

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας γίνεται μία σύντομη αναφορά στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Μία σύντομη ιστορική αναδρομή συμπληρώνει την αναφορά για να συνεχίσουμε με περισσότερες πληροφορίες για την αιολική ενέργεια που τιτλοδοτεί την εργασία μας.

Το ζητούμενο είναι η ανάλυση της παραγωγής ενέργειας από τον άνεμο. Κάτι τέτοιο οδηγεί αυτόματα στην σύγκριση της αιολικής ενέργειας με τις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας.

Η εκπόνηση της εργασίας έπρεπε να είναι όσο το δυνατό πιο έγκυρη και τεκμηριωμένη. Ακολουθήσαμε διάφορες μεθόδους, όπως ερωτηματολόγια, δικτυακή έρευνα σε άλλες εργασίες και δύο αξιόπιστα λογισμικά, για να εξάγουμε τα αποτελέσματά μας. Αυτά τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν εκ νέου και συγκρίθηκαν.

Δημιουργήσαμε τρία υποθετικά αιολικά πάρκα ισχύος 9.600 kW και 10.000 kW σε διαφορετικές τοποθεσίες (Χανιά, Εύβοια και Αρκαδία) για να μελετήσουμε το κύκλο ζωής τους. Δώσαμε ιδιαίτερη έμφαση στο στάδιο της λειτουργίας χωρίς όμως να αγνοήσουμε τα υπόλοιπα, πολύ σημαντικά, στάδια. Αναλύσαμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν για να εξάγουμε τα αποτελέσματα μας.

Κατηγοριοποιήσαμε τα αποτελέσματα στα στάδια κατασκευής, μεταφοράς, λειτουργίας και αποσύνδεσης/απόσυρσης. Αυτό μας έδωσε την δυνατότητα να εστιάσουμε αποτελεσματικότερα σε κάθε φάση. Προχωρήσαμε και στην ανάλυση άλλων κριτηρίων, πέρα των περιβαλλοντικών, όπως την επιβάρυνση στον θόρυβο, την οπτική/αισθητική ρύπανση, την επιρροή στο οικοσύστημα και τις επιπτώσεις στην εργασία και τον τουρισμό.

Καταλήξαμε σε σημαντικά συμπεράσματα που αποδεικνύουν ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να υποστηρίξει σημαντικά την προσπάθεια βελτίωσης του περιβάλλοντος και να προσφέρει μία βιώσιμη οικονομική λύση στο θέμα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Δυστυχώς, όμως, παρατηρήσαμε ότι η ενθάρρυνση και υποστήριξη της πολιτείας για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Η γραφειοκρατία και η έλλειψη επιδοτήσεων είναι σημαντικά εμπόδια για πιθανές επιχειρηματικές/επενδυτικές κινήσεις σε αυτόν τον τομέα.

SUMMARY

In the beginning of this work we have a short report in the Renewable Energy Sources. A short historical retrospection supplements the report in order to continue with more information on the wind energy that gives the title to our work.

We pay attention in the analysis of production by energy from the wind. This something leads automatically to the comparison of wind energy with the conventional forms for the energy production.

The development of the work should be as valid and argued as possible. We followed various methods, as questionnaires, network research in other papers and two reliable softwares, in order to export our results. These results were evaluated again and compared. We created three hypothetical wind power parks in different locations (Chania, Evia and Tripoli) in order to observe their Life Cycle. We gave particular attention at the stage of operation without, however, to ignore the remaining, very important, stages. We analyzed the results of these parks in order to export our results. We categorized the results in the stages of manufacturing, transport, operation and detachment/ withdrawal. This gave us the possibility of focusing more effectively in each phase respectively. We also analyzed other criteria, except of environmental, as the noise impact, the optical/aesthetic pollution, the influence in the ecosystem and the repercussions in work aspects and tourism.

We led to important conclusions proving that the wind energy can support considerably the efforts of environment improvement and offer a viable economical solution in the production of electric energy. Unfortunately, we observed that the encouragement and support of state for the growth of wind parks are almost non-existent. The bureaucracy and the lack of subsidies are important obstacles for likely enterprising/investment movements in this sector.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	-6-
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	-11-
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ	-16-
ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ	-17-
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	-18-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1₀	
1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	-20-
1.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	-20-
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α/Γ)	-22-
1.2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ (Α/Γ)	-23-
1.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΑΠΟ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΜΙΑ Α/Γ	-26-
1.2.3 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	-27-
1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ VS ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	-32-
1.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	-34-
1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ VS ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΠΕ	-39-
1.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	-40-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2₀	
2. ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	-42-
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ	-42-
2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	-51-
2.3 ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΕΣ	-60-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3₀	
3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	-61-
3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	-61-
3.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ	-65-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4₀

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (ΑΚΖ)	-66-
4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	-66-
4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SIMAPRO 6	-67-
4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen®	
International	-70-
4.3.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (ENERGY MODEL)	-72-
4.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ	
ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗ	-75-
4.3.3 ΤΥΠΟΙ ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	
RETScreen® International	-78-
4.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ	
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen® International	-84-
4.4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ	
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	-84-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5₀

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	-87-
5.1 ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ Α/Γ	-87-
5.1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	-90-
5.2 ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ Α/Γ	-93-
5.3 ΣΤΑΔΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	-94-
5.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ	
ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	
(GHG ANALYSIS)	-94-
5.3.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ	
ΚΟΣΤΟΥΣ	-101-
5.3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ	
(RETScreen® International) ΣΤΙΣ 3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	-103-
5.3.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ	
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ 3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	-106-
5.3.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ	

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ 3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	-120-
5.3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen® International ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 10MW ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΝΤΑΣ ΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	-156-
5.3.7 ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	-206-
5.3.8 ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	-207-
5.4 ΣΤΑΔΙΟ ΑΠΟΣΥΡΣΗΣ/ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ Α/Γ	-207-
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6₀	
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	-209-
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	-209-
6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	-211-
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	-215-
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
1. Ερωτηματολόγιο	-217-
2. Τύποι Α/Γ που περιέχονται στη Βάση δεδομένων του Λογισμικού RETScreen® International	-219-
3. Γεωγραφικοί χάρτες των περιοχών: Κρήτης (Ν. Χανίων), Εύβοιας και Πελοποννήσου (Ν. Αρκαδίας)	-225-
4. Χάρτες αιολικού δυναμικού των περιοχών: Κρήτης (Ν. Χανίων), Εύβοιας και Πελοποννήσου (Ν. Αρκαδίας)	-228-
5. Διαγράμματα ροής μετρητών συσσώρευσης των οικονομικών αποτελεσμάτων των περιοχών Ευβοίας και Πελοποννήσου	-231-
6. Ολοκληρωμένο παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού RETScreen® International στη βέλτιστη περιοχή μελέτης	-244-
7. Φωτογραφίες Α/Γ και Αιολικών Πάρκων	-252-

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1_ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1	Εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύς έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα, σε MW (Ιανουάριος 2005)	-41-
--------------------	--	------

2_ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1	Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων σε λειτουργία σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (MW)	-45-
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2	Εγκατεστημένη ισχύς που προέρχεται από την αιολική ενέργεια, τόσο στα 15 βασικά κράτη της Ε.Ε, όσο και στα υπό ένταξη σε αυτή κράτη της Ευρώπης τα έτη 2002 και 2003	-46-
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3	Στοιχεία για τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα (Φεβρ.2003) και εκτίμηση της κατάστασης το έτος 2010	-54-

3_ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4_ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1	Προτεινόμενες τιμές Απορρόφησης Αιολικής Ενέργειας σε σχέση με τη μέση ταχύτητα ανέμου και το επίπεδο διείσδυσης αέρα (WPL)	-83-
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2	Κατάταξη των Αιολικών Πάρκων με βάση τον αριθμό των Α/Γ	-85-
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3	Κατάταξη Α/Γ με βάση το εύρος της αιολικής ισχύος	-86-

5_ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1	Αποτελέσματα αλουμινίου σε θέματα τοξικότητας	-89-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2	Αποτελέσματα μαγγανίου σε θέματα τοξικότητας	-91-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3	Αποτελέσματα ψευδαργύρου σε θέματα τοξικότητας	-92-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4	Ποσότητες εκπομπών CO ₂ , CH ₄ και N ₂ O (σε kg/GJ) για κάθε τύπο καυσίμου και αποδόσεις καυσίμων	-95-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5	Δεδομένα για το Ηλεκτρικό Σύστημα των περιοχών μελέτης	-97-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6	Σύνοψη αποτελεσμάτων από τους υπολογισμούς των	

	Συντελεστών Μείωσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου	-99-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7	Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής των Χανίων	-99-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8	Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής της Χαλκίδας	-100-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9	Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής της Τρίπολης	-101-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10	Α/Γ που επιλέχθηκαν για το αιολικά πάρκα της Εύβοιας της Κρήτης και της Αρκαδίας	-102-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11	Παράμετροι, πηγές αναφοράς και τιμές που ελήφθησαν ως δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης	-102-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12	Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τις τρεις περιοχές μελέτης με ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-106-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13	Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τις τρεις περιοχές μελέτης με ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-110-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14	Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού στις τρεις περιοχές μελέτης για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-111-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15	Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού στις τρεις περιοχές μελέτης για τη χρονική διάρκεια αποπληρωμής του έργου για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-112-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή της Ανώπολης	-122-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου	-124-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή της Πελετά	-126-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO ₂ για την περιοχή της Ανώπολης	-129-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO ₂ για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου	-131-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21	Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO ₂	

για την περιοχή της Πελετά	-133-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή της Ανώπολης	-136-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.23 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου	-138-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.24 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή της Πελετά	-141-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.25 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή της Ανώπολη Χανίων Κρήτης (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec	-146-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.26 Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Ανώπολης Χανίων Κρήτης	-148-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.27 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 10m/sec	-148-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.28 Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια	-151-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.29 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή της Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec	-151-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.30 Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Πελετά Αρκαδίας	-154-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.31 Ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τις περιοχές μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ	-155-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.32 Ταξινόμηση Περιοχών Μελέτης, βάσει ενεργειακών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων για το καλύτερο	

σύστημα Α/Γ	-155-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.33 Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-157-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.34 Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-161-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.35 Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-162-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.36 Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα 9m/sec, για τη χρονική διάρκεια αποπληρωμής του έργου και για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-162-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.37 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 9m/sec	-172-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.38 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO ₂ για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 9m/sec	-174-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.39 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, και ταχύτητα ανέμου 9m/sec	-177-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.40 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) με ταχύτητα ανέμου 9m/sec	-177-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.41 Κατάταξη Α/Γ στη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec	-180-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.42 Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec	

και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-181-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.43 Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για την βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m	-185-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.44 Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec και για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (Χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-186-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.45 Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, για τη χρονική διάρκεια αποπληρωμής του έργου για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)	-186-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.46 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec	-196-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.47 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO ₂ για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec	-198-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.48 Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec	-201-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.49 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) με ταχύτητα ανέμου 11m/sec	-202-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.50 Ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ	-204-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.51 Κατάταξη Α/Γ για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 11m/sec	-204-

6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΧΗΜΑ 1.1	Τα μέρη από τα οποία απαρτίζονται οι Α/Γ οριζόντιου και κάθετου άξονα	-24-
ΣΧΗΜΑ 1.2	Τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται μια οριζόντια Α/Γ	-27-
ΣΧΗΜΑ 1.3	Το πρώτο αιολικό πάρκο στο Vindeby της Δανίας	-29-
ΣΧΗΜΑ 1.4	Φωτογραφία τυπικής εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρισμού από συμβατικές μορφές ενέργειας	-33-
ΣΧΗΜΑ 1.5	Υπολογιζόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία βάση ανά κατηγορία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για την κάλυψη της ζήτησης του ΔΣ τον Ιανουάριο του 2001	-38-
ΣΧΗΜΑ 1.6	Συμμετοχή των διαφόρων τύπων καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το έτος 2003. (α) Για την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα συνδεδεμένα νησιά με το Εθνικό δίκτυο και (b) για τα μη συνδεδεμένα νησιά με το εθνικό δίκτυο	-38-
ΣΧΗΜΑ 1.7	Εγκεκριμένα έργα ΑΠΕ το Σεπτέμβριο του 2004	-39-

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΧΗΜΑ 2.1	Φωτογραφία αιολικού πάρκου στη θάλασσα(Offshore Wind Park)	-44-
ΣΧΗΜΑ 2.2	Γραφική απεικόνιση του πίνακα 2.2 για το έτος 2003	-47-
ΣΧΗΜΑ 2.3	Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το έτος 1994	-47-
ΣΧΗΜΑ 2.4	Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το έτος 1997	-48-
ΣΧΗΜΑ 2.5	Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το έτος 1999	-48-
ΣΧΗΜΑ 2.6	Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το έτος 2003	-49-
ΣΧΗΜΑ 2.7	Διαχρονική αύξηση της εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (από το 1990 έως το 2003), τόσο στην Ε.Ε, όσο και	

	παγκοσμίως	-50-
ΣΧΗΜΑ 2.8	Εξέλιξη της Συνεισφοράς των ΑΠΕ στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	-51-
ΣΧΗΜΑ 2.9	Συνθήκες ανέμου για Αιολική Ενέργεια	-53-
ΣΧΗΜΑ 2.10	Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Α/Γ στον Ελληνικό χώρο από το 1991-2003	-56-
ΣΧΗΜΑ 2.11	Εκτιμώμενη ανάπτυξη αιολικής ισχύος στην Ελλάδα	-57-

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΧΗΜΑ 4.1	Δυνατές επιλογές των εκδόσεων του Sima Pro 6	-68-
ΣΧΗΜΑ 4.2	Επεξηγηματικά εικονίδια του προγράμματος	-69-
ΣΧΗΜΑ 4.3	Διάγραμμα ροής του λογισμικού RETScreen® International	-72-
ΣΧΗΜΑ 4.4	Διάγραμμα ροής για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής Ενέργειας	-73-

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΧΗΜΑ 5.1	Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα Του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m	-101-
ΣΧΗΜΑ 5.2	Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m	-108-
ΣΧΗΜΑ 5.3	Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m	-108-
ΣΧΗΜΑ 5.4	Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m	-108-
ΣΧΗΜΑ 5.5	Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m	-109-

- ΣΧΗΜΑ 5.6** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m -109-
- ΣΧΗΜΑ 5.7** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%) -114-
- ΣΧΗΜΑ 5.8** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%) -115-
- ΣΧΗΜΑ 5.9** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -116-
- ΣΧΗΜΑ 5.10** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -117-
- ΣΧΗΜΑ 5.11** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -118-
- ΣΧΗΜΑ 5.12** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -119-
- ΣΧΗΜΑ 5.13** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m -158-
- ΣΧΗΜΑ 5.14** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m -158-
- ΣΧΗΜΑ 5.15** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m -159-
- ΣΧΗΜΑ 5.16** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m -159-
- ΣΧΗΜΑ 5.17** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του

- ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m -160-
- ΣΧΗΜΑ 5.18** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m -160-
- ΣΧΗΜΑ 5.19** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%) -164-
- ΣΧΗΜΑ 5.20** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -165-
- ΣΧΗΜΑ 5.21** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -166-
- ΣΧΗΜΑ 5.22** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -167-
- ΣΧΗΜΑ 5.23** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -168-
- ΣΧΗΜΑ 5.24** Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -169-
- ΣΧΗΜΑ 5.25** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m -181-
- ΣΧΗΜΑ 5.26** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m -182-
- ΣΧΗΜΑ 5.27** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m -182-
- ΣΧΗΜΑ 5.28** Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος

δρομέα 78m -183-

ΣΧΗΜΑ 5.29 Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m -183-

ΣΧΗΜΑ 5.30 Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m -184-

ΣΧΗΜΑ 5.31 Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -188-

ΣΧΗΜΑ 5.32 Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -189-

ΣΧΗΜΑ 5.33 Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -190-

ΣΧΗΜΑ 5.34 Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -191-

ΣΧΗΜΑ 5.35 Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -192-

ΣΧΗΜΑ 5.36 Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%) -193-

6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

Α/Γ	Ανεμογεννήτριες
ΑΚΖ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΜΕ	Διεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας
ΔΕΣΜΗΕ	Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΣ	Διασυνδεδεμένο Σύστημα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΡΤ	Ελληνική Ραδιοφωνία και Τηλεόραση
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΟΤΕ	Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά
CEDRL	CANMET Energy Diversification Research Laboratory
FDA	Οργανισμός Ελέγχου Φαρμάκων & Τροφίμων
GHG	GreenHouse Gas
IPCC	Intergovernment Panel on Climate Change
LCA	Life Cycle Assessment
NASA	National Aeronautics & Space Administration's
NRCan	Natural Resource Canada's
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry
UNEP	United Nations Environment Programme's

ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ

Η γενική αποδοχή ότι ο άνεμος είναι μία καθαρή και σχετικά οικονομική πηγή ενέργειας, κέντρισε το ενδιαφέρον μας για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Σημαντικό ρόλο έπαιξε επίσης το αιολικό δυναμικό της χώρας μας και η αφθονία περιοχών που προσφέρονται για την ανάπτυξη των αιολικών πάρκων.

Σκοπός της εργασίας είναι να αξιολογήσουμε τα αιολικά συστήματα στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα και να δείξουμε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχουν στο περιβάλλον και την οικονομία σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Ασχοληθήκαμε με τις επιπτώσεις των αιολικών συστημάτων χρησιμοποιώντας την μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε όλα τα απαραίτητα στάδια εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου (κατασκευή ανεμογεννήτριας, μεταφορά, λειτουργία, αποσύνδεση). Ωστόσο μεγαλύτερη έμφαση έχει δοθεί στα φάση της λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου.

Στόχος μας είναι, μετά την ανάλυση των δεδομένων, των πληροφοριών και των αποτελεσμάτων που μας έδωσε ένα πολύ αξιόπιστο πρόγραμμα (RETScreen® International), να αποδείξουμε ότι η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία είναι ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον και αρκετά οικονομική καθώς επίσης και να επιλέξουμε το κατάλληλο τύπο Α/Γ για συγκεκριμένο αιολικό πάρκο έτσι ώστε να προκύψουν βέλτιστα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσέγγιση της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας ξεκινάει, στο 1^ο κεφάλαιο της εργασίας, με καταγραφή των ΑΠΕ και συγκεκριμένα της αιολικής ενέργειας και παρουσίαση των ανεμογεννητριών.

Συνεχίζεται στο 2^ο κεφάλαιο με την κατάσταση και τις τάσεις που επικρατούν τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ελλάδα αναφορικά με τις ΑΠΕ και συγκεκριμένα με την αιολική ενέργεια. Καταγράφεται η δέσμευση της οδηγίας 2001//77 της ΕΕ και αποδεικνύεται ότι η επίτευξη του στόχου για την Ελλάδα, θα επιτευχθεί από την περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας και τη δημιουργία αιολικών πάρκων με Α/Γ ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 600 kW.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται, η αιολική ενέργεια σε σχέση με το περιβάλλον.

Στο 4^ο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται και αναλύεται η Ανάλυση Κύκλου Ζωής και παρατίθεται ένα χρήσιμο εργαλείο, το SimaPro 6, το οποίο αποτελεί τη βάση για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής των αιολικών συστημάτων με σκοπό την αξιολόγηση περιβαλλοντικών θεμάτων, το οποίο όμως κατόπιν αναλυτικής διερεύνησης του βρέθηκε κλειδωμένο με συνέπεια την απαγόρευση χρήσης του, έτσι στη συνέχεια κατόπιν αναζήτησης στο διαδίκτυο μιας ευρύτερης οικογένειας παρόμοιων λογισμικών επιλέχθηκε τελικά το λογισμικό ανάλυσης ενός προγράμματος ανανεώσιμης ενέργειας «RETScreen® International Software», καθώς αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο που εμπεριέχει ενημερωμένες και εμπεριστατωμένες βάσεις δεδομένων, είναι αξιόπιστο και ενσωματώνει λειτουργίες απλές (εύκολο στη χρήση του), το οποίο θα εφαρμοστεί στο στάδιο λειτουργίας των Α/Γ. Παράλληλα στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά μια από τις μεθόδους που διαθέτει το λογισμικό, τον υπολογισμό της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η οποία είναι βασική στη μελέτη που κάνουμε, ενώ τέλος παρατίθενται και οι εξισώσεις που χρησιμοποιεί το λογισμικό για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Στο 5^ο κεφάλαιο αναλύονται τα στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής των αιολικών συστημάτων και παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων τα αποτελέσματα από τη χρήση του λογισμικού RETScreen® International, ώστε να διευκολυνθεί το έργο της αξιολόγησης. Τέλος καθορίζονται

επιπρόσθετα περιβαλλοντικά κριτήρια με σκοπό να αποτυπωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου με Α/Γ υψηλής ονομαστικής ισχύος .

Ενώ στο 6^ο κεφάλαιο καταγράφονται περιβαλλοντικά συμπεράσματα για την επιλογή των Α/Γ προς εγκατάσταση και παρατίθενται προτάσεις για το μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σημαντική παράμετρος της τεχνολογικής προόδου και πρωταρχικός μοχλός ανάπτυξης, σε κοινωνικό και ατομικό επίπεδο, είναι η ενέργεια. Η βιομηχανική παραγωγή, οι μεταφορές–μετακινήσεις, η ατομική (οικιακή) διαβίωση, η διασκέδαση και γενικά όλες οι πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας απαιτούν ενέργεια. Η άφθονη, φθηνή, εύκολα και ανελλιπώς διατιθέμενη ενέργεια αποτελεί εφελκυστικό για ανάπτυξη και κοινωνική βελτίωση.

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και συγκεκριμένα στην αιολική ενέργεια καθώς επίσης στα συστήματα εκμετάλλευσης αυτής (Ανεμογεννήτριες) και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της, έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας και των άλλων ΑΠΕ, με γνώμονα την περιβαλλοντική ισορροπία και την αειφόρο ανάπτυξη η οποία αποτελεί και δέσμευση σύμφωνα με το «Πρωτόκολλο του Κιότο».

1.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ως ΑΠΕ ορίζονται οι ενεργειακές πηγές οι οποίες ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες (αιολική, ηλιακή, βιομάζα κ.α).

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις ΑΠΕ και προέρχεται από την ενέργεια του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υπολογίζεται ότι το 2% της ενέργειας του Ήλιου, που φτάνει στην γη μετατρέπεται σε άνεμο (με τις διαφορές πίεσης που προξενούν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα) δηλ. $26 \cdot 10^{14}$ kWh το χρόνο, ποσότητα 500 φορές μεγαλύτερη από την σημερινή παγκόσμια κατανάλωση.

Πρακτικά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής είναι απρόσιτο αλλά

μπορεί να γίνει εκμετάλλευση 1.000.000 kWh περίπου το χρόνο που είναι η μισή παγκόσμια υδροηλεκτρική ενέργεια.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2002, Ενέργεια και Πολίτης).

Σήμερα, η αιολική ενέργεια είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας. Στα τέλη του 2004, σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγόμενη αιολική ενέργεια ήταν σχεδόν ίση με την παραγωγή ενέργειας από 34 πυρηνικούς σταθμούς. Η ολική ισχύς των ανέμων παγκοσμίως, σύμφωνα με έγκυρες επιστημονικές μελέτες, υπολογίζεται σε $3,6 \cdot 10^9$ MW περίπου, ενώ η ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί ανέρχεται προσεγγιστικά στις 10^6 GWh. Αναλύσεις και μελέτες δείχνουν ότι η αιολική ενέργεια θα μπορούσε να καλύψει το 10% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2010. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αιολικά συστήματα είναι πολλές φορές ανταγωνίσιμη σε κόστος με την παραγωγή από ανθρακικούς ή πυρηνικούς σταθμούς.

Η αιολική ενέργεια εξαρτάται από την ταχύτητα και την πυκνότητα του ανέμου. Οι δυνατότητες αξιοποίησης των διαθέσιμων περιοχών εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα ανεμολογικά χαρακτηριστικά εκάστης, στα οποία εκτός από τη διεύθυνση, την ταχύτητα και την πυκνότητα ενδιαφέρουν και οι ακραίες τιμές καθώς και οι στροβιλισμοί. Γενικά, περιοχές με μέση ετήσια ταχύτητα μεγαλύτερη από 10m/s θεωρούνται περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό, ενώ με μέση ετήσια ταχύτητα μεγαλύτερη από 5,1m/s το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Τα ως άνω όρια είναι

ενδεικτικά και μεταβάλλονται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις συνθήκες της αγοράς (Κούκος, 2004).

Ο άνεμος εμφανίζεται περισσότερο στις περιοχές της εύκρατης ζώνης της γης και η ταχύτητά του μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος από την επιφάνεια της γης. Έτσι η ταχύτητα χαμηλά της γης είναι μικρότερη από ότι ψηλότερα. Θεωρητικά η μέγιστη ισχύς που μπορούμε να πάρουμε συσχετίζεται με τον κύβο της ταχύτητας αέρα και δίνεται από τον τύπο που διατύπωσε ο Betz:

$$P_{\text{Wind}}=0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot u^3$$

όπου P η ισχύς σε kW, ρ η πυκνότητα του αέρα σε Kg/m³, A η επιφάνεια σε m² και u η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Πρακτικά όμως εκμεταλλευόμαστε το 0,35-0,50 της παραπάνω ισχύος λόγω βαθμού απόδοσης της έλικας (ΤΕΙ Κρήτης, 2003).

Με δεδομένο ότι η ενεργειακή απόδοση των ανεμογεννητριών είναι συνάρτηση της τρίτης δύναμης, της ταχύτητας του ανέμου, η θέση στην οποία εγκαθίστανται είναι κυρίαρχο στοιχείο για την οικονομικότητά τους. Οι μηχανές που κινούνται με την βοήθεια του αέρα παρέχουν μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας που είναι κατάλληλη και οικονομικώς αποδοτική σε μερικές περιστάσεις.

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ).

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α/Γ)

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται μέσω ανεμοκινητήρων, που τη μετατρέπουν σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια, και μέσω Α/Γ, ανεμοκινητήρων δηλαδή που διαθέτουν ηλεκτρογεννήτρια, που τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η λειτουργία τους δεν απαιτεί πρώτες ύλες, εκτός από την αιολική ενέργεια, και δεν εκπέμπει καμία μορφή ρύπου ή αποβλήτων· επίσης, το παραγόμενο προϊόν μεταφέρεται απευθείας στο δίκτυο της ΔΕΗ προς κατανάλωση και, επομένως, δεν απαιτείται κανενός είδους μετατροπή πρώτης ύλης ή προϊόντος.

1.2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ (Α/Γ)

Οι Α/Γ μπορούν να διαχωριστούν με δύο τρόπους ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους και τον τρόπο περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας.

- Ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους, διαχωρίζονται σε:
 - *Μονόπτερες*
 - *Δίπτερες*
 - *Τρίπτερες*

Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 m, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού (ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου) και κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης σαφώς μικρότερο, από αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους (physics4u, 2004).

Ο λόγος που έχουν επικρατήσει οι τρίπτερες είναι γιατί σε σύγκριση με τους άλλους δύο τύπους μπορεί να ναι πιο ακριβή σε κόστος (παραπάνω πτερύγια) αλλά δεν χρειάζονται τόσο μεγάλη ταχύτητα ανέμου για να παράγουν το ίδιο ποσό ενέργειας (TechTeam, 2005).

Η κατασκευή μηχανών της τάξεως MW δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα (physics4u, 2004).

Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με μικρές Α/Γ δυναμικότητας 20 ως 75 kW. Σήμερα χρησιμοποιούνται Α/Γ δυναμικότητας 200 ως 5.000 kW (physics4u, 2004).

- Και ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας, διαχωρίζονται σε:
 - *Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα*, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο

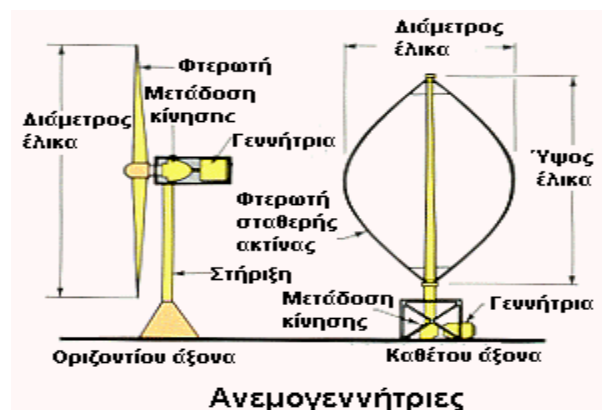
- *Ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα*, που παραμένει σταθερός (από τον Γάλλο G.J.M.Darrieus που τις εφεύρε το 1925).

Στον πρώτο τύπο ο άξονας περιστροφής είναι οριζόντιος σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα kW έως μερικά MW, ενώ στον δεύτερο τύπο ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος, είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.

Οι ανεμογεννήτριες (οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα) χρησιμοποιούνται τόσο μαζί με μπαταρία σε μικρές εγκαταστάσεις όσο και συμπληρωματικά μαζί με φωτοβολταϊκά στοιχεία, και είναι τις περισσότερες φορές συνδεδεμένες με το δίκτυο. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι εκείνα στα οποία ο άξονας περιστρέφεται οριζόντια και καταλαμβάνουν ποσοστό 95% των διαθέσιμων συστημάτων αιολικής ενέργειας και μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας (Πισκιτζής, 2004) .

Παρακάτω στο σχήμα 1.2 περιγράφονται οι δύο τύποι συστημάτων και τυπικά υποσυστήματα τους που απαιτούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υπό-συστήματα περιλαμβάνουν τις λεπίδες, το μηχανισμό περιστροφής, τη μονάδα μετατροπής κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική, το πυλώνα στήριξης καθώς και την έδραση του.

Σχήμα 1.1: Τα μέρη από τα οποία απαρτίζονται οι Α/Γ οριζόντιου και κάθετου άξονα



Πηγή: Saintpaul/Technology, 2001

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου . Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt (ΚΑΠΕ, 2005).

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι : Διάμετρος δρομέα 40 m και ύψος 40-50 m , ενώ αυτής των τριών MW οι διαστάσεις είναι 80 και 80–100 m αντίστοιχα (ΚΑΠΕ, 2005).

Η ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα με πτερύγια ανταποκρίνεται στις μεταβολές τα ταχύτητας του ανέμου με αυτόματη αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων. Ο άξονας της παραλληλίζεται αυτόματα προς τη διεύθυνση του ανέμου έτσι ώστε ο άνεμος να προσβάλλει κάθετα την επιφάνεια που διαγράφουν τα πτερύγια. Μ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τελικά η βέλτιστη παραγωγή ενέργειας από το άνεμο με συντελεστή από 46 έως 48% και εξασφαλίζονται ικανοποιητικά όρια στα χαρακτηριστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μηχανική ισχύς που αναπτύσσεται στον άξονα των πτερυγίων από τον άνεμο μεταδίδεται στην ηλεκτρική γεννήτρια με τις κατάλληλες στρόφες. Η γεννήτρια, που μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί την κατανάλωση.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι χρονικά ασυνεχής, επειδή ακολουθεί τη δίαυτα του ανέμου, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τις ώρες της ημέρας, την εποχή, την οικονομική και κοινωνική δομή των καταναλωτών, κτλ. Το αποτέλεσμα είναι στις ανεμογεννήτριες να παρουσιάζονται σημαντικές ταλαντώσεις ισχύος ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ όταν επικρατεί άπνοια ή πολύ ισχυρός άνεμος παύει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου αιολικού ηλεκτρικού συστήματος θα πρέπει να προβλεφθεί αποθήκευση. Ο συνηθέστερος τρόπος είναι η εγκατάσταση συσσωρευτών, αλλά στο μέλλον ίσως χρησιμοποιηθούν και άλλοι μέθοδοι, όπως υδροδυναμική εκμετάλλευση, πεπιεσμένος αέρας, παραγωγή υδρογόνου, κλπ.

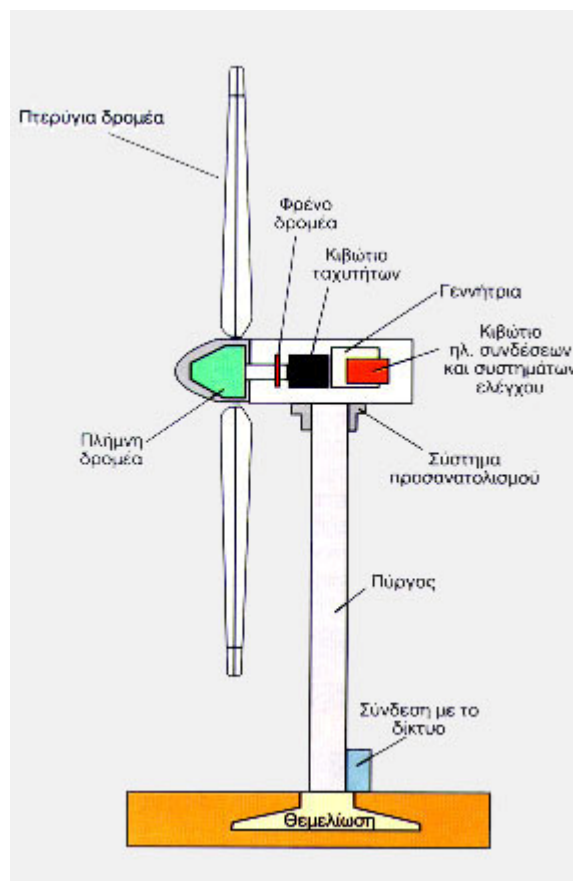
1.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΑΠΟ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΜΙΑ Α/Γ

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος, εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα , με δύο ή τρία πτερύγια, οι οποίες καταλαμβάνουν ποσοστό 95% των διαθέσιμων συστημάτων αιολικής ενέργειας (Πισικιζής, 2004). Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα φαίνεται στο σχήμα 1.2 και αποτελείται από τα εξής μέρη :

- *το δρομέα*, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα . Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά , είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα
- *το σύστημα μετάδοσης της κίνησης*, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής
- *την ηλεκτρική γεννήτρια*, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας
- *το σύστημα προσανατολισμού*, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- *το πύργο*, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση . Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα
- *τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου* , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της

ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της (ΚΑΠΕ, 2005).

Σχήμα 1.2: Τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται μια οριζόντια Α/Γ



Πηγή: ΚΑΠΕ, 2005

1.2.3 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, μηχανικής ενέργειας για χρήση

σε αντλιοστάσια, καθώς και θερμότητας. Όμως, η ισχύς που παράγεται σε εφαρμογές αυτού του είδους είναι περιορισμένη, το ίδιο και η οικονομική τους σημασία (ΚΑΠΕ, 2005).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 είχαν επίσης διαπιστωθεί τα πολυάριθμα τεχνικά και οικονομικά πλεονάσματα που παρουσιάζει η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, δηλαδή συγκροτημάτων πολλών ανεμογεννητριών εγκατεστημένων σε μια τοποθεσία. Για παράδειγμα σε αντίθεση με την ισχύ μεμονωμένων ανεμογεννητριών, το σύνολο της ισχύος ενός αιολικού πάρκου δεν παρουσιάζει μεγάλες ταλαντώσεις λόγω της ασυνεχούς πνοής του ανέμου. Από την άλλη μεριά, η εγκατάσταση αιολικού πάρκου απαιτεί μικρή σχετικά επιφάνεια σε σχέση με τις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης άλλων μορφών ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα δεν παρεμποδίζει την εκμετάλλευση της γης.

Παρά το γεγονός ότι πολλά συστήματα τοποθετούνται σε υψώματα, η απαίτηση για μεγάλη έκταση ιδιαίτερα σε χώρες με μικρή γεωγραφική έκταση, μεταφέρει την εγκατάσταση τους σε παράλιες ακτές ή ανοιχτά της θάλασσας.

Τα αιολικά πάρκα στην θάλασσα αποτελούν την μοναδική διέξοδο σε χώρες με υψηλό πληθυσμιακό καθεστώς και έλλειψη χώρου. Το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής στην θάλασσα εξισώνεται με την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας.

Το υψηλό αιολικό δυναμικό της εξεταζόμενης περιοχής δεν αποτελεί το μόνο κριτήριο για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών πάρκων. Άλλοι παράμετροι που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξέταση είναι (Energotech, 2005):

- Τα γειτονικά δίκτυα με τη ΔΕΗ ανάλογης ισχύος και η ύπαρξη δρόμων πρόσβασης.
- Αποστάσεις από τις κοντινότερες κοινότητες.
- Το αρχαιολογικό ενδιαφέρον για την εξεταζόμενη περιοχή.
- Η θέση της Α/Γ σε σχέση με τους αναμεταδότες της ΕΡΤ και του ΟΤΕ.
- Αποστάσεις από τα αεροδρόμια.

- Ειδικά προγράμματα περιβαλλοντικής προστασίας (NATURA, RAMSAR, κλπ).

Το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης εγκαταστάθηκε το 1982 στην νήσο Κύννο. Με ισχύ 100 kW (5 ανεμογεννήτριες των 20 kW, τύπου οριζόντιου άξονα με δύο πτερύγια) καλύπτει το 25% των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε το αιολικό πάρκο στο Vindeby της Δανίας το 1991 και περιλάμβανε 11 τουρμπίνες, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3. Το πάρκο αυτό αποτελεί φάρο ανάδειξης της αιολικής ενέργειας και σύντομα άρχισε να αντιγράφεται από άλλες χώρες (Κούκος, 2004).

Σχήμα 1.3: Το πρώτο αιολικό πάρκο στο Vindeby της Δανίας



Πηγή: Πισκιτζής, 2003

Τα αιολικά πάρκα στην Ολλανδία απαιτούν την έγκριση των αρμόδιων υπηρεσιών του Υπουργείου Ανάπτυξης τόσο για την κατασκευή αλλά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το αιολικό πάρκο Lely, είναι το πρώτο το οποίο κατασκευάστηκε και τα κριτήρια αξιολόγησης για τη λειτουργία του ήταν μηδαμινά λόγω μη νομοθετικών ρυθμίσεων και έλλειψη τεχνογνωσίας. Σαφέστατα αποτέλεσε την αρχή για την δημιουργία νομοθετικού πλαισίου, έτσι σήμερα η διαδικασία περιλαμβάνει 2 στάδια. Το πρώτο στάδιο αποτελεί την αξιολόγηση και έγκριση της περιοχής εφαρμογής και το δεύτερο την κατασκευή και λειτουργία του, καθώς και τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον (Πισκιτζής, 2003).

Η υλοποίηση ενός αιολικού πάρκου είναι μια σύνθετη διαδικασία που ξεκινά από τον προσδιορισμό της κατάλληλης τοποθεσίας και περιλαμβάνει (Εστία, 2005):

- την αδειοδότηση

- τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού
- το σχεδιασμό του πάρκου
- την εξεύρεση χρηματοδότησης
- την υλοποίηση και
- τη λειτουργία της επένδυσης.

Σήμερα στην Ελλάδα, το θέμα της αδειοδότησης υπόκειται στο νομικό πλαίσιο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) η οποία είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες στον τομέα της ενέργειας. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92 και συνδυάζεται με την πολιτική του εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών στην Ελλάδα.

Τα αιολικά πάρκα στη θάλασσα, διακρίνονται σε 4 μεγάλους τύπους ανάλογα με τον τρόπο έδρασης σύμφωνα με σχετική έρευνα σε υπάρχουσα βιβλιογραφία:

- *Ο πρώτος τύπος* περιλαμβάνει τα αιολικά πάρκα τα οποία χρησιμοποιούν οπλισμένο σκυρόδεμα για την θεμελίωση τους στο πυθμένα της θάλασσας. Τα πρώτα αιολικά πάρκα ανοιχτά της θάλασσας κατασκευάστηκαν στην Δανία στις περιοχές Vindeby και Tunoe Knob. Η θεμελίωση κατασκευάστηκε στην στεριά και στην συνέχεια με πλωτά μέσα μεταφέρθηκε στα σημεία έδρασης και βυθίστηκε αφού πρώτα διοχετεύτηκε άμμος και χαλίκι για την στήριξη του. Στην συνέχεια πάνω στην έδραση στηρίζεται ο πυλώνας, ο μηχανισμός περιστροφής, οι λεπίδες και στην συνέχεια το απαιτούμενο ηλεκτρολογικό υλικό. Η παραπάνω κατασκευαστική αρχή είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην κατασκευή γεφυρών π.χ. παρόμοια κατασκευή χρησιμοποιήθηκε για την θεμελίωση της γέφυρας του Ρίο Αντίρριο. Η θεμελίωση συνήθως έχει κωνικό σχήμα και αυτό για την αποφυγή παγετού ιδιαίτερα σε χώρες με έντονες χιονοπτώσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το κόστος κατασκευής είναι ανάλογο με το βάθος του πυθμένα, όσο αυξάνεται το βάθος εφαρμογής αυξάνεται και το κόστος. Το επιτρεπτό βάθος για κατασκευή έχει οριστεί τα 10 μέτρα, μετά το

βάθος αυτό το κόστος αυξάνεται ραγδαία ή χρησιμοποιούνται διαφορετικές κατασκευαστικές τεχνικές για την μείωση του (Πισκιτζής, 2003).

- Ο *δεύτερος τύπος* κατασκευής υιοθετεί την ίδια διαδικασία κατασκευής με την διαφορά ότι η θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα αντικαθιστάται από έναν μεταλλικό σωλήνα όπου βιδώνεται και συγκολλείται πάνω σε πλάκα έδρασης ή οποία αγκυρώνεται στο πυθμένα αφού πρώτα το έδαφος έχει υποστεί κατάλληλη γεωτεχνική προετοιμασία (Πισκιτζής, 2003).
- Ο *τρίτος τύπος* κατασκευής είναι παρόμοιος με τον δεύτερο με την διαφορά ότι η διάταξη θεμελίωσης επιτυγχάνεται με την χρήση τριπόδου. Το τρίποδο αυτό αποτελείται από μεταλλικά μέρη και αποτελεί την πιο σταθερή κατασκευαστική διάταξη ιδιαίτερα για μεγάλο φορτίο και ύψος που ασκείται στην βάση από τον πυλώνα. (Πισκιτζής, 2003).
- Ο *τέταρτος τύπος* κατασκευής δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη, αποτελεί τμήμα ερευνητικού προγράμματος στο Πανεπιστήμιο UCL στο Λονδίνο, εξομοίωση όμως έχει επιτευχθεί σε εργαστηριακό περιβάλλον. Πρόκειται για πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε χωρίς περιορισμούς σε βάθος πυθμένα. Η διαφορά στην όλη κατασκευαστική διάταξη, είναι το πλωτό σύστημα στο οποίο ενσωματώνεται ο πυλώνας και η τουρμπίνα. Το πλωτό σύστημα είναι μερικώς βυθισμένο για την αποφυγή έντονων διακυμάνσεων στην θαλάσσια επιφάνεια και έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη πλευσιμότητα της όλης κατασκευής. Το πλωτό μέρος στις δοκιμές που έγιναν είχε διάμετρο από 80 m έως 120 m και με κυμαινόμενο φορτίο της τάξεως του 12.000 και 40.000 ts. Έρευνα στον τομέα των πλωτών κατασκευών θα συμβάλει στον σχεδιασμό και ανάπτυξη πλωτών αιολικών πάρκων (Πισκιτζής, 2003).

Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8 m/sec αποδίδει 1.600 kW, σε ταχύτητα

4 m/sec αποδίδει μόνο 200 kW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου.

Μικρά συστήματα (από ένα W έως και μερικά kW) χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία απομακρυσμένων περιοχών που δεν είναι συνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο, ενώ μεγάλα συστήματα (από 50kW και πάνω) έχουν ενταχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο αρκετών χωρών (π.χ. 18.000 τέτοια συστήματα στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ έχουν ενταχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο της περιοχής). Η οικονομική ανάλυση της αιολικής ενέργειας είναι αρκετά πολύπλοκη και όχι εντελώς ξεκάθαρη. Παρόλα αυτά υπάρχει αισιοδοξία από την βιομηχανία ότι η αιολική ενέργεια θα συνεισφέρει σημαντικά και οικονομικά στην λύση του ενεργειακού προβλήματος σε μερικές περιοχές.

1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη επίσης συμβάλλει στο σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 kW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου ts CO₂ ετησίως καθώς και 2 ts άλλων ρύπων και τέλος στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας (Saintpaul, 2001).

Η αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλει αισθητά στην αποφυγή χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όμως το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια αυτή μπορεί να παραχθεί σε οποιαδήποτε τοποθεσία, όπως απομακρυσμένα χωριά και νησιά χωρίς παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η έρευνα που συντελείται τελευταία στον τομέα αυτό είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη έξυπνων αιολικών πάρκων

που κάνουν χρήση των κλιματικών αλλαγών αλλά και ενεργούν με γνώμονα τις ενεργειακές απαιτήσεις του δικτύου. Επίσης έρευνα γίνεται ιδιαίτερα στον σχεδιασμό λεπίδων για αύξηση της απόδοσης της τουρμπίνας καθώς και στους τρόπους κατασκευής θεμελίωσης και έδρασης στον πυθμένα για την μείωση του κόστους (Πισκιτζής, 2003).

Η αιολική ενέργεια εξοικονομεί καύσιμα και όχι συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μπορεί να συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στη μείωση των ρύπων αντικαθιστώντας άλλες μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Με τη χρήση ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη αποφεύγεται κάθε χρόνο η εκπομπή (Electrotech, 2005):

$4 \cdot 10^9$ ts CO ₂
$20 \cdot 10^6$ ts NO _x
$28 \cdot 10^6$ ts SO ₂
$22 \cdot 10^6$ ts σωματιδίων

Σχήμα 1.4: Φωτογραφία τυπικής εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρισμού από συμβατικές μορφές ενέργειας



Πηγή: Electrotech, 2005

1.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές μορφές διακρίνονται σε:

ο *Περιβαλλοντικά*

- Είναι ιδιαίτερα φιλική στο περιβάλλον, δεν εκπέμπει κανένα συντελεστή ρύπανσης (NO_2 , CO_2 , κλπ) που να συντελεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ή να δημιουργεί την όξινη βροχή και μάλιστα κάθε kWh που παράγεται με αιολική ενέργεια και δεν παράγεται π.χ. με καύση άνθρακος, εξοικονομεί περίπου 1 kg CO_2 που δεν εκλύεται στην ατμόσφαιρα, επίσης δεν υπάρχουν ραδιενεργά κατάλοιπα ούτε οιωνίζουσες ακτινοβολίες όπως με την πυρηνική ενέργεια (Γεωργαλάς, 1998).
- Οι επιδράσεις στη πανίδα είναι πρακτικώς αμελητέες, η αισθητική επίδραση στο τοπίο είναι γενικώς αποδεκτή (και σε κάποιες περιπτώσεις αρεστή, οικολογικός τουρισμός) (Γεωργαλάς, 1998).
- Με το να είναι ανανεώσιμη και επομένως ανεξάντλητη, συντελεί στην εξοικονόμηση των κοιτασμάτων των ορυκτών καυσίμων (Γεωργαλάς, 1998).
- Έχει ελάχιστες απαιτήσεις από πλευράς εκτάσεως, γης (μεταξύ των πυλώνων των ηλιακών μηχανών, η έκταση μπορεί να χρησιμοποιείται για άλλες χρήσεις γεωργικές ή κτηνοτροφικές) (Γεωργαλάς, 1998).

ο *Οικονομικά*

- Έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος, καθώς δεν χρειάζεται πολύ ενέργεια για να κατασκευαστούν οι αιολικές μηχανές, το κόστος της πρώτης ύλης είναι μηδενικό και απαιτείται ελάχιστη συντήρηση των συστημάτων. Στην τυπική περίπτωση, μια συνηθισμένη αιολική μηχανή, τοποθετημένη σε μια καλή θέση, μετά από ένα χρόνο λειτουργίας παράγει περισσότερη ενέργεια από την ενέργεια που ξοδεύτηκε για την κατασκευή της. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μορφές των οποίων το κόστος της πρώτης ύλης σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αρκετά μεγάλο (Γεωργαλάς, 1998).

- Έχουν μικρές απώλειες, τα συστήματα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες μορφές εγκαθίστανται συνήθως κοντά στο τόπο της κατανάλωσης. Έτσι έχουμε πολύ μικρές απώλειες στην μεταφορά του ρεύματος και δεν είναι αναγκαία η δημιουργία δικτύου (Γεωργαλάς, 1998)
- Είναι ανεξάρτητη από κεντρικά δίκτυα διανομής και των συμφερόντων τους (Γεωργαλάς, 1998).
- *Κοινωνικά*
 - Συντελεί στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 15 - 22 νέες θέσεις εργασίας (Κατσάνος, 2004).
- *Ενεργειακά*
 - Η αιολική ενέργεια συνεισφέρει σημαντικά στην ηλεκτροπαραγωγή, σε τοπικό και διεθνές επίπεδο (Γεωργαλάς, 1998).
 - Εξοικονόμηση ενέργειας από τη λειτουργία των Ανεμογεννητριών (Γεωργαλάς, 1998).

Ενώ τα μειονεκτήματά της εντοπίζονται:

- Στη διακύμανση που παρουσιάζει ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη -κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους- ένταση του ανέμου (Γεωργαλάς, 1998).
- Στη χαμηλή πυκνότητα που παρουσιάζει ως μορφή ενέργειας με συνέπεια να απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος (Hellasres, 2002).
- Στο χρόνο που απαιτείται για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.
- Στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των αιολικών συστημάτων .
- Στις επιπτώσεις που έχουν για το περιβάλλον (κυρίως αλλοίωση τοπίου, ηχορύπανση), οι οποίες, όμως, συγκρινόμενες με τις

αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας, θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας (Hellasres, 2002).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κυμαινόμενης ισχύος της αιολικής ενέργειας, εφαρμόζεται ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με ηλιακούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς, και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες με γεννήτριες Ντίζελ (Wind/Diesel Systems) για την παραγωγή ηλεκτρισμού, οι οποίες τίθενται σε λειτουργία, όταν η ταχύτητα του ανέμου πέφτει κάτω από το όριο λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Ακόμη, ενδιαφέρον παρουσιάζει μία πρωτοποριακή μέθοδος που πρωτοεφαρμόστηκε στη δεκαετία του 1980, σύμφωνα με την οποία, τις ημέρες που το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι αυξημένο (μεγάλη ταχύτητα ανέμου), η περίσσεια ισχύος που παράγεται χρησιμοποιείται για τη διάσπαση νερού και την παραγωγή υδρογόνου (τρόποι αποθήκευσης της ενέργειας). Σε ημέρες άπνοιας το υδρογόνο καίγεται σε θερμογεννήτριες, παράγοντας ενέργεια και εκπέμποντας μόνο υδρατμούς στο περιβάλλον. Επίσης, αξιοσημείωτη εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι ο συνδυασμός της με την υδροηλεκτρική ενέργεια: ανεμοκινητήρες που κινούν αντλίες νερού μπορούν, τις ημέρες όπου το αιολικό δυναμικό παρουσιάζεται αυξημένο, να χρησιμοποιούν την παραγόμενη περίσσεια ισχύος για την αποταμίευση νερού σε ταμιευτήρες που βρίσκονται σε μεγάλο ύψος. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται για άρδευση ή σε ημέρες άπνοιας να διατίθεται για την κίνηση υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Μπάης, 2003).

Από την άλλη πλευρά, για την καλύτερη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στις χώρες που αναπτύσσουν αντίστοιχα προγράμματα, βασικό παράγοντα αποτελεί η χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού, αν και η πραγματοποίησή της είναι δαπανηρή και απαιτεί χρόνο. Το πρόβλημα, ωστόσο, αυτό επιλύθηκε κατά ένα μεγάλο μέρος με την ανάπτυξη -κατά τη δεκαετία του 1980- των αιολικών χαρτών, οι οποίοι συντάσσονται με τη βοήθεια αριθμητικών μεθόδων και με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα για μία ευρύτερη περιφέρεια ορισμένων μόνο περιοχών της. Με τον τρόπο αυτό μπορεί σε σύντομο χρόνο να εκτιμηθούν και να επιλεγούν περιοχές με αυξημένο αιολικό δυναμικό, και στη συνέχεια να πιστοποιηθούν οι εκτιμήσεις, με μετρήσεις επί τόπου.

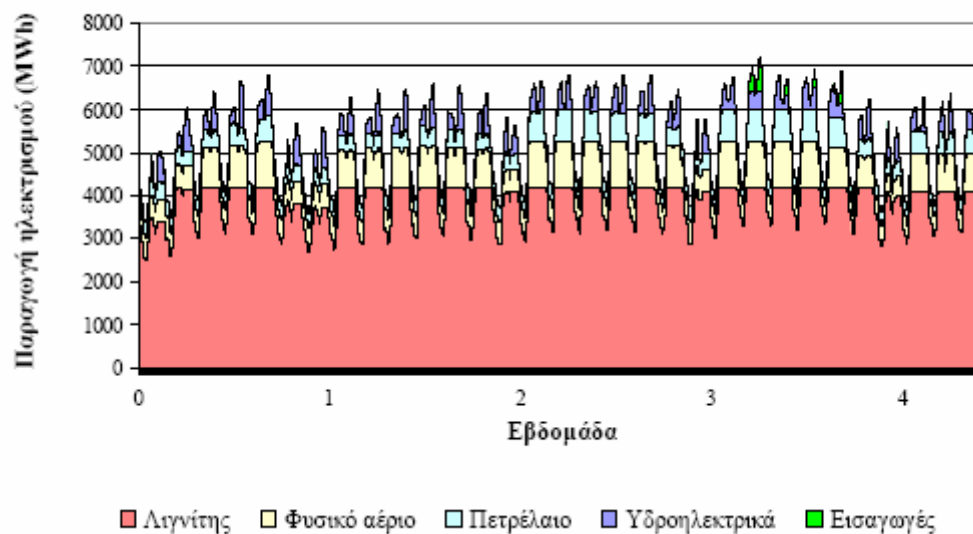
Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 η παγκόσμια παραγόμενη ισχύς από αιολικά συστήματα ήταν 15 MW. Το 1992, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την προώθηση των προγραμμάτων αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, η ισχύς αυτή, παραγόμενη από περισσότερες από 25.000 ανεμογεννήτριες, έφτασε τα 2.652 MW.

Επιπλέον ένα σημαντικό ερώτημα που υπεισέρχεται όσον αφορά κυρίως την Ελλάδα, είναι αν μπορούν οι ανεμογεννήτριες να είναι οικονομικά ανταγωνιστικές σε μη παράκτιες (δηλ. σε ηπειρωτικές) περιοχές. Παρ'όλο που οι ανεμολογικές συνθήκες σε περιοχές κοντά στη θάλασσα είναι συνήθως ιδανικές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, μπορούν, αντίστοιχα, να εντοπισθούν και ιδιαίτερα ελκυστικές -από οικονομική άποψη- ηπειρωτικές περιοχές, που προσφέρονται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Καθώς ο άνεμος περνάει πάνω από ένα λόφο, ή μέσα από ένα ορεινό πέρασμα, συμπιέζεται και επιταχύνεται σημαντικά. Ομαλές κορυφές λόφων με ανοιχτή θέα προς τις επικρατούσες κατευθύνσεις του ανέμου, είναι, συνεπώς, πολύ ελκυστικές και αυτές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών με πυλώνες μεγάλου ύψους είναι μία κοινή μέθοδος για την αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης, καθώς η ταχύτητα του ανέμου συνήθως αυξάνεται σημαντικά με το ύψος, πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Σε περιοχές με χαμηλή ταχύτητα ανέμου, οι κατασκευαστές ανεμογεννητριών μπορούν να σχεδιάσουν και να προμηθεύσουν ειδικούς τύπους ανεμογεννητριών με μεγάλους ρότορες, σε σχέση με το μέγεθος της ηλεκτρογεννήτριας. Τέτοιου τύπου μηχανές, μπορούν να φθάσουν στο μέγιστο δυνατό επίπεδο παραγωγής ηλεκτρισμού, σε σχετικά χαμηλές ταχύτητες ανέμου, αν και έτσι χάνουν μέρος του ενεργειακού δυναμικού που υπάρχει σε ανέμους υψηλών ταχυτήτων. Οι κατασκευαστές ανεμογεννητριών, σε παγκόσμιο επίπεδο, βελτιώνουν συνεχώς τις μηχανές τους, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις τοπικές ανεμολογικές συνθήκες (Hellasres, 2002).

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι ο άνεμος αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, της οποίας η εκμετάλλευση δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, δεν απαιτεί περίπλοκες κατασκευές, δεν εμπεριέχει κόστος καυσίμου και δεν επηρεάζεται από τις ενεργειακές κρίσεις της παγκόσμιας αγοράς. Το μεγαλύτερο ωστόσο πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι μπορεί, μέσω των ανεμογεννητριών, να μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική.

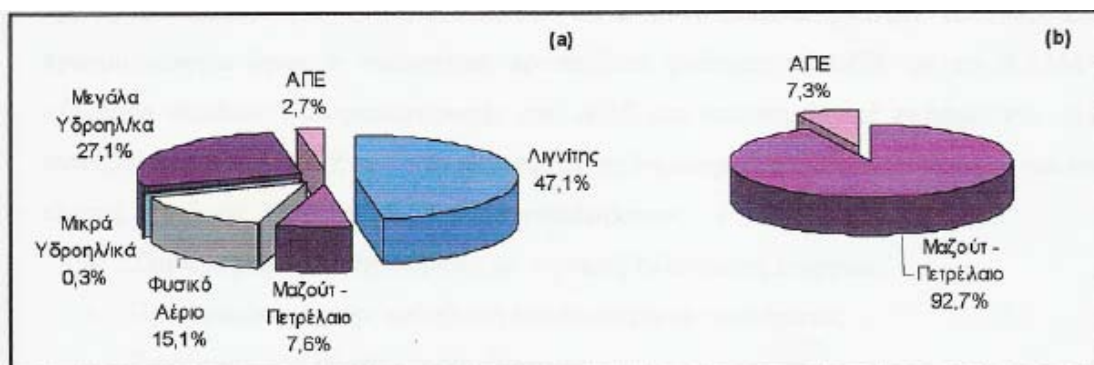
Στο σχήμα 1.5 που ακολουθεί, φαίνεται η αναλογία των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας τον Ιανουάριο του 2001.

Σχήμα 1.5: Υπολογιζόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία βάση ανά κατηγορία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για την κάλυψη της ζήτησης του ΔΣ τον Ιανουάριο του 2001



Πηγή: ΔΕΗ, 2003

Σχήμα 1.6: Συμμετοχή των διαφόρων τύπων καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το έτος 2003. (α) Για την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα συνδεδεμένα νησιά με το Εθνικό δίκτυο και (β) για τα μη συνδεδεμένα νησιά με το εθνικό δίκτυο



Πηγή: ΔΕΗ, 2003

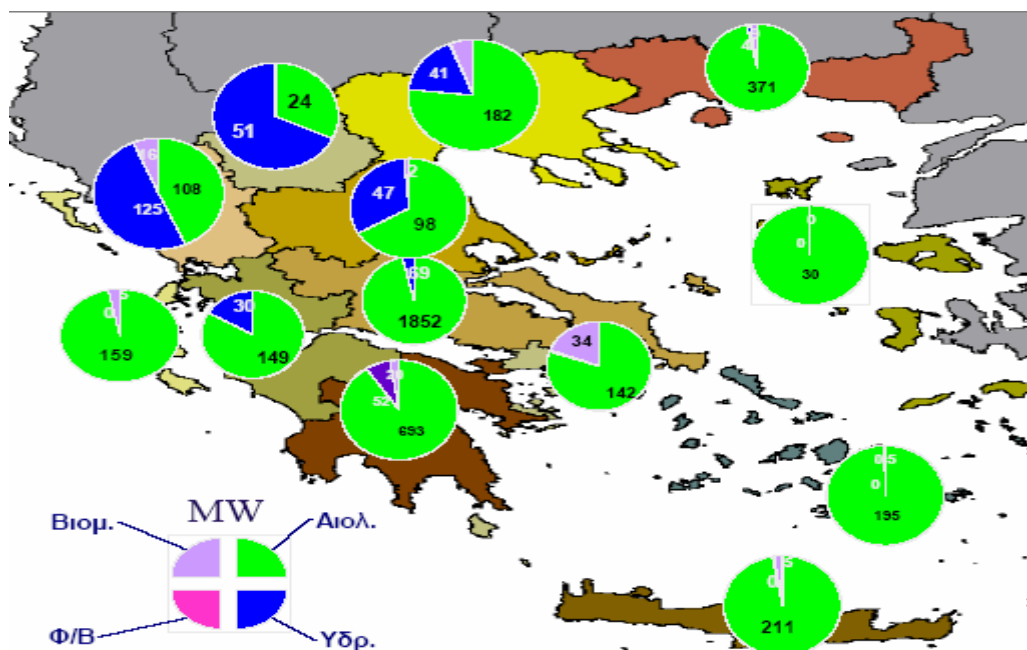
Από τα δυο παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι το 2001 η παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ και συγκεκριμένα από αιολική ενέργεια ήταν αμελητέα σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, ενώ από το 2003 έχει αρχίσει να αυξάνεται σημαντικά.

1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΑΠΕ

Η αιολική ενέργεια σε σχέση με τις άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ηλιακή, υδροηλεκτρική, βιομάζα κ.α) στην Ελλάδα παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και για αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί περισσότερο.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα προικισμένη με ήλιο και δυνατούς ανέμους και για αυτό έχει συγκριτικά πλεονεκτήματα στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες, άρα ανεξάντλητες, πηγές ενέργειας.

Σχήμα 1.7: Εγκεκριμένα έργα ΑΠΕ το Σεπτέμβριο του 2004



Πηγή: ΡΑΕ, 2004

1.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Λόγω των συχνών ανέμων που πνέουν στον Ελληνικό χώρο, το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες

Επίσης το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά, έχει εξελιχθεί στη φθηνότερη ανανεώσιμη ενεργειακή τεχνολογία που υπάρχει σήμερα και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την "πρώτη" περίοδο ωριμότητας, μάλιστα ερευνητικές μελέτες που έγιναν πρόσφατα

στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ, προβλέπουν περαιτέρω μείωση του ενεργειακού κόστους των αιολικών, κατά 10 έως 20%, μέχρι το 2005. Επιπλέον, επιτυγχάνονται, γενικώς, οικονομίες κλίμακας, όταν κατασκευάζονται αιολικά πάρκα με σημαντικό αριθμό ανεμογεννητριών.

Τα ενδεχόμενα προβλήματα από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο *θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών*, οι *σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές* στο ραδιόφωνο, τηλεόραση, τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και επίσης πιθανά *προβλήματα αισθητικής* (Saintpaul, 2001).

Τέλος ένα σημαντικό επίσης μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου. Επομένως θα υπάρξει πρόβλημα όταν δε φυσάει άνεμος. Επειδή δεν υπάρχουν δυνατότητες για οικονομική αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, επιβάλλεται να υπάρχει εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών. Για ηλεκτρικά συστήματα, όπως το σύστημα της Κρήτης, όπου οι αιχμές φορτίου καλύπτονται με αεροστρόβιλους ντίζελ και με υψηλό κόστος παραγωγής, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμού ανεμογεννητριών με αντλητικά υδροηλεκτρικά έργα.

Παρακάτω, παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας της εγκατεστημένης ισχύος έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Πίνακας 1.1: Εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύς έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα, σε MW (Ιανουάριος 2005)

ΤΥΠΟΣ ΑΠΕ	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (MW)		ΜΗ-ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΝΗΣΙΑ (MW)		ΣΥΝΟΛΟ (MW)
	ΙΔΙΩΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ	ΔΕΗ	ΙΔΙΩΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ	ΔΕΗ	
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	340,56	7,2	111,02	29,89	489
ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ	43,26	20,7	-	-	64
ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ/ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	20,37	-	0,166	-	21
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	-	-	0,216	(5 Φ/Β)	~ 1
ΣΥΝΟΛΟ	404	28	112	31	575

Πηγή: WINDPOWER MONTHLY, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005

Όπως παρατηρούμε, το σύνολο της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύς των έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα κατέχουν τα αιολικά πάρκα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

2. ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αναμφισβήτητα η αιολική ενέργεια τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Είναι σημαντικό ότι σε χώρες όπως η Ολλανδία, Δανία και Μεγάλη Βρετανία οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από αιολικά πάρκα για μείωση τιμολογίου ηλεκτρικού ρεύματος ή μείωση φόρου. Σε πολλές περιπτώσεις, πόλεις ηλεκτροδοτούνται αποκλειστικά από αιολικά πάρκα (Κατσάνος, 2004).

2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η αιολική βιομηχανία, ήταν η περισσότερο αναπτυγμένη ενεργειακή τεχνολογία στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τα τελευταία χρόνια και συνεχίζει να είναι μέχρι και σήμερα. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια μορφή ενέργειας ανταγωνιστική και με προοπτικές αρκεί να αναλογιστούμε ότι το θεωρητικό αιολικό δυναμικό της Ευρώπης, θα μπορούσε να καλύψει τις συνολικές ανάγκες της σε ηλεκτρισμό (Electrotech, 2005). Η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις χώρες της ΕΕ το 1992 ήταν 862 MW, στις αρχές του 1999 πάνω από 6.600 MW κάλυψαν τις ανάγκες 7 εκατομμυρίων ανθρώπων, από τα 3.800 MW που παρήχθησαν παγκοσμίως το 2000 τα 3.500MW παρήχθησαν στην Ευρώπη, στα τέλη του 2003 η εγκατεστημένη ισχύς διεθνώς ξεπέρασε τα 35.000 MW με την ΕΕ να κατέχει το 80-85% της συνολικής ισχύος, ενώ τέλος, η συνολική δυναμικότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας στις 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξήθηκε κατά 20% το 2004 (Κατσάνος, 2004). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα πρωτεία της αιολικής βιομηχανίας διεθνώς κατέχει η ΕΕ.

Πρώτη χώρα της ΕΕ στον τομέα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας έρχεται η Γερμανία, η οποία στα τέλη του 2003 είχε εγκαταστήσει 14.609 MW. Ακολουθεί η Ισπανία με 6.202 MW και η Δανία με 3.110 MW, η οποία έχει αναπτύξει και την πιο αξιόπιστη τεχνολογία στον τομέα κατασκευής ανεμογεννητριών, κατέχοντας μεγάλο ποσοστό στην αντίστοιχη παγκόσμια αγορά. Η Δανία καλύπτει σήμερα το 20% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό με αιολική ενέργεια, ενώ ο εθνικός στόχος της χώρας είναι να καλύπτει το 50% των αναγκών

της με αιολική ενέργεια ως το 2030. Τέλος ακολουθούν η Ολλανδία, η Ιταλία, η Μ. Βρετανία και η Αυστρία (Κατσάνος, 2004).

Επιπλέον στις αρχές της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να λειτουργούν στη Δανία και την Ολλανδία τα πρώτα αιολικά πάρκα μέσα στη θάλασσα (offshore windparks), σε αβαθείς περιοχές κοντά στις ακτές. Οι εγκαταστάσεις αυτές, που προς το παρόν περιλαμβάνουν μικρό αριθμό ανεμογεννητριών και ηλεκτροδοτούν μικρές κοντινές περιοχές, επιφέρουν -λόγω της απομακρυσμένης θέσης τους- πολύ λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον από ό,τι οι αντίστοιχες εγκαταστάσεις της στεριάς. Παράλληλα, χάρη στην απουσία φυσικών εμποδίων παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένη απόδοση.

Δεκατρείς χώρες, ανάμεσά τους και η Ελλάδα, συμμετέχουν στο πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Concerted Action on Offshore Wind Energy in Europe από το 2001. Το πρόγραμμα αυτό αφορά τη διερεύνηση και την αξιοποίηση των τεχνολογιών που χρειάζονται, για να γίνει η ενέργεια του ανέμου μία από τις βασικές πηγές ενέργειας της ΕΕ. Οι συμμετέχουσες χώρες, εκτός από τη χρηματοδότηση, θα συνεισφέρουν στο πρόγραμμα κάθε πρόταση, τεχνολογία, οικονομική και περιβαλλοντική μελέτη κ.τ.λ. που διαθέτουν, ώστε να επιταχυνθεί η υιοθέτηση της αιολικής ενέργειας. Η ανάγκη για ενεργειακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο, όσο και η φιλικότητα προς το περιβάλλον που παρουσιάζει η ενεργειακή αυτή πηγή, την έχουν κάνει πολύ ελκυστική σε παγκόσμιο επίπεδο (Greenpeace, 2001).

Στόχος της Ευρώπης είναι, μέχρι το 2010, να παράγεται ενέργεια της τάξης των μερικών δεκάδων GW από ανεμογεννήτριες, οι οποίες θα έχουν πολύ καλύτερη απόδοση από αυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει η τιμή της παραγόμενης από τον άνεμο ενέργειας να πέσει αισθητά, ώστε να μπορεί να ανταγωνιστεί τις παραδοσιακές πηγές στις οποίες στηρίζεται σήμερα η Ευρώπη. Το πρόγραμμα εστιάζεται αρχικά στην έρευνα για αιολικά πάρκα τοποθετημένα στη θάλασσα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1. Ο λόγος είναι ότι οι άνεμοι που πνέουν στις θάλασσες είναι κατά τεκμήριο δυνατότεροι από αυτούς που πνέουν πάνω από την ξηρά, άρα και οι ανεμογεννήτριες αναμένεται να είναι αποδοτικότερες. Ηγετικό ρόλο στο πρόγραμμα έχει αναλάβει το Technical University of Delft στην Ολλανδία. Ο τομέας αιολικής ενέργειας του πανεπιστημίου

αυτού έχει ασχοληθεί με το συγκεκριμένο πεδίο από το 1977 και έχει σε λειτουργία πολλές προηγμένες πειραματικές διατάξεις παραγωγής ενέργειας. Η Ελλάδα συμμετέχει στο πρόγραμμα μέσω του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (Greenpeace, 2001).

Πρέπει να επισημανθεί ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε θαλάσσιο χώρο (offshore) στην Ελλάδα είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί και αυτό λόγω:

- Ανεπτυγμένης Ναυτιλίας
- Ύπαρξης θαλασσών μεγάλου βάθους
- Ανεπαρκής Χαρτογράφηση της θαλάσσιας περιοχής

Σχήμα 2.1: Φωτογραφία αιολικού πάρκου στη θάλασσα (Offshore Wind Park)



Πηγή: The Guardian, 2005

Στόχος της Ε.Ε είναι να αυξήσει την χρήση ΑΠΕ από το 3,7% που ήταν το 1991 στο 7,8% επί του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας το 2005. Αυτό προϋποθέτει αύξηση της απόδοσης των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα. Οι προβλέψεις για τη χρήση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο δείχνουν ότι έχουμε ενεργειακά αποθέματα 200 χρόνια για τον τωρινό λόγο αποθέματος/παραγωγής.

Ανάλογα προγράμματα αναπτύσσονται στην Ινδία, τη Ρωσία και την Κίνα.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας της εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων στα Ευρωπαϊκά κράτη.

Πίνακας 2.1.: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων σε λειτουργία σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (MW)

ΧΩΡΑ	ΤΕΛΟΣ 2001	ΤΕΛΟΣ 2002	ΤΕΛΟΣ 2004
Γερμανία	8753	12001	16500
Ισπανία	3335	4830	8000
Δανία	2556	2889	3121
Ολλανδία	483	686	1077
Ιταλία	697	785	1020
Μ.Βρετανία	485	552	944
Αυστρία	95	139	585
Σουηδία	280	328	428
Πορτογαλία	127	194	409
Ελλάδα	272	302	398 (489*)
Γαλλία	85	147	390
Ιρλανδία	125	137	256

Πηγή: WINDPOWER MONTHLY, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005 (*ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005)

Τόσο σε διεθνές επίπεδο (μόνο στην ΕΕ λειτουργούν ήδη πάνω από 33.000 MW αιολικών πάρκων, πίνακας 2.1), όσο και στην Ελλάδα, όπου λειτουργούν ήδη περίπου 500 αιολικά MW (πίνακας 1.1), δείχνει καθαρά ότι η ίδρυση και λειτουργία αιολικών πάρκων εμπορικής κλίμακας δημιουργεί ισχυρούς πόλους τοπικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής αναβάθμισης και επιφέρει ουσιαστικά οφέλη στις τοπικές κοινωνίες, στις περιοχές των οποίων εγκαθίστανται τα έργα αυτά.

Αυτή η σταθερή αύξηση των αιολικών, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ετήσιου τζίρου της αιολικής βιομηχανίας στα 2,7 δισεκατομμύρια € το 2003 και 35.000 νέες θέσεις εργασίας παγκοσμίως και 4 δισεκατομμύρια € το 2005 με 60.000 νέες θέσεις εργασίας όπου οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στην Ε.Ε.

Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ισχύος διεθνώς είναι δέκα, ανάμεσα σε αυτούς, τέσσερις προέρχονται από τη Δανία, δύο από τη Γερμανία, τρεις από την Ισπανία και ένας από τις ΗΠΑ. Οι Δανοί NEG MICON και VESTAS και η Γερμανική ENERCON είναι οι τρεις κολοσσοί της αιολικής ενέργειας.

Στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς που προέρχεται από την αιολική ενέργεια, τόσο στα 15 βασικά κράτη μέλη της Ε.Ε, όσο και στα υπό σύνταξη σε αυτή κράτη της Ευρώπης τα έτη 2002 και 2003.

Παράλληλα στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση του Πίνακα 2.3 για το έτος 2003.

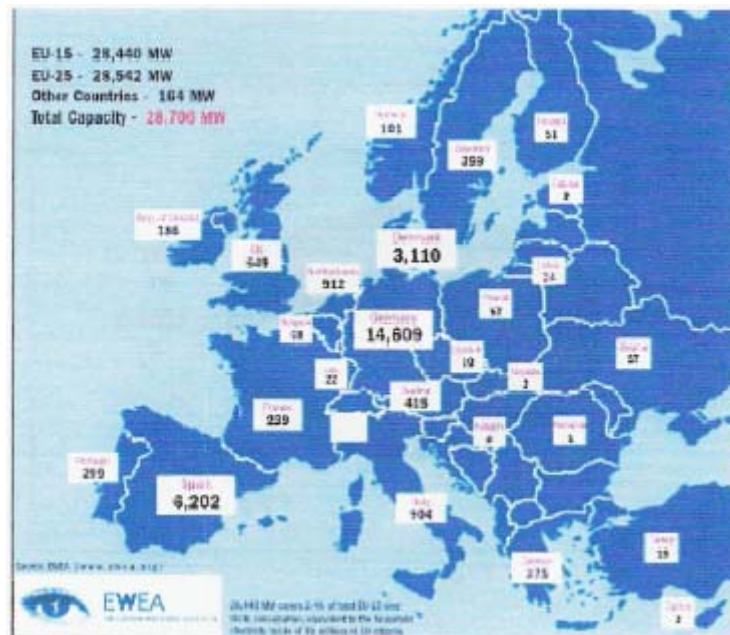
Στα σχήματα 2.2-2.5 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις σημαντικότερες Ευρωπαϊκές χώρες τα έτη 1994,1997,1999 και 2003, ενώ στο σχήμα 2.6 παρουσιάζεται η διαχρονική αύξηση της εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (από το 1990 έως το 2003), τόσο στην Ε.Ε, όσο και παγκοσμίως, όπου φαίνεται ότι η Ε.Ε κατέχει υψηλά ποσοστά εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας στο παγκόσμιο χάρτη.

Πίνακας 2.2: Εγκατεστημένη ισχύς που προέρχεται από την αιολική ενέργεια, τόσο στα 15 βασικά κράτη της ΕΕ, όσο και στα υπό ένταξη σε αυτή κράτη της Ευρώπης τα έτη 2002 και 2003

Η ΕΥΡΩΠΗ ΤΩΝ 15 ΚΡΑΤΩΝ ΜΕΛΩΝ					ΤΑ ΝΕΑ 10 ΚΡΑΤΗ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΕ				
2002		2003			2002		2003		
MW	%	MW	%		MW	%	MW	%	
Γερμανία	11.994	51,93	14.609	51,37	Πολωνία	27	44,26	57	55,88
Ισπανία	4.825	20,89	6.202	21,81	Λετονία	24	39,34	24	23,53
Δανία	2.889	12,51	3.110	10,94	Τσεχία	3	4,92	10	9,80
Ολλανδία	693	3,00	912	3,21	Ουγγαρία	3	4,92	3	2,94
Ιταλία	788	3,41	904	3,18	Εσθονία	2	3,28	3	2,94
Ην.Βασίλειο	552	2,39	649	2,28	Κύπρος	2	3,28	2	1,96
Σουηδία	345	1,49	399	1,40	Λιθουανία	0	0,00	0	0,00
Ελλάδα	297	1,29	375	1,32	Μάλτα	0	0,00	0	0,00
Γαλλία	148	0,64	239	0,84	Σλοβακία	0	0,00	3	2,94
Αυστρία	140	0,61	415	1,46	Σλοβενία	0	0,00	0	0,00
Πορτογαλία	195	0,84	299	1,05	ΣΥΝΟΛΟ	61	100%	102	100%
Ιρλανδία	137	0,59	186	0,65	ΆΛΛΕΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ				
Βέλγιο	35	0,15	68	0,24	Νορβηγία	97	65,10	101	61,59
Φιλανδία	43	0,19	51	0,18	Ουκρανία	46	30,87	57	34,76
Λουξεμβούργο	17	0,07	22	0,08	Ελβετία	5	3,36	5	3,05
					Ρουμανία	1	0,67	1	0,61
ΣΥΝΟΛΟ	23.098	100%	28.440	100%	ΣΥΝΟΛΟ	149	100%	164	100%

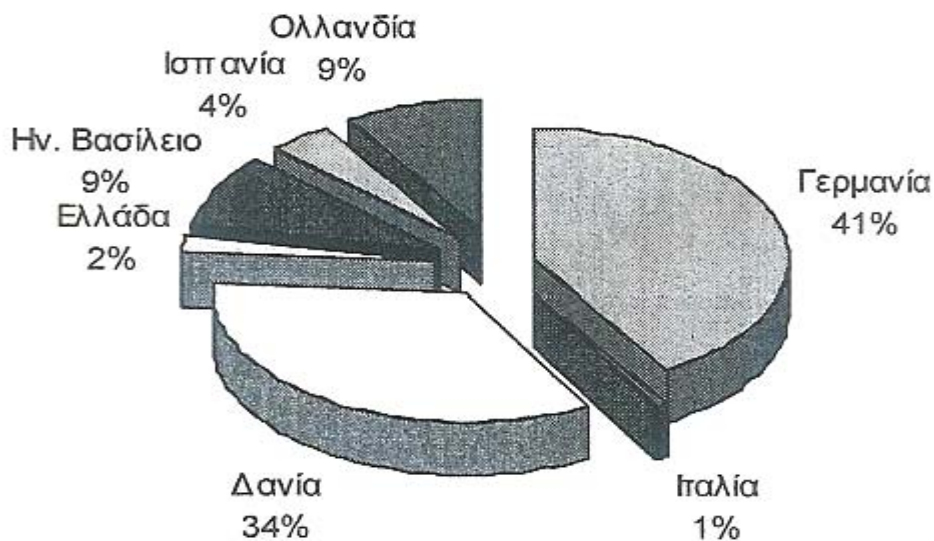
Πηγή: EWEA, 2003

Σχήμα 2.2: Γραφική απεικόνιση του πίνακα 2.2 για το έτος 2003



Πηγή: EWEA, 2003

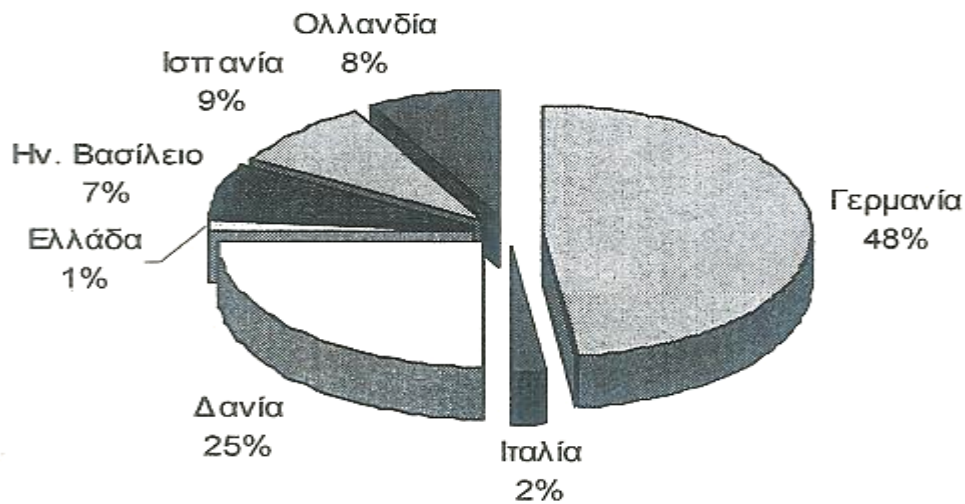
Σχήμα 2.3: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το 1994



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Το έτος 1994 η Γερμανία κατέχει το υψηλότερο ποσοστό εγκατεστημένης αιολικής ισχύς 41%, με τη Δανία να ακολουθεί με ποσοστό 34% και η Ελλάδα να κατέχει ποσοστό μόνο 2%.

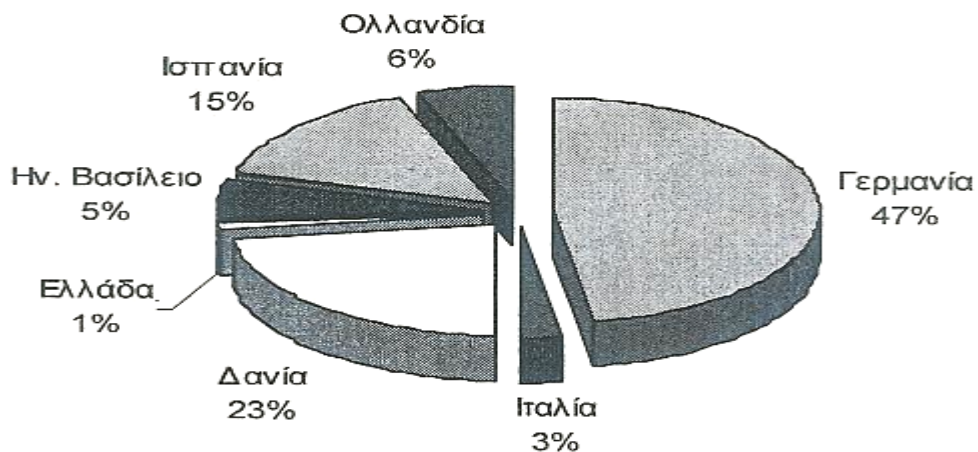
Σχήμα 2.4: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το 1997



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Το έτος 1997 η Γερμανία αυξάνει το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στο 48%, ενώ την ακολουθεί και η Ισπανία που διπλασιάζει το ποσοστό της σε σχέση με το 1994. Το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στην Ελλάδα πέφτει στο 1%.

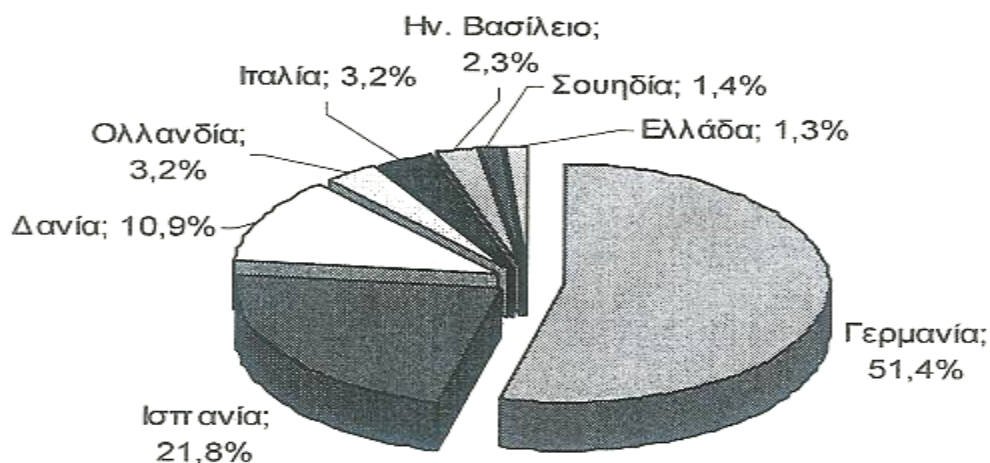
Σχήμα 2.5: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το 1999



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Το έτος 1999 η Ισπανία αυξάνει σημαντικά το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στο 15%, ενώ σημαντικές επενδύσεις πραγματοποιούνται και στην Ιταλία. Το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στην Ελλάδα παραμένει στο 1%.

Σχήμα 2.6: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις Ευρωπαϊκές χώρες το 2003

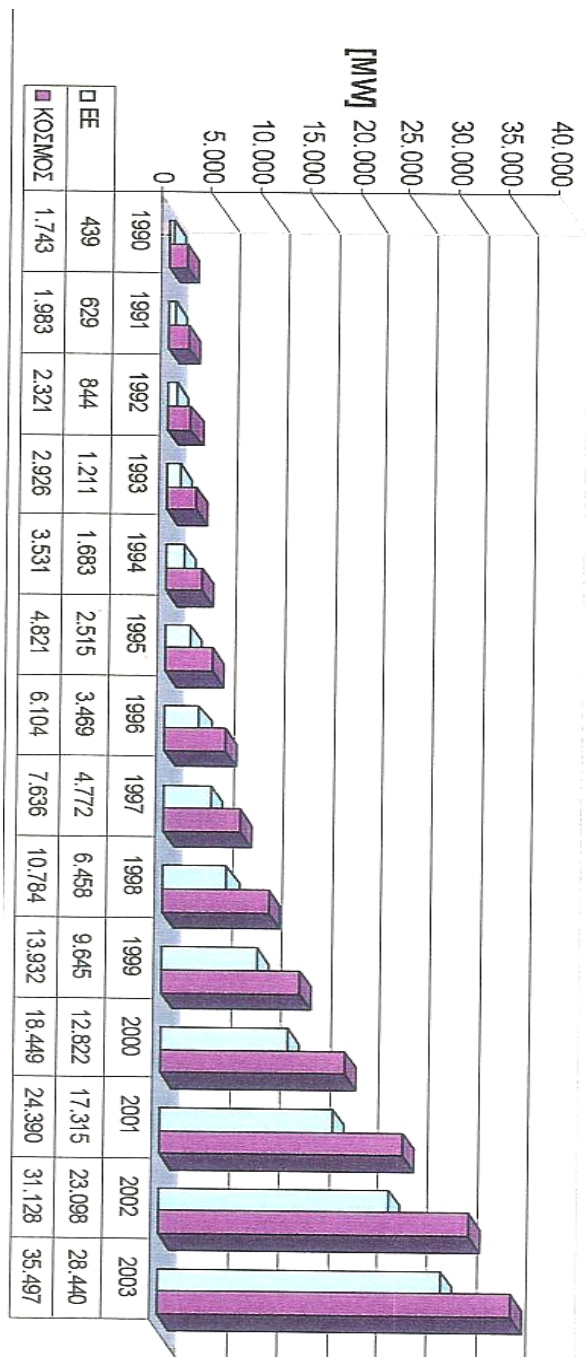


Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Το έτος 2003 η Ισπανία αυξάνει και πάλι σημαντικά το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στο 21,8%, ενώ η Γερμανία πετυχαίνει ποσοστό 51,4% (πάνω από το μισό της ΕΕ). Στην Ελλάδα αρχίζουν να πραγματοποιούνται οι πρώτες επενδύσεις που αυξάνουν ελάχιστα το ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύς στο 1,3%.

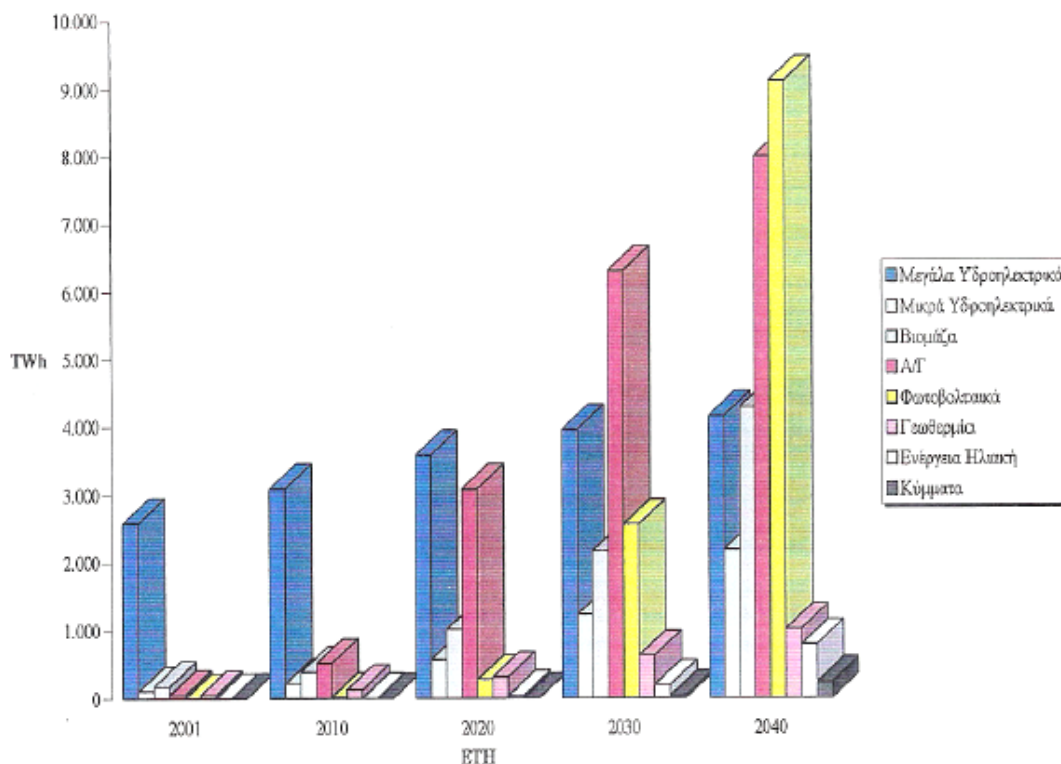
Στα σχήματα 2.7 και 2.8 φαίνεται η αύξηση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως, η τάση που θα ακολουθηθεί στην Ευρώπη όσον αφορά τις ΑΠΕ, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του Πρωτοκόλλου του Κυότο και η εξέλιξη της συνεισφοράς των ΑΠΕ στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας αντίστοιχα.

Σχήμα 2.7: Διαχρονική αύξηση της εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (από το 1990 έως το 2003), τόσο στην Ε.Ε, όσο και παγκοσμίως



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Σχήμα 2.8: Εξέλιξη της Συνεισφοράς των ΑΠΕ στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα στη χώρα μας, παρά την ανάπτυξη της τα τελευταία χρόνια, βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες.

Αυτό σχετίζεται κυρίως με την απουσία υποδομής, τις γραφειοκρατικές διαδικασίες για την έγκριση τέτοιων συστημάτων και την έλλειψη επιδοτήσεων, αφού το αιολικό δυναμικό στη χώρα μας είναι αρκετά υψηλό.

Η εισαγωγή της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1975 με μετρήσεις αιολικού δυναμικού στις πιο ευνοϊκές περιοχές και συντάχθηκε η μελέτη ΑΙΟΛΟΣ με τη συνεργασία της Διεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΔΕΜΕ), της ΔΕΗ και πανεπιστημίων της χώρας. Από το 1982 έως το 1994 εγκαταστάθηκαν ανεμογεννήτριες στην Άνδρο, τα Ψαρά, τη Σάμο, τη Χίο, την Κρήτη, την Εύβοια, τη Σαμοθράκη, την Ικαρία, την Κάρπαθο, τη Λήμνο, την Κύθνο

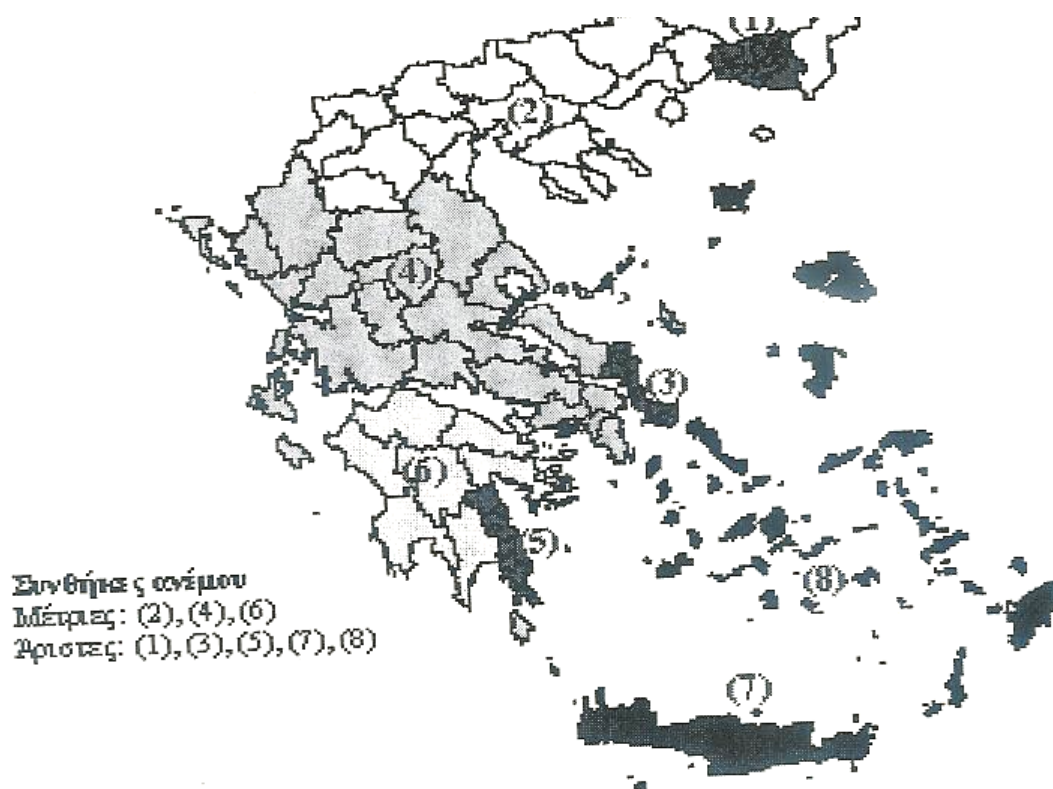
και τη Σκύρο, οι οποίες παράγουν συνολικά ισχύ 27 MW. Το πρώτο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε στην Κύθνο και άρχισε να λειτουργεί το 1982 περιλαμβάνοντας 5 ανεμογεννήτριες, συνολικής ισχύος αρχικά 20 kW και αργότερα 33 kW. Μέχρι το 1994 είχαν εγκατασταθεί συνολικά 13 αιολικά πάρκα σε νησιά του Αιγαίου (Cd, επιστήμη και ζωή).

Ο αρχικός σχεδιασμός για τη δημιουργία αιολικών πάρκων προέβλεπε την εγκατάσταση 400 MW ανεμογεννητριών έως το 2000 που θα κάλυπταν το 2% - 3% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της χώρας, εκ των οποίων 150 MW συμπεριλαμβάνονταν στο αναπτυξιακό πρόγραμμα της ΔΕΗ και τα υπόλοιπα στον ιδιωτικό τομέα. Αυτός ο αρχικός στόχος όμως ουδέποτε επιτεύχθηκε.

Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι ιδιαίτερα υψηλό και συγκεκριμένα από μετρήσεις του αιολικού δυναμικού σε διάφορες περιοχές της χώρας, τις οποίες πραγματοποίησαν από το 1977 η ΔΕΗ και το ΚΑΠΕ, το βασικό συμπέρασμα είναι ότι οι περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό εντοπίζονται στις περιοχές που έχουν ήδη αναγνωριστεί δηλαδή τα νησιά του Αιγαίου, τη Νότια Εύβοια, την Ανατολική Πελοπόννησο και την Ανατολική Θράκη με μέσες τιμές του ανέμου σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος να είναι της τάξης των 7m/sec και σε ορισμένες περιπτώσεις 8-11m/sec . Όσον αφορά το σύνολο της υπόλοιπης χώρας υπάρχουν σε περιορισμένη κλίμακα θέσεις όπου, λόγω τοπικών συνθηκών επιτάχυνσης, δίδεται η δυνατότητα αξιοποίησης των θέσεων αυτών για αιολικές εφαρμογές.

Από το 1995 δικαίωμα κατασκευής και λειτουργίας αιολικών μονάδων (όπως και μονάδων άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) έχουν, εκτός από τη ΔΕΗ, και ιδιώτες, οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης κ.λπ. είτε για δική τους χρήση (ιδιοπαραγωγοί) είτε για εκμετάλλευση.

Σχήμα 2.9: Συνθήκες ανέμου για Αιολική Ενέργεια



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Στο παραπάνω σχήμα, η Ελλάδα διαιρείται σε 8 περιοχές: Οι περιοχές (1), (3) και (5) του ηπειρωτικού χώρου και οι περιοχές (7) και (8) του Αιγαίου παρουσιάζουν ιδιαίτερα ευνοϊκές αιολικές συνθήκες. Στις περιοχές (2), (4) και (6) οι αιολικές συνθήκες είναι μέτριες αλλά και στις περιοχές αυτές μπορεί να βρεθούν κατάλληλες τοποθεσίες για αιολικά πάρκα.

Η ανάγκη για χρησιμοποίηση 'καθαρών' πηγών ενέργειας ήταν και είναι επιτακτική, αφού η Ελλάδα βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο, είχε ζητήσει την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% κατά το διάστημα 1990-2010, και τελικά η αύξηση φτάνει το 45%-50%, επίσης η χώρα μας καλείται να καλύψει έως το 2010 το 20,1% των ενεργειακών της αναγκών με ΑΠΕ και ένα μεγάλο μέρος αυτού του ποσοστού να καλυφθεί από αιολικά έργα (υπολογίζεται ότι θα χρειαστεί η εγκατάσταση αιολικών έργων ισχύος 2500 MW). Δυστυχώς όμως η χώρα μας δεν ανταποκρίνεται στις υποχρεώσεις που ανέλαβε βάσει των συνθηκών με την ΕΕ και του Κιότου. Σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα το έτος 1999 αποτέλεσε σταθμό για επενδυτικές πρωτοβουλίες στη δημιουργία αιολικών πάρκων, ενώ το

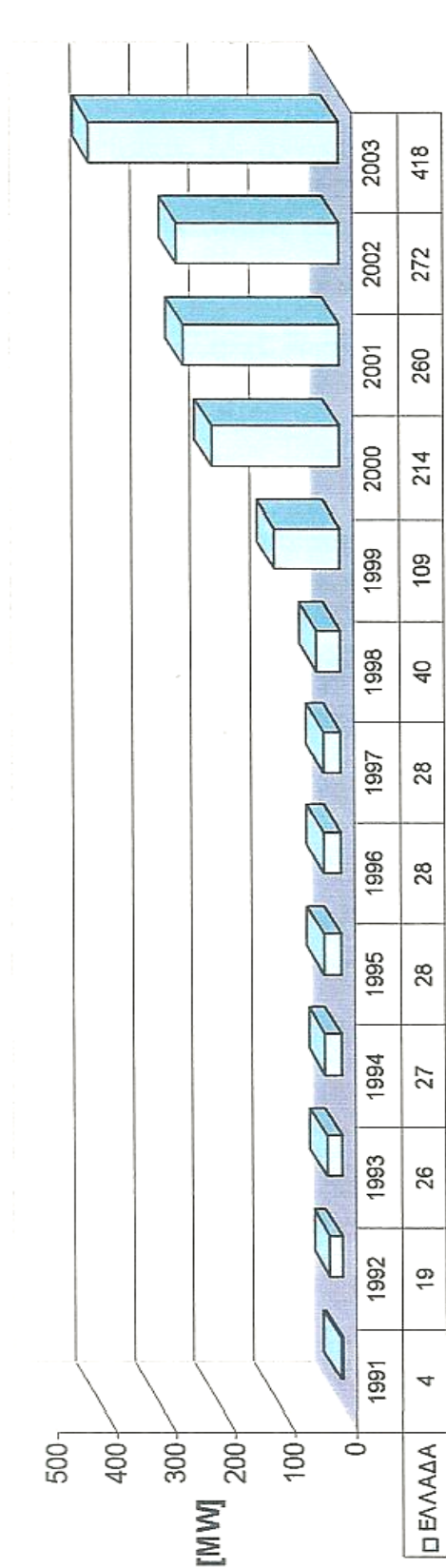
2003 η εγκατεστημένη αιολική ισχύ σχεδόν διπλασιάστηκε σε σχέση με το 2002. Για το έτος 2010 η εγκατεστημένη αιολική ισχύς θα πρέπει να γίνει 7 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με το 2003. (ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004)

Πίνακας 2.3: Στοιχεία για τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα (Φεβρ.2003) και εκτίμηση της κατάστασης το έτος 2010

ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	Με άδεια Εγκατάστασης ή Λειτουργίας	Μόνο με Άδεια Παραγωγής ή Θετική Γνώμη ΡΑΕ	Σύνολο Αδειοδοτημένων την 12.2.2003	Αδειοδοτημένα εργά που εκτιμάται ότι θα γίνουν	Εκτιμούμενες Πρόσθετες Δυνατότητες μέχρι το 2010	Σύνολο σε λειτουργία το 2010	Εκτιμούμενη Ετήσια παραγωγή το 2010
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	GWh
(1) Θράκη	106	233	339	233	100	439	1077
(2) Μακεδονία	0	72	72	72	0	72	164
(4) Ήπειρος	0	87	87	20	0	20	35
(4) Θεσσαλία	0	91	91	70	0	70	123
(7) Κρήτη	80	46	127	46	50	176	525
(8) Νησιά Αιγαίου	66	131	196	131	30	227	714
(4) Στ. Ελλάδα (εκτός Εύβοια)	2	449	452	200	100	302	689
(6) Πελοπόννησος (Εκτος Λακωνίας)	40	319	359	100	100	240	589
(4) Δυτική Ελλάδα	1	191	193	130	50	181	381
(3) Εύβοια-Ανδρος-Τήνος	238	634	873	634	0	872	2674
(5) Λακωνία	29	89	118	50	50	129	338
(4) Αττική	0	140	140	140	0	140	319
ΣΥΝΟΛΟ			3.047	1.826	480	2.868	7.628

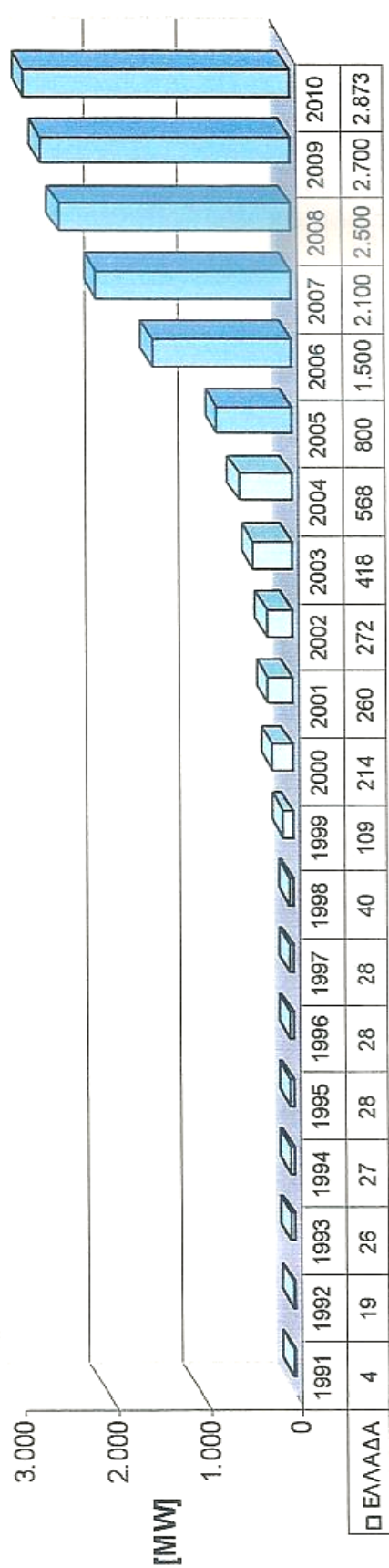
Πηγή: ΡΑΕ, Φεβρ. 2003

Σχήμα 2.10: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Α/Γ στον Ελληνικό χώρο από το 1991 - 2003



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Σχήμα 2.11: Εκτιμώμενη ανάπτυξη αιολικής ισχύος στην Ελλάδα



Πηγή: ΚΑΤΣΑΝΟΣ, 2004

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω σχήματα η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα τα έτη 1991 έως 1999 ήταν υποτυπώδης. Από το 2000 ξεκίνησε το ενδιαφέρον για στροφή σε καθαρότερες μορφές ενέργειας, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας με αργά βήματα, η οποία εκτιμάται ότι μέχρι το έτος 2010 θα έχει αυξηθεί σημαντικά, προκαλώντας μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές μορφές ενέργειας.

Μια συνηθισμένη ανεμογεννήτρια των 750 kW παράγει κατά μέσο όρο στην Ελλάδα 2,25 εκατομμύρια kWh το χρόνο, και έτσι αποτρέπεται η έκλυση 2.250 ts CO₂, όσο δηλαδή απορροφούν ετησίως 3.000 στρέμματα δάσους ή αλλιώς 150.000 δέντρα), (ecorec 2004).

Έτσι λοιπόν και η Ελλάδα, ακολουθώντας το παράδειγμα των λοιπών Ευρωπαϊκών χωρών προσάρμοσε τη νομοθεσία της. Τα πρώτα βήματα έγιναν από τη ΔΕΗ βάσει του Ν.1559/85, ενώ ο Ν. 2244/94 αποτέλεσε το πρώτο ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο, επιτρέποντας την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ έως 50 MW από ιδιώτες. Η εταιρεία ΡΟΚΑΣ εγκατέστησε το πρώτο μεγάλο αιολικό πάρκο στην Ελλάδα, ισχύος 10,2 MW στη Κρήτη. Εν συνεχεία, πολλές Ελληνικές & ξένες επιχειρήσεις δραστηριοποιήθηκαν στις ΑΠΕ στην Ελλάδα και πρωτίστως στην αιολική ενέργεια (Ρόκας, 2005).

Το 1999 κατ' εφαρμογή της Οδηγίας 96/92/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ψηφίστηκε και ο Ν 2773/99 που απελευθέρωσε πλήρως την ηλεκτροπαραγωγή (συμβατική και μη) στην Ελλάδα και θέσπισε ως ρυθμιστή των ζητημάτων ηλεκτροπαραγωγής το Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) και ως ανεξάρτητη εποπτεύουσα αρχή τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Η ανάπτυξη των ΑΠΕ παρέμεινε βασική προτεραιότητα της Ε.Ε και σύμφωνα με την Οδηγία 01/77 Ε.Κ. (Λευκή Βίβλος) η Ελλάδα θα πρέπει έως το 2010 να παράγει το 20,1% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ (Ρόκας, 2005).

Για τη προσπάθεια της μεγάλης διείσδυσης ΑΠΕ, αλλά και της πλήρους απελευθέρωσης ηλεκτροπαραγωγής, η πολιτεία τροποποίησε τους Ν2244/94 & 2773/99 με τους 2941/01 & 3175/03 αντίστοιχα, καθώς και τις επιμέρους Υπουργικές Αποφάσεις και Κώδικες ηλεκτρικής αγοράς (Ρόκας, 2005).

Αδιαμφισβήτητα λοιπόν, η αιολική ενέργεια είναι πολύτιμη, σήμερα όμως τόσο η ανάπτυξη των ΑΠΕ, όσο και η απελευθέρωση της ηλεκτρικής αγοράς δεν έχουν προχωρήσει ιδιαίτερα στην Ελλάδα, εξ' αιτίας πολλών πολιτικών, κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων.

Υπάρχει το Ελληνικό Δημόσιο που για τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου απαιτεί άδειες από 36 διαφορετικές υπηρεσίες και συντονισμό μεταξύ επτά διαφορετικών υπουργείων (Ανάπτυξης, ΠΕΧΩΔΕ, Εθνικής Οικονομίας, Γεωργίας, Πολιτισμού, Μεταφορών, Εθνικής Άμυνας).

Στη γραφειοκρατία προστίθεται και το πρόβλημα που προκύπτει από την έλλειψη δικτύων. Έτσι, στις ανεμογενείς περιοχές, που συνήθως είναι απομονωμένες και με λιγοστούς κατοίκους, δεν υπάρχει κανένας μεγάλος σταθμός παραγωγής ενέργειας και όση ενέργεια και αν παραχθεί από αιολικά πάρκα δεν θα είναι δυνατή η μεταφορά της προς τα μεγάλα αστικά κέντρα.

Η λύση βρέθηκε στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης και στην πρόταση οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές να συγχρηματοδοτήσουν την κατασκευή ή την επέκταση των δικτύων. Όμως, σύμφωνα με εκτιμήσεις, θα χρειαστεί χρόνος ώσπου το δίκτυο της ΔΕΗ να καλύψει όλες τις περιοχές αυτές.

Επίσης υπάρχουν και αντιδράσεις των τοπικών φορέων κατά την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων και αυτές οφείλονται στον θόρυβο που κάνουν οι ανεμογεννήτριες, στην αισθητική υποβάθμιση του τοπίου, στις επιπτώσεις στην ορνιθοπανίδα κλπ. Η Greenpeace τονίζει πως ένας σωστός σχεδιασμός των πάρκων και σωστή ενημέρωση των πολιτών θα μειώσει τις αντιδράσεις. Επίσης τονίζει πως για κάθε εγκατεστημένο MW, δημιουργούνται 15-22 νέες θέσεις εργασίας αλλά και ενεργειακή ανεξαρτησία στη χώρα μας.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η αιολική ισχύς στην Ελλάδα και οι μελλοντικοί στόχοι.

2.3 ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΕΣ

Όσον αφορά την αποδοχή της αιολικής ενέργειας από τους πολίτες, δημοσκοπήσεις σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Δανία, η Γερμανία, η Ολλανδία και η Μεγάλη Βρετανία, δείχνουν ότι ποσοστό άνω του 70% του συνολικού πληθυσμού, τάσσεται υπέρ της ακόμη μεγαλύτερης συμμετοχής της αιολικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού της χώρας του.

Οι άνθρωποι που κατοικούν κοντά σε ανεμογεννήτριες είναι, κατά μέσο όρο, ακόμη περισσότερο θετικοί από το γενικό πληθυσμό υπέρ της αιολικής ενέργειας, σε συνολικό ποσοστό που ξεπερνάει το 80%.

Στη Δανία, περισσότερες από 100.000 οικογένειες κατέχουν μερίδια σε μία ή περισσότερες από τις 6.000 μοντέρνες ανεμογεννήτριες που βρίσκονται διασκορπισμένες σε όλη τη χώρα.

Ποσοστό άνω του 80% της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος της Δανίας, που είναι σήμερα περίπου 2.500 MW, βρίσκεται στην κατοχή ανεξάρτητων ιδιωτών ή αιολικών συνεταιρισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3₀

3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Έχει διαπιστωθεί ότι τα προβλήματα του περιβάλλοντος και η επαπειλούμενη κλιματική αλλαγή, σε γενικές γραμμές, είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στη χρήση των ορυκτών καυσίμων, κατά την επιδίωξη της ανάπτυξης και της βιοτικής αναβάθμισης, ωστόσο η συνειδητοποίηση των προβλημάτων ρύπανσης (π.χ φαινόμενο θερμοκηπίου) έκανε πιο επίκαιρη την λήψη των αναγκαίων μέτρων όσον αφορά τη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και την ατμοσφαιρική ρύπανση, με σαφή προσανατολισμό στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γεγονός που στηρίζουν και όλες οι περιβαλλοντικές οργανώσεις.

3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Είναι γεγονός ότι τα αιολικά πάρκα συντελούν αποφασιστικά στην προστασία του περιβάλλοντος μιας περιοχής, αφού περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές επιβλαβών για την υγεία ρυπαντικών ουσιών, που προκαλούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου, αερίου). Έτσι η κατασκευή και λειτουργία αιολικών πάρκων 50 MW στη χώρα μας, έχει ως αποτέλεσμα την αποτροπή έκλυσης στην ατμόσφαιρα περίπου 2.300 ts το χρόνο SO₂, 180 ts το χρόνο NO_x, 120 ts το χρόνο αιωρούμενων σωματιδίων και 128.000 ts το χρόνο CO₂ (αερίου που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Υπενθυμίζεται ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρείται πια, σε παγκόσμιο αλλά και σε τοπικό επίπεδο, υπεύθυνο - σε πολύ μεγάλο βαθμό – ιδιαίτερα το καλοκαίρι, για την αυξημένη ξηρασία (μείωση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και των επιφανειακών νερών), αλλά και για την αύξηση της έντασης καιρικών φαινομένων, όπως οι ξαφνικές και καταστρεπτικές πλημμύρες, κ.α. Έγκυρες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι μια σημαντική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κυρίως με αιολικά πάρκα που βρίσκονται ήδη στο στάδιο σχεδιασμού ή υλοποίησης, θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή, τουλάχιστον κατά 11% και επομένως να περιορίσει αντίστοιχα και τις δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή και λειτουργία ενός αιολικού πάρκου δεν επιφέρει αισθητές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης. Τρεις κυρίως είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τοπικής κλίμακας, που αναφέρονται (εικάζονται τις περισσότερες φορές) ως αποτέλεσμα της εγκατάστασης και λειτουργίας αιολικών πάρκων εμπορικής κλίμακας: *η οπτική όχληση, η κατασκευαστική επέμβαση/αλλοίωση του χαρακτήρα και της λειτουργίας μιας περιοχής (π.χ. μιας δασικής έκτασης) και τέλος, ο θόρυβος*. Παρακάτω γίνεται μία συγκροτημένη παρουσίαση κάθε μιας από αυτές τις τρεις, εν δυνάμει, επιπτώσεις των αιολικών πάρκων (Βασιλάκος, 2005).

A) Οπτική Όχληση: Κατ'αρχήν, είναι σαφές ότι η αισθητική μιας εγκατάστασης αιολικού πάρκου αποτελεί καθαρά υποκειμενικό παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται, όπως δείχνουν σχετικές μελέτες, όχι τόσο από την ίδια την εικόνα της εγκατάστασης, όσο από τη γενικότερη εικόνα που έχει διαμορφώσει ο παρατηρητής για τη χρήση της (π.χ ως οικολογική πηγή ενέργειας, ως πηγή τοπικών αναπτυξιακών οφελών, κλπ.).

Ειδικότερα, πρέπει να τονιστεί ότι ένα αιολικό πάρκο δεν εμποδίζει τη θέα.

Η αρκετά μεγάλη απόσταση του από κατοικημένες περιοχές (ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση από οικισμό: 500m), σε συνδυασμό με τις σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ του έργου και των γύρω οικισμών (εάν υπάρχουν), καθώς και η αραιή χωροθέτηση των Α/Γ σε απλές σειρές, περιορίζουν στο ελάχιστο την οπτική όχληση των κατοίκων.

Παράλληλα, οι περιορισμένες χρήσεις γης στην περιοχή ελαχιστοποιούν τις ευκαιρίες οπτικής επαφής με την εγκατάσταση, από κοντινές αποστάσεις. Μόνο οι τυχόν γεωργοί και κτηνοτρόφοι της περιοχής βλέπουν τις Α/Γ συχνότερα, χωρίς όμως να εμποδίζονται οι δραστηριότητές τους. Τέλος, σημειώνεται ότι τόσο το λευκό χρώμα των πτερυγίων, όσο και η κατασκευή ολόσωμων (σωληνωτών) πύργων στήριξης των Α/Γ, συντελούν στην καλύτερη εναρμόνισή τους με τον περιβάλλοντα χώρο (Βασιλάκος, 2005).

B) Επίδραση στο χαρακτήρα και τη λειτουργία της περιοχής εγκατάστασης:

Και στο θέμα αυτό, θα πρέπει να σημειώσει κανείς την απουσία έγκυρης και συγκροτημένης ενημέρωσης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόσφορο έδαφος

για παραπληροφόρηση και υπερβολικές αντιδράσεις: Θα «ξυριστούν» βουνά με δασικές εκτάσεις για την κατασκευή αιολικών πάρκων, θα υποβαθμιστεί η τουριστική ανάπτυξη ή η ανάπτυξη δραστηριοτήτων αναψυχής στις αντίστοιχες περιοχές, θα καταστραφεί η πανίδα και η χλωρίδα τους, κ.ο.κ.

Όσον αφορά τα αιολικά πάρκα, πρέπει να τονίσουμε ότι στη μεγάλη τους πλειοψηφία εγκαθίστανται σε ορεινές θέσεις, με αραιή θαμνώδη βλάστηση, η οποία οφείλεται, ως ένα βαθμό, ακριβώς στις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες (δηλ. στις υψηλές ταχύτητες του ανέμου). Η παρουσία υψηλής βλάστησης σε μια περιοχή (συστάδες δέντρων και θαμνώδεις εκτάσεις) δεν προσφέρεται για εκμετάλλευση αιολικού δυναμικού, δεδομένου ότι επιβραδύνει τη ροή του αέρα στα συνήθη ύψη του ρότορα της Α/Γ, πράγμα που καθιστά τις θέσεις αυτές μη ελκυστικές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων.

Η συνήθης χρήση γης στις θέσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η βασική αιγοπροβάτων. Σπανιότερα, στις θέσεις αυτές εντοπίζονται ίχνη εγκαταλελειμμένων καλλιεργειών μικρής απόδοσης. Επειδή δεν απαιτείται η περίφραξη της έκτασης εγκατάστασης των Α/Γ, αφού το σύνολο του εξοπλισμού τους είναι απροσπέλαστο και προστατευόμενο, όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης μπορούν να συνεχίσουν να εξασκούνται χωρίς εμπόδια. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα τυπικό αιολικό πάρκο των 10 MW καλύπτει ωφέλιμη επιφάνεια μόνο 2 στρεμμάτων περίπου, αφού κάθε ανεμογεννήτρια απαιτεί για τη θεμελίωση της μόνο 130 – 150 m².

Τέλος, όσον αφορά την πανίδα μιας περιοχής, είναι γνωστό από πλήθος σχετικών μελετών, ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων έχει από πολύ μικρές ως αμελητέες επιπτώσεις στους τοπικούς πληθυσμούς θηλαστικών, ερπετών και πτηνών. Άλλωστε, οι αυστηροί περιορισμοί που έχουν θεσπιστεί τα τελευταία χρόνια για την εγκατάσταση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (π.χ ζώνες NATURA) αποτελούν ήδη μία πολύ σημαντική ασπίδα προστασίας των περιοχών αυτών (Βασιλάκος, 2005).

Γ) Θόρυβος: Η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δεν αυξάνει, σε αισθητό βαθμό, τα επίπεδα θορύβου της εγγύτερης περιοχής. Οι σύγχρονες Α/Γ προκαλούν θόρυβο ύψους 44 περίπου db σε απόσταση 200 m, στα υπήνεμα της Α/Γ, για ταχύτητα ανέμου 8m/s. Σημειώνεται ότι για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 8 m/s, ο θόρυβος που παράγεται από τις Α/Γ καλύπτεται από το θόρυβο που

παράγεται από το περιβάλλον (θόρυβος του ανέμου μέσα στα φύλλα των δέντρων και των θάμνων). Το συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου που αναφέρθηκε (44 db) αντιστοιχεί σε αυτό μιας ήσυχης μικρής πόλης, και δεν αποτελεί βέβαια πηγή όχλησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των Α/Γ από γειτονικούς οικισμούς (500 m), το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 – 35 db, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού ή ψιθύρου, και που καλύπτεται πλήρως από φυσικές και τεχνικές πηγές θορύβου εγγύτερες προς τους οικισμούς (Βασιλάκος, 2005).

Υπάρχουν δύο εν δυνάμει πηγές θορύβου σε μία ανεμογεννήτρια: Ο Μηχανικός θόρυβος από το κιβώτιο των ταχυτήτων (gearbox) ή τη γεννήτρια (generator) και ο Αεροδυναμικός θόρυβος από τα πτερύγια.

- Ο Μηχανικός θόρυβος έχει ουσιαστικά εξαλειφθεί από τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη βελτίωση του μηχανολογικού σχεδιασμού, ο οποίος δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην αποφυγή των κραδασμών. Περαιτέρω τεχνικές βελτιώσεις περιλαμβάνουν την ελαστική απόσβεση των στερεώσεων και ζεύξεων των βασικών εξαρτημάτων του κουβουκλίου (nacelle), και, μέχρι ένα βαθμό, την ηχομόνωση. Τέλος, και τα ίδια τα βασικά εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας, συμπεριλαμβανομένου του κιβωτίου των ταχυτήτων (gearbox), έχουν βελτιωθεί σε σημαντικό βαθμό στη διάρκεια των τελευταίων ετών.
- Ο Αεροδυναμικός θόρυβος, δηλ. ο θόρυβος περιστροφής των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, καθώς περνούν μπροστά από τον πυλώνα της, εμφανίζεται κυρίως στα άκρα και στην πίσω πλευρά του πτερυγίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα περιστροφής, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο θόρυβος. Ωστόσο, ο αεροδυναμικός θόρυβος έχει περιοριστεί δραστικά κατά τη διάρκεια των 10 τελευταίων ετών, χάρη στη σημαντική βελτίωση του σχεδιασμού των πτερυγίων (ιδιαίτερα των άκρων και της πίσω πλευράς τους).

Είναι, λοιπόν, φανερό, από όλα τα παραπάνω, ότι τα αιολικά πάρκα εμπορικής κλίμακας, δεν προκαλούν αισθητές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον των περιοχών που εγκαθίστανται. Το γεγονός αυτό έχει πλέον

τεκμηριωθεί αναλυτικά και αδιαμφισβήτητα σε πλήθος δημοσιεύσεων, επιστημονικών εργασιών, υπομνημάτων και μελετών που έχουν εκπονήσει, την τελευταία ιδιαίτερα δεκαετία, διεθνείς οργανισμοί, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, περιβαλλοντικές οργανώσεις κ.α.

Αξίζει να αναφέρουμε δύο από τα πιο πρόσφατα αυτά κείμενα, τα οποία αναδεικνύουν, πέρα από κάθε αμφιβολία, τη θετική περιβαλλοντική διάσταση των αιολικών πάρκων: αφ'ενός τη μονογραφία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Δεκέμβριος 2000) με τίτλο «Environmental impacts from the use of renewable energy technologies», αφ'ετέρου το πληροφοριακό υπόμνημα της Greenpeace (Ιούνιος 2001) με τίτλο «Αιολική ενέργεια ή κλιματικές αλλαγές;».

Συνοψίζοντας, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών συστημάτων (αλλοίωση του τοπίου, διατάραξη του οικοσυστήματος, ηχορύπανση) αντιμετωπίζονται με προσεκτική επιλογή του χώρου εγκατάστασης των αιολικών πάρκων, σωστό σχεδιασμό των ανεμογεννητριών και χωροθέτησή τους, καθώς και με πρωτοποριακές λύσεις, όπως η εγκατάσταση αιολικών πάρκων μέσα στη θάλασσα, σε αβαθείς περιοχές κοντά στις ακτές (offshore wind parks).

3.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ

Η ολοένα αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος, η σωστή ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών στα περιβαλλοντικά θέματα και η τεχνολογική εξέλιξη, οδήγησαν στην ανάγκη εύρεσης μιας τεχνικής για τη κατανόηση και αξιολόγηση της πολύπλοκης σχέσης ανάμεσα στη παραγωγική εξέλιξη και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της από επιστημονική και αντικειμενική οπτική γωνία.

Μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών θεμάτων που σχετίζονται με ένα προϊόν στο κύκλο ζωής του είναι το Life Cycle Assessment (AKZ, Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής) ή ecobalance (περιβαλλοντικό ισοζύγιο).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4₀

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (ΑΚΖ)

Η ΑΚΖ όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα εργαλείο εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον με σκοπό την αξιολόγηση των δυνατοτήτων μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας. Η ΑΚΖ χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα τόσο σε ποσοτικές αναλύσεις κύκλου ζωής όσο και στον σχεδιασμό και την στρατηγική λήψης αποφάσεων.

Στην Ελλάδα η μελέτη αιολικών συστημάτων με τη χρήση της ΑΚΖ είναι υποτυπώδης έως ανύπαρκτη, ωστόσο η ΑΚΖ είναι ένα πάρα πολύ καλό «εργαλείο», το οποίο μπορεί να δώσει μια ολοκληρωμένη εικόνα των αιολικών συστημάτων στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα και γι' αυτό το λόγο γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης της μεθοδολογίας αυτής στη χώρα μας.

4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο το κύκλο ζωής του προϊόντος από την αρχή της δημιουργίας του ως το τέλος της ζωής του.

Τα στάδια του κύκλου ζωής περιλαμβάνουν:

- Απόκτηση πρώτων υλών
- Κατασκευή (υλικών και προϊόντων)
- Συσκευασία/Τυποποίηση
- Μεταφορά/Διανομή
- Χρήση/Επαναχρησιμοποίηση/Συντήρηση
- Ανακύκλωση/Ανάκτηση αποβλήτων
- Τελική διάθεση/Απόρριψη

Οι πιο σημαντικές εφαρμογές του είναι:

1. Ανάλυση ανά στάδιο του κύκλου ζωής και της επιρροής του στο περιβάλλον, συνήθως με σκοπό να τεθούν προτεραιότητες για την βελτίωση σε προϊόντα ή διαδικασίες.
2. Σύγκριση μεταξύ προϊόντων για χρήση εντός και εκτός της εταιρείας.

Για την εφαρμογή του AKZ έχουν δημιουργηθεί μια σειρά από προγράμματα όπως:

- SimaPro
- Gabi κ.α

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της AKZ που προτείνεται από τον SETAC (Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry) αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

1. Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου μελέτης
2. Απογραφή δεδομένων
3. Εκτίμηση επιπτώσεων
4. Εκτίμηση βελτιώσεων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα SimaPro 6 Demo, της Pre Consultants, το οποίο είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο από εταιρείες, ερευνητικούς καθώς και επιστημονικούς οργανισμούς.

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SIMAPRO 6

Το SimaPro είναι ένα πρόγραμμα το οποίο παρέχει την ευκαιρία να γνωρίσουμε και να κατανοήσουμε την AKZ.

Έχει σχεδιαστεί με σκοπό να μας εξασκήσει με την AKZ και να μας παρουσιάσει τα οφέλη της.

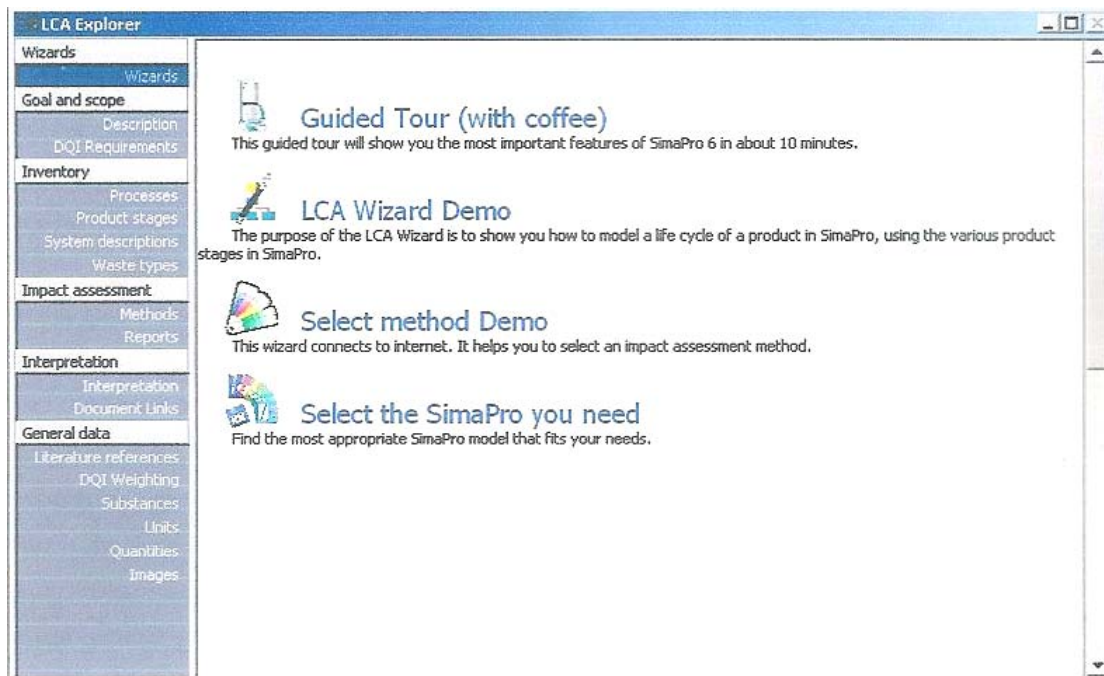
Από την εισαγωγή του, το 1990, το SimaPro είναι το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα για AKZ. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η αξιοπιστία, η διαφάνεια, η ευκολία στη χρήση και επίσης η δυνατότητα να παρέχει μεγάλες βάσεις δεδομένων.

Πιο αναλυτικά, το SimaPro περιλαμβάνει τρεις εκδόσεις:

- *SimaPro Compacts*: Για όσους ενδιαφέρονται μόνο για τα αποτελέσματα και διαθέτουν ελάχιστο χρόνο.
- *SimaPro Analyst*: Για όσους χρησιμοποιούν την AKZ και χρειάζονται πιο αναλυτικές λειτουργίες και αποτελέσματα.
- *SimaPro Developer*: Για ειδικούς που θέλουν να δημιουργήσουν ειδικευμένα εργαλεία για AKZ.

Ο χρήστης αρχικά πρέπει να επιλέξει μία από τις παραπάνω εκδόσεις για να ξεκινήσει η εφαρμογή.

Σχήμα 4.1: Δυνατές επιλογές των εκδόσεων του Sima Pro 6



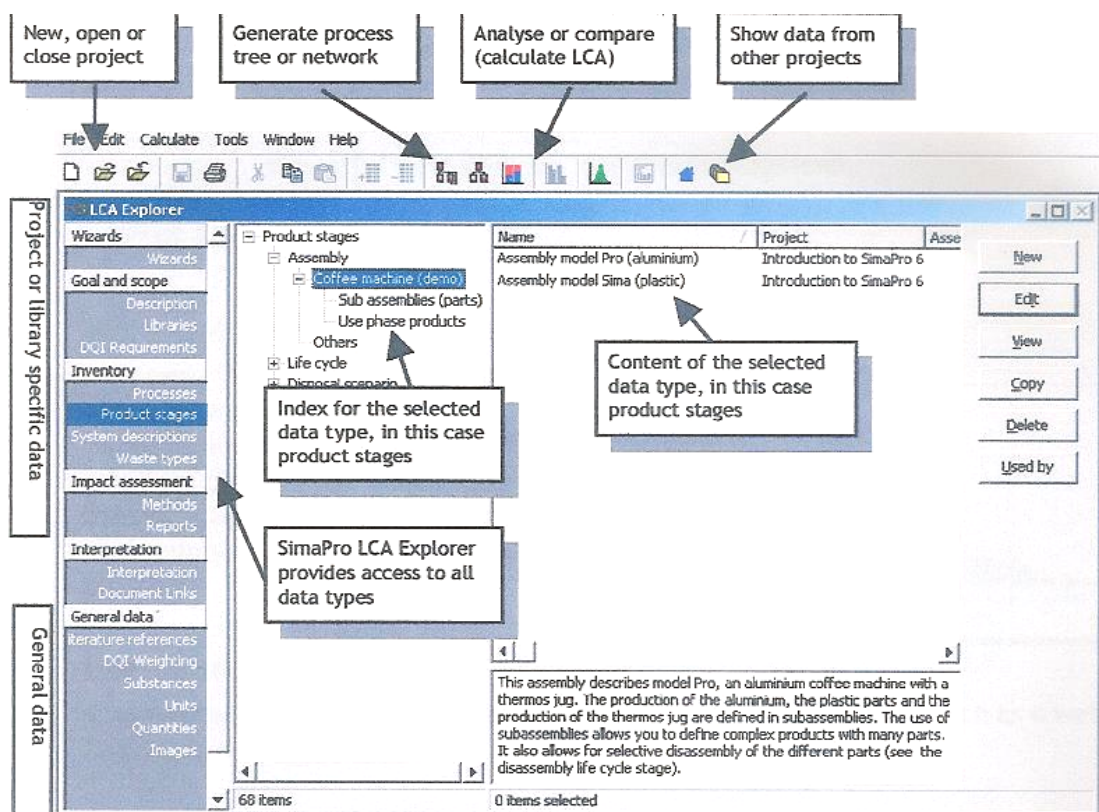
Πηγή: SimaPro Pre Consultants, 1990

Η επόμενη επιλογή του χρήστη θα πρέπει να είναι ανάμεσα στα:

- *Guided tour*: Αυτή η επιλογή παρουσιάζει τις πιο σημαντικές λειτουργίες του SimaPro 6 μέσα σε 10 λεπτά.
- *LCA wizard demo*: Σκοπός του οδηγού είναι να παρουσιάσει τον τρόπο που σχεδιάζεται ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος στο SimaPro, χρησιμοποιώντας τις διάφορες φάσεις του προϊόντος στο SimaPro.

- *Select method demo*: Αυτός ο οδηγός χρησιμοποιεί το διαδίκτυο για να βοηθήσει τον χρήστη να επιλέξει τον κατάλληλη μέθοδο αξιολόγησης της επιρροής.
- *Select the SimaPro you need*: Άλλος ένας οδηγός, που μέσω διαδικτύου, βοηθάει τον χρήστη να επιλέξει το μοντέλο του SimaPro που ταιριάζει στις ανάγκες του.

Σχήμα 4.2: Επεξηγηματικά εικονίδια του προγράμματος



Πηγή: SimaPro Pre Consultants, 1990

Η AKZ explorer δίνει πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα του SimaPro. Έχει σχεδιαστεί βάσει των βασικών βημάτων της AKZ, όπως περιγράφεται στα standards των ISO. Μπάρες με επιλογές δίνουν πρόσβαση στις πιο σημαντικές λειτουργίες. Ο συνδυασμός της AKZ explorer και των μπάρων, είναι ότι χρειάζεται κανείς για να χειριστεί το SimaPro. Βέβαια το F1 για βοήθεια είναι πάντα στην διάθεση του χρήστη.

Ένα πολύ χρήσιμο στοιχείο του simaPro 6 είναι το τρίγωνο αξιολόγησης. Το παράδειγμα του αναλύεται στην έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιούμε, συγκρίνει την παραγωγή 1kg LDPE και 1kg PVDC. Το simaPro δημιουργεί ένα τρίγωνο αξιολόγησης. Τα χαρακτηριστικά του τριγώνου είναι δύο αναλύσεις (μία για το LDPE και μία για το PVDC). Στην μπλε περιοχή αναγράφονται τα στοιχεία του LDPE που έχουν την λιγότερη επιρροή στο περιβάλλον. Αντίστοιχα, στην κόκκινη περιοχή είναι τα στοιχεία του PVDC που έχουν την λιγότερη επιρροή στο περιβάλλον. Επίσης, τρεις άσπρες γραμμές συνδέουν τις προεπιλεγμένες τιμές (40%, 40% και 20%) στο eco-indicator. Το τρίγωνο αξιολόγησης είναι ένα πολύ καλό εργαλείο επικοινωνίας για την επιχείρηση.

Λόγω όμως, περιορισμένων δυνατοτήτων που μας έδινε η έκδοση Demo του λογισμικού SimaPro 6 για την ανάλυση κύκλου ζωής αιολικών συστημάτων, στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό RETScreen® International για το στάδιο λειτουργίας του αιολικού πάρκου.

4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen® International

Το RETScreen® International είναι τυποποιημένο και ολοκληρωμένο λογισμικό ανάλυσης ενός προγράμματος ανανεώσιμης ενέργειας. Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να υπολογίσει την παραγωγή ενέργειας, το κόστος του κύκλου ζωής και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για διάφορες τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας.

Το συγκεκριμένο λογισμικό αναπτύχθηκε στον Καναδά από την υπηρεσία Natural Resource Canada's (NRCan) CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL) με τη συνεισφορά πολλών επιστημόνων της Καναδικής κυβέρνησης και της εγχώριας βιομηχανίας. Παράλληλα το λογισμικό έχει αναπτυχθεί σε συνεργασία με τα προγράμματα United Nations Environment Programme's (UNEP) Division of Technology και το Earth Science Enterprise Program της υπηρεσίας National Aeronautics & Space Administration's (NASA). Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού έγινε κατόπιν προσεχτικής και εκτενής αναζήτησης στο διαδίκτυο μιας ευρύτερης οικογένειας παρόμοιων λογισμικών και οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στην τελική χρησιμοποίησή του είναι:

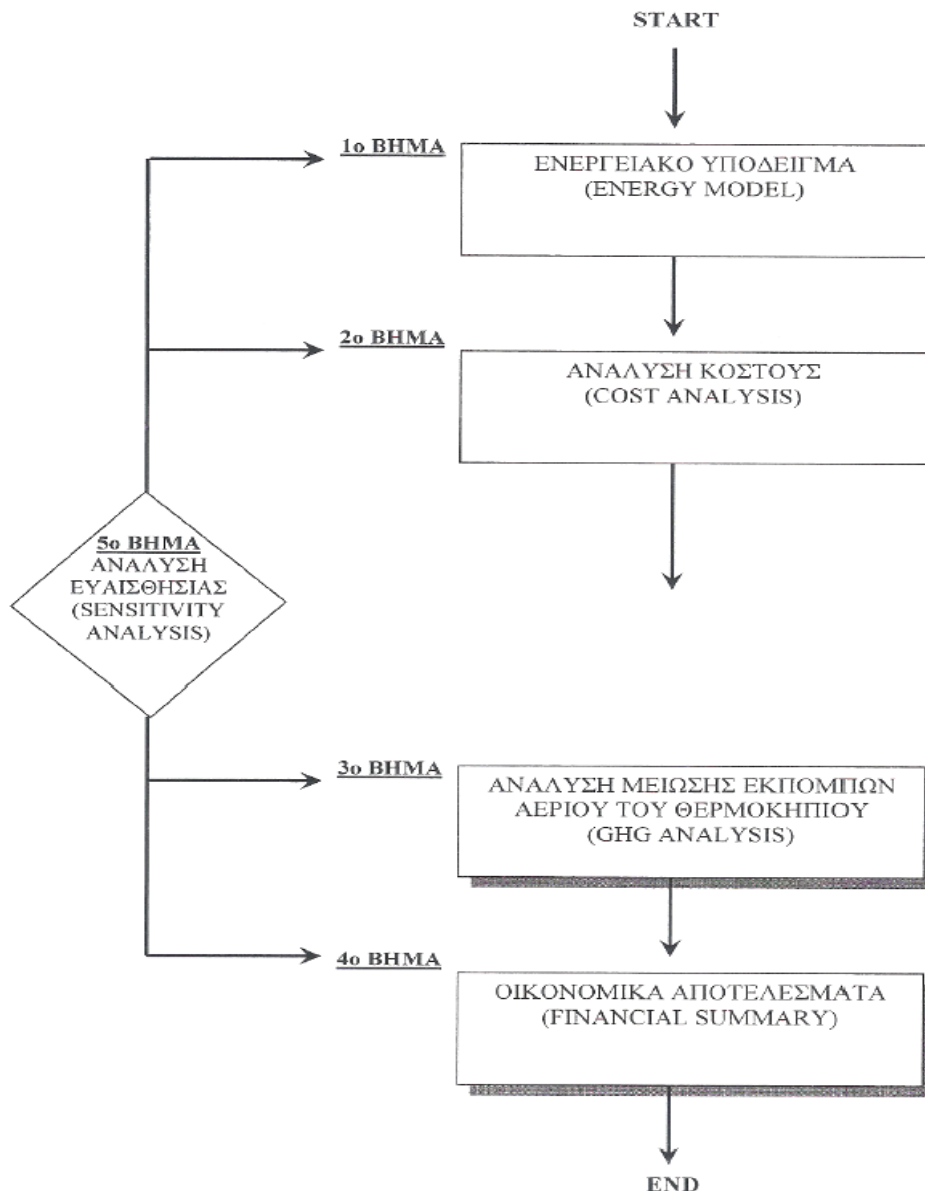
- Αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο που εμπεριέχει ενημερωμένες και εμπειριστατωμένες βάσεις δεδομένων (π.χ. μετεωρολογικά δεδομένα, στοιχεία Α/Γ κ.α.), απευθείας σύνδεση με το διαδίκτυο και ηλεκτρονικό εγχειρίδιο βοήθειας.
- Είναι αξιόπιστο καθώς αναπτύχθηκε στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων και εφαρμόσθηκε στην Καναδική βιομηχανία.
- Ενσωματώνει λειτουργίες απλές (εύκολο στη χρήση του) καθώς η μορφοποίηση του στηρίζεται στο κοινό λογισμικό πακέτο της Microsoft, το Excel.
- Υπολογίζει μεγέθη που σχετίζονται με την παραγόμενη ενέργεια ενός αιολικού πάρκου, τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου με την ενσωμάτωση του αιολικού πάρκου στο ηλεκτρικό σύστημα μίας περιοχής, την οικονομική βιωσιμότητα της προτεινόμενης επένδυσης.
- Συνθέτει με απλό τρόπο ενεργειακά και οικονομικά μεγέθη, προσφέροντας συμπεράσματα στο χρήστη για το περαιτέρω σχεδιασμό και υλοποίηση του έργου, ενώ παράλληλα ο χρήστης δύναται να παρουσιάσει γρήγορα ανάλυση ευαισθησίας καθορίζοντας νέες παραδοχές.

Οι βασικές ενότητες (module) που συνθέτουν το συγκεκριμένο λογισμικό είναι:

1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (ENERGY MODEL)
2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ (COST ANALYSIS)
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG ANALYSIS)
4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (FINANCIAL SUMMARY).

Στη συνέχεια στο σχήμα 4.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την εφαρμογή του λογισμικού RETScreen® International καθώς και ο τρόπος λειτουργίας της κάθε ενότητάς του.

Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ροής του λογισμικού



Στη συνέχεια αναλύονται περισσότερο οι ενότητες του παραπάνω διαγράμματος.

4.3.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (ENERGY MODEL)

Το ενεργειακό υπόδειγμα υπολογίζει την ανανεώσιμη παραγόμενη αιολική ενέργεια προς διανομή (MWh) μίας ανεμογεννήτριας ή και ενός αιολικού πάρκου με δεδομένα:

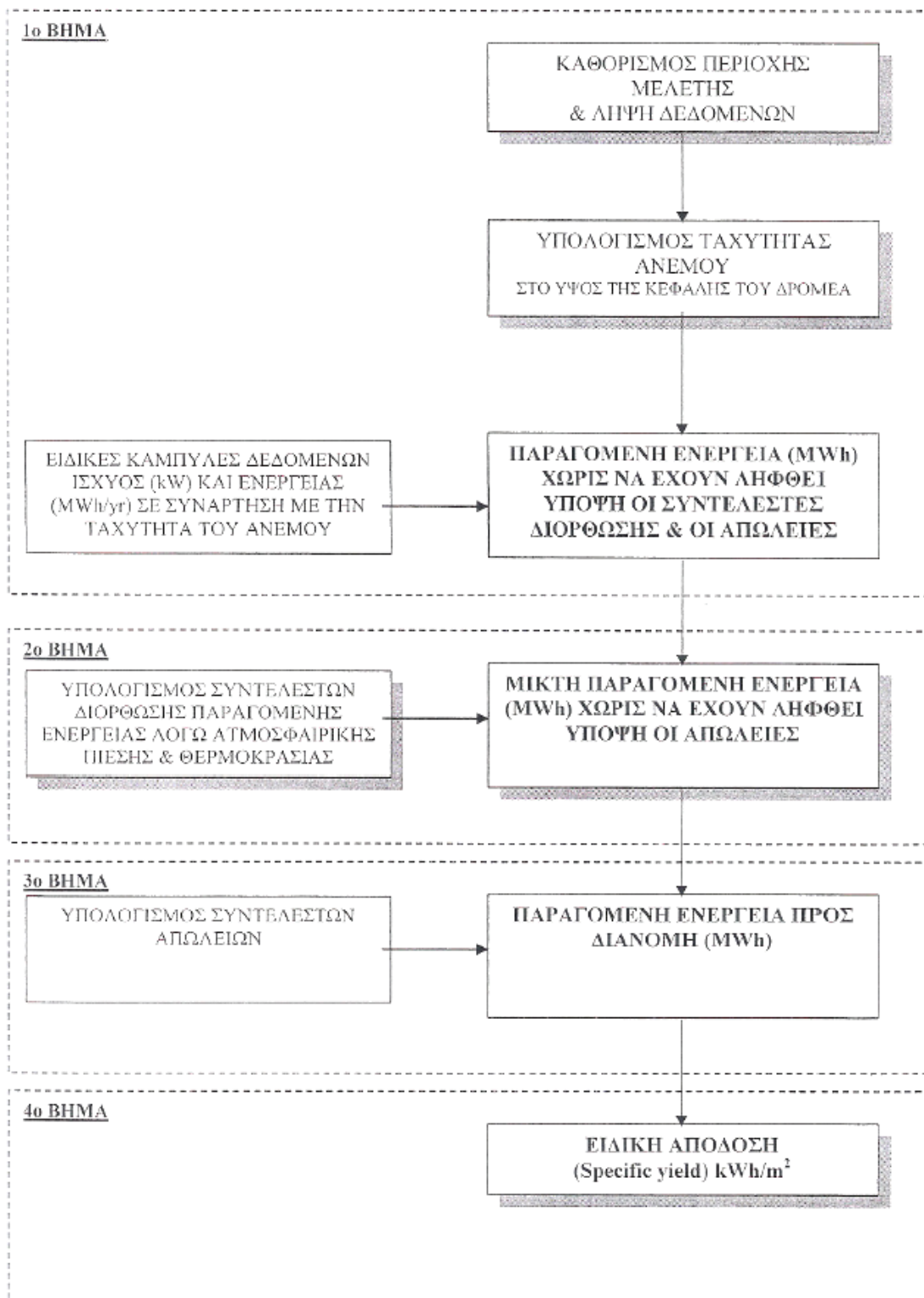
1. Ειδικές καμπύλες δεδομένων Ισχύος (kW) και ενέργειας ανά έτος (MWh/yr) σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου που παρέχονται από τους οίκους κατασκευής των ανεμογεννητριών.
2. Κατασκευαστικά στοιχεία των ανεμογεννητριών, όπως την Ισχύ (kW) τους, τη διάμετρο του δρομέα (Rotor Diameter), το ύψος της κεφαλής του δρομέα

από το έδαφος (Hub Height) και την περιοχή σάρωσης του δρομέα (Swept Area).

3. Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης της Ανεμογεννήτριας, όπως την ταχύτητα του ανέμου (m/sec), τη μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) και τη μέση ετήσια ατμοσφαιρική πίεση (kPa).
4. Τους συντελεστές απωλειών λόγω διάταξης των Α/Γ (Array losses), λόγω της επίδρασης της μόλυνσης/σκόνης του αέρα και του παγετού (Airfoil soiling and/or icing losses), λόγω σταμάτημα της λειτουργίας τους (downtime) και λόγω διαφόρων άλλων απωλειών.

Στη συνέχεια στο σχήμα 4.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (MWh ή GJ), στην περίπτωση που η Α/Γ είναι συνδεδεμένη με το σύστημα διανομής ενέργειας της περιοχής (Central – grid).

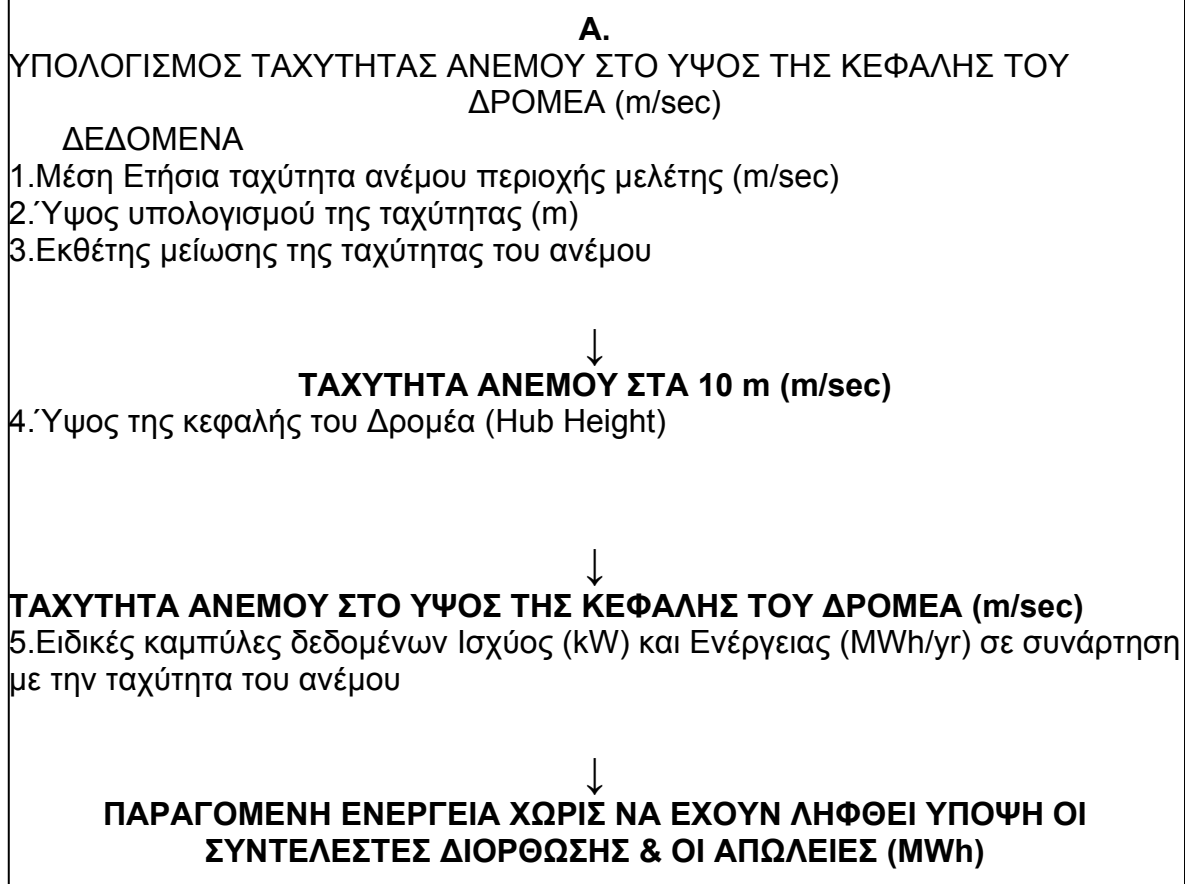
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας



4.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗ

Ο τρόπος υπολογισμού της παραγόμενης αιολικής ενέργειας προς διανομή με τη χρήση του λογισμικού RETScreen® International, καταγράφεται με συγκεκριμένα βήματα, όπου παρουσιάζονται τα δεδομένα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς καθώς και ο τρόπος υπολογισμού διαφόρων ενδιάμεσων μεγεθών.

1^ο Βήμα



2^ο Βήμα

B.

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΛΟΓΩ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

6. Μέση Ετήσια Ατμοσφαιρική πίεση (kPa)

7. Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C) της περιοχής μελέτης



i. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

ii. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

&

**A. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΛΗΦΘΕΙ ΥΠΟΨΗ ΟΙ
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ & ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (MWh)**



**ΜΙΚΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΛΗΦΘΕΙ ΥΠΟΨΗ ΟΙ
ΑΠΩΛΕΙΕΣ (MWh)**

3^ο Βήμα

Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

&

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- 8. Απώλειες λόγω διάταξης των Α/Γ (Array losses)
- 9. Απώλειες λόγω της επίδρασης της μόλυνσης/σκόνης του αέρα και του παγετού (Airfoil soiling and/or icing losses)
- 10. Απώλειες λόγω σταμάτημα της λειτουργίας τους (downtime)
- 11. Διάφορες άλλες απώλειες



Ι. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

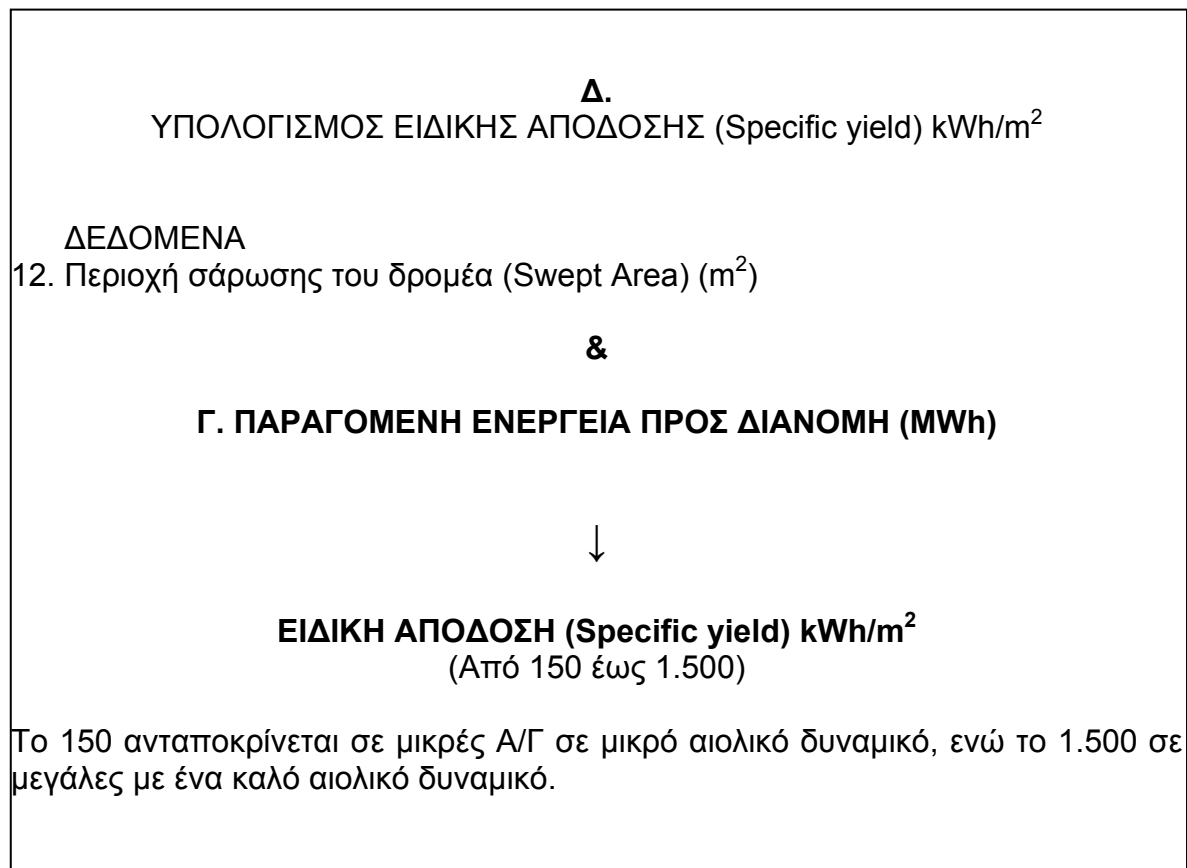
&

Β. ΜΙΚΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΛΗΦΘΕΙ ΥΠΟΨΗ ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (MWh)



ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗ (MWh)

4^ο Βήμα



4.3.3 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ RETScreen® International

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του λογισμικού, οι παρακάτω τύποι χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων:

- ***Wind Speed Distribution (Διασπορά της Ταχύτητας του Ανέμου)***

Για τον υπολογισμό της διασποράς της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούμε την σχέση του Weibull η οποία εκφράζει την πιθανότητα $p(x)$ να έχουμε ταχύτητα ανέμου x κατά την διάρκεια του έτους:

$$p(x) = \left(\frac{k}{C}\right) \left(\frac{x}{C}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{C}\right)^k\right]$$

Αυτή η σχέση ισχύει μόνο για: $k > 1$, $x \geq 0$, & $C > 0$

Όπου, k : shape factor (παράγοντας μορφής), ο οποίος προσδιορίζεται από τον χρήστη. Κυμαίνεται από 1 έως 3. Για μία δεδομένη μέση ταχύτητα ανέμου. Ένας χαμηλός shape factor αποδεικνύει μία σχετικά ευρεία διασπορά της ταχύτητας του ανέμου γύρω από τον μέσο όρο, ενώ ένας υψηλός shape factor αποδεικνύει μία σχετικά περιορισμένη διασπορά της ταχύτητας του ανέμου γύρω από τον μέσο όρο. Ένας χαμηλός shape factor οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή ενέργειας.

C : είναι το scale factor (παράγοντας κλίμακας), που υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$C = \frac{\bar{x}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

όπου, x είναι η μέση ταχύτητα ανέμου και Γ : είναι η «σχέση γάμα».

Ορισμένες φορές ο υπολογισμός της διασποράς των ανέμων μπορεί να γίνει από την πυκνότητα ισχύος του αέρα [Wind Power Density (WPD)] και όχι από την ταχύτητα του ανέμου. Η σχέση μεταξύ της WPD και της μέσης ταχύτητας v είναι:

$$WPD = \sum_{x=0}^{x=25} 0.5 \rho x^3 p(x) \qquad \bar{v} = \sum_{x=0}^{x=25} x p(x)$$

όπου, ρ : είναι η πυκνότητα του αέρα και $p(x)$: είναι η πιθανότητα να έχουμε ταχύτητα ανέμου x κατά την διάρκεια του έτους.

- **Energy Curve (Καμπύλη Ενέργειας)**

Η καμπύλη ενέργειας είναι το τελικό ποσό που παράγει μία ανεμογεννήτρια από μία σειρά μέσων όρων ταχύτητας ανέμων.

Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση:

$$E_{\bar{v}} = 8760 \sum_{x=0}^{25} P_x p(x)$$

όπου, \bar{v} είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου υπολογισμένη σε m/s, P_x είναι η δύναμη της ανεμογεννήτριας με ταχύτητα ανέμου x , $p(x)$ είναι η πιθανότητα να έχουμε ταχύτητα ανέμου x κατά την διάρκεια του έτους.

- **Unadjusted Energy Production (Αδιόρθωτη Παραγωγή Ενέργειας)**

Η αδιόρθωτη παραγωγή ενέργειας είναι η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο υπολογισμός είναι βασισμένος στην μέση ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του δρομέα για την συγκεκριμένη τοποθεσία. Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του δρομέα είναι συνήθως υψηλότερη από την ταχύτητα στο ύψος του ανεμόμετρου. Χρησιμοποιείται η εξίσωση του νόμου της ενέργειας για να υπολογίσουμε την μέση ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του δρομέα:

$$\frac{\bar{V}}{\bar{V}_0} = \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha$$

όπου, \bar{V} είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του δρομέα H , \bar{V}_0 είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του ανεμόμετρου H_0 και α είναι το wind shear exponent. Οι τιμές των H , H_0 , \bar{V}_0 και α προσδιορίζονται από τον χρήστη.

Από την στιγμή που έχει υπολογιστεί το V , η αδιόρθωτη παραγωγή ενέργειας E_U υπολογίζεται αντικαθιστώντας στον τύπο της καμπύλης ενέργειας την τιμή της V .

- **Gross Energy Production (Ακαθάριστη Παραγωγή Ενέργειας)**

Ακαθάριστη Παραγωγή Ενέργειας είναι η συνολική ετήσια παραγωγή που παράγεται χωρίς να έχουν ληφθεί υπόψη οι απώλειες, εισάγοντας την ταχύτητα του ανέμου, την ατμοσφαιρική πίεση και την θερμοκρασία της τοποθεσίας εγκατάστασης.

$$E_G = E_U \cdot c_H \cdot c_T$$

E_U είναι η αδιόρθωτη παραγωγή ενέργειας, C_H και C_T είναι οι ρυθμισμένοι συντελεστές της πίεσης και της θερμοκρασίας. Αυτοί υπολογίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$c_H = \frac{P}{P_0} \quad c_T = \frac{T_0}{T}$$

P είναι η μέση ετήσια ατμοσφαιρική πίεση, P_0 είναι η δεδομένη ατμοσφαιρική πίεση 101,3 kPa, T είναι η απόλυτη μέση ετήσια θερμοκρασία και T_0 είναι η δεδομένη απόλυτη θερμοκρασία 288,1K.

- **Renewable Energy Collected (Συλλεγμένη Ανανεώσιμη Ενέργεια)**

Η συλλεγμένη ανανεώσιμη ενέργεια είναι ίση με το καθαρό ποσό ενέργειας που λαμβάνεται:

$$E_C = E_G \cdot c_L$$

E_G είναι η ακαθάριστη παραγωγή ενέργειας και C_L είναι ο συντελεστής απωλειών:

$$c_L = (1 - \lambda_a) (1 - \lambda_{s\&i}) (1 - \lambda_d) (1 - \lambda_m)$$

λ_a είναι οι τοπικές απώλειες, $\lambda_{s\&i}$ είναι οι απώλειες από εξάτμιση και παγετό, λ_d είναι οι απώλειες από το χρόνο διακοπής και λ_m είναι διάφορες άλλες απώλειες. Οι συντελεστές λ_a , $\lambda_{s\&i}$, λ_d και λ_m προσδιορίζονται από τον χρήστη.

- ***Absorption rate and renewable energy delivered (Ποσοστό Απορροφητικότητας και Ανανεώσιμης Ενέργειας προς διανομή)***

Η εξίσωση που μας δίνει την προς διανομή ανανεώσιμη ενέργεια είναι:

$$E_D = E_C \mu$$

E_C είναι η συλλεγμένη ανανεώσιμη ενέργεια και μ είναι τα ποσοστά απορροφητικότητας της αιολικής ενέργειας.

Για να υπολογίσουμε το ποσοστό απορροφητικότητας πρέπει να υπολογιστεί το Επίπεδο Διείσδυσης Αέρα [Wind Penetration Level (WPL)].

$$WPL = \frac{WPC}{PL} 100$$

WPC είναι η παραγωγική δυνατότητα της εγκατάστασης και PL είναι το peak load (μέγιστο φορτίο) που προσδιορίζεται από τον χρήστη. Το WPC υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το πλήθος των ανεμογεννητριών με τα ποσοστά δυνατοτήτάς τους.

Πίνακας 4.1: Προτεινόμενες τιμές Απορρόφησης Αιολικής Ενέργειας σε σχέση με τη μέση ταχύτητα ανέμου και το Επίπεδο Διείσδυσης Αέρα (WPL)

Average Wind Speed (m/s)	Wind Penetration Level (WPL)			
	0%	10%	20%	30%
0	100%	100%	100%	100%
4.9	100%	98%	96%	93%
5.6	100%	98%	94%	90%
6.3	100%	98%	93%	87%
6.9	100%	97%	92%	84%
8.3	100%	96%	90%	82%

Πηγή: Εγχειρίδιο λογισμικού RETScreen® International, 2004

Όπως παρουσιάζεται από τον πίνακα η προτεινόμενη απορρόφηση αιολικής ενέργειας εξαρτάται στην μέση ταχύτητα ανέμου και το wind penetration level (επίπεδο διείσδυσης αέρα).

- ***Excess Renewable Energy Available («Περίσσεια» Ανανεώσιμη Ενέργεια)***

Η «περίσσεια» ανανεώσιμη ενέργεια E_X είναι η διαφορά του E_C και του E_D

$$E_X = E_C - E_D$$

- ***Specified yield (Συγκεκριμένη Παραγωγή)***

Η συγκεκριμένη παραγωγή Y προσδιορίζεται διαιρώντας την συλλεγμένη ανανεώσιμη ενέργεια E_C με την «καθαρή» περιοχή των ανεμογεννητριών

$$Y = \frac{E_C}{N A}$$

N είναι ο αριθμός των ανεμογεννητριών και A είναι η «καθαρή περιοχή» του ρότορα μιας ανεμογεννήτριας

- **Wind Plant Capacity Factor (Συντελεστής Παραγωγικότητας Εργοστασίου)**

Ο συντελεστής παραγωγικότητας εργοστασίου PCF αντιπροσωπεύει το ποσοστό της μέσης ποσότητας που παράγεται από το εργοστάσιο σε ένα έτος προς την εκτιμώμενη δυνατότητα

$$PCF = \left(\frac{E_c}{WPC \cdot h_y} \right) 100$$

E_c είναι η συλλεγμένη ενέργεια εκφρασμένη σε kWh, WPC είναι η δυνατότητα του εργοστασίου εκφράζεται σε kW και h_y είναι ο αριθμός των ωρών σε ένα χρόνο.

4.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen® International

Σ'αυτή την ενότητα παρουσιάζονται στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την εφαρμογή του λογισμικού.

4.4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Σημαντικό ρόλο στη σωστή και ακριβή εφαρμογή του ενεργειακού υποδείγματος του λογισμικού RETScreen® International συντελούν ορισμένοι παράμετροι όπως:

- Η πλειοψηφία των περιοχών με αιολικό δυναμικό παρουσιάζουν ταχύτητες ανέμων που κυμαίνονται από 0 έως 12 m/sec.
- Στην περίπτωση που η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την τιμή των 25 m/sec, η λειτουργία της Α/Γ διακόπτεται αυτόματα.
- Το ύψος μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου τυπικά κυμαίνεται από 3 m έως 100 m, με τα 10 m να είναι πιο κοινό σημείο αναφοράς. Μετρήσεις κάτω από τα 3 m επηρεάζονται από τη μορφή του εδάφους και διάφορα εμπόδια της περιοχής. Μετρήσεις σε ύψη μεγαλύτερα των 50 m, προσεγγίζουν καλύτερα τα ύψη των Α/Γ.

- Ο εκθέτης μείωσης της ταχύτητας του ανέμου δέχεται τιμές από 0,10 έως 0,40. Η επιλογή χαμηλής τιμής αναφέρεται σε ομαλές περιοχές (όπως θάλασσα, αμμουδιά, χιόνι), ενώ η επιλογή υψηλής τιμής αναφέρεται σε περιοχές με ανωμαλίες στην επιφάνεια του εδάφους. Συνήθης τιμή είναι η 0,14.
- Η μέση ατμοσφαιρική πίεση δέχεται τιμές από 60 έως 103 kPa. Η επιλογή της χαμηλής τιμής αναφέρεται σε περιοχή που βρίσκεται στα 4.000 m ύψος από τη θάλασσα, ενώ η επιλογή της υψηλής τιμής αναφέρεται σε περιοχή που βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας. Η ατμοσφαιρική πίεση σε κανονικές συνθήκες είναι 101,3 kPa.
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία δέχεται τιμές από -20 έως 30 °C, ανάλογα με την περιοχή μελέτης. Η θερμοκρασία σε κανονικές συνθήκες είναι 15 °C.
- Η εγκατάσταση ενός μεγάλου αριθμού μικρών κινητήρων πλεονεκτεί στην παραγωγή ενέργειας σε περιοχές με διακυμάνσεις φορτίου. Επίσης το κόστος εγκατάστασης μεγάλων Α/Γ είναι χαμηλότερο ανά kW.
- Τα Αιολικά Πάρκα διακρίνονται με βάση τον αριθμό Α/Γ που είναι εγκατεστημένες σε αυτά. Στον πίνακα 5.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των αιολικών πάρκων.

Πίνακας 4.2: Κατάταξη των Αιολικών Πάρκων με βάση τον αριθμό των Α/Γ

Α/Α	Χαρακτηρισμός Αιολικών Πάρκων	Αριθμός Α/Γ
1	Μία Α/Γ	1
2	Μικρό Αιολικό Πάρκο	2 έως 5
3	Μεγάλο Αιολικό Πάρκο	>5

- Το εύρος της αιολικής ισχύος που δίνεται από τους κατασκευαστές κυμαίνεται από μικρότερες των 20 kW τιμές μέχρι 2500 kW. Η κατάταξη των Α/Γ παρουσιάζεται στον πίνακα 5.5 που ακολουθεί:

Πίνακας 4.3: Κατάταξη Α/Γ με βάση το εύρος της αιολικής ισχύος

Είδος Α/Γ	Ισχύς (kW)	Διάμετρος Δρομέα (m)	Περιοχή Σάρωσης Δρομέα (m)
Πολύ μικρές	0-1,5	<3	<7
Μικρές	1,5-20	3 έως 10	7 έως 80
Μεσαίες	20-200	10 έως 25	80 έως 500
Μεγάλες	200-2.000	>25	>500

Τα όρια που αναφέρεται το λογισμικό είναι $1,5 \text{ kW} < \text{Ισχύς Α/Γ} < 2.000 \text{ kW}$

Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι κατασκευαστικοί οίκοι Α/Γ παγκοσμίως με τους τύπους των Α/Γ και τα χαρακτηριστικά τους που περιέχονται στη βάση δεδομένων του λογισμικού.

- Οι τυπικές τιμές των απωλειών λόγω διάταξης των Α/Γ (Array losses) κυμαίνονται από 0 έως 20%. Οι χαμηλές τιμές αναφέρονται σε μικρές ομάδες καλά τοποθετημένων Α/Γ, ενώ οι υψηλές τιμές σε αιολικά πάρκα με κοντινή τοποθέτηση Α/Γ και ασθενείς ανέμους. Για την εγκατάσταση μίας Α/Γ η τιμή των απωλειών είναι 0, ενώ για καλά τοποθετημένες 8-10 Α/Γ σε ένα αιολικό πάρκο η τιμή των απωλειών κυμαίνεται κάτω από 5%.
- Οι απώλειες λόγω της επίδρασης της μόλυνσης/σκόνης του αέρα και του παγετού (Airfoil soiling and/or icing losses) κυμαίνονται από 1% έως 10%. Οι απώλειες λόγω παγετού εξαρτώνται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, το υψόμετρο που εγκαθίστανται η Α/Γ, το επίπεδο υγρασίας και το σχεδιασμό της.
- Οι απώλειες λόγω σταμάτημα της λειτουργίας τους (Downtime) κυμαίνονται από 2 έως 7%. Η υψηλή τιμή αφορά στις περιπτώσεις που η Α/Γ εγκαθίστανται σε περιοχές με ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Οι απώλειες λόγω διαφόρων άλλων αιτιών κυμαίνονται από 2 έως 6% της συνολικής ενεργειακής παραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5₀

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα στάδια της Ανάλυσης Κύκλου ζωής των Αιολικών συστημάτων είναι τέσσερα:

- Στάδιο κατασκευής της ανεμογεννήτριας
- Στάδιο μεταφοράς της ανεμογεννήτριας
- Στάδιο λειτουργίας του αιολικού πάρκου
- Στάδιο απόσυρσης/αποσύνδεσης των ανεμογεννητριών.

5.1 ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στο στάδιο αυτό, γίνεται η κατασκευή των ανεμογεννητριών από διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες και αποτελεί μια πηγή επιβάρυνσης του περιβάλλοντος λόγω των ουσιών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτών.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερη αναλογία για την κατασκευή Α/Γ, είναι:

- Υλικά Πύργου: Χάλυβας
- Πτερύγια μικρών Α/Γ: ΡΤΦ, εμποτισμένο με εριπίνη (για μηχανική αντοχή)
- Πτερύγια μεγάλων Α/Γ: Άνθρακας και
- Nacella: Χαλύβδινη

Βέβαια υπάρχουν και άλλα χρησιμοποιούμενα υλικά για την κατασκευή των Α/Γ τα οποία είναι αρκετά τοξικά και επικίνδυνα και χρήζουν ιδιαίτερης μελέτης, κάποια από τα υλικά αυτά αναφέρονται παρακάτω.

5.1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Ένα πρόβλημα που δημιουργείται με τη χρήση της αιολικής ενέργειας στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα, είναι η επικινδυνότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ανεμογεννητριών.

Ορισμένα από υλικά αυτά, είναι:

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. Aluminum- | Αλουμίνιο |
| 2. Clay- | Πηλός |
| 3. Copper- | Χαλκός |

4. <i>Glass fibre</i>	Ίνα Ύαλου
5. <i>Hard Coal-</i>	Άκαμπτος Άνθρακας
6. <i>Iron-</i>	Σίδερο
<i>Cast iron</i>	Χυτοσίδηρος
7. Lead-	Μόλυβδος
8. <i>Limestone-</i>	Ασβεστόλιθος
9. Manganese-	Μαγγάνιο
10. <i>Crude Oil-</i>	Ακατέργαστο Πετρέλαιο
11. <i>Plastic, PVC</i>	Πλαστικό
12. <i>Quartz Sand-</i>	Χώμα Χαλαζία
13. <i>Steel-</i>	Χάλυβας
<i>Stainless Steel</i>	Ανοξείδωτος Χάλυβας
<i>Steel plates</i>	Πιάτα Χάλυβα
14. <i>Stone-</i>	Λίθος
15. <i>Volatile Organic Carbon</i>	Πτητικός Οργανικός Άνθρακας
16. Zinc-	Ψευδάργυρος

Αναλυτικά, για τις πιο σημαντικές από τις παραπάνω ουσίες, παίρνουμε πληροφορίες για την επιρροή στην υγεία από το διαδίκτυο, μετά από αναλυτική έρευνα της χρόνιας τοξικότητας από την US EPA. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω :

1. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αργίλιο (Al), ή αλουμίνιο όπως είναι γνωστό στο ευρύ κοινό, είναι ένα μέταλλο που συναντάται σε αφθονία στη φύση και αποτελεί περίπου το 8 % του φλοιού της γης. Εξορύσσεται συνήθως υπό μορφή βωξίτη που είναι μέταλλευμα με περιεκτικότητα 40-60 % σε οξειδίο του αργιλίου (alumina). Το μέταλλο αυτό χρησιμοποιείται στην παραγωγή οικοδομικών υλικών, υλικών συσκευασίας, κονσερβών, εξαρτημάτων αυτοκινήτων και αεροσκαφών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί οι ενδείξεις ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από το αλουμίνιο. Το αλουμίνιο θεωρείται από παλιά ως μη τοξικό για υγιή άτομα τα οποία μπορούν να παίρνουν συνολικά ημερήσιες δόσεις μέχρι 7.2 g χωρίς σοβαρές επιπτώσεις. Τελευταία όμως υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι το αλουμίνιο επηρεάζει σημαντικά το νευρικό σύστημα του ανθρώπου.

Το αλουμίνιο μελετάται μια άλλη μορφή του, το φωσφίνιο αλουμινίου.

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα αλουμινίου σε θέματα τοξικότητας

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΕΠΙΡΡΟΕΣ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ*	UF	MF	RfD
Βάρος σώματος και κλινικές παράμετροι	NOAEL: 0,51 mg/Kg φαγητού ή 0.025 mg/kg/day (Φωσφίνη)) μεταφρασμένο σε 0.043 mg/kg/day Φωσφίδιο Αλουμινίου	100	1	4,00E-04 mg/kg/day
Πηγή: Hackenburg, 1972	LOAEL: Όχι			

Πηγή: IRIS, 1987

*Παράγοντες: Κατανάλωση φαγητού 5%bw; Ειδικό βάρος AIP/PH3: $x \ 57.95/34.0$ οπότε, $0.51 \text{ mg/kg φαγητού} \times 0.05 \text{ kg φαγητού/kg bw/day} \times 57.95/34.0 = 0.043 \text{ mg/kg/day}$.

Στον παραπάνω και τους παρακάτω πίνακες:

UF (Uncertainty Factor) είναι το στοιχείο αβεβαιότητας. Έπειτα από τη διόρθωση για το μοριακό βάρος του φωσφιδίου του αλουμινίου σχετικά με αυτό της φωσφίνης (57.95/34.00) και με την εφαρμογή ενός στοιχείου αβεβαιότητας 100 (10 για τη μετατροπή των διαφόρων ειδών και 10 για ευαίσθητο πληθυσμό), μπορεί να παραχθεί ένα RfD για το φωσφίδιο του αλουμινίου της τάξης του 0,00043 (0,00025 mg/kg/day phosphine*1,70).

MF (Modifying Factor) είναι το στοιχείο μεταβολής. Δεν υπάρχει κανένα στο συγκεκριμένο πίνακα.

RfD (Reference Dose) είναι η αναφορική δοσολογία.

2. ΧΑΛΚΟΣ

Η Bionetics Research Labs (1968) μελέτησε την καρκινογένεση ενός υλικού που περιέχει υδροξείδιο του χαλκού, σε δυο ράτσες ποντικών (B6C3F1&B6AKF1) οι οποίες αποτελούνταν από 18 αρσενικά και 18 θηλυκά ποντίκια.

Το αποτέλεσμα του πειράματος έδειξε ότι δεν υπήρχαν αυξήσεις σε όγκους και τελικά ότι ο χαλκός είναι **μη καρκινογενές στοιχείο** αλλά η πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων είναι τοξικές.

Η συνιστώμενη ημερήσια δόση για το χαλκό είναι 2 mg ημερησίως.

3. ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Ο μόλυβδος σε μεγάλες συγκεντρώσεις στον οργανισμό ενός ατόμου μπορεί να προκαλέσει διαταραχές της σύνθεσης της αιμοσφαιρίνης οδηγώντας σε αναιμία, ενώ μπορεί να αποβεί καταστροφικός για τους ιστούς σημαντικής λειτουργίας όπως το νευρικό σύστημα και το συκώτι. Τα παιδιά είναι ιδιαίτερα ευπαθή στις συγκεντρώσεις μολύβδου.

Συγκεκριμένα με μελέτες που έγιναν σε ποντίκια και ανθρώπους βρέθηκε ότι ο μόλυβδος μπορεί να προκαλέσει:

- Νευροτοξικότητα
- Καθυστέρηση στην ανάπτυξη
- Υπέρταση
- Βλάβες στην οξύτητα ακοής και
- Βλάβες στην παραγωγικότητα των αρσενικών

Και επομένως **είναι καρκινογενές στοιχείο.**

Πιο συχνά θύματα είναι παιδιά κάτω των 6 ετών για το λόγο ότι είναι πιο απρόσεκτα (επαφή των χεριών με το στόμα κ.λ.π).

Ο FDA (Οργανισμός Ελέγχου Φαρμάκων & Τροφίμων) έχει καθορίσει ως δραστικό επίπεδο μολύβδου για τον ανθρώπινο οργανισμό την ποσότητα του 1ppm. Στις έρευνες που έχουν γίνει και αποδεικνύουν τα δυσμενέστατα αποτελέσματα αυτών των μετάλλων στην ανθρώπινη υγεία, έλαβαν μέρος άτομα που κατανάλωναν 3-10 ppm βαρέων τοξικών μετάλλων.

4. ΜΑΓΓΑΝΙΟ

Το μαγγάνιο είναι από τα πιο ασφαλή ιχνοστοιχεία διότι η απορρόφηση του από τον οργανισμό είναι πολύ αργή και όταν απορροφάται απεκκρίνεται από τη χολή και τα νεφρά. Εν τούτοις το μαγγάνιο καθίσταται τοξικό όταν εισπνέετε από εργαζόμενους σε ανθρακωρυχεία ή από άτομα που έρχονται σε συχνή επαφή με το μέταλλο και το εισπνέουν. Δεν υπάρχουν γνωστές αλληλεπιδράσεις με άλλες ουσίες ούτε αντενδείξεις για το μαγγάνιο. Δεν έχει καθορισθεί συνιστώμενη ημερήσια δόση για το μαγγάνιο, ποσότητα προσλαμβανόμενη από τις τροφές γύρω στα 3-4 mg θεωρείται ικανοποιητική.

Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα μαγγανίου σε θέματα τοξικότητας

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΕΠΙΠΡΟΕΣ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ*	UF	MF	RfD
Αποτελέσματα CNS	NOAEL (φαγητό): 0.14 mg/kg-day	1	1	1,4E-1 mg/kg/day
Δεδομένα από εναίσιμα πειράματα σε ανθρώπους	LOAEL: Όχι			
Πηγή: NRC, 1989; Freeland- Graves et al., 1987;WHO, 1973;				

Πηγή: IRIS, 1995

Με πειράματα που έγιναν σε ποντίκια και ανθρώπους βρέθηκε ότι το μαγγάνιο έχει μεγάλη τοξικότητα και **είναι καρκινογενές στοιχείο**.

5. ZINC

Παρατεταμένη πρόσληψη ψευδάργυρου σε μεγάλες ποσότητες (75-300mg ημερεσίως), έχουν συνδυαστεί με τα συμπτώματα έλλειψης χαλκού δηλαδή μικροκυτταρική αναιμία και ουδετεροπενία. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει

προβλήματα στο μεταβολισμό του σιδήρου και του χαλκού. Η υπερδοσολογία μπορεί να προκαλέσει πυρετό, έμετο, διάρροια, γαστρικές διαταραχές και ζαλάδα. Προτεινόμενη Ημερήσια Πρόσληψη Ψευδάργυρου (Zn) είναι 5-6 mg για τα παιδιά, 9,5 mg για τους άντρες και 7,0 mg για τις γυναίκες.

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα ψευδαργύρου σε θέματα τοξικότητας

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΕΠΙΡΡΟΕΣ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ*	UF	RfD
Η δραστηριότητα στους υγιείς ενήλικες άντρες και γυναίκες εθελοντές είναι μείωση σε ερυθροκύτταρο Cu και μείωση υπεροξειδίων Zn - (ESOD)	NOAEL: Όχι	3	0,3 mg/kg/day
	LOAEL: 0.91 mg/kg-day		

Πηγή: IRIS, 2005

Επίσης μετά από έρευνες σε ποντίκια και ανθρώπους βρέθηκε ότι ο ψευδάργυρος μπορεί να προκαλέσει:

- Αλλαγές στο DNA
- Αλλαγές στο RNA και
- Καρδιολογικά προβλήματα

Δεν κατέστη δυνατό να προσδιορίσουν σε ποια κατηγορία στοιχείων ανήκει, (καρκινογενές ή μη).

Δυστυχώς κατέστη αδύνατο να βρεθούν οι ποσότητες των παραπάνω υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των Α/Γ και γι'αυτό το λόγο δεν μπορεί να γίνει ποσοτική σύγκριση με τα παραπάνω όρια.

Θεωρητικά όμως, σύμφωνα με πηγές στο διαδίκτυο και με την μελέτη που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας (μέσω ερωτηματολογίου που συντάχθηκε και δόθηκε σε εταιρείες κατασκευής Α/Γ και παρατίθεται στο

παράρτημα), προκύπτει ότι το στάδιο κατασκευής των Α/Γ είναι αρκετά ρυπογόνο και επιζήμιο για το περιβάλλον, έχει διαπιστωθεί όμως, ότι η αλλαγή στις μεθόδους κατασκευής μπορεί να μειώσει τις σχετικές εκπομπές περισσότερο από 80% και όλες οι διαδικασίες κατασκευής να εκπέμπουν λιγότερο από το μισό του μέγιστου ορίου που επιτρέπεται από τις αρχές (LM Glasfiber, 2003). Παρόλα αυτά, μετά από σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δύο μορφών ενέργειας (συμβατικές μορφές και αιολική) προκύπτει ότι η αιολική ενέργεια είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον.

Για την Ελλάδα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το στάδιο αυτό, είναι περιορισμένες, για το λόγο ότι, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, οι Α/Γ εισάγονται από χώρες του εξωτερικού (Δανία κ.α) και μόνο ένα μικρό ποσοστό ανεμογεννητριών μικρής ισχύος (οικιακής συνήθως χρήσης) κατασκευάζονται στον Ελληνικό χώρο. Βέβαια αυτό έχει ως συνέπεια, επιπτώσεις στην οικονομία της χώρας καθώς επίσης και τη μειωμένη απασχόληση εργατικού δυναμικού στο στάδιο αυτό.

5.2 ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στο στάδιο αυτό έχουμε τη μεταφορά των Α/Γ από την περιοχή κατασκευής, στην περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

Η μεταφορά συνήθως γίνεται με μεγάλα εμπορικά πλοία (εάν μεσολαβεί θάλασσα) και στη συνέχεια με φορτηγά (γερανοί και νταλίκες) μέχρι το σημείο εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Τα φορτηγά μπορούν να μεταφέρουν από 850 – 3.0 MW Α/Γ. Πολλές φορές η μεταφορά των Α/Γ με φορτηγά είναι δυσχερής λόγω άσχημου και πολλές φορές ανύπαρκτου οδικού δικτύου, στενότητα δρόμων και δύσβατης επιλεγμένης τοποθεσίας για την εγκατάσταση του πάρκου, για τους παραπάνω λοιπόν λόγους τον τελευταίο καιρό γίνεται προσπάθεια μεταφοράς των Α/Γ με ελικόπτερα, το οποίο όμως βρίσκεται σε δοκιμαστικό επίπεδο και δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα.

Σε αυτό το στάδιο έχουμε εκπομπές ρύπων από τα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούνται. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι το πετρέλαιο (από φορτηγά) και το μαζούτ (από πλοία).

Οι ποσότητες των καυσίμων που καταναλώνονται εξαρτώνται κάθε φορά από την χώρα από όπου γίνεται η εισαγωγή και την περιοχή εγκατάστασης (απόσταση διαδρομής) και για αυτό το λόγο δεν υπάρχει απόλυτη τιμή, με αποτέλεσμα και οι εκπομπές από την καύση αυτών να είναι δύσκολο να υπολογιστούν.

Συμπερασματικά όμως πρέπει να αναφέρουμε ότι παρά την έλλειψη στοιχείων για περαιτέρω ανάλυση, προκύπτει ότι το στάδιο αυτό είναι αρκετά ρυπογόνο ως προς το περιβάλλον σε σχέση με το σύνολο των σταδίων που περιλαμβάνει η ανάλυση κύκλου ζωής των αιολικών συστημάτων.

5.3 ΣΤΑΔΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Αυτό είναι το βασικό στάδιο κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αιολικών συστημάτων. Το στάδιο αυτό διαρκεί περίπου 25 χρόνια με ενδιάμεση συντήρηση κάθε 6 μήνες.

Στην παρούσα εργασία για την εφαρμογή του λογισμικού RETScreen® International, επιλέχθηκαν 3 περιοχές μελέτης για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, ισχύος 10MW. Οι περιοχές επιλέχθηκαν σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου βασιζόμενοι στους γεωγραφικούς και αιολικούς χάρτες οι οποίοι παρατίθενται στις ενότητες 3 και 4 του παραρτήματος , έτσι επιλέχθηκαν οι:

- *Ανώπολη Χανίων στη Κρήτη* με εύρος τιμών 8,001 – 9 m/sec → 8,5 m/sec
- *Άγιος Δημήτριος στη Νότια Εύβοια* με εύρος τιμών >10 m/sec → 10 m/sec
- *Πελετά Αρκαδίας στη Πελοπόννησο* με εύρος τιμών 6,001 – 7 m/sec → 6,5 m/sec

5.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG ANALYSIS)

Με την εφαρμογή του λογισμικού είναι εφικτός ο προσδιορισμός της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (περιβαλλοντική αξιολόγηση) που θα προέλθει από την εγκατάσταση ενός αιολικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις 3 περιοχές μελέτης μας.

Απαραίτητο στοιχείο στους υπολογισμούς είναι η ποσοστιαία συμμετοχή των διαφόρων «καυσίμων» της περιοχής μελέτης στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως δεδομένα του συστήματος (Εγχειρίδιο λογισμικού RETScreen® International), σύμφωνα με στοιχεία της Διακυβερνητικής Ομάδας Αλλαγών του Κλίματος (Intergovernment Panel on Climate – Change – IPCC) θεωρούνται:

1t CH₄ εκπέμπει 21ts CO₂

1t N₂O εκπέμπει 310 ts CO₂

Επίσης το λογισμικό περιέχει για κάθε τύπο καυσίμου τις ποσότητες εκπομπών CO₂, CH₄ και N₂O (σε kg/GJ) καθώς και τους συντελεστές μετατροπής του κάθε καυσίμου σε ενέργεια. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.4: Ποσότητες εκπομπών CO₂, CH₄ και N₂O (σε kg/GJ) για κάθε τύπο καυσίμου και αποδόσεις καυσίμων.

Είδος καυσίμου (Fuel type)	CO ₂ (σε kg/GJ)	CH ₄ (σε kg/GJ)	N ₂ O (σε kg/GJ)	Απόδοση καυσίμου
Άνθρακας (Coal)	94,6	0,0020	0,0030	35%
Μαζούτ (#6 oil)	77,4	0,0030	0,0020	30%
Φυσικό Αέριο (Natural gas)	56,1	0,0030	0,0010	45%
Πετρέλαιο [Diesel (#2 oil)]	74,1	0,0020	0,0020	30%
Αιολική Ενέργεια (Wind)	0	0	0	-
Πυρηνικά (Nuclear)	0	0	0	-
Μεγάλα Υδροηλεκτρικά (Large hydro)	0	0	0	-
Γεωθερμία (Geothermal)	0	0	0	-
Βιομάζα (Biomass)	0	0,0320	0,0040	25%
Μικρά Υδροηλεκτρικά (Small hydro)	0	0	0	-
Ηλιακή Ενέργεια	0	0	0	-

(Solar)				
Προπάνιο (Propane)	63,1	0,0010	0,0010	45%

[Fenhann, 1999], [Fenhann, 2000], [The Danish Energy Agency, 1999]

Οι υπολογισμοί των παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου επηρεάζονται και από τις απώλειες λόγω διανομής και μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας (T & D losses). Οι τιμές των απωλειών κυμαίνονται από 8 – 10% της παραγόμενης ενέργειας για σύγχρονα δίκτυα διανομής σε εκβιομηχανισμένες περιοχές και 10 – 20% σε δίκτυα που εγκαθίστανται σε αναπτυσσόμενες περιοχές.

- ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN® INTERNATIONAL

Για την ανάλυση του τρόπου υπολογισμού της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του πίνακα 5.5 έχοντας ως παράδειγμα τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου 16 Α/Γ, ισχύος 600kW στην Ανώπολη Χανίων Κρήτης. Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι περιοχές μελέτης των νομών Ευβοίας και Αρκαδίας είναι συνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο διανομής ενέργειας της Ελλάδας ενώ η περιοχή μελέτης στο νομό Χανίων είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο διανομής της Κρήτης. Τέλος, στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η σύνθεση του μίγματος καυσίμου στο Ελληνικό δίκτυο ενέργειας.

Πίνακας 5.5: Δεδομένα για το Ηλεκτρικό Σύστημα των περιοχών μελέτης

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
ΕίδοςΚαυσίμου (Fuel type)	Αναλογία Καυσίμου (Fuel mix)	Συντελεστής Εκπομπών CO ₂	Συντελεστής Εκπομπών CH ₄	Συντελεστής Εκπομπών N ₂ O	Συντελεστής Απόδοσης Καυσίμου	Απώλειες T & D losses	Συντελεστής Μείωσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου GHG emission factor
	(%)	(kg/GJ)	(kg/GJ)	(kg/GJ)	(%)	(%)	(t _{co2} /MWh)
Άνθρακας (Coal)	60,0%	94,6	0,0020	0,0030	35%	8,0%	1,069
Μαζούτ (#6 oil)	10,0%	77,4	0,0030	0,0020	30%	8,0%	1,018
Φυσικό Αέριο (Natural gas)	5,0%	56,1	0,0030	0,0010	45%	8,0%	0,491
Πετρέλαιο [Diesel (#2 oil)]	22,0%	74,1	0,0020	0,0020	30%	8,0%	0,975
Αιολική Ενέργεια (Wind)	3,0%	0,0	0,0000	0,0000	0,0%	8,0%	0,000
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	270,2	0,0068	0,0080		8,0%	0,982

*Τα κελιά με λευκό χρώμα δέχονται εξωτερικά δεδομένα, ενώ

*Τα κελιά με σκιασμένο χρώμα είναι αποτέλεσμα υπολογισμών.

1. Ανάλυση υπολογισμού των τιμών στη ΣΤΗΛΗ 8 του πίνακα 5.5

- Για τον Άνθρακα:

1 ton CH₄ = 21 ton CO₂ → 0,0020 kg/GJ CH₄ [ΣΤΗΛΗ 4] = 0,042kg/GJ CO₂

1 ton N₂O = 310 ton CO₂ → 0,0030 kg/GJ CH₄ [ΣΤΗΛΗ 5] = 0,930kg/GJ CO₂

[ΣΤΗΛΗ 3] = 94,600 kg/GJ CO₂

95,572 kg/GJ CO₂

95,572 kg/GJ CO₂ = 0,344t_{co2}/GJ [1 GJ = 0,2778 MWh] →

→0,344 / 0,35 [ΣΤΗΛΗ 6] t_{co2}/GJ = 0,9829t_{co2}/GJ →

→0,9829 / (1-0,08) [ΣΤΗΛΗ 7] t_{co2}/GJ = **1,069 t_{co2}/GJ** [ΣΤΗΛΗ 8]

- Ομοίως και για τα άλλα καύσιμα

2. Ανάλυση υπολογισμού της τιμής **270,2 kg/GJ CO₂** [ΣΤΗΛΗ 3] του πίνακα 5.5

- Για τον Άνθρακα:

$$94,6 \text{ kg/GJ CO}_2 / 0,35 [\text{ΣΤΗΛΗ 6}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 270,286 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 270,286 / (1-0,08) [\text{ΣΤΗΛΗ 7}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 293,789 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 293,789 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \times 60\% [\text{ΣΤΗΛΗ 2}] = \mathbf{176,273 t_{\text{CO}_2}/GJ (1)}$$

- Για το Μαζούτι:

$$77,4 \text{ kg/GJ CO}_2 / 0,30 [\text{ΣΤΗΛΗ 6}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 258,0 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 258,0 / (1-0,08) [\text{ΣΤΗΛΗ 7}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 280,435 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 280,435 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \times 10\% [\text{ΣΤΗΛΗ 2}] = \mathbf{28,043 t_{\text{CO}_2}/GJ (2)}$$

- Για το Πετρέλαιο:

$$74,1 \text{ kg/GJ CO}_2 / 0,30 [\text{ΣΤΗΛΗ 6}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 247 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 247 / (1-0,08) [\text{ΣΤΗΛΗ 7}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 268,478 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 268,478 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \times 22\% [\text{ΣΤΗΛΗ 2}] = \mathbf{59,065 t_{\text{CO}_2}/GJ (3)}$$

- Για το φυσικό αέριο:

$$56,1 \text{ kg/GJ CO}_2 / 0,45 [\text{ΣΤΗΛΗ 6}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 124,66 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 124,66 / (1-0,08) [\text{ΣΤΗΛΗ 7}] t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} = 135,5 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \rightarrow$$

$$\rightarrow 135,5 t_{\text{CO}_2}/\text{GJ} \times 5\% [\text{ΣΤΗΛΗ 2}] = \mathbf{6,775 t_{\text{CO}_2}/GJ (4)}$$

$$(1)+(2)+(3)+(4) = \mathbf{176,273+28,043+59,065+6,775 t_{\text{CO}_2}/GJ = 270,2 t_{\text{CO}_2}/GJ}$$

Ομοίως και για το CH₄ [ΣΤΗΛΗ 4] και το N₂O [ΣΤΗΛΗ 5]

3. Ανάλυση υπολογισμού της τιμής **0,982 t_{CO2}/MWh** στη ΣΤΗΛΗ 8 του παραπάνω Πίνακα. Η τιμή αυτή αποτελεί το συντελεστή εκπομπών GHG.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών

Πίνακας 5.6: Σύνοψη αποτελεσμάτων από τους υπολογισμούς των Συντελεστών Μείωσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 8	[ΣΤΗΛΗ 2]x[ΣΤΗΛΗ 8]
Είδος καυσίμου (Fuel type)	Αναλογία καυσίμου (Fuel mix)	Συντελεστής Μείωσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου GHG emission factor	
	(%)	(t _{CO2} /MWh)	(t _{CO2} /MWh)
Άνθρακας	60%	1,069	0,6414
Μαζούτ	10%	1,018	0,1018
Πετρέλαιο	22%	0,975	0,2145
Φυσικό Αέριο	5%	0,491	0,0245
ΣΥΝΟΛΟ			0,982

Ο συντελεστής εκπομπών GHG υπολογίζει τις εκπομπές τόνων CO₂ για κάθε διανεμόμενη MWh από το σύστημα παραγωγής ενέργειας.

Στους πίνακες 5.7, 5.8 και 5.9 που ακολουθούν παρουσιάζονται μετεωρολογικά δεδομένα των περιοχών μελέτης με σκοπό τον καθορισμό της Μέσης Ετήσιας Θερμοκρασίας (°C) των περιοχών αυτών (Στοιχεία ΚΑΠΕ).

Πίνακας 5.7: Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής των Χανίων

Μήνας	Μέση θερμοκρασία αέρα	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία
		°C	°C
1	11,6	25,6	0,5
2	11,8	29,4	0
3	13,2	34	0,4
4	16,3	35,8	5
5	20,1	38,6	8,5

6	24,5	40	13
7	26,5	42,5	16,6
8	26,1	41,2	12,5
9	23,3	39,6	10,5
10	19,4	35,6	9,2
11	16,1	35	2
12	13,1	28,8	3,6
M.O	18,5	35,51	6,82

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2005

Πίνακας 5.8: Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής της Χαλκίδας

Μήνας	Μέση θερμοκρασία αέρα	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία
		°C	°C
1	9,1	12,7	5,2
2	9,1	12,4	5,1
3	11,8	14,8	6,9
4	16,1	18,6	9,9
5	20,7	22,6	14,3
6	25,8	26,4	18,9
7	27,8	27,6	21,4
8	27,5	27,2	21,5
9	24,5	25	17,9
10	19,7	21	14,4
11	13,9	16	9,9
12	10,5	13,9	6,6
M.O	18,04	19,85	12,67

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2005

Πίνακας 5.9: Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής της Τρίπολης

Μήνας	Μέση θερμοκρασία αέρα	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία
		°C	°C
1	5,1	20,4	-17
2	5,8	24,2	-15,8
3	8	25,4	-16
4	11,8	29,8	-4,2
5	16,9	37	-0,2
6	22	39,8	4
7	24,5	42,2	7,6
8	24,1	43	7,8
9	20	37,4	0,4
10	14,6	37	-2,6
11	10	28	-7
12	6,8	22,6	-11
Μ.Ο	14,13	32,23	-4,5

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2005

5.3.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

- Δεδομένα που αφορούν την ανάλυση κόστους:

1. Το γενικό κόστος μιας Α/Γ είναι 1.000€ ανά Kw, επομένως για το αιολικό πάρκο 10MW και 9.600MW το κόστος των Α/Γ θα είναι 10.000.000€ αντίστοιχα.
2. Το κόστος των ανταλλακτικών περιγράφεται ως ποσοστό του συνολικού κόστους των Α/Γ. Το ποσοστό κυμαίνεται από 1,5 έως 30%. Η χαμηλότερη τιμή αντιστοιχεί σε μεγάλα αιολικά πάρκα ενώ η ψηλότερη σε μικρά. Για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκε το ποσοστό 3% το οποίο εκφράζει ικανοποιητικά ένα αιολικό πάρκο 10MW.
3. Οι δαπάνες λόγω μεταφορών για τον εξοπλισμό και τα δομικά υλικά ποικίλουν ανάλογα με τον διαθέσιμο τρόπο μεταφοράς και τη θέση της περιοχής εγκατάστασης του πάρκου. Σε πολλές περιπτώσεις το κόστος εξαρτάται από την απόσταση και βασίζεται σε έναν τύπο όγκου/βάρους. Τα έξοδα αποστολής πρέπει να ληφθούν από τους ναυτικούς

πράκτορες. Για τους μεγαλύτερους στροβίλους, ο πύργος μεταφέρεται συχνά, σε 2 ή 3 τμήματα και συγκεντρώνεται στην περιοχή. Για το αιολικό πάρκο των 10MW.

4. Για ένα αιολικό πάρκο τα στοιχεία που αφορούν την ισορροπία της εγκατάστασης περιλαμβάνουν: τα θεμέλια των Α/Γ, την ανέγερση, την οδική οικοδόμηση, τη γραμμή μετάδοσης, τον υποσταθμό και τις δαπάνες μεταφορών. Για ένα μεγάλο αιολικό πάρκο, οι δαπάνες εγκατάστασης είναι μεταξύ 17 και 26% του συνολικού κόστους, ενώ για ένα μικρό αιολικό πάρκο είναι μεταξύ 13 και 22%. Στην περίπτωση ενός ενιαίου στροβίλου, αυτό το κόστος εξαρτάται ιδιαίτερα από τις ιδιαίτερες περιστάσεις του προγράμματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε ποσοστό 23,4%.
5. Οι διάφορες δαπάνες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου και δεν έχουν ληφθούν υπόψη στα προηγούμενα τμήματα περιλαμβάνουν την κατάρτιση, την ανάθεση, τα απρόβλεπτα έξοδα και το επιτόκιο κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου. Για ένα μεγάλο αιολικό πάρκο, οι διάφορες δαπάνες, αποκλείοντας τα απρόβλεπτα έξοδα, είναι μεταξύ 1 και 4% του συνολικού κόστους. Για ένα μικρό αιολικό πάρκο είναι μεταξύ 2 και 15%. Χαρακτηριστικά, μια ανάλυση των επιπέδων των διαφόρων δαπανών, υπολογίζεται από 5 ως 40% των συνολικών αρχικών δαπανών ενώ το επιτόκιο για 12 μήνες έως την ολοκλήρωση του πάρκου κυμαίνεται από 3 έως 15%. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε το ποσοστό των 5% για τις διάφορες δαπάνες και 6% για το επιτόκιο κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου.

- Δεδομένα για τα οικονομικά αποτελέσματα:

1. Τιμή kWh= 0.09171€ (μέση αντιπροσωπευτική τιμή Σεπτεμβρίου 2005), σύμφωνα με τη ΡΑΕ για τους καταναλωτές
2. Πληθωρισμός= 3%
3. Το ποσοστό έκπτωσης είναι το ποσοστό που χρησιμοποιείται για να απορρίψει τις μελλοντικές ροές μετρητών προκειμένου να ληφθεί η

παρούσα αξία τους και κυμαίνεται από 3 έως 18%. Για το συγκεκριμένο έργο επιλέχθηκε 5%.

5.3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (RETScreen® International) ΣΤΙΣ 3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.

Όπως έχει ήδη περιγραφεί στο κεφάλαιο 4 με τη βοήθεια του ενεργειακού υποδείγματος του λογισμικού RETScreen® International θα υπολογιστεί η ανανεώσιμη παραγόμενη αιολική ενέργεια προς διανομή (MWh) ενός αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης - Ανώπολη Χανίων στην Κρήτη, Αγίου Δημητρίου στη Νότια Εύβοια και Πελετά Αρκαδίας στην Πελοπόννησο- με εγκατεστημένη ισχύ 10.000 kW.

Τα βασικά στοιχεία αναφοράς, τα οποία διαφοροποιούνται στους υπολογισμούς είναι η ταχύτητα του ανέμου και η επιλογή του τύπου των Α/Γ. Αναφορικά με τη Μέση Ετήσια ταχύτητα του ανέμου των περιοχών μελέτης θα ληφθούν τιμές που θα κυμαίνονται από 6,5m/sec έως 10m/sec.

Για την επιλογή του τύπου των Α/Γ που θα εγκατασταθούν έχουν επιλεγεί 3 κατασκευαστικοί οίκοι Α/Γ (VESTAS, GAMESA, NORDEX), οι οποίοι θεωρούνται κολοσσοί στο χώρο της αιολικής ενέργειας.

Τα χαρακτηριστικά των Α/Γ που έχουν επιλεγεί και παρουσιάζονται στον πίνακα 5.10 διαφέρουν ως προς την ισχύ. Έχουν επιλεγεί Α/Γ με ισχύ 600 και 2000 kW, ενώ το ύψος της κεφαλής του δρομέα κυμαίνεται από 60m έως 78m από το έδαφος.

Πίνακας 5.10: Α/Γ που επιλέχθηκαν για τα αιολικά πάρκα της Εύβοιας της Κρήτης και της Αρκαδίας

A/A	ΟΙΚΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Τύπος (Model)	Ισχύς	Ύψος της κεφαλής	Διάμετρος	Περιοχή σάρωσης
	(Spplier)		Α/Γ	του Δρομέα	ρότορα	του δρομέα
			kW	m	m	m ²
1	Vestas Wind Systems	VESTAS V80 / 2.0 MW	2000	60	80	5.027
2	Gamesa Wind Systems	GAMESA G80 / 2.0 MW	2000	60	80	5.027
3	Nordex Blacke	NORDEX N43	600	60	43	1.452
4	Vestas Wind Systems	VESTAS V80 / 2.0 MW	2000	78	80	5.027
5	Gamesa Wind Systems	GAMESA G80 / 2.0 MW	2000	78	80	5.027
6	Nordex Blacke	NORDEX N43	600	78	43	1.452

Για την εφαρμογή του ενεργειακού υποδείγματος του λογισμικού RETScreen® International χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες τιμές για ορισμένες παραμέτρους που επηρεάζουν τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας. Στον πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι παράμετροι, οι πηγές αναφοράς και οι τιμές που ελήφθησαν ως δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης. Βασική παραδοχή που χρησιμοποιείται είναι ότι το ύψος υπολογισμού της ταχύτητας είναι στα 25m.

Πίνακας 5.11: Παράμετροι, πηγές αναφοράς και τιμές που ελήφθησαν ως δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης

A. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (ENERGY MODEL)					
A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΕΛΗΦΘΗΣΑΝ		
			ΧΑΝΙΑ	ΧΑΛΚΙΔΑ	ΤΡΙΠΟΛΗ
1	Ύψος υπολογισμού της ταχύτητας(m)	Τιμές από 3,0 έως 100,0 m	25 m	25 m	25 m
2	Εκθέτης μείωσης της ταχύτητας του ανέμου	Τιμές από 0,10 έως 0,40	0,25	0,25	0,25
3	Μέση ετήσια ατμοσφαιρική πίεση (kPa)	Τιμές από 60,0 έως 103,0 kPa	Από την Ε.Μ.Υ για την περιοχή των Χανίων 101,53kPa	Από την Ε.Μ.Υ για την περιοχή της Χαλκίδας 101,5kPa	Από την Ε.Μ.Υ για την περιοχή της Τρίπολης 101,72kPa
4	Μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής	Πίνακες 5.7,5.8 και 5.9	18,5 C⁰	18,04 C⁰	14,13 C⁰
5	Απώλειες λόγω διάταξης των Α/Γ (Array losses)	Τιμές από 0% έως 20%	3%	3%	3%
6	Απώλειες λόγω της επίδρασης της μόλυνσης/σκόνης, του αέρα και του παγετού(Airfoil soiling and/or icing losses)	Τιμές από 1% έως 10%	2%	2%	2%
7	Απώλειες λόγω σταμάτημα της λειτουργίας τους(Downtime)	Τιμές από 2% έως 7%	2%	2%	2%

8	Διάφορες άλλες απώλειες	Τιμές από 2% έως 6%	4%	4%	4%
9	Καθορισμός τύπου συστήματος [Συνδεδεμένο στο δίκτυο (Central Grid) ή μεμονωμένο (Isolated Grid)]		Συνδεδεμένο στο δίκτυο (Central Grid)	Συνδεδεμένο στο δίκτυο (Central Grid)	Συνδεδεμένο στο δίκτυο (Central Grid)

5.3.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Βάσει των παραπάνω δεδομένων, τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από το λογισμικό διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: Ενεργειακά, Περιβαλλοντικά και Οικονομικά για δύο περιπτώσεις α)Χωρίς επιδότηση από το κράτος και β)Με επιδότηση 30% από το κράτος. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω για τις τρεις περιοχές μελέτης.

Α) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ενεργειακά αποτελέσματα για τις τρεις περιοχές μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.12: Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τις τρεις περιοχές μελέτης με ύψος δρομέα στα 60m και 78m

Α.

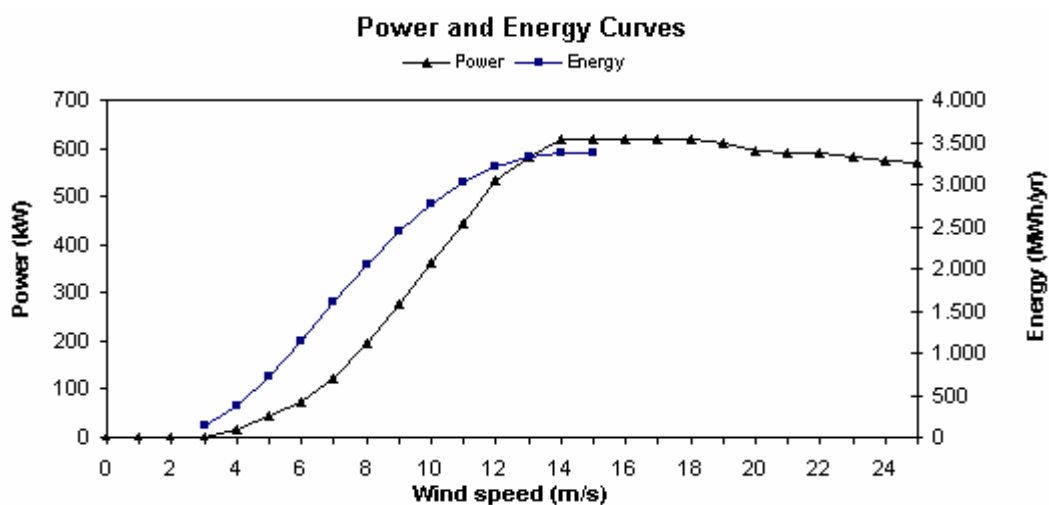
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)		
Ύψος Δρομέα 60m	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
NORDEX N43 / 600kW	41.349	46.201	29.756
VESTAS V80 / 2MW	43.414	48.390	31.511
GAMESA G80 / 2MW	43.732	48.636	31.959

B.

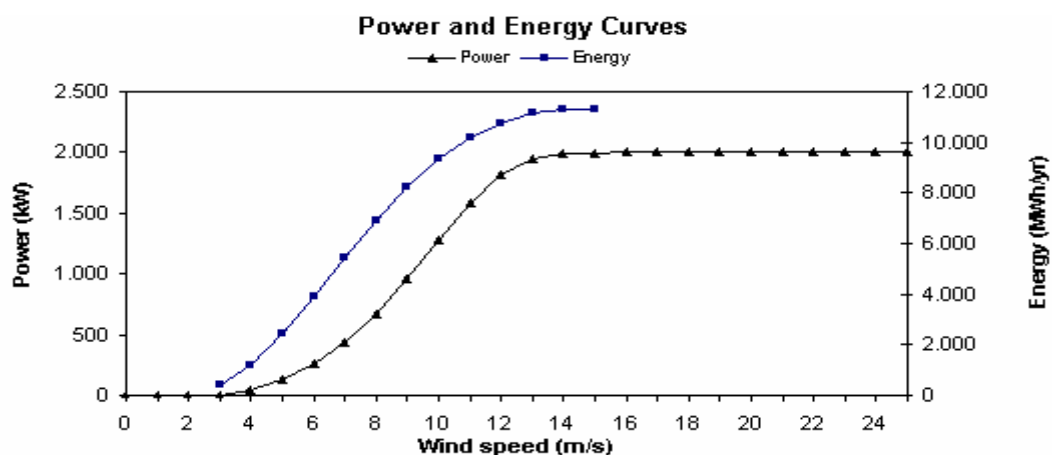
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)		
Ύψος Δρομέα 78m	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
NORDEX N43 / 600kW	43.654	47.315	32.857
VESTAS V80 / 2MW	45.777	49.532	34.705
GAMESA G80 / 2MW	46.064	49.752	35.124

Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) είναι όμοια και για τις τρεις περιοχές μελέτης και απεικονίζουν γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες.

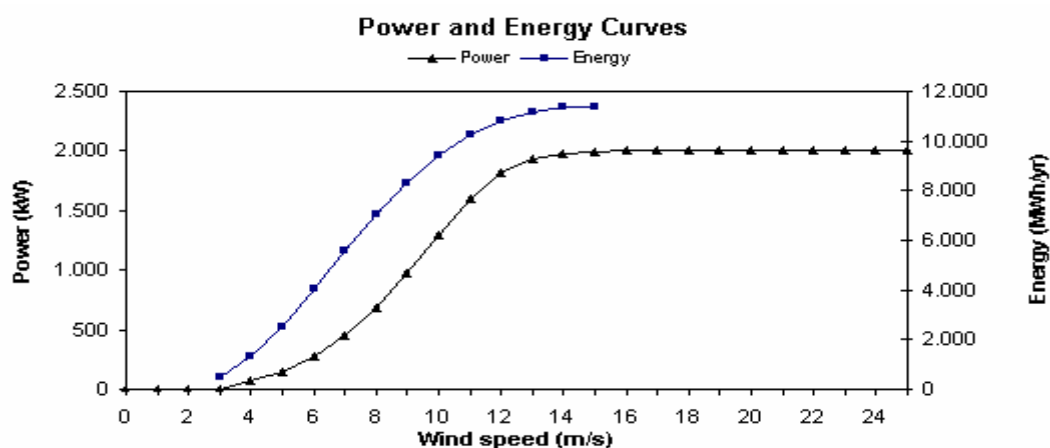
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m



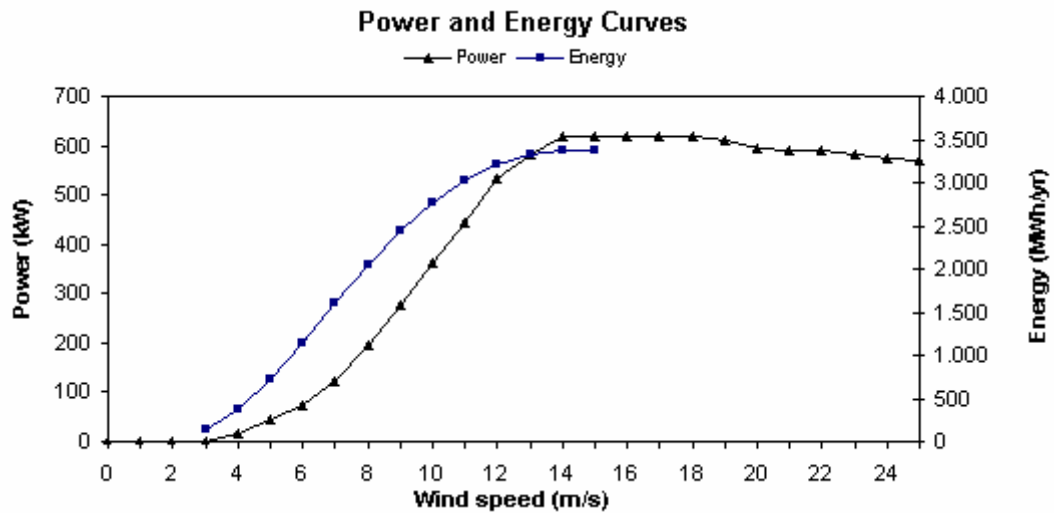
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



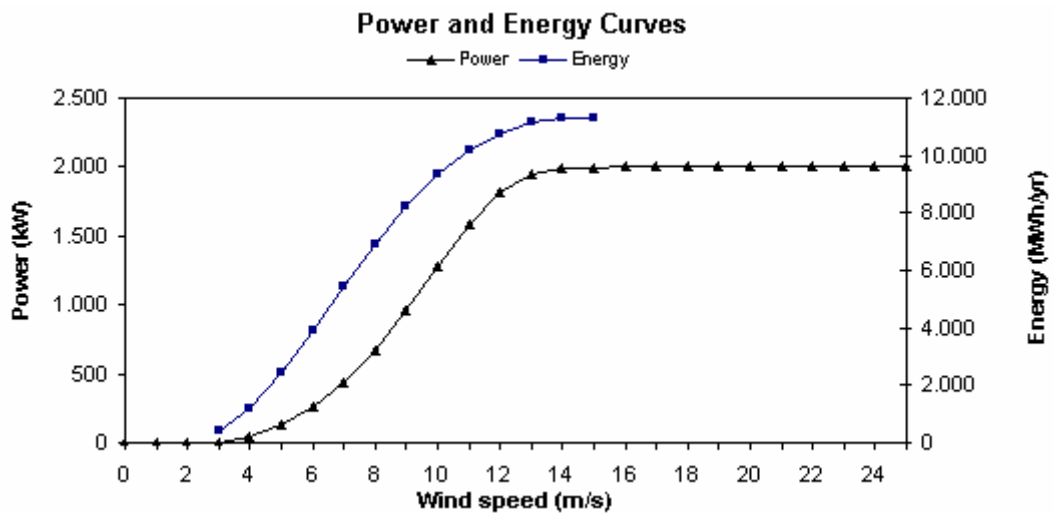
Σχήμα 5.3: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



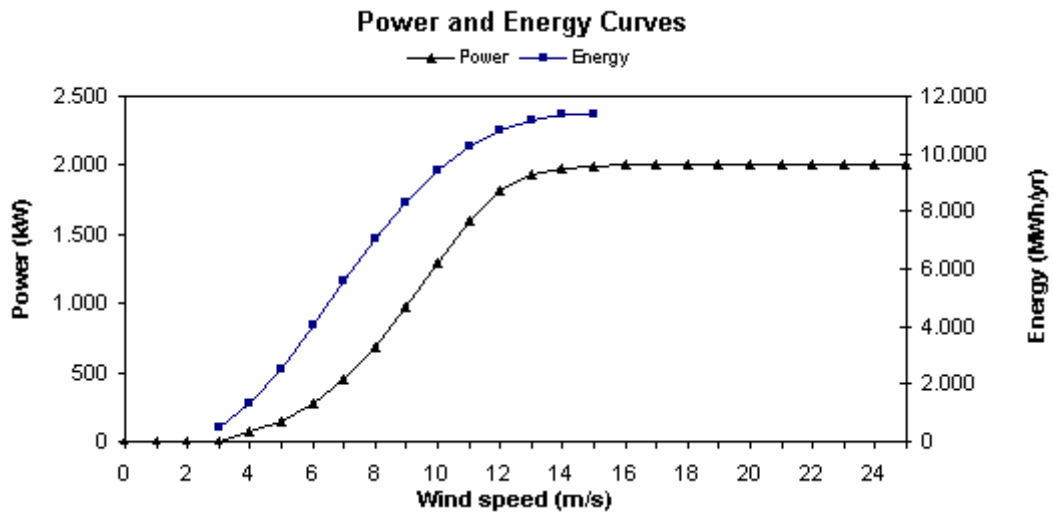
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την ΑΓ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.6: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την ΑΓ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Β) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα σε σχέση με την τιμή της καθαρής ετήσιας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τις τρεις περιοχές μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.13: Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τις τρεις περιοχές μελέτης με ύψος δρομέα στα 60m και 78m

A.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t _{CO2})		
	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
Υψος Δρομέα 60m			
NORDEX N43 / 600kW	37.358	41.742	26.884
VESTAS V80 / 2MW	39.224	43.719	28.469
GAMESA G80 / 2MW	39.511	43.941	28.874

B.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t _{CO2})		
	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
Υψος Δρομέα 78m			
NORDEX N43 / 600kW	39.440	42.748	29.686
VESTAS V80 / 2MW	41.358	44.751	31.356
GAMESA G80 / 2MW	41.618	44.950	31.734

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Γ) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα οικονομικά αποτελέσματα σε σχέση με τις συνολικές δαπάνες για τις διαφορετικές τιμές της ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης με τα έτη απόσβεσης της δαπάνης του πάρκου στις τρεις περιοχές μελέτης.

Πίνακας 5.14: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού στις τρεις περιοχές μελέτης για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

Τύπος Α/Γ	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου χωρίς επιδότηση (σε €)	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου με επιδότηση 30% (σε €)
NORDEX N43 / 600kW	19.440.179	17.536.306
VESTAS V80 / 2MW	19.493.172	17.589.300
GAMESA G80 / 2MW	19.493.172	17.589.300

*Από τα παραπάνω αποτελέσματα για το συνολικό κόστος των Α/Γ Vestas και Gamesa, παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι ίδιες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι δυο Α/Γ είναι ίδιας ισχύος, λόγω όμως των διαφορετικών καμπυλών ισχύος που εμφανίζει κάθε Α/Γ, οι υπόλοιποι οικονομικοί δείκτες μεταβάλλονται και γίνεται σύγκριση των δυο τύπων Α/Γ.

Πίνακας 5.15: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού στις τρεις περιοχές μελέτης για τη χρονική διάρκεια απόσβεσης του έργου για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

A.

Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)		
Ύψος Δρομέα 60m	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
NORDEX N43 / 600kW	4,6 (4,1)	4,0 (3,6)	6,9 (6,2)
VESTAS V80 / 2MW	4,3 (3,9)	3,8 (3,5)	6,4 (5,8)
GAMESA G80 / 2MW	4,3 (3,9)	3,8 (3,4)	6,3 (5,7)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

B.

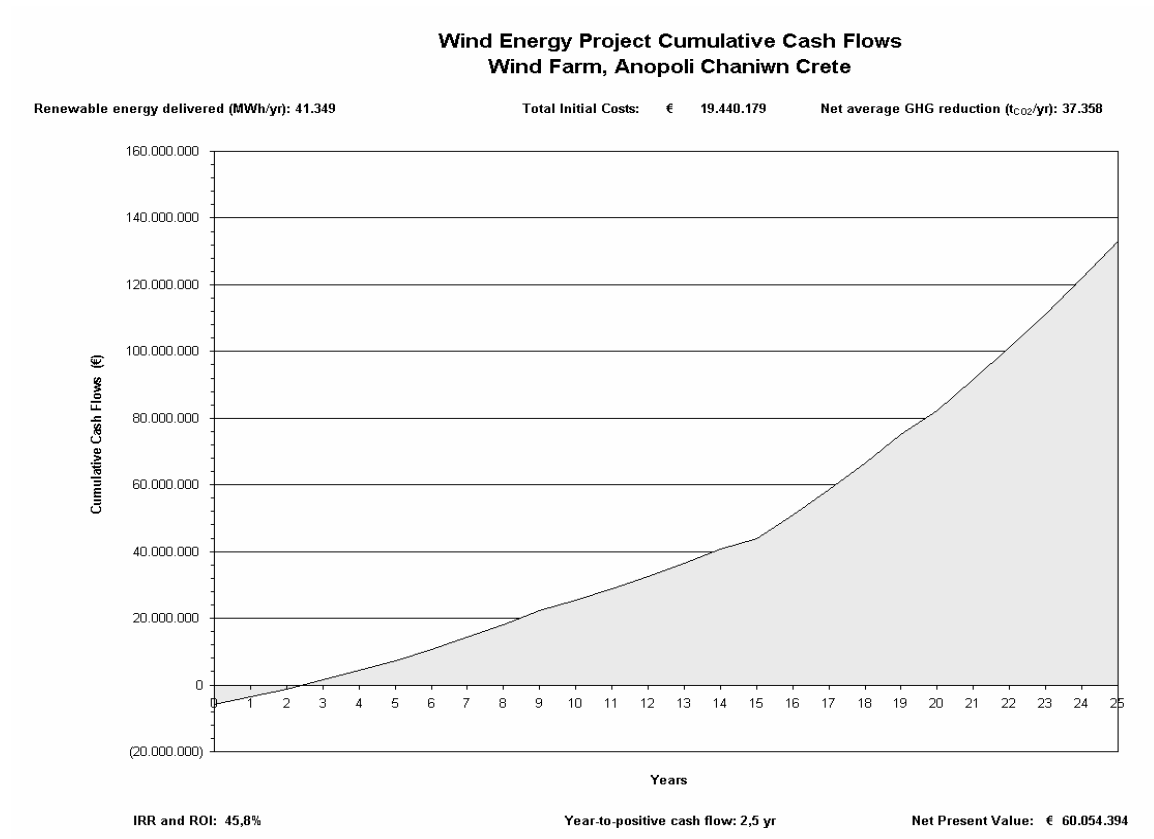
Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)		
Ύψος Δρομέα 78m	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
NORDEX N43 / 600kW	4,3 (3,9)	3,9 (3,5)	6,1 (5,5)
VESTAS V80 / 2MW	4,1 (3,7)	3,7 (3,4)	5,7 (5,1)
GAMESA G80 / 2MW	4,0 (3,7)	3,7 (3,3)	5,6 (5,0)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

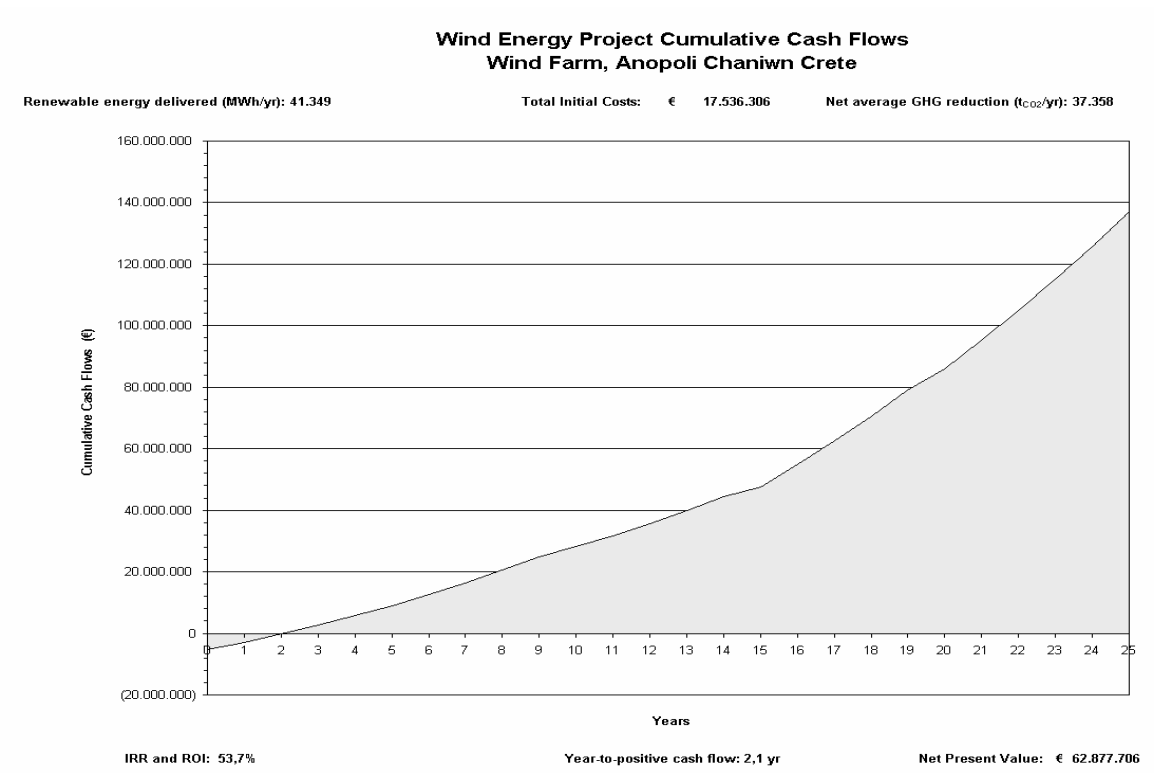
Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) απεικονίζουν και για τις τρεις περιοχές μελέτης γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες. Εδώ παρατίθενται τα γραφήματα που αντιστοιχούν στην περιοχή Ανώπολη Χανίων Κρήτης και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση 30%), τα γραφήματα των δυο άλλων περιοχών μελέτης φαίνονται στο παράρτημα στην ενότητα 5.

- Ανώπολη Χανίων Κρήτης

Σχήμα 5.7: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%)

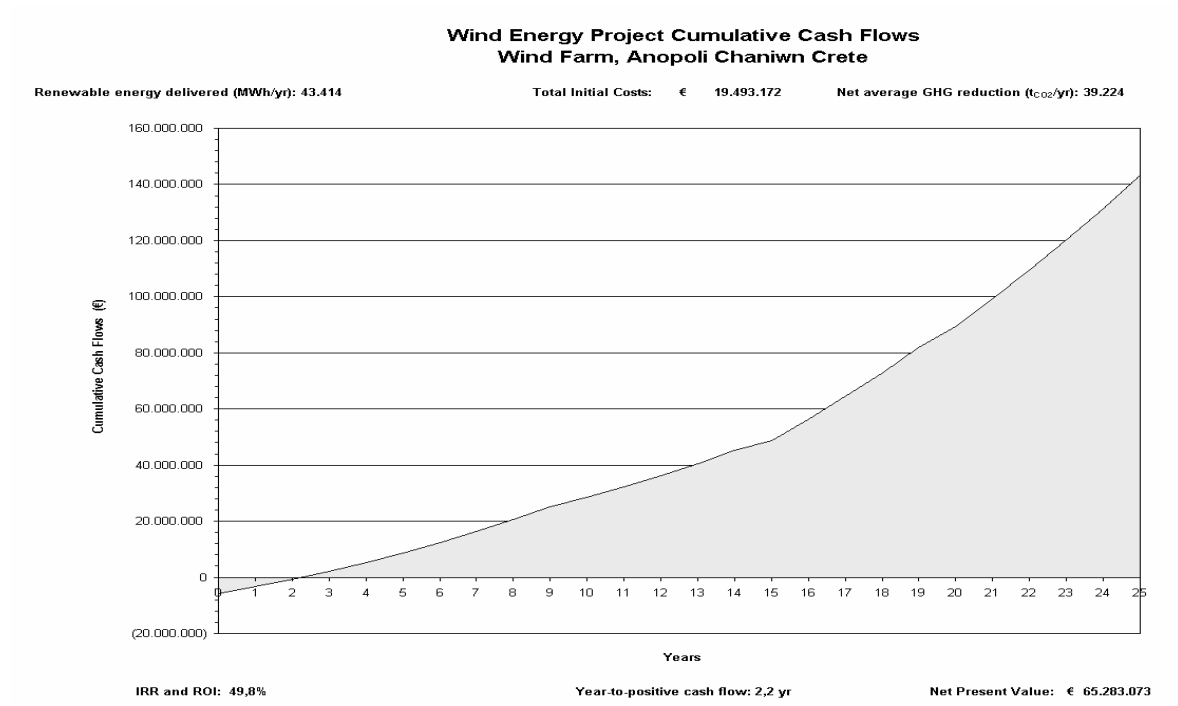


*Χωρίς επιδότηση

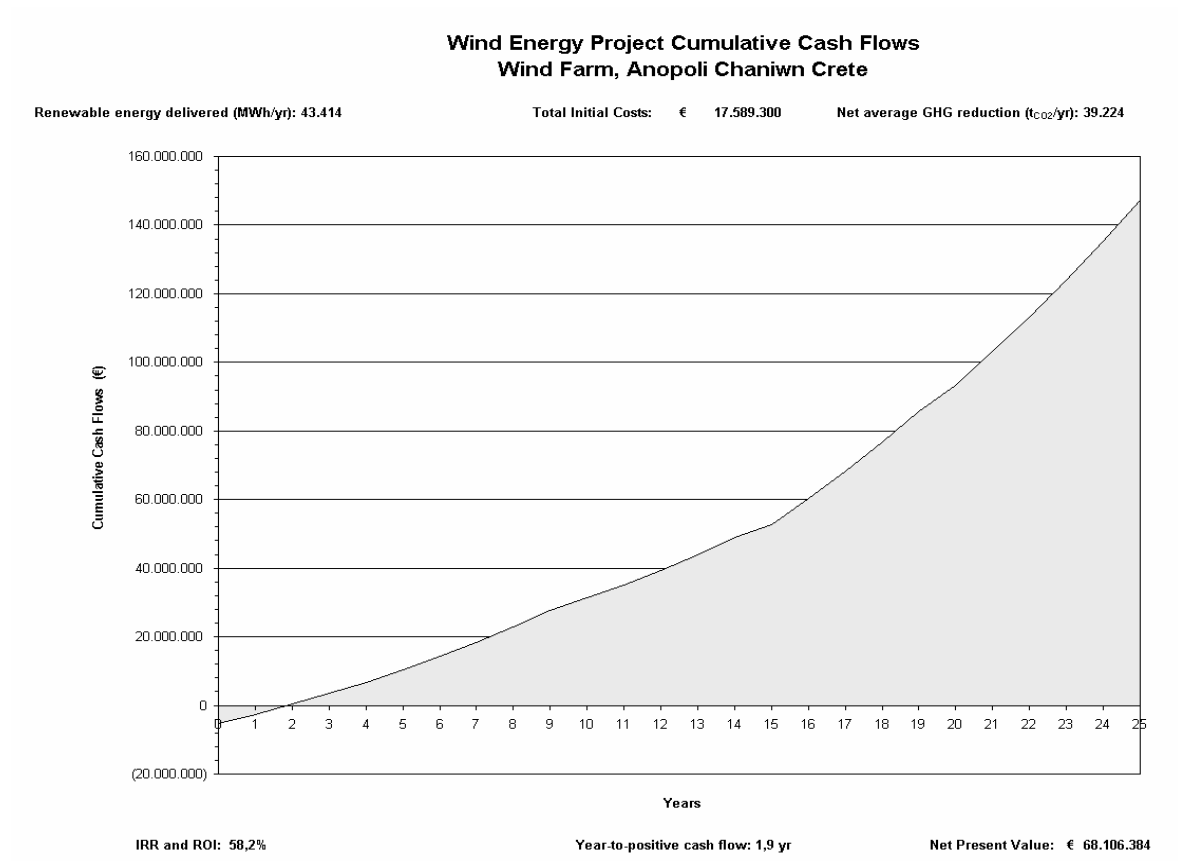


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.8: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%)

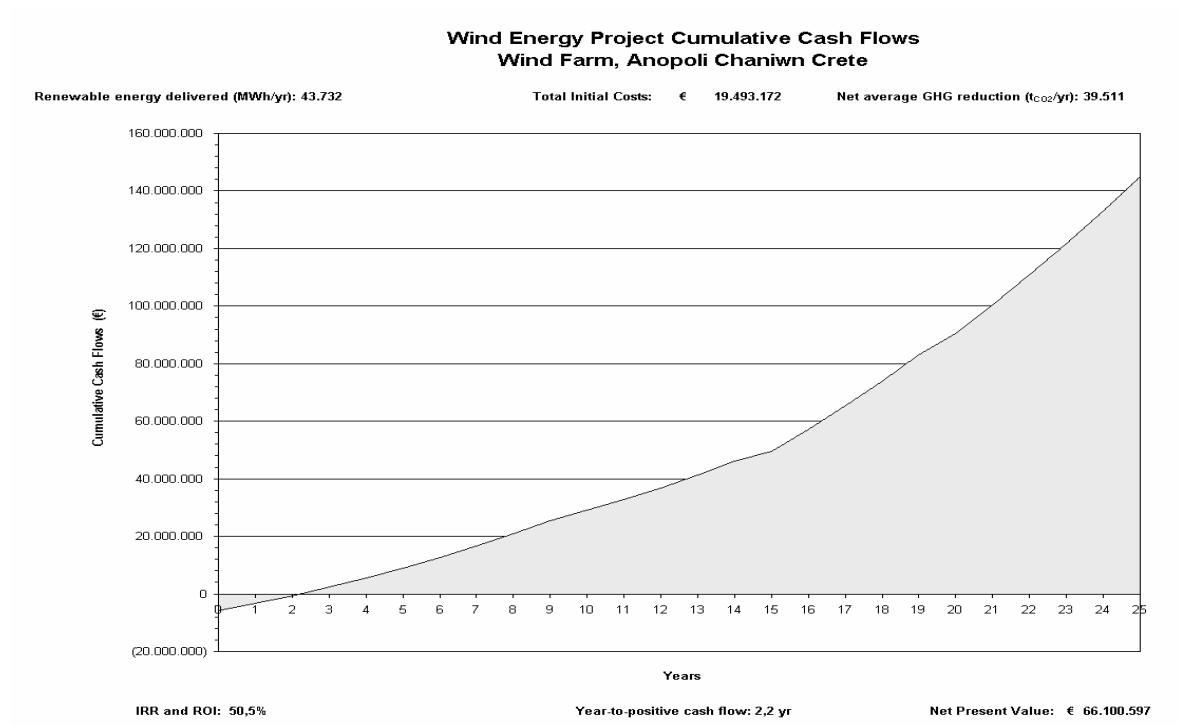


*Χωρίς επιδότηση

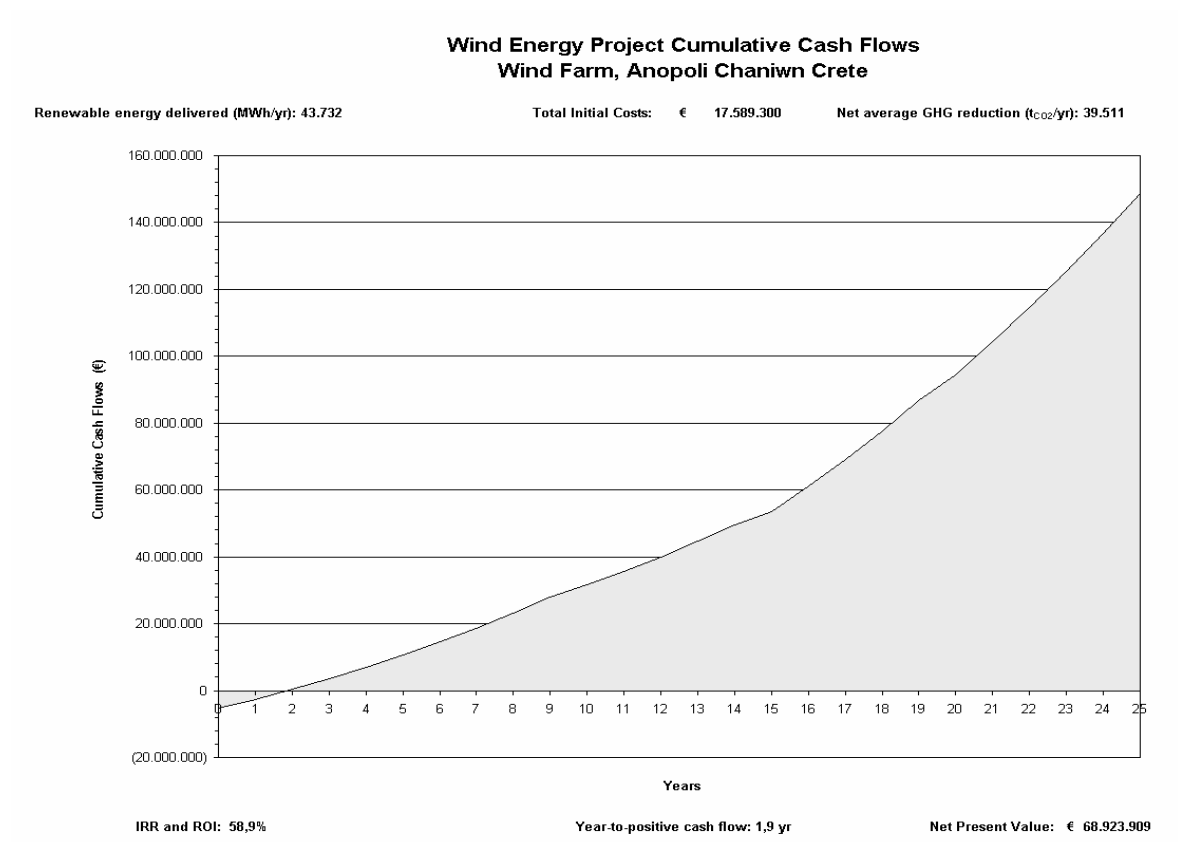


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

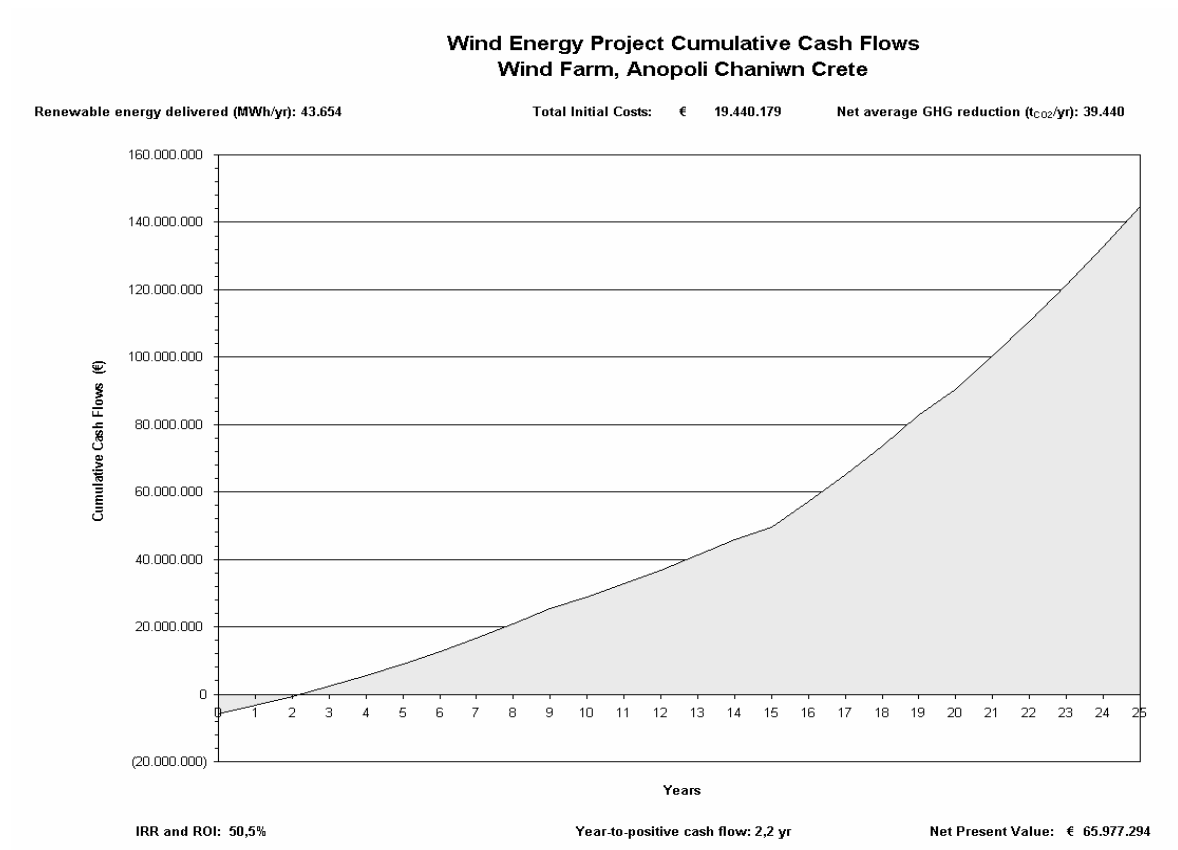


*Χωρίς επιδότηση

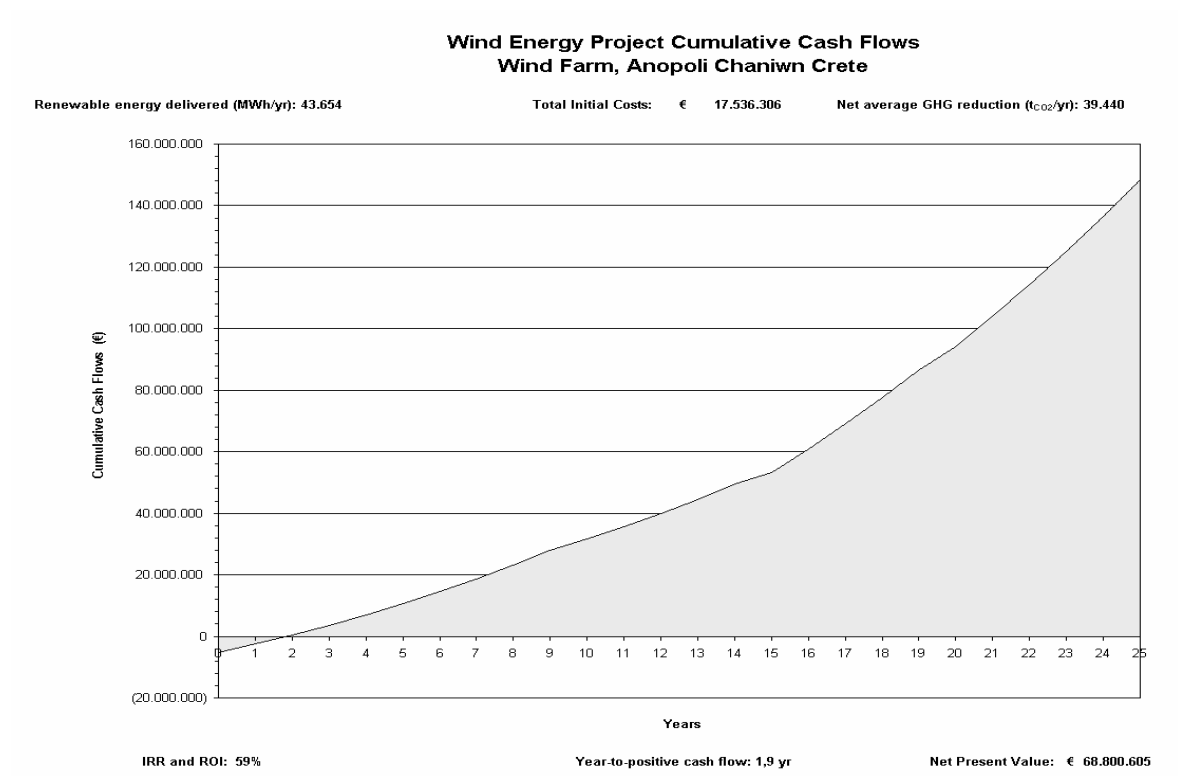


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.10: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

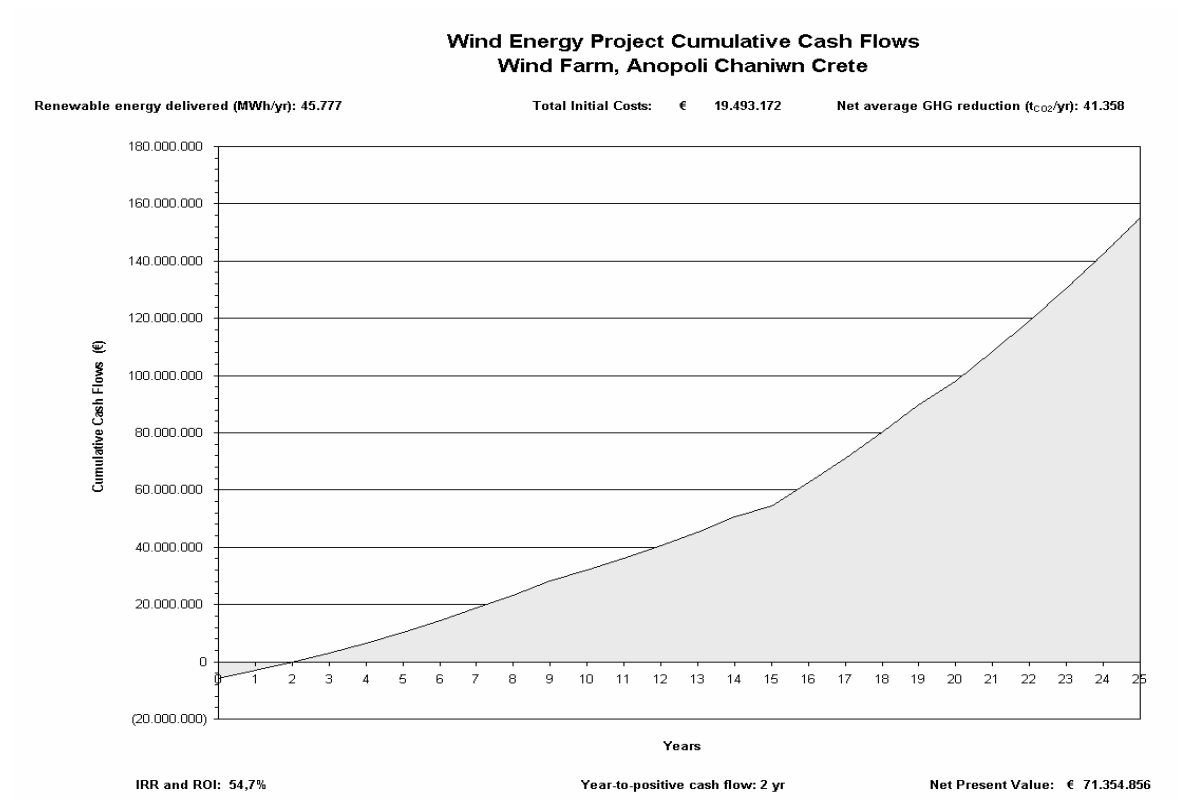


*Χωρίς επιδότηση

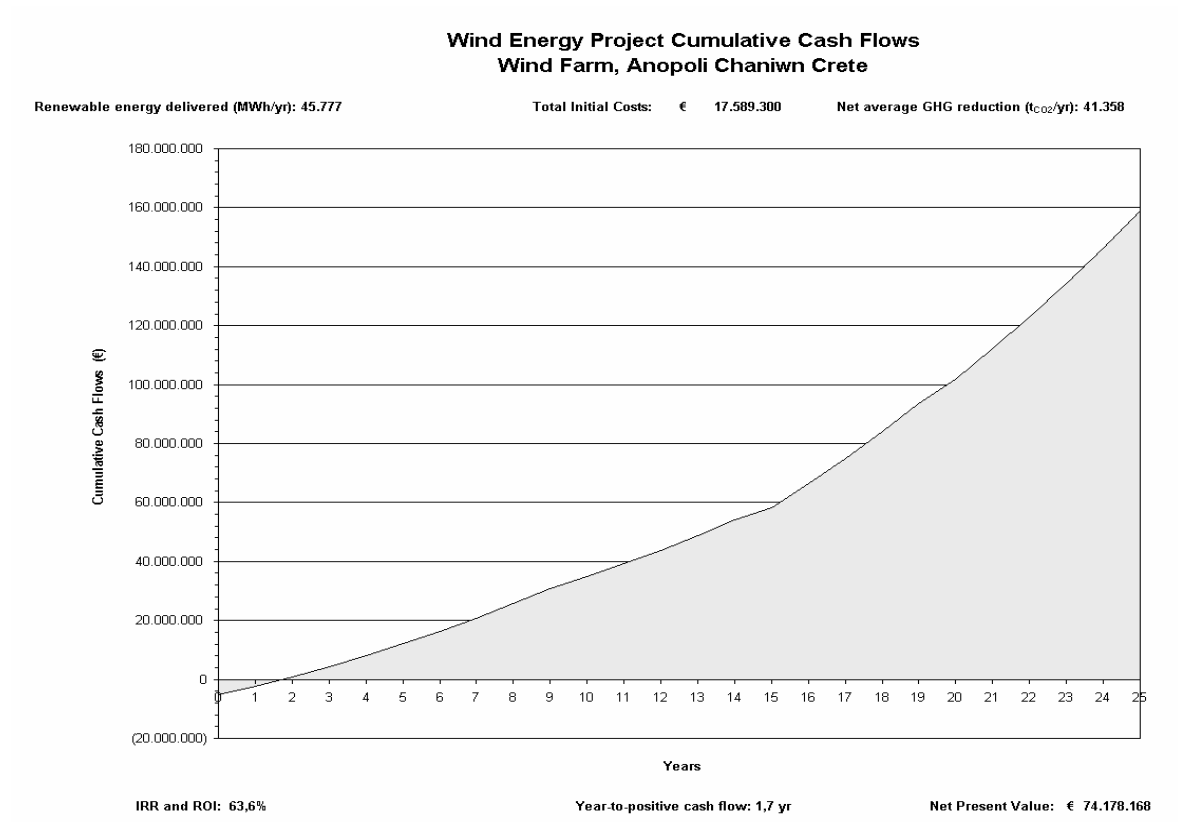


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.11: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

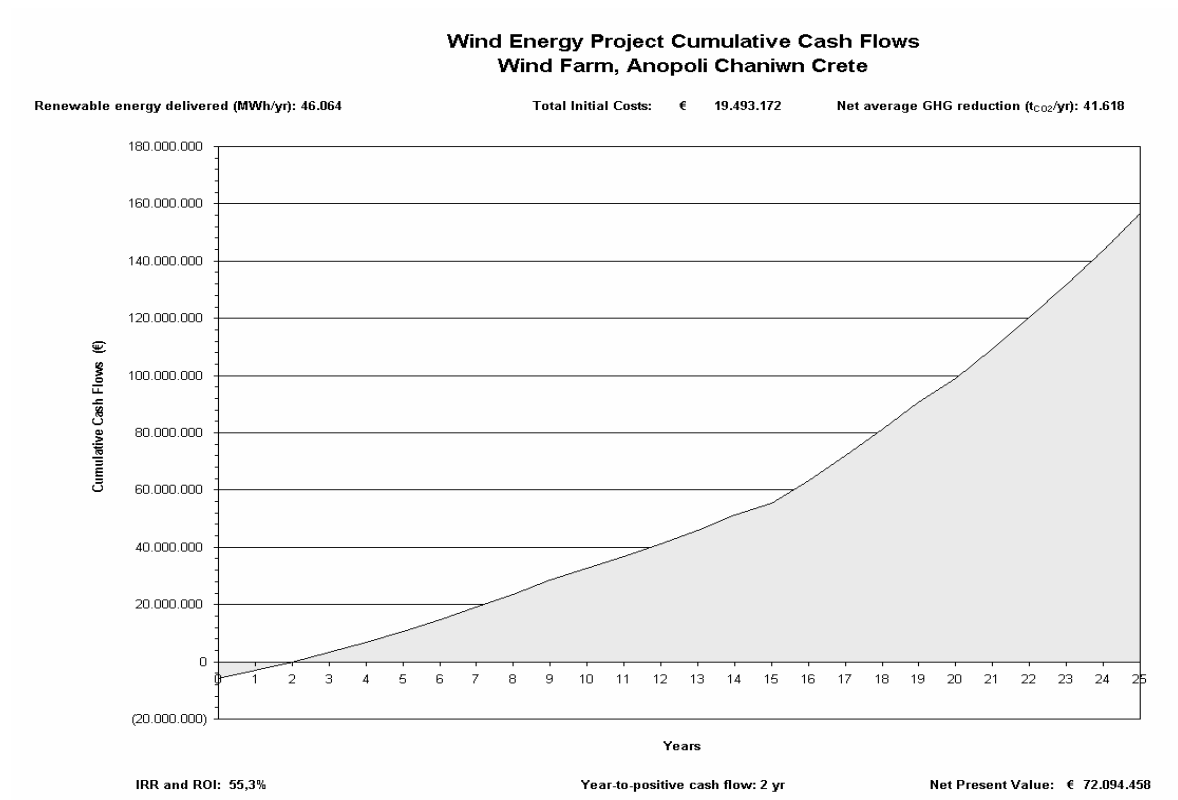


*Χωρίς επιδότηση

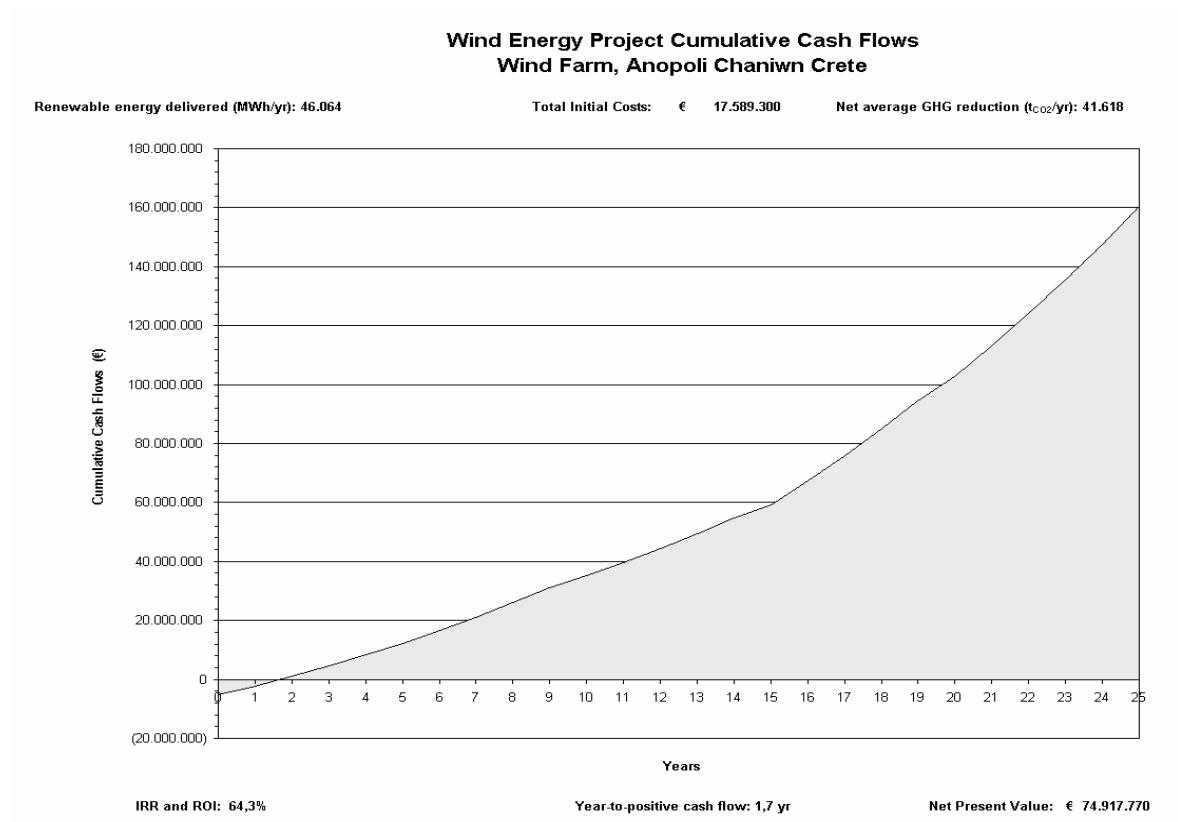


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.12: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



*Χωρίς επιδότηση



*Με επιδότηση

5.3.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Παρατηρώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από την εφαρμογή του λογισμικού RETScreen® International μπορούν να εξαχθούν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά συμπεράσματα ως προς την επιλογή των Α/Γ προς εγκατάσταση και ως προς τον καθορισμό της οικονομικής τακτικής, έτσι ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Η παρουσίαση των συμπερασμάτων χωρίζεται στις παρακάτω τρεις ενότητες με κριτήρια τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων ανεμογεννητριών.

A) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση στη συνέχεια των Α/Γ που θα επιλεγθούν για τη δημιουργία του αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης, θα πρέπει να στηρίζεται και στην ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας που θα ληφθεί για διαφορετικές ταχύτητες ανέμου.

Από τους πίνακες εξάγονται τα εξής συμπεράσματα για τις περιοχές μελέτης:

- Ανώπολη Χανίων Κρήτης

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.1

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Α. και τα σχήματα 5.2 και 5.3 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.4

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Β. και τα σχήματα 5.5 και 5.6 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.1 έως 5.6). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.16 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.16: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή της Ανώπολης.

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	NORDEX N43	600	78	16
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW (συνολικής ισχύος 9.600kW) με ύψος δρομέα 78m (NORDEX N43), δίνει μεγαλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW (συνολικής ισχύος 10.000kW) με ύψος δρομέα 60m (VESTAS V80).
4. Παρόλο που αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43) παράγει τη μικρότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec, εντούτοις μπορεί να εκμεταλλευτεί αιολικό δυναμικό μέχρι ταχύτητες ανέμου 12 - 13m/sec.

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

- Άγιος Δημήτριος Ευβοίας

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.1

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Α. και τα σχήματα 5.2 και 5.3 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.4

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Β. και τα σχήματα 5.5 και 5.6 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.1 έως 5.6). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.17 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.17: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Παρόλο που αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43) παράγει τη μικρότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec, εντούτοις μπορεί να εκμεταλλευτεί αιολικό δυναμικό μέχρι ταχύτητες ανέμου m/sec 12-13m/sec.

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

- Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.1

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Α. και τα σχήματα 5.2 και 5.3 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.4

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- GAMESA G80 /2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.12 Β. και τα σχήματα 5.5 και 5.6 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.1 έως 5.6). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.18 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.18: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την περιοχή της Πελετά

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	NORDEX N43	600	78	16
4	GAMESA G80	2000	60	5
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 78m (NORDEX N43), δίνει μεγαλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 60m (GAMESA G80 και VESTAS V80).
4. Παρόλο που αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43) παράγει τη μικρότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec, εντούτοις μπορεί να εκμεταλλευτεί αιολικό δυναμικό μέχρι ταχύτητες ανέμου 12 - 13m/sec.

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Β) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η αξιολόγηση με περιβαλλοντικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο των περιοχών μελέτης είναι απαραίτητη γιατί από τα αποτελέσματα κρίνεται και η αποδοχή του πάρκου από την εκάστοτε κοινωνία των περιοχών. Το περιβαλλοντικό κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων Α/Γ.

Από τους πίνακες 5.13 Α. και Β. εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Ανώπολη Χανίων Κρήτης

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Α.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Α. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 60m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Β.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Β. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Πίνακες 5.13 Α. και Β.). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των αερίων CO₂ για ταχύτητα

ανέμου 8,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν περιβαλλοντικά έναντι των υπολοίπων.

2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.19 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.19: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO₂ για την περιοχή της Ανώπολης

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	NORDEX N43	600	78	16
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 78m (NORDEX N43), επιφέρει μεγαλύτερη μείωση εκπομπών αερίων CO₂, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 60m (VESTAS V80).

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

- Άγιος Δημήτριος Ευβοίας

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Α.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Α. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Β.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Β. οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Πίνακες 5.13 Α. και Β.). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των αερίων CO₂ για ταχύτητα ανέμου 10m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν περιβαλλοντικά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.20 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.20: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO₂ για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

- Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Α.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Α. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 60m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.13 Β.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στη

ν περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.13 Β. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Πίνακες 5.13 Α. και Β.). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των αερίων CO₂ για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν περιβαλλοντικά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.21 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.21: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO₂ για την περιοχή της Πελετά

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	NORDEX N43	600	78	16
4	GAMESA G80	2000	60	5
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 78m (NORDEX N43), επιφέρει μεγαλύτερη μείωση εκπομπών αερίων CO₂, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 60m (GAMESA G80 και VESTAS V80).

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Γ) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στην αξιολόγηση με οικονομικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο στηρίζεται η οριστική επιλογή των βέλτιστων συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στις εκάστοτε περιοχές μελέτης και επομένως είναι απαραίτητη. Τα οικονομικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι οι τιμές της αρχικής συνολικής δαπάνης για τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου 10 MW για τις δυο διαφορετικές τιμές ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν, επίσης τα έτη απόσβεσης της δαπάνης του πάρκου καθώς και οι ταμειακές ροές σε σχέση με τη διάρκεια ζωής του έργου στις τρεις περιοχές μελέτης.

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι οι συνολικές αρχικές δαπάνες είναι το ποσό της εκτιμώμενης μελέτης σκοπιμότητας, της ανάπτυξης, της εφαρμοσμένης μηχανικής, του ενεργειακού του εξοπλισμού, της ισορροπίας των εγκαταστάσεων και των διάφορων δαπανών ενώ δεν περιλαμβάνονται οι φόροι επί των πωλήσεων. Επίσης τα έτη αποπληρωμής αντιστοιχούν στην επιστροφή (έτος), που αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που παίρνει για ένα πρόγραμμα επένδυσης να αποζημιωθεί το αρχικό κόστος του, από τις παραλαβές μετρητών που αυτό παράγει. Η βασική προϋπόθεση της μεθόδου επιστροφής είναι ότι, όσο το κόστος μιας επένδυσης μπορεί να ανακτηθεί γρηγορότερα, τόσο πιο επιθυμητή είναι η επένδυση.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι για την εύρεση της βέλτιστης επένδυσης (κατάλληλη επιλογή Α/Γ), πρωτεύον οικονομικός δείκτης είναι οι ταμειακές ροές και δευτερεύον τα έτη αποπληρωμής.

Από το πίνακα 5.14 για τις συνολικές δαπάνες και τους πίνακες 5.15 Α. και Β. για τα έτη αποπληρωμής καθώς επίσης και από τα σχήματα 5.7 – 5.24 για τις τρεις περιοχές μελέτης, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Ανώπολη Χανίων Κρήτης

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.7 (χωρίς και με επιδότηση) και σ'αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες Α/Γ πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.8 και 5.9 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 60m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και με τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση), για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.10 (Χωρίς και με επιδότηση).

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.11 και 5.12 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε [Σχήματα 5.7

έως 5.12 (Χωρίς και με επιδότηση)]. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m, σύμφωνα με τις ταμειακές ροές καθώς και άλλους οικονομικούς δείκτες αποτελεί την βέλτιστη επένδυση για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των υπολοίπων και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση).
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με οικονομικά κριτήρια για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.22 που ακολουθεί ο οποίος είναι κοινός και για τους δυο τύπους επένδυσης (Χωρίς και με επιδότηση):

Πίνακας 5.22: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή της Ανώπολης

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	NORDEX N43	600	78	16
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

*Και για τους δυο τύπους επένδυσης

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 78m (NORDEX N43), αποτελεί καλύτερη οικονομικά, επένδυση, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 60m (VESTAS V80) και για τους δυο τύπους επένδυσης (Χωρίς και με επιδότηση).

*Σε αυτή την περιοχή μελέτης οι δύο οικονομικοί δείκτες (ταμειακές ροές και έτη απόσβεσης) δίνουν αποτελέσματα τα οποία δεν συγκλίνουν για την ταξινόμηση των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η σειρά των δεικτών ανάλογα με τη δυναμικότητα τους όπως αναφέρεται στην εισαγωγή της υπό ενότητας Γ).

- Άγιος Δημήτριος Ευβοίας

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.13 (παράρτημα, χωρίς και με επιδότηση) και σ'αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες Α/Γ πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.14 και 5.15 (παράρτημα) ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.16 (παράρτημα, χωρίς και με επιδότηση)

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 /2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.17 και 5.18 (παράρτημα) οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε [Σχήματα 5.13 έως 5.18 (Χωρίς και με επιδότηση)]. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m σύμφωνα με τις ταμειακές ροές καθώς και άλλους οικονομικούς δείκτες αποτελεί την βέλτιστη επένδυση για ταχύτητα ανέμου 10m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των υπολοίπων και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση)
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με οικονομικά κριτήρια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.23 που ακολουθεί ο οποίος είναι κοινός και για τους δυο τύπους επένδυσης (Χωρίς και με επιδότηση):

Πίνακας 5.23: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη απόσβεσης της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Σε αυτή την περιοχή μελέτης οι δύο οικονομικοί δείκτες (ταμειακές ροές και έτη αποπληρωμής) δίνουν αποτελέσματα τα οποία δεν συγκλίνουν για την ταξινόμηση των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η σειρά των δεικτών ανάλογα με τη δυναμικότητα τους όπως αναφέρεται στην εισαγωγή της υπό ενότητας Γ).

- Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.19 (παράρτημα, χωρίς και με επιδότηση) και σ'αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες Α/Γ πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.20 και 5.21 (παράρτημα) ότι οι Α/Γ VESTAS V80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ GAMESA G80 / 2000 kW / 60m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.22 (παράρτημα, χωρίς και με επιδότηση)

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στη

ν περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.23 και 5.24 (παράρτημα) ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε [Σχήματα 5.19 έως 5.24 (Χωρίς και με επιδότηση)]. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m σύμφωνα με τις ταμειακές ροές καθώς και άλλους οικονομικούς δείκτες αποτελεί την βέλτιστη επένδυση για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των υπολοίπων και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση), παρόλα αυτά σύμφωνα με τους οικονομικούς δείκτες, η επένδυση στην περιοχή της Πελετά είναι μη βιώσιμη.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με οικονομικά κριτήρια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.24 που ακολουθεί ο οποίος

είναι κοινός και για τους δυο τύπους επένδυσης (Χωρίς και με επιδότηση):

Πίνακας 5.24: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για την περιοχή της Πελετά

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	NORDEX N43	600	78	16
4	GAMESA G80	2000	60	5
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43), αποτελεί καλύτερη οικονομικά, επένδυση, συγκρινόμενο με τη δημιουργία αιολικού πάρκου 5 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 60m (GAMESA G80) και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση).

*Σε αυτή την περιοχή μελέτης και οι δύο οικονομικοί δείκτες (ταμειακές ροές και έτη αποπληρωμής) δίνουν αποτελέσματα τα οποία συγκλίνουν για την ταξινόμηση των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν.

Πριν την επιλογή του καλύτερου συστήματος Α/Γ σύμφωνα με τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικό RETScreen® International, καθορίζονται και άλλα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια κάποια από τα οποία αναλύθηκαν στο 3ο κεφάλαιο, με σκοπό να αποτυπωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη δημιουργία του αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης και να παρουσιαστούν λύσεις για την αντιμετώπισή τους.

1. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΘΟΡΥΒΟΥ

Ο θόρυβος αποτελεί επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη αιολικών συστημάτων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολλών Α/Γ μεγάλων διαστάσεων.

Σύμφωνα με στοιχεία δεικτών της «Wind Energy Technologies» τα επίπεδα του θορύβου, κυμαίνονται από 95 – 105 dB (A) κόστος Α/Γ. Αναλυτικά:

- Το επίπεδο του θορύβου σε απόσταση 40m από μία Α/Γ είναι 50 – 60 dB (A)
- Το επίπεδο του θορύβου σε απόσταση 200m πέφτει στα 44 dB (A) για ταχύτητα ανέμου 8m/sec.

Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 8m/sec, ο θόρυβος που παράγεται από τις Α/Γ καλύπτεται από το φυσικό θόρυβο.

Σύμφωνα με στοιχεία του οίκου κατασκευής Α/Γ, BONUS:

- ο Στις BONUS 1MW με ύψη δρομέων από 45, 50, 60, 70m το επίπεδο του θορύβου στην πηγή είναι <101 dB (A) (ταχύτητα ανέμου 8m/sec, 10m).
- ο Για τις Α/Γ BONUS 600 kW με ύψη δρομέων από 35 – 60m το επίπεδο του θορύβου στην πηγή είναι <100 dB (A) (ταχύτητα ανέμου 8m/sec, 10m).

Επίσης, σύμφωνα με στοιχεία του οίκου κατασκευής Α/Γ VESTAS, για το μοντέλο V80 / 2MW, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, οι εκπομπές θορύβου μετρώνται σε ύψος 10m και ταχύτητα ανέμου >8m/sec.

Βάση των παραπάνω στοιχείων, οι Α/Γ 600 kW (μηχανές μικρών διαστάσεων) πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ μεγαλύτερης ισχύος και διαστάσεων, όσον αφορά τη δημιουργία θορύβου χαμηλής έντασης και γι'αυτό το λόγο θεωρούνται φιλικότερες προς το περιβάλλον.

Τέλος αξίζει να επισημανθεί ότι το επίπεδο του θορύβου που αναφέρθηκε (44 dB) αντιστοιχεί σε αυτό μιας ήσυχης μικρής πόλης και είναι κατά πολύ μικρότερο από το επίπεδο θορύβου μιας βιομηχανικής περιοχής που φτάνει τα 100 dB. Με δεδομένη την απαιτούμενη ελάχιστη απόσταση των Α/Γ από γειτονικούς οικισμούς (500m), το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 – 35 dB, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός σπιτιού.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος του θορύβου έγκειται στην κατάλληλη επιλογή του χώρου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, η οποία πρέπει να γίνεται σε απομονωμένες περιοχές με παράλληλο προσεκτικό σχεδιασμό του συνόλου

των εγκαταστάσεων. Ορισμένοι κατασκευαστές Α/Γ για την αντιμετώπιση του θορύβου τις ώρες κοινής ησυχίας παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα μείωσης των στροφών της πτερωτής.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΟΠΤΙΚΗ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η οπτική αισθητική επίδραση ενός αιολικού πάρκου σχετίζεται με τις διαστάσεις των Α/Γ, την περιοχή και την επιλογή της θέσης εγκατάστασης τους. Στις περιπτώσεις εγκαταστάσεων Α/Γ μεγάλων διαστάσεων (άνω των 600kW, με ύψος δρομέα άνω των 50m) σε κλειστές περιοχές, η οπτική ρύπανση είναι πιο έντονη. Αντίθετα η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου σε ανοιχτές εκτάσεις δε φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την οπτική αισθητική της περιοχής.

Η επιλογή των Α/Γ NORDEX N43 600kW /60m φαίνεται αρχικά να πλεονεκτεί αισθητικά για τις περιοχές μελέτης, καθώς οι Α/Γ είναι μικρότερων διαστάσεων έναντι των υπολοίπων. Ωστόσο η συγκεκριμένη επιλογή προϋποθέτει την εγκατάσταση 16 Α/Γ, σε αντίθεση με τις επιλογές των Α/Γ 2000kW που προϋποθέτουν την εγκατάσταση 5 Α/Γ. Το στοιχείο αυτό συνηγορεί στο γεγονός ότι η δημιουργία ενός αιολικού πάρκου με 5 Α/Γ των 2000kW, με ύψος δρομέα στα 60m, πλεονεκτεί αισθητικά έναντι των 16 Α/Γ των 600kW.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της οπτικής ρύπανσης ενός αιολικού πάρκου, παρόλο που οι αισθητικές κρίσεις είναι υποκειμενικές, στηρίζεται στην ορθή μελέτη που θα εξασφαλίζει τη βέλτιστη ενσωμάτωση των ανεμογεννητριών στο τοπίο. Ορισμένα χαρακτηριστικά που καθιστούν ένα αιολικό πάρκο αισθητικά αποδεκτό από το ευρύ κοινό είναι:

- Η χρησιμοποίηση απλών σωληνωτών πύργων σε χρωματισμό που συμφωνεί με το περιβάλλον φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη οπτική αποδοχή από τη χρησιμοποίηση δικτυωτού πύργου.
- Η επίτευξη οπτικής ομοιομορφίας δεν διαταράσσει την αρμονία της περιοχής και περιλαμβάνει ομοιότητα διαστάσεων δρομέα και υπερκατασκευής καθώς και πύργου στήριξης.
- Θεωρείται σκόπιμη η διατήρηση περιστροφής των δρομέων, ακόμη και όταν δεν πνέουν άνεμοι στην περιοχή, καθώς οι Α/Γ γίνονται ευκολότερα οπτικά αποδεκτές.

- Οι Α/Γ που διαθέτουν τρία πτερύγια δίνουν αισθητικά αρμονικότερο αποτέλεσμα, ενώ ο χρωματισμός των πύργων στήριξης και των πτερυγίων διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην ομαλή ενσωμάτωση των μηχανών στον περιβάλλοντα χώρο (λευκό ή γκρι χρώμα).
- Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η ενσωμάτωση της υποδομής που συνοδεύει τις ανεμογεννήτριες (μικρές κτιριακές εγκαταστάσεις, κολώνες, κλπ) στον περιβάλλοντα χώρο. Συνήθως είναι αυτή ακριβώς η συνοδεύουσα υποδομή που δημιουργεί αισθητικά προβλήματα και όχι οι ίδιες οι Α/Γ.

Τέλος επισημαίνεται ότι αν γίνει σύγκριση ανάμεσα σε έναν πετρελαϊκό ή λιγνιτικό σταθμό και σε ένα αιολικό πάρκο, είναι εμφανές ότι το τελευταίο υπερτερεί αισθητικά.

3. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Σχετικά με τις επιδράσεις ενός αιολικού πάρκου στο οικοσύστημα της περιοχής θα πρέπει να επισημανθούν τα εξής:

1. Η συνήθης επιλογή θέσης δημιουργίας ενός αιολικού πάρκου στην Ελλάδα είναι σε ορεινές ή ημιορεινές περιοχές με αραιή θαμνώδη βλάστηση, η οποία οφείλεται στις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες. Οι περιοχές μελέτης δεν χαρακτηρίζονται σαν περιοχές με πλούσια βλάστηση, αλλά αντίθετα το ευρύτερο τοπίο της περιοχής χαρακτηρίζεται ξηρό και προσφέρεται για εκμετάλλευση αιολικού δυναμικού. Η εγκατάσταση Α/Γ διαφόρων διαστάσεων δεν θα επηρεάσει σημαντικά τη χλωρίδα της περιοχής.
2. Η έκταση που θα απαιτηθεί για τη δημιουργία του αιολικού πάρκου σχετίζεται με τον αριθμό των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν. Με την εγκατάσταση αιολικού πάρκου 16 Α/Γ των 600kW αναμένεται να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη έκταση σε σχέση με την εγκατάσταση 5 Α/Γ των 2000kW.

Ωστόσο η έκταση που δεσμεύεται για τη δημιουργία σταθμού ηλεκτροπαραγωγής που καίει άνθρακα είναι έως και 4,5 φορές μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτή που απαιτείται για να καλυφθούν οι ίδιες ενεργειακές ανάγκες με αιολική ενέργεια (European Commission, 1999). Στον

υπολογισμό ελήφθησαν υπόψη και οι τεράστιες εκτάσεις γης που δεσμεύονται κατά την εξόρυξη άνθρακα.

Εξάλλου και με δεδομένο ότι δεν απαιτείται η περίφραξη της έκτασης εγκατάστασης των Α/Γ, αφού το σύνολο του εξοπλισμού τους είναι απροσπέλαστο και προστατευόμενο, όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης μπορούν να συνεχιστούν χωρίς εμπόδια (γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες).

3. Η εγκατάσταση των Α/Γ έχει ως επακόλουθο την επιβάρυνση του περιβάλλοντος στο στάδιο κατασκευής του έργου, όπως οι αποθέσεις αδρανών υλικών, θόρυβος από τη χρήση μηχανών και οχημάτων, διάνοιξη δρόμων κ.α. Τα παραπάνω επηρεάζουν δυσμενώς το οικοσύστημα της περιοχής και η ένταση της επίδρασης σχετίζεται με τις διαστάσεις των Α/Γ που θα εγκατασταθούν.
4. Η εγκατάσταση Α/Γ επιδρά αρνητικά στα πουλιά που ενδημούν ή περνούν από την περιοχή. Το συγκεκριμένο θέμα της προστασίας των πουλιών πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό αιολικών πάρκων, ώστε να αποφεύγεται η εγκατάσταση Α/Γ σε περιοχές προστασίας πουλιών, περιοχές RAMSAR ή περιοχές ευαίσθητες οικολογικά.

Οι προσκρούσεις των πουλιών ποικίλουν με τον τύπο, το μέγεθος, την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων και πολλούς άλλους παράγοντες που συνδέονται με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των Α/Γ. Ο ρόλος του σχεδιασμού της εγκατάστασης είναι πολύ σημαντικός και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η απόσταση μεταξύ των Α/Γ, οι επιπτώσεις του δρόμου πρόσβασης στα ενδιαίτηματα πολιτών, οι επιπτώσεις των εναέριων καλωδίων, κ.α.

Ωστόσο, στην πλειονότητα των αιολικών πάρκων οι αρνητικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς των πουλιών είναι από πολύ μικρές έως αμελητέες και το όλο πρόβλημα δεν θεωρείται σημαντικό δεδομένης και της περιβαλλοντικής καθαρότητας της αιολικής ενέργειας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις.

4. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑ - ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ

Σύμφωνα με στοιχεία δεικτών της «Wind Energy Technologies» η δημιουργία ενός αιολικού πάρκου θα αυξήσει τις θέσεις εργασίας, τόσο στο στάδιο κατασκευής των Α/Γ, όσο και στο στάδιο εγκατάστασης τους. Έτσι ο μέσος αριθμός ατόμων που απασχολούνται στο στάδιο κατασκευής των Α/Γ ανέρχεται στα 17 άτομα/μονάδα και στο στάδιο της εγκατάστασης στα 5 άτομα/μονάδα (Δείκτες της «Wind Energy Technologies»). Επίσης η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου συνεπάγεται και την εξασφάλιση εργασίας σε ανθρώπους που θα επιβλέπουν και θα συντηρούν το σύνολο του εξοπλισμού.

Η περίπτωση της εγκατάστασης 16 Α/Γ των 600kW θα προσδώσει περισσότερη απασχόληση σε ανθρώπους σε σύγκριση με την εγκατάσταση 5 Α/Γ των 2000kW.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα των παραπάνω αποτελεί η περιοχή της Εύβοιας όπου για την κατασκευή κάθε πάρκου της τάξης των 10MW απασχολήθηκαν 45 – 65 εργαζόμενοι για 4 – 5 μήνες ανά έργο, οι μισοί εκ των οποίων, κατά μέσο όρο, προέρχονταν από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό. Στη φάση λειτουργίας των αιολικών πάρκων οι μισοί περίπου εργαζόμενοι προέρχονται από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό.

Αναφορικά με τις επιπτώσεις στον τουρισμό των περιοχών μελέτης από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει να επισημανθεί ότι η αιολική ενέργεια, παρά τους φόβους περί του αντίθετου, ενισχύει τον τουρισμό, καθώς αντικαθιστά τις ρυπογόνες μορφές ενέργειας και διαφυλάσσει το φυσικό περιβάλλον. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Σητείας στην Κρήτη, όπου ανθίζει τελευταία ο “περιβαλλοντικός τουρισμός”, καθώς η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων ελκύει πολλούς επισκέπτες.

Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τις περιοχές μελέτης και τα παραπάνω κριτήρια, καταλήγουμε στους παρακάτω πίνακες αποτελεσμάτων για τις τρεις περιοχές μελέτης.

Πίνακας 5.25: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή της Ανώπολη Χανίων Κρήτης (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec

Τύπος Α/Γ	600 kW		2000 kW			
Ύψος δρομέα	60m	78m	60m	60m	78m	78m
Κατασκευαστής	NORDEX	NORDEX	VESTAS	GAMESA	VESTAS	GAMESA
Αριθμός Α/Γ	16	16	5	5	5	5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ						
Οικονομικά						
Παραγόμενη Ενέργεια (Ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec)	+	+++	++	++++	+++++	+++++
Συνολική Δαπάνη Επένδυσης	++	++	+	+	+	+
Έτη Αποπληρωμής της Δαπάνης Επένδυσης	+	++	++	++	+++	++++
Συνολικές Ταμειακές ροές	+	+++	++	++++	+++++	+++++
Περιβαλλοντικά						
Μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου	+	+++	++	++++	+++++	+++++
Θόρυβος	++++	+++	++	++	+	+
Οπτική Ρύπανση	++	++	+++	+++	+	+
Αποτελέσματα στο Οικοσύστημα	+++	++++	+	+	++	++
Κοινωνικά						
Εργασία	++	++	+	+	+	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά με βάση τα παραπάνω που αναφέρονται στον πίνακα 5.25, προκύπτουν τα εξής:

ο Κριτήριο Παραγόμενη Ενέργεια

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec, δηλαδή

οι Α/Γ ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

- ο Κριτήριο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec.

- ο Κριτήριο τη βιωσιμότητα της επένδυσης

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 60m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων για ταχύτητα ανέμου 8,5m/sec ως προς τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης επένδυσης καθώς επίσης και ως προς τις συνολικές ταμειακές ροές.

Τελικά ως προς το σύνολο των οικονομικών δεικτών ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m οι οποίες πλεονεκτούν επενδυτικά σε σχέση με τις Α/Γ VESTAS και NORDEX.

Και τελικά, ως προς τους δυο τύπους επένδυσης, υπερτερεί κατά πολύ αυτή με επιδότηση, χωρίς όμως και η άλλη να αποτελεί μη βιώσιμη λύση.

- ο Κριτήριο την παραγωγή Θορύβου

Αναφορικά με την παραγωγή θορύβου το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX / 600kW / 60m παράγει λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γιατί όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς των Α/Γ μεγαλώνουν και τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου.

- ο Κριτήριο την οπτική ρύπανση

Με βάση το κριτήριο το κριτήριο αυτό, τα αιολικά πάρκα VESTAS V80 / 2MW / 60m και GAMESA G80 / 2MW / 60m υπερτερούν.

ο Κριτήριο τα αποτελέσματα στο οικοσύστημα

Με βάση το κριτήριο των αποτελεσμάτων που επιφέρουν στο οικοσύστημα της περιοχής, το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 78m υπερτερεί.

ο Κριτήριο την εργασία

Τέλος με βάση το κριτήριο αυτό τα αιολικά πάρκα NORDEX N43 / 600Kw / 60m και 78m υπερτερούν, διότι θα δώσουν περισσότερη εργασία έναντι των υπολοίπων.

Συμπερασματικά λοιπόν, προσδίδοντας μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, η κατάταξη των τύπων των Α/Γ για την περιοχή της Ανώπολης Χανίων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.26: Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Ανώπολης Χανίων Κρήτης

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	NORDEX N43	600	78	16
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

Πίνακας 5.27: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 10m/sec

Τύπος Α/Γ	600 kW		2000 kW			
Ύψος δρομέα	60m	78m	60m	60m	78m	78m
Κατασκευαστής	NORDEX	NORDEX	VESTAS	GAMESA	VESTAS	GAMESA
Αριθμός Α/Γ	16	16	5	5	5	5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ						
Οικονομικά						
Παραγόμενη Ενέργεια (Ταχύτητα ανέμου 10m/sec)	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Συνολική Δαπάνη Επένδυσης	++	++	+	+	+	+
Έτη Αποπληρωμής της Δαπάνης Επένδυσης	+	++	+++	+++	++++	++++
Συνολικές Ταμειακές Ροές	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Περιβαλλοντικά						
Μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Θόρυβος	++++	+++	++	++	+	+
Οπτική Ρύπανση	++	++	+++	+++	+	+
Αποτελέσματα στο Οικοσύστημα	+++	++++	+	+	++	++
Κοινωνικά						
Εργασία	++	++	+	+	+	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά με βάση τα παραπάνω που αναφέρονται στον πίνακα 5.27, προκύπτουν τα εξής:

ο Κριτήριο Παραγόμενη Ενέργεια

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 10m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

ο Κριτήριο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

- ο Κριτήριο τη βιωσιμότητα της επένδυσης

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 60m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m ή 5 Α/Γ VESTAS V80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων ως προς τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων ως προς τις συνολικές ταμειακές ροές για ταχύτητα ανέμου 10m/sec.

Τελικά ως προς το σύνολο των οικονομικών δεικτών ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m οι οποίες πλεονεκτούν επενδυτικά σε σχέση με τις Α/Γ VESTAS και NORDEX.

Και τελικά, ως προς τους δυο τύπους επένδυσης, υπερτερεί κατά πολύ αυτή με επιδότηση, χωρίς όμως και η άλλη να αποτελεί μη βιώσιμη λύση.

- ο Κριτήριο την παραγωγή Θορύβου

Αναφορικά με την παραγωγή θορύβου το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX / 600kW / 60m παράγει λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γιατί όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς των Α/Γ μεγαλώνουν και τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου.

- ο Κριτήριο την οπτική ρύπανση

Με βάση το κριτήριο το κριτήριο αυτό, τα αιολικά πάρκα VESTAS V80 / 2MW / 60m και GAMESA G80 / 2MW / 60m υπερτερούν.

- ο Κριτήριο τα αποτελέσματα στο οικοσύστημα

Με βάση το κριτήριο των αποτελεσμάτων που επιφέρουν στο οικοσύστημα της περιοχής, το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 78m υπερτερεί.

ο Κριτήριο την εργασία

Τέλος με βάση το κριτήριο αυτό τα αιολικά πάρκα NORDEX N43 / 600Kw / 60m και 78m υπερτερούν, διότι θα δώσουν περισσότερη εργασία έναντι των υπολοίπων.

Συμπερασματικά λοιπόν, προσδίδοντας μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, η κατάταξη των τύπων των Α/Γ για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.28: Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

Πίνακας 5.29: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή της Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου (χωρίς και με επιδότηση 30%) για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec

Τύπος Α/Γ	600 kW		2000 kW			
Ύψος δρομέα	60m	78m	60m	60m	78m	78m
Κατασκευαστής	NORDEX	NORDEX	VESTAS	GAMESA	VESTAS	GAMESA
Αριθμός Α/Γ	16	16	5	5	5	5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ						
Οικονομικά						
Παραγόμενη Ενέργεια (Ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec)	+	++++	++	+++	+++++	++++++
Συνολική Δαπάνη Επένδυσης	++	++	+	+	+	+
Έτη Αποπληρωμής της Δαπάνης Επένδυσης	+	++++	++	+++	+++++	++++++
Συνολικές Ταμειακές Ροές	++	++++	+++	+	+++++	++++++
Περιβαλλοντικά						
Μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου	+	++++	++	+++	+++++	++++++
Θόρυβος	++++	+++	++	++	+	+
Οπτική Ρύπανση	++	++	+++	+++	+	+
Αποτελέσματα στο Οικοσύστημα	+++	++++	+	+	++	++
Κοινωνικά						
Εργασία	++	++	+	+	+	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά με βάση τα παραπάνω που αναφέρονται στον πίνακα 5.29, προκύπτουν τα εξής:

ο Κριτήριο Παραγόμενη Ενέργεια

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

ο Κριτήριο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

- ο Κριτήριο τη βιωσιμότητα της επένδυσης

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 60m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων και ως προς τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης επένδυσης και ως προς τις συνολικές ταμειακές ροές για ταχύτητα ανέμου 6,5m/sec.

Τελικά ως προς το σύνολο των οικονομικών δεικτών ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m οι οποίες πλεονεκτούν επενδυτικά σε σχέση με τις Α/Γ VESTAS και NORDEX.

Και τελικά, ως προς τους δυο τύπους επένδυσης, υπερτερεί αυτή με επιδότηση αν και οι δυο αποτελούν μη βιώσιμες επενδύσεις (για όλα τα συστήματα Α/Γ εγκατάστασης).

- ο Κριτήριο την παραγωγή Θορύβου

Αναφορικά με την παραγωγή θορύβου το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX / 600kW / 60m παράγει λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γιατί όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς των Α/Γ μεγαλώνουν και τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου.

- ο Κριτήριο την οπτική ρύπανση

Με βάση το κριτήριο το κριτήριο αυτό, τα αιολικά πάρκα VESTAS V80 / 2MW / 60m και GAMESA G80 / 2MW / 60m υπερτερούν.

- ο Κριτήριο τα αποτελέσματα στο οικοσύστημα

Με βάση το κριτήριο των αποτελεσμάτων που επιφέρουν στο οικοσύστημα της περιοχής, το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 78m υπερτερεί.

- ο Κριτήριο την εργασία

Τέλος με βάση το κριτήριο αυτό τα αιολικά πάρκα NORDEX N43 / 600Kw / 60m και 78m υπερτερούν, διότι θα δώσουν περισσότερη εργασία έναντι των υπολοίπων.

Συμπερασματικά λοιπόν, προσδίδοντας μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, η κατάταξη των τύπων των Α/Γ για την περιοχή της Πελετά Αρκαδίας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.30: Κατάταξη Α/Γ για την περιοχή Πελετά Αρκαδίας

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	NORDEX N43	600	78	16
4	GAMESA G80	2000	60	5
5	VESTAS V80	2000	60	5
6	NORDEX N43	600	60	16

Η τελική επιλογή καθορισμού τύπου Α/Γ στα αιολικά πάρκα των περιοχών μελέτης προκύπτει δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα σε κάποια από τα παραπάνω κριτήρια.

Η βέλτιστη λύση για τις περιοχές μελέτης που εξετάσαμε (χωρίς και με επιδότηση), θα ήταν η δημιουργία ενός αιολικού πάρκου 10 MW, με Α/Γ υψηλής ονομαστικής ισχύος, δηλαδή των Α/Γ **GAMESA G80 / 2MW / 78m** (πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2MW / 78m ως προς την παραγόμενη ενέργεια και τη μείωση των εκπομπών αερίων του Θερμοκηπίου και σε κάποιες περιπτώσεις ως προς τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης της επένδυσης), καθώς το υψηλό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής θα οδηγούσε αφενός στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και αφετέρου στη βιωσιμότητα του επενδυτικού σχεδίου.

Αναλυτικά, ο πίνακας 5.31, ο οποίος συνοψίζει τα ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τις περιοχές μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ, είναι:

Πίνακας 5.31: Ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τις περιοχές μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ

Δείκτες	Περιοχές Μελέτης		
	Ανώπολη	Άγιος Δημήτριος	Πελετά
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ			
Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)	46.064	49.752	35.124
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ			
Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου (σε t _{CO2})	41.618	44.950	31.734
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ			
Συνολικό Κόστος Επένδυσης (σε €)	19.493.172 (17.589.300)	19.493.172 (17.589.300)	19.493.172 (17.589.300)
Έτη Αποπληρωμής (σε €)	4,3 (3,9)	3,8 (3,4)	6,3 (5,7)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

Επομένως η επιλογή της βέλτιστης περιοχής μελέτης θα γίνει σε σχέση με τον παραπάνω πίνακα, ο οποίος συνοψίζει τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού RETScreen® International.

Έτσι καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα ταξινόμησης των περιοχών μελέτης.

Πίνακας 5.32: Ταξινόμηση Περιοχών Μελέτης, βάσει ενεργειακών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων για το καλύτερο σύστημα Α/Γ

Κριτήρια	Περιοχές Μελέτης		
	Ανώπολη Χανίων Κρήτης	Άγιος Δημήτριος Ευβοίας	Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου
Ενεργειακά	++	+++	+
Περιβαλλοντικά	++	+++	+
Οικονομικά	++	+++	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά λοιπόν, προκύπτει ότι η βέλτιστη περιοχή μελέτης με βάση το παραπάνω πίνακα είναι ο **Άγιος Δημήτριος Ευβοίας**, το οποίο αναμέναμε λόγω της υψηλής έντασης της ταχύτητας του ανέμου.

Στη συνέχεια γι'αυτή τη περιοχή, μεταβάλλουμε την ταχύτητα του ανέμου (m/sec), η οποία αποτελεί βασική παράμετρο, και κάνουμε ανάλυση ευαισθησίας έτσι ώστε να έχουμε μια γενική εικόνα της λειτουργίας του αιολικού πάρκου (χωρίς και με επιδότηση) στην περιοχή αυτή.

5.3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen® International ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Για την εφαρμογή του ενεργειακού υποδείγματος του λογισμικού RETScreen® International χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες τιμές για ορισμένες παραμέτρους που επηρεάζουν τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας. Στον πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι παράμετροι, οι πηγές αναφοράς και οι τιμές που ελήφθησαν ως δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου στη περιοχή μελέτης. Βασική παραδοχή που χρησιμοποιείται είναι ότι το ύψος υπολογισμού της ταχύτητας είναι στα 25m.

Για τον Άγιο Δημήτριο Ευβοίας σύμφωνα με το χάρτη αιολικού δυναμικού το εύρος τιμών της ταχύτητας του ανέμου είναι μεγαλύτερο από 10m/sec. Στην προηγούμενη εφαρμογή του λογισμικού έγινε η παραδοχή ότι στην περιοχή μελέτης η ταχύτητα ανέμου είναι 10m/sec. Σ'αυτήν την εφαρμογή θα μεταβάλλουμε την ταχύτητα του ανέμου +10% και -10% για να ελέγξουμε σε ποιο

βαθμό μεταβάλλονται τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα.

Επομένως οι τιμές της ταχύτητας που θα επιλέξουμε είναι 9 και 11m/sec και οι Α/Γ που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αυτές που πήραμε και στην πρώτη εφαρμογή του λογισμικού για τις περιοχές μελέτης. Στις παρακάτω υπό ενότητες παρουσιάζονται 1) τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα του λογισμικού και 2) γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών.

- Για ταχύτητα ανέμου στην περιοχή μελέτης 9m/sec:

1) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Βάσει των παραπάνω δεδομένων, τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από το λογισμικό διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: Ενεργειακά, Περιβαλλοντικά και Οικονομικά για δύο περιπτώσεις α)Χωρίς επιδότηση από το κράτος και β)Με επιδότηση 30% από το κράτος.

Α) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ενεργειακά αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.33: Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και ύψος δρομέα στα 60m και 78m

Α.

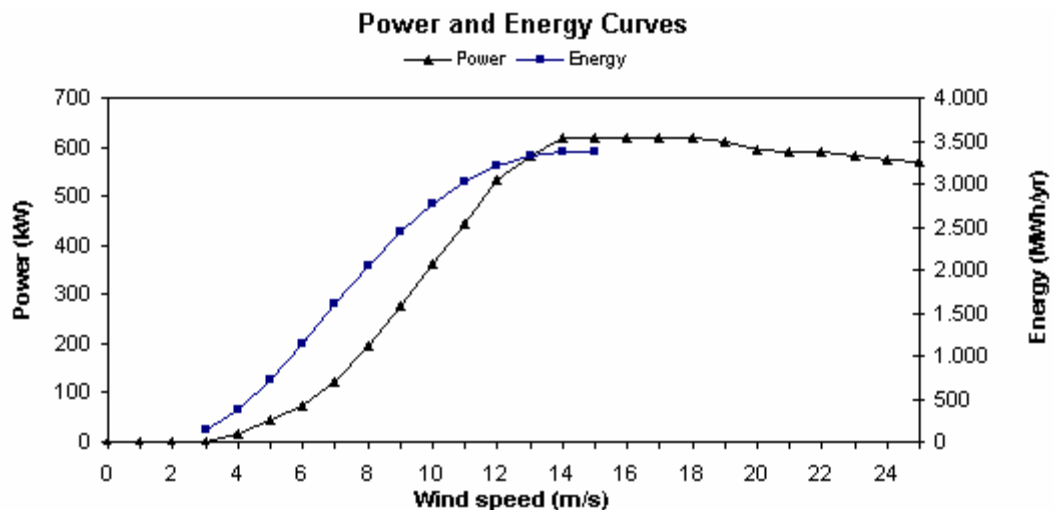
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	43.407
VESTAS V80 / 2MW	45.524
GAMESA G80 / 2MW	45.815

B.

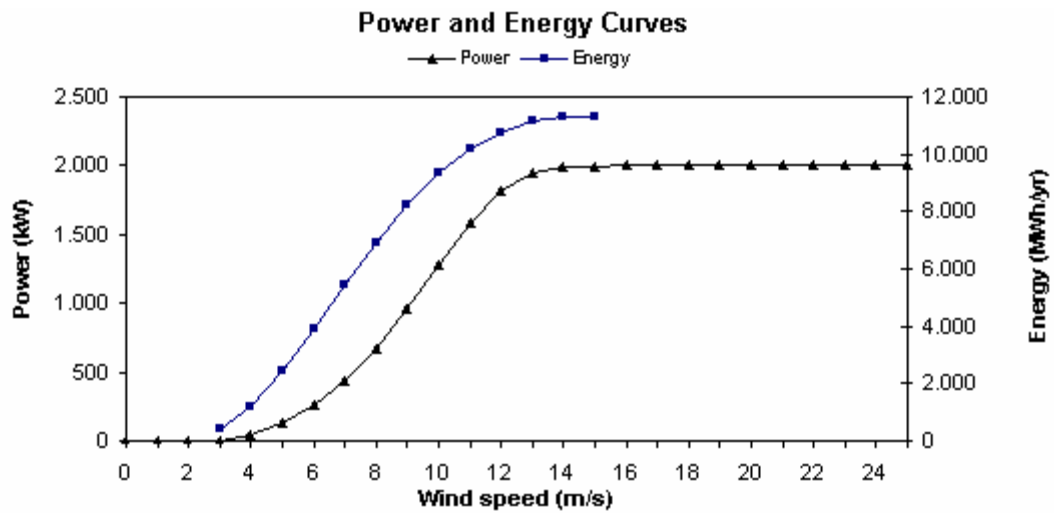
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη
Ύψος Δρομέα 78m	Ενέργεια (σε MWh)
NORDEX N43 / 600kW	45.380
VESTAS V80 / 2MW	47.547
GAMESA G80 / 2MW	47.809

Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) απεικονίζουν γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες.

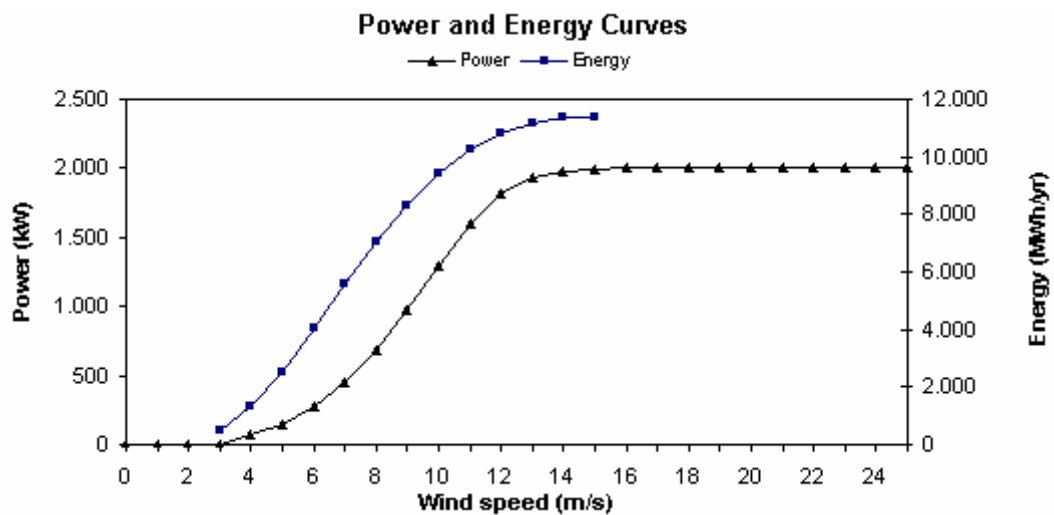
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m



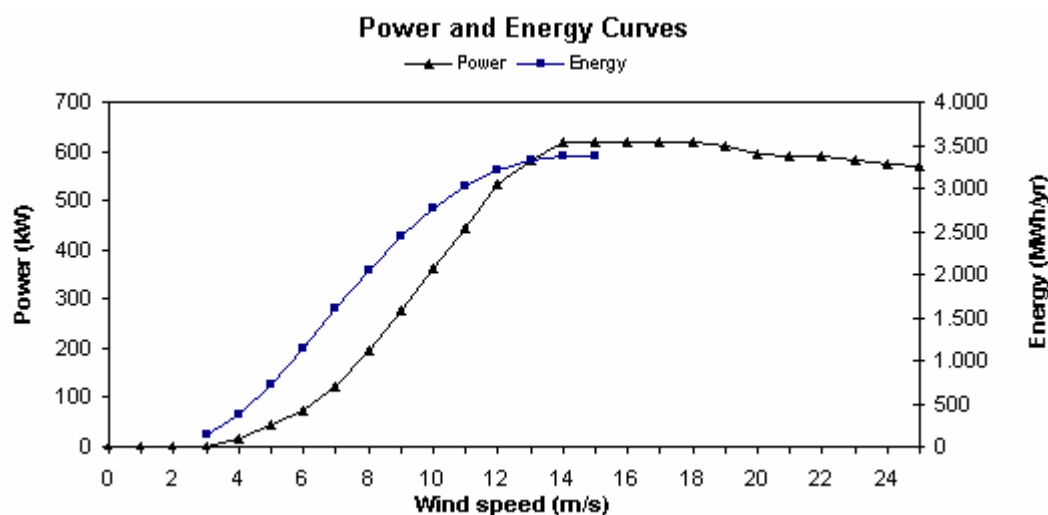
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



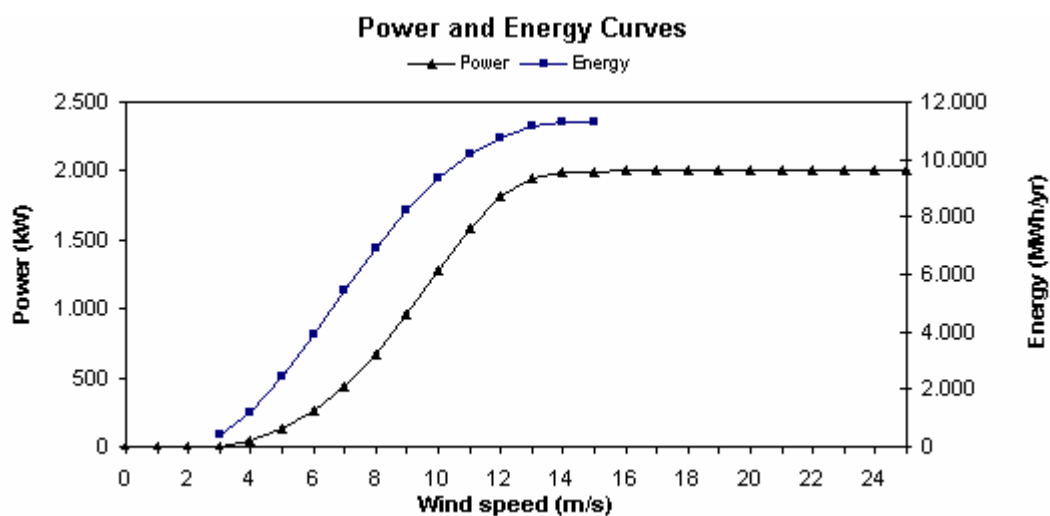
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



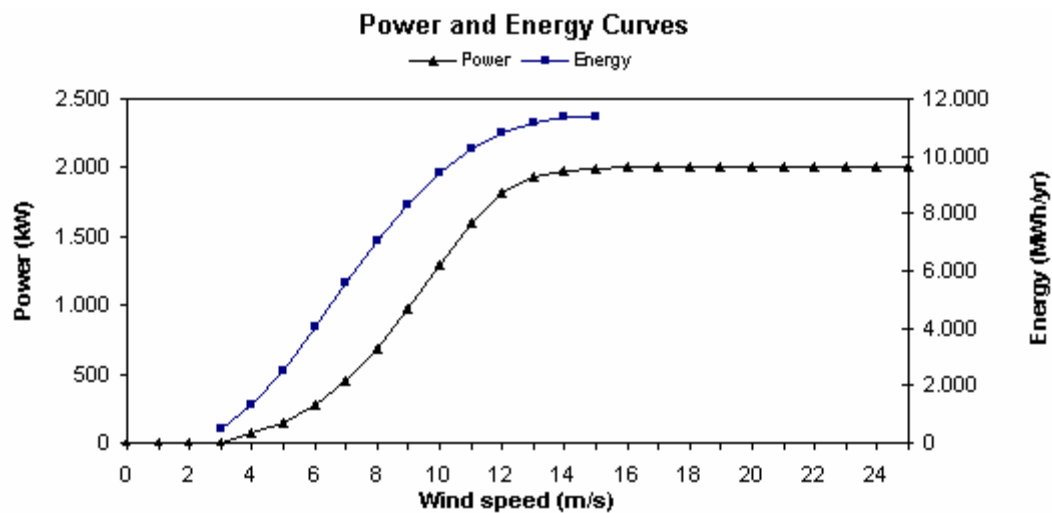
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.17: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.18: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Β) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα σε σχέση με την τιμή της καθαρής ετήσιας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περιοχή μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.34: Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και ύψος δρομέα στα 60m και 78m

A.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t_{CO_2})
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	39.218
VESTAS V80 / 2MW	41.130
GAMESA G80 / 2MW	41.393

B.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t _{co2})
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	40.999
VESTAS V80 / 2MW	42.957
GAMESA G80 / 2MW	43.194

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Γ) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα οικονομικά αποτελέσματα σε σχέση με τις συνολικές δαπάνες για τις διαφορετικές τιμές της ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης με τα έτη απόσβεσης της δαπάνης του πάρκου στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 5.35: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec και για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

Τύπος Α/Γ	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου χωρίς επιδότηση (σε €)	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου με επιδότηση 30% (σε €)
NORDEX N43 / 600kW	19.440.179	17.536.306
VESTAS V80 / 2MW	19.493.172	17.589.300
GAMESA G80 / 2MW	19.493.172	17.589.300

Πίνακας 5.36: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα 9m/sec, για τη χρονική διάρκεια απόσβεσης του έργου και για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

A.

Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	4,3 (3,9)
VESTAS V80 / 2MW	4,1 (3,7)
GAMESA G80 / 2MW	4,1 (3,7)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

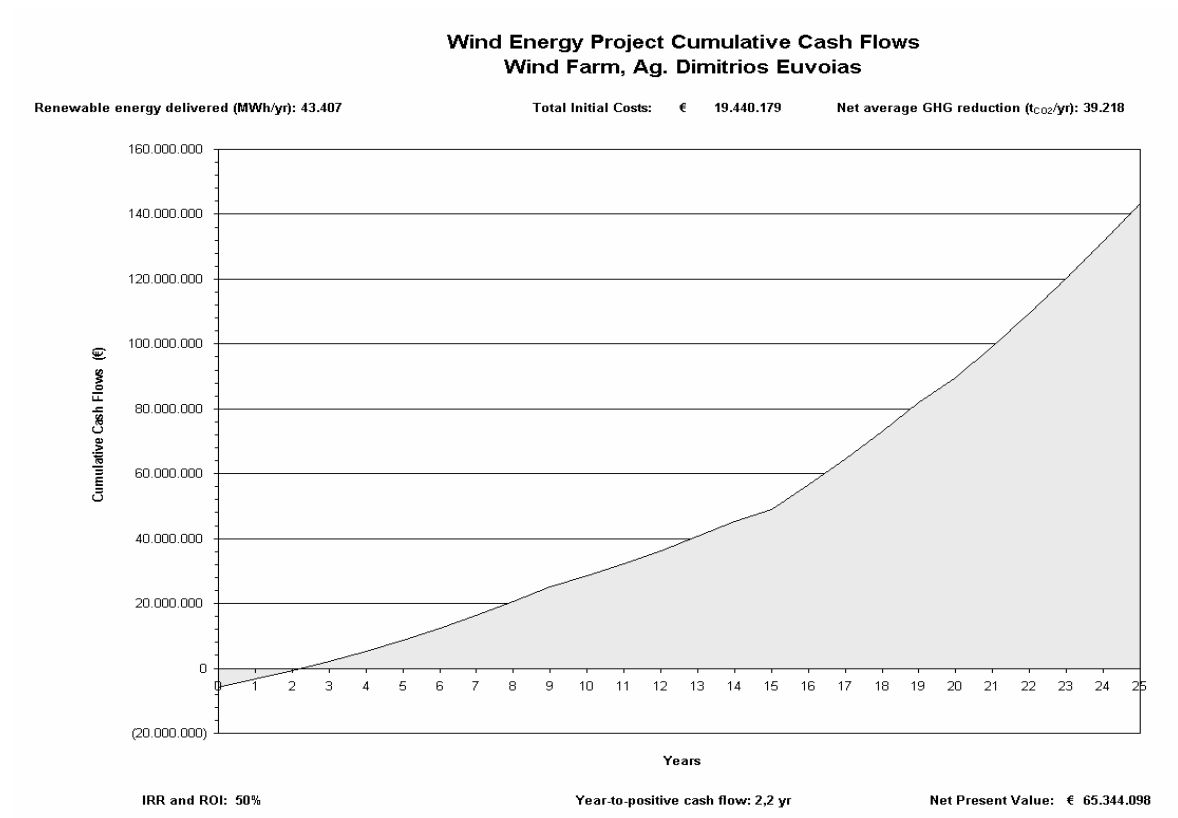
B.

Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)
Ύψος Δρομέα 78m	
NORDEX N43 / 600kW	4,1 (3,7)
VESTAS V80 / 2MW	3,9 (3,5)
GAMESA G80 / 2MW	3,9 (3,5)

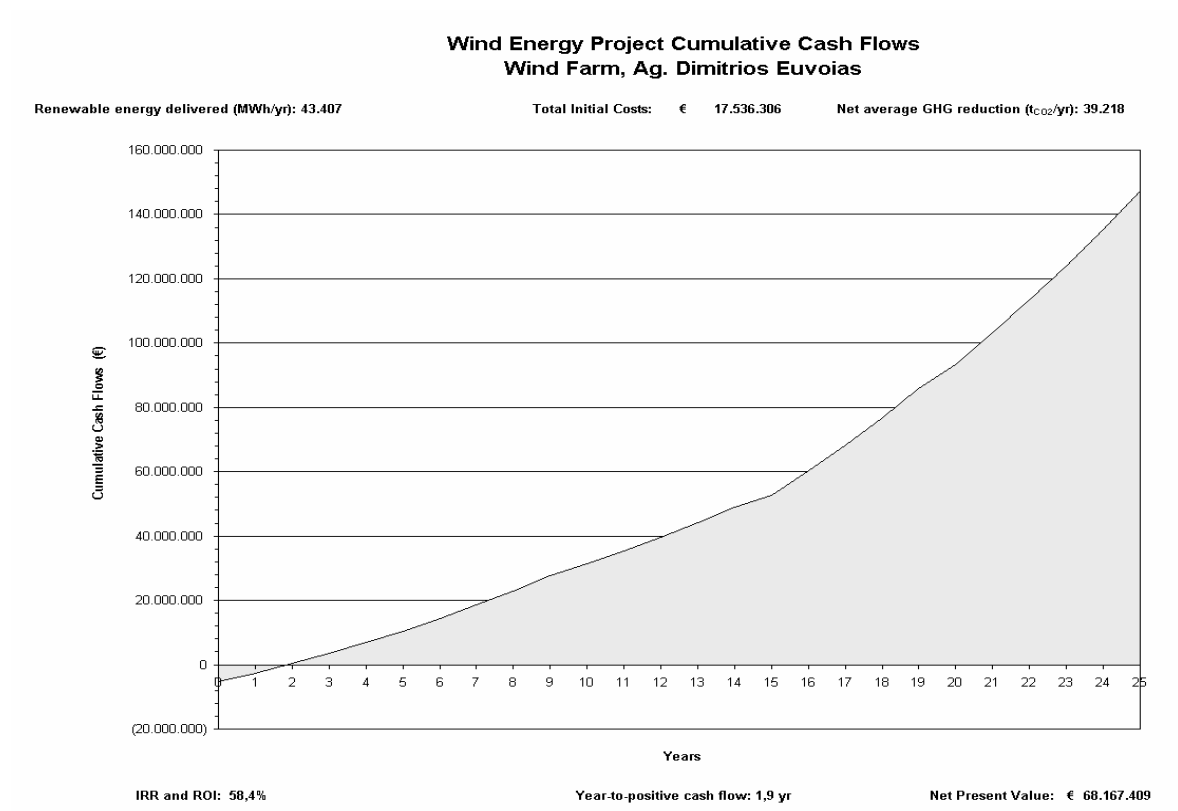
*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) απεικονίζουν και για την περιοχή μελέτης γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση 30%).

Σχήμα 5.19: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (χωρίς και με επιδότηση 30%)

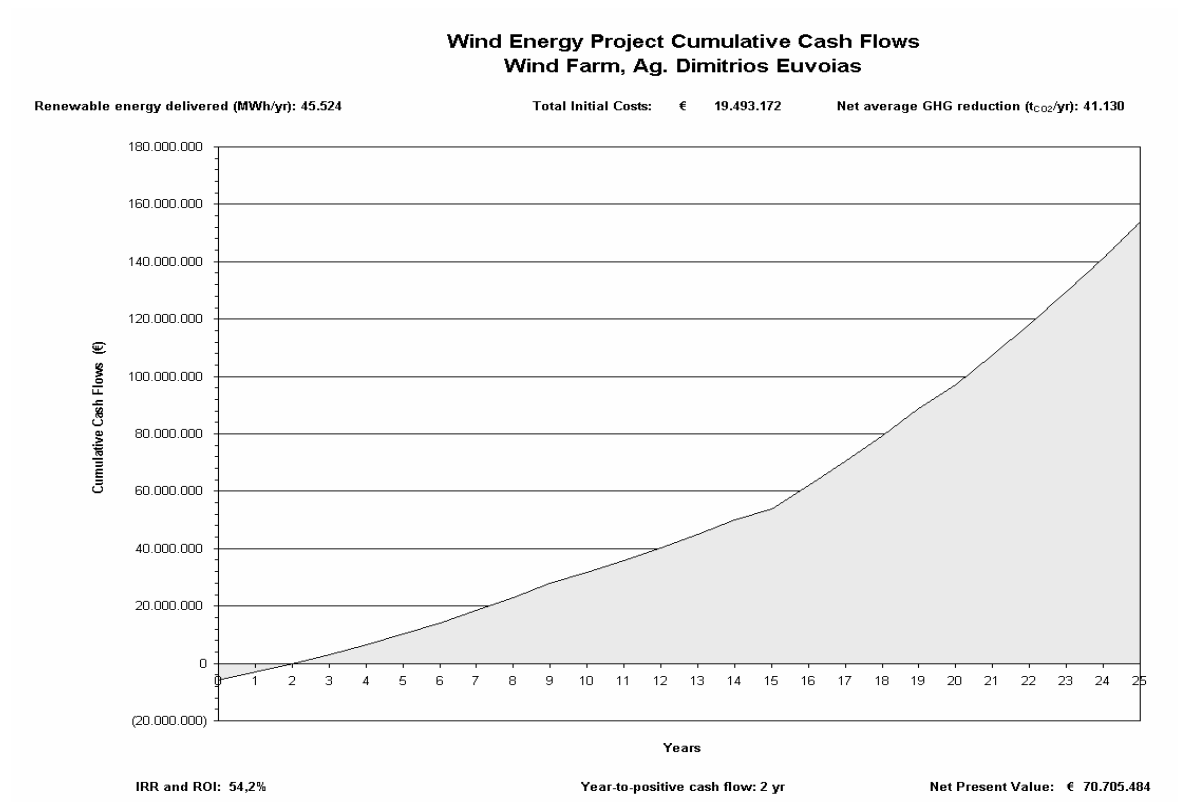


*Χωρίς επιδότηση

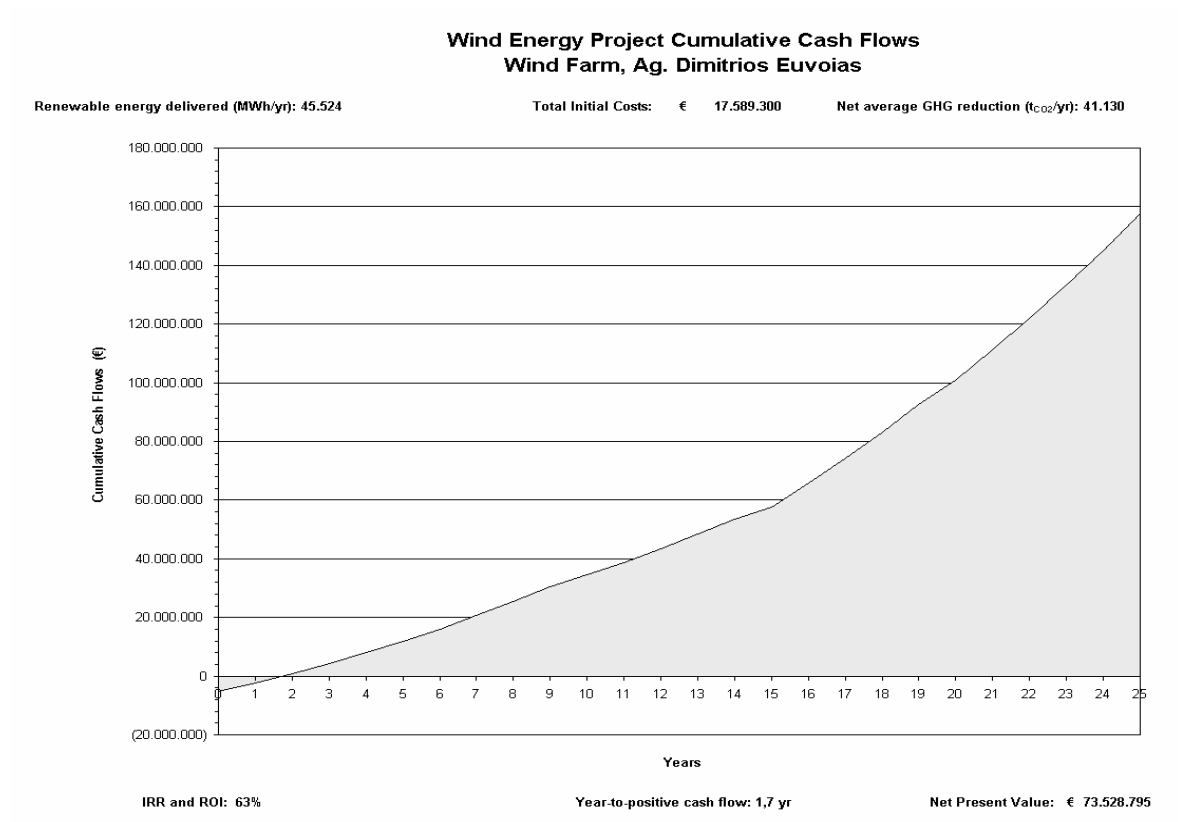


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.20: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

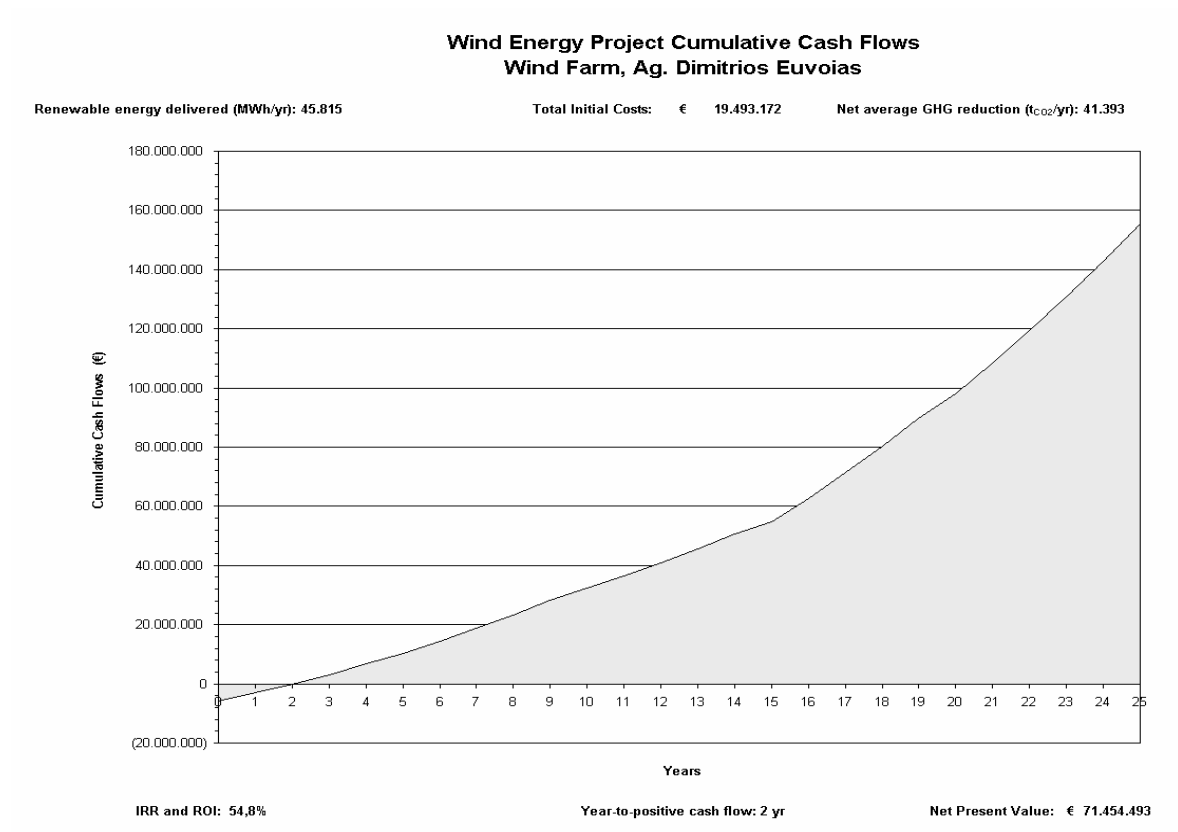


*Χωρίς επιδότηση

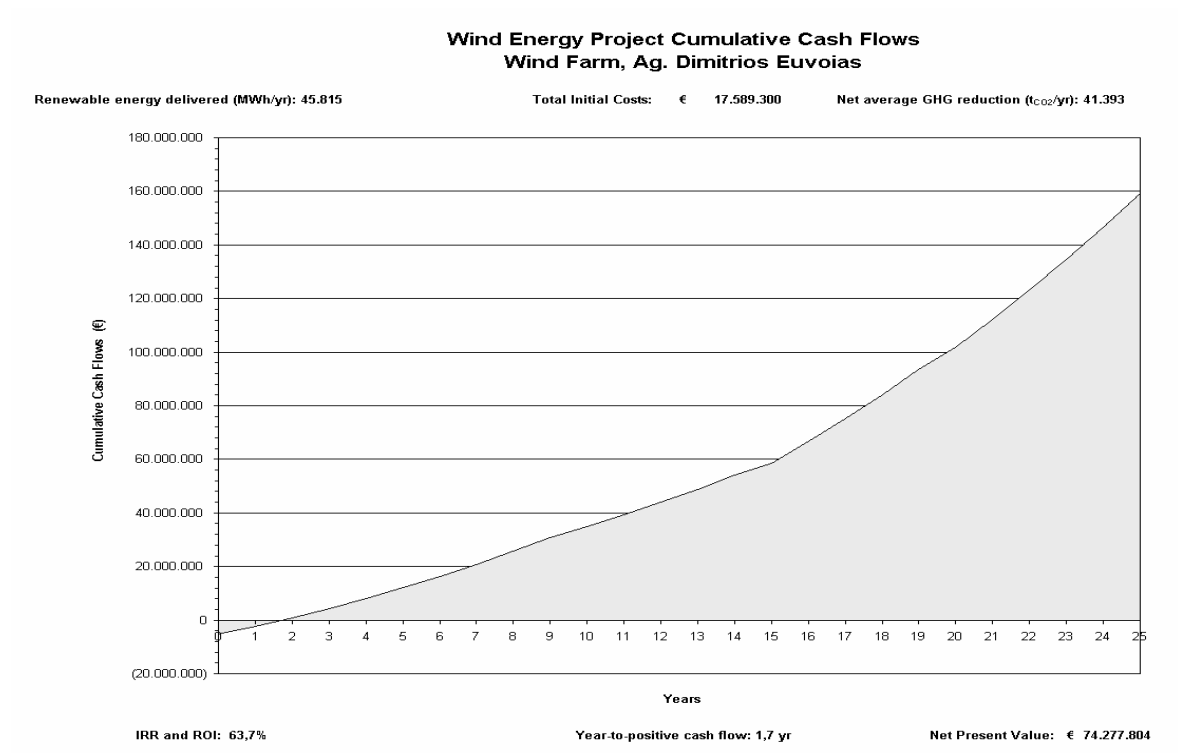


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.21: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

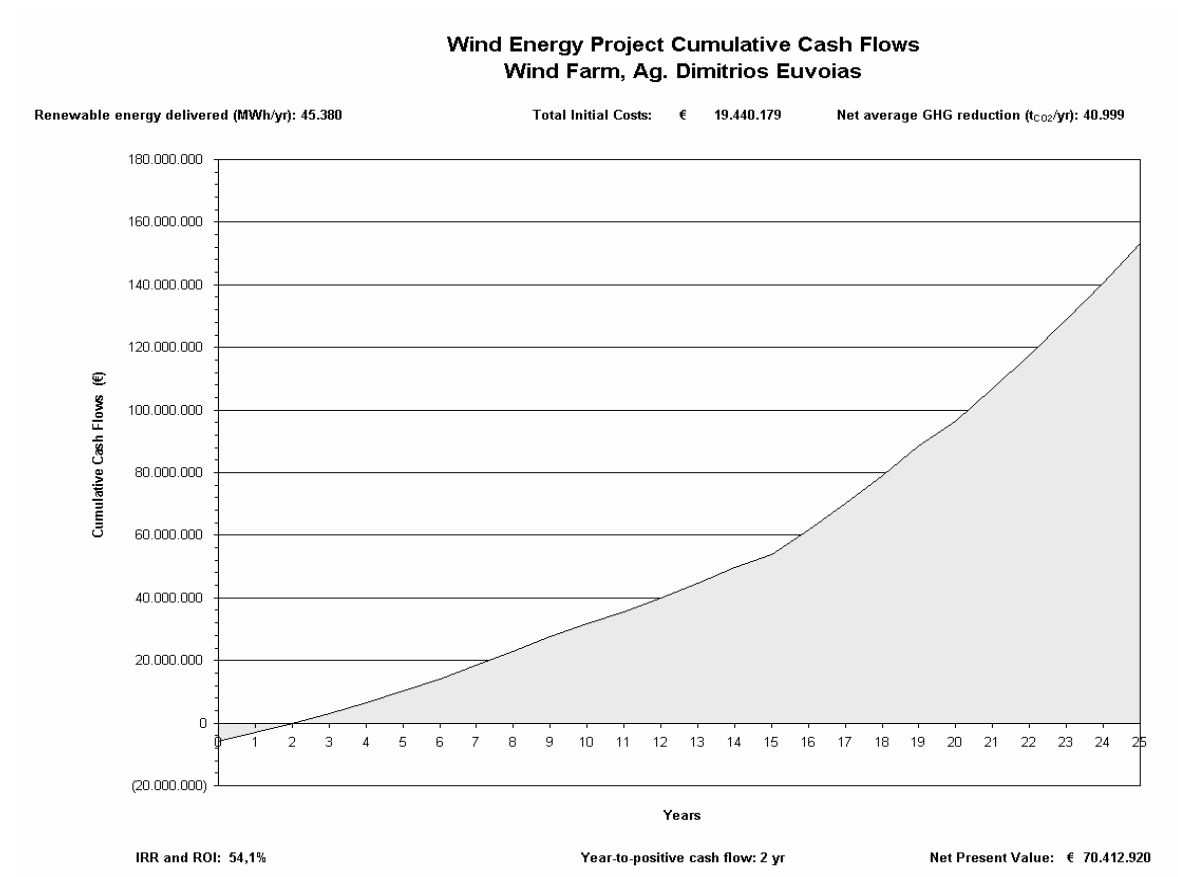


*Χωρίς επιδότηση

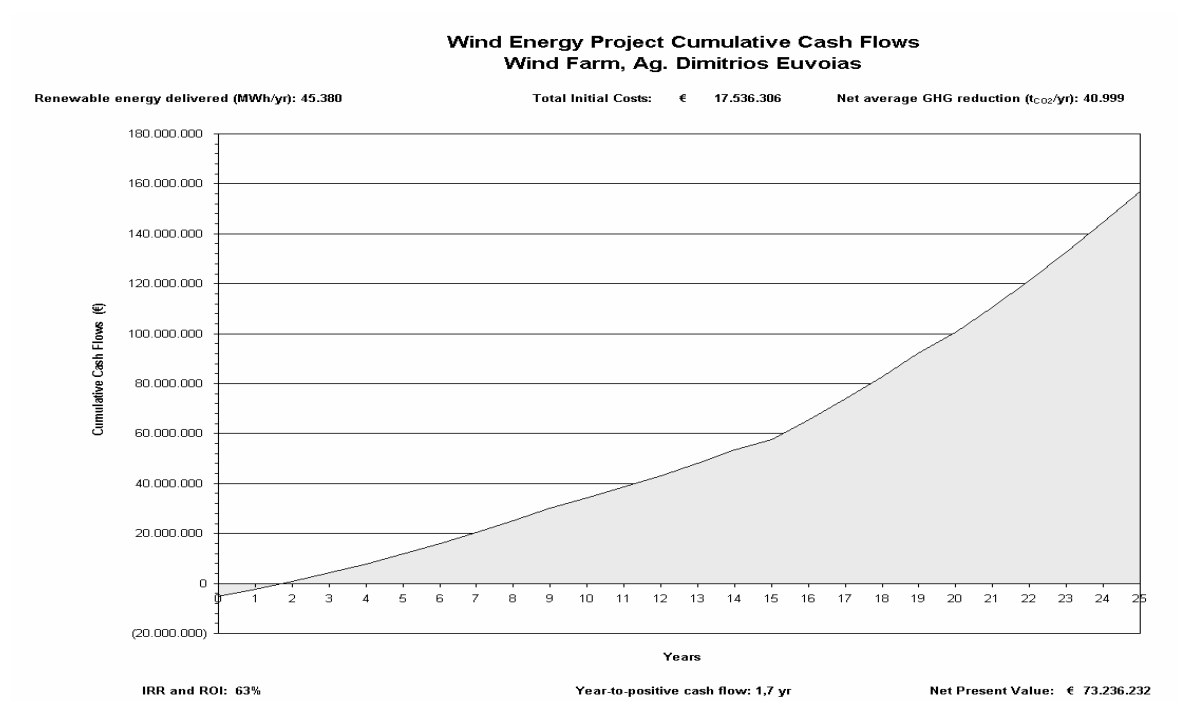


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.22: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

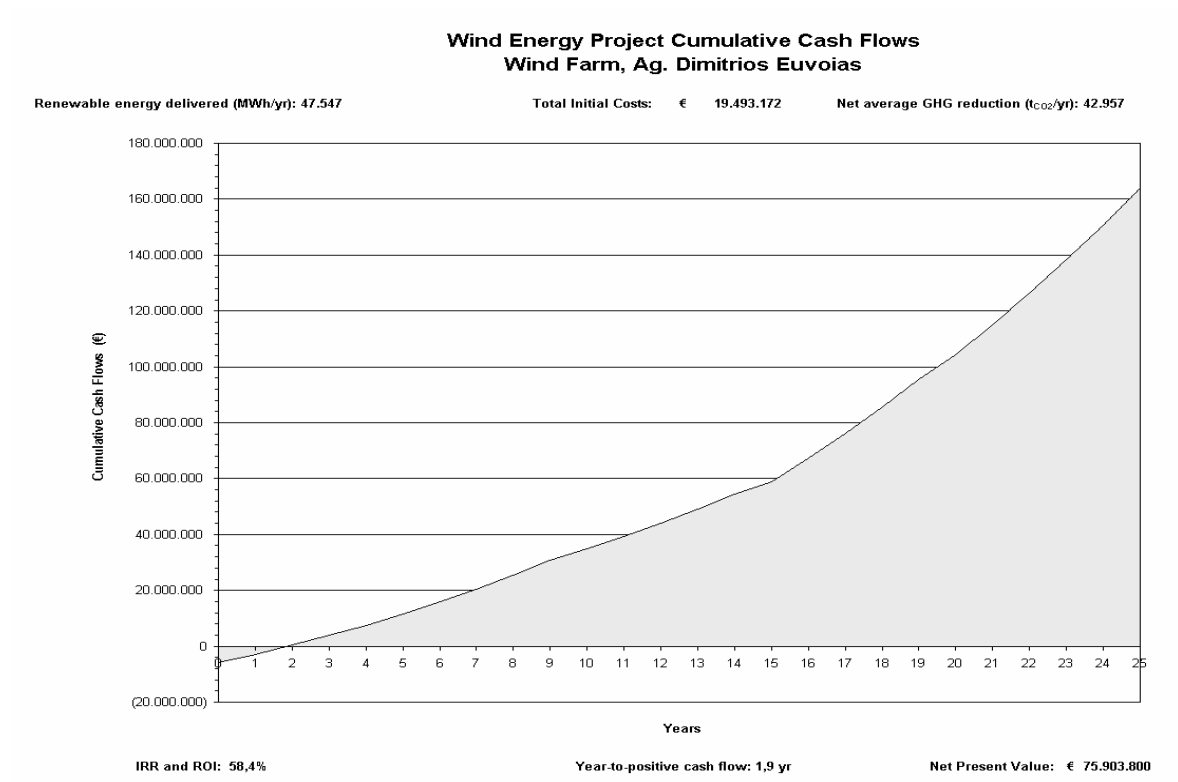


*Χωρίς επιδότηση

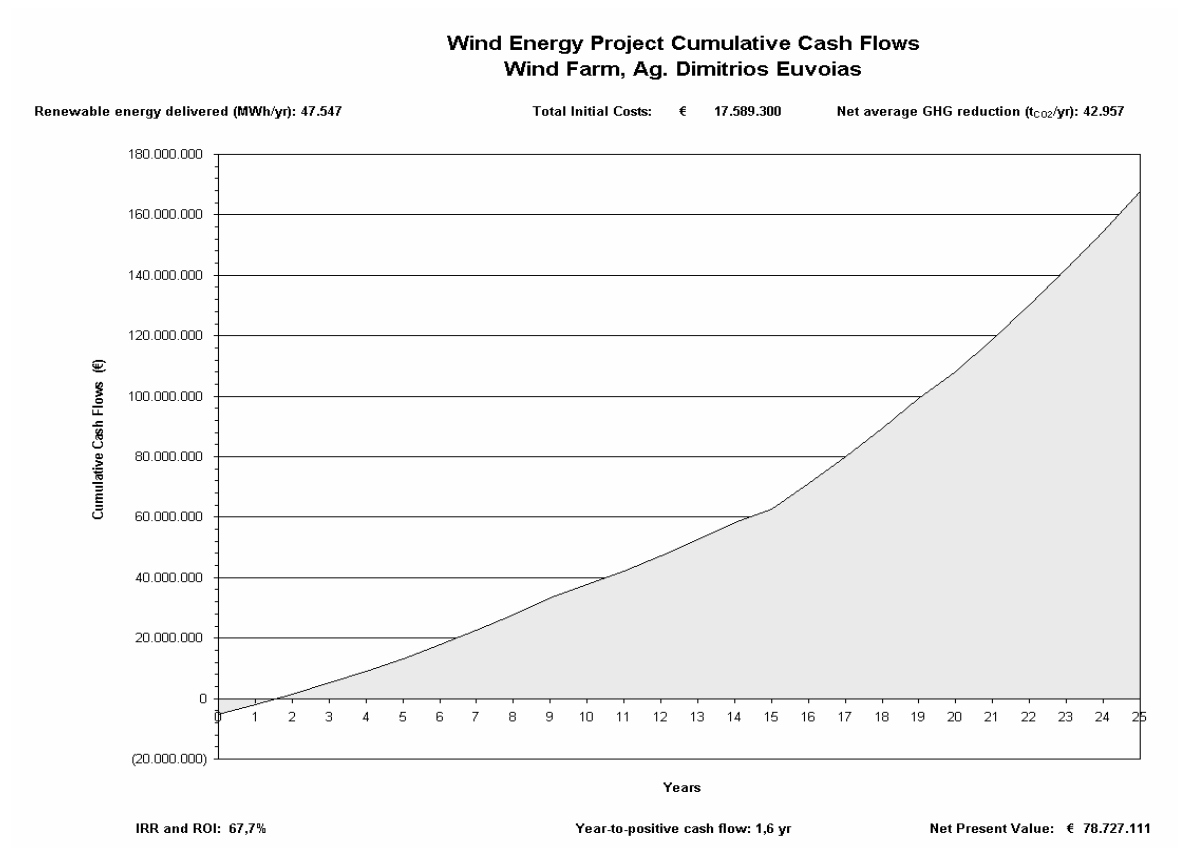


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.23: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

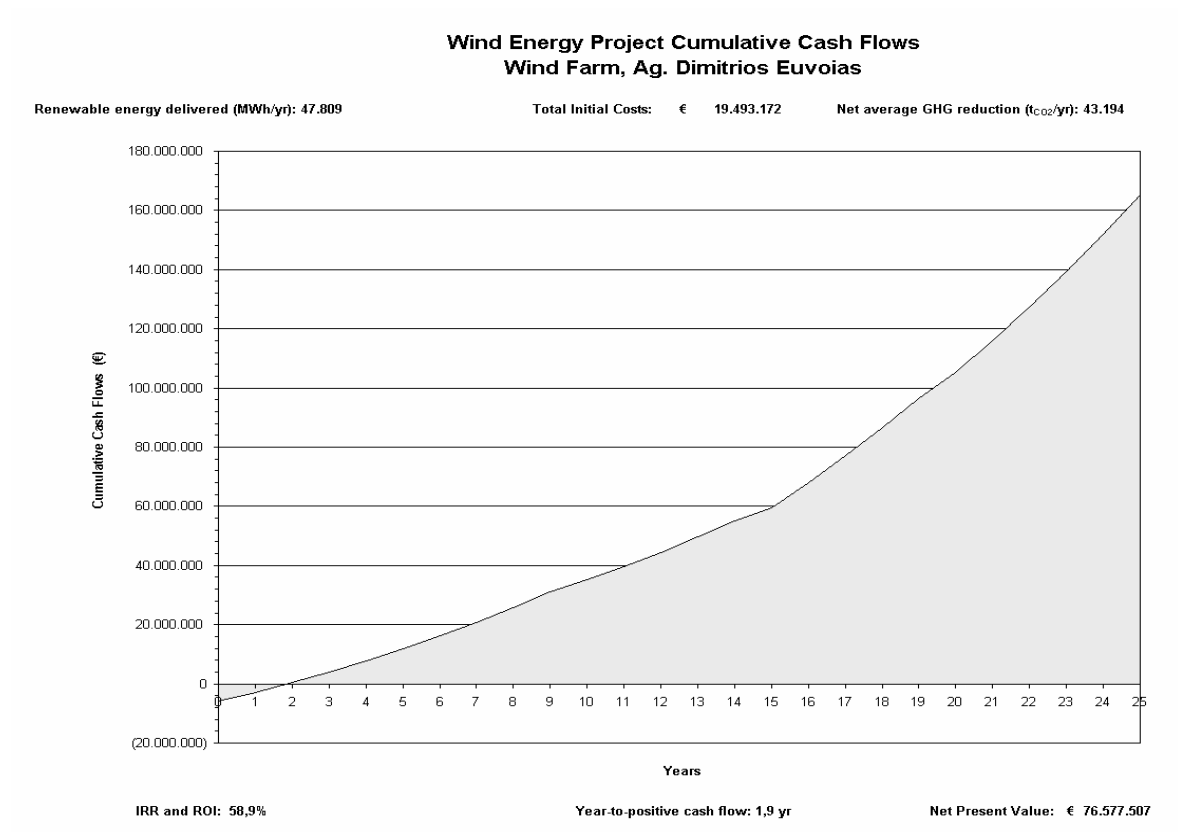


*Χωρίς επιδότηση

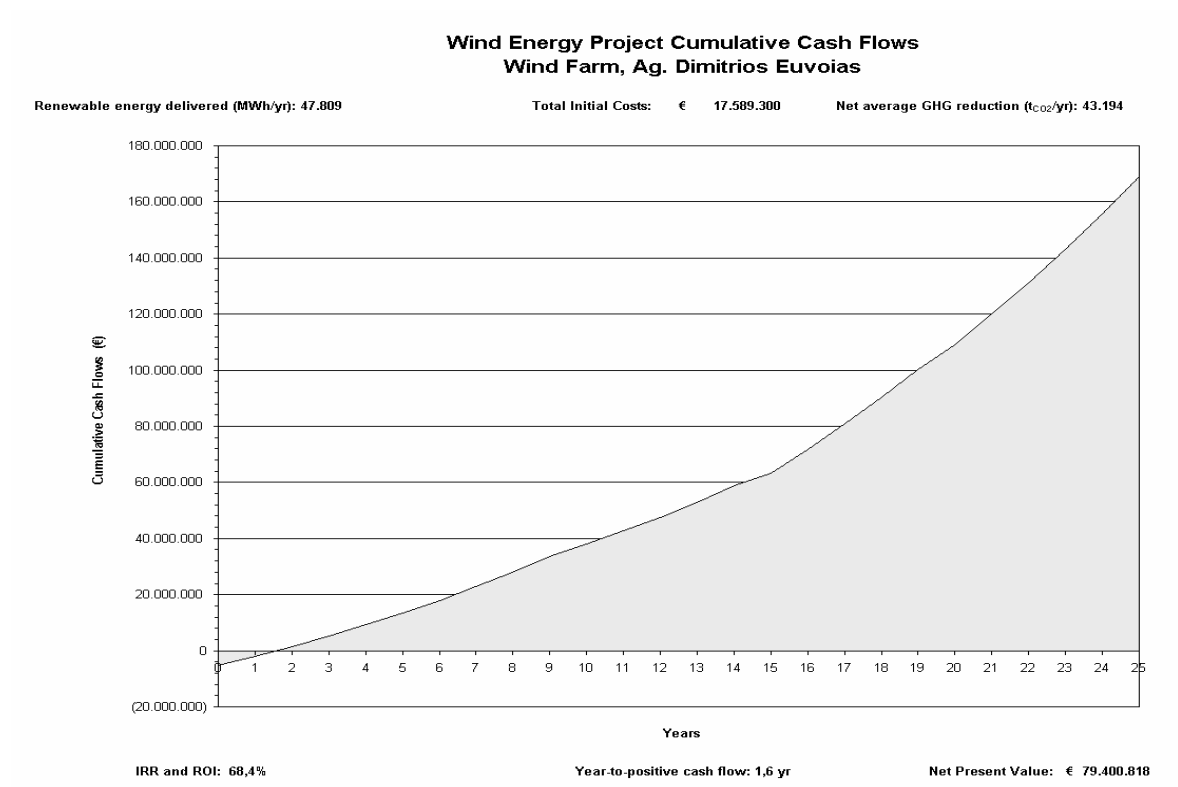


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.24: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



*Χωρίς επιδότηση



*Με επιδότηση

2) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Παρατηρώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από την εφαρμογή του λογισμικού RETScreen® International μπορούν να εξαχθούν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά συμπεράσματα ως προς την επιλογή των Α/Γ προς εγκατάσταση και ως προς τον καθορισμό της οικονομικής τακτικής, έτσι ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Η παρουσίαση των συμπερασμάτων χωρίζεται στις παρακάτω τρεις ενότητες με κριτήρια τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων ανεμογεννητριών.

A) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση στη συνέχεια των Α/Γ που θα επιλεγθούν για τη δημιουργία του αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης, θα πρέπει να στηρίζεται και στην ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας που θα ληφθεί για τη συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου.

Από τους πίνακες εξάγονται τα εξής συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.13

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.33 Α. και τα σχήματα 5.14 και 5.15 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των άλλων

στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

A/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η A/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.16

A/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι A/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 /2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.33 Β. και τα σχήματα 5.17 και 5.18 ότι οι A/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Η επιλογή των A/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των A/Γ αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.13 έως 5.18). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 A/Γ GAMESA 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec, δηλαδή οι A/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των A/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.37 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.37: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 9m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Παρόλο που αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43) παράγει τη μικρότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec, εντούτοις μπορεί να εκμεταλλευτεί αιολικό δυναμικό μέχρι ταχύτητες ανέμου m/sec 12-13m/sec.

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Β) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η αξιολόγηση με περιβαλλοντικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο της περιοχής μελέτης είναι απαραίτητη γιατί από τα αποτελέσματα κρίνεται και η αποδοχή του πάρκου από την εκάστοτε κοινωνία της περιοχής. Το περιβαλλοντικό κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων Α/Γ.

Από τους πίνακες 5.34 Α. και Β. εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.34 Α.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.34 Α. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.34 Β.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.34 Β. οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Πίνακες 5.34 Α. και Β.). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- 1) Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των αερίων CO₂ για ταχύτητα ανέμου 9m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν περιβαλλοντικά έναντι των υπολοίπων.
- 2) Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.38 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.38: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO₂ για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 9m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Γ) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στην αξιολόγηση με οικονομικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο στηρίζεται η οριστική επιλογή των βέλτιστων συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην περιοχή μελέτης και επομένως είναι απαραίτητη. Τα οικονομικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι οι τιμές της

αρχικής συνολικής δαπάνης για τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου 10 MW για τις δυο διαφορετικές τιμές ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν, επίσης τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης του πάρκου καθώς επίσης και οι ταμειακές ροές σε σχέση με τη διάρκεια ζωής του έργου στην περιοχή μελέτης.

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι οι συνολικές αρχικές δαπάνες είναι το ποσό της εκτιμώμενης μελέτης σκοπιμότητας, της ανάπτυξης, της εφαρμοσμένης μηχανικής, του ενεργειακού του εξοπλισμού, της ισορροπίας των εγκαταστάσεων και των διάφορων δαπανών ενώ δεν περιλαμβάνονται οι φόροι επί των πωλήσεων. Επίσης τα έτη αποπληρωμής αντιστοιχούν στην επιστροφή (έτος), που αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που παίρνει για ένα πρόγραμμα επένδυσης να αποζημιωθεί το αρχικό κόστος του, από τις παραλαβές μετρητών που αυτό παράγει. Η βασική προϋπόθεση της μεθόδου επιστροφής είναι ότι, όσο το κόστος μιας επένδυσης μπορεί να ανακτηθεί γρηγορότερα, τόσο πιο επιθυμητή είναι η επένδυση.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι για την εύρεση της βέλτιστης επένδυσης (κατάλληλη επιλογή Α/Γ), πρωτεύον οικονομικός δείκτης είναι οι ταμειακές ροές και δευτερεύον τα έτη αποπληρωμής.

Από το πίνακα 5.35 για τις συνολικές δαπάνες και τους πίνακες 5.36 Α. και Β. για τα έτη αποπληρωμής καθώς επίσης και από τα σχήματα 5.19 – 5.24 για την περιοχή μελέτης, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.19 (χωρίς και με επιδότηση) και σ'αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες Α/Γ πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.20 και 5.21 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 60m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.22 (Χωρίς και με επιδότηση)

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.23 και 5.24 οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε [Σχήματα 5.19 έως 5.24 (Χωρίς και με επιδότηση)]. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m σύμφωνα με τις ταμειακές ροές καθώς και άλλους οικονομικούς δείκτες αποτελεί την βέλτιστη επένδυση για ταχύτητα ανέμου 9m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των υπολοίπων και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση).
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με οικονομικά κριτήρια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.39 που ακολουθεί ο οποίος

είναι κοινός και για τους δυο τύπους επένδυσης (Χωρίς και με επιδότηση):

Πίνακας 5.39: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, και ταχύτητα ανέμου 9m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Στην περιοχή μελέτης οι δύο οικονομικοί δείκτες (ταμειακές ροές και έτη αποπληρωμής) δίνουν αποτελέσματα τα οποία δεν συγκλίνουν για την ταξινόμηση των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η σειρά των δεικτών ανάλογα με τη δυναμικότητα τους όπως αναφέρεται στην εισαγωγή της υπό ενότητας Γ).

Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για την περιοχή μελέτης και τα υπόλοιπα κριτήρια, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.40: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) με ταχύτητα ανέμου 9m/sec

Τύπος Α/Γ	600 kW		2000 kW			
Ύψος δρομέα	60m	78m	60m	60m	78m	78m
Κατασκευαστής	NORDEX	NORDEX	VESTAS	GAMESA	VESTAS	GAMESA
Αριθμός Α/Γ	16	16	5	5	5	5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ						
Οικονομικά						
Παραγόμενη Ενέργεια (Ταχύτητα ανέμου 9m/sec)	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Συνολική Δαπάνη Επένδυσης	++	++	+	+	+	+
Έτη αποπληρωμής της Δαπάνης Επένδυσης	+	++	++	++	+++	+++
Συνολικές Ταμειακές Ροές	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Περιβαλλοντικά						
Μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Θόρυβος	++++	+++	++	++	+	+
Οπτική Ρύπανση	++	++	+++	+++	+	+
Αποτελέσματα στο Οικοσύστημα	+++	++++	+	+	++	++
Κοινωνικά						
Εργασία	++	++	+	+	+	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά με βάση τα παραπάνω που αναφέρονται στον πίνακα 5.40, προκύπτουν τα εξής:

ο Κριτήριο Παραγόμενη Ενέργεια

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 9m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

ο Κριτήριο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

- ο Κριτήριο τη βιωσιμότητα της επένδυσης

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 60m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m ή 5 Α/Γ VESTAS V80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων ως προς τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων ως προς τις συνολικές ταμειακές ροές για ταχύτητα ανέμου 9m/sec.

Τελικά ως προς το σύνολο των οικονομικών δεικτών ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m οι οποίες πλεονεκτούν επενδυτικά σε σχέση με τις Α/Γ VESTAS και NORDEX.

- ο Κριτήριο την παραγωγή Θορύβου

Αναφορικά με την παραγωγή θορύβου το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX / 600kW / 60m παράγει λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γιατί όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς των Α/Γ μεγαλώνουν και τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου.

- ο Κριτήριο την οπτική ρύπανση

Με βάση το κριτήριο το κριτήριο αυτό, τα αιολικά πάρκα VESTAS V80 / 2MW / 60m και GAMESA G80 / 2MW / 60m υπερτερούν.

- ο Κριτήριο τα αποτελέσματα στο οικοσύστημα

Με βάση το κριτήριο των αποτελεσμάτων που επιφέρουν στο οικοσύστημα της περιοχής, το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 78m υπερτερεί.

- ο Κριτήριο την εργασία

Τέλος με βάση το κριτήριο αυτό τα αιολικά πάρκα NORDEX N43 / 600Kw / 60m και 78m υπερτερούν, διότι θα δώσουν περισσότερη εργασία έναντι των υπολοίπων.

Συμπερασματικά λοιπόν, προσδίδοντας μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, η κατάταξη των τύπων των Α/Γ για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.41: Κατάταξη Α/Γ για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 9m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

- Για ταχύτητα ανέμου στην περιοχή μελέτης 11m/sec:

1) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Βάσει των παραπάνω δεδομένων, τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από το λογισμικό διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: Ενεργειακά, Περιβαλλοντικά και Οικονομικά για δύο περιπτώσεις α)Χωρίς επιδότηση από το κράτος και β)Με επιδότηση 30% από το κράτος.

Α) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ενεργειακά αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.42: Ενεργειακά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m

A.

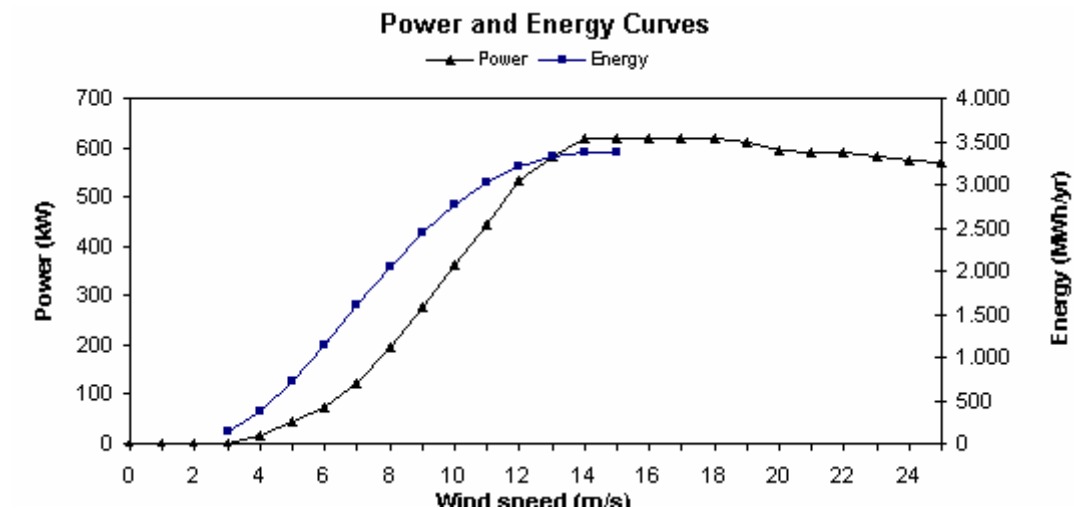
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	47.618
VESTAS V80 / 2MW	49.843
GAMESA G80 / 2MW	50.052

B.

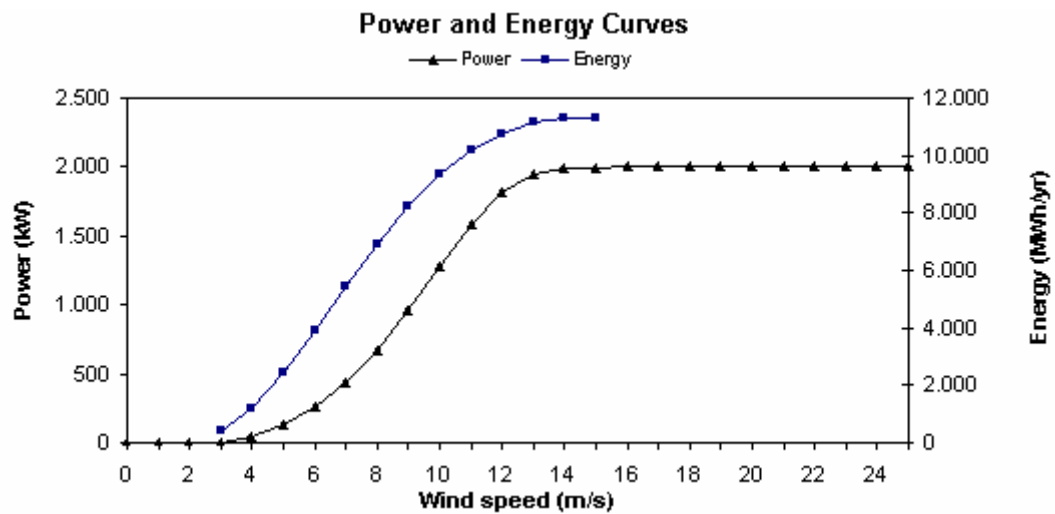
Τύπος Α/Γ	Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)
Ύψος Δρομέα 78m	
NORDEX N43 / 600kW	47.880
VESTAS V80 / 2MW	50.110
GAMESA G80 / 2MW	50.296

Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) απεικονίζουν γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες.

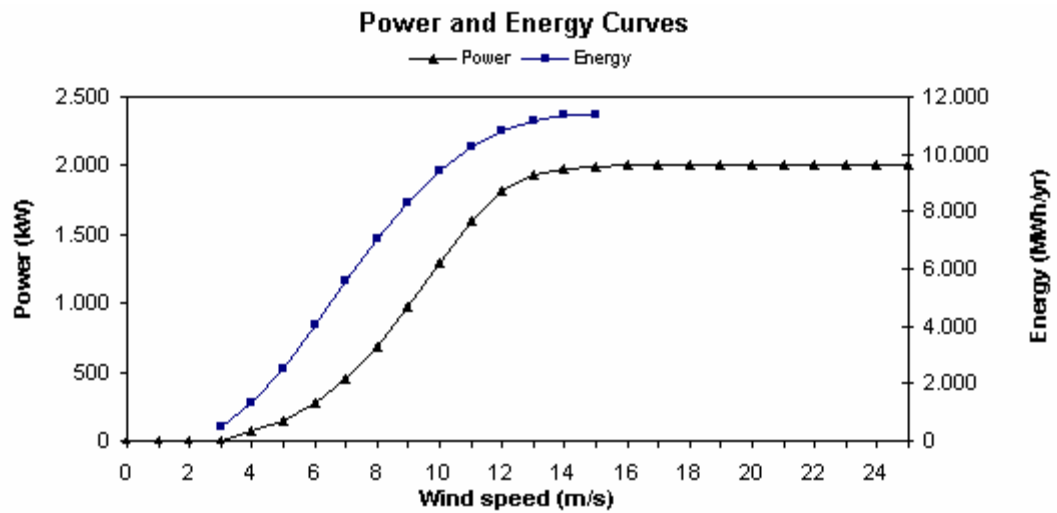
Σχήμα 5.25: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m



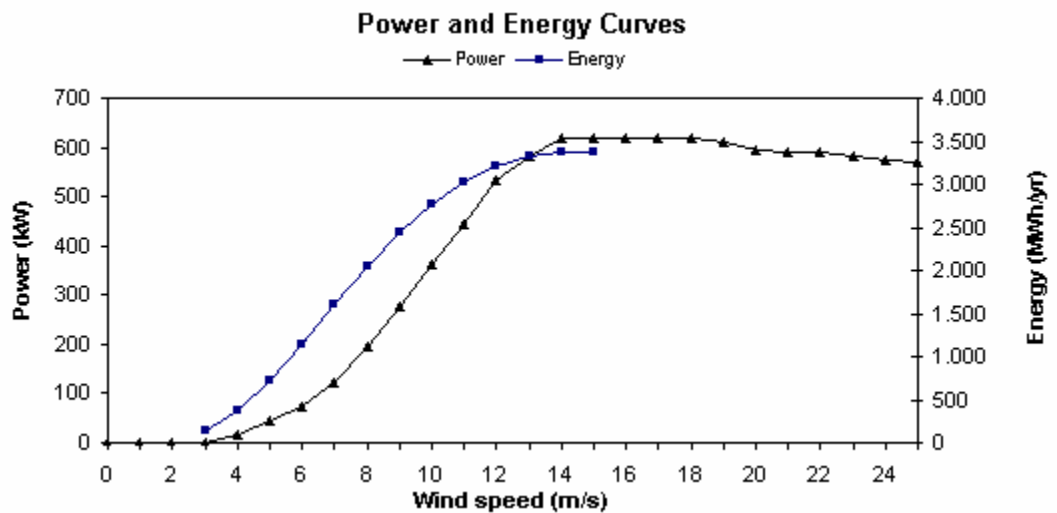
Σχήμα 5.26: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



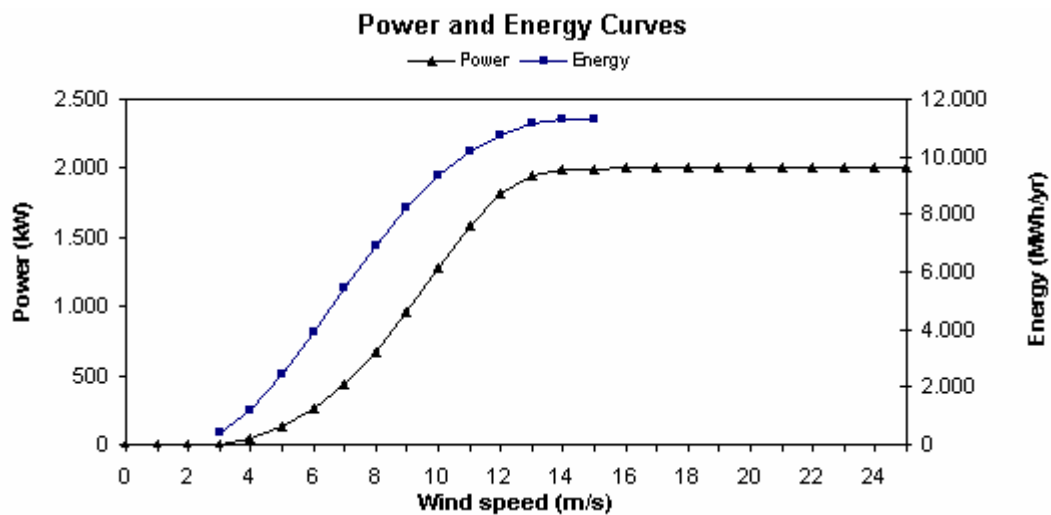
Σχήμα 5.27: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m



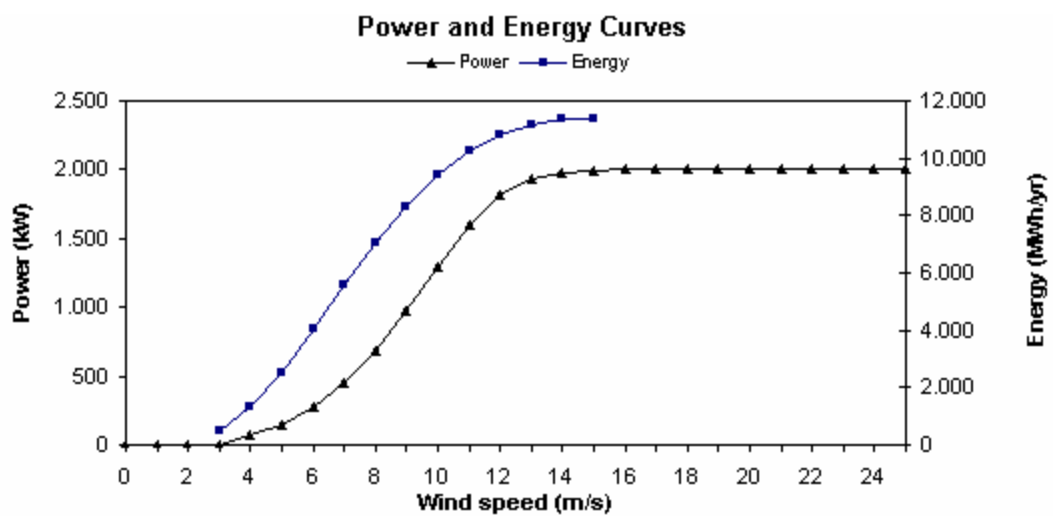
Σχήμα 5.28: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.29: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



Σχήμα 5.30: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m



*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Β) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα σε σχέση με την τιμή της καθαρής ετήσιας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περιοχή μελέτης, για τους τρεις τύπους Α/Γ που χρησιμοποιήσαμε και για τα δύο διαφορετικά ύψη δρομέα των Α/Γ αυτών.

Πίνακας 5.43: Περιβαλλοντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για την βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m

A.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t_{CO_2})
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	43.021
VESTAS V80 / 2MW	45.032
GAMESA G80 / 2MW	45.221

B.

Τύπος Α/Γ	Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου – Net Annual GHG emission reduction (σε t_{CO_2})
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	43.258
VESTAS V80 / 2MW	45.273
GAMESA G80 / 2MW	45.441

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση).

Γ) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα (σχήματα) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα οικονομικά αποτελέσματα σε σχέση με τις συνολικές δαπάνες για τις διαφορετικές τιμές της ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης με τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης του πάρκου στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 5.44: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec και για τις δύο τιμές ισχύος των Α/Γ που επιλέχθηκαν (Χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

Τύπος Α/Γ	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου χωρίς επιδότηση (σε €)	Συνολικό κόστος για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου με επιδότηση 30% (σε €)
NORDEX N43 / 600kW	19.440.179	17.536.306
VESTAS V80 / 2MW	19.493.172	17.589.300
GAMESA G80 / 2MW	19.493.172	17.589.300

Πίνακας 5.45: Οικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, για τη χρονική διάρκεια αποπληρωμής του έργου για τα τρία είδη των Α/Γ και με ύψος δρομέα στα 60m και 78m (χωρίς και με επιδότηση της επένδυσης)

A.

Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)
Ύψος Δρομέα 60m	
NORDEX N43 / 600kW	3,9 (3,5)
VESTAS V80 / 2MW	3,7 (3,3)
GAMESA G80 / 2MW	3,7 (3,3)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

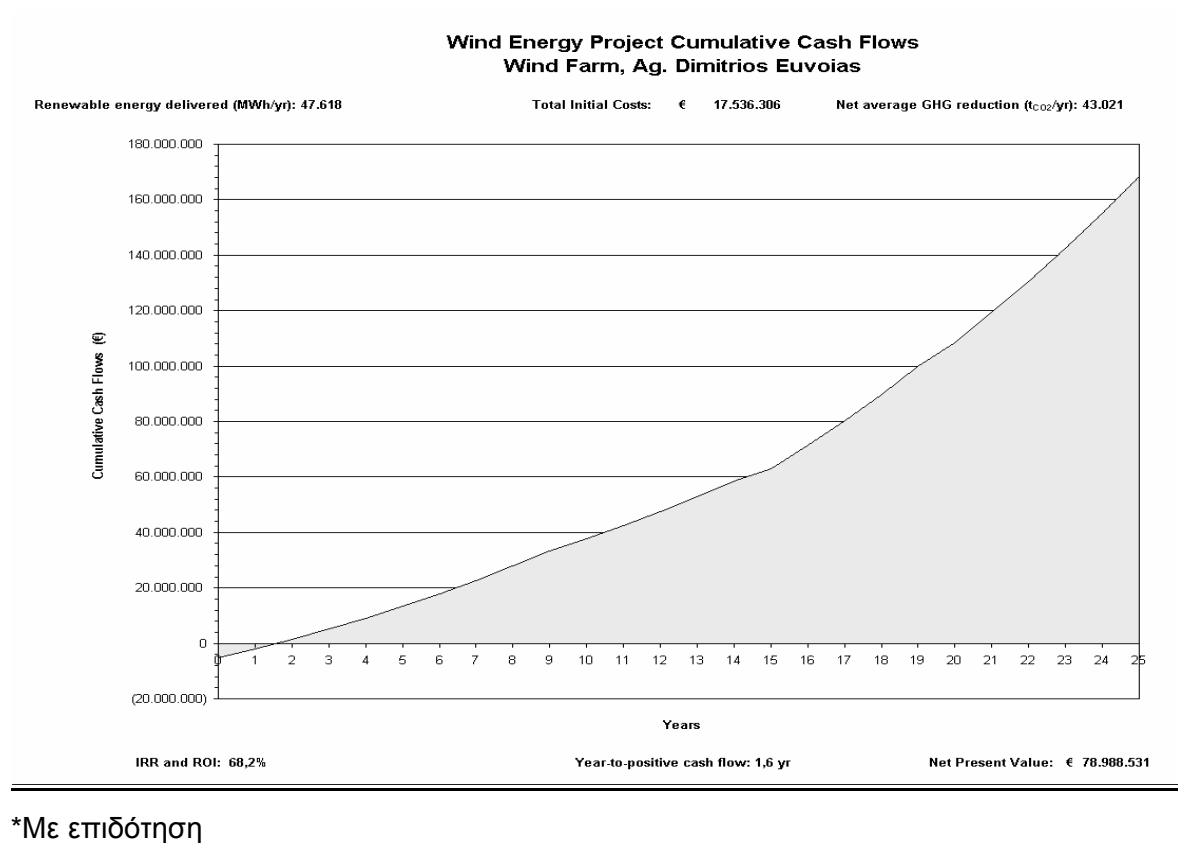
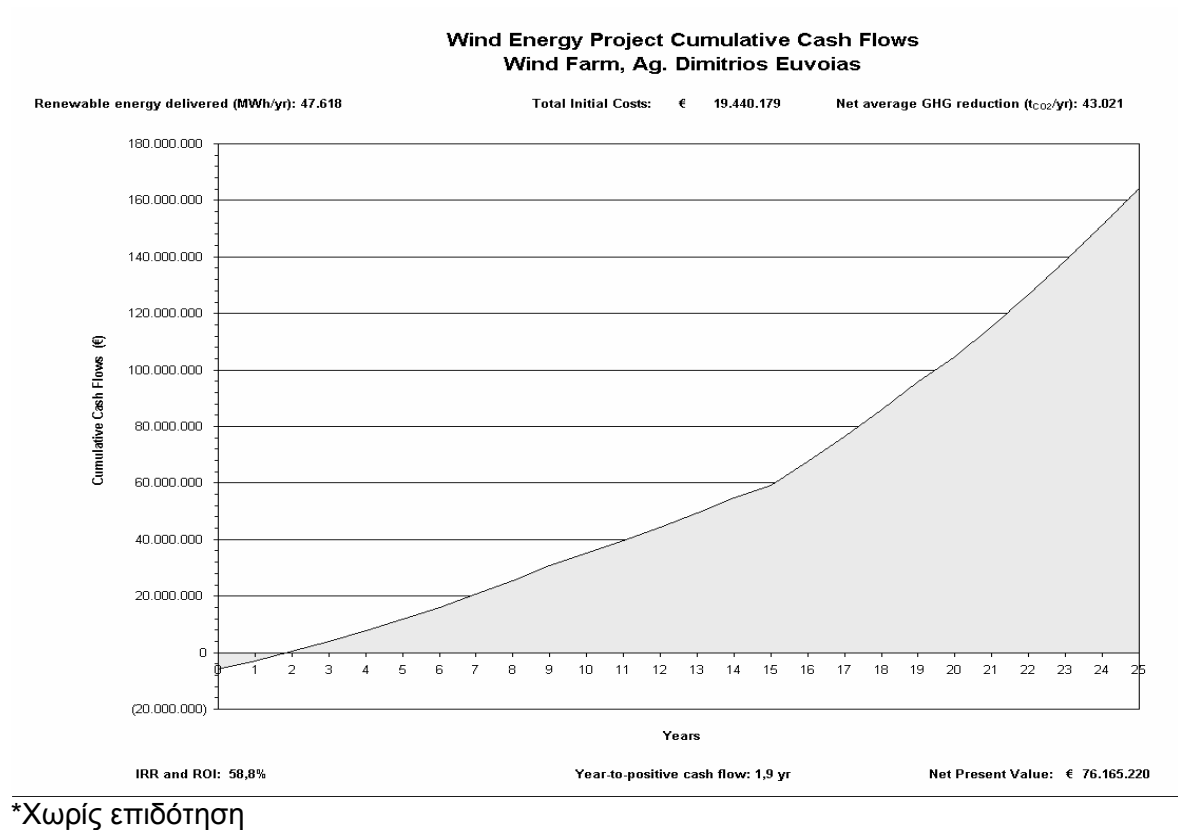
B.

Τύπος Α/Γ	Χρονική διάρκεια Αποπληρωμής του έργου (σε yr)
Ύψος Δρομέα 78m	
NORDEX N43 / 600kW	3,9 (3,5)
VESTAS V80 / 2MW	3,7 (3,3)
GAMESA G80 / 2MW	3,7 (3,3)

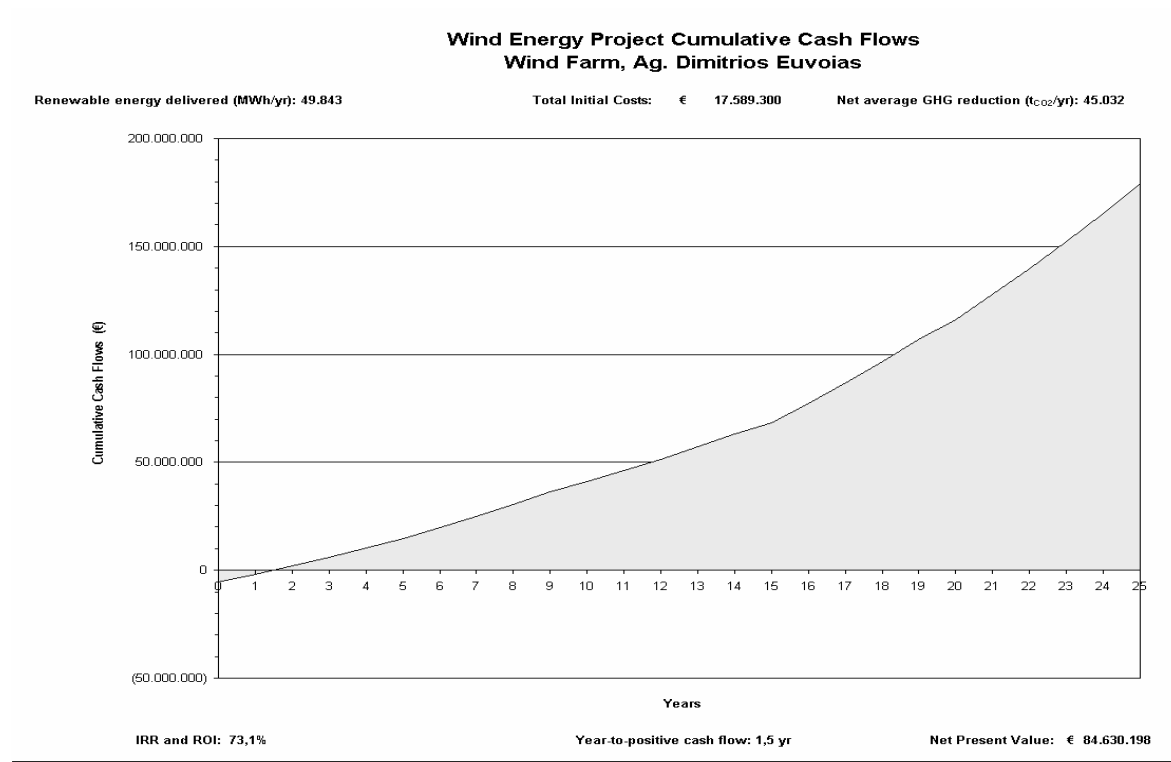
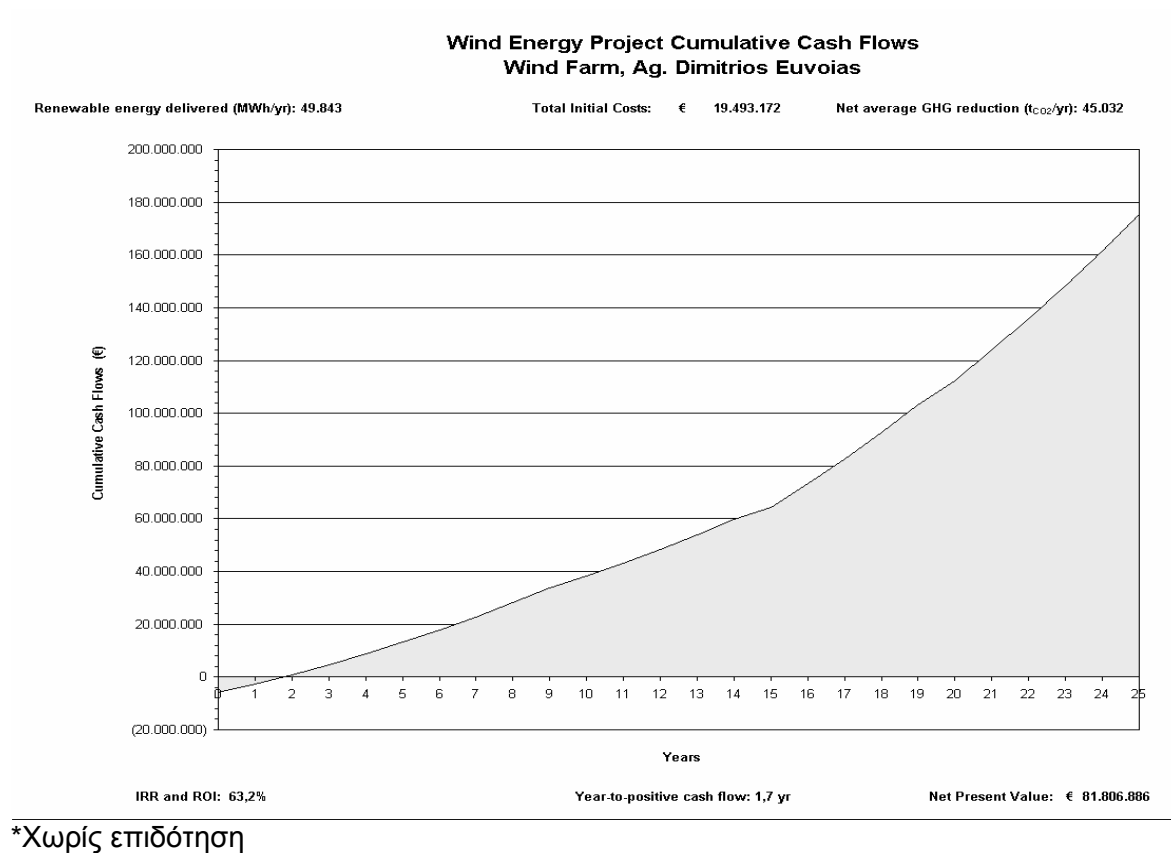
*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

Τα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα) απεικονίζουν και για την περιοχή μελέτης γραφικά τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες(χωρίς και με επιδότηση 30%).

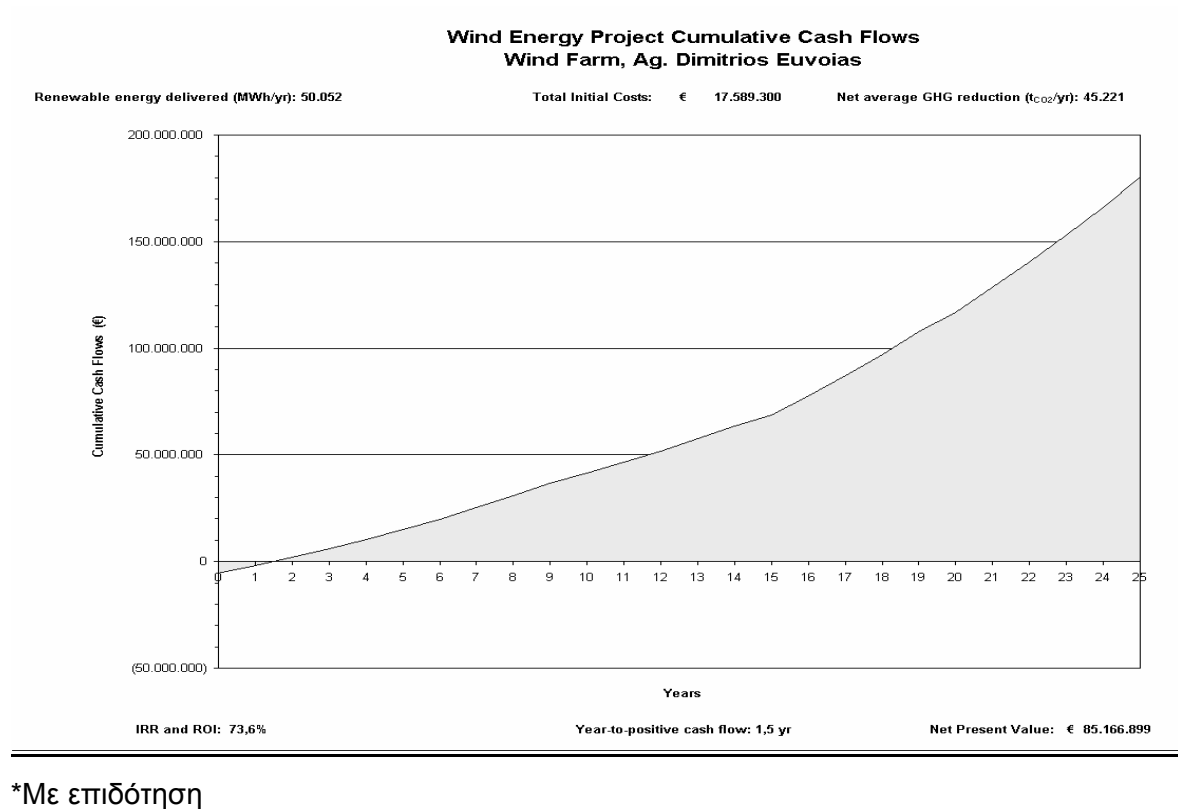
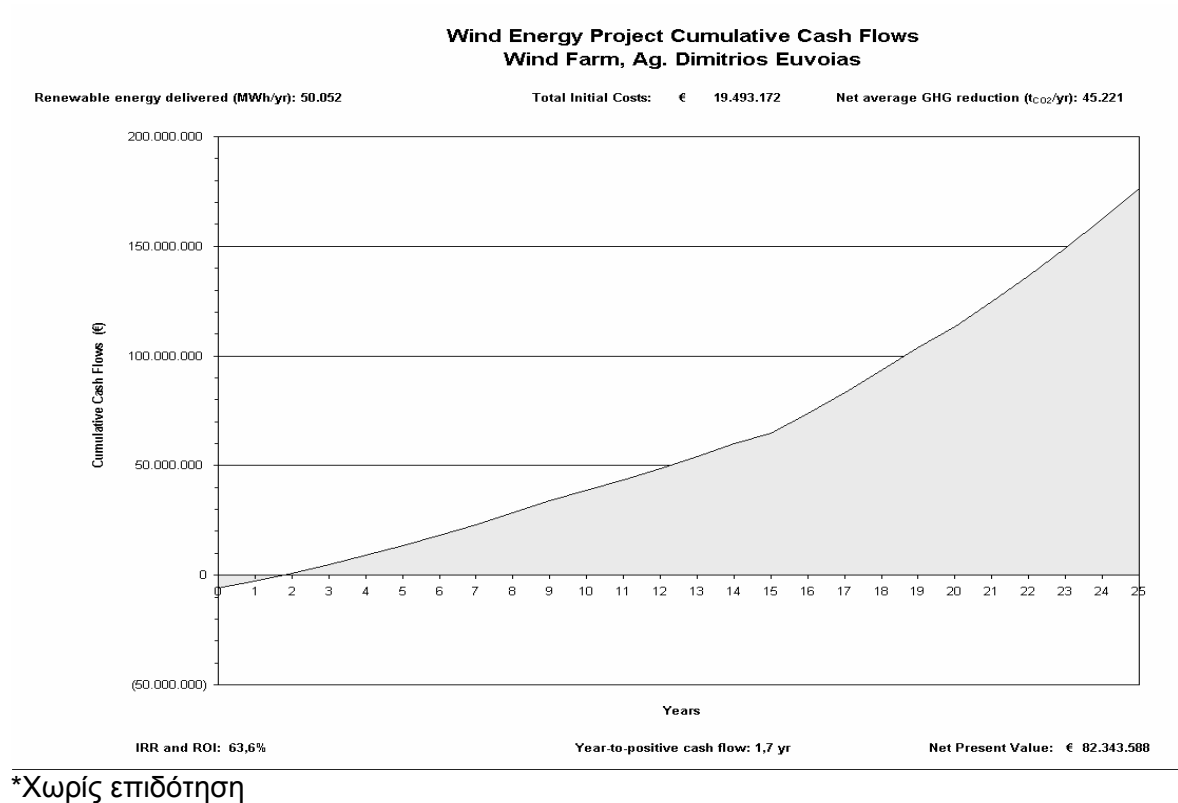
Σχήμα 5.31: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



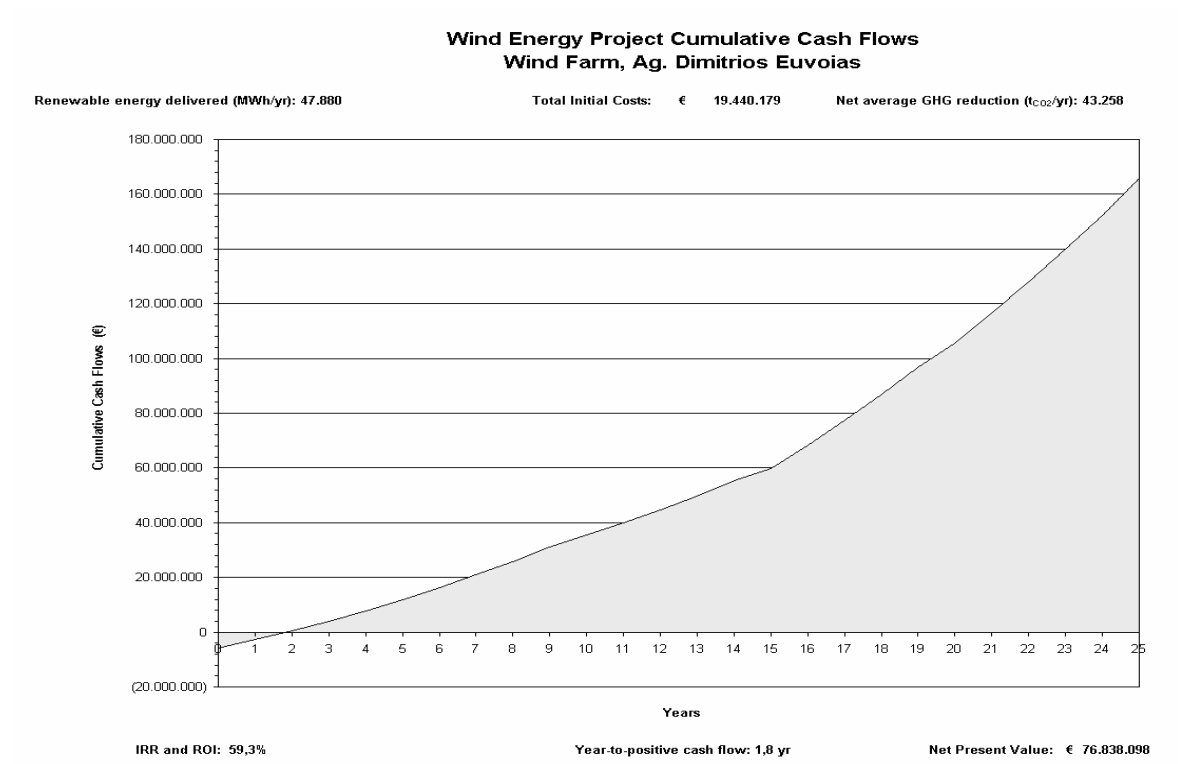
Σχήμα 5.32: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



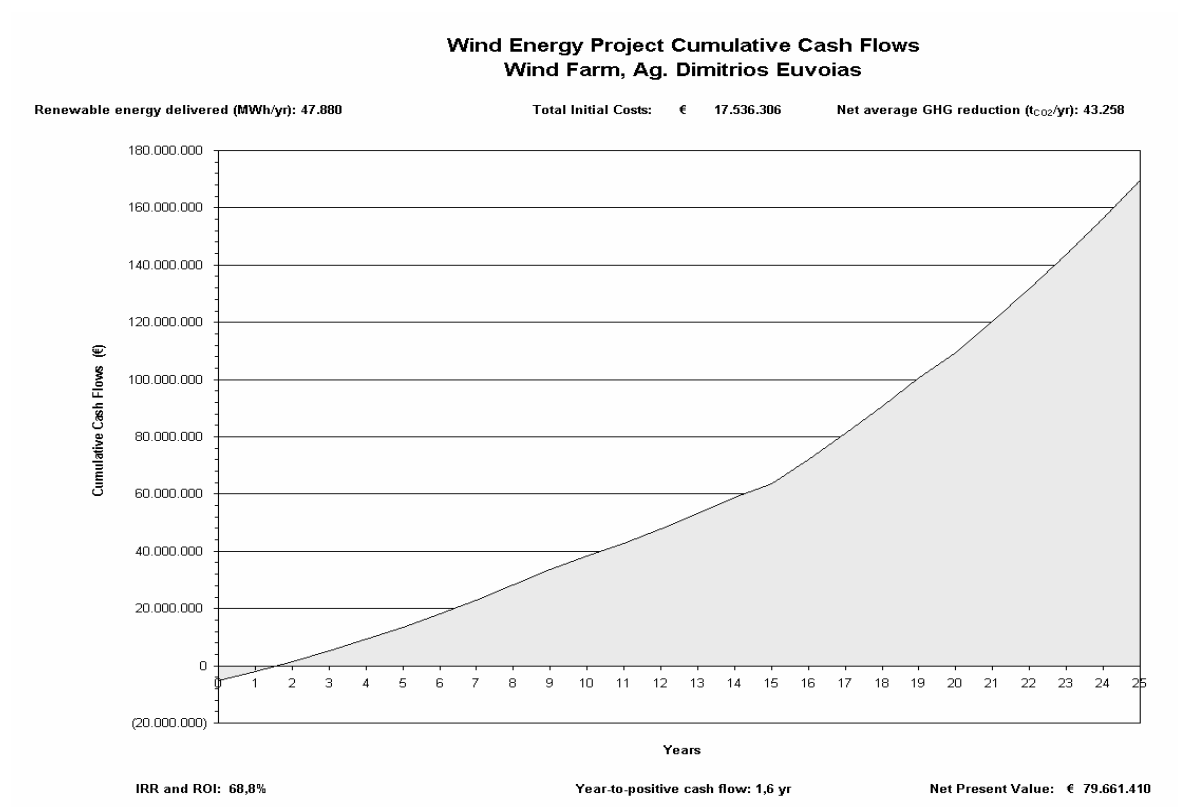
Σχήμα 5.33: Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



Σχήμα 5.34: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

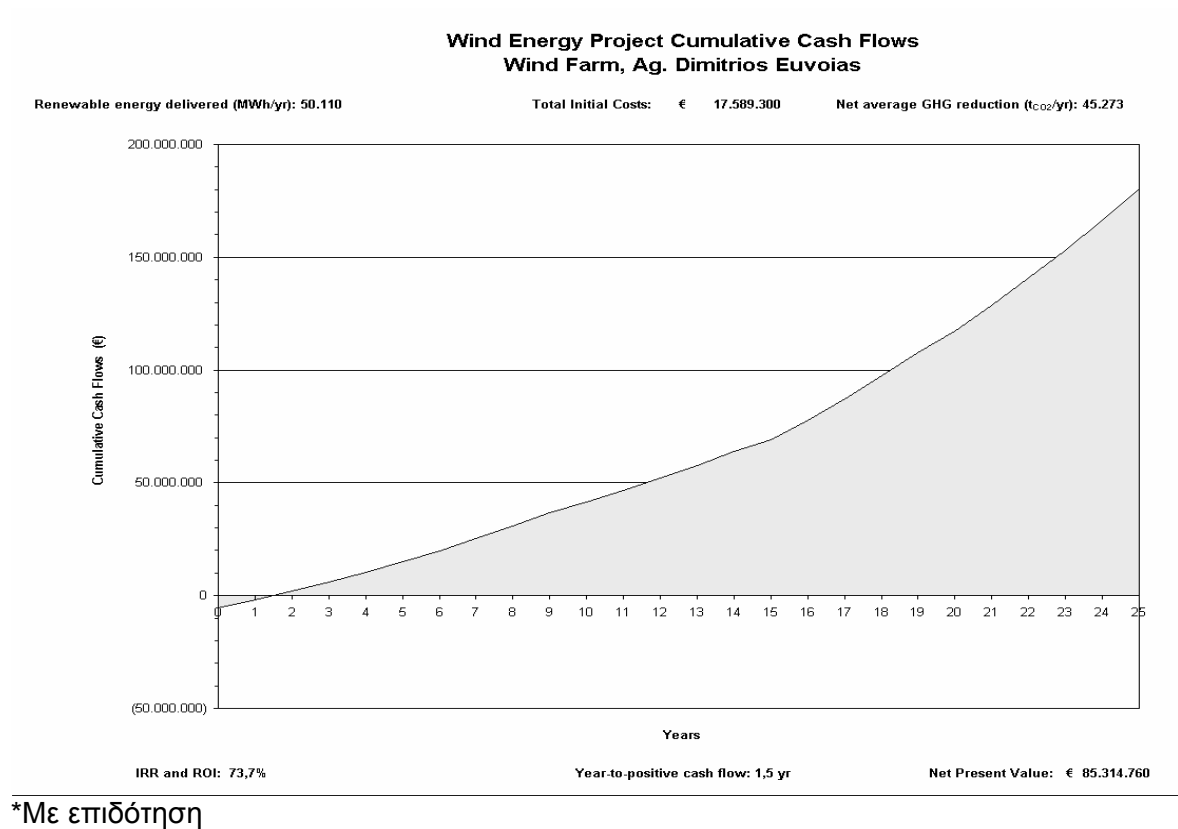
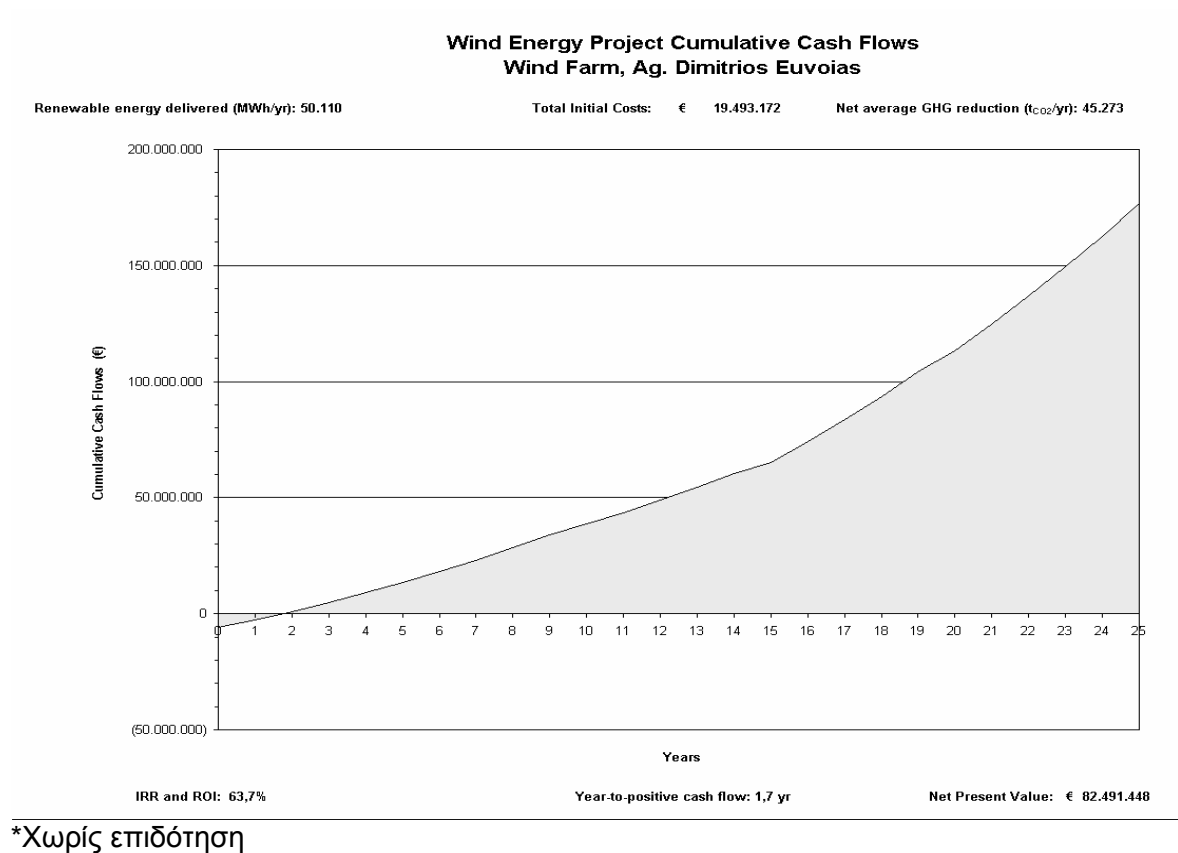


*Χωρίς επιδότηση

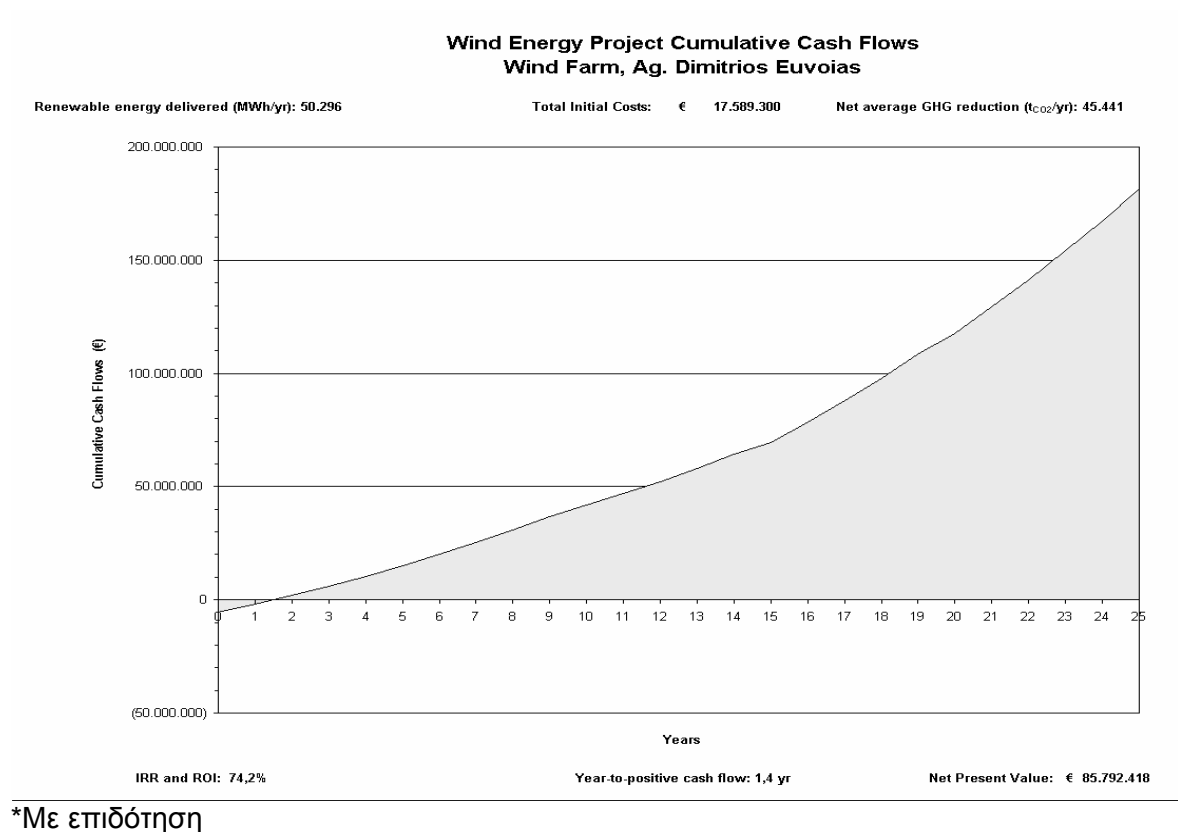
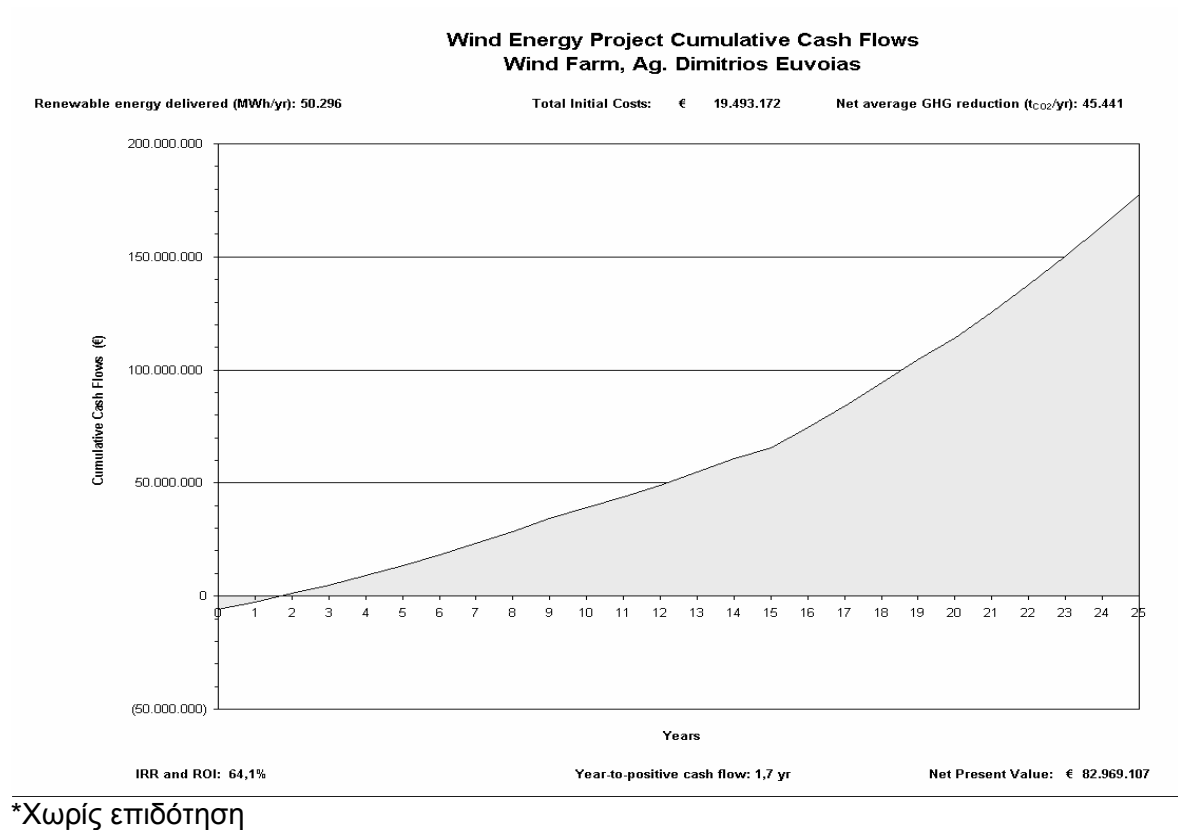


*Με επιδότηση

Σχήμα 5.35: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



Σχήμα 5.36: Διάγραμμα ταμειακής ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



2) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Παρατηρώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από την εφαρμογή του λογισμικού RETScreen® International μπορούν να εξαχθούν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά συμπεράσματα ως προς την επιλογή των Α/Γ προς εγκατάσταση και ως προς τον καθορισμό της οικονομικής τακτικής, έτσι ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Η παρουσίαση των συμπερασμάτων χωρίζεται στις παρακάτω τρεις ενότητες με κριτήρια τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων ανεμογεννητριών.

A) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση στη συνέχεια των Α/Γ που θα επιλεγθούν για τη δημιουργία του αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης, θα πρέπει να στηρίζεται και στην ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας που θα ληφθεί για τη συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου.

Από τους πίνακες εξάγονται τα εξής συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.25

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.42 Α. και τα σχήματα 5.26 και 5.27 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των άλλων

στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

A/G Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η A/G που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.28

A/G Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι A/G που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.42 Β. και τα σχήματα 5.29 και 5.30 ότι οι A/G GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των άλλων στη ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Η επιλογή των A/G που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των A/G αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.25 έως 5.30). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 A/G GAMESA 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, δηλαδή οι A/G ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των A/G με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.46 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.46: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με την παραγόμενη Αιολική Ενέργεια για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

3. Παρόλο που αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW με ύψος δρομέα 60m (NORDEX N43) παράγει τη μικρότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, εντούτοις μπορεί να εκμεταλλευτεί αιολικό δυναμικό μέχρι ταχύτητες ανέμου m/sec 12-13m/sec.

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την παραγόμενη ενέργεια είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Β) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η αξιολόγηση με περιβαλλοντικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο της περιοχής μελέτης είναι απαραίτητη γιατί από τα αποτελέσματα κρίνεται και η αποδοχή του πάρκου από την εκάστοτε κοινωνία της περιοχής. Το περιβαλλοντικό κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από την εγκατάσταση συγκεκριμένων τύπων Α/Γ.

Από τους πίνακες 5.43 Α. και Β. εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.43 Α.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.43 Α. ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 5.43 Β.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από το πίνακα 5.43 Β. οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m στη μείωση των εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε [Πίνακες 5.43 Α. και Β. (Χωρίς και με επιδότηση)]. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση των αερίων CO₂ για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν περιβαλλοντικά έναντι των υπολοίπων.
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με κριτήριο τη περισσότερη παραγόμενη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.47 που ακολουθεί:

Πίνακας 5.47: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών του CO₂ για την βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Τα αποτελέσματα με κριτήριο την ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι όμοια και για τις δυο περιπτώσεις (Χωρίς και με επιδότηση)

Γ) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Στην αξιολόγηση με οικονομικά κριτήρια των Α/Γ προς εγκατάσταση στο αιολικό πάρκο στηρίζεται η οριστική επιλογή των βέλτιστων συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην περιοχή μελέτης και επομένως είναι απαραίτητη. Τα οικονομικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι οι τιμές της αρχικής συνολικής δαπάνης για τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου 10 MW για τις δυο διαφορετικές τιμές ισχύος των Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν, επίσης τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης του πάρκου καθώς επίσης και οι ταμειακές ροές σε σχέση με τη διάρκεια ζωής του έργου στην περιοχή μελέτης.

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι οι συνολικές αρχικές δαπάνες είναι το ποσό της εκτιμώμενης μελέτης σκοπιμότητας, της ανάπτυξης, της εφαρμοσμένης μηχανικής, του ενεργειακού του εξοπλισμού, της ισορροπίας των εγκαταστάσεων και των διάφορων δαπανών ενώ δεν περιλαμβάνονται οι φόροι επί των πωλήσεων. Επίσης τα έτη αποπληρωμής αντιστοιχούν στην επιστροφή (έτος), που αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που παίρνει για ένα πρόγραμμα επένδυσης να αποζημιωθεί το αρχικό κόστος του, από τις παραλαβές μετρητών που αυτό παράγει. Η βασική προϋπόθεση της μεθόδου επιστροφής είναι ότι, όσο το κόστος μιας επένδυσης μπορεί να ανακτηθεί γρηγορότερα, τόσο πιο επιθυμητή είναι η επένδυση.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι για την εύρεση της βέλτιστης επένδυσης (κατάλληλη επιλογή Α/Γ), πρωτεύον οικονομικός δείκτης είναι οι ταμειακές ροές και δευτερεύον τα έτη αποπληρωμής.

Από το πίνακα 5.46 για τις συνολικές δαπάνες και τους πίνακες 5.47 Α. και Β. για τα έτη αποπληρωμής καθώς επίσης και από τα σχήματα 5.31 – 5.36 για την περιοχή μελέτης, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- NORDEX N43 / 600kW / 60m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.31 (χωρίς και με επιδότηση) και σ'αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες Α/Γ πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης.

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 60m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 60m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 60m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.32 και 5.33 ότι οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 60m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 60m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Α/Γ Ισχύος 600kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή η Α/Γ που έχει επιλεγεί είναι:

- ο NORDEX N43 / 600kW / 78m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.34 (χωρίς και με επιδότηση)

Α/Γ Ισχύος 2000kW και ύψος δρομέα 78m

Στην περίπτωση αυτή οι Α/Γ που έχουν επιλεγεί είναι:

- ο VESTAS V80 / 2000kW / 78m
- ο GAMESA G80 / 2000kW / 78m

Σ'αυτή τη περίπτωση φαίνεται από τα σχήματα 5.35 και 5.36 οι Α/Γ GAMESA G80 / 2000kW / 78m πλεονεκτούν έναντι των Α/Γ VESTAS V80 / 2000 kW / 78m ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και χωρίς και με επιδότηση, για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Η επιλογή των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν τελικά για το αιολικό πάρκο 10MW, στηρίζεται στη σύγκριση των Α/Γ αυτών που προηγήθηκε (Σχήματα 5.31 έως 5.36). Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA 2MW / 78m σύμφωνα με τις ταμειακές ροές καθώς και άλλους οικονομικούς δείκτες αποτελεί την βέλτιστη επένδυση για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW σε ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των υπολοίπων και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση).
2. Η ταξινόμηση των Α/Γ με οικονομικά κριτήρια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec παρουσιάζεται στον πίνακα 5.48 που ακολουθεί ο οποίος είναι κοινός και για τους δυο τύπους επένδυσης (χωρίς και με επιδότηση):

Πίνακας 5.48: Ταξινόμηση Α/Γ σε σχέση με τις ταμειακές ροές και τα έτη αποπληρωμής της αρχικής δαπάνης του έργου για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης και ταχύτητα ανέμου 11m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

*Στην περιοχή μελέτης οι δύο οικονομικοί δείκτες (ταμειακές ροές και έτη απόσβεσης) δίνουν αποτελέσματα τα οποία δεν συγκλίνουν για την ταξινόμηση των Α/Γ που θα χρησιμοποιηθούν. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η σειρά των δεικτών ανάλογα με τη δυναμικότητα τους όπως αναφέρεται στην εισαγωγή της υπό ενότητας Γ).

Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για την περιοχή μελέτης και τα υπόλοιπα κριτήρια, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.49: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ενός αιολικού συστήματος ενέργειας με συγκεκριμένα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου Ευβοίας (χωρίς και με επιδότηση 30%) με ταχύτητα ανέμου 11m/sec

Τύπος Α/Γ	600 kW		2000 kW			
Ύψος δρομέα	60m	78m	60m	60m	78m	78m
Κατασκευαστής	NORDEX	NORDEX	VESTAS	GAMESA	VESTAS	GAMESA
Αριθμός Α/Γ	16	16	5	5	5	5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ						
Οικονομικά						
Παραγόμενη Ενέργεια (Ταχύτητα ανέμου 11m/sec)	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Συνολική Δαπάνη Επένδυσης	++	++	+	+	+	+
Έτη αποπληρωμής της Δαπάνης Επένδυσης	+	+	++	++	++	++
Συνολικές Ταμειακές Ροές	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Περιβαλλοντικά						
Μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου	+	++	+++	++++	+++++	+++++
Θόρυβος	++++	+++	++	++	+	+
Οπτική Ρύπανση	++	++	+++	+++	+	+
Αποτελέσματα στο Οικοσύστημα	+++	++++	+	+	++	++
Κοινωνικά						
Εργασία	++	++	+	+	+	+

*Τα περισσότερα «+» πλεονεκτούν έναντι των λιγότερων

Συμπερασματικά με βάση τα παραπάνω που αναφέρονται στον πίνακα 5.49, προκύπτουν τα εξής:

ο Κριτήριο Παραγόμενη Ενέργεια

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια για ταχύτητα ανέμου 11m/sec, δηλαδή οι Α/Γ ισχύος 2000kW με ύψος δρομέα 78m πλεονεκτούν ενεργειακά έναντι των υπολοίπων.

- ο Κριτήριο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών του CO₂ για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

- ο Κριτήριο τη βιωσιμότητα της επένδυσης

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 16 Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 60m πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων ως προς το αρχικό κόστος επένδυσης για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων και ως προς τα έτη αποπληρωμής της δαπάνης επένδυσης καθώς επίσης και ως προς τις συνολικές ταμειακές ροές για ταχύτητα ανέμου 11m/sec.

Τελικά ως προς το σύνολο των οικονομικών δεικτών ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το αιολικό πάρκο με εγκατεστημένες Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m οι οποίες πλεονεκτούν επενδυτικά σε σχέση με τις Α/Γ VESTAS και NORDEX.

- ο Κριτήριο την παραγωγή Θορύβου

Αναφορικά με την παραγωγή θορύβου το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX / 600kW / 60m παράγει λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γιατί όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς των Α/Γ μεγαλώνουν και τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου.

- ο Κριτήριο την οπτική ρύπανση

Με βάση το κριτήριο αυτό, τα αιολικά πάρκα VESTAS V80 / 2MW / 60m και GAMESA G80 / 2MW / 60m υπερτερούν.

- ο Κριτήριο τα αποτελέσματα στο οικοσύστημα

Με βάση το κριτήριο των αποτελεσμάτων που επιφέρουν στο οικοσύστημα της περιοχής, το αιολικό πάρκο με Α/Γ NORDEX N43 / 600kW / 78m υπερτερεί.

ο Κριτήριο την εργασία

Τέλος με βάση το κριτήριο αυτό τα αιολικά πάρκα NORDEX N43 / 600Kw / 60m και 78m υπερτερούν, διότι θα δώσουν περισσότερη εργασία έναντι των υπολοίπων.

Συμπερασματικά λοιπόν, προσδίδοντας μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, η κατάταξη των τύπων των Α/Γ για την περιοχή του Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.50: Κατάταξη Α/Γ στη βέλτιστη περιοχή μελέτης για ταχύτητα ανέμου 11m/sec

A/A	Τύπος Α/Γ	Ισχύς Α/Γ (kW)	Ύψος δρομέα (m)	Αριθμός Α/Γ Αιολικού Πάρκου
1	GAMESA G80	2000	78	5
2	VESTAS V80	2000	78	5
3	GAMESA G80	2000	60	5
4	VESTAS V80	2000	60	5
5	NORDEX N43	600	78	16
6	NORDEX N43	600	60	16

Αναλυτικά, ο πίνακας 5.51, ο οποίος συνοψίζει τα ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ, είναι:

Πίνακας 5.51: Ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση του λογισμικού για τη βέλτιστη περιοχή μελέτης, για την περίπτωση του καλύτερου συστήματος Α/Γ

Δείκτες	Ταχύτητα ανέμου στη βέλτιστη περιοχή μελέτης (m/sec)		
	9m/sec	10m/sec	11m/sec
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ			
Παραγόμενη Ενέργεια (σε MWh)	47.809	49.752	50.296
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ			
Καθαρή Ετήσια Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου (σε t _{CO2})	43.194	44.950	45.441
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ			
Συνολικό Κόστος Επένδυσης (σε €)	19.493.172 (17.589.300)	19.493.172 (17.589.300)	19.493.172 (17.589.300)
Έτη Αποπληρωμής (σε €)	3,9 (3,5)	3,8 (3,4)	3,7 (3,3)

*Οι τιμές που βρίσκονται στην παρένθεση αντιστοιχούν στην επένδυση η οποία επιδοτείται κατά 30%

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι με μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου +10% και -10% τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα που προκύπτουν δεν έχουν μεγάλη απόκλιση από τα αρχικά, ενώ αναμέναμε το αντίθετο γιατί μεταβολή της ταχύτητας δεν είναι γραμμική σε σχέση με την παραγόμενη ενέργεια. Αυτό, σύμφωνα με τις καμπύλες ενέργειας των διαφόρων συστημάτων Α/Γ, είναι αναμενόμενο, αφού η κλίση της καμπύλης ενέργειας από την ταχύτητα των 9m/sec έχει αρχίσει να φθίνει, με αποτέλεσμα οι διαφορές στα αποτελέσματα να μην είναι τόσο εμφανής. Επίσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το λογισμικό το καλύτερο σύστημα Α/Γ που θα επιλέγει είναι 5 Α/Γ GAMESA G80 / 2MW /78m.

5.3.7 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα βασικά αποτελέσματα των αναλύσεων που προηγήθηκαν με σκοπό τη μελέτη ενός αιολικού πάρκου στις τρεις περιοχές μελέτης (χωρίς και με επιδότηση), καθώς και τη μελέτη που έγινε για τη βέλτιστη περιοχή μεταβάλλοντας την ταχύτητα του ανέμου (+10% και -10%), παρουσιάζονται παρακάτω:

- Τα οικονομικά αποτελέσματα που ελήφθησαν δείχνουν ότι οι επενδύσεις με επιδότηση 30% πλεονεκτούν έναντι αυτών χωρίς επιδότηση (σύμφωνα με τους οικονομικούς δείκτες), ενώ ορισμένες από αυτές κρίνονται μη βιώσιμες.
- Και για τις τρεις περιοχές μελέτης που επιλέξαμε για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου 10MW (~9.600kW) προέκυψε ως βέλτιστη η επιλογή εγκατάστασης 5 Α/Γ GAMESA / 2MW / 78m.
- Η βέλτιστη περιοχή μελέτης προέκυψε μετά από σύγκριση των ενεργειακών, περιβαλλοντικών και οικονομικών δεικτών και βρέθηκε ότι είναι η περιοχή Αγίου Δημητρίου Ευβοίας, όπου επικρατεί και η μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου (10m/sec)
- Από την εφαρμογή του λογισμικού στη βέλτιστη περιοχή μελέτης, μεταβάλλοντας την ταχύτητα του ανέμου κατά +10% και -10% προκύπτει ότι η βέλτιστη επιλογή συστήματος Α/Γ είναι η εγκατάσταση 5 Α/Γ του οίκου GAMESA G80 / 2MW με ύψος δρομέα 78m εφόσον όλοι οι δείκτες μεταβάλλονται θετικά, με εξαίρεση τα έτη απόσβεσης στην περίπτωση μεταβολής της ταχύτητας κατά +10% όπου είναι ίδια για τις Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m και VESTAS V80 / 2MW / 78m
- Από την εφαρμογή του λογισμικού στη βέλτιστη περιοχή μελέτης, μεταβάλλοντας την ταχύτητα του ανέμου κατά +10% (11m/sec) προκύπτει ότι η παραγόμενη ενέργεια καθώς επίσης και η καθαρή ετήσια μείωση των εκπομπών αερίων Θερμοκηπίου αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με την αρχική περίπτωση των 10m/sec, ενώ τα έτη που απαιτούνται για την αποπληρωμή της επένδυσης είναι ίδια για Α/Γ με ύψος δρομέα 60 και 78m και ίσα με αυτά που προέκυψαν στην περίπτωση όπου η ταχύτητα του ανέμου ελήφθη 10m/sec
- Επίσης, μεταβάλλοντας την ταχύτητα του ανέμου -10% (9m/sec), προκύπτει ότι η παραγόμενη ενέργεια καθώς επίσης και η καθαρή ετήσια μείωση των εκπομπών αερίων Θερμοκηπίου μειώνεται σημαντικά σε

σχέση με την αρχική περίπτωση των 10m/sec, ενώ τα έτη που απαιτούνται για την αποπληρωμή της επένδυσης αυξάνονται σε σχέση με αυτά που προέκυψαν στην περίπτωση όπου η ταχύτητα του ανέμου ελήφθη 10m/sec

5.3.8 ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

- Το μέτρο οικονομικής στήριξης των επενδύσεων με τη μορφή επιδότησης μπορεί να εφαρμοστεί και να καταστήσει βιώσιμη την επένδυση.
Όμως η τάση που επικρατεί στην Ελλάδα για μείωση του ποσοστού της επιχορήγησης και της σταδιακής κατάργησης της καταβολής από τον ΔΕΣΜΗΕ στους παραγωγούς σταθερής τιμής αγοράς, θα περιορίσει σημαντικά την επενδυτική δραστηριότητα.
- Η επιβολή φόρου στις εκπομπές CO₂ αποτελεί μια οικονομικά εφικτή λύση, με την προϋπόθεση να προσδιοριστεί ο τρόπος εφαρμογής του συγκεκριμένου μέτρου.
- Οι επενδύσεις εγκατάστασης Α/Γ με μεγάλη ονομαστική ισχύ (2000kW) είναι οικονομικά βιώσιμες για μέσες ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 6,5 m/sec. Προβλήματα που προκύπτουν λόγω μεγέθους είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν τεχνικά.

Με δεδομένο ότι στις περιοχές μελέτης για εγκατάσταση αιολικού πάρκου, το αιολικό δυναμικό κυμαίνεται από 6,5 έως 10m/sec, η εγκατάσταση Α/Γ με μεγάλη ονομαστική ισχύ (2000kW) θα οδηγήσει σε επένδυση οικονομικά βιώσιμη.

Το μέτρο επιβολής φόρου στις εκπομπές CO₂ πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων.

5.4 ΣΤΑΔΙΟ ΑΠΟΣΥΡΣΗΣ/ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Στο τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής των αιολικών συστημάτων, οι Α/Γ από τις οποίες αποτελείται το αιολικό πάρκο πρέπει να αποσυρθούν και να αντικατασταθούν με νέες.

Επειδή η σύγχρονη αιολική τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια, δεν έχει υπάρξει ακόμα η ανάγκη αντικατάστασης των Α/Γ και συνεπώς εύρεση του τρόπου διάθεσής τους. Για το λόγο αυτό δεν υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο το οποίο

να καλύπτει το κενό του νόμου για το στάδιο της απόσυρσης/αποσύνδεσης των Α/Γ, το οποίο μπορεί να αποτελέσει ένα σοβαρό κίνδυνο, όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος από τα επικίνδυνα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι Α/Γ καθώς επίσης μπορεί να επηρεάσει και το αισθητικό κριτήριο με τη δημιουργία «νεκροταφείων» από παλαιές ανεμογεννήτριες.

Αναλυτικότερα ο κίνδυνος για το περιβάλλον λόγω ορισμένων τοξικών και επικίνδυνων υλικών (τα οποία αναφέρονται στην ενότητα 5.1.1) από τα οποία κατασκευάζεται μια Α/Γ είναι αρκετά μεγάλος εάν λάβουμε υπόψιν μας ότι κάποια από τα υλικά αυτά ανήκουν στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων, αυτό σημαίνει ότι δεν αποικοδομούνται, με αποτέλεσμα να παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα και να συσσωρεύονται. Για το λόγο αυτό η παρουσία τους δημιουργεί προβλήματα στο έδαφος και τους υγρούς αποδέκτες με τελικό αποδέκτη των ουσιών αυτών, τους ανώτερους οργανισμούς. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και παρακολούθηση.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το στάδιο αυτό μπορεί να γίνει αρκετά επικίνδυνο για το περιβάλλον, σε περίπτωση κακής διαχείρισης των Α/Γ μετά την απόσυρση τους. Γι'αυτό το λόγο είναι αναγκαίο να γίνουν εκτενείς μελέτες για την εύρεση τρόπων αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων που προκύπτουν. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, οι επικείμενοι τρόποι αντιμετώπισης του σταδίου απόσυρσης των Α/Γ είναι:

- Η ανακύκλωση ορισμένων από τα υλικά κατασκευής τους
- Η επισκευή, αναβάθμιση και επαναχρησιμοποίηση τους
- Η ταφή τους σε συγκεκριμένες, σύμφωνα με νόμο, κατάλληλες περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6₀

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα για τα στάδια της ανάλυσης κύκλου ζωής, μπορούμε να καταγράψουμε ορισμένα βασικά συμπεράσματα, τα οποία αφορούν τη χρήση της αιολικής ενέργειας στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα.

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από τη παραπάνω μελέτη είναι τα εξής:

- Με δεδομένη τη σημαντική πρόοδο που έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια στην εκμετάλλευση του υπάρχοντος αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα και της τάσης διεθνώς για χρησιμοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αξιολόγηση με περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια της δημιουργίας ενός αιολικού πάρκου στις περιοχές μελέτης με Α/Γ μεγάλων δυνατοτήτων κατέδειξε ότι υπερτερεί έναντι άλλων αιολικών πάρκων με Α/Γ μικρότερων δυνατοτήτων
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την εγκατάσταση Α/Γ ονομαστικής ισχύος 2.000kW είναι εφικτό να αντιμετωπισθούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την επιλογή της βέλτιστης θέσης εγκατάστασής τους, ενώ συγκρινόμενες με τις Α/Γ ονομαστικής ισχύος 600kW ελάχιστα είναι τα επιπρόσθετα προβλήματα που δημιουργούν
- Επίσης, για μεγάλες ταχύτητες ανέμου ($\geq 10\text{m/sec}$) πλεονεκτούν οι Α/Γ μεγάλου μεγέθους (οι μικρές οδηγούν σε μη βιώσιμη επένδυση), ενώ για μικρές και μεσαίες ταχύτητες ενδείκνυται και οι δυο τύποι με ορισμένες περιπτώσεις την υπεροχή των μικρών λόγω κόστους.
- Παράλληλα συμπεραίνεται, ότι χωρίς την ύπαρξη μέτρων οικονομικής στήριξης, η επένδυση κρίνεται μη βιώσιμη. Αντίθετα, η επιδότηση για ελαχιστοποίηση εκπομπών CO₂ αποτελεί ελκυστικό κίνητρο, με την προϋπόθεση να προσδιοριστεί ο κατάλληλος μηχανισμός εφαρμογής του συγκεκριμένου μέτρου. Η οικονομική λύση της επιχορήγησης της επένδυσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί στη δημιουργία αιολικού πάρκου με Α/Γ ονομαστικής ισχύος >2000kW και σε περιοχές με χαμηλό – μέτριο

αιολικό δυναμικό (ταχύτητα ανέμου μικρότερη 7,5m/sec), καθώς η επένδυση κρίνεται μη βιώσιμη

- Ωστόσο η πολιτική για ενίσχυση των αιολικών πάρκων με Α/Γ ονομαστικής ισχύος $\geq 2000\text{kW}$, θα πρέπει να εστιαστεί στην ανάπτυξη των υποδομών με έργα μεταφοράς και δίκτυα σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό. Το κόστος σύνδεσης των παραγωγών στις περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού είναι απαγορευτικά υψηλό λόγω της μορφολογίας του εδάφους και της παντελούς έλλειψης υποδομών και γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να ληφθούν τα μέτρα τα οποία αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο
- Τα αιολικά συστήματα στο στάδιο λειτουργίας τους δεν έχουν εκπομπές CO_2 . Το πρόβλημα που παρουσιάζεται προέρχεται από τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι Α/Γ και τα οποία μπορεί να προκαλέσουν αρκετά μεγάλες εκπομπές. Παρόλα αυτά οι εκπομπές των αιολικών είναι κατά πολύ μικρότερες από τις εκπομπές που προκαλούν οι συμβατικές μορφές ενέργειας
- Επίσης, για ταχύτητες ανέμου $> 10\text{m/sec}$ τα οικονομικά αποτελέσματα (έτη αποπληρωμής) που λαμβάνουμε δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους
- Επιπλέον, τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε με μεταβολή της ταχύτητας, αν και θα αναμέναμε να είχαν μεγάλη απόκλιση από αυτά που παίρνουμε εφαρμόζοντας το λογισμικό για ταχύτητα 10m/sec (αφού η ταχύτητα δε μεταβάλλεται γραμμικά με την παραγόμενη ενέργεια), συνέβη το αντίθετο. Το αποτέλεσμα αυτό, σύμφωνα με τις καμπύλες ενέργειας των τριών συστημάτων Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν, είναι λογικό, αφού η κλίση της καμπύλης ενέργειας για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 9m/sec έχει αρχίσει να φθίνει, με αποτέλεσμα οι διαφορές στα αποτελέσματα να μην είναι τόσο εμφανής
- Τέλος στη νησιωτική χώρα (Κρήτη, Εύβοια) υπάρχει πιο υψηλό αιολικό δυναμικό, σε σχέση με τις Ηπειρωτικές περιοχές (Αρκαδία), και γι' αυτό αποτελεί πρόκληση η αξιοποίηση του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες (κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες) και να περιορίσει το κόστος παραγωγής

ενέργειας ενώ παράλληλα να συμβάλλει στην αξιοποίηση του οικολογικού τουρισμού

6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτή την εργασία εστιάσαμε στην αξιολόγηση του σταδίου λειτουργίας των αιολικών συστημάτων στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα. Για να το επιτύχουμε αυτό στηριχθήκαμε στο λογισμικό RETScreen® International το οποίο εφαρμόσαμε σε τρεις περιοχές μελέτης (Ανώπολη Χανίων Κρήτης, Άγιος Δημήτριος Ευβοίας και Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου), θεωρώντας την ύπαρξη αιολικού πάρκου ισχύος 10MW. Το λογισμικό αυτό είναι δυνατόν να εφαρμοστεί και σε άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου και να γίνει σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Επίσης για την επιλογή του κατάλληλου τύπου Α/Γ είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση μίας πολυκριτηριακής μεθόδου αξιολόγησης προσδίδοντας συντελεστές βαρύτητας σε κάθε ένα από τα κριτήρια που τέθηκαν και καθορίζοντας κλίμακα βαθμολογίας για κάθε κριτήριο.

Επιπλέον στην εργασία δεν καθορίστηκαν τεχνικές λεπτομέρειες των προτεινόμενων Α/Γ και των μεθόδων που θα εφαρμοστούν για την εγκατάσταση – λειτουργία και τη διασύνδεση τους με το δίκτυο της ΔΕΗ. Η τεχνική ανάλυση θα περιλάμβανε και χωροθέτηση για τον καθορισμό της θέσης εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να διερευνηθεί και να μελετηθεί η περίπτωση εγκατάστασης Offshore Αιολικών Πάρκων στη χώρα μας, με στόχο την εκμετάλλευση του υψηλού αιολικού δυναμικού των θαλασσών και την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού κόστους.

Επίσης, στα πλαίσια της συνέχισης της εργασίας θα ήταν δυνατός ο καθορισμός λεπτομερειών εφαρμογής στην Ελλάδα των οικονομικών κριτηρίων που επιλέχθηκαν, για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης διαφόρων τύπων Α/Γ για διαφορετικές ταχύτητες ανέμου.

Τέλος, μελέτη νέων περιβαλλοντικών μέτρων, με στόχο το βελτιωμένο χειρισμό (μείωση των εκπομπών των πτητικών οργανικών διαλυτών αντικαθιστώντας τις ανοικτές διαδικασίες κατασκευής με κλειστές) και τη μείωση της διάθεσης αποβλήτων (διερεύνηση και μελέτη σχετικά με την βιώσιμη

ανακύκλωση ορισμένων υλικών όπως καταστροφή αποβλήτων με αποτέφρωση, η οποία είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική

1. Α. Μπάης, 2003, *Ενέργεια και Περιβάλλον*
2. Δ. Κ. Κατσάνος, 2004, *Διπλωματική Εργασία με θέμα: «Μελέτη αιολικού συστήματος με σκοπό τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων»*
3. Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2002, *Γνωρίστε τις ΑΠΕ/Συχνές Ερωτήσεις*, Network
4. Electrotech, 2005, *Ανεμογεννήτριες*
5. Energotech, 2005, *Αιολική Ενέργεια και Αιολικά Πάρκα*,
6. Εστία, 2005, *Αιολική Ενέργεια*
7. ΚΑΠΕ, 2005, *Ενέργεια και Πολίτης*
8. Λ. Ι. Πισικιζής, 2003, *Συστήματα Αιολικής Ενέργειας*
9. Ν. Βασιλάκος, 2005, *Αιολική Ενέργεια: Μια σημαντική συμβολή για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την απασχόληση στη χώρα μας*
10. Ν. Μουσιόπουλος, Α. Μπούρα, 1998, *Ανάλυση Κύκλου Ζωής*
11. Κούκος, 2004, *Αιολική Ενέργεια*
12. TechTeam Community, 2005, *Αίολος...ο θεός του ανέμου*
13. ΤΕΙ Κρήτης, 2003, *Ήπιες Μορφές Ενέργειας*
14. Τμήμα Φυσικής, 2003, *Αιολική Ενέργεια*
15. Χ. Γεωργαλάς, 1998, *Αιολική Ενέργεια και Εφαρμογές της*
16. Ecorec, 2004, *Ενέργεια*

B. Ξενόγλωσση

17. Elsam, 2004, *Life Cycle Assessment of Offshore and Onshore Sited Wind Farms*
18. Bysted A/S, 2003, *LM Glafiber Holding A/S Annual report*, Rosendahls Bogtrykkeri
19. Pre Consultants, 1990, *Database*, Εγχειρίδιο Λογισμικού SimaPro
20. Retscreen® International, 2004, *Database*, Εγχειρίδιο Λογισμικού Retscreen® International
21. Siegfried Behrendt, Christine Jasch, Maria Constanca Peneda, Hans

- Van Weenen(EDS), 1998, *Life Cycle Design a manual for small and medium-sized enterprises*, Stringer
22. Vestas Wind Systems, 2005, *OptiSpeedTM Wind Turbine*,
Εγχειρίδιο Α/Γ V80-2.0MW
23. National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy,
2004, *American Wind Energy Association*

C. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Bonus Energy	www.Bonus.dk
Cd επιστήμη και ζωή	www.neo.gr
CompaSolar	www.compasolar.gr
DermaLine	www.dermaline.gr
Διαδικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	www.europa.eu.int
Εγκυκλοπαίδεια Care	www.care.gr
Ecorec	www.ecorec.gr
Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία	www.emy.gr
Electrotech	www.electrotech.gr
Energotech	www.energotech.gr
Εργαστήριο Προστασίας Περιβάλλοντος	www.ee.teihal.gr
Εστία Σύμβουλοι και μηχανικοί	www.estiaconsulting.gr
European Wind Energy Association	www.ewea.org
Greenpeace	www.greenpeace.org.uk
HellasRes	www.hellasres.gr
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	www.cres.gr
LM Glasfiber A/S	www.lm.dk
Μελέτες-Εταιρείες-Υλικά Αιολικής Ενέργειας	www.spitia.gr
My World	www.myworld.gr
Οδηγός Αναζήτησης στο Διαδίκτυο	www.google.com.gr
Onearth (Ελληνική Οργάνωση)	www.oneearth.gr
Physics	www.physics.gr
Physics4u	www.physics4u.gr
RETScreen	www.retscreen.gc.ca
Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας	www.rae.gr
SaintPaulTechnology	www.saintpaul.gr
TechTeam Community	www.techteam.gr
TEE	www.tee.gr
ΤΕΙ Κρήτης	www.ape.Chania.teicrete.gr
Vestas Wind System	www.vestas.dk
Viotech	www.viotech.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- 1. Ερωτηματολόγιο**
- 2. Τύποι Α/Γ που περιέχονται στη Βάση δεδομένων του Λογισμικού RETScreen® International**
- 3. Χάρτες των περιοχών: Ευβοίας, Κρήτης (περιοχής Χανίων) και Λακωνίας**
- 4. Χάρτες αιολικού δυναμικού των περιοχών: Ευβοίας, Κρήτης (περιοχής Χανίων) και Λακωνίας**
- 5. Διαγράμματα ροής μετρητών συσσώρευσης των οικονομικών αποτελεσμάτων των περιοχών Ευβοίας και Πελοποννήσου
Φωτογραφίες Α/Γ και Αιολικών Πάρκων**
- 6. Ολοκληρωμένο παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού RETScreen® International στη βέλτιστη περιοχή μελέτης.**
- 7. Φωτογραφίες Α/Γ και Αιολικών Πάρκων**

1. Ερωτηματολόγιο

Το παρακάτω ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και δόθηκε στις εταιρείες Vestas Hellas και Gamesa αιολική.

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΣΥΡΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Στοιχεία ατόμου που απαντά

Φορέας	
Ονοματεπώνυμο	
Διεύθυνση	
Τηλέφωνο	
Fax	
e-mail	

1. Υλικά

A/A	Υλικά	Ποσότητα (g)	Απορρίματα (g)
1	Aluminium (Al)		
2	Clay		
3	Copper (Cu)		
4	Hard Coal		
5	Iron (Fe)		
6	Lead (Pb)		
7	Lignite		
8	Limestone		
9	Manganese (Mn)		

10	Natural Gas		
11	Crude Oil		
12	Quartz Sand		
13	Sodium Chloride		
14	Stone		
15	Water		
16	Zinc (Zn)		
17	Steel		

2. Μεταφορά αιολικού συστήματος

A/A	Μεταφορικό μέσο	Είδος καυσίμου	Τεμάχια ανά διαδρομή	Απόσταση διαδρομής (km)
1.	Φορητό			
2.	Πλοίο			
3.	Συνδυασμός των παραπάνω			
4.	Άλλο			

3. Ενέργεια που καταναλώνεται κατά την διαδικασία παραγωγής

A/A	Είδος ενέργειας που καταναλώνεται	Ποσότητα (μονάδες)	Ύψος Πύργου (m)	Μήκος Πτερυγίων (m)
1.	Ηλεκτρική			
2.	Θερμότητα			
3.	Άλλη.....			

Ευχαριστούμε πολύ για την συνεργασία σας.

2. Τύποι Α/Γ που περιέχονται στη Βάση δεδομένων του Λογισμικού RETScreen® International

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κατασκευαστικοί οίκοι Α/Γ παγκοσμίως με τους τύπους των Α/Γ και τα χαρακτηριστικά τους που περιέχονται στη βάση δεδομένων του λογισμικού. Στη στήλη «Δεδομένα» με σκιασμένο χρώμα και με την ένδειξη «ΟΚ» δηλώνεται ότι για τη συγκεκριμένη Α/Γ το λογισμικό RETScreen® International εμφανίζει δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από την Α/Γ σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου.

A/A	Κατασκευαστής(Supplier)	Τύπος(Model)	Χαρακτηριστικά(Details)	Δεδομένα
1	AirBlade	---	---	---
2	Ampair	---	---	---
3	Atlantic Orient	AOC 8/12	25m Hub Height	---
		AOC 15/50	62rpm Rotor Speed	---
		---	65rpm Rotor Speed	---
4	Autoflug	---	---	---
5	Beryey Windpower	BERGEY BWC EXCEL	18m Hub Height	---
		---	24m Hub Height	---
		---	31m Hub Height	---
		---	37m Hub Height	---
6	Bharat H.E	---	---	---
7	Bonus Energy	AN BONUS 600 kW Mk IV	40m, 45m, 50m, 55m, 60m Hub Height	---
		AN BONUS 300 kW MK III	40m Hub Height	---
		AN BONUS 450 kW/37	35m Hub Height	---
		AN BONUS 450 kW/37	42m Hub Height	---
		AN BONUS 450 kW/37	50m Hub Height	---
		AN BONUS 300 kW MK III	30m Hub Height	---
		AN BONUS 600 kW 44-3	42m, 50m, 55m, 58m Hub Height	---
		AN BONUS 1MW	45m, 50m, 60m, 70m Hub Height	---
		AN BONUS 1,3 MW/62	68m, 80m, 90m Hub Height	---
8	Brawner	---	---	---
9	Carter Technology	CARTER CTL Model 300	50m Hub Height	---
10	Dewind Technik	DEWIND 41	40m, 55m, 60m, 70m Hub Height	---
		DEWIND 46	40m, 55m, 60m, 70m Hub Height	---
		DEWIND 48	60m, 70m Hub Height	---
		DEWIND 62	60m, 70m Hub Height	---
		DEWIND 60	60m, 70m Hub Height	---
11	Ecotecnia	ECOTECNIA 20/150	24m, 28m Hub Height	---
		ECOTECNIA 28/225	30m Hub Height	---

		ECOTECNIA 44/640	37m, 55m Hub Height	---
		ECOTECNIA 48/750	45m Hub Height	---
12	Enercon	ENERCON 13	24m, 32m Hub Height	---
		ENERCON 30	36m, Hub Height/26m Rotor Diametre	---
		---	50m Hub Height/30m Rotor Diametre	---
		---	36m, Hub Height/26m Rotor Diametre	---
		---	50m Hub Height/26m Rotor Diametre	---
		ENERCON 40	44m, 50m, 65m Hub Height	---
		ENERCON 58	70m Hub Height	---
		ENERCON 66	67m, 85m, 98m Hub Height	---
13	Energie Ressource	---	---	---
14	Enron Wind	ENRON WIND 750i	55m, 65m Hub Height	---
		TZ 1,5	80m, 85m, 65m, 100m Hub Height	---
		2,0 Offshore	variables m	---
15	Fortis	FORTIS ALIZE	18m, 24m, 36m Hub Height	---
16	Frisia Windkraftanlagen	FRISIA F 48/750 KW	65m, 75m Hub Height	---
17	Fuhrlander	FUHLANDER 30/6 KW	18m, 27m Hub Height	---
		FUHLANDER FL 100	35m Hub Height	---
		FUHLANDER 250 KW	40m, 48m Hub Height	---
		FUHLANDER FL 800	60m, 70m Hub Height	---
		FUHLANDER FL 1000	70m Hub Height	---
18	Gamesa	G80/2.0MW	60m, 67m, 78m, 100m Hub Height	OK
		G80 RCC	60m, 67m, 78m, 100m Hub Height	---
		G83/2,0MW	60m, 67m, 78m, 100m Hub Height	---
		G87/2,0MW	60m, 67m, 78m, 100m Hub Height	---
		G90/2,0MW	60m, 67m, 78m, 100m Hub Height	---
19	Genvind	---	---	---
20	Get Gesellschaft	GET DANWIN 27/11	30m, 40m Hub Height	---
21	H. J. Krogmann	KROGMANN 15/50	30m Hub Height	---
22	Husumer	HSW 250T	29m, 50m Hub Height	---
		HSW 1000/57	55m Hub Height	---
		HSW 1000/58	60m Hub Height	---
		HSW 1000/59	70m Hub Height	---
23	J Bornay	---	---	---
24	Jacobs Energie	JACOBS 14,8/35 (AEROMAN)	23m, 32m Hub Height	---
		JACOBS 37/500	40m, 50m Hub Height	---
		JACOBS 45/500	50m, 60m Hub Height	---
		JACOBS 43/500	50m, 60m Hub Height	---

		JACOBS MD70	65m, 85m, 90m Hub Height	---
25	JSC Tushino	---	---	---
26	Lagerwey Windturbine	LAGERWEY 15/50	25m, 31m, 37m Hub Height	---
		LAGERWEY 18/80	32m, 40m, 52m Hub Height	---
		LAGERWEY 30/250	40m, 50m Hub Height	---
		LAGERWEY 50/750	50m, 75m Hub Height	---
27	Landmark Alternative	---	---	---
28	LMW Renewables	LMW 10/7	8m, 18m, 24m, 30m Hub Height	---
29	Made Energias	MAD AE-30	30m Hub Height	---
		MAD AE-46/1	45m Hub Height	---
30	Marlec	---	---	---
31	Mecanix	---	---	---
32	Mitsubishi	MWT-250	30m Hub Height	---
		MWT-250/300 KW	30m Hub Height	---
		MWT-450	40m, 50m Hub Height	---
33	NEG Micon	MICON M 700-225/40 KW	36m Hub Height	---
		MICON M 750-250/50 KW	36m Hub Height	---
		NEDWIND NW31/3/250	31m, 43m, 61m Hub Height	---
		NORDTANK 300/31	31m, 35m, 50m Hub Height	---
		MICON M 750-400/100KW	36m Hub Height	---
		MICON M 1500-500/125KW	46m, 57m Hub Height	---
		NEDWIND NW41/2/500	39m, 50m, 65m Hub Height	---
		NEDWIND NW41/2/500-120	39m, 50m, 65m Hub Height	---
		NEDWIND NW44/2/500-120	39m, 50m, 65m Hub Height	---
		NEDWIND NW46/3/500-260	47m, 62m Hub Height	---
		NORDTANK 500/41	42m, 50m Hub Height	---
		MICON M 1500-600/150KW	46m, 57m Hub Height	---
		MICON M 1800-600/150KW	60m Hub Height	---
		NM 600/43	40m, 46m, 56m Hub Height	---
		NM 600/48	46m, 60m, 70m Hub Height	---
		NM 750/44	40m, 46m, 50m, 55m Hub Height	---
		NM 750/48	45m, 50m, 55m, 60m, 70m Hub Height	---
		NEDWIND NW53/2/1000	55m, 70m Hub Height	---
		NEDWIND NW55/2/1000-240	55m, 70m Hub Height	---

		NM 1000/54	59m Hub Height	---
		NM 1000/60	59m, 70m Hub Height	---
		NM 1500/64	60m, 68m, 80m Hub Height	---
		NORDTANK 1500/60	60m, 68m Hub Height	---
34	Nordex Blacke	NORDEX N43/600	40m, 42m, 46m, 60m, 78m Hub Height	OK
		---	40m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		---	50m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N27/250	30m, 36m Hub Height	---
		---	40m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		---	50m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N29/250	32m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		---	41m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		---	51m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N27/150	30m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		---	50m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N52	60m Hub Height	---
		---	70m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N54/1000	50m, 60m Hub Height	---
		---	70m Hub Height/Lattice&Tubula Tower	---
		NORDEX N60/1300	46m, 120m Hub Height	---
35	Nordic Windpower	NORDIC 500	40m Hub Height	---
		NORDIC 1000	58m Hub Height	---
36	Northen Power	---	---	---
37	Proren	---	---	---
38	Riva Wind Turbines	RWTM30A	33m Hub Height	---
		RWTM3052	35m, 41m Hub Height	---
39	SEEWIND	SEEWIND 20/110KW	25m, 32m Hub Height	---
		SEEWIND 25/132KW	32m Hub Height	---
		SEEWIND 52-750	65m, 74m Hub Height	---
40	SUDWIND	SUDWIND S.12.30	18m, 31m, 37m Hub Height	---
		SUDWIND S.12.37	18m, 31m, 37m Hub Height	---
		SUDWIND S.12.45	18m, 31m, 37m Hub Height	---

		SUDWIND S.31/270	42m, 50m Hub Height	---
		SUDWIND S.33/300	50m Hub Height	---
		SUDWIND S.33/350	50m Hub Height	---
		SUDWIND S.46/600	52m, 60m, 74m Hub Height	---
		SUDWIND S.46/750	52m, 60m, 74m Hub Height	---
		SUDWIND S.50/750	74m Hub Height	---
		SUDWIND S.70/1800	80m Hub Height	---
41	Synergy Power	---	---	---
42	TTG Industries	---	---	---
43	Tubowinds	---	---	---
44	Ventis Energy	VENTIS 20/100	31m, 43m Hub Height	---
		VENTIS 12	44m, 55m Hub Height	---
45	Vergnet	VERGNET GEV 7.10 Lastours	18m, 24m, 30m Hub Height	---
		VERGNET GEV 10.15 Desirde	18m, 24m, 30m Hub Height	---
		VERGNET GEV 10.25 Miquelon	18m, 24m, 30m Hub Height	---
		VERGNET GEV 15.60 Caraihes	24m, 30m Hub Height	---
46	Vestas Wind Systems	VESTAS V80/2.0MW	60, 67m, 78m, 100m	OK
		VESTAS V29/225KW	33m Hub Height/29m Rotor Diametre	---
			51m Hub Height/29m Rotor Diametre	---
		VESTAS V39/500KW	41m, 53m Hub Height	---
		VESTAS V39/600KW	35m, 40m, 42m, 45m, 50m, 55m Hub Height	---
		VESTAS V42/600KW	35m, 40m, 42m, 45m, 50m, 55m Hub Height	---
		VESTAS V44/600KW	35m, 40m, 42m, 45m, 50m, 55m Hub Height	---
		VESTAS V47/660/200KW	40m, 45m, 50m, 55m, 60m, 65m Hub Height	---
		VESTAS V47/660KW	40m, 45m, 50m, 55m Hub Height	---
		VESTAS V52/850KW	44m, 49m, 55m, 60m, 65m Hub Height	---
		VESTAS V63/1,5MW	60m Hub Height	---
		VESTAS V66/1,65MW	60m, 67m, 78m Hub Height	---
		VESTAS V66/1,75MW	60m, 67m, 78m Hub Height	---
		VESTAS V66/2,0MW	60m, 67m, 78m Hub Height	---
		VESTAS V27/225KW	33m Hub Height/27m Rotor Diametre	---
		VESTAS V80/2,0MW	---	---

		Offshore		
47	Wind Turbine	---	---	---
48	Windstream Power	---	---	---
49	Windtec	WINDTEC 641	42m, 52m Hub Height	---
		WINDTEC 646	52m, 62m Hub Height	---
		WINDTEC 650	52m, 72m Hub Height	---
		WINDTEC 1566	67m, 82m Hub Height	---
50	Windtechnik Nord	WINDTECHNIK NORD 200/26	30m, 40m Hub Height	---
		WINDTECHNIK NORD 250/29	30m, 40m Hub Height	---
		WINDTECHNIK NORD WNT329	30m, 40m Hub Height	---
		WINDTECHNIK NORD WNT646	60m, 65m Hub Height	---
51	World Power	---	---	---

3. Γεωγραφικοί χάρτες των περιοχών: Κρήτης (Ν. Χανίων), Ευβοίας και Πελοποννήσου (Ν. Αρκαδίας)

- Κρήτη (Ν. Χανίων)



Πηγή: Νομός Χανίων, 2005

-

226

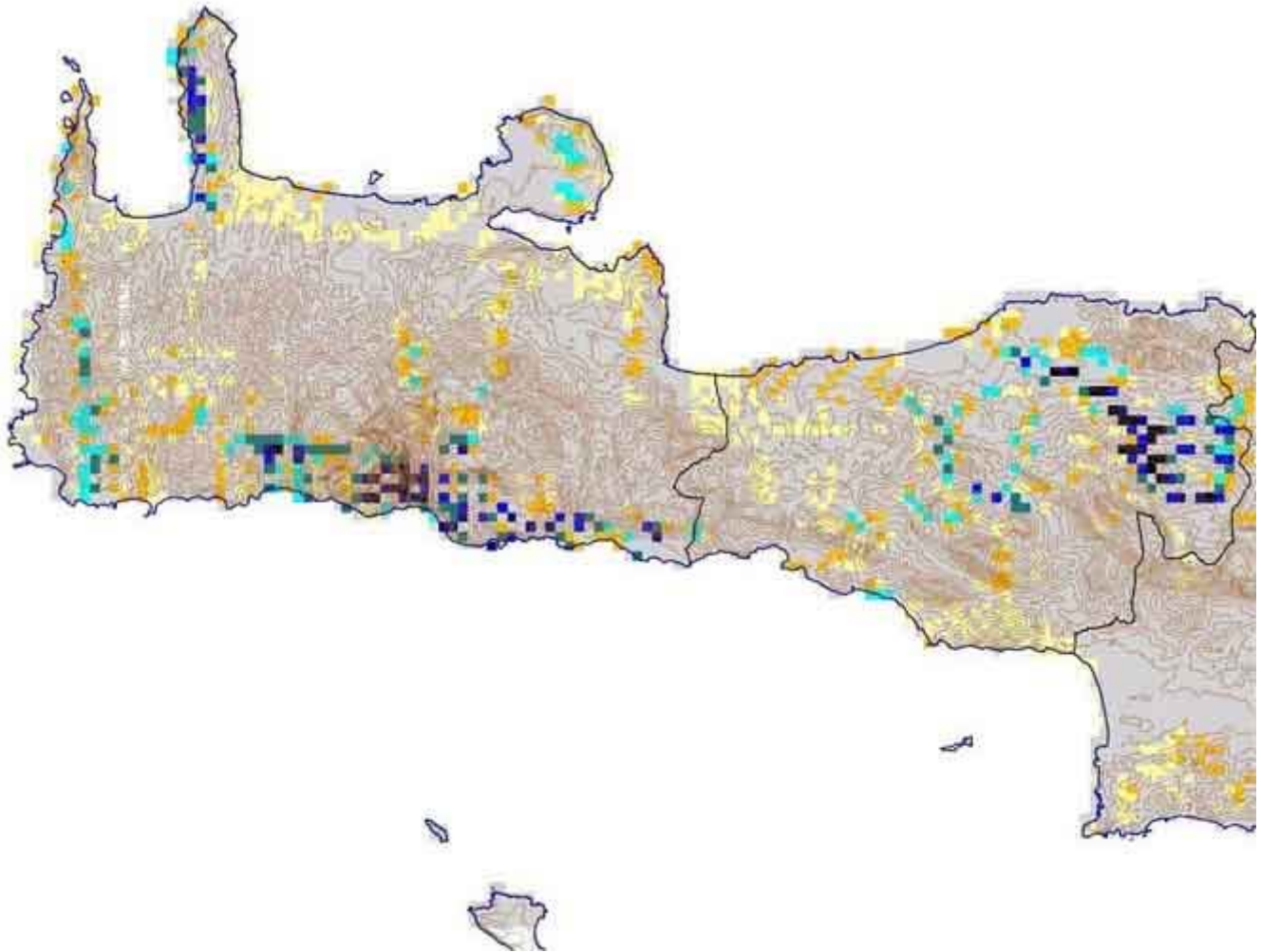
- Πελοπόννησος (Ν.Αρκαδίας)



Πηγή: Νομός Αρκαδίας, 2005

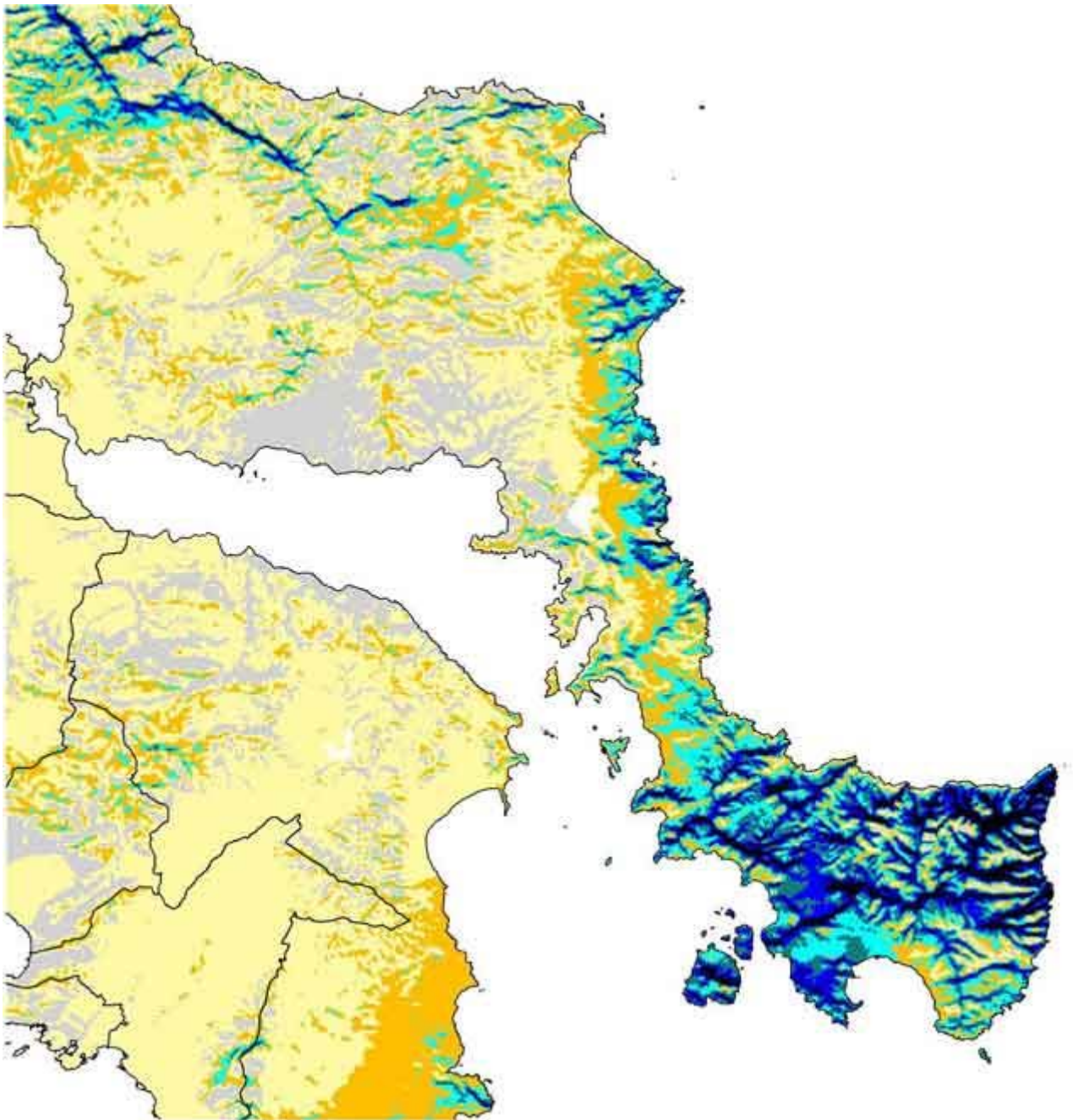
4. Χάρτες αιολικού δυναμικού των περιοχών: Κρήτης (Ν. Χανίων), Ευβοίας και Πελοποννήσου (Ν. Αρκαδίας)

- Κρήτη (Ν. Χανίων)



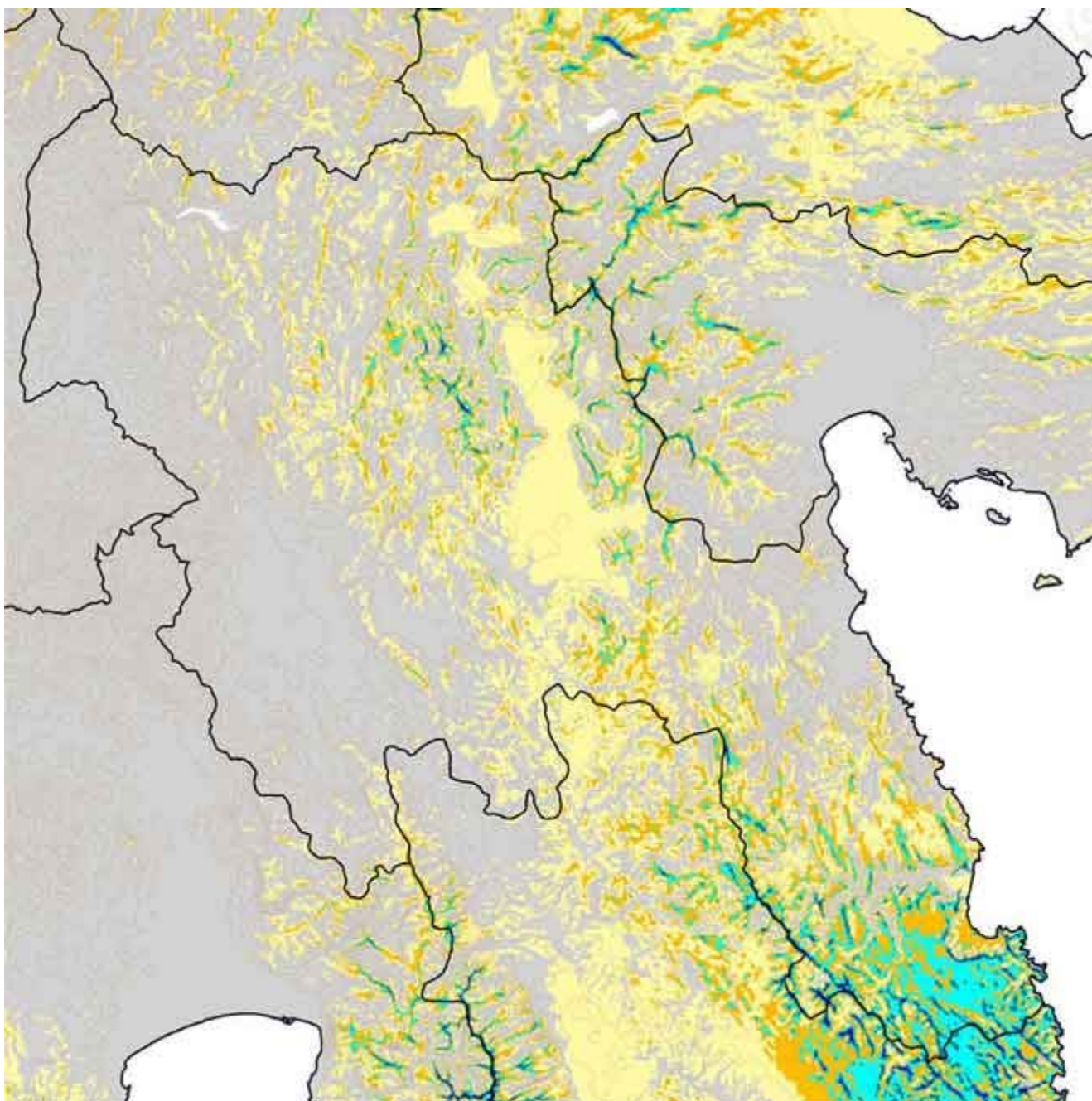
Πηγή: ΚΑΠΕ, 2001

- Εύβοια



Πηγή: ΚΑΠΕ, 2001

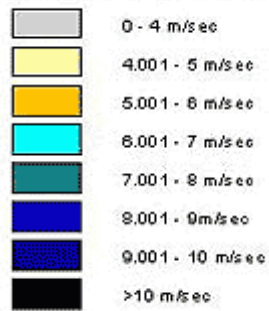
- Πελοπόννησος (Ν.Αρκαδίας)



Πηγή: ΚΑΠΕ, 2001

Υπόμνημα Αιολικού δυναμικού

Μέση ετήσια τιμή ταχύτητας ανέμου

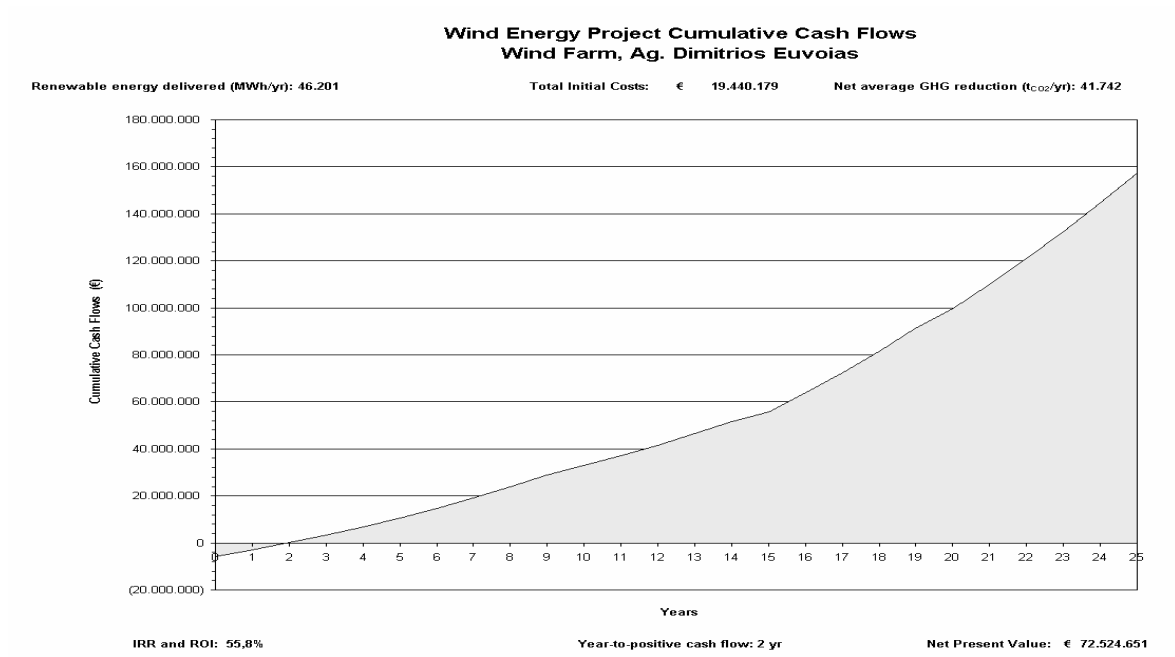


Πηγή: ΚΑΠΕ, 2001

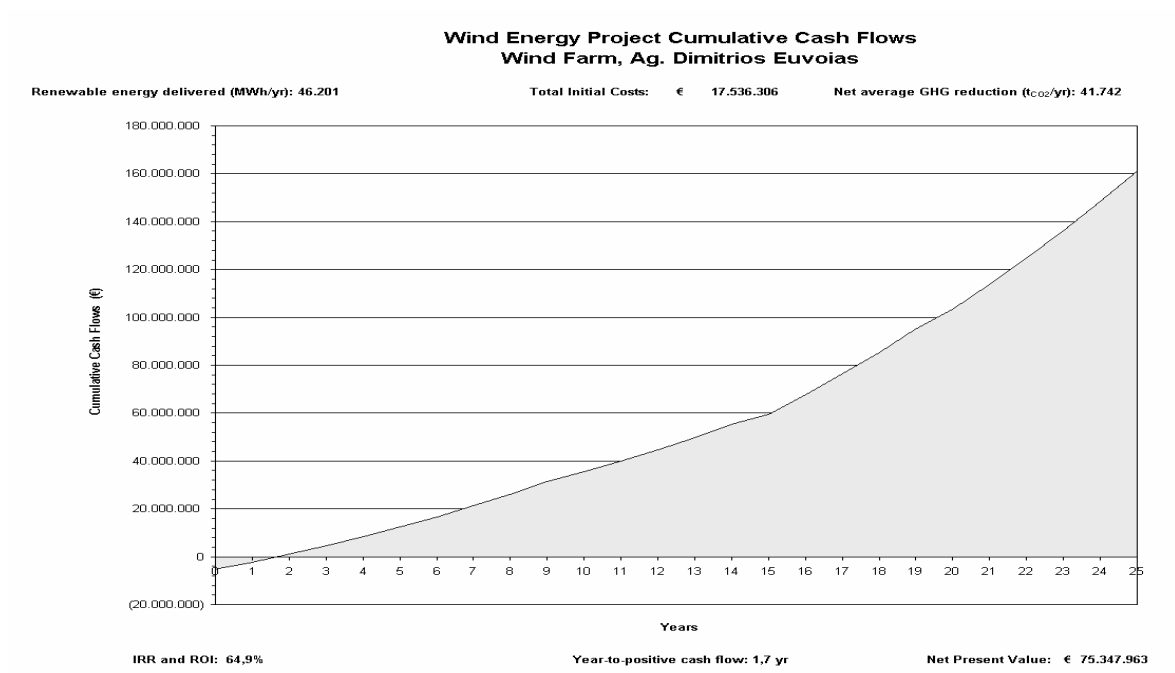
5. Διαγράμματα ροής μετρητών συσσώρευσης των οικονομικών αποτελεσμάτων των περιοχών Ευβοίας και Πελοποννήσου

- Άγιος Δημήτριος Ευβοίας

Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

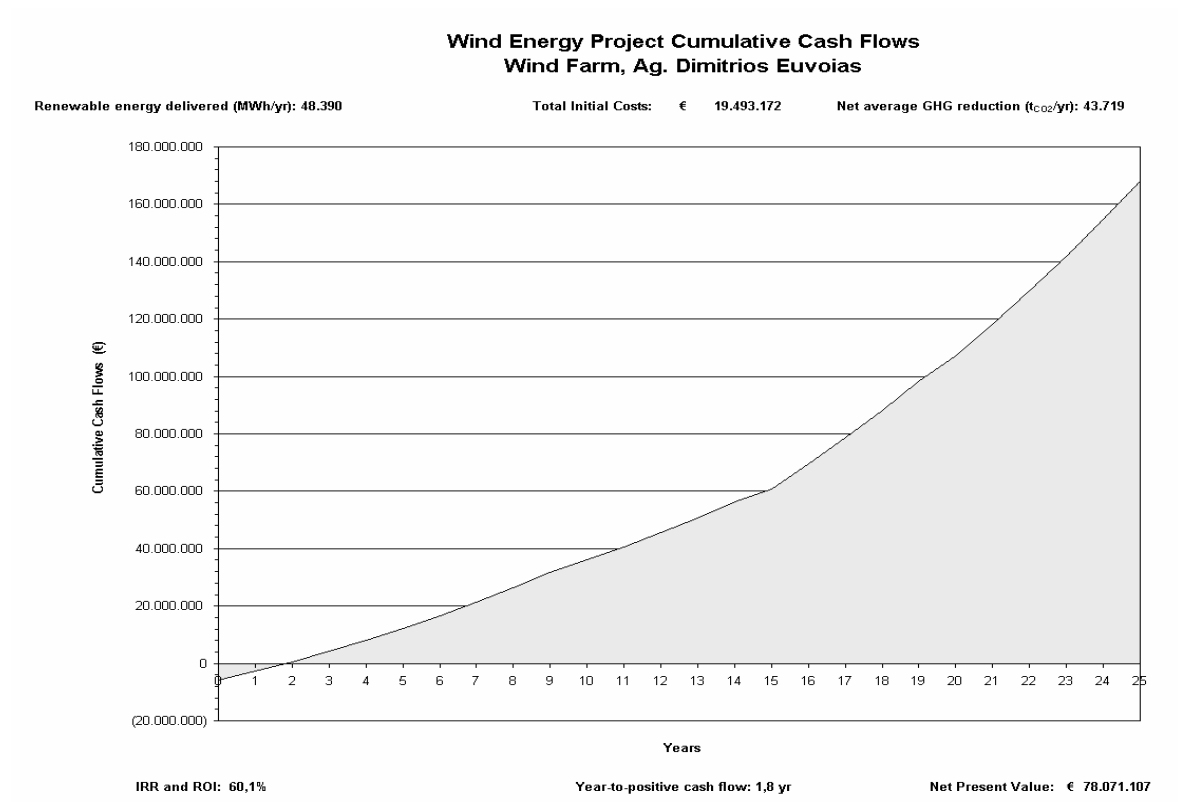


*Χωρίς επιδότηση

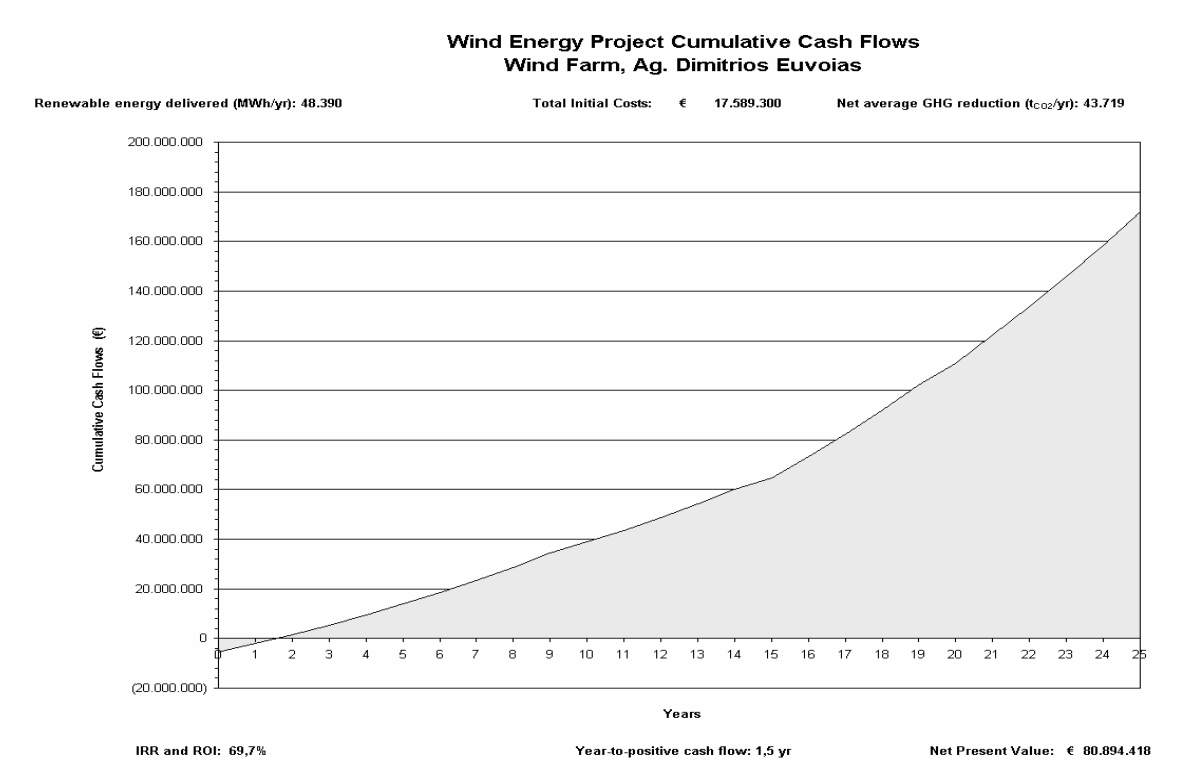


*Με επιδότηση

Σχήμα 2: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

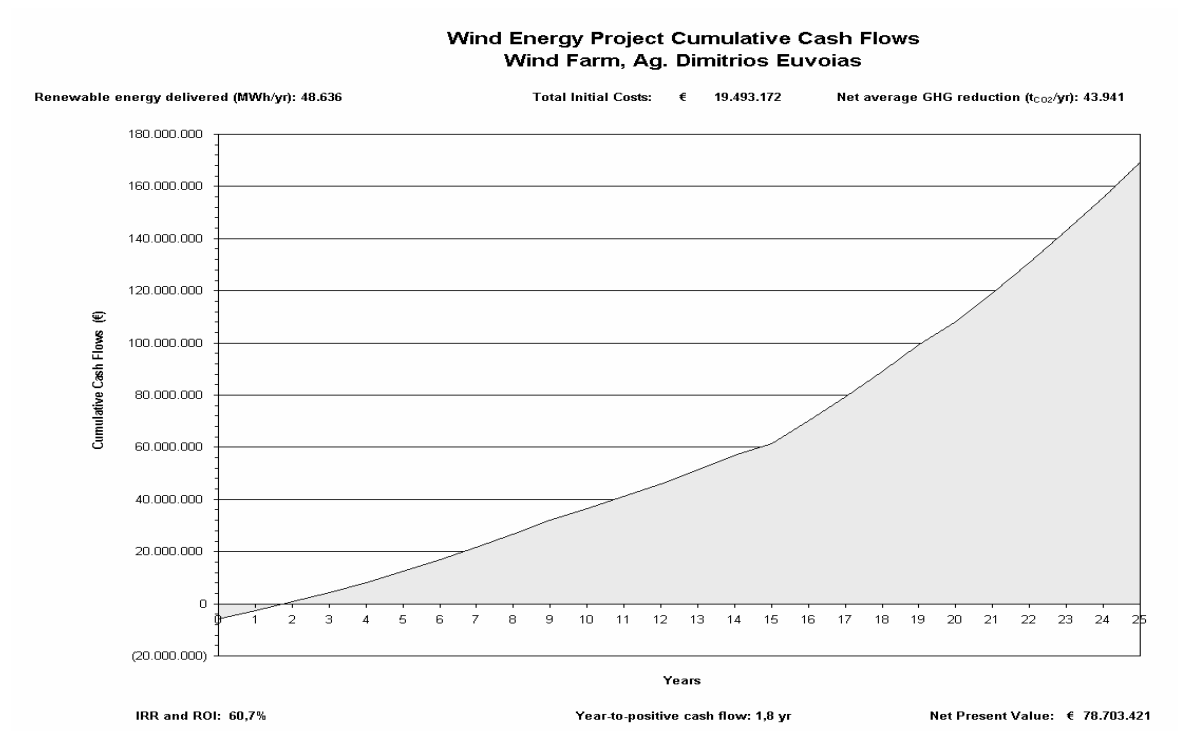


*Χωρίς επιδότηση

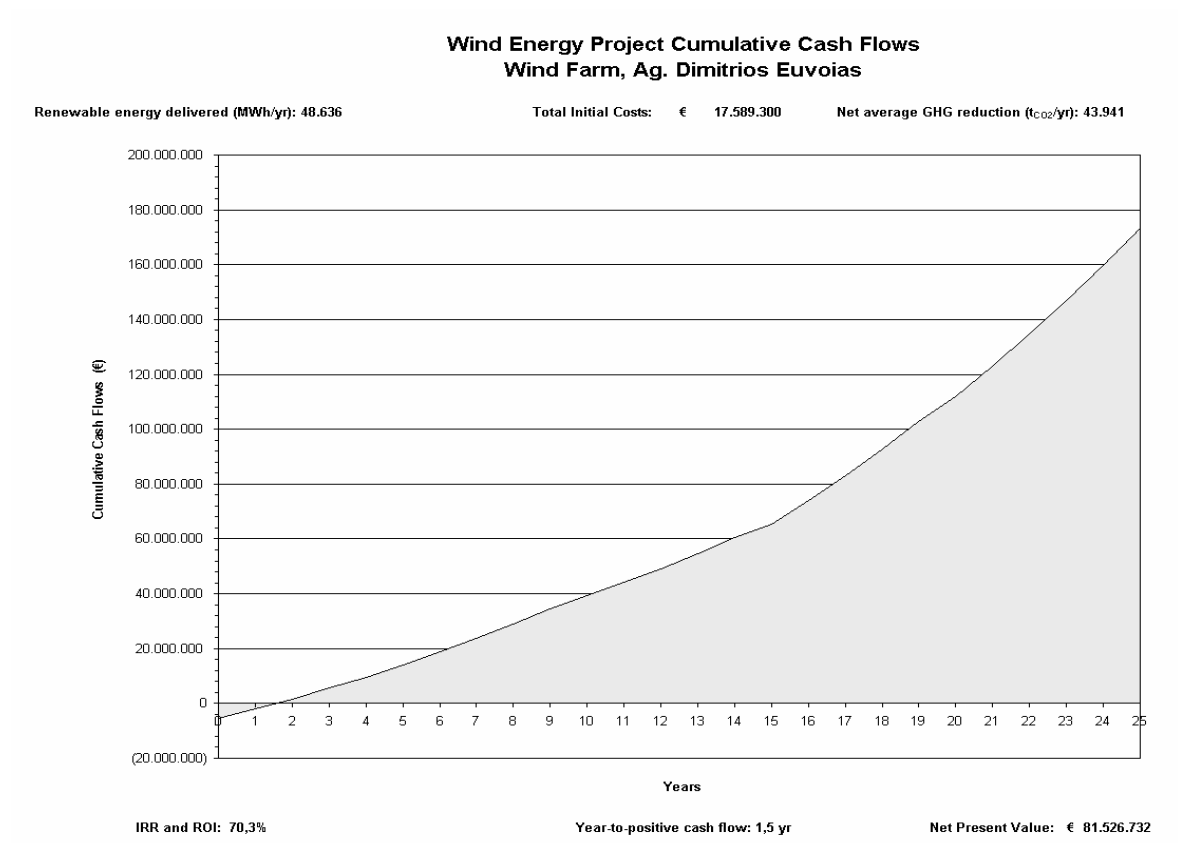


*Με επιδότηση

Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

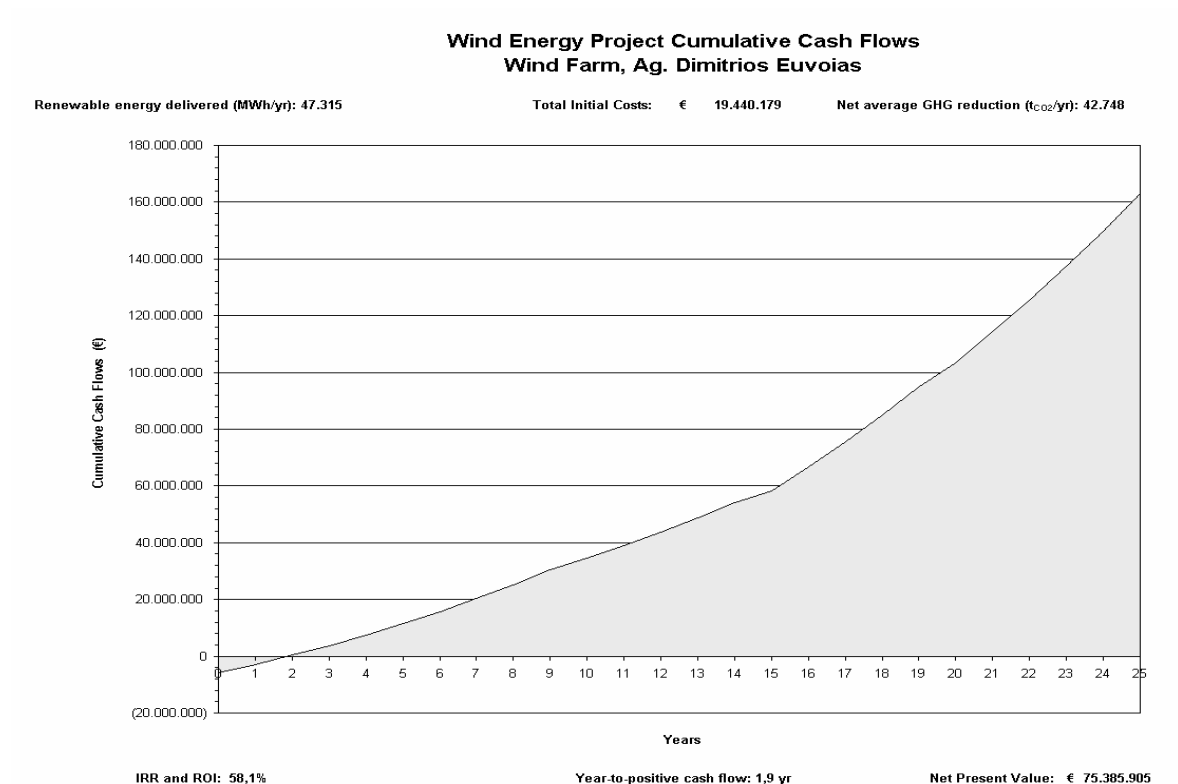


*Χωρίς επιδότηση

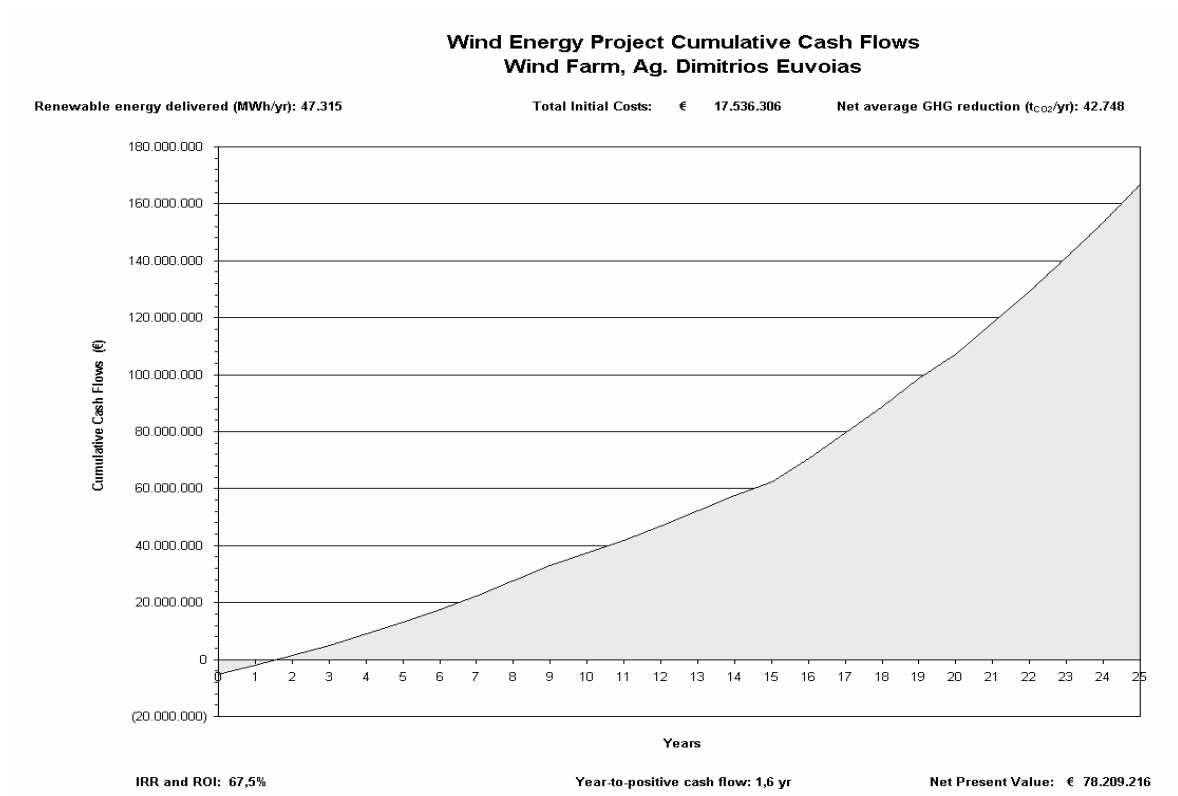


*Με επιδότηση

Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

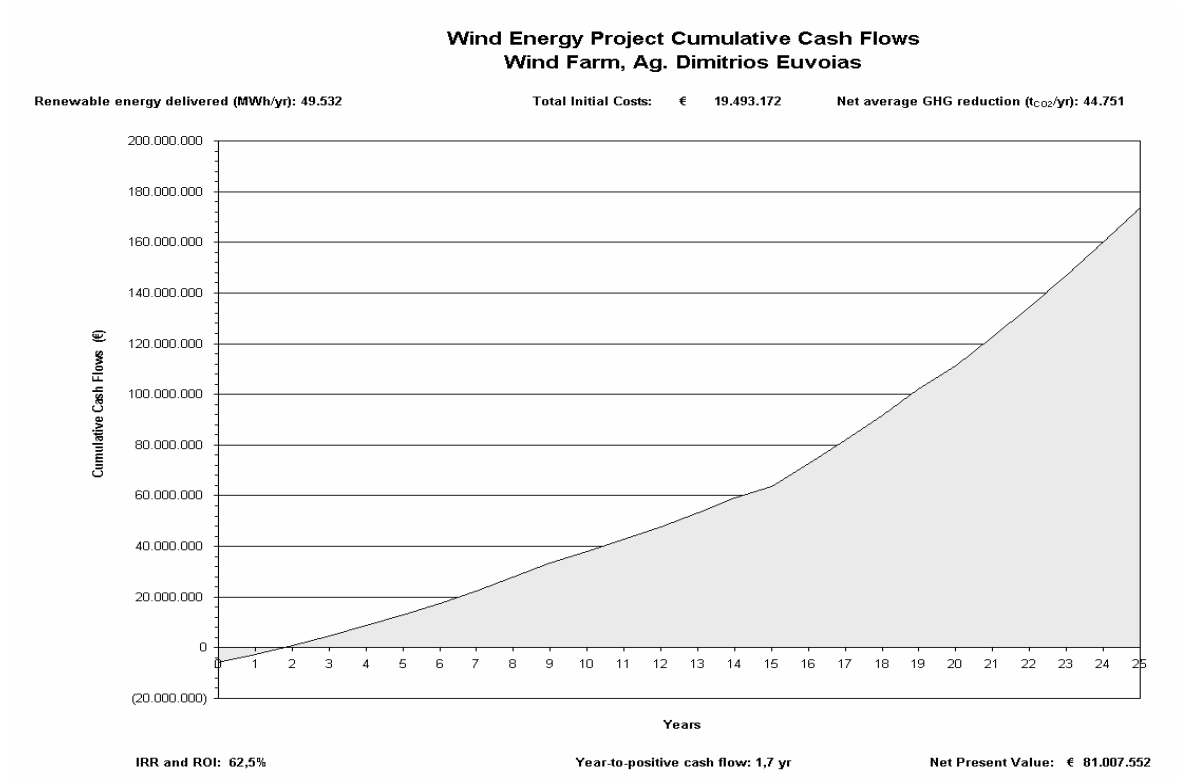


***Χωρίς επιδότηση**

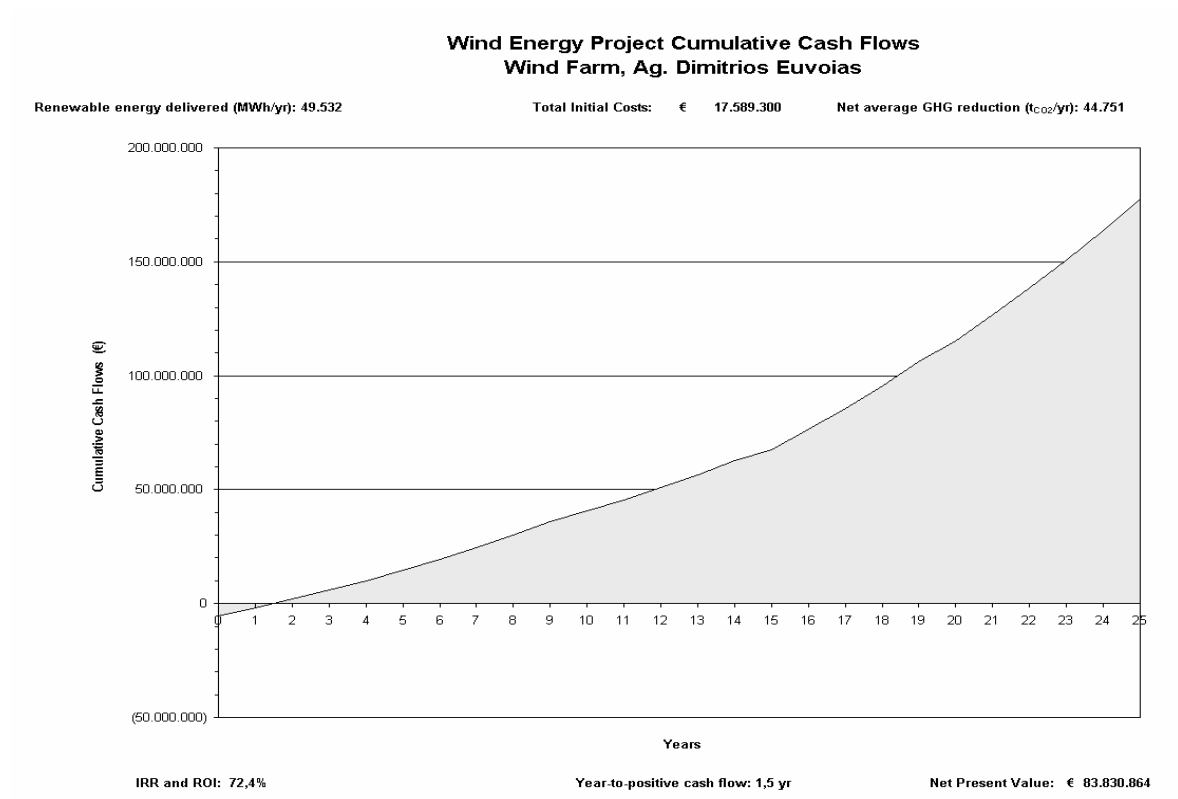


***Με επιδότηση**

Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

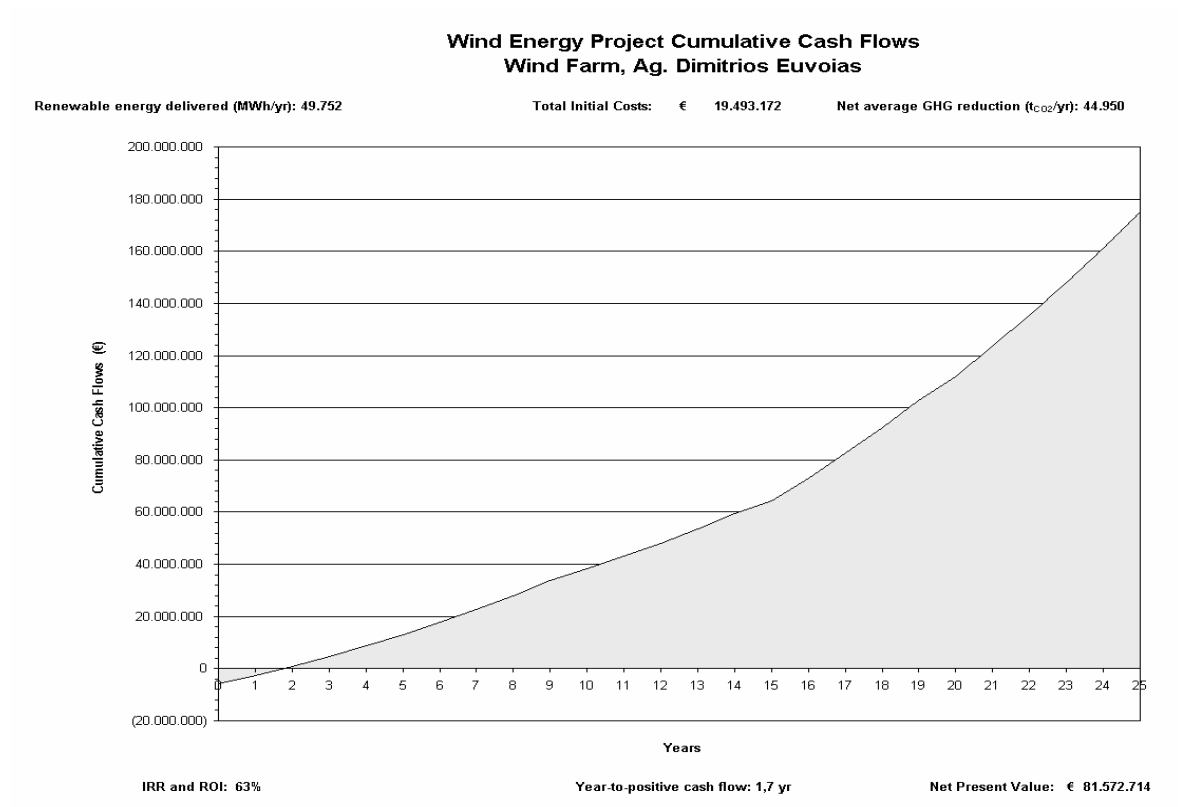


*Χωρίς επιδότηση

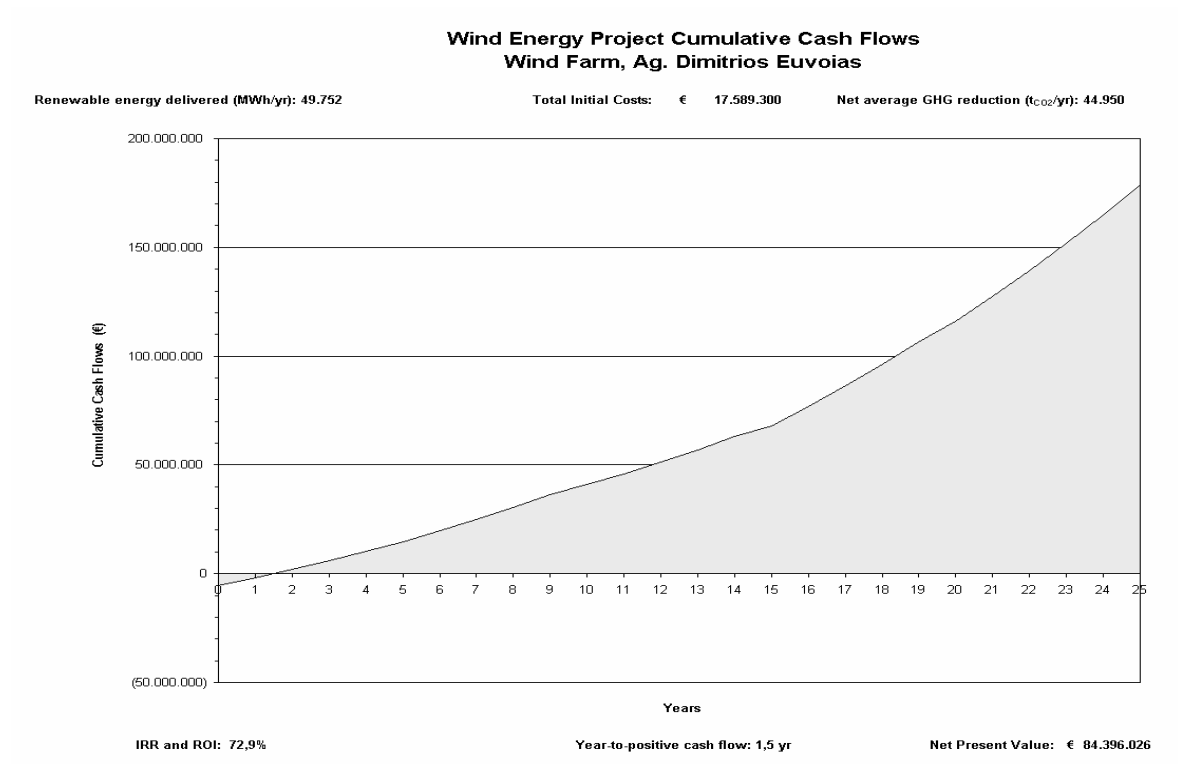


*Με επιδότηση

Σχήμα 6: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



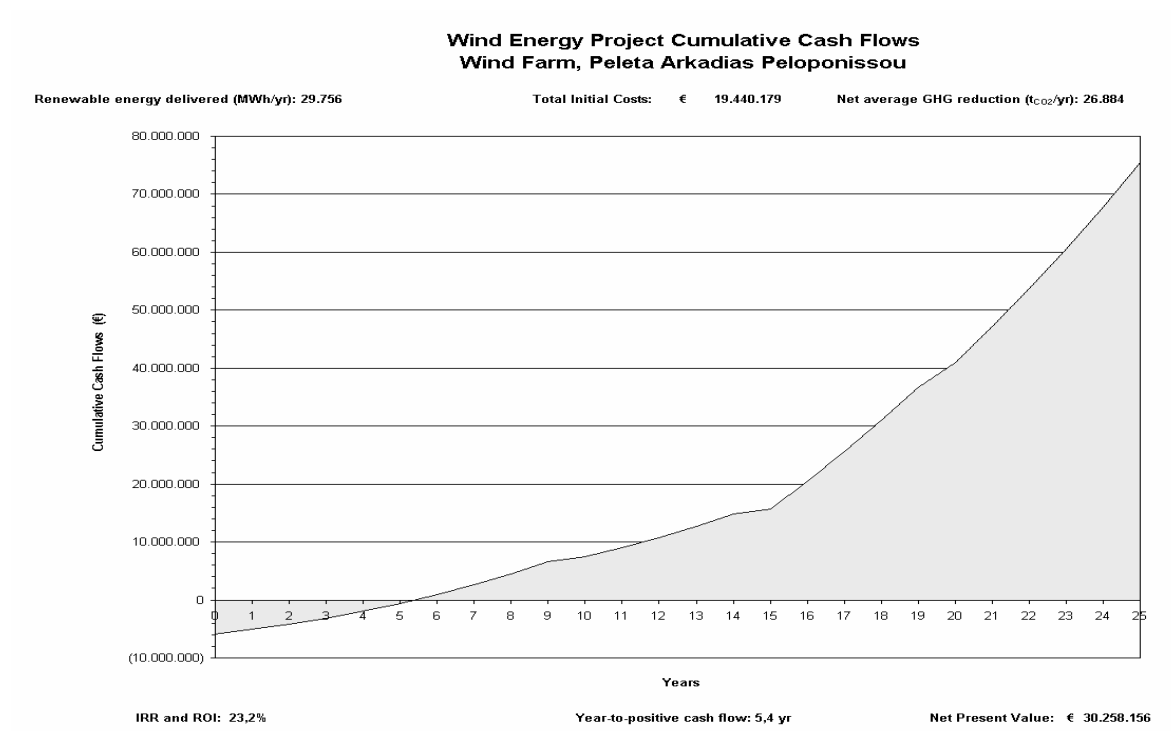
*Χωρίς επιδότηση



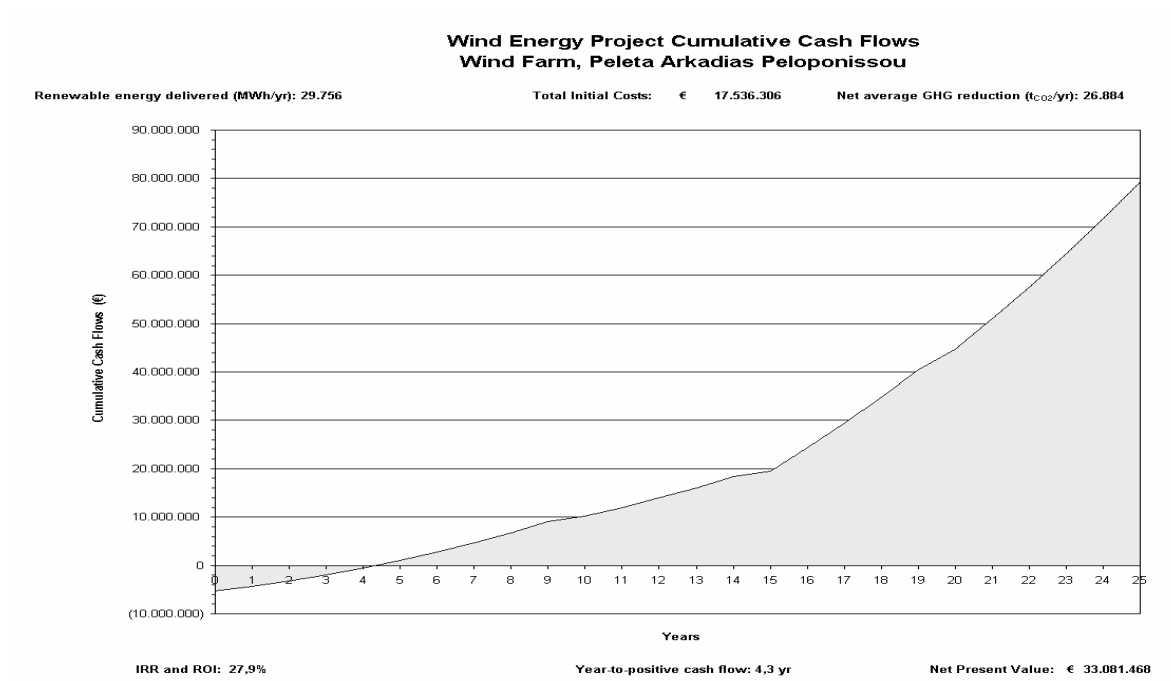
*Με επιδότηση

- Πελετά Αρκαδίας Πελοποννήσου

Σχήμα 7: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

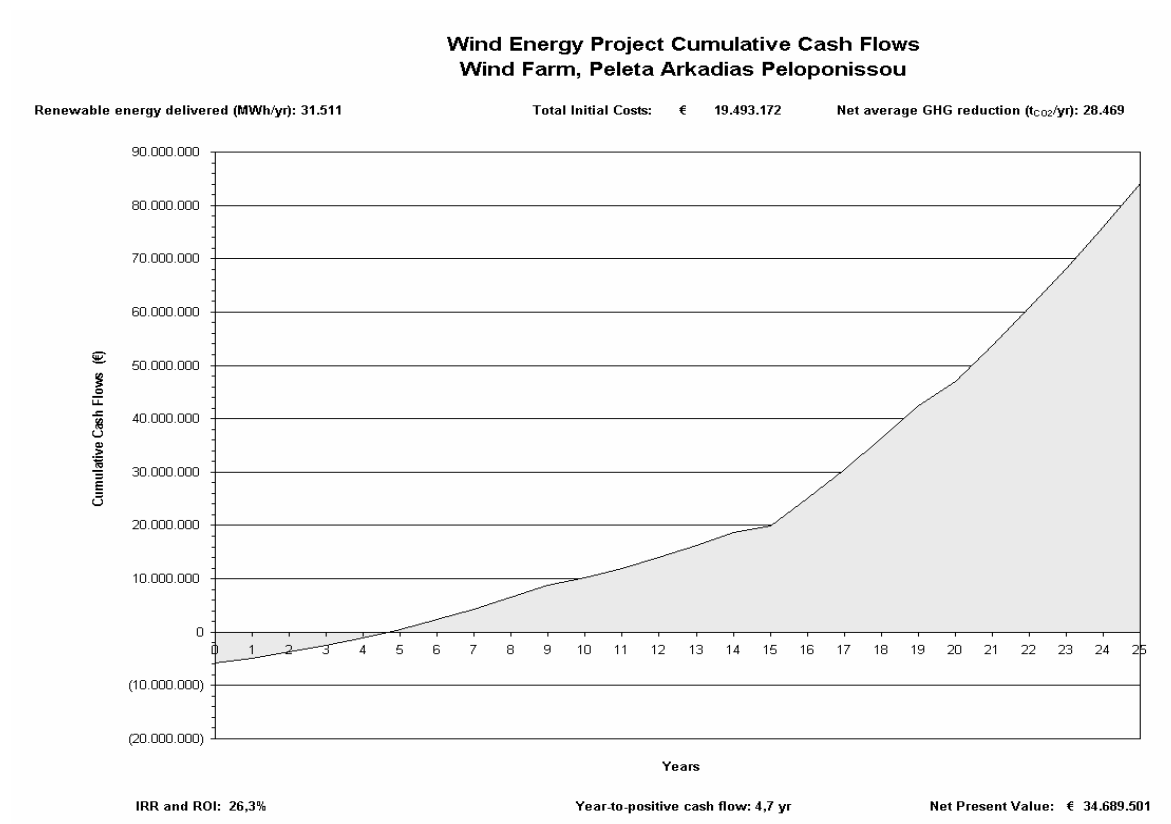


*Χωρίς επιδότηση

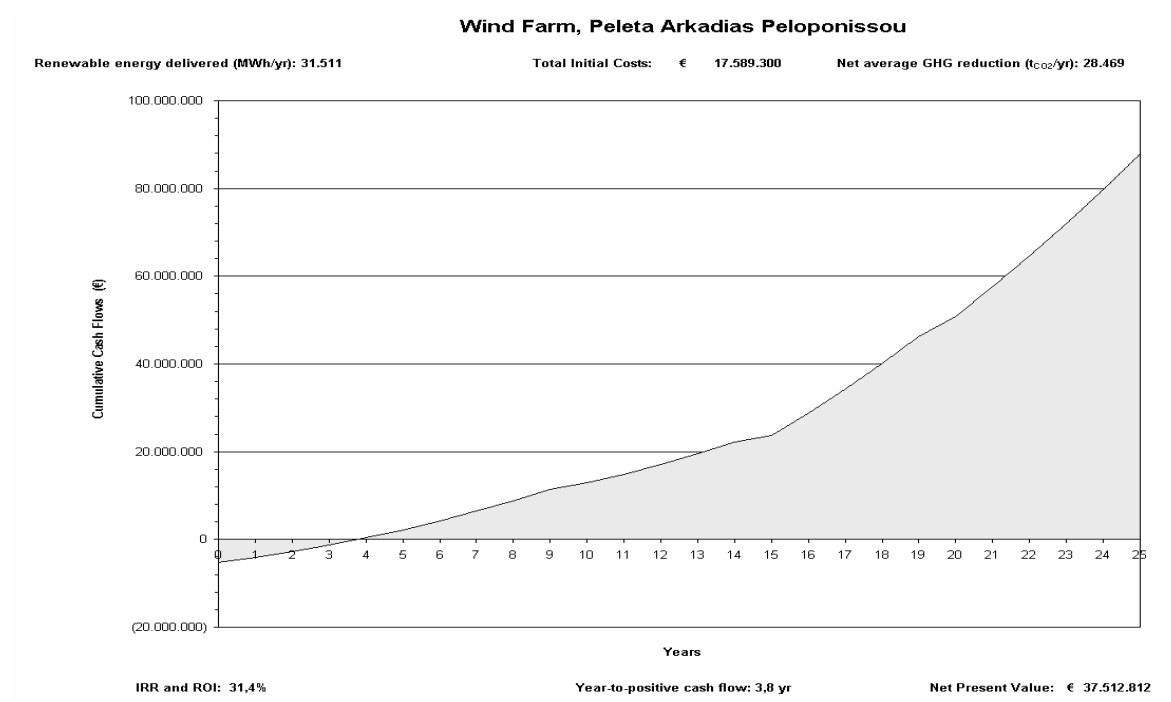


*Με επιδότηση

Σχήμα 8: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την ΑΓ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

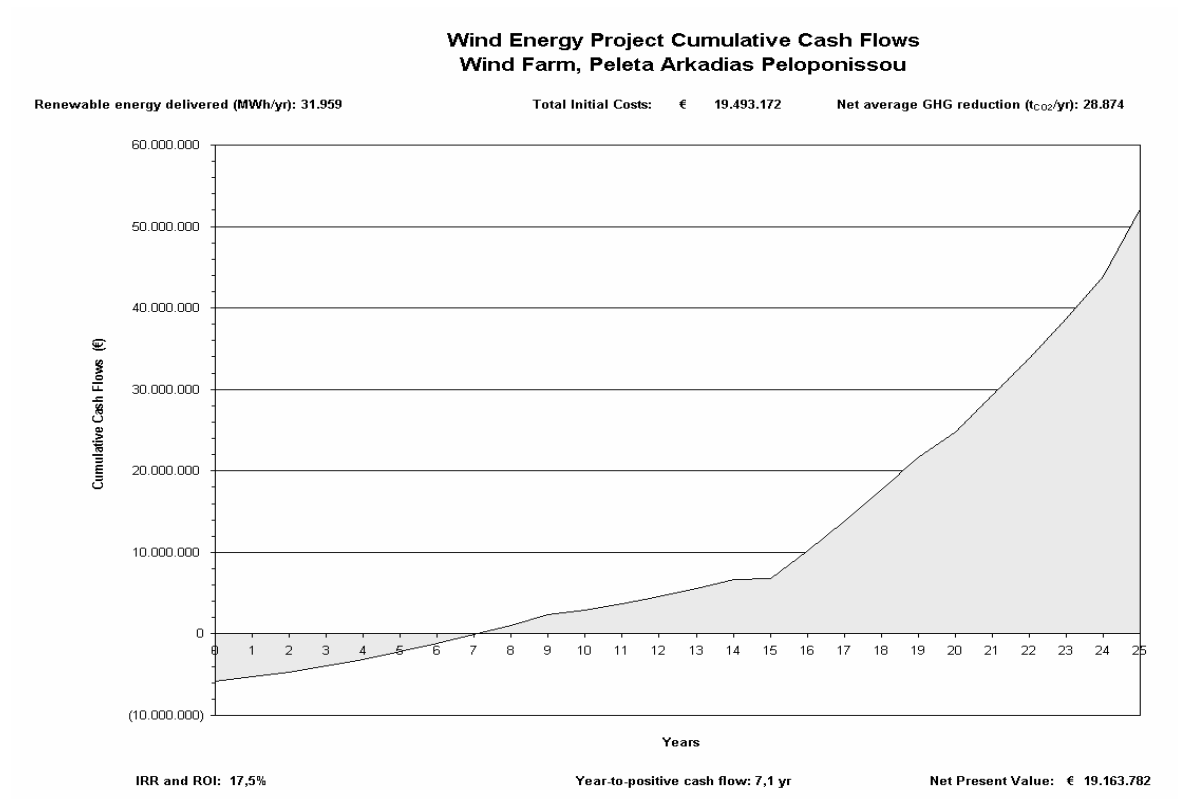


*Χωρίς επιδότηση

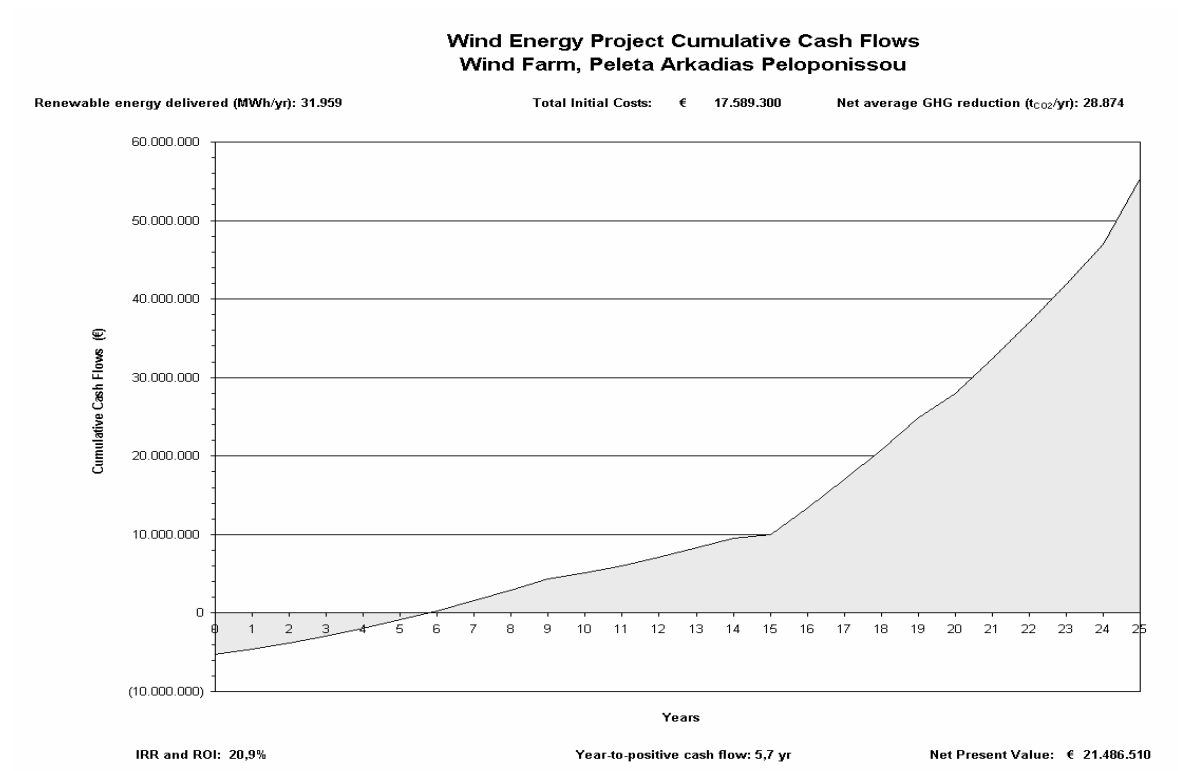


*Με επιδότηση

Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 60m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

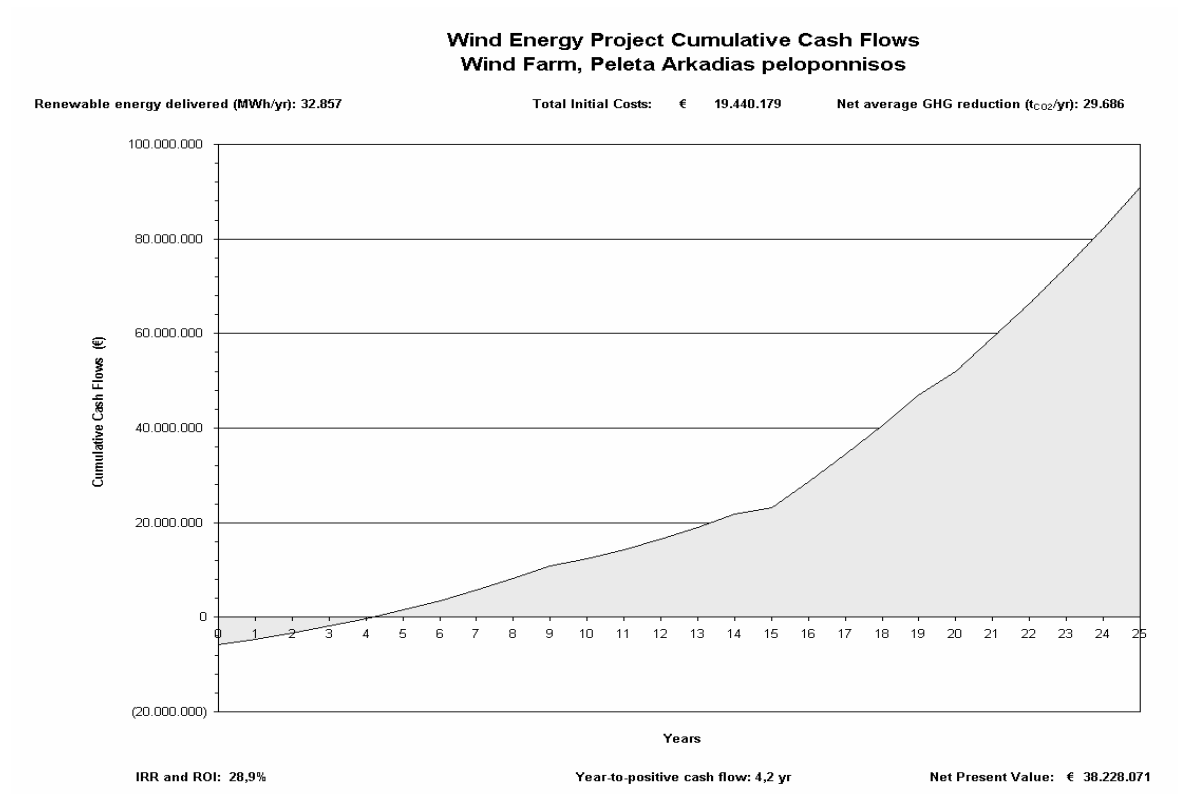


*Χωρίς επιδότηση

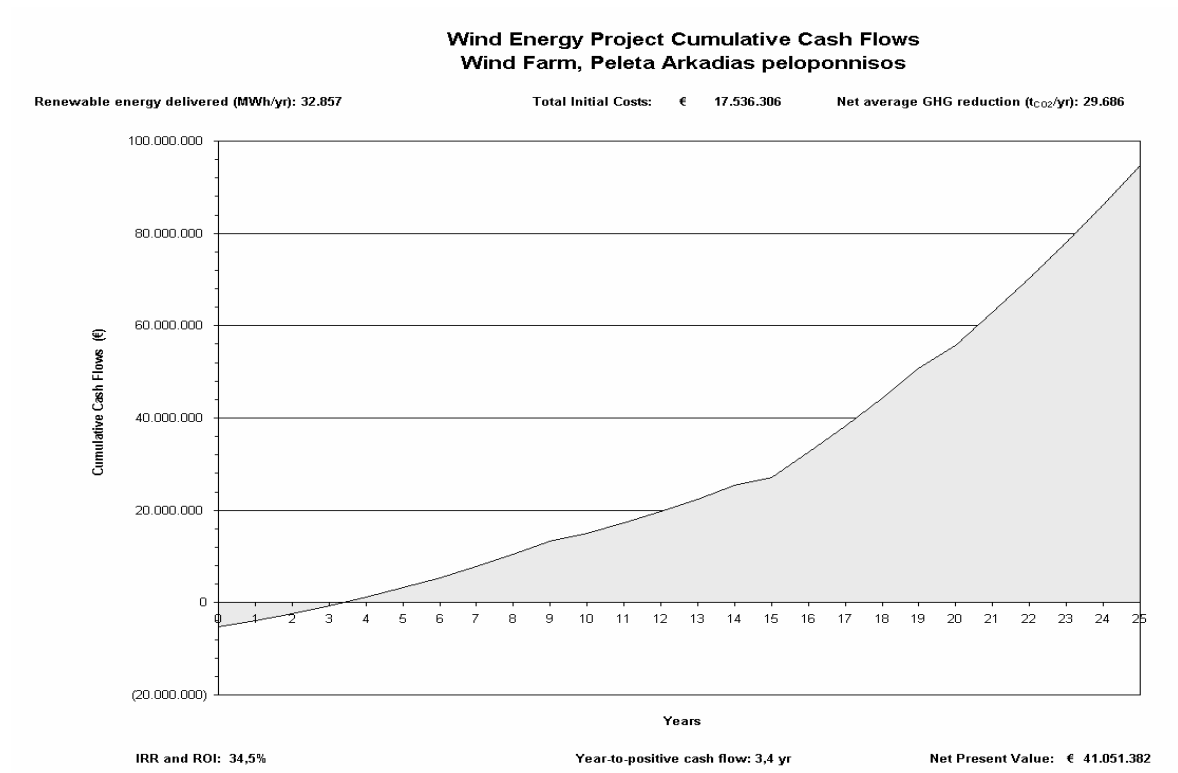


*Με επιδότηση

Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ NORDEX, Ισχύος 600 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

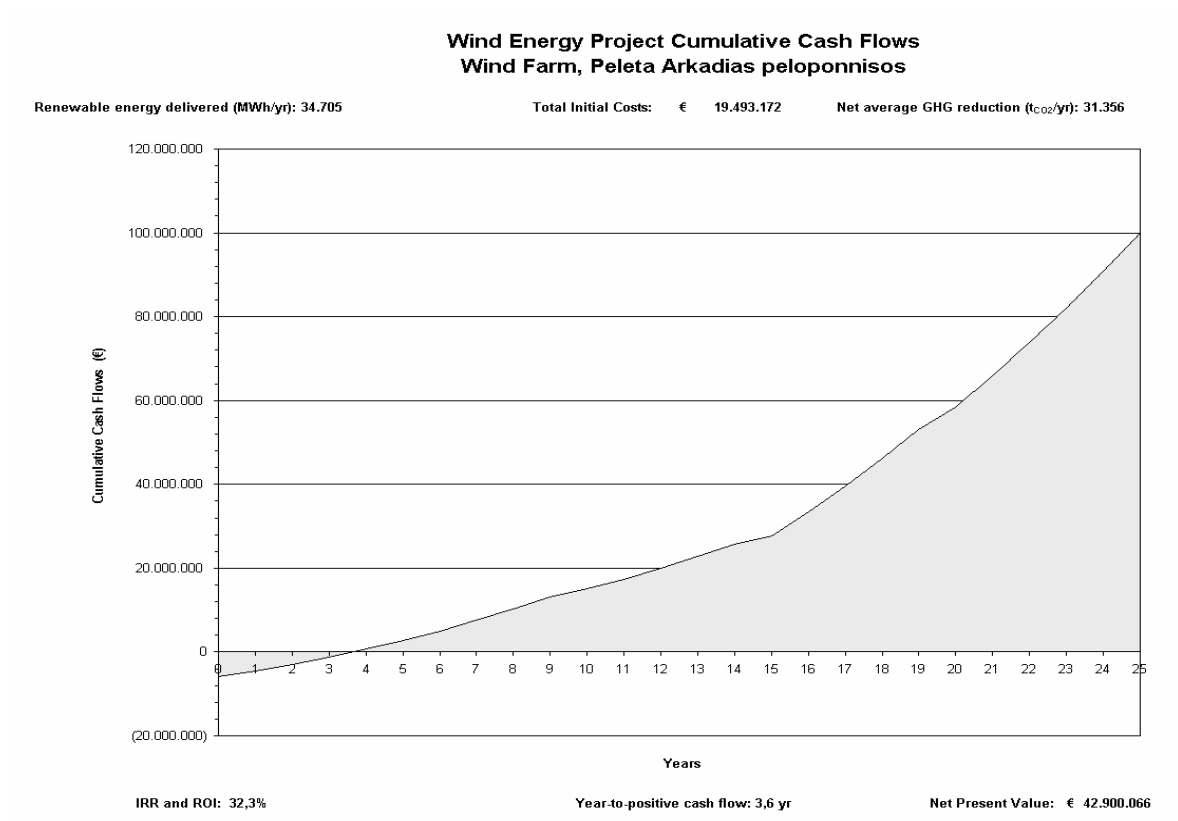


*Χωρίς επιδότηση

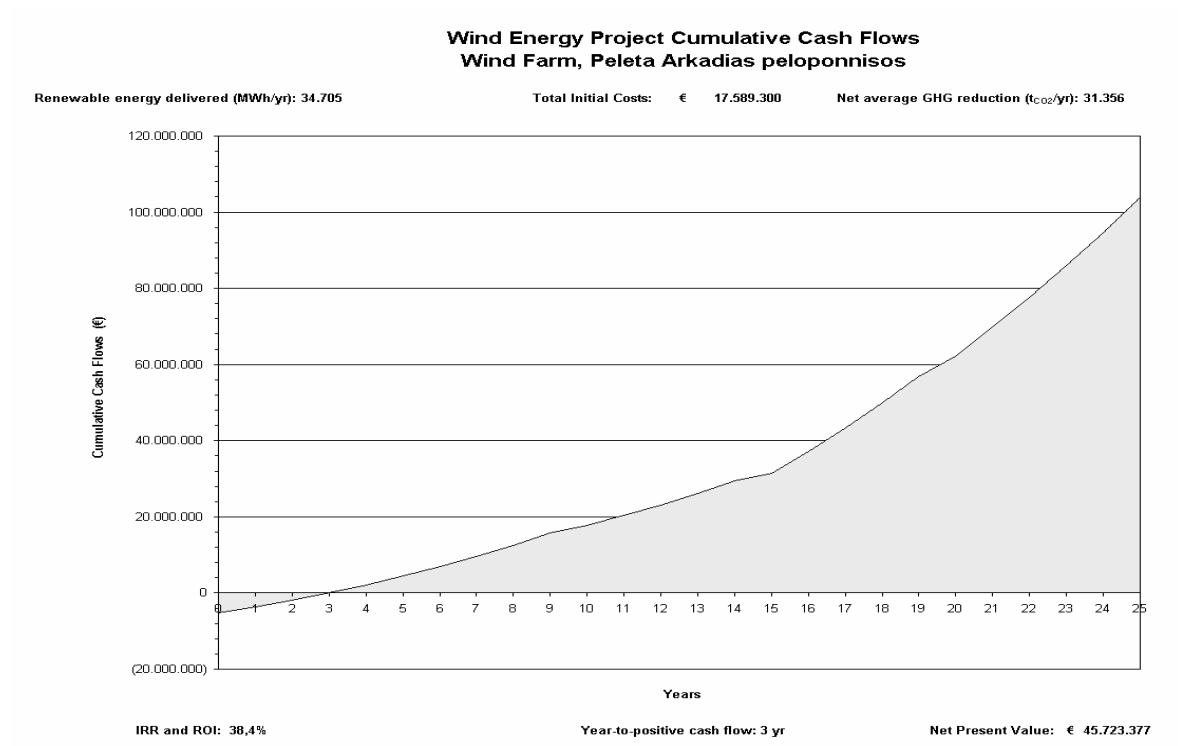


*Με επιδότηση

Σχήμα 11: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την ΑΓ VESTAS, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)

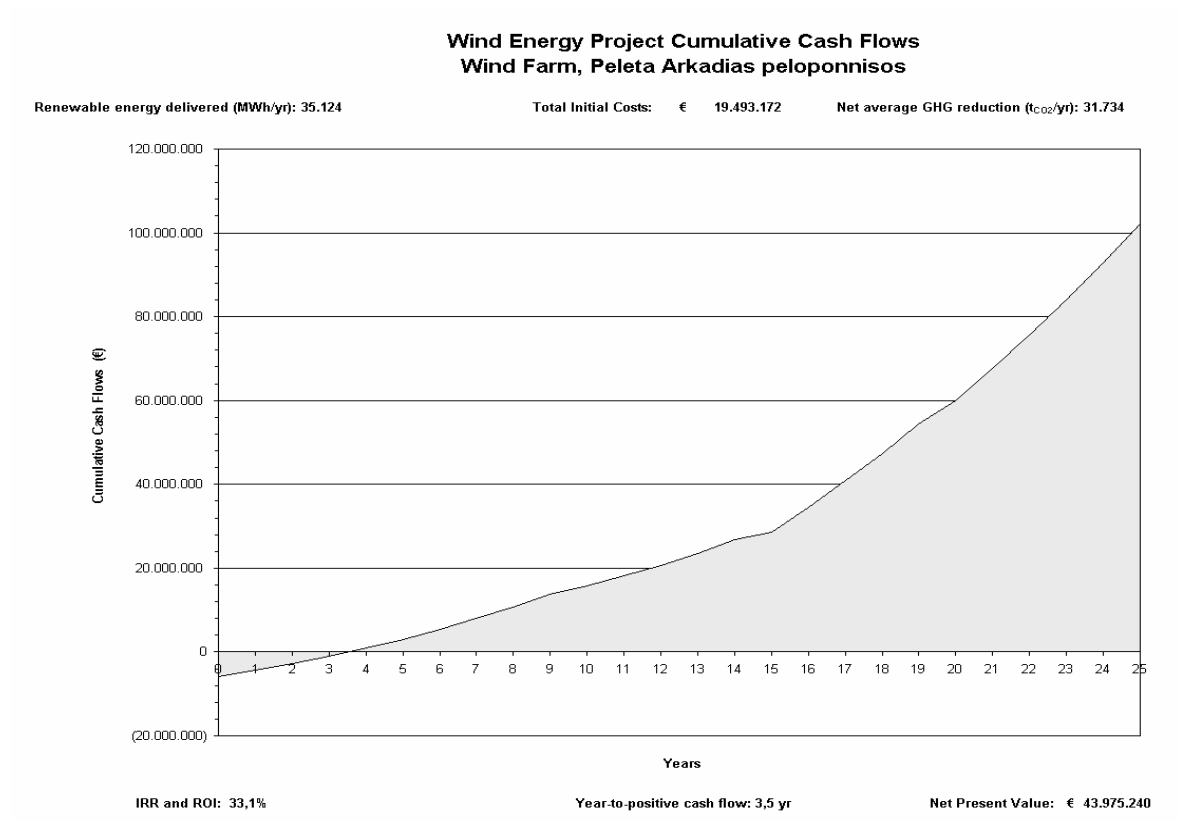


***Χωρίς επιδότηση**

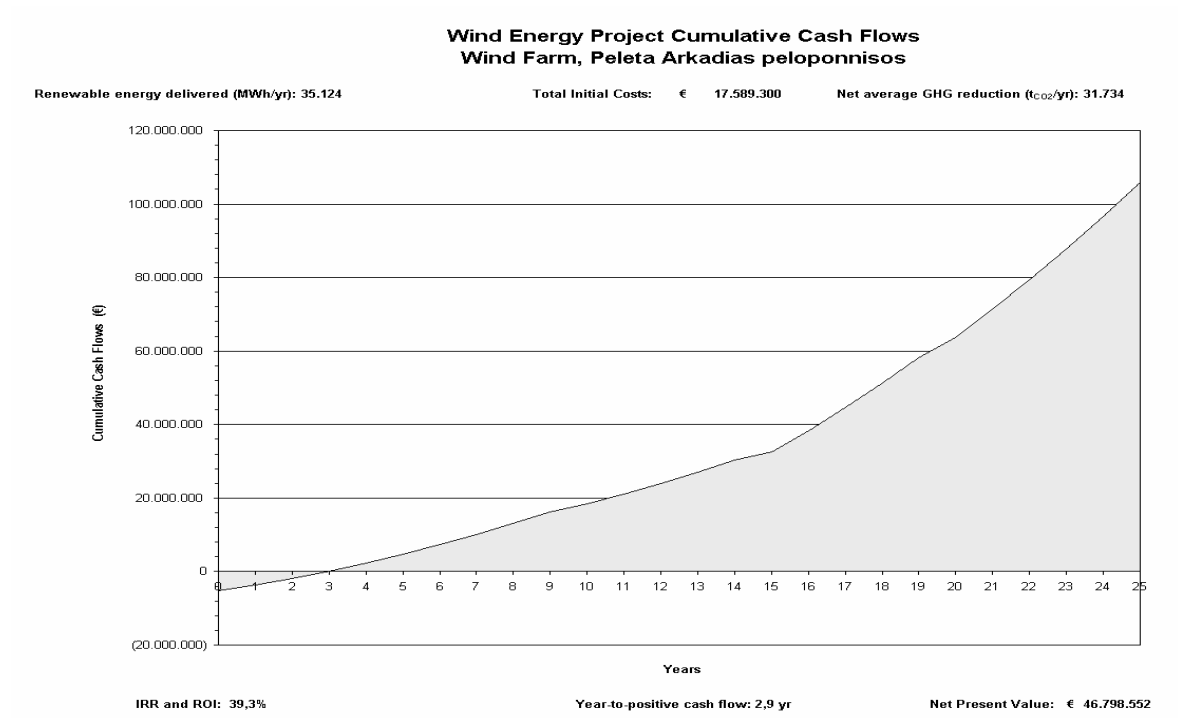


***Με επιδότηση**

Σχήμα 12: Διάγραμμα ροής μετρητών συσσώρευσης σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για την Α/Γ GAMESA, Ισχύος 2000 kW και ύψος δρομέα 78m (Χωρίς και με επιδότηση 30%)



***Χωρίς επιδότηση**



***Με επιδότηση**

6. Ολοκληρωμένο παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού RETScreen® International στη βέλτιστη περιοχή μελέτης.

Το ολοκληρωμένο παράδειγμα που παρουσιάζεται παρακάτω, εφαρμόστηκε για την βέλτιστη περιοχή μελέτης η οποία προέκυψε ότι είναι η περιοχή του Αγίου Δημητρίου στην Εύβοια και για το βέλτιστο τύπο των Α/Γ που θα εγκατασταθούν και οι οποίες προέκυψε ότι είναι οι GAMESA G80 / 2MW / 78m. Στο παράδειγμα παρουσιάζεται μόνο η περίπτωση εφαρμογής χωρίς επιδότηση της επένδυσης.

- Περίπτωση εφαρμογής χωρίς επιδότηση:

- ο Α/Γ GAMESA G80 / 2MW / 78m

A. Καταρχήν παρουσιάζεται ο πίνακας των ενεργειακών δεδομένων για την περιοχή μελέτης.

RETScreen® Energy Model - Wind Energy Project

[Training & Support](#)

Units: Metric

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Wind Farm	See Online Manual
Project location		Ag. Dimitrios Euvoias	
Wind data source		Wind speed	
Nearest location for weather data		Halkida	See Weather Database
Annual average wind speed	m/s	10,0	
Height of wind measurement	m	25,0	3.0 to 100.0 m
Wind shear exponent	-	0,25	0.10 to 0.40
Wind speed at 10 m	m/s	8,0	
Average atmospheric pressure	kPa	101,5	60.0 to 103.0 kPa
Annual average temperature	°C	18	-20 to 30 °C

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Grid type	-	Central-grid	
Wind turbine rated power	kW	2000	→ Complete Equipment Data sheet
Number of turbines	-	5	
Wind plant capacity	kW	10.000	
Hub height	m	78,0	6.0 to 100.0 m
Wind speed at hub height	m/s	13,3	
Wind power density at hub height	W/m²	2.358	
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	%	4%	2% to 6%

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	11.239	56.193	
Pressure adjustment coefficient	-	1,00	1,00	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	0,99	0,99	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	11.126	55.631	
Losses coefficient	-	0,89	0,89	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh/m²	1.979	1.979	150 to 1,500 kWh/m²
Wind plant capacity factor	%	57%	57%	20% to 40%
Renewable energy delivered	MWh	9.950	49.752	
	GJ	35.822	179.108	

[Complete Cost Analysis sheet](#)

B. Πίνακας δεδομένων εξοπλισμού για την περιοχή μελέτης.

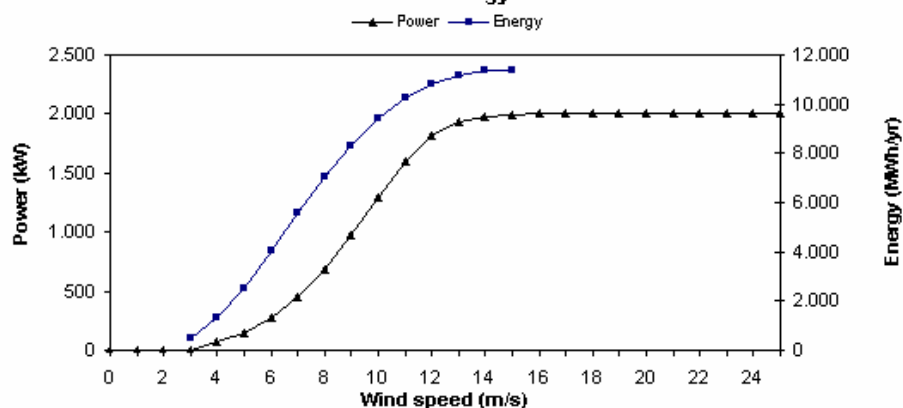
RETScreen® Equipment Data - Wind Energy Project

Wind Turbine Characteristics		Estimate	Notes/Range
Wind turbine rated power	kW	2000	See Product Database
Hub height	m	78,0	6.0 to 100.0 m
Rotor diameter	m	80	7 to 80 m
Swept area	m ²	5.027	35 to 5,027 m ²
Wind turbine manufacturer		Gamesa	
Wind turbine model		G80-2MW	
Energy curve data source	-	Standard	Rayleigh wind distribution
Shape factor	-	2,0	

Wind Turbine Production Data

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	0,0	-
1	0,0	-
2	0,0	-
3	3,9	475,5
4	66,3	1.301,7
5	152,0	2.537,1
6	280,0	4.025,2
7	457,0	5.570,7
8	690,0	7.030,5
9	978,0	8.321,0
10	1.296,0	9.395,0
11	1.598,0	10.229,5
12	1.818,0	10.822,5
13	1.935,0	11.189,5
14	1.980,0	11.358,5
15	1.995,0	11.363,1
16	1.999,0	-
17	2.000,0	-
18	2.000,0	-
19	2.000,0	-
20	2.000,0	-
21	2.000,0	-
22	2.000,0	-
23	2.000,0	-
24	2.000,0	-
25	2.000,0	-

Power and Energy Curves



[Return to
Energy Model sheet](#)

C. Πίνακας Ανάλυσης Κόστους του λογισμικού για την περιοχή μελέτης.

RETScreen® Cost Analysis - Wind Energy Project

Type of analysis: Pre-feasibility

Currency: Euro symbol

Cost references: None

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	1,3%		
Development							
Development	Cost	1	€ 835.500	€ 835.500	-	-	-
Sub-total:				€ 835.500	4,3%		
Engineering							
Engineering	Cost	1	€ 610.500	€ 610.500	-	-	-
Sub-total:				€ 610.500	3,1%		
Energy Equipment							
Wind turbine(s)	kW	10.000	€ 1.000	€ 10.000.000	-	-	-
Spare parts	%	3,0%	€ 10.000.000	€ 300.000	-	-	-
Transportation	turbine	5	€ 33.000	€ 165.000	-	-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total:				€ 10.465.000	53,7%		
Balance of Plant							
Balance of plant	Cost	1	€ 5.868.000	€ 5.868.000	-	-	-
Sub-total:				€ 5.868.000	30,1%		
Miscellaneous							
Contingencies	%	5%	€ 18.024.200	€ 901.210	-	-	-
Interest during construction	6,0%	12 month(s)	€ 18.925.410	€ 567.762	-	-	-
Sub-total:				€ 1.468.972	7,5%		
Initial Costs - Total				€ 19.493.172	100,0%		
Annual Costs (Credits)							
O&M							
O&M	Cost	1	€ 700.000	€ 700.000	-	-	-
Contingencies	%	10%	€ 700.000	€ 70.000	-	-	-
Annual Costs - Total				€ 770.000	100,0%		
Periodic Costs (Credits)							
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	-	€ -	€ -	-	-	-

[Go to GHG Analysis sheet](#)

D. Πίνακας Ανάλυσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου του λογισμικού για την περιοχή μελέτης.

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

Use GHG analysis sheet?
Potential CDM project?

Type of analysis:

Background Information

Project Information				Global Warming Potential of GHG	
Project name	Wind Farm	Project capacity	10,00 MW	21 tonnes CO ₂ = 1 tonne CH ₄	(IPCC 1996)
Project location	Ag. Dimitrios Euvoias	Grid type	Central-grid	310 tonnes CO ₂ = 1 tonne N ₂ O	(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	60,0%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
#6 oil	10,0%	77,4	0,0030	0,0020	30,0%	8,0%	1,018
Natural gas	5,0%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Diesel (#2 oil)	22,0%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Wind	3,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	8,0%	0,000
Electricity mix	100%	270,2	0,0068	0,0080		8,0%	0,982

Does baseline change during project life?

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%	8,0%	0,000

GHG Emission Reduction Summary

	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	0,982	0,000	45.772	44.950	0,0%	44.950

Ε. Συνολικός πίνακας οικονομικών παραμέτρων του λογισμικού για την περιοχή μελέτης.

RETScreen® Financial Summary - Wind Energy Project

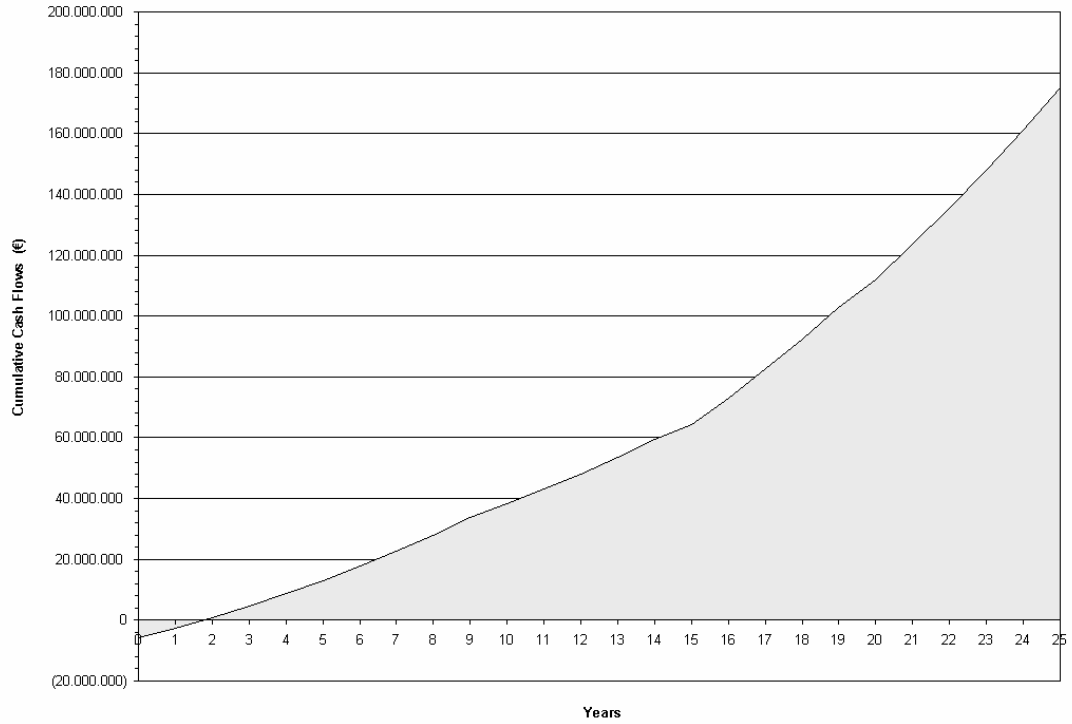
Annual Energy Balance						Yearly Cash Flows			
						Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
						#	€	€	€
Project name	Wind Farm					0	(5.847.952)	(5.847.952)	(5.847.952)
Project location	Ag. Dimitrios Euvoias					1	3.275.905	3.275.905	(2.572.047)
Renewable energy delivered	MWh	49.752	Net GHG reduction	tco2/yr	44.950	2	3.523.531	3.523.531	951.484
Excess RE available	MWh	-				3	3.783.216	3.783.216	4.734.700
Firm RE capacity	kW	-	Net GHG emission reduction - 21 yrs	tco2	943.950	4	4.055.560	4.055.560	8.790.260
Grid type	Central-grid					5	4.341.188	4.341.188	13.131.448
			Net GHG emission reduction - 25 yrs	tco2	1.123.749	6	4.640.760	4.640.760	17.772.208
						7	4.954.966	4.954.966	22.727.174
Financial Parameters						8	5.284.533	5.284.533	28.011.706
Avoided cost of energy	€/kWh	0,0917	Debt ratio	%	70,0%	9	5.630.222	5.630.222	33.641.928
RE production credit	€/kWh	0,025	Debt interest rate	%	14,0%	10	4.648.917	4.648.917	38.290.845
RE production credit duration	yr	10	Debt term	yr	15	11	4.741.226	4.741.226	43.032.072
RE credit escalation rate	%	2,5%				12	5.099.445	5.099.445	48.131.517
GHG emission reduction credit	€/tco2	5,0	Income tax analysis?	yes/no	No	13	5.476.215	5.476.215	53.607.732
GHG reduction credit duration	yr	21				14	5.872.482	5.872.482	59.480.214
GHG credit escalation rate	%	0,0%				15	4.731.273	4.731.273	64.211.487
						16	8.949.100	8.949.100	73.160.588
Energy cost escalation rate	%	5,0%				17	9.410.030	9.410.030	82.570.618
Inflation	%	3,0%				18	9.894.748	9.894.748	92.465.366
Discount rate	%	5,0%				19	10.404.466	10.404.466	102.869.832
Project life	yr	25				20	9.134.344	9.134.344	112.004.176
						21	11.504.055	11.504.055	123.508.231
						22	11.871.919	11.871.919	135.380.149
						23	12.495.023	12.495.023	147.875.172
						24	13.150.167	13.150.167	161.025.339
						25	13.838.980	13.838.980	174.864.319
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							
Engineering	3,1%	€ 610.500	Debt payments - 15 yrs	€	2.221.564				
Energy equipment	53,7%	€ 10.465.000	Annual Costs and Debt - Total	€	2.991.564				
Balance of plant	30,1%	€ 5.868.000							
Miscellaneous	7,5%	€ 1.468.972	Annual Savings or Income						
Initial Costs - Total	100,0%	€ 19.493.172	Energy savings/income	€	4.562.779				
Incentives/Grants		€ -	Capacity savings/income	€	-				
			RE production credit income - 10 yrs	€	1.243.806				
			GHG reduction income - 21 yrs	€	224.750				
			Annual Savings - Total	€	6.031.335				
Periodic Costs (Credits)									
Drive train	€	1.000.000	Schedule yr # 10,20						
Blades	€	1.000.000	Schedule yr # 15						
	€	-							
End of project life - Credit	€	-							
Financial Feasibility									
			Calculate energy production cost?	yes/no	No				
Pre-tax IRR and ROI	%	63,0%							
After-tax IRR and ROI	%	63,0%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	No				
Simple Payback	yr	3,7							
Year-to-positive cash flow	yr	1,7	Project equity	€	5.847.952				
Net Present Value - NPV	€	81.572.714	Project debt	€	13.645.221				
Annual Life Cycle Savings	€	5.787.785	Debt payments	€/yr	2.221.564				
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	14,95	Debt service coverage	-	2,47				

Wind Energy Project Cumulative Cash Flows Wind Farm, Ag. Dimitrios Euvoias

Renewable energy delivered (MWh/yr): 49.752

Total Initial Costs: € 19.493.172

Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 44.950



IRR and ROI: 63%

Year-to-positive cash flow: 1,7 yr

Net Present Value: € 81.572.714

F. Πίνακες Ανάλυσης Ευαισθησίας του λογισμικού για την περιοχή μελέτης.

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

		Avoided cost of energy (€/kWh)				
RE delivered (MWh)		0,0734 -20%	0,0825 -10%	0,0917 0%	0,1009 10%	0,1101 20%
		7,2%	9,8%	12,4%	14,9%	17,6%
39.802	-20%	7,2%	9,8%	12,4%	14,9%	17,6%
44.777	-10%	10,2%	13,1%	16,1%	19,2%	22,3%
49.752	0%	13,3%	16,7%	20,1%	23,7%	27,4%
54.727	10%	16,6%	20,4%	24,4%	28,5%	32,8%
59.703	20%	20,0%	24,4%	28,9%	33,6%	38,4%

		Avoided cost of energy (€/kWh)				
Initial costs (€)		0,0734 -20%	0,0825 -10%	0,0917 0%	0,1009 10%	0,1101 20%
		20,1%	24,7%	29,5%	34,4%	39,4%
15.594.538	-20%	20,1%	24,7%	29,5%	34,4%	39,4%
17.543.855	-10%	16,2%	20,1%	24,1%	28,3%	32,6%
19.493.172	0%	13,3%	16,7%	20,1%	23,7%	27,4%
21.442.490	10%	11,0%	14,0%	17,0%	20,1%	23,3%
23.391.807	20%	9,1%	11,8%	14,6%	17,3%	20,1%

		Avoided cost of energy (€/kWh)				
Annual costs (€)		0,0734 -20%	0,0825 -10%	0,0917 0%	0,1009 10%	0,1101 20%
		14,4%	17,8%	21,3%	25,0%	28,7%
616.000	-20%	14,4%	17,8%	21,3%	25,0%	28,7%
693.000	-10%	13,8%	17,2%	20,7%	24,3%	28,0%
770.000	0%	13,3%	16,7%	20,1%	23,7%	27,4%
847.000	10%	12,8%	16,1%	19,5%	23,1%	26,7%
924.000	20%	12,2%	15,6%	19,0%	22,5%	26,1%

Debt interest rate (%)		Debt ratio (%)				
		56,0% -20%	63,0% -10%	70,0% 0%	77,0% 10%	84,0% 20%
11,2%	-20%	20,9%	22,0%	23,4%	25,3%	28,4%
12,6%	-10%	20,0%	20,7%	21,7%	23,1%	25,1%
14,0%	0%	19,0%	19,5%	20,1%	21,0%	22,1%
15,4%	10%	18,0%	18,3%	18,6%	19,0%	19,5%
16,8%	20%	17,1%	17,1%	17,1%	17,2%	17,2%

		Debt term (yr)				
Debt interest rate (%)		12,0 -20%	13,5 -10%	15,0 0%	16,5 10%	18,0 20%
		22,1%	22,9%	23,4%	24,0%	24,4%
11,2%	-20%	22,1%	22,9%	23,4%	24,0%	24,4%
12,6%	-10%	20,8%	21,4%	21,7%	22,2%	22,5%
14,0%	0%	19,5%	20,0%	20,1%	20,5%	20,7%
15,4%	10%	18,3%	18,7%	18,6%	18,9%	18,9%
16,8%	20%	17,1%	17,4%	17,1%	17,3%	17,2%

		GHG emission reduction credit (€/t _{CO2})				
Net GHG emission reduction - 21 yrs (t _{CO2})		4,0 -20%	4,5 -10%	5,0 0%	5,5 10%	6,0 20%
		20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%
755.160	-20%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%
849.555	-10%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%
943.950	0%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%
1.038.344	10%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%
1.132.739	20%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%	20,1%

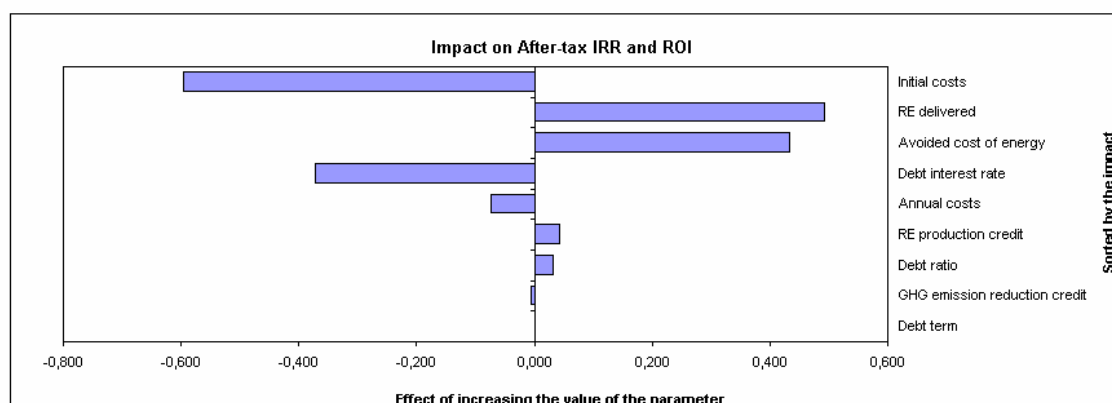
		RE production credit (€/kWh)				
RE delivered (MWh)		0,020 -20%	0,023 -10%	0,025 0%	0,028 10%	0,030 20%
		11,6%	12,0%	12,4%	12,7%	13,1%
39.802	-20%	11,6%	12,0%	12,4%	12,7%	13,1%
44.777	-10%	15,2%	15,6%	16,1%	16,6%	17,1%
49.752	0%	18,9%	19,5%	20,1%	20,8%	21,4%
54.727	10%	22,9%	23,6%	24,4%	25,2%	26,1%
59.703	20%	27,1%	28,0%	28,9%	29,9%	30,9%

Γ. Πίνακες Ανάλυσης Επικινδυνότητας του λογισμικού για την περιοχή μελέτης.

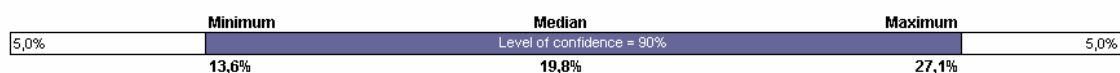
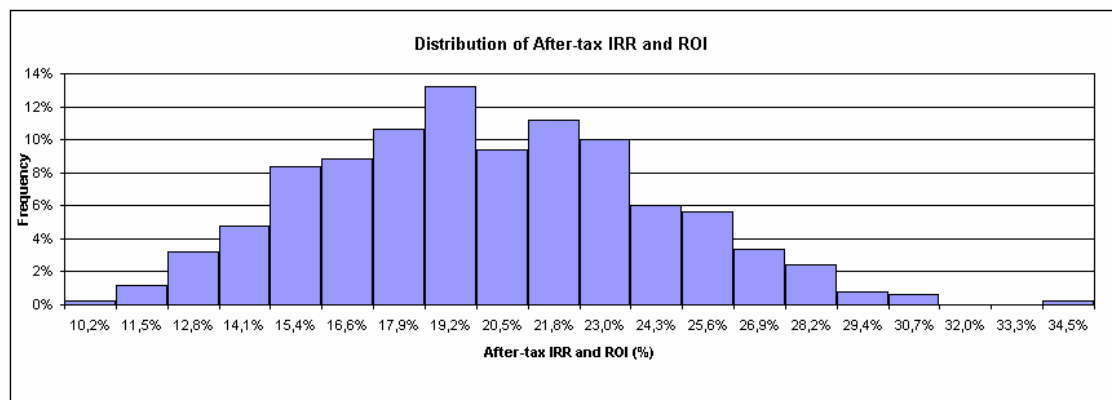
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of energy	€/kWh	0,0917	15%	0,0780	0,1055
RE delivered	MWh	49.752	15%	42.289	57.215
Initial costs	€	19.493.172	20%	15.594.538	23.391.807
Annual costs	€	770.000	15%	654.500	885.500
Debt ratio	%	70,0%	5%	66,5%	73,5%
Debt interest rate	%	14,0%	30%	9,8%	18,2%
Debt term	yr	15	0%	15	15
GHG emission reduction credit	€/t _{CO2}	5,0	50%	2,5	7,5
RE production credit	€/kWh	0,025	10%	0,023	0,028

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	19,8%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	13,6%
Maximum within level of confidence	%	27,1%



7. Φωτογραφίες Α/Γ και Αιολικών Πάρκων

Α. Φωτογραφίες από τα πρώτα αιολικά πάρκα στο κόσμο.



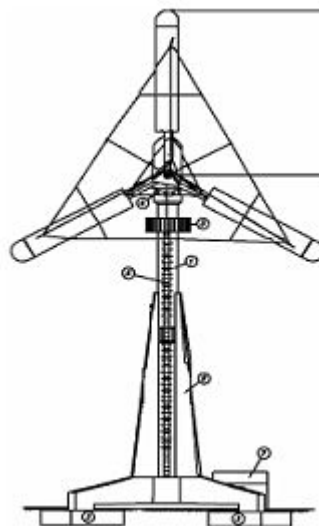
*Πρωτοπόρος στην αιολική ενέργεια
Θεωρείται ο Roul la Cour (1846-1908),
μετεωρολόγος όπου στην συνέχεια
σχεδίασε τα πρώτα συστήματα αιολικής
ενέργειας.*



*Ο μηχανικός Johannes Joul ήταν
ένας από τους πρώτους μαθητές
του Roul la Cour σε σειρά μαθημάτων
το 1904 με τίτλο «Ηλεκτρονικοί του Ανέμου».*



Κατά την διάρκεια του 2^{ου}
Παγκοσμίου πολέμου η δανέζικη
τεχνική εταιρεία F.L.Smith
κατασκεύασε συστήματα αιολικής
ενέργειας με 2 ή 3 λεπίδες



Ο Johannes Joul το 1956-57
σχεδίασε το πρωτοποριακό
σύστημα Gedser με τριγωνική
διάταξη στήριξης λεπίδων για
την εταιρεία ηλεκτρισμού SEAS
στις ακτές του Gedser στο νότιο
τμήμα της Δανίας.

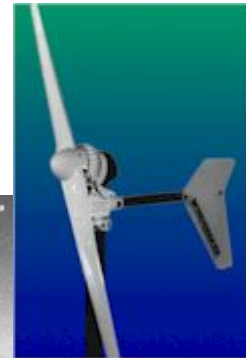
Πηγή: Πισκιτζής, 2003

Β. Τα είδη των ανεμογεννητριών

- *Δίπτερες - Τρίπτερες*



Τρίπτερες ανεμογεννήτριες



Δίπτερες ανεμογεννήτριες

Πηγή: physics4u, 2003

- *Οριζόντιες - Κατακόρυφες*



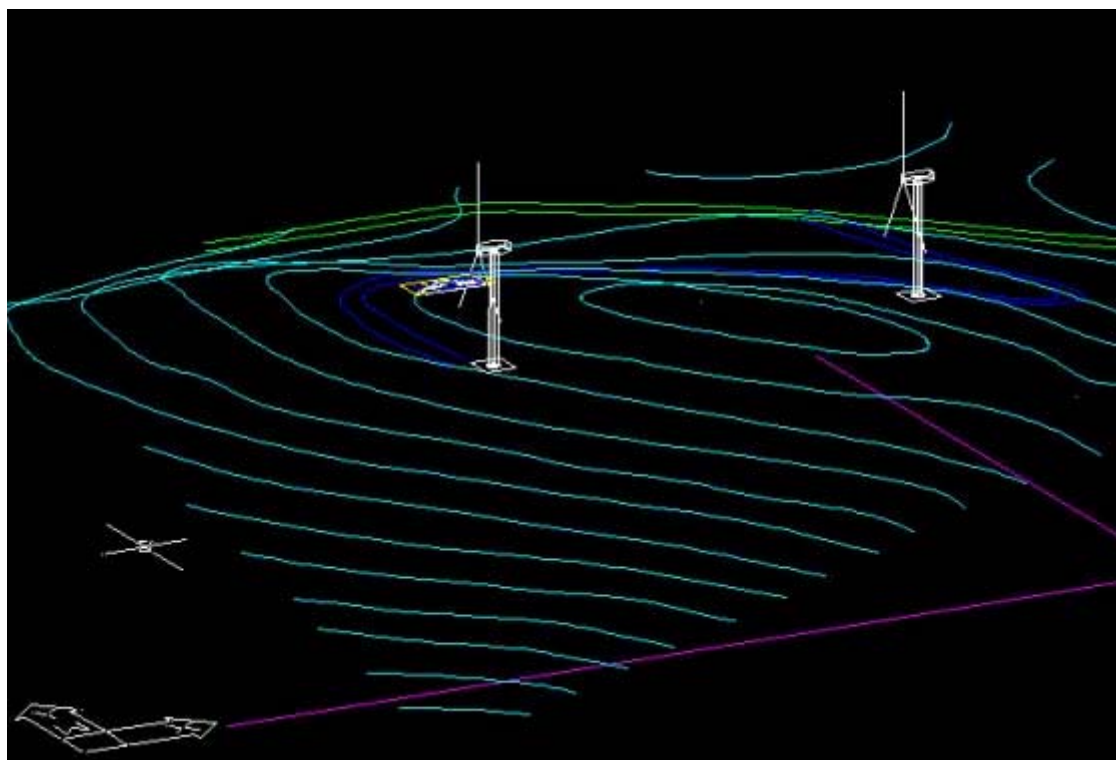
Πηγή: Λαμπράκης, 2003

Γ. Φωτορεαλιστικό Αιολικού Πάρκου.



Πηγή: Energotech, 2005

Δ. Σχεδιασμός Αιολικού Πάρκου.



Πηγή: Energotech, 2005

