



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**Τεχνική μελέτη και οικονομική σκοπιμότητα εισαγωγής
συστημάτων Α.Π.Ε. για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών
στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα του Καστελόριζου**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητής: Πρέντσε Μπλεριάν ΑΜ : 4723

Επιβλέπων καθηγητής: Κατσαπρακάκης Δημήτριος

Ηράκλειο 2011

Ευχαριστίες

Με το τέλος της παρούσας εργασίας θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων για την βοήθεια που μου παρείχαν κατά την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές **Κατσαπρακάκης Δημήτριος**, **Θρασύβουλος Μανιός** και τον φίλο μου **Μπορμπαντονάκης Κώστας** για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν, δίνοντάς μου απλόχερα γνώσεις και πολύτιμες πληροφορίες.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου **Loni** και **Vera** και τον αδερφό μου **Vangjel**, για την ηθική υποστήριξη αλλά και την υπομονή που έδειξαν όλο αυτό τον καιρό.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	6
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1. Ενεργειακή κατάσταση στο σύστημα του Καστελλόριζου	9
1.1. Παρουσίαση των στοιχείων του συστήματος.....	9
1.1.1. Η ηλεκτρική ζήτηση του νησιού.....	13
1.2. Αναπτυσσόμενες μεθόδους παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας	15
Κεφάλαιο 2. Βιομάζα.....	16
2.1. Γενικά	16
2.1.1. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.....	17
2.1.2. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας	17
2.1.3. Η οικονομία της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας	18
2.1.4. Χρήση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας	22
2.1.5. Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα	22
2.2. Ενεργειακές φυτείες ευκαλύπτων.....	24
2.2.1. Γενικά.....	24
2.2.2.Ο ρόλος της φυτείας στο Καστελλόριζο	25
2.3. Pellets από ξύλο ένα ελκυστικό και συνάμα υποσχόμενο βιοκαύσιμο.....	26
2.3.1. Γενικά.....	26
2.3.2. Περιβαλλοντική θεώρηση χρήσης των pellets	28
2.3.3. Pellets - Βιομάζα: Το αντίπαλο δέος στο πετρέλαιο	29
2.3.4. Πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου.....	31
2.4. Καύση της βιομάζας	32
2.4.1. Γενικά.....	32
2.4.2. Μηχανισμοί μεταφοράς της θερμικής ενέργειας	34
2.5. Λέβητας βιομάζας	35
2.5.1. Γενικά.....	35
2.5.2. Αρχές λειτουργίας.....	35
2.5.3. Καυστήρας	36
2.6. Τεχνική περιγραφή πυρηνολέβητα	37

2.7. Τεχνική περιγραφή ξυλολέβητα	38
Κεφάλαιο 3. Αιολική ενεργεία.....	39
3.1.Γενικά	39
3.1.1. Αιολικό δυναμικό	40
3.1.2. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας.....	41
3.1.2. Χρησιμότητα της αιολικής ενέργειας	41
3.1.3. Η ανάγκη της αποθήκευσης ενέργειας.....	41
3.2. Αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό.....	43
3.2.1. Γενικά.....	43
3.2.2. Άμεση σύνδεση της μονάδας αντλησιοταμίευσης με τα αιολικά πάρκα	44
3.2.3. Αποθήκευση σε υδραυλικό ταμιευτήρα.....	46
3.3. Αντλιοσταμειυτήρα στο Καστελλόριζο.....	51
3.3.1. Γενικά.....	51
3.3.2. Επιλογή θέσης	52
3.3.3. Περιγραφή λειτουργίας.....	53
3.3.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας.....	55
Κεφάλαιο 4. Υπολογισμοί	57
4.1. Υπολογισμός βιομάζας	57
4.1.1. Υπολογισμός στεγασμένης επιφάνειας του νησιού	58
4.1.2. Υπολογισμός των αναγκών θέρμανσης.....	59
4.1.3. Υπολογισμός κόστος καυσίμου	60
4.2. Υπολογισμός αντλησηοταμειυτήρα.....	63
4.2.1. Παρουσίαση δεδομένων.....	63
4.2.2. Διαδικασία υπολογισμού-διαστασιολόγηση.....	64
4.2.3. Υπολογισμός διαμέτρου, απωλειών ροής-διαθέσιμων υψών υδατόπτωσης	65
4.2.4. Αποτελέσματα διαστασιολόγηση	68
4.2.5. Υπολογισμός ποσότητας καυσίμου	76
4.2.6. Υπολογισμός ποσότητας καυσίμου μετά την επένδυση των Α.Π.Ε.	77
Παράρτημα.....	79
Συμπεράσματα	92
Βιβλιογραφία	93

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την προμελέτη σκοπιμότητας για την εγκατάσταση υβριδικού συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και αποθήκευσης ενέργειας στο αυτόνομο νησιώτικο σύστημα του Καστελλόριζου.

Στόχος του έργου ήταν να εξεταστεί η απαιτούμενη σύνθεση και διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος, προκειμένου να επιτευχθούν η μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ επί της ετήσιας ζήτησης ενέργειας του νησιού.

Το υβριδικό σύστημα που μελετήθηκε περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες (Α/Γ) και θερμοηλεκτρικά τα οποία θα λειτουργούν ως εφεδρικές μονάδες και αντλησιοταμιευτήρα ως μέσω αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην εργασία παρουσιάζεται η βασική δομή του συστήματος, η φιλοσοφία ελέγχου που προτείνεται και τα κύρια αποτελέσματα από την ενεργειακή μελέτη που εκπονήθηκε.

Ειδικότερα παρουσιάζονται αποτελέσματα και αναλύσεις ευαισθησίας αναφορικά με την επιταχυνόμενη διείσδυση ΑΠΕ για διάφορες συνθέσεις του συστήματος, τον βαθμό αξιοποίησης των επιμέρους μονάδων, καθώς και την επίπτωση στο κόστος λειτουργίας του αυτόνομου νησιωτικού συστήματος.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να απεξαρτηθεί από τα ορυκτά καύσιμα η Νήσος του Καστελλόριζου, να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες κλιματισμού και ηλεκτρισμού, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και να δημιουργηθεί ένα νησί το οποίο θα είναι ενεργειακά αυτόνομο.

Το έργο θα στηριχθεί κυρίως σε: ανεμογεννήτριες (Α/Γ), αναστρέψιμο αντλησιοταμιευτήρα και καυστήρες βιομάζας.

Εισαγωγή

Η αιολική ενέργεια είναι αναμφισβήτη η πηγή ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει στον ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας μας και στη σταδιακή ενεργειακή ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Το πλούσιο αιολικό δυναμικό στα μη διασυνδεδεμένα αυτόνομα νησιά δημιουργεί τις προϋποθέσεις για ενεργειακή ανεξαρτησία. Αυτό που συμβαίνει τώρα, είναι ότι το υψηλό κόστος στα αυτόνομα νησιά επιβαρύνει τη ΔΕΗ και κατ' επέκταση την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε εθνικό επίπεδο.

Σε σχέση με τα αυτόνομα (μη διασυνδεδεμένα) νησιά, η διείσδυση της αιολικής ενέργειας καθορίζεται από τους τεχνικούς περιορισμούς των τοπικών δικτύων. Οι περιορισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τα τεχνικά ελάχιστα των συμβατικών μονάδων και το όριο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας που καθορίζεται από τη νομοθεσία. Για αυτούς ακριβώς τους λόγους και λαμβάνοντας υπόψη πως στο σύστημα που θα μελετήσουμε (Καστελλόριζο) δεν υπάρχει το όφελος της γεωγραφικής διασποράς, που θα είχαμε αν αναφερόμασταν σε ένα πολύ μεγαλύτερο σύστημα, εμφανίζεται έντονα στα αυτόνομα συστήματα το φαινόμενο της περικοπής της αιολικής ισχύος από το διαχειριστή του συστήματος. Η παρουσία υβριδικών συστημάτων στα συστήματα αυτά (συνδυασμός αιολικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση) παρουσιάζεται ως ελκυστική λύση για την αύξηση της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος, με συνακόλουθο την υψηλότερη συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών στην κάλυψη της ζήτησης. Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα που αποτελείται από αιολικό πάρκο, υδροστρόβιλο, αντλιοστάσιο, την άνω και την κάτω δεξαμενή και τις σωληνώσεις, ποικίλουν. Και αυτό ακριβώς μελετάται στην παρούσα εργασία.

Έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις κατά καιρούς για το πως μπορεί και πρέπει να λειτουργήσει καλύτερα ένα τέτοιο σύστημα. Οι απόψεις αυτές διαφέρουν ακριβώς στον τρόπο λειτουργίας, καθώς υπάρχει διαφορετική οπτική για την κάλυψη των αναγκών της ζήτησης και τους σκοπούς του έργου.

Η νήσος του Καστελλόριζου επιλέχθηκε για τη μελέτη ενός μικρού αυτόνομου συστήματος. Για αυτό το σύστημα εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν διαφορετικές φιλοσοφίες λειτουργίας (σενάρια). Με τη χρήση κοινού εργαλείου προσομοίωσης προκύπτουν συγκρίσιμα αποτελέσματα ενδεικτικά για την κάθε περίπτωση.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση αυτών των σεναρίων, όπου βέβαια αυτό είναι δυνατό ` σύγκριση στον τρόπο και τις αρχές λειτουργίας, στη συμμετοχή των συμβατικών πηγών και των ανανεώσιμων πηγών στην κάλυψη της ζήτησης, στη μεταβολή της τιμής της παραγόμενης ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή των σεναρίων, στη διαθεσιμότητα της ενέργειας σε δεδομένες στιγμές, στην παροχή εγγυημένης ισχύος και στο βαθμό αξιοπιστίας.

Οι απόψεις αυτές ακούγονται συχνά και προέρχονται από διαφορετικούς τομείς. Κάθε πρόταση που υπάρχει μέχρι τώρα και κάθε πρόταση που μπορεί να γίνει στο μέλλον είναι ευπρόσδεκτη και δείχνει το ενδιαφέρον που υπάρχει κιόλας στον τομέα των ανανεώσιμων, αλλά αυτό που χρειάζεται τώρα είναι η αποτίμηση, ή η προσπάθεια αποτίμησης τουλάχιστον, των απόψεων με σκοπό να ξεκαθαρίσουν λίγο τα δεδομένα και να μην υπάρχουν απλά απόψεις που τελικά δεν ξέρουμε τη χρηστικότητα έχουν στο εκάστοτε ενεργειακό αυτόνομο σύστημα. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να εξεταστούν αυτά τα σενάρια και να προκύψουν αποτελέσματα και συμπεράσματα που θα συμβάλλουν στη

λήψη αποφάσεων σε σχέση με την ένταξη υβριδικών συστημάτων στα αυτόνομα ελληνικά συστήματα. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι οικονομικά, τεχνικά – και συνακόλουθα - και περιβαλλοντικά. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεχνάμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πλέον και με τη συνθήκη του Κιότο μετατρέπονται σε οικονομική επιβάρυνση. Ίσως τώρα με αυτόν τον τρόπο να νοιαστούμε περισσότερο για το περιβάλλον...

Το Καστελλόριζο ή Μεγίστη όπως είναι επίσημα γνωστό το νησί από τους αρχαίους χρόνους, βρίσκεται στο νοτιοανατολικότερο άκρο της ελληνικής επικράτειας. Η συνολική του έκταση είναι 9,2 τετρ. χλμ. και βρίσκεται 72 μίλια ανατολικά της Ρόδου και μόλις 2 χλμ. από τις τουρκικές ακτές. Είναι ορεινό και βραχώδες νησί και ανήκει στο σύμπλεγμα της Δωδεκανήσου.

Η πρωτεύουσα Καστελλόριζο, που συγκεντρώνει όλους τους κατοίκους του νησιού, αποτελείται από τις συνοικίες Πηγάδια και Χωράφια και συνεχίζει μέχρι το Μανδράκι (μικρό γραφικό λιμάνι). Το Καστελλόριζο είναι αμφιθεατρικά χτισμένο στα ριζά λόφου αγκαλιάζοντας τις τρεις πλαγιές του κόλπου. Η γραφικότητα του τοπίου φτάνοντας στο Καστελλόριζο δύσκολα περιγράφεται. Τα βαμμένα σε εντυπωσιακά χρώματα διώροφα και τριώροφα αρχοντόσπιτα με τις ξύλινες σκάλες και μπαλκόνια, το γραφικό λιμάνι και τα πλακόστρωτα σοκάκια συνθέτουν ένα υπέροχο θέαμα. Όλος ο οικισμός θεωρείται διατηρητέος και προσφέρει στον επισκέπτη την ομορφιά ενός ειδυλλιακού τοπίου και την αίσθηση μιας περασμένης δόξας.



Εικόνα 1, 2 και 3: Απεικονίζει μέρος της αρχιτεκτονικής του νησιού.



Εικόνα 2:



Εικόνα 3:

Κεφάλαιο 1. Ενεργειακή κατάσταση στο σύστημα του Καστελλόριζου

1.1. Παρουσίαση των στοιχείων του συστήματος

Το σύστημα του Καστελλόριζου, ως ένα μη διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό σύστημα στον ελλαδικό χώρο, χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εξάρτηση από το πετρέλαιο και χαμηλό συντελεστή φορτίου. Η έλλειψη νερού και το υψηλό κόστος του (υδροφόρες, λιμνοδεξαμενές) αποτελούν επιπλέον ιδιαιτερότητες, μαζί με τα χαρακτηριστικά της ζήτησης (ζήτηση με έντονες διακυμάνσεις εντός των 24 ωρών και με έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, ζήτηση νερού έντονα αυξημένη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες).

Για τα μη διασυνδεδεμένα συστήματα – όπως και για το Καστελλόριζο – ισχύουν περιορισμοί για τη διεύθυνση της αιολικής ισχύος: διεύθυνση με όριο 30% της αιχμής του προηγούμενου έτους (ΥΑ 8295/95), μεθοδολογία Ρ.Α.Ε. (2003) και προκήρυξη νέου περιθωρίου ισχύος (Ρ.Α.Ε., 2006, 2007), αιτήσεις από μεγάλες εταιρίες για αιολικά πάρκα μεγάλης κλίμακας και διασύνδεση νησιών, σε περίπτωση διασύνδεσης, επιτρεπόμενη αιολική ισχύς ίση ή το πολύ διπλάσια με την αιχμή (ανακοίνωση Ρ.Α.Ε.), σχέδιο ειδικού χωροταξικού πλαισίου για τις Α.Π.Ε., ορίζει μέγιστη πυκνότητα «τυπικών» ανεμογεννητριών ανά km^2 , νέα νομοθεσία για υβριδικά συστήματα (2006).

Η ηλεκτρική παραγωγή στα νησιά χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος. Παρόλα αυτά, για στρατηγικούς λόγους κρίνεται σκόπιμη η εξίσωση της τιμής της κιλοβατώρας στα νησιά με τα τιμολόγια του ηπειρωτικού δικτύου.

Η τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο συγκεκριμένο σύστημα, όπως και στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, πραγματοποιείται με τη λειτουργία αυτόνομων σταθμών παραγωγής. Οι σταθμοί αυτοί, όπως παρουσιάζεται και παρακάτω, χρησιμοποιούν μηχανές Diesel δηλαδή ουσιαστικά η λειτουργία τους στηρίζεται στη λειτουργία μηχανών εσωτερικής καύσης και καταναλώνουν ως καύσιμο πετρέλαιο ντίζελ ή μαζούτ.

Το γεγονός πως στα αυτόνομα νησιά, έτσι και στο σύστημα του Καστελλόριζου, εμφανίζονται μεγάλες διακυμάνσεις των φορτίων, σε συνδυασμό με το μικρό μέγεθος των σταθμών και τις δυσκολίες μεταφοράς των καυσίμων στα νησιά, οδηγεί σε χαμηλό βαθμό απόδοσης των μηχανών ΜΕΚ, αυξημένη κατανάλωση καυσίμου και τελικά πολύ υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Με βάση τα παρακάτω δεδομένα θα αναπτυχθούν και θα εξετασθούν τα διάφορα σενάρια κάλυψης ζήτησης ισχύος και φορτίων αιχμής. Στους δυο παρακάτω πίνακες παρέχονται πληροφορίες για το διάστημα 1980-2001 και σενάρια πρόβλεψης για το διάστημα 2002-2010.

Α. ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ

Έτος	Ολική παραγωγή (MWh)	Καθαρή παραγωγή (MWh)	Συνολική ζήτηση (MWh)	Ετήσια μεταβολή (%)	Σύνθετη μεταβολή (%)	Αιχμή (kW)	Ετήσια μεταβολή (%)	Σύνθετη μεταβολή (%)	Συντελεστής φορτίου νησιού(ων) (%)
1980	190	182	182	0		60	0		34,6
1981	210	199	199	9,3	9,2	64	6,7	11,7	35,5
1982	230	220	220	10,6		80	25,0		31,4
1983	240	225	225	2,3		104	30,0		24,7
1984	277	253	253	12,4		95	-8,7		30,4
1985	311	282	282	11,5		100	5,3		32,2
1986	357	321	321	13,8	11,9	123	23,0	10,5	29,8
1987	370	334	334	4,0		123	0,0		31,0
1988	407	345	345	3,3		115	-6,5		34,2
1989	490	440	440	27,5		140	21,7		35,9
1990	548	488	488	10,9		160	14,3		34,8
1991	597	524	524	7,4	10,2	175	9,4	7,1	34,2
1992	644	599	599	14,3		180	2,9		38,0
1993	678	642	642	7,2		195	8,3		37,6
1994	749	718	718	11,8		200	2,6		41,0
1995	821	791	791	10,2		225	12,5		40,1
1996	908	880	880	11,3	12,7	255	13,3	9,7	39,4
1997	992	966	966	9,8		260	2,0		42,4
1998	1032	1007	1007	4,2		270	3,8		42,6
1999	1239	1203	1203	19,5		320	18,5		42,9
2000	1465	1430	1430	18,9		355	10,9		46,0
2001	1557	1535	1535	7,3		400	12,7		43,8

Πίνακας 1: Στοιχεία ζήτησης ισχύος παράγωγης και φορτίων αιχμής του Καστελλόριζου για το διάστημα (1980-2001). Πηγή (Δ.Ε.Η.).

Β. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Υψηλό σενάριο								
Έτος	Συνολική ζήτηση (MWh)	Ετήσια μεταβολή (%)	Σύνθετη μεταβολή (%)	Αιχμή (kW)	Ετήσια μεταβολή (%)	Σύνθετη μεταβολή (%)	Συντελεστής φορτίου νησιού(ων) (%)	
2002	1733			462			42,9	
2003	1950	11,1	11,1	519	11,0	11,1	42,9	42,9
2004	2194	11,1		585	11,3		42,9	
2005	2470	11,2		658	11,1		42,9	
2006	2780	11,2		741	11,2		42,9	
2007	3128	11,1		833	11,0		42,9	
2008	3521	11,2		938	11,2		42,9	
2009	3962	11,1		1056	11,2		42,9	
2010	4460	11,2			1188		11,1	
Μεσαίο σενάριο								
2002	1694			451			42,9	
2003	1873	9,6	9,0	499	9,6	9,0	42,9	42,9
2004	2064	9,3		550	9,3		42,9	
2005	2272	9,2		605	9,1		42,9	
2006	2496	9,0		665	9,0		42,9	
2007	2740	8,9		730	8,9		42,9	
2008	3005	8,8		801	8,9		42,9	
2009	3296	8,8		878	8,8		42,9	
2010	3614	8,8			963		8,8	
Χαμηλό σενάριο								
2002	1656			441			42,9	
2003	1795	7,7	6,2	478	7,7	6,2	42,9	42,9
2004	1934	7,2		515	7,2		42,9	
2005	2073	6,7		552	6,7		42,9	
2006	2212	6,3		589	6,3		42,9	
2007	2351	5,9		626	5,9		42,9	
2008	2490	5,6		663	5,6		42,9	
2009	2629	5,3		700	5,3		42,9	
2010	2768	5,0			737		5,0	

Πίνακας 2: Στοιχεία πρόβλεψης ζήτησης ισχύος, παράγωγης και φορτίων αιχμής του Καστελλόριζου για το διάστημα (2002-2010). Πηγή (Δ.Ε.Η.).

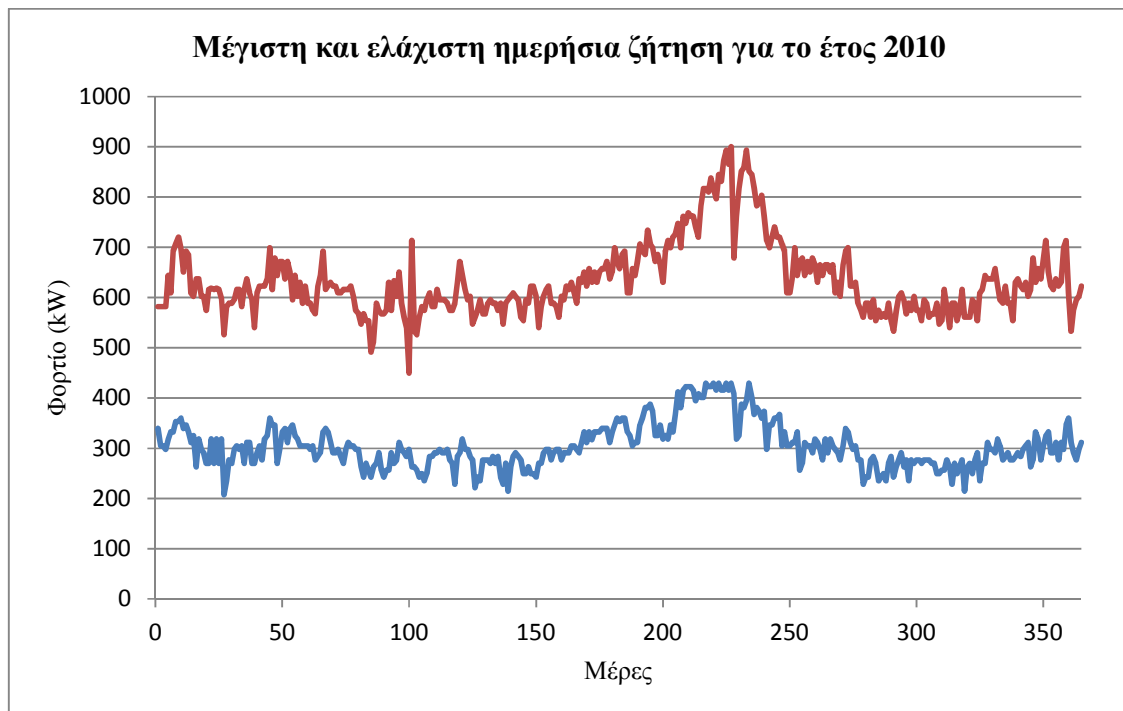
Γ. ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΞΗ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Έτος	Υψηλό σενάριο	Μεσαίο σενάριο	Χαμηλό σενάριο			Υψηλό σενάριο		Μεσαίο σενάριο		Χαμηλό σενάριο	
	Αιχμή ζήτησης			Εγκατε- στημένη ισχύς	Ένταξη νέων μονάδων	Εφεδρεία					
	(kW)			(kW)	(kW)	(kW)	(%)	(kW)	(%)	(kW)	(%)
2002	462	451	441	724	484	262	57	273	60	283	64
2003	519	499	478	724		205	39	225	45	246	51
2004	585	550	515	724		139	24	174	32	209	40
2005	658	605	552	724		66	10	119	20	172	31
2006	741	665	589	1224	500	483	65	559	84	635	108
2007	833	730	626	1224		391	47	494	68	598	95
2008	938	801	663	1224		286	30	423	53	561	85
2009	1056	878	700	1224		168	16	346	39	524	75
2010	1188	963	737	1224		36	3	261	27	487	66

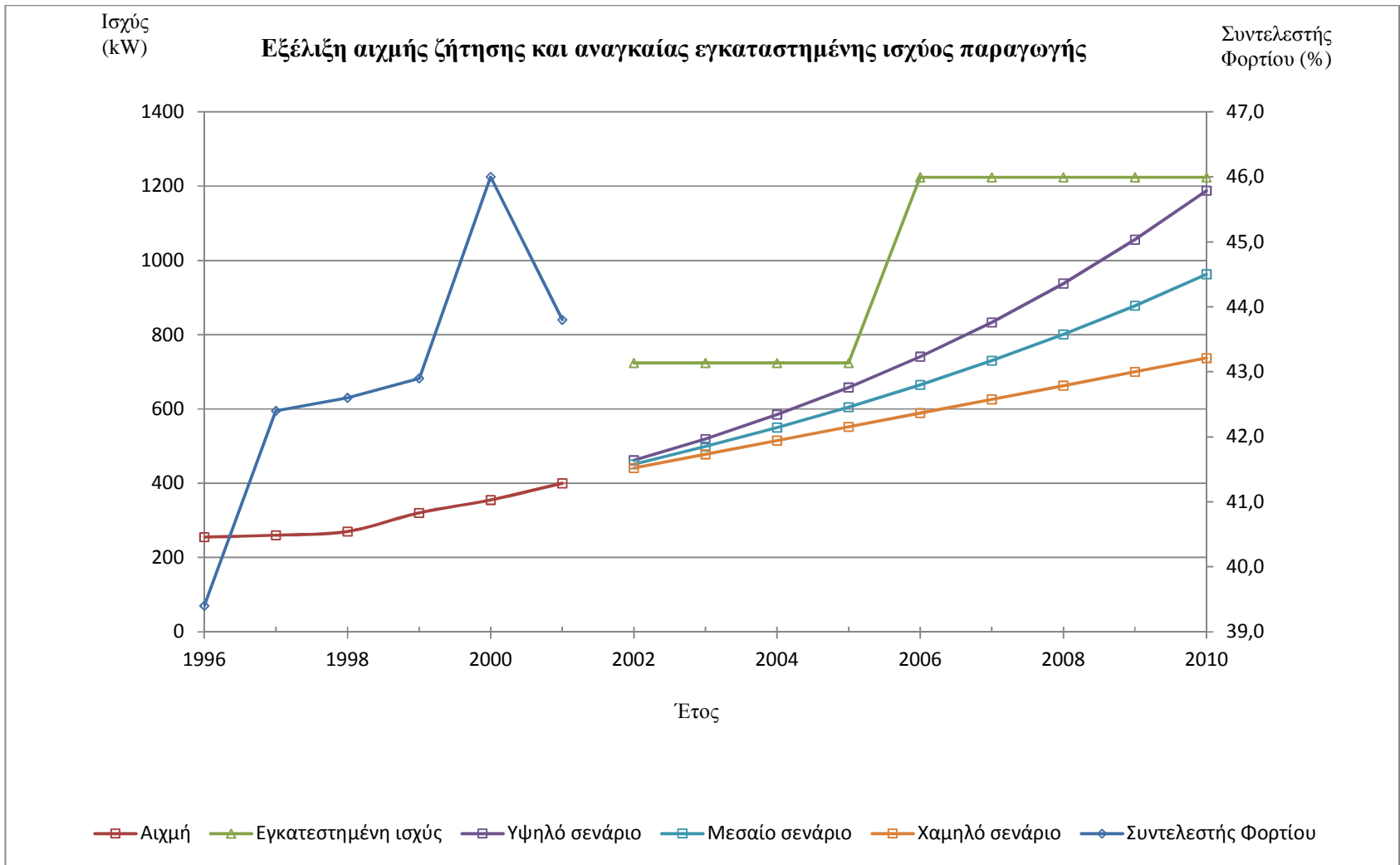
Πίνακας 3: Στοιχεία εφεδρικού συστήματος και ένταξης νέων μονάδων. Πηγή (Δ.Ε.Η.).

1.1.1. Η ηλεκτρική ζήτηση του νησιού

Η ηλεκτρική ζήτηση είναι ίσως το σημαντικότερο στοιχείο για τη διαμόρφωση και την επιλογή των μονάδων και των εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας. Η διερεύνηση των στοιχείων σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των ιδιοτήτων της ζήτησης κάθε συστήματος. Είναι άξιο αναφοράς πως το μέγιστο φορτίο αιχμής εμφανίζεται κάθε χρονιά τους καλοκαιρινούς μήνες Ιουλίου και Αυγούστου και βέβαια είναι φυσικό, αφού στα νησιά γενικά ο πληθυσμός διπλασιάζεται η τριπλασιάζεται ανάλογα με τον αριθμό των επισκεπτών. Η διαμόρφωση των ετήσιων καμπύλων της ζήτησης σκιαγραφεί τις ενεργειακές συνήθειες και τη μετακίνηση του πληθυσμού κατά τη διάρκεια του έτους. Η ζήτηση διαμορφώνεται από τους καταναλωτές που θέτουν σε λειτουργία τα διάφορα φορτία του δικτύου. Σε γενικές γραμμές, η ζήτηση σχετίζεται με τον πληθυσμό του ενεργειακού συστήματος σε κάθε περίοδο του έτους και βασικά με τον πληθυσμό που έχει πρόσβαση σε κάποια ηλεκτρική κατανάλωση. Μερικά νησιά κατά τη διάρκεια του χειμώνα έχουν κάποιους σταθερούς κατοίκους, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι συνεχώς αυξανόμενη η ανάγκη για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Τα νησιά, ελκύουν όλο και περισσότερους τουρίστες το καλοκαίρι, και αποτελούν σταθερούς προορισμούς για τους ταξιδιώτες. Άρα στα μελλοντικά καλοκαίρια προβλέπεται σημαντική αύξηση στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα του Καστελλόριζου, ώσπου βέβαια να υπάρξει κορεσμός στην αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Στο παρακάτω διάγραμμα παρατίθενται οι καμπύλες της μέγιστης και της ελάχιστης παραγωγής και της διάρκειας φορτίου για το έτος 2010.



Διάγραμμα 1: Προσαρμοσμένη μέγιστη και ελάχιστη ημερήσια ζήτηση για το έτος 2010 από το Άγιος Ευστράτιος



Διάγραμμα 2: Εξέλιξη αιχμής ζήτησης και αναγκαίας εγκαταστημένης ισχύος παραγωγής. Πηγή (Δ.Ε.Η.)

1.2. Αναπτυσσόμενες μεθόδους παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Η πρόκληση αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η εύρεση μιας μεθόδου ώστε να απεξαρτηθεί το Καστελλόριζο από τα ορυκτά καύσιμα και να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του αξιοποιώντας τις φυσικές πηγές ενέργειας.

Το Καστελλόριζο λόγω της γεωγραφικής θέσης που βρίσκεται είναι αδύνατον να αποτελεί μέρος του διασυνδεδεμένου δικτύου της Ελλάδος.

Στο Καστελλόριζο δεν έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερη φιλική περιβαλλοντική πολιτική όσο αφορά την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Ο κύριος τρόπος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα θερμοηλεκτρικά.

Οι κατευθύνσεις για την αντιμετώπιση της πρόκλησης αυτής θα επεκταθούν κυρίως σε δυο κατευθύνσεις οι οποίες είναι:

- **Βιομάζα ενεργειακές φυτείες-Ευκαλύπτου**
- **Αιολική ενέργεια με αναστρέψιμο αντλησηοταμιευτήρα**



Εικόνα 4: Καλλιέργειες Ευκαλύπτων (Βιομάζα).



Εικόνα 5: Αιολικό πάρκο 20MW_p στη Λάρακα



Εικόνα 6: Αναστρέψιμο Αντλησηοταμιευτήρα Okinawa

Οι καυστήρες βιομάζας θα χρησιμοποιηθούν κατά την διάρκεια του χειμώνα. Οι οποίες θα χρησιμοποιήσουν ως καύσιμες ύλες Pellets ξύλου και γενικά οποιοδήποτε στερεό καύσιμο υλικό κομμένο σε μικρά κομμάτια όπως πυρηνόξυλο (ελαιοπυρήνας), σπασμένα κουκούτσια βερίκοκου, ροδάκινου κ.α. Η καύσιμη ύλη που θα εξασφαλίζεται από τις καλλιέργειες βιομάζας εφόσον υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, θα χρησιμοποιηθεί για καύσιμο υλικό όπου θα καλείτε να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.

Το αιολικό πάρκο θα έχει το κύριο λόγο στη μελέτη μας αφού το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας θα προέρχεται από αυτό. Ανάλογα με τις συνθήκες και την ποσότητα που θα παράγει το αιολικό πάρκο, θα γίνει και η αντίστοιχη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικότερα για το τρόπο λειτουργίας του αιολικού πάρκου και το ρόλο του.

Αντλησηοταμίευση (Pumped-storage hydroelectricity) είναι η αποθήκευση ενέργειας σε μορφή υδροδυναμικής με την χρήση αντλίας ανύψωσης μιας ποσότητας νερού όταν έχουμε αφθονία παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο.

Περισσότερα στοιχεία όσο αφορά τη λειτουργία τους επιμέρους θα αναφερθούν στα επόμενα κεφαλαία .

Κεφάλαιο 2. Βιομάζα

2.1. Γενικά

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Όλα τα υλικά όπως ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.), που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και ο άνθρακας, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της.

Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

2.1.1. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Η παγκόσμια κίνηση και επιτακτική ανάγκη άμεσης στροφής προς τις ΑΠΕ ενισχύεται από την κίνηση ομάδων πολιτών, οικολογικών και πολιτικών οργανώσεων, και πανεπιστημιακών ιδρυμάτων. Έρευνες αποκαλύπτουν καθημερινά και μια πτυχή της αναγκαιότητας κατάργησης των συμβατικών καυσίμων και της στροφής προς τις ανανεώσιμες πηγές.

- Το σημαντικότερο από τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι φυσικά η ελάχιστη έως μηδενική εκπομπή ρύπων (κυρίως CO₂) που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις συνεπαγόμενες τραγικές κλιματολογικές αλλαγές.
- Ελαχιστοποιείται επίσης η εκπομπή άλλων ρύπων όπως (NO_x, SO_x) οι οποίοι ευθύνονται για πολλές βλάβες στην υγεία και ανάπτυξη του ανθρώπου καθώς και στην τροφική αλυσίδα.
- Μηδενίζεται τέλος η παραγωγή παραπροϊόντων και ρύπων εδάφους και υδάτων που επικάθονται στο έδαφος ή εισχωρούν στους υδροφόρους ορίζοντες, χωρίς να είναι δυνατόν να διασπασθούν βιολογικά πριν το πέρας δεκαετιών, μολύνοντας έτσι αισθητικά και βιολογικά τις ανθρώπινες ομάδες.

Η Ευρώπη έχει χρονικά οριοθετήσει την επίτευξη ενός στόχου: 12% της παραγωγής ενέργειας θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ ως το έτος 2010 ώστε να συμφωνεί με το λεγόμενο «πρωτόκολλο του Κιότο». Αφενός όμως σύμφωνα με τους επιστήμονες-, κάθε άλλο παρά αρκετός είναι αυτός ο στόχος, αλλά αφετέρου και η θέληση μέχρι σήμερα για την επίτευξή του αποδεικνύεται μάλλον μικρή έως ανύπαρκτη. Ο κυριότερος λόγος είναι βέβαια το επίπεδο της έρευνας που έχει επιτευχθεί. Οι προτεινόμενες τεχνολογίες αναπτύσσονται με γραμμικό ρυθμό μικρής κλίσης ενώ η οικονομική τους απόδοση εξαρτάται άμεσα από την αρνητική ψυχολογία των επενδυτών. Από την άλλη είναι πολύ δύσκολο να γίνουν ανταγωνιστικά τα τεχνικά μέσα που υποστηρίζουν την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, διότι άνευ κινήτρων οι πιθανοί επενδυτές συγκλίνουν πάντα προς τις τεχνικά δοκιμασμένες και φτηνές λύσεις των συμβατικών καυσίμων.

2.1.2. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε συγκέντρωση οργανικής ουσίας μέρη, ή απορριπτέα τμήματα ζωντανών ή φυτικών οργανισμών που έχουν τελειώσει τον κύκλο ζωής τους ή τον κύκλο συνεισφοράς τους στην επιβίωση κάποιου οργανισμού. Διακρίνουμε σε φυτικές μορφές βιομάζας (αγροτικά υπολείμματα, τμήματα νεκρών φυτών, δασικά υπολείμματα), οργανικές μορφές (ζωικά απόβλητα, τροφές, οργανικά υγρά), και βιομηχανικές μορφές (όλες οι οργανικές ουσίες που απορρίπτονται μετά τη χρησιμοποίησή τους από τη βιομηχανία, όπως απόβλητα εκκοκκιστηρίων, σπορελαιουργείων, βιομηχανιών διατροφής και ρουχισμού, βιοαέρια κλπ).

Η βιομάζα χρησιμοποιείται εδώ και πάρα πολλά χρόνια από τον άνθρωπο για την παραγωγή ενέργειας. Ιστορία του ανθρώπου ήταν τα ξύλα που χρησιμοποιούσαν για τη φωτιά. Ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον η βιομάζα στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες για την ικανοποίηση των βασικών ανθρώπινων ενεργειακών αναγκών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια στροφή των τεχνολογικά και οικονομικά ανεπτυγμένων χωρών του πλανήτη προς τη αξιοποίηση της βιομάζας με νέες

τεχνολογίες ώστε η ενέργεια να παράγεται με υψηλό βαθμό απόδοσης, με ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τα παραγόμενα ενεργειακά προϊόντα να είναι υψηλής αξίας, όπως ο ηλεκτρισμός. Οι εκτιμήσεις των ερευνητών για τη μελλοντική χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι πολύ αισιόδοξες. Βέβαια, οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση για χρήση της βιομάζας για μια συγκεκριμένη εφαρμογή παραγωγής ενέργειας είναι πολλοί και απαιτούνται ειδικές μεθοδολογίες για τη λήψη απόφασης από τους επενδυτές.

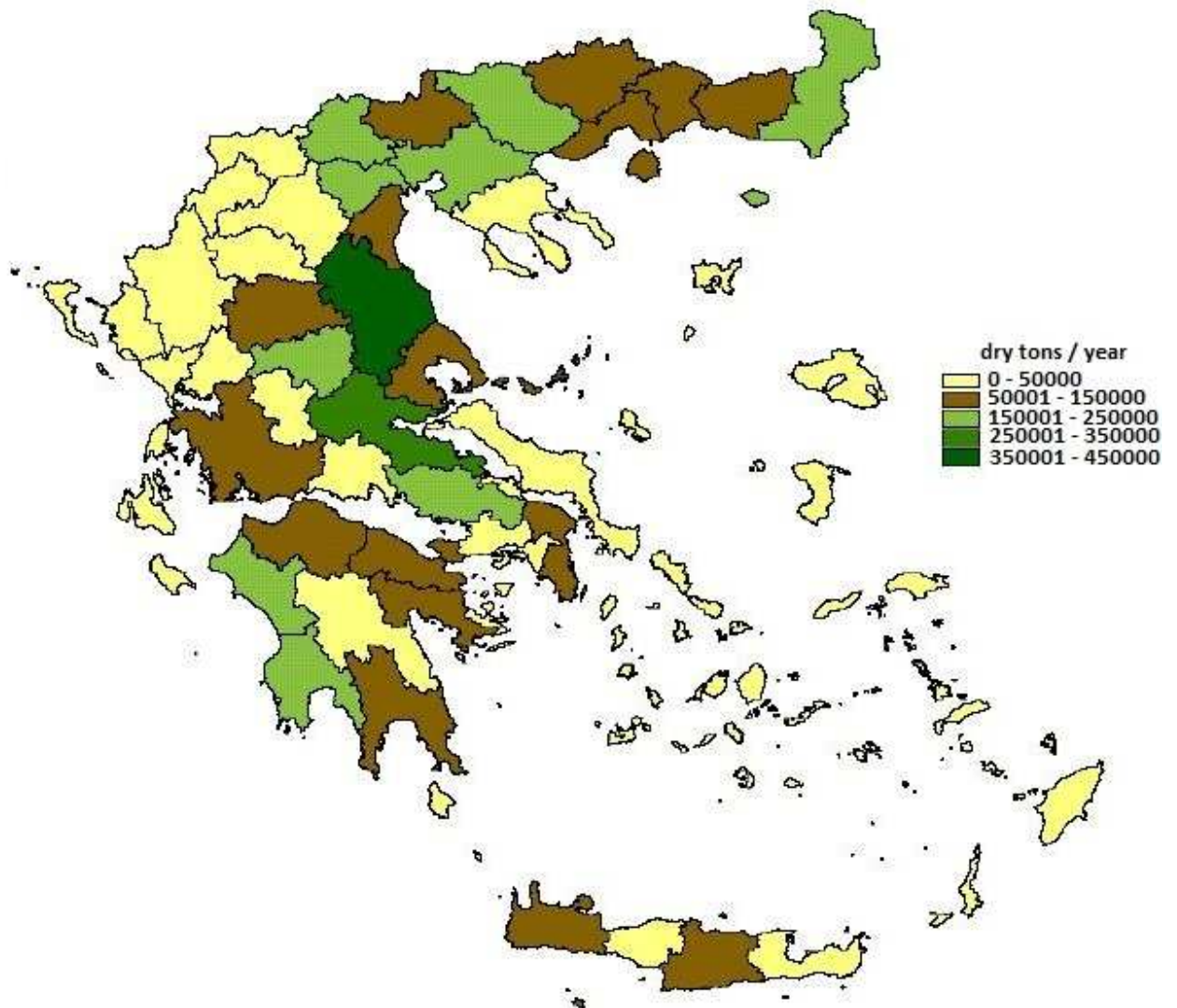
Όσον αφορά την Ελλάδα, η χρήση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας το έτος 1998 αφορούσε το 3,4% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στη χώρα, ποσοστό σημαντικό σε σχέση με το 0,4% των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών (εξαιρουμένων των υδροηλεκτρικών). Η βιομάζα αυτή αφορά καυσόξυλα που καταναλώνονται για οικιακή θέρμανση και όχι για παραγωγή ηλεκτρισμού. Υπάρχουν όμως στη χώρα μας σημαντικές ποσότητες βιομάζας από αγροτικά υπολείμματα, οι οποίες μένουν κατά κύριο λόγο αναξιοποίητες. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι έχουν γίνει ερευνητικές προσπάθειες για διάφορα είδη βιομάζας που απαντώνται στον ελληνικό χώρο.

2.1.3. Η οικονομία της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Όπως είναι αντιληπτό, η βιομάζα σαν μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας θα μπορούσε να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την γενικότερη ενεργειακή πολιτική. Η ενεργειακή προώθηση της βιομάζας θα αποτελούσε ενδιαφέρουσα επενδυτική πρόταση για διάφορους δυνητικούς χρήστες συμπαραγωγής. Τα βιομηχανικά συγκροτήματα έχουν συνήθως ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Η δημιουργία μονάδων συμπαραγωγής επικολημένων σε εργοστάσια που σχετίζονται με την επεξεργασία βιομάζας (π.χ. εκκοκκιστήρια βάμβακος Θεσσαλίας) θα μπορούσε να ωφελήσει πολλαπλά. Μια βελτιστοποιημένη μέθοδος εφοδιαστικής (συλλογής - μεταφοράς - αποθήκευσης) μπορεί να εξασφαλίσει τις απαιτούμενες ποσότητες καύσιμης βιομάζας, ενώ η μετέπειτα οργανωμένη προώθησή της στη παραγωγή ενέργειας θα έδινε την δυνατότητα απεξάρτησης από τη ΔΕΗ και την σημαντικότερη οικονομία στην κατανάλωση ρεύματος. Με την εφαρμογή μάλιστα των τεχνολογιών συμπαραγωγής, όχι μόνο η κατανάλωση θα ήταν μικρότερη, αλλά και ο τελικός ισολογισμός αγοράς-πώλησης ρεύματος στη ΔΕΗ μπορεί να βαίνει εις όφελος των επενδυτών, ενώ ταυτόχρονα η ΔΕΗ κάνει οικονομία σε σημαντικότερες ποσότητες παρεχόμενου ρεύματος. Ένας πρόχειρος υπολογισμός δίνει τα ακόλουθα: Με εκμετάλλευση μόνο του 25% (150000 tn) της ετήσιας παραγόμενης βιομάζας βάμβακος στην περιοχή της Καρδίτσας (600000 tn.) έχουμε παραγωγή ενέργειας περίπου ίσης με: $(150.000.000\text{kg}) \times (15.000\text{kJ/kg}) = 2.250.000.000.000 \text{ kJ/έτος}$ ή $2.250.000\text{GJ}$. Λαμβάνοντας υπ' όψη το συνήθη τελικό βαθμό ηλεκτρικής απόδοσης των μονάδων συμπαραγωγής (~30%) έχουμε τελικά: $(2.250.000\text{GJ}) \times (30\%) / 3600 = 187,5 \text{ GWh}$ ολική παραγόμενη ενέργεια ετησίως δηλαδή ένα σημαντικότατο ποσό. Αν πολλαπλασιάσουμε την τιμή αυτή με περίπου 0,08 € ανά KWh (τιμή καταναλωτή) βρίσκουμε ένα αξιόλογο ποσό οικονομικού οφέλους από το έργο: $0,08 \times 106 \times 187,5 = 15 \text{ εκ. €}$ ετησίως. Βλέπουμε λοιπόν πως τα οφέλη που θα μπορούσαν να προέλθουν από την εκμετάλλευση της βιομάζας είναι πολλαπλά και μάλιστα στρατηγικής σημασίας.

Ξεχωριστός τύπος βιομάζας με σημαντική θερμογόνο ικανότητα είναι η βιομάζα αγροτικής και δασικής προέλευσης. Στην Ευρώπη ο συντονισμός των ερευνών με αυτό το αντικείμενο γίνονταν από το κοινοτικό πρόγραμμα JOULE-THERMIE καθώς και το JOULE-III (τώρα ENERGY). Τα βασικά αντικείμενα της ενεργειακής εκμετάλλευσης της βιομάζας που απασχόλησαν τα τελευταία χρόνια ήταν:

- Μέθοδοι χημικής μετατροπής της βιομάζας σε καύσιμη ύλη,
- Μέθοδοι πυρόλυσης και διάσπασης της βιομάζας,
- Κατασκευή πρωτότυπων καυστήρων και θερμο-εναλλακτών για καύση βιομάζας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- Εξέλιξη καυστήρων και στροβίλων για οικονομική εκμετάλλευση ενέργειας προερχόμενης από βιομάζα.
- Επιλογές για υψηλής απόδοσης μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια. Εξελιγμένοι καυστήρες, φίλτρα και προστασία του περιβάλλοντος κατά την καύση δασικής και ζωικής βιομάζας.



Εικόνα 7: Γεωγραφική απεικόνιση Παράγωγης χλωρής βιομάζας από γεωργικά υπολείμματα.

- Αφορούν κυρίως άχυρο σιτηρών, υπολείμματα βαμβακοκαλλιέργειας, κλαδοδέματα, ελαιοπυρήνα, πυρηνόξυλο
- Θεωρητικό δυναμικό: ~ 8.7 εκ. τόνοι ξηρής ουσίας / χρόνο
- Θεωρητικά διαθέσιμο δυναμικό: ~ 3.5 εκ. τόνοι ξηρής ουσίας / χρόνο
- Ενεργειακό δυναμικό ~ 99 PJ / χρόνο = $27,5 \cdot 10^6$ MWh / χρόνο

ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ

Χώρα	Κατά κεφαλή κατανάλωση βιομάζας (TN ισοδύναμου ξύλου)	Βιομάζα σαν % της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας
Βραζιλία	0.79	33
Κόστα Ρίκα	0.79	43
Γουατεμάλα	0.87	72
Τζαμάικα	0.26	11
Μεξικό	0.34	9
Νικαράγουα	0.93	61
Γουιάνα	1.44	55
Ουρουγουάη	0.51	28
Μποτσουάνα	1.72	74
Αίγυπτος	0.52	28
Γκάνα	0.46	63
Κένυα	1.32	86
Αγ. Μαυρίκιος	0.96	46
Μοζαμβίκη	1.06	94
Νιγηρία	1.55	82
Ρουάντα	1.60	97
Σιέρρα Λεόνε	0.64	82
Σουδάν	2.61	95
Τανζανία	2.84	97
Ζαμπία	0.94	63
Ζιμπάμπουε	1.15	43
Ινδία	0.75	57
Ινδονησία	1.08	66
Πακιστάν	0.86	60
Ταϊλάνδη	1.61	21
Φιλιππίνες	1.05	66
Νησιά Φίτζι	1.25	62
Μπαγκλαντές	1.02	88
Κίνα	0.59	28
Κολομβία	1.22	42
Αιθιοπία	0.80	94
Νεπάλ	0.71	97
Περού	1.00	46
Ζαΐρ	0.79	86

Πίνακας 4: Στοιχεία χρήσης βιομάζας σε διαφορές αναπτυσσόμενες χώρες Πηγή (3)

2.1.4. Χρήση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας

Η παλαιότερη χρήση της βιομάζας είναι η καύση. Επιτυγχάνεται παρουσία αέρα σε θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 1000-1500°C και παρέχει θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μεγάλες ποσότητες βιομάζας χρησιμοποιούνται σήμερα με καύση κυρίως για παραγωγή θερμότητας, αλλά σαν διεργασία έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης, συνήθως κάτω του 40%.

Τα παραδοσιακά τζάκια έχουν βαθμό απόδοσης, που κυμαίνεται μεταξύ 10-20%, ενώ μερικές σύγχρονες κατασκευές τζακιών επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 60-80%.

2.1.5. Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων με τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η καύση ξύλων σε σόμπες είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα σε αγροτικά σπίτια, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιομάζας, κυρίως από το κόψιμο δένδρων και κυρίως ελιάς.

Πολλά σπίτια χρησιμοποιούν για θέρμανση τζάκια με την καύση ξύλων. Ενώ τα παλαιότερα τζάκια είχαν χαμηλούς βαθμούς απόδοσης, σήμερα τα σύγχρονα τζάκια έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση ολόκληρης της κατοικίας.

Αρκετά διαδεδομένα είναι επίσης σήμερα τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλων ή πυρηνόξυλου. Αυτά χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική λύση των συστημάτων θέρμανσης με καυστήρα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Ο καυστήρας τους είναι διαφορετικός από εκείνο του πετρελαίου και αποτελείται από έναν έλικα, που μεταφέρει το πυρηνόξυλο από το σιλό στην εστία καύσης, ενώ ένας ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για την παροχή αέρα, που υποβοηθεί την καύση. Στην περίπτωση αυτή ο ιδιοκτήτης αγοράζει το πυρηνόξυλο σε σακιά από ένα πυρηνελαιουργείο και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γεμίζει το σιλό του καυστήρα. Επειδή το πυρηνόξυλο είναι διαβρωτικό, λόγω του ότι περιέχει υπολείμματα οξέων, θα πρέπει το σύστημα καύσης να κατασκευάζεται από ανθεκτικά υλικά. Το κόστος του καυστήρα για χρήση πυρηνόξυλου είναι ελαφρά μεγαλύτερο από εκείνο του πετρελαίου (μαζούτ ή ντίζελ) ή του υγραερίου. Όμως, το κόστος του πυρηνόξυλου σε σχέση με την ενεργειακή του αξία είναι χαμηλότερο από του πετρελαίου ή του υγραερίου.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός, ότι ο καυστήρας του πυρηνόξυλου μετά το τέλος της χρήσης του διατηρεί μία μικρή εστία φωτιάς για χρονικό διάστημα 2-3 ημερών.

Εάν χρησιμοποιηθεί ξανά στο χρονικό αυτό διάστημα, η ανάφλεξη του πυρηνόξυλου γίνεται αμέσως, ενώ όταν χρησιμοποιηθεί μετά την παρέλευση του χρονικού διαστήματος των 2-3 ημερών, όταν η εστία φωτιάς θα έχει σβήσει, θα πρέπει ο χρήστης του καυστήρα να προκαλέσει μία ανάφλεξη (π.χ. λίγο βαμβάκι με οινόπνευμα αναμμένο).

Η ενεργειακή αξία του ξύλου και του πυρηνόξυλου είναι περίπου 3500 kcal/kg, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο του πετρελαίου, ενώ η τιμή του πυρηνόξυλου είναι περίπου το ένα τέταρτο της τιμής του ντιζέλ (0.19 €/kg το πυρηνόξυλο έναντι των 0,92 €/lt του ντιζέλ).

Για τη θέρμανση μιας κατοικίας με πυρηνόξυλο με ανάγκες 15.000 KCAL/ώρα και εφόσον ο βαθμός απόδοσης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 70%, απαιτούνται περίπου 6 χλγ/ώρα πυρηνόξυλου αξίας 1,14€.

Εφόσον στην ίδια κατοικία χρησιμοποιηθεί ντίζελ και ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης είναι 80%, απαιτούνται περίπου 2,13 lt/ώρα ντίζελ αξίας 1,96 €.

Επομένως, είναι αρκετά συμφέρουσα η θέρμανση κτιρίων με πυρηνόξυλο αντί του ντίζελ, τουλάχιστον με τις σημερινές τιμές των καυσίμων αυτών.

Για θέρμανση επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα είδη βιομάζας, όπως δασικά υπολείμματα, γεωργικά υπολείμματα, υπολείμματα ξυλουργείων κλπ.

2.2. Ενεργειακές φυτείες ευκαλύπτων

2.2.1. Γενικά

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά την συγκομιδή. τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί (Metro 1969, Πανέτσος 1975, Μαντζίρης 1980, Dalianis et al.,1996), φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος ή ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει: μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου ταχυνυξία εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή οποιαδήποτε εποχή του έτους, και μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξη τους συνεχίζονταν καθ' όλη την διάρκεια του έτους (Dalianis and Djouras, 1997).

Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτροπών 64 τόνους/στρέμμα/έτος και 28 τόνους/στρέμμα/έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά την συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1000 και 2000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 τόνων/στρέμμα/έτος. Όσον αφορά στις επεμβάσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΙΠ/στρέμμα/έτος.



Εικόνα 8: Φυτείες ευκαλύπτων

2.2.2.Ο ρόλος της φυτείας στο Καστελλόριζο

Το συγκεκριμένο έργο στοχεύει στη κάλυψη των αναγκών θέρμανσης κατά την διάρκεια του χειμώνα στους λιγοστούς κατοίκους του Καστελλόριζου. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι πολύ απλό. Καλούμαστε να καλλιεργήσουμε ευκάλυπτο για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη υλη για να ζεσταίνει τα σπίτια το χειμώνα .Ο κυρίως λόγος που επιλέχτηκε αυτό το είδους καλλιέργειας είναι ο εξαιρετικός γρήγορος τρόπος ανάπτυξης του και η λιγιστές απαιτήσεις που έχει για να καλλιεργηθεί. Πράγμα που το καθίστα να είναι φθηνή ως καλλιέργεια .

Ο ευκάλυπτος είναι είδος που έχει συχνές ανάγκες για νερό και πολύ λογικά θα αναρωτιόταν κάποιος από πού θα προέρθει αυτή η ποσότητα; Την λύση του προβλήματος θα καλείτε να δώσουν τα λύματα του νησιού συλλέγοντάς τα από το βιολογικό τους η από τα σπίτια τους και μεταφέροντας τα στη καλλιέργεια με βυτιοφόρο όχημα.

2.3. Pellets από ξύλο ένα ελκυστικό και συνάμα υποσχόμενο βιοκαύσιμο

2.3.1. Γενικά

Παρόλο που η βιομάζα είναι μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, δεν αποτελεί πολύ καλό καύσιμο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το περισσότερο από το 70% του όγκου της είναι συνήθως αέρας και νεκρός όγκος. Αυτή η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, δυσχεραίνει τόσο τη συλλογή όσο τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση της.

Για τη βελτίωση του ενεργειακού περιεχόμενου ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, χρησιμοποιείται στις μέρες μας η μέθοδος της μηχανικής αύξησης της πυκνότητάς της (Densification). Η αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας είναι μια νέα διαδικασία κατά τη οποία με τη χρήση υψηλών πιέσεων συμπιέζεται η βιομάζα σε μικρά συσσωματώματα κοινώς pellets (χρησιμοποιώντας συνεχούς τροφοδοσίας μηχανήματα), σε μπάλες (χρησιμοποιώντας μηχανές δεσίματος τριφυλλιού) καθώς και σε μεγαλύτερα συσσωματώματα μπρικέτες βιομάζας.

Η ιστορία της θέρμανσης με συσσωματώματα ξύλου ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 80 στις ΗΠΑ και τον Καναδά ,και εξαπλώθηκε από τη δεκαετία του 90 συνεχώς αυξανόμενη στη Σκανδιναβία .Από το 2000 τα πέλλετς (pellets) ξύλου κατακτούν όλο και περισσότερο καταναλωτές στην κεντρική Ευρώπη .Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Γαλλία κτλ. Πρόκειται για μια μορφή βιοκαυσίμων με ευρεία διαδομένη χρήση και πλήθος εφαρμογών, που αποτελούνται από συσσωματώματα βιομάζας ξυλώδους μορφής. Για την παραγωγή τους ως πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου, τα δασικά υπολείμματα αλλά και γεωργικά υπολείμματα τα οποία αποξυλώνονται. Τα συσσωματώματα είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο με προδιαγραφές ποιότητας ,για την παρασκευή του οποίου δεν χρησιμοποιούνται κόλλες ή χημικά πρόσθετα-μόνο υψηλή πίεση και ατμός, γεγονός που τα καθιστά απόλυτα φιλικά προς το περιβάλλον. Το σχηματιζόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή συνοχή ,χαμηλό ποσοστό υγρασίας (λιγότερο από 10%)και μεγάλη πυκνότητα (>650kg/m³) γεγονός που επιτρέπει την καύση του και την υψηλή θερμαντική του απόδοση ,θερμική ενέργεια **1 kg Pellets = 0.5 lit Πετρ.**



Εικόνα 9: Μια μορφή βιομάζας: pellet (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.

Τι είναι τα pellet;

Τα pellet (συσσωματώματα) είναι ένα καύσιμο αποτελούμενο από ξύλο, απαλλαγμένο από κάθε υγρασία, συμπιεσμένο σε μικρούς κυλίνδρους χωρίς καμιά προστιθέμενη συγκολλητική ουσία. Η θερμιδική απόδοση των pellet ανέρχεται στα 4200 kcal/kg.

Πως είναι;

Τα pellet είναι μικροί κύλινδροι διαμέτρου 6-8 χιλ. με μήκος περίπου 30 χιλ. και χρώμα εξαρτώμενο από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τους.

Τι σημαίνουν για το περιβάλλον;

Τα pellets είναι στερεά καύσιμα που παράγονται με μηχανική επεξεργασία βιομάζας. Με λίγα λόγια, χωρίς την παραμικρή προσθήκη χημικών ουσιών, αξιοποιούνται φυτικής προέλευσης υλικά που κατά την καύση τους απελευθερώνουν ουσιαστικά όσο διοξείδιο του άνθρακα έχουν απορροφήσει κατά την διάρκεια της ζωής τους με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Τι σημαίνουν για την οικονομία μας;

Σε εθνικό επίπεδο η παραγωγή καύσιμης ύλης από εγχώριες πρώτες ύλες σημαίνει ανάλογη μείωση των εισαγωγών καυσίμων. Στην περίπτωση των pellet η καλλιέργεια των φυτών τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες, μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση του αγροτικού εισοδήματος και σταδιακά να αποτελέσει μια διέξοδο στη διαρκώς επιβαρυνόμενη κατάσταση της Ελληνικής Γεωργίας.

Πως χρησιμοποιούνται για θέρμανση;

Λόγω της κυλινδρικής φόρμας, της στιλπνής επιφάνειας και του μικρού μεγέθους, τα πέλλετ συμπεριφέρονται όπως ένα υγρό, διευκολύνοντας την μεταφορά τους και την αυτόματη τροφοδοσία του λέβητα ή της σόμπας pellet.

Η τροφοδοσία της εγκατάστασης μπορεί να γίνει είτε με συσκευασίες σάκων 15 κιλών είτε με μεγάλες συσκευασίες 500-1000 kg. Η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και η ευκολία της χρήσης καθιστούν αυτό το φυτικό και περιβαλλοντικά ασφαλές καύσιμο, ενδεικνυόμενο για χρήση σε κάθε μεγέθους αυτόματα συστήματα θέρμανσης.

Πλεονεκτήματα των pellets

1. Πρακτικό αφού μεταφέρεται συσκευασμένο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυτόματο δοσομετρητή για τροφοδοσία της φωτιάς.
2. Τυποποιημένο καθώς έχουν αναπτυχθεί τεχνικές προδιαγραφές για την μέγιστη απόδοση τους (πυκνότητα >650 kg/m³, υγρασία <10%, τέφρα 1% Και μπορεί να αποθηκευτεί οπουδήποτε χωρίς να αλλοιώνεται. Δεδομένου ότι προστατεύεται από τη συσκευασία του.
3. Αποδοτικό υπολογίζεται ότι ένα κιλό pellets ισοδυναμεί με 5 kWh.
4. Οικολογικό για την δημιουργία των πέλλετς δεν απαιτείται να κοπούν δέντρα γιατί παράγεται από απορριφθείσα η ανακυκλώσιμη ξυλεία και η τέλεια καύση του εκμηδενίζει την ποσότητα της παραχθείσας τέφρας.
5. Φθινό τα pellets είναι φθηνότερα από το πετρέλαιο και την ηλεκτρική ενέργεια και παρουσιάζουν μια σταθερότερη πορεία μεταβολής τιμών Βάση ερευνών που

έχουν γίνει διεθνώς ,2 κιλά pellets ισοδυναμούν περίπου με 1 λίτρο πετρελαίου Είναι ξεκάθαρα ότι ο καταναλωτής που θα επιλέξει τη θέρμανση με πελλετς ,θα έχει κόστος θέρμανσης περί τα 0,4 ευρώ (40 λεπτά)ανά λίτρο ισοδύναμο πετρελαίου. Η θέρμανση, λοιπόν με στερεό καύσιμο παρέχει μείωση του κόστους θέρμανσης περίπου κατά 40 με 50% σε σχέση με το πετρέλαιο θέρμανσης.

2.3.2. Περιβαλλοντική θεώρηση χρήσης των pellets

Η καύση του συμπιεσμένου καυσόξυλου με ειδικούς λέβητες και συστήματα θέρμανσης, έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλή περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ διότι η εκλυόμενη ποσότητα του CO₂ είναι ίση με την ποσότητα που έχει απορροφήσει το αντίστοιχο δέντρο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Επίσης, με την εξέλιξη της τεχνολογίας των καυστήρων συμπιεσμένων καυσόξυλων τα τελευταία χρόνια, η έκλυση επιμέρους καυσαερίων, όπως τα οξείδια του αζώτου βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, καθιστώντας την χρήση τους, για λόγους θέρμανσης, την περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον και την ατμόσφαιρα λύση. Κάποια προβλήματα που ίσως μπορεί να δημιουργηθούν λόγω της μεγάλης συγκεντρώσεως καυστήρων, στις αστικές κυρίως περιοχές, μπορούν εύκολα να επιλυθούν με τη χρήση ειδικών φίλτρων.

Τα περιβαλλοντικά – οικολογικά πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτής της μορφής των βιοκαυσίμων επικεντρώνονται στα εξής:

- Είναι φυσικά καύσιμα. Έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν τη μορφή τους εξαιτίας της ύπαρξης λιγνίνης, χωρίς να απαιτείται η χρήση συγκολλητικών ουσιών που κατά την καύση μπορεί να εκλύει ποσότητες καυσαερίων.
- Χαμηλή έκλυση καυσαερίων λόγω της εύκολα ελεγχόμενης καύσης τους και της χαμηλής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία.
- Προτιμάται η καύση του για θέρμανση κατοικιών παρά η κατανάλωσή τους σε μεγάλη κλίμακα, όπως μπορεί να γίνει με άλλες μορφές βιοκαυσίμων.
- Έχουμε παραγωγή ενέργειας από υπολείμματα με αποτέλεσμα τον εξορθολογισμό της διαχείρισής τους, κυρίως των υπολειμμάτων οργανικών διαδικασιών, όπως για παράδειγμα φυτικά ή ζωικά υπολείμματα.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε κιλοβατόρα ενέργειας που παράγεται από μη συμβατικά καύσιμα, όπως τα μορφοποιημένα δευτερογενή καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,12 κιλών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μίγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κλπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

2.3.3. Pellets - Βιομάζα: Το αντίπαλο δέος στο πετρέλαιο

Παρότι η Βιομάζα κατέχει την πρώτη θέση ανάμεσα στις ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27, με ποσοστό άνω του 50%, στην Ελλάδα εξαιτίας των αντικινήτρων και της αδιαφορίας της Πολιτείας βρίσκεται στην τελευταία! Ο λόγος που τα προηγμένα κράτη επέλεξαν τη βιομάζα για κορωνίδα των ΑΠΕ, είναι το γεγονός ότι δημιουργεί αναμφισβήτητα τις περισσότερες μόνιμες θέσεις εργασίας σε παραγωγή και εφοδιαστική αλυσίδα. Και φυσικά είναι η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που αποτελεί το πλέον ισχυρό αντίπαλο δέος στο πετρέλαιο.

Τα βασικότερα αντικίνητρα στη χώρα μας για τη βιομάζα είναι:

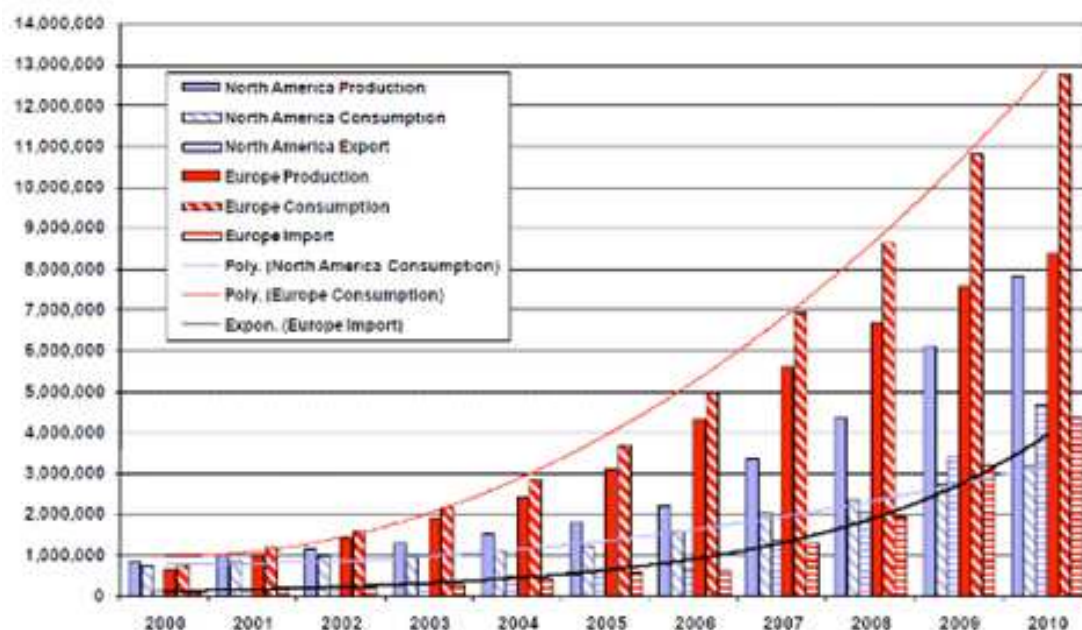
- Απαγόρευση λέβητα pellets σε Αττική, Σαλαμίνα και Ν. Θεσ/νίκης (τα μοναδικά σημεία στον κόσμο με ολική απαγόρευση ΑΠΕ).
- Υψηλό ΦΠΑ 21% στα Εγχώρια pellets, ενώ για το ανταγωνιστικό εισαγόμενο Φυσικό Αέριο ΦΠΑ 10%!!! (κατά τα άλλα.. υποστηρίζουμε τις ΑΠΕ).
- Ανυπαρξία κινήτρων αγοράς λέβητα – σόμπας βιομάζας, σε αντίθεση με τις περισσότερες χώρες της ΕΕ-27 (ακόμα και στην Κύπρο που στερείται εργοστασίων παραγωγής pellets και εργοστασίων λεβήτων βιομάζας. Σχετικά κονδύλια ΕΣΠΑ προοριζόμενα για ΑΠΕ & ΕΞΕ στην χώρα μας, εδόθησαν σε αγορά πανάκριβων εισαγόμενων κλιματιστικών).
- Ανυπαρξία ενημέρωσης κοινού και Υπηρεσιών για τους λέβητες βιομάζας. Αποτέλεσμα τούτου είναι να έχουμε συχνά φαινόμενα διώξεων και μη αδειοδοτήσεων Νομαρχιών σε εργοστάσια και οικίες που έχουν εγκαταστήσει λέβητες pellets.
- Ανυπαρξία ελέγχων στην αλόγιστη καύση χιλιάδων τόνων αγροτικών υπολειμμάτων. (κλαδοδέματα, στελέχη καλαμποκιού- βαμβακιού κλπ.).

Έτσι σήμερα (υπο) λειτουργούν 5 εργοστάσια παραγωγής pellets στην χώρα, με κύριο ενδιαφέρον την εξαγωγή προς Ευρωπαϊκές χώρες και κυρίως την Ιταλία. Το συνεχόμενο αυξανόμενο όμως μεταφορικό κόστος και η δυναμική είσοδος πρώην Γιουγκοσλαβικών και Σοβιετικών Δημοκρατιών στον χώρο, δεν δίνουν περιθώρια και ελπίδες για βιωσιμότητα στο μέλλον.

Παράλληλα βρίσκονται σε στάδια ανέγερσης και αποπεράτωσης άλλα 3 εργοστάσια, ενώ υπήρξε ενδιαφέρον από πολλούς υποψήφιους επενδυτές για αξιοποίηση των ξυλουργικών υπολειμμάτων στην περιοχή τους

Όμως και ο κλάδος των λεβητοποιών βιομάζας ευρίσκεται εν αναμονή άρσης των αντικινήτρων. Η Ελλάδα, με παράδοση στην καύση ελαιοπυρήνα, ήταν από τις πρώτες χώρες που ανέπτυξε σοβαρή λεβητοποιία στερεών καυσίμων. Ήδη έχουν προσαρμόσει την εστία καύσης και την φιλοσοφία των λεβήτων ελαιοπυρήνα, σε λέβητα pellets. Την περίοδο που εδόθησαν κίνητρα στην Κύπρο ανέπτυξαν σημαντική δραστηριότητα. Ενδεχόμενη ύπαρξη κινήτρων και στην χώρα μας θα επιφέρει ιδιαίτερη ανάπτυξη και στον κλάδο αυτό.

Ο κλάδος στην Ευρώπη και στον κόσμο:



Διάγραμμα 3: Το παραπάνω διάγραμμα αντικατοπτρίζει εύγλωττα την αλματώδη ανάπτυξη.

Στην Αυστρία οι 8 στους 10 νέους λέβητες που τοποθετούνται είναι λέβητες pellets. Η Γερμανία έκλεισε το 2009 με 102.000 λέβητες εν λειτουργία και με περισσότερες από 200.000 σόμπες. Στην Ιταλία που κυριαρχεί η σόμπα pellets, έχουν τεθεί σε λειτουργία περισσότερο από 1 εκατ. τεμάχια. Στην Ελλάδα των αντικινήτρων έχουν πωληθεί μόνο 800!!!

Η κατανάλωση των 13 εκατ. τόνων pellets στην Ευρώπη, σημαίνει ανεξάρτηση από 6,5 εκατ. τόνους πετρέλαιο.

Σημαντική συμμετοχή σε στόχο Κιότο και επί μέρους στόχων 2010 και 2020 για αέρια θερμοκηπίου. Με αξιοποίηση υπολειμμάτων!!! Με εγχώριο καύσιμο από εγχώρια εργατικά χέρια !!!

Ο ορισμός της «ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ». Γιατί ΑΝΑΠΤΥΞΗ χωρίς δημιουργία μόνιμων θέσεων εργασίας δεν νοείται.

2.3.4. Πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου

Η υψηλή θερμογόνος Δύναμη (kJ/kg , Btu/lb) είναι η πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας του καυσίμου. Παρόλα αυτά, για τη βιομάζα πιο σημαντική είναι η θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα όγκου (kJ/liter, MJ/m³, Btu/ft³). Επειδή η βιομάζα κατά πλειοψηφία έχει χαμηλό βάρος η μάζα της δεν είναι τόσο σημαντικός παράγοντας κατά τη συλλογή, τη μετακίνηση, την αποθήκευση και τη χρήση .

Καύσιμο	Πυκνότητα (kg/liter)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/liter)
Μαλακό ξύλο (κομματάκια)	0,19	20	3,8
Πέλλετ πριονιδιού 1/4"	0,68	20	13,6
Πέλλετ 3/8" από κέλυφος φιστικιού	0,65	19,8	12,9
Καλαμπόκι	0,76	19,1	14,5
Σόγια	0,77	21	16,2
Κέλυφος καρύδα (σε κομμάτια της 1/4")	0,54	20,5	11,1
Άνθρακας ασφαλτούχος	1,1	32,5	35,7
Βιοντίτζελ	0,89	41,2	36,7
Ντίτζελ	0,88	45,7	40,2

Πίνακας 5: Πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου

2.4. Καύση της βιομάζας

2.4.1. Γενικά

Η άμεση καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπρικέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας.

Οι περισσότερες μορφές βιομάζας συνίστανται από τρεις σύνθετες χημικές ενώσεις :

- **κυτταρίνες**
- **ημικυτταρίνες και**
- **λιγνίνες**

Περιέχουν επίσης νερό, μικρές ποσότητες ρητινών και άλατα. Η τυπική σύνθεση της βιομάζας είναι :

- **50% άνθρακας**
- **43% οξυγόνο**
- **6% υδρογόνο**

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η φωτιά απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει δηλαδή καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της φωτιάς γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων. Η θερμότητα που παράγεται κατά τη καύση της βιομάζας διαδίδεται με τρεις τρόπους και μηχανισμούς (με αγωγιμότητα, με ακτινοβολία και με μεταφορά).

Η καύση του ξύλου έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Το ξύλο καίγεται σε δύο φάσεις καταρχάς παράγονται πτητικά αέρια που καίγονται, δημιουργώντας το κάρβουνο που καίγεται στη συνέχεια.
2. Οξυγόνο θα πρέπει να μεταφερθεί από το περιβάλλον στη ζώνη καύσης
3. Το μέγεθος, η πυκνότητα και η τοποθέτηση του ξύλου στην εστία της φωτιάς επηρεάζουν τη ταχύτητα και τη πληρότητα της καύσης.

Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μπορούν να ελαχιστοποιηθούν κατά τη καύση της βιομάζας, εφόσον η εστία καύσης περικλείεται σε κάποια τοιχώματα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας με μεταφορά. Ταυτόχρονα τα τοιχώματα θα πρέπει να απορροφούν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, μέρος της οποίας θα πρέπει να ακτινοβολούν πάλι.

Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας.

Σήμερα υπάρχουν σόμπες και τζάκια που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης από 20% έως 80%, ανάλογα με το βαθμό που εξοικονομούν θερμότητα.

Η τυπική χημική αντίδραση κατά τη καύση της βιομάζας είναι :



Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνονται στους 1000-1500°C.

Πλεονεκτήματα

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Μειονεκτήματα

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.4.2. Μηχανισμοί μεταφοράς της θερμικής ενέργειας

Η θερμότητα που παράγεται κατά την καύση της βιομάζας μεταφέρεται με τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς και συγκεκριμένα :

- α) Με αγωγιμότητα
- β) Με ακτινοβολία
- γ) Με μεταφορά

Η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγιμότητα όταν διέρχεται δια μέσου μιας στερεάς επιφάνειας από μία θερμή περιοχή σε μία ψυχρή.

Η εξίσωση που δίνει τη μεταφερόμενη θερμότητα είναι :

$$\text{Μεταφερόμενη θερμότητα} = \frac{K * A * (T_1 - T_2)}{L}$$

- όπου
- K = θερμική αγωγιμότητα του στερεού σώματος
 - A = επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας
 - L = απόσταση μεταξύ θερμής και ψυχρής θερμοκρασίας
 - T1 = υψηλότερη θερμοκρασία
 - T2 = χαμηλότερη θερμοκρασία

Η μεταφορά της θερμότητας με ακτινοβολία οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα σώματα ακτινοβολούν θερμότητα. Η ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας είναι ανάλογη της διαφοράς της τετάρτης δύναμης της απόλυτου θερμοκρασίας του ακτινοβολούντος σώματος και του λαμβάνοντος τη θερμότητα σώματος.

Τέλος μεταφορά θερμότητας προκαλείται με τη ροή κάποιου ρευστού (αέρα ή νερού) είτε με φυσικό τρόπο είτε με βεβιασμένο.

Στη περίπτωση αυτή η εξίσωση μεταφοράς θερμότητας είναι :

$$\text{Μεταφερόμενη θερμότητα} = a * T * (T_1 - T_2)$$

- όπου
- a = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας
 - A = επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας
 - T1 = θερμοκρασία επιφάνειας
 - T2 = θερμοκρασία ρευστού

2.5. Λέβητας βιομάζας

2.5.1. Γενικά

Οι λέβητες πολλαπλών επιλογών καυσίμου, είναι μία σοβαρή εναλλακτική λύση στους συμβατικούς λέβητες οι οποίοι χρησιμοποιούν είτε αέρια (προπάνιο, φυσικό αέριο), ή υγρά καύσιμα (πετρέλαιο). Έκτος από την θέρμανση οι λέβητες pellets - ελαιοπυρήνα - στερεών καυσίμων με ειδικό σύστημα παράγουν και ζεστό νερό χρήσης. Οι λέβητες πολλαπλών καυσίμων έχουν χαμηλό κόστος χρήσης λόγω της τροφοδοσίας τους με φτηνά καύσιμα (pellets, ελαιοπυρήνα, τσόφλια από ξηρούς καρπούς).



Εικόνα 10: Λέβητας πολλαπλών επιλογών καυσίμου (80.000 kcal)

2.5.2. Αρχές λειτουργίας

Το καύσιμο υλικό είναι αποθηκευμένο σε μία δεξαμενή και οδηγείται με αυτόματο τρόπο στον χώρο καύσης. Ένας κοχλίας προωθεί με ανάλογα επιλεγμένη ταχύτητα την ποσότητα που χρειάζεται για την επίτευξη της θερμοκρασίας που χρειάζεται. Η φλόγα που δημιουργείται θερμαίνει την ποσότητα νερού που κυκλοφορεί μέσα στα υδατοστεγή διαμερίσματα του σώματος του λέβητα. Παράλληλα ο καπνός απάγεται οδηγούμενος διαμέσου μιας διαδρομής η οποία τον υποχρεώνει γυρνώντας τρεις φορές μέσα στην κατασκευή, να αφήσει όλες τις θερμίδες στο νερό.

2.5.3. Καυστήρας

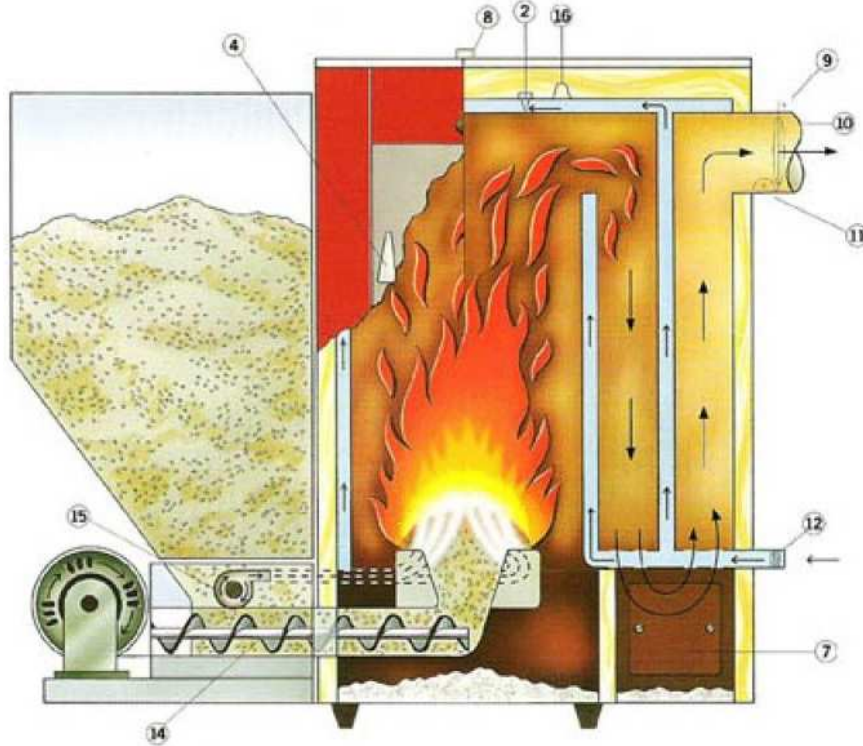
Παραγόμενος από χυτοσίδηρο αποτελείται από ένα σωλήνα και το σημείο καύσης. Με κυλινδρική διαμόρφωση προσεκτικά μελετημένη, υποδέχεται την καύσιμη ύλη που έρχεται από τον αγωγό ροής και καίγεται αποδίδοντας τις μέγιστες θερμίδες όταν έρχεται σε επαφή με την φλόγα στον θάλαμο καύσης.



Εικόνα 11: Τρόπος λειτουργίας του λέβητα

2.6. Τεχνική περιγραφή πυρηνολέβητα

Λέβητας πυρηνόξυλου και άλλων συναφών υλικών - τεχνική περιγραφή

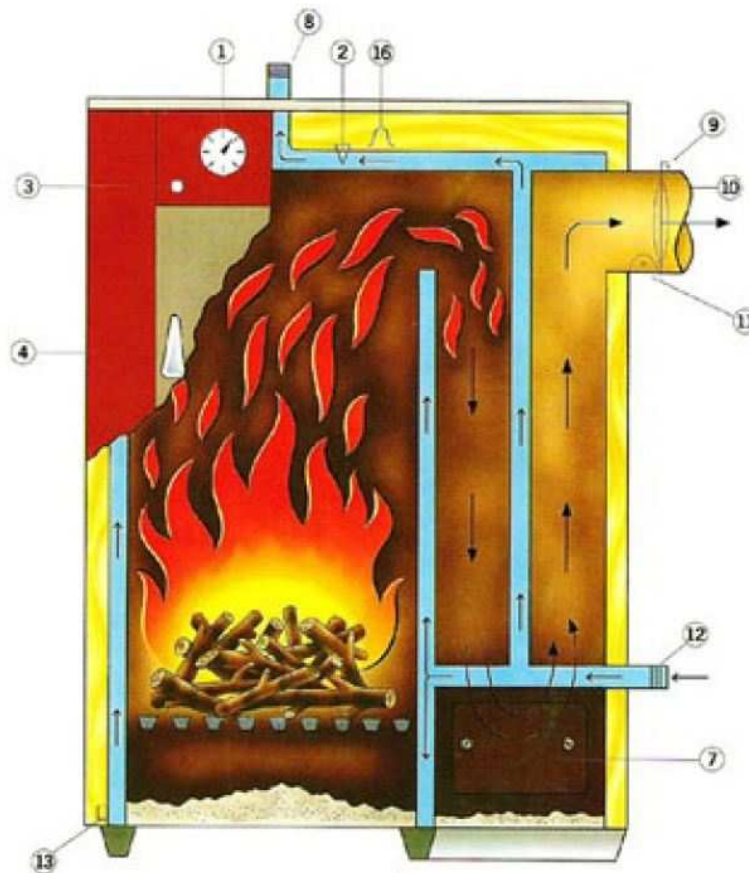


Εικόνα 12: Τρόπος λειτουργίας Λέβητας πυρηνόξυλου.

1. Πίνακας οργάνων **NS100** (συνοδεύει τον πυρηνολέβητα).
2. Υποδοχή τοποθέτησης των αισθητήριων του πίνακα οργάνων **NS100** για τον έλεγχο του πυρηνοκαυστήρα.
3. Υποδοχή 3/4" για τον θερμοστάτη του ντάμπερ αέρος που θα βιδώσουμε όταν θελήσουμε να τον λειτουργήσουμε μόνο σαν λέβητα ξύλου.
4. Χερούλι επάνω πόρτας.
5. Χερούλι κάτω πόρτας.
6. Πορτάκι ντάμπερ για τον έλεγχο του αέρα καύσεως.
7. Πόρτα για τον καθαρισμό της στάχτης.
8. Αναχώρηση ζεστού νερού προς τα σώματα.
9. Ντάμπερ ρύθμισης ελκυσμού καπνοδόχου.
10. Στόμιο καμινάδας.
11. Καπάκι για τον καθαρισμό της καμινάδας.
12. Επιστροφή νερού από τα σώματα.
13. Στόμιο για το άδειασμα του λέβητα 1/2".
14. Μαντεμένιος κοχλίας για την προώθηση του πυρηνόξυλου στον διαιρούμενο μαντεμένιο πυρηνοκαυστήρα.
15. Είσοδος του αέρα καύσεως.
16. Σημείο ανάρτησης του λέβητα κάτω από το επάνω κάλυμμα της μόνωσης.
17. Οικολογικά - Μονωτικά υλικά - Υαλοσαλαμάστρα και υαλοβάμβακας - (παντελής απουσία αμιάντου).

2.7. Τεχνική περιγραφή ξυλολέβητα

Λέβητες Στερεών Καυσίμων – τεχνική περιγραφή



Εικόνα 13: Τρόπος λειτουργίας ξυλολέβητα

1. Θερμόμετρο.
2. Υποδοχή τοποθέτησης των αισθητηρίων του πίνακα οργάνων **NS100** για τον έλεγχο του πυρηνοκαυστήρα. Ο πίνακας οργάνων **NS100** δεν συνοδεύει τον λέβητα, μπορεί να ενσωματωθεί με την αγορά του πετρελαιοκαυστήρα.
3. Υποδοχή 3/4" για τον θερμοστάτη του ντάμπερ αέρος.
4. Χερούλι επάνω πόρτας.
5. Χερούλι κάτω πόρτας.
6. Πορτάκι ντάμπερ για τον έλεγχο του αέρα καύσεως.
7. Πόρτα για τον καθαρισμό της στάχτης.
8. Αναχώρηση ζεστού νερού προς τα σώματα.
9. Ντάμπερ ρύθμισης ελκυσμού καπνοδόχου.
10. Στόμιο καμινάδας.
11. Καπάκι για τον καθαρισμό της καμινάδας.
12. Επιστροφή νερού από τα σώματα.
13. Στόμιο για το άδειασμα του λέβητα 1/2".
14. Σημείο ανάρτησης του λέβητα κάτω από το επάνω κάλυμμα της μόνωσης.

Κεφάλαιο 3. Αιολική ενέργεια

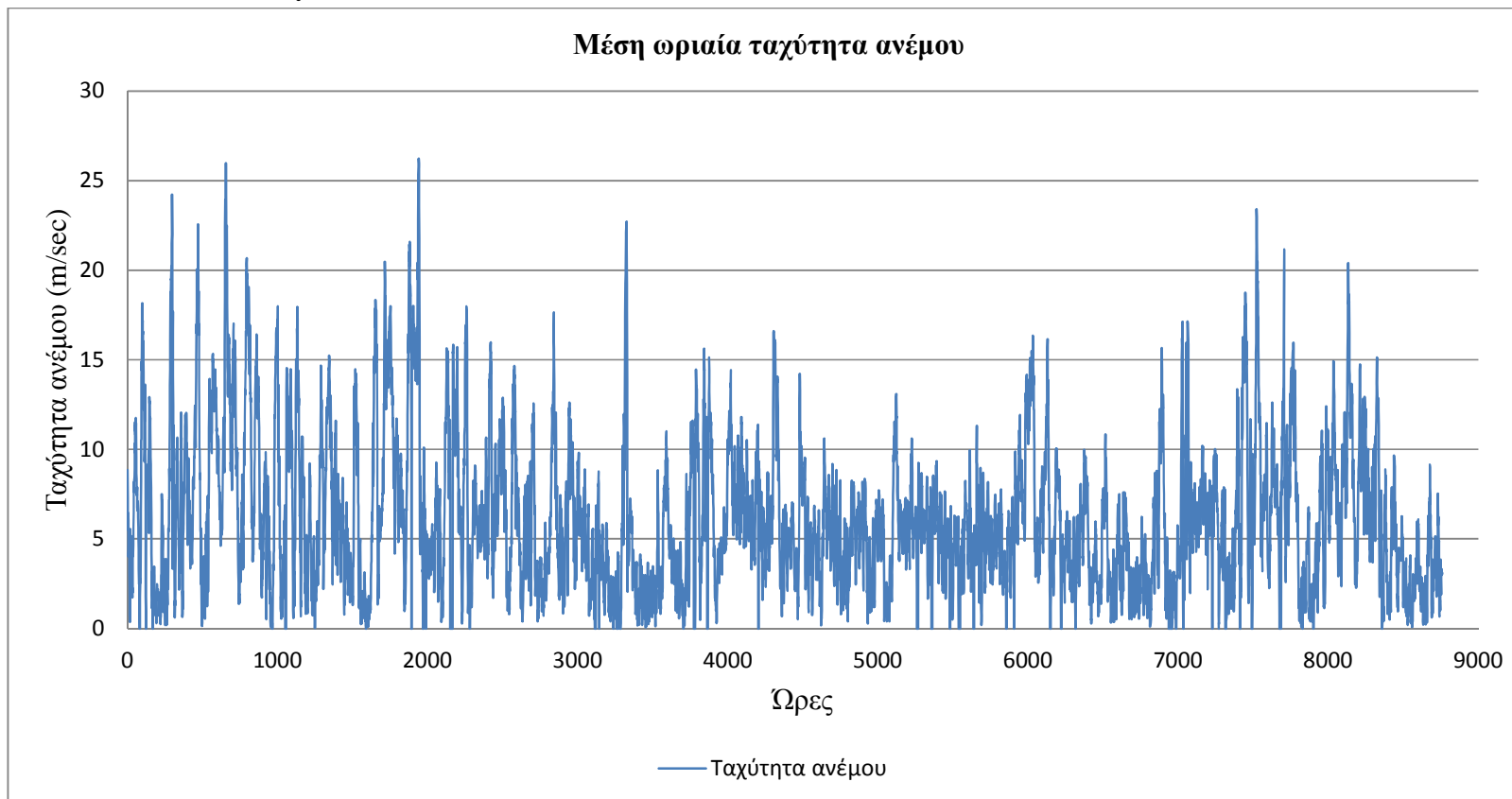
3.1.Γενικά

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.



Εικόνα 14: Αιολικό Πάρκο στην Εύβοια

3.1.1. Αιολικό δυναμικό



Διάγραμμα 4: Μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου.

Θα ήθελα να επισημάνω ότι η ταχύτητα ανέμου δεν αντιπροσωπεύει την περιοχή του Καστελλόριζου. Η συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου είναι από μια περιοχή στη Ρόδο. Επιλέχθηκε για να μπορεί να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

3.1.2. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15km/h για να μπορέσει η μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300kW η κάθε μια. Ένα kW ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να ανάψει 100 λάμπες των 100W.

Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρικό ρεύμα τάση 25.000Volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από έναν Μ/Σ στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000Volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση. Τα μεγάλα χοντρά σύρματα της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή αλουμίνιο για να υπάρχει μικρότερη αντίσταση στη μεταφορά του ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος τόσο πιο πολύ θερμαίνεται. Έτσι κάποιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται επειδή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Τα σύρματα μεταφοράς καταλήγουν σε ένα υποσταθμό όπου οι Μ/Σ του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές.

3.1.2. Χρησιμότητα της αιολικής ενέργειας

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- Στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη.
- Σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.

3.1.3. Η ανάγκη της αποθήκευσης ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ένα ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά ανάλογα με το μέγεθός τους) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ. η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, το φορτίο, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ).

Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους

χαμηλού φορτίου, οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να περισσεύει ισχύς στο δίκτυο.

Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την αιολική ενέργεια προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων και στην αδυναμία πρόλεξης της παραγωγής από τα αιολικά πάρκα.

Άρα στην ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που υπήρχε παραδοσιακά λόγω των τεχνικών ελαχίστων των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής και την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου προστίθεται μία καινούργια που προέρχεται την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων στο σύστημα παραγωγής.

Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή αιολικών πάρκων γίνεται απαραίτητη, ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όταν η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία η διείσδυση της αιολικής ενέργειας προκαλεί αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ήδη κάποιες χώρες έχουν φθάσει στο όριο αυτό οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο μέσω αποθήκευσης.

Η ενέργεια μπορεί να αποθηκευθεί με διάφορες μορφές όπως:

- σε ηλεκτρική μορφή συνεχούς ρεύματος σε μία συστοιχία ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταρίες)
- σε μηχανική μορφή υπό την μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο
- υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα ή αερίου γενικότερα σε αεροφυλάκιο
- σε υδραυλική μορφή υπό την μορφή ποσότητας νερού που αντλείται από μία χαμηλότερη στάθμη σε μία υψηλότερη (Αναστρέψιμο Αντλησηοταμειυτήρα).

Από όλες τις μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας, μόνο η αποθήκευσή της σε μορφή υδραυλικής ενέργειας και υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα καλύπτουν την περιοχή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, όποτε είναι εφαρμόσιμες στην περίπτωση ηλεκτρικού δικτύου.

Θα εστιάσουμε την προσοχή μας κύριος στη τελευταία μέθοδο .

Επίσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είναι αναστρέψιμες μέθοδοι (αποθήκευση και τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου)
- Έχουν γρήγορη απόκριση
- Έχουν σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε ένα πλήρη κύκλο

3.2. Αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό

3.2.1. Γενικά

Όταν για κάποιο λόγο στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στο οποίο είναι εγκατεστημένο το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία περισσεύει, δηλαδή δεν διατίθεται για την κάλυψη της ζήτησης, τότε η ηλεκτρική ενέργεια αντί να απορριφθεί, μπορεί να αποθηκευθεί μέσω του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας που περισσεύει στις αντλίες του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού οι οποίες, αντλώντας νερό από την κάτω στην άνω δεξαμενή, αποθηκεύουν αυτήν την ενέργεια με τη μορφή υδραυλικής δυναμικής ενέργειας. Παράλληλα, ο αποθηκευμένος όγκος νερού στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποτεδήποτε απαιτηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και διάθεσή της στο δίκτυο. Αυτό γίνεται δυνατό μέσω της ελεύθερης πτώσης του νερού από την άνω προς την κάτω δεξαμενή και της διέλευσής του μέσω των υδροστροβίλων του υδροηλεκτρικού σταθμού. Ας σημειωθεί ότι τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά ονομάζονται και αντλησιοταμιευτήρες ενώ η διαδικασία της αποθήκευσης και παραγωγής ενέργειας μέσω των αντλησιοταμιευτήρων ονομάζεται αντλησιοταμίευση. Το γενικό συμπέρασμα που εύκολα προκύπτει είναι ότι ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό λειτουργεί ουσιαστικά ως μία μπαταρία ενέργειας. «Ωστόσο, πιο εύστοχα θα μπορούσαμε ίσως να χαρακτηρίσουμε ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό ως ένα προσαρμογέα παραγωγής-ζήτησης ενέργειας».

Συγκεκριμένα, το υβριδικό αυτό σύστημα αποτελείται από τα εξής κυρίως μέρη :

- **αιολικό πάρκο,**
- **υδροστρόβιλο,**
- **αντλιοστάσιο,**
- **δύο δεξαμενές για την ανακύκλωση του νερού,**
- **σωληνώσεις**

Με τον όρο αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό έργο (YHE) ή υδροηλεκτρικό έργο αποταμίευσης εννοείται το υδροηλεκτρικό έργο που έχει τη δυνατότητα λειτουργίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (λειτουργία υδροστροβίλου) καθώς και τη δυνατότητα άντλησης (ή αποταμίευσης) του νερού από τον κάτω ταμιευτήρα στον πάνω. Με την άντληση νερού βελτιώνεται η αξιοποίηση του στροβίλου του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου και της χρησιμοποιούμενης δεξαμενής και εξασφαλίζεται η παροχή εγγυημένης ενέργειας.

Σχετικά με τους τρόπους διασύνδεσης του υβριδικού σταθμού με το ενεργειακό δίκτυο, διακρίνονται δύο βασικές εναλλακτικές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, που χαρακτηρίζεται ως άμεση σύνδεση, το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό συνδέεται με τα αιολικά πάρκα που θα συνεισφέρουν στην άντληση με γραμμή μεταφοράς ανεξάρτητη του δικτύου. Η δεύτερη περίπτωση που χαρακτηρίζεται ως έμμεση σύνδεση, θεωρεί ότι το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό συνδέεται με τα αιολικά του πάρκα μέσω του κεντρικού δικτύου. Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν συνοπτικά οι τρόποι σύνδεσης της μονάδας αντλησιοταμίευσης με τα αιολικά πάρκα εντός του υβριδικού συστήματος για να γίνουν πιο κατανοητά τα μεγέθη της ενέργειας που εξετάζονται.

3.2.2. Άμεση σύνδεση της μονάδας αντλησιοταμίευσης με τα αιολικά πάρκα

Η περίπτωση της άμεσης σύνδεσης μπορεί να συναντηθεί μονάχα σε νησιά μικρού ή το πολύ μεσαίου μεγέθους. Σε κάθε περίπτωση η απόσταση μεταξύ των αιολικών πάρκων και της μονάδας αντλησιοταμίευσης είναι αυτή που κάνει την ανεξάρτητη σύνδεση εφικτή ή ανέφικτη. Σε μεγάλου μεγέθους νησί, η σύνδεση αυτή είναι αμφίβολο αν μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω απόστασης, κόστους διασύνδεσης και τοπικών αντιδράσεων για τις γραμμές μεταφοράς. Επιπλέον, είναι φανερό ότι η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων, εξυπηρετεί άλλους σκοπούς από αυτούς της χωροθέτησης του συστήματος αποθήκευσης (αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό), και είναι πιθανό οι θέσεις των πρώτων να διαφέρουν και να απέχουν σημαντικά από τη θέση του δεύτερου, καθιστώντας προβληματική και δαπανηρή την άμεση σύνδεση τους μέσω ιδιωτικού δικτύου. Η ύπαρξη άμεσης ανεξάρτητης σύνδεσης δίνει τη δυνατότητα στα αιολικά πάρκα να παρέχουν την απορριπτόμενη αιολική ισχύ στο αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό. Εάν από τον σχεδιασμό του συστήματος προβλέπεται συμπληρωματικά η χρήση ισχύος από το δίκτυο και συνεπώς υπάρχει και διασύνδεση μεταξύ μονάδας αντλησιοταμίευσης και κεντρικού δικτύου, τότε σε περίπτωση απώλειας των αιολικών οι αντλίες θα συνεχίσουν να λειτουργούν τραβώντας ισχύ από το κυρίως δίκτυο. Για να μην συμβεί αυτό χρειάζεται ένα εξελιγμένο σύστημα ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος, το οποίο θα παρακολουθεί και θα προσαρμόζει κάθε στιγμή την κατανάλωση ισχύος των αντλιών, στη διαθέσιμη αιολική ισχύ. Δηλαδή, δεν αποτελεί η επιμέρους διασύνδεση, εγγύηση για την ασφάλεια του συστήματος.



Εικόνα 15: Άμεση σύνδεση συστήματος αντλησιοταμίευσης με αιολικά πάρκα.

Συγκεντρωτικά, οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί η άντληση νερού στην άνω δεξαμενή είναι οι εξής:

- άντληση με χρήση συμβατικής ενέργειας κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης,
- άντληση με χρήση συμβατικής ενέργειας σύμφωνα με την επιπλέον δυναμικότητα των ενταγμένων συμβατικών μονάδων και
- άντληση με χρήση συμβατικής ενέργειας, όποτε χρειαστεί.

Η διαθέσιμη από τις συμβατικές μονάδες για άντληση ισχύς εξαρτάται τελικά αν θα χρησιμοποιηθεί από:

- τη διαθέσιμη αιολική ισχύ για άντληση τη συγκεκριμένη στιγμή, δηλαδή προφανώς η αιολική ισχύς έχει προτεραιότητα στην άντληση,
- την ανάγκη για μετακίνηση νερού από την κάτω στην άνω δεξαμενή, δηλαδή αν η άνω δεξαμενή είναι σχετικά γεμάτη, αποφεύγεται η αγορά ενέργειας από το

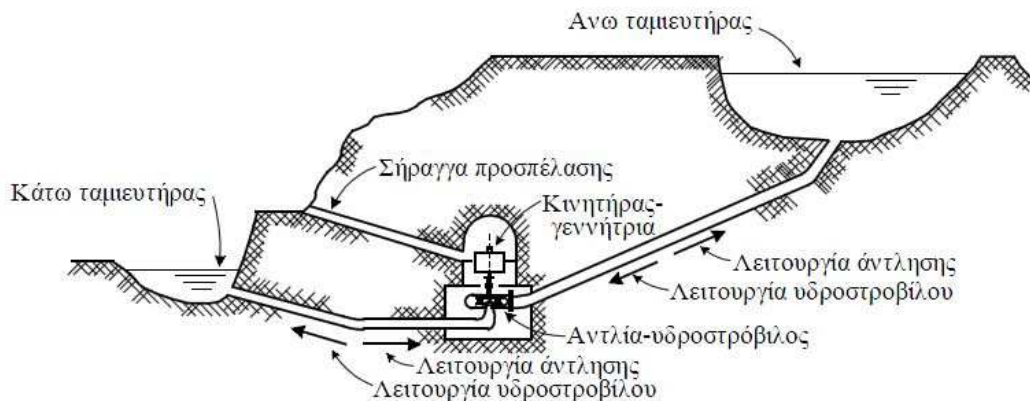
δίκτυο. Παράλληλα, δίνεται το περιθώριο εάν τις επόμενες ώρες προκύψει διαθέσιμη αιολική ισχύς για άντληση, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Επομένως εισάγεται ένας έλεγχος που σχετίζεται με τη στάθμη του νερού στην άνω δεξαμενή, και ορίζει κάτω από ποια στάθμη ασφαλείας χρησιμοποιείται η διαθέσιμη από το δίκτυο ισχύς για άντληση.

Η ένταξη συστημάτων αιολικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση, στοχεύει να αυξήσει τη συμβολή της αιολικής ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα. Επομένως, ο σχεδιασμός της συνδυασμένης χρήσης αιολικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση πρέπει να στοχεύει:

- στη μείωση του λειτουργικού κόστους,
- στην παροχή εγγυημένης ισχύος και στη βελτίωση της αξιοπιστίας του ηλεκτρικού συστήματος,
- στη ρύθμιση της παραγόμενης ισχύος σε επίπεδο δευτερογενούς, ημερήσιου και εβδομαδιαίου ελέγχου και
- στην αύξηση της αιολικής διείσδυσης.

3.2.3. Αποθήκευση σε υδραυλικό ταμιευτήρα

Ο πλήρης κύκλος περιλαμβάνει άντληση νερού από ένα κάτω ταμιευτήρα σε ένα άνω ταμιευτήρα των οποίων η υψομετρική διαφορά είναι ίση προς (h) για την φάση της αποθήκευσης ενέργειας (μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε υδραυλική) και για την φάση της παραγωγής διακίνηση του νερού από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω μέσω υδροστροβίλων οπότε η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική. Πρόκειται για τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα.



Εικόνα 16: Απεικονίζει τα μέρη του αντλησηοταμιευτήρα.

Παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είναι αναστρέψιμο μέθοδο (αποθήκευση και τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου)
- Έχουν γρήγορη απόκριση
- Έχουν σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε ένα πλήρη κύκλο
- Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής είναι η δυνατότητα γρήγορης παραλαβής και γρήγορης απόρριψης φορτίου πολύ μεγάλης ισχύος με αποτέλεσμα να αποτελούν την καλύτερη λύση που διαθέτει ο διαχειριστής ενός δικτύου ώστε να καλύπτει τις αιχμές φορτίου που παρουσιάζονται.

Κύρια χαρακτηριστικά των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων

Η υδραυλική ισχύς P_h δίνεται από το γινόμενο:

$$P_h = (\rho * g) * h * Q$$

οπού:

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ η πυκνότητα του νερού

Q σε m^3/sec η διακινούμενη παροχή νερού

h σε m η υψομετρική διαφορά μεταξύ κάτω και άνω ταμιευτήρα.

Από την προηγούμενη σχέση γίνεται φανερός ο ρόλος της υψομετρικής διαφοράς h μεταξύ κάτω και άνω ταμιευτήρα: για την αποθήκευση δεδομένης ισχύος P επί κάποιο χρονικό διάστημα δt , άρα ενέργειας:

$$E = P * \delta t$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η υψομετρική διαφορά h τόσο μικρότερη η αντίστοιχη παροχή Q και η ποσότητα νερού που αντιστοιχεί:

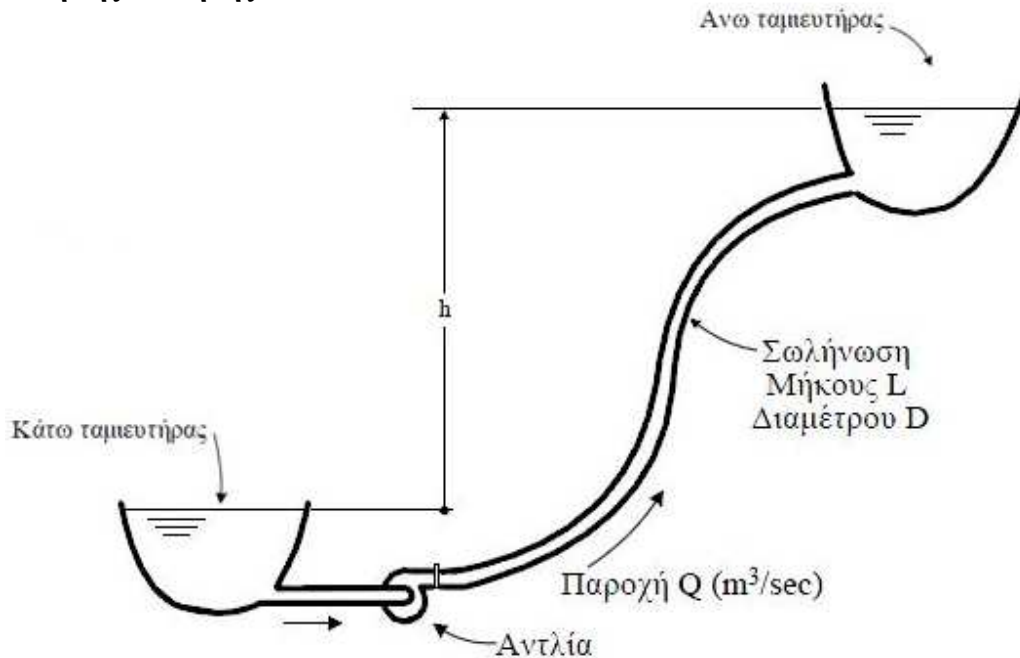
$$(Q * \delta t)$$

Άρα για την αποθήκευση της ίδιας ισχύος και ενέργειας όσο αυξάνεται η υψομετρική διαφορά h μειώνεται η παροχή, με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους

- της σωλήνωσης (μικρότερη διάμετρος)
- των αντλιών
- του ταμιευτήρα λόγω της μικρότερης χωρητικότητας που απαιτείται για την αποθήκευση της ίδιας ποσότητας ενέργειας.

Για τον λόγο αυτό τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα θεωρούνται οικονομοτεχνικά αποδοτικά όταν η υδραυλική πτώση είναι υψηλότερη των **150-200 m** περίπου.

α) Φάση της άντλησης



Εικόνα 17: Απεικονίζει την φάση της άντλησης.

Η ενέργεια (H) του νερού, την οποία θα πρέπει να δίνει η αντλία, είναι ίση προς:

$$H = h + \delta h_f$$

όπου:

δh_f συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που αναπτύσσονται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα

Άρα η ισχύς:

$$\delta P_f = (\rho * g) * \delta h_f * Q$$

Αποτελεί την απώλεια ισχύος που αντιστοιχεί ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.

Εάν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που παρεμβαίνει (αντλία, ηλεκτροκινητήρας, μετασχηματιστές) μέσω του βαθμού απόδοσης τους, προκύπτει ο συνολικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta = \eta_P * \eta_M * \eta_{Tr}$$

Άρα εάν υπάρχει ηλεκτρική ισχύς P αυτή μπορεί μέσω άντλησης να μετατραπεί σε υδραυλική ισχύ P_h , προφανώς:

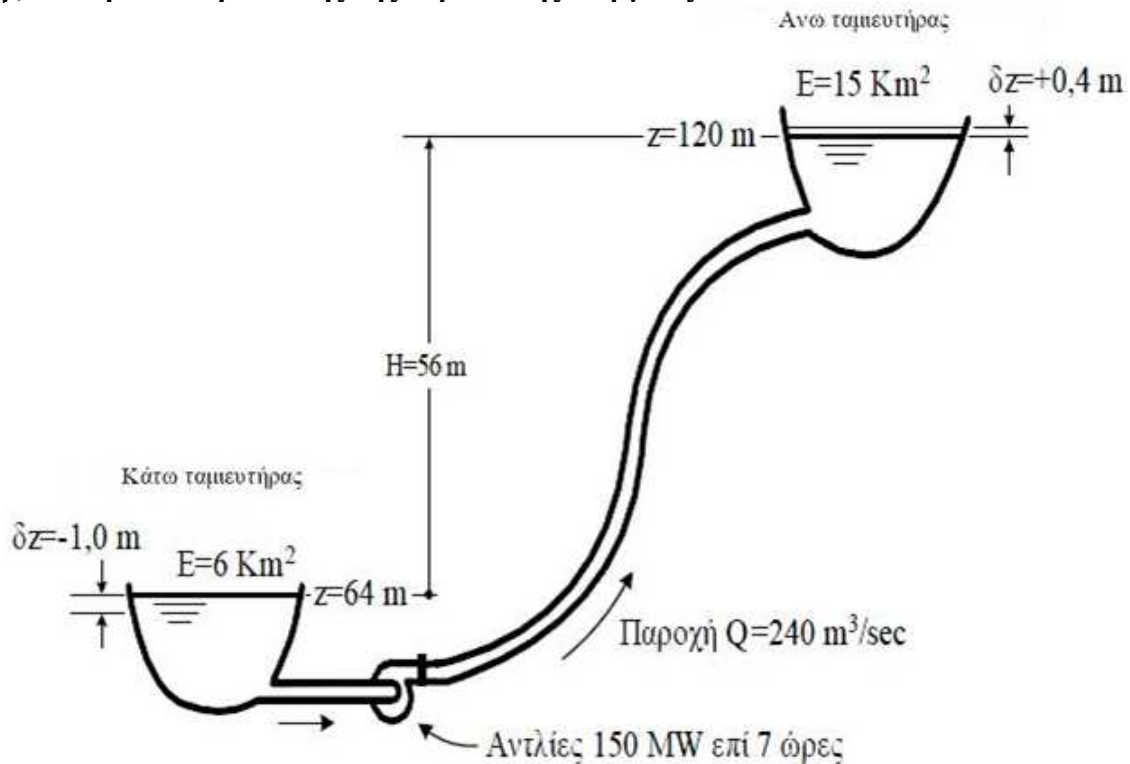
$$P_h < P$$

καθώς η διαφορά

$$(P - P_h)$$

αντιστοιχεί στις απώλειες που αναπτύσσονται και αντιστοιχούν σε ενέργεια που δεν αποθηκεύεται

β) Φάση επαναπρόσδοξης της υδραυλικής ενέργειας



Εικόνα 18: Απεικονίζει την φάση της επαναπρόσδοξης της υδραυλικής ενεργείας.

Στην φάση αυτή η φορά της ενέργειας και της ροής του νερού είναι η αντίθετη. Την λειτουργία αυτή εξασφαλίζει ο υδροστρόβιλος και η ηλεκτρική γεννήτρια που στρέφεται από αυτόν. Η ενέργεια που διατίθεται στον υδροστρόβιλο για να την μετατρέψει σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση προς:

$$H = h - \delta h_f$$

όπου με δh συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που αναπτύσσονται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα .

Άρα η ισχύς:

$$\delta P_f = (\rho * g) \cdot \delta h_f * Q$$

αποτελεί την απώλεια ισχύος και αντιστοιχεί στην ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης. Εάν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που παρεμβαίνει (υδροστρόβιλος, ηλεκτρική γεννήτρια, μετασχηματιστές) μέσω του βαθμού απόδοσης τους, προκύπτει ο συνολικός βαθμός απόδοσης:

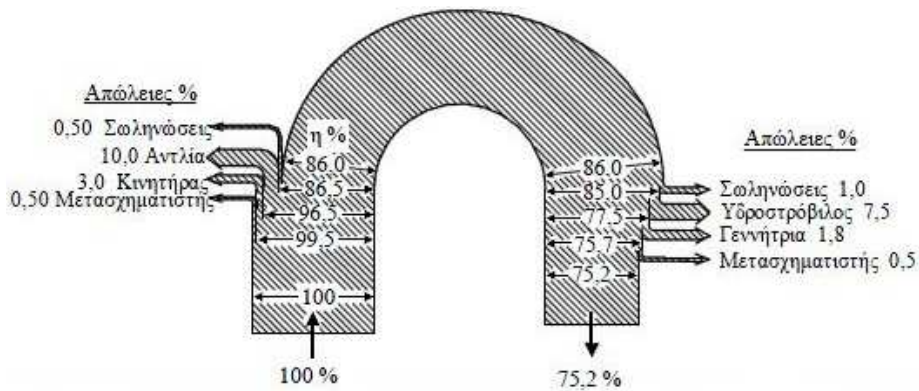
$$\eta = \eta_T * \eta_G * \eta_{Tr}$$

Άρα από την υδραυλική ισχύ P_h αυτή που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ P_e και τροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρότερη κατά τις ολικές απώλειες (σωληνώσεις και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός), δηλ.

$$P_e < P_h$$

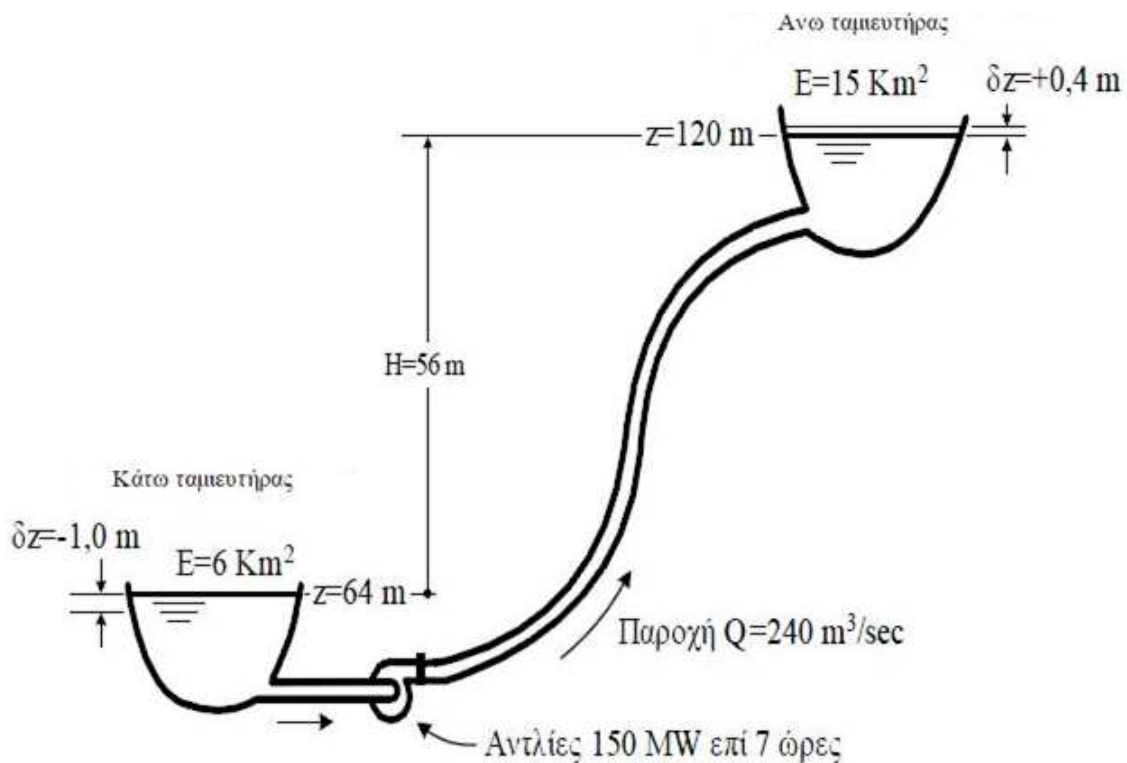
Συνολικά σε ένα πλήρη κύκλο, και ανάλογα με τον εξοπλισμό (αντλίες, υδροστρόβιλοι κλπ) ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του **65-80%** (το υπόλοιπο **35-20%** της ενέργειας χάνεται σε απώλειες) ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, την επιλογή του εξοπλισμού της.

Να σημειωθεί ότι η τεχνολογία της αποθήκευσης μέσω πεπιεσμένου αέρα φθάνει σε ολικό βαθμό απόδοσης της τάξεως του **75%**



Εικόνα 19: Απεικονίζει τις απώλειες της αντλησιοταμίευσης

γ) Αποτελεσματικότητα της αντλιοσταμείωσης στην αποθήκευση ενέργειας



Εικόνα 20: Απεικονίζει την αποτελεσματικότητα της αντλιοσταμείωσης

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η υδραυλική ενέργεια 1 m^3 μεταξύ δύο ταμιευτήρων με υψομετρική διαφορά H (m) προκύπτει ίση προς:

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow \frac{9,81}{3600} H \text{ kWh}$$

Κατά την φάση της άντλησης, για την ανύψωση 1 m^3 μεταξύ δύο ταμιευτήρων με υψομετρική διαφορά H (m) απορροφάται ενέργεια

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow \frac{9,81}{3600 * \eta_p} H \text{ kWh}$$

συμβολίζοντας με (η_p) τον ολικό βαθμό απόδοσης της άντλησης. Εάν ως ζεύγος ταμιευτήρων θεωρηθούν οι ταμιευτήρες του ΥΗΣ πάνω ταμιευτήρα (μέσης επιφάνειας 15 km^2) και του ΥΗΣ κάτω ταμιευτήρα (μέσης επιφάνειας 6 km^2) και αντληθεί νερό από τον κάτω ταμιευτήρα προς τον πάνω ταμιευτήρα με $H=56 \text{ m}$, τότε για τον κατέβασμα της στάθμης του κάτω ταμιευτήρα κατά 1 m η στάθμη στον πάνω ταμιευτήρα θα ανέβει κατά $0,40 \text{ m}$ περίπου και η ποσότητα νερού που αντιστοιχεί είναι:

$$1 * 6 * 10^6 \text{ m}^3 \rightarrow \frac{9,81}{3600 * \eta_p} H * 6 * 10^6 \approx 1.040 \text{ MWh}$$

που αντιστοιχεί σε λειτουργία αντλιών ονομαστικής ισχύος 150 MW (όση η ονομαστική ισχύς του κάτω ταμιευτήρα) επί 7 ώρες.

3.3. Αντλιοσταμειυτήρα στο Καστελλόριζο

3.3.1. Γενικά

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία κρίθηκε χρήσιμη η μελέτη ενός αντλιοσταμειυτήρα για το Καστελλόριζο ώστε να επιτυγχάνεται:

1. το μέγιστο επιτρεπτό όριο διείσδυσης της αιολικής ενέργειας που παράγεται από το αιολικό πάρκο χωρίς να προκαλεί διακυμάνσεις της συχνότητας στο δίκτυο του νησιού
2. μύωση λειτουργίας των θερμοηλεκτρικών μονάδων παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα.

Παρακάτω δίνονται περισσότερες πληροφορίες όσο αφορά τη θέση, το ύψος και την χωρητικότητα της δεξαμενής του αντλιοσταμειυτήρα.



Εικόνα 21: Η δεξαμενή βρίσκεται νότιο δυτικά του νησιού. Πηγή (Google Earth).



Εικόνα 22: Η δεξαμενή έχει τα εξής στοιχεία: $D = 357\text{m}$ και υψόμετρο $H = 160\text{m}$ πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Πηγή (Google Earth).

3.3.2. Επιλογή θέσης

Η επιλογή της περιοχής στην οποία θα τοποθετηθεί ο αντλησοταμιευτήρας έγινε με βασικό κριτήριο το όσο το δυνατόν μεγαλύτερο υψόμετρο και μικρή απόσταση μεταξύ της πάνω δεξαμενής και της θάλασσας, έτσι ώστε να εκμεταλλευτούμε όσο περισσότερο μπορούμε την δυναμική ενέργεια λόγω της υδατόπτωσης προς τους υδροστρόβιλους και να έχουμε μικρότερη πτώση πίεσης εξαιτίας των απωλειών του αγωγού. Το υψόμετρο που έχουμε επιλέξει για την διαμόρφωση της δεξαμενής είναι 160m από την στάθμη της θάλασσας.



Εικόνα 23: Αυτή η φωτογραφία μας δείχνει την κλίση του σωλήνα.
Πηγή: (Google Earth).



Εικόνα 24: Εδώ απεικονίζετε το μήκος του σωλήνα, διάμετρος δεξαμενής υψομετρική διαφορά της πάνω δεξαμενής με την κάτω (θάλασσα).

Τα στοιχεία της δεξαμενής:

Μήκος αγωγού: **L = 250m**

Διάμετρος δεξαμενής: **D = 357m**

Υψομετρική διαφορά της πάνω δεξαμενής με την κάτω(θάλασσα): **H = 160m**

Βάθος της δεξαμενής: **h = 4m**

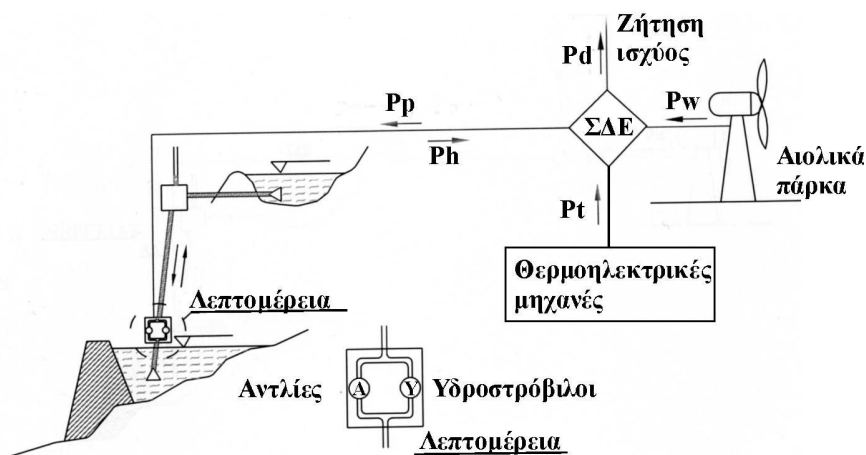
Όγκος της δεξαμενής: **V = 400.000m³**

3.3.3. Περιγραφή λειτουργίας

1. Όταν η ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες είναι λιγότερη από το ποσό της ζήτησης ισχύος, τότε αυτή διοχετεύεται εξ' ολοκλήρου για την κάλυψη της ζήτησης.
2. Ενώ όταν η παραγόμενη ενέργεια των αιολικών είναι περισσότερη από την ζήτηση ισχύος, τότε ένα μέρος της παραγόμενης ενέργειας πάει για την κάλυψη της ζήτησης και η περίσσια της παραγομένης ενέργειας πάει στις αντλίες του αντλησησοταμιευτήρα για την αποθήκευση νερού σε περίπτωση που υπάρχει χορό στη δεξαμενή αλλιώς η ενέργεια αυτή χάνετε.
3. Όταν η ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες δεν αρκεί για την κάλυψη της ζήτησης τότε τίθενται σε λειτουργία οι υδροστρόβιλοι σε περίπτωση που υπάρχει επαρκές νερό στη άνω δεξαμενή.
4. Τα Θερμοηλεκτρικά συστήματα θα παράγουν ενέργεια μόνο κατά τις ώρες στις οποίες ούτε το αιολικό πάρκο ούτε ο υδροστρόβιλος μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση.

Το σύστημα αποτελείται από:

- A. Ένα αιολικό πάρκο με 6 ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύς 1,98MW_p. Το αιολικό πάρκο λειτουργεί ως μονάδα βάσης.
- B. Έναν αντλησησοταμιευτήρα ο οποίος αποτελείται από :
 1. Μια δεξαμενή συνολικής χωρητικότητας $4 \cdot 10^5 \text{m}^3$
 2. Έναν αγωγό μήκους 250m
 3. Έναν υδροστρόβιλο (μονάδα αιχμής) συνολικής ισχύος 1MW
 4. Ένα συγκρότημα αντλιών συνολικής ισχύος 2MW



Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση του υβριδικού συστήματος

Ο αντλησηοταμιευτήρας λειτουργεί ως:

- **Μονάδα αποθήκευσης ενέργειας:** Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται όταν η διαθέσιμη αιολική ισχύς είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση ισχύος. Τότε η περίσσια της αιολικής ισχύος προσφέρετε στις αντλίες οι οποίες βρίσκονται στην βάση του αγωγού στο επίπεδο της θάλασσας και στέλνουν νερό από την θάλασσα στην πάνω δεξαμενή με σκοπό την αποθήκευση του και χρησιμοποίηση του εάν παραστεί ανάγκη.
- **Μονάδα παραγωγής ενέργειας:** Η παραγωγή της ενέργειας γίνεται όταν η διαθέσιμη αιολική ισχύς που διεισδύει στην ζήτηση δεν φτάνει για να την καλύψει. Τότε μπαίνουν σε λειτουργία οι υδροστρόβιλοι οι οποίοι εκμεταλλεύονται την υδατόπτωση από την πάνω δεξαμενή προς την θάλασσα, δηλαδή μετατρέπουν την δυναμική ενέργεια του νερού σε ηλεκτρική και την προσδίδουν για την κάλυψη της μεγάλης ζήτησης. Ο αντλησηοταμιευτήρας λειτουργεί στην ουσία σαν μια τεράστια μπαταρία η οποία αποθηκεύει την περίσσια της ενέργειας από τα αιολικά μέσω των αντλιών και όταν της ζητηθεί την ξανά δίνει πίσω μέσω των υδροστροβίλων.

3.3.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας



Εικόνα 26: Ανεμογεννήτρια E33 (330 kW_p).

Technical Data

Rated power: 330 kW

Rotor diameter: 33.4 m

Hub height: 44 – 50 m

Wind class (IEC): IEC/NVN I and IEC/NVN II

Turbine concept: Gearless, variable speed, variable pitch control

Rotor

Type: Upwind rotor with active pitch control

Direction of rotation: Clockwise

Number of blades: 3

Swept area: 876 m²

Blade material: Fiberglass (epoxy resin) integrated lightning protection

Rotational speed: Variable, 18 – 45 rpm

Pitch control: ENERCON blade pitch system, one independent pitching system per rotor blade with allocated emergency supply

Drive train with generator

Hub: Rigid

Main bearings: Single-row cylindrical roller bearings

Generator: ENERCON direct-drive synchronous annular generator

Grid feeding: ENERCON converter

Braking systems: – 3 independent blade pitch systems with emergency supply

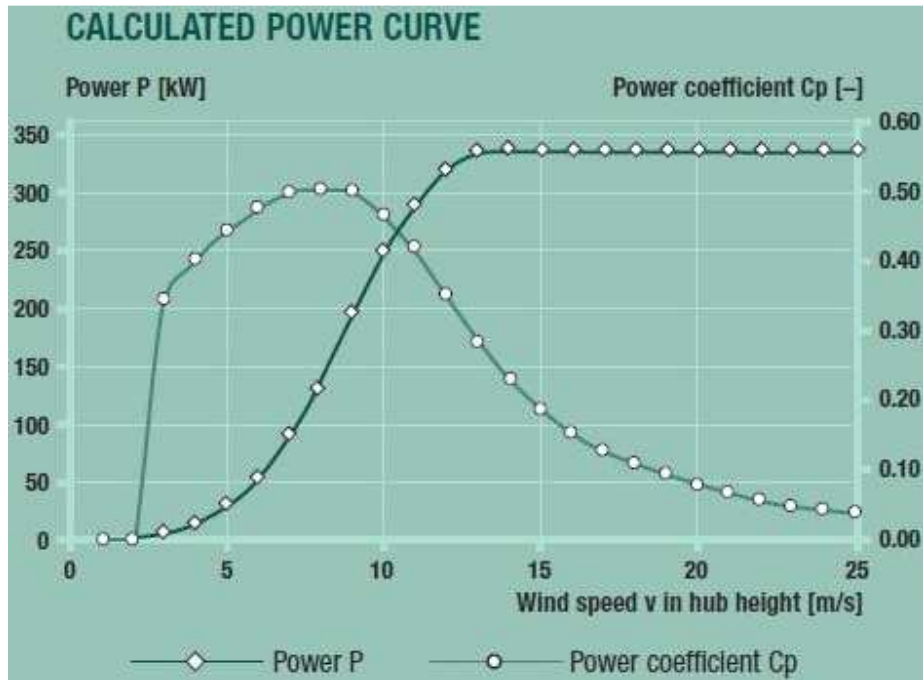
– Rotor brake

– Rotor lock

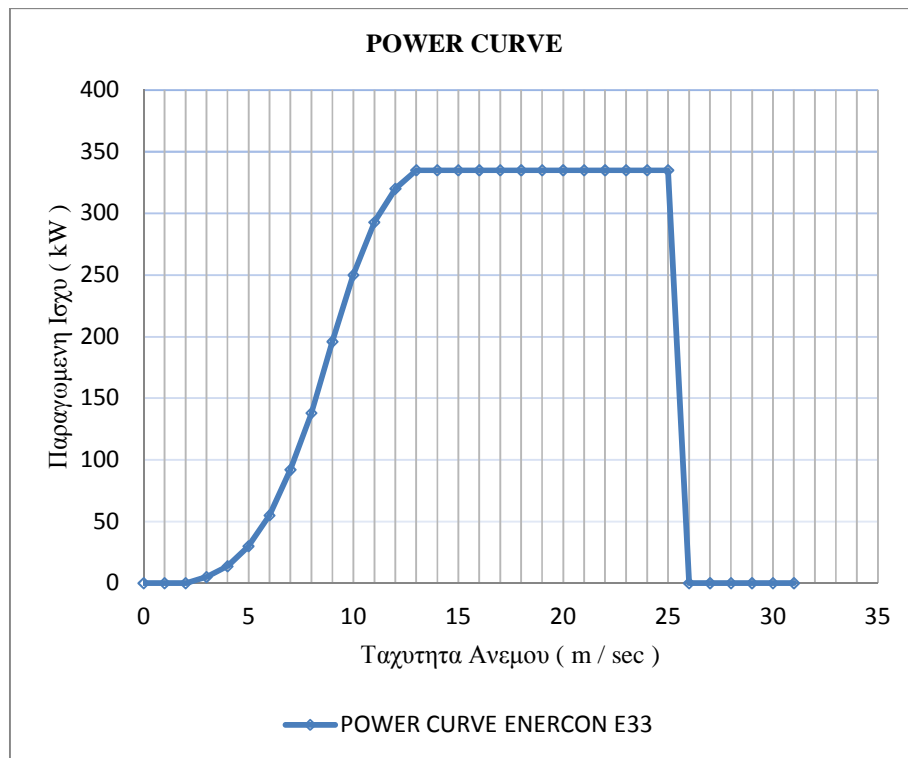
Yaw control: Active via adjustment gears, load-dependent damping

Cut-out wind speed: 28 – 34 m/s (with ENERCON storm control)

Remote monitoring: ENERCON SCADA



Διάγραμμα 5: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας Enercon E33



Διάγραμμα 6: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας E33

Κεφάλαιο 4. Υπολογισμοί

4.1. Υπολογισμός βιομάζας

Τα παρακάτω στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα για το προσδιορισμό του μεγέθους του συστήματος της βιομάζας αλλά και για την οικονομοτεχνική μελέτη του.

Στη παρακάτω συνέντευξη παρουσιάζονται οι απαντήσεις που μας έδωσε ο Δρ Θρασύβουλος Μανιός¹ για την τεχνική παραγωγής βιομάζας και την τεχνογνωσία εκμετάλλευσής της.

1. Πόσος χρόνος πρέπει να περάσει από την αρχική στιγμή φύτευσης μέχρι να κοπεί η πρώτη παρτίδα βιομάζας που θα καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης για ένα έτος;

Ο χρόνος που πρέπει να περάσει από την αρχική στιγμή της φύτευσης μέχρι να είναι έτοιμη η βιομάζα για συγκομιδή ισοδυναμεί με τέσσερα έτη.

2. Έχει ανάγκες ύδρευσης;

Η ανάγκες ύδρευσης του ανέρχονται στα $200 \frac{m^3}{\text{στρέμμα year}}$ κόστους $1 \frac{\text{€}}{m^3}$.

3. Χρόνος αποξήρανσης βιομάζας και συνολικής προετοιμασίας για παραγωγή καυσίμου;

Ο χρόνος αποξήρανσης έχει να κάνει με την ετήσια περίοδο που διανύουμε:

- Το καλοκαίρι θέλει μια εβδομάδα
- Το χειμώνα απαιτείτε δυο με τρεις εβδομάδες. (Συνιστάτε συνήθως η μέθοδος αποξήρανσης με θερμοκήπιο)

4. Θερμογόνος δύναμη βιομάζας;

Η θερμογόνος δύναμη (H_u) του ευκαλύπτου που θα χρησιμοποιείτε ως βιομάζα στη περίπτωση μας είναι $18 \frac{MJ}{kg}$

5. Παραγωγή βιομάζας ανά στρέμμα (m³);

Ο μέσος όρος της παράγωγης ανέρχεται γύρω στα $8 \div 10 \frac{T}{\text{στρέμμα}}$

6. Αρχικό κόστος επένδυσης ανά στρέμμα;

Κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα $3.000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}}$

7. Κόστος παραγωγής ανα στρέμμα;

Κόστος παράγωγης ετήσιος $1.000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}}$

8. Απαιτούμενες εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, κόστος;

Ο εξοπλισμός αποτελείτε από τα εξής μηχανήματα: Φορτωτή για κόψιμο και φόρτωμα, αξίας 60.000€, τρέιλερ 10.000€ και χώρος ξήρανσης $25.000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}}$

¹ Ο Δρ Θρασύβουλος Μανιός είναι Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας του ΤΕΙ Κρήτης.

4.1.1. Υπολογισμος στεγασμένης επιφάνειας του νησιού

Για το τρόπο υπολογισμού της μέτρησης της στεγασμένης επιφάνειας του νησιού βασιστήκαμε στο “Google Earth”

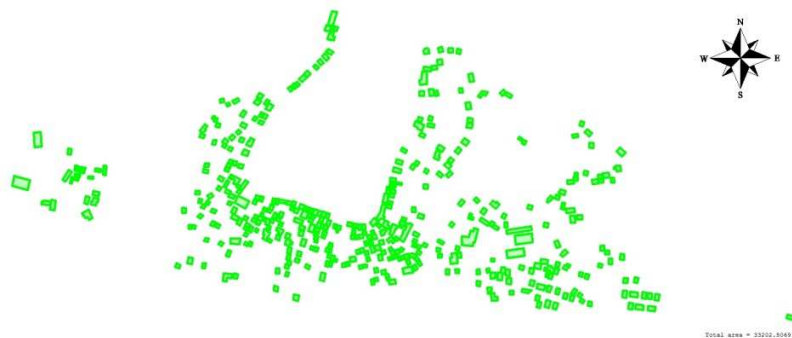


Εικόνα 27: Αεροφωτογραφία Καστελλόριζο. Πηγή (Google Earth)



Εικόνα 28: Αεροφωτογραφία Καστελλόριζο. Πηγή (Google Earth)

Αφού έγινε καταγραφή κάθε κτιρίου μέσω Google Earth (ηλεκτρονικός χάρτης) όπως φαίνεται στη παραπάνω εικόνα, εξήχθησαν τα δεδομένα σε μορφή .kmz και έγινε μετατροπή μέσω του προγράμματος Global Mapper σε αρχείο .dwg, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση των επιφανειών μέσω του προγράμματος Autocad όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 29: Εικόνα από το πρόγραμμα Autocad.

Το άθροισμα της ολικής στεγασμένης επιφάνειας αντιστοιχεί σε **33203m²**. Τα σπίτια θα θεωρηθούν ότι αποτελούνται από ισόγειο και πρώτο όροφο αντίστοιχα. Η ολική κλιματιζόμενη επιφάνεια (**A**) αντιστοιχεί με την διπλασία τιμή από αυτή που βρήκαμε: **A = 33203 * 2 = 66406m²**.

4.1.2. Υπολογισμός των αναγκών θέρμανσης

Για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης (kWh/m^2) θα χρησιμοποιηθεί η μέση ετήσια τιμή των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης. Επισημαίνω ότι αυτή η μέθοδος δεν θα αντιπροσωπεύει απολυτά την ζήτηση ενέργειας για όλα τα κτίρια.

Ο συντελεστής θέρμανσης (T_θ) μας δείχνει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και αντιστοιχεί στα ($40kWh/m^2 \text{ year}$) αντίστοιχα έχουμε και τον συντελεστή ψύξης (T_ψ) που μας δείχνει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο για την κάλυψη των αναγκών ψύξης και αντιστοιχεί στα ($25kWh/m^2 \text{ year}$)

Το γινόμενο της επιφάνειας και του συντελεστή θέρμανσης - ψύξης μας δίνει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση όλου του νησιού.

Απαιτούμενο θερμικό φορτίο για να κάλυψη τις ανάγκες θέρμανσης (Q_θ):

$$Q_\theta = T_\theta * A = 40 \frac{kWh}{m^2 \text{ year}} * 66406m^2 = 2656240 \frac{kWh}{year} = 2656,24 \frac{MWh}{year}$$

Ποσότητα βιομάζας (ευκάλυπτο) που απαιτείται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης:

$$m = \frac{Q_\theta}{n_\theta * Hu} = \frac{2656240 \frac{kWh}{year} * 3,6 \frac{MJ}{kWh}}{0,75 * 18 \frac{MJ}{kg}} = 708331 \frac{kg}{year} = 708,331 \frac{T}{year}$$

$$(1kWh = 3600kJ = 3,6MJ)$$

όπου:

$n_\theta \rightarrow$ βαθμός απόδοσης του λέβητα

Απαιτούμενη έκταση για την καλλιέργεια της βιομάζας:

$$A_{καλ.} = \left(\frac{m}{m'} \right) = \frac{708,331 \frac{T}{year}}{10 \frac{T}{στρέμματα}} = 70,8 \frac{στρέμματα}{year} \approx 71 \frac{στρέμματα}{year}$$

Ποσότητα Pellets που απαιτείται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης:

$$m = \frac{Q_{\theta}}{n_{\theta} * Hu_{Pellets}} = \frac{2656240 \frac{kWh}{year} * 3,6 \frac{MJ}{kWh}}{0,75 * 20 \frac{MJ}{kg}} = 637497,6 \frac{kg}{year} = 637,5 \frac{T}{year}$$

Ποσότητα πετρελαίου (Ντίζελ) που απαιτείται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης:

$$m = \frac{Q_{\theta}}{n_{\theta} * Hu_{Ντίζελ}} = \frac{2656240 \frac{kWh}{year} * 3,6 \frac{MJ}{kWh}}{0,75 * 40,2 \frac{MJ}{liter}} = 317163 \frac{liter}{year}$$

Τιμές καυσίμων :

Τιμή πετρελαίου θέρμανσης για τα Δωδεκάνησα

Η τιμές για πετρέλαιο θέρμανσης κυμαίνονται από **0,90** έως **0,94 € / liter** η μέση τιμή αντιστοιχεί στα **0,92€/liter**

Τιμή για τα Pellets

Το πέλλετ (Pellet) διατίθεται σε συσκευασίες των **15 κιλών** που κοστίζει **2,85 €** σε παλέτα **77 σάκων (11,55 κιλών)** που κοστίζει **219,45 €** και χύμα τα **1.000 κιλά** προς **166,60 €** το οποίο είναι φθηνότερο γιατί δεν υπάρχουν έξοδα συσκευασίας. Μια μέση τιμή κόστους για τα πελλετς στην αγορά είναι **0.19 €/kg**.

4.1.3. Υπολογισμός κόστος καυσίμου

Ντίζελ

$$\text{Κόστος καυσίμου}_{Ντίζελ} = m * c = 317163 \frac{liter}{year} * 0,92 \frac{€}{liter} = 291790 \frac{€}{year}$$

όπου:

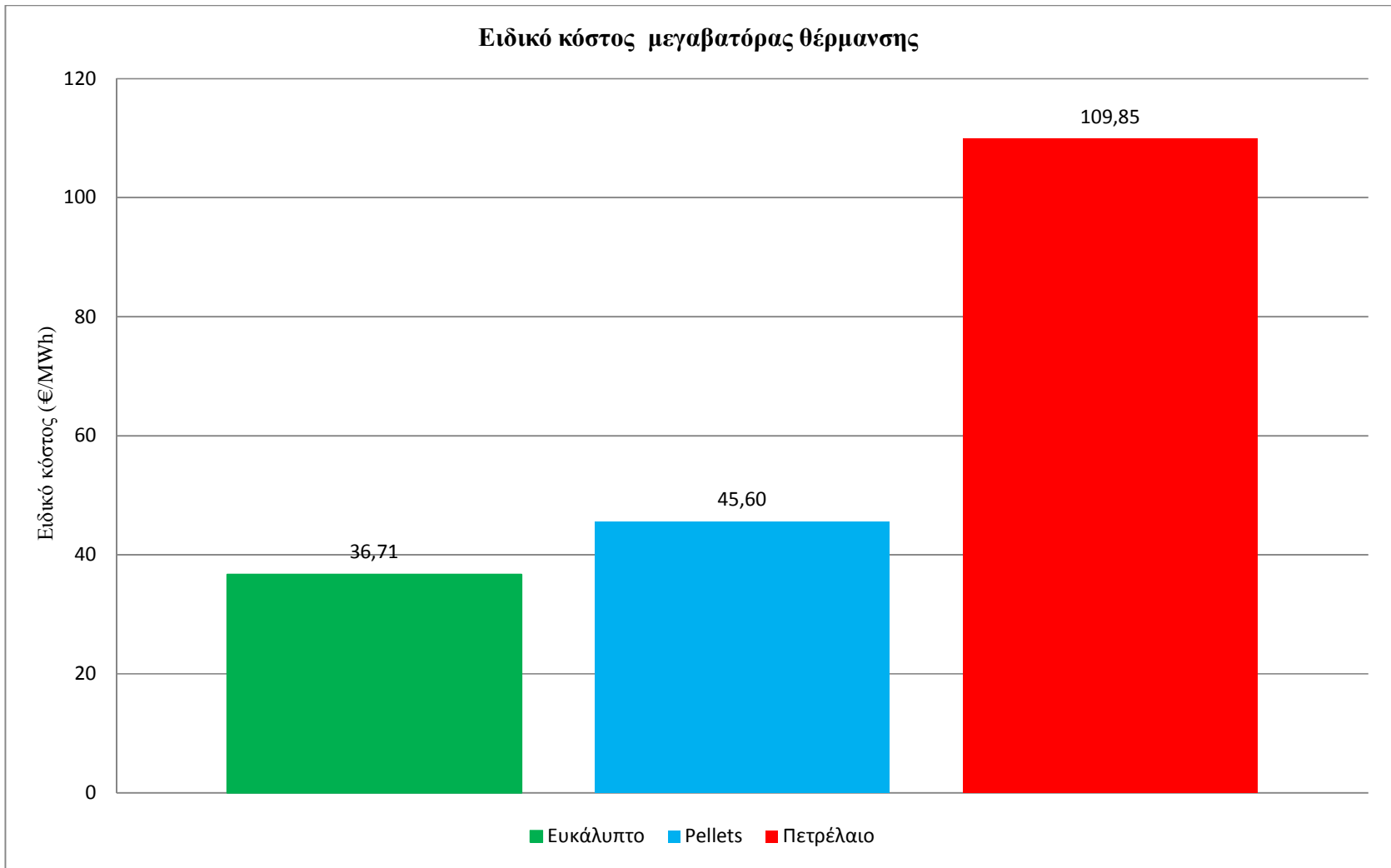
c είναι η τιμή του καυσίμου.

Pellet

$$\text{Κόστος καυσίμου}_{Pellet} = m * c = 637497,6 \frac{kg}{year} * 0,19 \frac{€}{kg} = 121125 \frac{€}{year}$$

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ					
Είδος καυσίμου	Απαιτούμενο θερμικό φορτίο (MWh/year)	Ποσότητα καυσίμου	Τιμή καυσίμου (€)	Κόστος καυσίμου (€)	Ειδικό κόστος (€/MWh)
Πετρέλαιο	2656,24	317163lt	0,920	291790,00	109,85
Pellets		637498kg	0,190	121125,00	45,60
Ευκάλυπτο		708331kg	0,137	97520,00	36,71
Στεγασμένη Επιφάνεια					66406m ²
Μέση Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας Θ.					40kWh/m ² year
Απαιτούμενη Έκταση Καλλιέργειας					71 στρέμματα
Ετήσιες Δαπάνες					97.520,00 €
Ετήσιο Οικονομικό Όφελος					194.270,00 €
Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής					1,8 έτη

Πίνακας 6: Δείχνει στοιχεία από την καλλιέργεια ευκαλύπτου

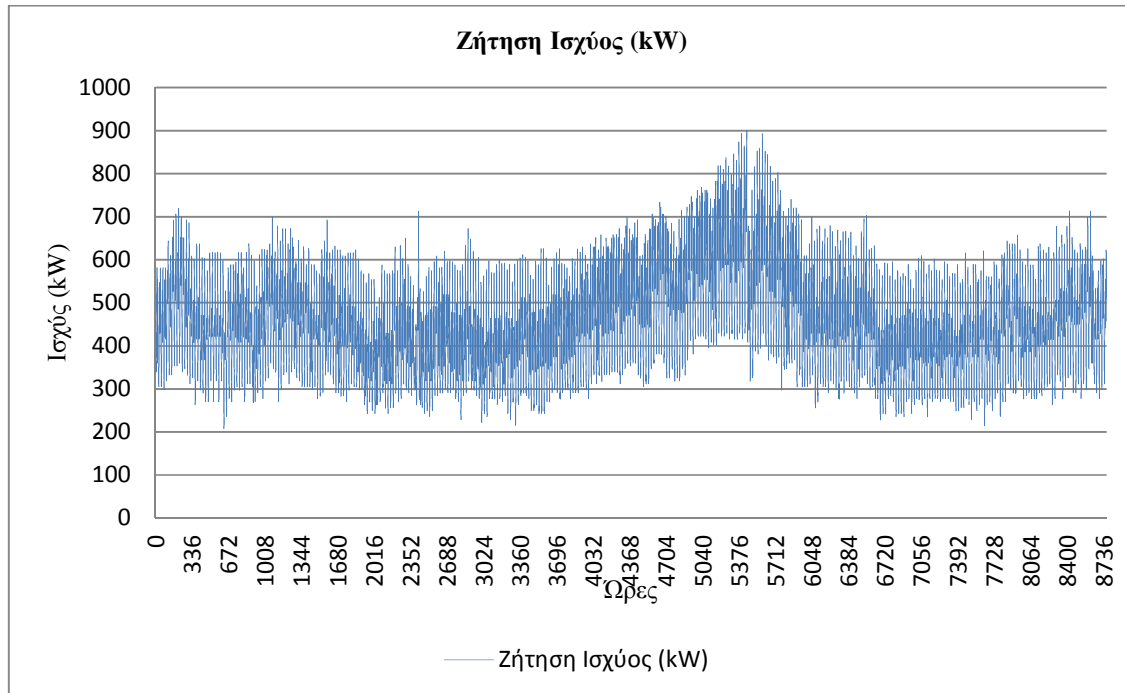


Διάγραμμα 7: Μας δείχνει το ειδικό κόστος μεγαβατόρας θέρμανσης του κάθε καυσίμου

4.2. Υπολογισμός αντλησηοταμιευτήρα

4.2.1. Παρουσίαση δεδομένων

Καμπύλη ζήτησης ισχύος του Καστελλόριζου



Διάγραμμα 8: Προσαρμοσμένη Ωριαία ζήτηση ισχύος από το Άγιος Ευστράτιος.

Παρατηρούμε ότι την περίοδο του καλοκαιριού η ζήτηση αυξάνεται ραγδαία το οποίο είναι συνήθης φαινόμενο για τα νησιά της Ελλάδος επειδή ο πληθυσμός του νησιού μεγαλώνει τους καλοκαιρινούς μήνες ως συνέπια να αυξάνονται και η ενεργειακές ανάγκες.

Μέγιστη ετήσια ζήτηση ισχύος **900kW**

Ετήσια ζήτηση ενέργειας **3948918kWh = 3948,9MWh**

Η διαστασιολόγηση του ενεργειακού συστήματος θα γίνει με βάση τις τιμές της ζήτησης ισχύος και τις νομολογικές μετρήσεις του τόπου για κάθε ώρα ενός ολόκληρου έτους.

Επίσης για να υπάρχει μία βάση για την συνέχεια της μελέτης θα κάνουμε μια αρχική διαστασιολόγηση με τα εξής χαρακτηριστικά:

Μεγίστη ζήτηση **900kW**

Ονομαστική ισχύς ανεμογεννήτριας **330 kW**

Αριθμός ανεμογεννητριών $\frac{900kW}{330kW} = 3 \text{ A} / \Gamma$

Θα χρησιμοποιηθούν αρχικά 3 A/Γ τύπου E33 ισχύος 330 kW_p/A/Γ

4.2.2. Διαδικασία υπολογισμού-διαστασιολόγηση

- Υπολογισμός μεγίστης παροχής υδροτροβίλου (TURBINE)

$$Q_T = \frac{P_T}{\rho * g * H * n_T} \rightarrow \left(\frac{m^3}{sec} \right)$$

- Υπολογισμός μεγίστης παροχής Αντλιών (PUMP)

$$Q_P = \frac{P_P * n_P}{\rho * g * H} \rightarrow \left(\frac{m^3}{sec} \right)$$

- Υπολογισμός απωλειών ροής

$$h_f = f * \frac{L}{D^5} * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * g}$$

όπου:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 * \log \left(\frac{1}{\epsilon_s} \right) + 1.14 = 3.14$$

$$f = \left(\frac{1}{3.14} \right)^2 = 0.101$$

- Τύπος υπολογισμού όγκου νερού που αφαιρείται από την δεξαμενή

$$V_T = \frac{P_T * t}{n_T * \rho * g * (H - h_{fT})} \rightarrow (m^3)$$

- Τύπος υπολογισμού όγκου νερού που προστίθεται στην δεξαμενή

$$V_P = \frac{P_P * t * n_P}{\rho * g * (H + h_{fP})} \rightarrow (m^3)$$

4.2.3. Υπολογισμός διαμέτρου, απωλειών ροής-διαθέσιμων υψών υδατόπτωσης

1. Παροχή υδροστροβίλου:

$$Q_T = \frac{P_{T,max}}{\rho * g * H * n_T} = \frac{1000kW * 10^3 \frac{W}{kW}}{1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{sec^2} * 160M.Y.S. * 0,85} = 0,749 \frac{m^3}{sec}$$

2. Παροχή αντλίας:

$$Q_P = \frac{P_P * n_P}{\rho * g * H} = \frac{2000kW * 10^3 \frac{W}{kW} * 0,7}{1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{sec^2} * 160M.Y.S.} = 0,892 \frac{m^3}{sec}$$

3. Απώλειες ροής – διάμετρος αγωγού

Αρχίζουμε και βάζουμε διαμέτρους (D) από 0,5 m έως 2m και βρίσκουμε τις απώλειες ροής ανόδου και τις απώλειες ροής καθόδου. Στην συνέχεια με αυτές τις τιμές των απωλειών και τις αντίστοιχες διαμέτρους φτιάχνουμε το διάγραμμα απωλειών. μέση Ωριαία ταχύτητα ανέμου

- Γενικός τύπος υπολογισμού των απωλειών:

$$h_f = f * \frac{L}{D^5} * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * g}$$

οπού:

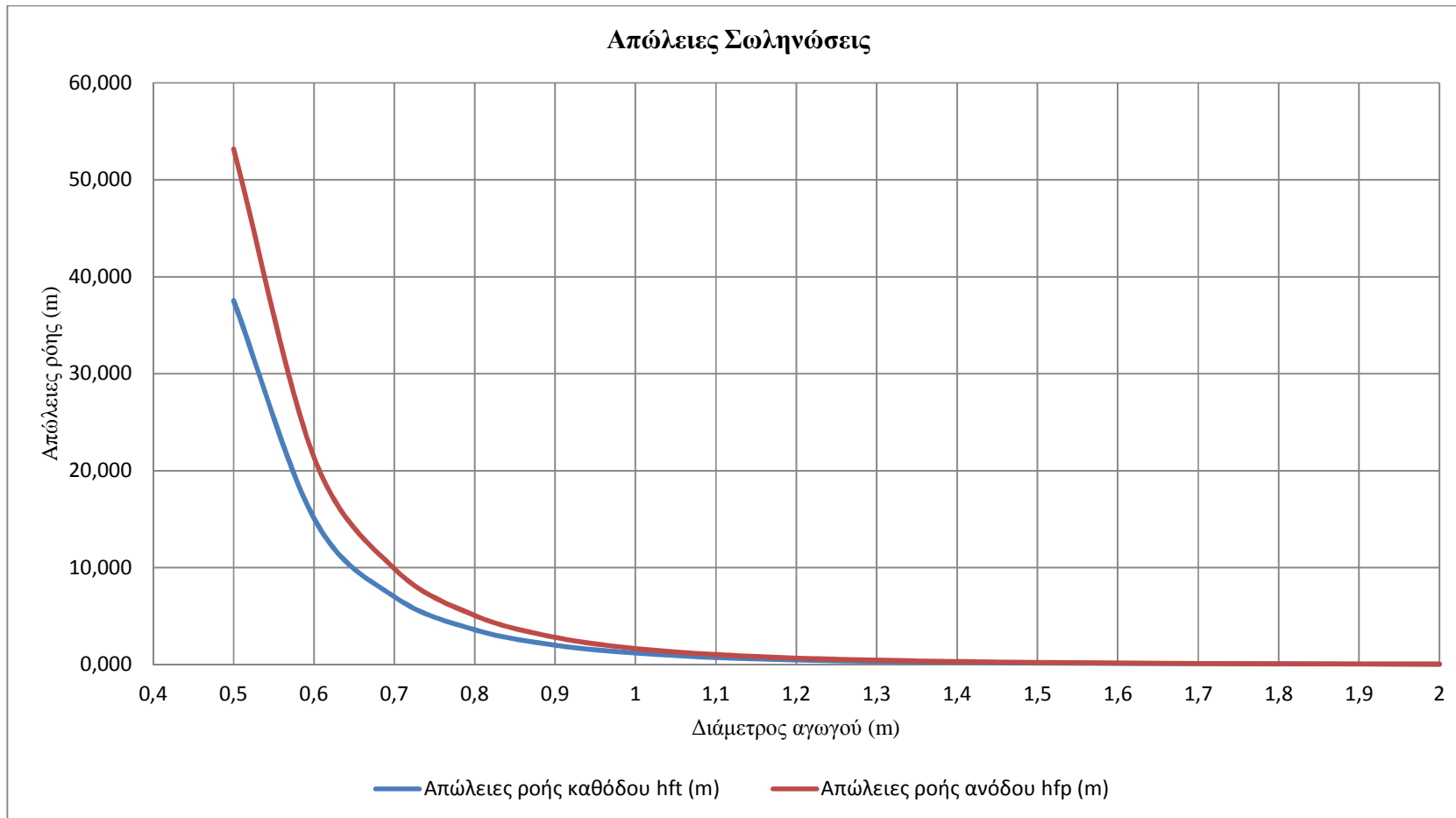
$$f = 0,101$$

- Απώλειες ροής ανόδου:

$$h_{f_p} = f * \frac{L}{D^5} * \frac{8 * Q_P^2}{\pi^2 * g} = 0,101 * \frac{250m}{(0,7m)^5} * \frac{8 * \left(0,892 \frac{m^3}{sec}\right)^2}{3,14^2 * 9,81 \frac{m}{sec^2}} = 9,886M.Y.S.$$

- Απώλειες ροής καθόδου:

$$h_{f_r} = f * \frac{L}{D^5} * \frac{8 * Q_T^2}{\pi^2 * g} = 0,101 * \frac{250m}{(0,7m)^5} * \frac{8 * \left(0,749 \frac{m^3}{sec}\right)^2}{3,14^2 * 9,81 \frac{m}{sec^2}} = 6,981M.Y.S.$$



Διάγραμμα 9: Γραμμικές απώλειες σωλήνας

Διάμετρος σωλήνα: Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει από το παραπάνω διάγραμμα απωλειών. Επιλέγουμε την διάμετρο στην οποία οι απώλειες ροής καθόδου είναι μικρότερες από το 5% του υψόμετρου (H).

$$5\% * H = 0,05 * 160m = 8m$$

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα μικρό τμήμα του πίνακα Διαμέτρου αγωγού – Απωλειών ροής και όπως βλέπουμε η διάμετρος στην οποία οι απώλειες ροής καθόδου είναι κάτω από τα 16m αντιστοιχούν σε διάμετρο

Διάμετρος αγωγού (m)	Απώλειες ροής καθόδου h _{ft} (m)	Απώλειες ροής ανόδου h _{fp} (m)
0,5	37,545	53,168
0,6	15,089	21,367
0,7	6,981	9,886
0,8	3,581	5,071
0,9	1,987	2,814
1	1,173	1,662
1,1	0,729	1,032
1,2	0,472	0,668
1,3	0,316	0,447
1,4	0,218	0,309
1,5	0,155	0,219
1,6	0,112	0,158
1,7	0,083	0,117
1,8	0,062	0,088
1,9	0,047	0,067
2	0,037	0,052

Πίνακας 7: Διαμέτρου αγωγού – Απωλειών ροής

Όποτε επιλέγουμε:

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$h_{fp} = 9,886 \text{ m}$$

$$h_{ft} = 6,981 \text{ m}$$

4. Διαθέσιμο ύψος υδατόπτωσης

Το μανομετρικό ύψος του στροβίλου θα είναι το:

$$H_T = H - h_{ft} = 160 - 6,981 = 153,02m$$

Αντλίας :

$$H_P = H + h_{fp} = 160 + 9,886 = 169,89m$$

4.2.4. Αποτελέσματα διαστασιολόγηση

Ονομαστική ισχύς

Αιολικό πάρκο: **1,98 MW_P (6 Α/Γ)**

Υδροστρόβιλος: **1 MW_P**

με παροχή **0,540 m³/sec**, μανομετρικό **153,02 m** και βαθμό απόδοσης **85 %**

Αντλία: **2 MW_P**

με παροχή **0,829 m³/sec**, μανομετρικό **169,89 m** και βαθμό απόδοσης **70%**

Θερμοηλεκτρικά: **1 MW_P**

Βαθμός αποδόσεις αντλησιοταμιευτήρα: **50,65%**

Ετήσια παραγωγή ενέργειας

Αιολικό πάρκο: **5045,87 MWh**

Υδροστρόβιλος: **1433,137,736 MWh**

Αντλία: **2674,134 MWh**

Θερμοηλεκτρικά: **1245,126 MWh**

Συντελεστής απασχόλησης αιολικού πάρκου: **29,09 %**

$$\frac{E_{\text{παρ.}}}{P_{P(A/G)} * T} = \frac{5045870kWh}{330kW * 8760h} * 100 = 29,09\%$$

Αποθήκευση ενέργειας

Αποθηκεύονται ετήσια: **V = 4043496,3 m³** νερού τα οποία αν τα εκμεταλλευτεί ο υδροστρόβιλος θα δώσουν ενέργεια:

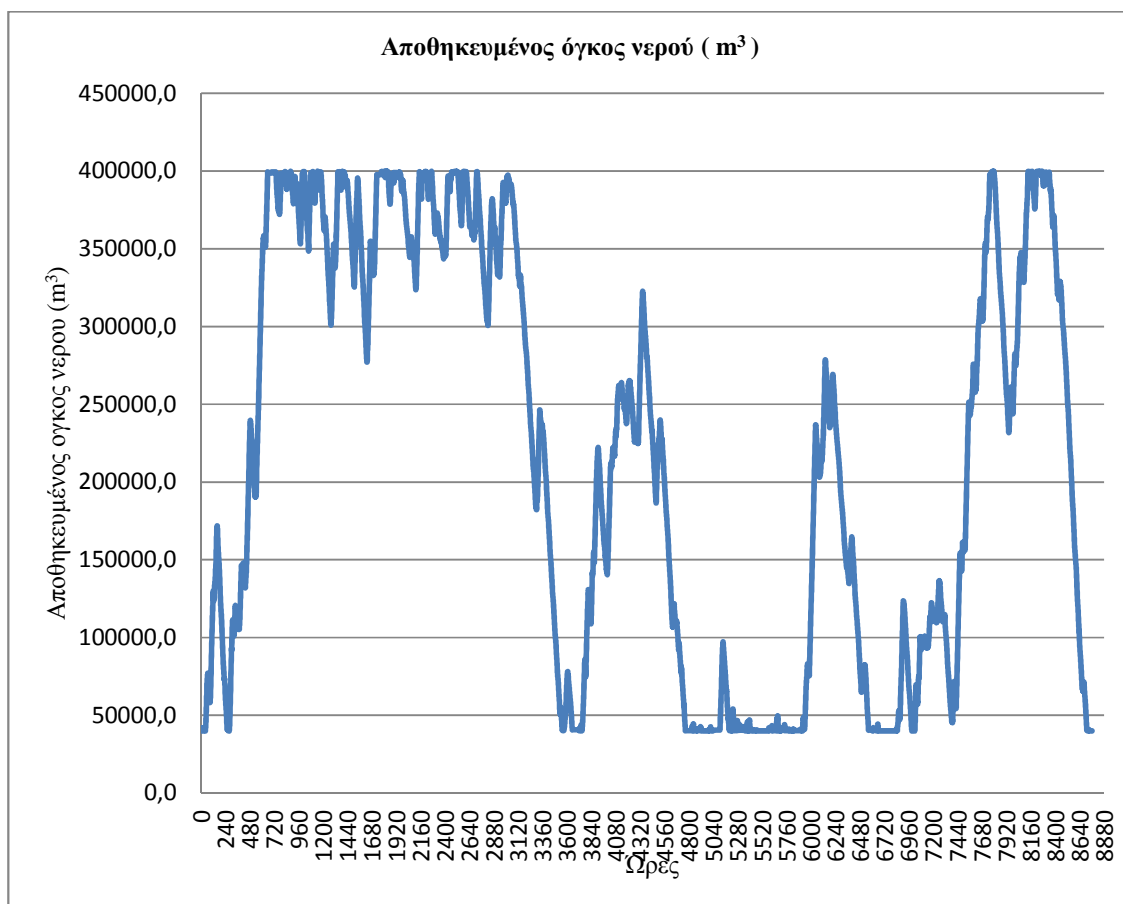
$$P = \rho * g * H_T * Q * n_T$$

Πολλαπλασιάζω και τα δύο μέλη της εξίσωσης με το χρόνο **t**

$$P * t = \rho * g * H_T * Q * n_T * t$$

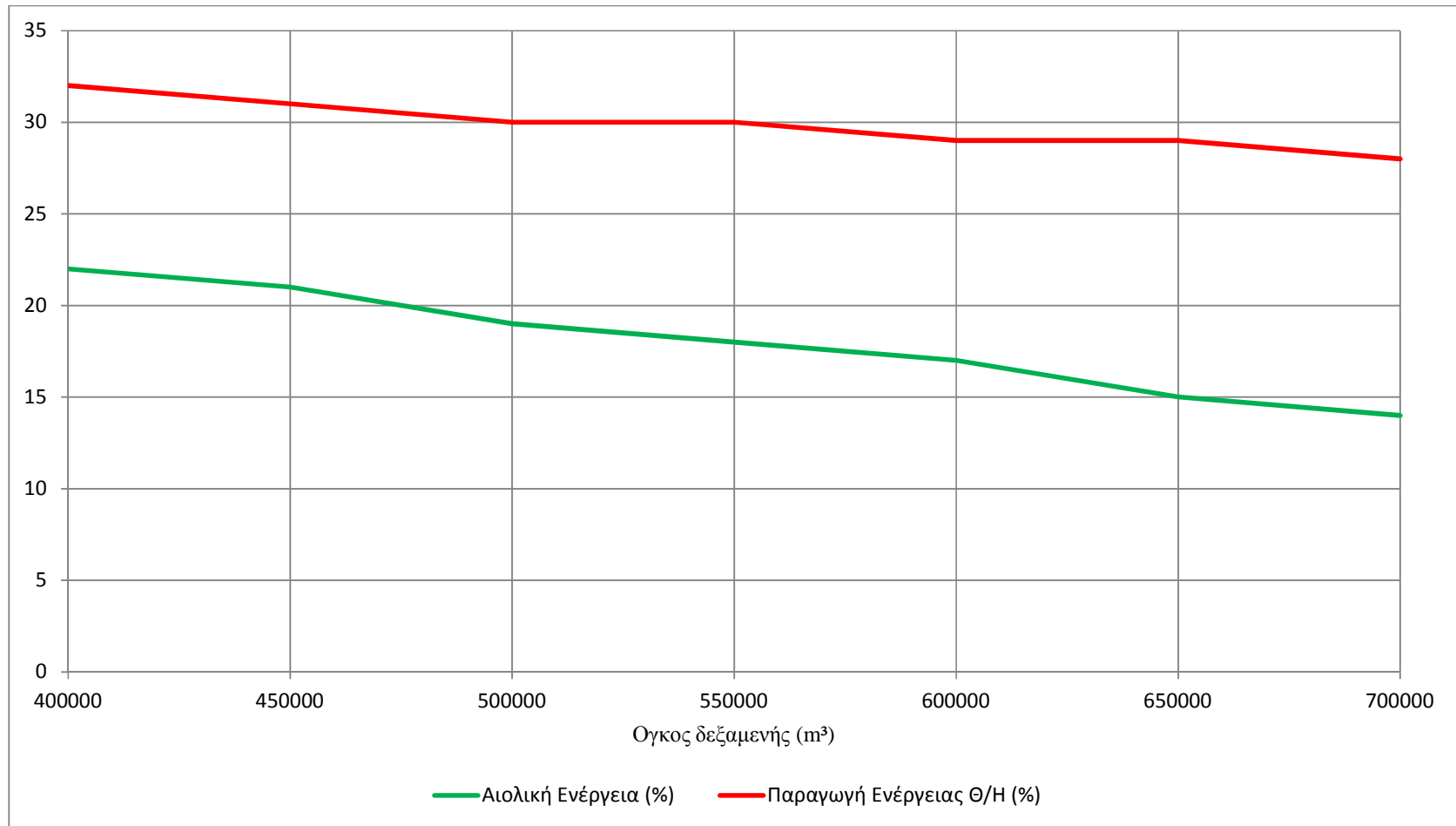
Γνωρίζουμε όμως ότι **E = P * t** και **V = Q * t** οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$E = \rho * g * H_T * n_T * V$$



Διάγραμμα 10: Μας δείχνει το αποθηκευμένο όγκο νερού

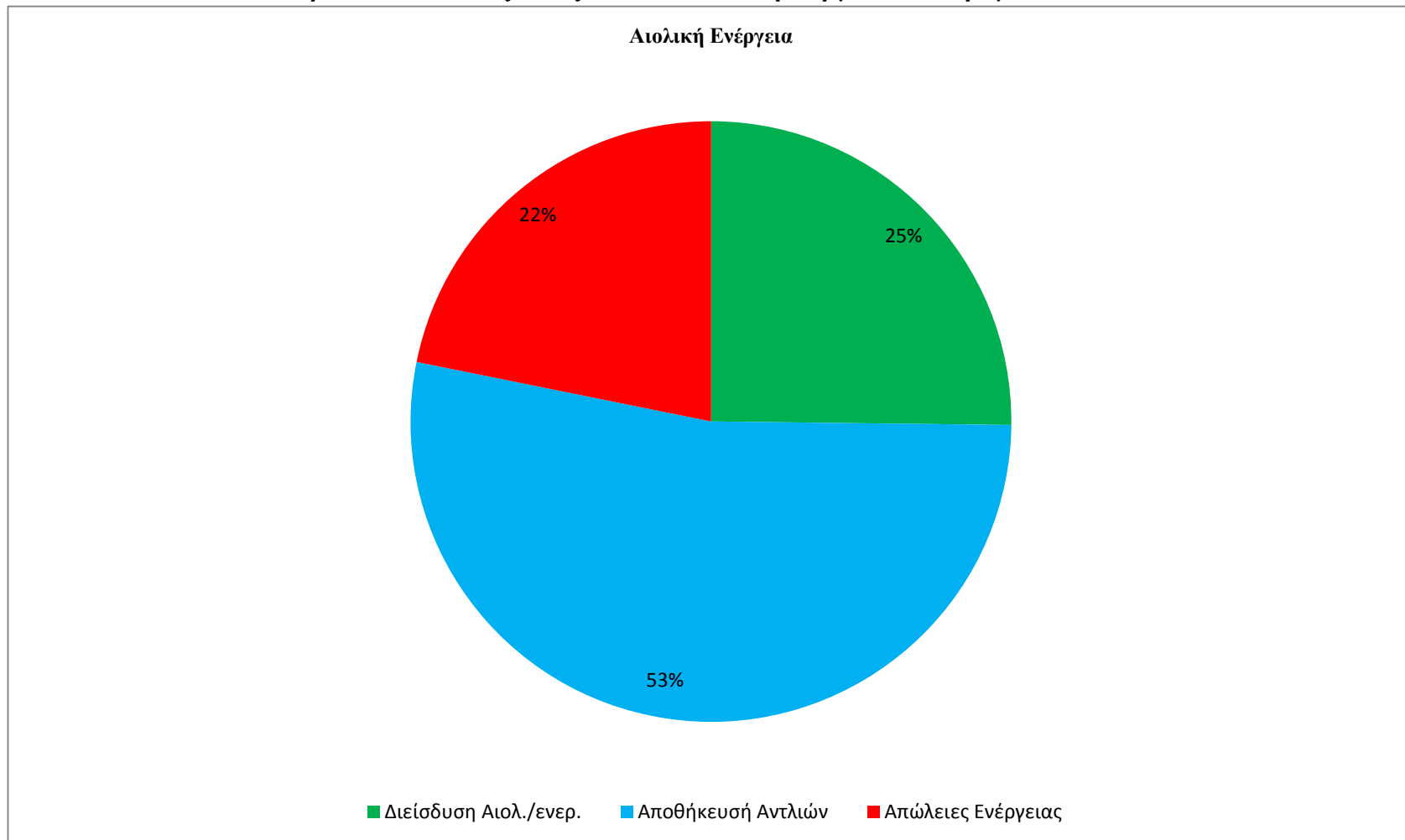
Η μέγιστη τιμή της γραφικής απεικόνισης της αποθηκευμένης ποσότητας νερού κατά τη διάρκεια του χρόνου αποτελεί μία ένδειξη για τον απαιτούμενο όγκο της άνω δεξαμενής. Και τούτο γιατί η μέγιστη αυτή στιγμή σε μεγάλο βαθμό μπορεί να θεωρηθεί τυχαία, και εξαρτάται από τη χρονική συσχέτιση των καμπυλών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής από αιολικά πάρκα. Ο μέγιστος δυνατός απαιτούμενος όγκος της άνω δεξαμενής προκύπτει στη δυσμενέστερη μη ρεαλιστική περίπτωση που όλη η αντλούμενη ποσότητα νερού αντληθεί συνεχόμενα χωρίς να παρεμβληθεί καθόλου κατανάλωση νερού για παραγωγή από υδροστρόβιλους. Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται η διακύμανση μέσα στο χρόνο της αποθηκευμένης ποσότητας νερού στην άνω δεξαμενή. Παρατηρούμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση της ενέργειας είναι πολύ μεγάλη έχουμε πολύ απότομες μεταβολές της στάθμης της δεξαμενής. Ένας από του λογούς είναι ότι αυτή την εποχή το αιολικό δυναμικό δεν είναι και πολύ καλό.



Διάγραμμα 11: Μας δείχνει το ποσοστό λειτουργίας των **Θ/Η** και την **χαμένη αιολική ενέργεια** σε σχέση με το όγκο της δεξαμενής.

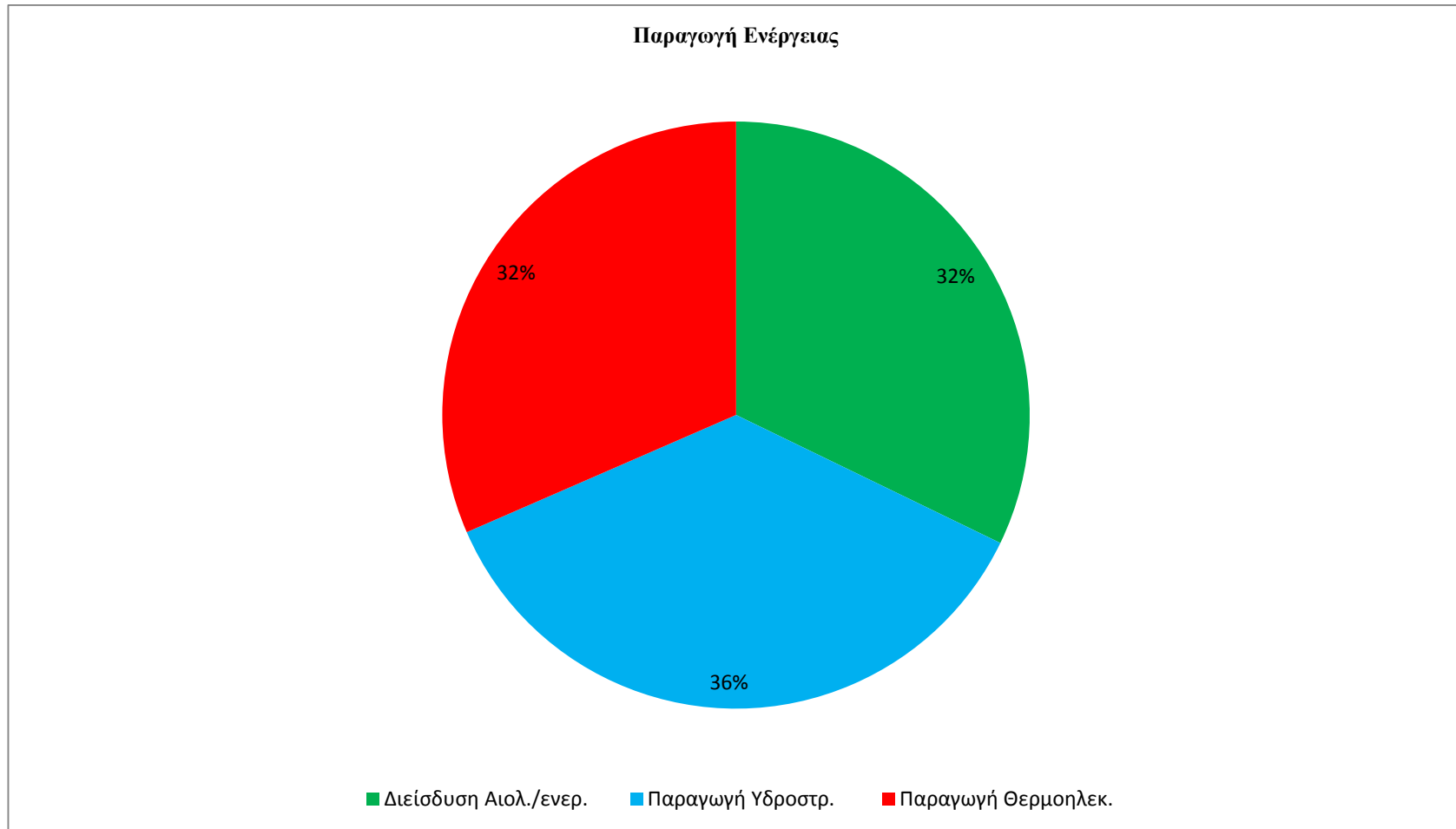
Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα η σημασία του μεγέθους της δεξαμενής και τη σημαντικό ρόλο παίζει στη διεύθυνση της αιολικής ενέργειας αλλά και στη σημαντική μύωση της λειτουργίας των Θ/Η.

Το παρακάτω απεικονίζει πως καταναλώνεται η ενέργεια που παράγουν τα αιολικά.



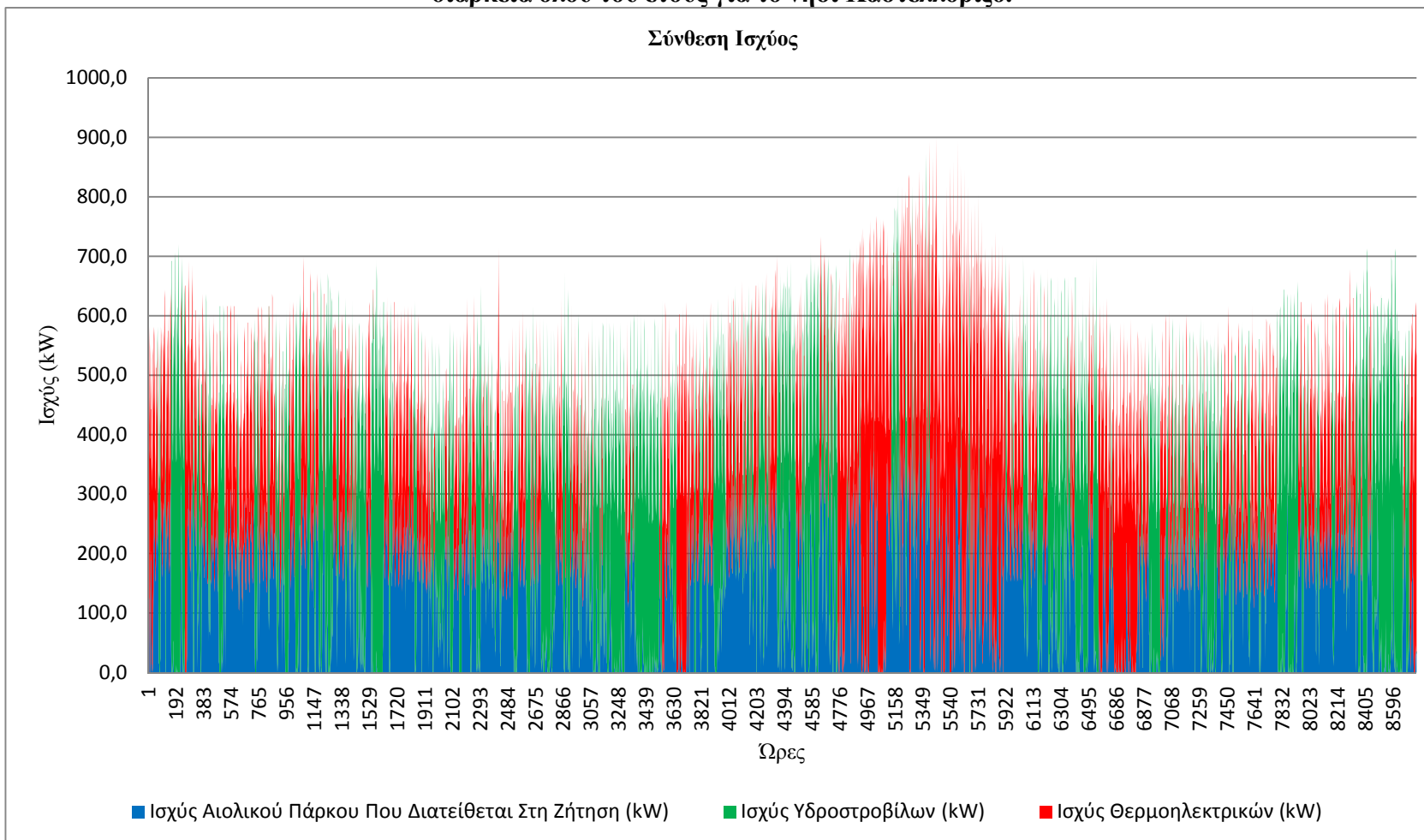
Διάγραμμα 12: Απεικονίζει πως καταναλώνεται η ενέργεια που παράγουν τα αιολικά.

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει το ποσοστό συμμετοχής στην παράγωγή της ενέργειας για κάθε σύστημα παράγωγης ενέργειας.



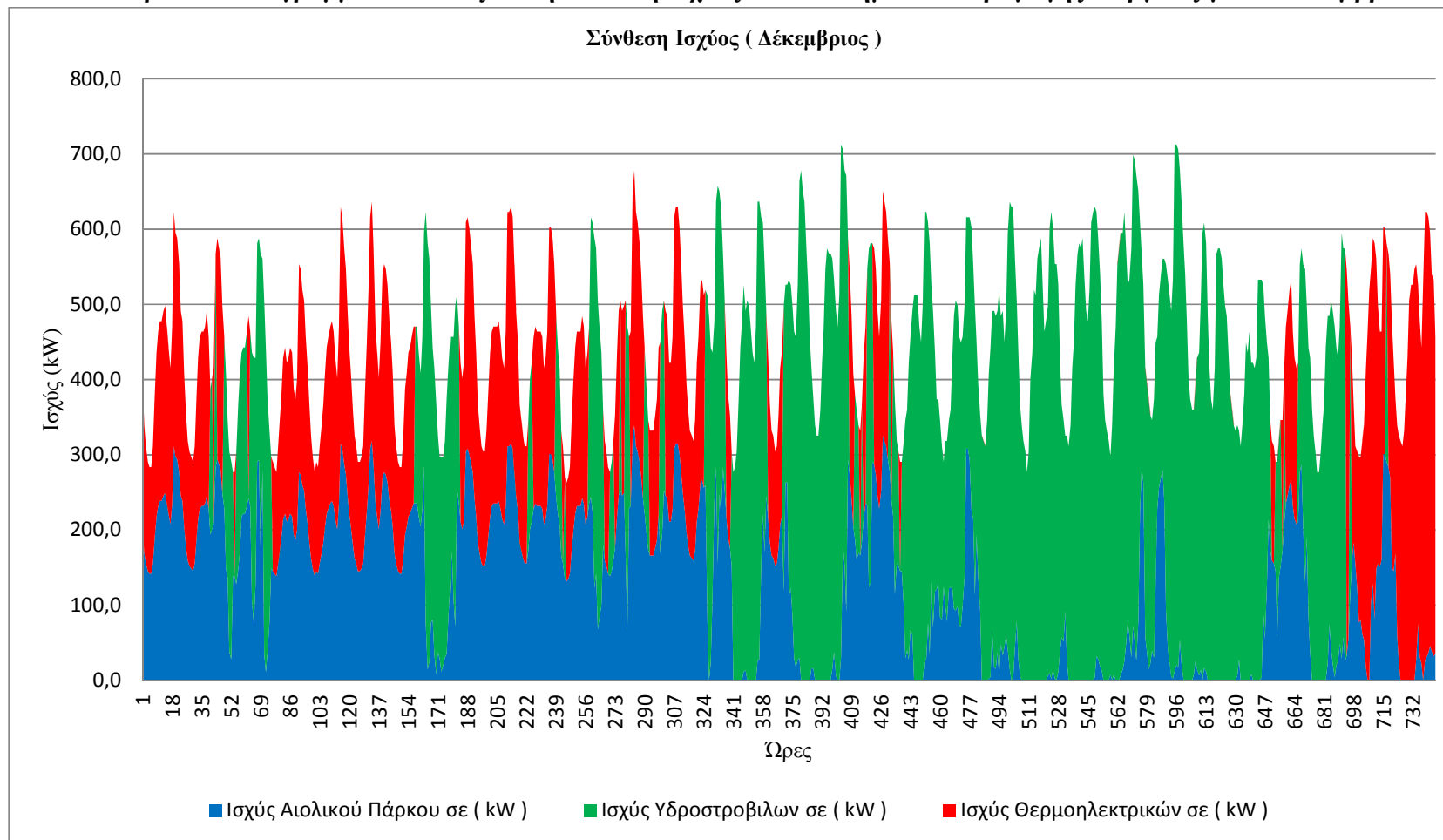
Διάγραμμα 13: Το ποσοστό συμμετοχής της κάθε παραγόμενης ενέργειας

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η βέλτιστη σύνθεση ισχύος των συστημάτων παραγωγής ενέργειας κατά την διάρκεια όλου του έτους για το νησί Καστελλόριζο.



Διάγραμμα 14: Μας δείχνει το ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε μορφή ενέργειας στη κατανάλωση

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η σύνθεση ισχύος των συστημάτων παραγωγής ενέργειας για το Δεκέμβριο.



Διάγραμμα 15: Σύνθεση ενεργειακή παραγωγής από 1-12-2010 έως 31-12-2010 με σύστημα αιολικών πάρκων και αντλησηοταμιευτήρων.

Βάρος σωλήνα

Είδος χάλυβα	Όριο θραύσης (Υψόμετρο	Υδροστατική πίεση	Πάχος σωλήνα (mm)		Βάρος σωλήνας (kg)	
st37	405	100	1275300	4,7	5	13554	
		160	2040480	6,3	10	16451	
Ειδικό βάρος του νερού g (N/m ³)	9810					Συνολο	30005
Ειδικό βάρος του χάλυβα ρ (kg/m ³)	7850						
Διάμετρος αγωγού d (mm)	700						
Μήκος αγωγού L (m)	250						
Τμήμα σωλήνα (m) ανα 100m υψόμετρο							
L1	156						
L2	94						

Πίνακας 8: Στοιχεία υπολογισμού για τα τμήματα του σωλήνα

Για τον υπολογισμό του πάχους σωλήνα.

$$e = \frac{d * P_{\max}}{2 * k_2 * \left(\frac{\sigma_{\max}}{k_1} \right)} + e_1 + e_2$$

όπου:

d είναι η διάμετρος του αγωγού

σ_{\max} είναι το όριο διαρροής

k_1 είναι συντελεστής ασφάλειας και ισούται με 1,7

k_2 είναι ο συντελεστής συγκόλλησης και ισούται με 0,7

$$P_{\max} = 1,3 * P_{\nu\delta\rho} = 1,3 * (\rho * g * H)$$

e_1 και e_2 είναι συντελεστές προσαύξησης (1mm)

4.2.5. Υπολογισμός ποσότητας καυσίμου

Ντίζελ

Ετήσια ποσότητα καυσίμου :

$$\text{Ποσότητα καυσίμου}_{\text{Nτίζελ}} = \frac{\text{Ετήσια ζήτηση ενέργειας}}{n_{\theta} * H_{u_{\text{Nτίζελ}}}} = \frac{3948918 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} * 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}}}{\left(0,35 * 40,2 \frac{\text{MJ}}{\text{liter}}\right)} =$$
$$= 1.010.384 \frac{\text{liter}}{\text{year}}$$

οπού :

n_{θ} είναι ο βαθμός απόδοσης των θερμοηλεκτρικών μονάδων.

Κόστος καυσίμου

$$\text{Κόστος καυσίμου}_{\text{Nτίζελ}} = m * c = 1.010.384 \frac{\text{liter}}{\text{year}} * 0,92 \frac{\text{€}}{\text{liter}} = 929.553,41 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

οπού :

m είναι η καταναλωμένη ποσότητα καυσίμου ετησίως.

Ειδικό κόστος κιλοβατώρας Ντίζελ:

$$\text{Ειδικό κόστος κιλοβατώρας} = \frac{\text{Κόστος καυσίμου}_{\text{Nτίζελ}}}{\text{Ετήσια ζήτηση ενέργειας}} = \frac{929.553,28 \frac{\text{€}}{\text{year}}}{3948918 \frac{\text{kWh}}{\text{year}}} =$$
$$= 0,24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

4.2.6. Υπολογισμός ποσότητας καυσίμου μετά την επένδυση των Α.Π.Ε.

$$\text{Ποσότητα καυσίμου}_{\text{Nτιζελ}} = \frac{\text{Ποσοστό λειτουργίας} * \text{Ετήσια ζήτηση ενέργειας}}{n_{\theta} * Hu_{\text{Nτιζελ}}} =$$
$$= \frac{0,32 * 3948918 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} * 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}}}{\left(0,35 * 40,2 \frac{\text{MJ}}{\text{liter}}\right)} = 323.322,92 \frac{\text{liter}}{\text{year}}$$

Κόστος καυσίμου

$$\text{Κόστος καυσίμου}_{\text{Nτιζελ}} = m * c = 323.322,92 \frac{\text{liter}}{\text{year}} * 0,92 \frac{\text{€}}{\text{liter}} = 297.457,09 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

Ετήσιο Οικονομικό Όφελος

$$929.553,41 \frac{\text{€}}{\text{year}} - 297.457,09 \frac{\text{€}}{\text{year}} = 632.096,32 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

ΑΝΑΓΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Μέγιστη Ετήσια Ζήτηση Ισχύος	900kW
Ετήσια Ζήτηση Ενέργειας	3948,9MWh
ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	
Παροχή Υδροστροβίλου	0,540 m ³ /sec
Παροχή Αντλίας	0,829 m ³ /sec
Υψόμετρο Δεξαμενής	160 m
Όγκος Δεξαμενής	300000 m ³
Μήκος Αγωγού	250 m
Διάμετρος Αγωγού	0,6 m
Απώλειες Ροής Καθόδου	7,822 m
Απώλειες Ροής Ανόδου	18,476 m
Βαθμός Αποδόσης Αντλησηοταμιευτήρα	59%
ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ	
Συντελεστής Απασχόλησης	29,09%
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΗΧΑΝΩΝ	
Αιολικό Πάρκο	1,98 MW _P (6 Α/Γ)
Υδροστρόβιλος	1 MW _P
Αντλία	2 MW _P
Θερμοηλεκτρικά	1 MW _P
ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Αιολικό Πάρκο	5045,87 MWh
Υδροστρόβιλος	1339,736 MWh
Θερμοηλεκτρικά	968,251 MWh
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
Ετήσια Ποσότητα Καυσίμου	1010384 liter/year
Κόστος Καυσίμου	929.553,41 €
Ειδικό Κόστος Κιλοβατώρας Ντίζελ	0,24 (€/kWh)
Ποσότητα Καυσίμου Μετά	242492 liter/year
Κόστος Καυσίμου	223.092,82 €
Ετήσιο Οικονομικό Όφελος	706.460,59 €

Πίνακας 9: Δείχνει στοιχεία από την εγκατάσταση του αντλησηοταμιευτήρα

Παράρτημα

- I. Οικονομική μελέτη για την περίπτωση της βιομάζας (ευκάλυπτο)**

- II. Γραφήματα απεικόνισης κατανομών WEIBULL των ανεμολογικών δεδομένων**

- III. Οικονομική μελέτη του αντλησηοταμιευτήρα**

Παράρτημα Ι

Οικονομική μελέτη για την περίπτωση της βιομάζας (ευκάλυπτο)

Οικονομική μελέτη για την περίπτωση της βιομάζας (ευκάλυπτο)

ΑΚΕ: Αρχικό Κόστος Επένδυσης

Είναι η δαπάνη που καταβάλλει ο επενδυτής, κατά το χρόνο που πραγματοποιείται η επένδυση.

Κόστος εγκατάστασης:

$$71\text{στρέμματα} * 3.000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}} = 213000\text{€}$$

Κόστος εξοπλισμού:

Φορτωτή για κόψιμο και φόρτωμα, αξίας **60.000€**, τρέιλερ **10.000€** και χώρος ξήρανσης

$$25.000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}} \cdot$$

Σύνολο:

$$\text{ΑΚΕ} = 213000\text{€} + 60000\text{€} + 10000\text{€} + 25000\text{€} = 308000\text{€}$$

ΕΟΟ: Ετήσιο Οικονομικό Όφελος

$$\text{ΕΟΟ} = \text{ΕΕΔπριν} - \text{ΕΕΔμετά} = 291790\text{€} - 97520\text{€} = 194270\text{€}$$

όπου

ΕΕΔπριν: Ετήσια Ενεργειακή Δαπάνη πριν την επένδυση (€).

ΕΕΔμετά: Ετήσια Ενεργειακή Δαπάνη μετά την επένδυση (€).

$$\text{ΕΕΔπριν}_{\text{Nτιζέλ}} = 291790 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

$$\text{ΕΕΔμετά}_{\text{Ευκάλυπτο}} = 71\text{στρέμματα} * \left(1000 \frac{\text{€}}{\text{στρέμμα}} + 200 \frac{\text{m}^3}{\text{στρέμμα}} * 1 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right) + 12320\text{€} = 97520 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

ΕΛΔ: Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες

Στις ΕΛΔ περιλαμβάνονται οποιεσδήποτε επί πλέον δαπάνες προκαλούνται, λόγω της ύπαρξης του συστήματος; το οποίο αφορά την υπόψη επέμβαση, δηλαδή :

ΕΛΔ = Κόστος συντήρησης (2% - 7% του ΑΚΕ)

$$\text{ΕΛΔ} = 4\% * \text{ΑΚΕ} = 0,04 * 308000\text{€} = 12320\text{€}$$

d: Επιτόκιο αναγωγής (0 < d < 1)

Το επιτόκιο αυτό μπορεί να είναι:

- είτε επιτόκιο δανεισμού (ο επενδυτής καταβάλλει χρήματα που δανείσθηκε)
- είτε επιτόκιο καταθέσεων (ο επενδυτής κερδίζει χρήματα από οποιασδήποτε μορφής κατάθεσης)
- είτε επιτόκιο άλλης επένδυσης (ο επενδυτής προσδοκά κέρδος λόγω τοποθέτησης χρημάτων σε άλλη οικονομική δραστηριότητα).

Εάν ληφθεί υπόψη ετήσιος πληθωρισμός **i** τότε

Αποπληθωρισμένο επιτόκιο

$$r = \frac{(1+d)}{(1+i)} - 1 = \frac{d-i}{1+i} = \frac{0,155-0,05}{1+0,05} = 0,1$$

επιτόκιο δανεισμού 15,5 % , ετήσιος πληθωρισμός 5%

N: Χρόνος αποπληρωμής (έτη)

Ανάλογα με την περίπτωση, ο N μπορεί να είναι:

- Ο οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης, δηλαδή μία χρονική περίοδος εντός της οποίας ανακτάται το ΑΚΕ.
- Η (αναμενόμενη) χρονική διάρκεια της πραγματικής ζωής της επένδυσης.
- Η (εκτιμώμενη) χρονική διάρκεια, πέραν της οποίας ο βασικός εξοπλισμός της επένδυσης θα έχει ξεπεραστεί τεχνολογικά.

ΣΠΑ: Συντελεστής Παρούσας Αξίας (ή Συντελεστής Προεξόφλησης)

Αν σήμερα επενδυθεί ένα ποσό A, το άθροισμα κεφαλαίων και τόκων μετά από n περιόδους; (συνήθως έτη) θα είναι $M = A * (1+r)^n$.

Αντίστροφα, για να αποκτηθεί κατά το n έτος το ποσό αυτό M, πρέπει σήμερα να επενδυθεί ποσό ίσο με:

$$A = \frac{M}{(1+r)^n}$$

το οποίο λέγεται **παρούσα αξία** του μελλοντικού ποσού M.

Ορίζεται ο Συντελεστής Παρούσας Αξίας

$$\Sigma\text{ΠΑ}_n = \frac{1}{(1+r)^n}$$

Ο **ΣΠΑ_n** εκφράζει τη μείωση της αξίας του χρήματος (**ΣΠΑ < 1**)

EX_n: Ετήσια Χρηματορροή

Κατά την διάρκεια των N ετών, στην οποία αναφέρεται η επένδυση, υπάρχουν χρηματικές **εισροές-έσοδα** εξ αιτίας αυτής, αλλά και χρηματικές **καταβολές-έξοδα**. Η διαφορά τους είναι η ετήσια χρηματορροή EX_n, η οποία μπορεί και να μεταβάλλεται από έτος σε έτος. Έτσι, ανά έτος, θα έχουμε :

$$EX_n = EOO_n - E\Delta_n$$

ΠEX_n: Προεξοφλημένη Ετήσια Χρηματορροή

Για να υπολογισθεί η κάθε ετήσια χρηματορροή στο «σήμερα», πρέπει αυτή να αναχθεί σε παρούσα αξία, οπότε :

$$\text{ΠEX}_n = \Sigma\text{ΠΑ}_n * EX_n$$

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΚΑΘΑΡΑΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ

ΚΠΑ : Καθαρά Παρούσα Αξία

Αναγωγή στον παρόντα χρόνο (πραγματοποίησης της επένδυσης) όλων των μελλοντικών εξόδων και εσόδων (μετά από φόρους), δηλ. των χρηματοροών, για N έτη. **Είναι το ασφαλέστερο κριτήριο, με τα περισσότερα πλεονεκτήματα**

$$ΚΠΑ = -ΑΚΕ + \sum_{v=1}^{v=N} ΠΕΧ_v$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1: Σωστότερα, πρέπει να προστεθεί και η τυχόν (παρούσα αξία) εκποίησης **ΑΞΕ** (απομένουσα αξία), αν υπάρχει, δηλαδή το ποσό:

$$\frac{ΑΞΕ}{(1+r)^N}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2: Αν το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (ΕΟΟ) και οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες (ΕΛΔ) προβλέπονται σταθερές, στα N έτη, τότε και το Καθαρό Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (ΚΕΕΟ) θα είναι σταθερό, δηλ. **ΕΧ = ΚΕΕΟ = σταθ.**
Σ' αυτή την περίπτωση :

$$ΚΠΑ = -ΑΚΕ + \left(\frac{(1+r)^N - 1}{r * (1+r)^N} \right) * ΚΕΕΟ$$

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ

ΕΠΑ : Έντοκη περίοδος αποπληρωμής

ΕΠΑ = Ο χρόνος (έτη) N για τον οποίο η ΚΠΑ μηδενίζεται

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Αν **ΕΟΟ** και **ΕΛΔ** σταθερές τότε και **ΕΧ = ΚΕΕΟ = σταθ.** (Καθαρό Ετήσιο Οικονομικό Όφελος)

Επιπλέον, αν υποτεθεί ότι **ΑΞΕ** (απομένουσα αξία) = **0** τότε

$$ΕΠΑ = \frac{-\ln \left[1 - r * \left(\frac{ΑΚΕ}{ΚΕΕΟ} \right) \right]}{\ln(1+r)}$$

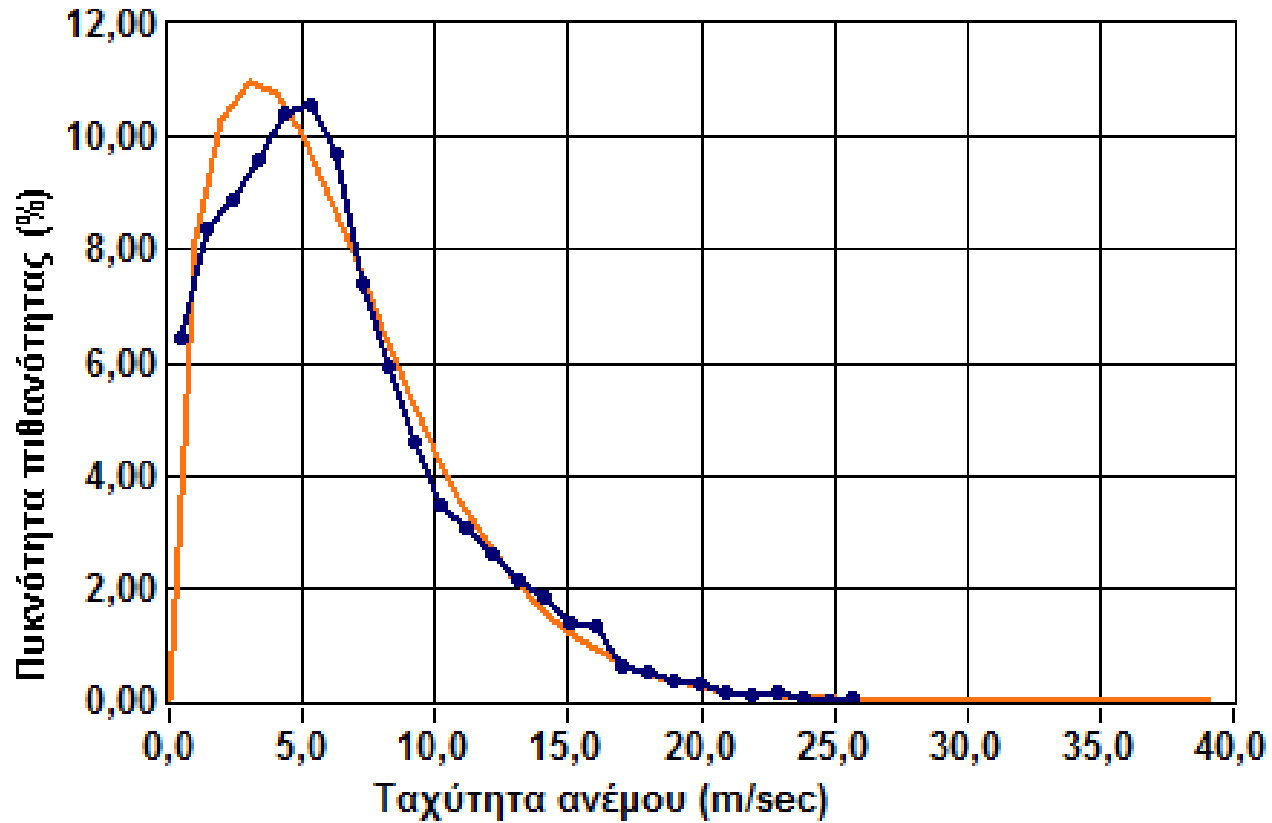
Έτος	Αρχικό Κόστος Επένδυσης	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος	Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες	Συντελεστής Παρούσας Αξίας	Ετήσια Χρηματοροχή	Προεξοφλημένη Ετήσια Χρηματοροχή	Καθαρά Παρούσα Αξία	Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής
1	- 308.000,00 €	206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,909	194.270,00 €	176.609,09 €	- 131.390,91 €	1,8 έτη
2		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,826	194.270,00 €	160.553,72 €	29.162,81 €	
3		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,751	194.270,00 €	145.957,93 €	175.120,74 €	
4		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,683	194.270,00 €	132.689,02 €	307.809,76 €	
5		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,621	194.270,00 €	120.626,39 €	428.436,15 €	
6		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,564	194.270,00 €	109.660,35 €	538.096,50 €	
7		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,513	194.270,00 €	99.691,23 €	637.787,72 €	
8		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,467	194.270,00 €	90.628,39 €	728.416,11 €	
9		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,424	194.270,00 €	82.389,44 €	810.805,56 €	
10		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,386	194.270,00 €	74.899,49 €	885.705,05 €	
11		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,350	194.270,00 €	68.090,45 €	953.795,50 €	
12		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,319	194.270,00 €	61.900,41 €	1.015.695,91 €	
13		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,290	194.270,00 €	56.273,10 €	1.071.969,01 €	
14		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,263	194.270,00 €	51.157,36 €	1.123.126,37 €	
15		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,239	194.270,00 €	46.506,69 €	1.169.633,07 €	
16		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,218	194.270,00 €	42.278,81 €	1.211.911,88 €	
17		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,198	194.270,00 €	38.435,28 €	1.250.347,16 €	
18		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,180	194.270,00 €	34.941,17 €	1.285.288,33 €	
19		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,164	194.270,00 €	31.764,70 €	1.317.053,03 €	
20		206.590,00 €	- 12.320,00 €	0,149	194.270,00 €	28.877,00 €	1.345.930,02 €	
Επιτόκιο αναγωγής			0,155					
Ετήσιος πληθωρισμός			0,05					
Αποπληθωρισμένο επιτόκιο			0,1					

Πίνακας 10: Τεχνοοικονομική μελέτη καλλιέργειας ευκαλύπτου

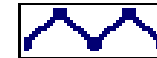
Παράρτημα II

Γραφήματα απεικόνισης κατανομών WEIBULL των ανεμολογικών δεδομένων

Καμπύλη πιθανοτήτων ταχύτητας ανέμου



Πυκνότητα πιθανότητας ταχύτητας ανέμου



Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Weibull



Διάγραμμα 16: Καμπύλη πιθανοτήτων ταχύτητας ανέμου

Παράμετροι C και k από την Weibull			
C (m/sec) = 6,76		k = 1,49	
Ταχύτητα ανέμου (m/sec)	Power curve (kW)	Το ποσοστό που φυσάει το χρόνο	Παραγόμενη ετήσια ενέργεια (kWh)
0	0	0,000	0,000
1	0	0,082	0,000
2	0	0,103	0,000
3	5	0,110	4812,685
4	13,7	0,108	12944,451
5	30	0,100	26399,222
6	55	0,090	43364,962
7	92	0,078	63021,483
8	138	0,066	80037,087
9	196	0,055	94114,038
10	250	0,044	97427,121
11	292,8	0,035	90955,185
12	320	0,028	77936,522
13	335	0,021	62995,164
14	335	0,016	47944,947
15	335	0,012	35999,947
16	335	0,009	26686,439
17	335	0,007	19542,222
18	335	0,005	14144,363
19	335	0,003	10123,332
20	335	0,002	7167,642
21	335	0,002	5022,332
22	335	0,001	3483,842
23	335	0,001	2393,149
24	335	0,001	1628,404
25	335	0,000	1097,863
26	0	0,000	0,000
27	0	0,000	0,000
28	0	0,000	0,000
29	0	0,000	0,000
30	0	0,000	0,000
	Συνολο	0,982	829242,405

Πίνακας 11: Παραγόμενη ενέργεια από μια ανεμογεννήτρια

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια από το αιολικό πάρκο

Παραγωγή ενέργειας = (Αρ. Α / Γ) * (Παραγόμενη ενέργεια από μια ανεμογεννήτρια)

$$\text{Παραγωγή ενέργειας} = 6 * 829242,405 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} = 4975454,43 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} = 4975,454 \frac{\text{MWh}}{\text{year}}$$

Εδώ προϋποθέτουμε ότι η ενέργεια που θα παράγεται από της ανεμογεννήτριες θα είναι ίδια σε όλες.

Παράρτημα ΙΙΙ

Οικονομική μελέτη του αντλησηοταμιευτήρα

Οικονομική μελέτη του αντλησιοταμιευτήρα

Κόστος εγκατάστασης:

ΚΟΣΤΟΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ		
Ειδικό κόστος αιολικού (€/KW)	1.500,00 €	
Ονομαστική ισχύ Α/Γ (kW)		330
Αριθμό ανεμογεννητριών		6
Αγορά γης (Α/Γ)	1.000 €	6.000,00 €
ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ		
Υδροστρόβιλοι και γεννήτριες (€/MW)		
Ονομαστική ισχύ υδροστρόβιλων (MW)		1
Αντλίες και κινητήρες (€/MW)		
Ονομαστική ισχύς αντλιών (MW)		2
ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ		
α) Κόστος υλικών (€/kgr)	1,00 €	30.005,23 €
β) Κόστος εγκατάστασης (0,5 * α)		
Δεξαμενή (€/m ³)	8,00 €	3.200.000,00 €
Ηλεκτρικό δίκτυο διασύνδεσης (€/km)	50.000,00 €	100.000,00 €
Αμοιβές συμβούλων και μελετητών (€)	100.000,00 €	100.000,00 €
Διάφορα άλλα έξοδα (€)	50.000,00 €	50.000,00 €
	ΣΥΝΟΛΟ	8.471.007,84 €
ΕΙΔΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ		5495,01

Πίνακας 12: Στοιχεία οικονομικής μελέτης

Χρόνια	Ετήσια έσοδα (€)	Δημοτικά τέλοι (€)	Συντήρηση (€)	Πληρωμή Δανείου (€)	Ασφάλεια εξοπλισμού (€)	Μισθοδοσία Προσωπικού (€)	Διάφορα έξοδα (€)	Φόροι (€)	Συνολικά έξοδα (€)	Κέρδη (€)	Κέρδη Αναγμένα Στη Παρούσα Αξία (€)
1	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	127813.72
2	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	116194.29
3	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	105631.17
4	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	96028.34
5	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	87298.49
6	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	79362.26
7	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	72147.51
8	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	65588.65
9	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	59626.04
10	715360,19	21.460,81	6.000	381.799,25	15.000	64.800	10.000	75,705.05	499.060,06	216.300,14	54205.49
11	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	136259,62
12	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	123872,38
13	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	112611,26
14	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	102373,87
15	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	93067,15
16	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	84606,50
17	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	76915,00
18	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	69922,73
19	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	63566,12
20	715360,19	21.460,81	6.000		15.000	64.800	10.000	209.334,79	326.595,59	388.764,60	57787,38
										Συν.	2250052,74
Τιμή πώλησης ενέργειας (€/kWh)	Ετήσια ενέργεια που πωλείται (kWh)	Αριθμός Ανεμογεννητριών	Αριθμός εργαζομένων	Ειδικό κόστος υδροστροβίλων (€/kW)	Ετήσια συντήρηση 1 Α/Γ	Επιτόκιο δανεισμού (%)	ετήσιος πληθωρισμός (%)	Αποπληθωρισμένο επιτόκιο (r = 10%)			
0,24	2.980.667,47	6	3	4.688,65	1000	0,155	0,05	0,1			

Πίνακας 13: Στοιχεία οικονομικής μελέτης αιολικού πάρκου και αντλησηοταμειυτήρα

Συμπεράσματα

Από τους υπολογισμούς μας παρατηρήσαμε ότι η χρήση ΑΠΕ και στη περίπτωση του Καστελλόριζου συνιστάτε ανεπιφύλαχτα. Αυτό που πραγματικά αξίζει να επισημάνουμε είναι η χρήση της βιομάζας και οι ενεργειακές φυτείες από ευκάλυπτο ώστε να απαλλαγούμε από το πετρέλαιο και να αλλάξουμε σελίδα στο κεφαλαίο αυτό. Αξίζει άλλωστε επειδή και ποιο οικονομικό καύσιμο είναι αλλά και ποιο φιλικό προς το περιβάλλον.

Οι χρήση ανεμογεννητριών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποδεικνύετε χρήσιμη αφού η ποσότητα πετρελαίου που μειώθηκε μετά την χρησιμοποίησή τους ήταν σημαντική.

Επίσης από τέτοιου είδους έργα δημιουργούνται νέοι οικονομικοί πόροι και νέες θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία βελτιώνοντας την οικονομική ανάπτυξη του τόπου.

Βιβλιογραφία

1. «Παραγωγή ενέργειας από Βιομάζα». Οικονομική και πολιτική προσέγγιση». Μελέτη του ΟΟΣΑ, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1989.
2. Μ. Αποστολάκη, Σ. Κυρίτση, Χ. Σούτερ «Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών προϊόντων-Έρευνα στον Ελληνικό χώρο», ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1987.
3. C.Y. Wereko-Brobby, E.B. Hagen «Biomass conversion and Technology» J. Wiley and Sons, 1996.
4. Ιωάννης Μαυρουδής, «ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ», Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2000.
5. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.):www.cres.gr
6. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.):www.rae.gr
7. Βικιπαίδεια, Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια: <http://en.wikipedia.org>
8. http://www.hellenic-pellets.gr/articles.asp?article_id=12&lang_id=gr
9. http://ma8u.blogspot.com/2009/12/blog-post_18.html
- 10.http://www.anes.gr/destination_kastelorizo_island_gr.php
- 11.<http://www.epirusbiosis.gr/content/view/35/67/lang.el/>
- 12.<http://ma8uslog.wordpress.com/2009/12/18/>
- 13.<http://www.2810.gr/crete/arthra-themata/apothhkes-energeias-ta-ydrohlektrika>
- 14.http://www.hellenic-pellets.gr/articles.asp?article_id=31&lang_id=gr
- 15.<http://www.rotise.gr/erotisi/poso-kostizoyn-oi-lebites-pellet-kai-genika-ti-oikonomia-prosferoyn.html>
- 16.<http://oxiallopetreleo.blogspot.com/2011/01/blog-post.html>
- 17.Enercon: www.enercon.com
- 18.http://oxiallopetreleo.blogspot.com/2011_02_01_archive.html
- 19.<http://www.ebb-eu.org/legis/OJ>

20.<http://www.alten.gr/pellets.html>