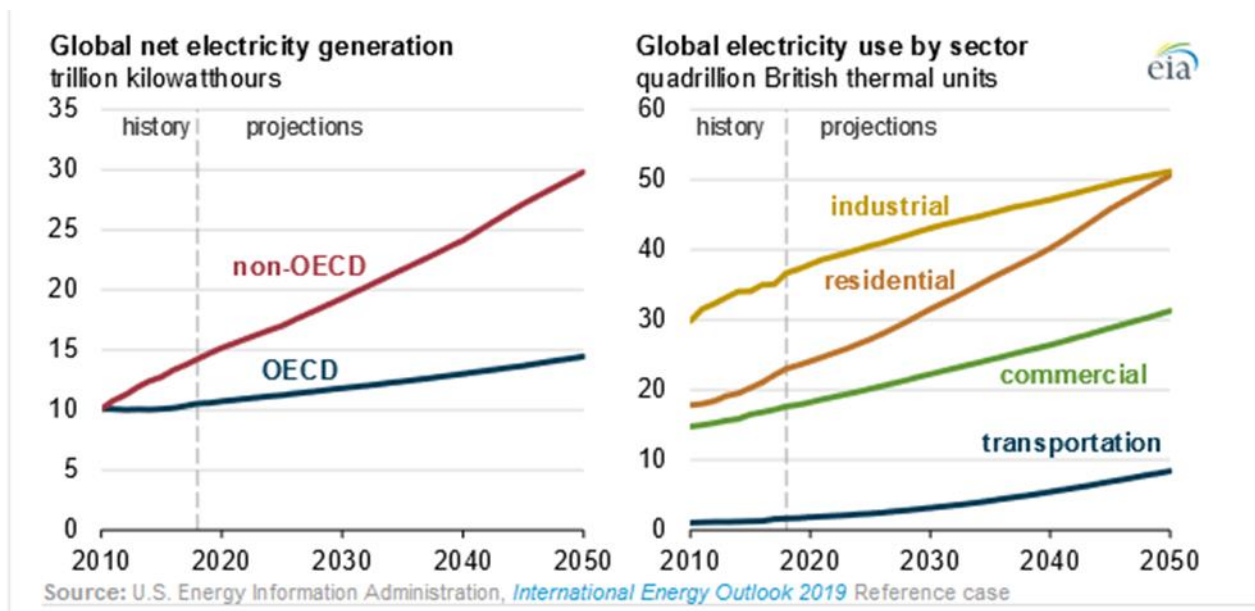
1.1.1 Προβλέψεις παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης

Όπως προβλέπει και η αναφορά του International Energy Outlook 2019 που παρουσιάζεται σχηματικά στο Διάγραμμα 1, η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί σχεδόν κατά 50% για την περίοδο από το 2018 έως το 2050 με την μεγαλύτερη κατανάλωση να κατευθύνεται προς τις αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας που βρίσκονται εκτός ΟΟΣΑ.



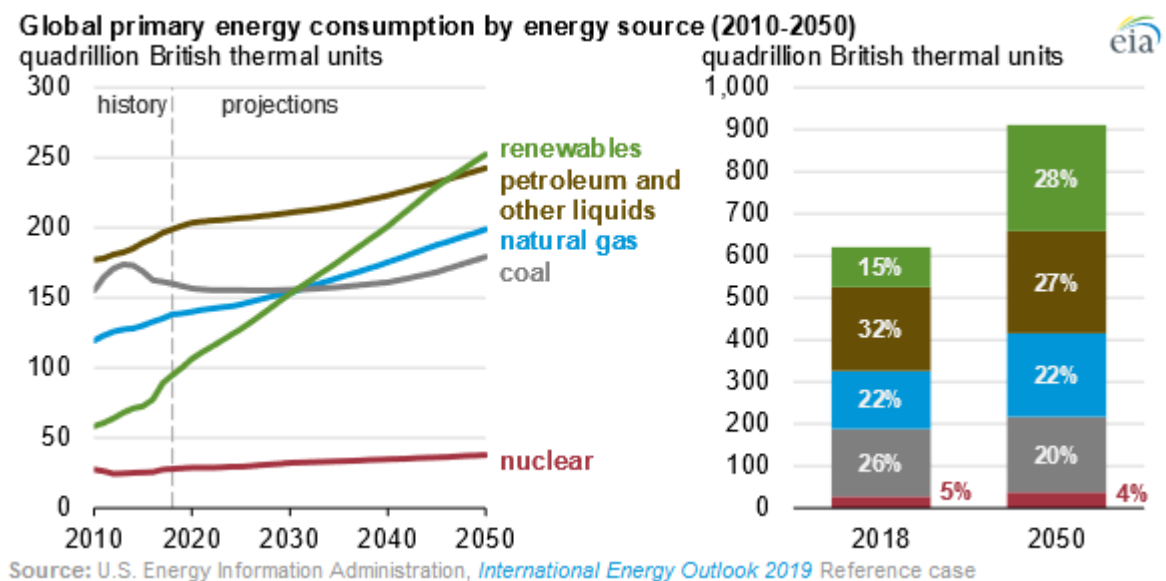
Διάγραμμα 1: Πρόβλεψη παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης έως 2050 (πηγή IEA).

Για την ίδια περίοδο 2010-2050 όπως παρουσιάζεται στο *Διάγραμμα 2*, η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί από 10 τρισεκατομμύρια κιλοβατώρες στις 15 τρισεκατομμύρια για τις χώρες του ΟΟΣΑ, αύξηση 50% και στις 30 τρισεκατομμύρια κιλοβατώρες για τις χώρες εκτός ΟΟΣΑ, δηλαδή αύξηση 300% που συνδέεται με την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων αυτής της χώρας καθώς όπως αναφέρθηκε στο κεφ. 1.1 στην σύγχρονη εποχή η ενεργειακή κατανάλωση είναι ανάλογη της οικονομικής ανάπτυξης. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στην οικιακή χρήση ρεύματος καθώς ένα αυξανόμενο τμήμα του πληθυσμού της γης αποκτά πρόσβαση σε προϊόντα τεχνολογίας και οικιακές συσκευές, ενώ επίσης ο ίδιος ο πληθυσμός της γης αυξάνεται. Σε ένα business as usual σενάριο, όπου η παραγωγή ενέργειας γίνεται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, και με τις συνέπειες που έχουν αυτά για το περιβάλλον μέσω της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου γίνεται εμφανές πως δεν μπορούμε να μιλάμε για μία περιβαλλοντικά βιώσιμη παγκόσμια ενεργειακή στρατηγική.



Διάγραμμα 2: Πρόβλεψη παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έως 2050 (πηγή IEA).

Η διατήρηση της πτωτικής τάσης του σταθμισμένου κόστους ενέργειας από ΑΠΕ , καθώς και δευτερευόντως η αναγνώριση του ενεργειακού και του περιβαλλοντικού προβλήματος από την επιστημονική κοινότητα και από τους σχεδιαστές ενεργειακής στρατηγικής, αναμένεται, όπως παρουσιάζεται και στο *Διάγραμμα 3*, να οδηγήσει τις χώρες στη μείωση του μεριδίου της καταναλισκόμενης ενέργειας από ορυκτά καύσιμα από 80% σε 69% καθώς και σε μια ισχυρή ενίσχυση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα από 15% σε 28%. Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ αυξάνεται κατά 3.1%/έτος εν συγκρίσει με 0.6%/έτος αύξηση κατανάλωσης πετρελαίου, 0.4%/έτος αύξηση κατανάλωσης άνθρακα και 1.1%/έτος αύξηση κατανάλωσης φυσικού αερίου. Κάτι που δεν γίνεται διακριτό με την πρώτη ματιά είναι πώς συνολικά η χρήση υγρών καυσίμων αυξάνεται κατά 20% για την περίοδο 2018-2050 και φυσικού αερίου κατά 40%. Ακόμα, για τα επόμενα 20 χρόνια τουλάχιστον, ο κύριος όγκος της καταναλισκόμενης ενέργειας θα προέρχεται από την καύση πετρελαίου ενώ αθροιστικά τα ορυκτά καύσιμα ξεπερνάνε κατά πολύ τις ΑΠΕ. Πρέπει να διασαφηνιστούν όμως πως το περιβαλλοντικό ζήτημα στην πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας απαιτεί δραστική μείωση της καύσης ορυκτών καυσίμων (βλ 1.1.2), η οποία όμως ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη και να αποσυντονίσει την βιομηχανία η οποία λειτουργεί κυρίως με αυτά.



Διάγραμμα 3: Πρόβλεψη μείγματος παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας έως 2050 (πηγή IEA).

1.1.2 Το ζήτημα της Βιώσιμης Ανάπτυξης – Κλιματική Αλλαγή

Ως βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς, χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες. Στη Διεθνή Συνδιάσκεψη του Ρίο, το 1992, διατυπώθηκαν για πρώτη φορά και επίσημα οι αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Εκεί η Βιώσιμη Ανάπτυξη ορίζεται ως: η ανάπτυξη που παρέχει μακροπρόθεσμα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη φροντίζοντας τις ανάγκες της παρούσας και των μελλοντικών γενεών.

Στο πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών, η Βιώσιμη Ανάπτυξη αποτελεί ένα ιδιαίτερης σημασίας θέμα που ενσωματώνει τρεις διαστάσεις: περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική. Τον Σεπτέμβριο 2015, εγκρίθηκε στα Η.Ε. η «Ατζέντα 2030 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη», συμπεριλαμβανομένων των 17 Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ- SDGs). Η «Ατζέντα 2030 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη» περιλαμβάνει θέματα όπως η κλιματική αλλαγή, η βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση, η καινοτομία κ.α. Οι ΣΒΑ είναι καθολικοί, αφορούν όλες τις χώρες και στοχεύουν κυρίως στον τερματισμό της φτώχειας, της πείνας και της ανισότητας, στην ανάληψη δράσης για την κλιματική αλλαγή και το περιβάλλον, στη βελτίωση της πρόσβασης σε υγεία και εκπαίδευση ενώ, για την επίτευξή τους απαιτείται οικοδόμηση ισχυρών θεσμών και συνεργασιών.

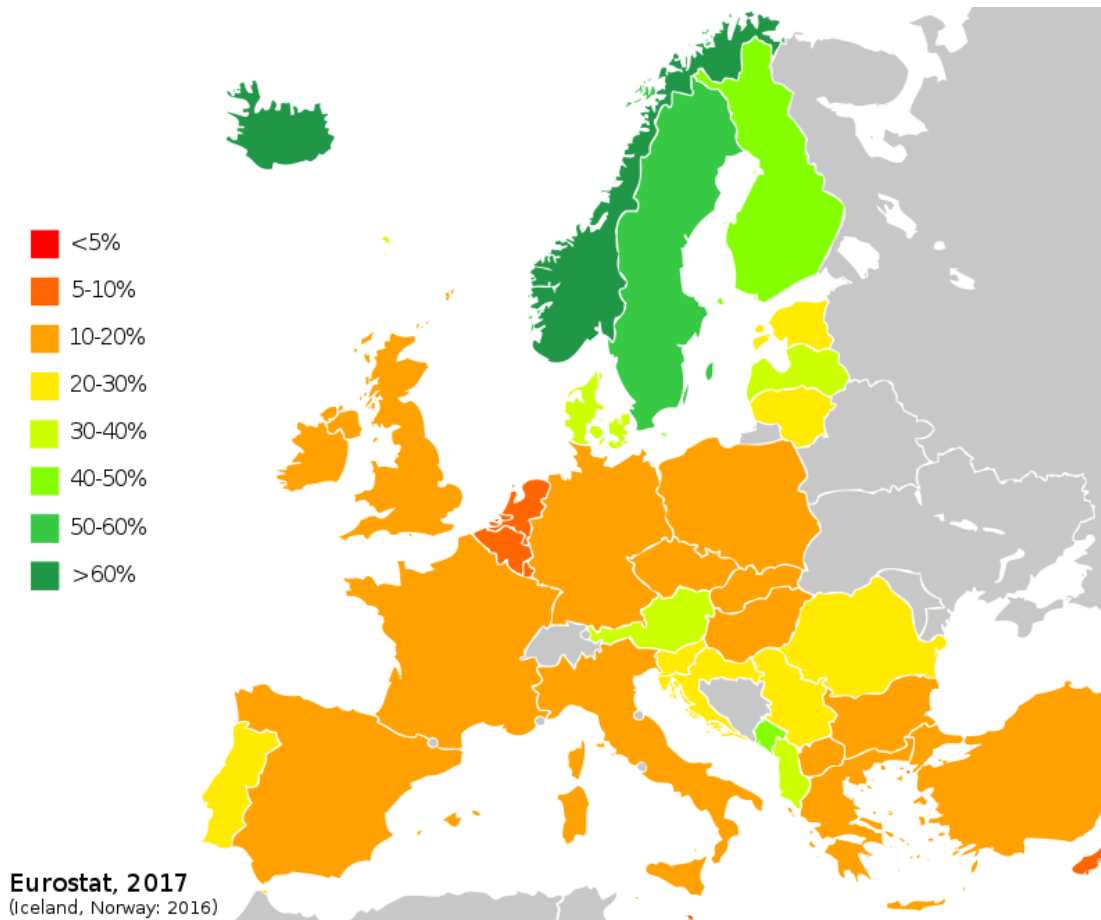
Η Κλιματική Αλλαγή αποτελεί παγκόσμια περιβαλλοντική και αναπτυξιακή πρόκληση, οι επιδράσεις της οποίας έχουν επιπτώσεις σε σημαντικούς τομείς, όπως στους υδάτινους πόρους, στην ενέργεια, στην παραγωγή τροφίμων και στην ανθρώπινη υγεία. Προς αντιμετώπισή της, στη Διάσκεψη των Η.Ε για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (Ρίο, 1992) υιοθετήθηκε η Σύμβαση-Πλαίσιο των Η.Ε. για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Η εν λόγω Σύμβαση, που έχει ως σκοπό τον περιορισμό της ανόδου της θερμοκρασίας του πλανήτη και την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Στη συνέχεια, το 1997 υιοθετήθηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο εισήγαγε νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών για τις αναπτυγμένες μόνο χώρες.

Έπειτα από πολυετείς διεθνείς διαπραγματεύσεων για μια νέα συμφωνία για το κλίμα με τη συμμετοχή όλων των χωρών, τα μέλη της Σύμβασης-Πλαίσιο, στην 21η Διάσκεψη των Η.Ε. για την Κλιματική Αλλαγή στο Παρίσι το 2015, υιοθέτησαν μια νέα καθολική και νομικά δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα, τη «Συμφωνία των Παρισίων». Ο στόχος που τέθηκε είναι η συγκράτηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας τους πλανήτη κάτω από 2°C και η συνέχιση των προσπαθειών των συμβαλλόμενων κρατών για τον περιορισμό της αύξησης σε 1,5°C. Ο στόχος είναι εφικτός εάν περιοριστεί, με ορίζοντα το 2050, το επίπεδο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο 50% του αντίστοιχου επιπέδου για το 1990. Η συμφωνία κυρώθηκε από 195 χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας

Τον Οκτώβριο 2018 δημοσιεύτηκε η ειδική έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) ως προς τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 1,5 °C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, η οποία περιλαμβάνει ανησυχητικά επιστημονικά στοιχεία για την ταχεία υπερθέρμανση του πλανήτη και τις δραματικές επιπτώσεις που αναμένεται να έχει σε όλους τους τομείς, εάν επειγόντως δεν ληφθούν παγκοσμίως μέτρα για την αντιμετώπισή της. Οι επιστημονικές της εν λόγω έκθεσης επηρεάζουν σημαντικά τις διεθνείς διαπραγματεύσεις για το κλίμα.

1.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή κατάσταση

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπιστεί με βάση ποικίλες οδηγίες διαχρονικά ένα πλαίσιο για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και έχουν τεθεί υποχρεωτικοί εθνικοί στόχοι σχετικά με το ποσοστό παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε χώρας-μέλους της ΕΕ.



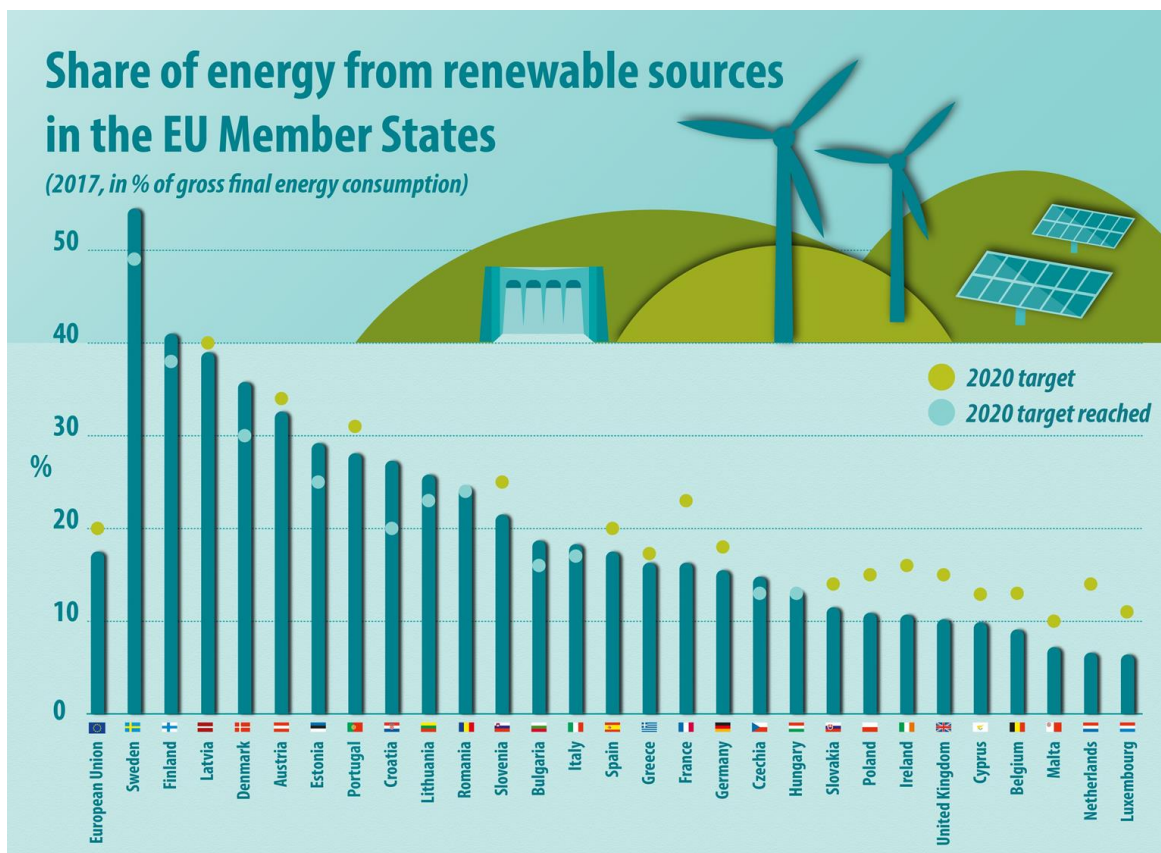
Σχήμα 2: Ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ σε χώρες- μέλη Ε.Ε. (πηγή Eurostat, 2017)

Συγκεκριμένα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ, η οποία τροποποιεί και καταργεί τις προηγούμενες οδηγίες 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ, δημιουργείται κοινό πλαίσιο για τη χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας στην ΕΕ με σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΘ) και την προώθηση καθαρότερων μεταφορών. Θεσπίζονται έτσι εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι με γενικό σκοπό οι πηγές ανανεώσιμης ενέργειας να αντιπροσωπεύουν, έως το 2020, το 20 % της ενέργειας της ΕΕ και το 10 % της ενέργειας ειδικά στον τομέα των μεταφορών (αμφότεροι οι υπολογισμοί γίνονται με βάση την ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από όλες τις πηγές, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας).

Επίσης η οδηγία 2015/1513/EU καθορίζει νέα πρότυπα για τα καύσιμα στην ΕΕ, αποσκοπώντας στην έναρξη της μετάβασης από τα συμβατικά (πρώτης γενιάς) βιοκαύσιμα στα προηγμένα (δεύτερης γενιάς) βιοκαύσιμα που αποφέρουν σημαντική μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Προς αυτή την κατεύθυνση ορίζεται ανώτατο όριο για τα συμβατικά βιοκαύσιμα 7%.

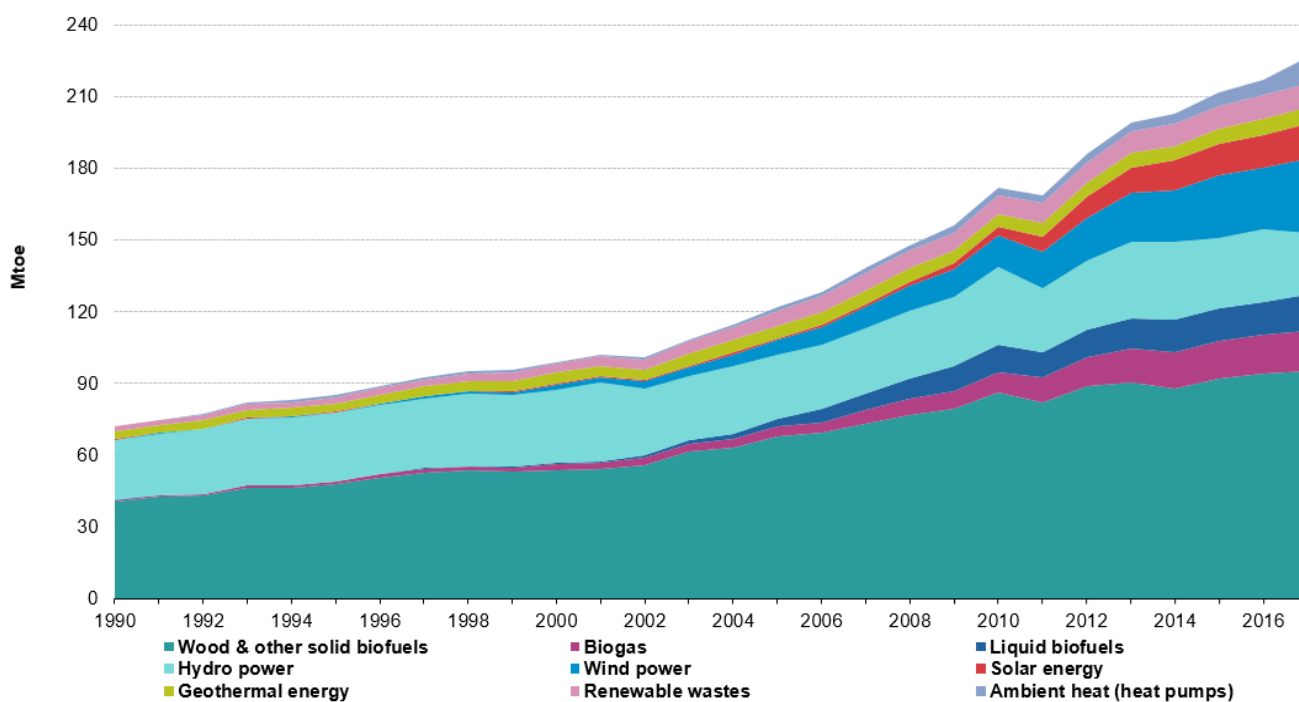
Οι δύο άλλοι ποσοτικοί στόχοι της οδηγίας 2009/28/EK είναι η μείωση των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020 σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 και τέλος η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται τα ποσοστά ενέργειας από ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση κάθε χώρας για το έτος 2017 (πηγή: Eurostat) καθώς και ο δεσμευτικός στόχος που έχει κάθε χώρα μέλος για το έτος 2020 με βάση τις δεσμεύσεις της κοινοτικής οδηγίας. Πρωτοπόρες χώρες στην επίτευξη των στόχων και στα υψηλά όρια είναι οι χώρες-μέλη της Σκανδιναβικής Χερσονήσου. Η δέσμευση της Ελλάδας ήταν στο 18% καταναλισκόμενη ενέργεια από ΑΠΕ.



Σχήμα 3: Μερίδιο ΑΠΕ σε ενεργειακό μείγμα χωρών μελών Ε.Ε. (πηγή Eurostat, 2017)

Η οδηγία έχει τροποποιηθεί επανειλημμένα και ουσιωδώς οπότε έγινε σκόπιμη η επαναδιατύπωσή της και η ενσωμάτωση των τροποποιήσεων σε νέα οδηγία 2018/2001/EU, Η οδηγία λαμβάνοντας υπόψη τις φιλοδοξίες που ορίζονται στη συμφωνία του Παρισιού καθώς και οι τεχνολογικές εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του κόστους των επενδύσεων σε ανανεώσιμη ενέργεια, ορίζει ως δεσμευτικό στόχος για μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας στο 32 % τουλάχιστον για την ΕΕ. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα πρέπει να αξιολογήσει κατά πόσον ο στόχος αυτός θα αναθεωρηθεί προς τα πάνω δεδομένων των σημαντικών μειώσεων του κόστους στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, των διεθνών δεσμεύσεων της Ένωσης όσον αφορά την απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα ή της σημαντικής μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας. Κάθε κράτος μέλος ορίζει υποχρέωση των προμηθευτών καυσίμων να μεριμνούν ώστε το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών να είναι τουλάχιστον 14 % μέχρι το 2030. Το όριο για βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς από 7% (μέγιστο) το 2023 πέφτει σταδιακά στο 0% το 2030.



Διάγραμμα 4: Παραγόμενη ενέργεια ανά τεχνολογία ΑΠΕ (πηγή IRENA).

Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται, για μια περίοδο από το 1990 έως το 2017, η παραγόμενη ενέργεια από κάθε τεχνολογία ΑΠΕ σε ktoe για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Κυρίαρχη πηγή ενέργειας είναι η στερεά βιομάζα, ενώ σχετικά πρόσφατα γίνονται οικονομικά και τεχνολογικά αποδοτικές άλλες τεχνολογίες (πχ φωτοβολταϊκά).

1.3 Εθνική ενεργειακή κατάσταση

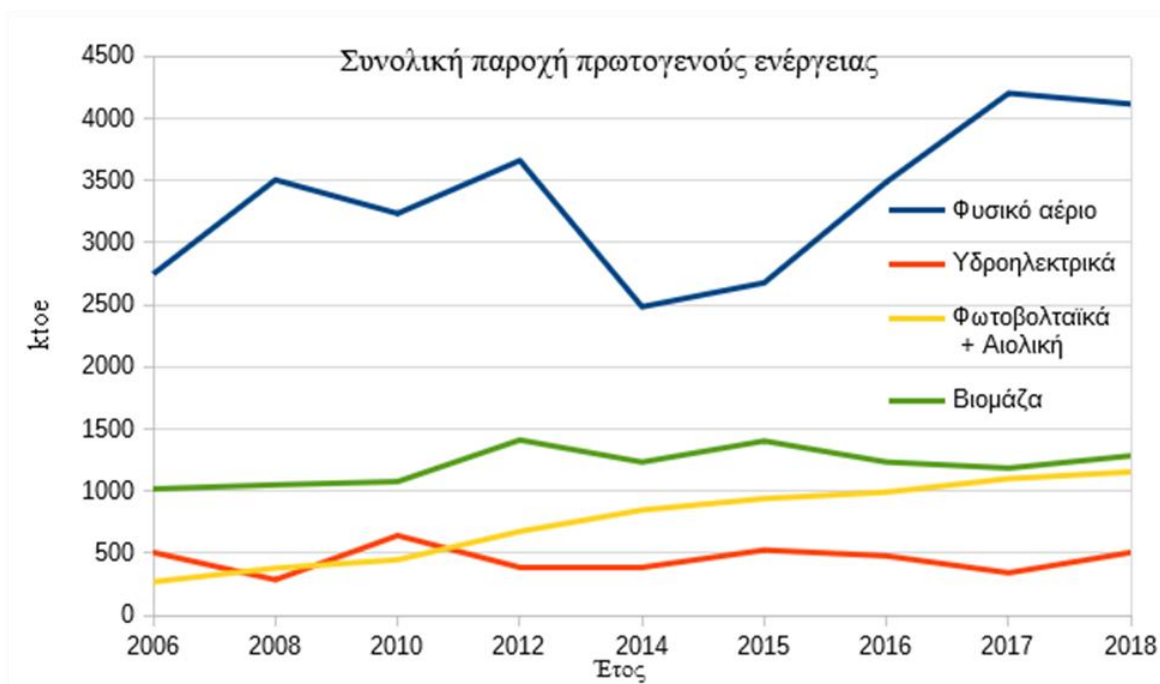
Η Ελλάδα είναι χώρα που δεν παράγει επαρκή ενέργεια από εμπορικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Τα στερεά καύσιμα που χρησιμοποιεί είναι ο λιθάνθρακας, και συγκεκριμένα ο λιγνίτης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι τα υγρά ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές εισάγονται κυρίως στη μορφή αργού πετρελαίου και επεξεργάζονται στις διυλιστηριακές μονάδες της χώρας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως η υδροηλεκτρική, η αιολική, η ενέργεια της βιομάζας και η ηλιακή. Ο παρακάτω Πίνακας 1 και τα Διαγράμματα 5 και 6 προκύπτουν από επεξεργασία των ενεργειακών ισοζυγίων της χώρας όπως αυτά δίνονται από τον IEA (international energy association).

	Συνολική Παροχή πρωτογενούς ενέργειας (σε ktoe)								
	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018
Φυσικό αέριο	2747	3506	3235	3662	2484	2677	3490	4204	4117
Υδροηλεκτρικά	504	285	641	379	385	524	477	341	498
Φωτοβολταϊκά + Αιολική	268	379	446	674	847	939	991	1100	1154
Βιομάζα	1017	1050	1076	1411	1233	1403	1233	1185	1284
Λιθάνθρακας	8424	8321	7863	8136	6687	5606	4369	4817	4636
Αργό πετρέλαιο	21237	20188	20655	22243	25578	26189	27786	29241	29990

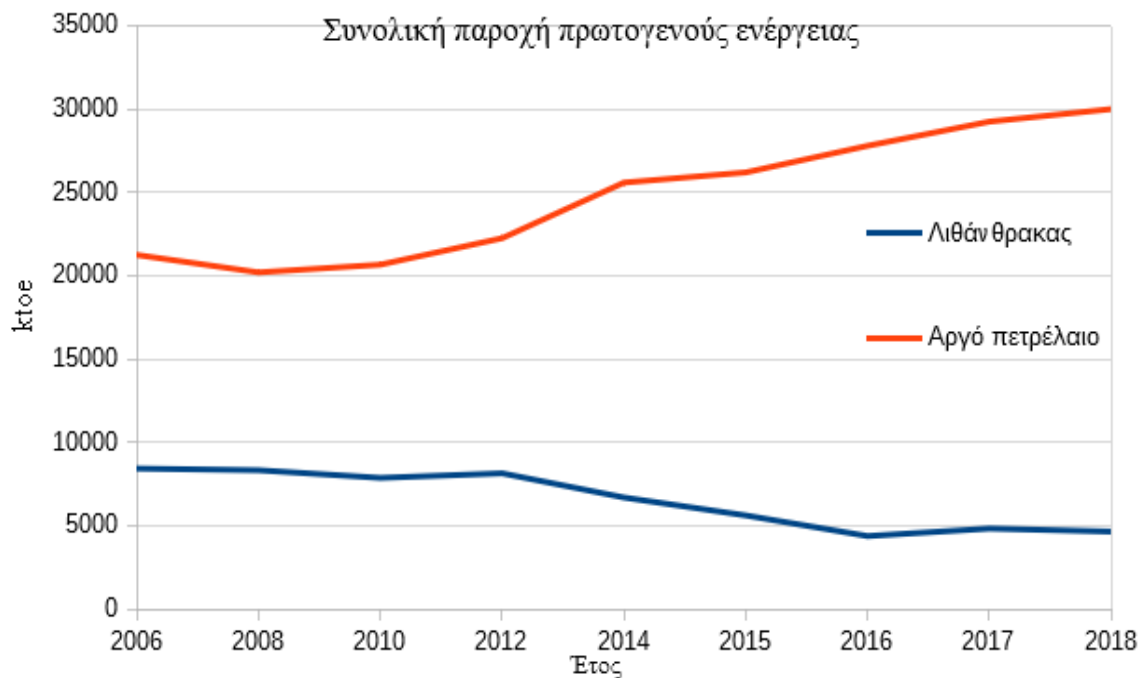
Πίνακας 1: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας σε Ελλάδα για διάφορα έτη.

Παρατηρούμε ότι:

1. Υπάρχει μεγάλη εξάρτηση της χώρας από το εισαγόμενο Αργό Πετρέλαιο το οποίο καταναλώνεται κυρίως στις μεταφορές.
2. Η καύση λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή τείνει να μειωθεί όσο μάλιστα ανεβαίνει η διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα. Να υπενθυμίσουμε ότι βάσει ευρωπαϊκού κανονισμού η Ελλάδα έχει δεσμευτεί για 18% παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ.
3. Η παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες, εντός 10 ετών (2008-2018) έχει αυξηθεί κατά 200%. Αυτό οφείλεται στην συμμόρφωση με την κοινοτική οδηγία, στην παροχή κινήτρων για παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, αλλά και στο μειούμενο μέσο κόστος παραγωγής ρεύματος για τις ΑΠΕ, κυρίως για τα φωτοβολταϊκά.



Διάγραμμα 5: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας – μέρος Α

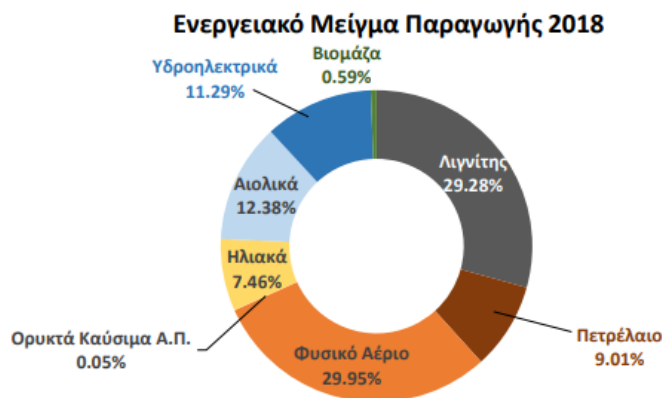


Διάγραμμα 6: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας – μέρος Β

Η Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψιν τις δεσμεύσεις της έχει εκπονήσει έναν εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό για την περίοδο 2020-2050 με βασικούς άξονες: την μείωση της εξάρτησης από την εισαγόμενη ενέργεια, τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των Α.Π.Ε, την σημαντική μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου κυρίως διοξειδίου του άνθρακα καθώς και την προστασία του τελικού καταναλωτή. Να σημειώσουμε πως σε αυτό τον σχεδιασμό μελετώνται 3 σενάρια. Το πρώτο, ονομαζόμενο Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» (ΥΦ) υποθέτει συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, προβλέποντας αφενός μέτριο επίπεδο περιορισμού των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 (40% σε σχέση με το 2005), αφετέρου μέτρια διείσδυση ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας. Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (ΜΕΑΠ) υποθέτει τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (στο επίπεδο του 100% στην ηλεκτροπαραγωγή), με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 60%-70% και ταυτόχρονη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές. Τέλος, το Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» (ΠΕΚ) έχει τις ίδιες παραδοχές με το Σενάριο ΜΕΑΠ όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ αλλά υπολογίζει το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επενδυτικό κόστος. Τα χαρακτηριστικά του ενεργειακού συστήματος περιγράφονται ως εξής

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005
- Ποσοστό 85-100 % ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών
- Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050
- Σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
- Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
- Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών
- Αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% -34% μέχρι το 2050. Κυρίαρχο το μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης (45%) και σημαντική αύξηση του μεριδίου των μέσων σταθερής τροχιάς
- Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα
- Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων

Στο Σχήμα 4 (Πηγή ΔΑΠΕΕΠ, Ενεργειακό μείγμα 2018) παρουσιάζεται το ενεργειακό μείγμα, αποκλειστικά για ηλεκτροπαραγωγή για το έτος 2018. Πρόκειται για την κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα στις πρωτογενείς πηγές που καταναλώνονται ή χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της. Στο συγκεκριμένη ανάλυση, τα ποσά προκύπτουν με χρήση του μηχανισμού εγγυήσεων προέλευσης της ενέργειας που έχει θεσπίσει η ΕΕ. Υπάρχει και ένα υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα της χώρας από μη εγγυημένες πηγές αλλά αυτό δεν επηρεάζει το συνολικό μείγμα ουσιωδώς.



2018	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Ορυκτά καύσιμα Α.Π. ²	Σύνολο Ορυκτών Καυσίμων	Ηλιακά	Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Βιομάζα	ΑΠΕ Α.Π. ²	Σύνολο ΑΠΕ	Σύνολο	CO ₂ Εκπομπές (gCO ₂ /kWh)
%	29,28%	9,01%	29,95%	0,05%	68,29%	7,46%	12,38%	11,29%	0,59%	0,00%	31,71%	100,0%	632,30
TWh	14,91	4,59	15,24	0,02	34,76	3,80	6,30	5,75	0,30	0,00	16,15	50,91	

Σχήμα 4: Ενεργειακό μείγμα Παραγωγής 2018 (Πηγή ΔΑΠΕΕΠ, 2018).

Το ελληνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίζεται σε 2 κατηγορίες περιοχών. Τις περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο (με αρμόδιο φορέα το ΑΔΜΗΕ) και σε νησιωτικές περιοχές που δεν είναι διασυνδεδεμένες (με αρμόδιο φορέα το ΔΕΔΔΗΕ) καθώς οι διασυνδέσεις είναι έργα μεγάλης έντασης κεφαλαίου.

από αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά κύριο λόγο από τοπικούς θερμικούς σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι λειτουργούν με καύσιμο πετρέλαιο, βαρύ (μαζούτ) ή και ελαφρύ (ντίζελ), και τους σταθμούς ΑΠΕ (αιολικούς και φωτοβολταϊκούς). Το κόστος παραγωγής ενέργειας από υγρά καύσιμα στα ΜΔΝ είναι αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενέργειας στην ενδοχώρα.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, που αναφέρεται σε ενεργειακή αυτονομία απομακρυσμένων περιοχών, η Ελλάδα διαθέτει σαν πρόσφορα συστήματα μελέτης και προσομοίωσης, τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, τα οποία μπορούν να μελετηθούν προσεγγιστικά σαν κλειστά ενεργειακά συστήματα, άμα αφαιρεθούν από τα μοντέλα οι ροές υγρών καυσίμων. Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) αποτελείται από τριάντα δύο (32) αυτόνομα συστήματα. Ορισμένα εξ αυτών αποτελούνται από περισσότερα νησιά (συμπλέγματα νησιών). Η (αιχμή ζήτησης) σε kW των τριάντα δύο (32) αυτόνομων νησιωτικών ηλεκτρικών συστημάτων της χώρας ποικίλει:

- Δεκαεννέα (19) «μικρά» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης έως 10 MW.
- Έντεκα (11) «μέσου μεγέθους» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης από 10 MW έως 100 MW.
- Δύο (2) «μεγάλα» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης άνω των 100 MW, δηλαδή η Κρήτη και η Ρόδος.

Αντίστοιχα η ζήτηση (κατανάλωση σε MWh) ηλεκτρικής ενέργειας στα ΜΔΝ ποικίλει, επίσης, σε μέγεθος, από ορισμένες εκατοντάδες MWh στα μικρότερα νησιά (π.χ. Αντικύθηρα, Αγαθονήσι, κ.λπ.), έως και ορισμένες TWh στο μεγαλύτερο ΜΔΝ (Κρήτη).

1.4 Προσέγγιση του ζητήματος της Ενεργειακής Αυτονομίας

Σε την παρούσα μελέτη θα εξετάσουμε την ενεργειακή αυτονομία απομακρυσμένων περιοχών που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με ένα ΜΔΝ, άρα έχουν και αντίστοιχες διαδικασίες που καταναλώνουν ενέργεια. Θα κάνουμε την εξής κατηγοριοποίηση:

1. Ηλεκτρική Ενέργεια, που αναφέρεται σε όλες τις δραστηριότητες που εκτελούνται σε μία περιορισμένη γεωγραφική περιοχή όπως η κατανάλωση ενέργειας σε κατοικίες και σε μικρές επιχειρήσεις (δεν μπορούμε να μοντελοποιήσουμε τις σύνθετες ανάγκες της μεγάλης βιομηχανίας).
2. Σε ενέργεια για θέρμανση νερού και χώρων, ή αλλιώς σε θερμικό φορτίο.
3. Σε ενέργεια που ξοδεύεται στον τομέα των μεταφορών μιας περιοχής. Αυτή είναι και η πιο δύσκολη να μοντελοποιηθεί γιατί απαιτεί στοιχεία για τον στόλο των οχημάτων, τις χιλιομετρικές διαδρομές, τις αποδόσεις των ΜΕΚ που δεν μπορούν να βρεθούν εύκολα.

Τέλος θα γενικεύσουμε την μέθοδο εργασίας μας σαν πρότυπο μεθόδου για αυτονομία αντίστοιχων απομακρυσμένων περιοχών.///

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Δυναμικά

2.1 Αιολικό Δυναμικό:

Οι άνεμοι στη γη, είναι αέριες μάζες που κινούνται λόγω διαφορετικών βαρομετρικών πιέσεων, ως αποτελέσματα της άνισης θέρμανσης της επιφάνειας της γης μέσω της εκπεμπόμενης από τον ήλιο ακτινοβολίας.

Τα υδάτινα σώματα του πλανήτη, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, στη μορφή θερμότητας, από ότι οι χερσαίοι όγκοι. Η θερμοκρασία τους ανέρχεται και κατέρχεται με πιο αργούς ρυθμούς από τη στεριά και ως αποτέλεσμα, δημιουργείται διαφορά θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια, κατά τη διάρκεια της μέρας, τα στρώματα αέρα πάνω από υδάτινες επιφάνειες είναι πιο ψυχρά από τα αντίστοιχα στρώματα αέρα πάνω από χερσαίες, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας συμβαίνει το αντίθετο. Ως γνωστόν, ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα, ανέρχεται στην ατμόσφαιρα ενώ τη θέση του σπύδει να πληρώσει ψυχρός αέρας. Αυτή η προσανατολισμένη κίνηση ρευμάτων αέρα παράγει τα τοπικά **παραλιακά ρεύματα**, που κατά την ημέρα κινούνται προς τη θάλασσα και κατά τη νύχτα προς τη στεριά.

Παρόμοια ρεύματα συμβαίνουν και στις βουνοπλαγιές την ημέρα όπου θερμός αέρας ανυψώνεται κατά μήκος των βουνοπλαγιών δημιουργώντας ρεύματα ψυχρού αέρα προς το βουνό, ενώ κατά τη νύχτα ψυχρά ρεύματα αέρα κινούνται προς τις πεδιάδες. Η ενέργεια του ηλίου που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης που πρέπει να διανύσει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια περισσότερη ενέργεια φτάνει σε ψηλά υψόμετρα.

Με αντίστοιχο τρόπο δημιουργούνται και οι **πλανητικοί άνεμοι**, ψυχροί επιφανειακοί άνεμοι από τους πόλους προς τον ισημερινό που θερμαίνεται περισσότερο με αποτέλεσμα ο εκεί αέρας να ανυψώνεται δημιουργώντας κενό προς πλήρωση. Σε πλανητικό επίπεδο οι κινήσεις των αερίων μαζών επηρεάζονται από την περιστροφή της γης περί τον άξονά της, λόγω της **δύναμης Coriolis** η οποία δεν θα μας απασχολήσει στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

Αξίζει όμως να αναφερθεί ότι για την Ευρώπη, υπό την επίδραση του ψυχρού Ατλαντικού και της Σαχάρας, οι επικρατούντες άνεμοι είναι για το χειμώνα νοτιοδυτικοί και για το καλοκαίρι Δυτικοί και Βορειοανατολικοί.

Καθώς η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε επαφή με τη γη, στο κατώτερο στρώμα της δημιουργείται, όπως και σε κάθε ρευστό σε επαφή με ακίνητο στερεό, ένα **οριακό στρώμα**. Σε αυτό, η ταχύτητα του ρευστού ξεκινάει από μηδενική και αυξάνεται, ανάλογα με το ύψος. Το ύψος του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους και την κατάσταση ευστάθειας της ατμόσφαιρας.

Οι εκφράσεις που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την κατακόρυφη (υψομετρική) κατανομή της οριζόντιας συνιστώσας της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο επιφανειακό στρώμα είναι οι:

$$U(z) = \frac{U_0}{k} * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Λογαριθμικός Νόμος όπου

$U(z)$ είναι η ταχύτητα σε ύψος z , U_0 είναι η ταχύτητα τριβής, k η σταθερά Von Karman ($k=0.35$) και z_0 η παράμετρος τραχύτητας ή μήκος τραχύτητας.

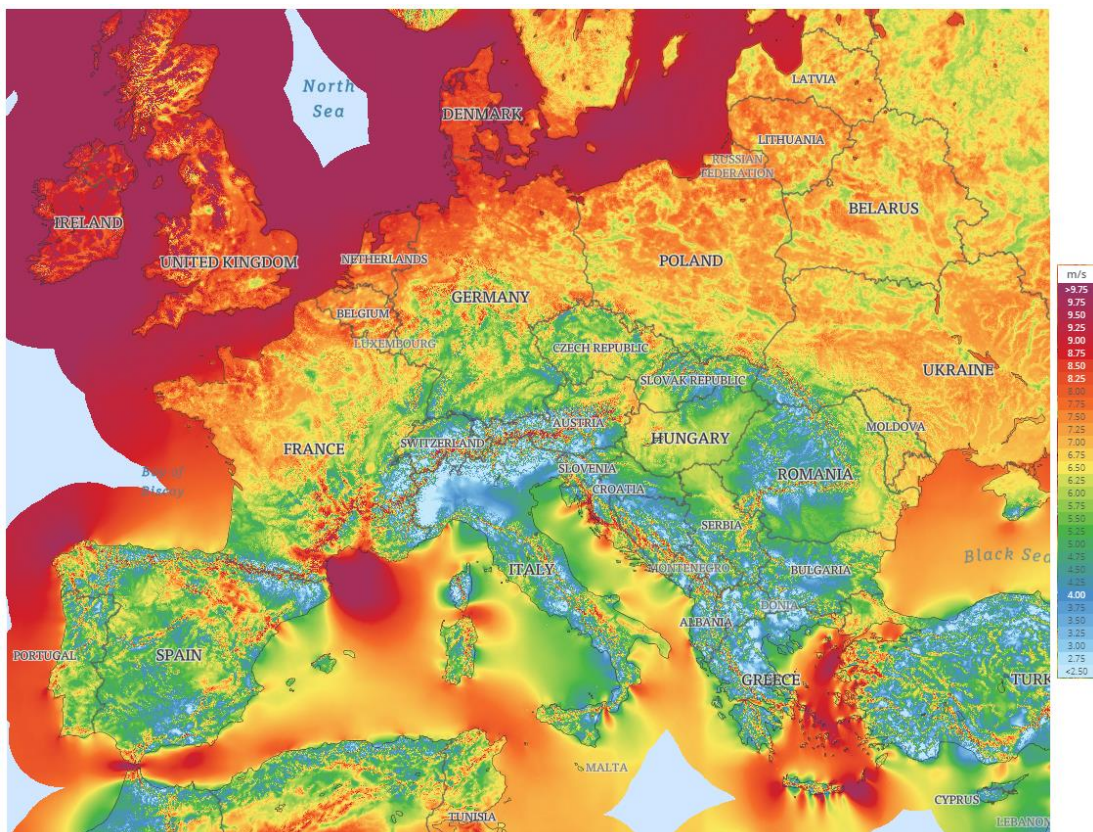
$$U(z) = U(z_0) * \left(\frac{z}{z_0}\right)^a$$

Εκθετικός Νόμος όπου

$U(z)$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z , $U(z_0)$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z_0 και a ο εκθέτης του εκθετικού νόμου.

Στα συνήθη μετεωρολογικά προβλήματα γίνεται χρήση του εκθετικού νόμου λόγω της απλότητάς του. Σημειώνεται πως η τιμή του εκθέτη a είναι ένα μέτρο της τραχύτητας του εδάφους και δίνεται σε πίνακες που βασίζονται σε πειραματικές προσεγγίσεις για διάφορες μορφές εδάφους. Για την παρούσα εργασία θα αρκεστούμε στον απλουστευτικό εκθετικό νόμο κατά την μοντελοποίηση του αιολικού δυναμικού.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η μέση ταχύτητα του ανέμου στην Ευρωπαϊκή ήπειρο για ύψος 100m από την επιφάνεια της θάλασσας. Βλέπουμε ότι η περιοχή του Αιγαίου πελάγους, με τα εποχιακά της μελέτεια είναι μια αξιοποιήσιμη ενεργειακά περιοχή με ταχύτητες που κυμαίνονται στις περιοχές από 8 – 10 m/s. Η βέλτιστη τοποθέτηση αιολικών πάρκων και ανεμογεννητριών είναι σε περιοχές με υψηλό υψόμετρο σε ορεινούς όγκους νησιωτικών περιοχών. Θα πρέπει όμως με την πάροδο του χρόνου και με την μείωση του κόστους της αιολικής τεχνολογίας να εξεταστεί και το σενάριο off-shore εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Έτσι δεν θα γίνει χρήση γης, που είναι πολύτιμη στα μικρές έκτασης νησιά του Αιγαίου, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες δραστηριότητες.



Σχήμα 5: Μέση ταχύτητα ανέμου $h = 100 \text{ m}$. (πηγή Global Wind Atlas)

Η ταχύτητα του ανέμου σε μια ορισμένη θέση στο χρόνο μεταβάλλεται κατά μέτρο και κατά διεύθυνση, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη λειτουργική απόδοση των αιολικών μηχανών και τον υπολογισμό των ορίων ασφαλείας τους λόγω φορτίων που οδηγούν σε κόπωση των υλικών της μηχανής. Σημαντικά μεγέθη που μελετώνται αναφορικά με τα ανεμολογικά δεδομένα είναι η μέση ταχύτητα ανέμου, η τυπική απόκλιση και ο βαθμός της τύρβης.

Έχοντας μια συλλογή δεδομένων για την ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή από κάποιον μετεωρολογικό σταθμό, η μέση ταχύτητα υπολογίζεται από τον τύπο

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n V_n$$

όπου \bar{V} η μέση ταχύτητα του ανέμου,

V_n η ταχύτητα του ανέμου στην n μέτρηση

$n=1,2,\dots,N$ ο αριθμός των μετρήσεων.

Η μέση ταχύτητα χρησιμεύει για μια χοντρική και πρόχειρη επιλογή περιοχών αξιοποιήσιμου δυναμικού. Οι τιμές της καταγράφονται σε χάρτες αιολικού δυναμικού (βλ Σχήμα 5).

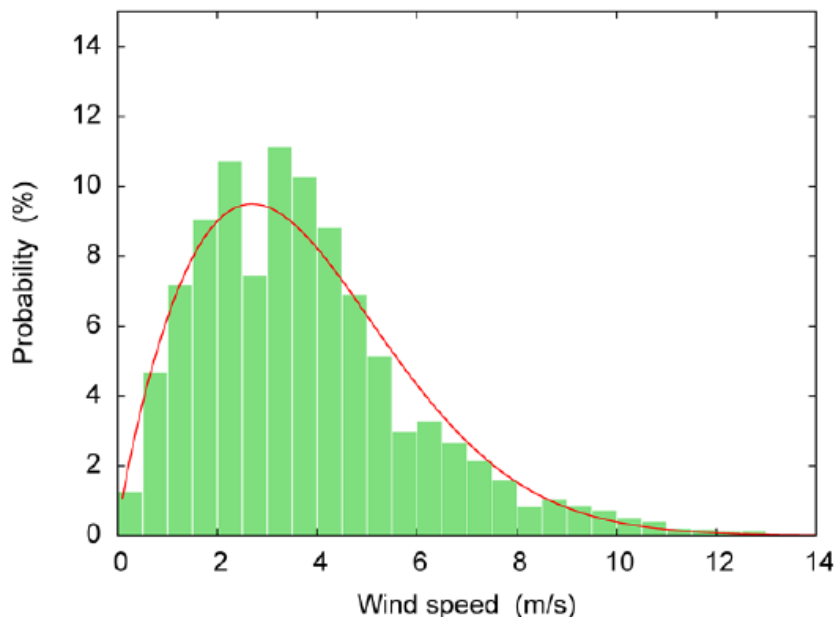
Η τυπική απόκλιση σ δείχνει πόσο οι μετρήσεις αποκλίνουν από τη μέση τιμή του ανέμου

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum_1^N (V_n - \bar{V})^2}$$

Με τον όρο τύρβη, αναφερόμαστε στη διαταραχή της ταχύτητας του ανέμου, δηλαδή τη διαφορά της στιγμιαίας ταχύτητας από τη μέση τιμή της ταχύτητας. Περιγράφεται από τον βαθμό της τύρβης S και ορίζεται ως η τυπική απόκλιση της πρώτης μέτρησης από τη μέση τιμή των 10 λεπτών.

$$S = \frac{\sigma}{\bar{V}}$$

Μια εύχρηστη παρουσίαση της ταχύτητας του ανέμου είναι η Πυκνότητα Πιθανότητας Ταχύτητας που εκφράζει την πυκνότητα της πιθανότητας η ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται μεταξύ δύο τιμών (Διάγραμμα 7- πράσινες στήλες) και μας δίνει πληροφορίες για την επικρατούσα ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή άρα και το ενεργειακό δυναμικό προς εκμετάλλευση. Να αναφέρουμε πως το διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόχειρους υπολογισμούς παραγόμενης ισχύος από αιολικές μηχανές (στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί πιο ακριβής μέθοδος).



Διάγραμμα 7: Πυκνότητα πιθανότητας ταχύτητας του ανέμου, τυπική μορφή

Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν επαρκή διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή ενδιαφέροντος, η εμπειρία έχει δείξει ότι η πυκνότητα κατανομής πιθανότητας μπορεί να περιγραφεί με πολύ καλή προσέγγιση από την κατανομή Weibull, η οποία στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται με την λεπτή κόκκινη γραμμή. Η εν λόγω κατανομή είναι μια διπαραμετρική κατανομή πυκνότητας πιθανότητας με παραμέτρους c και k που δίνεται από τον τύπο:

$$f(V) = \frac{k}{c} * \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} * \exp\left(-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right)$$

όπου V η ταχύτητα του ανέμου.

Η παράμετρος k καθορίζει το ύψος της κατανομής ενώ η παράμετρος c επηρεάζει την κατανομή κατά τον οριζόντιο άξονα. Υπάρχουν αντίστοιχα τύποι για τη μέση τιμή του ανέμου. Οι τιμές k και c μπορούν να προσδιοριστούν από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Με χρήση της κατανομής Weibull μπορούνε να κατασκευαστούν συνθετικές χρονοσειρές από λογισμικά, και να χρησιμοποιηθούν στην ακριβή μοντελοποίηση του αιολικού δυναμικού.

Η ενέργεια που μεταφέρεται από τον άνεμο είναι στη μορφή της κινητικής ενέργειας επομένως ισχύει η σχέση:

$$E_{κιν} = \frac{1}{2} * m * V^2$$

Μπορούμε να φανταστούμε τον αέρα σαν μάζα ρευστού συγκεκριμένης πυκνότητας ($\rho = 123 \text{ kg/m}^3$) που διέρχεται από ροϊκό σωλήνα συγκεκριμένης διατομής A στη μονάδα του χρόνου t :

$$m/t = \rho * A * V$$

Επομένως η ισχύς P που μεταφέρει ο αέρας, η οποία είναι ουσιαστικά ενέργεια ανά δευτερόλεπτο, δίνεται από τη σχέση:

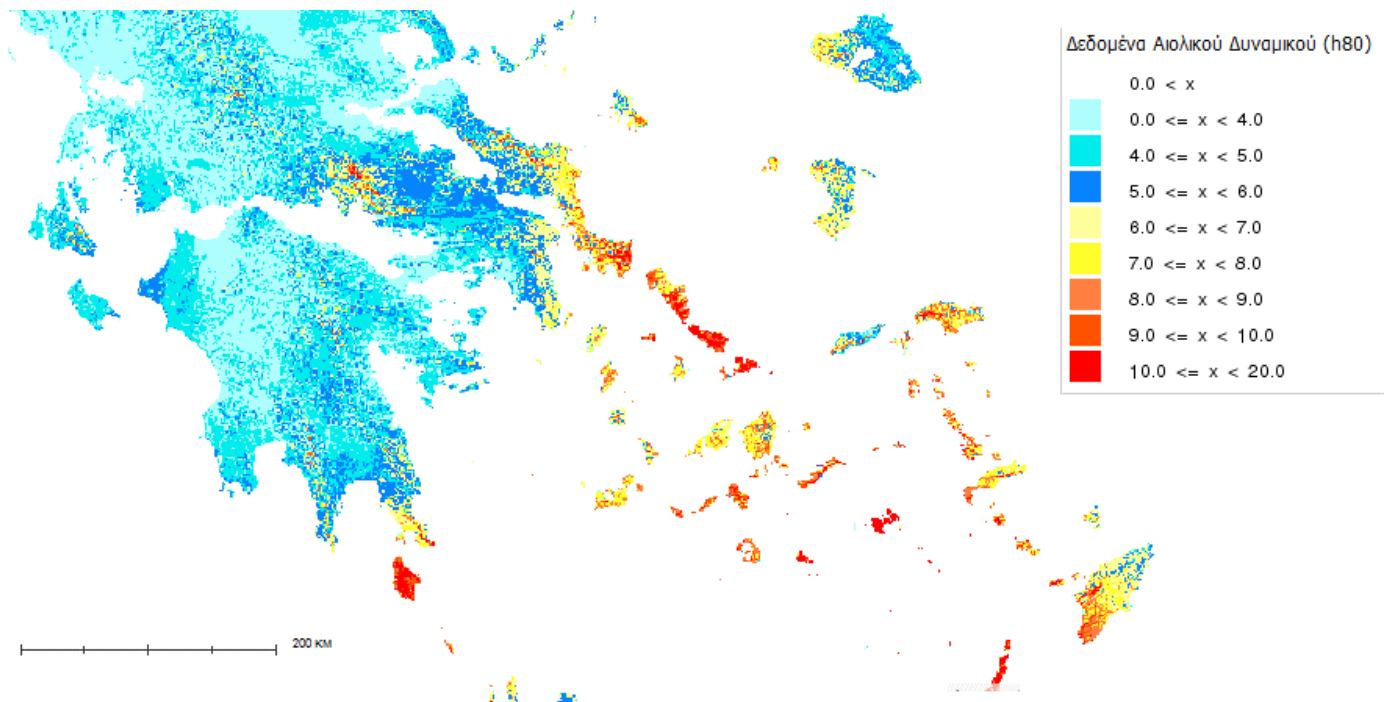
$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

Αξίζει να σημειώσουμε από την σχέση της ισχύος του αιολικού δυναμικού πως είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου και ανάλογη της διατομής του ροϊκού σωλήνα που μελετάμε.

Επομένως κατά την επιλογή τοποθεσιών για εγκατάσταση μηχανών αξιοποίησης αιολικού δυναμικού το κυρίαρχο κριτήριο θα είναι η ταχύτητα του ανέμου.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί πως στη βιβλιογραφία όταν αναφερόμαστε στο αιολικό δυναμικό δηλώνουμε ένα από τα τρία παρακάτω μεγέθη:

1. Το φυσικώς διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, δηλαδή την κινητική ενέργεια των κινούμενων αερίων μαζών οι οποίες υπάρχουν πάνω από την περιοχή. Η παραπάνω σχέση της ισχύος αναφέρεται σε αυτή την ποσότητα και είναι ένα καθαρά θεωρητικό μέγεθος.
2. Το τεχνικώς αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό, δηλαδή το μέρος εκείνο του φυσικώς διαθέσιμου δυναμικού που είναι τεχνικώς δυνατόν να δεσμευθεί από αιολικές μηχανές. Αυτό είναι ένα χρονικά μεταβλητό μέγεθος καθώς εξαρτάται από την τεχνολογία.
3. Το οικονομικά αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό, μέρος του τεχνικώς αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού του οποίου η εκμετάλλευση είναι οικονομικά συμφέρουσα. Πρόκειται περί επίσης μεταβλητού μεγέθους που εξαρτάται από τεχνολογικές, κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους.



Σχήμα 6: Χάρτης αιολικού δυναμικού, $h = 80$ m. (Πηγή ΚΑΠΕ)

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό της περιοχής ενδιαφέροντος της παρούσης εργασίας (Αιγαίο πέλαγος) για ύψος 80m από το έδαφος. Υπενθυμίζουμε ότι για αύξηση του ύψους έχουμε ταχύτερους ανέμους, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι σε περιοχές σαν τα νησιά του Αιγαίου υπάρχει επαρκές αιολικό δυναμικό προς εκμετάλλευση.

2.2 Ηλιακό Δυναμικό

Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στη γη με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας διασχίζοντας μια απόσταση $196.6 \cdot 10^6$ km (1 αστρονομική μονάδα 1AU). Η ηλιακή ενέργεια είναι αυτή που δημιούργησε και δημιουργεί όλες τις άλλες μορφές ενέργειας στη γη εκτός της πυρηνικής και της γεωθερμικής. Η γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο σε ελλειπτική τροχιά (ελλειπτικό επίπεδο) με μικρή εκκεντρότητα οπότε η απόσταση της μεταβάλλεται. Η πιο κοντινή απόσταση της λέγεται Περιήλιο και συμβαίνει τον Ιανουάριο ενώ η μεγαλύτερη απόσταση, το Αφήλιο, συμβαίνει στις αρχές Ιουλίου. Ο άξονας περιστροφής της γης σχηματίζει μια γωνία περίπου 23.5° με την κάθετο στο ελλειπτικό επίπεδο. Έτσι τον Ιούνιο η γη βρίσκεται με τον βόρειο πόλο της πιο κοντά στον ήλιο ενώ τον Δεκέμβριο με τον νότιο πόλο. Οι ακτίνες του ηλίου στο βόρειο ημισφαίριο προσπίπτουν πιο κάθετα το καλοκαίρι και πιο πλάγια το χειμώνα, λόγω της κλίσης αυτής.

Η ποσότητα ενέργειας από τον ήλιο που φτάνει ανά μονάδα χρόνου σε μια επιφάνεια κάθετη στη διεύθυνση της ακτινοβολίας, στη μέση απόσταση γης - ήλιου, λέγεται ηλιακή σταθερά και ισούται με 1367 W/m^2 . Καθώς οι ακτίνες φτάνουν στην ατμόσφαιρα της γης, διαχέονται σε βαθμό ανάλογο της νέφωσης. Οπότε η ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης σε ένα ποσοστό ως άμεση και στο υπόλοιπο ως διάχυτη. Και οι δύο μορφές ακτινοβολίας μπορούν με την κατάλληλη τεχνολογία να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας.

Γενικά η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια στο επίπεδο της γης εξαρτάται:

1. από την απορρόφηση της ακτινοβολίας από την ύλη της ατμόσφαιρας
2. από την διάχυση της ακτινοβολίας λόγω νέφωσης (φαινόμενα σκέδασης ή ανάκλασης)
3. από το ύψος του ηλίου στον ορίζοντα
4. από το υψόμετρο της περιοχής (όσο πιο ψηλά τόσο λιγότερη απόσταση διανύουν οι ακτίνες φωτός στην ατμόσφαιρα άρα τόσο λιγότερο επηρεάζονται)
5. από την κλίση της επιφάνειας (κάθετη πρόσπτωση ακτίνας εξασφαλίζει μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση ακτινοβολίας)
6. από την απόσταση γης – ηλίου (εποχιακή διακύμανση)
7. από την απόκλιση του ηλίου δ

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που τελικά φτάνει στην επιφάνεια της γης θα χρειαστεί να ορίσουμε και να αναφέρουμε τρόπους υπολογισμού συγκεκριμένων μεγεθών.

Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία H_o που φτάνει στην σε θεωρητική επιφάνεια στα ανώτατα όρια της ατμόσφαιρας (όπου η απουσία νεφών συνεπάγεται απουσία διάχυσης) δίνεται από τη σχέση

$$\overline{H_o} = \frac{24 * 3600}{\pi} * G_{sc} * \left(1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 * n}{365} \right) \right) * \left[\cos \varphi * \cos \delta * \sin \omega_s + \frac{2 * \pi * \omega_s}{360} * \sin \varphi * \sin \delta \right]$$

όπου:

G_{sc} = η ηλιακή σταθερά (1353 W/m^2)

n = η ημέρα του χρόνου ($n = 1,2,3 \dots 365$)

φ = το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής

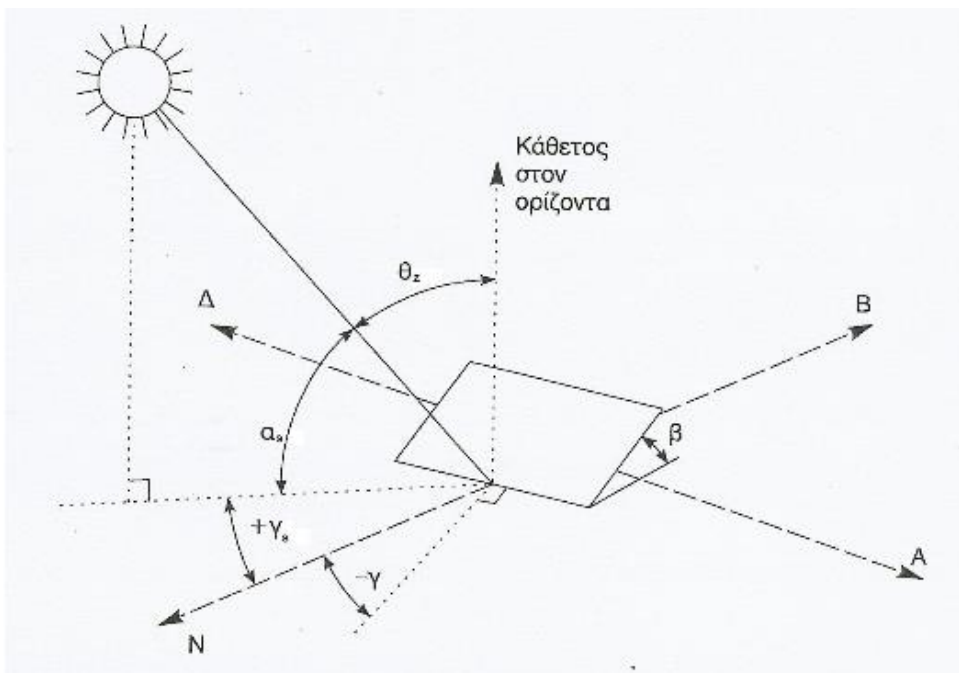
δ = η ηλιακή απόκλιση, δηλαδή η γωνία που σχηματίζει η ευθεία που ενώνει τα κέντρα γης και ηλίου με τον ισημερινό η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23.54 * \sin(360 * (284 + n) / 365)$$

ω_s = η ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής που δίνεται από τη σχέση

$$\cos \omega_s = -\tan \varphi * \tan \delta$$

Χρήσιμα μεγέθη της ηλιακής γεωμετρίας παρουσιάζονται με την βοήθεια του Σχήματος 7



Σχήμα 7: Παρουσίαση μεγεθών ηλιακής γεωμετρίας.

Επεξηγηματικά η γωνία γ ονομάζεται Αζιμούθιο και είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της κάθετου σε μια επιφάνεια και του τοπικού μεσημβρινού. Το αζιμούθιο είναι μηδενικό για νότιο προσανατολισμό. Η γωνία β είναι η γωνία κλίσης της επιφάνειας, η γωνία α_s η γωνία ύψους του ηλίου και η γωνία θ_z η γωνία ζενίθ του ηλίου. Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου που δεν εμφανίζεται στο σχήμα είναι η γωνία μεταξύ της κάθετης στην επιφάνεια και της ακτίνας που προσπίπτει στην επιφάνεια. Η ακτινοβολία μεγιστοποιείται όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι μηδενική, δηλαδή όταν οι ακτίνες του ηλίου πέφτουν κάθετα στην επιφάνεια.

Οι ακτίνες που προσπίπτουν κάθετα σε μια επιφάνεια παράλληλα στην επιφάνεια της γης, ως άμεση ακτινοβολία, σε μια αίθρια ημέρα, μεταφέρουν το 72% της αρχικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος. Το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας, διαχέεται ή ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ άλλο 7% φτάνει στην επιφάνεια ως διάχυτη ακτινοβολία. Σε δυσχερέστερες κλιματικές συνθήκες νέφωσης ή με την παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα το ποσοστό που τελικά φτάνει στην επιφάνεια μειώνεται περισσότερο.

Για την μοντελοποίηση των πραγματικών συνθηκών χρησιμοποιείται ο Μέσος Μηνιαίος Συντελεστής Αιθριότητας K_T που ορίζεται με τη σχέση:

$$K_T = H / H_0 \text{ όπου}$$

H = η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

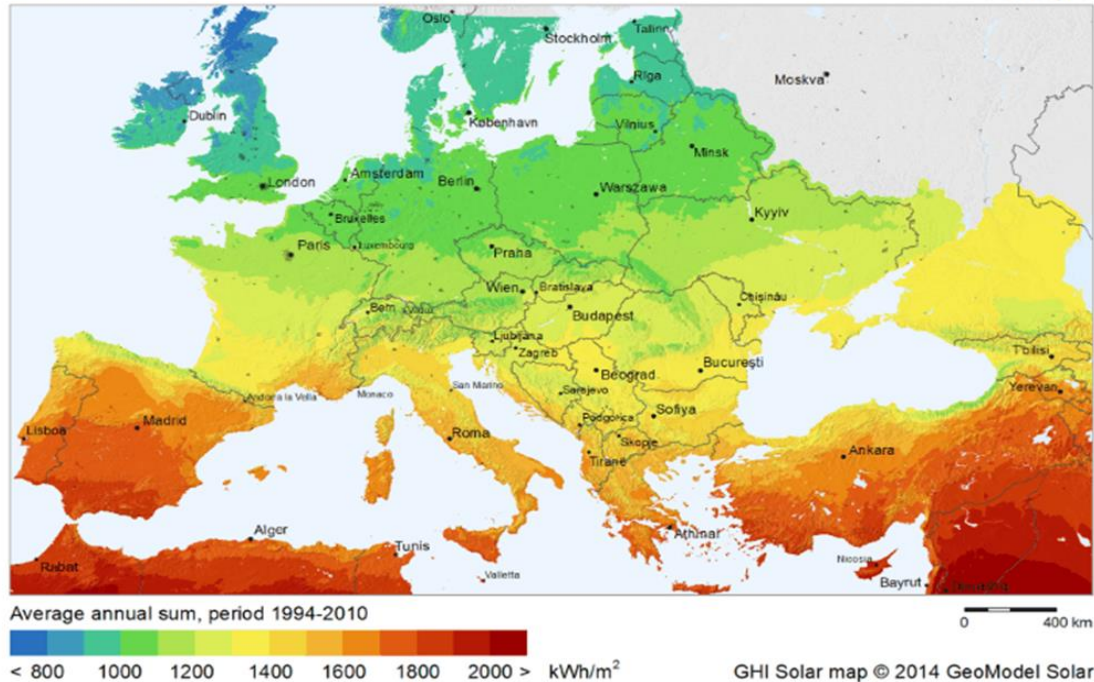
H_0 = η μέση μηνιαία ακτινοβολία στην κορυφή της ατμόσφαιρας

και αναφέρεται στο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας από την κορυφή της ατμόσφαιρας, που τελικά φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται, για την Ευρώπη, με μετρήσεις για την περίοδο 1994 έως 2010 η μέση συνολική ετήσια προσφερόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Η Ελλάδα, 13η χώρα σε εγκατεστημένης χωρητικότητας με 2,613 MW είναι προφανώς λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν σε μία προνομιακή θέση σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ σχετικά με το διαθέσιμο προς εκμετάλλευση ηλιακό δυναμικό. Ως αποτέλεσμα στρατηγικές ενεργειακής αυτονόμησης περιοχών σε αντίστοιχο γεωγραφικό πλάτος με την Ελλάδα θα έχουν στο ενεργειακό μείγμα τους αυξημένα μερίδια ηλιακής ενέργειας (πχ Ισπανία, Κορσική, Σικελία, Κύπρος)

Global Horizontal Irradiation (GHI)

Europe



Σχήμα 8: Χάρτης οριζόντιας ακτινοβολίας (πηγή GHI SOLAR MAP)

Η επιφάνεια συλλογής ακτινοβολίας μπορεί να είναι κεκλιμένη (και η πιο συνηθισμένη περίπτωση), στην οποία περίπτωση η ακτινοβολία κεκλιμένης επιφάνειας H_T δίνεται από τη σχέση:

$$H_T = R * H$$

όπου

$$R = \left[\left(1 - \frac{H_R}{H} \right) * R_b \right] + \left[\frac{H_d}{H} * \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) \right] + \left[r * \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \right]$$

Όπου:

H = η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

H_d = η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

R_b = ο λόγος άμεσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο προς άμεσης σε οριζόντια επιφάνεια

β = η κλίση της επιφάνειας

r = ο συντελεστής ανακλαστικότητας για την περιοχή γύρω από την επιφάνεια (0.2 για την Ελλάδα)

Η σχέση του R έχει 3 όρους, ο πρώτος αναφέρεται στην άμεση ακτινοβολία, ο δεύτερος στην διάχυτη και ο τρίτος στην ανακλώμενη.

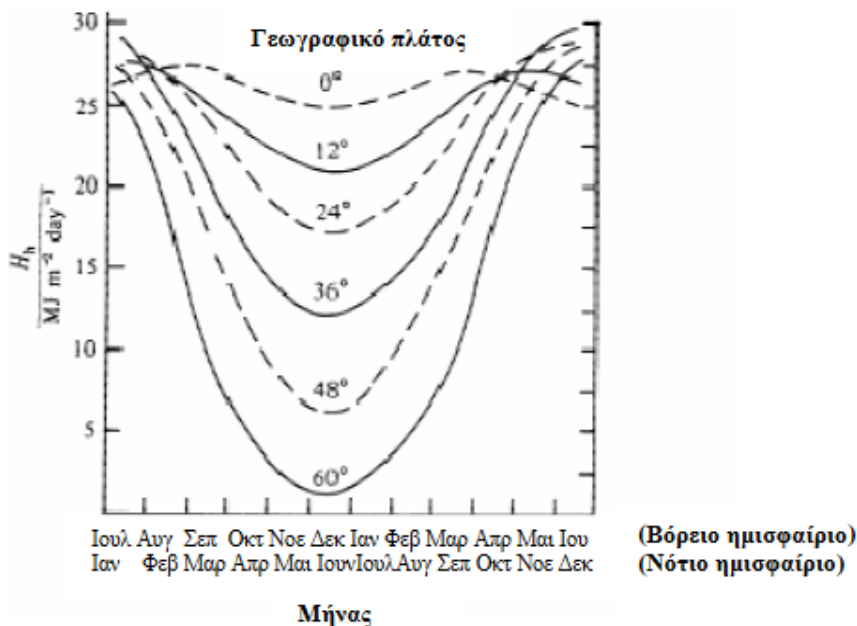
Ο λόγος H_d/H , δηλαδή διάχυτης προς συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο περιγράφει τις κλιματολογικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, σχετίζεται με τον συντελεστή αιθριότητας K_T και δίνεται από τη σχέση Colares – Pereira και Ramble:

$$\frac{H_d}{H} = \begin{cases} 0.99 \text{ για } k_T \leq 0.17 \\ 1.188 - 2.272k_T + 9.473k_T^2 - 21.865k_T^3 + 14.648k_T^4 \text{ για } 0.17 < k_T \leq 0.75 \\ 0.62 + 0.54k_T \text{ για } 0.75 < k_T \leq 0.8 \\ 0.2 \text{ για } k_T \geq 0.8 \end{cases}$$

Το μέγεθος R_b , για κεκλιμένες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο και μηδενικό αζιμούθιο ($\gamma=0$) δίνεται από τη σχέση:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) * \cos\delta * \cos\omega_{st} + \cos\omega_{st} * \sin(\varphi - \beta) * \sin\delta}{\cos\delta * \cos\varphi * \sin\omega_{st} + \omega_{st} * \sin\varphi * \sin\delta}$$

όπου $\omega_{st} = \min[\omega_s, \arccos(-\tan(\varphi - \beta) * \tan\delta)]$ η ωριαία γωνία δύσης



Διάγραμμα 8: Μεταβολή ηλιακής ακτινοβολίας με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους (πηγή «Θερμικά Ηλιακά Συστήματα», Κ. Αντωνόπουλος, Αθήνα: 1997)

Όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 8, η ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται τόσο συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους μίας τοποθεσίας όσο και εποχιακά. Μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας συναντώνται όπως έχει αναπτυχθεί και στην αρχή του κεφαλαίου σε περιοχές κοντά στον ισημερινό οπότε για την παρούσα εργασία, η Ελλάδα παρουσιάζει ικανοποιητικά ποσά αξιοποιήσιμου ηλιακού δυναμικού. Για το βόρειο ημισφαίριο οι μέγιστες τιμές ακτινοβολίας, όπως μας λέει και η καθημερινή εμπειρία, παρουσιάζονται στους εαρινούς μήνες ενώ για το Νότιο ημισφαίριο στους χειμερινούς μήνες.

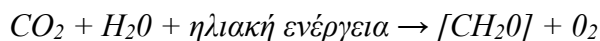
2.3 Δυναμικό Βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα αναφερόμαστε στην οργανική ύλη της γης, της επονομαζόμενης βιόσφαιρας (οργανική ύλη εκτός των παραγώγων του πετρελαίου). Πρόκειται για μια τεράστια αποθήκη ενέργειας, πηγή της οποίας είναι η ηλιακή ακτινοβολία.

Η ενέργεια του ηλίου δεσμεύεται από τους φυτικούς οργανισμούς με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και εγκλωβίζεται με χημικούς δεσμούς στην βιόσφαιρα όπου και ανακυκλώνεται με ένα πλήθος φυσικοχημικών διεργασιών μεταξύ των ζωικών οργανισμών, των φυτικών και του εδάφους. Η εκμετάλλευση της βιομάζας ενεργειακά είναι και η παλαιότερη διεργασία εκμετάλλευσης ενέργειας στην ανθρώπινη ιστορία (βλ κεφ 1.1) εξακολουθεί να είναι κυρίαρχος τρόπος παραγωγής ενέργειας σε πολλές αναπτυσσόμενες περιοχές του πλανήτη. Επίσης, εάν γίνεται με ρυθμούς που να παρομοιάζουν με τους φυσικούς ρυθμούς δέσμευσης ενέργειας και ανακύκλωσης από τη βιόσφαιρα, μπορεί να έχει μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να γίνει μακροχρόνια βιώσιμη. Σε αυτού του είδους την εκμετάλλευση εστιάζουμε στην παρούσα εργασία και όχι στην ενεργειακή αποψίλωση. Ενδεικτικά η φυσική ανανέωση της βιομάζας ισούται με ένα ποσό της τάξης των 3000 EJ ενέργειας ανά έτος.

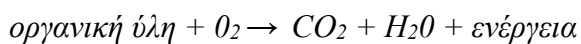
Θα ήταν χρήσιμο να ξεκινήσουμε τον κύκλο της ενέργειας στη βιόσφαιρα με την βασική διεργασία δέσμευσης ηλιακής ενέργειας, τη φωτοσύνθεση. Με κατάλληλους μηχανισμούς τα φυτικά κύτταρα δεσμεύουν ενέργεια και την μετατρέπουν σε χημικούς δεσμούς. Ως αποτέλεσμα σχετικά απλές ενώσεις όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό της ατμόσφαιρας μετατρέπονται σε σύνθετες και ενεργειακά πυκνότερες ενώσεις όπως σάκχαρα, άμυλο, κυτταρίνη κτλ.

Η αντίδραση που παρουσιάζει σχηματικά τη διεργασία είναι:



με την ομάδα $[CH_2O]$ να αποτελεί ένα τμήμα του υδατάνθρακα που σχηματίζεται και να χρησιμοποιείται ενδεικτικά χάρη της απλότητας της. Η διεργασία αυτή παράγει και το απαραίτητο για τη ζωή οξυγόνο της ατμόσφαιρας ενώ δεσμεύει το βασικό αέριο που είναι υπαίτιο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το CO_2 .

Με τον αντίστροφο τρόπο της "καύσης" γίνεται η απελευθέρωση ενέργειας από οργανική ύλη τόσο στους ζωντανούς οργανισμούς κατά την πέψη της τροφής, όσο και όταν κάνουμε καύση βιομάζας για θέρμανση ή για άλλης μορφής εκμετάλλευση της ενέργειάς της:



|Πηγές της βιομάζας μπορούν να θεωρηθούν τα υπολείμματα της δασικής ύλης από την υλοτομία και την επεξεργασία του ξύλου, τα υπολείμματα αγροτικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων, τα αστικά υπολείμματα (μέρος τους) και τέλος υπάρχουν καλλιέργειες ειδικών φυτών με μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο (ενεργειακές καλλιέργειες).

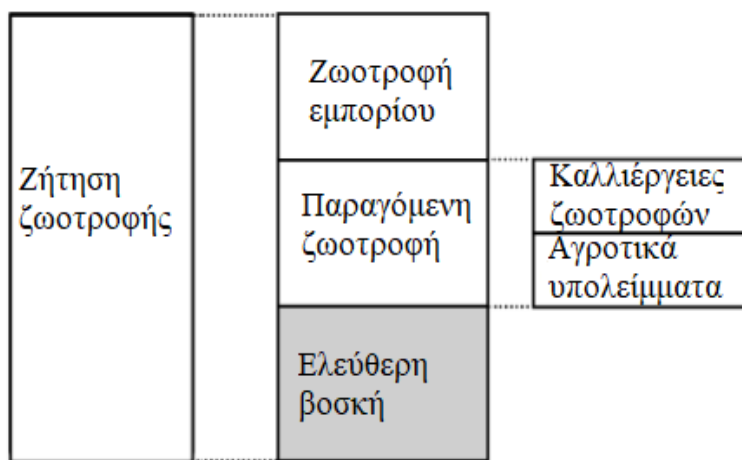
Καύσιμο	Ενεργειακό Περιεχόμενο	
	GJ t ⁻¹	GJ m ⁻³
Ξύλο (ξηρό αέρος-20% υγρασία)	15	10
Χαρτί (στοιβαγμένες εφημερίδες)	17	9
Κοπριά (ξηρή)	16	4
Άχυρο (δέματα)	14	1,4
Ζαχαροκάλαμο (στελέχη ξηρά αέρος)	14	10
Αστικά απορρίμματα (όπως συλλέγονται)	9	1,5
Εμπορικά απόβλητα	16	*
Γρασίδι (φρεσκοκομμένο)	4	3
Πετρέλαιο	42	34
Κάρβουνο	28	50
Φυσικό αέριο (πίεση παραγωγής)	55	0,04

Πίνακας 2: Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων.[1]

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται το μέσο ενεργειακό περιεχόμενο για διάφορα καύσιμα βιομάζας σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Η παρατηρούμενη διαφορά στα ενεργειακά περιεχόμενα των καυσίμων, καθώς και η εύκολη μεταφορά και αποθήκευση των ορυκτών καυσίμων είναι και ο λόγος που αυτά κυριαρχούν στην αγορά.

Αναφορικά με τα γεωργικά υπολείμματα μπορούμε να τα διαχωρίσουμε αδρά σε

1. υπολείμματα αροτραίων καλλιεργειών (άχυρο σιτηρών, στέλεχος καλαμποκιού)
2. επεξεργασία δενδρώδους βιομάζας (κλαδέματα, κατάλοιπα συγκομιδής καρπών)
3. αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (πυρήνες, φλοιοί, περικάρπια)



Σχήμα 9: Κατανομή ζήτησης ζωτροφής.

Να σημειώσουμε όπως φαίνεται και στο Σχήμα 9 πως ένα μέρος από τα αγροτικά υπολείμματα καταναλώνεται ως ζωτροφή. Ένας σχεδιασμός που αξιώνει να έχει τα χαρακτηριστικά της βιώσιμης ανάπτυξης δεν πρέπει να παραμελεί πως μέρος της βιομάζας χρησιμοποιείται στην θρέψη.

Με τον όρο κτηνοτροφικά υπολείμματα αναφερόμαστε στα περιττώματα τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως ως λίπασμα στις καλλιέργειες με ή χωρίς επεξεργασία

Καταληκτικά, όσον αφορά τις ενεργειακές καλλιέργειες παρατίθενται οι πιο σημαντικές στον παρακάτω πίνακα. Πλεονεκτήματα τους είναι ότι δεν έχουν μεγάλες αρδευτικές απαιτήσεις, μπορούν να καλλιεργηθούν σε εδάφη που δεν έχουν μεγάλη γονιμότητα ενώ με κατάλληλη επεξεργασία τους για παρασκευή βιοκαυσίμων μπορούν να αντικαταστήσουν μερικά τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο. Επιπροσθέτως τα βιοκαύσιμα δεν έχουν αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα. Δημιουργούν όμως ζητήματα χρήσης γής στα οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

Καλλιέργεια	Όνομασία	Παραγωγή ξηρής ουσίας (tn/στρέμμα)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Συλλογή
Πολυετείς Καλάμι	Arundo Donax	0.5-3	18.6	Ιανουάριο - Φεβρουάριο
Αγριαγκινάρα	Cinara Cardunculus	1-2	15-24	Ιούλιο - Αύγουστο
Μισχανθός	Miscanthus x giganteus	1-2	17.3	Δεκέμβριο - Φεβρουάριο
Switchgrass	Panicum Virgantum	1.7-2.1	17.4	Νοέμβριο - Φεβρουάριο
Ετήσιες Γλυκό Σόργο	Sorgum bicolor	1.2	17.2	Οκτώβριος
Κενάφ	Hibiscus cannabinus	0.7-2.4	17	Οκτώβριο - Δεκέμβριος
Ελαιοκράμβη	Brassica napus, Brassica Carinata	0.12-0.25, 0.3-0.8	Παραγωγή βιοντίζελ	Ιούλιος - Σεπτέμβρης

Πινάκας 3: Ενεργειακές Καλλιέργειες.[11]

2.4 Υδάτινο Δυναμικό:

Ενέργεια υδάτινου δυναμικού είναι αυτή που προκύπτει από την εκμετάλλευση της ενέργειας του υδρολογικού κύκλου. Απαραίτητες προϋποθέσεις είναι η ύπαρξη επιφανειακής απορροής νερού και η ύπαρξη κλίσεως (λόγω υψομετρικής διαφοράς). Μέσω της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού έργου γίνεται δέσμευση μέρους της δυναμικής ενέργειας του νερού, που από την επήρεια της βαρύτητας ρέει μέχρι να φτάσει την κατώτατη δυνατή στάθμη, δηλαδή την στάθμη της θάλασσας. Στην φύση η ενέργεια του νερού διαχέεται λόγω απωλειών τριβής με στερεά σώματα στις κοίτες των ποταμών. Σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό η ενέργεια μετατρέπεται από δυναμική σε κινητική και έπειτα σε ηλεκτρική στον μηχανικό εξοπλισμό.

Η παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια από ένα υδροηλεκτρικό έργο δίνεται από τον τύπο:

$$E = \frac{g * n * H * V}{3600}$$

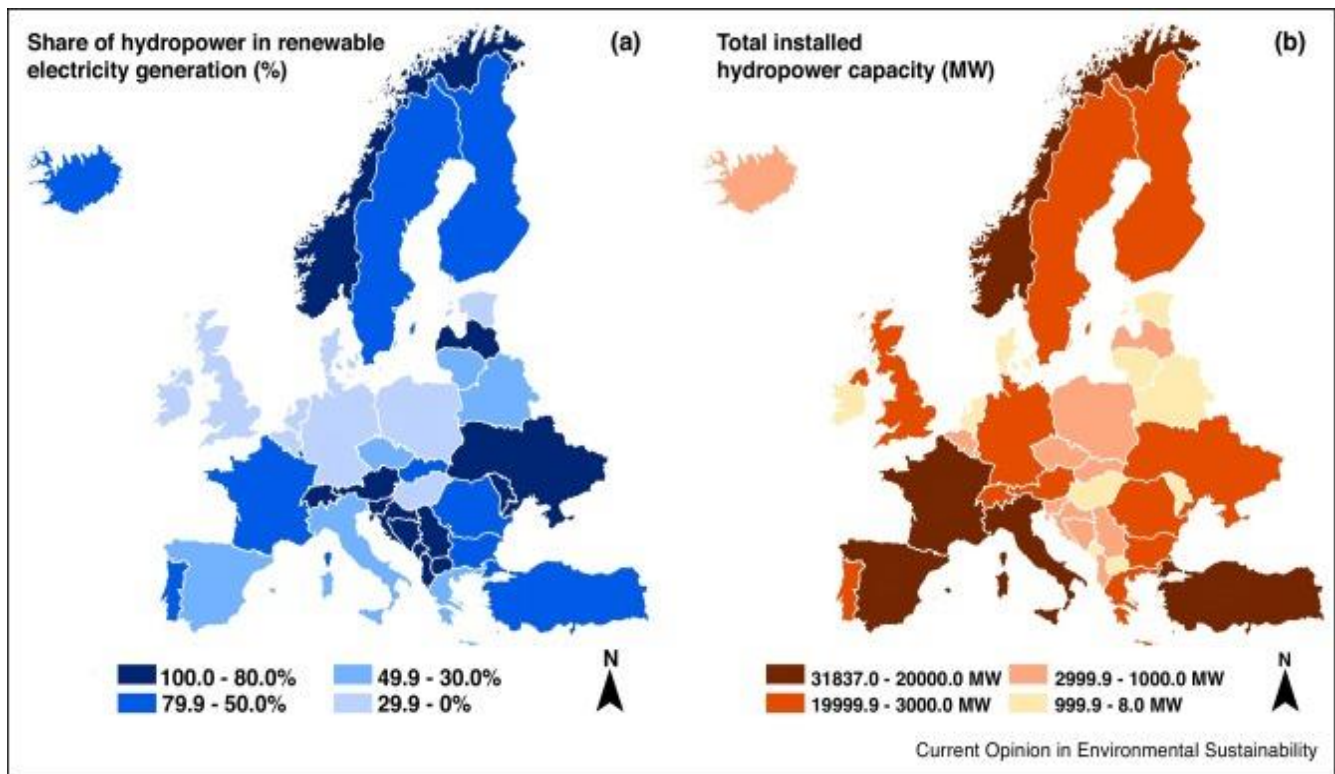
όπου:

g = επιτάχυνση της βαρύτητας ($9.81\% \text{ m/s}^2$)

n = συντελεστής απόδοσης του υδροηλεκτρικού έργου (περιλαμβάνει την απόδοση του στροβίλου καθώς και την απόδοση της γεννήτριας ηλεκτρισμού)

H = το ύψος κατακρήμνισης του νερού σε m , ονομαζόμενο και υδραυλικό ύψος οριζόμενο ως η κάθετη απόσταση που διανύει το νερό από ένα επίπεδο υψηλής στάθμης σε ένα χαμηλότερης.

V = ο όγκος του νερού που διέρχεται από τον στρόβιλο σε m^3

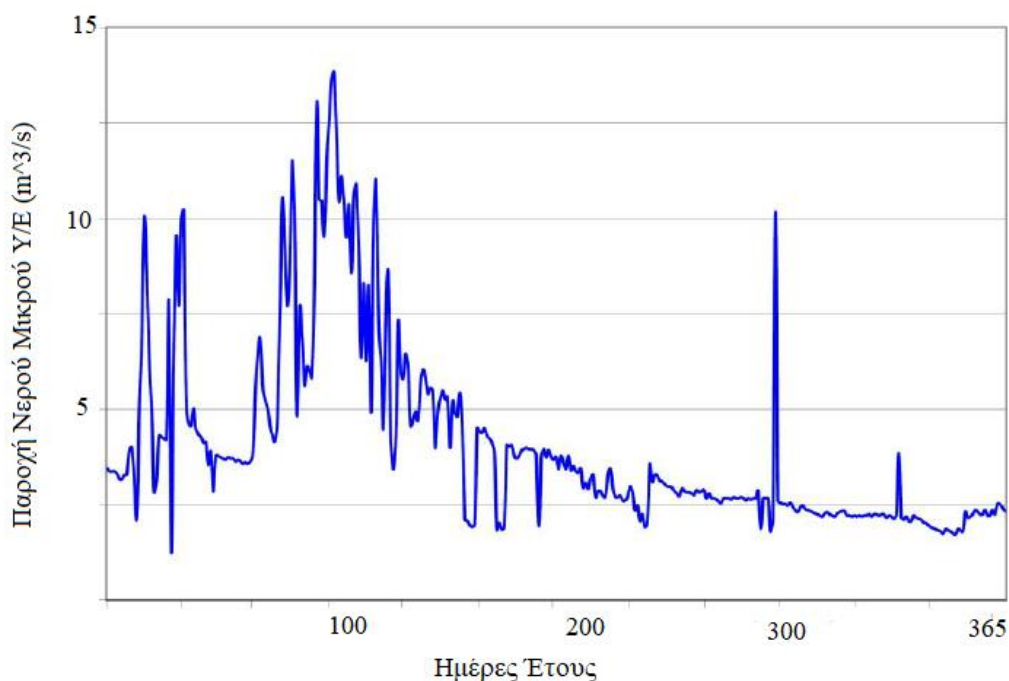


Σχήμα 10: Μερίδιο υδροηλεκτρικής ενέργειας σε χώρες E.E. – Συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα

Για την εκτίμηση του υδροηλεκτρικού δυναμικού χρειαζόμαστε δύο βασικά δεδομένα.

Πρέπει να διαθέτουμε στοιχεία για την όγκο της επιφανειακής απορροής ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου. Μελετάται μια λεκάνη απορροής (μια γεωγραφική περιοχή στην οποία εισέρχεται νερό με τη μορφή ποταμών, ρυακιών, υπόγειων πηγών και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων) και η επιφανειακή απορροή, δηλαδή ο όγκος του νερού που εξέρχεται από την λεκάνη μέσα από μια συγκεκριμένη διατομή ελέγχου (την είσοδο νερού στο υδροηλεκτρικό έργο).

Η δεύτερη σημαντική κατηγορία δεδομένων είναι οι καταγραφές του όγκου νερού που προσφέρεται στην λεκάνη απορροής μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι) και η αποτύπωσή τους σε αντίστοιχα υετογραφήματα. Κατασκευάζονται έτσι με μαθηματική επεξεργασία (δεν θα μας απασχολήσει στην παρούσα εργασία) αντίστοιχα υδρογραφήματα όπως αυτά που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 9 που μας βοηθούν μέσω της εκτίμησης του όγκου του νερού (εμβαδόν κάτω από την καμπύλη) να εκτιμήσουμε το διαθέσιμο υδροηλεκτρικό δυναμικό. Να σημειωθεί ότι όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του Υδροηλεκτρικού Έργου τόσο πιο αβέβαια είναι τα αντίστοιχα υδρογραφήματα γιατί υπάρχει μεγαλύτερη εξάρτησης της παροχής νερού από τις κλιματολογικές συνθήκες (ένταση, περιοδικότητα βροχοπτώσεων κ.α)



Διάγραμμα 9: Παροχή Νερού Μικρού Υ/Ε- συναρτήσει χρόνου.

2.5 Θαλάσσιο Δυναμικό:

Οι ωκεάνιες μάζες καλύπτουν περισσότερο από τα 2/3 της επιφάνειας της γης. Το τεράστιο δυναμικό τους έχει προσεγγιστεί μόνο θεωρητικά καθώς η ενέργεια προς εκμετάλλευση είτε βρίσκεται σε μεγάλη διάχυση, καθιστώντας απαγορευτική οικονομικά την εκμετάλλευσή της, είτε βρίσκεται γεωγραφικά σε περιοχές μακριά από τις αγορές ενέργειας. Σε ορισμένες όμως γεωγραφικές περιοχές κοντά στην ακτή μπορεί να γίνει μια αποδοτική εκμετάλλευση του θαλάσσιου δυναμικού υπό τις εξής μορφές:

1. παλιρροϊκά και θαλάσσια ρεύματα
2. κυματική ενέργεια
3. διαφορά θερμοκρασίας επιφάνειας πυθμένα ωκεάνιων μαζών
4. οσμωτική ενέργεια λόγω διαφοράς αλμυρότητας υδάτων.

Τα παλιρροϊκά ή θαλάσσια ρεύματα έχουν πολλές ομοιότητες με τα ρεύματα αέρα. Το νερό διαθέτει πολλαπλάσια πυκνότητα και ως αποτέλεσμα μεταφέρουν πολλαπλάσια ενέργεια σε σχέση με τις αέριες μάζες.

Η προσανατολισμένη κίνηση του νερού προκαλείται από τρεις κύριους παράγοντες.

1. Από την επίδραση της βαρύτητας της σελήνης στις υδάτινες μάζες, που προκαλεί στις παράκτιες περιοχές τα φαινόμενα της παλίρροιας και της άμπωτης.
2. Από την περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της που δημιουργεί την δύναμη Coriolis η οποία επηρεάζει τον προσανατολισμό των ωκεάνιων ρευμάτων.
3. Από την ύπαρξη θερμοκρασιακών βαθμίδων και βαθμίδων συγκέντρωσης αλατιού που δημιουργούν διαφορές πυκνότητας και φαινόμενα μεταφοράς μάζας.

Η ενέργεια αυτής της μορφής, όπως προαναφέρθηκε, έχει μεγάλη διάχυση αλλά σε περιοχές που η ξηρά και η μορφολογία του πυθμένα της θάλασσας προκαλεί στένωση, οπότε αυξάνεται η ταχύτητα του νερού, μπορεί να γίνει οικονομικά αξιοποιήσιμη. Η διαθέσιμη ενέργεια, όπως και στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ρευστού οπότε σε αδρές γραμμές περιοχές ενδιαφέροντος θα πρέπει να έχουν μέση ταχύτητα υδάτων ίση με 1.5 m/s και επαρκές βάθος για την εγκατάσταση στροβίλων (15-30 m). Η Ευρωπαϊκή Ένωση με μετρήσεις σε 106 θέσεις έχει υπολογίσει ένα διαθέσιμο παλιρροϊκό δυναμικό της τάξης των 48TWh/έτος.

Η κυματική ενέργεια είναι αποτέλεσμα της μεταφοράς κινητικής ενέργειας από τον πνέοντα άνεμο στην επιφάνεια της θάλασσας. Η ένταση του κυματισμού κατά συνέπεια θα εξαρτάται από την διάρκεια του πνέοντος ανέμου και την έντασή του καθώς και από την απόσταση του σημείου ενδιαφέροντος από τη στεριά. Πλησιέστερα στις ακτές, η ενέργεια των κυμάτων φθίνει καθώς υπάρχουν απώλειες τριβής με τον πυθμένα της θάλασσας. Τα κύματα παραμένουν ένα μη προβλέψιμο φαινόμενο και μόνο οι μέσες τιμές εντάσεώς τους σε συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις έχουν συσχετιστεί εμπειρικά με την ένταση του ανέμου. Το παγκόσμιο οικονομικά εκμεταλλεύσιμο κυματικό δυναμικό υπολογίζεται πως με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας να φτάσει τις 2000TWh/έτος.

Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού παρουσιάζεται για μεγάλα βάθη (1000 m) διαφορά

θερμοκρασίας ανάμεσα σε υδάτινες μάζες επιφάνειας και πυθμένα, που προσεγγίζει τους 20°C. Η τεχνολογική εκμετάλλευση αυτής της διαφοράς βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο αλλά σε περιοχές μεγάλου βάθους όπως ο Ειρηνικός Ωκεανός υπάρχουν ελπιδοφόρα μηνύματα.

Κατά την εκροή ποταμών στη θάλασσα, λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της όσμωσης μεταξύ του αραιού διαλύματος του γλυκού νερού και του πυκνού διαλύματος του αλμυρού νερού της θάλασσας. Η εκλυόμενη ενέργεια είναι τεράστια και εκτιμάται στα 2.65MW/m³/s που ισοδυναμεί με υδατόπτωση ύψους 270m σε κάθε εκβολή ποταμού. Το δυναμικό βρίσκεται δυστυχώς σε κατάσταση υψηλής διάχυσης και ακόμα δεν έχει ανακαλυφθεί πρακτική τεχνολογία εκμετάλλευσής του.

2.6 Γεωθερμικό Δυναμικό:

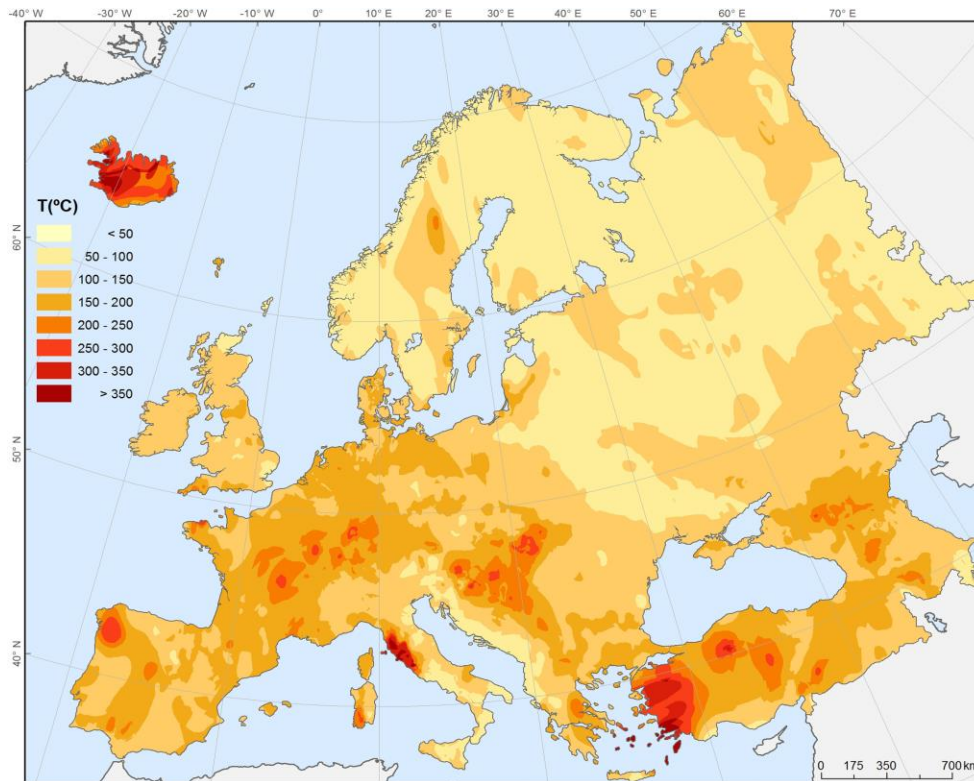
Με τον όρο γεωθερμικό δυναμικό αναφερόμαστε στην θερμική ενέργεια ρευστών που βρίσκονται στον πυθμένα της γης. Ορίζουμε κατά αυτό τον τρόπο, το ενεργειακό περιεχόμενο του συνόλου των γηγενών φυσικών ατμών, των θερμών επιφανειακών ή υπόγειων υγρών και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών. Σε περιοχές με ηφαιστειακή δραστηριότητα, στρώματα του υδροφόρου ορίζοντα θερμαίνονται μέσω συναγωγής από το υπέδαφος στο οποίο διέρχεται μάγμα. Τα υπόγεια αυτά υγρά μπορούν να κινηθούν μέσω των πετρωμάτων και να φτάσουν στην επιφάνεια της γης έχοντας εκμεταλλεύσιμα υψηλή θερμοκρασία. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία ήπια μορφή ενέργειας, πρακτικά ανεξάντλητη και έχει άμεση σχέση με την γεωτεκτονική κατάσταση μιας περιοχής.

Διακρίνουμε τα γεωθερμικά πεδία σε:

1. Χαμηλής Ενθαλπίας (25-100oC) που χρησιμοποιούνται σε θέρμανση κατοικιών ή αγροτικών υποδομών.
2. Μέσης Ενθαλπίας (100 – 150oC) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε στροβίλους. Χρησιμοποιούνται επίσης σε διεργασίες ξήρανσης ή θερμής επεξεργασίας στις βιομηχανίες (πχ χαρτιού, ξυλείας).
3. Υψηλής Ενθαλπίας (θερμοκρασία μεγαλύτερη των 150oC) που χρησιμοποιείται προνομιακά για ηλεκτροπαραγωγή. Το ρευστό ξεκινάει ως υπέρθερμο, διέρχεται από τα πετρώματα του υπεδάφους χάνοντας σταδιακά πίεση και εκτονώνεται στην επιφάνεια του εδάφους ως μείγμα ατμού – υγρού (ατμίδα)

Στα παραπάνω πεδία δύναται να προστεθεί η περίπτωση της αβαθούς γεωθερμίας, η εκμετάλλευση

δηλαδή της σταθερής θερμοκρασίας των ανώτατων στρωμάτων του φλοιού της γης (10-100m) , για ανάγκες ψύξης ή θέρμανσης κτισμάτων.



Σχήμα 11: Θερμοκρασία υπεδάφους για βάθος 1000 m. (πηγή Enhanced geothermal systems in Europe: An estimation and comparison of the technical and sustainable potentials, C. R.Chamorro et al, 2014)

Για την ύπαρξη και εκμετάλλευση ενός γεωθερμικού πεδίου θα πρέπει να συντρέχουν κάποιες βασικές παράμετροι. Πρέπει να υπάρχει ως πηγή θερμότητας μαγματικό υλικό σε βάθος 5-15 km το οποίο εισχωρώντας στα ανώτερα στρώματα του στερεού φλοιού της γης να έχει διατηρήσει θερμοκρασία 600-900oC. Επιπροσθέτως υπάρχει υπερκείμενος γεωθερμικός ταμιευτήρας με γεωθερμικό ρευστό (συνήθως ατμοσφαιρικό νερό που κατεισδύει στον γεωθερμικό ταμιευτήρα), ο οποίος είναι διαπερατός γεωλογικός σχηματισμός μέγιστου βάθους 3km (μέχρι αυτό το βάθος είναι οικονομικά βιώσιμη η εκμετάλλευσή του πεδίου). Καταληκτικά ο ταμιευτήρας καλύπτεται από χαμηλής διαπερατότητας πετρώματα που τον στεγανοποιούν διατηρώντας το θερμό ρευστό μέσα στον ταμιευτήρα και επιτρέποντας μόνο ενός μικρού μέρους του να αποδράσει προς την επιφάνεια του εδάφους. Η εκμετάλλευση του πεδίου γίνεται μέσω του γεωθερμικού ρευστού, το οποίο στην περίπτωση που δεν φτάνει φυσικά στην επιφάνεια, αντλείται με γεωτρήσεις παρόμοιες της άντλησης πετρελαίου

3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Τεχνολογίες

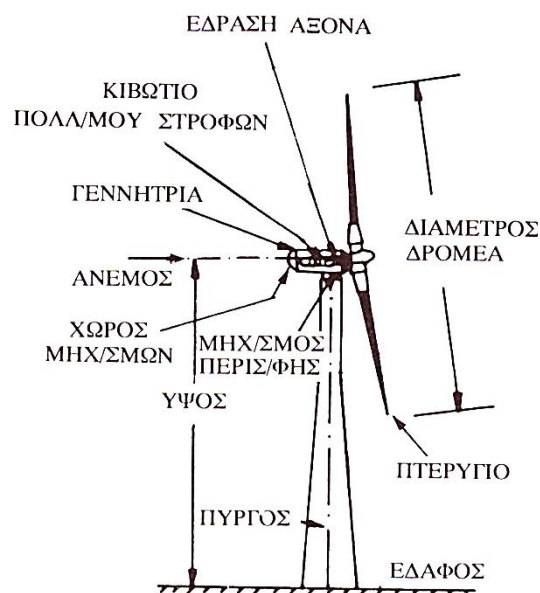
3.1 Τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας

3.1.1 Ανεμογεννήτριες – Αιολικά Πάρκα

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού ονομάζονται ανεμοκινητήρες ή συνθηθέστερα ανεμογεννήτριες. Η κινητική ενέργεια των αέριων μαζών μετατρέπεται με την βοήθεια περιστρεφόμενων πτερυγίων σε κινητική περιστροφική. Το μηχανικό αυτό έργο μετατρέπεται σε μία γεννήτρια σε ηλεκτρικό ρεύμα κατάλληλης συχνότητας και τάσης, προς κατανάλωση.

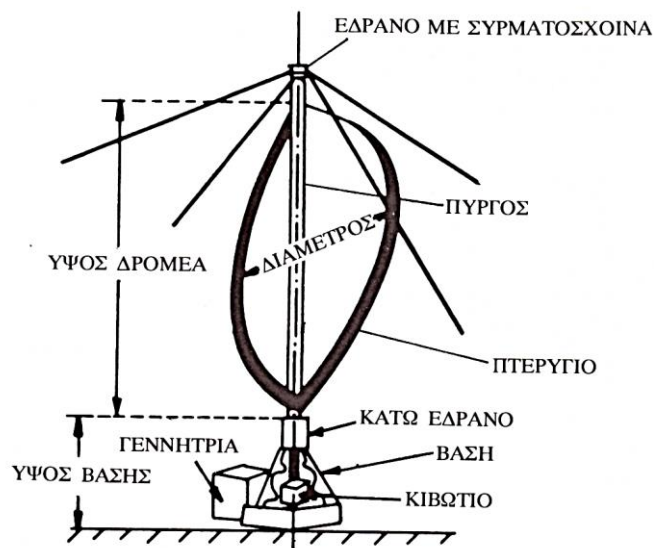
Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε 2 κύριους τύπους με βάση τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής του δρομέα τους (κινούμενος εξοπλισμός) σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

1. Στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα (Σχήμα 12) οι οποίες αποτελούν και την συντριπτική πλειοψηφία των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται στα αιολικά πάρκα. Διαθέτουν συνθηθέστερα 2 ή 3 πτερύγια που προσομοιάζουν με έλικα αεροπλάνου. Αυτού του τύπου οι γεννήτριες μπορούν να έχουν τον δρομέα στο εμπρόσθιο τμήμα του πύργου (έναντι του ανέμου) ή εναλλακτικά στο οπίσθιο μέρος του πύργου στήριξης (κατάντη του ανέμου).



Σχήμα 12: Διάταξη γεννήτριας οριζοντίου άξονα [5]

2. Στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα (Σχήμα 13) που λόγω σχεδιασμού δεν χρειάζονται πύργο στήριξης και μπορούν να εκμεταλλευτούν όλες τις διευθύνσεις του ανέμου χωρίς να υπάρχει μηχανισμός προσανατολισμού (σε αντίθεση με τις οριζοντίου άξονα που απαιτούν παθητικό ή ενεργητικό μηχανισμό προσανατολισμού). Οι ανεμογεννήτριες αυτές ενδείκνυνται για χρήση στην ηλεκτροδότηση κτισμάτων και μικροδικτύων λόγω της εύκολης τοποθέτησης τους πχ σε ταράτσες κτηρίων. Οι γεννήτριες αυτές είναι μηχανές εγκάρσιας ροής, ο άνεμος δηλαδή πνέει σε επίπεδο κάθετο στον άξονα περιστροφής (δρομέα), Τα κινούμενα πτερύγια σαρώνουν μια τρισδιάστατη περιοχή εντελώς διαφορετική από την επιφάνεια περιστροφής των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα. Τα μηχανικά τους μέρη και η αρχή λειτουργίας τους, πέρα από τις προαναφερθείσες διαφορές, δεν διαφέρουν από τα αντίστοιχα των οριζοντίου άξονα, οπότε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα αναφερθούμε μόνο στις δεύτερες που θα χρησιμοποιηθούν και στην μοντελοποίηση.



Σχήμα 13: Διάταξη ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα[5]

Στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς ανεμόμυλους που εκμεταλλεύονταν κυρίως την αντίσταση των πτερυγίων στον άνεμο, με χρήση καινοτομιών στον σχεδιασμό τους, γίνεται εκμετάλλευση παράλληλα και της δύναμης άνωσης, η οποία μπορεί να γίνει μέχρι και υπερδεκαπλάσια της αντίστασης. Αυτό το επιτυγχάνουν τόσο μέσω του σχεδιασμού των πτερυγίων όσο και με ενεργητικούς μηχανισμούς που ρυθμίζουν την γωνία που σχηματίζει το πτερύγιο με την διεύθυνση του ανέμου.

Ο υπολογισμός του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής μέσω της ταχύτητας του ανέμου είναι ένας πολύ χονδρικός υπολογισμός. Στην πραγματικότητα, η ισχύς που συλλέγεται από μία αιολική μηχανή είναι μικρότερη της θεωρητικής διαθέσιμης ισχύος για τους εξής 2 λόγους:

1. Ο άνεμος εξακολουθεί να κινείται και μετά την αλληλοεπίδραση του με τον ρότορα της ανεμογεννήτριας, άρα διατηρεί κλάσμα της κινητικής του ενέργειας.
2. Ο αέρας ως μη ιδανικό ρευστό διαθέτει ιξώδες. Λόγω εσωτερικής τριβής η αλληλεπίδραση του με τα πτερύγια οδηγεί σε απώλειες ενέργειας με τη μορφή θερμότητας.

Γι αυτό το λόγο οι ανεμοκινητήρες χαρακτηρίζονται από έναν συντελεστή ισχύος ή αλλιώς βαθμό απόδοσης με τύπο:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} * \rho * A * V^3}$$

όπου:

P = η αποδιδόμενη από την ανεμογεννήτρια ισχύς

ρ = πυκνότητα του αέρα

A = εμβαδόν διατομής ροϊκού σωλήνα, πρακτικά το εμβαδόν της περιοχής που σαρώνουν τα πτερύγια

V = η ταχύτητα του ανέμου

Να σημειωθεί πως η ισχύς του ανεμοκινητήρα είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου, άρα κατά την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου σε ανταγωνιστικές περιοχές έχει τεράστια σημασία έστω και η μικρή διαφορά στην μέση ταχύτητα του ανέμου. Επειδή ο αέρας είναι απλά ένα ρευστό, η ίδια εξάρτηση ισχύος από τον κύβο της ταχύτητας ισχύει και για μηχανές που εκμεταλλεύονται το δυναμικό άλλων ρευστών (βλ στην συνέχεια της εργασίας την ενέργεια της κίνησης του νερού)

Χρειάζεται να απαντηθεί το ερώτημα υπό ποιες συνθήκες μία αιολική μηχανή συλλέγει τη μέγιστη δυνατή ενέργεια από το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Εάν ο ρότορας περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα, μεγαλύτερο ποσοστό του ανέμου διέρχεται από το διάκενο μεταξύ των πτερυγίων και δεν αποδίδει την ενέργεια που φέρει, στη μηχανή. Εάν ο ρότορας περιστρέφεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα τότε ο άνεμος είναι σαν να συναντάει ένα συμπαγές εμπόδιο το οποίο παρακάμπτει παραπλεύρως.

Ο ίδιος ο συντελεστής ισχύος της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τα γεωμετρικά άρα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος και είναι συνάρτηση της αδιάστατης ταχύτητας ακροπτερυγίου λ , που ονομάζεται και κατάσταση λειτουργίας του δρομέα και δίνεται από τον τύπο:

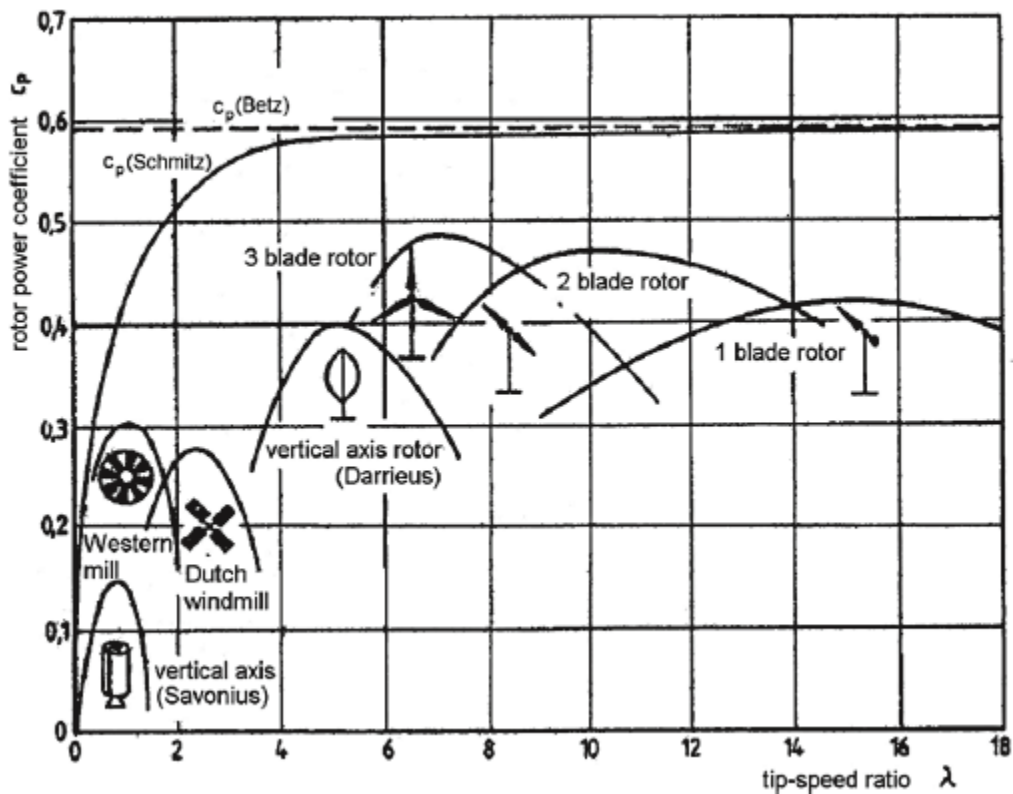
$$\lambda = \frac{\omega * R}{V}$$

όπου:

ω = η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα

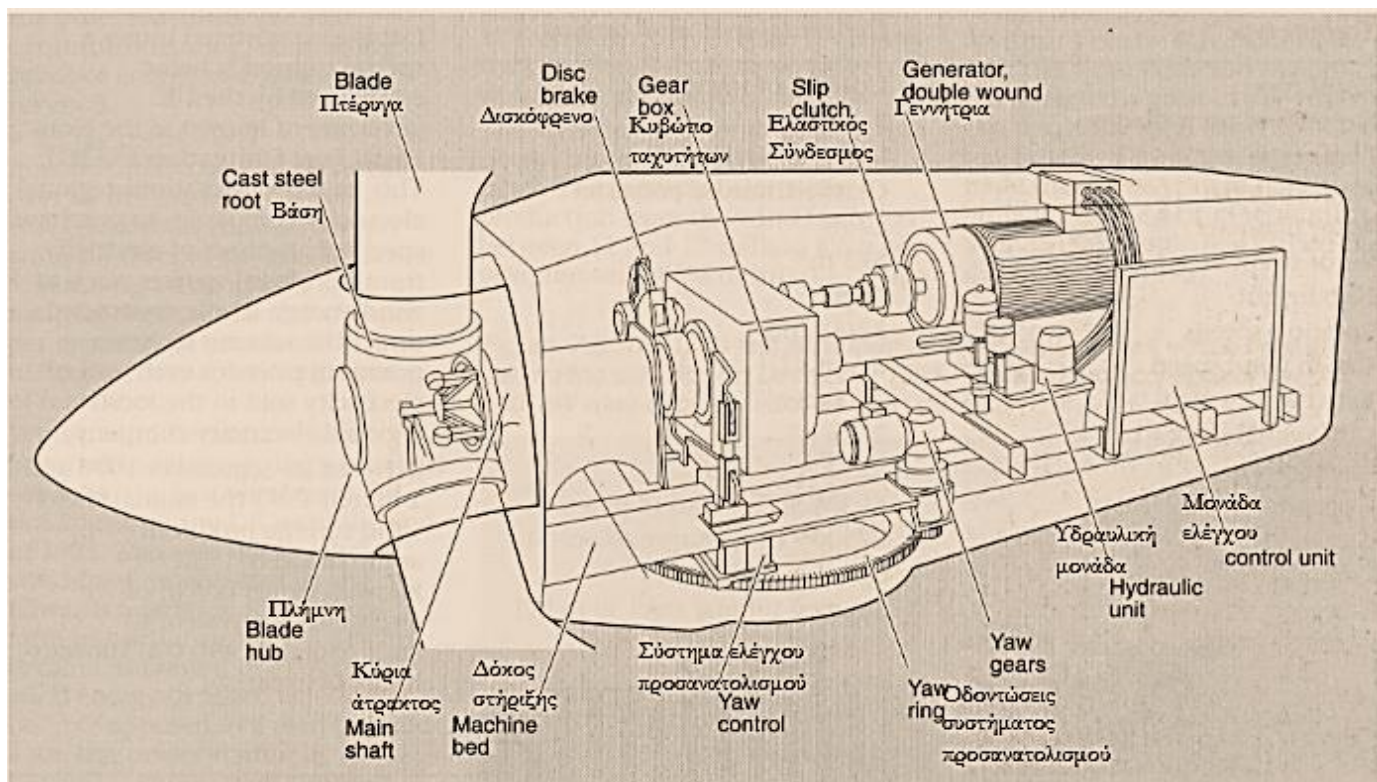
R = η ακτίνα του δρομέα (μήκος ενός πτερυγίου)

Βλέπουμε λοιπόν πως αν αυξηθεί η ταχύτητα του ανέμου (V) θα πρέπει να αυξηθεί και η γωνιακή ταχύτητα του ρότορα (ω) ώστε το λ να παραμείνει σε ένα πειραματικά προσδιορισμένο βέλτιστο. Οι ανάγκες της ηλεκτροπαραγωγής όμως απαιτούν σταθερές συχνότητες περιστροφής, γι αυτό και μηχανολογικά παρεμβάλλονται inverters που σταθεροποιούν την εναλλασόμενη ηλεκτρική ενέργεια της μηχανής πριν αυτή αποδοθεί στο δίκτυο.



Διάγραμμα 10: Τυπικές καμπύλες διαφορετικών σχεδιασμών – συνάρτηση $C_p - \lambda$

Όπως παρατηρούμε και στο Διάγραμμα 10 που παρουσιάζονται τυπικές καμπύλες για διαφορετικούς σχεδιασμούς μηχανών, οι σύγχρονες πλεονεκτούν των παραδοσιακών γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερους συντελεστές ισχύος και μάλιστα για μεγαλύτερες ταχύτητες δρομέα. Αξίζει να σημειωθεί πως το C_p δεν είναι αυστηρά ο βαθμός απόδοσης του δρομέα αλλά αναφέρεται σε μια ισχύ που δεν μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε ολόκληρη ακόμα και σε μια ιδανική έλικα. Η μέγιστη τιμή του C_p καλείται όριο Benz και είναι ίσο με $C_p=19/27$



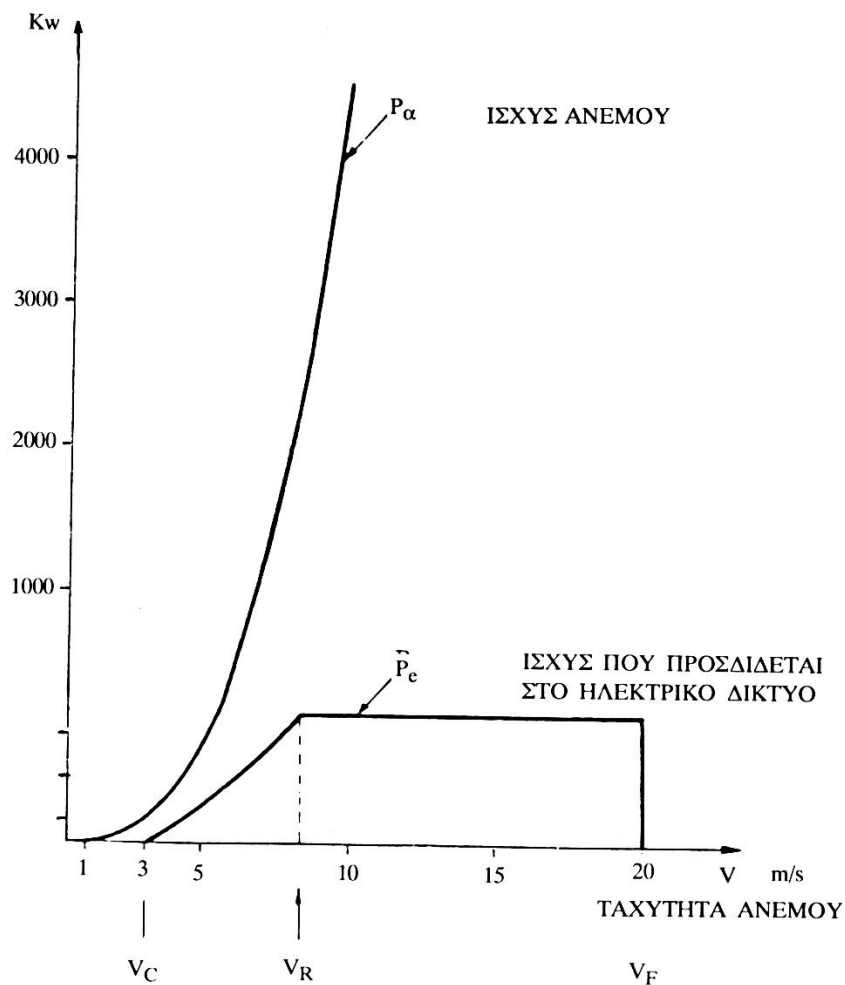
Σχήμα 14: Ανάλυση συστημάτων ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα [1]

Στο Σχήμα 14 παρουσιάζονται τα κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα.

Ο δρομέας που συνίσταται από την πλήμνη και τα πτερύγια είναι το πιο βασικό τμήμα στη σχεδίαση του συστήματος. Η επιλογή του αριθμού των πτερυγίων και τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να μεγιστοποιήσουν την εκμετάλλευση των δυνάμεων άνωσης ενώ τα υλικά κατασκευής πρέπει να είναι ελαφριά και παράλληλα ανθεκτικά στην μηχανική κόπωση λόγω τάσεων. Επιλέγεται ένας βέλτιστος σχεδιασμός μεταξύ διαφόρων παραμέτρων όπως ταχύτητα περιστροφής, συστροφή, μέσο γεωμετρικό βήμα, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή, με σκοπό την μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας. Ως υλικά κατασκευής χρησιμοποιείται πολυουρεθάνη,

υαλόνημα ή ξύλο, υλικά που αντέχουν στη διάβρωση και έχουν καλή συμπεριφορά σε εναλλασσόμενη φόρτιση.

Το σύστημα προσανατολισμού είναι ένας σερβομηχανισμός που μέσω της περιστροφής αναγκάζει τον δρομέα να παραμένει κάθετος στην διεύθυνση του ανέμου. Η ρύθμιση της βέλτιστης ταχύτητας περιστροφής του δρομέα γίνεται μέσα από το υδραυλικό σύστημα του κιβώτιου ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα από τα μέρη που δέχονται την μεγαλύτερη μηχανική καταπόνηση και δουλειά του είναι να μετατρέπει την αργή περιστροφική κίνηση υψηλής ροπής του ρότορα σε ταχεία κίνηση μικρής ροπής προς εκμετάλλευση στην γεννήτρια. Η νασέλλα και ο δρομέας στηρίζονται σε έναν κωνικό πύργο που μπορεί να είναι σωληνωτός, τύπου δικτυώματος ή και από σκυρόδεμα με σκοπό την αύξηση της αντοχής του. Τέλος η γεννήτριάς μπορεί να είναι ασύγχρονες ή σύγχρονες με προτίμηση της σύγχρονες για ηλεκτρικά δίκτυα με μικρότερη αδράνεια.



Διάγραμμα 11: Τυπική καμπύλη ισχύος Α/Γ [5]

Για την επιλογή, από τον μηχανικό, της κατάλληλης για κάθε περίπτωση αιολικής μηχανής δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρία η καμπύλη ισχύος της μηχανής (Διάγραμμα 11)

Να σημειωθεί ότι:

1. Η ανεμογεννήτρια είναι σε θέση να αποδώσει ωφέλιμη ισχύ μόνο όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανή να ξεπεράσει τις απώλειες τριβής, άξονα, μειωτήρα στροφών και γεννήτριας της μηχανής. Η ταχύτητα αυτή που ονομάζεται ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (V_{cut-in} , V_c). Για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της V_c η γεννήτρια δεν αποδίδει ισχύ.
2. Αυξανόμενη της ταχύτητας του ανέμου αυξάνεται και η ωφέλιμη ισχύ μέχρι να φτάσει στην ονομαστική ισχύ της γεννήτριας P_e (κατασκευαστικό χαρακτηριστικό). Η περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας δεν αποδίδει ισχύ μεγαλύτερη της ονομαστικής ισχύος. Η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου για επίτευξη της ονομαστικής ισχύος καλείται ονομαστική ταχύτητα ανέμου V_R . Συνήθως επιλέγεται ίση με 1.5 φορές μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα ανέμου στην περιοχή ενδιαφέροντος.
3. Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 20 m/s για μικρές γεννήτριες και 25m/s για μεγαλύτερες, διακόπτεται η λειτουργία της εγκατάστασης για λόγους ασφαλείας. Η ελάχιστη ταχύτητα για παύση της λειτουργίας της μονάδας καλείται ταχύτητα διακοπής λειτουργίας V_F .
4. Κατά τη λειτουργία της μηχανής έχουμε αεροδυναμικές απώλειες που επεξηγούν την διαφορά μεταξύ της ισχύος του ανέμου και της ισχύος της ανεμογεννήτριας. Επιπλέον έχουμε μηχανικές απώλειες από τα κύρια συστήματα και τα υποσυστήματα της Α/Γ που μπορούν να φτάσουν το 10% της ονομαστικής ισχύος.

Πολλαπλασιασμός των τιμών της πυκνότητας κατανομής πιθανότητας ανέμου (Διάγραμμα 5) με τις τιμές αποδιδόμενης ισχύος από την καμπύλη ισχύος (Διάγραμμα 11) μας οδηγεί σε έναν πρόχειρο υπολογισμό του τεχνολογικά αξιοποιήσιμου δυναμικού για το συγκεκριμένο μοντέλο ανεμογεννήτριας.

Μία αιολική μηχανή δεν παράγει όση ενέργεια δηλώνει η ονομαστική ισχύς τους κατά όλη τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας τους. Για κάθε ταχύτητα ανέμου εντός των ορίων λειτουργίας τους, η παραγόμενη ενέργεια είναι το γινόμενο του χρόνου εμφάνισης της συγκεκριμένης ταχύτητας επί την ισχύ που της αντιστοιχεί από την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας. Ακόμα πρέπει να συνυπολογίσουμε τον συντελεστή διαθεσιμότητας της, δηλαδή τον χρόνο που λειτουργεί η μηχανή

γιατί δεν βρίσκεται σε αναστολή λειτουργίας λόγω συντήρησης. Ο συντελεστής διαθεσιμότητας έχει τυπικές τιμές 0.96-0.99.

Λόγω της μικρής πυκνότητας του αιολικού δυναμικού, για την παραγωγή αξιόλογης ποσότητας ενέργειας τοποθετούνται πολλές αιολικές μηχανές σε μια γεωγραφική περιοχή, σχεδιάζονται δηλαδή αιολικά πάρκα. Κάθε γεννήτρια που δεσμεύει ενέργεια από μια αέρια μάζα επιβραδύνει το ρεύμα αέρα με αποτέλεσμα η ανεμογεννήτρια που βρίσκεται κατάντη να εκμεταλλεύεται άνεμο χαμηλότερης ταχύτητας και να αποδίδει λιγότερη ενέργεια από την ανάντη μηχανή. Σε κάθε περίπτωση δύο μηχανές δεν πρέπει να απέχουν λιγότερο από 5-6 διαμέτρους δρομέα, ενώ σε απόσταση 20 διαμέτρων δρομέα οι αλληλεπιδράσεις εξασθενούν σχεδόν ολοκληρωτικά.

Για να θεωρηθεί μια περιοχή κατάλληλη για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου είναι χρήσιμο να συντρέχουν οι εξής συνθήκες:

1. στην περιοχή να πνέουν άνεμοι με μέση ετήσια ταχύτητα μεγαλύτερη των 4 m/s σε ύψος 10 m από το έδαφος
2. η περιοχή να βρίσκεται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των -10 m και μικρότερο των 1000 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ανώτατο όριο βασίζεται στο γεγονός ότι με αύξηση του υψομέτρου έχουμε μείωση της πυκνότητας του αέρα οπότε μεταφέρεται μικρότερη ενέργεια από την ίδια μάζα ανέμου.
3. η θέση να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του μισού χιλιομέτρου από τα όρια της κοντινότερης πόλης, τόσο για λόγους ασφαλείας όσο και για να μην υπάρχει τυχόν οπτική ή ακουστική όχληση.
4. να μην συντρέχουν ειδικοί λόγοι απαγόρευσης εγκατάστασης λόγω χρήσης γης, όπως για παράδειγμα αρχαιολογικοί χώροι, προστατευόμενοι βιότοποι, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, κεραιές τηλεπικοινωνιών ή ασταθή εδάφη.

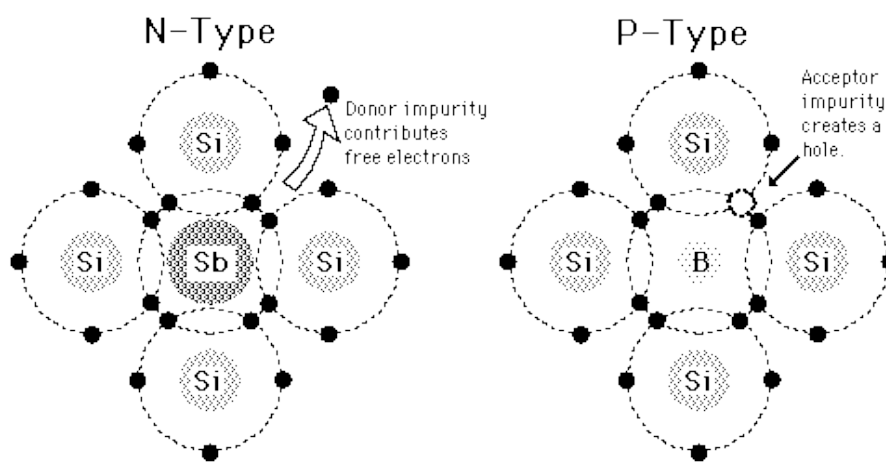
Στην Ελλάδα η εγκατάσταση αιολικών πάρκων έχει έρθει αντιμέτωπη με κινήματα προστασίας και διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στην οροσειρά των Άγραφων έχει δημιουργήσει ένα κίνημα αντίθεσης σε αυτή την επένδυση διότι η εγκατάσταση θα καταστρέψει μέρος του βουνού και της βλάστησης του για διάνοιξη δρόμων, για την έδραση των πύργων κ.α. Επομένως η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου πρέπει να έχει την συγκατάβαση της τοπικής κοινωνίας, να προσφέρει ανταποδοτικά οφέλη στους κατοίκους και να γίνεται με τρόπο που να μην έχει μεγάλο αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον.

3.1.2 Φωτοβολταϊκά

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από συνδυασμό δύο λεπτών στρωμάτων από διαφορετικούς ημιαγωγούς με βάση κυρίως το πυρίτιο. Το άτομο του πυριτίου έχει 4 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα. Το κάθε άτομο Si τοποθετείται σε ένα κυβικό κρύσταλλο συνεισφέροντας 2 ηλεκτρόνια σε ομοιοπολικό δεσμό με 4 γειτονικά άτομα Si. Όταν ένα φωτόνιο συναντήσει ένα ηλεκτρόνιο του κρυστάλλου, το δεύτερο απορροφά ενέργεια, μεταπηδά στην ζώνη αγωγιμότητας και κινείται ελεύθερα στον κρύσταλλο αφήνοντας πίσω του μια οπή, δηλαδή μια περιοχή θετικού φορτίου. Με την εισαγωγή προσμίξεων στον κρύσταλλο κατασκευάζουμε p-type ή n-type ημιαγωγούς.

Κρύσταλλοι πυριτίου n-type δημιουργούνται με την προσθήκη απειροελάχιστης πρόσμιξης φωσφόρου στον πυριτικό κρύσταλλο. Ο φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια σθένους, 4 από τα οποία θα προσδεθούν ομοιοπολικά με γειτονικά άτομα Si. Το ηλεκτρόνιο που περισσεύει θα συγκρατείται χαλαρά από τον θετικό πυρήνα του φωσφόρου ώσπου με την πρόσπτωση φωτονίου στον κρύσταλλο θα μεταπηδήσει στην ζώνη αγωγιμότητας και θα αποδεσμευθεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε κανονικές θερμοκρασίες οι κρύσταλλοι n-type να έχουν περίσσεια ηλεκτρονίων.

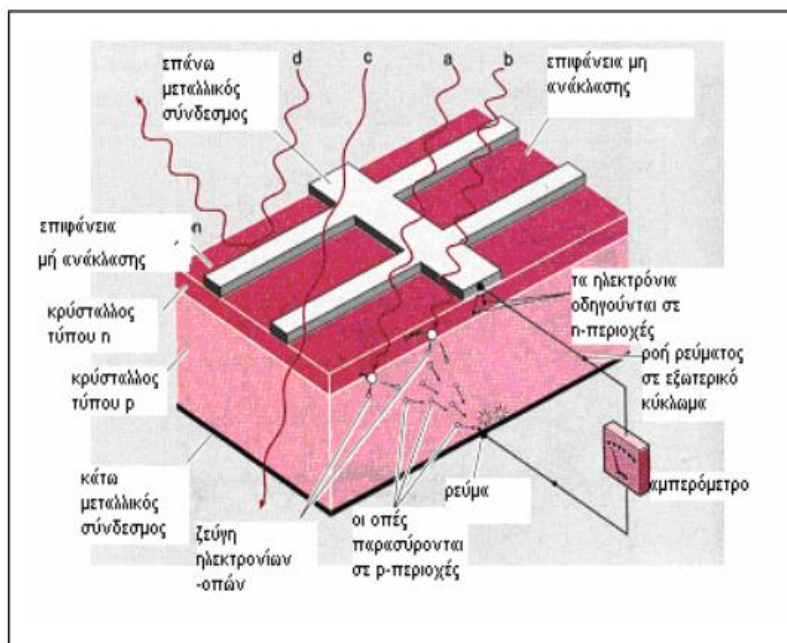
Κρύσταλλοι πυριτίου δημιουργούνται με την προσθήκη απειροελάχιστης πρόσμιξης βορείου. Το βόρειο έχει 3 ηλεκτρόνια σθένους, τα οποία θα προσδεθούν στα 3 γειτονικά άτομα πυριτίου με ομοιοπολικούς δεσμούς. Το τέταρτο άτομο πυριτίου σχηματίζει δεσμό στον οποίο λείπει ένα ηλεκτρόνιο, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια οπή (θετικό φορτίο) που μπορεί να καλυφθεί από ένα άλλο ηλεκτρόνιο.



Σχήμα 15: n - type και p - type ημιαγωγοί

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο κατασκευάζεται με την επαφή δύο στρωμάτων από n-type και p-type ημιαγωγούς. Οι δύο ημιαγωγοί πριν την επαφή τους είναι ουδέτεροι. Με την επαφή τους όμως ελεύθερα ηλεκτρόνια του n-type ημιαγωγού διαχέονται μέσα στον p-type ημιαγωγό και επανασυνδέονται με εκεί ηλεκτρόνια οπών, σε μία σχετικά στενή επιφάνεια. Αυτή η επιφάνεια ονομάζεται ζώνη εξάντλησης των φορέων γιατί έχει ελάχιστους φορείς ρεύματος. Αποτέλεσμα της διάχυσης είναι ο p-type να φορτίζεται αρνητικά και ο n-type να φορτίζεται θετικά, οπότε να δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Κατά την πρόσπτωση ηλεκτρονίου με επαρκή ενέργεια στην περιοχή του p-type ημιαγωγού, δημιουργείται ένα ζεύγος οπής – ηλεκτρονίου. Το εκλυόμενο ηλεκτρόνιο έλκεται προς την θετικά φορτισμένη n-type περιοχή. Αντίστοιχα κατά την πρόσπτωση ηλεκτρονίου στην n-type περιοχή, η παραγόμενη οπή κινείται προς την αρνητικά p-type περιοχή. Δημιουργείται έτσι ηλεκτρικό πεδίο αντίθετο αυτού που δημιουργήθηκε από τον μηχανισμό της διαχύσεως. Αν συνδέσουμε τις δύο πλευρές της επαφής με ηλεκτρόδια μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την διαφορά δυναμικού προς παρασκευή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος.

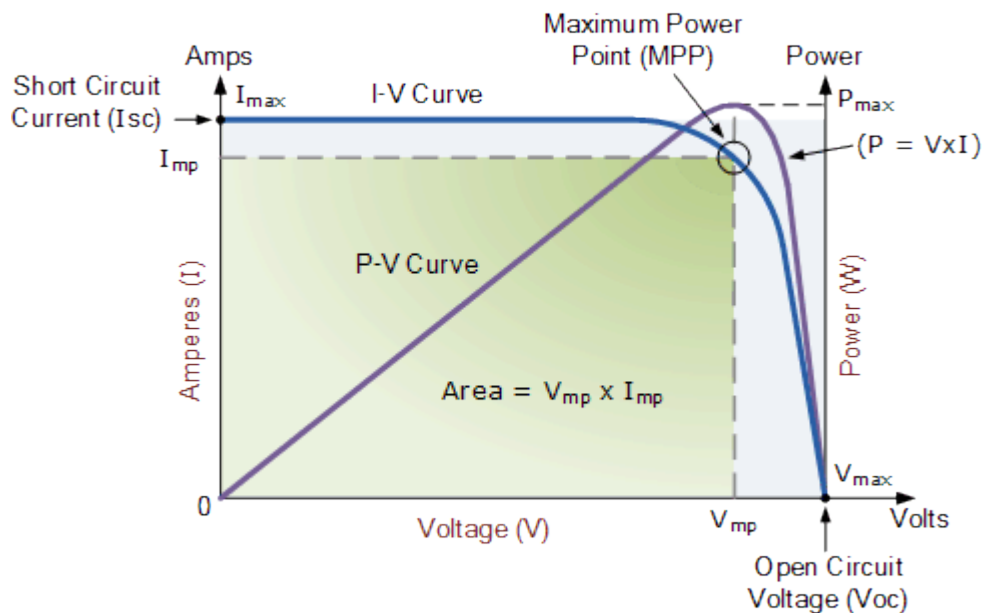
Το ρεύμα που παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι ανάλογο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και αντιστρόφως ανάλογο του μήκους κύματος της ακτινοβολίας. Είναι σημαντικό η ενεργειακή διαφορά των ζωνών του υλικού κατασκευής να ταιριάζει με το φάσμα της ακτινοβολίας που θα αξιοποιηθεί. Η μέγιστη θεωρητική απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί με ενώσεις πυριτίου έχει υπολογιστεί στο 30%. Πρακτικά οι αποδόσεις που έχουν επιτευχθεί είναι πολύ μικρότερες.



Σχήμα 16: Τεχνολογία φωτοβολταϊκού στοιχείου.[1]

Οι κύριες κατηγορίες Φ/Β με βάση τη μέθοδο κατασκευής είναι:

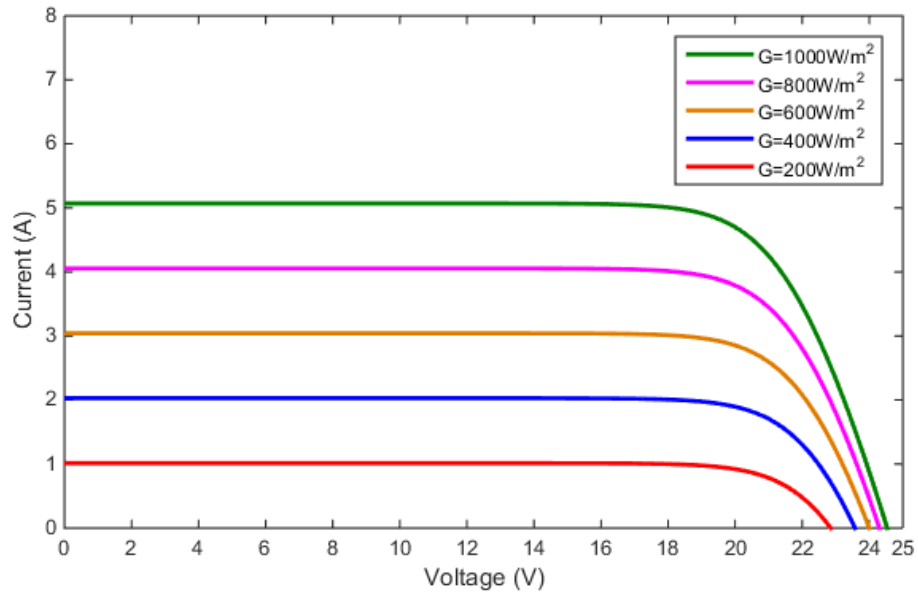
1. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου: πρόκειται περί τυπικών ηλιακών στοιχείων καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου πάχους από 200 έως 400 μm .
2. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου: προκύπτουν από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους πυριτίου και έχουν τετράγωνη μορφή και μεγαλύτερο μέγεθος από τα μονοκρυσταλλικά.
3. Τα στοιχεία λεπτής μεμβράνης: κατασκευάζονται από εξαιρετικά λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) άμορφου ημιαγωγού.



Διάγραμμα 12: Τυπικό διάγραμμα I V φωτοβολταϊκού κελιού.

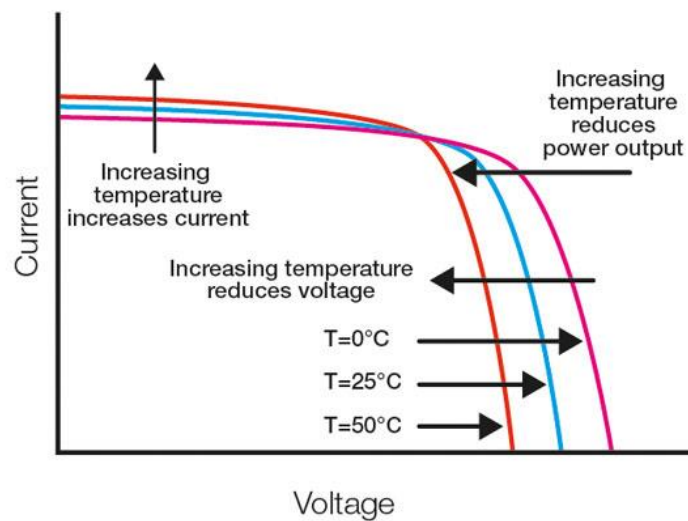
Χαρακτηριστικά μεγέθη για κάθε φωτοβολταϊκό που δίνονται από τις κατασκευάστριες εταιρίες ως τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως παρουσιάζονται και στο Διάγραμμα 12 είναι:

1. η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} , η τάση δηλαδή στα άκρα του φωτοβολταϊκού στοιχείου όταν αυτά δεν κλείνουν κύκλωμα.
2. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , το ρεύμα δηλαδή που αποδίδει το στοιχείο όταν τα άκρα του ενώνονται μέσω μηδαμινής αντίστασης
3. Η ισχύς όπως είναι γνωστό ισούται με το γινόμενο έντασης και τάσης. Για κάθε δεδομένο φωτοβολταϊκό στοιχείο η αποδιδόμενη ισχύς γίνεται μέγιστη στο Σημείο Μεγίστης Ισχύος (MPP) στο οποίο αντιστοιχεί τάση V_{mp} και ένταση I_{mp} . Αυτό γίνεται εμφανές άμα μελετήσουμε την μορφή της της μοβ καμπύλης P-V, του διαγράμματος δηλαδή τάσης – ισχύος.



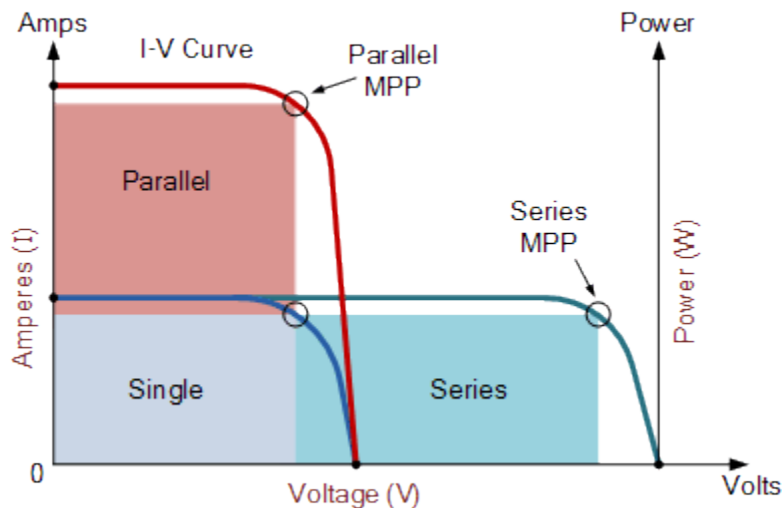
Διάγραμμα 13: Μεταβολή καμπύλης IV συναρτήσει ηλιακής ακτινοβολίας σε τυπικό φωτοβολταϊκό κελί

Όπως παρατηρούμε και στο Διάγραμμα 13, μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω στο φωτοβολταϊκό στοιχείο μεταβάλλουν τις καμπύλες I/V. Συγκεκριμένα, αύξηση της ακτινοβολίας οδηγεί σε αύξηση της έντασης του ρεύματος (και σχετικά αμελητέα αύξηση της τάσης του). Η προσπίπτουσα ακτινοβολία εξαρτάται και από τη γωνία πρόσπτωσης, με μέγιστη ακτινοβολία για κάθετη πρόσπτωση ακτίνων. Τα σωστά σχεδιασμένα φωτοβολταϊκά διαθέτουν σύστημα ανίχνευσης του ηλίου στον ορίζοντα ώστε να είναι πάντα κάθετα στις προσπίπτουσες ηλιακές ακτίνες.



Διάγραμμα 14: Μεταβολή καμπύλης IV συναρτήσει θερμοκρασίας σε τυπικό φωτοβολταϊκό κελί

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται συνήθως με σκούρο χρώμα για να απορροφούν μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα θερμαίνονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του περιβάλλοντος. Στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζονται οι μεταβολές της καμπύλης I-V για αυξανόμενες θερμοκρασίες. Παρατηρούμε ότι η αποδιδόμενη ισχύς μειώνεται κάτι που σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης μειώνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός μείωσης του βαθμού απόδοσης συναρτήσει της θερμοκρασίας είναι ακόμα ένα τεχνικό χαρακτηριστικό που δίνεται από τον κατασκευαστή του φωτοβολταϊκού στοιχείου.



Διάγραμμα 15: Συνδέσεις παράλληλα/ εν σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο αποδίδει συνήθως ισχύ 1-2W και δίνει τάση 0.6 Volts, το οποίο σημαίνει ότι δεν μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες ούτε μιας ταπεινής κατοικίας. Έτσι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται είτε σε σειρά είτε παράλληλα σε φωτοβολταϊκά πάνελς των 50W. Σύμφωνα και με το Διάγραμμα 15 για να κατασκευαστούν πάνελ τάσης 12 ή 24 Volts (που είναι και η πιο συνηθισμένη περίπτωση) γίνεται σύνδεση εν σειρά πολλών φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Για τη διαστασιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος κάνουμε χρήση των παρακάτω εξισώσεων:

Η παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πάνελ δίνεται από τον τύπο:

$$E_{pv} = n_p \cdot \bar{H}_T \cdot A$$

όπου

A = επιφάνεια του πάνελ

Η μέση απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου δίνεται από τον τύπο:

$$\eta_p = \eta_r * [1 - \beta_p (T_c - T_r)]$$

Όπου:

β_p = συντελεστής θερμοκρασίας για την μεταβολή της απόδοσης του ΦΒ συναρτήσει της θερμοκρασίας. Δίνεται από τον κατασκευαστή του στοιχείου στη λίστα τεχνικών χαρακτηριστικών.

T_c = θερμοκρασία που εξαρτάται από την μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος T_a σύμφωνα με τη σχέση

$$T_c - T_a = (219 + 832 * k_T) * (NOCT - 20) / 800 \text{ (σχέση του Evans)}$$

όπου:

NOCT = nominal operating cell temperature που δίνεται από τον κατασκευαστή του στοιχείου.

η_r = βαθμός απόδοσης στην θερμοκρασία αναφοράς T_r

Αν η κλίση του ΦΒ στοιχείου είναι διαφορετική της βέλτιστης (πρέπει να ισούται με γεωγραφικό πλάτος ελαττωμένο κατά την ηλιακή απόκλιση) τότε γίνεται χρήση της σχέσης

$$T_c - T_a = C_f * (219 + 832 * k_T) * (NOCT - 20) / 800$$

όπου

C_f είναι διορθωτικός συντελεστής ίσος με

$$|C_f = 1 - 1.17 * 10^{-4} * (\beta_m - \beta)^2$$

β_m βέλτιστη κλίση συλλέκτη

Με δεδομένες απώλειες ω_p για το φωτοβολταϊκό, η ενέργεια που λαμβάνουμε είναι

$$E_A = E_{pv} * (1 - \omega_p)$$

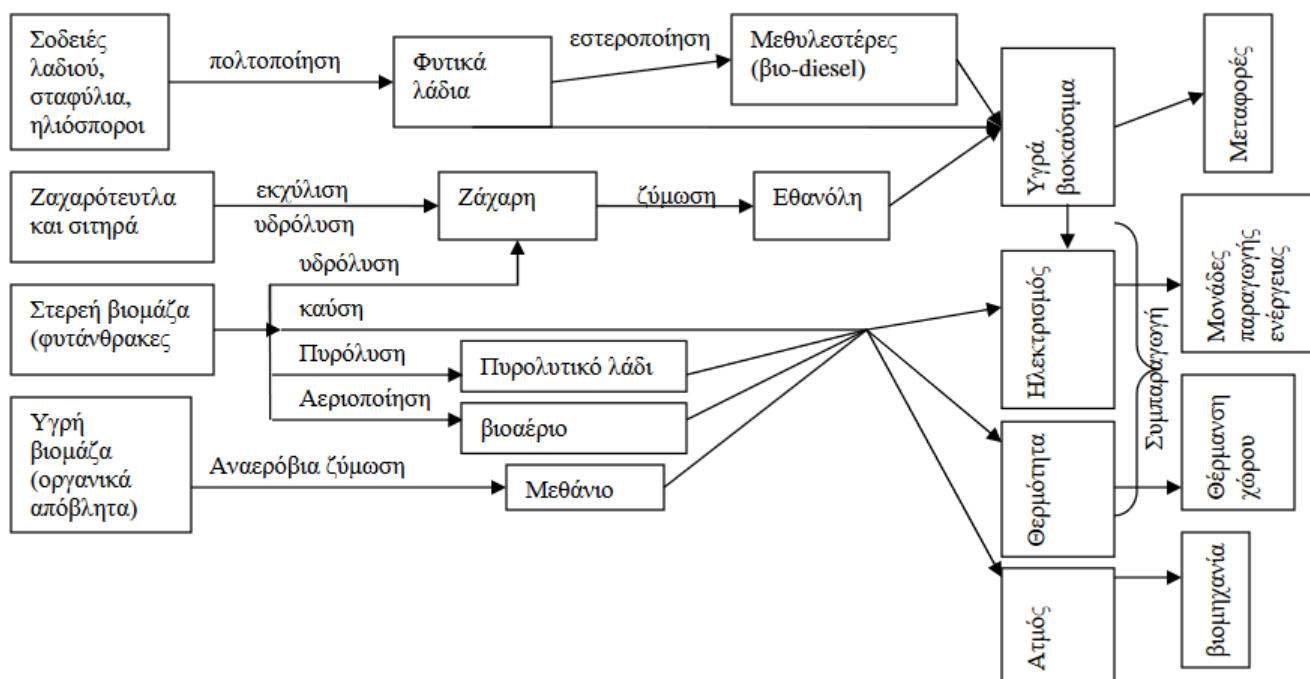
Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι:

1. δεν καταναλώνουν πρωτογενή ενέργεια κατά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας
2. έχουν μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά την λειτουργία τους
3. μπορούν να είναι απομονωμένες και ανεξάρτητες μονάδες παραγωγής μεγάλης διάρκειας καθώς απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.
4. Πέρα από ηλιακά πάρκα, ελλείψει χώρου μπορούν να τοποθετηθούν σε προσόψεις κτηρίων με κατάλληλο προσανατολισμό ή σε ταράτσες.

3.1.3 Τεχνολογίες εκμετάλλευσης ενεργειακού περιεχομένου βιομάζας

Πηγές βιομάζας μπορούν όπως προαναφέρθηκε να είναι γεωργικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά απορρίμματα, δασική ύλη ή μέρος των αστικών αποβλήτων. Βασικά ζητήματα που προκύπτουν για την ανταγωνιστικότητα της βιομάζας σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας είναι η σταθερή διαθεσιμότητα πρώτων υλών και η μεταφορά τους από τα σημεία παραγωγής στα κέντρα επεξεργασίας. Ειδικά λόγω της χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας της ακατέργαστης βιομάζας η συγκομιδή και μεταφορά της είναι μεγάλο κομμάτι του συνολικού κόστους αξιοποίησης της.

Οι τρόποι αξιοποίησης του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας είναι αρκετοί με διαφορετικούς βαθμούς δυσκολίας της διεργασίας και με αποτέλεσμα την παραλαβή ενέργειας στην μορφή θερμότητας καύσης ή στη μορφή χημικών δεσμών αναβαθμισμένων ενεργειακά προϊόντων. Το Σχήμα 17 παρουσιάζει μία θεώρηση της αξιοποίησης της βιομάζας με διαφορετικές τεχνολογίες.



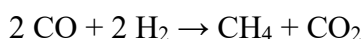
Σχήμα 17: Διεργασίες επεξεργασίας βιομάζας [1]

1. Η άμεση καύση βιομάζας είναι η πιο παλαιά ιστορικά διαδικασία και συνεπώς η πιο εύκολη τεχνολογικά. Η εκλυόμενη θερμοκρασία κατά την καύση χρησιμοποιείται για ατμοποίηση νερού ο οποίος αποδίδει μηχανικό έργο σε στρόβιλο και κατά συνέπεια ηλεκτρική ενέργεια στην συνδεδεμένη γεννήτρια. Παράλληλα μπορεί να γίνει συμπαραγωγή ενέργειας προς θέρμανση κτισμάτων και κατοικιών στα περίξ της μονάδας επεξεργασίας. Σε έναν σωστά σχεδιασμένο βιομηχανικό κλίβανο η απόδοση της καύσης μπορεί να φτάσει και το 40%. Κατά το πρώτο στάδιο της καύσης γίνεται θέρμανση του καυσίμου στον κλίβανο λόγω της ακτινοβολίας των τοιχωμάτων, κάτι που απομακρύνει την υγρασία (φτάνει έως 20% στα υλικά προς καύση) και τα πτητικά συστατικά του. Ακολουθεί η αυτανάφλεξη υπό περίσσεια αέρα έως και 200%, περίσσεια που μειώνει και την απόδοση της διεργασίας. Καθοριστική σημασία παίζει το μέγεθος των μονάδων του καυσίμου, ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν περισσότερη ελεύθερη επιφάνεια προς καύση με το οξυγόνο. Στους σωστά σχεδιασμένους κλιβάνους γίνεται καύση και των πτητικών συστατικών ενώ τα σωματίδια τέφρας δεσμεύονται σε ηλεκτροστατικά ή μηχανικά φίλτρα και εμποδίζονται από το να παρασυρθούν από τα καυσαέρια και να διαρρεύσουν στην ατμόσφαιρα. Η επεξεργασία της βιομάζας, η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συστατικών, η ξήρανση και ο τεμαχισμός της σε κατάλληλου μεγέθους κομμάτια καυσίμου παράγει το επονομαζόμενο καύσιμο από απορρίμματα RDF. Το RDF στη συνέχεια κονιοροποιείται και συμπιέζεται προς δημιουργία ράβδων ή σφαιριδίων με έως 60% το ενεργειακό περιεχόμενο του ορυκτού άνθρακα και με σαφή πλεονεκτήματα στην μεταφορά και αποθήκευση σε σχέση με την μη επεξεργασμένη βιομάζα. Η μέθοδος της άμεσης καύσης σε καυστήρες με κινούμενες σχάρες χρησιμοποιείται και στην καύση των αστικών απορριμμάτων. Άλλες διατάξεις έχουν καυστήρες σταθερής κλίνης (μονάδες κάτω των 100MW) ή και καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης προς αύξηση της απόδοσης και μείωσης της έκλυσης οξειδίων του αζώτου. Βασικό μειονέκτημα της άμεσης καύσης είναι η παρουσία βαρέων μετάλλων στα καύσιμα και κατά συνέπεια ο κίνδυνος αυτά να διαρρεύσουν στην ατμόσφαιρα παρασυρόμενα από τα καυσαέρια.

2. Αεριοποίηση καλούμε την αντίδραση, σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, ενός στερεού καυσίμου με ατμό και αέρα ή οξυγόνο για την παραγωγή ενός αερίου καυσίμου. Το αέριο που προκύπτει συνιστάται από μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, άζωτο και υδρογόνο σε αναλογίες που εξαρτώνται από τις συνθήκες της διεργασίας. Το παραγόμενο αέριο είναι απαλλαγμένο από ανεπιθύμητες προσμίξεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεση καύση σε κλίβανο, καύση σε MEK ή σε αεριοστρόβιλο ή μπορεί να αποθηκευτεί. Οι μονάδες αεριοποίησης έχουν κόστος παραπλήσιο των μονάδων άμεσης καύσης λόγω του μεγάλου βαθμού μετατροπής (ξεπερνάει το 50%). Το καύσιμο αρχικά εισέρχεται σε αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης υπό ατμοσφαιρική πίεση σε

850-900oC. Το παραγόμενο αέριο διέρχεται διέρχεται εν θερμώ από καταλυτική ρευστοποιημένη κλίνη όπου πυρολύεται το ασφαλτώδες υπόλειμμα που ίσως φέρει και έπειτα φιλτράρεται καταλήγοντας να περιέχει ως καύσιμα μόνο μεθάνιο και μονοξείδιο του άνθρακα. Εάν στον αεριοποιητή χρησιμοποιηθεί καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα ατμοσφαιρικό, το προϊόν της αεριοποίησης είναι μείγμα μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα, το επονομαζόμενο αέριο σύνθεσης (syngas).

Από το αέριο σύνθεσης, μέσω της παραγωγής μεθανίου είναι δυνατή η παραγωγή όλων των υδρογονανθράκων, σύμφωνα με την αντίδραση:



Δύναται επίσης μέσω του αερίου σύνθεσης να παραχθεί μεθανόλη με απόδοση 60-70% αλλά με πολυσύνθετες διεργασίες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που οικονομικά δεν συμφέρουν.

Στην παρούσα εργασία η μέθοδος παραγωγής αερίου σύνθεσης syngas από επεξεργασία της βιομάζας που ακολουθεί το λογισμικό HOMER Pro αναφέρεται στην διεργασία της αεριοποίησης

4. Η πυρόλυση, επίσης πολύ παλαιά διαδικασία, είναι η θερμική επεξεργασία απουσία αέρα στους 300-500oC με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση ενός καυσίμου. Οι πτητικές ουσίες και η υγρασία απομακρύνονται με αποτέλεσμα να παραλαμβάνεται το ασφαλτώδες υπόλειμμα, γνωστό σαν κάρβουνο, με δεκαπλάσια ενεργειακή πυκνότητα από το αρχικό καύσιμο. Με κατάλληλο εξοπλισμό για την συλλογή των πτητικών ουσιών μπορεί να δεσμευτεί ένα υγρό καύσιμο με ιδιότητες πετρελαιοειδούς προς χρήση ως πρόσθετο σε συμβατικά καύσιμα. Βραχεία πυρόλυση σε θερμοκρασίες από 800-900oC αφήνει ελάχιστο στερεό υπόλειμμα και παράγει ένα αέριο πλούσιο σε υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα. Ένας τόνος ξηρού ξύλου με πυρόλυση αποδίδει 300kg ξυλάνθρακα, 140m³ βιοαέριο 14lt μεθυλική αλκοόλη ενώ η ενεργειακή απόδοσης της βιομάζας φτάνει το 90%. Για τις ενεργειακές ανάγκες της διαδικασίας καταναλώνεται το 10% του παραγόμενου αερίου. Η ογκομετρική σύσταση του παραγόμενου αερίου είναι 45% N₂, 28% CO₂, 15% CO, 6.5% O₂, 3,5% CH₄, 2% άλλοι υδρογονάνθρακες. Η θερμότητα δύναμη του αερίου κυμαίνεται από 7 έως 10.5 MJ/kg.

Χαρακτηριστικά	Υπολείμματα βελανιδιάς	Κλαδοδέματα Ελιάς
Θερμαντική Αξία (kj/kg)	33231	27838
Πτητικά %	1.21	5.19
Τέφρα %	2.22	9.33
Υγρασία %	2.04	2.27

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά του βιοάνθρακα για πυρόλυση διαφορετικών υπολειμμάτων.[2]

Βιομάζα	Βιοάνθρακας %	Βιοέλαιο %	Βιοαέριο %	Νερό %	Βιομάζα Ανώτερη	Βιοάνθρακας Θερμογόνος (MJ/kg)	Βιοέλαιο
Υπολ. Βελανιδιάς	28.9	7.0	29.6	34.5	19.76	33.23	23.94
Υπόλ. Καπνού	44.5	7.7	38.8	9.0	15.32	13.08	27.62
Υπόλ. Αμυγδαλιάς	29.8	23.7	13.9	32.6	18.89	31.94	23.97
Κλαδ. Μηλιάς	24.5	19.1	34.6	21.9	26.03	26.12	31.45
Υπολ. Σπαρτών	27.1	12.1	32.6	28.2	19.61	32.31	26.95
Κλαδ. Ελιάς	34.7	5.5	39.3	20.5	22.05	27.84	3.62

Πίνακας 5: Αποδόσεις σε προϊόντα εργαστηριακής εγκατάστασης πυρόλυσης (Μπαλάρας 2006) και αντίστοιχες θερμαντικές αξίες.[2]

5. Η αναερόβια ζύμωση είναι μια αναερόβια χώνευση όπως η πυρόλυση, στην οποία αντί για υψηλές θερμοκρασίες γίνεται χρήση μικροοργανισμών. Ανάλογα με το είδος του βακτηριδίου που θα εκμεταλλευτεί η διεργασία, απαιτούνται συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας και υγρασίας για την βέλτιστη απόδοση της διεργασίας. Ως αποτέλεσμα έχει την παραγωγή αερίου μείγματος διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου που μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί πιο εύκολα από την βιομάζα που αποδομείται. Αναφερόμαστε ουσιαστικά στην παραγωγή βιοαερίου που προέρχεται από την επεξεργασία λυμάτων και ακαθαρσιών και στην παραγωγή αερίου χωματερής που παράγεται στους ΧΥΤΑ από την ταφή αστικών απορριμμάτων. Η πολύπλοκη χημική και βιολογική διαδικασία που εκτελείται κατά την διεργασία δεν διαφέρει από τις διαδικασίες που εκτελούνται έτσι και αλλιώς κατά την ελεύθερη αποσύνθεση της βιομάζας στη φύση. Η δέσμευση μάλιστα του μεθανίου προς καύση είναι μια διαδικασία ευνοϊκή προς το περιβάλλον αν αναλογιστεί κάποιος πως το μεθάνιο συμβάλει κατά 20 φορές περισσότερο στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα. Οι αναερόβιοι χωνευτήρες έχουν μεγάλες ποικιλίες στο μέγεθος τους και χρησιμοποιούνται τόσο στην θέρμανση κατοικιών με βιοαέριο από τα απορρίμματα που παράγει μια οικογένεια, όσο και στην θέρμανση κτηνοτροφικών μονάδων με βιοαέριο από την επεξεργασία των περιττωμάτων και λυμάτων που έτσι και αλλιώς θα έπρεπε να επεξεργαστούν πριν τα απορρίψουν στο περιβάλλον. Τα στερεά κατάλοιπα της αναερόβιας χώνευσης μετά από μια ήπια θερμική κατεργασία για εξουδετέρωση του μεγαλύτερου μέρους των μικροοργανισμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως λίπασμα στις αγροτικές δραστηριότητες. Η παραγωγή αερίου για κάθε τόνο πρώτης ύλης που επεξεργάζεται με

αναερόβια ζύμωση κυμαίνεται κατά μέσες τιμές στα 270m^3 μεθάνιο και 115m^3 διοξείδιο του άνθρακα.

Για τους υπολογισμούς του ενεργειακού περιεχομένου του βιοαερίου εργαζόμαστε ως εξής:

Το καθαρό CH_4 έχει ενεργειακό περιεχόμενο 38 MJ/m^3 σε ατμοσφαιρική πίεση ενώ το διοξείδιο του άνθρακα δεν καίγεται. Ως αποτέλεσμα εάν έχουμε $V\%$ περιεκτικότητα σε μεθάνιο στο βιοαέριο, το ενεργειακό περιεχόμενο του μείγματος θα είναι $(38 \cdot V/100) \text{ MJ/m}^3$.

6. Αναερόβια ζύμωση ή αναερόβια χώνεψη με πρώτη ύλη σάκχαρα, υπό την βιολογική επίδραση μικροοργανισμών όπως η ζύμη, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αιθανόλης. Η αιθανόλη αυτή μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας σε κλιβάνους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο μέχρι 20% σε βενζίνη (gasohol) ή να χρησιμοποιηθεί αυτούσια σε MEK. Χώρες όπως η Βραζιλία, η Κένυα, η Κούβα κ.α έχουν ολόκληρους στόλους οχημάτων που κινούνται με βιοαιθανόλη. Η βέλτιστη πηγή σακχάρων προς ζύμωση είναι τα ζαχαρότευτλα, τα ζαχαροκάλαμα και τα υπολείμματα κατεργασίας φρούτων. Πρώτες ύλες πλούσιες σε άμυλο θα πρέπει να επεξεργαστούν πρώτα με διεργασίες υδρόλυσης με χρήση ενζύμων ή θειικού οξέος προς μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρο. Τέλος μέχρι και ξυλώδης ύλη μπορεί να μετατραπεί σε σάκχαρα αρκεί να προηγηθεί επεξεργασία της κυτταρίνης, κάτι που είναι πολυέξοδο. Επομένως η αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από γεωργικά και δασικά προϊόντα και υποπροϊόντα όπως τα υπολείμματα σιτηρών και αραβοσίτου που μένουν ανεκμετάλλευτα στους αγρούς μετά την συγκομιδή της σοδειάς. Η αιθανόλη απομονώνεται από το υγρό μείγμα προϊόντων, με περιεκτικότητα περίπου 10% σε αιθανόλη, με τη μέθοδο της απόσταξης. Η διαδικασία είναι ενεργοβόρα και η ενέργεια μπορεί να παραχθεί από καύση υπολειμμάτων βιομάζας, όπως η λιγνίνη, για μείωση κόστους. Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης κυμαίνεται στα 27GJ/tn ή 21GJ/m^3 .

Σε αυτό τη σημείο πρέπει να σημειώσουμε πως σε περιοχές όπως αυτή που θα μελετήσουμε στην παρούσα εργασία, δηλαδή περιοχές με έντονο τουρισμό, οι παραπάνω διεργασίες αξιοποίησης βιομάζας, πέρα από το ζήτημα της παραγωγής ενέργειας λύνουν και το ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων των τουριστών. Το τελευταίο είναι ένα ζήτημα που δημιουργεί έντονες αντιδράσεις και προστριβές στην τοπική κοινωνία που καλείται να διαχειριστεί έναν δυσανάλογο όγκο σκουπιδιών. Μπορούμε να συμπεράνουμε από την θεωρητική ανάλυσή μας και από την αντίστοιχη εμπειρία πως η πλέον προσοδοφόρα διαδικασία είναι η καταστροφή τους σε διεργασίες ηλεκτροπαραγωγής.

Fuel type	MJ/L	MJ/kg	Research octane number
Dry wood (20% moisture)		~19.5	
Methanol	17.9	19.9	108.7
Ethanol	21.2	26.8	108.6
E85 (85% ethanol, 15% gasoline)	25.2	33.2	105
Liquefied natural gas	25.3	~55	
Autogas (LPG) (60% propane + 40% butane)	26.8	50.	
Aviation gasoline (high-octane gasoline, not jet fuel)	33.5	46.8	100/130 (lean/rich)
Gasohol (90% gasoline + 10% ethanol)	33.7	47.1	93/94
Regular gasoline	34.8	44.4	min. 91
Premium gasoline			max. 104
Diesel	38.6	45.4	25
Charcoal, extruded	50	23	

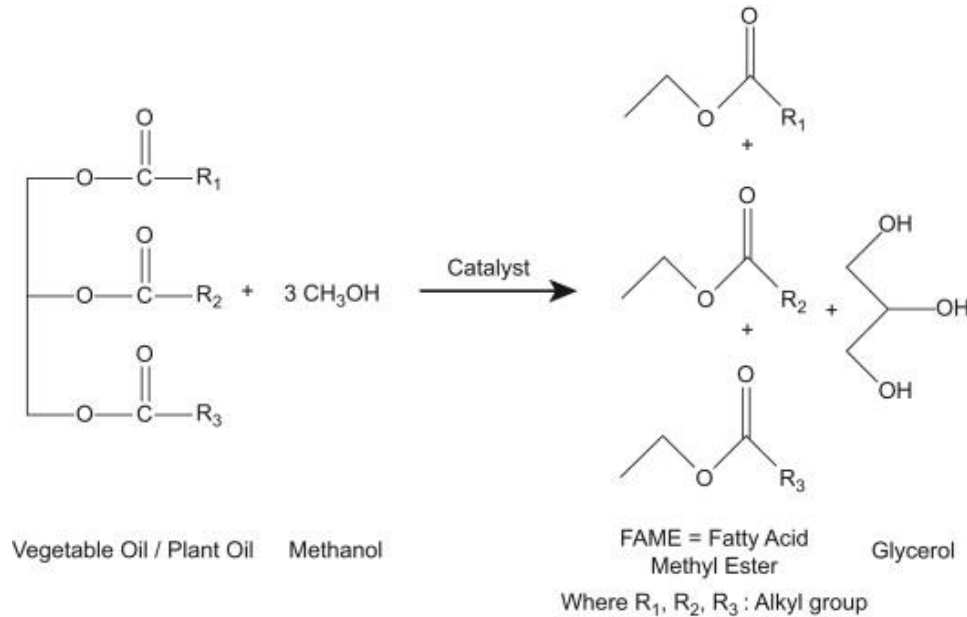
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά υγρών καυσίμων.

Πρώτη ύλη	Λίτρα αιθανόλης ανά τόνο πρώτης ύλης
Σακχαροκάλαμο	70
Καλαμπόκι	360
Γλυκοπατάτες	120
Ξύλο	160

Πίνακας 7: Παραγωγικότητα σε αιθανόλη διαφόρων πρώτων υλών[1].

7. Ως τελευταία επεξεργασία βιομάζας για την χρήση του ενεργειακού περιεχομένου της θα αναφέρουμε την παρασκευή βιοντίζελ με την μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων λιπαρών πρώτων υλών. Ως πρώτες ύλες μπορούμε να έχουμε χρησιμοποιημένα βρώσιμα έλαια, ζωικά λίπη από βιομηχανίες κρέατος, μικροάλγη από υδατοκαλλιέργειες ή συνηθέστερα έλαια από ενεργειακά φυτά που έχουν προαναφερθεί. Τα έλαια αυτά είναι κυρίως μίγματα τριγλυκεριδίων (μόρια γλυκερόλης ενωμένα με τρία μόρια ανώτερων λιπαρών οξέων. Οι ελαιούχοι καρποί και γενικά οι πρώτες ύλες πρώτα επεξεργάζονται με διαδικασίες έκθλιψης για παραλαβή του ελαίου. Τα υπολείμματα μπορούν να

χρησιμοποιηθούν σε διαδικασίες άμεσης καύσης για παραγωγή ενέργειας, Τα έλαια εξευγενίζονται με διάφορες μηχανικές και χημικές διεργασίες και καταληκτικά αλκολούνται για να σχηματιστούν μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (FAME) σύμφωνα με την γενική αντίδραση:



Σχήμα 18: Αντίδραση τρανσεστεροποίησης.

Το μείγμα FAME, γνωστό και ως βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο σε MEK χωρίς να απαιτούνται μηχανολογικές μετατροπές, ή να αναμειχθεί με πετρελαϊκό diesel σε αναλογία μέχρι 20%. Το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι 37.8 MJ/kg και 33.3 – 35.7 MJ/L.

Αξίζει να σημειωθεί πως παγκόσμια προωθείται μια αλλαγή στον τρόπο παρασκευής των βιοκαυσίμων και μια στροφή από τα καύσιμα πρώτης γενιάς τα επονομαζόμενα καύσιμα δεύτερης γενιάς. Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς ή συμβατικά βιοκαύσιμα παρασκευάζονται από καλλιέργειες παραγωγής τροφίμων, όπως η ζάχαρη, το άμυλο και τα φυτικά έλαια. Παράγονται από τη γη με τη χρήση πρώτων υλών, που μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τρόφιμα και ζωοτροφές. Αντίθετα τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς ή προηγμένα βιοκαύσιμα, παρασκευάζονται από πηγές που δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες παραγωγής τροφίμων και ζωοτροφών όπως τα απόβλητα και γεωργικά υπολείμματα. Αποφεύγονται έτσι ζητήματα που προκύπτουν από την διάθεση των σοδειών βρώσιμων φυτών για καύσιμα, όπως η αύξηση της τιμής των τροφίμων ή η “σπατάλη” εδαφών ικανών να παράγει τροφή, για ενεργειακές καλλιέργειες.

3.2 Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας:

3.2.1 Το μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας – το ζήτημα των ορυκτών καυσίμων.

Οι περισσότερες μορφές ενέργειας για να γίνουν χρήσιμες για τον άνθρωπο θα πρέπει να μετατραπούν σε κάποια διαφορετική μορφή ικανή να μεταφερθεί εύκολα στην περιοχή που παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάγκη. Θα πρέπει επίσης αυτή η ενεργειακή μορφή να είναι καλή «ενδιάμεση» μορφή, να μπορεί δηλαδή να μετατραπεί εύκολα και αποδοτικά σε οποιαδήποτε μορφή τελικής χρήσης απαιτείται. Στις σύγχρονη εποχή, οι μορφές ενέργειας που διαθέτουν το χαρακτηριστικό της εύκολης μεταφοράς και μετατροπής είναι δύο: η ηλεκτρική ενέργεια και η χημική ενέργεια. Η χημική ενέργεια μπορεί να εμπεριέχεται σε διαφορετικά υλικά σώματα, με η πιο χρήσιμη τη χημική ενέργεια που περιέχεται σε ενεργειακά πυκνά καύσιμα, είτε αυτά είναι ορυκτής προέλευσης είτε βιολογικής. Το βασικό μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι δεν μπορεί να αποθηκευτεί αλλά πρέπει, όση παράγεται, να καταναλώνεται. Το ίδιο μειονέκτημα δεν το αντιμετωπίζουν προφανώς τα καύσιμα και αυτός είναι ένας λόγος που οι ανθρώπινες ανάγκες είναι τόσο εξαρτημένες από αυτά. Προς αντιμετώπιση του βασικού μειονεκτήματος της ηλεκτρικής ενέργειας ο άνθρωπος ανέπτυξε ποικίλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που η ηλεκτρική μετατρέπεται σε άλλες μορφές ικανές να αποθηκευτούν.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τα μεγαλύτερα ποσοστά διείσδυσης στην αγορά, δηλαδή οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά και σε μικρότερο βαθμό τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα έχουν το ελάττωμα ότι η παραγόμενη ενέργεια εξαρτάται από τις μη ντετερμινιστικά προβλέψιμες μετεωρολογικές συνθήκες. Ο σχεδιασμός ενός αυτόνομου ενεργειακού δικτύου με χρήση ΑΠΕ λαμβάνει υπόψη τις μακροχρόνιες κλιματολογικές συνθήκες αλλά πάντα υπάρχει το ενδεχόμενο λόγω του ότι ο καιρός είναι ένα χαστικό δυναμικό σύστημα, να έρθουμε αντιμέτωποι με καταστάσεις που η παραγόμενη ενέργεια να μην επαρκεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες. Αντίθετα, οι γεννήτριες και οι αεριοστρόβιλοι είναι μηχανές που έχουν μελετηθεί και σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να καθοριστεί πλήρως η ενέργεια που παράγουν ανά κάθε στιγμή (το ίδιο και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα).

Ο σχεδιασμός ενός ηλεκτρικού δικτύου πρέπει πάντα να γίνεται με τρόπο που να μην υπάρχει χρονική περίοδος ή στιγμή στις οποίες η ζήτηση ενέργειας να μην καλύπτεται (blackout). Κατά συνέπεια, για λόγους ασφαλείας, κατά τον σχεδιασμό πάντα σχεδιάζεται ένας μηχανισμός παροχής έκτακτης ενέργειας στο δίκτυο.

Η μεταβολή των ενεργειακών αναγκών μιας κοινωνίας συναρτήσει του χρόνου, ο σχεδιασμός ενεργειακής ασφάλειας και η ασταθής φύση της παροχής ενέργειας από ΑΠΕ μπορούν να αντιμετωπιστούν με τις εξής στρατηγικές.

1. Υβριδικά συστήματα, δηλαδή συστήματα που η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και από ΑΠΕ και από γεννήτριες/ αεριοστρόβιλους που κάνουν χρήση ορυκτών καυσίμων. Η περίσσεια προσφερόμενης ενέργειας εξασφαλίζεται από την στρεφόμενη εφεδρεία, δηλαδή την διατήρηση γεννήτριας σε λειτουργία και την έκτακτη σύνδεση της στο δίκτυο σε περίπτωση μη εξυπηρετούμενης ζήτησης.
2. Υβριδικά συστήματα που η ζήτηση καλύπτεται από ΑΠΕ και γεννήτριες/ αεριοστρόβιλους που κάνουν χρήση βιοκαυσίμων. Η περίσσεια προσφερόμενης ενέργειας εξασφαλίζεται και εδώ μέσω στρεφόμενης εφεδρείας.
3. Συστήματα ΑΠΕ στα οποία η ενέργεια που περισσεύει σε περιόδους χαμηλής ζήτησης να αποθηκεύεται σε ειδικές διατάξεις και να αποδίδεται στο ηλεκτρικό δίκτυο σε περιόδους που η παραγωγή από ΑΠΕ δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση ενέργειας. Αυτό γίνεται για εκτεταμένες περιόδους ή και για χρονικές στιγμές αιχμής της ζήτησης.

Η ενεργειακή αυτονομία μιας περιοχής που δεν διαθέτει ορυκτά καύσιμα, όπως και ο σχεδιασμός συστημάτων ανεξαρτήτων από αυτά για λόγους Βιώσιμης Ανάπτυξης οδηγούν στην επιλογή των στρατηγικών 2 και 3 καθώς και σε συνδυασμό τους. Σε κάθε περίπτωση ένα ασφαλές ενεργειακό σύστημα συνήθως περιέχει διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

3.2.2 Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας:

1. Αντλησιοταμίευση. Μία μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές που υπάρχει υδροηλεκτρικό έργο με φραγμένο ταμιευτήρα. Με χρήση της περισσευούμενης ηλεκτρικής ενέργειας αντλείται νερό από μια χαμηλή υψομετρικά στάθμη και μεταφέρεται προς μια υψηλότερη. Το νερό παγιδεύεται λόγω του ταμιευτήρα σε αυτή τη στάθμη έχοντας αυξημένο ενεργειακό περιεχόμενο λόγω της αύξησης της δυναμικής του ενέργειας. Σε περίπτωση που απαιτηθεί ενέργεια από το δίκτυο το νερό αφήνεται να κυλίσει προς την χαμηλή στάθμη αφού διέλθει από την διάταξη στροβίλου – γεννήτριας του υδροηλεκτρικού έργου και αποδώσει μέρος της δυναμικής ενέργειας που του προστέθηκε. Με αυτό τον τρόπο έχουμε αποθήκευση ενέργειας και παράλληλα και αποθήκευση νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση σε περιοχές που έχουν πρόβλημα λειψυδρίας.

2. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές ή αλλιώς διατάξεις μπαταριών. Πρόκειται για τις συμβατικές χημικές μπαταρίες συνδεδεμένες σε συστοιχίες για την επίτευξη μεγαλύτερης αποθήκευσης ενέργειας. Στους ηλεκτρικούς συσσωρευτές η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και αποθηκεύεται. Όταν ζητηθεί ενέργεια, γίνεται η αντίθετη διεργασία οπότε παράγεται συνεχές ρεύμα, το οποίο για να διατεθεί στο δίκτυο μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο συγκεκριμένης τάσης και συχνότητας. Οι συστοιχίες μπαταριών απαιτούν αντικατάσταση κάθε 8 με 10 χρόνια.

Οι συσσωρευτές συνήθως διακρίνονται με βάση την χωρητικότητά τους, αλλά υπάρχουν και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά που ο σχεδιαστής ενός δικτύου πρέπει να λάβει υπόψη

- Ειδική Ισχύς (W/kg): ανοιγμένη στην μονάδα της μάζας ισχύς της μπαταρίας
- Ειδική Ενέργεια (Wh/kg): ανοιγμένη στην μονάδα της μάζας ισχύς της μπαταρίας
- Ικανότητα Μέγιστης Ισχύος (W): το ανώτατο όριο ισχύος που μπορεί να αποθηκευτεί ή να αποδοθεί από τον συσσωρευτή.
- Απόδοση Συσσωρευτή (%): Το ποσοστό ενέργειας προς εκφόρτιση σε σχέση με την ενέργεια που αποθηκεύεται. Το υπόλοιπο της ενέργειας σπαταλιέται σε απώλειες θερμότητας.
- Διάρκεια ζωής (κύκλους): Κύκλοι φόρτισης – εκφόρτισης που η μπαταρία διατηρεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εντός αποδεκτών ορίων
- Βαθμός Εκφόρτισης (%): Μέγιστη ενέργεια που μπορεί να δώσει η μπαταρία σε σχέση με αυτή που αποθηκεύεται σε αυτή, χωρίς να τεθεί σε κίνδυνο η λειτουργικότητα του συσσωρευτή.
- Πυκνότητα Ισχύος (C): Η ισχύς που μπορεί να αποδώσει η μπαταρία (W) για δεδομένο μέγεθος (Wh). Εκφράζει το ποσό των A έντασης που μπορεί να αποδώσει η μπαταρία σε σχέση με τα Ah της.

3. Μηχανικές μπαταρίες ή Σφόνδυλοι. Οι σφόνδυλοι είναι διατάξεις στις οποίες υπάρχει ένας τροχός μεγάλης μάζας ο οποίος μπορεί να περιστραφεί χωρίς μεγάλες τριβές γύρω από έναν άξονα. Ο τροχός διαθέτει μηχανισμό που με χρήση της περισσευόμενης ενέργειας θέτει σε ταχεία περιστροφική κίνηση, εντός κενού αέρος. Το σύστημα λόγω της μεγάλης ροπής αδρανείας αποθηκεύει μηχανική ενέργεια λόγω της αρχής διατήρησης της στροφορμής. Όταν απαιτείται ενέργεια, η ενσωματωμένη γεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του σφονδύλου σε ηλεκτρική, επιβραδύνοντάς τον μέχρι αυτός να σταματήσει. Έχουν υπάρξει μοντέλα τρόλεϊ που λειτουργούσαν με τέτοιες μηχανικές μπαταρίες αλλά η αυξημένες ανάγκες συντήρησής τους τα καθιστούν οικονομικά μη συμφέροντα. Με βελτίωση της τεχνολογίας αναμένεται η μηχανικές μπαταρίες να γίνουν μια βιώσιμη εναλλακτική των χημικών.

4. Υπερπυκνωτές. Πρόκειται για υπερμεγέθη μοντέλα των γνωστών από την μικροηλεκτρονική πυκνωτών. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην συγκέντρωση φορτίων σε δύο επιφάνειες, απέναντι η μια της άλλης που διαχωρίζονται από λεπτό στρώμα μη αγωγίμου υλικού. Η εκφόρτιση τους, αν παρεμβληθούν οι κατάλληλες ηλεκτρικές διατάξεις, μπορεί να γίνει με αργό ρυθμό και να χρησιμοποιηθεί στην κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων.

5. Συμπίεση αέρα. Πρόκειται για μια διαθέσιμη εμπορικά τεχνολογία που έχει την δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Η περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιείται για την άντληση ατμοσφαιρικού αέρα και την συμπίεσή του μέχρι 75bar εντός αποθηκευτικής διάταξης ή αποθηκευτικού χώρου (έχουν χρησιμοποιηθεί ορυχεία, σπήλαια άλατος και εξαντλημένα κοιτάσματα πετρελαίου) υπό χαμηλή θερμοκρασία. Όταν απαιτείται ενέργεια ο αέρας εκτονώνεται μέσω ακροφυσίων περιστρέφοντας έναν στρόβιλο και αποδίδοντας μέρος της ενέργειας που ξοδεύτηκε κατά την συμπίεση.

6. Μια ενδιαφέρουσα μέθοδος που βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο είναι η ηλεκτρόλυση νερού προς παρασκευή αερίου υδρογόνου και οξυγόνου. Το οξυγόνο αποθηκεύεται και έπειτα όταν απαιτείται ενέργεια είτε καίγεται σε κλιβάνους είτε χρησιμοποιείται σε κυψέλες καυσίμου ώστε να αποδώσει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να γίνει καύση.

Energy Storage Technology Characteristics

Characteristic	Pumped Hydro	CAES ^a	Flywheels	Batteries	Supercapacitors
Energy range	1.8 × 10 ⁶ – 36 × 10 ⁶ MJ	180,000–18 × 10 ⁶ MJ	1–18,000 MJ	1,800– 180,000 MJ	1–10 MJ
Power range	100–1,000 MW _e	100–100 MW _e	1–10 MW _e	0.1–10 MW _e	0.1–10 MW _e
Overall cycle efficiency ^c	64–80%	60–70%	~90%	~75%	~90%
Charge/discharge time	Hours	Hours	Minutes	Hours	Seconds
Cycle life	≥ 10,000	≥ 10,000	≤ 10,000	≤ 2,000	>100,000
Maturity	Mature	Early development	Early development	Lead-acid mature, others under development	Available

Sources: Jensen and Sorensen (1984); Schoenung et al. (1996); Boes, Goldstein, and Nix (2000).

^a CAES = compressed-air energy storage.

^c For 1 full charge-discharge cycle.

Πίνακας 8: Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας [3]

<u>Τεχνολογία</u>	<u>Εύρος Μεγέθους MW</u>	<u>\$/MW</u>	<u>\$/kWh</u>
Αντλησιοταμίευση	100-1000	600-1000	10-15
Μπαταρίες			
Lead - acid	05-100	100-200	150-300
Nickel – Metal hydride	0.5-50	200-400	
Lithium Ion	0.5-50	200-400	
Σφονδυλοι	1-10	200-500	100-800
Συμπίεσης Αέρα	50-1000	500-1000	10-15
Υπερπυκνωτές	1-10	300	3600

Πίνακας 9: Σταθμισμένα κόστη τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας [3]

Στις περισσότερες εγκαταστάσεις αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται χρήση μπαταριών μόλυβδου οξέος που είναι και η πιο φθηνή τεχνολογία ενώ απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Η ετήσια ή εξαμηνιαία συντήρησή τους περιλαμβάνει, την μέτρηση της τάσης τους για τη διαπίστωση βλαβών βραχυκύκλωσης των ηλεκτρολυτικών κελιών τους και αναπλήρωση του ηλεκτρολύτη που έχει εξατμιστεί. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επιστημονικά και βιομηχανικά παρουσιάζει η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης λόγω του μεγάλου εύρους ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει και των σχετικά απλών τεχνικών απαιτήσεων της (σε σχέση για παράδειγμα με την συγκρίσιμη ενεργειακά τεχνολογία της συμπίεσης αέρα βλ Πίνακα 9).

Σχετικά με τους χημικούς συσσωρευτές, μια ολοκληρωμένη μελέτη βιωσιμότητας θα πρέπει να εξετάζει το περιβαλλοντικό κόστος κατασκευής τους, και τον τρόπο αποθήκευσης ή ανακύκλωσής τους μετά το πέρας του ωφέλιμου χρόνου ζωής τους.

4 Προσομοίωση αυτονόμησης ενεργειακού συστήματος ΜΔΝ Αστυπάλαιας

4.1 Παρούσα κατάσταση – Ζήτηση Ενέργειας στην Αστυπάλεια

Η Αστυπάλεια είναι το τέταρτο σε μέγεθος νησί των Δωδεκανήσων και βρίσκεται στο δυτικότερο σημείο τους, αποτελώντας το σύνδεσμο τους με τις Κυκλάδες, ενώ συνδυάζει στοιχεία και από τα δύο νησιωτικά συμπλέγματα.. Τοποθετείται δυτικά της Νισύρου και ανατολικά της Ανάφης. Στην Αστυπάλεια κατοικούν 1334 άνθρωποι (Απογραφή 2011) και η έκταση τη φτάνει τα 97 τ.χλμ. με ακτογραμμή 110 χλμ. Απέχει 23 ναυτικά μίλια από την Κω, 96 ν.μ. από τη Ρόδο και 117 ν.μ από τον Πειραιά, με τον οποίο συνδέεται από τον Κρατικό Αερολιμένα Αστυπάλαιας.

Σύμφωνα με την απογραφή που πραγματοποιήθηκε το 2011, ο πληθυσμός της Αστυπάλαιας ανήλθε στους 1.334 κατοίκους και ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μεταβολές του πληθυσμού την δεκαετία 2001 με 2011.

Μόνιμος Πληθυσμός / ΑΠΟΓΡΑΦΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ		
	2001	2011
ΑΣΤΥΠΑΛΑΙΑ	1..385	1..334
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	188.506	190.988
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	298.462	308.975

Πηγή: Ελ. Στατ.(2011)

	Πραγματικός Πληθυσμός / ΑΠΟΓΡΑΦΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ						
	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
ΑΣΤΥΠΑΛΑΙΑ	1.807	1.558	1.146	1.034	1.073	1.238	1.270
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	121.480	123.021	121.017	145.071	163.476	190.071	242.270
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	247.439	222.980	207.354	233.529	257.481	302.686	366.795

Πηγή: Ελ. Στατ.

Πίνακας 10: Πληθυσμιακή ανάλυση ΜΔΝ Αστυπάλαιας- Δωδεκανήσων – Περιφέρειας Ν.Αιγαίου.

Η γεωμορφολογία της Αστυπάλαιας συνίσταται σε ψηλούς λόφους και βράχους –με υψηλότερη κορυφή τα 482μ.-, ενώ οι πεδινές εκτάσεις αποτελούν μόνο το 5% της έκτασης τους νησιού συνολικά. Η Αστυπάλεια χωρίζεται στο δυτικό και ανατολικό τμήμα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους στην περιοχή της Ανάληψης με μια στενή λωρίδα, ενώ στο δυτικό τμήμα βρίσκονται δύο ορεινοί όγκου με παράλληλους άξονες. Το ανάγλυφο της χαρακτηρίζεται ημιορεινό και η ακτογραμμή της (μήκους 110 χλμ.) σχηματίζει κόλπους και απόκρημνες ακτές.

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, προκύπτουν τα παρακάτω δεδομένα για την χρονική περίοδο μεταξύ 1977 και 2013. Η μέση ετήσια θερμοκρασία που καταγράφεται στο νησί, ανέρχεται στους 19,27 °C, ενώ οι μέσες μηνιαίες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 11,68°C τον Φεβρουάριο και 27,20 °C τον Ιούλιο.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	12,26	11,68	12,96	15,31	18,97	23,81	27,20	26,13	22,77	20,26	15,07	13,56
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	14,80	14,53	15,95	17,97	21,41	28,25	32,09	30,53	25,77	21,19	17,96	16,67
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	8,57	7,73	9,30	10,98	15,73	19,37	22,25	21,67	18,29	16,42	13,09	9,66
Απολύτως Μέγιστη Θερμοκρασία	21,40	22,40	21,30	27,20	32,40	40,20	40,20	39,00	30,00	37,20	29,00	24,00
Απολύτως Ελάχιστη Θερμοκρασία	1,00	-5,00	0,60	5,00	10,00	14,00	13,20	12,30	11,20	9,00	7,60	2,00
Μέση Σχετική Υγρασία (%)	69,74	65,86	73,06	69,44	69,03	61,97	67,11	65,72	69,45	76,09	79,06	75,00
Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμων	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Πίνακας 11: Κλιματολογικά στοιχεία Αστυπάλαιας.

Σχετικά με τη διάρθρωση της απασχόλησης των κατοίκων ανά τομέα, γίνεται εμφανές ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού απασχολείται στον τριτογενή τομέα, που προκύπτει από την ανάπτυξη του τουρισμού με ραγδαίους ρυθμούς στο νησί τα τελευταία χρόνια. Από τις αιτήσεις που υποβάλλονται (πηγή: ΟΠΕΚΕΠΕ), για τη λήψη ενιαίας οικονομικής ενίσχυσης στην Αστυπάλαια, οι 35 αφορούν αγρότες.

Διάρθρωση Οικονομικά Ενεργού Πληθυσμού, 2001

Νησί	Α' γενής	Β' γενής	Γ' γενής	Νέοι μη δυνάμενοι να καταταγούν κατά κλάδο	Σύνολο ενεργού πληθυσμού
Αστυπάλαια	93	119	200	42	454
Σύνολο Νομού Δωδ/σου	4.616	13.394	55.994	8.332	82.336
Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	9.854	25.529	80.932	12.425	128.740

Πηγή: Ελ. Στατ. (2001)

Πίνακας 12: Διάρθρωση οικονομικά ενεργού Πληθυσμού Αστυπάλαιας.

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας, όπως προαναφέρθηκε, χωρίζεται σε Διασυνδεδεμένες περιοχές (ηπειρωτικές ή νησιώτικες) και Μη-Διασυνδεδεμένα Νησιά τα οποία προσφέρονται ως μοντέλα απομακρυσμένων περιοχών προς ενεργειακή αυτονομία. Εφόσον η αυτονομία μιας περιοχής πρακτικά σημαίνει αυτή να αξιοποιεί τις πηγές ενέργειας που είναι γεωγραφικά διαθέσιμες, το ΜΔΝ της Αστυπάλαιας θα μελετηθεί αφού του αφαιρεθούν οι ροές υγρών καυσίμων. Η ηλεκτροδότηση της Αστυπάλαιας γίνεται με γεννήτριες diesel τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται τον Πίνακα 13

	Τύπος Μηχανής	Καύσιμο	Ονομ.Ισχύς (kW)	Αποδιδ.Ισχύς (kW)
1	STORK ABR-216S	Πετρέλαιο	208	150
2	STORK ABR-216S	Πετρέλαιο	208	150
3	STORK ABR-216S	Πετρέλαιο	208	150
4	STORK ABR-216S	Πετρέλαιο	208	150
5	MITSUBISHI S16R-PTA	Πετρέλαιο	1275	1100
6	MITSUBISHI S16R-PTA	Πετρέλαιο	1275	1100
7	MITSUBISHI S16R-PTA	Πετρέλαιο	1275	1100
ΣΥΝΟΛΟ			4657	3900

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων θερμικών μονάδων στο ΜΔΝ Αστυπάλαιας,

Μήνας	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ			ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	
	ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2017 (MW)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2017 (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)**	ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ (€/MWh)	ΜΜΚ (€/MWh)	ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
1	3.83	2.21	32.08	475.28	354.49	211.01	6.32%
2	3.83	2.3	28.39	412.7	430.16	253.09	6.44%
3	3.83	2.3	45.9	381.04	434.43	249.47	10.75%
4	3.83	2.3	54.27	351.22	615.44	267.7	13.38%
5	3.83	2.3	62.69	425.81	438.31	242.36	12.83%
6	3.83	2.3	61.8	589.66	337.32	222.34	9.39%
7	3.83	2.3	65.34	947.22	410.08	269.67	6.45%
8	3.83	2.3	62.79	1068.16	424.5	257.22	5.55%
9	3.83	2.3	56	632.51	395.52	254.71	8.13%
10	3.83	2.3	35.18	408.19	528.01	301.89	7.93%
11	3.83	2.3	41.55	364.67	558.77	290.99	10.23%
12	3.83	2.3	20.1	488.72	455.03	262.55	3.95%

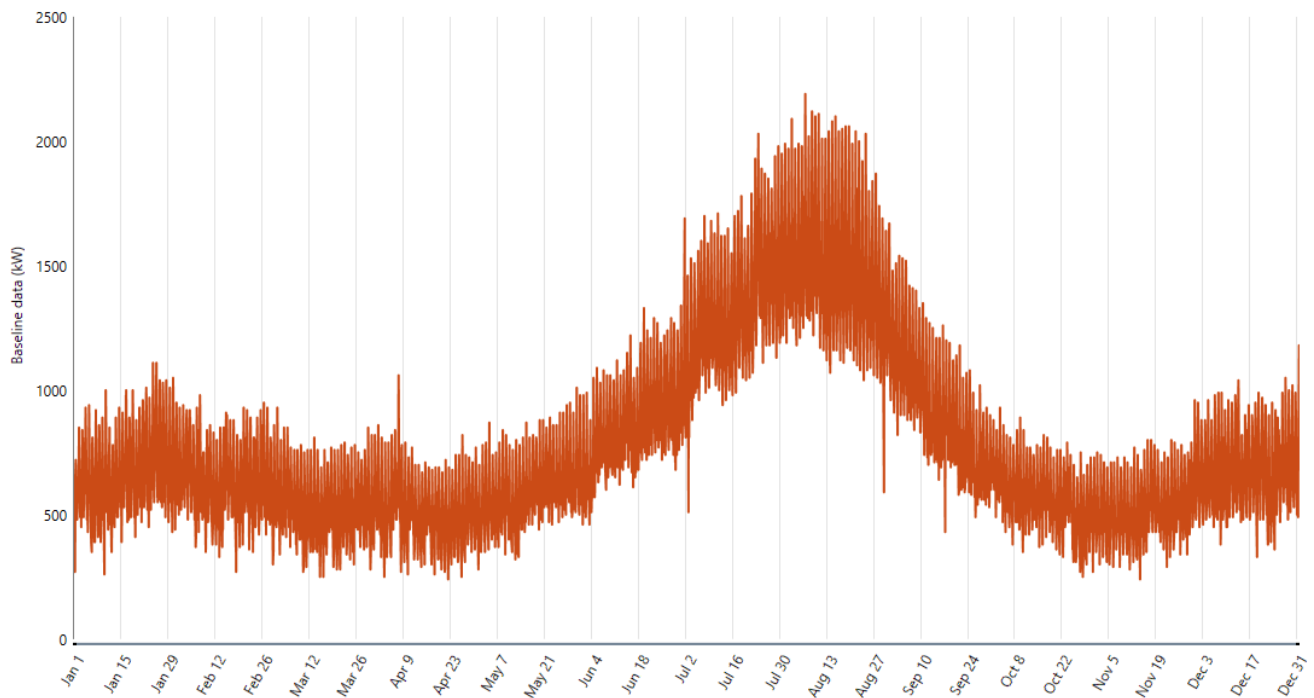
Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά παραγωγής ενέργειας για το έτος 2017 στην Αστυπάλαια. (Πηγή ΔΕΔΔΗΕ)

Η παραγωγή ενέργειας με θερμικούς σταθμούς Diesel παλαιάς τεχνολογίας, με καύσιμο που μεταφέρεται με τάνκερ από την ηπειρωτική χώρα έχει ως αποτέλεσμα το κόστος της ενέργειας να είναι ιδιαίτερα αυξημένο (ότι συμβαίνει σε όλα τα ΜΔΝ).

Η μοντελοποίηση των ενεργειακών αναγκών της Αστυπάλαιας στην παρούσα εργασία θα περιοριστεί στην ηλεκτρική κατανάλωση κάνοντας τις εξής παραδοχές:

1. Τα θερμικά φορτία προς κάλυψη (ανάγκες νοικοκυριών, τουριστικών μονάδων, βιομηχανικών μονάδων, κτηνοτροφικών μονάδων) είναι άγνωστα. Θεωρούμε ότι καλύπτονται με ήδη εγκατεστημένες τεχνολογίες ενώ το μη εξυπηρετούμενο φορτίο καλύπτεται με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διατάξεις θέρμανσης (ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες)
2. Οι ενεργειακές ανάγκες για μεταφορές θεωρούμε ότι καλύπτονται εν μέρει από την μετατροπή βιομάζας σε βιοαέριο και το μέρος του καυσίμου που δεν καταναλώνεται στην ηλεκτροπαραγωγή, το οποίο και θα υπολογίσουμε. Θα αποφασίσουμε στο τέλος αν η ανάλυσή μας μπορεί να καλύψει αυτές τις ενεργειακές ανάγκες.

Από στοιχεία που παραχωρήθηκαν από τον αρμόδιο ρυθμιστή της αγοράς ενέργειας στα ΜΔΝ, τον ΔΕΔΔΗΕ, μπορούμε να κατασκευάσουμε την καμπύλη φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2018, η οποία παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 16.

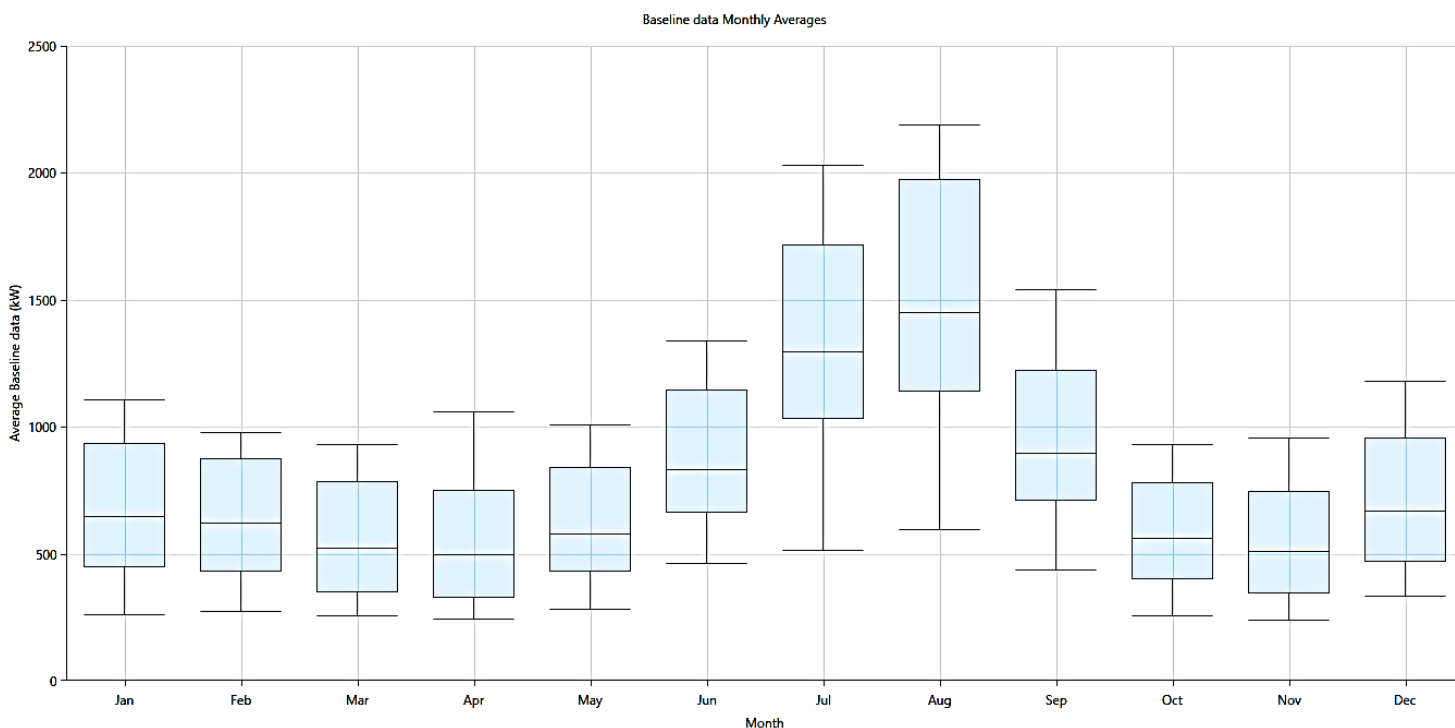


Διάγραμμα 16: Καμπύλη φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2018.

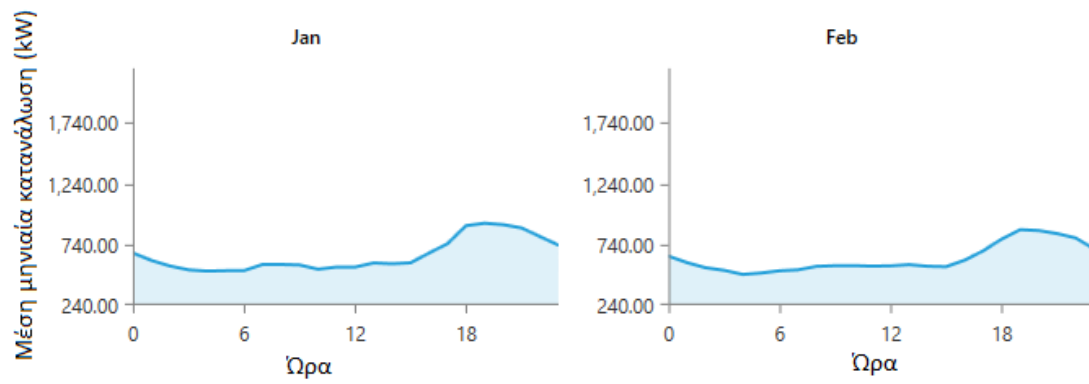
Μέση ημερήσια ζητούμενη ενέργεια	18239 kWh
Μέση ζήτηση ισχύος	759,99 kW
Ζήτηση Αιχμής	2,19 MW
Συντελεστής φορτίου	0,35

Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρικού φορτίου 2018.

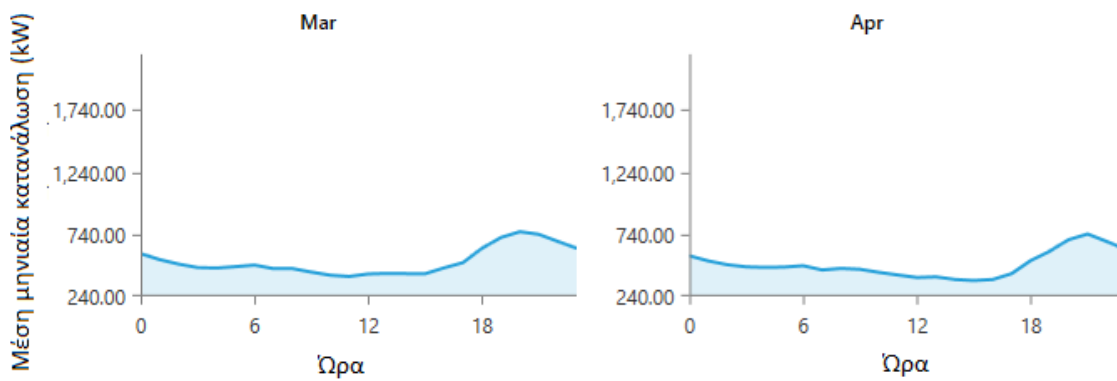
Παρατηρώντας το διάγραμμα της καμπύλης φορτίου διακρίνουμε την μεγάλη εποχικότητα της ζήτησης, χαρακτηριστικό των περισσότερων ΜΔΝ. Αυτό όπως θα συζητηθεί και στη συνέχεια της μελέτης, ανεβάζει τις τεχνικές και οικονομικές απαιτήσεις του συστήματος ενέργειας. Ο μήνας αιχμής της Α-στυπάλαιας, όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 17 είναι ο Αύγουστος. Στα παρακάτω διαγράμματα επίσης, παρουσιάζεται η διακύμανση του μέσου φορτίου ανά ώρα για κάθε μήνα του έτους.



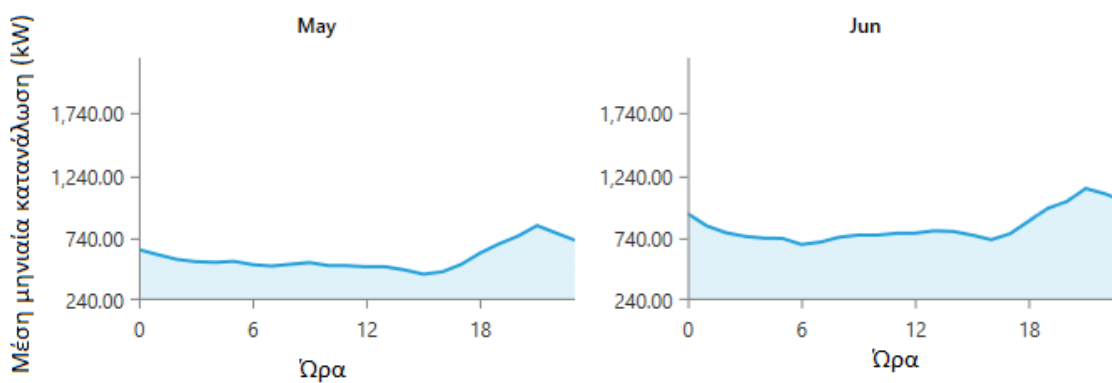
Διάγραμμα 17: Μέσες τιμές ηλεκτρικού φορτίου ανά Μήνα για το έτος 2018.



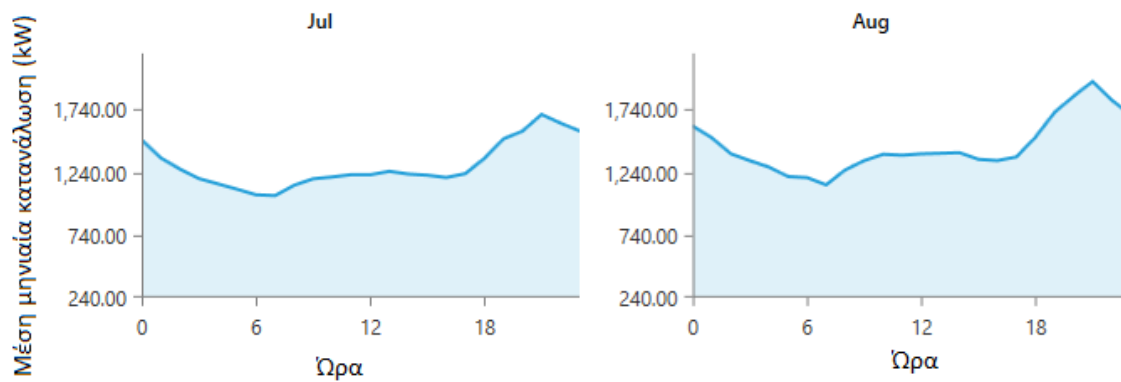
Διάγραμμα 18: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Γανουάριος – Φεβρουάριος 2018)



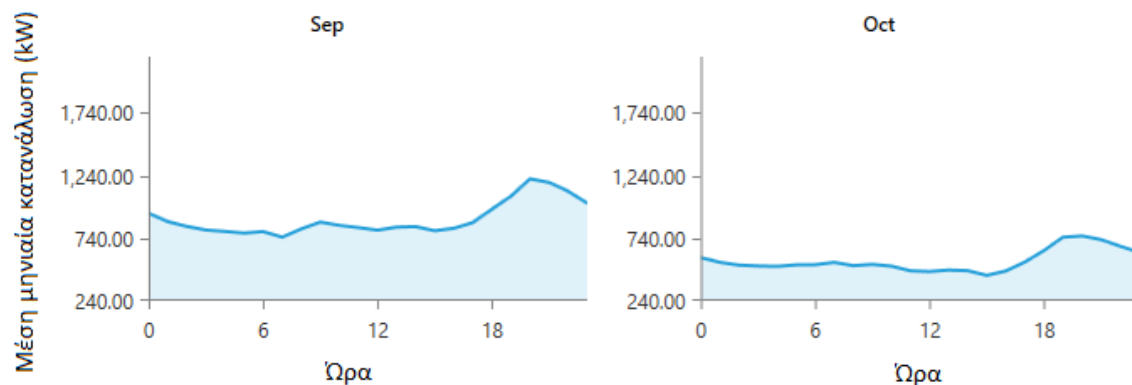
Διάγραμμα 19: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Μάρτιος - Απρίλιος 2018)



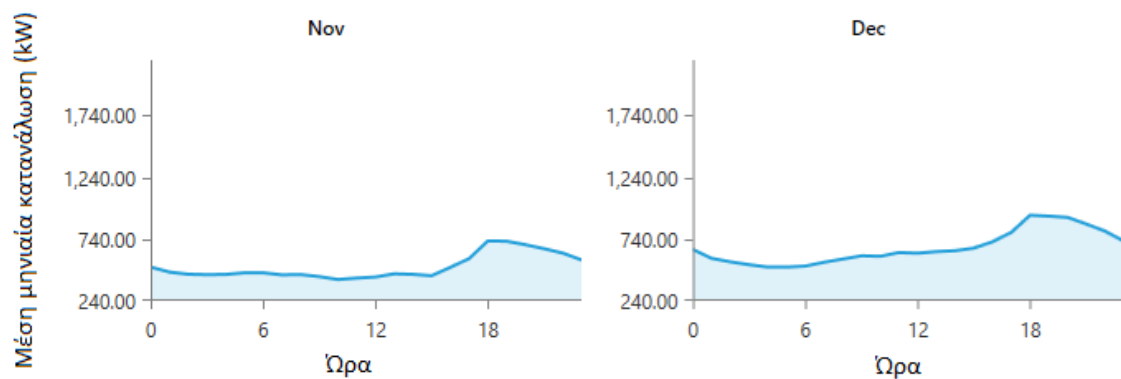
Διάγραμμα 20: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Μάιος - Ιούνιος 2018)



Διάγραμμα 21: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Ιούλιος - Αύγουστος 2018)

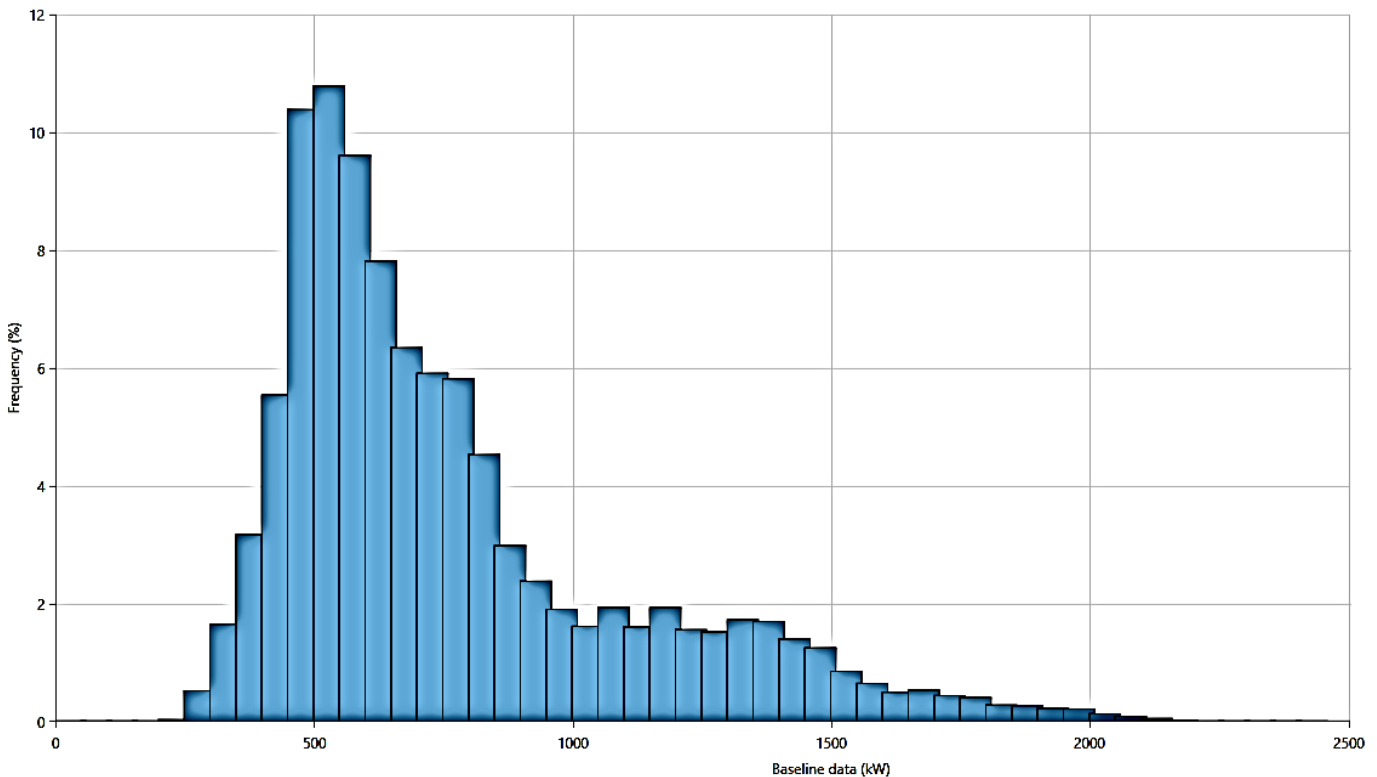


Διάγραμμα 22: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2018)



Διάγραμμα 23: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Νοέμβριος - Δεκέμβριος 2018)

Μία πιο χρήσιμη μορφή της καμπύλης ισχύος, που βοηθάει στην κατανόηση του προβλήματος αυτονομίας είναι το ιστόγραμμα συχνοτήτων που παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 24. Παρατηρώντας το διακρίνουμε με ευκολία ότι τιμές στην περιοχή των 500kW -600kW είναι οι επικρατούσες τιμές για τη ζήτηση. Η απαίτηση ο σχεδιασμός ενός δικτύου να καλύπτει και τη ζήτηση αιχμής, όσο μικρή και αν είναι η διάρκεια της (εποχικότητα φορτίου διακρίνεται στο Διάγραμμα 25) είναι και αυτή που θα ανεβάσει τις απαιτήσεις του συστήματος.

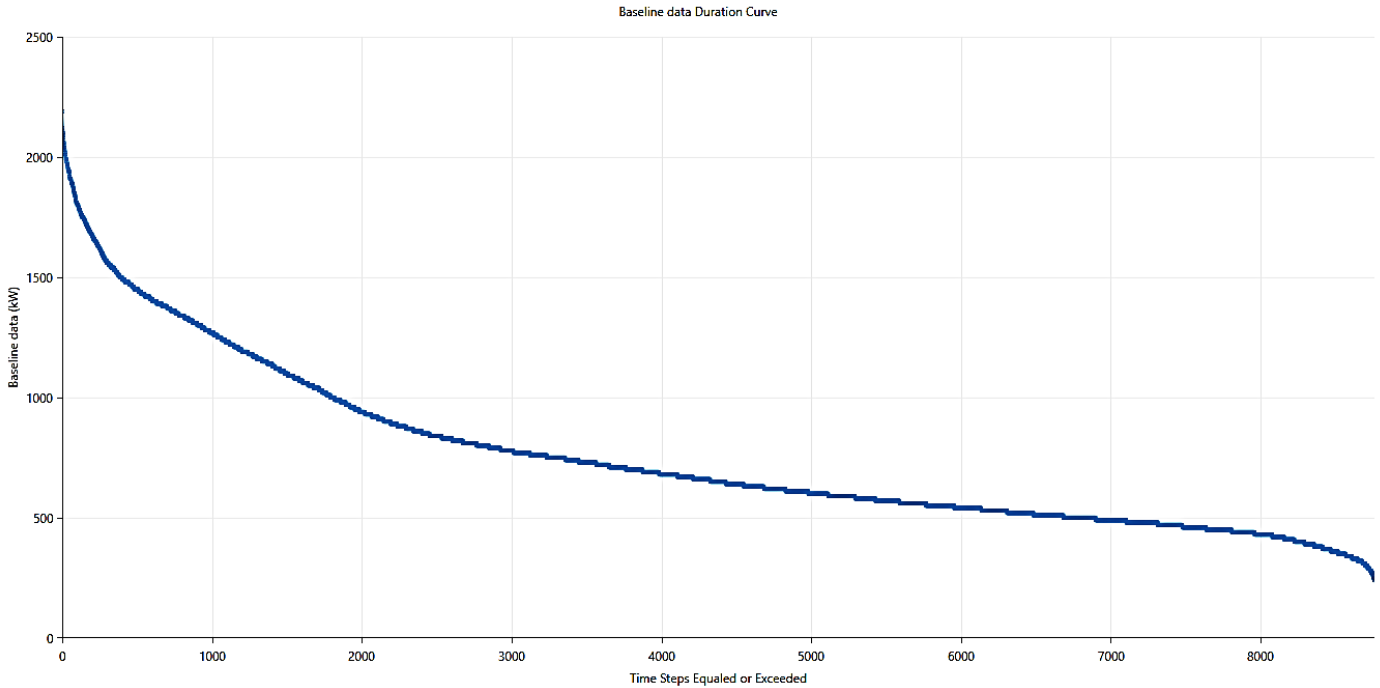


Διάγραμμα 24: Ιστόγραμμα συχνοτήτων φορτίου.

4.2 Το λογισμικό HOMER – Παραμετροποίηση Δυναμικών ΑΠΕ

Το λογισμικό HOMER Pro είναι ένα εργαλείο για την αξιολόγηση σεναρίων παροχής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα και ΑΠΕ σε διασυνδεδεμένα και μη δίκτυα. Η αξιολόγηση των σεναρίων γίνεται με βάση το ελάχιστο κόστος επένδυσης σε Καθαρή Παρούσα Αξία.

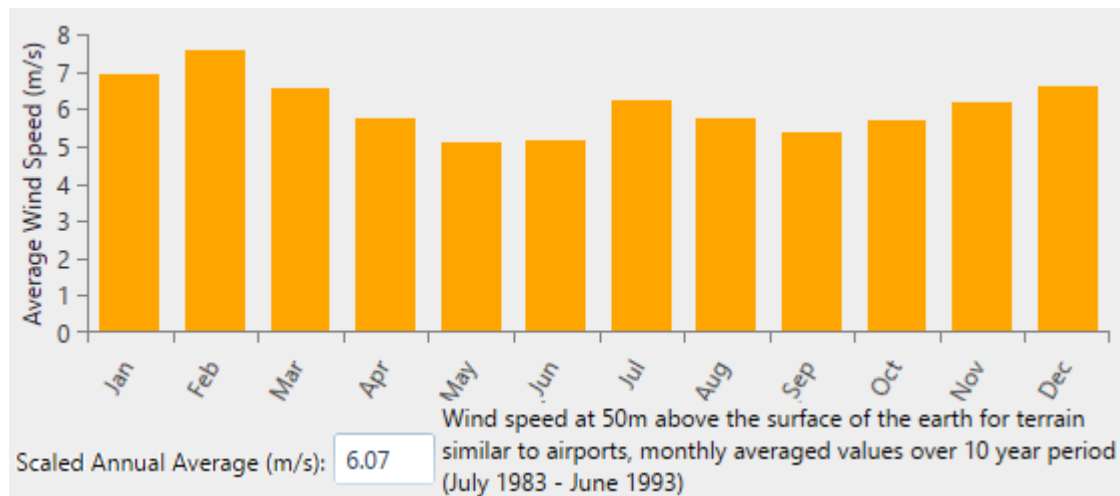
Η παραμετροποίηση των διαφόρων διαθέσιμων δυναμικών ΑΠΕ καθώς και των περιβαλλοντικών παραγόντων παρουσιάζεται παρακάτω.



Διάγραμμα 25: Καμπύλη διάρκεια Φορτίου (time step = 60 min)

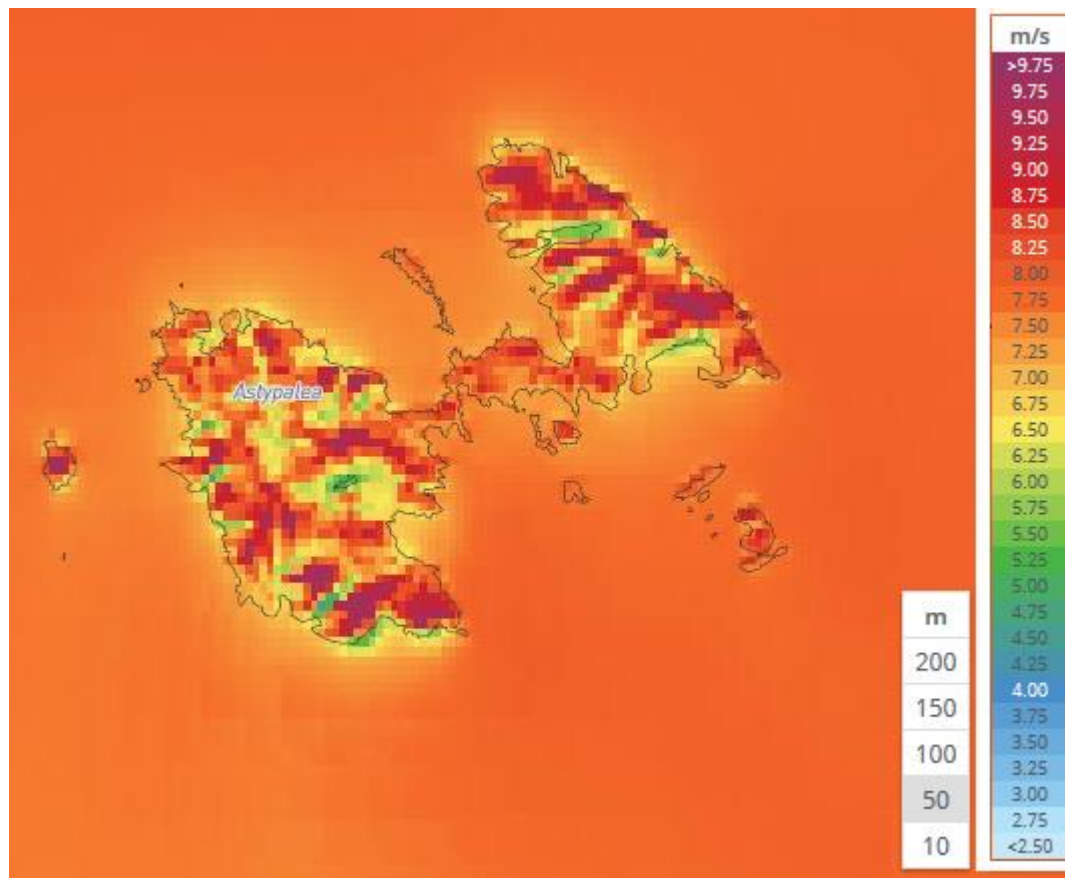
4.2.1 Παραμετροποίηση Αιολικού Δυναμικού

Όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 26, οι τιμές για τις μέσες ταχύτητες ανέμου ανά μήνα υπολογίζονται με βάση τα δεδομένα της Nasa Surface meteorology and Solar Energy database για μια περίοδο μετρήσεων 1983 – 1993. Η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου



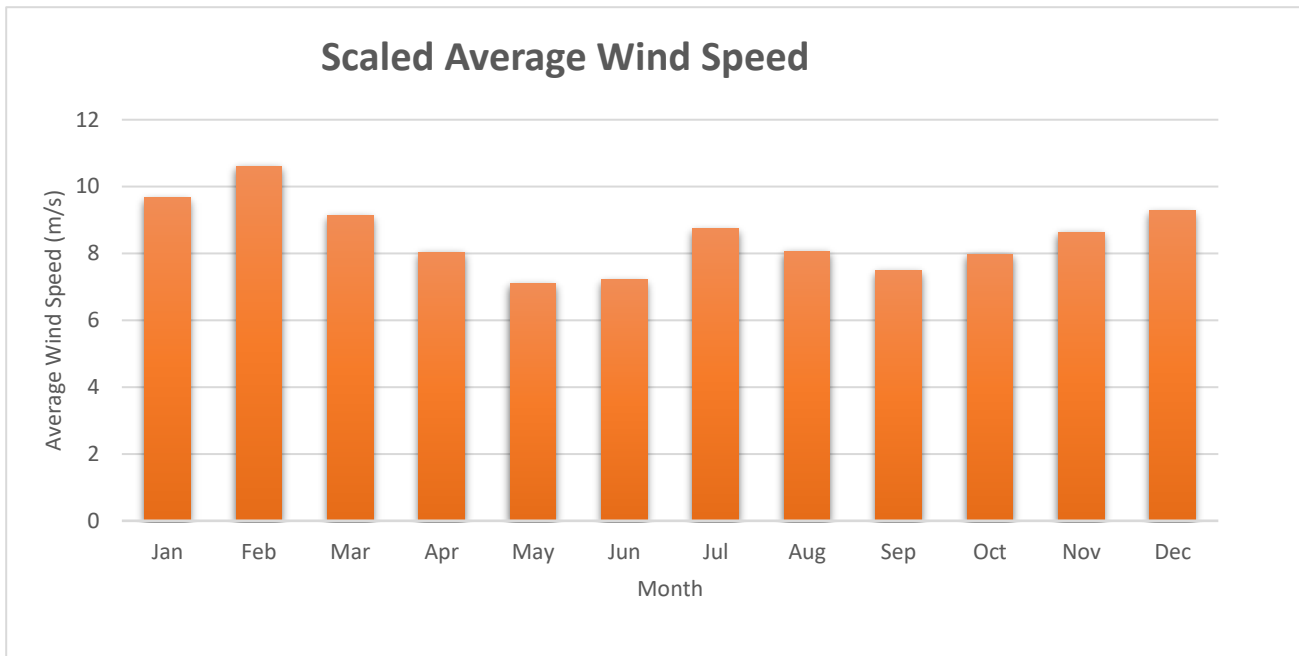
Διάγραμμα 26 Παραμετροποίηση τιμών Μέσης Ταχύτητας Ανέμου (m/s) ανά Μήνα

Οι μετρήσεις αυτές δεν έρχονται σε συμφωνία με τις μετρήσεις που καταδεικνύει τόσο ο αιολικός χάρτης του ΚΑΠΕ για το 2001, ούτε με τις μετρήσεις του Global Wind Atlas που φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 19

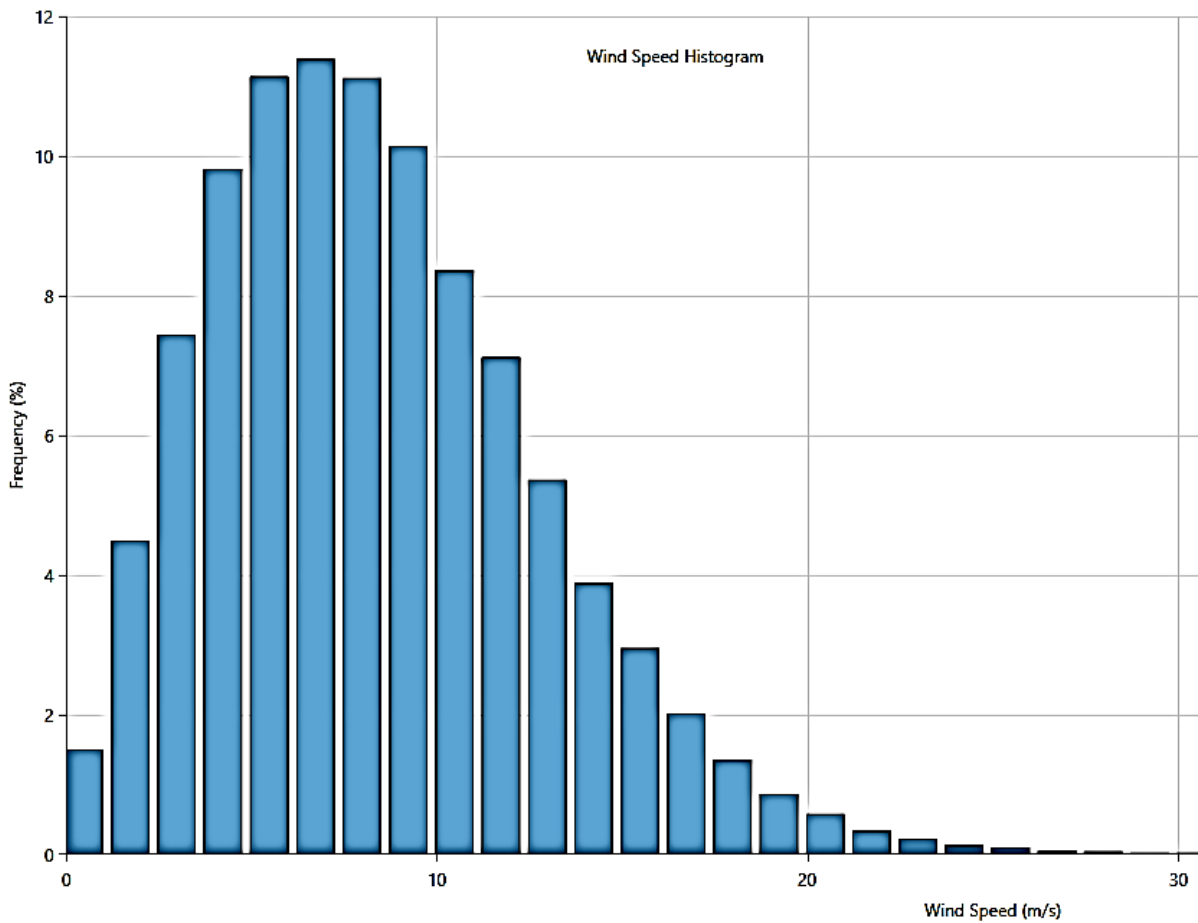


Σχήμα 19: Τιμές μέσης ταχύτητας Ανέμου (m/s σε ύψος 50 m) για την Αστυπάλεια. (πηγή Global Wind Atlas)

Για το λόγο αυτό, μέσω του λογισμικού θα αυξηθούν οι τιμές του ανέμου ώστε να έχουν μέση ετήσια ταχύτητα 8,5 m/s. Οι νέες ταχύτητες παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 27 . Να σημειωθεί πώς οι τιμές αναφέρονται σε ύψος 50m από το έδαφος και για έδαφος παρόμοιο με έδαφος αεροδρομίου (χωρίς μεγάλη τραχύτητα) Ακολουθούμε το μοντέλο το εκθετικού νόμου στη συσχέτιση ύψους – ταχύτητας αέρα με εκθέτη 0,14. Το λογισμικό υπολογίζει από τις μέσες μηνιαίες τιμές, συνθετικές χρονοσειρές, μέσω της χρήσης της κατανομής Weibull με $k=2$ (τιμή εντός των ορίων που ισχύουν στην Ελλάδα).



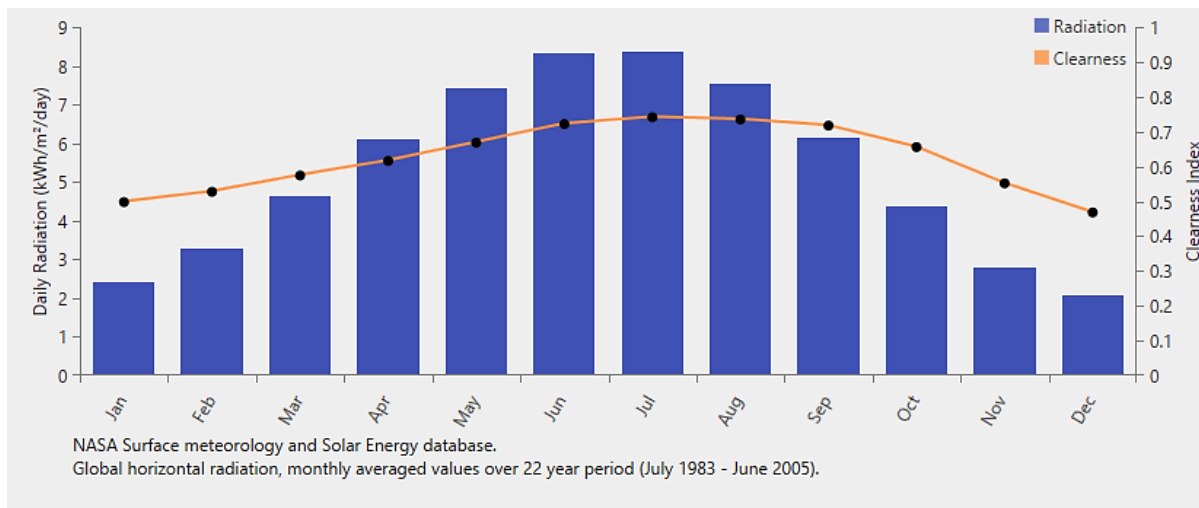
Διάγραμμα 27: Ταχύτητες Ανέμου κατόπιν επεξεργασίας.



Διάγραμμα 28: Ιστόγραμμα Ταχύτητας Αέρα κατόπιν επεξεργασίας.

4.2.2 Παραμετροποίηση Ηλιακού Δυναμικού

Όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 29 και τον Πίνακα 16, οι τιμές για την ημερήσια οριζόντια ακτινοβολία σε υπολογίζονται με βάση τα δεδομένα της Nasa Surface meteorology and Solar Energy database για μια περίοδο μετρήσεων 1983 – 2005



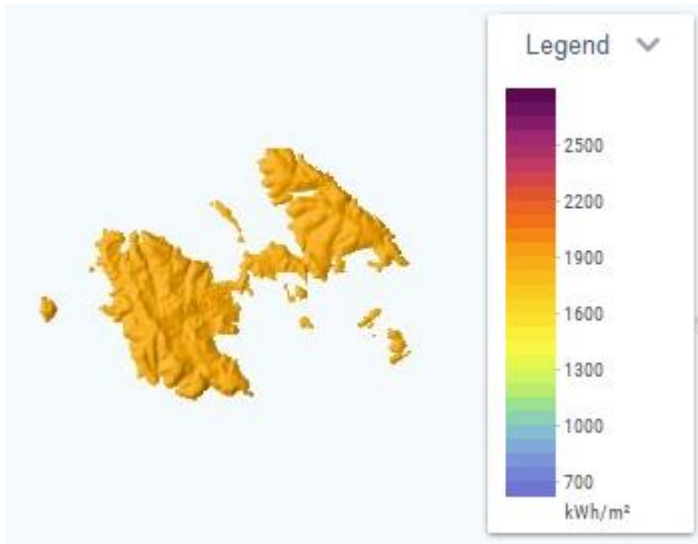
Διάγραμμα 29: Ημερήσια Οριζόντια ακτινοβολία και Παράγοντας Αιθριότητας για την Αστυπάλαια.

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m²/day)
Jan	0.497	2.400
Feb	0.527	3.270
Mar	0.574	4.650
Apr	0.615	6.100
May	0.668	7.420
Jun	0.721	8.340
Jul	0.741	8.350
Aug	0.734	7.520
Sep	0.717	6.150
Oct	0.655	4.360
Nov	0.551	2.800
Dec	0.468	2.060

Annual Average (kWh/m²/day): 5.29

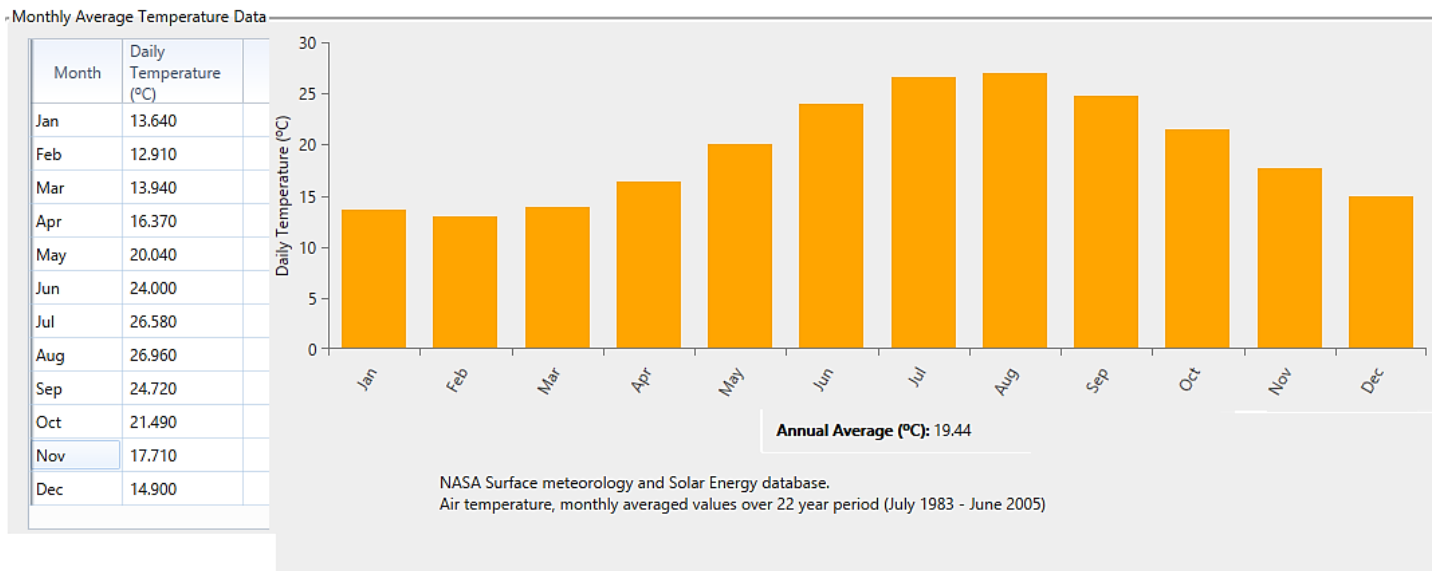
Πίνακας 16: Ημερήσια Οριζόντια ακτινοβολία και Παράγοντας Αιθριότητας για την Αστυπάλαια.

Όπως βλέπουμε και στον Σχήμα 20 τα στοιχεία συμφωνούν με τα δεδομένα του χάρτη που παρουσιάζεται οπότε δεν θα τα επεξεργαστούμε περαιτέρω.



Σχήμα 20. Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Αστυπάλαια. (πηγή Global Solar Atlas)

Όπως έχει προαναφερθεί η παραγόμενη ισχύς στα φωτοβολταϊκά κελιά είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας. Στην μοντελοποίηση του συστήματος θα ληφθεί υπόψιν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 21. Επειδή οι τιμές είναι παραπλήσιες των τιμών που δίνει η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου [25] δεν θα γίνει περαιτέρω επεξεργασία.



Σχήμα 21: Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα για την Αστυπάλαια

4.2.3 Παραμετροποίηση Δυναμικού Βιομάζας

Με βάση τα δεδομένα του Αναπτυξιακού Σχεδίου της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου για την Αστυπάλαια [25] και με τη χρήση καταλλήλων συντελεστών για κάθε είδος καλλιέργειας [24] κατασκευάζεται ο Πίνακας 11 με τις διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας προς παρασκευή αερίου σύνθεσης syngas μέσω αεριοποίησης (η μέθοδος που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία).

θα πρέπει να σημειώσουμε τα εξής.

1. Μέρος της βιομάζας κάθε περιοχής καταναλώνεται ως ζωοτροφή. Από τα στοιχεία του Αναπτυξιακού Σχεδίου διαπιστώνεται πως υπάρχουν καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για αυτό το σκοπό (πχ καλλιέργεια τριφυλλιού) . Αυτές οι καλλιέργειες δεν εισέρχονται στους υπολογισμούς μας και θεωρούμε ότι μαζί με τους βοσκότοπους επαρκούν για την θρέψη στις κτηνοτροφικές μονάδες.
2. Αδυνατούμε να ξέρουμε με ακρίβεια τον χρόνο συγκομιδής των αγροτικών παραπροϊόντων και υπολειμμάτων ενώ γνωρίζουμε ότι τα κτηνοτροφικά υπολείμματα έχουν σταθερή παραγωγή. Για τον λόγο αυτό θεωρούμε σε πρώτη ανάλυση πως η βιομάζα συλλέγεται, επεξεργάζεται και τελικά διατίθεται σε ίσες μηνιαίες ποσότητες .
3. Γνωρίζοντας εμπειρικά πως τα γεωργικά παραπροϊόντα συλλέγονται κυρίως τους μήνες από Απρίλη έως Σεπτέμβρη φροντίζουμε οι ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας για εκείνους τους μήνες (παράλληλα μήνες αιχμής του φορτίου) να είναι αυξημένες. (Σχήμα 22)
4. Βιομάζα παράγεται και από αστικά απόβλητα δηλαδή τα σκουπίδια των νοικοκυριών. Σε ένα νησί με 1270 κατοίκους και με μέση παραγωγή μη ανακυκλώσιμων υλικών στα απόβλητα ίση με 1kg/άτομο/ημέρα έχουμε χοντρικά 1 τόνο/ημέρα βιομάζα επιπλέον. Ακόμα με περίπου 12.000 επισκέπτες το 2018 (πηγή ΑΠΕ – ΜΠΕ: Σε Ανοδική τροχιά κινήθηκε η τουριστική κίνηση στην Αστυπάλαια, Άρθρο, 2019) μπορούμε να πούμε ότι έχουμε μια αξιόλογη προσθήκη βιομάζας από την τουριστική βιομηχανία (υπόλοιπα τροφής, τηγανόλαδα κ.α). Αυτά τα στοιχεία δεν θα τα εντάξουμε στο μοντέλο μας αλλά μας δίνουν μια επιπλέον ασφάλεια ότι οι τιμές που χρησιμοποιούμε είναι ασφαλείς και συντηρητικές.

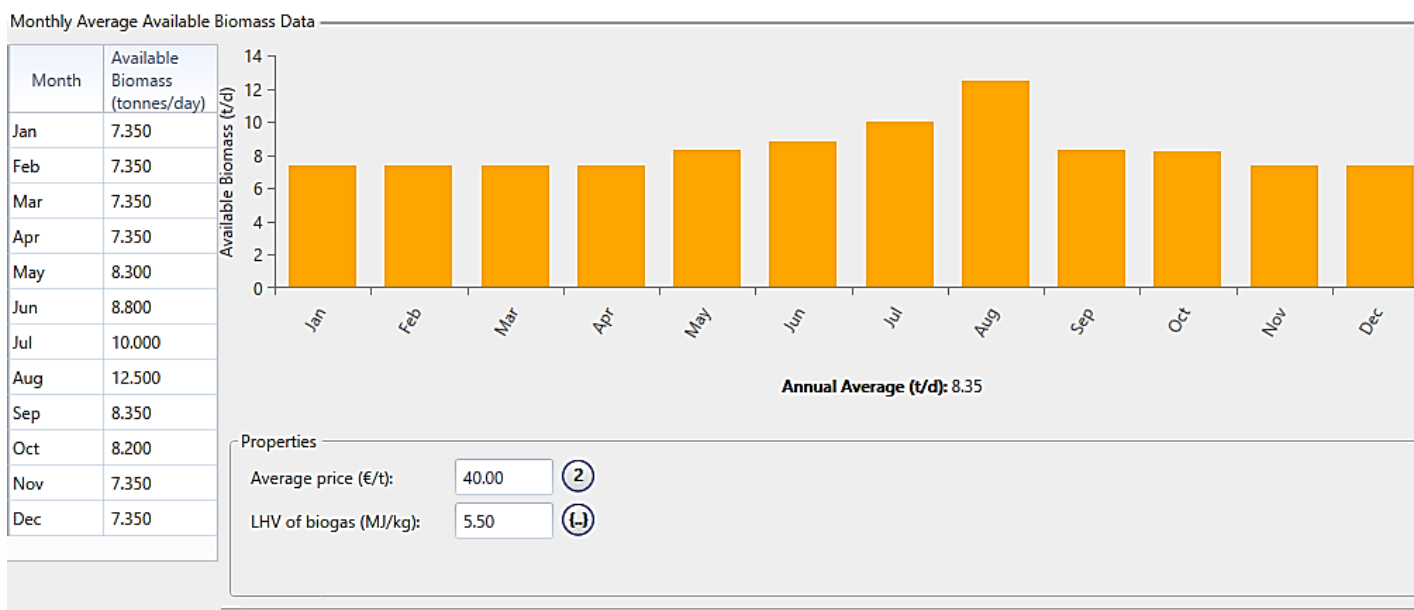
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Ζωικός πληθυσμός	περιττώματα σε kg/day/head	ολικά στερεά		Παραγωγή σε tn/month
		Σε kg/day/head		
Ίπποι	5	24	7.1	1.065
Ημίονοι	5	24	7.1	1.065
Όνοι	42	24	7.1	8.946
Βοοειδή	20	20	4	2.4
Αιγοπρόβατα	12096	1.8	0.6	217.728
Χοίροι	22	2.5	0.6	0.396
Κουνέλια	50	0.2	0.1	0.15
Πουλερικά	3700	0.1	0.03	3.33
Σύνολο μηνιαίας ζωικής βιομάζας σε tn/month				235.08

Ετήσια φυτική παραγωγή (σε kg)	Λόγος υπολείμματος πρός προϊόν	Υπόλειμμα (σε tn)	
Κριθάρι	44000	1.5	66
Βρώμη	6000	1.88	11.28
Κουκιά	300	0.2	0.06
Αραβόσιτος	6500	1.88	12.22
Φασολάκια	2000	0.2	0.4
Μπάμιες	1500	0.2	0.3
Κολοκυθάκια	3000	0.2	0.6
Πατάτες	38000	1	38
Αγγούρια	3000	0.2	0.6
Αγκινάρες	1000	0.2	0.2
Μανταρίνια	20000	0.2	4
Λεμόνια	5000	0.2	1
Πορτοκάλια	900	0.2	0.18
Αχλάδια	5000	0.2	1
Μήλα	2000	0.2	0.4
Βερύκοκα	2000	0.2	0.4
Ροδάκινα	5000	0.2	1
Δαμάσκινα	1400	0.2	0.28
Φυστικιές	1000	0.2	0.2
Ελιές	50000	1.7	85
Σταφύλια	26500	0.2	5.3
Σύνολο Ετήσιας Φυτικής παραγωγής (σε tn)			228.42
Μηνιαία Φυτική Παραγωγή Βιομάζας (σε tn/month)			19.035

Μηνιαία Παραγωγή Βιομάζας σε tn/month 254.115

Πίνακας 17: Υπολογισμός Μηνιαίας Παραγωγής Βιομάζας από αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες.



Σχήμα 22: Μηνιαία Κατανομή Διαθέσιμης Βιομάζας (σε tonnes/day)

4.3 Τεχνικός Εξοπλισμός – Χαρακτηριστικά

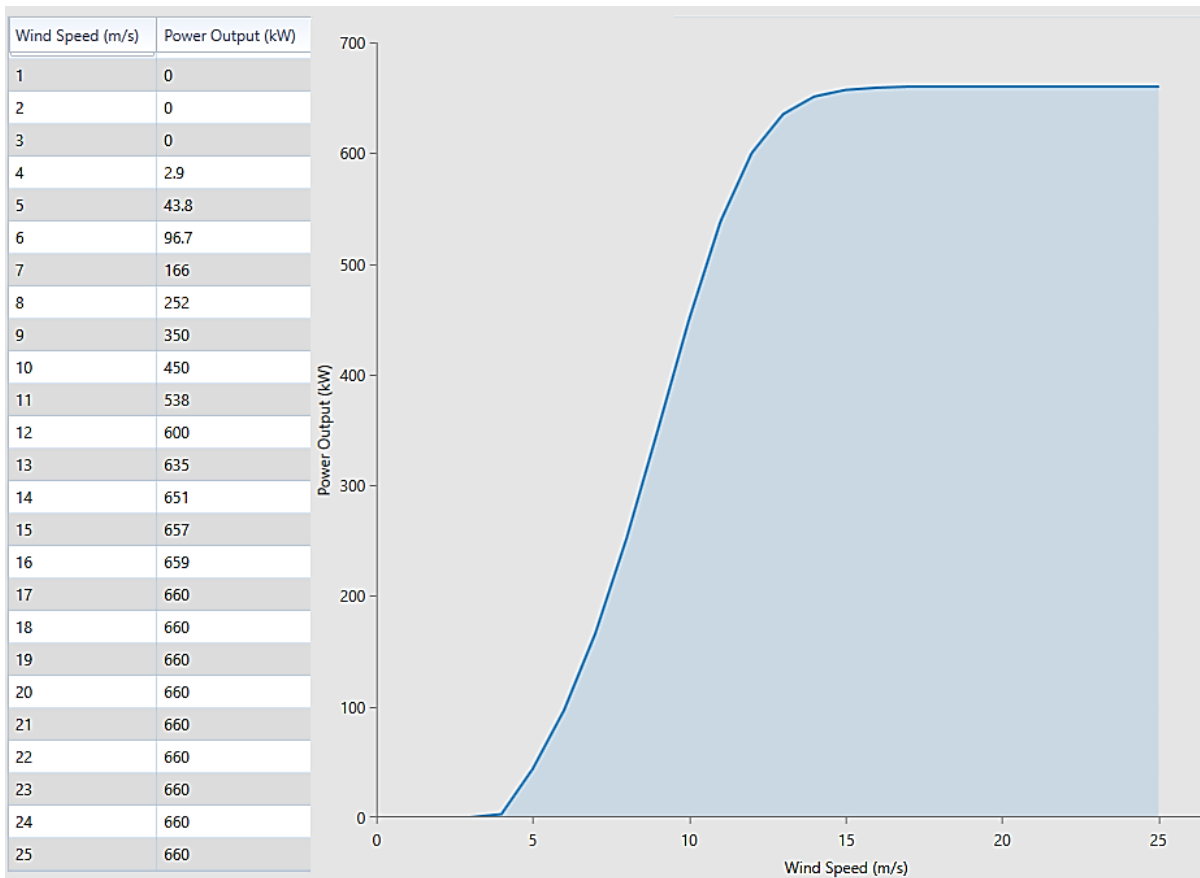
4.3.1. Μοντέλο Ανεμογεννήτριας:

Το μοντέλο ανεμογεννήτριας που επιλέχτηκε είναι το Vestas V47. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον Πίνακα 18 και η καμπύλη ισχύος της στο Σχήμα 23. Για την λειτουργία της υπολογίστηκε σε κάθε περίπτωση 1% απώλειες διαθεσιμότητας (για συντήρηση) και 3% απώλειες ρεύματος

Όνομασία	Vestas V47 – 660kW
Διάμετρος	27 m
Επιφάνεια Σάρωσης	1735 m ²
Όνομαστική Ισχύς	660 kW
Όνομαστική Τάση	960 V
Συχνότητα	50 Hz

Ύψος Πύργου	50 m
Ονομαστική Ταχύτητα Ανέμου	15 m/s ²
Γεννήτρια	Ασύγχρονη
Αριθμός Πτερυγίων	3
Ταχύτητα Ένταξης	4 m/s
Ταχύτητα Απένταξης	20 m/s

Πίνακας 18: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας.



Σχήμα 23: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας.

4.3.2 Μοντέλο Φωτοβολταϊκών Πάνελ

Ως φωτοβολταϊκά πάνελ επιλέχτηκε ένα γενικό (generic) μοντέλο επίπεδης διάταξης το οποίο παραμετροποιήθηκε και κοστολογήθηκε με βάση μέσες τιμές των μοντέλων που κυκλοφορούν στην αγορά. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.

Απόδοση	16%
Συντελεστής Θερμοκρασίας	-0,5% / °C
Θερμοκρασία Βέλτιστης Λειτουργίας	47 °C
Σύστημα παρακολούθησης τροχιάς Ηλίου	Οριζοντίου άξονα, ανά μήνα ρύθμιση

Πίνακας 19: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών Πάνελ.

4.3.2 Μοντέλο Ηλεκτρικών Συσσωρευτών

Ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας επιλέχθηκε το μοντέλο μπαταρίας μολύβδου-οξέος Horpecke 24 OPzS 3000 . Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον Πίνακα 20.

Ονομασία	Horpecke 24 OPzS 3000
Ονομαστική Χωρητικότητα	7,15 kW
Ονομαστική Τάση	2 V
Μέγιστη Χωρητικότητα	3570 Ah
Λόγος Χωρητικότητας	0,315
Μέγιστη Συνολική Διαχειρισθείσα Ενέργεια	10.118 kWh
Μέγιστο Ρεύμα Φόρτισης	610A
Μέγιστος Ρυθμός Φόρτισης	1 A/Ah
Ελάχιστο Επίπεδο Φόρτισης	20%

Πίνακας 20: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Συσσωρευτών.

4.3.3 Μοντέλο Γεννητριών Syngas

Για την καύση του, παραγόμενου από αεριοποίηση βιομάζας, syngas μοντελοποιούνται 2 γεννήτριες, μια με ονομαστική ισχύ 500kW και μία με ονομαστική ισχύ 1200kW. Το αέριο σύνθεσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμο που χρησιμοποιούν έχει $LHV=5 \text{ MJ/kg}$.

4.3.4 Μοντέλο Αντιστροφέα

Για τη διασύνδεση του δικτύου ρεύματος DC (φωτοβολταικά, συσσωρευτές) και του δικτύου ρεύματος AC. Η απόδοση αναστροφής και η απόδοση ανόρθωσης θεωρούνται ίσες με 95%.

4.4 Παρουσίαση Σεναρίων Αυτονόμησης

Σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια ενεργειακής αυτονόμησης χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τεχνολογικός εξοπλισμός για να μπορεί η αξιολόγηση τους να γίνει μόνο με οικονομικά κριτήρια. Βέλτιστο σύστημα από το λογισμικό βρίσκεται με βάση το κριτήριο της ελαχίστης Καθαρής Παρούσας Αξίας. Η διαστασιολόγηση αφορά ουσιαστικά τις εγκατεστημένες δυναμικότητες για τις τεχνολογίες ΑΠΕ, τον αριθμό των μπαταριών και τις ώρες λειτουργίας για τις γεννήτριες syngas.

Τα κόστη του εξοπλισμού παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 21:

Πάγιο Σταθερό Κόστος	500.000 €		
Πάγιο Μεταβλητό Κόστος	200.000 €		
<u>Εξοπλισμός</u>	<u>Κόστος</u>	<u>Κόστος</u>	<u>Κόστος</u>
	<u>Εγκατάστασης</u>	<u>Αντικατάστασης</u>	<u>Λειτουργίας και</u>
			<u>Συντήρησης</u>
Vestas V47	650.000 €	650.000 €	12.000 €/έτος
Biogas Generator 500kW	150.000 €	150.000 €	5 €/ώρα λειτ.
Biogas Generator 1200kW	300.000 €	300.000 €	10 €/ώρα λειτ.

Hoppecke 24 OPzS 3000 (συσσωρευτές)	1000 €	600 €	5 €/year
Generic PV Panels	1000 €/kW	200 €/kW	10 €/έτος

Πίνακας 21: Στοιχεία κόστους εξοπλισμού και εγκαταστάσεων.

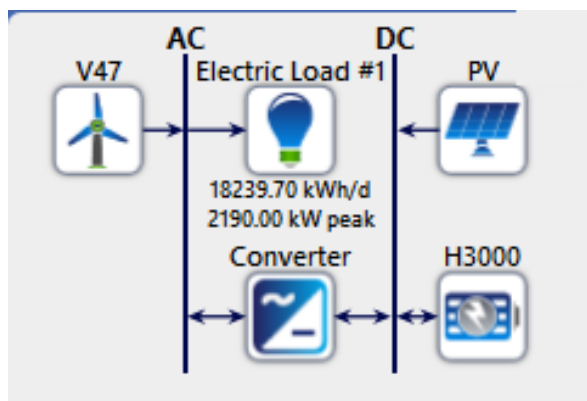
Οι υποθέσεις που γίνανε σχετικά με τα κόστη είναι:

Το πάγιο σταθερό κόστος αναφέρεται στην δημιουργία μιας εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου. Αντίστοιχα το λειτουργικό κόστος αναφέρεται στις λειτουργικές απαιτήσεις μιας τέτοιας εγκατάστασης. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των φωτοβολταϊκών καλύπτει τα έξοδα της μηνιαίας ρύθμισης του οριζόντιου άξονά τους ώστε να ακολουθούν πιστότερα την τροχιά του ηλίου.

Οι τιμές για τις μπαταρίες έχουν μειωθεί στο 60% της λιανικής τιμής τους δεδομένου ότι αγοράζονται σε ποσότητες που ξεπερνούν τη χιλιάδα, οπότε μια τέτοια έκπτωση είναι εφικτή.

4.4.1 -Σενάριο Α – ΑΠΕ χωρίς την εκμετάλλευση Βιομάζας.-

Το παρόν σενάριο πέρα από τη χρησιμότητα του για μια πρώτη εκτίμηση των τεχνικοοικονομικών μεγθών καλύπτει έχει την εξής ιδιομορφία: δεν απαιτεί σταθερά και μεταβλητά έξοδα για εγκατάσταση επεξεργασίας βιομάζας. Ο όγκος της διαθέσιμης βιομάζας δεν αξιοποιείται λοιπόν στην ηλεκτροπαραγωγή. Επίσης δεν υπάρχουν έξοδα για την προμήθεια γεννητριών syngas (ή την μηχανολογική τροποποίηση των συμβατικών γεννητριών που υπάρχουν). Το διάγραμμα της διεργασίας παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 24: Διάγραμμα Διεργασίας χωρίς Αξιοποίηση Βιομάζας (Σενάριο Α).

Οι αρχιτεκτονικές με που σε αυτό το σενάριο επικρατούν παρουσιάζονται στο Σχήμα 22.

		PV (kW)	V47	H3000	Converter (kW)	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)
		5,311	2	4,638	3,216	\$13.0M	\$0.151	\$135,760	\$11.2M
		7,620		8,154	2,289	\$18.2M	\$0.211	\$184,506	\$15.8M
			11	8,724	4,954	\$18.9M	\$0.219	\$231,967	\$15.9M

Πίνακας 22: Επικρατούσες Αρχιτεκτονικές για το Σενάριο Α.

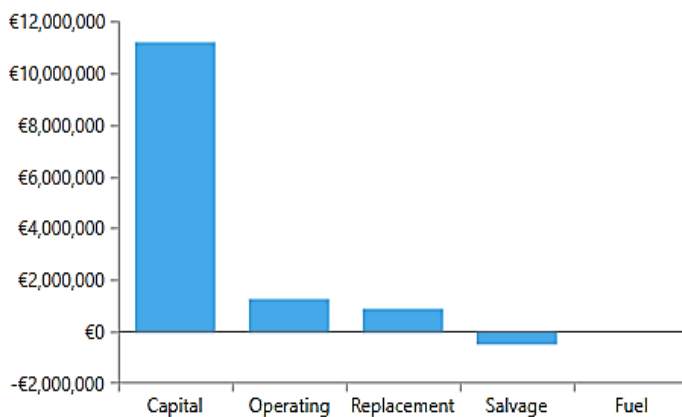
Από αυτές τις 3 αρχιτεκτονικές επιλέγεται η πρώτη με την ελάχιστη Καθαρή Παρούσα Αξία . Το σύστημα αποτελείται από

- 2 ανεμογεννήτριες Vestas V47 των 660kW
- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 5311 kW
- 4638 ηλεκτρικοί συσσωρευτές Horpecke 24 OPzS 3000 (H300)
- Αντιστροφέας ισχύος 3216kW

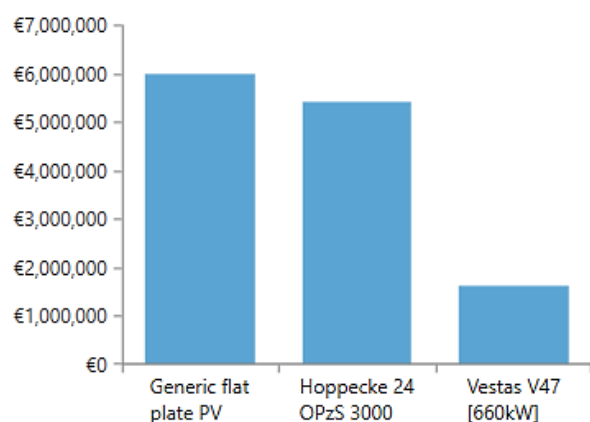
4.4.1.1 Οικονομικά στοιχεία (Σενάριο Α)

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Καθαρή Παρούσα Αξία (€)
11.200.000	135.760	0,151	13.000.000

Πίνακας 23: Οικονομικά μεγέθη σε ΚΠΑ Σεναρίου Α.



Διάγραμμα 30: Ανάλυση κόστους ανά είδος σε ΚΠΑ (Σενάριο Α).



Διάγραμμα 31: Ανάλυση κόστους ανά εξοπλισμό σε ΚΠΑ (Σενάριο Α).

Ανάλυση Κόστους (ετήσια βάση)	Generic flat plate PV	Vestas V47 [660kW]	Hoppecke 24 OPzS 3000	Σύνολικό Σύστημα
Αρχικό (€)	410.823,8	100.560,7	358.769,6	870.179
Αντικατάστασης (€)	0	0	71625,5	71.632,54
Σ&Λ (€)	53.109,32	24000	23190	100.299,3
Συνολικό (€)	463.933,2	124.560,7	417.414,44	1.005.939

Πίνακας 24: Οικονομικά στοιχεία εξοπλισμού Σεναρίου Α.

Από τα οικονομικά στοιχεία παρατηρούμε αυτό που αναμέναμε, ότι δηλαδή τα μεγαλύτερα έξοδα αφορούν το κόστος αγοράς του εξοπλισμού στην αρχή του έργου. Τα λειτουργικά κόστη είναι πολύ μικρότερα ενώ τα κόστη αντικατάστασης αφορούν την αγορά νέων ηλεκτρικών συσσωρευτών όταν εξαντληθεί ο χρόνος ζωής των αρχικών.

Σχετικά με τα κόστη αγοράς, τα φωτοβολταϊκά απαιτούν τη μεγαλύτερη επένδυση ακολουθούμενα από τους συσσωρευτές. Το κόστος του αντιστροφέα θεωρείται αμελητέο.

4.4.1.2 Ενεργειακά στοιχεία (Σενάριο Α)

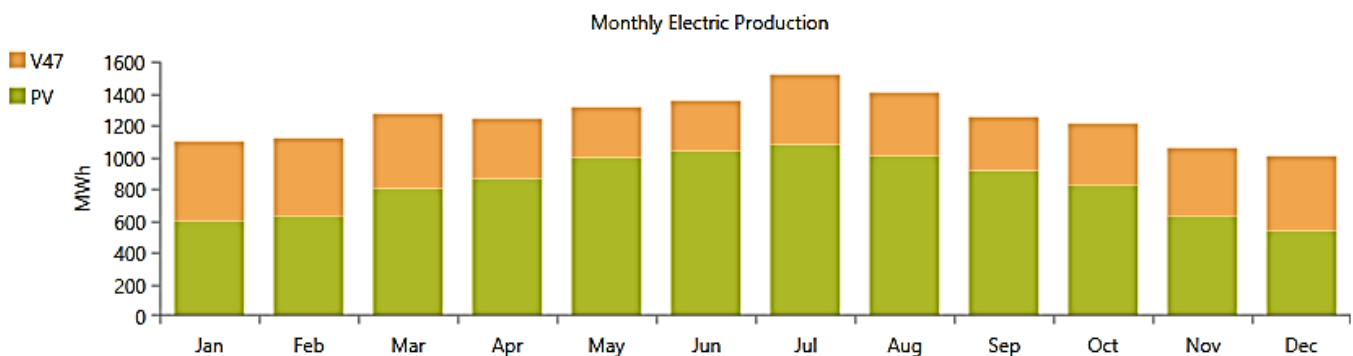
Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	6,652,451	100
DC Primary Load	0	0
Total	6,652,451	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	7,647,267	51.5
Unmet Electric Load	5,038	0.0757
Capacity Shortage	6,627	0.0995

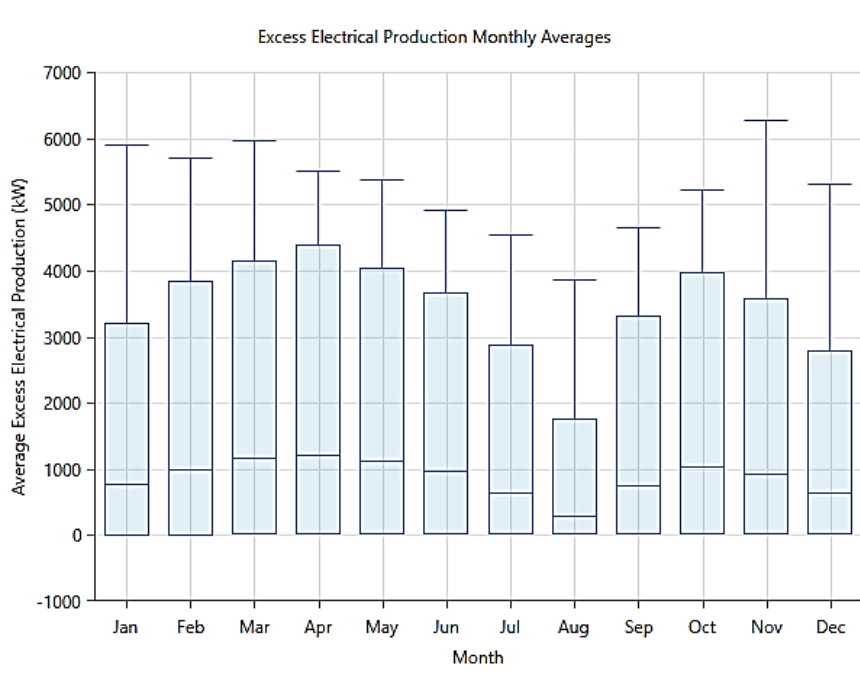
Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	9,905,794	66.7
Vestas V47 [660kW]	4,936,410	33.3
Total	14,842,204	100

Πίνακας 25: Ενεργειακά μεγέθη Σεναρίου Α.

Βλέπουμε ότι παράγονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας που μένουν ανεκμετάλλευτες. Αυτό οφείλεται στην μεγάλη εποχικότητα του φορτίου που δημιουργεί απαιτήσεις για αρχιτεκτονικές μη βέλτιστες ενεργειακά. Παράλληλα υπάρχει στα όρια του υπολογιστικού σφάλματος 0,07 % ηλεκτρικό φορτίο που δεν εξυπηρετείται που θα το θεωρήσουμε υπολογιστική αδυναμία του λογισμικού.



Διάγραμμα 32: Διάρθρωση Μηνιαίας Ηλεκτρικής Παραγωγής (Σενάριο Α).

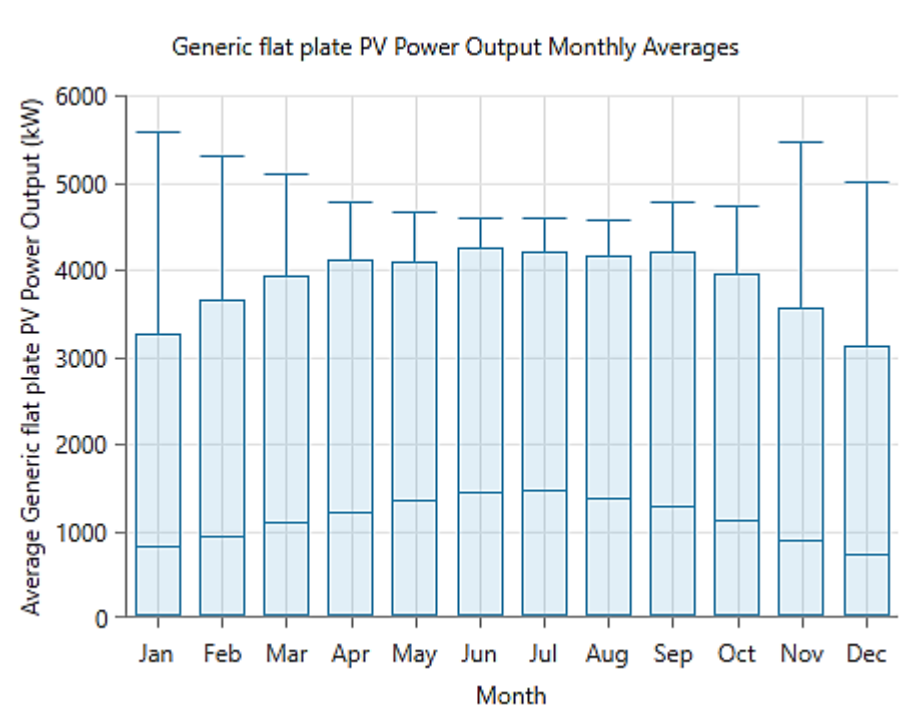


Διάγραμμα 33: Μέση Μηνιαίες Τιμές Περίσσειας Ηλ. Ενέργειας (Σενάριο Α).

-Φωτοβολταϊκά –

	Generic flat plate PV	Unit
Rated capacity	5.311	kW
Mean output	1.131	kW
Mean output	27.139	kWh/d
Capacity factor	21,3	%
Total production	9.905.794	kWh/yr
Minimum output	0	kW
Maximum output	5.588	kW
PV penetration	149	%
Hours of operation	4389	hrs/yr
Levelized cost	0,0468	€/kWh

Πίνακας 26: Στοιχεία Παραγωγής για τα φωτοβολταϊκά Σεναρίου Α.

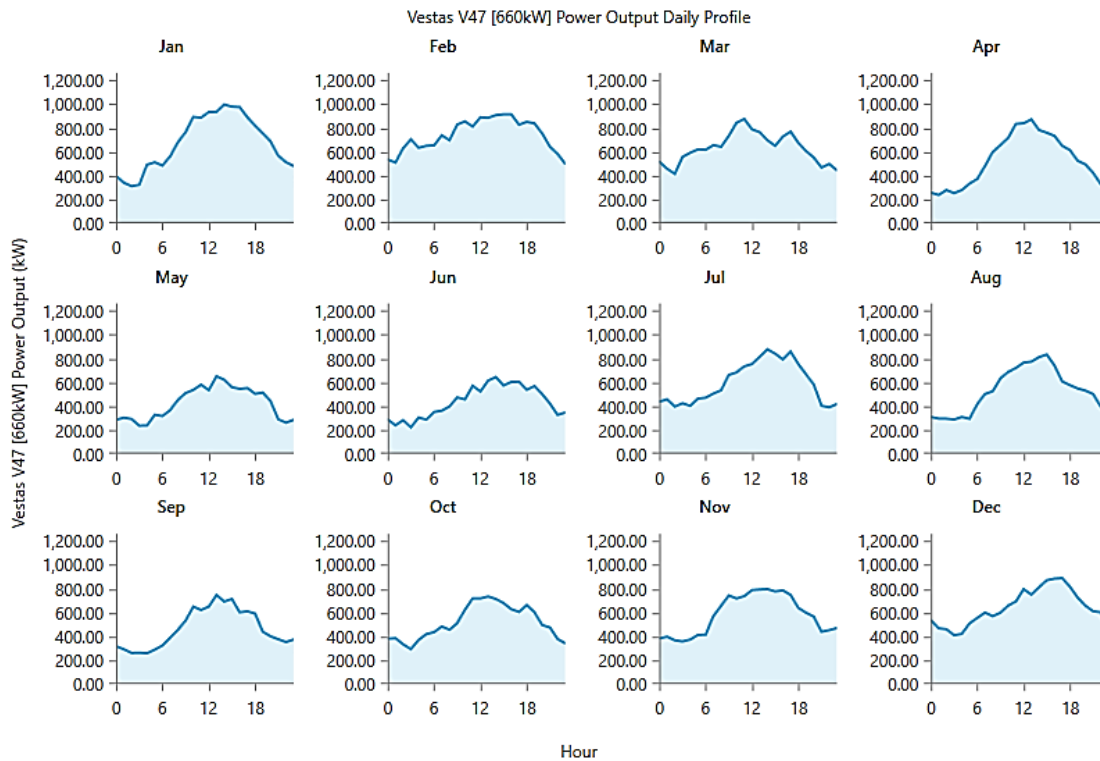


Διάγραμμα 34: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από τα ΦΒ (Σενάριο Α).

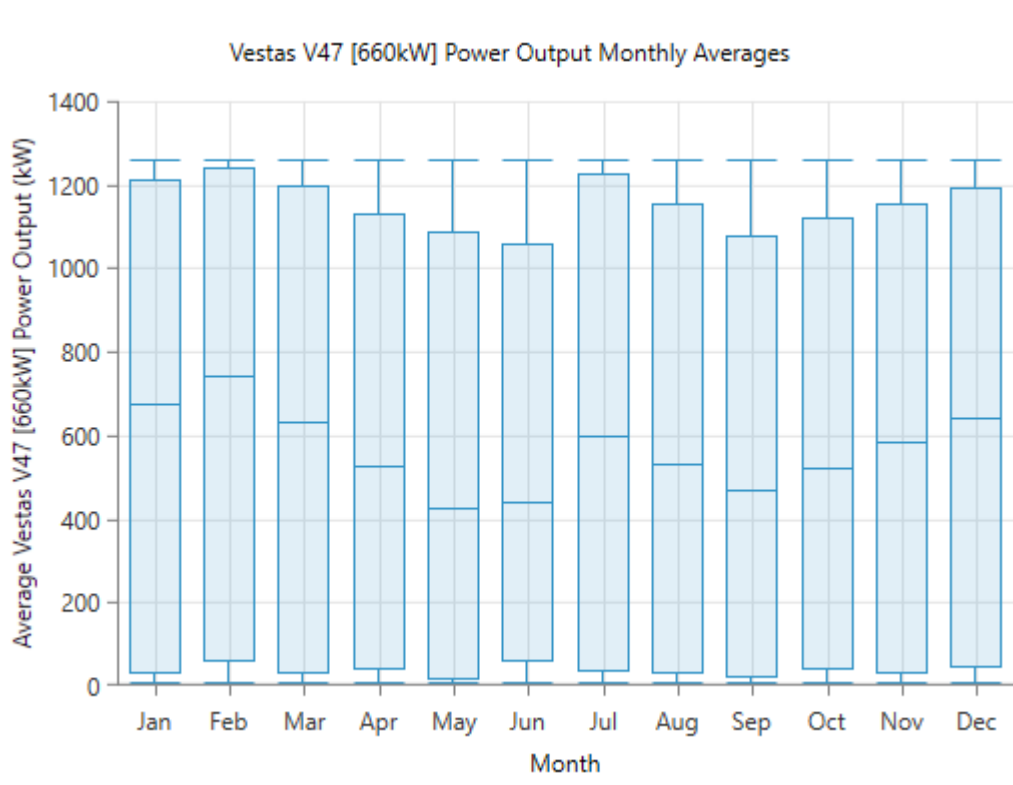
-Ανεμογεννήτριες-

	Vestas V47 [660kW]	Unit
Total rated capacity	1320	kW
Mean output	564	kW
Capacity factor	42,7	%
Total production	4.936.410	kWh/yr
Minimum output	0	kW
Maximum output	1.262	kW
Wind penetration	74,1	%
Hours of operation	7.996	hrs/yr
Levelized cost	0,0252	€/kWh

Πίνακας 27: Στοιχεία Παραγωγής για Ανεμογεννήτριες Σεναρίου Α.



Σχήμα 25: Προφίλ μέσης Ημερήσιας παραγωγής ισχύος Ανεμογεννητριών ανά μήνα για το Σενάριο Α.

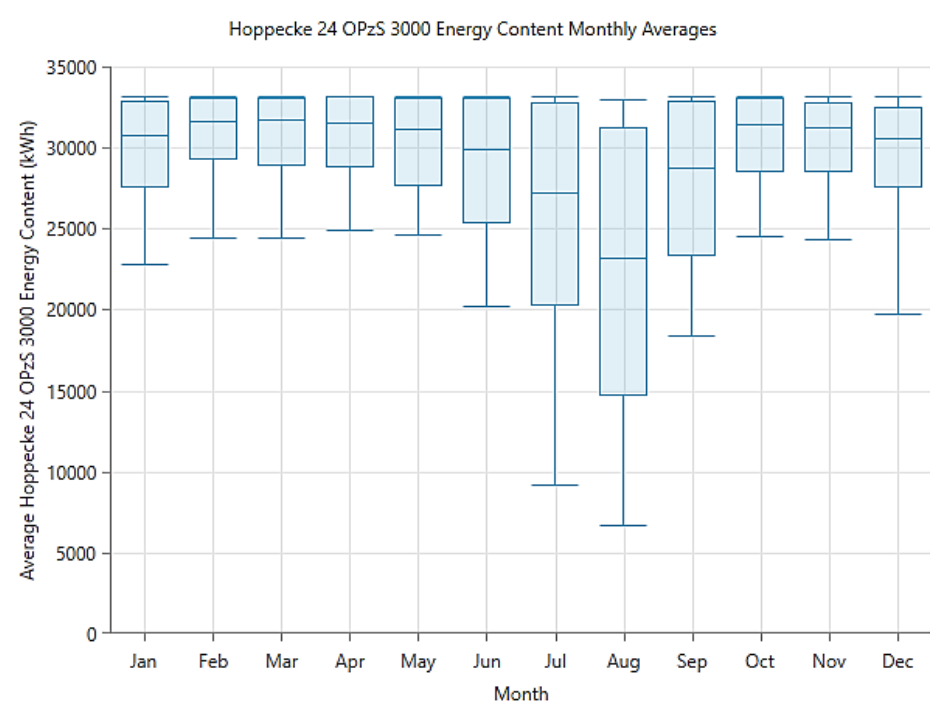


Διάγραμμα 35: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Ανεμογεννήτριες (Σενάριο Α).

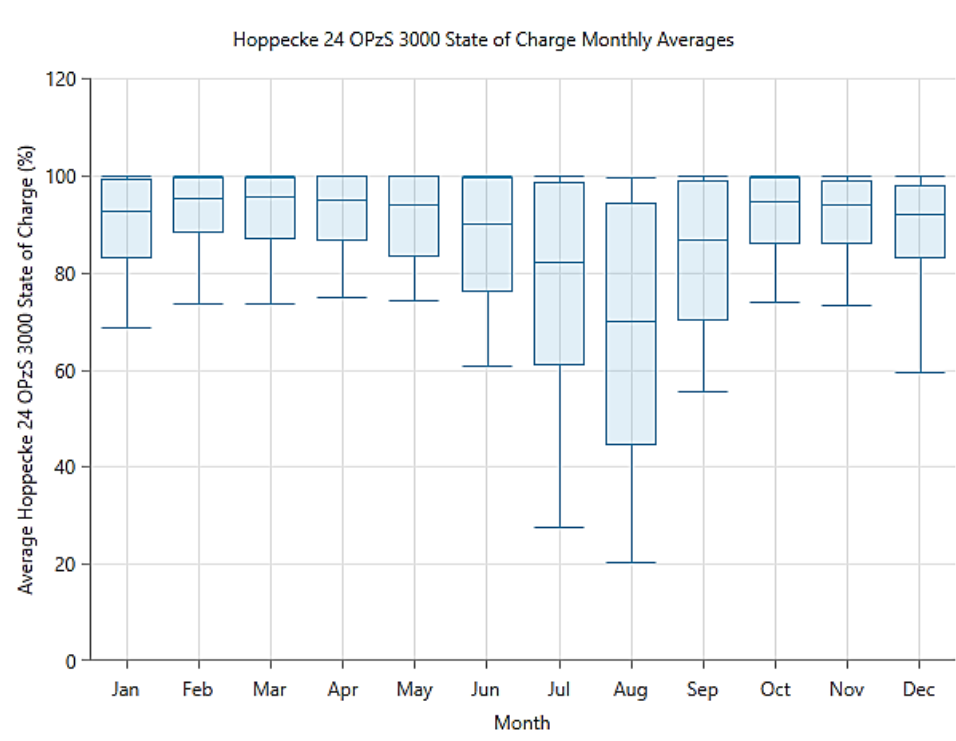
-Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές -

Model	Hoppecke 24 OPzS 3000	Unit
Autonomy	34.9	Hr
Annual throughput	2.437.622	kWh/yr
Energy in	2.625.347	kWh/yr
Energy out	2.260.558	kWh/yr
Battery wear cost	0,0639	€/kWh
Losses	367.765	kWh/yr
Storage depletion	2.976	kWh/yr
Nominal Capacity	33.158	kWh
Usable Nominal Capacity	26.527	kWh
Lifetime Throughput	46.928.675	kWh
Expected Life	19,3	Years

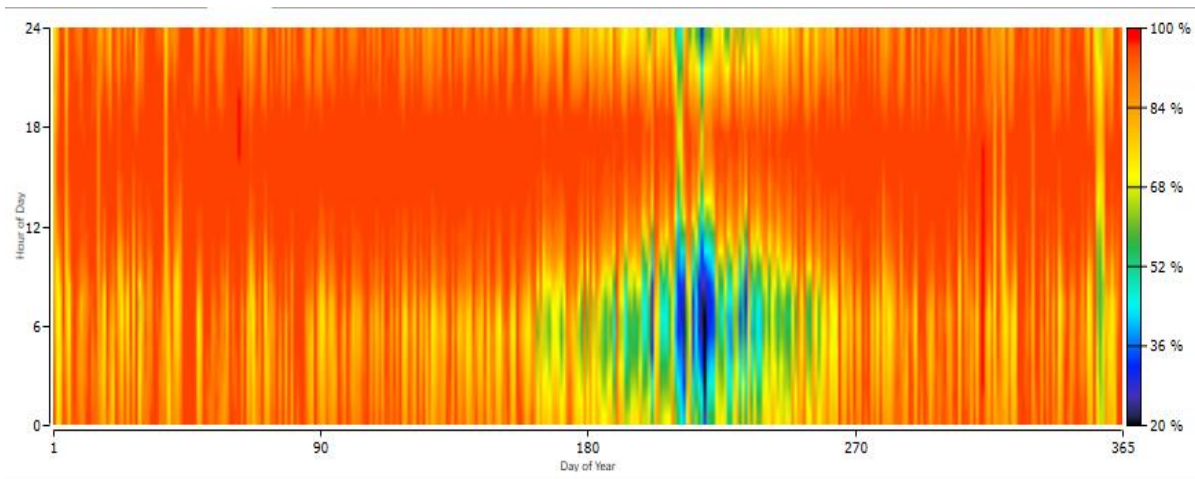
Πίνακας 26: Στοιχεία Λειτουργίας για Ηλεκτρικούς Συσσωρευτές Σεναρίου Α.



Διάγραμμα 36: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ενεργειακού περιεχομένου Συσσωρευτών (Σενάριο Α).



Διάγραμμα 37: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Α).

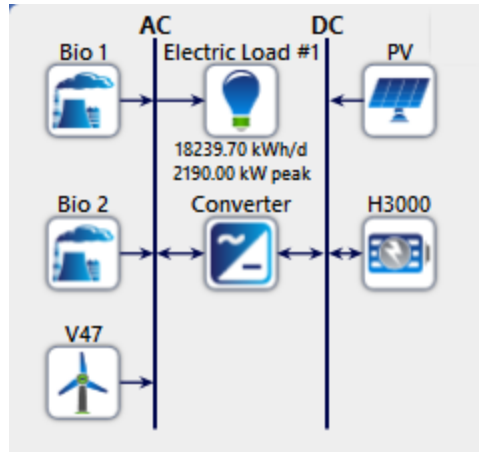


Διάγραμμα 38: Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Α).

Βλέπουμε ότι οι συσσωρευτές πλησιάζουν κοντά στο ελάχιστο σημείο φόρτισης για τις βραδινές ώρες του Αυγούστου που και τα φορτία είναι μεγάλα, και τα φωτοβολταϊκά δεν προσδίδουν ενέργεια στο σύστημα. Ενώ λοιπόν τους υπόλοιπους μήνες το επίπεδο φόρτισής τους είναι άνω του 60%, τον Αύγουστο βρίσκεται σε επικίνδυνα επίπεδα για την σταθερότητα του δικτύου. Αυτό μπορεί στην παρούσα Αρχιτεκτονική να αντιμετωπιστεί με την κάλυψη της ζήτησης με γεννήτρια syngas.

4.4.2 -Σενάριο B – ΑΠΕ με εκμετάλλευση Βιομάζας.-

Στο συγκεκριμένο σενάριο προσπαθούμε να εκμεταλλευτούμε μέρος της ενέργειας της βιομάζας, αεριοποιώντας της και χρησιμοποιώντας το παραγόμενο αέριο σύνθεσης σε κατάλληλες γεννήτριες. Εισάγουμε λοιπόν πέρα από τις γεννήτριες στο μοντέλο, και τα κόστη που θεωρήσαμε για την εγκατάσταση μιας μονάδας επεξεργασίας βιομάζας. Το διάγραμμα της διεργασίας παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 26: Διάγραμμα Διεργασίας με Αξιοποίηση Βιομάζας (Σενάριο B).

Οι αρχιτεκτονικές με που σε αυτό το σενάριο επικρατούν παρουσιάζονται στο Σχήμα 26.

Architecture										Cost				
					PV (kW)	V47	Bio 1 (kW)	Bio 2 (kW)	H3000	Converter (kW)	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)
					1,120	4	500	1,200	1,164	2,605	\$11.1M	\$0.129	\$407,588	\$5.83M
						6	500	1,200	1,086	1,429	\$11.5M	\$0.134	\$431,851	\$5.94M
					3,331	4	500		3,960	1,592	\$15.0M	\$0.174	\$342,333	\$10.5M
					5,275		500	1,200	4,410	1,802	\$16.6M	\$0.193	\$460,958	\$10.6M
					7,005		500		6,096	7,326	\$19.1M	\$0.223	\$417,172	\$13.8M

Πίνακας 27: Επικρατούσες Αρχιτεκτονικές για το Σενάριο B.

Από αυτές τις 5 αρχιτεκτονικές επιλέγεται η πρώτη με την ελάχιστη Καθαρή Παρούσα Αξία . Το σύστημα αποτελείται από

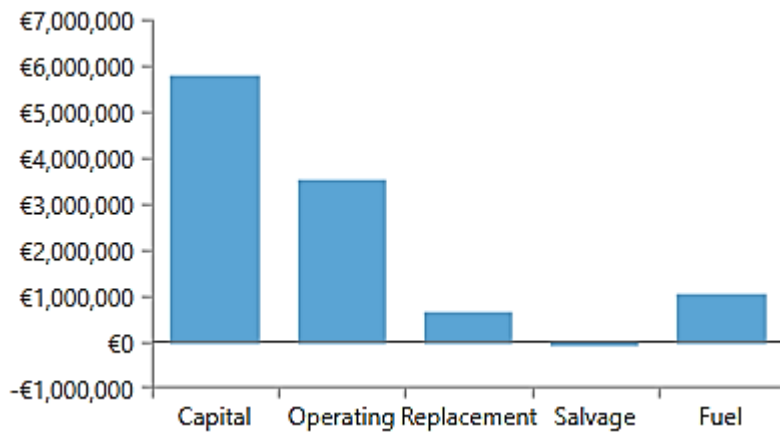
- 4 ανεμογεννήτριες Vestas V47 των 660kW

- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 1120 kW
- 1164 ηλεκτρικοί συσσωρευτές Hoppecke 24 OPzS 3000 (H300)
- Αντιστροφέας ισχύος 2065kW
- 2 γεννήτριες ονομαστικής ισχύος 500kW και 1200kW

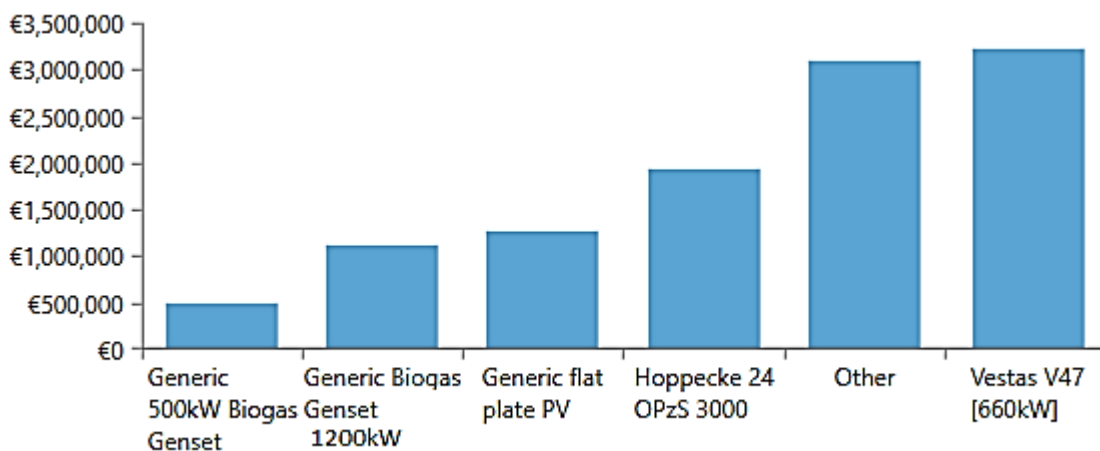
4.4.2.1 Οικονομικά στοιχεία (Σενάριο Β).

Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€)	Κόστος Παραγωγής Ενέργειας (€/kWh)	Καθαρή Παρούσα Αξία (€)
5.830.000	407.588	0,129	11.100.000

Πίνακας 28: Οικονομικά μεγέθη σε ΚΠΑ Σεναρίου Β.



Διάγραμμα 39: Ανάλυση κόστους ανά είδος σε ΚΠΑ (Σενάριο Β).



Διάγραμμα 40: Ανάλυση κόστους ανά εξοπλισμό σε ΚΠΑ (Σενάριο Β).

Ανάλυση Κόστους (ετήσια βάση)	Generic flat plate PV	Vestas V47 [660kW]	Generic 500kW Bi- ogas Gen- set	Generic 1200kW Biogas Genset	Hoppecke 24 OPzS 3000	Συστημα
Αρχικό (€)	86.674,60	201.121,38	11.603,16	23.206,31	90.040,50	451.343,37
Αντικατάσταση (€)	0.00	0.00	0.00	0.00	53.694,58	53.700,28
Σ&Λ (€)	11.204,87	48.000,00	3.785,00	7.550,00	5.820,00	276.359,87
Καυσίμων	0.00	0.00	23.771,35	59.691,58	0.00	83.462,93
Εναπομείνουσα Αξία (€)	0.00	0.00	-1.727,54	-3.460,64	-745,36	-5.934,61
Συνολικό (€)	97.879,48	249.121,38	37.431,97	86.987,26	148.809,72	858.931,85

Πίνακας 29: Οικονομικά στοιχεία εξοπλισμού Σεναρίου Β.

Από τα οικονομικά στοιχεία παρατηρούμε ότι σε αντίθεση με το σενάριο Α, παρόλο που το μεγαλύτερο μέρος του κόστους αφορά την εγκατάσταση του εξοπλισμού, έχουμε και σημαντικά λειτουργικά κόστη λόγω κυρίως του κόστους του καυσίμου (άρα το κόστος συλλογής και επεξεργασίας βιομάζας). Το κόστος αντικατάστασης αφορά την αγορά νέων ηλεκτρικών συσσωρευτών όταν εξαντληθεί ο χρόνος ζωής των αρχικών.

Σχετικά με τα κόστη αγοράς, μεγαλύτερο αυτή τη φορά είναι το κόστος των ανεμογεννητριών ακολουθούμενο από το κόστος του καυσίμου (εμπεριέχεται στη στήλη other)

4.4.2.2 Ενεργειακά στοιχεία (Σενάριο Β).

Στον Πίνακα 23 παρουσιάζεται μια επισκόπηση των ενεργειακών στοιχείων της επιλεγθείσας Αρχιτεκτονικής. Βλέπουμε ότι παράγονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας που μένουν ανεκμετάλλευτες, χαρακτηριστικό που είχαμε και στο Σενάριο Α και οφείλεται στην εποχικότητα του φορτίου που επηρεάζει την αρχιτεκτονική του δικτύου (μεγάλες απαιτήσεις που πρέπει να καλυφθούν τον Αύγουστο, άρα πλεόνασμα παραγόμενης ενέργειας κατά τον υπόλοιπο χρόνο). Παράλληλα υπάρχει στα όρια του υπολογιστικού σφάλματος, 0,03 % ηλεκτρικό φορτίο που δεν εξυπηρετείται. Θα το αγνοήσουμε θεωρώντας

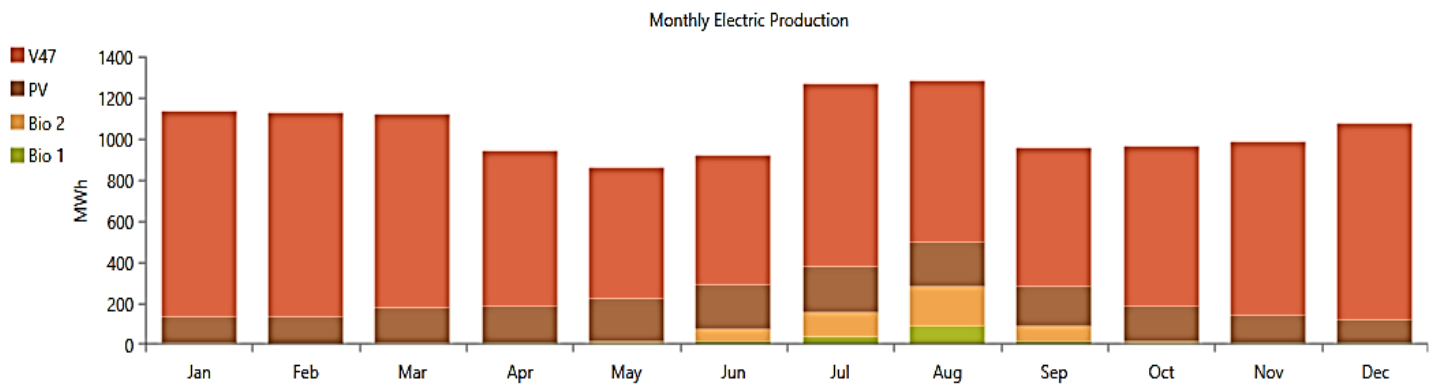
ότι είναι ζήτημα υπολογιστικής ακρίβειας του λογισμικού και ότι μπορεί να καλυφθεί από τις γεννήτριες.

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	2,089,900	16.5
Generic 500kW Biogas Genset	189,074	1.50
Generic Biogas Genset (size-your-own)	477,001	3.78
Vestas V47 [660kW]	9,872,819	78.2
Total	12,628,795	100

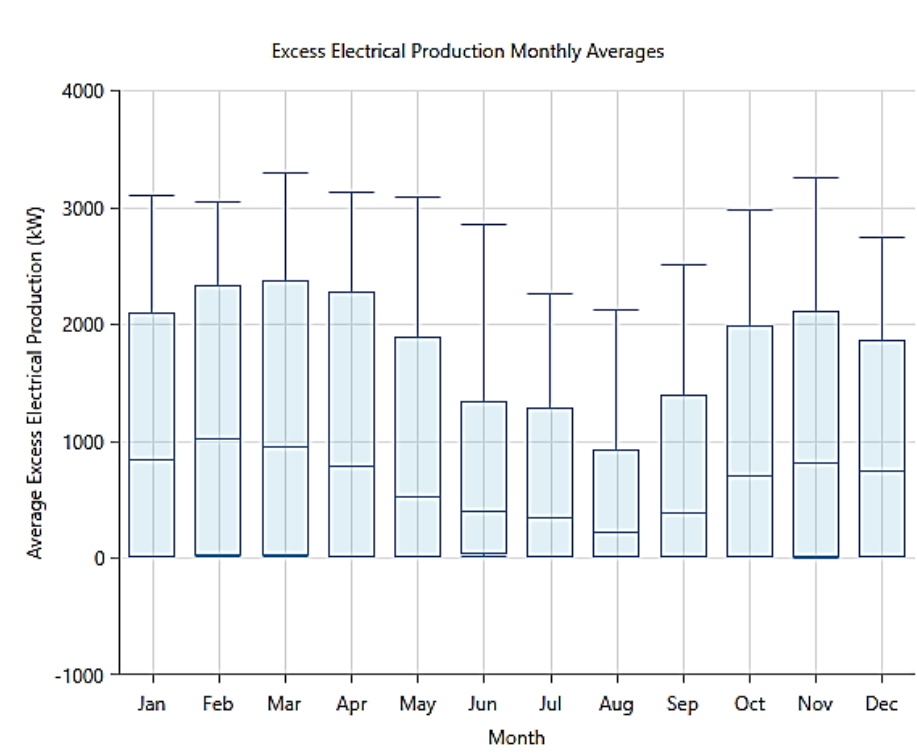
Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	6,655,310	100
DC Primary Load	0	0
Total	6,655,310	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	5,641,215	44.7
Unmet Electric Load	2,180	0.0327
Capacity Shortage	6,651	0.0999

Πίνακας 30: Ενεργειακά μεγέθη Σεναρίου Β.



Διάγραμμα 41: Διάρθρωση Μηνιαίας Ηλεκτρικής Παραγωγής (Σενάριο Β).

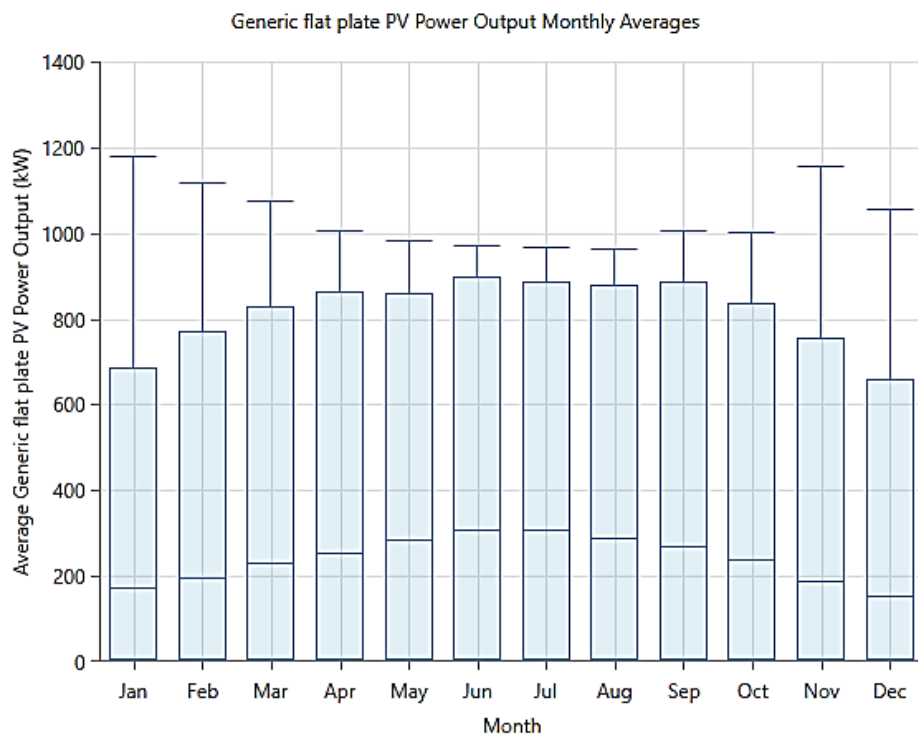


Διάγραμμα 42: Μέση Μηνιαίες Τιμές Περίσσειας Ηλ. Ενέργειας (Σενάριο Β).

-Φωτοβολταϊκά –

	Generic flat plate PV	Unit
Rated capacity	1120	kW
Mean output	239	kW
Mean output	5726	kWh/d
Capacity factor	21,3	%
Total production	2.089.900	kWh/yr
Minimum output	0	kW
Maximum output	1.179	kW
PV penetration	31,4	%
Hours of operation	4389	hrs/yr
Levelized cost	0,0468	€/kWh

Πίνακας 31: Στοιχεία Παραγωγής για τα φωτοβολταϊκά Σεναρίου Β.

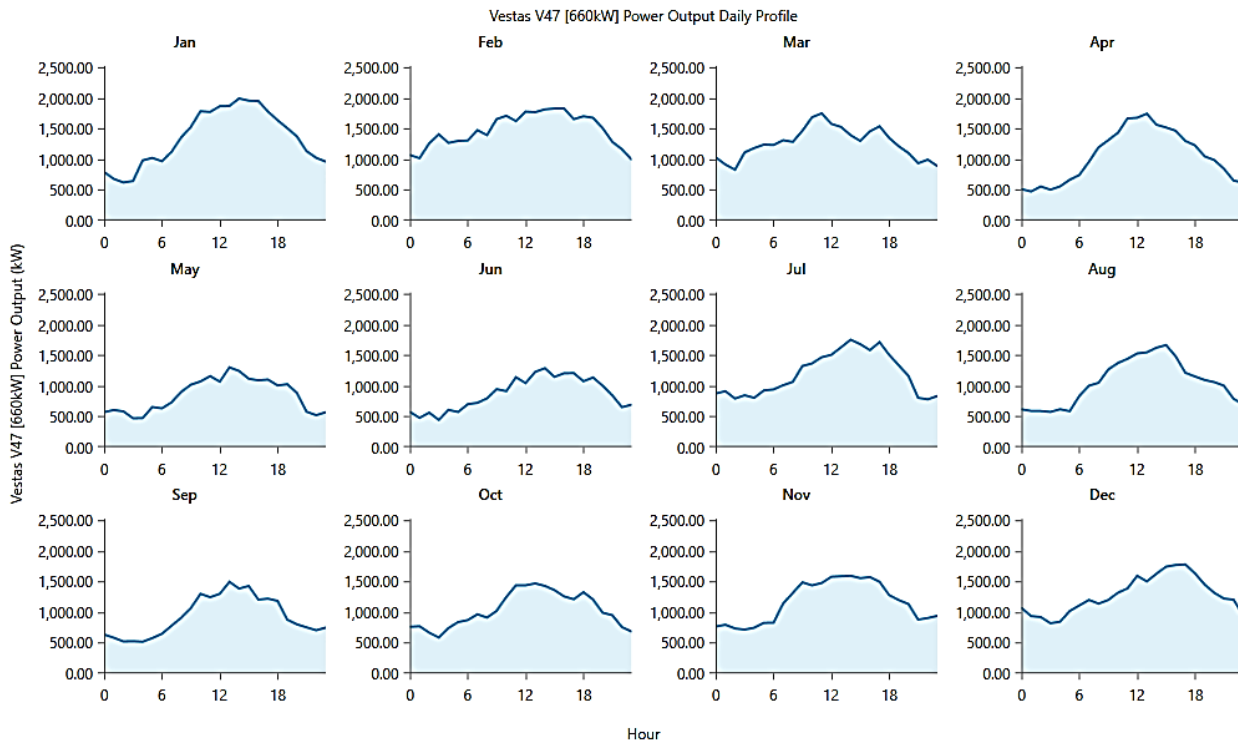


Διάγραμμα 43: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από τα ΦΒ (Σενάριο Β).

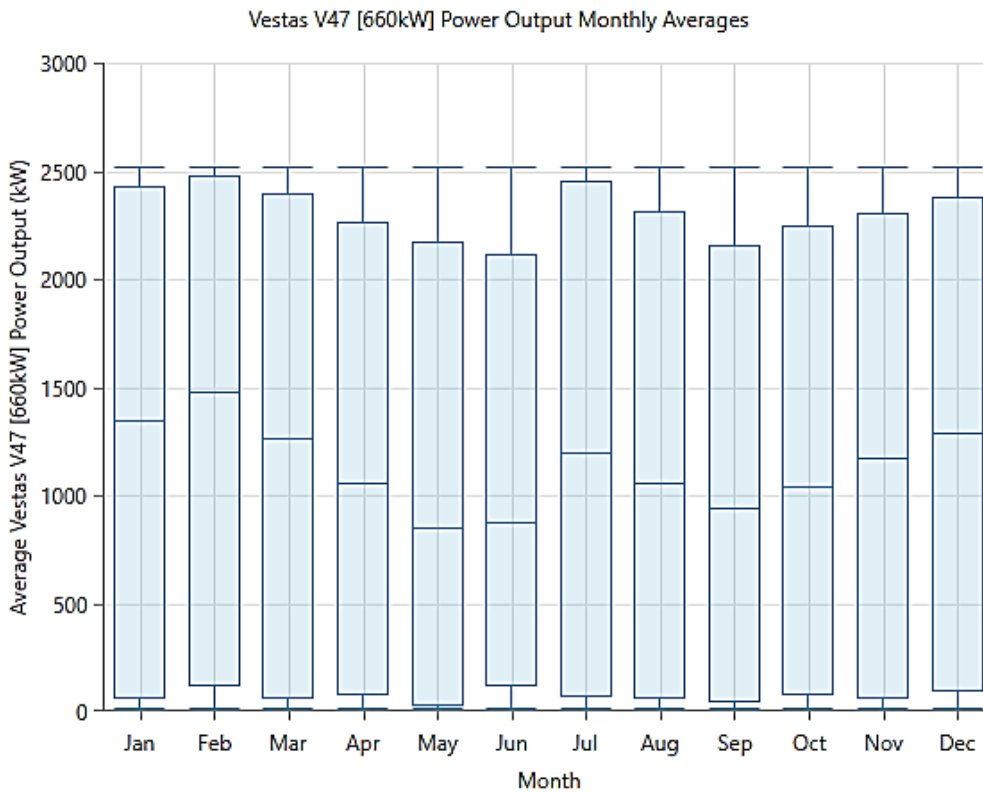
-Ανεμογεννήτριες-

	Vestas V47 [660kW]	Unit
Total rated capacity	2640	kW
Mean output	1127	kW
Capacity factor	42,7	%
Total production	9.872.819	kWh/yr
Minimum output	0	kW
Maximum output	2523	kW
Wind penetration	148	%
Hours of operation	7996	hrs/yr
Levelized cost	0,0252	€/kWh

Πίνακας 32: Στοιχεία Παραγωγής για Ανεμογεννήτριες Σεναρίου Β.



Σχήμα 27: Προφίλ μέσης Ημερήσιας παραγωγής ισχύος Ανεμογεννητριών ανά μήνα για το Σενάριο Β.

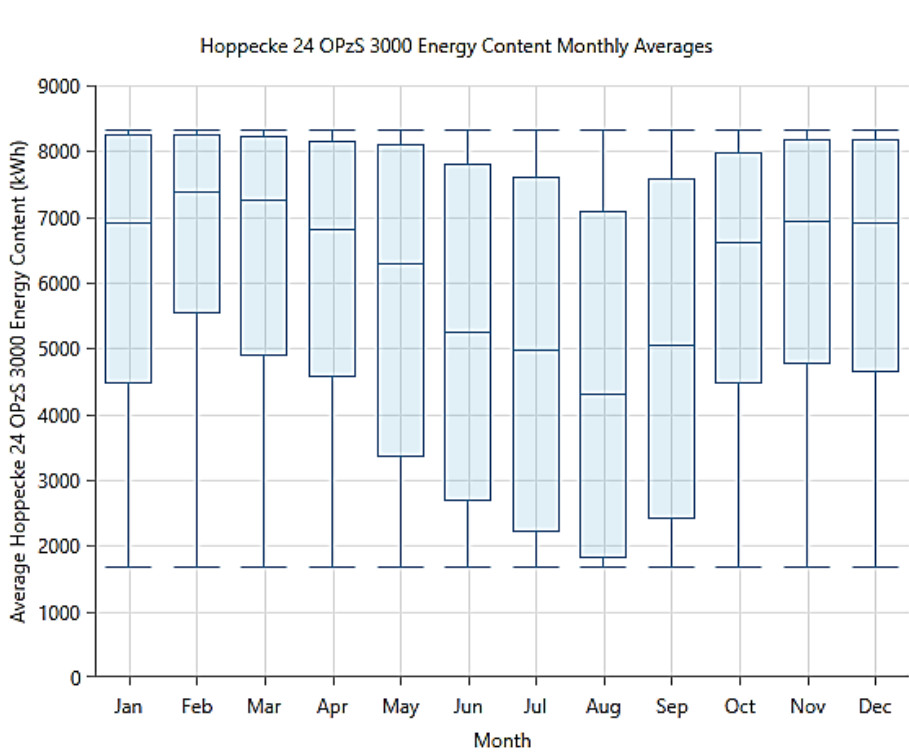


Διάγραμμα 44: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Ανεμογεννήτριες (Σενάριο Β).

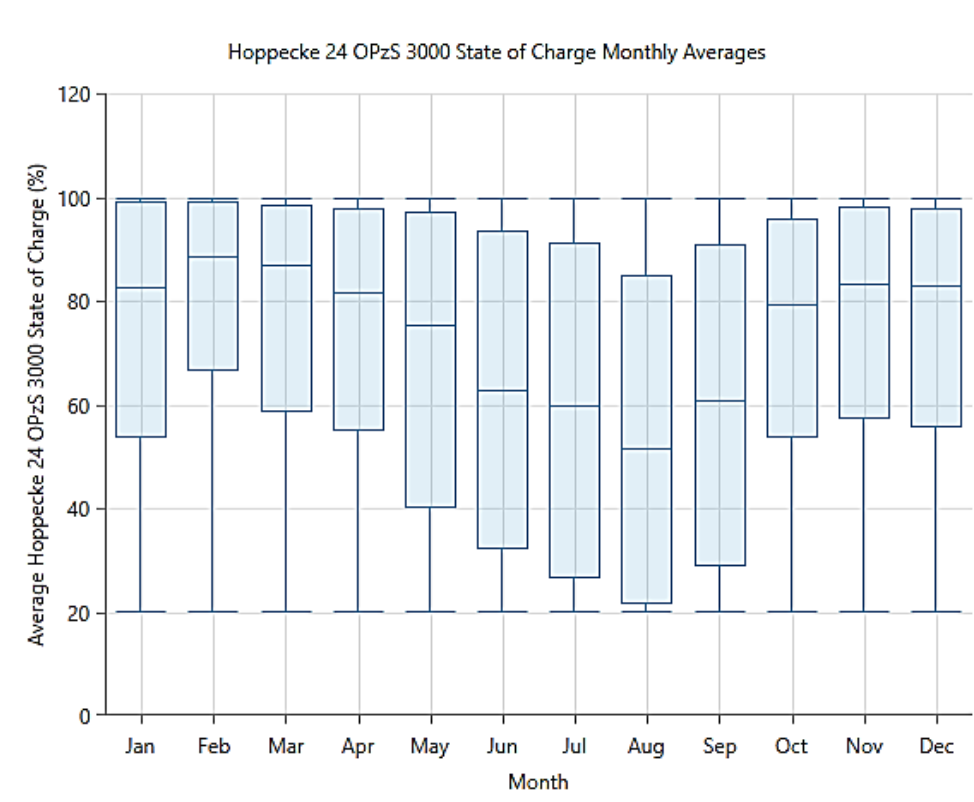
-Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές-

Model	Hoppecke 24 OPzS 3000	Unit
Autonomy	8,76	hr
Annual throughput	1.386.192	kWh/yr
Energy in	1.494.101	kWh/yr
Energy out	1.285.501	kWh/yr
Battery wear cost	0,0639	€/kWh
Losses	209.219	kWh/yr
Storage depletion	620	kWh/yr
Nominal Capacity	8322	kWh
Usable Nominal Capacity	6657	kWh
Lifetime Throughput	11.777.701	kWh
Expected Life	8,50	yr

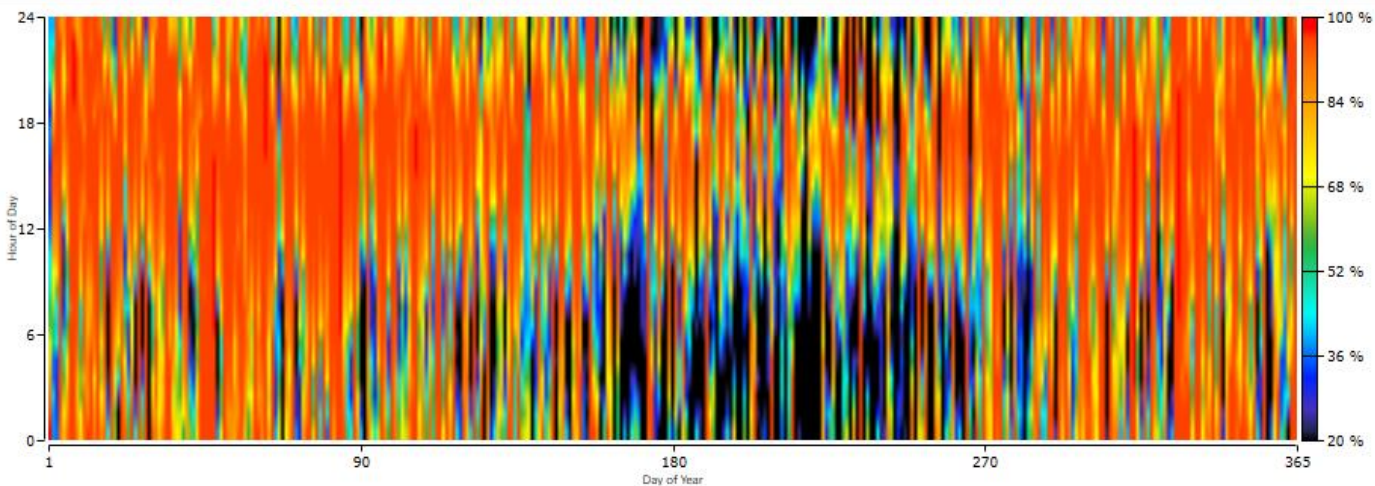
Πίνακας 33: Στοιχεία Λειτουργίας για Ηλεκτρικούς Συσσωρευτές Σεναρίου Β.



Διάγραμμα 45: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ενεργειακού περιεχομένου Συσσωρευτών (Σενάριο Β).



Διάγραμμα 46: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Β).



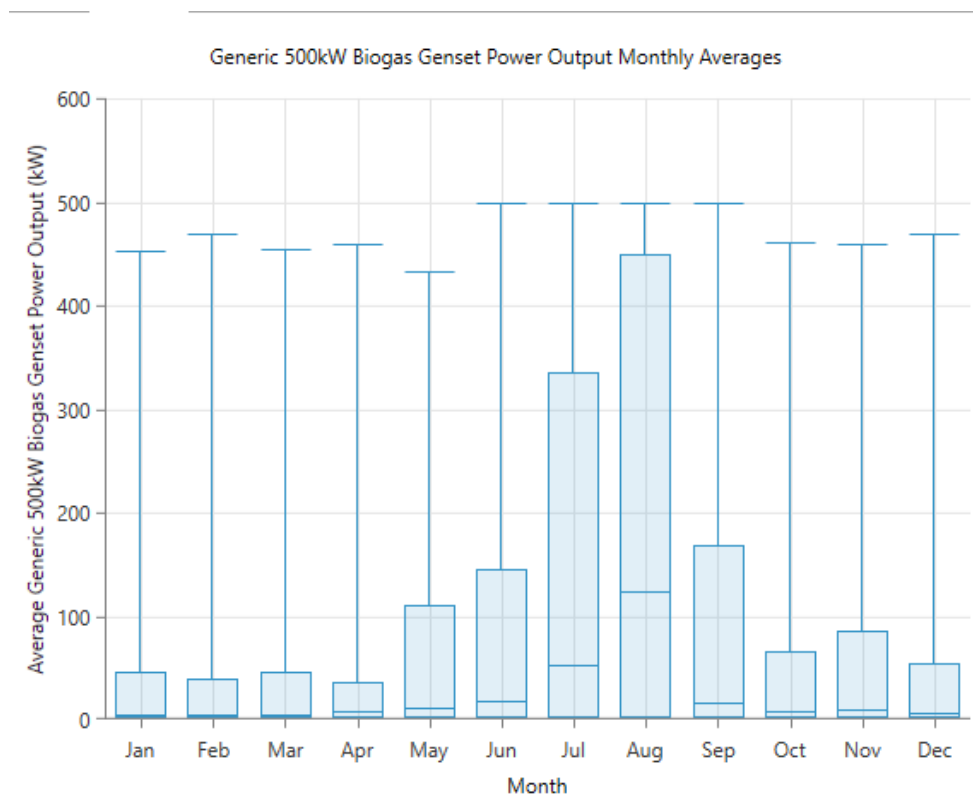
Διάγραμμα 47: Ποσοστό Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Β).

Βλέπουμε ότι οι συσσωρευτές βρίσκονται πιο συχνά κοντά στο ελάχιστο επίπεδο φόρτισής τους, κυρίως τις πρωινές ώρες των καλοκαιρινών μηνών αλλά όχι αποκλειστικά. Αυτή η αλλαγή οφείλεται στην αλλαγή ολόκληρης της αρχιτεκτονικής και των τεχνικών χαρακτηριστικών του δικτύου σε σχέση με το Σενάριο Α. Τα κενά αυτά στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας τα καλύπτουν οι γεννήτριες αερίου σύνθεσης του συστήματος όπως θα παρουσιαστούν παρακάτω (κυρίως Διαγράμματα 50 και 51).

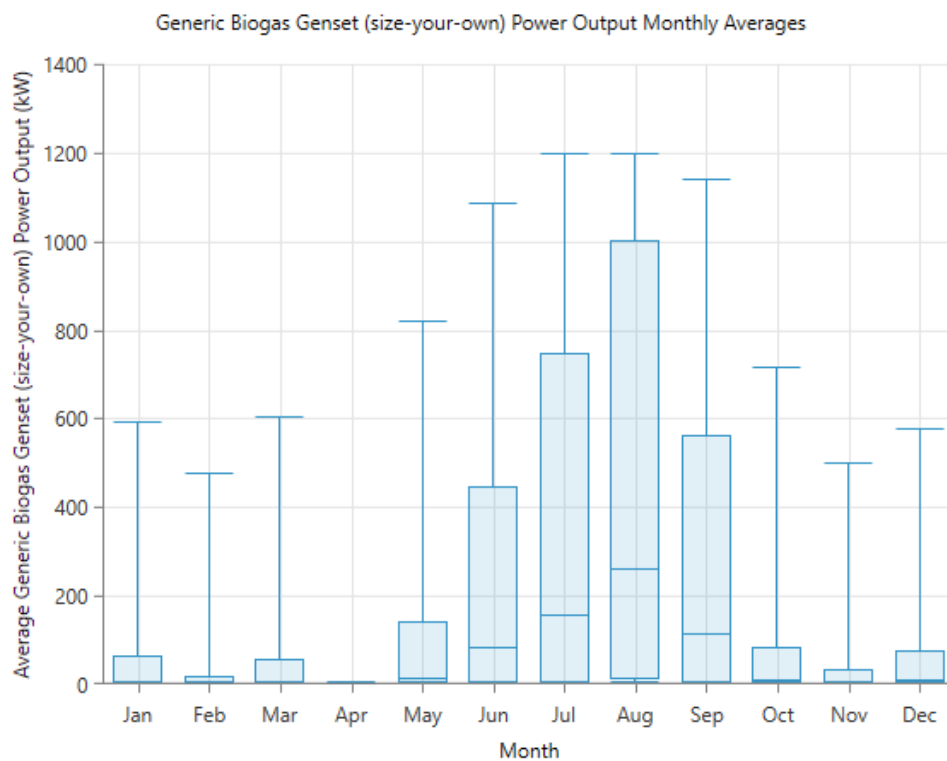
-Γεννήτριες Syngas -

	Generic 500kW Bio- gas Genset	Generic Biogas Gen- set 1200kW	Unit
Hours of operation	757	755	hrs/yr
Number of starts	311	121	starts/yr
Operational life	66,1	66,2	yr
Capacity factor	4,32	4,54	%
Fixed generation cost	10,9	22,9	€/hr
Marginal generation cost	0,114	0,114	€/kWh
Electrical production	189,074	477,001	kWh/yr
Mean electrical output	250	632	kW
Minimum electrical output	100	240	kW
Maximum electrical output	500	1,200	kW
Fuel consumption	594	1492	tons/yr
Specific fuel consumption	2,2	2,19	tons/kWh
Fuel energy input	635.553	1.595.921	kWh/yr
Mean electrical efficiency	29,7	29,9	%

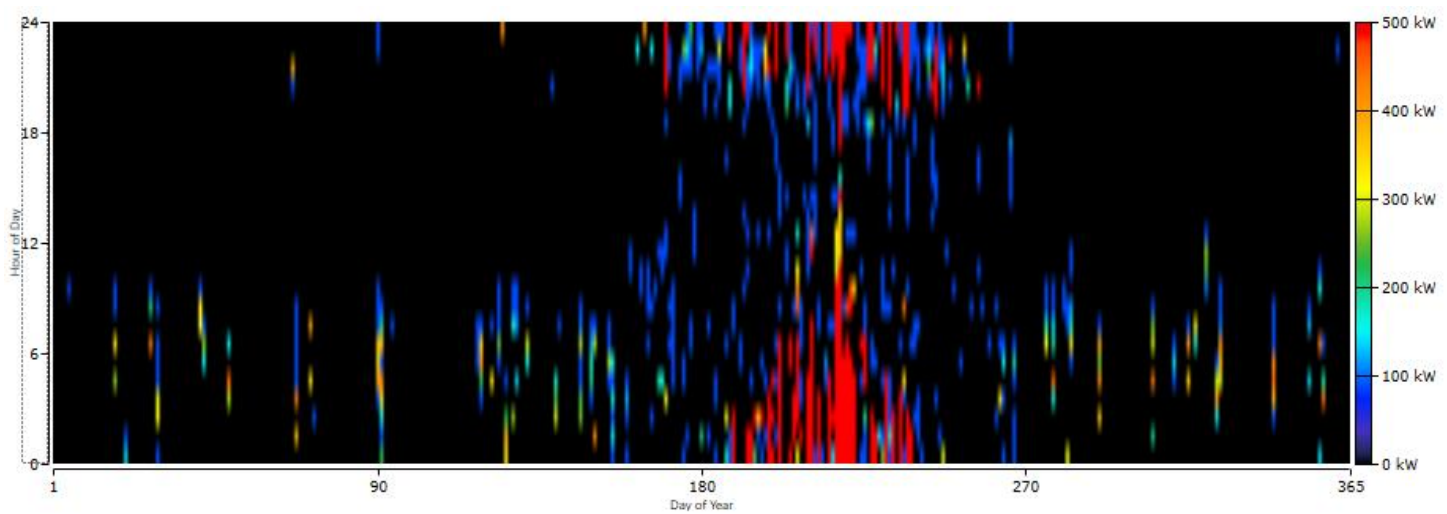
Πίνακας 34: Στοιχεία Λειτουργίας για Γεννήτριες Syngas Σεναρίου Β.



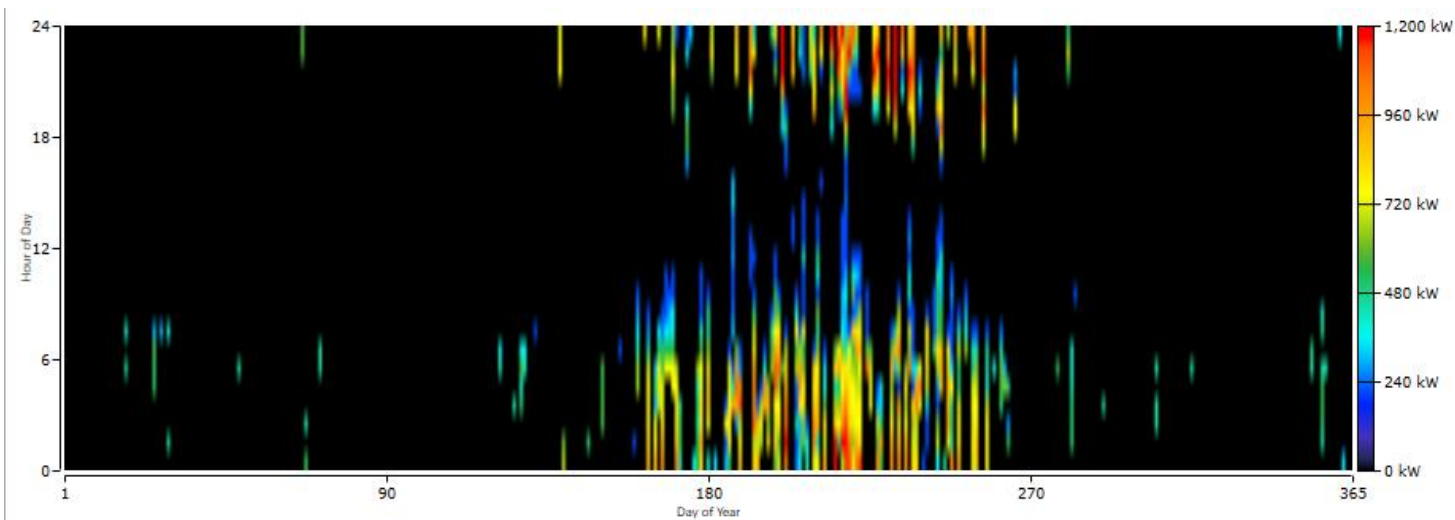
Διάγραμμα 48: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Βιογεν 500 kW (Σενάριο Β).



Διάγραμμα 49: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Βιογεν 1200 kW (Σενάριο Β).



Διάγραμμα 50: Παραγωγή Ισχύος από Biogen 500 kW (Σενάριο Β).



Διάγραμμα 51: Παραγωγή Ισχύος από Biogen 1200 kW (Σενάριο Β).

Βλέπουμε αντιπαραβάλλοντας τα Διαγράμματα 48, 51 και 52 ότι οι γεννήτριες καλύπτουν τις ελλείψεις ενέργειας που δημιουργούνται όταν οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές φτάσουν στο κατώτατο επίπεδο φόρτισής τους. Αυτό συμβαίνει κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες που το ηλεκτρικό φορτίο είναι αυξημένο, και τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια. Η επιλογή των γεννητριών έγινε ώστε η 500kW να καλύπτει τις μικρότερης έντασης ελλείψεις ισχύος στο δίκτυο και η 1200kW να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της θερινής περιόδου. Η τιμή της βιομάζας επιλέχθηκε στο σενάριο βάσης ίση με 40€/τόνο. Τα στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου (syngas) δίνονται παρακάτω.

Fuel Summary

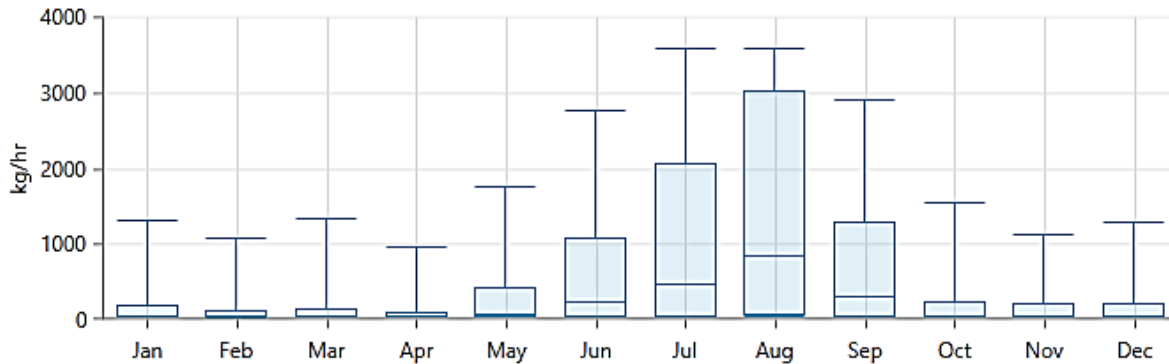
Syngas

Total consumed per year 2087 tonnes

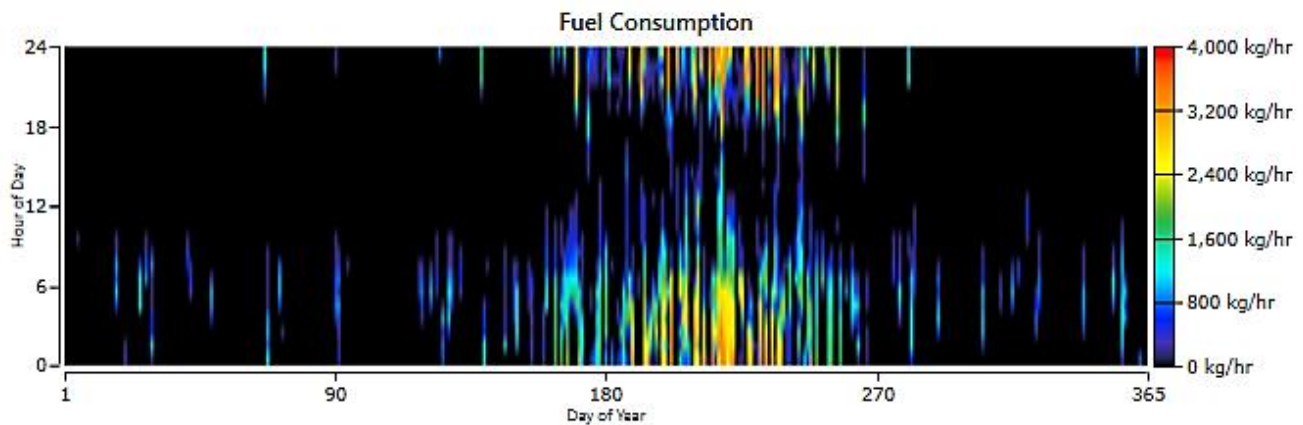
Avg per day 5,72 tonnes

Avg per hour 0,238 tonnes

Πίνακας 35: Στοιχεία syngas που καταναλώθηκε σε Γεννήτριες Σεναρίου B.



Διάγραμμα 52: Μέσες Μηνιαίες τιμές κατανάλωσης Syngas (Σενάριο B).



Διάγραμμα 53: Κατανάλωση Καυσίμου (Σενάριο B).

Η χρονική κατανομή της ζήτησης του αερίου καυσίμου μας δείχνει ότι πρέπει να μεριμνήσουμε στο σχεδιασμό του συστήματος για εγκαταστάσεις αποθήκευσης του ώστε αυτό να είναι διαθέσιμο την καλοκαιρινή περίοδο που χρειάζεται. Υπολογίζεται πως έχουμε ένα πλεόνασμα 45,6 τόνων syngas (με τις συντηρητικές παραδοχές για την ποσότητα βιομάζας που κάναμε). Ακολουθώντας το ίδιο πνεύμα θα πρέπει να συμπεράνουμε ότι δεν επαρκούν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών όλου του

μεταφορικού στόλου του νησιού αλλά μπορούν να καλύψουν μέρος αυτών. Σημαντικό είναι και ποιιά είναι η διάρθρωση του μεταφορικού στόλου στο νησί, στοιχείο που δεν μας είναι γνωστό οπότε δεν μπορούμε να σχεδιάσουμε κανένα σενάριο κάλυψης ενεργειακών αναγκών.

Να προσθέσουμε πως σε ένα σενάριο της ηλεκτροδότησης του νησιού με ηλεκτρογεννήτριες diesel με παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά με τις υπάρχουσες προκύπτουν τα εξής στοιχεία για ένα εύρος τιμών καυσίμου. Βλέπουμε ότι η κατανάλωση καυσίμου είναι μεγαλύτερη κατά 3 τάξεις μεγέθους παρόλο το ανώτερο ενεργειακό περιεχόμενο του diesel. Αυξημένα λοιπόν είναι και τα λειτουργικά κόστη καθώς και τα τελικά κόστη ενέργειας.

Diesel Fuel Price (€/L)	Ge	Gen	Gen	Gen	Gen	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Fuel cost (€/yr)	Total Fuel (L/yr)
1.20	1,200	1,200	150	150	1,200	€0.349	€2.25M	€2.14M	1,783,209
1.40	1,200	1,200	150	150	1,200	€0.402	€2.60M	€2.50M	1,783,209
1.00	1,200	1,200	150	150	1,200	€0.295	€1.89M	€1.78M	1,783,209

Πίνακας 36: Στοιχεία για κάλυψη ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών με diesel.

4.4.3 Ανάλυση Ευαισθησίας

Το Σενάριο Βάσης για την παρούσα ανάλυση ευαισθησίας θα είναι το Σενάριο Β, δηλαδή η εκμετάλλευση της ενέργειας της βιομάζας.

Για την ανάλυση ευαισθησίας θα επιλέξουμε 5 μεταβλητές που θα τις μεταβάλλουμε ως εξής:

Μεταβλητή	Αρχική Τιμή	Τελική Τιμή	Μεταβολή
Τιμή βιομάζας	40	60	50%
Πολλαπλασιαστής τιμής αγοράς V47	1	2	100%
Πολλαπλασιαστής τιμής αγοράς PV	1	0,6	-40%
Μέση Ταχύτητα Ανέμου	8,5 m/s	9,5 m/s	11,76%
Πολλαπλασιαστής Τιμής Αγοράς Η3000 (συσσωρευτές)	1	2	100%

Πίνακας 37: Μεταβολή μεταβλητών σχεδιασμού για Ανάλυση Ευαισθησίας.

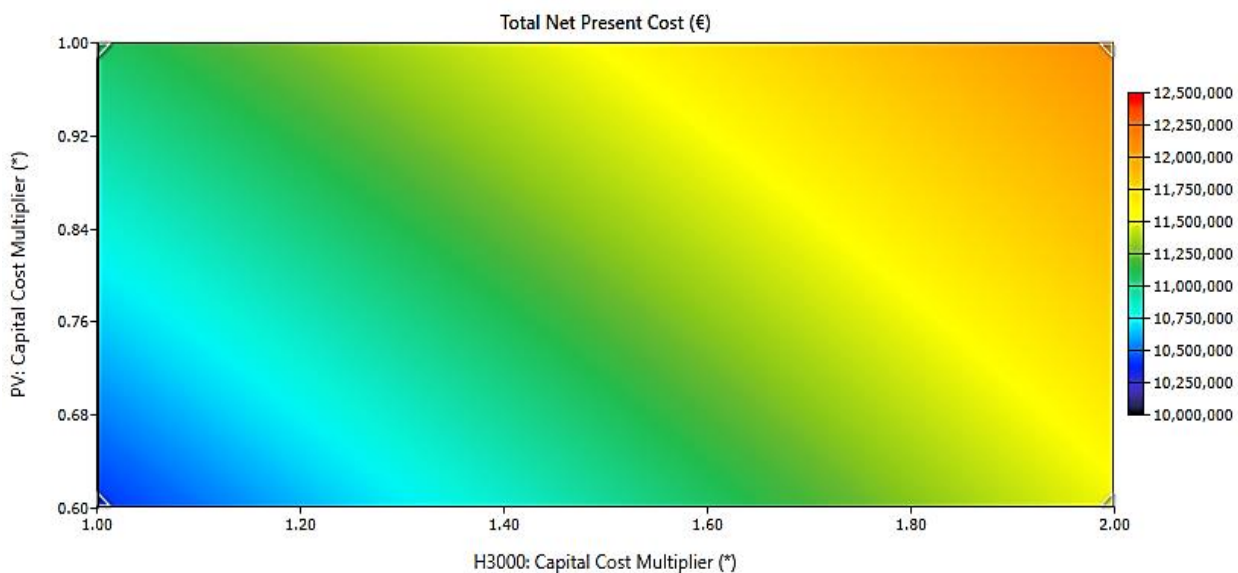
<u>H3000</u> <u>Capital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>PV</u> <u>Cap-</u> <u>ital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>V47</u> <u>Cap-</u> <u>ital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>Wind</u> <u>Scaled</u> <u>Avg</u> <u>(m/s)</u>	<u>Biomass</u> <u>Price</u> <u>(€/tonne)</u>	<u>PV (kW)</u>	<u>V47</u>	<u>H3000</u>	<u>Cost</u> <u>/NPC (€)</u>	<u>Cost</u> <u>/COE</u> <u>(€)</u>	<u>Cost /Op-</u> <u>erating</u> <u>cost</u> <u>(k€/yr)</u>	<u>Cost</u> <u>/Ini-</u> <u>tial</u> <u>cap-</u> <u>ital</u> <u>(k€)</u>	<u>System</u> <u>/Total</u> <u>Fuel</u> <u>(tons/yr)</u>
1	0.6	1	8.5	40	1470.3	3	1218	1.04E+07	0.121	418.1	5000.3	2386.69
1	0.6	2	8.5	40	1829.6	3	1050	1.25E+07	0.145	422.6	6998.0	2423.02
1	0.6	1	9.5	40	955.58	3	1044	9717280	0.113	402.2	4517.5	2361.24
1	0.6	2	9.5	40	983.08	3	1032	1.17E+07	0.136	402.1	6472.0	2355.76
2	0.6	1	8.5	40	1846.8	3	1044	1.16E+07	0.134	422.9	6096.2	2427.16
2	0.6	2	8.5	40	1908.3	3	1014	1.35E+07	0.157	424.6	8023.1	2459.06
2	0.6	1	9.5	40	1153.2	3	924	1.07E+07	0.124	406.5	5440.1	2428.87
2	0.6	2	9.5	40	1146.4	3	924	1.26E+07	0.147	406.7	7386.0	2434.11
1	1	1	8.5	40	1120.5	4	1164	1.11E+07	0.129	407.6	5834.7	2086.57
1	1	2	8.5	40	1827.1	3	1062	1.32E+07	0.153	421.6	7739.4	2397.76
1	1	1	9.5	40	141.24	4	1056	1.00E+07	0.116	406.4	4747.5	2384.89
1	1	2	9.5	40	1124.1	3	936	1.22E+07	0.141	406.1	6910.3	2424.22
2	1	1	8.5	40	1231.7	4	942	1.21E+07	0.141	422.3	6666.0	2442.7
2	1	2	8.5	40	1847.1	3	1032	1.42E+07	0.166	423.8	8761.2	2452.19
2	1	1	9.5	40	425.79	4	888	1.10E+07	0.128	408.6	5752.1	2434.98
2	1	2	9.5	40	973.36	3	1008	1.31E+07	0.152	404.3	7839.5	2409.48
1	0.6	1	8.5	60	1869	3	1410	1.10E+07	0.128	432.0	5431.7	1766.36
1	0.6	2	8.5	60	1834.2	3	1410	1.30E+07	0.151	433.0	7360.8	1789.44
1	0.6	1	9.5	60	1168.9	3	1314	1.03E+07	0.12	415.5	4915.6	1770.18
1	0.6	2	9.5	60	1170	3	1260	1.22E+07	0.142	419.6	6812.2	1836.71
2	0.6	1	8.5	60	1824.5	3	1044	1.22E+07	0.142	471.9	6082.9	2438.77
2	0.6	2	8.5	60	1824.5	3	1044	1.41E+07	0.164	471.9	8032.9	2438.77
2	0.6	1	9.5	60	1127.2	3	930	1.13E+07	0.132	455.2	5436.5	2434.63
2	0.6	2	9.5	60	1156.6	3	918	1.33E+07	0.154	455.7	7380.1	2440.05
1	1	1	8.5	60	814.77	4	1248	1.15E+07	0.134	458.5	5612.9	2258.89
1	1	2	8.5	60	1800.1	3	1356	1.37E+07	0.159	438.5	8006.6	1885.88
1	1	1	9.5	60	201.45	4	1230	1.06E+07	0.123	434.9	4981.6	2060.04
1	1	2	9.5	60	1149.4	3	1218	1.27E+07	0.148	424.1	7217.6	1911.03
2	1	1	8.5	60	1221.3	4	960	1.28E+07	0.148	469.0	6691.5	2407.27
2	1	2	8.5	60	1898	3	1092	1.49E+07	0.174	463.9	8932.1	2291.67
2	1	1	9.5	60	261.16	4	972	1.16E+07	0.135	455.9	5755.4	2412.29
2	1	2	9.5	60	1052.7	3	972	1.37E+07	0.159	452.8	7846.8	2404.81

Πίνακας 38: Πίνακας επικρατουσών Αρχιτεκτονικών για τις ακραίες τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού.

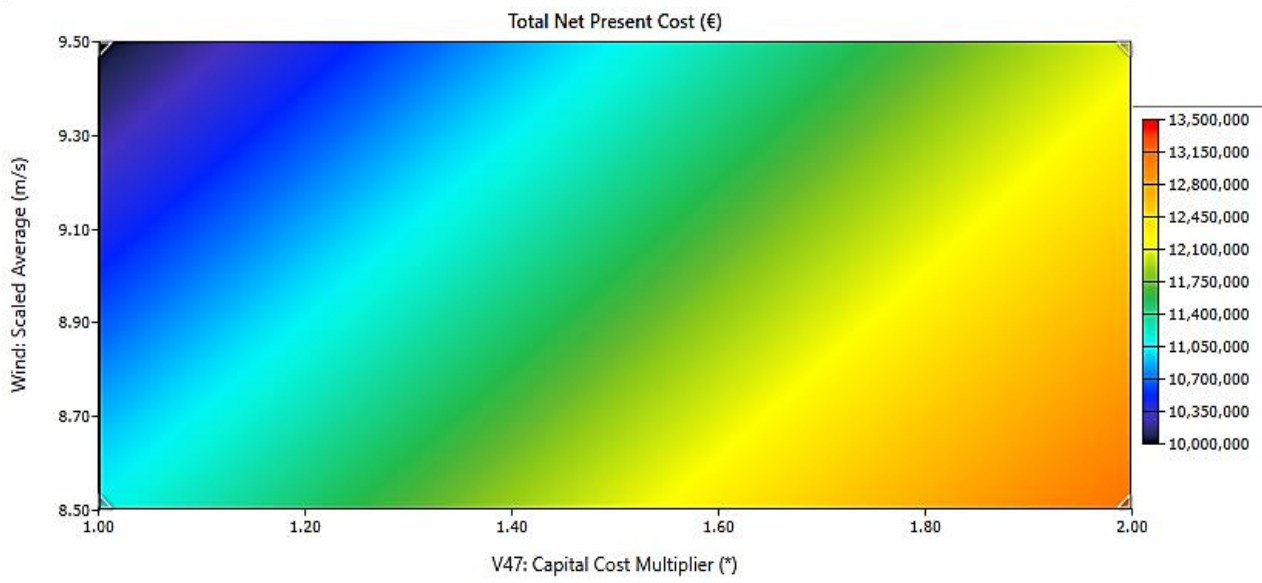
Στον Πίνακα 38 καταγράφονται συνοπτικά τα κύρια στοιχεία των Αρχιτεκτονικών που προκύπτουν για τις ακραίες τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού κατά την διενέργεια της ανάλυσης ευαισθησίας. Με έντονους και υπογραμμισμένους χαρακτήρες παρουσιάζεται το σενάριο Β που είναι το σενάριο που αναλύθηκε στο τμήμα 4.2.2 της παρούσας εργασίας. Να σημειώσουμε ότι σε όλα τα σενάρια οι επικρατούσες αρχιτεκτονικές περιλαμβάνουν και τις 2 γεννήτριες syngas, η συνολική κατανάλωση των οποίων δίνεται στην τελευταία στήλη του πίνακα. Η ανάλυση αυτή γίνεται:

- για να ελαχιστοποιήσει την επίδραση της αβεβαιότητας της τιμής αγοράς του εξοπλισμού (κυρίως των συσσωρευτών και λιγότερο της ανεμογεννήτριας) πάνω στην επικρατούσα κάθε φορά αρχιτεκτονική.
- για να εξεταστούν οι επιδράσεις της τοποθέτησης των ανεμογεννητριών σε μια τοποθεσία μεγαλύτερου αιολικού δυναμικού (πχ πάνω σε κάποιο σημείο με μεγαλύτερο υψόμετρο)
- για να εξετάσει την επίδραση της αύξησης της τιμής της βιομάζας καθώς το κόστος της ήταν υποθετικό.
- δεδομένου του μειούμενου κόστους της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας συναρτήσει του χρόνου, και τις σχετικά σταθερές τιμές των υπολοίπων τεχνολογιών μπορούμε να εξετάσουμε την αλλαγή στην επικρατούσα αρχιτεκτονική με το πέρας ενός βραχέος χρονικού διαστήματος.

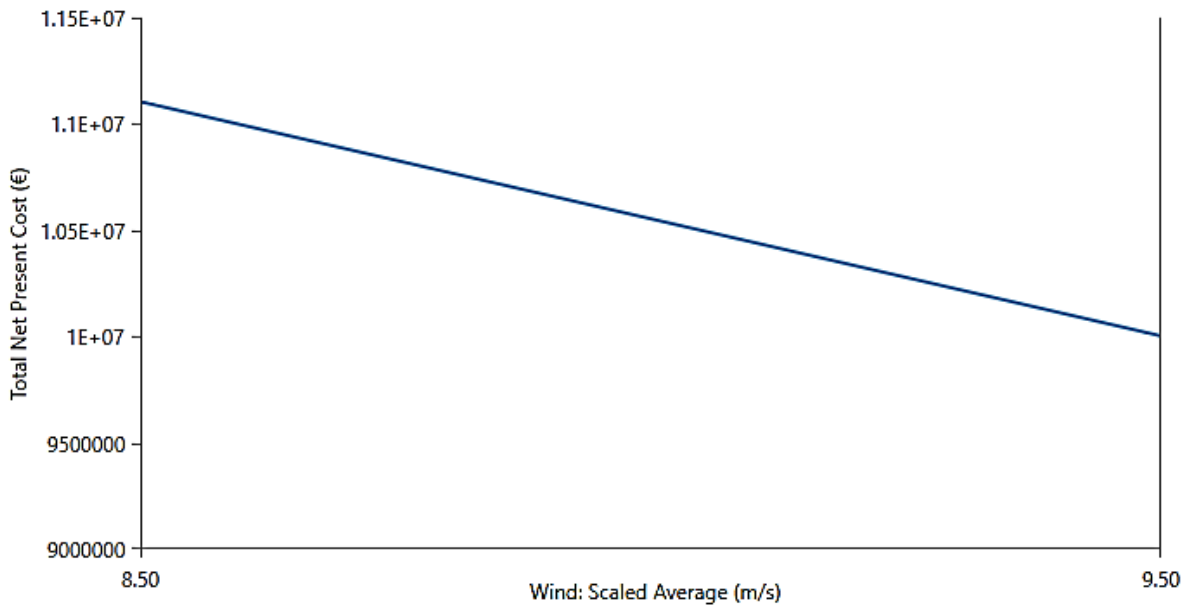
Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα διαγράμματα που αφορούν την μεταβολή του κόστους σε Καθαρή Παρούσα Αξία για μεταβολή των παραμέτρων που ορίσαμε παραπάνω.



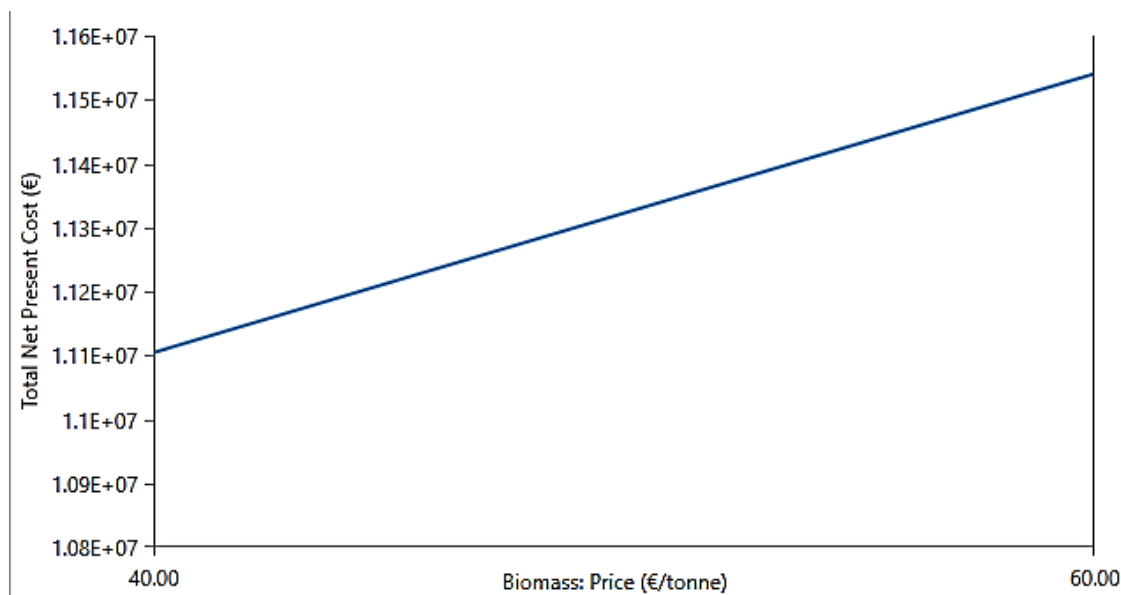
Διάγραμμα 54: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει παραμέτρων Τιμής Φ/Β και Τιμής Συσσωρευτών.



Διάγραμμα 55: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει παραμέτρων Τιμής V47 και Μέσης ταχύτητας Ανέμου.



Διάγραμμα 56: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει της Μέσης ταχύτητας Ανέμου.



Διάγραμμα 57: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει της τιμής της Βιομάζας.

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια σύγκριση του κόστους που προκύπτει από μεταβολές σχεδιασμού.

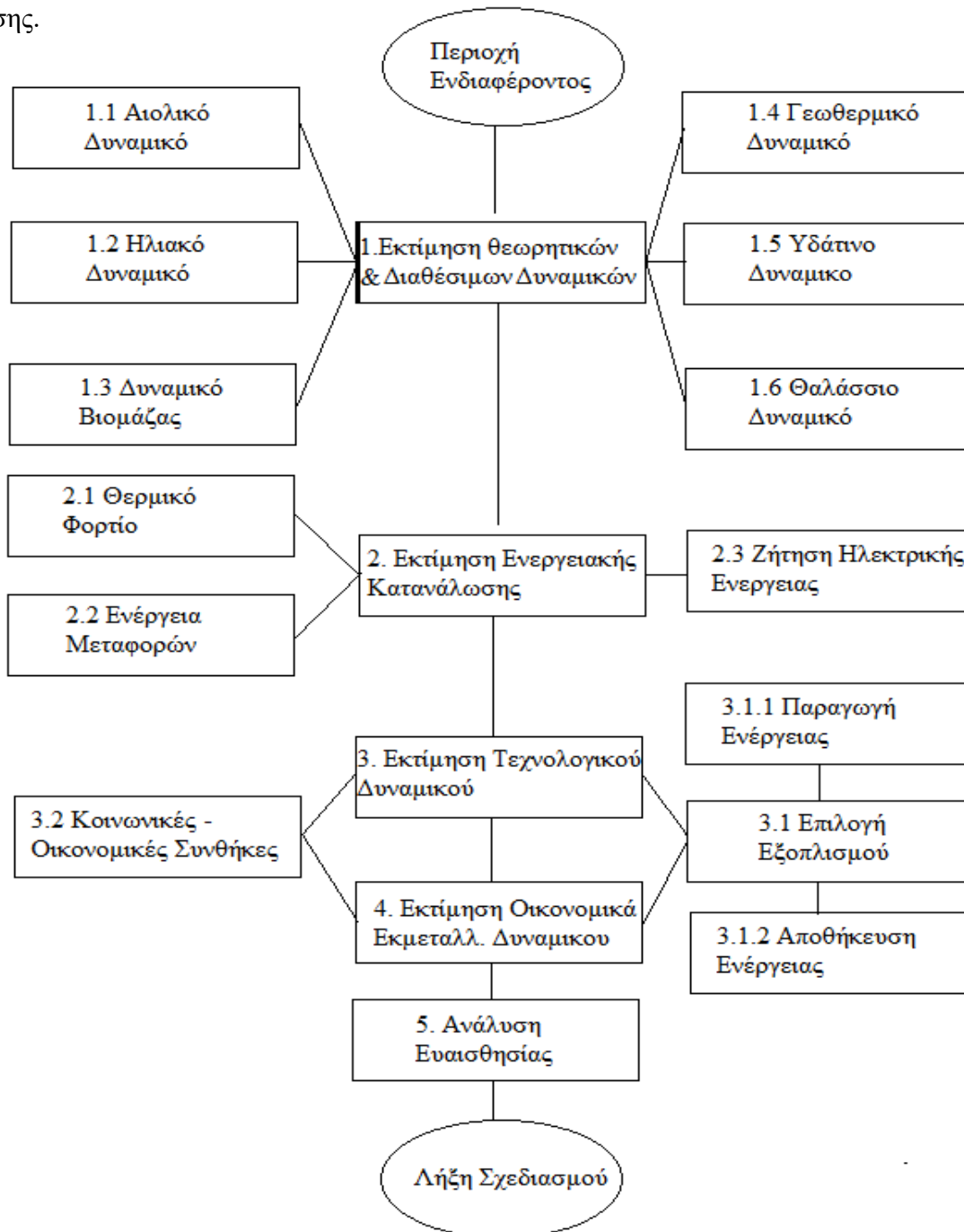
<u>H3000</u> <u>Capital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>PV</u> <u>Capital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>V47</u> <u>Capital</u> <u>Cost</u> <u>Mult.</u>	<u>Wind</u> <u>Scaled</u> <u>Avg</u> <u>(m/s)</u>	<u>Biomass</u> <u>Price</u> <u>(€/tonne)</u>	<u>Cost /NPC</u> <u>(€)</u>	<u>Διαφορά</u>	<u>%Διαφορά</u>
1	1	1	8.5	40	1.110E+07	-	-
1	1	1	9.5	40	1.00E+07	1.102E+06	-9.93
2	1	1	8.5	40	1.21E+07	1.022E+06	9.20
1	1	1	8.5	60	1.15E+07	4.361E+05	3.93
1	0.6	1	8.5	40	1.04E+07	6.981E+05	-6.29
1	1	2	8.5	40	1.32E+07	2.085E+06	18.78

Πίνακας 39: Σύγκριση σεναρίων με το σενάριο βάσης.

Ο Πίνακας 39 μας δίνει προσεγγιστικές ποσοτικές πληροφορίες. Για παράδειγμα η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών σε περιοχή με καλύτερο αιολικό δυναμικό, για παράδειγμα με ανέμους με μέση ταχύτητα 9,5m/s οδηγεί σε μία μείωση του κόστους της εγκατάστασης κατά 9.93%. Να σημειώσουμε ότι αλλάζει ολόκληρη η αρχιτεκτονική της και παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 29. Αντίστοιχα η αύξηση της τιμής της βιομάζας κατά 50% μπορεί με αναδιάταξη της αρχιτεκτονικής να οδηγήσει σε αύξηση του κόστους κατά μόνο 3,93%.

5. Γενίκευση – Πρόταση Μεθοδολογίας

Έχοντας εκπονήσει μια μελέτη ενεργειακής αυτονομίας σε ένα Μη Διασυνδεδεμένο Νησί, το οποίο έχουμε αποδεχθεί ότι μπορεί να αποτελέσει μοντέλο Απομακρυσμένης Περιοχής, θα κατασκευάσουμε μια πρόταση γενικής μεθοδολογίας με την οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν παρόμοια σενάρια αυτονομίας.



Σχήμα 28: Απεικόνιση Πρότασης Μεθοδολογίας Εκπόνησης Σχεδιασμού

5.1 Βήμα πρώτο – Προκαταρκτική Εκτίμηση Δυναμικών.

Όπως παρουσιάζεται και σχηματικά στο Σχήμα 28, η πορεία της σκέψης μας πρέπει να ξεκινάει πρώτα από την εκτίμηση των θεωρητικών δυναμικών εντός μιας καθορισμένης γεωγραφικής περιοχής ενδιαφέροντος. Μοντελοποιείται για κάθε μορφή ενέργειας η φυσική ροή της για μία δεδομένη χρονική περίοδο ενώ η ανάλυση περιλαμβάνει και την γεωγραφική και χρονική διαφοροποίηση της ενέργειας. Προσδιορίζεται έπειτα το ανώτατο όριο της διαθέσιμης ενέργειας που μπορεί να δεσμευτεί χωρίς να υπάρξουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και χωρίς να αλλάξουν οι κύριες χρήσεις γης της περιοχής. Αναφερόμαστε με λίγα λόγια στην ποσότητα ενέργειας που θα μπορούσε να δεσμευτεί αν η απόδοση των μηχανών μετατροπής της ήταν 100%. Η εκτίμηση των διαθέσιμων δυναμικών εξαρτάται κυρίως από την γεωγραφική θέση της περιοχής.

(1.1) Μία ακριβής εκτίμηση του αιολικού δυναμικού απαιτεί να έχουμε δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου σε διάφορες δειγματοληπτικές τοποθεσίες της περιοχής και για διάστημα πολλών συναπτών ετών. Η απαιτούμενη τεχνολογική υποδομή για μία δειγματοληψία τέτοιου εύρους (ανεμόμετρα σε ένα πλήθος πιθανών περιοχών εγκατάστασης αιολικού πάρκου) είναι αμελητέου κόστους μπροστά στο κόστος μιας επένδυσης. Εάν όμως τέτοιες μετρήσεις δεν είναι διαθέσιμες και δεν είναι παράλληλα δυνατόν να συλλεχθούν λόγω χρηματικών ή χρονικών περιορισμών η εκτίμηση μπορεί να γίνει με άλλους τρόπους και μικρότερη ακρίβεια. Οι μετεωρολογικές υπηρεσίες κάθε χώρας διατηρούν βάσεις δεδομένων με μετρήσεις από ένα εύρος περιοχών που μπορεί να έχουν παρόμοια κλιματικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά με την περιοχή ενδιαφέροντος. Αυτά τα δεδομένα τα συλλέγουν και τα επεξεργάζονται παράλληλα διεθνείς οργανισμοί. Για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην παρούσα εργασία έγινε μια αντιπαραβολή δεδομένων της Nasa Surface meteorology and Solar Energy database (βάση δεδομένων) όσο και του Χάρτη Global Wind Atlas ο οποίος είναι προϊόν της Παγκόσμιας Τράπεζας και του Πολυτεχνείου της Δανίας, και ακολούθησε μια τροποποίηση των μετρήσεων για να υπάρχει μεγαλύτερη συμφωνία. Το αποτέλεσμα ήταν μια ομάδα Μέσων Μηνιαίων Τιμών ταχύτητας Ανέμου που με χρήση κατάλληλου αλγόριθμου μετατράπηκαν σε Χρονοσειρές Ταχύτητας Ανέμου. Αυτή είναι και η μορφή που απαιτείται για την Ακριβή εκτίμηση του Αιολικού Δυναμικού, τόσο του Θεωρητικού όσο και του Τεχνολογικά Αξιοποιήσιμου.

(1.2) Για την εκτίμηση του Ηλιακού Δυναμικού η γεωγραφική θέση της περιοχής είναι το βασικό δεδομένο. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος μπορεί να γίνει θεωρητικός υπολογισμός της συνολικής

προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια στο έδαφος, όπως έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας. Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία χαρτών που απεικονίζουν το θεωρητικά υπολογιζόμενο ηλιακό δυναμικό μιας περιοχής, Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση των τιμών της Nasa Surface meteorology and Solar Energy database η οποίες κρίθηκαν ασφαλείς σε αντιπαραβολή με τις τιμές του Global Solar Atlas. Να σημειωθεί πως μεγάλο ρόλο ακόμα παίζουν 2 παράγοντες. Πρώτος είναι ο συντελεστής αιθριότητας μιας περιοχής που είναι κλιματολογικής φύσεως καθώς σχετίζεται με την νέφωση, οπότε και απαιτεί μετεωρολογικά δεδομένα για ένα πολυετές χρονικό διάστημα. Δεύτερος είναι ο δείκτης ανάκλασης της περιοχής που έχει σχέση με το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον της περιοχής και είναι δείκτης της διάχυτης ακτινοβολίας που μπορεί να συλλέξει ένα φωτοβολταϊκό. Να σημειωθεί πως η εκτίμηση του ηλιακού δυναμικού πρέπει να λαμβάνει υπόψιν της την διαθεσιμότητα του εδάφους, παράγοντας που θα ξανασυναντήσουμε αρκετές φορές σε υπολογισμούς. Στην παρούσα εργασία δεν ληφθεί υπόψιν ως τώρα αυτή η παράμετρος. Ένας εμπειρικός κανόνας είναι πως **1MW εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών** καλύπτει έκταση **1-1,5 εκταρίων** ή αλλιώς 10-15 στρέμματα (μαζί με τον απαιτούμενο εξοπλισμό).

Ενδεικτικά λοιπόν θα παραθέσουμε στον Πίνακα την χρήση γης στην Αστυπάλεια

Χρήσεις	Αστυπάλεια		Ν. Δωδεκανήσου	
	Έκταση (στρ.)	Κατανομή (%)	Έκταση (στρ.)	Κατανομή (%)
Γεωργική γη	3.700	25.29	765.900	28
Βοσκότοποι	34.700	23.71	520.400	19
Δάση	53.000	36.22	1.200.500	44
Λουπές εκτάσεις	21.600	14.76	217.200	8
Σύνολο	14.630	100	2.704.000	100

Πίνακας 40: Χρήση γης στην Αστυπάλεια.

Βλέπουμε λοιπόν ότι για τα μεγέθη που έχουμε υπολογίσει στο υπολογιστικό μέρος οι διαθέσιμες εκτάσεις γης επαρκούν. Βέβαια δεν εξετάζουμε έτσι τους κοινωνικούς παράγοντες οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.

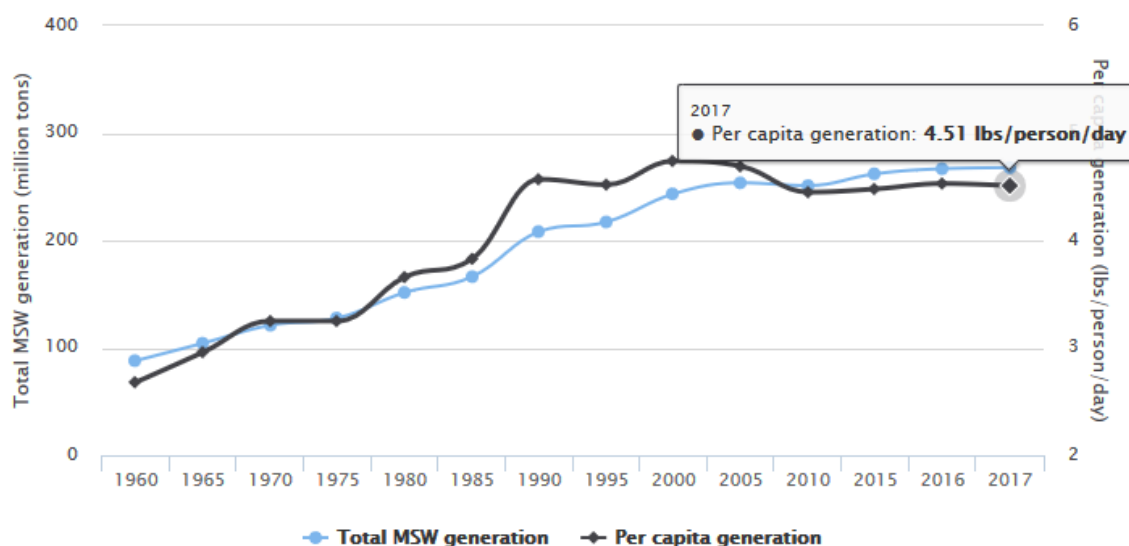
(1.3) Το διαθέσιμο θεωρητικό δυναμικό βιομάζας απαιτεί ένα πλήθος στοιχείων για να μπορέσει να εκτιμηθεί με ασφάλεια. Για αρχή από στοιχεία που διαθέτουν οι αντίστοιχες κρατικές υπηρεσίες, στην

περίπτωσή μας η Νομαρχία Νοτίου Αιγαίου, μπορούμε να έχουμε τις παραγωγές του γεωργικού τομέα και στοιχεία για τον κτηνοτροφικό τομέα. Σε αυτά με χρήση κατάλληλων συντελεστών που είναι αντικείμενο έρευνας σε όλο τον κόσμο, μπορούμε να υπολογίσουμε τα διαθέσιμα υπολείμματα ή παραπροϊόντα των δραστηριοτήτων. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε τεχνικό κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (DataM – Biomass estimates (v3): a new database to quantify biomass availability in the European Union) το οποίο αντιπαραβαλλόμενο με επιστημονικά άρθρα κρίθηκε άξιο εμπιστοσύνης. Η διαθέσιμη βιομάζα από εκμετάλλευση των δασικών περιοχών του νησιού δεν μοντελοποιήθηκε διότι θεωρήθηκε αμελητέα λόγω της συντηρητικής προσέγγισης του διαθέσιμου δυναμικού που ακολουθήθηκε. Διαθέσιμα στοιχεία τηρούν οι αρμόδιες δασικές υπηρεσίες που μπορούν με αντίστοιχους δείκτες να μοντελοποιηθούν.

Πηγή βιομάζας στην οποία συγκεντρώνονται τα βλέμματα της επιστημονικής κοινότητας αποτελούν τα αστικά απόβλητα δηλαδή τα σκουπίδια. Σε περιοχές παρόμοιες με την περιοχή που μοντελοποιήθηκε, δηλαδή νησιά με μεγάλο τουρισμό, το πρόβλημα διαχείρισης του επιπλέον όγκου των σκουπιδιών μπορεί να λυθεί με αξιοποίηση τους στην παραγωγή ενέργειας ή/και θερμότητας (συστήματα συμπαραγωγής). Ένας τέτοιος σχεδιασμός πρέπει να αξιοποιήσει δεδομένα από το υπουργείο τουρισμού για τον αριθμό των τουριστών που επισκέπτονται το νησί για ένα επαρκές πλήθος ετών και στατιστικές σχετικά με την παραγωγή σκουπιδιών από αυτούς. Στην παρούσα εργασία έγινε ένας πρόχειρος υπολογισμός με βάση δημοσίευση του ΑΠΕ-ΜΠΕ σχετικά με τον αριθμό των τουριστών, οι οποίοι θεωρήθηκαν ότι παράγουν τόσα σκουπίδια όσο ένας μέσος κάτοικος πόλης (1kg/day σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [1]), ο οποίος δεν μοντελοποιήθηκε στο παρόν σενάριο. Θα μπορούσαμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα της Environmental Protection Agency (EPA) για μια εκτίμηση της κατά κεφαλήν παραγωγής σκουπιδιών αλλά χωρίς στατιστικές που να αναφέρονται στον τομέα του τουρισμού και να έχουν γίνει από τις αντίστοιχες υπηρεσίες εξακολουθούμε να έχουμε μια αμφίβολη εκτίμηση. Ακριβώς επειδή επιλέχθηκε ένας συντηρητικός υπολογισμός της διαθέσιμης βιομάζας δεν συμπεριλάβαμε τα σκουπίδια που προσθέτουν στο νησί οι τουρίστες.

Τέλος δεν μοντελοποιήθηκαν ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες φέρονται να είναι ένας αποδοτικός τρόπος αύξησης του δυναμικού της βιομάζας. Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι ένα ιδιαίτερο όμως ζήτημα που δεν μπορεί να λυθεί με μοναδικά κριτήρια τα τεχνικο-οικονομικά (στα οποία επικεντρωνόμαστε στο υπολογιστικό μέρος). Καλλιέργειες τέτοιου είδους, όπως είναι προφανές, είναι μια ανταγωνιστική χρήση γης σε σχέση με την καλλιέργεια τροφής και πρέπει να λαμβάνει υπόψιν κοινωνικούς παράγοντες και να εκπονείται μακροχρόνιος σχεδιασμός βιώσιμης ανάπτυξης που να διασφαλίζει την επάρκεια τροφής.

MSW Generation Rates, 1960–2017



Διάγραμμα 58: Εκτίμηση κατά κεφαλήν παραγόμενης ποσότητας σκουπιδιών.

(1.4) Για το γεωθερμικό δυναμικό μιας περιοχής δύσκολα μπορεί να γίνει ένας υπεύθυνος σχεδιασμός αν δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις. Με βάση την θερμοκρασία εδάφους και με χρήση κατάλληλων λογισμικών και μαθηματικών επεξεργασιών μπορεί να γίνει ένας υπολογισμός ο οποίος έχει μόνο θεωρητική αξία. Διαθέσιμες μετρήσεις από αρμόδιες υπηρεσίες έχουν γίνει μόνο για περιοχές που παρουσιάζουν ή έχουν παρουσιάσει ηφαιστειακή δραστηριότητα ή έχουν θερμές πηγές (δείγμα ύπαρξης εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού δυναμικού). Στην χώρα μας ενδεικτικά έχουν αναγνωριστεί τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας στις παρακάτω περιοχές : Αγκίστρου, Σιδηροκάστρου, Θερμών Νιγρίτας ν. Σερρών, Λιθότοπου Ηράκλειας, Λαγκαδά, Λεκάνης Ανθεμούντα ν. Θεσ/νίκης, Ελαιοχωρίων Χαλκιδικής, Σάνης – Αφτου Κασσάνδρας, Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης, Σαπών, Λίμνης Μητρικού, Ν. Κεσσάνης Ξάνθης, Ν. Εράσμιου Μαγγάνων ν. Ξάνθης, Ερατεινό – Καβάλας, Ακροποτάμου Καβάλας, Σουσακίου ν. Κορινθίας, Συκιών Αρτας, Αργένου, Στύμης Πολυχνίτου ν. Λέσβου, Νένητα ν. Χίου, στις νήσους Σαντορίνη & Μήλο, κ.λ.π. Επίσης έχουν εντοπιστεί γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας στις νήσους Μήλο και Νίσυρο. Αυτά τα δεδομένα δεν μας επιτρέπουν καμία ασφαλή υπόθεση για το γεωθερμικό πεδίο της περιοχής ενδιαφέροντος μας, γι' αυτό και δεν εξετάστηκε το αντίστοιχο δυναμικό. Αντίστοιχη κατάσταση επικρατεί στην καταγραφή του Θαλάσσιου Δυναμικού (1.6) περιοχών, με μόνο εκτιμήσεις να υπάρχουν για συγκεκριμένες τοποθεσίες

(1.5) Υδάτινο Δυναμικό. Η εκτίμηση του απαιτεί γνώση της γεωμορφολογίας της περιοχής καθώς και κλιματολογικών δεδομένων. Συγκεκριμένα αν γνωρίζουμε το μέγεθος των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχή, χιόνι) και την ύπαρξη ποταμών ή γενικά λεκανών απορροής προς εκμετάλλευση. Γνωρίζοντας αυτά τα δύο μπορούμε με πραγματικές μετρήσεις στο νερό που εξέρχεται από τη λεκάνη απορροής ή με κατασκευή συνθετικών σειρών να υπολογίσουμε για δεδομένο ύψος υδατόπτωσης το διαθέσιμο δυναμικό. Στην περιοχή ενδιαφέροντός μας, την Αστυπάλεια, υπάρχει υδατόφραγμα για χρήση στην άρδευση χωραφιών αλλά η δυναμικότητά του δεν μοντελοποιήθηκε.

5.2 Βήμα Δεύτερο - Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών.

Εφόσον έχουν συγκεντρωθεί τα διαθέσιμα θεωρητικά δυναμικά θα περάσουμε στην εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών της περιοχής ενδιαφέροντος. Στην παρούσα μεθοδολογία σε συμφωνία με την βιβλιογραφία, χωρίζουμε την απαιτούμενη ενέργεια σε 3 κατηγορίες: θερμικό φορτίο, ενέργεια μεταφορών και τέλος ηλεκτρική ενέργεια.

(2.1) Το θερμικό φορτίο μιας περιοχής περιλαμβάνει τις ανάγκες θέρμανσης χώρων (ή ψύξης) και την κατανάλωση θερμού νερού. Θα αγνοήσουμε στην ανάλυση μας τις ανάγκες της βιομηχανίας. Στην παρούσα εργασία θεωρήσαμε ότι το θερμικό φορτίο καλύπτεται από την παρούσα τεχνολογία (ηλιακοί θερμοσίφωνες, καλοριφέρ) ενώ ότι δεν καλύπτεται μεταφράζεται σε ηλεκτρική ζήτηση (ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες). Εάν θέλαμε να αποφύγουμε αυτή την υπόθεση, ή σκοπεύαμε στην μοντελοποίηση μιας περιοχής με άγνωστα θερμικά και ηλεκτρικά φορτία, θα μπορούσαμε να εργαστούμε ως εξής: θεωρούμε ότι κάθε κάτοικος καταναλώνει 45l νερό στους 60°C ανά ημέρα. Οπότε η ενέργεια που χρειάζεται είναι:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\text{όπου } m = V \cdot \rho$$

$$V = \text{o συνολικός όγκος}$$

$$\rho = \text{πυκνότητα νερού}$$

$$m = \text{συνολική μάζα νερού θέρμανσης για τον πληθυσμό}$$

$$C_p = \text{θερμοχωρητικότητα νερού}$$

$$\Delta T = T(60^\circ\text{C}) - T_o$$

όπου T_o θερμοκρασία περιβάλλοντος σε (από κλιματολογικούς πίνακες)

Η εκτίμηση των αναγκών θέρμανσης κτηρίων, η θερμοκρασιακή περιοχή άνεσης κυμαίνεται από 18°C έως 25°C. Θα πρέπει ανάλογα με την περιοχή να γίνουν υποθέσεις για τις απώλειες ενέργειας από τα

τοιχώματα (κατά μέσο όρο $2\text{W}/\text{m}^2$ για έναν χώρο $10 \times 10 \times 2 \text{ m}^3$), τις απώλειες ενέργειας από την κυκλοφορία του αέρα, τις εισροές ενέργειας από τους τοίχους που προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία και τέλος την παραγωγή ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα ($100\text{W}/\text{άτομο}$ για παραμονή 12 ώρες/μέρα και μέγεθος νοικοκυριού 2.5 άτομα/σπίτι) και από τις ηλεκτρικές συσκευές (περίπου $2\text{W}/\text{m}^2$).

Τα στοιχεία του θερμικού φορτίου είναι χρήσιμα για σχεδιασμό συστημάτων συμπαραγωγής.

(2.2) Η ενέργεια που χρησιμοποιείται στις μεταφορές απαιτεί συλλογή δεδομένων για την κατανάλωση καυσίμων στην περιοχή ενδιαφέροντος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να δοθούν από τις εταιρίες που διαθέτουν πρατήρια καυσίμων στην περιοχή. Σε περίπτωση που αυτά τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα θα μπορούσαμε να αποκτήσουμε στοιχεία για τον στόλο των οχημάτων από την αρμόδια υπηρεσία (υπουργείο μεταφορών). Σε αυτή την περίπτωση γίνονται υποθέσεις για την κατανάλωση βιοκαυσίμου κάθε κατηγορίας οχημάτων όπως στον παρακάτω πίνακα.

Energy needs for transportation.

Type	Fuel	Vehicle	l/100 km	kW h _e /km	No. passengers	kW h/km-person
Passengers	Biofuel	Car	10		1.5	0.667
		Bus	52		30	0.173
	Electric	Car		0.20	1.5	0.140
		Bus/trolley		2.83	30	0.094
		Subway		2.39	80	0.030
Goods	Biofuel	Truck	32		n/a	n/a

Πίνακας 41 Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών Μεταφορών []

Μπορούν να βρεθούν στην βιβλιογραφία δεδομένα για την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων ανά κατηγορία οχήματος, και να μετατραπούν σε καταναλώσεις βιοκαυσίμων ανάλογα με τον λόγο των ενεργειακών περιεχομένων κάθε καυσίμου. Οι εφαρμοζόμενες πολιτικές επηρεάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση στον τομέα των μεταφορών. Μία πολιτική που επιδοτεί την αναβάθμιση του στόλου σε ηλεκτρικά οχήματα μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για μετακινήσεις. Το ίδιο γίνεται με την σχεδίαση της κάλυψης των αναγκών με ΜΜΕ ή με την δημιουργία ποδηλατοδρόμων για ενίσχυση της μεταφοράς με ποδήλατο. Έχει λοιπόν σημασία το κοινωνικό περιβάλλον για έναν ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό στις μεταφορές. Στην παρούσα εργασία δεν μοντελοποιήθηκε ο τομέας των μεταφορών ανθρώπων και αγαθών.

(2.3) Η Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να υπάρχει σε πραγματικά δεδομένα ενός δικτύου ή να κατασκευαστούν συνθετικές σειρές με βάση τον πληθυσμό μιας περιοχής. Στην παρούσα εργασία τα δεδομένα είναι πραγματικές τιμές ζήτησης ισχύος για το έτος 2018 που παραχωρήθηκαν κατόπιν

αιτήματος από την αρμόδια υπηρεσία (ΔΕΔΔΗΕ). Σε περίπτωση που κάτι αντίστοιχο δεν είναι εφικτό υπάρχουν λογισμικά που κατασκευάζουν τεχνητές χρονοσειρές ζήτησης με βάση τον πληθυσμό μιας περιοχής προσαρμόζοντας κατάλληλα ένα προφίλ κατανάλωσης που έχει κατασκευαστεί με στατιστικές επεξεργασίες. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι και η πρώτη κατηγορία από τις 3 κατηγορίες ενέργειας που ο παράγοντας του χρόνου παίζει κρίσιμο ρόλο. Η συνολική καταναλωθείσα ενέργεια μιας περιοχής δεν καταναλώνεται σε ίσες ποσότητες ανά τη μονάδα του χρόνου αλλά παρουσιάζει αιχμές και ελάχιστα. Γι' αυτό το ρόλο είναι ορθότερο να μεταχειριζόμαστε την ζήτηση ηλεκτρισμού σε μονάδες ισχύος και όχι ενέργειας. Επιπροσθέτως, κάποιες περιοχές παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα στο προφίλ ζήτησης ισχύος τους που απαιτεί ιδιαίτερο σχεδιασμό του συστήματος ηλεκτροδότησης (αντίστοιχη περίπτωση αντιμετωπίσαμε με το παράδειγμα της Αστυπάλαιας στο υπολογιστικό μέρος της εργασίας).

5.3 Βήμα Τρίτο - Εξοπλισμός – Τεχνολογικό – Οικονομικά Εκμεταλλεύσιμο δυναμικό.

Αφού συγκεντρωθούν τα στοιχεία της συνολικής απαίτησης σε ενέργεια θα πρέπει να αποφασίσουμε για τον τεχνικό εξοπλισμό και τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή ενέργειας στο σύστημα της Απομακρυσμένης Περιοχής. Ένα σύστημα ενεργειακής αυτονομίας που σχεδιάζεται για περιοχές παρόμοιες με την Ελλάδα, άρα περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση σε ορυκτά καύσιμα οπότε βασίζονται σε ΑΠΕ, πρέπει να έχει για ασφάλεια ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Με την επιλογή του εξοπλισμού γίνεται η εκτίμηση του τεχνολογικού δυναμικού, δηλαδή της ενέργειας συγκεκριμένης μορφής που μπορεί να δεσμευθεί με τη διαθέσιμη τεχνολογία. Η εμπειρία του σχεδιασμού συστήματος για την Αστυπάλαια μπορεί να συμπυκνωθεί στα εξής συμπεράσματα:

-Η ηλιακή ενέργεια αν και σημαντική σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια, δεσμεύεται με πολύ μικρό συντελεστή απόδοσης (max 18-20%) από τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Επίσης είναι διαθέσιμη για ένα συγκεκριμένο τμήμα της ημέρας οπότε αυξάνει τις απαιτήσεις του συστήματος σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές.

-Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι πιο αποδοτική από την εκμετάλλευση της ηλιακής. Είναι μια ενέργεια με χαώδη χαρακτήρα αλλά σε περιοχές με ικανό αιολικό δυναμικό δημιουργεί ασφαλή συστήματα παρέχοντάς τους ενέργεια για όλη τη διάρκεια της ημέρας. Θα πρέπει να υπενθυμίσουμε πως η τοποθέτηση κάθε Α/Γ θα πρέπει να γίνεται σε απόσταση τουλάχιστον 5 διαμέτρων πτερυγίων ώστε η λειτουργία της μίας μηχανής να μην επηρεάζει την άλλη. Κατά συνέπεια θα πρέπει να υπάρχει ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάστασή τους.

-Οι επιλογές της εκμετάλλευσης της βιομάζας είναι πάρα πολλές όπως έχει καταδειχτεί και στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Η βιομάζα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο, να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί στον τομέα των μεταφορών με μηδενικές ή ελάχιστες τροποποιήσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού του στόλου οχημάτων. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί σε ήδη υπάρχουσες γεννήτριες ή θερμικούς ηλεκτρικούς σταθμούς πράγμα που μειώνει το κόστος που απαιτεί η όποια ενεργειακή επένδυση σε βιομάζα. Στην παρούσα εργασία επιλέχτηκε η μετατροπή της σε βιοαέριο αλλά σε ένα διαφορετικό σχεδιασμό με άλλη σύνθεση πρώτης ύλης μπορεί να ήταν προτιμότερη η μετατροπή της σε βιοαιθανόλη (αν για παράδειγμα εξετάζουμε αγροτική περιοχή άρα έχουμε πλεόνασμα σακχάρων στο μείγμα της βιομάζας).

- Η επιλογή της εγκατάστασης ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη της δυνατότητας κατασκευής ενός ταμιευτήρα, σε περιοχές που δεν έχουν διαθέσιμες ικανές ποσότητες τρεχούμενου νερού. Είναι λοιπόν σχετικά εύκολη η αποδοχή ή απόρριψη της χρήσης αυτής της τεχνολογίας με την μελέτη γεωγραφικά και κλιματικά της περιοχής ενδιαφέροντος. Σε περιοχές πάντως που υπάρχει ικανό υδροηλεκτρικό δυναμικό, ένα αντίστοιχο υδροηλεκτρικό έργο θα πρέπει να μελετάται πρώτο στον σχεδιασμό λόγω της μεγάλης απόδοσής του, της σταθερότητας της λειτουργείας του και του εύκολου ελέγχου της παραγόμενης ισχύος.

- Η γεωθερμία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην θέρμανση αγροτικών και κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων σε περιοχές της Ελλάδας ενώ σε άλλες περιοχές όπως η Ισλανδία, αξιοποιείται στην συμπαγωγή θερμότητας και ρεύματος. Ανάλογα λοιπόν με το διαθέσιμο δυναμικό εξετάζεται η αξιοποίηση της ή όχι.

- Η εκμετάλλευση του θαλάσσιου δυναμικού είναι ακόμα πολύ νέα τεχνολογία οπότε θα πρέπει να εξετάζεται τελευταία. Ίσως σε κάποια χρόνια που θα ωριμάσει ως τεχνολογία να μπορέσει να είναι μια σοβαρή εναλλακτική λύση παραγωγής ενέργειας.

Η παραμετροποίηση του εξοπλισμού στο κατάλληλο λογισμικό, με όρους κόστους και η επίλυση ενός προβλήματος αριστοποίησης με βάση την μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση ενός οικονομικού κριτηρίου, οδηγεί στην εκτίμηση του οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού. Στην παρούσα εργασία το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους επένδυσης εκφρασμένου σε Καθαρή Παρούσα Αξία. Προσεγγίστηκε έτσι το ανώτατο όριο της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί για την πλήρη κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης, με βιώσιμες εγκαταστάσεις.

5.4 Βήμα Τέταρτο – Ανάλυση Ευαισθησίας.

Κάθε μελέτη θα πρέπει να υπόκειται σε ανάλυση ευαισθησίας ώστε να διαπιστώνεται η βιωσιμότητά της σε συνθήκες αβεβαιότητας που οικονομικές οι άλλες παράμετροι μεταβάλλονται. Στην παρούσα εργασία με την ανάλυση ευαισθησίας εντοπίστηκε ποια είναι η κρίσιμη παράμετρος στο σύστημά μας (η ταχύτητα του ανέμου συγκεκριμένα) και μελετήθηκαν διαφορετικά σενάρια σχετικά με τις τιμές του εξοπλισμού (το οποίο ήταν και το σημείο με την μεγαλύτερη αβεβαιότητα κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας).

5.5 Βήμα Πέμπτο – Κοινωνικό-Οικονομικές συνθήκες.

Κανένας σχεδιασμός ενός σύγχρονου συστήματος ενέργειας δεν μπορεί να αγνοήσει τις κοινωνικές παραμέτρους της περιοχής ενδιαφέροντος και πρέπει να έχει τη συγκατάβαση των τοπικών κοινωνιών. Κάθε εγκατάσταση μονάδας εκμετάλλευσης ενός δυναμικού έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον που κατασκευάζεται με αποτέλεσμα συχνά να συναντάει αντιδράσεις από κινήματα κατοίκων. Για παράδειγμα η κατασκευή μιας εγκατάστασης αναερόβιας χώνεψης ή μιας χωματερής για παρασκευή βιοαερίου θα δημιουργήσει όχληση σε παρακείμενους οικισμούς, οπότε θα πρέπει να συνδυαστεί με ανταποδοτικά οφέλη προς τους κατοίκους. Η κατασκευή ανεμογεννητριών σε μια παρθένα βουνοπλαγιά μπορεί να έρχεται σε σύγκρουση με τουριστικές δραστηριότητες λόγω της οπτικής αλλοίωσης του τοπίου. Ακόμα, γίνονται ακόμα έρευνες για να εξεταστεί η αρνητική επίδραση τους σε κοπάδια πουλιών που μπορεί να διέρχονται από την περιοχή. Πρέπει να εξετάζεται ακόμα η ύπαρξη προστατευμένων περιοχών ή αρχαιολογικών χώρων που προφανώς καθιστούν την εγκατάσταση μονάδων αδύνατη. Από την άλλη μεριά, σε περιοχές που ανήκουν στις περιφέρειες επικρατειών και όχι στα αστικά κέντρα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η εγκατάσταση μιας μονάδας αξιοποίησης βιομάζας είναι προτιμότερη από την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και προσφέρουν λίγες θέσεις εργασίας. Αντίθετα η επεξεργασία βιομάζας πέρα από τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό είναι και ένας τρόπος αξιοποίησης υπολειμμάτων αγροτικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων άρα ένα οικονομικό κίνητρο περιφερειακής ανάπτυξης. Οπότε λαμβάνοντας υπόψιν ένα πλήθος κριτηρίων παρόμοιων με τα παραπάνω θα πρέπει ο σχεδιασμός να αναπροσαρμόζεται ώστε να βρίσκεται η βέλτιστη λύση. Η ποσοτικοποίηση αυτών των κοινωνικών κριτηρίων για μια τυποποίηση της διαδικασίας αξιολόγησης μιας επένδυσης είναι μια αρκετά απαιτητική εργασία σχετική με την Βιώσιμη Ανάπτυξη. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται μία σύνοψη των βασικότερων μεγεθών που επηρεάζονται από τις επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές.

<u>Κατηγορίες</u>	<u>Μεγέθη που Επηρεάζονται</u>	<u>Σχολιασμός</u>
Οικονομικές	ΑΕΠ Εισόδημα Κατανάλωση Τιμές Ηλ. Ενέργειας Επενδύσεις	Οι επενδύσεις απασχολούν μέρος του τοπικού πληθυσμού (στον Καναδά υπολογίστηκε πως ανά 100 εκατομμύριο \$ που δαπανούνται σε ενεργειακές υποδομές δημιουργούνται 1200 θέσεις εργασίας και προκύπτει 85,6 εκατομ. \$ βελτίωση πραγματικού ΑΕΠ)
Εργασιακές	Παραγωγικότητα Απασχόληση Δεξιότητες του εργατικού δυναμικού	10000 μόνιμες και 20000 θέσεις ημιαπασχόλησης μεσαίας προς υψηλής εξειδίκευσης μπορούν να δημιουργηθούν στην Ελλάδα εως το 2025 στις νέες ενεργειακές τεχνολογίες.
Περιβαλλοντικές	Χρήση υδατ. Αποθεμάτων Ποιότητα του αέρα Επιπτώσεις στην Βιοποικιλότητα Οπτική / Ακουστική Όχληση Εκπομπές αερίων Θερμοκηπίου	Οι συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες τείνουν να έχουν πολύ μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις ΑΠΕ.
Οικιστικές	Χρήσεις Γής Αλλαγή Αξίας Γής	Η ύπαρξη ενεργειακών εγκαταστάσεων αποκλείει την οικιστική χρήση εντός ορισμένης περιμέτρου για λόγους ασφαλείας
Τεχνολογικές	Ενεργειακό Μείγμα	Η είσοδος νέων τεχνολογιών δημιουργεί προκλήσεις σχετικές με το μείγμα της ενεργειακής παραγωγής, την ευστάθεια του συστήματος σε μεταβολές ζήτησης κ.α
Στρατηγικές	Ενεργειακή Αυτονομία	Η απεξάρτηση της περιοχής από εισαγωγές ενέργειας και καυσίμων έχει κυρίως στρατηγικό χαρακτήρα και για την ευρύτερη επικράτεια.

Πίνακας 42: Σύνοψη βασικότερων μεγεθών που επηρεάζονται από επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές.

Αν καταλήγαμε σε έναν χρήσιμο κανόνα θα λέγαμε πως η θέση εγκατάστασης μιας ενεργειακής επένδυσης σε σχέση με τις υπάρχουσες οικιστικές δομές και οικονομικές δραστηριότητες παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε περιοχές που ο διαθέσιμος χώρος είναι μικρός (πχ νησιά) και η εγκατάσταση ενδεχομένως να επιφέρει αλλαγές στο οπτικό τοπίο επηρεάζοντας κυρίαρχες οικονομικές δραστηριότητες όπως ο τουρισμός (not in my back yard). Το αντίθετο φαινόμενο παρατηρείται όταν η τεχνολογία είναι καλοδεχούμενη ως πηγή εισοδήματος και οικονομικής ανάπτυξης (please in my back yard).

6. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Μέσω της έρευνας που εκπονήθηκε στην παρούσα εργασία για την Αστυπάλαια, ένα Μη Διασυνδεδεμένο στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας Νησί, εξήχθησαν κάποια συμπεράσματα για την δυνατότητα ενεργειακής αυτονομίας αντίστοιχων απομακρυσμένων περιοχών ενώ προτάθηκε μία γενική μέθοδος προσέγγισης του ζητήματος. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε αυτή την κατεύθυνση καλούνται να παίζουν οι ΑΠΕ και οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας. Στις ΑΠΕ άλλωστε προσανατολίζεται τόσο η ΕΕ με την νομοθετική της λειτουργία όσο και οι παγκόσμιες αγορές, κάτι που αποτυπώνεται και στον ενεργειακό σχεδιασμό της Ελλάδας.

Η μελέτη της χρονικής διακύμανσης του ηλεκτρικού φορτίου μας δίνει πολλές πληροφορίες για τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής. Επίσης μας οδηγεί στο να μοντελοποιήσουμε συστήματα τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν με ασφάλεια τη ζήτηση τόσο όταν κυμαίνεται σε μέσες τιμές όσο και όταν βρίσκεται σε αιχμή. Η Αστυπάλαια είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση με σύστημα με έντονη εποχικότητα που επηρεάζει πλήρως τα τεχνικά και τα οικονομικά μεγέθη ενός συστήματος ηλεκτροδότησης από ΑΠΕ με διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας. Το ζήτημα ηλεκτροδότησης έχει πολλές λύσεις από τις οποίες μελετήθηκε η ηλεκτροδότηση με Ανεμογεννήτριες, Φωτοβολταϊκά, Ηλεκτρικούς συσσωρευτές και Γεννήτριες με καύσιμο αέριο σύνθεσης. Αυτονομία ηλεκτρικού δικτύου μεταφράστηκε σε μηδενική κατανάλωση diesel για ηλεκτροδότηση του δικτύου.

Πέρα από την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, αν θέλουμε να είμαστε συνεπείς με τον αυστηρό ορισμό της έννοιας "ενεργειακή αυτονομία" θα πρέπει να φροντίσουμε να καλύψουμε τόσο τα θερμικά φορτία μιας περιοχής όσο και τις ενεργειακές ανάγκες μετακίνησης. Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να βρεθούν δεδομένα και για τα δύο επομένως στην παρούσα εργασία χρειάστηκε να κάνουμε κάποιες παραδοχές. Το θερμικό φορτίο μεταφράζεται σε ηλεκτρικό φορτίο καθώς υποθέτουμε ότι η θέρμανση/ψύξη χώρων και νερού χρήσης, αν δεν γίνεται με μεθόδους εκμετάλλευσης του ηλίου (ηλιακοί θερμοσίφωνες) γίνεται με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες, ηλεκτρικές συσκευές ρύθμισης θερμοκρασίας χώρου) ή με καύση βιομάζας (τζάκια, σόμπες, καυστήρες πέλετ). Υπάρχει το ενδεχόμενο να έχουμε καυστήρες πετρελαίου κάτι που δεν συμβαδίζει με την έννοια της αυτονομίας (δεν έχει ορυκτά καύσιμα η περιοχή όπως συνήθως δεν έχουν και οι απομακρυσμένες περιοχές γενικά). Στην γενική μεθοδολογία πάντως προτείνουμε έναν τρόπο εκτίμησης του θερμικού φορτίου μιας περιοχής (χωρίς βαριά βιομηχανία).

Οι ενεργειακές ανάγκες του τομέα των μεταφορών δεν εξετάστηκαν γιατί δεν υπάρχουν δεδομένα για τον στόλο των οχημάτων και την κατανάλωση τους. Μια μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να αναζητήσει ή να κατασκευάσει συνθετικά δεδομένα και να επεξεργαστεί τρόπους κάλυψης αυτής της ζήτησης. Επίσης θα μπορούσε να εξεταστεί η μετατροπή τόσο της βιομάζας από υπολείμματα όσο και από ενεργειακές καλλιέργειες, σε βιοκαύσιμο (βιοαιθανόλη ή βιοντίζελ για παράδειγμα) που να μπορούν να καλύψουν τις μεταφορικές ανάγκες. Τα ίδια καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ελάχιστες μετατροπές στις ήδη υπάρχουσες γεννήτριες για την ηλεκτροδότηση, χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον όσο το συμβατικό ντίζελ.

Η ηλεκτροπαραγωγή σε θερμικούς σταθμούς μπορεί να συζευχτεί με την παραγωγή θερμότητας σε συστήματα συμπαραγωγής. Μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να μοντελοποιήσει ένα τέτοιο σύστημα συμπαραγωγής από καύση βιομάζας ή βιοκαυσίμου, κάτι που θα καλύψει ένα μέρος του θερμικού φορτίου της περιοχής με καθαρή, φτηνή ενέργεια. Γενικότερα στο ζήτημα της ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα η εξέταση πλήθους τεχνολογιών με διαφορετικές αποδόσεις, μετατροπές και τελικά προϊόντα με διαφορετικά ενεργειακά περιεχόμενα θα βοηθούσε στην μοντελοποίηση και επιλογή βέλτιστων συστημάτων που δεν έχουμε εξετάσει εδώ λόγω έκτασης.

Η διερεύνηση πέρα από τις πραγματικές μετρήσεις ωριαίας ζήτησης για το έτος 2018 δεν είχε άλλα "πραγματικά" δεδομένα. Η μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας ανέμου σε περιοχές ενδιαφέροντος σαφώς υπερέχει των συνθετικών χρονοσειρών. Το ίδιο ισχύει και για την ηλιακή ακτινοβολία. Όσον αφορά το δυναμικό της βιομάζας μια μελλοντική μελέτη θα εξέταζε με ακρίβεια τις πραγματικές τιμές των αγροτικών ή κτηνοτροφικών υπολειμμάτων που θα αξιοποιηθούν και θα εκτιμούσε το δυναμικό των δασικών εκτάσεων (αν και τυπικά περιορισμένων στα νησιά του Αιγαίου). Ακόμα, τα Logistics της συγκομιδής, μεταφοράς, αποθήκευσης, επεξεργασίας και διάθεσής της είναι ένα ζήτημα που πρέπει να κοστολογηθεί με μεγαλύτερο βαθμό ακρίβειας. Σε κάθε περίπτωση το μείγμα πολιτικής που θα ακολουθηθεί επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την όλη διαδικασία αξιοποίησης, για παράδειγμα η πολιτική της "διαλογής στην πηγή". Η βιομάζα μπορεί σε συστήματα απομονωμένων περιοχών να υποκαταστήσει τα πετρελαϊκά προϊόντα και να χρησιμοποιείται άμεσα για κάλυψη ελλειμάτων ζητούμενης ισχύος. Σχετικά με το ζήτημα, να σημειωθεί πως σε νησιά με τέτοια μεγέθη τουρισμού σημαντική πηγή βιομάζας είναι τα απορρίμματα των τουριστών. Αξιοποίηση της βιομάζας δίνει λύση και στο τεράστιο ζήτημα διαχείρισης τους που αντιμετωπίζουν οι τοπικές κοινωνίες.

Οι ΑΠΕ που μελετήθηκαν είναι και αυτές για τις οποίες έχει γίνει έστω και προσεγγιστική εκτίμηση των δυναμικών τους. Μια μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει την δυνατότητα αξιοποίησης

της γεωθερμικής ενέργειας της περιοχής, της ενέργειας των κυμάτων (μιας και πρόκειται για νησιωτική περιοχή) αλλά και την εγκατάσταση ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου. Η Αστυπάλαια διαθέτει ένα φράγμα το οποίο αποθηκεύει νερό για την άρδευση καλλιεργειών το οποίο θα μπορούσε να φιλοξενήσει έναν υδροστρόβιλο. Ακόμα, πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, θα μπορούσε να φιλοξενήσει μια εγκατάσταση αντλησιοταμίευσης, αυξάνοντας τα υδάτινα αποθέματα του νησιού και παράλληλα μειώνοντας κατά πολύ την απαίτηση για χημικούς ηλεκτρικούς συσσωρευτές.

Η οικονομική αξιολόγηση προφανώς δεν είναι πλήρης αλλά αποτελεί μια πολύ καλή προσέγγιση των μεγαλύτερων τεχνικο-οικονομικών μεγεθών. Δεν έχουν κοστολογηθεί τμήματα ειδικού εξοπλισμού όπως ελεγκτές, ρυθμιστές, λογισμικά, μισθολογικά κόστη υπευθύνων κ.α που χρειάζονται για την λειτουργία και συντήρηση ενός ηλεκτρικού δικτύου. Σε κάθε περίπτωση η τιμή της kWh στα συστήματα εκμετάλλευσης ΑΠΕ είναι κατά πολύ μικρότερη. Συγκεκριμένα σε μία μοντελοποίηση συστήματος diesel η ενέργεια κοστίζει 0,349 €/kWh με τιμές καυσίμου ενδοχώρας έναντι 0,129€/kWh τιμή ενέργειας συστήματος ΑΠΕ (στην πραγματικότητα οι τιμές στα ΜΔΝ λόγω της μεταφοράς καυσίμων με πλοία από την ενδοχώρα είναι μέχρι και διπλάσιες από την υπολογισθείσα, κοντά στο 0,70€/kWh)

Η Αστυπάλαια όπως αναφέρεται είναι ιδιαίτερα μακριά από τα άλλα νησιά που θα μπορούσαν να διασυνδεθούν μαζί της. Η διασύνδεσή της με το ηλεκτρικό δίκτυο της ενδοχώρας είναι μια ιδιαίτερος κοστοβόρα διεργασία η οποία εκτιμάται πως θα αργήσει αρκετά. Επομένως η αυτονόμησή της γίνεται αυτομάτως πιο δελεαστική στρατηγική.

Όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή, η ανάκτηση της ενέργειας της βιομάζας δεν έχει αρνητικό οικολογικό αποτύπωμα. Από την άλλη, η καύση diesel για ηλεκτροπαραγωγή συνεπάγεται ένα επιπλέον κόστος λόγω της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, οι οποίοι κοστολογούνται ανάλογα με τον όγκο τους. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια από ΑΠΕ πέρα από τα οικολογικά οφέλη έχει και οικονομικά οφέλη.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψιν ένα πλήθος επιπλέον οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών θεμάτων για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσης ΑΠΕ καθώς είναι μια μακροχρόνια επένδυση που δεσμεύει σημαντικούς οικονομικούς πόρους, υπολογίσιμη έκταση και δημιουργεί θέσεις εργασίας και προοπτικές περιφερειακής ανάπτυξης. Δεν έχουν εκτιμηθεί οι αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας στις προταθείσες ενεργειακές εγκαταστάσεις ούτε και οι μεταβολές στη χρήση γης, οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται ή οι επιδράσεις στο τοπικό ΑΕΠ. Αυτά θα μπορούσαν να είναι αντικείμενο μελλοντικής μελέτης.

6. Βιβλιογραφία:

1. Ζερβός, Α. (2018). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Αθήνα: ΕΜΠ 2018
2. Μπαλάρας, Κ. Α., Αργυρίου, Α. Α. & Καραγιάννης, Φ. (2006). *Συμβατές & Ήπιες Μορφές Ενέργειας*. Αθήνα 2006: ΤεκΔΟΤΙΚΗ
3. Tester, W.J., Drake, M. E., Driscoll, J.M., Golay, W.M. & Peters, W.A. (2018). *Sustainable Energy, Second Edition. Choosing Among Options*. Massachusetts: MIT PRESS
4. Sorensen, B. (2000). *Renewable Energy – Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects, Second – Edition*, London: Academic Press
5. MacKay, J.C. D. (2009). *Sustainable Energy — without the hot air*. Cambridge: UIT
CAMBRIDGE, ENGLAND
6. Μπεργελές, Γ. Χ. (2005). *Ανεμοκινητήρες*, Αθήνα: Συμεών, 2005
7. Δέρβος, Κ. (2013). *Φωτοβολταϊκά συστήματα: από τη θεωρία στην πράξη*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2013
8. Τσίγκανου, Ι., Κιντή, Ρ., (2018). *Ενέργεια και Τοπικές Κοινωνίες*. Αθήνα 2018: Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών
9. Dewulf, J., Van Langenhove, H. (2006). *Renewables-Based technology, Sustainability Assessment*, West Sussex: John Wiley and Sons Ltd
10. Κονδύλης, Π. Γ. (2013). *Πλήρης αντικατάσταση των πετρελαιικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής της Αμοργού με εγκαταστάσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ: Αθήνα 2013
11. Σταματόπουλος, Θ. (2013). *Σχεδιασμό υβριδικού συστήματος ενέργειας στη νήσο Δονούσα με χρήση Homer Energy*. Διπλωματική εργασία ΕΜΠ: Αθήνα 2013
12. Μόσχου, Ε.Χ. (2012). *Σύγκριση των εναλλακτικών πηγών για την παραγωγή ενέργειας*. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ: Αθήνα 2012
13. Δανιήλ, Β. (2018). *Διερεύνηση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μη συνδεδεμένο νησί της Αστυπάλαιας*. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ: Αθήνα 2018
14. Κατσαπρακάκης, Δ. Αλ. (2015). *Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών ΕΜΠ
15. Γεωργιάδης, Α. Π., Σωτηρίου, Σ. Β. (2011). *Αξιοποίηση της Βιομάζας στον Ελλαδικό Χώρο για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας*. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ: Αθήνα 2011

16. Skoulou, V., Zabaniotou, A. (2007). *Investigation of agricultural and animal wastes in Greece and their allocation to potential application for energy production*. Renewable and Sustainable Energy Reviews: Volume 11, Issue 8, October 2007, Pages 1698-1719
17. César R. Chamorro, et al. *Enhanced geothermal systems in Europe: An estimation and comparison of the technical and sustainable potentials*, Energy, Volume 65, 2014, Pages 250-263
18. J.K. Kaldellis, Ant. Gkikaki, El. Kaldelli, M. Kapsali, *Investigating the energy autonomy of very small non-interconnected islands: A case study: Agathonisi, Greece*, Energy for Sustainable Development, Volume 16, Issue 4, 2012, Pages 476-485,
- 19 Yohanes Andre Situmorang et al. *Small-scale biomass gasification systems for power generation (<200 kW class): A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 117, 2020, 109486
20. Maria Chalakatevaki, et al. *Creating the electric energy mix in a non-connected island*, Energy Procedia, Volume 125, 2017, Pages 425-434
21. Miguel Centeno Brito, et al. *Sustainable energy systems in an imaginary island*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 37, 2014, Pages 229-242,
22. Antonio Pietro Francesco Andaloro, et al. *Alternative energy scenarios for small islands: A case study from Salina Island (Aeolian Islands, Southern Italy)*, Renewable Energy, Volume 47, 2012, Pages 135-146,
23. Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός, οδικός χάρτης για το 2050, Συνοπτική Παρουσίαση, Μάρτιος 2012
24. Ronzon T., Piotrowski S., Carus M., *DataM – Biomass estimates (v3): a new database to quantify biomass availability in the European Union*, JRC Technical Report, 2015
25. Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου – Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής *Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2014 – 2020 ΑΣΤΥΠΙΑΛΛΙΑ*.

Διαδικτυακές Πηγές

26. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=41433>
27. <https://globalwindatlas.info/>
28. <https://globalsolaratlas.info/map>
29. <https://www.eia.gov/>
30. <https://www.iea.org/data-and-statistics>
31. <https://www.irena.org/Statistics>
32. <https://www.deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/agora-mdn/>
33. <http://www.cres.gr/kape/datainfo/maps.htm>
34. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics
35. <https://www.eea.europa.eu/>

7. Κατάλογος Σχημάτων – Πινάκων – Διαγραμμάτων

Σχήματα

Σχήμα 1: Επισκόπηση μορφών, μετατροπών και τελικής χρήσης ενέργειας.

Σχήμα 2: Ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ σε χώρες- μέλη Ε.Ε.

Σχήμα 3: Μερίδιο ΑΠΕ σε ενεργειακό μείγμα χωρών μελών Ε.Ε.

Σχήμα 4: Ενεργειακό μείγμα Παραγωγής 2018.

Σχήμα 5: Μέση ταχύτητα ανέμου $h = 100$ m.

Σχήμα 6: Χάρτης αιολικού δυναμικού, $h = 80$ m.

Σχήμα 7: Παρουσίαση μεγεθών ηλιακής γεωμετρίας.

Σχήμα 8: Χάρτης οριζόντιας ακτινοβολίας.

Σχήμα 9: Κατανομή ζήτησης ζωοτροφής.

Σχήμα 10: Μερίδιο υδροηλεκτρικής ενέργειας σε χώρες Ε.Ε. – Συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα

Σχήμα 11: Θερμοκρασία υπεδάφους για βάθος 1000 m.

Σχήμα 12: Διάταξη γεννήτριας οριζοντίου άξονα

Σχήμα 13: Διάταξη ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα[]

Σχήμα 14: Ανάλυση συστημάτων ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα []

Σχήμα 15: n – type και p – type ημιαγωγοί

Σχήμα 16: Τεχνολογία φωτοβολταϊκού στοιχείου.[]

Σχήμα 17: Διεργασίες επεξεργασίας βιομάζας.

Σχήμα 18: Αντίδραση τρανσεστεροποίησης.

Σχήμα 19: Τιμές μέσης ταχύτητας Ανέμου (m/s σε ύψος 50 m) για την Αστυπάλαια..

Σχήμα 20. Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Αστυπάλαια.

Σχήμα 21: Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα για την Αστυπάλαια.

Σχήμα 22: Μηνιαία Κατανομή Διαθέσιμης Βιομάζας.

Σχήμα 23: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας.

Σχήμα 24: Διάγραμμα Διεργασίας χωρίς Αξιοποίηση Βιομάζας (Σενάριο Α).

Σχήμα 25: Προφίλ μέσης Ημερήσιας παραγωγής ισχύος Ανεμογεννητριών ανά μήνα για το Σενάριο Α.

Σχήμα 26: Διάγραμμα Διεργασίας με Αξιοποίηση Βιομάζας (Σενάριο Β).

Σχήμα 27: Προφίλ μέσης Ημερήσιας παραγωγής ισχύος Ανεμογεννητριών ανά μήνα για το Σενάριο Β.

Σχήμα 28: Απεικόνιση Πρότασης Μεθοδολογίας Εκπόνησης Σχεδιασμού

Πίνακες

- Πίνακας 1: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας σε Ελλάδα για διάφορα έτη.
- Πίνακας 2: Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων.
- Πίνακας 3: Ενεργειακές Καλλιέργειες.[]
- Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά του βιοάνθρακα για πυρόλυση διαφορετικών υπολειμμάτων.
- Πίνακας 5: Αποδόσεις σε προϊόντα εργαστηριακής εγκατάστασης πυρόλυσης και αντίστοιχες θερμοαντικές αξίες.
- Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά υγρών καυσίμων.
- Πίνακας 7: Παραγωγικότητα σε αιθανόλη διαφόρων πρώτων υλών.
- Πίνακας 8: Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας.
- Πίνακας 9: Σταθμισμένα κόστη τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας.
- Πίνακας 10: Πληθυσμιακή ανάλυση ΜΔΝ Αστυπάλαιας- Δωδεκανήσων – Περιφέρειας Ν.Αιγαίου.
- Πίνακας 11: Κλιματολογικά στοιχεία Αστυπάλαιας.
- Πίνακας 12: Διάρθρωση οικονομικά ενεργού Πληθυσμού Αστυπάλαιας.
- Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων θερμικών μονάδων στο ΜΔΝ Αστυπάλαιας,
- Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά παραγωγής ενέργειας για το έτος 2017 στην Αστυπάλαια.
- Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρικού φορτίου 2018.
- Πίνακας 16: Ημερήσια Οριζόντια ακτινοβολία και Παράγοντας Αιθριότητας για την Αστυπάλαια.
- Πίνακας 17: Υπολογισμός Μηνιαίας Παραγωγής Βιομάζας από αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες.
- Πίνακας 18: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας.
- Πίνακας 19: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών Πάνελ.
- Πίνακας 20: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Συσσωρευτών.
- Πίνακας 21: Στοιχεία κόστους εξοπλισμού και εγκαταστάσεων.
- Πίνακας 22: Επικρατούσες Αρχιτεκτονικές για το Σενάριο Α.
- Πίνακας 23: Οικονομικά μεγέθη σε ΚΠΑ Σεναρίου Α.
- Πίνακας 24: Οικονομικά στοιχεία εξοπλισμού Σεναρίου Α.
- Πίνακας 25: Ενεργειακά μεγέθη Σεναρίου Α.
- Πίνακας 26: Στοιχεία Παραγωγής για τα φωτοβολταϊκά Σεναρίου Α.
- Πίνακας 27: Στοιχεία Παραγωγής για Ανεμογεννήτριες Σεναρίου Α.
- Πίνακας 26: Στοιχεία Λειτουργίας για Ηλεκτρικούς Συσσωρευτές Σεναρίου Α.
- Πίνακας 27: Επικρατούσες Αρχιτεκτονικές για το Σενάριο Β.

- Πίνακας 28: Οικονομικά μεγέθη σε ΚΠΑ Σεναρίου Β.
- Πίνακας 29: Οικονομικά στοιχεία εξοπλισμού Σεναρίου Β.
- Πίνακας 30: Ενεργειακά μεγέθη Σεναρίου Β.
- Πίνακας 31: Στοιχεία Παραγωγής για τα φωτοβολταϊκά Σεναρίου Β.
- Πίνακας 32: Στοιχεία Παραγωγής για Ανεμογεννήτριες Σεναρίου Β.
- Πίνακας 33: Στοιχεία Λειτουργίας για Ηλεκτρικούς Συσσωρευτές Σεναρίου Β.
- Πίνακας 34: Στοιχεία Λειτουργίας για Γεννήτριες Syngas Σεναρίου Β.
- Πίνακας 35: Στοιχεία syngas που καταναλώθηκε σε Γεννήτριες Σεναρίου Β.
- Πίνακας 36: Στοιχεία για κάλυψη ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών με diesel.
- Πίνακας 37: Μεταβολή μεταβλητών σχεδιασμού για Ανάλυση Ευαισθησίας.
- Πίνακας 38: Πίνακας επικρατουσών Αρχιτεκτονικών για τις ακραίες τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού.
- Πίνακας 39: Σύγκριση σεναρίων με το σενάριο βάσης.
- Πίνακας 40: Χρήση γής στην Αστυπάλαια.
- Πίνακας 41 Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών Μεταφορών []
- Πίνακας 42: Σύνοψη βασικότερων μεγεθών που επηρεάζονται από επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές.

Διαγράμματα

- Διάγραμμα 1: Πρόβλεψη παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης έως 2050).
- Διάγραμμα 2: Πρόβλεψη παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έως 2050).
- Διάγραμμα 3: Πρόβλεψη μείγματος παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας έως 2050.
- Διάγραμμα 4: Παραγόμενη ενέργεια ανά τεχνολογία ΑΠΕ.
- Διάγραμμα 5: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας – μέρος Α.
- Διάγραμμα 6: Συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας – μέρος Β
- Διάγραμμα 7: Πυκνότητα πιθανότητας ταχύτητας του ανέμου, τυπική μορφή
- Διάγραμμα 8: Μεταβολή ηλιακής ακτινοβολίας με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους.
- Διάγραμμα 9: Παροχή Νερού Μικρού Υ/Ε- συναρτήσσει χρόνου.
- Διάγραμμα 10: Τυπικές καμπύλες διαφορετικών σχεδιασμών – συνάρτηση C_p –λ
- Διάγραμμα 11: Τυπική καμπύλη ισχύος Α/Γ []
- Διάγραμμα 12: Τυπικό διάγραμμα I V φωτοβολταϊκού κελιού.

Διάγραμμα 13: Μεταβολή καμπύλης IV συναρτήσει ηλιακής ακτινοβολίας σε τυπικό φωτοβολταϊκό κελί

Διάγραμμα 14: Μεταβολή καμπύλης IV συναρτήσει θερμοκρασίας σε τυπικό φωτοβολταϊκό κελί

Διάγραμμα 15: Συνδέσεις παράλληλα/ εν σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων

Διάγραμμα 16: Καμπύλη φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2018.

Διάγραμμα 17: Μέσες τιμές ηλεκτρικού φορτίου ανά Μήνα για το έτος 2018.

Διάγραμμα 18: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Ιανουάριος – Φεβρουάριος 2018)

Διάγραμμα 19: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Μάρτιος - Απρίλιος 2018)

Διάγραμμα 20: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Μάιος - Ιούνιος 2018)

Διάγραμμα 21: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Ιούλιος - Αύγουστος 2018)

Διάγραμμα 22: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2018)

Διάγραμμα 23: Μέση μηνιαία κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (Νοέμβριος - Δεκέμβριος 2018)

Διάγραμμα 24: Ιστόγραμμα συχνοτήτων φορτίου.

Διάγραμμα 25: Καμπύλη διάρκεια Φορτίου (time step = 60 min)

Διάγραμμα 26 Παραμετροποίηση τιμών Μέσης Ταχύτητας Ανέμου (m/s) ανά Μήνα

Διάγραμμα 27: Ταχύτητες Ανέμου κατόπιν επεξεργασίας.

Διάγραμμα 28: Ιστόγραμμα Ταχύτητας Αέρα κατόπιν επεξεργασίας.

Διάγραμμα 29: Ημερήσια Οριζόντια ακτινοβολία και Παράγοντας Αιθριότητας για την Αστυπάλαια.

Διάγραμμα 30: Ανάλυση κόστους ανά είδος σε ΚΠΑ (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 31: Ανάλυση κόστους ανά εξοπλισμό σε ΚΠΑ (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 32: Διάρθρωση Μηνιαίας Ηλεκτρικής Παραγωγής (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 33: Μέση Μηνιαίες Τιμές Περίσσειας Ηλ. Ενέργειας (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 34: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από τα ΦΒ (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 35: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Ανεμογεννήτριες (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 36: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ενεργειακού περιεχομένου Συσσωρευτών (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 37: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 38: Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Α).

Διάγραμμα 39: Ανάλυση κόστους ανά είδος σε ΚΠΑ (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 40: Ανάλυση κόστους ανά εξοπλισμό σε ΚΠΑ (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 41: Διάρθρωση Μηνιαίας Ηλεκτρικής Παραγωγής (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 42: Μέση Μηνιαίες Τιμές Περίσσειας Ηλ. Ενέργειας (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 43: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από τα ΦΒ (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 44: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Ανεμογεννήτριες (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 45: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ενεργειακού περιεχομένου Συσσωρευτών (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 46: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Ποσοστού Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 47: Ποσοστό Φόρτισης Συσσωρευτών (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 48: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Biogen 500 kW (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 49: Μέσες Μηνιαίες Τιμές παραγωγής Ισχύος από Biogen 1200 kW (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 50: Παραγωγή Ισχύος από Biogen 500 kW (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 51: Παραγωγή Ισχύος από Biogen 1200 kW (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 52: Μέσες Μηνιαίες τιμές κατανάλωσης Syngas (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 53: Κατανάλωση Καυσίμου (Σενάριο Β).

Διάγραμμα 54: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει παραμέτρων Τιμής Φ/Β και Τιμής Συσσωρευτών.

Διάγραμμα 55: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει παραμέτρων Τιμής V47 και Μέσης ταχύτητας Ανέμου.

Διάγραμμα 56: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει της Μέσης ταχύτητας Ανέμου.

Διάγραμμα 57: Μεταβολή του κόστους συναρτήσει της τιμής της Βιομάζας.

Διάγραμμα 58: Εκτίμηση κατά κεφαλήν παραγόμενης ποσότητας σκουπιδιών.