



Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



**ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΚΑΙ
ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ

*Επιβλέπων Καθηγητής
Ιωάννης Κατσίγιαννης*

Χανιά
Ιανουάριος 2012

Όνοματεπώνυμο: Παπαδάκης Νικόλαος

Τίτλος: Οικονομοτεχνική Ανάλυση Αιολικού Πάρκου σε Διασυνδεδεμένα και Αυτόνομα Συστήματα

Title: Techno-economic Analysis of a Wind Farm in Interconnected and Autonomous Power Systems

Εξεταστική επιτροπή: Κατσιγιαννης Ιωάννης (επιβλέπων)
Καραπιδάκης Εμμανουήλ
Μαραβελάκης Εμμανουήλ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	10
1.1 Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας	10
1.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικούς σταθμούς	11
1.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.	12
1.3.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια	13
1.3.2 Αιολική ενέργεια	14
1.3.3 Γεωθερμική ενέργεια	14
1.3.4 Ηλιακή ενέργεια	15
1.3.5 Ενέργεια από βιομάζα	16
1.3.6 Ενέργεια από κυψέλες καυσίμου	16
1.3.7 Κυματική ενέργεια	17
1.4 Η ανάγκη για στροφή στις Α.Π.Ε.	17
1.5 Σκοπός και δομή της εργασίας	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	19
2.1 Άνεμος	19
2.2 Χαρακτηριστικά του ανέμου	19
2.3 Αιολική ενέργεια	22
2.4 Ανεμογεννήτριες	23
2.4.1 Μεγέθη ανεμογεννητριών	23
2.4.2 Αρχές λειτουργίας ανεμογεννήτριας	23
2.4.3 Συντελεστής φορτίου ανεμογεννήτριας	24
2.4.4 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας	25
2.4.5 Κατηγορίες και τύποι ανεμογεννητριών	26
2.4.6 Τοποθέτηση ανεμογεννητριών στο χώρο	28
2.4.7 Κατανομή WEIBULL	30
2.4.8 Θαλάσσια και χερσαία αιολικά πάρκα	31

2.5	Μειονεκτήματα ανεμογεννητριών	32
-----	-------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 34

3.1	Οδηγίες του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	34
3.2	Γενική περιγραφή των νόμων 3468/2006 και 3851/2010	36
3.3	Προϋποθέσεις και διαδικασία αδειοδότησης για άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	37
3.4	Επιπλέον άδειες και διαδικασίες που χρειάζονται για την υλοποίηση του έργου	40
3.5	Τιμολόγηση και σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	41
3.6	Α.Π.Ε. και σε Γή υψηλής παραγωγικότητας	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN 44

4.1	Εισαγωγή στο πρόγραμμα	44
4.2	Γενική παρουσίαση του RETSCREEN	44
4.2.1	Εισαγωγικό φύλλο	45
4.2.2	Ενεργειακό μοντέλο	46
4.2.3	Χαρακτηριστικά εξοπλισμού	47
4.2.4	Ανάλυση κόστους	49
4.2.5	Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	50
4.2.6	Χρηματοοικονομική ανάλυση	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN 58

5.1	Τεχνική ανάλυση σεναρίων	58
5.1.1	Αιολικό πάρκο μη συνδεδεμένο στο δίκτυο	58
5.1.2	Αιολικό πάρκο συνδεδεμένο στο δίκτυο	59
5.1.3	Τεχνική ανάλυση σεναρίων για αιολικό πάρκο	59
5.2	Οικονομική ανάλυση σεναρίων	64

5.2.1	Μελέτη σκοπιμότητας	64
5.2.2	Ανάπτυξη του έργου	65
5.2.3	Μηχανολογικά	65
5.2.4	Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	65
5.2.5	Ισοζύγιο του συστήματος	66
5.2.6	Διάφορα έξοδα	67
5.2.7	Ετήσια κόστη	67
5.2.8	Περιοδικά κόστη	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN		68
6.1	Επιλογή αιολικής μηχανής	68
6.2	Οικονομικά σενάρια	71
6.2.1	Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο	71
6.2.2	Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 60% του συνολικού ποσού	74
6.2.3	Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 40% του συνολικού ποσού	78
6.2.4	Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού ποσού και επιχορήγηση	81
6.2.5	Σενάριο με χαμηλό δείκτη επιτοκίου αναγωγής	86
6.2.6	Σενάριο με υψηλό δείκτη επιτοκίου αναγωγής	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		93
7.1	Γενικά συμπεράσματα από την εργασία	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		97

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο την οικονομοτεχνική ανάλυση για την κατασκευή δύο αιολικών πάρκων 36 MW το κάθε ένα. Η πρώτη μελέτη αφορά την ευρύτερη περιοχή της Σητείας στην Κρήτη, ενώ η δεύτερη την ευρύτερη περιοχή του Βόλου στη Μαγνησία. Η διεξαγωγή της παρούσας πτυχιακής εργασίας βασίστηκε στο λογισμικό RETScreen το οποίο στηριζόμενο σε δεδομένα σχετικά με το αιολικό δυναμικό, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας και ορισμένους οικονομικούς παράγοντες, παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την εγκατάσταση των αιολικών συστημάτων. Με την βοήθεια του συγκεκριμένου λογισμικού εξετάζονται τέσσερις διαφορετικές ανεμογεννήτριες οι οποίες έχουν την ίδια δυναμική αλλά διαφορετικά χαρακτηριστικά, με αυτό τον τρόπο βρίσκουμε την πιο αποδοτική ανεμογεννήτρια. Η οικονομική ανάλυση της παραπάνω μελέτης προϋποθέτει την εξέταση έξι οικονομικών σεναρίων βάσει των οποίων οι οικονομικοί παράγοντες μεταβάλλονται ενώ παράλληλα μελετάται η οικονομική βιωσιμότητα του έργου. Τέλος γίνονται συγκρίσεις ανάμεσα στα εξεταζόμενα σενάρια και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την οικονομική βιωσιμότητα που παρουσιάζει το κάθε ένα.

ABSTRACT

The following thesis deals with the financial and technical analysis concerning the construction of two wind farms, with installed capacity of 36MW each. The first study concerns the region of Sitia, Crete, while the second one concerns the region of Volos, in Magnesia. RETScreen software is used for the implementation of this thesis. RETScreen provides all needed information for the installation of the studied wind farms, by using data related to the wind potential, the technical characteristics of the wind turbine, as well as financial data. With the help of RETScreen, there were being examined and compared four different wind turbines, which have the same rated power, but different technical characteristics. For the financial analysis, six scenarios are being analyzed, in which the financial viability of the project is examined by changing some basic financial factors. Finally, comparison is made among the analyzed scenarios, and conclusions are reached concerning the economic viability that each one of them presents.

ΚΑΦΑΛΑΙΟ 1

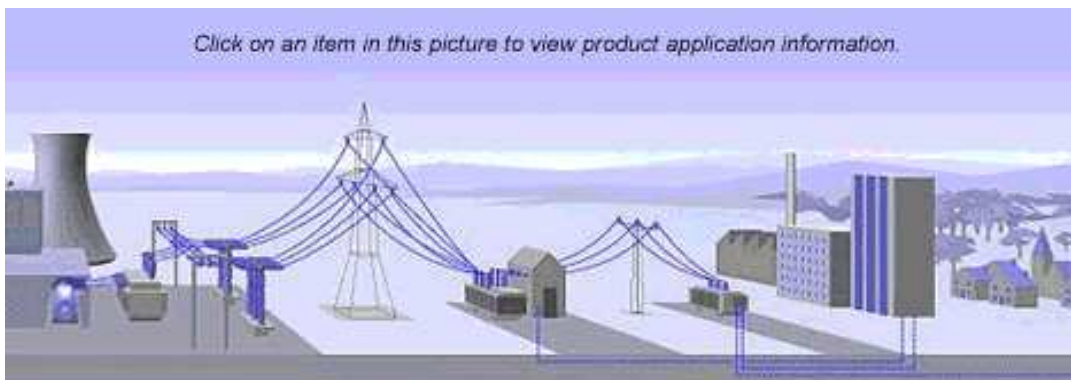
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές κατανάλωσης τις οποίες εξυπηρετεί το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχει μελετηθεί και να λειτουργεί σωστά. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

1. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε όλες τις περιοχές κατανάλωσης που εξυπηρετεί.
2. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να ικανοποιεί τη διαρκώς μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει ποιοτική ηλεκτρική ενέργεια, το οποίο σημαίνει ότι το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να διασφαλίζει σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.
4. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με το ελάχιστο δυνατό οικονομικό κόστος και τις ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στο σχήμα 1.1 απεικονίζεται το σύνολο των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια.



Σχήμα 1.1 Η πορεία του ηλεκτρικού ρεύματος από την παραγωγή ως την κατανάλωση

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαδικασία μετατροπής μίας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται από συμβατικούς σταθμούς και από σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η ταξινόμηση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.2 Μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ

Συμβατικοί σταθμοί ενέργειας αποκαλούνται οι διατάξεις που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ως καύσιμο μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ονομάζονται μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων (όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη), τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία (όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη), τα αέρια καύσιμα (όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο) και την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Οι συμβατικοί σταθμοί ενέργειας σύμφωνα με το σχήμα 1.1 είναι οι εξής:

1. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί, χρησιμοποιούν τον ατμό ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ατμοστρόβιλων, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών.
2. Οι νηζελοηλεκτρικοί σταθμοί, χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών.
3. Οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου, σε αυτές τις διατάξεις υπάρχει συνδυασμός λειτουργίας αεριοστρόβιλου και ατμοστρόβιλου: από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας, συνήθως φυσικό αέριο, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια πρώτα στον αεριοστρόβιλο και μετά στον ατμοστρόβιλο.
4. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν την κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω υδροστρόβιλων, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών.
5. Οι πυρηνικοί σταθμοί είναι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί, όπου ο λέβητας έχει αντικατασταθεί από πυρηνικό αντιδραστήρα, στον οποίο γίνεται η πυρηνική σχάση ουρανίου ή πλουτωνίου.

Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνουν το περιβάλλον. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μειώνονται τα αποθέματα σε πρώτη ύλη (πετρέλαιο, λιγνίτης, φυσικό αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής από συμβατικούς σταθμούς. Επιπλέον, η τιμή του πετρελαίου (πρώτη ύλη στους νηζελοηλεκτρικούς σταθμούς) έχει αυξητικές τάσεις.

1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ

Ανανεώσιμες αποκαλούνται οι πηγές ενέργειας που ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) συγκαταλέγονται η Αιολική, Ηλιακή και η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα ισχύος μέχρι 10 MW), η Βιομάζα αλλά και η Γεωθερμική Ενέργεια.

Οι ΑΠΕ αποτελούν μια στρατηγική επιλογή και η εφαρμογή τους συμβάλλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών δεικτών και ειδικότερα στη μείωση των εκπομπών CO₂ και την απεξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Παράλληλα η οργανωμένη και συστηματική εκμετάλλευση του δυναμικού των ΑΠΕ, εκτός από τα πρωτεύοντα αποτελέσματα, μπορεί να αποδώσει μεγάλα οφέλη δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας, αποκεντρωμένη ανάπτυξη, αλλά και εξέλιξη της τεχνογνωσίας, της τεχνολογίας και της κατασκευαστικής δραστηριότητας σε διάφορους κλάδους. Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι οι ΑΠΕ μπορούν να απαντήσουν αποτελεσματικά στο τρίπτυχο των

προβλημάτων που απασχολούν τον τομέα της ενέργειας: επάρκεια αποθεμάτων, ασφάλεια ανεφοδιασμού και προστασία του περιβάλλοντος.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματοποιήσιμη εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Οι εγχώριοι ενεργειακοί πόροι είναι εκείνοι που συντελούν στην ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας και έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα να είναι φιλικό στο περιβάλλον, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Η πολιτική προώθησης των ΑΠΕ απεξαρτά τη χώρα από το πετρέλαιο και στηρίζει την εθνική οικονομία και κατ' επέκταση τα εισοδήματα. Με τις σημερινές διεθνείς τιμές των δικαιωμάτων διοξειδίου του άνθρακα, το συνολικό όφελος για την Ελλάδα από την ενέργεια που παράγεται από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ξεπερνά σαφώς τα 80 ευρώ / MWh. Κάθε MW ΑΠΕ εξοικονομεί περίπου 70.000 ευρώ κάθε έτος από την απώλεια εσόδων που θα υπήρχε λόγω αγοράς δικαιωμάτων διοξειδίου του άνθρακα και πάνω από 70.000 ευρώ κάθε έτος λόγω της απεξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Έτσι το συνολικό ετήσιο όφελος για την χώρα από τις ΑΠΕ που λειτουργούν σήμερα ξεπερνά τα 80 εκατ. Ευρώ.

1.3.1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Εικόνα 1.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικό σταθμό

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς κατασκευάζεται ένα φράγμα για να εγκλωβιστεί το νερό σε κάποιο υψηλό επίπεδο. Όταν το νερό διοχετευθεί στους αγωγούς μεταφοράς, αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια και με μεγάλη ταχύτητα πέφτει στις συστοιχίες γεννητριών που υπάρχουν μέσα στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο παραγωγής. Η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική, που στέλνεται στη συνέχεια στους ρευματοφόρους αγωγούς και υπό υψηλή τάση στα κέντρα κατανάλωσης. Μάλιστα τα κέντρα αυτά

μπορούν να μην παρέχουν συνεχώς την ίδια ισχύ αλλά να την ρυθμίζουν ανάλογα με την ζήτηση. Στην εικόνα 1.1 παρουσιάζεται ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο την ώρα της λειτουργίας του.

1.3.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα συστήματα ενεργειακής μετατροπής του αέρα (ανεμογεννήτριες) σχεδιάζονται για να μετατρέψουν την ενέργεια της μετακίνησης αέρα (κινητική ενέργεια) σε μηχανική δύναμη (μηχανική ενέργεια), η οποία είναι η κινητήρια δύναμη μιας μηχανής. Στην ανεμογεννήτρια, αυτή η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται κατά την διάρκεια μεγάλων περιόδων ανέμων, μπορεί να αποθηκεύεται σε μπαταρίες και να χρησιμοποιείται σε περιόδους άπνοιας. Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζεται ένα αιολικό πάρκο.



Εικόνα 1.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες

1.3.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Με τον όρο «γεωθερμία» ορίζουμε την εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας και θερμοχωρητικότητας του υπεδάφους από όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος με στόχο την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης χώρων αλλά και ζεστού νερού χρήσης. Στην εικόνα 1.3 απεικονίζεται η εκμετάλλευση μιας γεωθερμικής πηγής.



Εικόνα 1.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία

1.3.4 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Εικόνα 1.4 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν το 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη

σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Στην εικόνα 1.4 υπάρχει μια συστοιχία φωτοβολταϊκών η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου.

1.3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ



Εικόνα 1.5 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βιομάζα

Στην βιομάζα έχουμε ένα σύνολο υλικών και υπολειμμάτων φυτικής ή ζωικής προελεύσεως και περιέχει μέσα της ενέργεια, που μπορεί να αποσπαστεί και να χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως. Ένας καινούργιος τύπος καυσίμου βιομάζας είναι και τα συσσωματώματα (pellets) που είναι συμπιεσμένο θρύμμα ξύλου, έχουν χαμηλή υγρασία και υψηλή θερμαντική ικανότητα, και μπορούν να καούν σε σόμπες ή καυστήρες κεντρικής θέρμανσης ειδικά σχεδιασμένους με υψηλές αποδόσεις και χαμηλές εκπομπές.

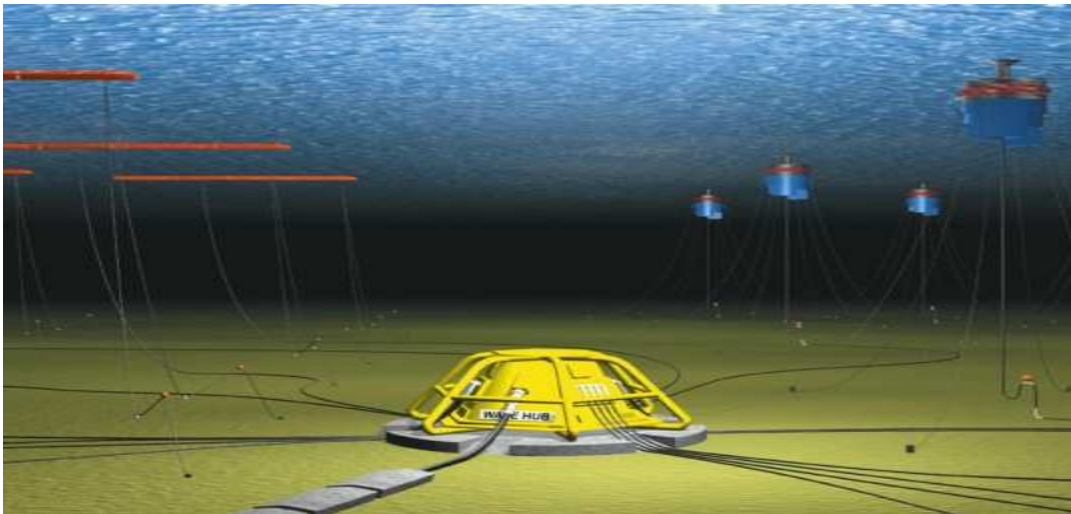
1.3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα 1.6 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χαρακτηριστούν σαν κέντρα ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί το υδρογόνο ως καύσιμο. Πραγματοποιούν τη μετατροπή του καυσίμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Το υδρογόνο και το οξυγόνο χρησιμοποιούνται για να παράγουν ηλεκτρισμό σε μια ηλεκτροχημική διαδικασία και το μόνο προϊόν είναι το νερό. Θερμότητα και ατμός καθαρού νερού είναι τα μόνα υπό-προϊόντα από την ηλεκτροχημική αντίδραση των κυψελών καυσίμου. Στην εικόνα 1.6 απεικονίζεται ένα σύστημα κυψέλης καυσίμου χαμηλής ισχύος.

1.3.7 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Εικόνα 1.7 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των κυμάτων

Κυματική ενέργεια είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυμάτων. Το φαινόμενο των ανέμων έχει ως συνέπεια το σχηματισμό κυμάτων τα οποία είναι εκμεταλλεύσιμα σε περιοχές με υψηλό δείκτη ανέμων και σε ακτές ωκεανών. Ψηφιακή αναπαράσταση μιας διάταξης που εκμεταλλεύεται την ενέργεια των κυμάτων απεικονίζεται στην εικόνα 1.7.

1.4 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

Η εφαρμογή των προαναφερθέντων μεθόδων αξιοποίησης των φυσικών πόρων έγινε επιτακτική ανάγκη ύστερα από την συνυπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο (11/12/97) από αρκετά κράτη, μεταξύ αυτών και της Ελλάδας. Η Ελλάδα συγκεκριμένα είναι από τις ελάχιστες χώρες της ΕΕ που επιτρεπόταν να αυξήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (αύξηση κατά 25% έως το 2010 σε σχέση με το έτος βάσης 1990). Παράλληλα προβλεπόταν πως ως το 2010 το 20,1% της ηλεκτρικής ενέργειας θα προέρχεται από Α.Π.Ε. Σύμφωνα με τις τελευταίες διαθέσιμες μετρήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που αφορούν τα έτη μεταξύ 1990 και 2007, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκαν κατά 24,9%. Ακόμη και με αυτή την αύξηση πάντως η Ελλάδα βρίσκεται εντός του στόχου του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Όμως η σημερινή κατάσταση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ιδανική για την Ελλάδα, άποψη η οποία ενστερνίζεται το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών αφού εκτίμησε ότι με το ρυθμό αύξησης των εκπομπών CO₂, δεν πρόκειται να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της απέναντι στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Κάτω από τις παρούσες συνθήκες, η συνολική αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα ανέλθει σε 34,7% στο τέλος του 2010. Οι κυριότερες αιτίες της κακής επίδοσης οφείλονται στην:

- παραγωγή ηλεκτρισμού από πηγές καυσίμων που συμβάλλουν τα μέγιστα στην κλιματική αλλαγή (λιγνίτης και πετρέλαιο). Η Ελλάδα χρησιμοποιεί ενέργεια που παράγεται στις λιγότερο αποδοτικές από πλευράς εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Ευρώπης.
- μικρή διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Μόλις 2,5% του ηλεκτρισμού παράγεται από ΑΠΕ, παρά το υψηλό δυναμικό της χώρας. Στο ποσοστό αυτό δεν περιλαμβάνονται τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, τα οποία δεν θεωρούνται ΑΠΕ.
- Άσκοπη και συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα. Οι εκπομπές CO₂ από τον οικιακό τομέα στην Ελλάδα διπλασιάστηκαν στο διάστημα 1990-2004.

1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να πραγματοποιηθεί μια οικονομοτεχνική ανάλυση δύο αιολικών πάρκων όπου το ένα θα είναι σε διασυνδεδεμένο δίκτυο και το άλλο σε αυτόνομο. Τα αιολικά πάρκα θα αναλυθούν κάτω από διάφορα σενάρια οικονομικά και τεχνικά ούτως ώστε να βρεθεί η καλύτερη δυνατή λύση.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από επτά κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η αιολική ενέργεια και δίνονται στοιχεία για την ιστορική εξέλιξη της, καθώς και πληροφορίες για την τωρινή της κατάσταση. Ακόμα δίνεται μια περιγραφή της τεχνολογίας των αιολικών συστημάτων καθώς και της χωροθέτησης τους σε ένα αιολικό πάρκο. Τέλος αναφέρονται πιθανά μειονεκτήματα που έχουν σαν τεχνολογία. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να βγει μια άδεια για αιολικό πάρκο, οι προϋποθέσεις που πρέπει να υπάρχουν καθώς και ότι σχετίζεται με τους νόμους που αφορούν το συγκεκριμένο ζήτημα. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το RETScreen, ένα λογισμικό ανάλυσης επενδυτικών αποφάσεων αιολικών συστημάτων. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά ορισμένα τεχνικά και οικονομικά σενάρια που μπορούν να πραγματοποιηθούν στις δύο εφαρμογές που πραγματεύεται η εργασία. Στο έκτο, παρουσιάζονται τα δύο πιο αποδοτικά σενάρια από αυτά που αναλύθηκαν στο πέμπτο κεφάλαιο. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα βασικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 ΑΝΕΜΟΣ

Πρωταρχική γενεσιουργός αιτία του ανέμου είναι η διαφορά της θερμοκρασίας του αέρος που με τη σειρά της δημιουργεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις διαφορές βαρομετρικής πίεσης μεταξύ παρακείμενων τόπων. Αν δύο συνεχόμενες περιοχές συμβεί να μην έχουν την ίδια θερμοκρασία, τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη της άλλης (της θερμότερης), με αποτέλεσμα να κινηθεί αέρια μάζα από τη ψυχρότερη στη θερμότερη περιοχή.

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι απαραίτητη στις μελέτες εκτίμησης της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος. Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων θα πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής χαρακτηριστικά:

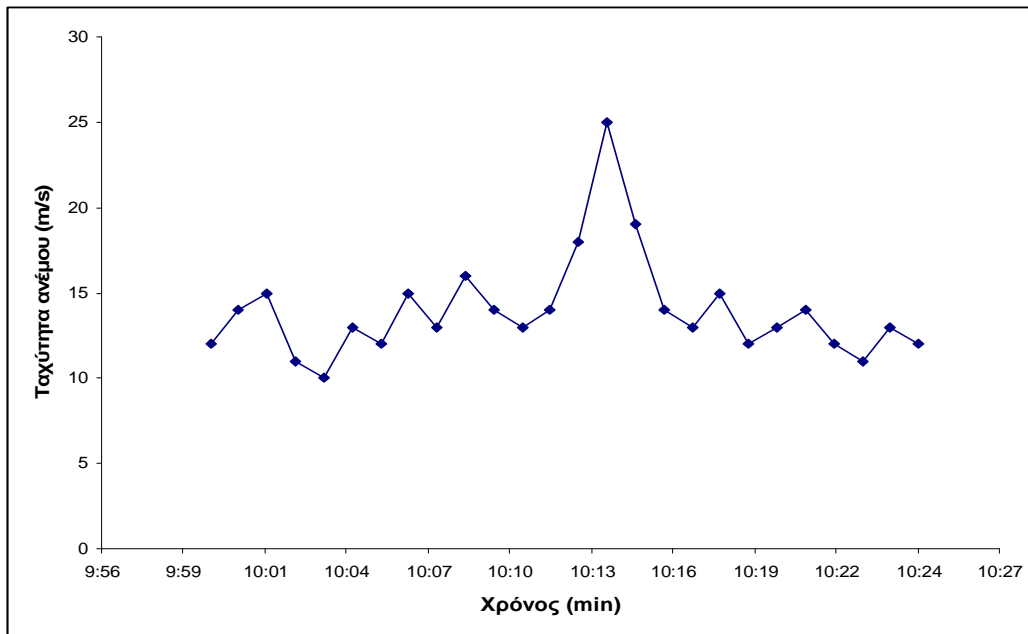
➤ Την ταχύτητα του ανέμου

Η ταχύτητα του ανέμου σε ένα τόπο καθορίζεται από ατμοσφαιρικούς και φυσικούς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα από τις διαφορές πίεσης στην ατμόσφαιρα σε μεγάλη κλίμακα, η οποία προσδιορίζεται από τη θερμοκρασία κάθε στιγμή της ημέρας και διαμορφώνεται από το ανάγλυφο της περιοχής και την τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους. Άμεσα αντιληπτό είναι το γεγονός της τακτικής μεταβολής των προαναφερθέντων παραγόντων επομένως και της τιμής της ταχύτητας του ανέμου. Συνεπώς, είναι αναγκαίος ο ορισμός μίας μέσης τιμής, σύμφωνα με την απαιτούμενη κατά περίπτωση ακρίβεια. Η μέση τιμή του μέτρου της ταχύτητας μέσα σε χρονικό διάστημα T , δίνεται εξ ορισμού από την σχέση:

$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt \quad (2.1)$$

Ένας ακόμα ορισμός που αφορά την ταχύτητα είναι η ριπές του ανέμου. Κατά την διάρκεια αυτού του φαινομένου παρουσιάζεται ξαφνική και μικρής διάρκειας υψηλή αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, μετά ο αέρας επανέρχεται σε φυσιολογικές ταχύτητες ανάλογα με την κάθε περιοχή.

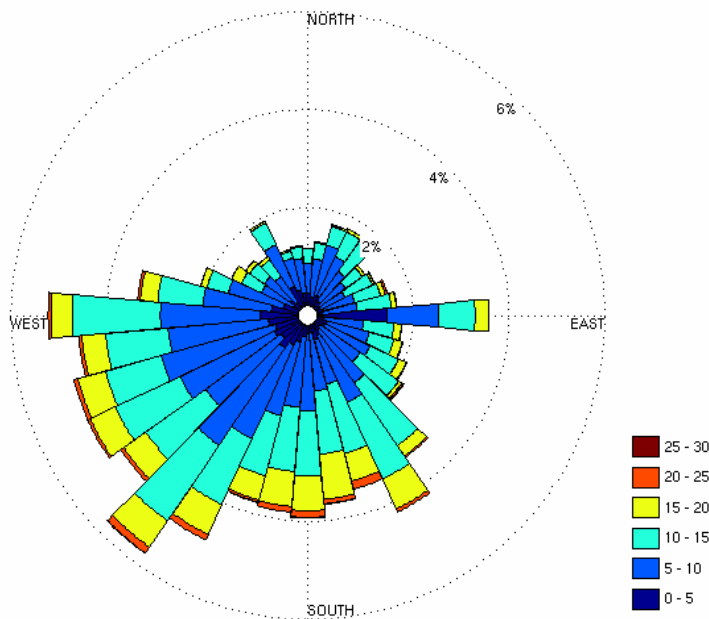
Το σχήμα 2.1 αναπαριστά τις μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 25 λεπτών, με χρονικό βήμα μέτρησης ίσο με 1 λεπτό. Ακόμα παρουσιάζεται σχηματικά η ριπή του αέρα καθώς διαμορφώνεται μια απότομη ανοδική τάση της ταχύτητάς του για μικρό χρονικό διάστημα.



Εικόνα 2.1 Μεταβολές ταχύτητας σε διάγραμμα U/t .

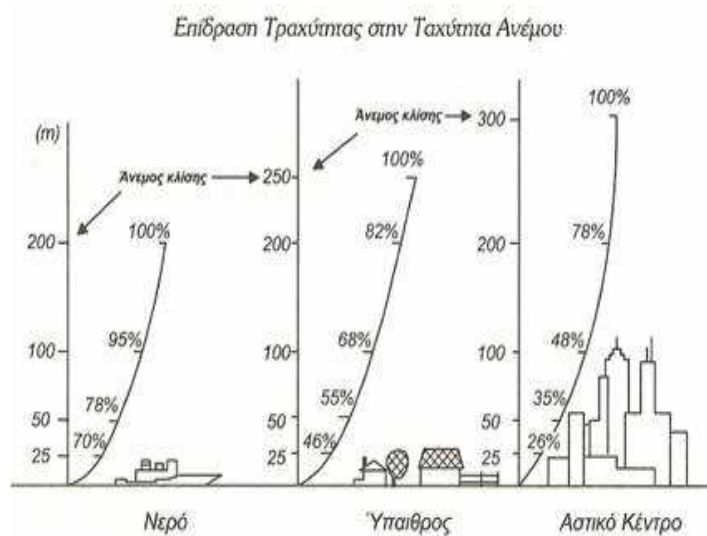
➤ Την διεύθυνση του ανέμου

Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει και μεταβάλλεται διαρκώς γύρω από μία γεωγραφική θέση. Κύρια διεύθυνση ανέμου ορίζεται η διεύθυνση εκείνη, η οποία συνεισφέρει τουλάχιστον το 10% της συνολικής διαθέσιμης αιολικής ενέργειας μίας περιοχής. Όταν υπάρχει μια περιοχή η οποία έχει προσανατολισμό προς το σημείο του ορίζοντα από όπου φυσάει συχνότερα ονομάζεται προσήνεμη, ενώ όταν υπάρχει μια περιοχή η οποία προστατεύεται από τον άνεμο οπώνεται. Ένα διάγραμμα που αποκαλύπτει την διεύθυνση του αέρα απεικονίζεται στην εικόνα 2.2 όπου παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί.



Εικόνα 2.2 αναπαράσταση διαγράμματος με τη φορά και την ένταση του ανέμου σε ένα γεωγραφικό χώρο.

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διεύθυνση του ανέμου είναι η τραχύτητα του εδάφους. Με τον ορισμό αυτό προσδιορίζεται το είδος του εδάφους. Τα μεγέθη που την εκφράζουν είναι το μήκος τραχύτητας και η κλάση τραχύτητας. Το μήκος τραχύτητας δεν είναι σταθερό αφού μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τις εποχές ενώ ορίζεται για επιφάνειες με ομοιόμορφη κατανομή στοιχείων τραχύτητας και επηρεάζεται από την πυκνότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών. Στην εικόνα 2.3 παρατηρείται η επίδραση που έχουν ορισμένα εμπόδια στην διεύθυνση του αέρα.

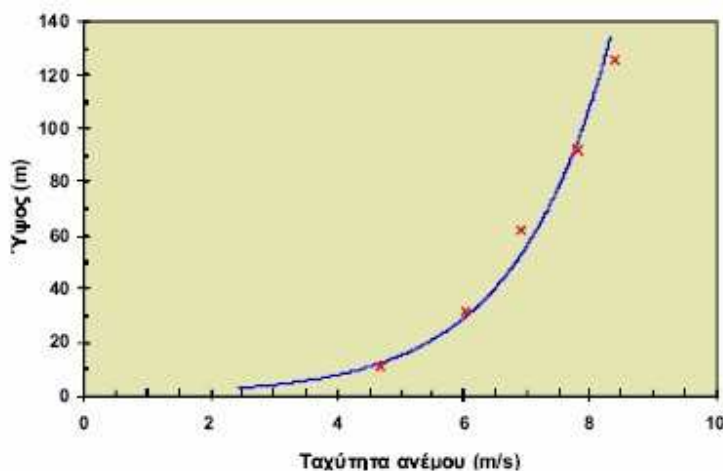


Εικόνα 2.3 Επίδραση τραχύτητας στην ταχύτητα του ανέμου.

- Τον στροβιλισμό και την ανατάραξη του ανέμου

Η ανατάραξη του ανέμου είναι αποτέλεσμα των τυχαίων στροβιλισμών που υπάρχουν σε κάθε πεδίο ροής και ενισχύονται από την ύπαρξη διάφορων χαρακτηριστικών και την αντίστοιχη τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους. Η παρουσία εμποδίων είναι δυνατόν να δημιουργήσει οργανωμένους στροβίλους, οι οποίοι αλλοιώνουν συνολικά το πεδίο ταχύτητας του ανέμου. Οι οργανωμένοι στροβίλοι επηρεάζουν τόσο την παρεχόμενη ισχύ από τον άνεμο όσο και την όλη εγκατάσταση του συστήματος μιας ανεμογεννήτριας.

- Την μεταβολή με το ύψος της ταχύτητας του ανέμου (κατανομή του ανέμου)



Εικόνα 2.4 Μεταβολή ταχύτητας σε σχέση με το ύψος της ανεμογεννήτριας

Η κατανομή του ανέμου εκφράζει τις μεταβολές του ανέμου καθ' ύψος. Η κατανομή του ανέμου που ενδιαφέρει σε σχέση με την αιολική ενέργεια αναφέρεται στην μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος, στις πρώτες λίγες εκατοντάδες μέτρα πάνω από το έδαφος. Η κατανομή του ανέμου επηρεάζει τρία πολύ βασικά στοιχεία, την αιολική ενέργεια που απορροφά η αιολική μηχανή, την κόπωση της αιολικής μηχανής και την αντοχή του πύργου στήριξης. Η μορφή της καμπύλης εξαρτάται από το τοπικό περιβάλλον και την ευστάθεια της ατμόσφαιρας. Μία τέτοια καμπύλη υπάρχει στο σχήμα 2.4.

2.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται εκείνες οι οποίες δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ

αργότερα οι ανεμόμυλοι στη ξηρά. Παράλληλα αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

2.4 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

2.4.1 ΜΕΓΕΘΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι τουρμπίνες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος από 100 KW έως αρκετά MW. Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές, μονές τουρμπίνες, κάτω των 100 KW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης. Η ποσότητα ισχύος που μπορεί να παράξει μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από την διαθεσιμότητα του ανέμου και την ταχύτητα του. Το ποσοστό της ενέργειας που παράγει μια ανεμογεννήτρια σε σχέση με την ενέργεια που θα μπορούσε να παράγει αν λειτουργούσε σε συνθήκες μέγιστης παραγωγής ισχύος ονομάζεται συντελεστής δυναμικότητας (capacity factor). Η αποδοτικότητα των μοντέρνων ανεμογεννητριών είναι περίπου 42%. Το θεωρητικό όριο είναι 59% (Betz limit). Αυτή η αποδοτικότητα είναι λογική, αφού:

- Με το να εκμεταλλεύεται όλος ο άνεμος που περνά σημαίνει ότι δεν θα περνά
- Αν δεν εκμεταλλεύεται καθόλου θα περνά όλος.

2.4.2 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η ενέργεια του ανέμου (αιολική ενέργεια) μπορεί να ληφθεί αν επιτραπεί η διέλευσή του από κινούμενα πτερύγια τα οποία κατά την περιστροφή τους εξασκούν ροπή σε έναν ρότορα. Το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται είναι απευθείας ανάλογο της πυκνότητας του αέρα, της επιφάνειας που σαρώνει ο ρότορας και του κύβου της ταχύτητας του ανέμου.

Κινητική ενέργεια (E_k) αέριας δέσμης σταθερής ταχύτητας V και μάζας m :

$$E_K (J) = \frac{1}{2} * m * V^2 \quad (2.2)$$

Η ισχύς (P) του κινούμενου αέρα είναι ο ρυθμός ροής της E_k :

$$P(W) = \frac{1}{2} * (\text{ροή μάζας αέρα}) * V^2 \quad (2.3)$$

Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρισμό με τάση. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από ένα μετασχηματιστή στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση.

Οι ανεμογεννήτριες έχουν κάποιες βασικές λειτουργίες σύμφωνα με τις οποίες λειτουργούν έτσι ώστε να παράγουν όσο το δυνατόν περισσότερο ρεύμα με μεγάλη ασφάλεια. Αυτές είναι οι παρακάτω:

1. Οι λειτουργίες που αφορούν την εκκίνηση της Α/Γ, όταν η ταχύτητα του ανέμου σταθεροποιηθεί πάνω από U_{in} και το σταμάτημα της, όταν η ταχύτητα μειωθεί κάτω από U_{in} .
2. Οι λειτουργίες που αφορούν την υπέρβαση της ονομαστικής ισχύος P_n της Α/Γ.
3. Οι λειτουργίες ελέγχου του προσανατολισμού της Α/Γ, έτσι ώστε το επίπεδο της περρωτής να είναι συνεχώς κάθετο προς την εκάστοτε διεύθυνση του ανέμου.
4. Οι λειτουργίες ελέγχου ασφάλειας με τις οποίες επιτυγχάνεται το σταμάτημα της Α/Γ, όταν η ταχύτητα του ανέμου φτάσει στα όρια αντοχής του ανεμοκινητήρα στην μηχανική του καταπόνηση.
5. Στις λειτουργίες ελέγχου των στροφών της περρωτής του ανεμοκινητήρα.

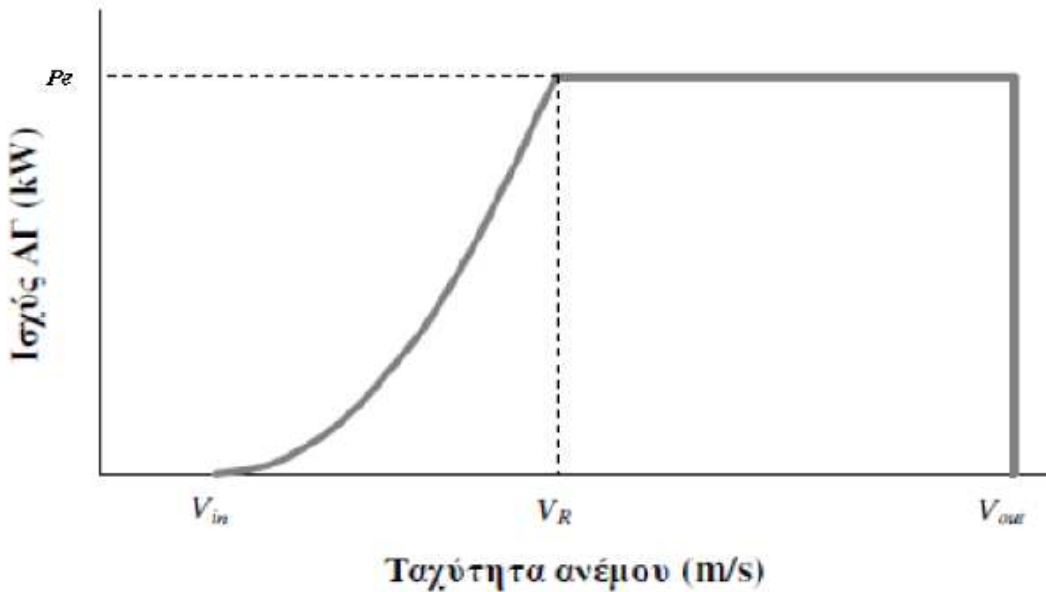
2.4.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Ο συντελεστής φορτίου υπολογίζει την πραγματική αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας και αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο ετήσιος συντελεστής φορτίου ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που παράγει η ανεμογεννήτρια σε ένα χρόνο E_{WTyear} (σε KWh) προς την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά η ανεμογεννήτρια εάν λειτουργούσε στην ονομαστική της ισχύ P_s (σε KW) και για τις 8760 ώρες του έτους:

$$\text{Ετήσιος } \Sigma\Phi = \frac{E_{WTyear}}{P_s * 8760h} \quad (2.4)$$

2.4.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η μορφή της καμπύλης ισχύος μιας ανεμογεννήτριας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον καθορισμό της παραγόμενης ενέργειας αλλά και για την εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης μιας αιολικής εγκατάστασης. Η καμπύλη ισχύος σχετίζει την ηλεκτρική ισχύ που παράγει η ανεμογεννήτρια με την ταχύτητα του ανέμου. Στην εικόνα 2.5 παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 2.5 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας

Όπως παρατηρείται, η παραγόμενη ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι μηδενική, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας V_{in} της ανεμογεννήτριας. Συνεπώς, για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της V_{in} δεν είναι δυνατή η αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας V_{in} και μέχρι την ταχύτητα ονομαστικής ισχύος V_R , η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου. Ο ρυθμός αύξησης σε αυτή την μεταβατική περιοχή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας ποικίλλει και μπορεί να έχει γραμμική, παραβολική ή εκθετική μορφή, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής. Από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και μέχρι την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας V_{out} , η παραγόμενη ισχύς είναι σταθερή και ίση με την ονομαστική ισχύ P_e της μηχανής, ανεξάρτητα από τη διαθέσιμη ισχύ του ανέμου. Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας η παραγόμενη ισχύς είναι μηδενική, δεδομένου ότι οι λόγοι ασφαλείας της εγκατάστασης επιβάλλουν τη διακοπή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Συνοψίζοντας, η μορφή που παίρνει η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$P_w = \begin{cases} 0 & \text{για } V < V_{in} \\ f_{WT}(V) & \text{για } V_{in} < V < V_R \\ P_e & \text{για } V_R < V < V_{out} \\ 0 & \text{για } V > V_{out} \end{cases} \quad (2.5)$$

Η συνάρτηση $f_{WT}(V)$ υπολογίζεται:

$$f_{WT}(V) = a_{WT} * V^3 - b_{WT} * P_e \quad (2.6)$$

2.4.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι σύγχρονες τουρμπίνες αιολικής ενέργειας (Ανεμογεννήτριες) εμπίπτουν σε δύο βασικές ομάδες βάσει του άξονα περιστροφής των πτερυγίων:

- Την κατηγορία του κατακόρυφου άξονα

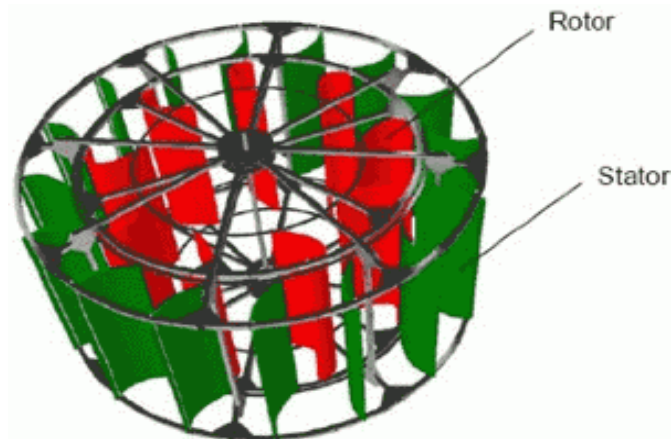
Η συμμετρία της ανεμογεννήτριας καθέτου άξονα, της παρέχει τη δυνατότητα να είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση του ανέμου, γεγονός που συντελεί στην χρήση της σε οικιστικές περιοχές όπου οι αλλαγές στην διεύθυνση του ανέμου είναι συχνές. Η κατασκευή είναι τέτοια που επιτρέπει τον εγκλιβωτισμό της σε σωληνωτό πλαίσιο, με αποτέλεσμα να γίνεται ιδιαίτερα ανθεκτική σε ισχυρούς ανέμους.

Τα πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα είναι:

- α) Παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα θορύβου.
- β) Αντίθετα με τις κλασικές ανεμογεννήτριες συνεχίζει να παράγει ενέργεια με σχεδόν σταθερό ρυθμό αύξησης μέχρι και τα 40m/s ταχύτητας ανέμου.
- γ) Δεν χρειάζεται σύστημα περιστροφής (yaw)
- δ) Άμεση σύνδεση με τη γεννήτρια

Τα μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα είναι:

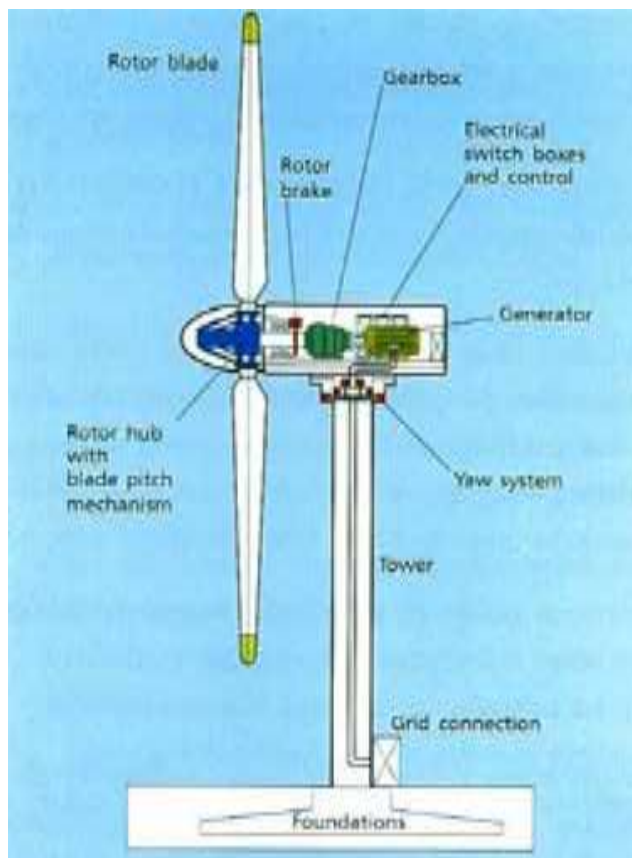
- α) Αρκετές ταλαντώσεις και καταπόνηση της μηχανής
- β) Μη σταθερή ισχύς εξόδου λόγω της μεταβλητής ροπή
- γ) Λιγότερο αποδοτικές σε σχέση με το κόστος τους.



Εικόνα 2.6 Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα

➤ Την κατηγορία του οριζόντιου άξονα

Οι Α/Γ οριζόντιου άξονα συνήθως έχουν δύο ή τρία περύγια. Αυτές με τα τρία περύγια λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα πάνω με τα περύγια να είναι στραμμένα προς τη φορά του ανέμου. Διάγραμμα της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα υπάρχει στο σχήμα 2.7.



ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

- Πτερωτή
- Άξονας περιστροφής
- Κιβώτιο ταχυτήτων (Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει επίσης υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους απορρόφησης ταλαντώσεων)
- Ηλεκτρική γεννήτρια (Για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια)
- Πύργος στήριξης
- Σύστημα προσανατολισμού (Για τον προσανατολισμό της ανεμογεννήτριας σε παράλληλη θέση του άξονα με την διεύθυνση του ανέμου)

Εικόνα 2.7 Σχεδιάγραμμα και μέρη ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα είναι:

Σε μηχανές με λίγα πτερύγια:

- α) Μικρότερη αδράνεια, άρα γρήγορα περιστρεφόμενες
- β) Υψηλή συχνότητα, άρα καλές για παραγωγή ισχύος

Σε μηχανές με πολλά πτερύγια:

- α) Μεγαλύτερη αδράνεια, άρα αργά περιστρεφόμενες
- β) Χαμηλή συχνότητα, άρα καλές για φόρτιση μπαταριών και άντληση νερού

Το μειονέκτημα των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα είναι ότι χρειάζονται σύστημα ευθυγράμμισης με τον αέρα (yaw)

2.4.6 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Μπορούμε να τοποθετήσουμε μία ανεμογεννήτρια κυρίως με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι να τοποθετηθεί μέσα σε ένα στενό πέρασμα του ανέμου (βλ. εικόνα 2.8). Αν περάσουμε από ένα στενό πέρασμα μεταξύ βουνών, θα παρατηρήσουμε ότι η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται. Ο αέρας συμπιέζεται στην πλευρά που φυσά ο άνεμος και η ταχύτητα του αυξάνεται αρκετά. Επομένως, ένας τρόπος για επίτευξη ψηλών ταχυτήτων ανέμου, είναι οι ανεμογεννήτριες να τοποθετούνται στα περάσματα μεταξύ λόφων. Όμως, για να είναι επιτυχημένη αυτή η εγκατάσταση πρέπει το πέρασμα να είναι ομαλό, χωρίς οι γύρω λόφοι να είναι απότομοι ή με αρκετές εναλλαγές. Αλλιώς, θα δημιουργηθούν αναταραχές λόγω των απότομων μεταβολών κατεύθυνσης του αέρα μέσα στο πέρασμα. Αν υπάρχουν τέτοιες μεταβολές, τότε μπορεί να ακυρώσουν το πλεονέκτημα της ύπαρξης μεγαλύτερων ταχυτήτων και να δημιουργήσουν φθορά στην ανεμογεννήτρια.



Εικόνα 2.8 Ανεμογεννήτρια τοποθετημένη σε πέρασμα

Ο δεύτερος τρόπος είναι να τοποθετηθεί στην κορυφή ενός λόφου (βλ. εικόνα 2.9). Το φαινόμενο της αύξησης ταχύτητας μπορεί να παρατηρηθεί και σε λόφους. Ο λόγος είναι

ότι ο αέρας συμπιέζεται στην πλευρά που φυσά ο άνεμος και όταν φτάσει στην κορυφή αποσυμπιέζεται στο χώρο πέρα από την κορυφή όπου η πίεση είναι χαμηλότερη.



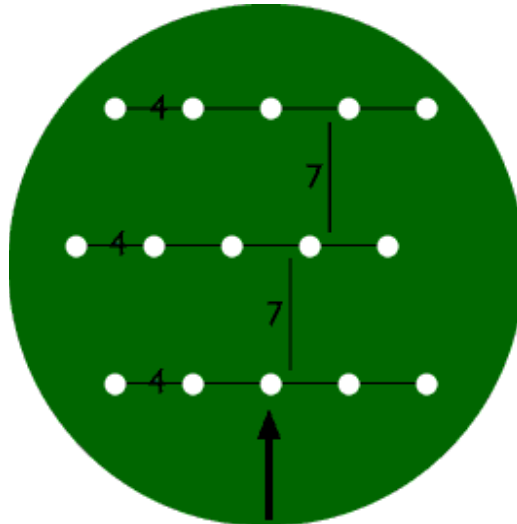
Εικόνα 2.9 ανεμογεννήτριες τοποθετημένες πάνω σε λόφο



Εικόνα 2.10 Ένα αιολικό πάρκο

Αιολικά πάρκα είναι χώροι με πέραν των δυο ανεμογεννητριών μεγάλης ισχύος. Ένα αιολικό πάρκο απεικονίζεται στην εικόνα 2.10. Είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο. Μπορεί να είναι χωροθετημένα στην ξηρά (onshore) ή στην θάλασσα (offshore). Οι ανεμογεννήτριες στα αιολικά πάρκα είναι συνήθως τοποθετημένες 5 με 9 διαμέτρους δρομέα μακριά στην κατεύθυνση που συνήθως φυσά ο άνεμος, ενώ είναι τοποθετημένες

3 με 5 διαμέτρους δρομέα μακριά στην κάθετη κατεύθυνση. Παράδειγμα χωροθέτησης ανεμογεννητριών υπάρχει και στην εικόνα 2.11.



Εικόνα 2.11 Δείγμα χωροθέτησης ανεμογεννητριών

Η επιλογή του χώρου εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου γίνεται με βάση τα τοπογραφικά, εδαφολογικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια η περιοχή αυτή παρακολουθείται λαμβάνοντας διαχρονικές μετρήσεις για την ένταση, ποιότητα και άλλα χαρακτηριστικά του ανέμου.

2.4.7 ΚΑΤΑΝΟΜΗ WEIBULL

Για να καταλήξουμε σε ασφαλή αποτελέσματα για την εγκατάσταση μιας αιολικής μηχανής απαιτούνται μακροχρόνιες και αναλυτικές μετρήσεις. Το κόστος των μετρήσεων και η αναπόφευκτη καθυστέρηση του έργου σε συνδυασμό με την συχνή έλλειψη μακροχρόνιων μετρήσεων στις περιοχές που ενδιαφερόμαστε οδηγούν στην χρήση ημιεμπειρικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να περιγράψουν το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής βάσει μικρού αριθμού παραμέτρων, ώστε να εκτιμηθεί η ενέργεια που μπορούμε να πάρουμε από τον άνεμο. Η κατανομή Weibull περιγράφει ικανοποιητικά τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές της εόκρατης ζώνης και για ύψος μέχρι 100m από το έδαφος. Ο άνεμος ακολουθεί την κατανομή Weibull:

$$P(u) = \frac{k}{c} * \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{u}{c}\right)^k} \quad (2.7)$$

Η κατανομή Weibull προσδιορίζει την πιθανότητα της ταχύτητας του ανέμου να βρίσκεται σε μια περιοχή συγκεκριμένης ταχύτητας u βάση των δύο μόνο παραμέτρων c (παραμέτρος κλίμακας ταχύτητας) και k (παραμέτρος μορφής). Συνήθεις τιμές της παραμέτρου k είναι μεταξύ 1,5 και 2,5. Μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου k εκφράζουν

μικρότερη διασπορά των ταχυτήτων του ανέμου και συνεπώς μεγαλύτερη συγκέντρωση γύρω από τη μέση τιμή της ταχύτητας. Στον ελλαδικό χώρο λαμβάνονται, συνήθως, τιμές μεταξύ 1,5 και 2,0 για το k και μεταξύ 5 και 7 για το c .

Μια ειδική περίπτωση της κατανομής Weibull είναι η κατανομή Rayleigh. Πιο συγκεκριμένα η κατανομή Rayleigh προκύπτει από την κατανομή Weibull για $k=2$. Η κατανομή Rayleigh χρησιμοποιείται εναλλακτικά στη θέση της κατανομής Weibull, καθώς παρουσιάζει συγκρίσιμα αποτελέσματα με λιγότερες μαθηματικές πράξεις.

2.4.8 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα αιολικά πάρκα στην ξηρά αποτελούν την πλειοψηφία. Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα παράκτια αιολικά πάρκα
- Εύκολη πρόσβαση για συντήρηση
- Εύκολη σύνδεση με το δίκτυο

Ανησυχίες - Περιορισμοί

- Περιορισμοί στο ύψος για ανεμογεννήτριες σε λόφους
- Αστάθεια συνθηκών ανέμου
- Ανησυχίες για θόρυβο και οπτική ρύπανση

Τα παράκτια αιολικά πάρκα κατασκευάζονται λόγω ανάγκης όταν δεν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χώρος. Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Πιο σταθεροί και δυνατοί άνεμοι από τη ξηρά
- Μικρότερη οπτική ενόχληση
- Δεν υπάρχουν περιορισμοί στο ύψος

Ανησυχίες - Περιορισμοί

Ψηλότερα κόστη κατασκευής που εξαρτώνται από το βάθος (τα περισσότερα παράκτια πάρκα είναι σε περιοχές που έχουν μέχρι 20 μέτρα βάθος).

Χερσαίο αιολικό πάρκο υπάρχει στην εικόνα 2.10 ενώ ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο απεικονίζεται στην εικόνα 2.12.



Εικόνα 2.12 Θαλάσσιο αιολικό πάρκο

2.5 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Πέρα από τα πολλά πλεονεκτήματα που έχει η αιολική ενέργεια σαν μια μορφή καθαρής ενέργειας έχει και κάποια μειονεκτήματα τα οποία όμως αντικρούονται αφού τα πλεονεκτήματα είναι πολύ πιο σημαντικά:

1) Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Ανάλογα με το πόσο ενεργητική, ως προς τον άνεμο, είναι μια τοποθεσία, το αιολικό πάρκο μπορεί ή δεν μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ως προς το κόστος. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών.

2) Η ισχυρότερη πρόκληση στη χρησιμοποίηση του ανέμου ως πηγή ενέργειας είναι ότι ο άνεμος είναι περιοδικά διακοπτόμενος και δεν φυσά πάντα όταν ο ηλεκτρισμός απαιτείται. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν συστήματα αποθήκευσης).

3) Τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός.

4) Αν και τα αιολικά πάρκα έχουν σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, υπάρχει ένας προβληματισμός για τον θόρυβο που παράγεται από τις λεπίδες του ηλεκτρικού κινητήρα (ρότορα), για την αισθητική (οπτική) επίπτωση και για τα πουλιά που μερικές φορές έχουν σκοτωθεί καθώς πετούσαν προς τους ηλεκτρικούς κινητήρες.

Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα έχουν επιλυθεί ή έχουν σε σημαντικό βαθμό μειωθεί μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης ή μέσω της επιλογής κατάλληλων περιοχών για τη δημιουργία αιολικών πάρκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στις 27 Σεπτεμβρίου 2001 το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο έκδωσε την οδηγία 2001/77. Σύμφωνα με αυτή την οδηγία υποχρεώθηκαν όλα τα κράτη μέλη να ορίσουν κρατικούς στόχους σύμφωνα με τους οποίους θα έπρεπε να αυξήσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτός ο στόχος ήταν διαφορετικός για κάθε χώρα. Για να πραγματοποιηθούν οι στόχοι το κάθε κράτος θα έπρεπε να θεοπίσει νόμους σχετικά με την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Πίνακας 3.1 Ετήσια παραγωγή από Α.Π.Ε. σε κάθε χώρα

	ΗΕ-ΑΠΕ TWh 1997 (**)	ΗΕ-ΑΠΕ 1997 % (***)	ΗΕ-ΑΠΕ 2010 % (***)
Βέλγιο	0,86	1,1	6,0
Δανία	3,21	8,7	29,0
Γερμανία	24,91	4,5	12,5
Ελλάδα	3,94	8,6	20,1
Ισπανία	37,15	19,9	29,4
Γαλλία	66,00	15,0	21,0
Ιρλανδία	0,84	3,6	13,2
Ιταλία	46,46	16,0	25,0 (1)
Λουξεμβούργο	0,14	2,1	5,7 (2)
Κάτω Χώρες	3,45	3,5	9,0
Αυστρία	39,05	70,0	78,1 (3)
Πορτογαλία	14,30	38,5	39,0 (4)
Φινλανδία	19,03	24,7	31,5 (5)
Σουηδία	72,03	49,1	60,0 (6)
Ηνωμένο Βασίλειο	7,04	1,7	10,0
Κοινότητα	338,41	13,9 %	22 % (****)

Στον πίνακα 3.1 απεικονίζεται η ετήσια παραγωγή από Α.Π.Ε. της κάθε χώρας, το ποσοστό διείσδυσης των Α.Π.Ε. ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και ο στόχος που βάζει μέχρι το 2010. Τα ποσοστά της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. το 1997 και 2010 βασίζονται στην εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., διαιρούμενης δια της εθνικής εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Μέχρι το 2005 ελάχιστα κράτη είχαν φτάσει τους στόχους τους οπότε αναγκάστηκαν τα κράτη μέλη του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου, με την οδηγία 2009/28/ΕΚ, να ορίσουν νέους στόχους. Οι νέοι στόχοι αναφέρονται αναλυτικά στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Νέοι στόχοι για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. για την Ε.Ε.

	Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2005 (S ₂₀₀₅)	Στόχος για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 (S ₂₀₂₀)
Βέλγιο	2,2 %	13 %
Βουλγαρία	9,4 %	16 %
Τσεχική Δημοκρατία	6,1 %	13 %
Δανία	17,0 %	30 %
Γερμανία	5,8 %	18 %
Εσθονία	18,0 %	25 %
Ιρλανδία	3,1 %	16 %
Ελλάδα	6,9 %	18 %
Ισπανία	8,7 %	20 %
Γαλλία	10,3 %	23 %
Ιταλία	5,2 %	17 %
Κύπρος	2,9 %	13 %
Λεττονία	32,6 %	40 %
Λιθουανία	15,0 %	23 %
Λουξεμβούργο	0,9 %	11 %
Ουγγαρία	4,3 %	13 %
Μάλτα	0,0 %	10 %
Κάτω Χώρες	2,4 %	14 %
Αυστρία	23,3 %	34 %
Πολωνία	7,2 %	15 %
Πορτογαλία	20,5 %	31 %
Ρουμανία	17,8 %	24 %
Σλοβενία	16,0 %	25 %
Σλοβακική Δημοκρατία	6,7 %	14 %
Φινλανδία	28,5 %	38 %
Σουηδία	39,8 %	49 %
Ηνωμένο Βασίλειο	1,3 %	15 %

Μετά τους νέους στόχους το κάθε κράτος θα έπρεπε να θεσπίσει νέους νόμους ούτως ώστε να μπορέσει να τους επιτύχει. Στην Ελλάδα έχουν θεσπιστεί δύο βασικοί νόμοι που προωθούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και βοηθούν την χώρα να πετύχει τους στόχους της. Ο πρώτος νόμος ήταν το 2006 ο 3468 και ο δεύτερος νόμος, ο οποίος πάτησε πάνω στον πρώτο, το 2010 ο 3851.

3.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ 3468/2006 ΚΑΙ 3851/2010

Ο νόμος 3851/2010, ο οποίος ανανεώνει τον νόμο 3468/2006, αναφέρει αναλυτικά στο πρώτο άρθρο πως με τον παρόντα νόμο αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και αφ' ετέρου προωθείται, κατά προτεραιότητα, στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.

Ακόμα σε αυτό το άρθρο αναφέρεται ότι η προστασία του κλίματος, μέσω της προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα. Στο τέλος του πρώτου άρθρου αναφέρονται οι εθνικοί στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίοι καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Με απόφαση του υπουργού περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής που εκδίδεται μέσα σε τρεις μήνες από τη δημοσίευση του παρόντος, καθορίζεται η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.. Η απόφαση αυτή αναθεωρείται ανά διετία ή και νωρίτερα, εάν συντρέχουν σημαντικοί λόγοι που σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.

γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

3.3 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο τρίτο άρθρο αναγράφεται πως μπορεί κάποιος επενδυτής να πάρει άδεια που να του επιτρέπει να παράγει ρεύμα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με το άρθρο αυτό θα πρέπει να πάρει την σχετική άδεια που χορηγείται από τον υπουργό ανάπτυξης μετά από γνώμη της ρυθμιστικής αρχής ενέργειας, η οποία γνωμοδοτεί με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

α) Της εθνικής ασφάλειας

β) Της προστασίας της δημόσιας υγείας και ασφάλειας

γ) Της εν γένει ασφάλειας των εγκαταστάσεων και του σχετικού εξοπλισμού του συστήματος και του δικτύου

δ) Της ενεργειακής αποδοτικότητας του έργου. Ειδικά για το αιολικό δυναμικό, οι υποβαλλόμενες μετρήσεις πρέπει να έχουν εκτελεστεί από πιστοποιημένους φορείς, όπως ισχύει κάθε φορά

ε) Της ωριμότητας της διαδικασίας υλοποίησης του έργου, όπως προκύπτει από μελέτες που έχουν εκπονηθεί, γνωμοδοτήσεις αρμόδιων υπηρεσιών, καθώς και από άλλα συναφή στοιχεία

στ) Της εξασφάλισης ή της δυνατότητας εξασφάλισης του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου

ζ) Της δυνατότητας του αιτούντος ή των μετόχων ή εταίρων του να υλοποιήσει το έργο με βάση την επιστημονική και τεχνική επάρκειά του και της δυνατότητας εξασφάλισης της απαιτούμενης χρηματοδότησης από ίδια κεφάλαια ή τραπεζική χρηματοδότηση έργου ή κεφάλαια επιχειρηματικών συμμετοχών ή συνδυασμό αυτών

η) Της διασφάλισης παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας των πελατών

θ) Της δυνατότητας υλοποίησης του έργου σε συμμόρφωση με το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα με τις διατάξεις του για τις περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., εφόσον οι περιοχές αυτές έχουν οριοθετηθεί κατά τρόπο ειδικό και συγκεκριμένο, καθώς και τις διατάξεις του για τον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας στις περιοχές που επιτρέπονται Α.Π.Ε., ώστε να διασφαλίζεται η κατ' αρχήν προστασία του περιβάλλοντος

ι) Της συμβατότητας του έργου με το εθνικό σχέδιο δράσης για την επίτευξη των στόχων που προβλέπονται στο πρώτο άρθρο

Στην δεύτερη παράγραφο του τρίτου άρθρου αναφέρεται ότι η ρυθμιστική αρχή ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) συνεργάζεται με τον ενδιαφερόμενο επενδυτή για τον καθορισμό του

τρόπου και του σημείου σύνδεσης του σταθμού με το σύστημα ή το δίκτυο. Ο καθορισμός αυτός γίνεται μέσα σε είκοσι ημέρες από την ημερομηνία υποβολής του ερωτήματος της Ρ.Α.Ε. προς τον διαχειριστή και δεν συνεπάγεται δέσμευση του διαχειριστή ή της Ρ.Α.Ε. για την ύπαρξη διαθέσιμου ηλεκτρικού χώρου. Έπειτα η Ρ.Α.Ε. εξετάζει αν πληρούνται τα κριτήρια που αναφέρονται στην παράγραφο ένα και αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής μέσα σε δύο μήνες από την υποβολή της αίτησης εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης. Ο φάκελος θεωρείται πλήρης, αν μέσα σε τριάντα ημέρες από την υποβολή του δεν ζητηθούν εγγράφως από τον αιτούντα συμπληρωματικά στοιχεία.

Στην συνέχεια η απόφαση αναρτάται στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε. και κοινοποιείται στον υπουργό περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής με επιμέλειά της και δημοσιεύεται σε μία ημερήσια εφημερίδα πανελλαδικής κυκλοφορίας με μέριμνα του δικαιούχου. Ο υπουργός ελέγχει αυτεπαγγέλτως τη νομιμότητά της μέσα σε είκοσι ημέρες από την έλευσή της σε αυτόν. Μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε ημερών από την ανάρτηση στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε. όποιος έχει έννομο συμφέρον μπορεί να ασκήσει προσφυγή κατ' αυτής για έλεγχο της νομιμότητάς της. Εάν υπάρξει προσφυγή τότε ο υπουργός αποφασίζει γι' αυτήν μέσα σε είκοσι μέρες από την κατάθεση της στο υπουργείο. Αν παρέλθει άπρακτη η προθεσμία αυτή τότε απορρίπτεται αυτόματα η προσφυγή. Σε περίπτωση που γίνει δεκτή η προσφυγή τότε μέχρι να ολοκληρωθεί ο έλεγχος νομιμότητας αναστέλλεται η διαδικασία αδειοδότησης.

Αφού εκδοθεί η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να αναφέρονται ορισμένα στοιχεία μέσα σε αυτή. Τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να είναι:

- α) ο κάτοχός της, φυσικό ή νομικό πρόσωπο
- β) ο τόπος εγκατάστασης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- γ) η εγκατεστημένη ισχύς και η μέγιστη ισχύς παραγωγής
- δ) η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ή η μορφή Α.Π.Ε.
- ε) η διάρκεια ισχύος της
- στ) το ή τα πρόσωπα, φυσικά ή νομικά, που εξασφαλίζουν τη χρηματοδότηση του έργου, τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά από τον κάτοχο της άδειας ή τους μετόχους του.

Η χρονική διάρκεια της άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι συγκεκριμένη σύμφωνα με το νόμο. Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι είκοσι πέντε χρόνια και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Εάν μέσα σε τριάντα μήνες από τη χορήγησή της δεν εκδοθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής παύει αυτοδικαίως να ισχύει. Στο χρονικό διάστημα

των τριάντα μηνών δεν υπολογίζονται ο χρόνος αναστολής με δικαστική απόφαση της άδειας παραγωγής ή άλλης άδειας ή έγκρισης που απαιτείται για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης και ο χρόνος καθυστέρησης που οφείλεται σε πράξεις ή παραλείψεις των αρμόδιων υπηρεσιών ή σε άλλους αντικειμενικούς λόγους που δεν αφορούν τον κάτοχο της άδειας παραγωγής.

Στις υπόλοιπες παραγράφους του τρίτου άρθρου τα πιο σημαντικά σημεία που αναφέρονται είναι ότι ο κάτοχος άδειας παραγωγής μπορεί, μετά από σχετική απόφαση της Ρ.Α.Ε., να μεταβιβάσει την άδειά του σε άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Ακόμα ένα σημαντικό σημείο που αναφέρεται είναι ότι κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής, καθώς και του έλεγχου τήρησης των όρων που περιλαμβάνονται στην άδεια αυτή, η Ρ.Α.Ε. μπορεί να συνεργάζεται με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), στο πλαίσιο σχετικής συμφωνίας για την παροχή, από αυτό, υπηρεσιών τεχνικού συμβούλου υπό την εποπτεία και τις οδηγίες της.

Δεν χρειάζεται για όλες τις εφαρμογές άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αφού σε ορισμένες κατηγορίες υπάρχει απαλλαγή. Στο τέταρτο άρθρο του νόμου περί Α.Π.Ε. Αυτές οι κατηγορίες είναι:

α) οι γεωθερμικοί σταθμοί με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του μισού MW

β) οι σταθμοί βιομάζας, βιοαερίου και βιοκαυσίμων με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός MW

γ) οι φωτοβολταϊκοί ή ηλιοθερμικοί σταθμοί με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός MWp

δ) οι αιολικές εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό KW

ε) οι σταθμοί Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός MWe

στ) οι σταθμοί από Α.Π.Ε. με εγκατεστημένη ισχύ έως πέντε MWe, που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς

ζ) οι αυτόνομοι σταθμοί από Α.Π.Ε. οι οποίοι δεν συνδέονται στο σύστημα ή στο δίκτυο, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των πέντε MWe, χωρίς δυνατότητα τροποποίησης της αυτόνομης λειτουργίας τους.

Επειδή οι εφαρμογές που αναλύονται παρακάτω δεν ανήκουν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες δεν γίνεται περαιτέρω αναφορά σε αυτές τις κατηγορίες.

Ακόμα σε αυτό το άρθρο αναφέρεται ότι οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., καθώς και κάθε έργο που συνδέεται με την κατασκευή και τη λειτουργία τους, συμπεριλαμβανομένων των έργων οδοποιίας πρόσβασης και των έργων σύνδεσής τους με το σύστημα ή το δίκτυο, επιτρέπεται να εγκαθίστανται και να λειτουργούν σε γήπεδο ή σε χώρο, επί των οποίων ο αιτών έχει το δικαίωμα νόμιμης χρήσης, σε δάση ή δασικές εκτάσεις, εφόσον έχει επιτραπεί, επ' αυτών, η εκτέλεση έργων και σε αιγιαλό, παραλία, θάλασσα ή σε πυθμένα της, εφόσον έχει παραχωρηθεί το δικαίωμα χρήσης τους.

3.4 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΑΔΕΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΕΙΑΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Επιπλέον άδειες που θα χρειαστεί να εκδώσει ο ενδιαφερόμενος προκειμένου να προχωρήσει στην κατασκευή του έργου αναφέρονται στο άρθρο οχτώ. Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. απαιτείται σχετική άδεια. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του γενικού γραμματέα της περιφέρειας εντός των ορίων της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός. Η άδεια εγκατάστασης χορηγείται μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών. Ο έλεγχος αυτός πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει ολοκληρωθεί μέσα σε τριάντα εργάσιμες ημέρες από την κατάθεση της σχετικής αίτησης. Αν η άδεια δεν εκδοθεί μέσα στο ανωτέρω χρονικό διάστημα, ο αρμόδιος γενικός γραμματέας της περιφέρειας υποχρεούται να εκδώσει διαπιστωτική πράξη με ειδική αιτιολογία για την αδυναμία έκδοσής της. Η πράξη αυτή με ολόκληρο τον σχετικό φάκελο διαβιβάζεται στον υπουργό περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, ο οποίος αποφασίζει για την έκδοση ή μη της άδειας εγκατάστασης μέσα σε τριάντα ημέρες από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων.

Ταυτόχρονα με την άδεια παραγωγής ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να ζητήσει ταυτόχρονα την έκδοση προσφοράς σύνδεσης από τον αρμόδιο διαχειριστή, την απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών ορών και την άδεια επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.

Ο αρμόδιος διαχειριστής με απόφασή του χορηγεί μέσα σε τέσσερις μήνες την προσφορά σύνδεσης που ζητήθηκε, η οποία οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική:

α) με την έκδοση της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών ορών για το σταθμό Α.Π.Ε. ή,

β) αν δεν απαιτείται απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών ορών, με τη βεβαίωση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας περιφέρειας ότι ο σταθμός Α.Π.Ε. απαλλάσσεται από την υποχρέωση αυτή.

Η προσφορά σύνδεσης ισχύει για τέσσερα έτη από την οριστικοποίησή της και δεσμεύει τον διαχειριστή και τον δικαιούχο.

Όσον αφορά την έκδοση έγκρισης περιβαλλοντικών ορών ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει πλήρη φάκελο και μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση αρχή. Η αρμόδια αρχή εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης. Ακόμα μεριμνά για την τήρηση των διαδικασιών δημοσιοποίησης και αποφαινεται για τη χορήγηση ή μη απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών ορών μέσα σε τέσσερις μήνες από το χρόνο που ο φάκελος θεωρήθηκε πλήρης. Η απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών ορών για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ισχύει για δέκα έτη και μπορεί να ανανεώνεται, με αίτηση που υποβάλλεται υποχρεωτικά έξι μήνες πριν από τη λήξη της, για μία ή περισσότερες φορές, μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά.

Αφού εκδοθεί η άδεια εγκατάστασης έχει ισχύ για δύο χρόνια και μπορεί να παρατείνεται, κατ' ανώτατο όριο, για ίσο χρόνο. Στις περιπτώσεις συγκροτημάτων αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος μεγαλύτερης από εκατόν πενήντα MW και αιολικών πάρκων που συνδέονται με το εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μέσω ειδικού υποθαλάσσιου καλωδίου, επιτρέπεται η έγκριση παράτασης της άδειας εγκατάστασης για χρονικό διάστημα ίσο με αυτό που απαιτείται για την εκτέλεση του έργου.

Έπειτα ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να βγάλει άδεια λειτουργίας για τον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από κλιμάκιο των αρμόδιων υπηρεσιών. Η άδεια λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ισχύει για είκοσι τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

3.5 ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο τελευταίο στάδιο ο ενδιαφερόμενος για να εντάξει τον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. στο σύστημα ή στο δίκτυο συνάπτει σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον διαχειριστή του συστήματος. Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμούς Α.Π.Ε. ισχύει για είκοσι χρόνια και μπορεί να παρατείνεται, σύμφωνα με τους όρους της άδειας αυτής, μετά από έγγραφη συμφωνία των μερών, εφόσον ισχύει η σχετική άδεια παραγωγής. Ο τύπος, το περιεχόμενο και η διαδικασία κατάρτισης των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής

ενέργειας καθορίζεται με απόφαση του υπουργού, μετά από εισήγηση του αρμόδιου διαχειριστή και γνώμη της Ρ.Α.Ε.

Ένα από τα πιο σημαντικά θέματα για τον ενδιαφερόμενο είναι η τιμολόγηση της MWh καθώς από εκεί θα κριθεί το αν είναι οικονομικά βιώσιμη η επένδυση. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από παραγωγό ή αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και απορροφάται από το σύστημα ή το δίκτυο, τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, κατά τα ακόλουθα:

α) Η τιμολόγηση γίνεται με βάση την τιμή, σε ευρώ ανά MWh, της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το σύστημα ή το δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου και του δικτύου μη διασυνδεδεμένων νησιών.

β) Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την προηγούμενη περίπτωση, γίνεται με βάση τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα:

Πίνακας 3.3 Τιμολόγηση αιολικής ενέργειας

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50kW	87,85	99,45

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμούς που συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης γίνεται κάθε τέσσερις μήνες.

Ακόμα, κάτι πολύ σημαντικό για τον επενδυτή είναι ότι στο τέλος κάθε ημερολογιακού έτους, ο αρμόδιος διαχειριστής καταβάλλει σε κάθε παραγωγό ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια που συνδέεται στο σύστημα ή το διασυνδεδεμένο δίκτυο, πρόσθετη αποζημίωση που ισούται με την αποζημίωση που αντιστοιχεί σε ποσοστό 30% των περικοπών ενέργειας που του έχουν επιβληθεί κατά το προηγούμενο ημερολογιακό έτος από τον αρμόδιο διαχειριστή. Το ανωτέρω ποσοστό των περικοπών ενέργειας αυξάνεται κάθε έτος κατά μέγιστο έως και το 100%, έτσι ώστε η συνολική αποζημίωση που λαμβάνει ο σταθμός να ισούται με το μικρότερο ποσό μεταξύ της αποζημίωσης που θα ελάμβανε αν λειτουργούσε με δύο χιλιάδες ισοδύναμες ώρες και της αποζημίωσης που θα ελάμβανε αν λειτουργούσε χωρίς περικοπές. Η μεθοδολογία υπολογισμού των περικοπών ενέργειας καθορίζεται με απόφαση του υπουργού περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, η οποία εκδίδεται κατόπιν γνώμης της Ρ.Α.Ε. μετά από εισήγηση και των αρμόδιων διαχειριστών.

3.6 Α.Π.Ε. ΚΑΙ ΣΕ ΓΗ ΥΨΗΛΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Μία από τις πιο σημαντικές προσθήκες που έγιναν στον νέο νόμο έχει να κάνει με τον χώρο στον οποίο μπορεί ο ενδιαφερόμενος να πραγματοποιήσει τον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με αυτή την αλλαγή σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται από τη διεύθυνση αγροτικής ανάπτυξης του οικείου νομού ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, απαγορεύεται η άσκηση οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας, εκτός από τη γεωργική εκμετάλλευση και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε.. Έτσι με αυτή την τροπολογία λύνονται τα χέρια αρκετών ενδιαφερομένων αφού η γη υψηλής παραγωγικότητας λαμβάνει ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της Ελληνικής γης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το λογισμικό RETScreen είναι ένα πάρα πολύ εύχρηστο εργαλείο το οποίο έχει την ικανότητα να αξιολογεί επενδυτικά σχέδια τα οποία αφορούν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με το κομμάτι που έχει να κάνει με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα. Θα περιγραφεί αναλυτικά ο τρόπος που καταχωρεί ο χρήστης τα στοιχεία που θέλει το πρόγραμμα για να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα θεωρείται από τα πλέον αξιόλογα αφού έχει αναπτυχθεί από διακεκριμένους γνώστες του χώρου τόσο της ακαδημαϊκής όσο και της βιομηχανικής κοινότητας. Το RETScreen παραχωρείται ελεύθερα από το διαδίκτυο και αποτελεί εφαρμογή πάνω στο πρόγραμμα Excel του Microsoft Office. Η έκδοση η οποία χρησιμοποιείται στην εργασία είναι η RETScreen 3.2 και είναι παρόμοια με αυτή που διδάχτηκε στο ΤΕΙ Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος κατά το φοιτητικό έτος 2006 – 2007.

4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ RETSCREEN

Η αιολική εφαρμογή του RETScreen μπορεί να έχει παγκόσμια εφαρμογή αφού χρησιμοποιεί δεδομένα από σχεδόν όλες τις χώρες παγκοσμίως. Το πρόγραμμα παράγει αποτελέσματα τα οποία είναι προσιτά στον χρήστη και σχετίζονται με τον υπολογισμό της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των εγκαταστάσεων, την μείωση των εκπομπών που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης που μελετά ο χρήστης.

Ακόμα ο χρήστης μπορεί να κάνει εφαρμογές με τα περισσότερα μοντέλα ανεμογεννητριών αφού είναι καταχωρημένα μέσα στο πρόγραμμα όλα τα στοιχεία τους. Όσα στοιχεία δεν υπάρχουν μπορεί να εισάγει ο χρήστης τα χαρακτηριστικά τους. Το πρόγραμμα παρέχει και τα μετεωρολογικά δεδομένα της κάθε περιοχής που μελετά ο χρήστης.

Με όλα τα παραπάνω ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει εφαρμογές για αιολικά πάρκα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο αλλά και σε αυτά που είναι απομακρυσμένα από το δίκτυο.

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τέσσερις διαφορετικούς τύπους κελιών στο Excel τα οποία ξεχωρίζουν από την απόχρωσή τους. Αυτοί οι τύποι κελιών είναι:

- 1) Τα λευκά κελιά που περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα που βγάζει το μοντέλο και συμπληρώνονται από αυτό.
- 2) Τα κίτρινα κελιά που είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και είναι δεδομένα που τα εισάγει ο χρήστης.
- 3) Τα γαλάζια κελιά που είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο, υπάρχουν πληροφορίες από τη βάση δεδομένων του προγράμματος και τα εισάγει ο χρήστης.
- 4) Τα γκρι κελιά που δεν είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και τα βάζει ο χρήστης μόνο για απλή αναφορά.

Το κύριο μέρος του λογισμικού αποτελείται από έξι λογιστικά φύλλα. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- 1) Εισαγωγικό φύλλο
- 2) Το ενεργειακό μοντέλο
- 3) Τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού
- 4) Η ανάλυση κόστους
- 5) Η ανάλυση μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- 6) Η χρηματοοικονομική ανάλυση.

Παρακάτω θα αναλυθούν τα έξι, βασικά για την λειτουργία του προγράμματος, φύλλα.

4.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΦΥΛΛΟ

Natural Resources Canada / Ressources naturelles Canada

Canada

RETScreen® International
Clean Energy Project Analysis Software

Wind Energy Project Model

Click Here to Start

- Description & Flow Chart
- Colour Coding
- Online Manual

Worksheets

- Energy Model
- Equipment Data
- Cost Analysis
- Greenhouse Gas Analysis
- Financial Summary

Features

- Product Data
- Weather Data
- Cost Data
- Unit Options
- Currency Options
- CDM / JI Project Analysis
- Sensitivity Analysis

Clean Energy Decision Support Centre
www.retscreen.net

Training & Support
Internet Forums
Marketplace
Case Studies
e-Textbook

Partners
NASA, UNEP, GEF

Version 3.2 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

Εικόνα 4.1 Εξώφυλλο προγράμματος RET Screen

Μόλις ανοίξει το λογισμικό, παρουσιάζεται η πρώτη του σελίδα η οποία αποτελεί μια εισαγωγή στο περιβάλλον του, όπου περιγράφονται σύντομα οι δυνατότητες και οι λειτουργίες που αυτό παρέχει. Η πρώτη σελίδα παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1. Ακόμα, υπάρχουν παραπομπές σε διάφορες διαδικτυακές τοποθεσίες για τη λήψη περισσότερων πληροφοριών. Στην ίδια σελίδα υπάρχουν και οι διασυνδέσεις με τα υπόλοιπα μέρη του λογισμικού, τα οποία στην ουσία αποτελούνται από ειδικά μορφοποιημένα φύλλα του πακέτου Excel της Microsoft.

4.2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Στο δεύτερο φύλλο Excel ο χρήστης αρχίζει να εισάγει δεδομένα και το πρόγραμμα να του δίνει πληροφορίες που χρειάζεται. Το δεύτερο φύλλο χωρίζεται σε τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος που ονομάζεται site conditions εισάγεται το όνομα του έργου, την περιοχή στην οποία γίνεται και από πιο κοντινό μετεωρολογικό σταθμό παίρνει, ο χρήστης, τα δεδομένα. Έπειτα, το πρόγραμμα, ζητάει πληροφορίες για την περιοχή που θα γίνει το έργο όπως την ετήσια μέση ταχύτητα του ανέμου, το ύψος που λήφθηκαν οι μετρήσεις του ανέμου, την μέση ατμοσφαιρική πίεση και την ετήσια μέση θερμοκρασία της περιοχής. Στο δεύτερο μέρος ζητούνται τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα εδώ ο χρήστης επιλέγει αν το έργο θα είναι σε κεντρικό ή απομακρυσμένο δίκτυο. Στην συνέχεια ο χρήστης εισάγει το φορτίο αιχμής και τον αριθμό των ανεμογεννητριών. Τέλος ζητείται από το χρήστη να εισάγει τον αιολικό ρυθμό απορρόφησης ενέργειας και τις τιμές για τις απώλειες εξοπλισμού, τις απώλειες λόγω παρουσίας σκόνης ή πάγου στα περύγια της ανεμογεννήτριας, τις απώλειες χρόνου διακοπής και διάφορες άλλες απώλειες. Αναλυτικά τα παραπάνω παρατηρούνται στην εικόνα 4.2.

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Wind Farm 2	See Online Manual
Project location		Sitia, Kriti	
Wind data source		Wind speed	
Nearest location for weather data		Hyderabad	See Weather Database
Annual average wind speed	m/s	5.3	
Height of wind measurement	m	10.0	3.0 to 100.0 m
Wind shear exponent	-	0.16	0.10 to 0.40
Wind speed at 10 m	m/s	5.3	
Average atmospheric pressure	kPa	101.1	60.0 to 103.0 kPa
Annual average temperature	°C	27	-20 to 30 °C

Εικόνα 4.2 Πρώτο μέρος του ενεργειακού μοντέλου

Αφού ο χρήστης εισάγει τα παραπάνω το πρόγραμμα του επιστρέφει ορισμένες πληροφορίες. Αυτές είναι η ισχύς της αιολικής εφαρμογής, ο αριθμός των ανεμογεννητριών, την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης και το επίπεδο διεύθυνσης του αιολικού δυναμικού. Οι υπόλοιπες πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την ισχύ της κάθε ανεμογεννήτριας, το ύψος της πλήμνης και την πυκνότητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης δίνονται αφού συμπληρωθεί και το τρίτο φύλλο Excel.

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Grid type	-	Isolated-grid	
Peak load	kW	100.000	
Wind turbine rated power	kW	1000	→ Complete Equipment Data sheet
Number of turbines	-	12	
Wind plant capacity	kW	12.000	
Hub height	m	70,0	6.0 to 100.0 m
Wind speed at hub height	m/s	7,2	
Wind power density at hub height	W/m ²	444	
Wind penetration level	%	12,0%	
Suggested wind energy absorption rate	%	96%	
Wind energy absorption rate	%	93%	
Array losses	%	3%	0% to 20%
Airfoil soiling and/or icing losses	%	2%	1% to 10%
Other downtime losses	%	2%	2% to 7%
Miscellaneous losses	%	3%	2% to 6%

Εικόνα 4.3 Δεύτερο μέρος του ενεργειακού μοντέλου

Στο τρίτο και τελευταίο σκέλος του δεύτερου φύλλου παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας. Ο χρήστης δεν μπορεί να επέμβει, απλά βλέπει τα αποτελέσματα που του επιστρέφει το πρόγραμμα. Αυτά είναι η ισχύς της αιολικής εφαρμογής, η ακανόνιστη παραγωγή ενέργειας, ο συντελεστής φορτίου, ο συντελεστής θερμοκρασίας, η συνολική παραγωγή ενέργειας, ο συντελεστής απωλειών, η χαρακτηριστική απόδοση, ο συντελεστής φορτίου της εγκατάστασης και η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγεται από το δίκτυο. Ενώ ακόμα υπολογίζεται η ενέργεια η οποία παραδίδεται και η περισσευούμενη διαθέσιμη αιολική ενέργεια. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στην εικόνα 4.4.

Annual Energy Production		Estimate Per Turbine	Estimate Total	Notes/Range
Wind plant capacity	kW	2.000	10.000	
	MW	2,000	10,000	
Unadjusted energy production	MWh	6.430	32.151	
Pressure adjustment coefficient	-	1,00	1,00	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	0,96	0,96	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	6.173	30.865	
Losses coefficient	-	0,90	0,90	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh/m ²	1.110	1.110	150 to 1.500 kWh/m ²
Wind plant capacity factor	%	30%	30%	20% to 40%
Renewable energy collected	MWh	5.578	27.891	
Renewable energy delivered	MWh	5.188	25.939	
	GJ	18.676	93.380	
Excess RE available	MWh	390	1.952	

[Complete Cost Analysis sheet](#)

Εικόνα 4.4 Τρίτο μέρος του ενεργειακού μοντέλου

4.2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

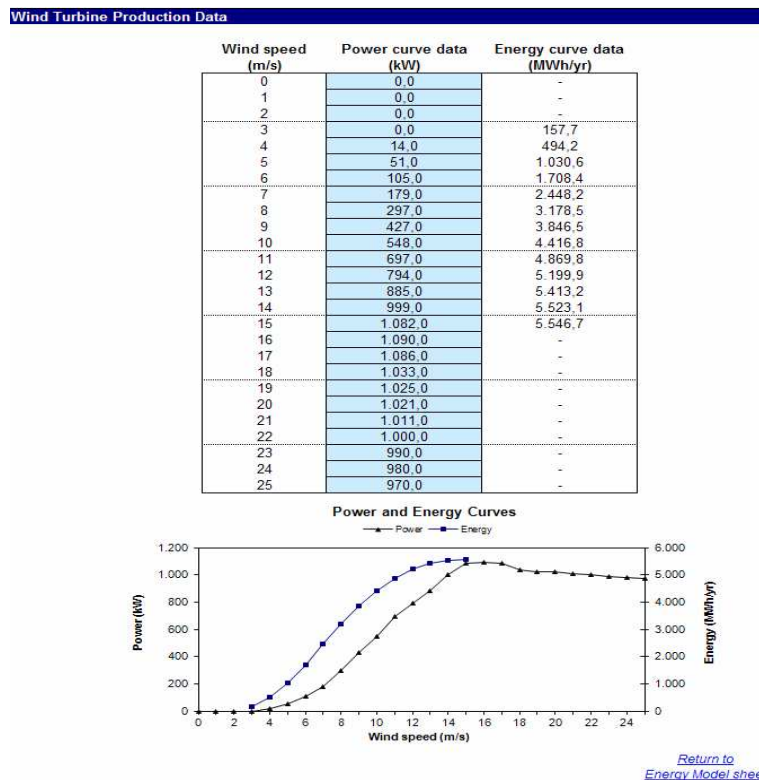
Στην τρίτη σελίδα του προγράμματος αναφέρονται τα δεδομένα του εξοπλισμού. Αυτή η σελίδα χωρίζεται σε δύο κομμάτια, στο πρώτο ο χρήστης επιλέγει τον τύπο της ανεμογεννήτριας που επιθυμεί να βάλει στο σχέδιο του. Το πρόγραμμα έχει καταχωρημένο από μόνο του μια μεγάλη γκάμα από ανεμογεννήτριες με όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται αλλά μπορεί να επέμβει και ο χρήστης και να βάλει μια πέρα από αυτές που έχει μέσα το RETScreen, αρκεί να ξέρει την ισχύ της, το ύψος της πλήμνης, την διάμετρο του δρομέα και το πεδίο δράσεως. Ακόμα εισάγει τον τύπο της ανεμογεννήτριας και τον κατασκευαστή της.

Το τελευταίο αλλά πολύ σημαντικό που ορίζει ο χρήστης σε αυτό το σημείο είναι τα δεδομένα της καμπύλης ενέργειας αν θα είναι ανάμεσα στην κανονική πηγή δεδομένων που χρησιμοποιεί η κατανομή ανέμου Rayleigh, την προσαρμοσμένη πηγή δεδομένων που χρησιμοποιεί την κατανομή ανέμου Weibull και την ορισμένη από το χρήστη πηγή δεδομένων στην οποία η κατανομή του ανέμου εξαρτάται από την τοποθεσία. Για να διαλέξει μια επιλογή από τις παραπάνω ο χρήστης επιλέγει standard, custom ή user defined αντίστοιχα (εικόνα 4.5).

Wind Turbine Characteristics		Estimate	Notes/Range
Wind turbine rated power	kW	1000	See Product Database
Hub height	m	70.0	6.0 to 100.0 m
Rotor diameter	m	54	7 to 80 m
Swept area	m ²	2.290	35 to 5,027 m ²
Wind turbine manufacturer		ABC S.A.	
Wind turbine model		model XYZ	
Energy curve data source	-	Standard	Rayleigh wind distribution
Shape factor	-	2.0	

Εικόνα 4.5 Επιλογή χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας

Στο δεύτερο κομμάτι του φύλλου εργασίας, το οποίο εμφανίζεται στην εικόνα 4.6, εμφανίζονται τα δεδομένα και η γραφική παράσταση της καμπύλης ισχύος και της καμπύλης ενέργειας. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν ήδη μέσα στο πρόγραμμα μπορεί να τα εισάγει και ο χρήστης.



Εικόνα 4.6 Καμπύλη ισχύος και καμπύλη ενέργειας της ανεμογεννήτριας

4.2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

Το τέταρτο φύλλο του προγράμματος ασχολείται με τις δαπάνες που χρειάζονται προκειμένου να πραγματοποιηθεί το έργο και να λειτουργήσει. Πιο συγκεκριμένα οι δαπάνες αυτές έχουν να κάνουν με την μελέτη, την ανάπτυξη, την εφαρμογή και τη λειτουργία της αιολικής εφαρμογής που εξετάζεται.

Αρχικά ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει τον τύπο του έργου ως τυπικό ή ειδικό. Αυτό γίνεται επιλέγοντας standard ή custom αντίστοιχα. Ακόμα ο χρήστης μπορεί να ορίσει την ισοτιμία που επιθυμεί. Το τέταρτο φύλλο του προγράμματος χωρίζεται σε τρεις ενότητες. Αναλυτικά τα τρία σκέλη του τέταρτου φύλλου αναπαριστούνται στις εικόνες 4.7, 4.8 και 4.9.

Στην πρώτη αναφέρονται τα αρχικά κόστη. Σε πρώτη βάση ο χρήστης ορίζει τα αρχικά κόστη επένδυσης όπου συμπληρώνει τα έξοδα που έγιναν για την εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας για το έργο, την μελέτη για την πορεία ανάπτυξης και εξέλιξης του έργου, το μηχανολογικό κομμάτι της έρευνας για την υλοποίηση του έργου και τον εξοπλισμό ΑΠΕ της εφαρμογής. Ακόμα συμπληρώνει τις δαπάνες για την θεμελίωση και ανέγερση των ανεμογεννητριών, την κατασκευή οδικών αξόνων, την κατασκευή κτιριακών εγκαταστάσεων και τη δημιουργία υποσταθμού. Τέλος σε αυτό το κομμάτι συμπληρώνει τα διάφορα έξοδα που μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια του έργου και δεν περιγράφονται παραπάνω.

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study							
Feasibility study	Cost	1	\$ 245.200	\$ 245.200		-	-
Sub-total:				\$ 245.200	1,1%		
Development							
Development	Cost	1	\$ 835.500	\$ 835.500		-	-
Sub-total:				\$ 835.500	3,8%		
Engineering							
Engineering	Cost	1	\$ 610.500	\$ 610.500		-	-
Sub-total:				\$ 610.500	2,8%		
Energy Equipment							
Wind turbine(s)	kW	12.000	\$ 1.000	\$ 12.000.000		-	-
Spare parts	%	3,0%	\$ 12.000.000	\$ 360.000		-	-
Transportation	turbine	12	\$ 33.000	\$ 396.000		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	\$ -	\$ -		-	-
Sub-total:				\$ 12.756.000	58,1%		
Balance of Plant							
Balance of plant	Cost	1	\$ 5.868.000	\$ 5.868.000		-	-
Sub-total:				\$ 5.868.000	26,7%		
Miscellaneous							
Contingencies	%	5%	\$ 20.315.200	\$ 1.015.760		-	-
Interest during construction	6,0%	12 month(s)	\$ 21.330.960	\$ 639.929		-	-
Sub-total:				\$ 1.655.689	7,5%		
Initial Costs - Total				\$ 21.970.889	100,0%		

Εικόνα 4.7 Κόστος πραγματοποίησης του αιολικού πάρκου

Στη δεύτερη ενότητα αναφέρονται τα ετήσια κόστη. Σε αυτή την κατηγορία περιγράφονται τα κόστη που προκύπτουν από την λειτουργία της αιολικής εφαρμογής σε ετήσια βάση. Τέτοια έξοδα μπορεί να είναι η εκμίσθωση γης, οι φόροι και τα ασφάλιστρα, η συντήρηση των γραμμών μεταφοράς του δικτύου, τα κόστη που

αφορούν το εργατικό δυναμικό, τα ανταλλακτικά που θα χρειαστούν αλλά και τα διάφορα διαχειριστικά έξοδα.

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M							
O&M	Cost	1	\$ 700.000	\$ 700.000		-	-
Contingencies	%	10%	\$ 700.000	\$ 70.000		-	-
Annual Costs - Total				\$ 770.000	100,0%		

Εικόνα 4.8 Ετήσια κόστη αιολικού πάρκου

Στην τρίτη ενότητα αναφέρονται τα περιοδικά κόστη. Σε αυτά υπολογίζονται δαπάνες που αφορούν διαδικασίες συντήρησης ή αντικατάστασης κομματιών του εξοπλισμού. Ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει το κόστος αυτών των κομματιών καθώς και την περιοδικότητα με την οποία αυτά αλλάζουν. Η περιοδικότητα ορίζεται σε χρόνια. Ακόμα ο χρήστης μπορεί να ορίσει και τις πιθανές περιοδικές πιστώσεις πέρα από τις δαπάνες.

Periodic Costs (Credits)	Period	Unit Cost	Amount	Interval Range	Unit Cost Range
Drive train	Cost	10 yr	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	-
Blades	Cost	15 yr	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	-
End of project life	Credit	-	\$ -	-	-

Εικόνα 4.9 Περιοδικά κόστη αιολικού πάρκου

4.2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Σε αυτό το φύλλο ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που θα είχαμε επιπλέον στην ατμόσφαιρα αν δεν πραγματοποιήσουμε το συγκεκριμένο έργο. Το πέμπτο φύλλο είναι προαιρετικό καθώς το ενεργοποιείται με την επιλογή 'ναι' ή μένει ανενεργό στην επιλογή 'όχι'. Τα αέρια όπου λογίζονται ως βλαβερά για το περιβάλλον από το πρόγραμμα είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). Το σύστημα υπολογίζει δύο συντελεστές εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου έναν για το συμβατικό σύστημα που ήδη υπάρχει και έναν για το εναλλακτικό σύστημα που μελετά ο χρήστης. Η διαφορά των συντελεστών αερίων του θερμοκηπίου που υπολογίστηκαν για το συμβατικό και το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης, επί την ετήσια παραδοθείσα ενέργεια θέρμανσης, δίνει το συνολικό μειούμενο όγκο εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂, που προκύπτει από την εφαρμογή της αιολικής εφαρμογής. Αναλυτικά το φύλλο φαίνεται στην εικόνα 4.10.

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Wind Energy Project

Use GHG analysis sheet? Yes No
 Potential CDM project? Yes No
 Type of analysis: Standard Custom

Background Information

Project Information
 Project name: Wind Farm 1
 Project location: Neapoli, Volos
 Project capacity: 27,72 MW
 Grid type: Central-grid
Global Warming Potential of GHG
 21 tonnes CO₂ = 1 tonne CH₄ (IPCC 1996)
 310 tonnes CO₂ = 1 tonne N₂O (IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO ₂ emission factor (kg/GJ)	CH ₄ emission factor (kg/GJ)	N ₂ O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (tCO ₂ /MWh)
Coal	50.0%	94.6	0.0020	0.0030	35.0%	12.0%	1.117
Large hydro	50.0%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	12.0%	0.000
Electricity mix	100%	153.6	0.0032	0.0049		12.0%	0.559

Does baseline change during project life? Yes No

Proposed Case Electricity System (Wind Energy Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO ₂ emission factor (kg/GJ)	CH ₄ emission factor (kg/GJ)	N ₂ O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (tCO ₂ /MWh)
Electricity system							
Wind	100.0%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	12.0%	0.000

GHG Emission Reduction Summary

Electricity system	Base case GHG emission factor (tCO ₂ /MWh)	Proposed case GHG emission factor (tCO ₂ /MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Gross annual GHG emission reduction (tCO ₂)	GHG credits transaction fee (%)	Net annual GHG emission reduction (tCO ₂)
Electricity system	0.559	0.000	54.699	30.551	0.0%	30.551

[Complete Financial Summary sheet](#)

Εικόνα 4.10 Υπολογισμός της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που θα προκύψει από την πραγματοποίηση του έργου

4.2.6 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πριν πραγματοποιηθεί η χρηματοοικονομική ανάλυση θα πρέπει να αναφερθούν ορισμένες βασικές οικονομικές έννοιες οι οποίες στοχεύουν στην καλύτερη κατανόηση του παρόντος κεφαλαίου.

➤ Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης βασίζεται στην εύρεση του επιτοκίου που θα εξισώσει την παρούσα αξία των προβλεπόμενων μελλοντικών ροών ή εισπράξεων της επένδυσης με το κόστος της επένδυσης. Η εξίσωση της μεθόδου IRR είναι:

$$\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+E)^i} - AK = 0 \quad (4.1)$$

όπου AK , τοποθετείται το αρχικό κόστος της επένδυσης, τις τιμές των P_1, P_2, \dots, P_t , είναι οι προβλεπόμενες ροές της επένδυσης και είναι άγνωστο το επιτόκιο προεξόφλησης E . Η εύρεση του επιτοκίου πραγματοποιείται με την προσεγγιστική μέθοδο. Τοποθετείται μια τιμή για το E και λύνεται η εξίσωση συγκρίνοντας την παρούσα αξία των ροών με το κόστος της επένδυσης. Αν η παρούσα αξία είναι μεγαλύτερη από το κόστος επαναυπολογίζεται χρησιμοποιώντας ένα υψηλότερο επιτόκιο. Αν η παρούσα αξία είναι μικρότερη του κόστους χρησιμοποιείται μικρότερο επιτόκιο. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρι να εξισωθούν. Το επιτόκιο που εξισώνει την παρούσα αξία των ροών με το κόστος της επένδυσης είναι η εσωτερική απόδοση.

➤ Καθαρή παρούσα αξία (NPV)

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανοιγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N} \quad (4.2)$$

Στον παραπάνω τύπο συμβολίζεται με C_{in} η αρχική επένδυση, με F_t το ετήσιο καθαρό όφελος, με N ο οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης, με d το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου) και σε SV_N η αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N .

Στον δείκτη καθαρής παρούσας αξίας διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- $NPV > 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής, N , και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, d).
- $NPV = 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d .
- $NPV < 0$: Η επένδυση είναι αντιοικονομική.

➤ Πληθωρισμός (Inflation)

Πληθωρισμός είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος.

➤ **Επιτόκιο (Rate)**

Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Στο επιτόκιο δανεισμού ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και αποτελεί δαπάνη.

➤ **Απλός χρόνος αποπληρωμής (Simple payback)**

Σαν απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται η χρονική διάρκεια, σε χρόνια, που πρέπει να περάσουν για να εισπράξει ο επενδυτής το αρχικό κόστος της επένδυσης. Ο απλός χρόνος αποπληρωμής δεν είναι ένα μέτρο που μας δείχνει πόσο επικερδής είναι μια μία επιχείρηση αλλά είναι ένα χρονικό μέτρο που μας δείχνει πόσα χρόνια απαιτούνται για την ανάκτηση του αρχικού κεφαλαίου.

➤ **Έτος θετικής ταμειακής ροής (Year to positive cash flow)**

Το έτος θετικής ταμειακής ροής είναι το έτος όπου η επένδυση έχει κάνει απόσβεση του αρχικού της κεφαλαίου λαμβάνοντας υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος.

➤ **Ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής (Annual life cycle savings)**

Με τον όρο ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής εννοείται η ετήσια ταμειακή ροή (σταθερή για κάθε έτος) η οποία για τη διάρκεια ζωής του έργου και το επιτόκιο αναγωγής του έργου θα έδινε την ίδια καθαρά παρούσα αξία με το έργο.

➤ **Αναλογία οφέλους - κόστους (Benefit - Cost ratio)**

Η αναλογία των καθαρών κερδών ως προς το κόστος είναι ένας ακόμα δείκτης που υπολογίζεται για να βρεθεί το κατά πόσο είναι ένα έργο κερδοφόρο. Τα καθαρά οφέλη αντιπροσωπεύουν την παρούσα αξία των ετήσιων εσόδων ενώ το κόστος ορίζεται ως τα αρχικά κεφάλαια του έργου. Όταν η αναλογία αυτή είναι πάνω από τη μονάδα τότε το έργο χαρακτηρίζεται αυτομάτως ως κερδοφόρο. Όσο πιο μεγάλη είναι η αναλογία του καθαρού κέρδους ως προς το κόστος τόσο πιο κερδοφόρο είναι το έργο.

➤ **Επιτόκιο αναγωγής (Discount rate)**

Το επιτόκιο αναγωγής ή επιτόκιο προεξόφλησης χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η Παρούσα Αξία μιας σειράς μελλοντικών εισροών ή εκροών. Το επιτόκιο αναγωγής καθορίζεται από τον επενδυτικό φορέα, στο πλαίσιο των κανόνων της αγοράς αλλά με υποκειμενικά κατά βάση κριτήρια. Εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της ήδη υπάρχουσας επιχείρησης, είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο από τον αποφασίζοντα, προκειμένου να καλυφθεί ο κίνδυνος της εξεταζόμενης επένδυσης έναντι μιας πιο

ασφαλούς τοποθέτησης. Συνήθως, η τιμή του επιτοκίου αναγωγής είναι 8% - 12%. Το επιτόκιο αναγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι συντίθεται από:

- Το καθαρό επιτόκιο, δηλαδή το επιτόκιο που δικαιούται ένας επενδυτής μόνο και μόνο για την χρήση του κεφαλαίου σε μια επένδυση που δεν παρουσιάζει ρίσκο.
- Την προσαύξηση του επιτοκίου λόγω ρίσκου.
- Την προσαύξηση λόγω πληθωρισμού.

➤ **Επιχορήγηση**

Με τον όρο επιχορήγηση (ή επιδότηση) εννοείται η δωρεάν χρηματοδότηση, χωρίς την υποχρέωση επιστροφής ή την χρέωση τόκων, μέρους του συνολικού ύψους μιας επένδυσης. Οι επιχορηγήσεις δίνονται από δημόσιες, εθνικές ή κοινοτικές αρχές, ως κίνητρο για την ενθάρρυνση και την πραγματοποίηση επενδύσεων, οι οποίες δημιουργούν νέες θέσεις απασχόλησης και ανταποκρίνονται σε ορισμένα κριτήρια.

➤ **Οικονομικός κύκλος ζωής**

Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

Στο τελευταίο φύλλο του προγράμματος συνοψίζονται όλα τα προαναφερθέντα φύλλα μαζί με τους παραπάνω οικονομικούς παράγοντες, τα οποία θα δώσουν συγκεντρωτικά αποτελέσματα βασιζόμενα σε πραγματικά στοιχεία ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με την αναλογία κατά την οποία το εξεταζόμενο έργο είναι κερδοφόρο. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι το φύλλο χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες.

Η πρώτη περιέχει το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο όπου εμφανίζει κάποια μεγέθη από το δεύτερο φύλλο που περιγράφει το ενεργειακό μοντέλο και το φύλλο που αναφέρει την ανάλυση μείωσης εκπομπών φαινομένου θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 4.11, αναφέρει την ονομασία και την τοποθεσία της αιολικής εφαρμογής, την ποσότητα της ενέργειας που παραδίδει η εφαρμογή στο δίκτυο καθώς και το αν η αιολική εφαρμογή είναι σε κεντρικό ή απομακρυσμένο δίκτυο. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει την ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τότε εμφανίζει ακόμα τους ρύπους που αποφεύγονται από την πραγματοποίηση του έργου για ένα χρόνο καθώς και για όλο τον κύκλο ζωής του έργου.

Annual Energy Balance	
Project name	Wind Farm 1
Project location	Neapoli, Volos
Renewable energy delivered	MWh 28.818
Excess RE available	MWh -
Firm RE capacity	kW -
Grid type	Central-grid

Εικόνα 4.11 Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο

Στην δεύτερη ενότητα, η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 4.12, ο χρήστης συμπληρώνει τις χρηματοοικονομικές παραμέτρους. Τέτοιες παράμετροι είναι το εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας, η πίστωση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, η χρονική διάρκεια της πίστωσης και το επιτόκιο προσαύξησης για πίστωση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Ακόμα ο χρήστης εισάγει το επιτόκιο προσαύξησης του ενεργειακού κόστους, την τιμή του πληθωρισμού, το προεξοφλητικό επιτόκιο, την διάρκεια ζωής του επενδυτικού έργου, το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών και την προθεσμία εξόφλησης των χρεών. Τέλος σε αυτή την ενότητα ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει με ένα 'ναι' ή 'όχι' εάν επιθυμεί να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων, συμπληρώνοντας το ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος.

Financial Parameters					
Avoided cost of energy	\$/kWh	0,0950	Debt ratio	%	70,0%
RE production credit	\$/kWh	0,025	Debt interest rate	%	14,0%
RE production credit duration	yr	10	Debt term	yr	15
RE credit escalation rate	%	2,5%	Income tax analysis?	yes/no	No
Energy cost escalation rate	%	5,0%			
Inflation	%	2,5%			
Discount rate	%	12,0%			
Project life	yr	25			

Εικόνα 4.12 Χρηματοοικονομικοί παράγοντες

Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται τα κόστη και έσοδα του έργου και οι αποταμιεύσεις που θα γίνουν. Εδώ παρουσιάζονται οι αρχικές, ετήσιες και περιοδικές δαπάνες που καταχώρησε ο χρήστης στο φύλλο ανάλυσης κόστους. Σε αυτήν την ενότητα ο χρήστης μπορεί να εισάγει, αν υπάρχει, ένα ποσό που προκύπτει από επιχορηγήσεις ή κίνητρα. Στην συνέχεια συνοψίζονται τα περιοδικά κόστη του έργου με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται πότε μέσα στον χρόνο ζωής του έργου πρέπει να γίνουν τα έξοδα αυτά. Ακόμα συνοψίζονται τα ετήσια κόστη όπως έχουν υπολογιστεί. Τέλος συνοψίζονται τα ετήσια έσοδα και οι ετήσιες εξοικονομήσεις του έργου από τη χρησιμοποίηση ενέργειας από ΑΠΕ, από την εξοικονόμηση εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος, τα έσοδα από την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής αέριων θερμοκηπίου.

Project Costs and Savings					
Initial Costs			Annual Costs and Debt		
Feasibility study	1,3%	\$	245.200	O&M	\$ 770.000
Development	4,3%	\$	835.500	Debt payments - 15 yrs	\$ 2.221.564
Engineering	3,1%	\$	610.500	Annual Costs and Debt - Total	\$ 2.991.564
Energy equipment	53,7%	\$	10.465.000	Annual Savings or Income	
Balance of plant	30,1%	\$	5.868.000	Energy savings/income	\$ 2.737.713
Miscellaneous	7,5%	\$	1.468.972	Capacity savings/income	\$ -
Initial Costs - Total	100,0%	\$	19.493.172	RE production credit income - 10 yrs	\$ 720.451
Incentives/Grants		\$	-	Annual Savings - Total	\$ 3.458.164
Periodic Costs (Credits)				Schedule yr # 10,20	
Drive train		\$	1.000.000	Schedule yr # 15	
Blades		\$	1.000.000		
		\$	-		
End of project life - Credit		\$	-		

Εικόνα 4.13 Κόστος έργου και αποταμιεύσεις

Στην τέταρτη και τελευταία ενότητα, η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 4.14, το πρόγραμμα παρουσιάζει στον χρήστη τις επιδόσεις της επένδυσης με βάση κάποιους χρηματοοικονομικούς δείκτες όπου του δείχνουν το κατά πόσο είναι βιώσιμο οικονομικά το έργο. Βιώσιμο οικονομικά χαρακτηρίζεται ένα έργο όταν το συνολικό χρηματικό ποσό των χρημάτων που θα λάβει ο επενδυτής από το έργο για n χρόνια λειτουργίας του θα είναι μεγαλύτερο από το χρηματικό ποσό που θα δώσει για να πραγματοποιήσει και να λειτουργήσει για n χρόνια το συγκεκριμένο έργο.

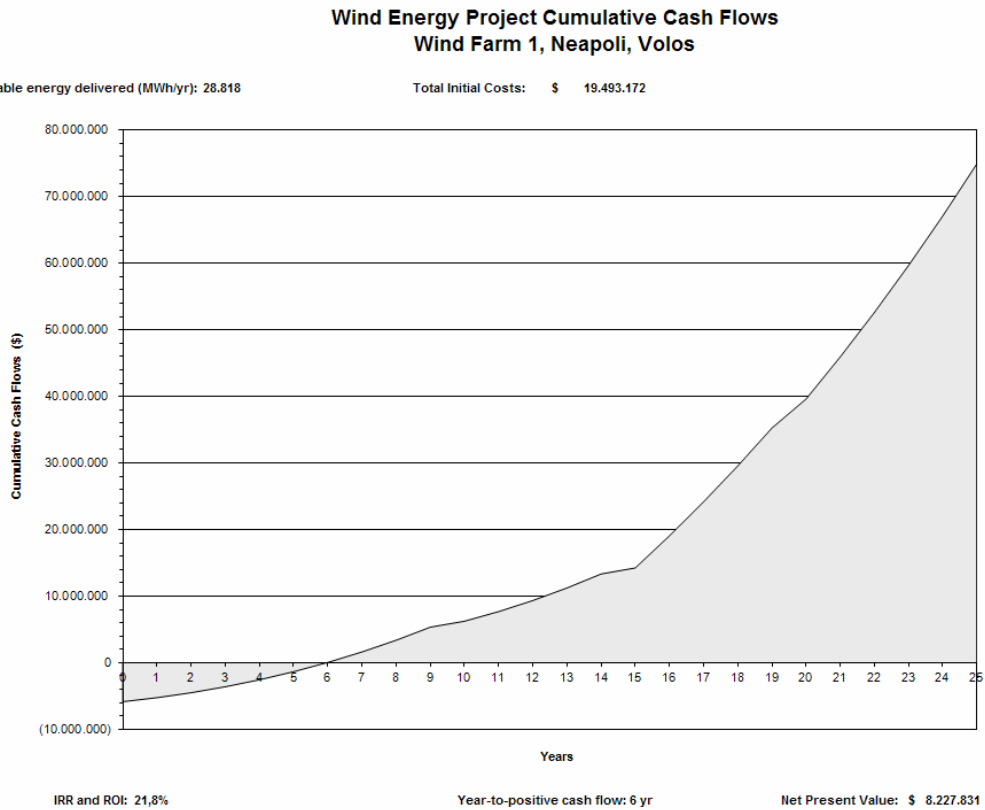
Το RETScreen πρώτα υπολογίζει τον δείκτη IRR ή αλλιώς τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης, στην συνέχεια υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης του αρχικού κόστους του έργου. Έπειτα υπολογίζεται μετά από πόσα χρόνια από την ημέρα λειτουργίας του έργου ο επενδυτής θα λάβει την πρώτη θετική ταμειακή ροή. Ακόμα εφαρμόζεται το κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας και ακολούθως υπολογίζεται το ποσό που θα εξοικονομείται κάθε χρόνο με την λειτουργία του έργου.

Financial Feasibility					
			Calculate energy production cost?	yes/no	No
Pre-tax IRR and ROI	%	21,8%			
After-tax IRR and ROI	%	21,8%			
Simple Payback	yr	7,3	Project equity	\$	5.847.952
Year-to-positive cash flow	yr	6,0	Project debt	\$	13.645.221
Net Present Value - NPV	\$	8.227.831	Debt payments	\$/yr	2.221.564
Annual Life Cycle Savings	\$	1.049.048	Debt service coverage	-	1,27
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	2,41			

Εικόνα 4.14 Απόδοση επένδυσης

Τέλος παρουσιάζονται τα ποσά που έχουν να κάνουν με την χρηματοδότηση του έργου. Εδώ παρουσιάζεται το από πού προέρχονται τα χρήματα για την επένδυση. Αυτά τα ποσά χωρίζονται σε ίδια κεφάλαια που αφορούν το ποσό που βάζουν οι μέτοχοι, το χρέος του έργου που έχει να κάνει με το ποσό του δανεισμού καθώς επίσης και οι ετήσιες δόσεις για την αποπληρωμή του χρέους. Στο τέλος του φύλλου παρουσιάζεται ένα γράφημα στο οποίο αποτυπώνονται όλες οι αθροιστικές ταμειακές ροές για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Το γράφημα αυτό απεικονίζεται στην εικόνα 4.15.

Cumulative Cash Flows Graph



Εικόνα 4.15 Γράφημα με τις αθροιστικές ταμειακές ροές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

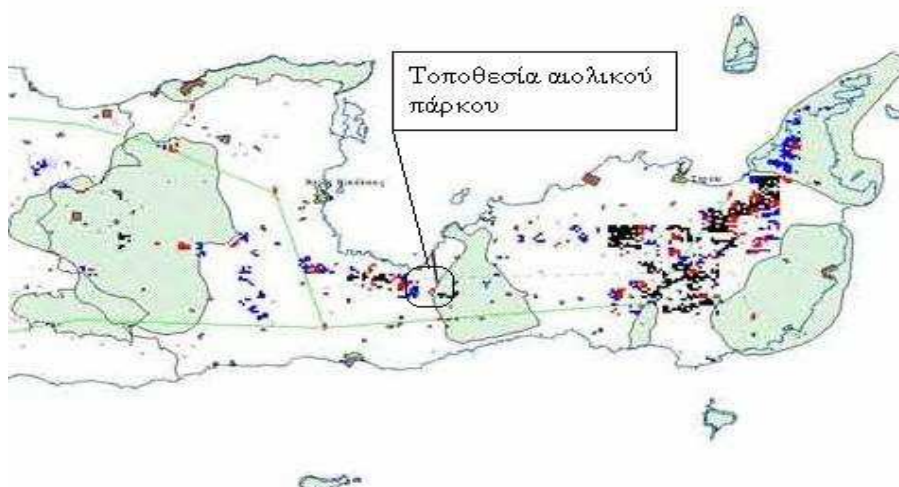
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα αναφερθούν δύο σενάρια αιολικών πάρκων τα οποία θα αναλυθούν τόσο από τεχνικής όσο και οικονομικής πλευράς. Το πρώτο σενάριο θα πραγματοποιηθεί ένα αιολικό πάρκο το οποίο θα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο και θα τοποθετηθεί στην πόλη του Βόλου. Το δεύτερο σενάριο θα έχει να κάνει με ένα αιολικό πάρκο σε μη διασυνδεδεμένο δίκτυο και θα τοποθετηθεί στην Σητεία Κρήτης. Τα δύο αιολικά πάρκα θα είναι παρόμοιας δυναμικής και θα αποτελούνται από 12 ανεμογεννήτριες. Από τεχνικής πλευράς τα σενάρια θα αφορούν την διαφοροποίηση των ανεμογεννητριών ενώ από οικονομικής πλευράς θα γίνουν κάποιες οικονομικές αναλύσεις ως προς την χρηματοδότηση και κοστολόγηση του έργου.

5.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

5.1.1 ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΜΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

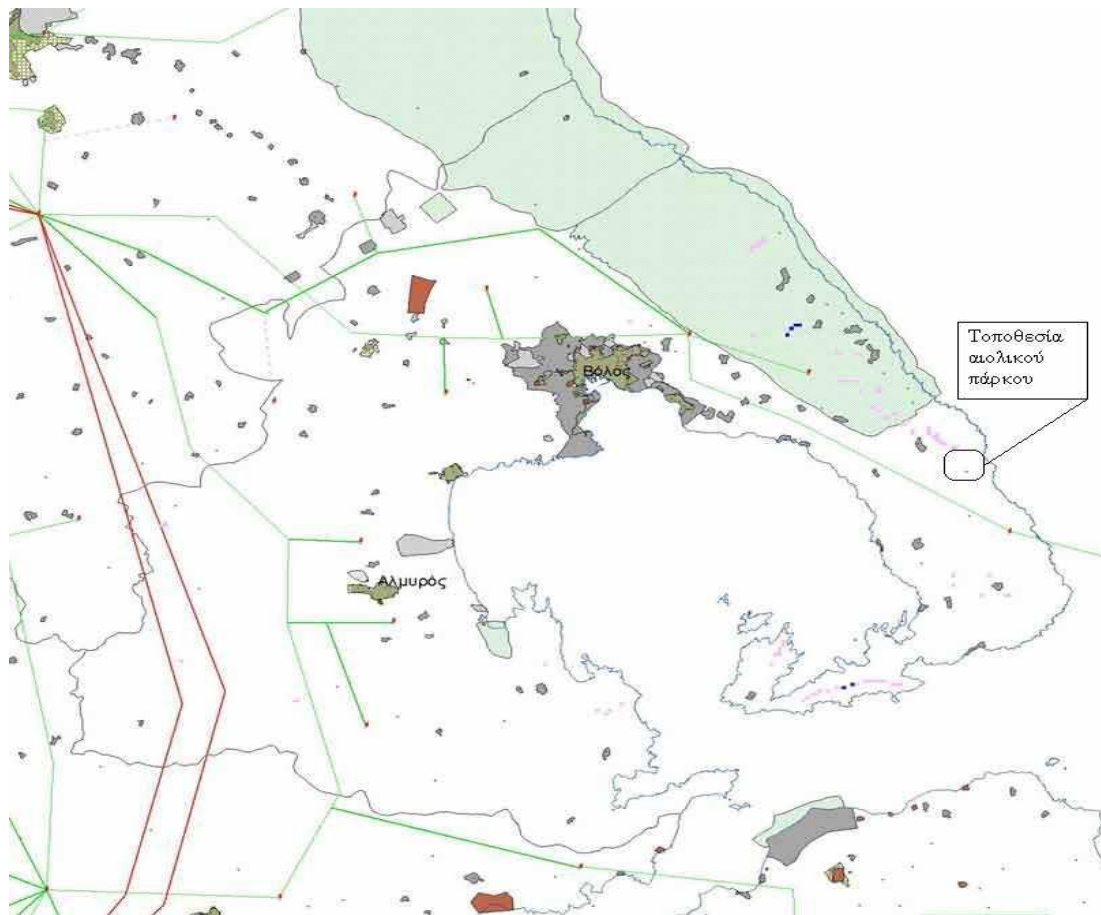
Για να χαρακτηριστεί μια εφαρμογή ΑΠΕ ως μη διασυνδεδεμένη στο δίκτυο θα πρέπει αυτή να λειτουργεί ανεξάρτητα σε σχέση με το διασυνδεδεμένο δίκτυο της χώρας. Πιο αναλυτικά μη διασυνδεδεμένη χαρακτηρίζεται μια εφαρμογή η οποία τοποθετείται στην Κρήτη και όλα τα νησιά του αιγαίου πλην της Εύβοιας. Ένα τέτοιο έργο θα μελετηθεί στην εργασία κοντά στην πόλη της Σητείας στον νομό Λασιθίου. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η θέση του έργου.



Εικόνα 5.2 Τοποθεσία αιολικού πάρκου στον νομό Λασιθίου κοντά στην πόλη της Σητείας

5.1.2 ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Για να χαρακτηριστεί μια εφαρμογή ΑΠΕ ως διασυνδεδεμένη στο δίκτυο θα πρέπει αυτή να συνδέεται με την ηπειρωτική χώρα. Πιο αναλυτικά διασυνδεδεμένη χαρακτηρίζεται μια εφαρμογή η οποία τοποθετείται στην ηπειρωτική χώρα, τα νησιά του Ιονίου και την Εύβοια. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το αιολικό πάρκο που θα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο θα τοποθετηθεί σε περιοχή κοντά στον Βόλο του νομού Μαγνησίας. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η θέση του έργου.



Εικόνα 5.1 Τοποθεσία αιολικού πάρκου στον νομό Μαγνησίας κοντά στην πόλη του Βόλου

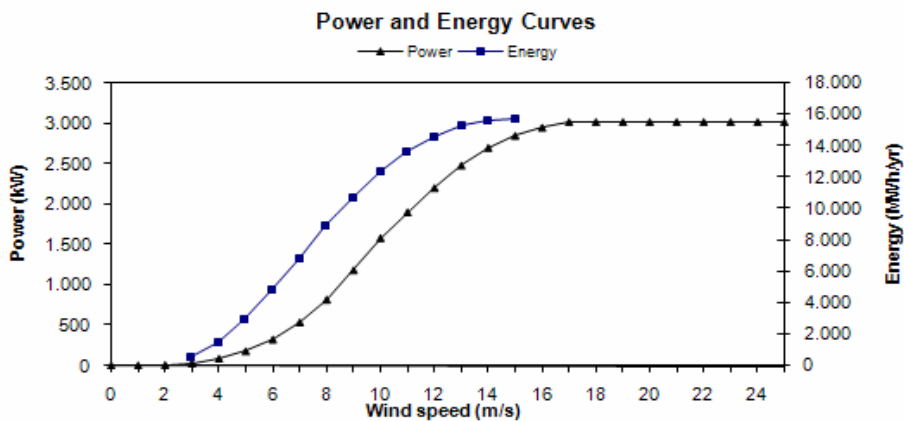
5.1.3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ

Σε μια μελέτη δοκιμάζονται διάφορα τεχνικά σενάρια, τα οποία έχουν ως επί το πλείστον την εύρεση της πιο αποδοτικής αιολικής μηχανής. Για αυτό το λόγο σε αυτό το σενάριο θα συγκριθούν 4 παρόμοιες ανεμογεννήτριες προκειμένου να καταλήξουμε στην πιο αποδοτική. Οι ανεμογεννήτριες που θα συγκριθούν έχουν ονομαστική ισχύ 3MW. Πιο συγκεκριμένα είναι η Enercon E82, η Vestas V90 και δύο μοντέλα της Sinovel SL3000 με διάμετρο πτερωτής 100 και 115 μέτρα. Οι ανεμογεννήτριες αυτές θα συγκριθούν μέσα από το πρόγραμμα RETScreen. Τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα

οποία έγινε η σύγκριση είναι η καμπύλη ισχύος και η ενέργεια η οποία παραδίδεται στο δίκτυο. Ακόμα ένα χαρακτηριστικό το οποίο παίζει πολύ βασικό ρόλο στα αποτελέσματα είναι η ετήσια μέση ταχύτητα του ανέμου στην έκαστη περιοχή. Στην περιοχή του Βόλου υπολογίζεται ως ετήσια ταχύτητα του ανέμου τα 6,5 m/sec ενώ στην περιοχή της Σητείας τα 7,5 m/sec.

Στην πρώτη περίπτωση η Enercon E82 έχει 108 μέτρα διάμετρο πτερωτής και παραδίδει στο δίκτυο 132.455 MWh το χρόνο στο αιολικό πάρκο της Σητείας ενώ σε αυτό του Βόλου 120.980 MWh. Στο διάγραμμα 5.1 φαίνεται η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας.

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	0,0	-
1	0,0	-
2	3,0	-
3	25,0	606,3
4	82,0	1.569,9
5	174,0	3.052,6
6	321,0	4.907,9
7	532,0	6.929,3
8	815,0	8.937,0
9	1.180,0	10.796,1
10	1.580,0	12.409,1
11	1.900,0	13.714,0
12	2.200,0	14.686,0
13	2.480,0	15.333,4
14	2.700,0	15.688,2
15	2.850,0	15.795,1
16	2.950,0	-
17	3.020,0	-
18	3.020,0	-
19	3.020,0	-
20	3.020,0	-
21	3.020,0	-
22	3.020,0	-
23	3.020,0	-
24	3.020,0	-
25	3.020,0	-

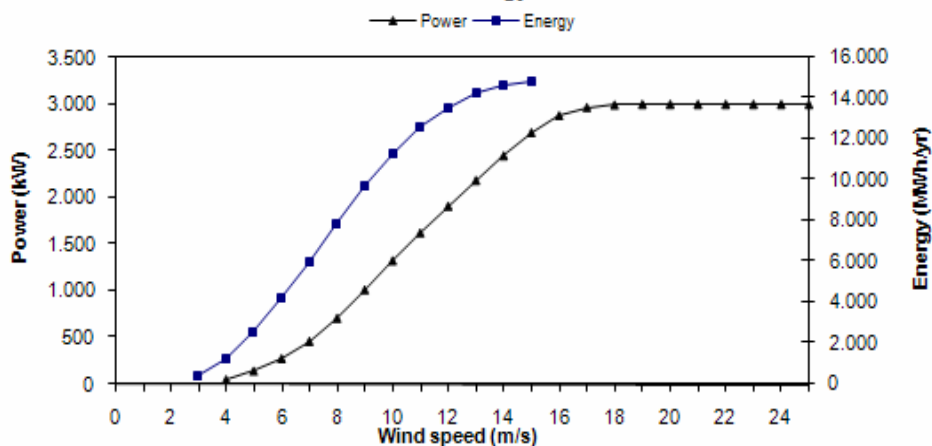


Διάγραμμα 5.1 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Enercon E82

Στην δεύτερη περίπτωση η Vestas V90 έχει 105 μέτρα διάμετρο πτερωτής και παραδίδει στο δίκτυο 121.238 MWh το χρόνο στο αιολικό πάρκο της Σητείας ενώ σε αυτό του Βόλου 108.964 MWh. Στο διάγραμμα 5.2 φαίνεται η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας.

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	-	451,9
4	56,0	1.297,5
5	148,0	2.595,0
6	281,0	4.235,7
7	466,0	6.067,7
8	713,0	7.941,1
9	1.016,0	9.724,0
10	1.328,0	11.308,9
11	1.625,0	12.620,4
12	1.911,0	13.621,8
13	2.186,0	14.312,6
14	2.451,0	14.718,5
15	2.697,0	14.879,6
16	2.879,0	-
17	2.966,0	-
18	2.993,0	-
19	2.999,0	-
20	3.000,0	-
21	3.000,0	-
22	3.000,0	-
23	3.000,0	-
24	3.000,0	-
25	3.000,0	-

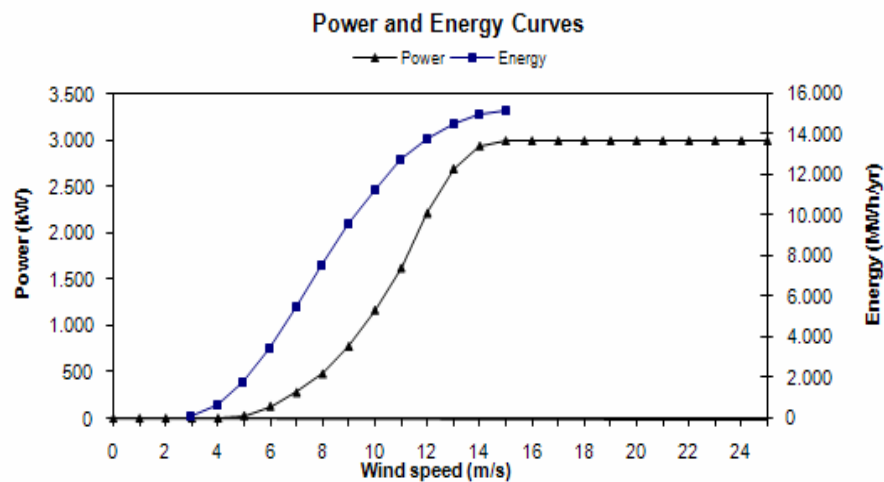
Power and Energy Curves



Διάγραμμα 5.2 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Vestas V90

Στην τρίτη περίπτωση η Sinovel SL3000 έχει 100 μέτρα διάμετρο πτερωτής και παραδίδει στο δίκτυο 123.842 MWh το χρόνο στο ολικό πάρκο της Σητείας ενώ σε αυτό του Βόλου 109.776 MWh. Στο διάγραμμα 5.3 φαίνεται η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας.

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	0,0	-
1	0,0	-
2	0,0	-
3	0,0	157,5
4	0,0	712,9
5	27,0	1.839,4
6	131,0	3.509,2
7	280,0	5.514,9
8	480,0	7.610,4
9	779,0	9.600,4
10	1.169,0	11.351,1
11	1.625,0	12.783,9
12	2.218,0	13.868,1
13	2.698,0	14.611,8
14	2.944,0	15.048,5
15	3.000,0	15.224,7
16	3.000,0	-
17	3.000,0	-
18	3.000,0	-
19	3.000,0	-
20	3.000,0	-
21	3.000,0	-
22	3.000,0	-
23	3.000,0	-
24	3.000,0	-
25	3.000,0	-

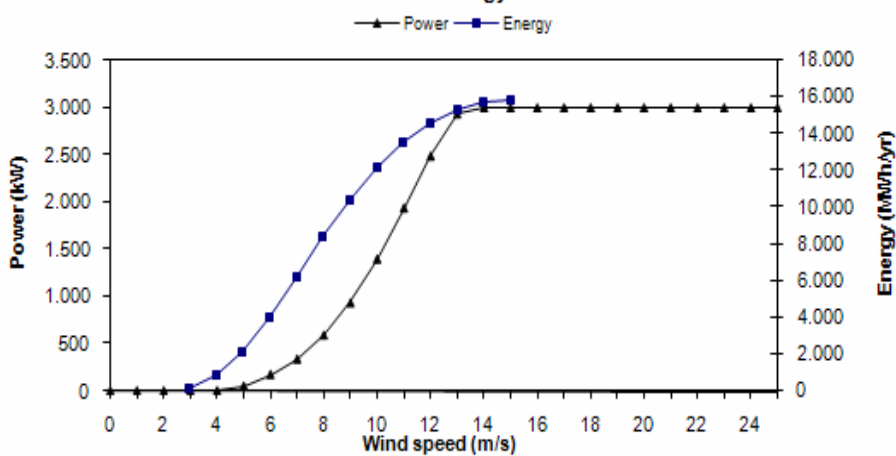


Διάγραμμα 5.3 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Sinovel SL3000 (100m)

Στην τέταρτη περίπτωση η Sinovel SL3000 έχει 115 μέτρα διάμετρο περωτής και παραδίδει στο δίκτυο 131.790 MWh το χρόνο στο αιολικό πάρκο της Σητείας ενώ σε αυτό του Βόλου 118.647 MWh. Στο διάγραμμα 5.4 φαίνεται η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας.

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	0,0	-
1	0,0	-
2	0,0	-
3	0,0	209,3
4	0,0	887,5
5	48,0	2.205,2
6	173,0	4.077,8
7	335,0	6.240,6
8	588,0	8.428,8
9	930,0	10.454,8
10	1.396,0	12.201,5
11	1.938,0	13.605,2
12	2.489,0	14.646,8
13	2.936,0	15.341,4
14	3.000,0	15.727,4
15	3.000,0	15.853,9
16	3.000,0	-
17	3.000,0	-
18	3.000,0	-
19	3.000,0	-
20	3.000,0	-
21	3.000,0	-
22	3.000,0	-
23	3.000,0	-
24	3.000,0	-
25	3.000,0	-

Power and Energy Curves



Διάγραμμα 5.4 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Sinovel SL3000 (115m)

Παρατηρείται ότι από τις παραπάνω ανεμογεννήτριες η πιο αποδοτική ως προς τις MWh που παραδίδει στο σύστημα, ανά χρόνο, είναι η Enercon E82, τόσο στο αιολικό πάρκο της Σητείας όσο και σε αυτό του Βόλου.

5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Ο οικονομικός τομέας μιας μελέτης που αφορά ένα έργο είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς αποτελεί βασική προϋπόθεση της ενδεχόμενης πραγμάτωσης του έργου. Τα σενάρια που εξετάζονται σε αυτή την εργασία θα αναλυθούν οικονομικά στο τρίτο φύλλο εργασίας μέσω του προγράμματος RETScreen 3, το οποίο ονομάζεται ανάλυση κόστους και χωρίζεται σε 8 πεδία:

- μελέτη σκοπιμότητας
- ανάπτυξη του έργου
- μηχανολογικά
- σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- ισοζύγιο του συστήματος
- διάφορα έξοδα
- ετήσια κόστη
- περιοδικά κόστη

5.2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ

Το πρώτο βήμα ενός επενδυτή πριν ξεκινήσει να υλοποιεί ένα έργο είναι να πραγματοποιήσει μια μελέτη σκοπιμότητας. Η μελέτη αυτή γίνεται για να διαπιστωθεί αν το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο ενώ αποτελεί για τον επενδυτή ένα αναγκαίο αρχικό κόστος. Στην περίπτωση που παρατηρηθεί από τη μελέτη υψηλό κέρδος, τότε ο επενδυτής συνεχίζει με την περάτωση του έργου. Σε αντίθετη περίπτωση, εκεί όπου δηλαδή παρουσιάζεται μικρό ή μηδενικό κέρδος είτε ακόμα και ζημία τότε ο επενδυτής λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της μελέτης δεν θα προχωρήσει στην πραγματοποίηση του έργου. Στα έξοδα της μελέτης σκοπιμότητας υπάγεται η διερεύνηση του χώρου, η περιβαλλοντική αξιολόγηση, ο προκαταρκτικός σχεδιασμός, η αναλυτική εκτίμηση κόστους, η διαχείριση του έργου καθώς και έξοδα ταξιδιών που δύνανται να προκύψουν. Τα συνολικά ποσά των προαναφερθέντων εξόδων θα αντιστοιχεί σε 300.000€ όσο αφορά τη παρούσα εργασία. Το μεγαλύτερο ποσοστό κόστους καταλαμβάνει η μέτρηση και αξιολόγηση των φυσικών πηγών γιατί τα αποτελέσματα της πρέπει να είναι κατά πολύ μεγάλο ποσοστό έγκυρα μιας και είναι εκείνα τα οποία θα κρίνουν τη πιθανότητα πραγματοποίησης του έργου. Ένας ή και περισσότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι αναγκαίοι να εγκατασταθούν στην περιοχή ενδιαφέροντος για τη συλλογή όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστων μετρήσεων σε διάστημα ενός έτους ή και ακόμα περισσότερων.

5.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το δεύτερο ποσό εξόδων αφορά την ανάπτυξη του έργου στο οποίο υπάγονται: οι διαπραγματεύσεις για τα συμβόλαια, οι ενέργειες για τις άδειες, τα δικαιώματα της γης που θα χρησιμοποιηθεί, διάφορες νομικές και λογιστικές υπηρεσίες καθώς και έξοδα ταξιδιών που δύνανται να προκύψουν. Εάν ο επενδυτής δεν έχει ήδη στη κυριότητά του την έκταση γης όπου θα γίνει η εγκατάσταση του έργου τότε το μεγαλύτερο ποσοστό κόστους θα καταλαμβάνουν οι ενέργειες για τις άδειες απόκτησης έκτασης γης. Στο σενάριο που μελετάται σε αυτή την εργασία θεωρείται ότι ο επενδυτής έχει στην κυριότητα του την άδεια για να χρησιμοποιήσει την γη. Στην παρούσα μελέτη έχει οριστεί ένα ποσό της τάξης των 1.000.000€ για έξοδα ανάπτυξης. Από το παραπάνω ποσό το μεγαλύτερο ποσοστό ανήκει στην διαχείριση όλων των φάσεων εξέλιξης του έργου.

5.2.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ

Ένα επιπλέον έξοδο είναι και αυτό που σχετίζεται με το μηχανολογικό τομέα το οποίο προκύπτει από τον σχεδιασμό των κτιρίων, τον μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, τη προκήρυξη διαγωνισμών, την υπογραφή συμβάσεων καθώς και την επίβλεψη του έργου. Από όλα τα προαναφερθέντα έξοδα το μεγαλύτερο μερίδιο κόστους καταλαμβάνει η συνεχής επίβλεψη του μηχανικού κατά τη διάρκεια περάτωσης του έργου, καθώς η παρουσία του καθίσταται αναγκαία καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών. Το ποσό που αντιστοιχεί στο μηχανολογικό τομέα για τη παρούσα εργασία υπολογίζεται στα 2.000.000€.

5.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί το μεγαλύτερο κόστος όσο αφορά τη κατασκευή ενός αιολικού πάρκου. Το υψηλό κόστος είναι αποτέλεσμα της αγοράς των ανεμογεννητριών, της μεταφοράς τους, των ανταλλακτικών όπως και άλλων μη προσδοκώμενων εξόδων που δύνανται να προκύψουν. Σε πρώτο στάδιο αξίζει να αναφερθεί ότι το κόστος της ανεμογεννήτριας διαφέρει ανάλογα με τη κατασκευάστρια εταιρία. Συγκεκριμένα τα τρία είδη ανεμογεννητριών, έτσι όπως αυτά προαναφέρθηκαν στην παράγραφο 5.1.3 όπου γίνεται λόγος για την τεχνική ανάλυση, κοστολογούνται ως εξής:

Κατασκευάστρια εταιρεία	Ευρώ (€) / KW	Τελική τιμή για 36MW
Enercon	1000€	36.000.000€
Vestas	900€	32.400.000€
Sinovel	800€	28.800.000€

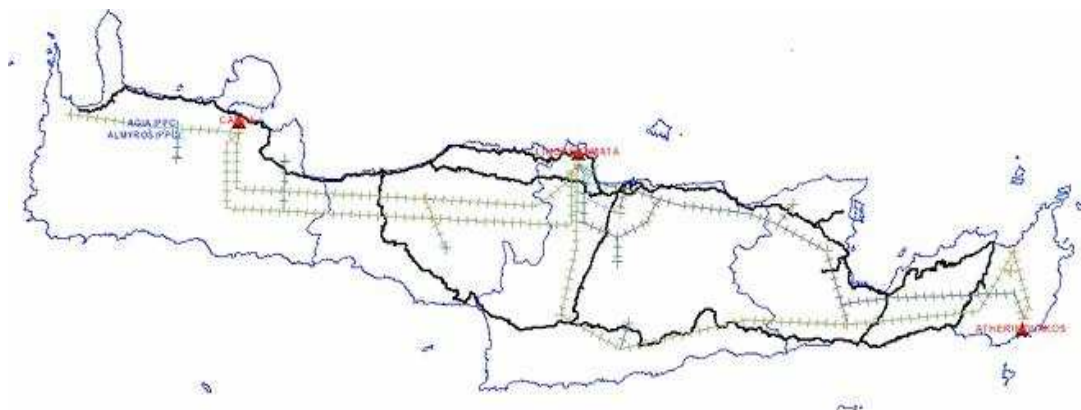
Πίνακας 5.1 Τιμολόγηση ανεμογεννητριών

Ωστόσο η παραγγελία θα περιλαμβάνει τόσο τις ανεμογεννήτριες όσο και τα ανταλλακτικά τα οποία αφορούν τα κινητά της μέρη, όπως για παράδειγμα τα περβάνια. Το κόστος των ανταλλακτικών καταλαμβάνει κατά προσέγγιση το 3% του συνολικού ποσού που θα δοθεί για τις ανεμογεννήτριες.

Η μεταφορά των ανεμογεννητριών στην τοποθεσία που θα εγκατασταθούν αποτελεί ένα ακόμα μεγάλο έξοδο. Επί παραδείγματι το κόστος μεταφοράς των ανεμογεννητριών στην Κρήτη υπολογίζεται περίπου 1.500.000€ ενώ αντίστοιχα στον Βόλο υπολογίζεται περίπου στα 1.200.000€. Η παραπάνω διαφοροποίηση των εξόδων μεταφοράς έγκειται στην απόσταση και στα μέσα μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθούν.

5.2.5 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το ισοζύγιο του συστήματος είναι εκείνο το οποίο περιλαμβάνει τις υπολειπόμενες εργασίες οι οποίες είναι απαραίτητες για την εγκατάσταση του έργου. Τα επιπλέον έξοδα που θα χρειαστούν είναι αυτά που σχετίζονται με την ανέγερση των ανεμογεννητριών, τα έργα οδοποιίας, τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού και τον υποσταθμό. Για την ανέγερση των ανεμογεννητριών υπολογίζεται ένα κόστος περίπου στα 1.500.000€, ενώ για τα έργα οδοποιίας με ενδεικτική απόσταση 10 χιλιομέτρων το κόστος ανέρχεται στα 50.000€. Οι γραμμές μεταφοράς του ηλεκτρισμού δίνουν ένα κόστος της τάξης των 90.000€ ανά χιλιόμετρο. Η συγκεκριμένη υψηλή τιμή είναι απόρροια του γεγονότος ότι θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο υψηλής τάσης των 150 KV. Οι γραμμές μεταφοράς θα ενώσουν τον υποσταθμό με το δίκτυο υψηλής τάσης που βρίσκεται στην περιοχή. Στην συγκεκριμένη μελέτη υπολογίζονται έργα σχετικά με τη μεταφορά του ηλεκτρισμού απόστασης 10 χιλιομέτρων, τα οποία θα κοστίσουν 900.000€.



Εικόνα 5.3 Δίκτυο υψηλής τάσης στην Κρήτη

Το αιολικό πάρκο των 36MW, που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη, θα συνδεθεί με υποσταθμό υψηλής τάσης, κάτι το οποίο αυτόματα συνεπάγεται σε πιο υψηλό κόστος. Αναλογικά ο υποσταθμός ενός τέτοιου θα κοστίσει περίπου 5.000.000€. Επομένως τα συνολικά έξοδα για το ισοζύγιο του συστήματος ανέρχονται σε 7.450.000€.

5.2.6 ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΞΟΔΑ

Πέραν των αρχικών εξόδων που δύνανται να υπολογιστούν από την αρχή, προκύπτουν και κάποια κατά την διάρκεια του έργου. Τα έξοδα αυτά είναι δύσκολο να υπολογιστούν πρωτύτερα γεγονός το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να υπολογίζεται κατά προσέγγιση ένα επιπλέον ποσοστό της τάξεως των 10% στο συνολικό ποσό των εξόδων. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η πιθανότητα σφάλματος ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η πιθανότητα εγκυρότερης προσέγγισης του ποσού των εξόδων. Ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια στην μελέτη επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό της μεταβολής της αξίας του χρήματος κατά την διάρκεια κατασκευής του αιολικού πάρκου. Παρόλα αυτά η μελέτη που εξετάζεται δεν θα εισαχθεί η συγκεκριμένη παράμετρος καθώς το έργο θα ολοκληρωθεί σε διάστημα 12 μηνών, με αποτέλεσμα η μεταβολή της αξίας του χρήματος να είναι ιδιαίτερη μικρή άρα και αμελητέα.

5.2.7 ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ

Ήδη έχει γίνει σαφής αναφορά στα έξοδα περάτωσης του έργου παρόλα αυτά δεν πρέπει θεωρηθούν αμελητέα τα ετήσια κόστη για την συντήρηση του έργου. Τα συγκεκριμένα έξοδα είναι η μίσθωση της γης, ο φόρος ιδιοκτησίας, τα ασφάλιστρα, το εργατικό δυναμικό, η συντήρηση των γραμμών, τα ανταλλακτικά και τα έξοδα ταξιδιών. Το ποσό της τάξης του 1.000.000€ αντιστοιχεί στα ανωτέρω έξοδα. Μεγαλύτερη ακρίβεια επιτυγχάνεται με την 10% αύξηση του προαναφερθέντος ποσού, ποσοστό το οποίο εντάσσονται όλα τα μη προσδοκώμενα έξοδα.

5.2.8 ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ

Ωστόσο ορισμένες εργασίες οι οποίες αφορούν την συντήρηση του έργου είναι προγραμματισμένες να γίνουν μετά το πέρας συγκεκριμένων ετών λειτουργίας του. Μια τέτοιου είδους εργασία είναι η ανά δεκαετία αλλαγή του συστήματος μετάδοσης της ανεμογεννήτριας η οποία μάλιστα περιλαμβάνει τους άξονες, το κιβώτιο ταχυτήτων, το μηχανικό φρένο και τα στρεφόμενα μέρη της γεννήτριας. Η αλλαγή του συστήματος μετάδοσης της ανεμογεννήτριας έχει κοστολογηθεί στο 20% της συνολικής τιμής της ανεμογεννήτριας. Ακολούθως το συγκεκριμένο κόστος για την ανεμογεννήτρια Enercon E82 θα είναι 7.200.000€, για την ανεμογεννήτρια Vestas V90 το κόστος είναι 6.480.000€ και για την Sinovel SL3000 (100 & 115m διάμετρος πτερωτής) το κόστος είναι 5.760.000€.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN

6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Από τις τρεις ανεμογεννήτριες που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο θα πρέπει να επιλεγεί η πιο συμφέρουσα για το έργο. Σύμφωνα με την τεχνική και οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε έγινε αντιληπτό ότι η πιο αποδοτική ανεμογεννήτρια ως προς τις MWh που θα παραδίδει στο δίκτυο ανά χρόνο είναι η Enercon. Ο παράγοντας που πρωτίστως επηρεάζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας, ως προς τις MWh που θα παραδώσει στο δίκτυο, είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου η οποία έχει υπολογιστεί στα 7,5 m/s για την Σητεία και 6,5 m/s για τον Βόλο. Έτσι προκύπτει και ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας:

	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στην Σητεία (MWh/year)	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στον Βόλο (MWh/year)
Enercon E-82	132455	120980
Vestas V-90	121238	108964
Sinovel SL 3000 (hub height 100m)	123842	109776
Sinovel SL 3000 (hub height 115m)	131790	118647

Πίνακας 6.1 Απόδοση ανεμογεννητριών για μέση ταχύτητα ανέμου 7,5 m/s στην Σητεία και 6,5 m/s στον Βόλο

Η παραπάνω ταχύτητα του ανέμου δεν μπορεί να θεωρηθεί ως δεδομένη και γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι αυτές οι τιμές μπορεί να είναι κάθε χρονιά είτε πιο υψηλά είτε πιο χαμηλά από αυτές που μετρήθηκαν στην αρχική μελέτη. Στους παρακάτω πίνακες αναπαριστάται η μεταβολή της απόδοσης της κάθε ανεμογεννήτριας σε σχέση με την μέση ταχύτητα του ανέμου. Στον πίνακα 6.2 παρατηρείται ότι για μείωση της μέσης ταχύτητας κατά 1 m/s υπάρχει πτώση έως και 25% στην παραγόμενη ενέργεια από τις Α/Γ ενώ στον πίνακα 6.3 όπου μελετάται η αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου κατά 1 m/s υπάρχει αύξηση έως και 20%.

	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στην Σητεία (MWh/year)	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στον Βόλο (MWh/year)
Enercon E-82	112511	93970
Vestas V-90	101337	82893
Sinovel SL 3000 (hub height 100m)	102092	80717
Sinovel SL 3000 (hub height 115m)	110342	89263

Πίνακας 6.2 Απόδοση ανεμογεννητριών για μέση ταχύτητα ανέμου 6,5 m/s στην Σητεία και 5,5 m/s στον Βόλο

	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στην Σητεία (MWh/year)	Ενέργεια στο δίκτυο ανά χρόνο στον Βόλο (MWh/year)
Enercon E-82	139420	142424
Vestas V-90	128523	130364
Sinovel SL 3000 (hub height 100m)	131544	133163
Sinovel SL 3000 (hub height 115m)	139184	141710

Πίνακας 6.3 Απόδοση ανεμογεννητριών για μέση ταχύτητα ανέμου 8 m/s στην Σητεία και 7,5 m/s στον Βόλο

Από τους παραπάνω πίνακες γίνεται κατανοητό ότι τυχόν μεγάλες μεταβολές της μέσης ταχύτητας του ανέμου θα έχουν άμεση επίπτωση στην απόδοση της ανεμογεννήτριας ως προς τις MWh που παραδίδονται στο δίκτυο. Στην συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιούνται τα σενάρια βάσει των ταχυτήτων που αναφέρθηκαν αρχικά, δηλαδή 7,5 m/s για την Σητεία και 6,5 m/s για τον Βόλο.

Παρόλο που από τις παραπάνω μετρήσεις είναι ξεκάθαρο ότι η πιο αποδοτική ανεμογεννήτρια είναι η Enercon E-82, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το κόστος των ανεμογεννητριών. Το κόστος για τις ανεμογεννήτριες Enercon E-82 είναι 36.000.000€, για τις ανεμογεννήτριες Vestas V-90 32.400.000€ και για τις Sinovel SL3000 28.800.000€. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι πιο αποδοτικές ανεμογεννήτριες έχουν και το υψηλότερο κόστος. Το ερώτημα που τίθεται σε αυτό το σημείο είναι, εάν τελικά αξίζει να δαπανηθεί το επιπλέον κόστος για τις ανεμογεννήτριες; Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ανεμογεννήτριες Enercon E-82 είναι πιο αποδοτικές αλλά και πιο ακριβές, η επιλογή θα πρέπει να γίνει μέσω του κριτηρίου της καθαρής παρούσας αξίας. Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι ένα από τα πλέον αξιόπιστα κριτήρια και χρησιμοποιείται με βασικό

στόχο την εύρεση της αποδοτικής εφαρμογής ανάμεσα σε επενδυτικά σενάρια. Επομένως θα πραγματοποιηθεί ένα σενάριο με σταθερούς οικονομικούς παράγοντες για τις 4 ανεμογεννήτριες με στόχο τον προσδιορισμό της οικονομικά πιο συμφέρουσας επένδυσης. Πρωτίστως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η τιμή με την οποία πωλούνται οι MWh που παράγουν οι αιολικές μηχανές στο δίκτυο. Σύμφωνα με τον τελευταίο νόμο που αναφέρεται στις Α.Π.Ε. (νόμος 3851, 4/06/2010), η τιμή πώλησης σε διασυνδεδεμένο σύστημα είναι 87,85€/MWh ενώ σε μη διασυνδεδεμένο σύστημα 99,45€/MWh. Ακολούθως, θα πρέπει να οριστεί το χρονικό διάστημα που η σύμβαση θα είναι σε ισχύ και το οποίο αντιστοιχεί σε 25 χρόνια. Ακόμα προσδιορίζεται ο πληθωρισμός στο 3% και το επιτόκιο αναγωγής στο 10%. Το έργο θα έχει διάρκεια ζωής 25 χρόνια και δεν θα ληφθεί υπόψη κάποια επιδότηση ή επιχορήγηση. Τέλος θα υπολογιστεί ένα ποσό της τάξης του 50% των συνολικών εξόδων το οποίο θα προκύψει μέσω τραπεζικού δανείου με επιτόκιο 8% και χρόνο αποπληρωμής τα 15 χρόνια. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, ο δείκτης καθαρής παρούσας αξίας της κάθε ανεμογεννήτριας, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (6.4).

	Καθαρή παρούσα αξία για την εφαρμογή στην Σητεία	Καθαρή παρούσα αξία για την εφαρμογή στον Βόλο
Enercon E-82	32.466.725 €	13.109.482 €
Vestas V-90	26.759.744 €	7.945.884 €
Sinovel SL 3000 (hub height 100m)	33.527.640 €	13.011.497 €
Sinovel SL 3000 (hub height 115m)	40.702.773 €	20.085.490 €

Πίνακας 6.4 Απόδοση καθαρής παρούσας αξίας για κάθε ανεμογεννήτρια στις δύο περιοχές

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι τόσο στην περιοχή του Βόλου όσο και σε αυτή της Σητείας η ανεμογεννήτρια με την οποία θα υπάρχει η υψηλότερη απόδοση είναι η Sinovel SL 3000 με 115 μέτρα ύψος πτερωτής καθώς αποδίδει την υψηλότερη τιμή καθαρής παρούσας αξίας σε σχέση με τις άλλες 3 ανεμογεννήτριες. Γι' αυτό το λόγο τα επόμενα σενάρια θα πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας την ανεμογεννήτρια Sinovel SL 3000.

6.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Μετά την εύρεση της πιο αποδοτικής ανεμογεννήτριας για το επενδυτικό πρόγραμμα, σειρά έχει η μελέτη οικονομικά βιώσιμων σεναρίων στηριζόμενη σε διαφορετικούς οικονομικούς παράγοντες, με κύριο μέλημα την εύρεση του οικονομικά πιο αποδοτικού σεναρίου. Οι οικονομικοί παράμετροι που θα διερευνηθούν στην εργασία είναι τα τραπεζικά δάνεια, το επιτόκιο αναγωγής και οι επιχορηγήσεις. Οι παράγοντες που παραμένουν σταθεροί στα σεναρία που θα διερευνηθούν είναι η τιμή πώλησης της MWh στο δίκτυο η οποία ορίζεται στα 99,45€/MWh στην Σητεία και 87,85€/MWh στον Βόλο, η χρονική διάρκεια της σύμβασης η οποία ορίζεται στα 25 χρόνια, ο πληθωρισμός ο οποίος έχει υπολογιστεί στο 3% και η διάρκεια ζωής του έργου που θα είναι 25 χρόνια.

6.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ ΧΩΡΙΣ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟ ΔΑΝΕΙΟ

Σε πρώτο στάδιο θα μελετηθεί η περίπτωση κατά την οποία ο επενδυτής δεν χρησιμοποιεί κάποιο τραπεζικό δάνειο αλλά αντίθετα κατασκευάζει το έργο με ίδια κεφάλαια. Αυτό το σενάριο δεν συναντάται εύκολα ειδικά σε μεγάλα έργα όπως αυτό που περιγράφεται σε αυτή την εργασία. Σε μια τέτοια περίπτωση που ο επενδυτής διαθέτει όλο το κεφάλαιο που απαιτείται για την πραγματοποίηση του έργου τότε δεν προσμετρείται κάποιο δάνειο, ενώ το επιτόκιο αναγωγής υπολογίζεται στο 10%. Το πρόγραμμα RETScreen συνυπολογίζει όλα τα παραπάνω στοιχεία στο φύλλο “οικονομική ανάλυση”, ενώ παράλληλα οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που αφορούν το έργο στην Σητεία μεταβάλλονται ως εξής:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 17,4%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής και το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 5,4 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 37.124.223€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 4.089.904€
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,58.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

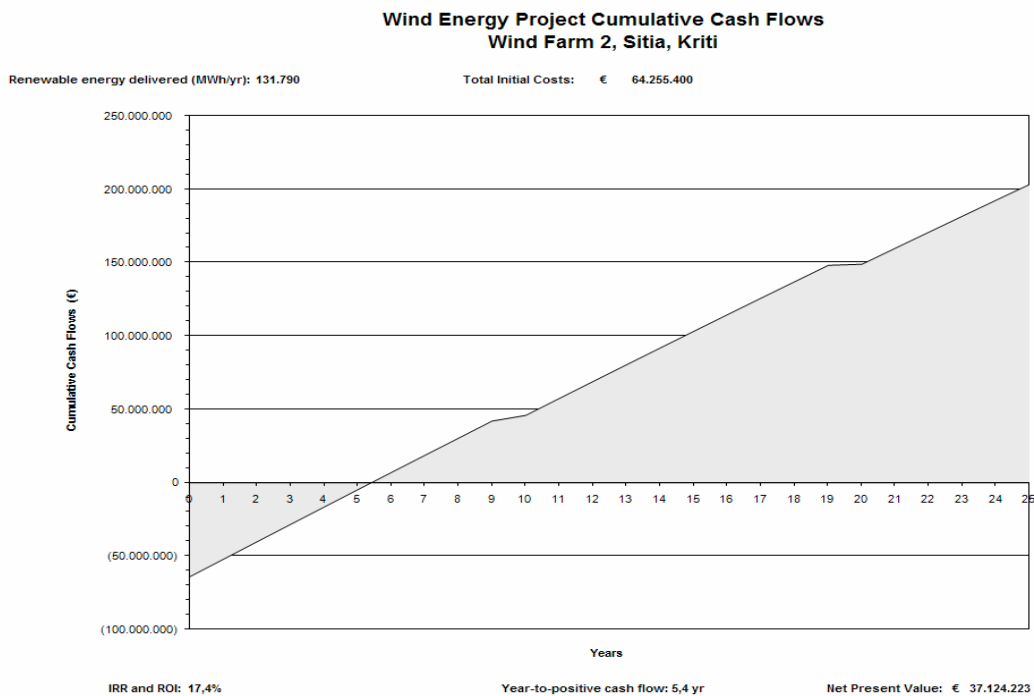
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	17,4%
After-tax IRR and ROI	%	17,4%
Simple Payback	yr	5,4
Year-to-positive cash flow	yr	5,4
Net Present Value - NPV	€	37.124.223
Annual Life Cycle Savings	€	4.089.904
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,58

Πίνακας 6.5α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(64.255.400)	(64.255.400)	(64.255.400)
1	11.973.512	11.973.512	(52.281.888)
2	11.939.522	11.939.522	(40.342.366)
3	11.904.512	11.904.512	(28.437.853)
4	11.868.452	11.868.452	(16.569.401)
5	11.831.311	11.831.311	(4.738.090)
6	11.793.055	11.793.055	7.054.964
7	11.753.651	11.753.651	18.808.615
8	11.713.065	11.713.065	30.521.680
9	11.671.262	11.671.262	42.192.942
10	3.887.246	3.887.246	46.080.187
11	11.583.855	11.583.855	57.664.042
12	11.538.175	11.538.175	69.202.217
13	11.491.125	11.491.125	80.693.342
14	11.442.663	11.442.663	92.136.006
15	11.392.748	11.392.748	103.528.754
16	11.341.335	11.341.335	114.870.089
17	11.288.380	11.288.380	126.158.469
18	11.233.836	11.233.836	137.392.304
19	11.177.655	11.177.655	148.569.960
20	716.589	716.589	149.286.549
21	11.060.188	11.060.188	160.346.737
22	10.998.798	10.998.798	171.345.535
23	10.935.567	10.935.567	182.281.102
24	10.870.439	10.870.439	193.151.541
25	10.803.356	10.803.356	203.954.897

Πίνακας 6.5β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στον πίνακα 6.5β, καθώς και σε όλους τους παρόμοιους πίνακες που ακολουθούν, η παρένθεση στο σημείο 0 αντιστοιχεί σε αρνητικό πρόσημο και αντιπροσωπεύει το αρχικό κόστος του έργου. Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.6 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 13,7%
- απλός χρόνος αποπληρωμής και έτος θετικής ταμειακής ροής 6,5 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 16.727.483€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 1.842.835€
- αναλογία οφέλους - κόστους 1,28

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	13,7%
After-tax IRR and ROI	%	13,7%
Simple Payback	yr	6,5
Year-to-positive cash flow	yr	6,6
Net Present Value - NPV	€	16.727.483
Annual Life Cycle Savings	€	1.842.835
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,28

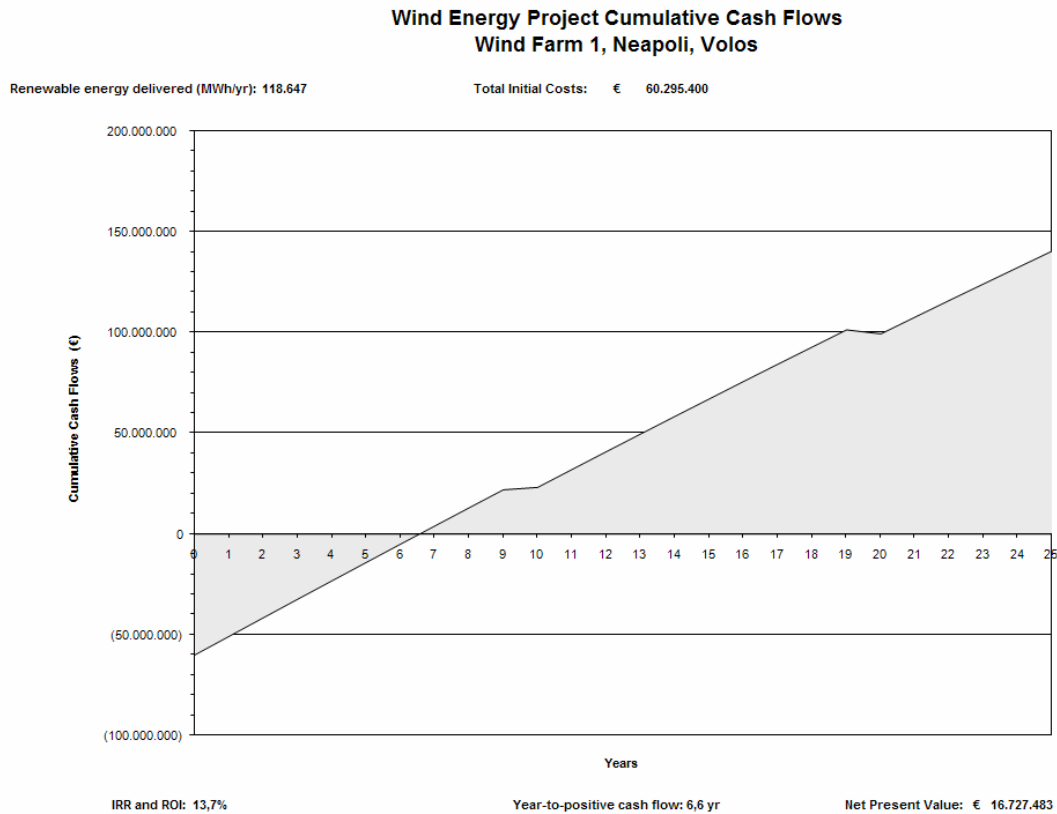
Πίνακας 6.7α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows

Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(60.295.400)	(60.295.400)	(60.295.400)
1	9.290.177	9.290.177	(51.005.223)
2	9.256.187	9.256.187	(41.749.036)
3	9.221.177	9.221.177	(32.527.859)
4	9.185.117	9.185.117	(23.342.741)
5	9.147.976	9.147.976	(14.194.766)
6	9.109.719	9.109.719	(5.085.046)
7	9.070.316	9.070.316	3.985.269
8	9.029.730	9.029.730	13.014.999
9	8.987.927	8.987.927	22.002.926
10	1.203.911	1.203.911	23.206.837
11	8.900.520	8.900.520	32.107.356
12	8.854.840	8.854.840	40.962.196
13	8.807.790	8.807.790	49.769.986
14	8.759.328	8.759.328	58.529.315
15	8.709.413	8.709.413	67.238.727
16	8.658.000	8.658.000	75.896.727
17	8.605.045	8.605.045	84.501.772
18	8.550.501	8.550.501	93.052.273
19	8.494.320	8.494.320	101.546.593
20	(1.966.746)	(1.966.746)	99.579.847
21	8.376.853	8.376.853	107.956.700
22	8.315.463	8.315.463	116.272.163
23	8.252.232	8.252.232	124.524.395
24	8.187.103	8.187.103	132.711.499
25	8.120.021	8.120.021	140.831.520

Πίνακας 6.7β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.8 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

6.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟ ΔΑΝΕΙΟ 60% ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΟΣΟΥ

Όταν ένας επενδυτής προμηθεύεται ένα τραπεζικό δάνειο τότε καλύπτει ένα ποσοστό του συνολικού κόστους που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί το έργο. Άμεσοι παράγοντες που σχετίζονται με τα τραπεζικά δάνεια είναι το ποσό που θα δανειστεί ο ενδιαφερόμενος, το επιτόκιο δανεισμού και ο χρόνος αποπληρωμής του δανείου. Σαν δεύτερο σενάριο θα μελετηθεί η περίπτωση του να πάρει ο επενδυτής ένα τραπεζικό δάνειο το οποίο θα ανέρχεται στο 60% του συνολικού ποσού που χρειάζεται προκειμένου να πραγματοποιηθεί το έργο. Το επιτόκιο υπολογίζεται στο 8 % και ότι θα είναι δεκαπενταετούς διάρκειας. Ακόμα το επιτόκιο αναγωγής υπολογίζεται στο 10%. Σε αυτήν την περίπτωση οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που αφορούν το έργο στην Σητεία μεταβάλλονται ως εξής:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 28,1%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 5,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 3,5 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 41.418.483€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 4.562.994€
- η αναλογία οφέλους - κόστους είναι στο 2,61.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Financial Feasibility

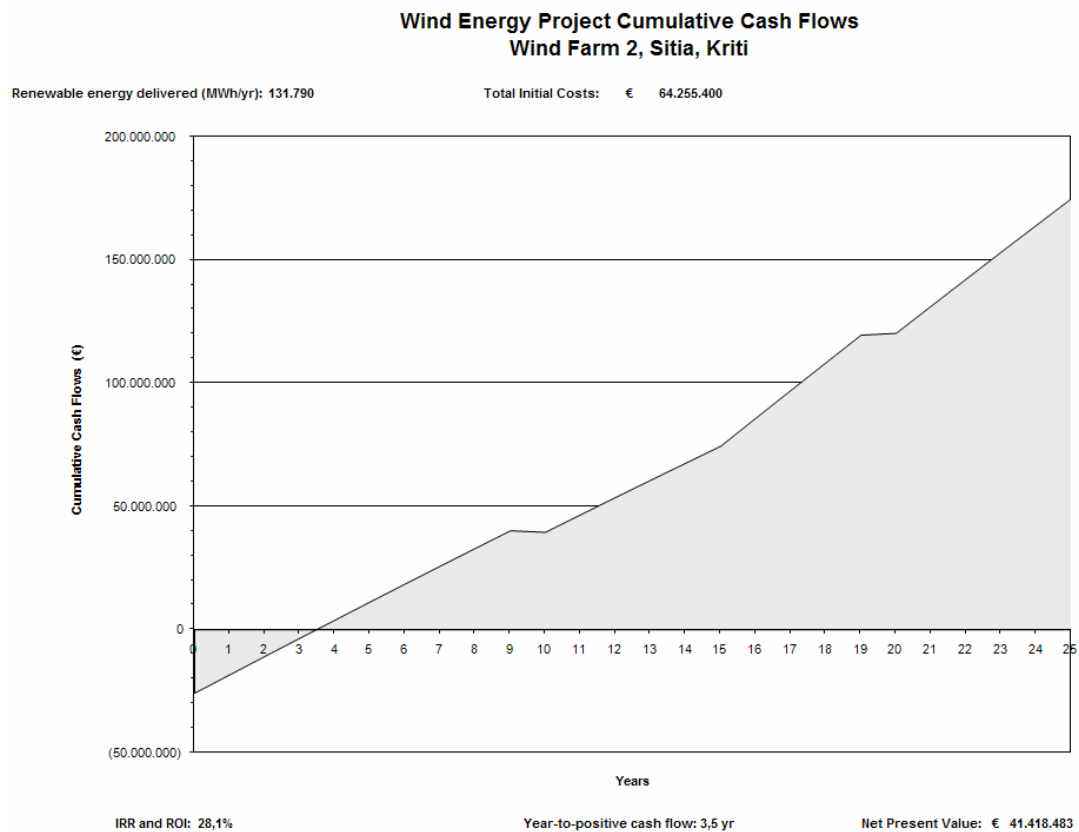
Pre-tax IRR and ROI	%	28,1%
After-tax IRR and ROI	%	28,1%
Simple Payback	yr	5,4
Year-to-positive cash flow	yr	3,5
Net Present Value - NPV	€	41.418.483
Annual Life Cycle Savings	€	4.562.994
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	2,61

Πίνακας 6.9α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(25.702.160)	(25.702.160)	(25.702.160)
1	7.469.355	7.469.355	(18.232.805)
2	7.435.365	7.435.365	(10.797.441)
3	7.400.355	7.400.355	(3.397.086)
4	7.364.295	7.364.295	3.967.209
5	7.327.153	7.327.153	11.294.362
6	7.288.897	7.288.897	18.583.259
7	7.249.493	7.249.493	25.832.753
8	7.208.908	7.208.908	33.041.660
9	7.167.104	7.167.104	40.208.764
10	(616.912)	(616.912)	39.591.853
11	7.079.697	7.079.697	46.671.550
12	7.034.018	7.034.018	53.705.568
13	6.986.968	6.986.968	60.692.535
14	6.938.506	6.938.506	67.631.041
15	6.888.590	6.888.590	74.519.632
16	11.341.335	11.341.335	85.860.967
17	11.288.380	11.288.380	97.149.346
18	11.233.836	11.233.836	108.383.182
19	11.177.655	11.177.655	119.560.837
20	716.589	716.589	120.277.427
21	11.060.188	11.060.188	131.337.615
22	10.998.798	10.998.798	142.336.413
23	10.935.567	10.935.567	153.271.980
24	10.870.439	10.870.439	164.142.418
25	10.803.356	10.803.356	174.945.775

Πίνακας 6.9β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.10 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορορών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 19,7%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 6,5 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 4,8 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 20.757.091€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 2.286.769€
- αναλογία οφέλους - κόστους 1,86

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

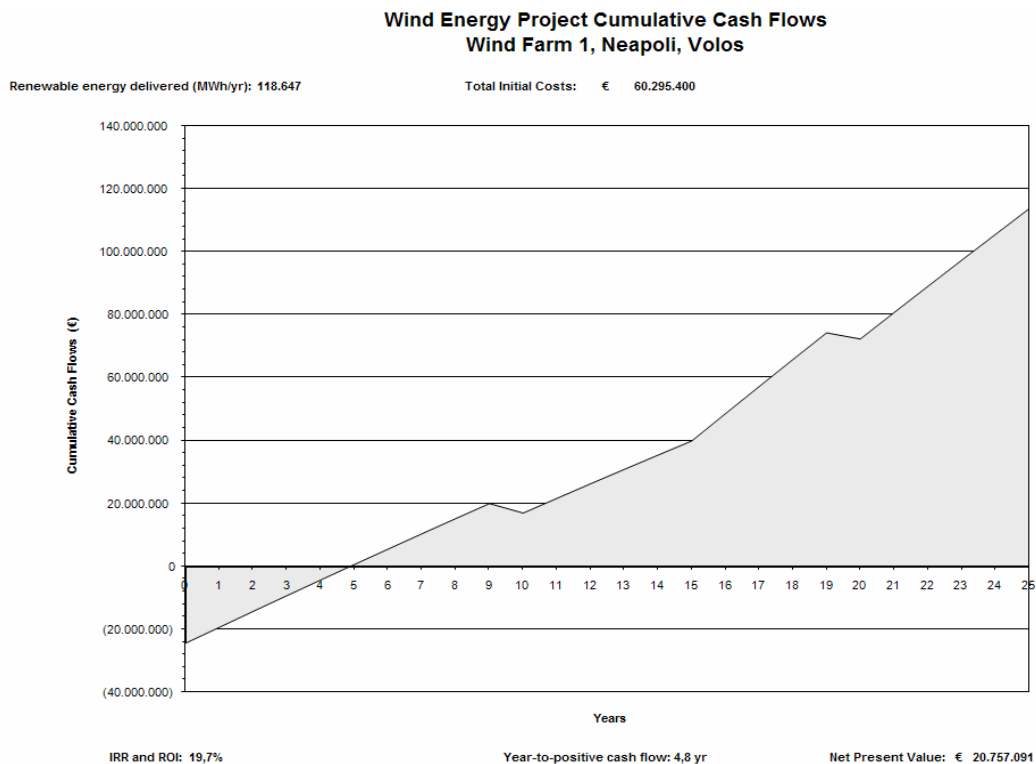
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	19,7%
After-tax IRR and ROI	%	19,7%
Simple Payback	yr	6,5
Year-to-positive cash flow	yr	4,8
Net Present Value - NPV	€	20.757.091
Annual Life Cycle Savings	€	2.286.769
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,86

Πίνακας 6.11α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(24.118.160)	(24.118.160)	(24.118.160)
1	5.063.607	5.063.607	(19.054.553)
2	5.029.617	5.029.617	(14.024.937)
3	4.994.607	4.994.607	(9.030.330)
4	4.958.547	4.958.547	(4.071.783)
5	4.921.405	4.921.405	849.622
6	4.883.149	4.883.149	5.732.771
7	4.843.745	4.843.745	10.576.516
8	4.803.159	4.803.159	15.379.675
9	4.761.356	4.761.356	20.141.032
10	(3.022.660)	(3.022.660)	17.118.372
11	4.673.949	4.673.949	21.792.321
12	4.628.270	4.628.270	26.420.591
13	4.581.219	4.581.219	31.001.810
14	4.532.758	4.532.758	35.534.568
15	4.482.842	4.482.842	40.017.410
16	8.658.000	8.658.000	48.675.410
17	8.605.045	8.605.045	57.280.455
18	8.550.501	8.550.501	65.830.955
19	8.494.320	8.494.320	74.325.276
20	(1.966.746)	(1.966.746)	72.358.530
21	8.376.853	8.376.853	80.735.383
22	8.315.463	8.315.463	89.050.846
23	8.252.232	8.252.232	97.303.078
24	8.187.103	8.187.103	105.490.181
25	8.120.021	8.120.021	113.610.203

Πίνακας 6.11β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.12 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

6.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟ ΔΑΝΕΙΟ 40% ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΟΣΟΥ

Στο τρίτο σενάριο θα μελετηθεί η περίπτωση του να χρειαστεί ο επενδυτής να πάρει ένα τραπεζικό δάνειο που να ανέρχεται στο 40% των χρημάτων που χρειάζονται για να πραγματοποιηθεί το έργο. Το επιτόκιο του συγκεκριμένου τραπεζικού δανείου υπολογίζεται στο 8 % και χρονική διάρκεια αποπληρωμής τα 15 χρόνια. Ακόμα το επιτόκιο αναγωγής υπολογίζεται στο 10%. Σε αυτήν την περίπτωση οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που αφορούν το έργο στην Σητεία μεταβάλλονται ως εξής:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 22,3%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 5,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 4,3 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 39.987.063€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 4.405.298€
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 2,04.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

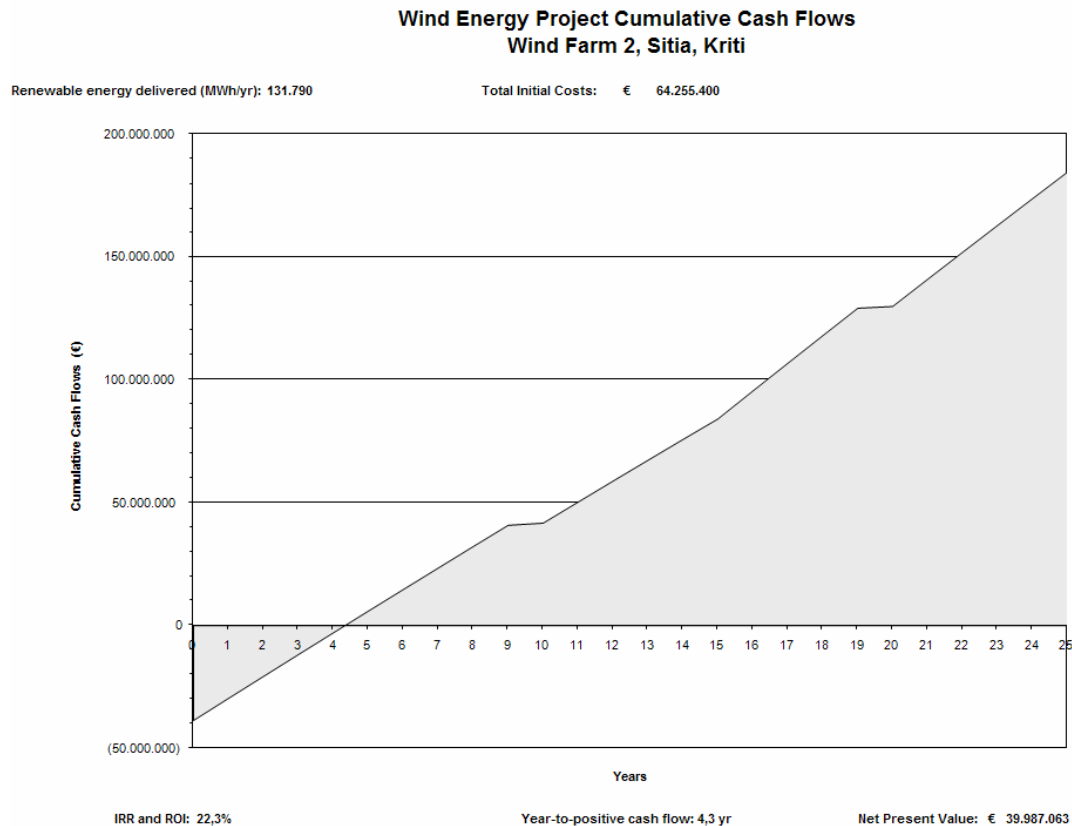
Financial Feasibility			
Pre-tax IRR and ROI	%		22,3%
After-tax IRR and ROI	%		22,3%
Simple Payback	yr		5,4
Year-to-positive cash flow	yr		4,3
Net Present Value - NPV	€		39.987.063
Annual Life Cycle Savings	€		4.405.298
Benefit-Cost (B-C) ratio	-		2,04

Πίνακας 6.13α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(38.553.240)	(38.553.240)	(38.553.240)
1	8.970.740	8.970.740	(29.582.500)
2	8.936.750	8.936.750	(20.645.749)
3	8.901.741	8.901.741	(11.744.008)
4	8.865.681	8.865.681	(2.878.328)
5	8.828.539	8.828.539	5.950.211
6	8.790.283	8.790.283	14.740.494
7	8.750.879	8.750.879	23.491.374
8	8.710.293	8.710.293	32.201.667
9	8.668.490	8.668.490	40.870.157
10	884.474	884.474	41.754.631
11	8.581.083	8.581.083	50.335.714
12	8.535.403	8.535.403	58.871.118
13	8.488.353	8.488.353	67.359.471
14	8.439.892	8.439.892	75.799.363
15	8.389.976	8.389.976	84.189.339
16	11.341.335	11.341.335	95.530.674
17	11.288.380	11.288.380	106.819.054
18	11.233.836	11.233.836	118.052.889
19	11.177.655	11.177.655	129.230.545
20	716.589	716.589	129.947.134
21	11.060.188	11.060.188	141.007.322
22	10.998.798	10.998.798	152.006.120
23	10.935.567	10.935.567	162.941.687
24	10.870.439	10.870.439	173.812.126
25	10.803.356	10.803.356	184.615.482

Πίνακας 6.13β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματορορών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.14 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορορών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 16,5%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 6,5 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 5,7 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 19.413.888€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 2.138.791€
- αναλογία οφέλους - κόστους 1,54

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

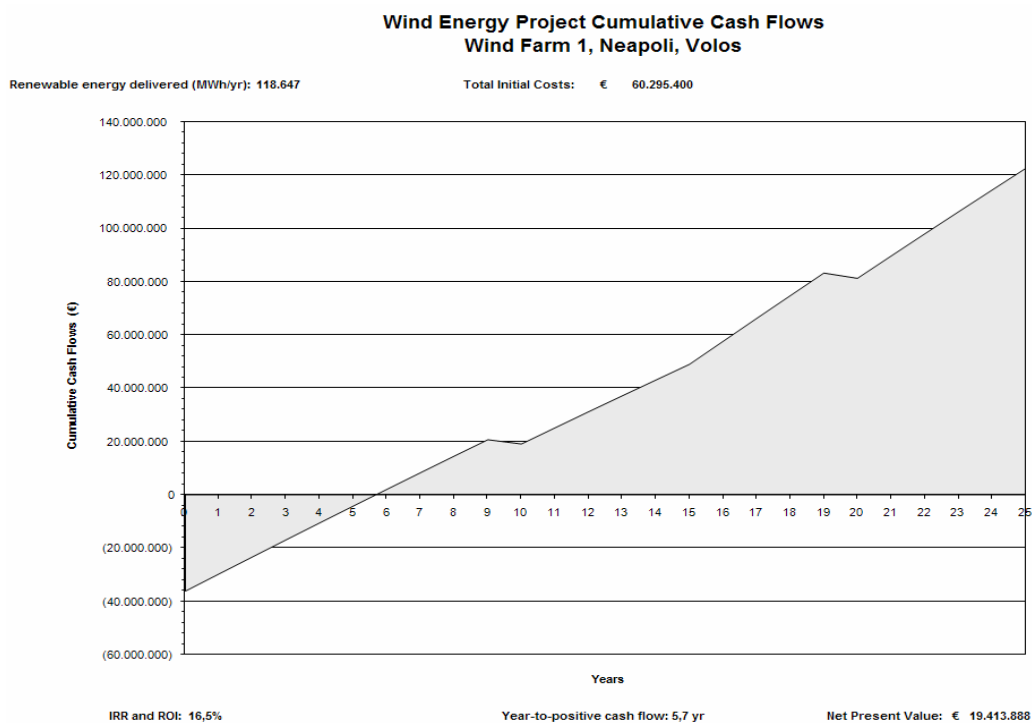
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	16,5%
After-tax IRR and ROI	%	16,5%
Simple Payback	yr	6,5
Year-to-positive cash flow	yr	5,7
Net Present Value - NPV	€	19.413.888
Annual Life Cycle Savings	€	2.138.791
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,54

Πίνακας 6.15α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(36.177.240)	(36.177.240)	(36.177.240)
1	6.472.463	6.472.463	(29.704.777)
2	6.438.473	6.438.473	(23.266.303)
3	6.403.464	6.403.464	(16.862.840)
4	6.367.404	6.367.404	(10.495.436)
5	6.330.262	6.330.262	(4.165.174)
6	6.292.006	6.292.006	2.126.832
7	6.252.602	6.252.602	8.379.434
8	6.212.016	6.212.016	14.591.450
9	6.170.213	6.170.213	20.761.663
10	(1.613.803)	(1.613.803)	19.147.860
11	6.082.806	6.082.806	25.230.666
12	6.037.126	6.037.126	31.267.792
13	5.990.076	5.990.076	37.257.869
14	5.941.615	5.941.615	43.199.483
15	5.891.699	5.891.699	49.091.183
16	8.658.000	8.658.000	57.749.183
17	8.605.045	8.605.045	66.354.227
18	8.550.501	8.550.501	74.904.728
19	8.494.320	8.494.320	83.399.048
20	(1.966.746)	(1.966.746)	81.432.302
21	8.376.853	8.376.853	89.809.155
22	8.315.463	8.315.463	98.124.618
23	8.252.232	8.252.232	106.376.850
24	8.187.103	8.187.103	114.563.954
25	8.120.021	8.120.021	122.683.975

Πίνακας 6.15β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.16 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

6.2.4 ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟ ΔΑΝΕΙΟ 50% ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΟΣΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗ

Σύμφωνα με τον αναπτυξιακό νόμο 3908/2011 ο οποίος αφορά την ενίσχυση ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική ανάπτυξη, την επιχειρηματικότητα και την περιφερειακή συνοχή, τα αιολικά πάρκα και λοιπά επενδυτικά σχέδια σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα, εντάσσονται στις κατηγορίες γενικής επιχειρηματικότητας και περιφερειακής συνοχής τα οποία επιδοτούνται.

Στα επενδυτικά σχέδια που εντάσσονται στον συγκεκριμένο νόμο παρέχονται τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων:

- Φορολογική απαλλαγή που συνίσταται στην απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος επί των πραγματοποιούμενων προ φόρων κερδών. Το ποσό της φορολογικής απαλλαγής υπολογίζεται ως ποσοστό επί της αξίας των ενισχυόμενων δαπανών του επενδυτικού σχεδίου ή και της αξίας του καινούριου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού που αποκτάται με χρηματοδοτική μίσθωση.
- Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος των ενισχυόμενων δαπανών του επενδυτικού σχεδίου και προσδιορίζεται ως ποσοστό αυτών.
- Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνάπτεται για την απόκτηση νέου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.

Το ποσοστό ενίσχυσης κάθε επενδυτικού σχεδίου εξαρτάται από το μέγεθος του φορέα της επένδυσης και το νομό στον οποίο υλοποιείται. Η επικράτεια χωρίζεται σε τρεις ζώνες κινήτρων με κριτήριο το επίπεδο ανάπτυξης, σε σύγκριση με το μέσο όρο της χώρας. Οι ζώνες αυτές είναι:

- Η Α' ζώνη κινήτρων, στην οποία ανήκουν οι νομοί της Αττικής και της Βοιωτίας.
- Η Β' ζώνη κινήτρων, στην οποία ανήκουν οι νομοί με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μεγαλύτερο από το 75% του μέσου όρου της χώρας. Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει τους νομούς Λάρισας, Μαγνησίας, Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκης, Κοζάνης, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας, καθώς και το σύνολο της περιφέρειας Κρήτης.
- Η Γ' ζώνη κινήτρων, στην οποία ανήκουν οι νομοί με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μικρότερο από το 75% του μέσου όρου της χώρας. Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει

τους νομούς Λακωνίας, Μεσσηνίας, Τρικάλων, Καρδίτσας, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας καθώς και το σύνολο των Περιφερειών Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης, Δυτικής Αττικής και Ηπείρου καθώς και τα νησιά των περιφερειών νοτίου και βορείου Αιγαίου και Ιονίων Νήσων.

Οι επιχειρήσεις διακρίνονται σε μεγάλες, μεσαίες, μικρές και πολύ μικρές, σύμφωνα με τη σχετική κατάταξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ειδικότερα, τα ποσοστά ενίσχυσης, ανά ζώνη κινήτρων παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.

Ζώνη	Ποσοστό Ενισχύσεων		
	Μεγάλες Επιχειρήσεις	Μεσαίες Επιχειρήσεις	Μικρές και Πολύ Μικρές Επιχειρήσεις
A	15%	20%	25%
B	30%	35%	40%
Γ	40%	45%	50%

Πίνακας 6.17

Σύμφωνα με τον πίνακα 6.17 τα δύο έργα που μελετώνται στην εργασία ανήκουν στην Β' ζώνη και είναι μεγάλες επιχειρήσεις άρα επιδοτούνται με 30%. Το ποσοστό της ίδιας συμμετοχής του επενδυτή στις επενδύσεις που εντάσσονται στο καθεστώς ενίσχυσης της επιχορήγησης ή της επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης δεν μπορεί να είναι κατώτερο του 25% του επενδυτικού κόστους.

Πέρα από την επιδότηση σε αυτό το σενάριο ο επενδυτής θα προμηθευτεί ένα τραπεζικό δάνειο της τάξης του 50% του τελικού κόστους για την κατασκευή του έργου το οποίο θα έχει 8% επιτόκιο και θα έχει διάρκεια 15 χρόνια. Το επιτόκιο αναγωγής υπολογίζεται στο 10%.

Σε αυτήν την περίπτωση οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που αφορούν το έργο στην Σητεία μεταβάλλονται ως εξής:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 39,8%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 4,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 2,5 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 52.618.773€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 5.796.909€
- η αναλογία οφέλους - κόστους είναι στο 2,64.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

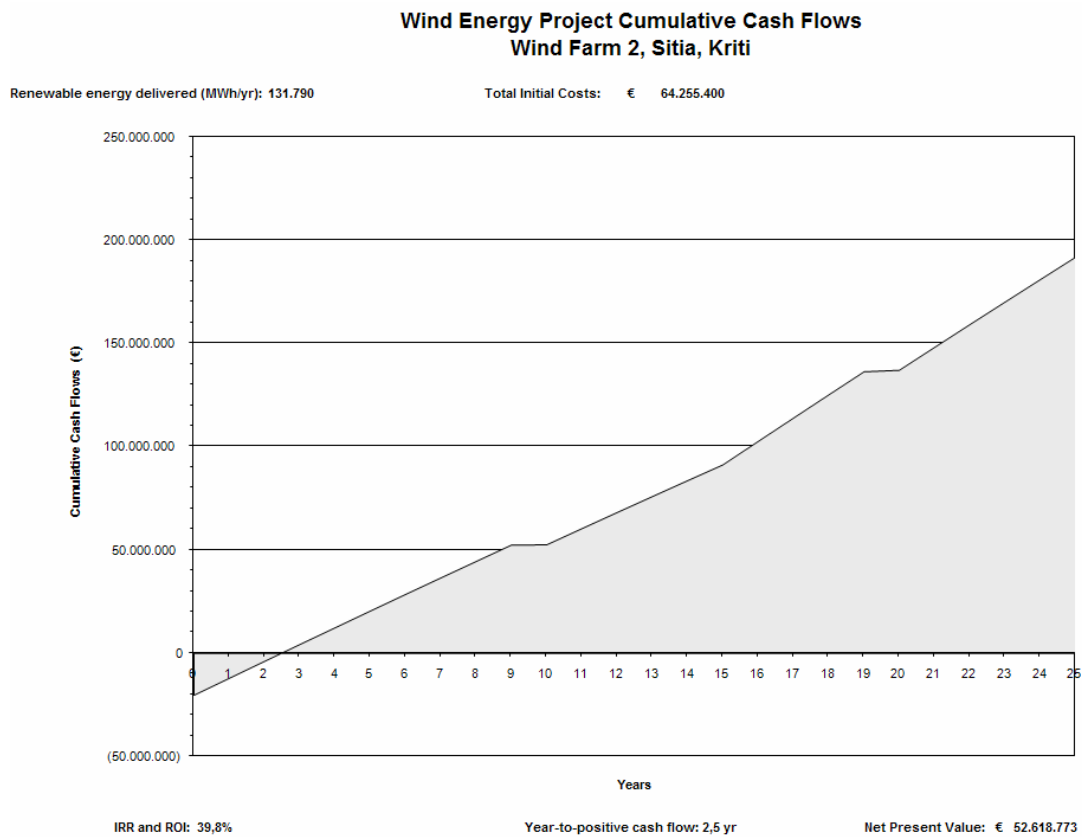
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	39,8%
After-tax IRR and ROI	%	39,8%
Simple Payback	yr	4,4
Year-to-positive cash flow	yr	2,5
Net Present Value - NPV	€	52.618.773
Annual Life Cycle Savings	€	5.796.909
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	2,64

Πίνακας 6.18α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(20.211.700)	(20.211.700)	(20.211.700)
1	8.220.048	8.220.048	(11.991.652)
2	8.186.058	8.186.058	(3.805.595)
3	8.151.048	8.151.048	4.345.453
4	8.114.988	8.114.988	12.460.441
5	8.077.846	8.077.846	20.538.287
6	8.039.590	8.039.590	28.577.877
7	8.000.186	8.000.186	36.578.063
8	7.959.600	7.959.600	44.537.664
9	7.917.797	7.917.797	52.455.461
10	133.781	133.781	52.589.242
11	7.830.390	7.830.390	60.419.632
12	7.784.711	7.784.711	68.204.343
13	7.737.660	7.737.660	75.942.003
14	7.689.199	7.689.199	83.631.202
15	7.639.283	7.639.283	91.270.485
16	11.341.335	11.341.335	102.611.820
17	11.288.380	11.288.380	113.900.200
18	11.233.836	11.233.836	125.134.036
19	11.177.655	11.177.655	136.311.691
20	716.589	716.589	137.028.280
21	11.060.188	11.060.188	148.088.468
22	10.998.798	10.998.798	159.087.267
23	10.935.567	10.935.567	170.022.834
24	10.870.439	10.870.439	180.893.272
25	10.803.356	10.803.356	191.696.629

Πίνακας 6.18β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.19 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορορών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 28,8%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 5,3 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 3,3 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 31.101.490€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 3.426.391€
- αναλογία οφέλους - κόστους 2,03

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

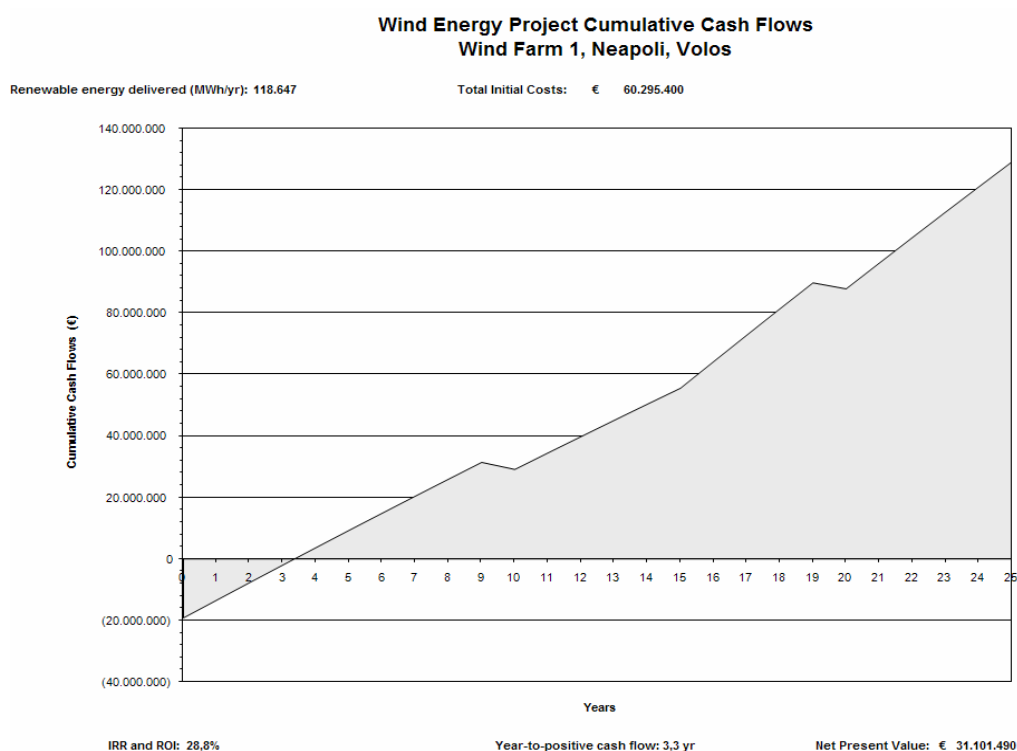
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	28,8%
After-tax IRR and ROI	%	28,8%
Simple Payback	yr	5,3
Year-to-positive cash flow	yr	3,3
Net Present Value - NPV	€	31.101.490
Annual Life Cycle Savings	€	3.426.391
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	2,03

Πίνακας 6.20α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(19.131.700)	(19.131.700)	(19.131.700)
1	5.768.035	5.768.035	(13.363.665)
2	5.734.045	5.734.045	(7.629.620)
3	5.699.035	5.699.035	(1.930.585)
4	5.662.975	5.662.975	3.732.390
5	5.625.833	5.625.833	9.358.224
6	5.587.577	5.587.577	14.945.801
7	5.548.174	5.548.174	20.493.975
8	5.507.588	5.507.588	26.001.563
9	5.465.784	5.465.784	31.467.347
10	(2.318.231)	(2.318.231)	29.149.116
11	5.378.378	5.378.378	34.527.494
12	5.332.698	5.332.698	39.860.191
13	5.285.648	5.285.648	45.145.839
14	5.237.186	5.237.186	50.383.026
15	5.187.271	5.187.271	55.570.296
16	8.658.000	8.658.000	64.228.296
17	8.605.045	8.605.045	72.833.341
18	8.550.501	8.550.501	81.383.842
19	8.494.320	8.494.320	89.878.162
20	(1.966.746)	(1.966.746)	87.911.416
21	8.376.853	8.376.853	96.288.269
22	8.315.463	8.315.463	104.603.732
23	8.252.232	8.252.232	112.855.964
24	8.187.103	8.187.103	121.043.067
25	8.120.021	8.120.021	129.163.089

Πίνακας 6.20β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.21 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

6.2.5 ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟ ΔΕΙΚΤΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ ΑΝΑΓΩΓΗΣ

Όπως έχει αναφερθεί, το επιτόκιο αναγωγής είναι το επιτόκιο που χρησιμοποιείται για την μετατροπή μελλοντικών χρηματοροών σε αντίστοιχες χρηματοροές του παρόντος. Στην παρούσα ενότητα, θα εξετασθεί η οικονομική βιωσιμότητα του αιολικού πάρκου στην περίπτωση που το επιτόκιο ανάγωγής είναι 6%. Στο φύλλο που αφορά την οικονομική ανάλυση μεταβάλλουμε την τιμή του επιτοκίου αναγωγής από 10% σε 6%, τιμή που αφορά επενδύσεις ιδιαίτερα χαμηλού ρίσκου. Ακόμα υπολογίζεται ένα τραπεζικό δάνειο στο 50% των χρημάτων που χρειάζονται για το έργο με επιτόκιο 8% αποπληρωμή σε 15 χρόνια. Η επιδότηση ισχύει όπως παραπάνω στο 25%. Οι νέοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας για το έργο στην Σητεία διαμορφώνονται ως εξής :

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 39,8%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 4,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 2,5 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 83.970.355€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 6.568.725€
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 3,61.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

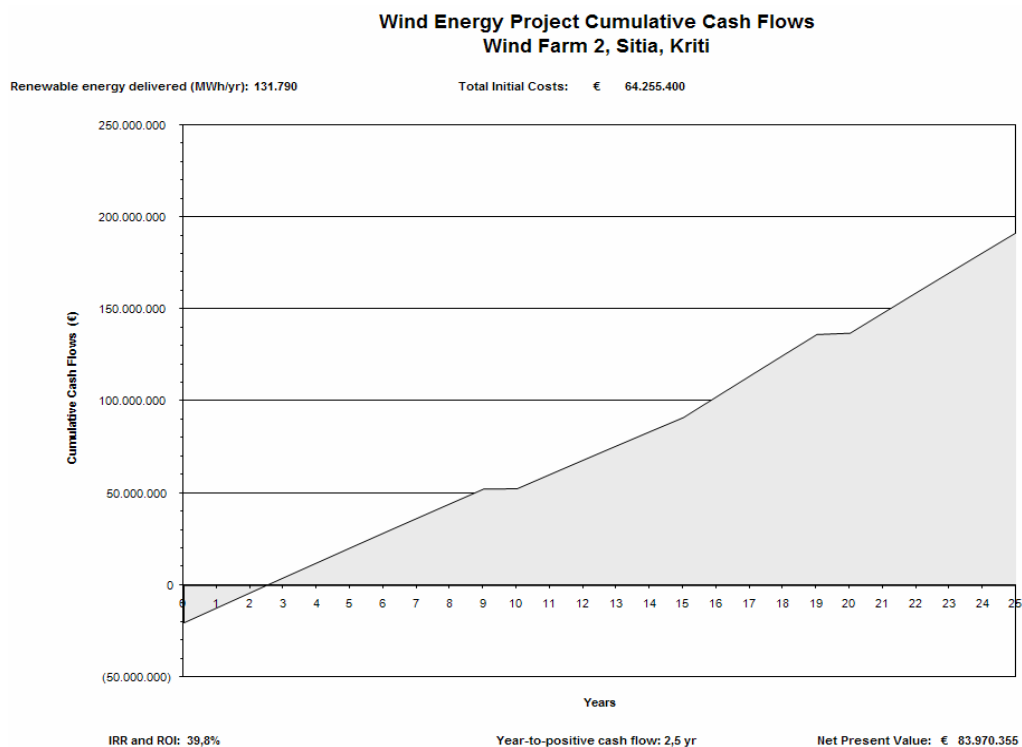
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	39,8%
After-tax IRR and ROI	%	39,8%
Simple Payback	yr	4,4
Year-to-positive cash flow	yr	2,5
Net Present Value - NPV	€	83.970.355
Annual Life Cycle Savings	€	6.568.725
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,61

Πίνακας 6.22α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(20.211.700)	(20.211.700)	(20.211.700)
1	8.220.048	8.220.048	(11.991.652)
2	8.186.058	8.186.058	(3.805.595)
3	8.151.048	8.151.048	4.345.453
4	8.114.988	8.114.988	12.460.441
5	8.077.846	8.077.846	20.538.287
6	8.039.590	8.039.590	28.577.877
7	8.000.186	8.000.186	36.578.063
8	7.959.600	7.959.600	44.537.664
9	7.917.797	7.917.797	52.455.461
10	133.781	133.781	52.589.242
11	7.830.390	7.830.390	60.419.632
12	7.784.711	7.784.711	68.204.343
13	7.737.660	7.737.660	75.942.003
14	7.689.199	7.689.199	83.631.202
15	7.639.283	7.639.283	91.270.485
16	11.341.335	11.341.335	102.611.820
17	11.288.380	11.288.380	113.900.200
18	11.233.836	11.233.836	125.134.036
19	11.177.655	11.177.655	136.311.691
20	716.589	716.589	137.028.280
21	11.060.188	11.060.188	148.088.468
22	10.998.798	10.998.798	159.087.267
23	10.935.567	10.935.567	170.022.834
24	10.870.439	10.870.439	180.893.272
25	10.803.356	10.803.356	191.696.629

Πίνακας 6.22β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.23 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 28,8%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 5,3 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 3,3 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 52.994.989€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 4.145.624€
- αναλογία οφέλους - κόστους 2,76

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

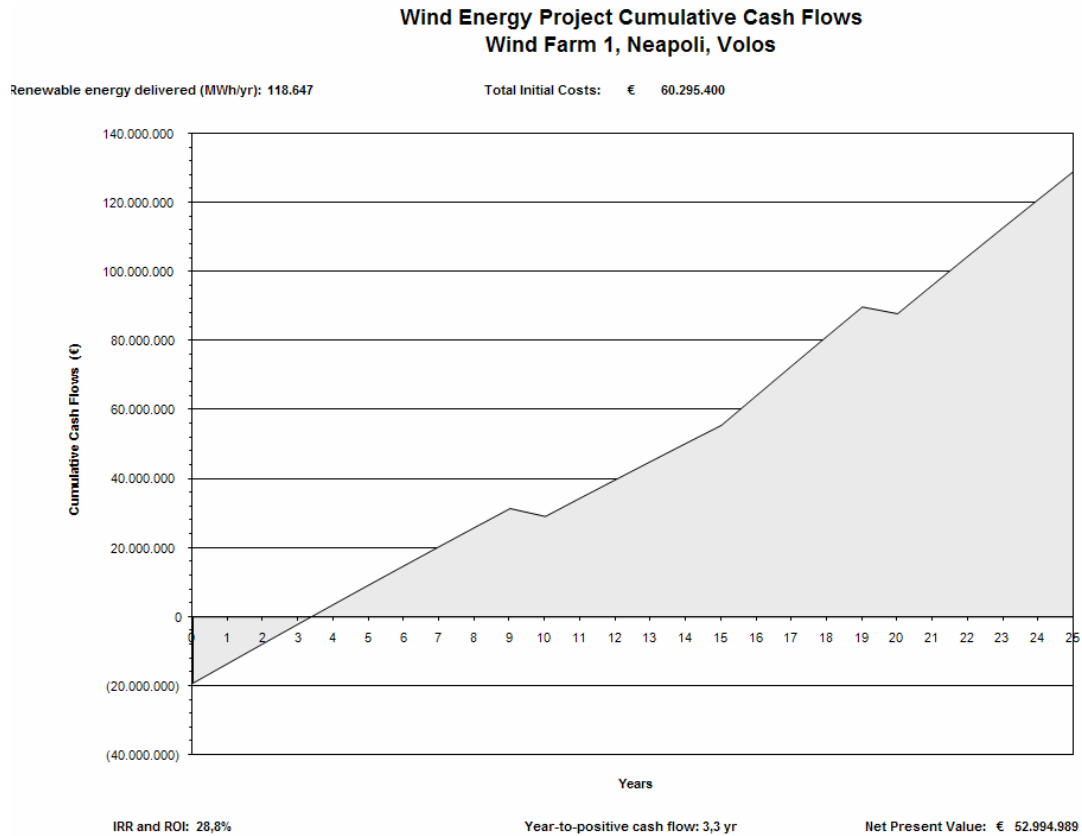
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	28,8%
After-tax IRR and ROI	%	28,8%
Simple Payback	yr	5,3
Year-to-positive cash flow	yr	3,3
Net Present Value - NPV	€	52.994.989
Annual Life Cycle Savings	€	4.145.624
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	2,76

Πίνακας 6.24α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(19.131.700)	(19.131.700)	(19.131.700)
1	5.768.035	5.768.035	(13.363.665)
2	5.734.045	5.734.045	(7.629.620)
3	5.699.035	5.699.035	(1.930.585)
4	5.662.975	5.662.975	3.732.390
5	5.625.833	5.625.833	9.358.224
6	5.587.577	5.587.577	14.945.801
7	5.548.174	5.548.174	20.493.975
8	5.507.588	5.507.588	26.001.563
9	5.465.784	5.465.784	31.467.347
10	(2.318.231)	(2.318.231)	29.149.116
11	5.378.378	5.378.378	34.527.494
12	5.332.698	5.332.698	39.860.191
13	5.285.648	5.285.648	45.145.839
14	5.237.186	5.237.186	50.383.026
15	5.187.271	5.187.271	55.570.296
16	8.658.000	8.658.000	64.228.296
17	8.605.045	8.605.045	72.833.341
18	8.550.501	8.550.501	81.383.842
19	8.494.320	8.494.320	89.878.162
20	(1.966.746)	(1.966.746)	87.911.416
21	8.376.853	8.376.853	96.288.269
22	8.315.463	8.315.463	104.603.732
23	8.252.232	8.252.232	112.855.964
24	8.187.103	8.187.103	121.043.067
25	8.120.021	8.120.021	129.163.089

Πίνακας 6.24β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.25 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

6.2.6 ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΥΨΗΛΟ ΔΕΙΚΤΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ ΑΝΑΓΩΓΗΣ

Σε αυτό το σενάριο θα υπολογιστεί μια εφαρμογή με υψηλό επιτόκιο αναγωγής 15% πράγμα το οποίο σημαίνει ότι είναι μια επένδυση ιδιαίτερα υψηλού ρίσκου. Ισχύει και σε αυτό το σενάριο η επιδότηση της τάξης του 25%, το παραπάνω δάνειο των 50% των χρημάτων κατασκευής του έργου με 15 έτη αποπληρωμής και 8% επιτόκιο. Έτσι οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας για το έργο στην Σητεία θα είναι ως ακολούθως:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 39,8%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 4,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 2,5 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 31.172.628€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 4.822.387€
- η αναλογία οφέλους - κόστους είναι στο 1,97.

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες μαζί με τις ετήσιες χρηματοροές, επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Financial Feasibility

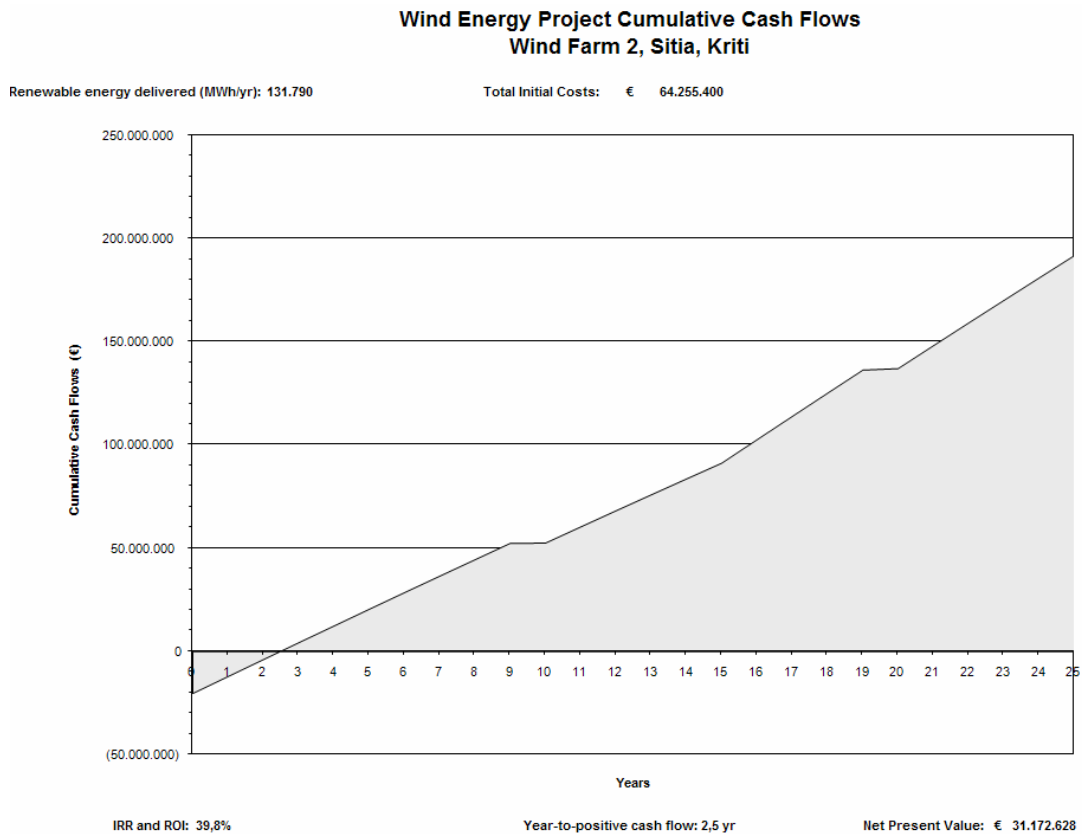
Pre-tax IRR and ROI	%	39,8%
After-tax IRR and ROI	%	39,8%
Simple Payback	yr	4,4
Year-to-positive cash flow	yr	2,5
Net Present Value - NPV	€	31.172.628
Annual Life Cycle Savings	€	4.822.387
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,97

Πίνακας 6.26α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(20.211.700)	(20.211.700)	(20.211.700)
1	8.220.048	8.220.048	(11.991.652)
2	8.186.058	8.186.058	(3.805.595)
3	8.151.048	8.151.048	4.345.453
4	8.114.988	8.114.988	12.460.441
5	8.077.846	8.077.846	20.538.287
6	8.039.590	8.039.590	28.577.877
7	8.000.186	8.000.186	36.578.063
8	7.959.600	7.959.600	44.537.664
9	7.917.797	7.917.797	52.455.461
10	133.781	133.781	52.589.242
11	7.830.390	7.830.390	60.419.632
12	7.784.711	7.784.711	68.204.343
13	7.737.660	7.737.660	75.942.003
14	7.689.199	7.689.199	83.631.202
15	7.639.283	7.639.283	91.270.485
16	11.341.335	11.341.335	102.611.820
17	11.288.380	11.288.380	113.900.200
18	11.233.836	11.233.836	125.134.036
19	11.177.655	11.177.655	136.311.691
20	716.589	716.589	137.028.280
21	11.060.188	11.060.188	148.088.468
22	10.998.798	10.998.798	159.087.267
23	10.935.567	10.935.567	170.022.834
24	10.870.439	10.870.439	180.893.272
25	10.803.356	10.803.356	191.696.629

Πίνακας 6.26β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.27 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορορών

Για το παραπάνω σενάριο στο έργο του Βόλου, τα αποτελέσματα είναι:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 28,8%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 5,3 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 3,3 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 16.259.778€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 2.515.378€
- αναλογία οφέλους - κόστους 1,54

Όλοι οι παραπάνω δείκτες έτσι όπως αυτοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνουν πως το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο και μπορεί να πραγματοποιηθεί.

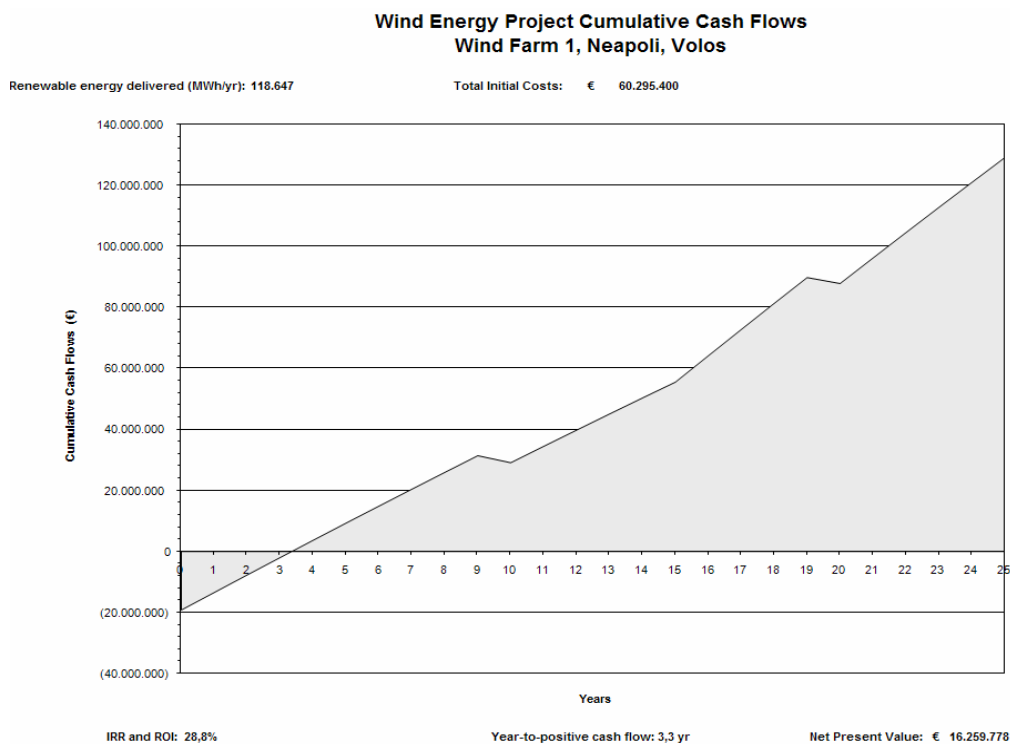
Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	28,8%
After-tax IRR and ROI	%	28,8%
Simple Payback	yr	5,3
Year-to-positive cash flow	yr	3,3
Net Present Value - NPV	€	16.259.778
Annual Life Cycle Savings	€	2.515.378
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,54

Πίνακας 6.28α Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax €	After-tax €	Cumulative €
0	(19.131.700)	(19.131.700)	(19.131.700)
1	5.768.035	5.768.035	(13.363.665)
2	5.734.045	5.734.045	(7.629.620)
3	5.699.035	5.699.035	(1.930.585)
4	5.662.975	5.662.975	3.732.390
5	5.625.833	5.625.833	9.358.224
6	5.587.577	5.587.577	14.945.801
7	5.548.174	5.548.174	20.493.975
8	5.507.588	5.507.588	26.001.563
9	5.465.784	5.465.784	31.467.347
10	(2.318.231)	(2.318.231)	29.149.116
11	5.378.378	5.378.378	34.527.494
12	5.332.698	5.332.698	39.860.191
13	5.285.648	5.285.648	45.145.839
14	5.237.186	5.237.186	50.383.026
15	5.187.271	5.187.271	55.570.296
16	8.658.000	8.658.000	64.228.296
17	8.605.045	8.605.045	72.833.341
18	8.550.501	8.550.501	81.383.842
19	8.494.320	8.494.320	89.878.162
20	(1.966.746)	(1.966.746)	87.911.416
21	8.376.853	8.376.853	96.288.269
22	8.315.463	8.315.463	104.603.732
23	8.252.232	8.252.232	112.855.964
24	8.187.103	8.187.103	121.043.067
25	8.120.021	8.120.021	129.163.089

Πίνακας 6.28β Πίνακας με ετήσιες χρηματοροές

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για τα 25 χρόνια του έργου.



Πίνακας 6.29 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε οικονομοτεχνική μελέτη για την κατασκευή δύο αιολικών πάρκων, ένα στη περιοχή του Βόλου και ένα στην περιοχή της Σητείας, 36 MW το κάθε ένα, με τη χρήση του λογισμικού RETScreen.

Από την ανάλυση μέσω του λογισμικού RETScreen προέκυψε πως οι περιοχές τόσο του Βόλου όσο και της Σητείας παρουσιάζουν ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό. Η περιοχή της Σητείας έχει πιο υψηλό αιολικό δυναμικό εξαιτίας του γεγονότος ότι έχει υψηλότερο μέσο όρο ταχύτητας του αέρα. Το σενάριο προέβλεπε την τοποθέτηση 12 ανεμογεννητριών οι οποίες θα δημιουργούσαν ένα αιολικό πάρκο 36MW σε κάθε περιοχή. Στην παραπάνω μελέτη εξετάστηκαν τέσσερις διαφορετικές ανεμογεννήτριες. Πιο συγκεκριμένα αυτές είναι η Enercon E-82, Vestas V-90, Sinovel SL3000 με 100 και 115 μέτρα πτερωτής. Από τις προαναφερόμενες ανεμογεννήτριες επιλέχθηκε η αιολική μηχανή η οποία μέσα από ένα βασικό σενάριο απέδιδε τον υψηλότερο δείκτη της καθαρής παρούσας αξίας, το οποίο εφαρμόστηκε τόσο στο αιολικό πάρκο του Βόλου όσο και της Σητείας. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο η ανεμογεννήτρια Sinovel SL3000 με 115 μέτρα πτερωτής έχει την υψηλότερη τιμή καθαρής παρούσας αξίας και επομένως είναι εκείνη η οποία επιλέγεται με σκοπό την εύρεση του πλέον κερδοφόρου οικονομικού σεναρίου.

	Καθαρή παρούσα αξία για την εφαρμογή στην Σητεία	Καθαρή παρούσα αξία για την εφαρμογή στον Βόλο
Enercon E-82	32.466.725 €	13.109.482 €
Vestas V-90	26.759.744 €	7.945.884 €
Sinovel SL 3000 (hub height 100m)	33.527.640 €	13.011.497 €
Sinovel SL 3000 (hub height 115m)	40.702.773 €	20.085.490 €

Πίνακας 7.1 Απόδοση καθαρής παρούσας αξίας για κάθε ανεμογεννήτρια στις δύο περιοχές

Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν 6 οικονομικά σενάρια στα οποία υπήρχαν σταθεροί και μεταβλητοί οικονομικοί παράγοντες. Οι σταθεροί οικονομικοί παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η τιμή πώλησης της MWh στο δίκτυο η οποία ορίζεται στα 99,45€/MWh στην Σητεία και 87,85 €/MWh στο Βόλο, η χρονική διάρκεια της σύμβασης η οποία ορίζεται στα 25 χρόνια, ο πληθωρισμός ο οποίος έχει υπολογιστεί στο 3% και η διάρκεια ζωής του έργου που θα είναι 25 χρόνια. Παράλληλα, οι οικονομικοί παράγοντες που μεταβλήθηκαν είναι το τραπεζικό δάνειο, το επιτόκιο αναγωγής και η δυνατότητα επιδότησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα οικονομικά σενάρια που

μελετήθηκαν είναι οικονομικά βιώσιμα. Το πιο αποδοτικό σενάριο τόσο για το αιολικό πάρκο της Σητείας όσο και αυτό του Βόλου, είναι αυτό που περιλαμβάνει επιδότηση 25%, επιτόκιο αναγωγής 6% και δάνειο 50% του συνολικού ποσού που απαιτείται για την πραγματοποίηση του έργου δεκαπενταετούς διάρκειας με επιτόκιο 8%. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο για το αιολικό πάρκο του Βόλου θα μεταβληθούν οι οικονομικοί δείκτες ως εξής:

- εσωτερικό βαθμό απόδοσης 28,8%
- απλό χρόνο αποπληρωμής 5,3 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 3,3 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 52.994.989€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 4.145.624€
- αναλογία οφέλους - κόστους 2,76.

Ενώ για το αιολικό πάρκο της Σητείας οι οικονομικοί δείκτες θα έχουν ως εξής:

- εσωτερικό βαθμό απόδοσης 39,8%
- απλό χρόνο αποπληρωμής 4,4 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 2,5 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 83.970.355€
- ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής 6.568.725€
- αναλογία οφέλους - κόστους 3,61.

Οι παραπάνω οικονομικοί δείκτες είναι εξαιρετικά καλοί γεγονός το οποίο οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στο επιτόκιο αναγωγής το οποίο είναι χαμηλό και αναφέρεται σε χαμηλού ρίσκου επενδύσεις. Ακόμα όμως και στην περίπτωση κατά την οποία το επιτόκιο αναγωγής ανεβεί στο 10%, τα αποτελέσματα είναι άκρως θετικά αφού για το αιολικό πάρκο στο Βόλο οι οικονομικοί δείκτες μεταβάλλονται ως εξής:

- εσωτερικός βαθμός απόδοσης 28,8%
- απλός χρόνος αποπληρωμής 5,3 έτη
- έτος θετικής ταμειακής ροής 3,3 έτη
- καθαρή παρούσα αξία 31.101.490€
- ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής 3.426.391€
- αναλογία οφέλους - κόστους 2,03

Ενώ για το αιολικό πάρκο της Σητείας οι δείκτες διαμορφώνονται ως εξής:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 39,8%
- ο απλός χρόνος αποπληρωμής ορίζεται στα 4,4 χρόνια
- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα 2,5 χρόνια
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 52.618.773€
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 5.796.909€
- η αναλογία οφέλους - κόστους είναι στο 2,64.

Αναλυτικά όλα τα σενάρια και για την Σητεία και για τον Βόλο παρουσιάζονται στους πίνακες 7.2 και 7.3.

Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας	ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΗΤΕΙΑΣ					
	Καθόλου δάνειο, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 60% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 40% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, επιδότηση 25%	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 6%, επιδότηση 25%	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 15%, επιδότηση 25%
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)	17,40%	28,10%	22,30%	39,80%	39,80%	39,80%
Απλός χρόνος αποπληρωμής	5,4 years	5,4 years	5,4 years	4,4 years	4,4 years	4,4 years
Έτος θετικής ταμειακής ροής	5,4 years	3,5 years	4,3 years	2,5 years	2,5 years	2,5 years
Καθαρή παρούσα αξία (NPV)	37.124.223	41.418.483	39.987.063	52.618.773	83.970.355	31.172.628
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	4.089.904	4.562.994	4.405.298	5.796.909	6.568.725	4.822.387
Αναλογία οφέλους - κόστους (b-c ratio)	1,58	2,61	2,04	2,64	3,61	1,97

Πίνακας 7.2 Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας για την περιοχή της Σητείας

Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας	ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ					
	Καθόλου δάνειο, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 60% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 40% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, χωρίς επιδότηση	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 10%, επιδότηση 25%	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 6%, επιδότηση 25%	Δάνειο 50% με επιτόκιο 8% με 15 χρόνια διάρκειας, πληθωρισμός 3%, επιτόκιο αναγωγής 15%, επιδότηση 25%
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)	13,70%	19,70%	16,50%	28,80%	28,80%	28,80%
Απλός χρόνος αποπληρωμής	6,5 years	6,5 years	6,5 years	5,3 years	5,3 years	5,3 years
Έτος θετικής ταμειακής ροής	6,5 years	4,8 years	5,7 years	3,3 years	3,3 years	3,3 years
Καθαρή παρούσα αξία (NPV)	16.727.483	20.757.091	19.413.888	31.101.490	52.994.989	16.259.778
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	1.842.835	2.286.769	2.138.791	3.426.391	4.145.624	2.515.378
Αναλογία οφέλους - κόστους (b-c ratio)	1,28	1,86	1,54	2,03	2,76	1,54

Πίνακας 7.3 Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας για την περιοχή του Βόλου

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

G. L. Johnson, *“Wind energy systems”*, Electronic Edition, England 2001

J.F. Manwell, J.G. Mc Gowan, A.L. Rogers, *“Wind energy explained theory design and application”*, 2^η Έκδοση, John Wiley and sons ltd publication, England 2009

T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi, *“Wind energy handbook”*, John Wiley and sons ltd publication, England 2001

I.K. Καλδέλλης, *“Διαχείριση της αιολικής ενέργειας”*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 2005

Ε. Καραπιδάκης, Σημειώσεις από το μάθημα *“Ηπιες μορφές ενέργειας 1”*, ΤΕΙ Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Χανιά 2006

Δ. Κολοκοτσά, Σημειώσεις από το μάθημα *“Ηπιες μορφές ενέργειας 2”*, ΤΕΙ Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Χανιά 2007

Ε. Καραπιδάκης, Σημειώσεις από το μάθημα *“Σχεδιασμός και διαχείρισης συστημάτων”*, ΤΕΙ Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Χανιά 2007

Δ. Κολοκοτσά, Σημειώσεις από το μάθημα *“Ενεργειακή οικονομία”*, ΤΕΙ Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Χανιά 2006

Β. Δ. Μπιτζιώνης, *“Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας”*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα 2010

I. K. Καλδέλλης, Κ. Α. Καββαδίας, *“Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας”*, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 2005

Κ. Ζοπουνίδης, *“Βασικές Αρχές και Σύγχρονα Θέματα του Χρηματοοικονομικού Μάνατζμεντ”*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2003

Σ. Κ. Καρβούνης, *“Μεθοδολογία Εκπονήσεως Οικονομοτεχνικών Μελετών”*, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 1991

G. J. Leng, A. Monarque, *“RETSscreen International: Results and Impacts 1996-2012”*, CANMET Energy Technology Centre, 2004

www.cres.gr/kape, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

www.rae.gr, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)

www.retscreen.net, RETScreen Clean Energy Project Analysis Software

www.dei.gr, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)

www.vestas.com, Vestas wind turbines

www.enercon.de/en-en/, Enercon wind turbines

www.sinovel.com/en/index.aspx, Sinovel wind turbines

www.eletaen.gr, Ελληνική Ένωση Αιολικής Ενέργειας

www.ewea.org, European Wind Energy Association

www.wwindea.org, World Wind Energy Association