

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΛΩΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΕ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΛΟΥΜΙΤΣΑΚΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΑΜ:7533

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ / ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια.....	10
1.1.2 Αρνητικές συνέπειες υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο περιβάλλον και στον άνθρωπο	10
1.2 Η εκμετάλλευση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη	11
1.3 Η υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα	12
2.1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	13
2.1.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).....	13
2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	18
2.3 Ενεργειακοί Στόχοι Ε.Ε.....	19
2.4 Ενεργειακοί στόχοι της Ελλάδας	22
2.5 Αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.....	22
2.5.1 Αξιοποίηση αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα	22
2.5.2 Αξιοποίηση Γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα	23
2.5.3 Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα	23
2.5.4 Αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα	23
2.5.5 Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα	24
2.5.6 Αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	24
2.6 Οφέλη ΑΠΕ στην τοπική οικονομία	25
3. Αιολική Ενέργεια	27
3.1 Αιολικό Δυναμικό	27
3.2 Βασικά χαρακτηριστικά του ανέμου.....	29
3.2.1 Ταχύτητα	29
3.2.2 Διεύθυνση	30
3.3 Κατανομές	30
3.3.1 Κατανομή Weibull	30
3.3.2 Όριο του Betz	31

3.3.3 Κατανομή με βάση το ύψος	31
3.4 Ενέργεια και ισχύς του ανέμου.....	32
3.5 Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα	32
4. Ανεμογεννήτριες.....	36
4.1 Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα	36
4.1.1 Μέρη ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα	36
4.2 Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα	38
4.2.1 Είδη ανεμογεννητριών κάθετου άξονα	39
4.2.1.1 Ανεμογεννήτριες Darrieus	39
4.2.1.2 Ανεμογεννήτριες Savonius.....	40
4.3 Αεροδυναμική πτερυγίου.....	40
4.3.1 Αεροτομή	40
4.4 Επιδόσεις Ανεμογεννήτριας	42
4.5 Ισχύς και ενέργεια	42
5.1 Αιολικά Πάρκα.....	44
5.1.1 Χωροθέτηση ανεμογεννητριών	44
5.2 Παραγωγή ενέργειας σε αιολικά πάρκα	46
5.2.1 Ηλεκτρική διασύνδεση	47
5.3 Είδη αιολικών πάρκων	47
5.3.1 Χερσαία Αιολικά Πάρκα	47
5.3.2 Στάδια κατασκευής χερσαίου αιολικού πάρκου	48
5.4 Υπεράκτια Αιολικά πάρκα	49
5.4.1 Κατασκευή Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου	50
5.5 Πλωτές Ανεμογεννήτριες	51
5.5.1 Tension Leg Platform (TLP)	52
5.5.2 Semi -Submerged (Semi-Sub).....	52
5.5.3 Spar Buoy (Spar).....	52
5.5.4 Monopile.....	53
5.5.5 Tripode/Jacket.....	53
5.6 Εταιρίες κατασκευαστών στην υπεράκτια τεχνολογία.....	54

5.7 Μέθοδοι αγκυροβόλησης πλωτών ανεμογεννητριών	56
5.8 Απαραίτητοι έλεγχοι.....	57
5.8.1 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος	57
5.8.2 Έλεγχος για απώλειες.....	58
5.8.3 Έλεγχος φορτίων.....	59
5.9 Κόστος κατασκευής και συντήρησης	60
6. Σύγκριση Χερσαίων και Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων.....	61
6.1 Τεχνικές διαφορές.....	61
6.2 Περιβαλλοντική σύγκριση	62
6.3 Οικονομική Σύγκριση	64
6.4 Πλεονεκτήματα υπεράκτιων σε σύγκριση με τα χερσαία	65
7.0 Ελληνική νομοθεσία για υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	65
7.1 Το νομοθετικό πλαίσιο για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	65
7.2 Διαδικασία αδειοδότησης αιολικών πάρκων.....	66
7.2.1 Άδεια Παραγωγής.....	66
7.2.2 Προσφορά διασύνδεσης.....	67
7.2.3 Περιβαλλοντικοί όροι	67
7.2.4 Άδεια εγκατάστασης αιολικού πάρκου.....	68
7.3 Σύμβαση Σύνδεσης στο σύστημα.....	68
7.3.1 Σύμβαση πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	68
7.4 Δοκιμαστική Περίοδος και Άδεια Λειτουργίας.....	68
8. Επιλογή περιοχής	69
8.1 Στοιχεία για την περιοχή.....	69
8.2 Ηλεκτρική ενέργεια στην Λακωνία.....	73
8.3 ΑΠΕ στην περιοχή	76
8.4 Περιοχή εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων	79
9. Τεχνοοικονομική μελέτη (ΤΟΜ).....	82
9.1 Γενική αναφορά για ΤΟΜ.....	82
9.2 ΤΟΜ στα αιολικά πάρκα	87
9.3 Τεχνική Ανάλυση για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα που πρόκειται να κατασκευαστούν.....	90

9.4 Χωροθέτηση υπεράκτιων αιολικών πάρκων	93
9.5 Συνολική παραγωγή ενέργειας του υπεράκτιου αιολικού πάρκου.....	94
9.6 Διασύνδεση του υπεράκτιου αιολικού πάρκου με το τοπικό δίκτυο	98
9.6.1 Πρώτο βήμα	98
9.6.2 Δεύτερο βήμα	98
9.6.3 Τρίτο βήμα	99
10.0 Κόστος και οφέλη.....	101
10.1 Κόστος.....	101
10.1.1 Ανεμογεννήτριες	101
10.1.2 Οικόπεδο	101
10.1.3 Μεταφορά- Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών	102
10.1.4 Δαπάνες πολιτικού μηχανικού	102
10.1.5 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	103
10.1.6 Έξοδα συμβούλων	103
10.1.7 Κόστος Διασύνδεσης	104
10.1.8 Έξοδα συμβούλων	104
10.1.9 Επιπρόσθετες Δαπάνες ανά έτος	105
10.2 Απόσβεση Έργου.....	108
10.2.1 Τιμή πώλησης.....	108
10.2.2 Καθαρή ετήσια παραγωγή ενέργειας	108
10.2.3 Υπολογισμός καθαρού κέρδους και χρόνου απόσβεσης.....	108
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	109
12. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	113
13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021 στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών μου σπουδών στη σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον αναπληρωτή καθηγητή κύριο Ευγένιο Σκούρα για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Αντώνιο και Μαρία και τον αδερφό μου Γεώργιο για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και του συνόλου των σπουδών μου.

Στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας με βοήθησε το σεμινάριο που διοργάνωσε το Πανεπιστήμιο Πατρών με τίτλο << Numerical simulations for Wind Turbine engineering problems>> στο χρονικό διάστημα 28/6/2021-3/7/2021.

Πολύτιμη βοήθεια για την συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας ήταν η παρακολούθηση του σεμιναρίου που διοργάνωσε η ΕΛΕΤΑΕΝ τον Φεβρουάριο του 2021 όπου ακούστηκαν σημαντικές προτάσεις για την υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα από καθηγητές, από εκπροσώπους εταιριών που δραστηριοποιούνται στην αιολική ενέργεια



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

THIS IS TO CERTIFY THAT
ALEXANDROS PLOUMITSAKOS

attended the 1st Workshop on
Numerical simulations for Wind Turbine engineering problems
28/6-3/7/2021 in Patras, Greece

supported by DAAD and organized by the Karlsruhe Institute of Technology,
Germany and the University of Patras, Greece

The Organizing Committee

A blue ink signature of Professor Theodoros Triantafyllidis.

Professor Theodoros Triantafyllidis
Karlsruhe Institute of Technology

A blue ink signature of Professor Demosthenes Polyzos.

Professor Demosthenes Polyzos
University of Patras

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες αρκετές χώρες έχουν στραφεί στην ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων, με αμφότερο σκοπό την μείωση ρύπων στην ατμόσφαιρα όπως το CO_2 (διοξείδιο του άνθρακα), το όζον και το διοξείδιο του αζώτου. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα έρχονται να αντικαταστήσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα τα οποία είναι κοστοβόρα όσον αφορά στην εξόρυξη και αρκετά βλαβερά για τον ανθρώπινο και το περιβάλλον. Ως γνωστόν τα ισχυρά αιολικά δυναμικά εντοπίζονται στις θαλάσσιες περιοχές με βαθιά νερά. Επειδή υπάρχει πρόβλημα θεμελίωσης των πλωτών ανεμογεννητριών στα συγκεκριμένα βάθη χρησιμοποιούνται πλωτά αιολικά πάρκα.

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία αφορά στην τεχνοοικονομική ανάλυση της πλωτής υπεράκτιας αιολικής μονάδας η οποία σκοπεύει να εκμεταλευθεί το αιολικό δυναμικό του Μυρτώου πελάγους και συγκεκριμένα στην θαλάσσια περιοχή ανατολικά του Ακρωτηρίου Μαλέας.

Στο πρώτο κεφάλαιο κάνω μια εισαγωγή στην υπεράκτια αιολική ενέργεια. Συγκεκριμένα κάνω αναφορά στα πλεονεκτήματα και τις αρνητικές συνέπειες των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο φυσικό περιβάλλον και στον άνθρωπο. Ακόμη αναφέρω για το μέλλον της συγκεκριμένης ενέργειας στις Ευρωπαϊκές χώρες και κάνω ειδική αναφορά στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 2 θα γίνει μια αναφορά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα θα παραθέσω στοιχεία για το πώς η Ελλάδα μπορεί να γίνει ενεργειακά ανεξάρτητη μέσα από τις Α.Π.Ε ενισχύοντας την οικονομία. Επιπλέον θα αναφέρω τους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε και η Ελλάδα και αφορούν τον τομέα της ενέργειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο γράφω για το αιολικό δυναμικό. Συγκεκριμένα αναλύω τα χαρακτηριστικά του αιολικού δυναμικού και αναφέρομαι στην ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο παρουσιάζοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρομαι στις ανεμογεννήτριες. Αρχικά αναφέρομαι στα επιμέρους τμήματα της ανεμογεννήτριας, μετά αναλύω τα είδη των ανεμογεννητριών (κάθετος ή οριζόντιος άξονας) και παραθέτω μαθηματικούς τύπους για την παραγωγή ενέργειας σε μια ανεμογεννήτρια και την παραγόμενη ετήσια ισχύς.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παραθέτω πληροφορίες για τα αιολικά πάρκα. Αρχικά αναλύω το χερσαίο αιολικό πάρκο και τα στάδια κατασκευής του. Έπειτα παραθέτω γενικές πληροφορίες για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Επιπλέον στο συγκεκριμένο κεφάλαιο κάνω λόγο για τις πλωτές ανεμογεννήτριες και τα είδη που υπάρχουν ανάλογα με το βάθος.

Στο κεφάλαιο 6 θα συγκρίνω το υπεράκτιο αιολικό πάρκο και το χερσαίο αιολικό πάρκο.

Στο κεφάλαιο 7 θα αναφέρω την Ελληνική νομοθεσία για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Στο κεφάλαιο 8 θα αναφέρω στοιχεία για την τοποθεσία που έχω επιλέξει για να κατασκευαστεί το υπεράκτιο θαλάσσιο αιολικό πάρκο. Αρχικά θα αναφερθώ στα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τόπου και θα αναφερθώ γιατί θεωρώ τον συγκεκριμένο τόπο ιδανικό για την κατασκευή ενός τόσο σημαντικού έργου.

Στο κεφάλαιο 9 θα κάνω μια τεχνική ανάλυση του συγκεκριμένου έργου. Αρχικά θα αναφερθώ στα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο (επιλογή πλωτής ανεμογεννήτριας, απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών). Έπειτα θα παρουσιάσω τους δύο τύπους ανεμογεννήτριας που έχω επιλέξει.

Στο κεφάλαιο 10 θα υπολογιστούν τα οφέλη και το κόστος του υπεράκτιου αιολικού πάρκου και το χρονικό διάστημα στο οποίο θα γίνει η απόσβεση του έργου εφόσον κρίνεται δυνατό.

ABSTRACT

In recent decades, several countries have turned to the development of offshore wind farms, both with the aim of reducing air pollutants such as CO_2 (carbon dioxide), ozone and nitrogen dioxide. Offshore wind farms are coming to replace electricity generation with fossil fuels which are costly in terms of extraction and quite harmful to the human body. As it is known, the strong wind potentials are located in the sea areas with deep waters. Because there is a problem of foundation of floating wind turbines at the specific depths, floating wind farms are used.

The specific thesis concerns the technical-economic feasibility analysis of the floating offshore wind farm or which intends to exploit the wind potential of the Myrtos Sea and specifically in the sea area east of the Malea Coast.

In the first chapter I make an introduction to offshore wind energy. Specifically, I refer to the advantages and negative effects of offshore wind farms in the natural environment and in humans. I also mention the future of this energy in European countries and I make a special reference to Greece.

Chapter two will be report on renewable energy sources in Greece. Specifically, I will cite data on how Greece can become energy independent through RES by strengthening the economy. In addition, I will mention the goals set by the EU and Greece in the energy sector.

In the third chapter I write about wind potential. Specifically, I analyze the characteristics of the wind potential and refer to the energy produced by the wind, presenting the necessary calculations.

In the fourth chapter I refer to wind turbines. Initially I refer to the individual parts of the wind turbine, then I analyze the types of the wind turbines (vertical or horizontal axis) and I quote mathematical formulas for the production of energy in a wind turbine and the annual power produced.

In chapter five I quote information about wind farms. Initially I analyze the onshore wind farm and its construction stages. Then I give general information about offshore wind farms. In addition, in this chapter I talk about floating wind turbines and the types that exist depending on the depth.

In chapter six I will compare offshore wind farm and onshore wind farm.

In chapter seven I will mention the Greek legislation for offshore wind farms

In chapter eight I will report information on the location I have chosen to build the offshore wind farm. First I will refer to the geographical characteristics of the specific place and I will refer to why I consider this place ideal for the construction of such an important project.

In chapter nine I will make a techno-economic analysis of this project . First I will refer to the technical characteristics that the specific wind farm must have (choice of floating wind turbine, distance between the wind turbines. Then I will present the two types of wind turbine I have chosen.

In chapter ten I will calculate the benefits and costs of offshore wind farm and the time that the park will be depreciated if it is possible.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το 2016 υπογράφεται στο πλαίσιο της σύμβασης των Ηνωμένων εθνών για την κλιματική αλλαγή η συμφωνία των Παρισίων. Η συμφωνία εγκρίθηκε από 196 μέλη του Ο.Η.Ε με την Τουρκία, το Ιράν, το Ιράκ να είναι από τις λίγες χώρες που δεν την έχουν αποδεχτεί. Η συγκεκριμένη συμφωνία θέτει σαν στόχο την μείωση εκπομπών αερίων και κατευθύνει τις χώρες σε ήπιες μορφές ενέργειας όπως η αιολική. Η αιολική ενέργεια ουσιαστικά είναι η κινητική ενέργεια που οφείλεται στον άνεμο και μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ή σε ηλεκτρική. Σαν μορφή ενέργειας συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και θεωρείται σημαντική λύση στο πρόβλημα με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (λόγω των εκπομπών ρύπων) καθώς ο αέρας είναι άφθονος και δωρεάν. Κατά την αξιοποίηση της συγκεκριμένης ενέργειας δεν παράγονται ρύποι με αποτέλεσμα σε σύγκριση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ορυκτά όπως ο λιγνίτης να είναι φιλική προς το περιβάλλον. Βέβαια οφείλουμε να αναφέρουμε ότι κατά την παραγωγή μιας ανεμογεννήτριας παράγονται μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας επιτυγχάνεται μέσω των αιολικών πάρκων. Τα αιολικά πάρκα είναι βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που αποτελούνται από τις ανεμογεννήτριες, τα καλώδια ρεύματος, τους μετεωρολογικούς ιστούς, τους σταθμούς μετασχηματισμού και τις βοηθητικές υποδομές. Τα αιολικά πάρκα χωρίζονται σε χερσαία και θαλάσσια ανάλογα με τη θέση τους στεριά ή θάλασσα. Τα τελευταία χρόνια τα υπεράκτια αιολικά πάρκα εισέρχονται δυναμικά στην αγορά των ΑΠΕ. Η Ε.Ε. όπως αναφέρω παρακάτω κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην υπεράκτια αιολική ενέργεια. Η Κίνα προσπαθεί να εισέλθει δυναμικά στην υπεράκτια αιολική ενέργεια. Μάλιστα αναμένεται τα επόμενα χρόνια να κατέχει κυρίαρχο ρόλο στη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με την εκλογή του νέου Προέδρου μπήκαν ξανά στην συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή και ήδη κάνουν σχέδια για υπεράκτια αιολικά πάρκα.

1.1.1 Αρνητικές συνέπειες υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο περιβάλλον και στον άνθρωπο

Δυστυχώς η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει και κάποιες αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον και στους ανθρώπους:

α) Επιπτώσεις στα πουλιά: Έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει κίνδυνος για τα θαλασσοπούλια και τα αποδημητικά πουλιά να συγκρουστούν με τις ανεμογεννήτριες και να επέλθει θάνατος. Επιπλέον λόγω των θαλάσσιων ανεμογεννητριών υπάρχει περίπτωση μετατόπισης πληθυσμού πουλιών. Για

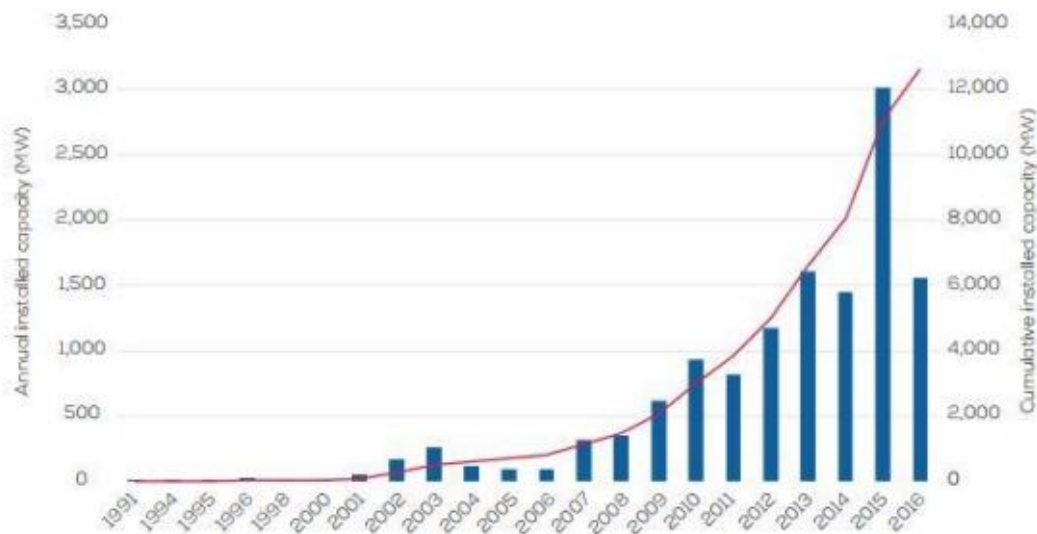
αυτούς τους λόγους συνίσταται η μη κατασκευή θαλάσσιων ανεμογεννητριών σε περιοχές οι οποίες θεωρούνται περάσματα αποδημητικών πουλιών.

β) Ατυχήματα: Η πιθανότητα ατυχημάτων αυξάνεται στην περίπτωση που το αιολικό πάρκο είναι κοντά σε περιοχές όπου αναπτύσσονται αεροπορικές γραμμές ή ναυσιπλοΐας ή σε περιοχές όπου εκτελούνται στρατιωτικές ασκήσεις ή σε περιοχές που προσελκύει το ενδιαφέρον ψαράδων. Για αυτούς τους λόγους πρέπει να γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών κάθε περιοχής, η οποία προτείνεται για την κατασκευή υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

γ) Θόρυβος: Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα μπορούμε να διακρίνουμε δυο διαφορετικούς θόρυβους. Ο ένας θόρυβος που μπορούμε να διακρίνουμε είναι ο θόρυβος που οφείλεται στην κατασκευή του αιολικού πάρκου και ο θόρυβος που οφείλεται στην λειτουργία του πάρκου. Στην πρώτη περίπτωση ο ήχος κατά ένα ποσοστό εξαρτάται από τον τρόπο που θα γίνει η θεμελίωση του πυρήνα στο βυθό της θάλασσας. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται η συναρμολόγηση της ανεμογεννήτριας να γίνεται στην στεριά εφόσον αυτό είναι πραγματοποιήσιμο, ώστε να προστατευθούν οι θαλάσσιοι οργανισμοί. Στην δεύτερη περίπτωση ο θόρυβος αυτός που μπορεί να παραχθεί από το πάρκο ή από την συντήρηση που μπορεί να γίνεται έχει αρνητικές συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον. Συγκεκριμένα ο συγκεκριμένος θόρυβος μπορεί να προκαλέσει τον αποπροσανατολισμό των ψαριών και να τα οδηγήσει στην μετανάστευση καθώς θα αδυνατούν να εντοπίσουν την τροφή. Αυτό το γεγονός θα έχει συνέπειες και στην τοπική οικονομία καθώς όπως γνωρίζουμε η οικονομία στις παραθαλάσσιες περιοχές εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την αλίευση.

1.2 Η ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν στραφεί στην αιολική ενέργεια καθώς αποτελεί μια μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2018 ήταν οι εξής :1) Ηνωμένο Βασίλειο με προσθήκη παραγωγής 1,3GW ισχύος 2) η Γερμανία με προσθήκη παραγωγής 969 MW 3) Το Βέλγιο με προσθήκη παραγωγής 309 MW 4) Η Δανία με 61 MW . Η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε θέσει ως στόχο το 2020 τον διπλασιασμό της παραγόμενης ισχύος από τις ανεμογεννήτριες. Μάλιστα κατευθύνει τις χώρες που αποτελούν μέλη της να στραφούν στα υπεράκτια αιολικά πάρκα καθώς θεωρεί ότι τα χερσαία αιολικά πάρκα βρίσκεται ήδη στις λεγόμενες καινοτόμες τεχνολογίες. Το 2016 υπολογίστηκε ότι η συνολική παραγόμενη ισχύς από την αιολική ενέργεια ήταν 12631 MW με σύνολο ανεμογεννητριών 3589.



Εικόνα 1.1: Εγκατεστημένη ισχύς από υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ευρώπη από το 1991 έως το 2016

Πηγή : Βασιλική Καφρίτσα 2017 Διπλωματική εργασία <<Επιχειρηματικός Σχεδιασμός Πλωτού Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου: Η περίπτωση της Μυκόνου>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Νομικής – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2016

Σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου η υπεράκτια αιολική ενέργεια στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί το 42% της παγκόσμιας αγοράς (12 GW). Μετά ακολουθεί το Ηνωμένο Βασίλειο με 9,7GW και η Κίνα με 6,8 (GW).

1.3 Η ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα σε ορισμένες περιοχές του Αιγαίου Πελάγους διαθέτει από τα καλύτερα αιολικά δυναμικά στην Ευρώπη. Στην Ελλάδα το 2010 το Υπουργείο Ενέργειας επέλεξε δώδεκα θαλάσσιες περιοχές (Άγιος Ευστράτιος, Αλεξανδρούπολη, Κάρπαθος, Κέρκυρα, Θάσος, Κρουονέρι, Κύμη, Λήμνο, Λευκάδα, Πεταλιό, Σαμοθράκη και Φανάρι Ροδόπης) στις οποίες θα δημιουργούσε υπεράκτια αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1,2 GW. Μάλιστα στην Λήμνο ήθελαν να δημιουργήσουν το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο με συνολική ισχύ 500 MW. Δυστυχώς το συγκεκριμένο σχέδιο δεν έγινε λόγω της γραφειοκρατίας και του υψηλού κόστους που το Ελληνικό κράτος αδυνατούσε να καλύψει λόγω της οικονομικής κρίσης στην οποία βρισκόταν και συνεχίζει να βρίσκεται η χώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1.1 ΑΠΕ

Εξαιτίας της πολλαπλασιαζόμενης εκπομπής διαφόρων καυσαερίων αρκετές χώρες έχουν στραφεί στις λεγόμενες εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Με τον όρο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούμε εκείνες τις μορφές ενέργειας οι οποίες δεν εξαντλούνται και βρίσκονται σε περίσσεια στο φυσικό περιβάλλον. Οι συγκεκριμένες μορφές ενέργειας προσφέρουν ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρισμού, την ψύξη και την θέρμανση και μεταφορές. Η διαφορά τους με τις θεωρούμενες ως συμβατικές πηγές είναι ότι μπορούν να εντοπιστούν σε μεγάλο φάσμα των γεωγραφικών περιοχών σε αντίθεση με τις μη ανανεώσιμες που εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές. Το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ξεκίνησε την δεκαετία του 70 όπου είχαμε πετρελαϊκές κρίσεις και το περιβάλλον είχε εκφυλιστεί εξαιτίας των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, άνθρακας). Τα πρώτα χρόνια χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το κόστος ήταν ιδιαίτερα υψηλό όμως με την πάροδο του χρόνου οδηγείται σε μείωση.

2.1.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΑΠΕ)

Όσο περνάνε τα χρόνια οι απαιτήσεις για ενέργεια συνεχώς αυξάνονται και οδηγούμαστε στην αναζήτηση καινοτόμων μορφών ενέργειας για να θερμανθούν διάφοροι χώροι, για να λειτουργήσουν βιομηχανικές μονάδες. Οι συμβατικές μορφές ενέργειας θα οδηγηθούν σε εξάντληση καθώς δεν είναι άφθονες. Στον αιώνα που διανύουμε οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατέχουν κυρίαρχο ρόλο σαν μορφές ενέργειας καθώς γίνεται προσπάθεια για να ελαττωθεί η καύση ορυκτών που είναι υπεύθυνη για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- 1) **Αιολική ενέργεια** : αναλύεται στο κεφάλαιο 3
- 2) **Ηλιακή ενέργεια:**



Εικόνα 9.1: Συνδυασμός ηλιακών συλλεκτών με θέρμανση δαπέδου

Πηγή :Πτυχιακή Εργασία Θαλασσινός Μιχαήλ . , Παπαδάκη Ζαχάρω ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Διοίκηση και Οικονομία

Στην ηλιακή ενέργεια συγκαταλέγονται οι μορφές οι οποίες παράγονται από τον ήλιο. Ο ήλιος όπως και οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι άφθονος. Συνήθως η αξιοποίηση της ενέργειας του ήλιου μπορεί να γίνει μέσω των φωτοβολταϊκών, των πάνελ, της ηλιακής θέρμανσης, των συγκεντρωτικών βολταϊκών της τεχνικής φωτοσύνθεσης και της ηλιακής αρχιτεκτονικής. Οι προαναφερθέντες τεχνολογίες μπορούν να διαχωριστούν στα παρακάτω:

α) Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου σε θερμότητα

β) Παθητικά και Υβριδικά Ηλιακά Συστήματα : Με την χρήση εξειδικευμένων αρχιτεκτονικών δομών και κατάλληλων υλικών μεγιστοποιείται η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, φωτισμό.

γ) Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα : μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η βασική μορφή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας την ενέργεια του ήλιου.

3) Γεωθερμική ενέργεια :



Εικόνα 9.2: Σύστημα θέρμανσης σε περιοχή της Ισλανδίας

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Θαλασσινός Μιχαήλ . , Παπαδάκη Ζαχάρω ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Διοίκηση και Οικονομία

Σχηματίζεται από την θερμότητα που παράγεται από την ραδιενεργή διάσπαση των πετρωμάτων της γης. Μεταξύ του πυρήνα της γης και της επιφάνειας της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την αδιάκοπη επαγωγή θερμικής ενέργειας υπό μορφή θερμότητας από τον πυρήνα στην επιφάνεια. Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με αγωγή από το εσωτερικό ή με ρεύματα μεταφοράς.

Για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας ανοίγονται βαθιές τρύπες σε κατάλληλα σημεία και γίνεται η τοποθέτηση σωλήνων οι οποίοι συμβάλουν στο να θα διαρρεύσει ο θερμός ατμός από το φλοιό στην επιφάνεια. Υπάρχει ένας στρόβιλος στον οποίο εισέρχεται ο ατμός και συνδέεται με την γεννήτρια όπου γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα το κρύο νερό πηγαίνει από τον κρύο σωλήνα στο ζεστό όπου θερμαίνεται και η διαδικασία παρατείνεται.

Ανάλογα με το επίπεδο της θερμοκρασίας η γεωθερμική ενέργεια διακρίνεται στα εξής:

A) Υψηλής ενθαλπίας (>150 C) χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

B) Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 C) χρησιμοποιείται για θέρμανση και ξήρανση ξύλων

Γ) Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 C) χρησιμοποιείται για την θέρμανση χώρων και την δημιουργία γλυκού νερού

4) Βιομάζα



Εικόνα 9.3: Αξιοποίηση υπολειμματικής βιομάζας

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Θαλασσινός Μιχαήλ . , Παπαδάκη Ζαχάρω ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Διοίκηση και Οικονομία

Η βιομάζα αποτελεί την πιο μακροχρόνια και ευρέως γνωστή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Η βιομάζα μπορεί να παραχθεί και από ζωικά απόβλητα. Σαν μορφή ενέργειας μπορούμε να την αξιοποιήσουμε μέσω της καύσης και της παραγωγής θερμότητας ή μπορούμε να την μετατρέψουμε σε διάφορες κατηγορίες βιοκαυσίμων.

5) Παλιρροϊκή ενέργεια



Εικόνα 9.4: Εγκατάσταση τουρμπινών στο βυθό

Πηγή:<http://www.diakonima.gr/2013/01/25/%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CF%81%CF%81%CE%BF%CF%8A%CE%BA%CE%AE-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%>

Η παλιρροϊκή ενέργεια αξιοποιεί τη βαρύτητα του ήλιου και της σελήνης με αποτέλεσμα την ύψωση της στάθμης του νερού. Με την ανύψωση γίνεται αποθήκευση του νερού και κατά την διάρκεια του κατεβάσματος εισέρχεται μέσα από την τουρμπίνα η οποία κινείται και είναι συνδεδεμένη σε μια γεννήτρια που παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Σαν μορφή ενέργειας δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μερικές χώρες που την αξιοποιούν είναι η Αγγλία, η Γαλλία και η Ρωσία.

6) Υδραυλική ενέργεια



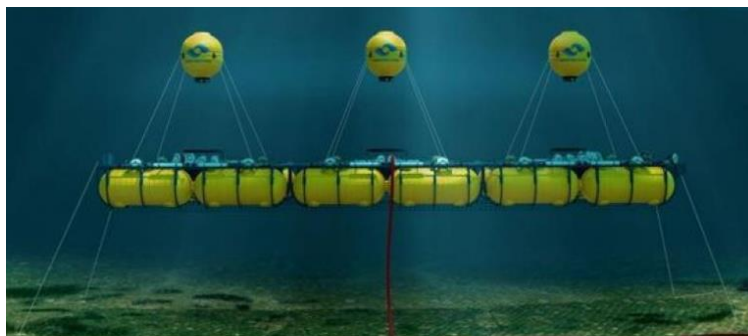
Εικόνα 9.5: Φράγμα Υδροηλεκτρικού σταθμού στο <<Parana River>>

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Θαλασσινός Μιχαήλ . , Παπαδάκη Ζαχάρω ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Διοίκηση και Οικονομία

Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας αποθηκεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυτικό πεδίο με συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων ύδατος σε υψομετρική διαφορά από την ελεύθερη επιφάνεια και καταβάλλεται ως κινητική ενέργεια μέσω της πτώσης νερού. Η υδραυλική ενέργεια είναι γνωστή από την αρχαιότητα μέσω της χρήσης νερόμυλων για άρδευση. Μετά από τον 19 αιώνα αξιοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος χάρις τα υδροηλεκτρικά

έργα (υδατοταμιευτήρες, υδροστρόβιλοι, διώρυγες φυγής, φράγματα και κλειστοί αγωγοί πτώσεως). Οι υδραυλικές τουρμπίνες μετατρέπουν την υδραυλική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια η οποία ύστερα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια με την χρήση μιας γεννήτριας.

7) Κυματική ενέργεια



Εικόνα 9.6: Πρότυπο έργο εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας στην ακτή της Κορνουάλης

Πηγή : <https://www.e-mc2.gr/el/node/962>

Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας εκμεταλλεύεται την κινηματική ενέργεια των κυμάτων. Συγκεκριμένα τα κύματα και η μη ομαλή κίνηση των κυμάτων που παρατηρείται στις ακτές των ωκεανών έχουν την δυνατότητα να στρέψουν μια τουρμπίνα η οποία είναι κατάλληλη για αυτή την διαδικασία. Η τουρμπίνα μεταφέρει την κινητική ενέργεια σε μια γεννήτρια και γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια που παράγεται μπορεί να υποστηρίξει τις ανάγκες μιας οικείας.

8) Ωσμωτική ενέργεια



Πηγή : http://nikitaskrg.blogspot.com/2015/11/blog-post_26.htm

Όταν γίνεται ανάμειξη του γλυκού με το θαλασσινό νερό τότε παράγονται υψηλές ποσότητες ενέργειας, αυτό κυρίως συμβαίνει με την εκβολή του ποταμού στην θάλασσα. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ωσμωτική ενέργεια ή γαλάζια ενέργεια και δημιουργείται όταν το νερό του ποταμού διαχωρίζεται με το θαλασσινό νερό μέσω μιας ημι-διαπερατής μεμβράνης από την οποία διέρχεται το γλυκό νερό. Εξαιτίας της αλλαγής εντροπίας που οφείλεται στην διαφορά αλατότητας μεταξύ του γλυκού και του θαλασσινού νερού παράγεται η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας.

2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ -ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ

Τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- 1) Είναι ουσιαστικά ανεξάντλητες μορφές ενέργειας (ήλιος, άνεμος, ποτάμια, οργανική ύλη) και συνεισφέρουν στην ελάττωση της εξάρτησης από τις μη ανανεώσιμες πηγές όπως το πετρέλαιο, ο γαιάνθρακας και το φυσικό αέριο
- 2) Είναι φιλικές προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον
- 3) Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας συμβάλλοντας στην ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας και στην ενίσχυση της οικονομίας
- 4) Το κόστος λειτουργίας θεωρείται χαμηλό και δεν εξαρτάται από τις διακυμάνσεις στην διεθνή αγορά όπως για παράδειγμα η τιμή του πετρελαίου όταν υπάρχουν πετρελαϊκές κρίσεις.
- 5) Όταν γίνεται μια επένδυση σε μια περιοχή δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας ενισχύοντας την τοπική κοινότητα
- 6) Ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό που έχουν είναι ότι είναι διάσπαρτες γεωγραφικά συμβάλλοντας στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού υπάρχει η δυνατότητα για να υπάρχει επαρκής ενέργεια σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- 7) Οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ δίνουν την δυνατότητα για να καλυφθούν οι ανάγκες των κατοίκων σε μικρή και μεγάλη κλίμακα ανάλογα με τις απαιτήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα καθώς ο χρόνος κατασκευής είναι μικρός.

Τα μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- 1) Ο συντελεστής απόδοσης στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ιδιαίτερα μικρός της τάξης του 30% περίπου. Για αυτό το λόγο πρέπει να αξιοποιηθεί μεγαλύτερη επιφάνεια στην γη ανεβάζοντας αρκετά το κόστος επένδυσης
- 2) Η παροχή και η απόδοση των συγκεκριμένων μορφών ενέργειας εξαρτάται αρκετές φορές από την εποχή, το γεωγραφικό πλάτος και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.
- 3) Όσον αφορά τα υδροηλεκτρικά έργα υπάρχει η θεωρία ότι τα φυτά που βρίσκονται κάτω από το νερό αποσυντίθενται με αποτέλεσμα την παραγωγή μεθανίου και κατά συνέπεια δρουν αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- 4) Ένα άλλο μειονέκτημα που έχουν είναι ότι το κόστος λειτουργίας είναι πιο υψηλό σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

2.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ Ε.Ε

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε θέσει ως βασικό στόχο την δημιουργία μίας κοινής ενεργειακής πολιτικής με τους παρακάτω στόχους:

- 1) Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και προστασία του περιβάλλοντος
- 2) Ενεργειακή επάρκεια
- 3) Φθηνή ενέργεια για όλους τους κατοίκους της Ένωσης
- 4) Να ενισχυθούν τα ενεργειακά δίκτυα

Εξαιτίας της οικονομικής κατάρρευσης που ξεκίνησε το 2008 και έπληξε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ισπανία, Ελλάδα, Ιταλία, Κύπρος, Πορτογαλία,) οι στόχοι που είχαν τεθεί ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν. Εξαιτίας της μείωσης των εκπομπών το κόστος για ενέργεια αυξήθηκε και σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των ΑΠΕ δημιουργήθηκε ενεργειακή ανισορροπία στην Ευρώπη. Για αυτό το λόγο η Ε.Ε έπρεπε να δημιουργήσει κοινή ενεργειακή πολιτική για όλα τα μέλη της. Οι χώρες της Ε.Ε θα έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν τις μορφές ενέργειας που επιθυμούν με σεβασμό στους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε. Η Συνθήκη της Λισαβώνας αναφέρει ότι η ενεργειακή πολιτική έχει τους παρακάτω στόχους

- α) ομαλή λειτουργία της αγοράς ενέργειας
- β) εξασφάλιση ενεργειακού ανεφοδιασμού της Ένωσης
- γ) ενίσχυση της απόδοσης στην ενέργεια και της εξοικονόμησης ενέργειας
- δ) ενίσχυση νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- ε) στήριξη της σύνδεσης ενεργειακών δικτύων.

Στόχοι για το 2030:

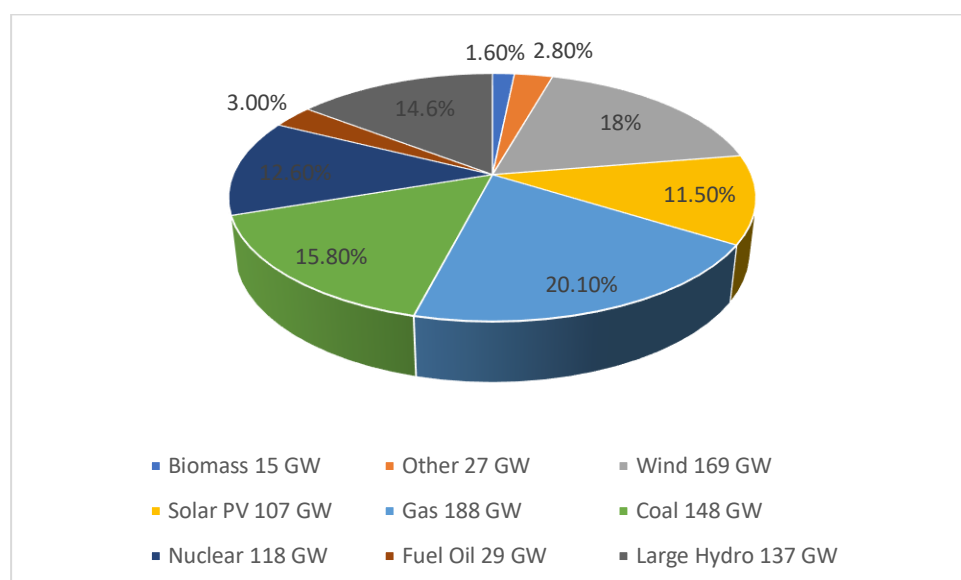
- α) Ελάττωση των εκπομπών αερίων κατά 55%
- β) Το 27% της ενέργειας που παράγεται στην Ε.Ε να οφείλεται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- γ) Μεγέθυνση της απόδοσης της ενέργειας κατά 27-30% σε σύγκριση με το 20% που είχε τεθεί ως στόχο το 2020
- δ) το 15% της ενέργειας που παράγεται στην Ε.Ε πρέπει να μεταφέρεται και σε άλλες χώρες

Στόχος για το 2050:

Ελάττωση των εκπομπών αερίων κατά 80 με 90 % σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπής που είχαμε το 1990.

Στην χρονική περίοδο 1990-2012 οι εκπομπές αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου ελαττώθηκαν κατά 18%. Το 2012 η ενέργεια

που παραγόταν από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έφτασε το 14,1%. Συγκεκριμένα αν εφαρμοστούν από τα μέλη οι απαραίτητες νομοθετικές πράξεις της Ε.Ε τότε οι στόχοι που έχουν τεθεί θα πραγματοποιηθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα



Διάγραμμα 2.1: ΑΠΕ στην Ευρώπη το 2017

Πηγή: Ευαγγελία Ιωάννα Λυκιαρδοπούλου Διπλωματική εργασία 2021<<ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ>>, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος ΑΠΕ κατά το έτος 2017

2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Για να επιλυθεί το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και να εξασφαλιστούν οι ενεργειακές ανάγκες είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας νομοθετικής ρύθμισης η οποία θα ορίζει τα παρακάτω:

- 1) Ικανότητα χρήσης διαφόρων ενεργειακών πόρων
- 2) Ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω οικονομικών κινήτρων (χαμηλότερη φορολογία)
- 3) Δημιουργία εθνικών στόχων που θα ορίζουν την ενέργεια που θα παράγεται από τις ΑΠΕ και την εκπομπή
- 4) Εξοικονόμηση της ενέργειας σε βιομηχανίες, οικίες και μεταφορές
- 5) Χρήση μορφών ενέργειας φιλικά προσκείμενες προς το περιβάλλον
- 6) Ενίσχυση των εγχώριων μορφών ενέργειας

Οι γενικοί στόχοι που έχει θέσει η Ελλάδα σχετικά με την ενεργειακή πολιτική ορίζει:

- 1) Εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας και κατηγοριοποίηση των μορφών ενέργειας
- 2) Προστασία του περιβάλλοντος και ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- 3) Ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας στην χώρα
- 4) Ανάπτυξη σε όλες τις περιοχές της χώρας

Η Ελλάδα σε απάντηση της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε προτείνει τα παρακάτω:

- 40% ελάττωση των αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου το 2030 σε σύγκριση με το 1990
- Το ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ θα κυμαίνεται στο 30%(το ποσοστό που πρότεινε η Ε.Ε ήταν στο 27%)
- Η πρωτογενής ενέργεια που παράγεται θα μειωθεί κατά 30% σε σύγκριση με τα επίπεδα που έχουν οριστεί

Ειδικόί στόχοι για το περιβάλλον:

- Καλύτερευση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια
- Τα Πανεπιστήμια θα προωθούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσω κονδυλίων που θα τους διατίθενται από το κράτος
- Ελάττωση στην κατανάλωση ενέργειας μέσω διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

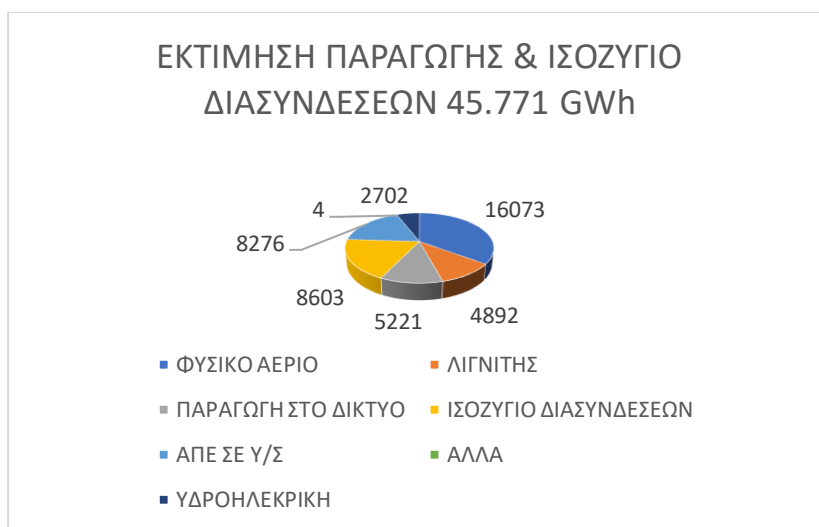
Μέτρα για τις Εταιρίες:

- Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούν πρέπει να είναι φιλικός προς το περιβάλλον
- Να εφαρμόζεται ανακύκλωση για τον εξοπλισμό που επρόκειτο να εγκατασταθεί
- Να προσανατολίζουν τους υπαλλήλους και τους πελάτες τους σε πιο ήπιες μορφές ενέργειας
- Να προσπαθούν να κάνουν ορθολογική χρήση της ενέργειας
- Να συμβαδίζουν με τις νέες τεχνολογίες

Ειδικά μέτρα που πρέπει να λάβει η Ελλάδα:

- Η χορήγηση αδειών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να γίνεται σε εύλογο χρονικό διάστημα. Αρκετές επενδύσεις στις ΑΠΕ έχουν καθυστερήσει υπερβολικά εξαιτίας της γραφειοκρατίας.
- Καλύτερη συνεργασία μεταξύ των φορέων σε θέματα ενεργειακής πολιτικής.

- Πολιτική βούληση για μείωση εκπομπής αερίων σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς για ενέργεια.
- Στροφή στις εναλλακτικές μορφές ενέργειας όπως για παράδειγμα (γεωθερμική ενέργεια, ενέργεια από την βιομάζα, βιοκαύσιμα) που συμβαδίζουν με τα δεδομένα της Ελλάδας. Οφείλουμε να δώσουμε προσοχή στην αποτελεσματικότητα και το κόστος των συγκεκριμένων πηγών ενέργειας.
- Αυστηρός έλεγχος για τις βιομηχανίες που ασχολούνται με την ενέργεια για να υπάρχει υγιής ανταγωνισμός



Διάγραμμα 2.2: δελτίο ενέργειας στο 11μηνο του 2020

Πηγή: ΑΔΜΗΕ

2.5 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα λόγω των κλιματικών δεδομένων που έχει και της γεωλογίας που διαθέτει είναι ικανή να υποστηρίξει αρκετές μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα η έντονη ηλιοφάνεια και οι ισχυροί άνεμοι που αναπτύσσονται στην περιοχή του Αιγαίου την καθιστούν ιδανική για παραγωγή ηλιακής και αιολικής ενέργειας αντίστοιχα. Επιπλέον έχουμε ηφαιστιογενή τόξο στο Αιγαίο που μας δίνει την δυνατότητα να αξιοποιήσουμε την γεωθερμική ενέργεια.

2.5.1 Εκμετάλλευση Αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.

2.5.2 Αξιοποίηση της Γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διαθέτει ισχυρό γεωθερμικό δυναμικό το οποίο μέσω των γεωθερμικών πηγών δίνει την δυνατότητα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δυστυχώς όμως η χρήση της συγκεκριμένη πηγή ενέργειας στην Ελλάδα είναι ελάχιστη. Στο Αιγαίο έχουμε σε προσιτά βάθη νησιά που ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο και θεωρούνται γεωθερμικά ιδανικά για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοια νησιά είναι : Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος. Άλλες περιοχές είναι η Σαμοθράκη, η Χίος, η Λέσβος και η Αλεξανδρούπολη. Τα νησιά Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος θεωρούνται περιοχές που έχουν στο παρελθόν είχαν έντονη ηφαιστειακή δράση. Οι συγκεκριμένες περιοχές έχουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες που φτάνουν τους 120-350 βαθμούς Κελσίου και συνολικό γεωθερμικό δυναμικό που ισούται με 300 MW. Οι υπόλοιπες περιοχές έχουν γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες που φτάνουν τους 90-120 βαθμούς Κελσίου και συνολικό γεωθερμικό δυναμικό περίπου 20-30MW. Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και για διάφορες αγροτικές εφαρμογές. Περιοχές με γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας συναντάμε σε μικρά βάθη και σε περιοχές της Μακεδονίας και της Θράκης.

2.5.3 Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα υδροηλεκτρικά έργα έχουν γνωρίσει μεγάλη πρόοδο στις περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλο δυναμικό. Η συνολική ισχύς που είχε εγκαταστήσει η ΔΕΗ από υδροηλεκτρικές μονάδες ανερχόταν κοντά σε 3000 MW το 2013. Η πρώτη υδροηλεκτρική μονάδα ξεκίνησε το 1927 στο Γλαύκο που βρίσκεται στην Αχαΐα. Δυστυχώς ένα μεγάλο μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας που παρουσιάζει αρκετά καλό υδροηλεκτρικό δυναμικό δεν έχει αξιοποιηθεί (οι εκτιμήσεις λένε ότι εκεί εντοπίζεται το 30% του συνολικού δυναμικού της χώρας.) Οι ποταμοί της Ηπείρου έχουν τις πηγές τους στην οροσειρά της Πίνδου. Η οροσειρά της Πίνδου χαρακτηρίζεται από έντονες βροχοπτώσεις και έχει το κατάλληλο έδαφος για να αξιοποιήσουμε το υδάτινο δυναμικό από μεγάλα ύψη. Επιπλέον από την μία πλευρά της μπορούμε να κατασκευάσουμε τεχνητές λίμνες και δεξαμενές νερού.

2.5.4 Αξιοποίηση της Βιομάζας στην Ελλάδα

Δυστυχώς στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό της βιομάζας δεν το έχουμε εκμεταλλευτεί. Σύμφωνα με παλαιότερη απογραφή η διαθέσιμη βιομάζα στην Ελλάδα ήταν 7.500.000 τόνοι υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρά, βαμβάκι, καπνός, πυρηνόξυλο) και 2.700.000 τόνοι δασικών υπολειμμάτων (κλαδιά, φλοιοί). Βασικές χρήσεις της βιομάζας στην Ελλάδα:

A) Θέρμανση, ψύξη, και ηλεκτρισμός στην γεωργία και στην βιομηχανία. Με την παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές και βιομάζας σε συνδυασμό δεν θα έχουμε τεράστιες ποσότητες που θα αποβάλλονται στο περιβάλλον.

B) Θέρμανση κατοικημένων περιοχών από απόσταση. Ένας κεντρικός σταθμός παραγωγής θερμότητας που οφείλει την λειτουργία του στη βιομάζα μπορεί να εξασφαλίσει ζεστό νερό για μία πόλη. Στην Ελλάδα υπάρχει μονάδα που λειτουργεί με βιομάζα στην κοινότητα Νυμφασίας στο νομό Αρκαδίας που εξασφαλίζει τις ανάγκες θέρμανσης για 80 κατοίκους και συνολικά 600 τετραγωνικά μέτρα κοινοτικών χωριών. Σαν καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται κομμάτια ξύλου τα οποία αποτελούν τμήματα υλοτομίας στο κοντινό δάσος.

Γ) Θέρμανση θερμοκηπίων: Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση θερμοκηπίων μέσω κατάλληλης μονάδας παραγωγής θερμότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας χρήσης είναι στο νομό Σερρών όπου για ένα θερμοκήπιο 2 στρεμμάτων έχει κατασκευαστεί μονάδα παραγωγής θερμότητας η οποία χρησιμοποιεί σαν καύσιμο άχυρο σιτηρών. Σαν εγχείρημα θεωρείται ιδιαίτερα οικονομική καθώς εξοικονομούνται 40 τόνοι πετρελαίου.

Δ) Βιοχημική μεταβολή της βιομάζας για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Ένα καύσιμο που μπορεί να παραχθεί από την βιοχημική μεταβολή της μάζας είναι το βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο που έχει μικρότερες εκπομπές αερίων σε σύγκριση με τα άλλα καύσιμα και χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσεως για να παραχθεί θερμότητα και ηλεκτρισμός. Το βιοαέριο στην Ελλάδα δημιουργείται στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Στην Θεσσαλονίκη υπάρχει το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Καυσίμων και Υδρογονανθράκων το οποίο ερευνά πως μπορεί να παραχθούν βιοκαύσιμα μέσω της βιομάζας και πως μπορεί να αξιοποιηθεί η βιομάζα για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

2.5.5 Αξιοποίηση Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με μια παλιά έρευνα που είχε κάνει η Greenpeace η Ελλάδα ήταν δεύτερη στην Ευρώπη μετά την Γερμανία σε συνολικούς εγκατεστημένους ηλιοσυλλέκτες. Συγκεκριμένα είχε υπολογιστεί ότι περίπου το 30% των νοικοκυριών στην Ελλάδα έκανε χρήση ηλιακών συλλεκτών. Το συγκεκριμένο ποσοστό είναι ιδιαίτερα μικρό αν κρίνουμε ότι στην Ελλάδα διαθέτουμε την υψηλότερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα η κύρια χρήση τους είναι παροχή ηλεκτρισμού στις περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ.

2.5.6 Αξιοποίηση κυματικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα ο τομέας της κυματικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Συγκεκριμένα σύμφωνα με έρευνες στο Αιγαίο εντοπίζονται οι μεγαλύτερες τιμές κυματικής ισχύος (4 με 11 kW/m) ανά μήκος κύματος. Στην Ελλάδα το κυματικό δυναμικό που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε είναι 5 με 9 TWh/ έτος.

Λόγω των πολλών νησιών που έχουμε στο Ιόνιο και στο Αιγαίο Πέλαγος η δυνατότητα για δημιουργία ισχυρού κυματικού δυναμικού περιορίζεται. Μεγάλα κυματικά δυναμικά εντοπίζονται στην περιοχή της Τήνου όπου η θεωρητικά παραγόμενη ενέργεια είναι 4,49 kW ανά μέτρο κύματος. Το μέγιστο κυματικό δυναμικό στην Ελλάδα εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου που βρέχεται από την θάλασσα του Ιονίου με την τιμή της ενέργειας να κυμαίνεται περίπου 5,45 kW ανά μέτρο κύματος.

2.6 ΟΦΕΛΗ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Τα οφέλη που προκύπτουν από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν αφορούν μόνο το οικονομικό επίπεδο της χώρας αλλά και το τοπικό επίπεδο μιας κοινωνίας. Για παράδειγμα σε ένα αιολικό πάρκο 10MW είναι απαραίτητο:

1) 120 μήνες ανθρώπινης απασχόλησης για την κατασκευή του. Έχει υπολογιστεί ότι 30 με 40 % των ατόμων που απασχολούνται με την κατασκευή είναι εργάτες που κατάγονται από την περιοχή όπου γίνεται το έργο. Με αυτό τον τρόπο το ποσοστό ανεργίας στην συγκεκριμένη περιοχή θα μειωθεί.

2) Για την μόνιμη λειτουργία του πάρκου απαιτούνται 3 με 5 εργαζόμενοι οι οποίοι είναι ντόπιοι.

Περίπου παρόμοιες απαιτήσεις έχουμε και για την κατασκευή ενός υδροηλεκτρικού έργου ισχύος 5 MW .Στο συγκεκριμένο έργο έχουμε 50 άτομα που ασχολούνται με τη κατασκευή και περίπου 6 με 10 για την λειτουργία και την συντήρηση του έργου.

Γενικά έχει γίνει αποδεκτό ότι η λειτουργία έργων ΑΠΕ λειτουργεί ευεργετικά για τους τοπικούς δήμους. Συγκεκριμένα για ένα αιολικό πάρκο 10 MW έχουμε τα εξής στοιχεία:

A) Το κόστος κατασκευής υπολογίζεται στα 11 εκατομμύρια από τα οποία τα 1,8 εκατομμύρια προέρχονται από εργολαβίες, προμήθειες, μισθοί στη φάση κατασκευής σε τοπικό επίπεδο.

B) Ο τζίρος από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας υπολογίζεται σε 2 εκατ. ευρώ το χρόνο από τα οποία 40.000 το χρόνο (2%) εισφέρονται βάση νόμου στους τοπικούς δήμους. Η διάρκεια ζωής ενός αιολικού πάρκου είναι περίπου 20 έτη. Από τη λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού έργου 10 MW ο τοπικός δήμος θα είχε σχεδόν διπλάσια έσοδα από το αντίστοιχο αιολικό πάρκο.

Γ) το κόστος λειτουργίας υπολογίζεται για το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο στα 35.000 με 50.000 ευρώ το χρόνο και αφορά τοπικές δαπάνες όπως(τοπικές εργολαβίες συντήρησης και επισκευών, μόνιμο προσωπικό)

Πέρα από τα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη από την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου δημιουργούνται διάφορα έργα που συμβάλουν στην βελτίωση του επιπέδου ζωής:

A) Κατασκευάζονται διάφορα έργα υποδομής όπως (δρόμοι, τηλεπικοινωνίες, ηλεκτρικό δίκτυο) χωρίς να επιβαρύνεται ο δήμος.

B) Κατασκευή κοινοτικών έργων (χωρίς κόστος για τους δήμους) όπως κοινοτικοί δρόμοι, σχολεία, νοσοκομεία, παιδικούς σταθμούς από τους επενδυτές του έργου οι οποίοι μπορούν να κάνουν και διάφορες χορηγίες.

Επιπλέον ένα σημαντικό όφελος είναι ότι συμβάλουν στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς ελαττώνουν τις εκπομπές αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα με την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου 10 MW αποτρέπεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα 465 τόνων το χρόνο διοξείδιο του άνθρακα, 36 τόνων το χρόνο οξειδίων του αζώτου, 24 τόνοι το χρόνο σωματιδίων που αιωρούνται και 25.500 τόνοι το χρόνο διοξειδίου του άνθρακα (αέριο που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που έρχονται να λύσουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά. Τα ελληνικά νησιά όπως γνωρίζουμε παρουσιάζουν δυσκολία στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Για αυτό το λόγο προτείνεται η εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα νησιά η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του κόστους ενέργειας και την ανάπτυξη επενδύσεων για τη δημιουργία σταθμών ενέργειας. Η εισαγωγή πετρελαίου θα ελαττωθεί και θα γίνει πρόοδος στη τοπική οικονομία με την στροφή στις παραγωγικές δραστηριότητες. Για να γίνει η εγκατάσταση ΑΠΕ σε ένα νησί πρέπει να έχει γίνει μελέτη για ποια μορφή ενέργειας θα είναι κατάλληλη για το νησί έτσι ώστε να μη διαταραχθεί το περιβάλλον και η ζωή των ανθρώπων.

Πίνακας : Τιμολόγηση και Αξιολόγηση ΑΠΕ

Πηγή :Ευαγγελία Ιωάννα Λυκιαρδοπούλου Διπλωματική εργασία 2021<<ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ>>, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΜΕΓΕΘΟΣ(MW)	ΚΟΣΤΟΣ(€/ Kw)	Κόστος Λειτουργίας & συντήρησης(% του αρχικού)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚ Η ΑΠΟΔΟΣΗ(%σε ώρες)	ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ(€/ MWh)
ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	20	1500	2%	26.0%	87.85
ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΜΔΝ)	10	1700	2%	35.0%	99.45
ΜΙΚΡΕΣ Α/Γ (<50kW)	0.05	3000	3%	20.0%	250
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚ Α ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	0.01	2500	1%	13.6%	550
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚ Α	0.02	2500	1%	14.8%	394.89
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚ Α	0.1	2150	1%	14.8%	394.89
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚ Α	0.5	2000	1%	14.8%	351.01
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚ Α	2	1700	1%	14.8%	351.01
ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚ Α	2	2000	2%	40.0%	87.85
ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ	30	2500	1%	14.0%	264.85
ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΜΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	30	2650	1%	14.0%	28.85
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΜ. ΘΕΡΜ.	2	8000	3%	90.0%	150
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΥΨΗΛ.ΘΕΡΜ.	20	5000	3%	90.0%	99.45
ΒΙΟΜΑΖΑ	1	3500	28%	80.0%	200
ΒΙΟΜΑΖΑ	3	3250	25%	80.0%	175
ΒΙΟΜΑΖΑ	10	3000	22%	80.0%	150
ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΧΥΤΑ <2MW	1	2600	10%	65.0%	120
ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΧΥΤΑ	5	4000	10%	70.0%	99.45
ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝ.ΥΠΟΛΕΙΜΑΤΑ	1	3500	25%	80.0%	220
ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝ.ΥΠΟΛΕΙΜΑΤΑ	3		25%	80.0%	200

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

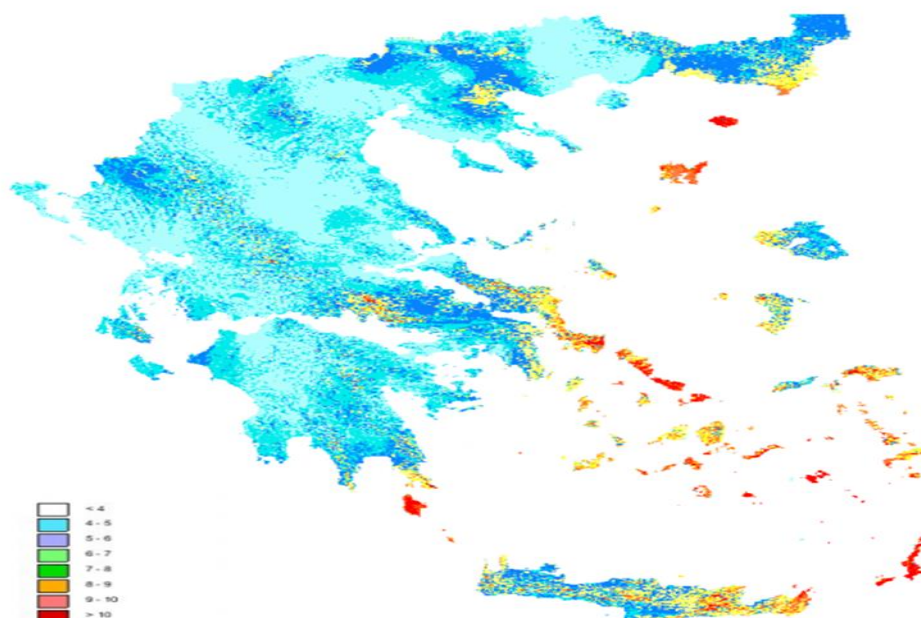
Ως άνεμο θεωρούμε την κίνηση μαζών αέρα που περιέχουν ένα μέρος κινητικής ενέργειας που είναι το αιολικό δυναμικό. Το αιολικό δυναμικό εξαρτάται από την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Το αιολικό δυναμικό μπορούμε να διακριθεί σε :

Α) θεωρητικό δυναμικό(ή μετεωρολογικό δυναμικό) : Είναι η συνολική ενέργεια του ανέμου σε ένα περιβάλλον.

Β) Διαθέσιμο δυναμικό : Είναι το θεωρητικό δυναμικό αφαιρώντας τις περιοχές στις οποίες δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αιολική ενέργεια. Για παράδειγμα οι περιοχές που παρουσιάζουν ασθενείς ανέμους ή οι περιοχές natura οι οποίες προστατεύονται από το νόμο και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χώροι για την κατασκευή αιολικών πάρκων.

Γ) Τεχνολογικό δυναμικό: Το τεχνολογικό δυναμικό είναι τμήμα του διαθέσιμου δυναμικού και έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μια συγκεκριμένη τεχνολογία

Δ) Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό : Είναι το τεχνολογικό δυναμικό το οποίο θεωρείται ότι μπορεί να επιβιώσει οικονομικά .



Εικόνα 3.1 :Χάρτης αιολικού δυναμικού, ταχύτητα ανέμου σε m/s

Πηγή : ΡΑΕ

3.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ανέμου που μας βοηθούν να μελετήσουμε το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι η ταχύτητα, η διεύθυνση και η διακύμανση του με την πάροδο του χρόνου και του χώρου.

3.2.1 Ταχύτητα

Ανάλογα με τις μεταβολές της ταχύτητας ως προς τον χρόνο μπορούμε να την διακρίνουμε σε :

Α) μεγάλων περιόδων : Η πρόγνωση της μεταβολής της ταχύτητας σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του έτους (το ελάχιστο μετρήσεις 5 ετών)

Β) Ετήσιες: Οι προγνώσεις στο διάστημα ενός έτους, όπου η ταχύτητα μεταβάλλεται διαφορετικά σε όλες τις περιοχές. Για παράδειγμα στην Δυτική Ελλάδα οι μεγάλες ταχύτητες εμφανίζονται τον χειμώνα ενώ στο Αιγαίο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Γ) Ημερήσιες : Πραγματοποιούνται σε περιοχές όπου παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση ως προς τον άνεμο και την θέρμανση (τροπικά και μέσα γεωγραφικά πλάτη).

Δ) Σύντομες: Οι συγκεκριμένες μεταβολές της ταχύτητας συμπεριλαμβάνουν την τύρβη και τις ριπές του ανέμου. Οι ριπές του ανέμου στην τυρβώδη ροή εξαρτώνται από το πλάτος, τον χρόνο ανάπτυξης, το εύρος και το χρόνο παρέλευσης.

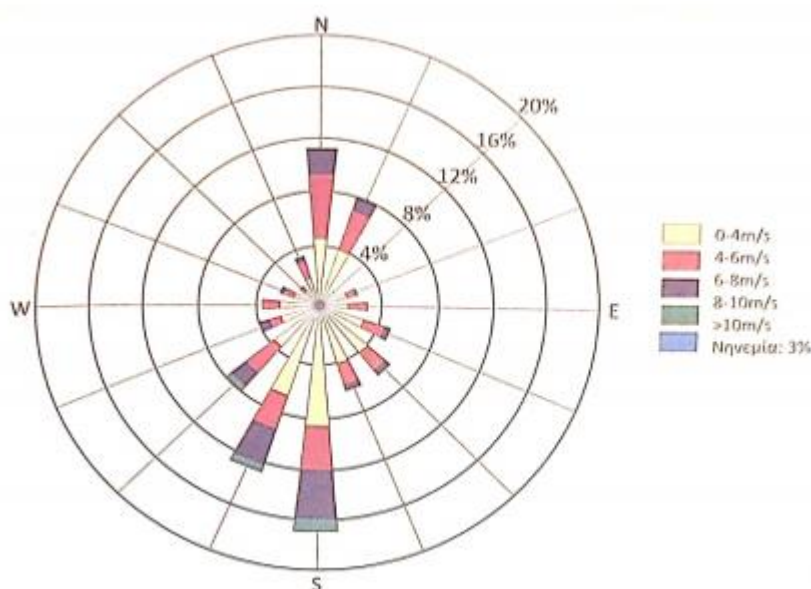
Beaufort Number	Wind Speed (miles/hour)	Wind Speed (km/hour)	Wind Speed (knots)	Description	Wind Effects on Land
0	<1	<1	<1	Calm	Calm. Smoke rises vertically.
1	1-3	1-5	1-3	Light Air	Wind motion visible in smoke.
2	4-7	6-11	4-6	Light Breeze	Wind felt on exposed skin. Leaves rustle.
3	8-12	12-19	7-12	Gentle Breeze	Leaves and smaller twigs in constant motion.
4	13-18	20-28	11-16	Moderate Breeze	Dust and loose paper are raised. Small branches begin to move.
5	19-24	29-38	17-21	Fresh Breeze	Small trees begin to sway.
6	25-31	39-49	22-27	Strong Breeze	Large branches are in motion. Whistling is heard in overhead wires. Umbrella use is difficult.
7	32-38	50-61	28-33	Near Gale	Whole trees in motion. Some difficulty experienced walking into the wind.
8	39-46	62-74	34-40	Gale	Twigs and small branches break from trees. Cars veer on road.
9	47-54	75-88	41-47	Strong Gale	Larger branches break from trees. Light structural damage.
10	55-63	89-102	48-55	Storm	Trees broken and uprooted. Considerable structural damage.
11	64-72	103-117	56-63	Violent Storm	Widespread damage to structures and vegetation.
12	> 73	> 117	> 64	Hurricane	Considerable and widespread damage to structures and vegetation. Violence.

Εικόνα 3.2 : Οι ταχύτητες του ανέμου και τα μποφόρ που αντιστοιχούν

Πηγή: <https://waikanaewatch.org/>

3.2.2 Διεύθυνση

Η διεύθυνση του ανέμου μεταβάλλεται συνεχώς. Μπορεί να μετρηθεί με βάση την φορά των δεικτών του ρολογιού. Το ρόδο ανέμου είναι ένα διάγραμμα που μας δείχνει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα του ανέμου σε κάθε διεύθυνση. Για την διεύθυνση του αέρα χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα τους ανεμοδείκτες. Η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση και η βροχόπτωση καταγράφονται από ειδικά όργανα των οποίων τα δεδομένα μπορούν να αποσταλούν μέσω ασύρματου modem GSM. Οι μετρήσεις πρέπει να διαρκούν λιγότερο από έτος, έτσι ώστε να έχουμε ακριβή στοιχεία για τα χαρακτηριστικά του ανέμου.



Εικόνα 3.3 : Ρόδο ανέμου για μια περιοχή

Πηγή: Βιβλίο Α.Π.Ε Αιολικό Δυναμικό (Ασημακόπουλος, Αραμπατζής, Δημάκης, Καρταλίδης, Τσιλιγκιρίδης)

3.3 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ

3.3.1 Κατανομή Weibull

Η στατική κατανομή Weibull εκθέτει κατά πόσο το μέτρο έντασης της ταχύτητας μπορεί να εντοπίζεται σε ένα καθορισμένο διάστημα τιμών.

$$f(\vec{V}) = \frac{k}{c} \left(\frac{\vec{V}}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{\vec{V}}{c}\right)^k} \quad (1)$$

η παράμετρος κ ονομάζεται παράμετρος μορφής και η παράμετρος c ονομάζεται παράμετρος κλίμακας. Μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων μπορούμε να βρούμε το κ και το c εφόσον γνωρίζουμε τις ταχύτητες για όλο το χρόνο.

Το κ στην Ελλάδα κυμαίνεται από 1,5 έως και 2,0.

$$V_{mean} = \int_0^{\infty} f_w(V)dv = c \Gamma(1 + \frac{1}{k}) \quad (2) \quad V_{mean} = \text{μέση ταχύτητα} \quad \Gamma = \text{συνάρτηση Γάμμα}$$

$$V_{mode} = c(\frac{k-1}{k})^{\frac{1}{k}} \quad (3) \quad V_{mode} = \text{μέγιστη πιθανότητα εμφάνισης ταχύτητας}$$

3.3.2 Το όριο του Betz

Το όριο του Betz είναι η θεωρητική μέγιστη απόδοση που μπορεί να έχει μια ανεμογεννήτρια. Σύμφωνα με τον καθηγητή Albert Betz η τιμή του ορίου είναι 59,3% γεγονός που σημαίνει ότι μόνο το 59,3% της κινητικής ενέργειας του ανέμου μπορεί να αξιοποιηθεί ο στρόβιλος για να παράξει ηλεκτρική ενέργεια. Στην πραγματικότητα η απόδοση της ανεμογεννήτριας κυμαίνεται μεταξύ 35-45% .

3.3.3 Κατανομή με βάση το ύψος

Όπως γνωρίζουμε η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το ύψος του από την επιφάνεια. Τα διάφορα εμπόδια που μπορεί να συναντήσει ο άνεμος στην επιφάνεια (φυσικά ή τεχνητά) δυσκολεύουν την αύξηση της ταχύτητας.

$$\overline{V(z)} = \overline{V_r} \left(\frac{z}{z_r}\right)^a \quad (1) \quad \text{όπου } \overline{V(z)} = \text{ταχύτητα στο ύψος } z \quad \overline{V_r} = \text{ταχύτητα στο ύψος } z_r \\ z_r = \text{ύψος αναφοράς}$$

$$\overline{V(z)} = \overline{V_r} \frac{\ln(\frac{z}{z_0})}{\ln(\frac{z_r}{z_0})} \quad (2) \quad \text{Λογαριθμικός νόμος } z_0 = \text{μήκος τραχύτητας}$$

Πίνακας 1: Πηγή Βιβλίο Ρευστοδυναμικές Μηχανές Στροβιλομηχανές-Υδροδυναμικές Μηχανές (Πολυζάκης Απόστολος)

ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	Κατηγορία	Εκθετικός συντελεστής (α)	Μήκος τραχύτητας z0
Θάλασσα	0	0.01	0.001
Πεδιάδα	1	0.12	0.12
Υπαιθρο(αγροικίες, θάμνοι)	2	0.16	0.05
Υπαιθρο(δάση, ψηλά δέντρα)	3	0.28	0.3

3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

$E = \frac{1}{2} m \vec{V}^2$ όπου E = κινητική ενέργεια αέρα m = μάζα \vec{V} = ταχύτητα ανέμου

$\dot{m} = \rho A \vec{V}$ \dot{m} =μαζική παροχή, A =εμβαδόν

Ισχύς σε κάθετη επιφάνεια

$$\dot{W} = \frac{1}{2} \rho A \vec{V}^3 \quad (1)$$

Ισχύς σε δίσκο με διάμετρο D

$$\dot{W} = \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} \vec{V}^3 \quad (2)$$

Μέση ετήσια ισχύς

$N = 24 * 365 = 8760$ ετήσιες ώρες

$$\dot{W}_{mean} = \frac{1}{8760} \times \frac{1}{2} A \sum_{i=1}^{8760} \vec{V}_i^3 \quad (3)$$

$$\dot{W}_{mean} = \int_0^{\infty} \rho A f \vec{V}^3 d\vec{V} \quad (4) \quad \text{όπου } f \text{ μέση διαθέσιμη αιολική ισχύς}$$

3.5 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

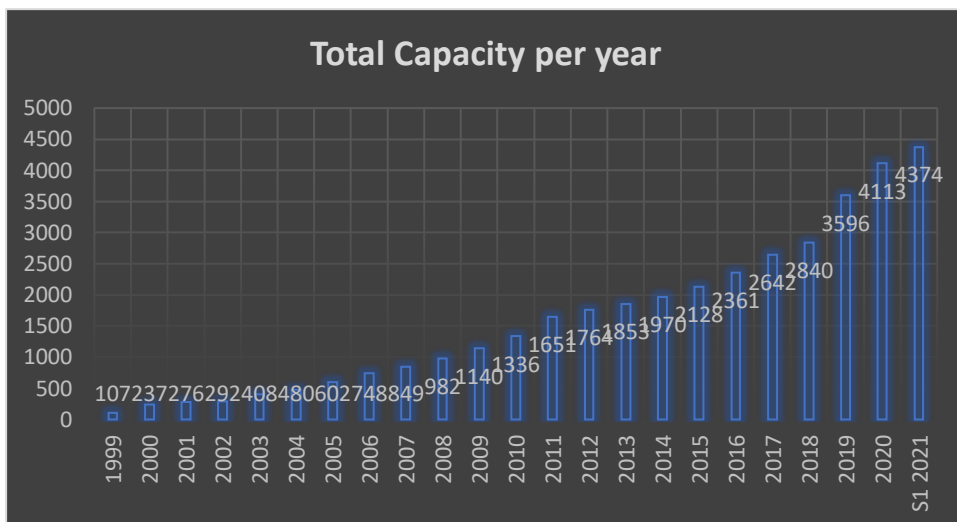
Η Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα κατέχει σημαντικό βαθμό με μεγάλο αριθμό ανεμογεννητριών και μεγάλη ποσότητα εγκατεστημένης ισχύς. Η Ελλάδα όπως ανέφερα παραπάνω διαθέτει από τα καλύτερα αιολικά δυναμικά στην Ευρώπη και κατέχει περιοχές οι οποίες μπορούν να αξιοποιήσουν οικονομικά την αιολική ενέργεια. Τέτοιες περιοχές είναι η Σκύρος, η Άνδρος, το νότιο άκρο της Εύβοιας, ο νομός Λακωνίας η ανατολική Κρήτη όπου η ταχύτητα του ανέμου ξεπερνάει τα 10 m/s .

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από το 1999 μέχρι το 2021 όπου η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 4114 MW.

Στο Διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς το πρώτο εξάμηνο του 2021 ανά περιφέρεια. Παρατηρούμε ότι η κεντρική Ελλάδα έχει την περισσότερη εγκατεστημένη ισχύς με την Πελοπόννησο να ακολουθεί. Στην τελευταία θέση εντοπίζεται η Θεσσαλία με εγκατεστημένη ισχύ 19 MW.

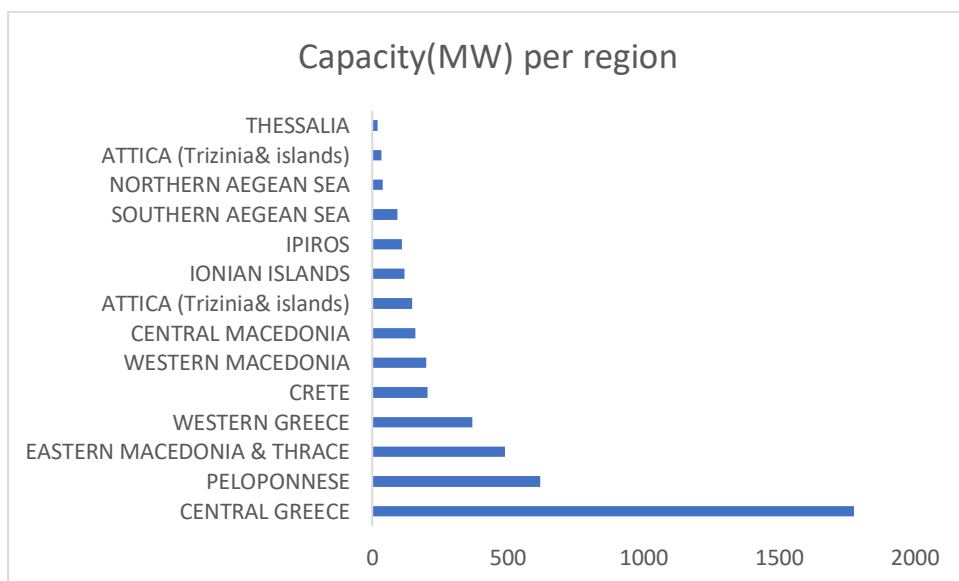
Στο Διάγραμμα 3.3 γίνεται η παρουσίαση των παραγωγών αιολικής ενέργειας το 2021 . Στην κορυφή εντοπίζεται η ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ με 702,8 MW. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζονται οι κορυφαίοι 20 παραγωγοί αιολικής ενέργειας. Στην τελευταία θέση βρίσκεται ο Παυλίδης με 58 MW

Στο Διάγραμμα 3.4 γίνεται η παρουσίαση των κατασκευαστών ανεμογεννητριών με την ισχύς στην Ελλάδα το 2021. Στην κορυφή βρίσκεται η Δανέζικη εταιρία Vestas με 1975,5 MW



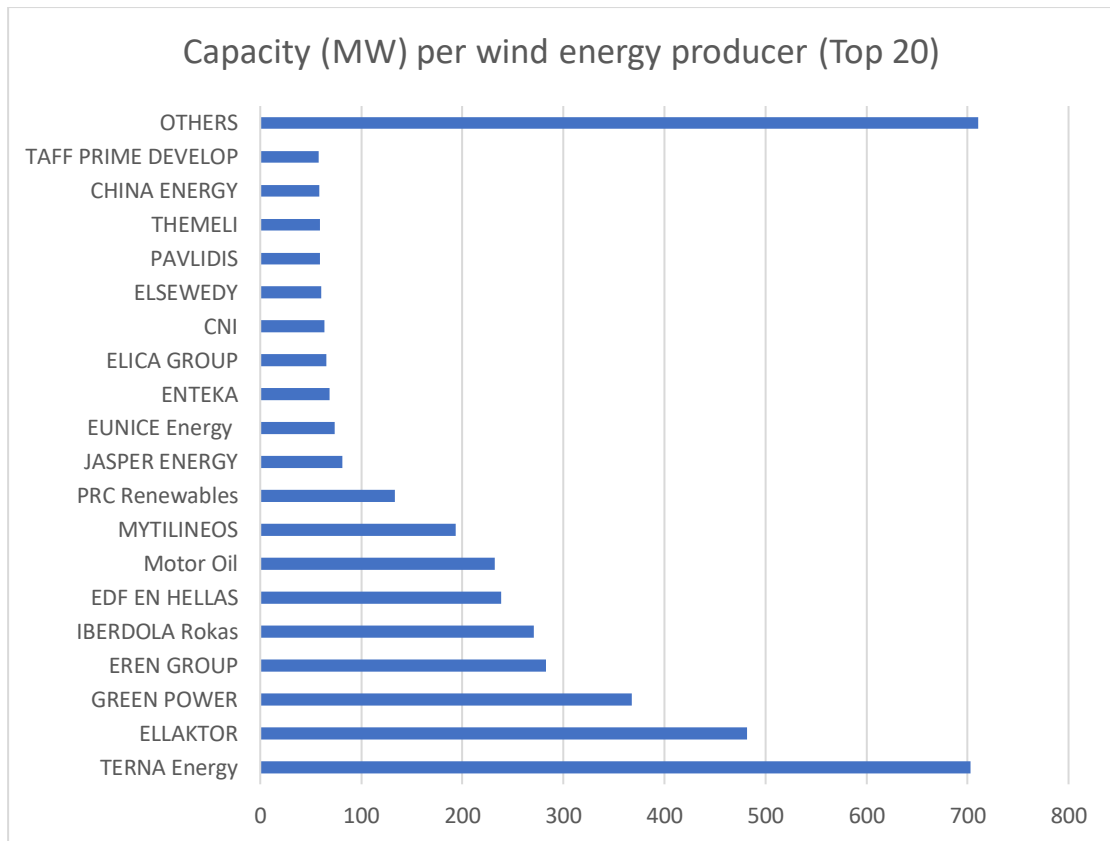
Διάγραμμα 3.1 :Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς 1999-2021 (πρώτο εξάμηνο)

Πηγή : ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)



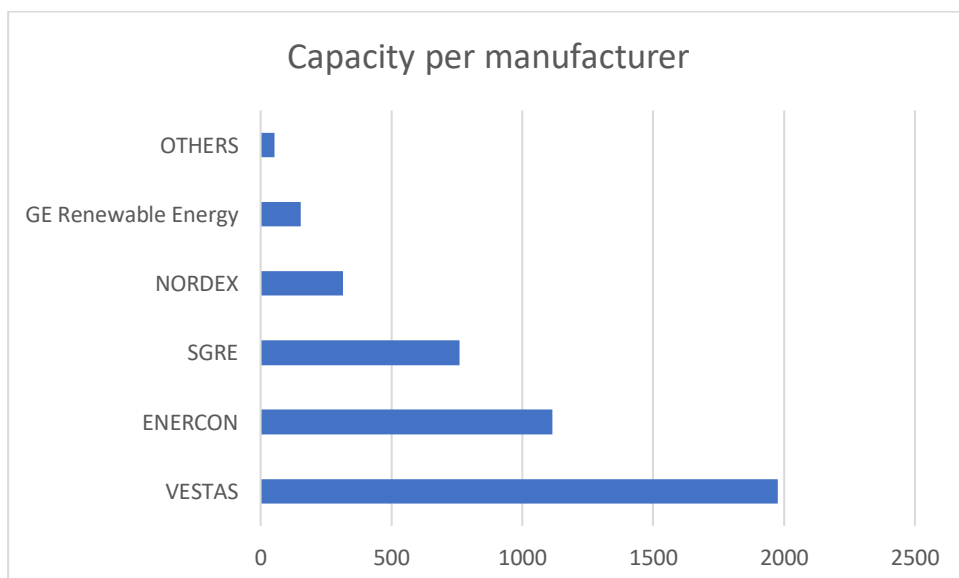
Διάγραμμα 3.2: Εγκατεστημένη ισχύς ανά περιφέρεια το πρώτο εξάμηνο του 2021

Πηγή : ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)



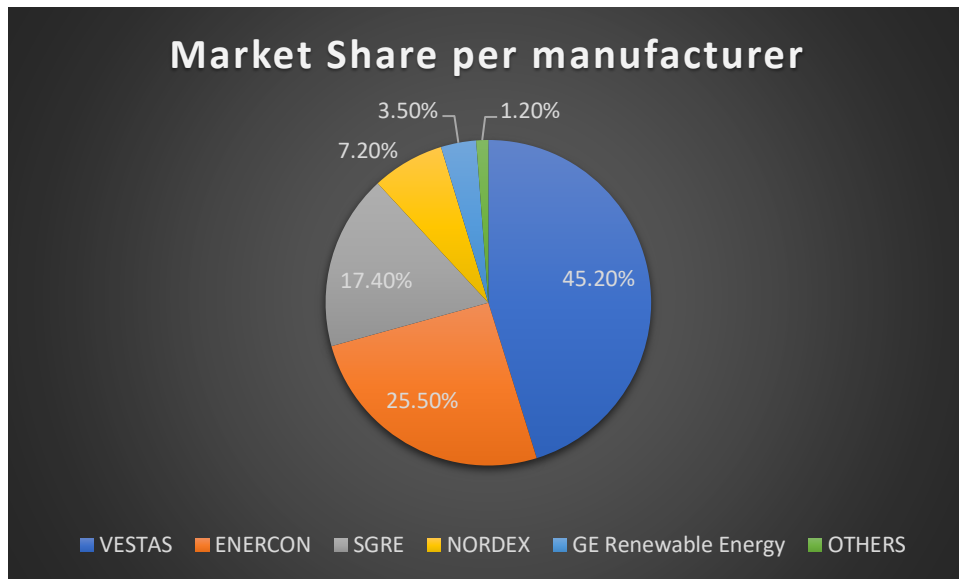
Διάγραμμα 3.3 : Παραγωγοί Αιολικής ενέργειας για το πρώτο εξάμηνο του 2021

Πηγή : ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)



Διάγραμμα 3.4: Εγκατεστημένη ισχύς ανά κατασκευαστή ανεμογεννητριών το πρώτο εξάμηνο του 2021

Πηγή : ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)



Διάγραμμα 3.5: Μερίδιο των κατασκευαστών στην αγορά αιολικής ενέργειας το πρώτο εξάμηνο του 2021

Πηγή : ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούν την ενέργεια του ανέμου και την μετατρέπουν σε περιστροφική και μετά σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση των ανεμογεννητριών εξαρτάται από το μέγεθος τους. Για παράδειγμα οι μικρές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για να φορτίσουν μπαταρίες, ή να τροφοδοτήσουν με ενέργεια τροχόσπιτα. Οι μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου. Ανάλογα με το πως περιστρέφεται ο στρόβιλος μπορούμε να διακρίνουμε τις ανεμογεννήτριες σε ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα (Horizontal Axis Wind Turbine) και σε ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα (Vertical Axis Wind Turbine).

4.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα αποτελούν τις πιο διαδεδομένες ανεμογεννήτριες στον κόσμο καταλαμβάνοντας ποσοστό περίπου 90%. Ο ρότορας και η γεννήτρια στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα εντοπίζονται στην κορυφή και προσανατολίζονται στην διεύθυνση του ανέμου επιτυγχάνοντας εύρυθμη λειτουργία.

4.1.1 Μέρη ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Τα κύρια μέρη είναι :

- A) ο πυλώνας
- B) ο δρομέας (ή πτερωτή, ρότορας, στροφέας)
- Γ) σύστημα μετάδοσης
- Δ) η γεννήτρια
- Ε) οι αισθητήρες και ο μηχανισμός περιστροφής
- ΣΤ) τα συστήματα ελέγχου και ασφάλειας



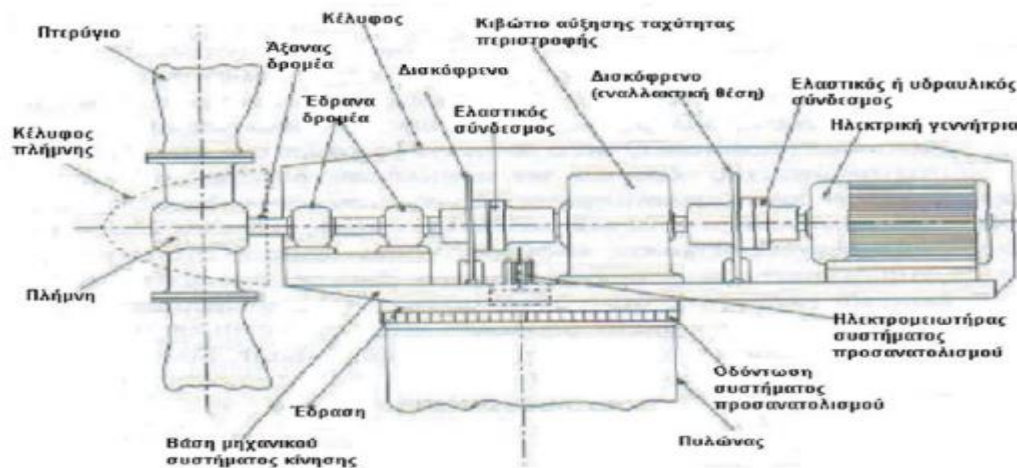
Εικόνα 4.1 : Μηχανικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Γιαννόπουλος Γεώργιος – Τσέλα Ενκελέντ Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ

Πυλώνας: Ο πυλώνας είναι ο κορμός της ανεμογεννήτριας και πάνω του στερεώνεται ο δρομέας και το κέλυφος στο οποίο εντοπίζεται η ηλεκτρογεννήτρια, το σύστημα μετάδοσης και διάφοροι άλλοι μηχανισμοί. Ο πυλώνας μπορεί να έχει κατασκευαστεί από χαλύβδινο σωλήνα ή από σκυρόδεμα. Το ύψος τους σωλήνα είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς οι υψηλές ταχύτητες εντοπίζονται στα μεγάλα ύψη.

Δρομέας: Ο δρομέας αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι μιας ανεμογεννήτριας καθώς εκεί γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε περιστροφική – μηχανική ενέργεια. Ο δρομέας απαρτίζεται από τα πτερύγια και την πλήμνη. Τα πτερύγια του έχουν σχεδιαστεί με ειδικές αεροτομές. Η διάμετρος του δρομέα D είναι σημαντικό τεχνικό χαρακτηριστικό της ανεμογεννήτριας. Ακτίνα ποδός ονομάζεται η απόσταση του άξονα από την βάση .

Σύστημα μετάδοσης: Το σύστημα μετάδοσης αποτελείται από τους άξονες, τις εδράσεις και το κιβώτιο ταχυτήτων. Έχουμε δύο κύριους άξονες, ο πρώτος άξονας έχει την ταχύτητα του δρομέα (30-60 RPM). Ο ρόλος του κιβωτίου ταχυτήτων είναι να αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής και να την μεταφέρει μέσω του άξονα μεγάλων ταχυτήτων στην γεννήτρια. Η αύξηση αυτή γίνεται έτσι ώστε η ταχύτητα περιστροφής να ταιριάζει με τα τεχνικά στοιχεία της γεννήτριας και του εναλλασσόμενου ρεύματος. Το σύστημα πέδησης που εντοπίζεται στους άξονες εμποδίζει την κίνηση του δρομέα σε μεγάλες ταχύτητες ή όταν πρέπει να γίνει συντήρηση.



Εικόνα 4.2 : Εσωτερικό μέρος ανεμογεννήτριας

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Γιαλαμάς Αντώνιος ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

Γεννήτρια: Η γεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Στις ανεμογεννήτριες μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους ηλεκτρικών μηχανών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- α) επαγωγικοί κινητήρες με σταθερές στροφές
- β) επαγωγικοί κινητήρες με μεταβλητές στροφές διπλής τροφοδοσίας
- γ) σύγχρονοι κινητήρες με μεταβλητές στροφές χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων

Συνήθως στις ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιούνται επαγωγικοί κινητήρες μεταβλητών στροφών

Αισθητήρες και μηχανισμός περιστροφής: Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες τα μετρητικά όργανα ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου συμβάλουν στο να αποδίδει η ανεμογεννήτρια την βέλτιστη ισχύ και στις υψηλές ταχύτητες να προστατεύεται ο εξοπλισμός. Ο μηχανισμός περιστροφής κατευθύνεται από την διεύθυνση της ταχύτητας έτσι ώστε το στροφέιο να στρέφεται προς το μέρος του ανέμου. Αντίθετα οι μικρές ανεμογεννήτριες στρέφονται από τον ίδιο τον άνεμο χάρις σε ένα πτερύγιο (tail vane) το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο του στροφείου. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες ο ανεμοδείκτης ελέγχει τον σερβοκινητήρα και προσανατολίζει το στροφέιο.

Συστήματα ελέγχου και ασφαλείας: Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά συστήματα που συμβάλουν στην σωστή λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Τέτοια συστήματα είναι τα καταγραφικά ισχύος και ενέργειας και τα συστήματα επικοινωνίας.

4.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ



Εικόνα 4.3 : Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα

Πηγή : <https://el.wikipedia.org>

Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα έχουν τον κύριο άξονα του ρότορα κάθετα προς τον άνεμο. Λόγω του χαμηλού ύψους που έχουν θεωρούνται ιδανικές σε κατοικημένες περιοχές όπου έχουμε μικρές ταχύτητες ανέμου. Τα κύρια μέρη τους όπως το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια εντοπίζονται στην βάση σε αντίθεση με τις οριζόντιες ανεμογεννήτριες όπου τα κύρια μέρη βρίσκονται στην κορυφή. Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια θεωρείται ιδανική για ακίνητα και επιχειρήσεις καθώς τα έξοδα συντήρησης είναι λίγα και το κόστος για μεταφορά και εγκατάσταση είναι σχετικά μικρό. Η κύρια λειτουργία τους είναι να περιστρέφονται γύρω από τον κάθετο άξονα και να μπορούν να εκμεταλλεύονται τον άνεμο ανεξάρτητα από την διεύθυνση του χάρης τα πτερύγια του.

4.2.1 Είδη ανεμογεννητριών κάθετου άξονα

Υπάρχουν δύο είδη ανεμογεννητριών κάθετου άξονα, οι ανεμογεννήτριες Darrius και οι ανεμογεννήτριες Savonius.

4.2.1.1 Ανεμογεννήτριες Darrius



Εικόνα 4.4: Ανεμογεννήτρια Darrieus

Πηγή : <https://el.wikipedia.org/>

Οι ανεμογεννήτριες Darrieus οφείλουν το όνομα τους στον εφευρέτη τους George Darrieus . Οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη απόδοση όμως έχουν να αντιμετωπίσουν διάφορα προβλήματα που οφείλονται στην μεγάλη ροπή που παράγεται. Συγκεκριμένα η δημιουργία μεγάλης ροπής προκαλεί κυμάτωση και καταπόνηση στον πύργο. Για να περιορίσουν το πρόβλημα της κυμάτωσης τοποθετούνται δύο ή περισσότερα πτερύγια τα οποία προσδίδουν σταθερότητα στον ρότορα συμβάλλοντας στην μείωση της κυμάτωσης οδηγώντας όμως στην μείωση της απόδοσης. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η ανάπτυξη φυγόκεντρων δυνάμεων λόγω ότι η μάζα του μηχανισμού που περιστρέφεται εντοπίζεται στην περιφέρεια και όχι στον κόμβο του ρότορα.

4.2.1.2 Ανεμογεννήτριες Savonius



Εικόνα 4.5: Ανεμογεννήτρια Savonius

Πηγή: <https://el.wikipedia.org/>

Οι ανεμογεννήτριες Savonius οφείλουν το όνομα τους στον μηχανικό Sigurd Savonius. Οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για να αντλήσουν νερό ή στην άλεση σιτηρών, καθώς η απόδοσή τους σε σύγκριση με τις άλλες ανεμογεννήτριες είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Ένα από τα πλεονεκτήματα που έχουν ότι είναι αθόρυβες και το κόστος της κατασκευής τους είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Ένα από τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι ότι η ταχύτητά τους δεν ξεπερνάει την ταχύτητα του ανέμου με αποτέλεσμα να είναι μην είναι ικανή να παράξει ηλεκτρική ενέργεια .

4.3 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ

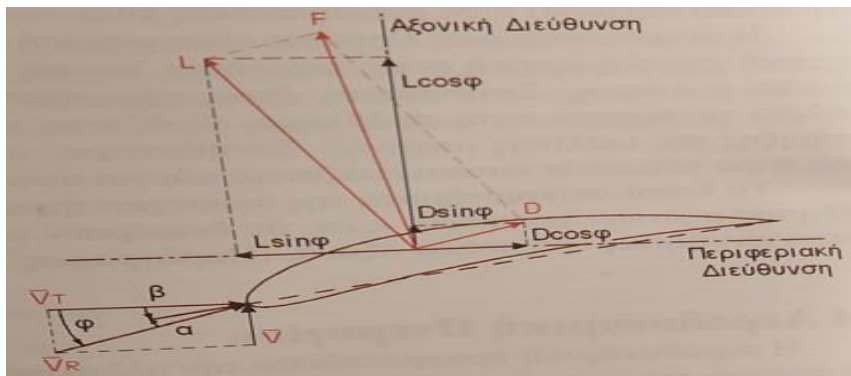
Η αεροδυναμική του πτερυγίου σχετίζεται με την αλληλεπίδραση του αέρα ή άλλων ρευστών γύρω από άλλα σώματα και αναλύει τις δυνάμεις που δημιουργούνται.

4.3.1 Αεροτομή

Τα πτερύγια των ανεμογεννητριών έχουν την μορφή αεροτομών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται επικερδής μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε περιστροφική. Οι πρώτες αεροτομές για τις ανεμογεννήτριες ήταν οι αεροτομές της NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) . Ο αέρας σε μια αεροτομή διέρχεται από την άνω προς την κάτω πλευρά. Εξαιτίας της καμπυλότητας στο άνω μέρος ο αέρας πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση όταν θέλει να κατευθυνθεί προς το κάτω μέρος. Ο αέρας στο πάνω τμήμα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της απόστασης που πρέπει να διανύσει με αποτέλεσμα σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli η πίεση να είναι μικρότερη.

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{σταθερό (1) όπου } \rho = \text{πυκνότητα, } V = \text{ταχύτητα, } p = \text{πίεση}$$

Ανάμεσα στις δύο επιφάνειες υπάρχει διαφορά πίεσης με αποτέλεσμα να αναπτυχθεί μια δύναμη F . Αναλύοντας την δύναμη F κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης του ρευστού έχουμε την δύναμη άνωσης L αναλύοντας την δύναμη F παράλληλα στην διεύθυνση διάδοσης έχουμε την δύναμη αντίστασης. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν την δύναμη άνωσης για να παράξουν έργο.



Εικόνα 4.6: Ανάλυση της δύναμης F

Πηγή: Βιβλίο Ρευστοδυναμικές Μηχανές Στροβιλομηχανές-Υδροδυναμικές Μηχανές (Πολυζάκης Απόστολος)

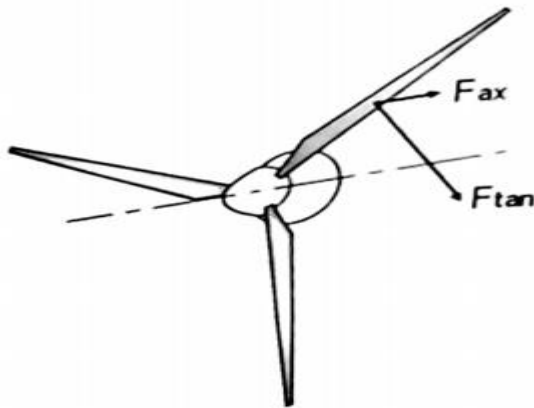
$$L = \frac{1}{2} C_L \rho A_f V^2 \quad (2) \quad \text{όπου } L = \text{δύναμη άνωσης, } V = \text{ταχύτητα, } C_L = \text{συντελεστής άνωσης, } A_f = \text{εμβαδόν επιφάνειας πτερυγίου}$$

$$D = \frac{1}{2} C_D \rho A_f V^2 \quad (3) \quad \text{όπου } D = \text{δύναμη αντίστασης, } V = \text{ταχύτητα, } C_D = \text{συντελεστής αντίστασης, } A_f = \text{εμβαδόν επιφάνειας πτερυγίου}$$

Αναλύοντας τις δυνάμεις άνωσης και αντίστασης στον κάθετο άξονα και στην διεύθυνση περιστροφής εμφανίζονται δύο νέες δυνάμεις η περιφερειακή δύναμη F_{tan} και η αξονική δύναμη F_{ax} .

$$F_{tan} = L \sin \varphi - D \cos \varphi \quad (4)$$

$$F_{ax} = L \cos \varphi - D \sin \varphi \quad (5)$$



Εικόνα 4.7: Δυνάμεις που αναπτύσσονται στο πτερύγιο ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Πηγή: Βιβλίο Ρευστοδυναμικές Μηχανές Στροβιλομηχανές-Υδροδυναμικές Μηχανές (Πολυζάκης Απόστολος)

4.4 ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

$\lambda = \frac{\omega \times R}{\vec{v}}$ (1) όπου λ = λόγος ταχύτητας άκρου ή αριθμός ταχυστροφίας ω = γωνιακή ταχύτητα R =ακτίνα \vec{v} = ταχύτητα ανέμου

Ο συγκεκριμένος λόγος αναφέρεται στην απόδοση της μετατροπής ενέργειας αλλά και στο επίπεδο θορύβου και εξαρτάται από τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων.

$$C_p = \frac{\dot{W}}{\frac{1}{2} \rho V_A^3 A} = \lambda C_T \quad (2) \text{ όπου } C_p = \text{συντελεστής ισχύος } C_T = \text{συντελεστής}$$

ώσης \dot{W} =ισχύς ρ = πυκνότητα A = εμβαδόν

$$C_T = \frac{F_T}{\frac{1}{2} \rho \pi R^2 V^2} \quad (3) \text{ όπου } C_T = \text{συντελεστής ώσης } F_T = \text{δύναμη ώσης}$$

μηχανής ρ = πυκνότητα

Ο συντελεστής ώσης παρουσιάζει το ποσοστό που μπορεί να μεταβληθεί η ορμή του δρομέα έτσι ώστε να γίνει ωφέλιμη δύναμη για να παραχθεί ισχύς.

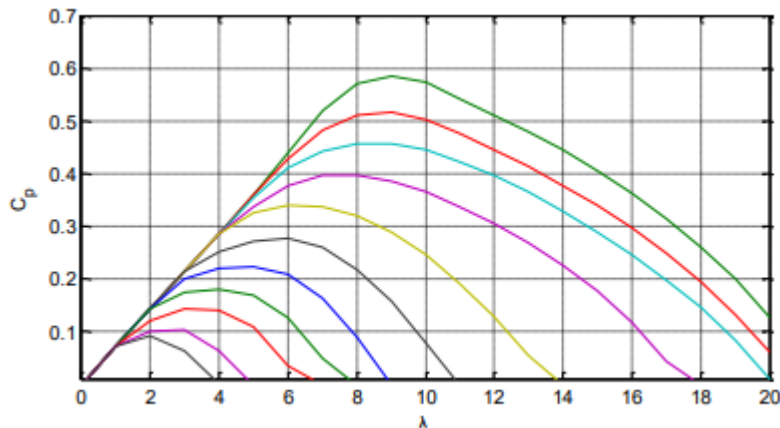
4.5 ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

$$\dot{W} = n_e n_m \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho A \vec{V}^3 = n_{tot} \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho A \vec{V}^3 \quad (1)$$

n_e = ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της γεννήτριας

n_m = μηχανικός βαθμός απόδοσης (μηχανικές απώλειες στο κιβώτιο ταχυτήτων, στο σύστημα προσανατολισμού)

n_{tot} = συνολικός βαθμός απόδοσης της γεννήτριας



Εικόνα 4.1 Καμπύλη C_p - λ

Πηγή: Γεώργιος Τζούνας Διπλωματική Εργασία 2016 << Επίδραση Αιολικής Παραγωγής στη Μέγιστη Μεταφερόμενη Ισχύ Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας >> ΕΜΠ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Βουρνάς Καθηγητής ΕΜΠ

Παραγόμενη ενέργεια στο χρονικό διάστημα dt

$$E = \delta\tau \int_0^{\infty} f(V)P(V)dV = \delta\tau \int_{V_{cutin}}^{V_{cutout}} f(V)P(V)dV \quad (2)$$

V_{cutout} = ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (όταν ξεπεραστεί η συγκεκριμένη ταχύτητα η ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί έτσι ώστε να προστατευθεί από τους ισχυρούς ανέμους .

V_{cutin} = ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (όταν η ταχύτητα είναι μικρότερη από αυτή η ανεμογεννήτρια δεν μπορεί να λειτουργήσει καθώς η ενέργεια του ανέμου δεν είναι αρκετή με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ξεπεράσει τις μηχανικές απώλειες και την τριβή.

$P(V)$ = καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας

$f(V)$ = κατανομή ταχυτήτων

δt = χρονικό διάστημα

Συντελεστής εκμετάλλευσης

$$CF = \frac{E}{\delta t P_R} \quad (3)$$

E : ενέργεια που παράγει η μηχανή , δt = χρονικό διάστημα , P_R = ονομαστική ισχύς

Ο συντελεστής εκμετάλλευσης διακατέχει σημαντικό ρόλο καθώς εμπλέκεται για το αν μια ενεργειακή επένδυση θα είναι βιώσιμη. Οι τιμές του εντοπίζονται μεταξύ του 0,25 και του 0,35 .

Επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις δεν γνωρίζουμε την συνάρτηση ισχύος $P(V)$ αλλά τιμές της ισχύος που παράγονται με βάση συγκεκριμένες ταχύτητες ο συντελεστής εκμετάλλευσης μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$E_{turb} = \delta t \sum_i (f_{vi} P_i) \quad (4)$$

f_{vi} = συχνότητα εμφάνισης για ταχύτητα V_i P_i = ισχύς για την συγκεκριμένη ταχύτητα .

Οι τιμές ταχυτήτων που λαμβάνουμε για τις τιμές της παραγόμενης ισχύος αφορούν τις ταχύτητες στο ύψος της κεφαλής των ανεμογεννητριών.

Υπολογισμός του συντελεστή εκμετάλλευσης

Σύμφωνα με την αρχή του Rayleigh και για καθορισμένο άνεμο ο συντελεστής εκμετάλλευσης υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο :

$$CF = 0.087 \bar{V} \frac{\dot{W}_R}{D^2} \quad (5) \quad \text{όπου } \bar{V} = \text{μέση ταχύτητα (m/s)} \quad D = \text{διάμετρος δρομέα (m)} \quad \dot{W}_R = \text{ονομαστική ισχύ (kW)}$$

Ο παραπάνω τύπος είναι ιδιαίτερα εύχρηστος καθώς για τον υπολογισμό του συντελεστή εκμετάλλευσης χρειάζεται να γνωρίζουμε μόνο την μέση ταχύτητα την ονομαστική ισχύ και την διάμετρο του δρομέα.

Εφόσον γνωρίζουμε τον συντελεστή CF μπορούμε να υπολογίσουμε την παραγόμενη ενέργεια που αναμένεται σε ένα έτος.

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 8760 \times \dot{W}_R \times (0.087 \bar{V} \frac{\dot{W}_R}{D^2}) \quad [kWh/yr] \quad (6)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αιολική ενέργεια σε ευρεία κλίμακα με την δημιουργία αιολικού πάρκου. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από μεγάλο πλήθος εγκαταστημένων ανεμογεννητριών σε περιοχές όπου επικρατούν άνεμοι υψηλής έντασης. Εφαρμόζοντας την οικονομία κλίμακας μπορούμε να μειώσουμε το κόστος ενός αιολικού πάρκου κάνοντας χρήση της χωροταξικής συγκέντρωσης .

5.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την θέση που θα εγκατασταθεί ένα αιολικό πάρκο είναι οι εξής:

1. Αιολικό δυναμικό : Ακριβής γνώση για τα χαρακτηριστικά του ανέμου (ένταση και διακυμάνσεις ως προς το μέτρο και την διεύθυνση).
2. Η τοποθέτηση του αιολικού πάρκου δεν πρέπει να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι περιοχές Natura διέπονται από ειδικό καθεστώς προστασίας. Επιπλέον η κοινότητα της περιοχής που θα εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο πρέπει να είναι σύμφωνη με την επένδυση που πρόκειται να γίνει .
3. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας πρέπει να ταιριάζει με τις απαιτήσεις του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου
4. Τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν στην περιοχή που πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση όπως(πάγος, θυελλώδεις άνεμοι, έντονος κυματισμός, διάβρωση) . Αρκετές φορές έχει παρατηρηθεί ότι στα πτερύγια δημιουργείται πάγος με αποτέλεσμα τα στατικά και δυναμικά φορτία που δέχεται η ανεμογεννήτρια να αυξηθούν. Όταν δημιουργηθεί πάγος η λειτουργία της ανεμογεννήτριας πρέπει να διακοπεί για να καθαριστούν τα πτερύγια. Ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργεί ο πάγος είναι ο κίνδυνος να χαλάσουν τα ηλεκτρονικά μέσα της ανεμογεννήτριας. Γενικά περιοχές όπου δημιουργείται πάγος ή έχουμε έντονες βροχοπτώσεις η κατασκευή αιολικών πάρκων αποφεύγονται. Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε αν στην περιοχή που επρόκειτο να γίνει η εγκατάσταση δρουν θυελλώδεις άνεμοι έτσι ώστε οι ανεμογεννήτριες να είναι κατάλληλες για αυτό το καιρικό φαινόμενο. Στις θαλάσσιες ανεμογεννήτριες που θα αναφερθώ στο επόμενο κεφάλαιο σημαντικός παράγοντας εγκατάστασης είναι ο έντονος κυματισμός που μπορεί να επικρατεί ο οποίος μπορεί να προκαλέσει διάβρωση.

Οι ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται σε σειρές κάθετα ως προς την διεύθυνση του ανέμου. Μεταξύ των ανεμογεννητριών μπορούμε να διακρίνουμε δύο αποστάσεις την απόσταση D_{cw} που είναι κάθετη στην διεύθυνση του ανέμου και την απόσταση D_{dw} που είναι κατά μήκος της διεύθυνσης του ανέμου.

Οι αποστάσεις δύο ανεμογεννητριών που βρίσκονται σε σειρά κυμαίνονται από δύο έως τέσσερις διαμέτρους D_T , και από τέσσερις έως οκτώ ανάμεσα στις σειρές. Επειδή δεν έχει επανέλθει η ροή του αέρα στην πρώτη ανεμογεννήτρια η παραγόμενη ενέργεια στην δεύτερη ανεμογεννήτρια που βρίσκεται όμορα της πρώτης θα είναι μειωμένη. Το μέγεθος της μείωσης εξαρτάται από την τύρβη, το είδος του εδάφους, την συμπεριφορά του ανέμου και την απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών. Έχει παρατηρηθεί ότι με την αύξηση της απόστασης μεταξύ των ανεμογεννητριών το ποσοστό της μείωσης ελαττώνεται.

5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ

Η συνολική ενέργεια που παράγεται σε ένα αιολικό πάρκο δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$E_{park} = \sum E_{turb} \quad (1)$$

Η ενεργειακή παραγωγή σε ένα αιολικό πάρκο ισούται με το άθροισμα της παραγόμενης ενέργειας σε κάθε ανεμογεννήτρια.

Όταν θέλουμε να υπολογίσουμε την ενέργεια που παράγεται σε ένα αιολικό πάρκο N αριθμών ίδιων ανεμογεννητριών θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω τύπο:

$$E_{park} = N(1 - n_{airloss})E_{turb} \quad (2)$$

Κατά την παραγωγή ενέργειας έχουμε απώλειες εξαιτίας των υπόλοιπων ανεμογεννητριών και λέγονται απώλειες όμορου. Η πρόβλεψη των απωλειών μπορεί να γίνει με βάση τον αριθμό και την διάταξη των ανεμογεννητριών και την έκταση. Ο υπολογισμός της ταχύτητας μπορεί να γίνει με βάση τον τύπο του Jensen:

$$V = V_0 \left(1 - (1 - \sqrt{1 - C_T}) \left(\frac{D}{D + 2kx} \right)^2 \right) \quad (3)$$

Ο συγκεκριμένος τύπος αφορά την περίπτωση όπου μια ανεμογεννήτρια εντοπίζεται εντός του όμορου μιας άλλης ανεμογεννήτριας κάποιο χρονικό διάστημα.

Όπου C_T = συντελεστής ώσης, D = Διάμετρος, x = απόσταση κατάντη από την ανεμογεννήτρια k = συντελεστής εξασθένησης όμορου

$$k_{land} = 0.075 \text{ για χερσαία πάρκα} \quad k_{sea} = 0.04 \text{ για θαλάσσια πάρκα}$$

Όταν ένα μέρος της κεφαλής μιας ανεμογεννήτριας κατάντη στη ροή βρίσκεται εντός του κώνου του όμορου από τις μπροστινές ανεμογεννήτριες εξαιτίας διαφορετικού προσανατολισμού, διαφορετικού ύψους ή διαμέτρου κεφαλής για

τους ενεργειακούς υπολογισμούς θα χρησιμοποιήσουμε την ισοδύναμη ταχύτητα V_{eq} . Η ισοδύναμη ταχύτητα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{eq} = V_0 - \delta V \quad \text{όπου } \delta V = \eta \text{ μερική μείωση του όμορου}$$

$$\delta V = V_0 (1 - \sqrt{1 - C_T}) \left(\frac{D}{D + 2kx} \right)^2 \frac{A_{overlap}}{A_x} \quad (4)$$

$$A_x = \frac{\pi(D + 2kx)^2}{4} \quad \text{όπου } A_x = \text{εμβαδόν όμορου σε απόσταση } x$$

$$A_{overlap} = R^2 \arccos\left(\frac{d^2 + R^2 - R_x^2}{2dR}\right) + R_x^2 \arccos\left(\frac{d^2 + R^2 - R_x^2}{2dR_x}\right) - \frac{1}{2} \sqrt{(-d + R + R_x)(d + R - R_x)(d - R + R_x)(d + R + R_x)} \quad (5)$$

$$R = D/2 \quad \text{ακτίνα ανεμογεννήτριας}$$

$$R_x = D_x/2 = D/2 + kx \quad \text{η ακτίνα του όμορου}$$

$$d = \text{κατακόρυφη απόσταση}$$

5.2.1 Ηλεκτρική διασύνδεση

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια στα αιολικά πάρκα παράγουν εναλλασσόμενη τριφασική ισχύ σε τάση 690 V. Για να περιοριστούν οι απώλειες μεταφοράς το ηλεκτρικό ρεύμα ανυψώνει την τάση του από 690V σε 34,5kV ώστε να μεταφερθεί εντός του πάρκου μέχρι τον τελικό μετασχηματιστή /υποσταθμό. Στον υποσταθμό ή στον μετασχηματιστή γίνεται ή μετατροπή της τάσης σε υψηλή ή μεσαία και μεταφέρεται στο δίκτυο.

5.3 ΕΙΔΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Τα αιολικά πάρκα ανάλογα με την θέση της τοποθεσίας τους μπορούμε να τα διακρίνουμε σε χερσαία αιολικά πάρκα σε παράκτια αιολικά πάρκα και σε υπεράκτια αιολικά πάρκα .

5.3.1 Χερσαία Αιολικά Πάρκα

Τα χερσαία αιολικά πάρκα θεωρούνται ως βιομηχανικοί χώροι που αποτελούνται από πλήθος ανεμογεννητριών και είναι τοποθετημένες σε χερσαίες περιοχές που έχουν απόσταση από την κοντινότερη ακτογραμμή τουλάχιστον τρία χιλιόμετρα. Οι πυλώνες μπορούν να φτάσουν ύψος που κυμαίνεται από 50 έως 75 μέτρα, η πτερωτή έχει διάμετρο 40 μέτρα και το τελικό ύψος της ανεμογεννήτριας μπορεί να φτάσει σε ύψος 70 με 95 μέτρα. Η ισχύς που παράγεται εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου την πυκνότητα του και τα τεχνικά χαρακτηριστικά που διαθέτει το αιολικό πάρκο. Έχει παρατηρηθεί ότι

η ταχύτητα του του ανέμου αυξάνεται με την αύξηση του ύψους για αυτό το λόγο οι ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται στις κορυφές των βουνών. Σύμφωνα με θεωρητικούς υπολογισμούς που έχουν γίνει για να παράξουμε ωφέλιμο έργο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο το 53,9% της συνολικής αιολικής ενέργειας.

5.3.2 Στάδια κατασκευής χερσαίου αιολικού πάρκου:

- 1) Κατασκευή δρόμου που θα εισέρχονται τα βαρέα οχήματα που θα μεταφέρουν τα εξαρτήματα για τις ανεμογεννήτριες. Οι προδιαγραφές που πρέπει να έχει ο δρόμος πρόσβασης (κλίση δρόμου στροφές, πλάτος δρόμου) καθορίζονται από την κατασκευάστρια εταιρία που έχει αναλάβει το έργο.
- 2) Διαρρύθμιση πλατείας: Για να τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες πρέπει να δημιουργηθεί ο κατάλληλος χώρος γύρω από την ανεμογεννήτρια. Συγκεκριμένα γύρω από την ανεμογεννήτρια πρέπει να δημιουργηθεί ένα πλάτωμα που θα έχει συγκεκριμένες διαστάσεις με βάση το μέγεθος της ανεμογεννήτριας για την τοποθέτηση του πυλώνα την συναρμολόγηση των πτερυγίων πριν γίνει η τελική ανέγερση και εγκατασταθούν στην τελική τους θέση.
- 3) Κατασκευή βάσεων για την θεμελίωση της ανεμογεννήτριας: Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των πλατειών πρέπει να κατασκευαστούν τα θεμέλια των βάσεων της ανεμογεννήτριας. Ανάλογα με την ποιότητα που έχει το έδαφος θα καθοριστούν οι κλίσεις που θα πρέπει να έχουν τα πρανή του σκάμματος. Το δάπεδο που θα έχει το σκάμμα θα είναι οριζόντιο ενώ οι βάσεις των πύργων θα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα
- 4) Οικοδόμηση πύργου πλήμνης και πτερυγίων : Αφού μεταφερθούν και εκφορτωθούν τα βασικά τμήματα της ανεμογεννήτριας στην πλατεία κάθε ανεμογεννήτριας αρχίζει η συναρμογή των πτερυγίων και η ένωση τους στην πλήμνη. Έπειτα πραγματοποιείται η ανέγερση της, η καθετοποίηση της και τέλος η πάκτωση των τμημάτων του πύργου.
- 5) Κατασκευή οικισμού ελέγχου και βοηθητικών χώρων. Ο βοηθητικός χώρος θα δημιουργηθεί σε χώρο όπου θα έχει περίοπτη θέση στο πάρκο. Ο συγκεκριμένος οικισμός θα στεγάζει το σύστημα ελέγχου, εποπτείας και μετρήσεων, τους χώρους όπου θα αποθηκεύονται διάφορα εργαλεία, ανταλλακτικά. Επιπλέον θα λειτουργεί ως χώρος που θα χρησιμοποιείται για την παραμονή των τεχνικών συντήρησης και λειτουργίας.

Κύκλος ζωής χερσαίου αιολικού πάρκου

Τα στάδια ζωής ενός αιολικού πάρκου είναι τα παρακάτω:

A) Κατασκευή: Αναφέρεται στην παραγωγή υλικών, παραγωγή τμημάτων, μεταφορά υλικών και διαφόρων τμημάτων. Στο συγκεκριμένο στάδιο συγκαταλέγεται η παρασκευή πρώτων υλών που είναι απαραίτητα για την κατασκευή διαφόρων τμημάτων της ανεμογεννήτριας όπως ο πυλώνας, το κέλυφος της ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια, τα θεμέλια, τα καλώδια, οι

μετασχηματιστές και άλλα εξαρτήματα. Έπειτα τα υλικά και τα τμήματα θα μετακινηθούν στους χώρους της εταιρίας που έχει αναλάβει το έργο έτσι ώστε να παραχθούν τα ενδιάμεσα προϊόντα της ανεμογεννήτριας.

Β) Εγκατάσταση : Αυτό το στάδιο αφορά στην μεταφορά στην θέση εγκατάστασης διαφόρων τμημάτων και στην ανέγερση της ανεμογεννήτριας. Επιπλέον σε αυτό το βήμα συμπεριλαμβάνεται η διαμόρφωση κατάλληλων χώρων αλλά και η θεμελίωση για να την κατασκευή των ανεμογεννητριών καθώς και τα έργα ηλεκτρικής διασύνδεσης με το τοπικό δίκτυο αλλά και τα έργα οδοποιίας. Επίσης σε αυτό το στάδιο συγκαταλέγεται η τοποθέτηση καλωδίων εσωτερικά για την ηλεκτρική διασύνδεση του αιολικού πάρκου αλλά και η κατασκευή υποσταθμού που θα ανυψώνει την τάση και κατασκευή του οικισμού ελέγχου.

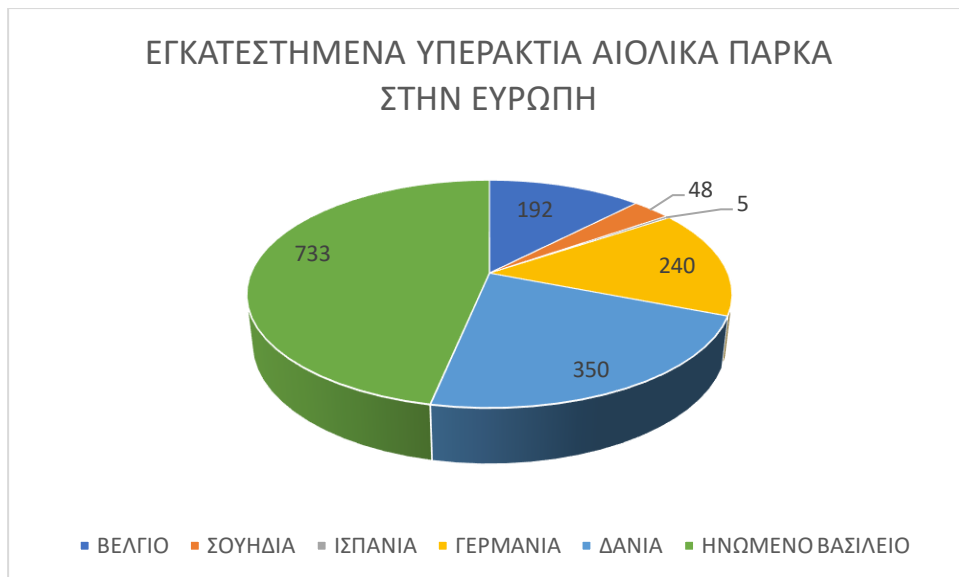
Γ) Λειτουργία: Σε αυτό το βήμα γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και προβλεπόμενη συντήρηση που πρέπει να γίνει και η επιδιόρθωση βλαβών. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας περιέχει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την συντήρηση της ανεμογεννήτριας. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η αντικατάσταση κατεστραμμένων τμημάτων της ανεμογεννήτριας όπως για παράδειγμα το κιβώτιο ταχυτήτων και η αλλαγή λαδιών και φίλτρων στην ανεμογεννήτρια.

Δ) Τέλος κύκλου ζωής : Το τελευταίο στάδιο στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η αποσυναρμολόγηση της ανεμογεννήτριας, η ανακύκλωση τμημάτων της και η μεταφορά στον κατάλληλο χώρο. Όταν η ανεμογεννήτρια φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής ξεμοντάρεται, τα κομμάτια της απομακρύνονται από την θέση τους και η περιοχή επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση .

5.4 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind farms) έχουν κερδίσει σημαντικό μέρος στις ημέρες μας που γίνεται προσπάθεια για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα παραγωγή ενέργειας από την εκμετάλλευση του ανέμου. Με την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται πλωτές ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιες περιοχές με απόσταση μεγαλύτερη των 10 χιλιομέτρων από τις ακτές δίνοντας την δυνατότητα για μεγαλύτερες εκτάσεις αιολικού πάρκου που μπορούν να εκμεταλλευτούν το αιολικό δυναμικό. Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας τα τελευταία χρόνια έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον αρκετών χωρών της Ευρώπης. Στην Ελλάδα το ενδιαφέρον είναι ιδιαίτερα πρόσφατο με τις εταιρίες Κοπελούζος και R.F Energy να έχουν εξασφαλίσει άδειες παραγωγής για τα πρώτα υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα. Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και η εταιρεία ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ η οποία έχει υπογράψει συνεργασία με την Ocean Winds για την ανάπτυξη έργων συνολικής δυναμικότητας πάνω από 1,5GW. Η Ocean Winds αποτελεί σύμπραξη των δύο μεγαλύτερων εταιρειών ΑΠΕ στην Ευρώπη της EDP Renewables και της Engie. Αξίζει να αναφερθεί ότι η R.F Energy έχει πάρει άδεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτιο αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος

498,15MW στην θαλάσσια περιοχή βορειοανατολικά της Λήμνου. Ο όμιλος Κοπελούζος πήρε άδεια για την για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτιο αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 212MW ανοικτά από το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης.



Διάγραμμα 5.1: Υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ευρώπη το 2013

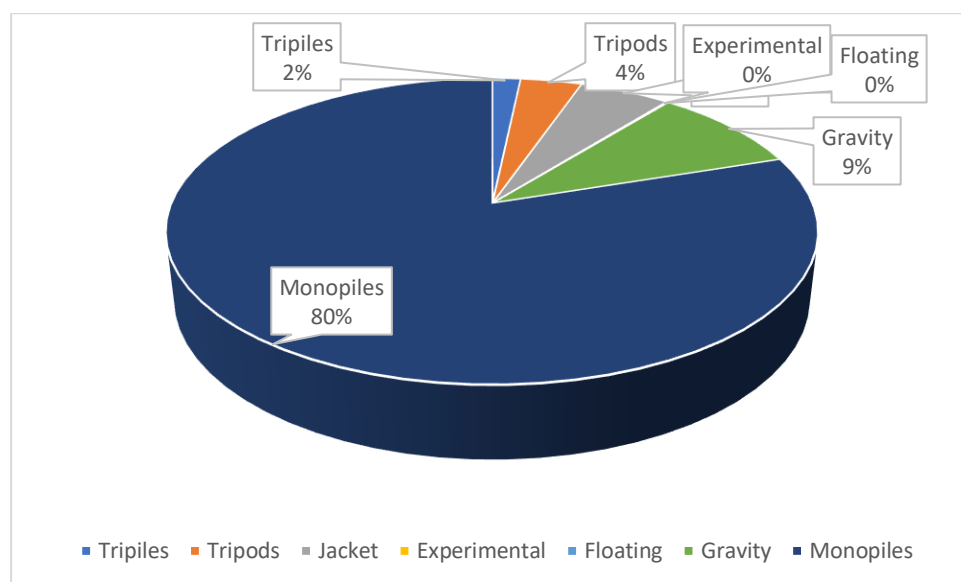
Πηγή : European Wind Energy Association 2014

5.4.1 Κατασκευή Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου

Για την κατασκευή ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι απαραίτητο να εξετάσουμε τις πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιηθούν. Οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιήσουμε για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα όπως είναι λογικό διαφέρουν από τις πρώτες ύλες για τα χερσαία αιολικά πάρκα. Με την αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών δημιουργείται πρόοδος στον τομέα αυτό με αμφότερο σκοπό την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας και την μεγιστοποίηση των κερδών. Οι πρώτες ύλες που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν συνδέονται με τα παρακάτω:

Α) Είδη θεμελίωσης : Το είδος της θεμελίωσης και η μορφή που πρέπει να έχει ο φορέας στήριξης της ανεμογεννήτριας είναι σημαντικά στοιχεία για την συνολική κατασκευή η οποία διαμορφώνει το κόστος του έργου. Οι θαλάσσιες ανεμογεννήτριες μπορούν να στηριχτούν με δύο τρόπους την θεμελίωση και το πλωτό σύστημα. Η επιλογή για το κατάλληλο τρόπο υποστήριξης συνδέεται με το βάθος της θάλασσας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την τεχνογνωσία που διαθέτουμε.

Β) Θεμελιωμένο σύστημα :Τα πιο ευρέως γνωστά συστήματα θεμελίωσης για τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες είναι τα στερεά συστήματα. Η προτίμηση του είδους συστήματος που πρέπει να επιλεγεί εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας. Συγκεκριμένα για βάθη έως 15 μέτρα χρησιμοποιούνται θεμελιώσεις βαρύτητας που έχουν κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για βάθη που κυμαίνονται μεταξύ των 15 μέτρων και 90 μέτρων επιλέγονται κυρίως ο μονοπάσσαλος, η τρίποδη στήριξη, και ο διχτυωτός πύργος.



Διάγραμμα 5.2 Συνολικά ποσοστά θεμελίωσης το 2015

Πηγή : Πτυχιακή Εργασία Σκαλτσής Νικόλαος ΕΜΠ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Γ) Πλωτά συστήματα: Στα πλωτά συστήματα ανήκουν οι πλωτές ανεμογεννήτριες που επρόκειτο να μελετηθούν στην παρακάτω ενότητα.

Δ) Σύνδεση του υπεράκτιου αιολικού πάρκου με το τοπικό δίκτυο:

1) Υπεράκτιος υποσταθμός: Στον υπεράκτιο υποσταθμό γίνεται η σύνδεση όλων των ανεμογεννητριών. Επιπλέον στο συγκεκριμένο σημείο εντοπίζεται ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης του υπεράκτιου αιολικού πάρκου και ο οποίος απαρτίζεται από μετασχηματιστές τάσεως και έντασης. Επίσης εδώ εντοπίζονται οι διακόπτες φορτίου .

5.5 ΠΛΩΤΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Τα νέα θεμέλια που υπάρχουν για παράκτιες ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργήσουν και σε μεγάλα βάθη. Οι πρώτες ανεμογεννήτριες τοποθετήθηκαν σε περιοχές κοντά στην ακτή και σε μικρά βάθη και η κύρια λειτουργία τους ήταν η κατασκευή μονού πυλώνα που θα αξιοποιούσε την βαρύτητα. Εξαιτίας της αύξησης της αποστάσεως από την ακτή και την αύξηση του βάθους χρησιμοποιήθηκαν νέες τεχνολογίες για την εγκατάσταση

υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Τα κύρια τρία είδη που χρησιμοποιούνται είναι οι τύποι Tension Leg Platform(TLP), Semi-submerged (Semi-sub) και Spar Buoy(Spar). Ανεμογεννήτρια τύπου Tension Leg Platform(TLP) εγκαταστάθηκε στο Stavanger της Νορβηγίας το 2009 με ισχύ 2,3 MW . Ανεμογεννήτρια τύπου Semi-submerged (Semi-sub) ισχύος 2,0 MW τοποθετήθηκε έξω από τις ακτές της Πορτογαλίας το 2011. Ανεμογεννήτρια τύπου Spar Buoy (Spar) εγκαταστάθηκε το 2013 στο νησί Kabashima συνολικής ισχύος 2,0 MW . Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται οι πλωτές ανεμογεννήτριες τύπου Monopile και Jacket/Tripod.

5.5.1 Tension Leg Platform(TLP)

Ο συγκεκριμένος τύπος πλωτής ανεμογεννήτριας κάνει χρήση τεντωμένων σχοινιών πρόσδεσης που έχουν σταθεροποιηθεί στο βυθό προσδίδοντας σταθερότητα. Η κατασκευή αυτή απαρτίζεται από μια μεγάλη κύρια στήλη στην οποία πραγματοποιείται η σύνδεση αρκετών γραμμών πρόσδεσης. Οι συγκεκριμένες γραμμές ενώνονται με τις άγκυρες του πυθμένα κάτω από την κατασκευή. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς σε περίπτωση που δεν γίνει σωστά ο κίνδυνος να ανατραπεί η πλωτή ανεμογεννήτρια είναι ορατός. Η αγκυροβόληση στηρίζεται στη βαρύτητα ή στην αναρρόφηση αν και κυρίως εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στον βυθό. Για την συναρμολόγηση της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας ειδικά πλοία στην διάρκεια της ρυμούλκησης στην θέση που πρέπει να εγκατασταθεί έτσι ώστε να παραμείνει σταθερή. Η TLP σε σύγκριση με τις άλλες ανεμογεννήτριες έχει μικρότερο κόστος πρώτων υλών συμβάλλοντας στην μείωση του κόστους ενέργειας.

5.5.2 Semi-submerged (Semi-sub)

Η Semi-sub είναι μια κατασκευή που απαρτίζεται από μία τριγωνική κατασκευή τύπου πλωτήρα η οποία λόγω της άνωσης παραμένει σταθερή. Σε κάθε γωνία της πλατφόρμας υπάρχουν κάθετες σωληνοειδές στήλες οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω μεταλλικών κατασκευών. Οι στήλες συγκροτούν τα έρμα για να διατηρηθεί η πλευστότητα. Η συγκεκριμένη πλωτή ανεμογεννήτρια έχει μικρό βάθος και έχει 3 με 6 γραμμές αγκυροβόλησης. Το βύθισμα της ανεμογεννήτριας μπορεί να φτάσει και τα 10 μέτρα εξυπηρετώντας το εύκολο μοντάρισμα και την μετακίνηση της στην τοποθεσία εγκατάστασης. Εξαιτίας του χαμηλού βυθίσματος η ανεμογεννήτρια τύπου Semi-sub μπορεί να εκμεταλλευθεί σε βάθος 40 με 50 μέτρα που θεωρείται ρηχό. Ένα άλλο μειονέκτημα που έχει είναι ότι επειδή είναι κοντά στην επιφάνεια ένα σημαντικό τμήμα της θα είναι ευάλωτο στον πάγο, στην διάβρωση και σε άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι ολόκληρη η κατασκευή μπορεί να μετακινηθεί με αποτέλεσμα να έχουμε εξοικονόμηση χρόνου και κόστους.

5.5.3 Spar Buoy(Spar)

Η πλωτή ανεμογεννήτρια Spar buoy κάνει χρήση ερμάτων τα οποία εντοπίζονται σε ένα κυλινδρικό κοίλο πυλώνα συμβάλλοντας στον έλεγχο της ρευστότητας και στην στατική σταθερότητα της κατασκευής. Το πάνω τμήμα της κατασκευής είναι πιο ελαφρύ από το κάτω τμήμα με αποτέλεσμα το κέντρο της άνωσης να ανέβει. Σαν κατασκευή θεωρείται ιδιαίτερα βαθιά και μεγάλη με αποτέλεσμα να έχει μεγάλο βύθισμα. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό καθιστά δύσκολη την χρησιμοποίηση της σε νερά τα οποία θεωρούνται ρηχά. Η βασική του κατασκευή είναι ένας κύλινδρος από σκυρόδεμα ή χάλυβα στον οποίο τα έρματα μπορεί να βρίσκονται στο νερό ή σε ένα στερεό υλικό. Εξαιτίας του μεγάλου βυθίσματος η κατασκευή διακρίνεται για την μεγάλη αντοχή που έχει στην περιστροφή. Για να παραμείνει η ανεμογεννήτρια στην θέση της χρησιμοποιούνται άγκυρες οι οποίες ενώνουν τις γραμμές πρόσδεσης με τον πυθμένα της θάλασσας. Οι γραμμές αγκυροβόλησης είναι συμβατικές γραμμές ή συρματόσχοινα με προένταση. Λόγω του μεγάλου βυθίσματος που έχει το μοντάρισμα στην ξηρά της ανεμογεννήτριας είναι ιδιαίτερα δύσκολο και κοστοβόρο. Για αυτό το λόγο έχουν δημιουργηθεί λιμάνια τα οποία έχουν ανάλογα βάθη και επιτρέπουν την ρυμούλκηση της κατασκευής στην θέση εγκατάστασης. Μπορεί σαν κατασκευή να θεωρείται απλή και δεν είναι αρκετά δύσκολο να δημιουργηθεί αλλά το κόστος εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα μεγάλο.

5.5.4 Monopile

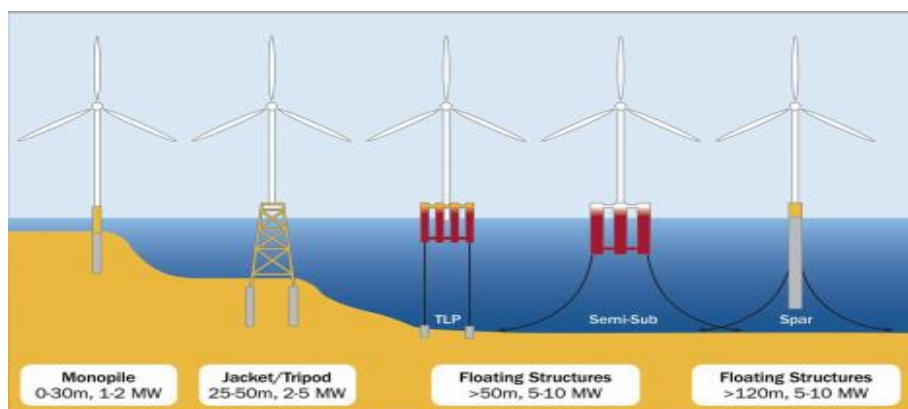
Οι πλωτές ανεμογεννήτριες τύπου monopile ουσιαστικά είναι μεταλλικοί πάσσαλοι με κυκλική διατομή ο οποίος τοποθετείται στον πυθμένα με την βοήθεια ενός ειδικού σφυριού. Συνήθως ο συγκεκριμένος πάσσαλος έχει διάμετρο 4,5 – 9 μέτρα και το πάχος καθορίζεται από την νομοθεσία και τους παγκόσμιους κανονισμούς. Ο σχεδιασμός τους σχετίζεται με την οριζόντια φόρτιση η οποία οφείλεται στον άνεμο, το κύμα, τα θαλάσσια ρεύματα και τον σεισμό που μπορεί να γίνει. Τα κατακόρυφα φορτία που δέχεται δε λαμβάνονται υπόψη. Για να μην προκληθεί συντονισμός από τις οριζόντιες φορτίσεις και από το σύστημα θεμελίωσης συνιστάται η μεγάλη δυσκαμψία στην θεμελίωση. Πριν γίνει η θεμελίωση είναι απαραίτητο να εξεταστεί το υπόστρωμα του πυθμένα γιατί αν αποτελείται από λεπτό αμμώδες υλικό υπάρχει κίνδυνος να ρευστοποιηθεί σε περίπτωση σεισμού. Το μήκος του πασσάλου είναι τα 3/5 του ύψους της ανεμογεννήτριας.

Το κύριο μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννήτριας είναι ότι η θεμελίωση βασίζεται στην ευκαμψία της. Δυστυχώς έχει παρατηρηθεί ότι όσο μεγαλώνει το βάθος του πυθμένα η ταχύτητα του ανέμου μεγαλώνει με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο μειονέκτημα να γιγαντώνεται. Για να διατηρηθεί σταθερή η ευκαμψία όσο το βάθος θα αυξάνεται προτείνεται να μεγαλώσει η μάζα στον κύβο (μεγαλώνουμε την διάμετρο, το μήκος και το πάχος) με συνέπεια το κόστος να μεγαλώσει. Επιπλέον θα χρειαστούν μεγαλύτερα φορητά πλοία και μεγαλύτερα σφυριά ανεβάζοντας κατακόρυφα το κόστος.

Για τους παραπάνω λόγους ο συγκεκριμένος τύπος ανεμογεννήτριας χρησιμοποιείται σε ρηχά νερά όπου το βάθος του δεν ξεπερνάει τα 30 μέτρα.

5.5.5 Tripode/Jacket

Ο συγκεκριμένος τύπος ανεμογεννήτριας στηρίζεται στην γνώση που έχουμε από τις χαλύβδινες κατασκευές jackets τριπόδων οι οποίες διακρίνονται για το μικρό βάρος και κόστος στις παράκτιες περιοχές που συνήθως εγκαθίστανται και χρησιμοποιούνται από την βιομηχανία πετρελαίου. Ο πύργος της ανεμογεννήτριας έχει συνδεθεί με τμήμα χάλυβα το οποίο μεταφέρει τις δυνάμεις από τον πύργο στους τρεις πυλώνες. Η διάμετρος των πυλώνων με διάτρηση και δονήσεις ισούται με 0,9 μέτρα (Kaltschmitt et al,2007). Το βάθος διείσδυσης κυμαίνεται μεταξύ του 10 και του 20 m και εξαρτάται από το υπόστρωμα του πυθμένα. Ένα από τα πλεονεκτήματα που διαθέτει είναι ότι είναι η περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση δεν χρειάζεται ιδιαίτερες διεργασίες. Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια χρησιμοποιείται σε βάθη μεγαλύτερα των 20 μέτρων. Για βάθη μικρότερα των 7 μέτρων θεωρούνται ακατάλληλα γιατί υπάρχει κίνδυνος τα θαλάσσια σκάφη να συγκρουστούν με τα πλαίσια θεμελίωσης. (Kaltschmitt et al,2007)



Εικόνα 5.1: Μέθοδοι θεμελίωσης ανεμογεννητριών στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Πηγή : Πτυχιακή Εργασία Σκαλτσής Νικόλαος ΕΜΠ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

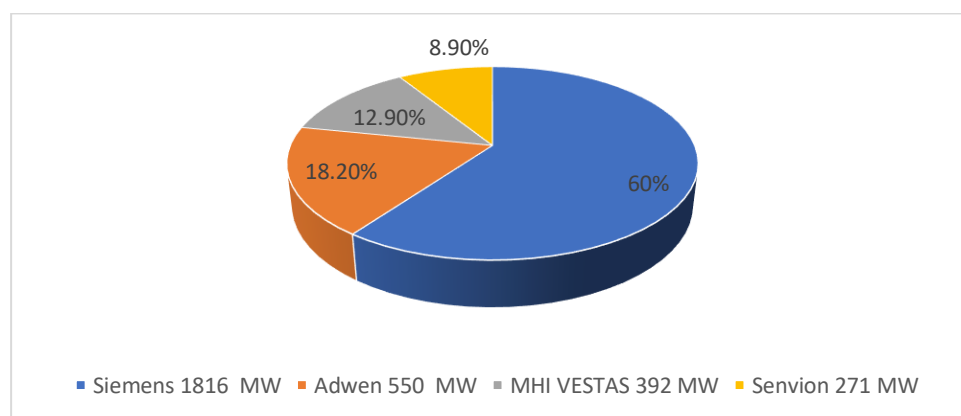
5.6 ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Οι εταιρίες που δραστηριοποιήθηκαν το 2015 στην υπεράκτια τεχνολογία παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα. Στο πρώτο διάγραμμα γίνεται η παρουσίαση της παραγόμενης ισχύς και από ποιες εταιρίες έγινε η παραγωγή. Σύμφωνα με το διάγραμμα η εταιρία με την περισσότερη παραγόμενη ισχύς είναι η Siemens με 1816 MW και ποσοστό 60% της συνολικής αγοράς, μετά ακολουθεί η εταιρία Adwen 550 MW και ποσοστό 18,2% μετά η εταιρία MHI

Vestas με 392 MW και ποσοστό 12,9% και η εταιρία Senvion 271 με 271 MW και ποσοστό 8,9%.

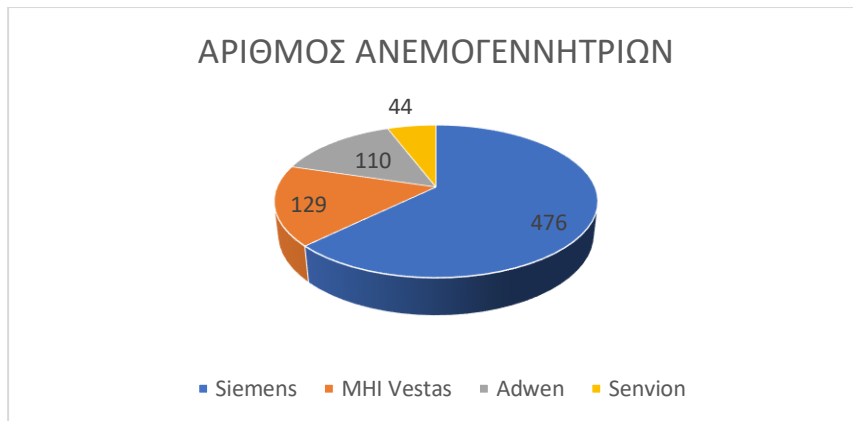
Στο δεύτερο διάγραμμα παρουσιάζεται ο αριθμός και το ποσοστό των υπεράκτιων ανεμογεννητριών που εγκατέστησαν οι κατασκευάστριες το έτος 2015. Πρώτη εταιρία είναι η Siemens με 476 ανεμογεννήτριες στο ευρωπαϊκό δίκτυο και ποσοστό 62,7% ακολουθεί η MHI Vestas με 129 ανεμογεννήτριες και ποσοστό 17% , έπειτα η Adwen με 110 ανεμογεννήτριες και ποσοστό 14,5% και στο τέλος η Senvion με 44 υπεράκτιες ανεμογεννήτριες και ποσοστό 5,8%. Οι ανεμογεννήτριες της Siemens ήταν 3-6 MW, της MHI Vestas 3-3,3 MW, της Adwen 5 MW και της Senvion 6,15 MW.

Στο τρίτο διάγραμμα παρουσιάζονται οι κατασκευαστικές εταιρίες – ιδιοκτήτες που κατασκεύασαν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα το έτος 2015. Η Ε.Ο.Ν εγκατέστησε υπεράκτια αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 515 MW και ποσοστό 17,1% , οι RWE Innogy με 344 MW (11,4%), EnBW με 288 MW (9.5%), Stadtwerke Munchen με 236 MW (7.8%) Dong Energy με 234 MW(7.8%), Trianel με 200 MW (6.5%) και η Vattenfall 148 MW (4.9%). Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν άλλοι ιδιοκτήτες με συνολική ισχύς 1054 MW (34.9%).



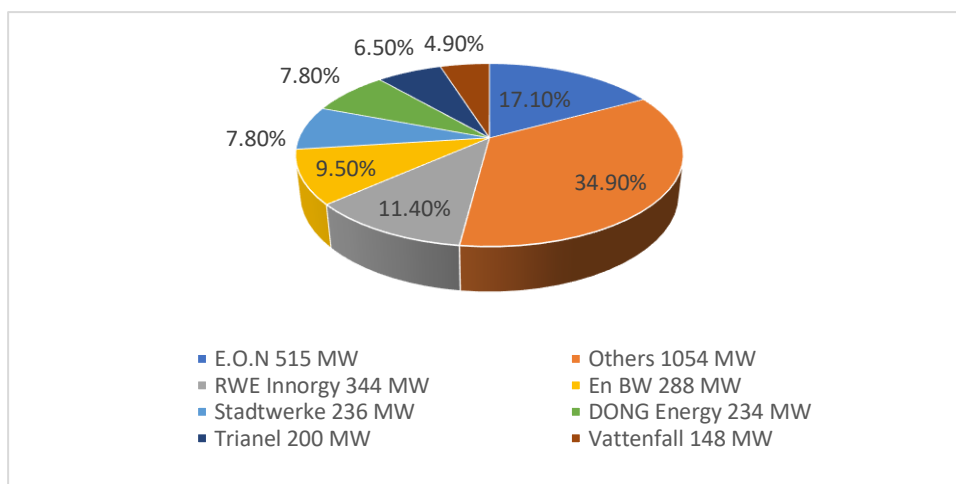
Διάγραμμα 5.3 : Η συνολική ισχύς το 2015 από τις κατασκευαστικές εταιρίες ανεμογεννητριών και το ποσοστό τους στην αγορά

Πηγή: Πολυνείκης Κανέλλας 2016 Διπλωματική εργασία <<Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου 240 MW στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας]



Διάγραμμα 5.4 : Αριθμός ανεμογεννητριών ανά κατασκευάστρια εταιρία το 2015

Πηγή : Πολυνείκης Κανέλλας 2016 Διπλωματική εργασία << Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου 240 MW στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας



Διάγραμμα 5.5: Κατασκευαστές / ιδιοκτήτες υπεράκτιων αιολικών πάρκων το 2015

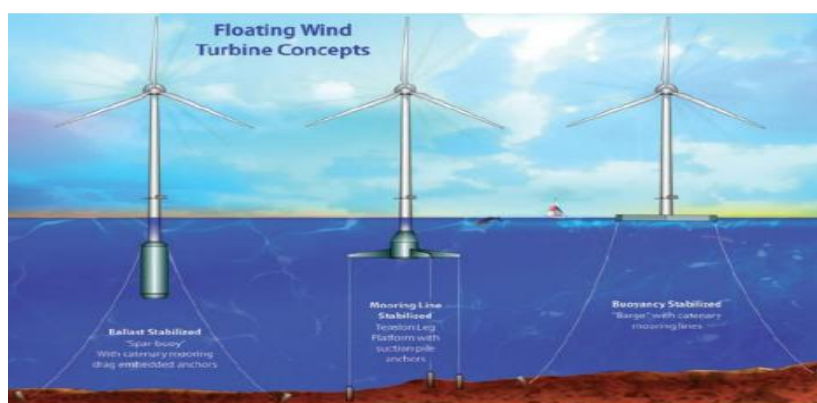
Πηγή : Πολυνείκης Κανέλλας 2016 Διπλωματική εργασία << Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου 240 MW στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας

5.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΓΚΥΡΟΒΟΛΗΣΗΣ ΠΛΩΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Μπορούμε να διακρίνουμε 3 κατηγορίες πρόσδεσης πλωτών ανεμογεννητριών. Οι βασικές διαφορές των τριών κατηγοριών είναι ότι στην πρώτη κατηγορία οι γραμμές αγκυροβολήσης φτάνουν οριζόντια στον βυθό (catenary mooring) στην δεύτερη κατηγορία κάθετα στον βυθό (vertical mooring) και στην τρίτη κατηγορία σε γωνία με τον βυθό (taut leg mooring). Η τρίτη κατηγορία πρόσδεσης έχει την δυνατότητα να υπομένει οριζόντιες και κάθετες δυνάμεις. Αν θέλουμε να μειώσουμε το κόστος των αγκυρών και να αναβαθμίσουμε τις μεταφορές προτείνεται πολλές ανεμογεννήτριες να συνδεθούν με μια άγκυρα υψηλών προδιαγραφών. Άλλες κατηγορίες αγκυρών είναι οι παρακάτω:

- 1) Άγκυρες βαρύτητας (gravity – base anchor)
- 2) Άγκυρες που καθοδηγούνται από στύλο (driven pile anchor)
- 3) Άγκυρες που τοποθετούνται με τορπίλη (torpedo embedded anchor)
- 4) Άγκυρες που καθοδηγούνται από στύλο όπου χρειάζεται άνοιγμα οπής (drilled and grouted pile)

Η Ελλάδα θεωρείται αρκετά σεισμογενής περιοχή για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο σε αυτές τις κατασκευές να υπάρχει στατική μελέτη ως μέτρο πρόληψης από τους σεισμούς. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο είναι απαραίτητη η στατική μελέτη ότι το ανάγλυφο μιας περιοχής θαλάσσιας χερσαίας αλλάζει. Ένα άλλο στοιχείο που αφορά στην Ελλάδα είναι ότι το μέγιστο βάθος που επιτρέπεται για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι τα 50 μέτρα αποκλείοντας μεγάλα βάρη.



Εικόνα 5.2: Οι διαφορές στο σύστημα πρόσδεσης και στον τύπο άγκυρας στις πιο γνωστές πλωτές ανεμογεννήτριες.

Πηγή: Πτυχιακή Εργασία Σκαλτσής Νικόλαος ΕΜΠ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

5.8 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

5.8.1 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος

Σχεδόν οι πιο πολλές ανεμογεννήτριες δεν έχουν σταθερή ταχύτητα και βήμα. Αυτό σημαίνει ότι η γωνία βήματος των πτερυγίων και την ταχύτητα της γεννήτριας μπορεί να μεταβληθεί εντός καθορισμένων ορίων. Το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί δύο συστήματα επιρροής : τη γωνία βήματος του πτερυγίου, η οποία είναι υπεύθυνη να επιβλέπει τις αεροδυναμικές δυνάμεις και τη ροπή της γεννήτριας η οποία ισοσκελίζει την αεροδυναμική ροπή στον δρομέα. Ο ελεγκτής έχει σαν ρόλο να αυξηθεί στα μέγιστα η απόκτηση ισχύος, κρατώντας συγχρόνως την ανεμογεννήτρια μέσα στα ασφαλή όρια. Οι επιπλέον στόχοι για να δημιουργηθεί η ισοστάθμιση είναι οι παρακάτω:

- 1) Αναβάθμιση του επιπέδου της ηλεκτρικής ενέργειας ελαττώνοντας τις αυξομειώσεις στην απόδοση της ισχύος
- 2) Ελάττωση των φορτίων που δέχεται ο στύλος αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τον έλεγχο της ώθησης του δρομέα παράλληλα με μετρήσεις στην επιτάχυνση που θα γίνονται στην κορυφή.
- 3) Ελάττωση των φορτίων που δέχεται ο δρομέας μέσω κυκλικών μεταβολών που κάνουν τα πτερύγια
- 4) Στις πλωτές ανεμογεννήτριες μείωση της κυκλοφορίας της κατασκευής μέσω της επιτήρησης της ώσεως του ρότορα.

Ο ελεγκτής συγκροτείται από δύο βρόγχους ελέγχου, ο ένας βρόγχος είναι υπεύθυνος για την γωνία κλίσης του πτερυγίου και ο άλλος βρόγχος για την ροπή της γεννήτριας. Σε μικρές ταχύτητες ανέμου η γωνία βήματος παραμένει αμετάβλητη και η ροπή της γεννήτριας αλλάζει έτσι ώστε να παραμείνει σταθερή η μέγιστη ταχύτητα του ρότορα η οποία ορίζει τις καλύτερες συνθήκες για ύψιστη αποθήκευση ισχύος. Όταν η ταχύτητα μεγαλώσει και ξεπεράσει το όριο για την ονομαστική ισχύ τότε ο ρόλος του δεύτερου βρόγχου είναι να περιστρέψει τα πτερύγια ώστε να ελαττώσει την αιολική ενέργεια και να σταθεροποιήσει την ισχύ.

Έλεγχος παθητικής απώλειας στήριξης: Ο συγκεκριμένος έλεγχος μεταχειρίζεται τη γεωμετρία που έχει το πτερύγιο ελαχιστοποιώντας τη δύναμη της άνωσης όταν αυξηθεί η ταχύτητα του ανέμου προκαλώντας στροβιλισμό πίσω από ένα πτερύγιο. Η ανεμογεννήτρια σταθερού βήματος λιγοστεύει την ισχύς στην έξοδο στρέφοντας τα πτερύγια εκτός του ανέμου.

Έλεγχος ενεργητικής απώλειας στήριξης: Μοιάζει με τον έλεγχο βήματος καθώς μεταχειρίζεται τον μηχανισμό του βήματος που έχει το πτερύγιο για να μειώσει την ισχύς εξόδου. Όταν η ισχύς εισόδου γίνει ίση με την ονομαστική ισχύ τότε ο ελεγκτής στήριξης θα μετατοπίσει το πτερύγιο σε κατεύθυνση που θα προκαλέσει την ενίσχυση της γωνίας προσβολής και η οποία έχει αντίστροφη κατεύθυνση από την κατεύθυνση που έχει ο εκλεκτής βήματος στο πτερύγιο.

Όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ονομαστική τιμή τότε ο μηχανισμός ενεργητικής στήριξης δίνει τη δυνατότητα στην ανεμογεννήτρια να δουλεύει με σταθερή ισχύς. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης στήριξης είναι ότι μπορεί να αποτρέψει την ενεργή υπέρβαση όταν ξεπεραστεί η ονομαστική

ισχύς. Όταν θέλουμε να γλιτώσουμε την φθορά στον μηχανισμό βήματος που οφείλεται στις αλλαγές στη γωνία βήματος χρησιμοποιούμε τον ελεγκτή δοκιμής και διατήρησης σε συσχέτιση με τον ελεγκτή ορίου. Ο αποτελεσματικός έλεγχος εκτροπής είναι σημαντικός για να έρχονται πάντα σε επαφή με τον άνεμο οι ανεμογεννήτριες. Ακόμη ένα χαρακτηριστικό που είναι απαραίτητο είναι η γωνία περιστροφής της ατράκτου γύρω από τον κατακόρυφο άξονα καθώς ελέγχει την γωνία προσανατολισμού της έλικας.

5.8.2 Έλεγχος για απώλειες

Κατά την διάρκεια της λειτουργίας των πλωτών ανεμογεννητριών έχουμε απώλειες οι οποίες εντοπίζονται στα παρακάτω: το πεδίο όμορης ροής, η διαθεσιμότητα, η ηλεκτρική απόδοση, η απόδοση που έχει η ανεμογεννήτρια το περιβάλλον και οι μειώσεις δαπανών. Οι ανεμογεννήτριες οφείλουν την ενέργεια που παράγουν στον άνεμο, όμως στο κάτω μέρος της ανεμογεννήτριας η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται εξαιτίας του πεδίου όμορης ροής. Η διαθεσιμότητα ορίζει την μέση διαθεσιμότητα που υπολογίζεται ότι θα έχει η ανεμογεννήτρια κατά την διάρκεια λειτουργίας της κατασκευής. Ουσιαστικά είναι ένα ποσοστό που αναφέρεται στον παράγοντα που θα πρέπει να ενεργήσει στην “καθαρή ενέργεια” για να υπολογιστεί η μείωση της ενέργειας στο χρονικό διάστημα στο οποίο οι ανεμογεννήτριες δεν μπορούν να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια. Απώλειες στην ηλεκτρική ενέργεια εντοπίζονται μεταξύ των ακροδεκτών χαμηλής τάσης σε κάθε ανεμογεννήτρια και σημείο σύνδεσης. Ηλεκτρικές απώλειες έχουμε σε όλο το αιολικό πάρκο όταν λειτουργεί και θα παρουσιαστούν ως ελάττωση της ενέργειας που θα μετρηθεί από έναν μετρητή εξαγωγής στο σημείο που γίνεται η σύνδεση. Το συγκεκριμένο γεγονός παρουσιάζεται ως η ολική απόδοση η οποία στηρίζεται στο μέσο όρο του προσδοκώμενου ρυθμού παραγωγής που έχει το αιολικό πάρκο. Ένα απαραίτητο στοιχείο που πρέπει να γνωρίζουμε είναι η κατανάλωση ενέργειας όταν το αιολικό πάρκο δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει το όριο που έχει οριστεί τότε οι περισσότερες ανεμογεννήτριες παύουν να λειτουργούν. Ορισμένες φορές μπορεί να επικρατήσουν ακραίες καιρικές συνθήκες οι οποίες μπορούν να υποβιβάσουν την ποιότητα των επιφανειών στα πτερύγια προκαλώντας μείωση στην παραγωγή ενέργειας. Για να αντιμετωπιστούν διάφορα προβλήματα που μπορεί να έχει το αιολικό πάρκο όπως προβλήματα στην στήριξη ή στον προγραμματισμό συνίσταται η διακοπή της λειτουργίας σε ορισμένες ανεμογεννήτριες με αποτέλεσμα την ελάττωση στην παραγόμενη ενέργεια.

5.8.3 Έλεγχος φορτίων

Πριν γίνει η τοποθέτηση μιας πλωτής ανεμογεννήτριας είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προσδιοριστούν και να μελετηθούν τα φορτία που δρουν στην ανεμογεννήτρια κατά το διάστημα που θα βρίσκεται σε λειτουργία. Τα φορτία που δέχεται η ανεμογεννήτρια μπορούμε να τα διακρίνουμε σε τρεις κατηγορίες:

Η πρώτη κατηγορία αφορά τα φορτία που δέχεται η ανεμογεννήτρια και συνδέεται με την κατασκευή της ανεμογεννήτριας. Τα φορτία αυτά σχετίζονται

με το σύστημα στήριξης που έχει η ανεμογεννήτρια, την πλατφόρμα, την μετατόπιση που μπορεί να κάνει και στους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την ακυροβόληση και την πρόσδεση της. Επειδή γνωρίζουμε τα φορτία αυτά συνήθως μπορούμε να περιορίσουμε τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν. Για τα πλοία και τις δομές μακριά από την ακτή μπορούμε να μελετήσουμε τα αεροδυναμικά φορτία που δέχονται αλλά στις ανεμογεννήτριες χρειαζόμαστε πιο πολύπλοκα συστήματα για τον υπολογισμό.

Στην δεύτερη ομάδα έχουμε τα φορτία που δημιουργούνται στην ανεμογεννήτρια εξαιτίας του περιβάλλοντος και οφείλονται κυρίως στις καιρικές συνθήκες. Αυτά τα φορτία δημιουργούνται εξαιτίας των ρευμάτων στην θάλασσα, των κυμάτων των κεραυνών, του πάγου αλλά και της χλωρίδας και της πανίδας που βρίσκεται σε τμήματα της ανεμογεννήτριας. Η μελέτη των συγκεκριμένων θεωρείται δύσκολη καθώς ανάλογα με την εποχή έχουμε και τα ανάλογα καιρικά φαινόμενα .

Στην τρίτη κατηγορία έχουμε φορτία που συσχετίζονται με την λειτουργία της ανεμογεννήτριας και την φθορά με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον σε αυτή την ομάδα ανήκουν τα φορτία που έχουν σχέση με την μετακίνηση της ανεμογεννήτριας στο σημείο που επρόκειτο να εγκατασταθεί και στην μετέπειτα συντήρηση και ενδεχόμενη αλλαγή εξαρτημάτων τα οποία έχουν υποστεί κάποια ζημιά. Δυστυχώς τα συγκεκριμένα φορτία αλλάζουν και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να μελετηθούν.

5.9 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Το ολικό κόστος ισούται με το άθροισμα όλων των εξόδων κατά το χρονικό διάστημα που η ανεμογεννήτρια βρίσκεται σε λειτουργία. Συγκεκριμένα τα κόστη μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες : το ολικό κόστος εγκατάστασης, το κόστος της επένδυσης και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Στα συνολικά κόστη κατατάσσονται όλα τα χρήματα που έχουν διατεθεί για την ανάπτυξη ενός αιολικού πάρκου διαιρεμένο από τον αριθμό των ανεμογεννητριών. Στην συγκεκριμένη ομάδα βρίσκονται τα κόστη μέχρι να ξεκινήσει η λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Το μεγαλύτερο κόστος για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αποτελεί η ανεμογεννήτρια συγκεκριμένα σύμφωνα με μελέτες αποτελεί το 44 % του κεφαλαίου. Ουσιαστικά το κόστος του κεφαλαίου αποτελεί το μερίδιο των χρημάτων που έχουν επενδυθεί. Στην τρίτη ομάδα βρίσκονται τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης. Συνήθως το λειτουργικό κόστος ενός αιολικού πάρκου κυμαίνεται κοντά στα 30 εκατομμύρια (The Crown Estate) .Στο ποσό αυτό συνυπολογίζονται τα κύρια έξοδα για το υπεράκτιο αιολικό πάρκο χωρίς να ληφθεί καμία αποζημίωση. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού πραγματοποιείται εξονυχιστική συντήρηση για παράδειγμα γίνεται αλλαγή στα φίλτρα, ενώ το χειμώνα η συντήρηση είναι μικρής διάρκειας και συνηθίζονται να πραγματοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα κάποιες εργασίες. Το κόστος συντήρησης κατέχει σημαντικό μέρος του υπολογισμένου κόστους της ενέργειας που παράγουν τα αιολικά πάρκα. Συγκεκριμένα σύμφωνα με μελέτες η λειτουργία και η συντήρηση αποτελούν το

15-30% του κόστους ενέργειας. Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το κόστος συντήρησης είναι οι αντικαταστάσεις που γίνονται σε μεγάλα τμήματα, η χρησιμοποίηση καινούριων υλικών. Αν γίνει σωστή συντήρηση των τμημάτων το κόστος μπορεί να περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό. Μία σύγκριση που θα μπορούσε να γίνει μεταξύ της αιολικής ενέργειας και των άλλων μορφών ενέργειας είναι η μεταβολή που παρατηρείται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα που έχει προκύψει είναι η μελέτη των δεδομένων που έχουν ληφθεί από τις ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες έχουν ειδικά όργανα τα οποία τους βοηθούν να καταχωρίζουν στοιχεία που αφορούν τον άνεμο όπως η διεύθυνση του, η ταχύτητα του και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε κάθε αιολικό πάρκο να γίνεται καταχώριση του μέσου χρόνου για να διορθωθούν οι ζημιές, των ωρών που βρίσκεται σε λειτουργία η ανεμογεννήτρια και την ικανότητα για να παράξει ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Μέχρι το 2000 η αιολική ενέργεια παραγόταν μόνο μέσω των χερσαίων αιολικών πάρκων καθώς δεν είχαμε πολλές γνώσεις για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Τα χερσαία αιολικά πάρκα δεν χρειαζόντουσαν καινοτόμα τεχνολογία το κόστος ήταν ιδιαίτερα χαμηλό και οι υποδομές που χρειαζόνταν ήταν λίγες. Στην στεριά οι ταχύτητες του ανέμου είναι χαμηλές και για αυτό το λόγο οι ανεμογεννήτριες γίνονται βέλτιστες για τις συγκεκριμένες ταχύτητες. Οι οριζόντιοι άξονες στους στροβίλους που συναντάμε στις χερσαίες ανεμογεννήτριες έχουν την φορά του ανέμου. Οι καινούριοι στρόβιλοι μπορούν να περιστραφούν με ήπια αλλαγή των βημάτων στις λεπίδες τους για να εξοικειωθούν στις αλλαγές που παρατηρούνται στις κατευθύνσεις και τις ταχύτητες του ανέμου.

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι σημαντική λύση για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Στην θάλασσα οι ταχύτητες του ανέμου είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις ταχύτητες στην στεριά. Οι αποδόσεις των στροβίλων στα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι μεγαλύτερες από τις αποδόσεις στα χερσαία αιολικά πάρκα καθώς εκμεταλλευόμαστε την ταχύτητα του ανέμου στην θάλασσα.

6.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Από τις πιο σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ του υπεράκτιου και χερσαίου αιολικού πάρκου αφορούν το τεχνικό μέρος.

Στα χερσαία αιολικά πάρκα το οδικό τμήμα έχει πλάτος 5 μέτρα και η μέγιστη κλίση κυμαίνεται μεταξύ 10-12% εξαιτίας του βάρους των οχημάτων. Ο δρόμος είναι χωμάτινος και κατά το τέλος των εργασιών που εκτελούνται ο δρόμος επιστρώνεται με θραυστό υλικό.

Για την ηλεκτρική διασύνδεση στα χερσαία αιολικά πάρκα με βάση την ισχύς που θα έχει το έργο θα χρησιμοποιηθούν γραμμές μέσης τάσης ή υποσταθμοί ανύψωσης τάσης και γραμμές μεταφοράς.

Η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ των χερσαίων αιολικών πάρκων και των υπεράκτιων είναι ότι η συναρμολόγηση των περισσότερων τμημάτων των ανεμογεννητριών που θα τοποθετηθούν στην θάλασσα πραγματοποιείται στην στεριά. Η άτρακτος μοντάρεται πριν μεταφερθεί ενώ τα υπόλοιπα εξαρτήματα συν αρμολογούνται επιτόπου. Τα ηλεκτρικά καλώδια πρέπει να έχουν τοποθετηθεί κατά την έναρξη του μονταρίσματος της ανεμογεννήτριας. Στο χώρο όπου θα γίνει η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας μετακινούνται η άτρακτος που έχει συναρμολογηθεί, ο πυλώνας, τα πτερύγια του ρότορα και η πλήμνη. Το μοντάρισμα στα υπεράκτια αιολικά πάρκα μοιάζει με την συναρμολόγηση στο χερσαίο αιολικό πάρκο.

Για την Ελλάδα και για χώρες όπως η Γερμανία και η Δανία η τοποθέτηση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι δύσκολη καθώς η εγκατάσταση συνήθως γίνεται σε βάθη που δεν ξεπερνούν τα 40 μέτρα. Δυστυχώς στην Ελλάδα αυτά τα βάθη εντοπίζονται πολύ κοντά στις ακτές όπου δεν συνίσταται για αυτή τη χρήση. Στο κεφάλαιο 4 έχω αναφέρει τις ανεμογεννήτριες για τα κατάλληλα βάθη.

Πλέον οι περισσότεροι κατασκευαστές ανεμογεννητριών έχουν στραφεί στις ανεμογεννήτριες για υπεράκτια χρήση. Όσο αυξάνεται το μέγεθος των ανεμογεννητριών, και η απόσταση από την ακτή αναπτύσσονται ανεμογεννήτριες που στοχεύουν στην μείωση τους κόστους στην παραγωγή υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.



Εικόνα 6.1: Κατασκευή αιολικού πάρκου στην ξηρά

Πηγή: : ta nea gr



Εικόνα 6.2: Κατασκευή θαλάσσιου αιολικού πάρκου

Πηγή : ta nea gr

6.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί τεράστιο κίνδυνο για τους οργανισμούς της γης. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί εξαφάνιση σε είδη της χλωρίδας και της πανίδας προκαλώντας σημαντικές επιπτώσεις στην παγκόσμια οικολογία. Η αιολική ενέργεια ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ενώ έχει θετικές επιπτώσεις στην οικονομία και στην κοινωνία. Οι ανεμογεννήτριες δεν προκαλούν εκπομπή επικίνδυνων ουσιών συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος. Έχει υπολογιστεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτρια ισχύος 550 kW ισοδυναμεί με την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2700 βαρελιών πετρελαίου εμποδίζοντας την εκπομπή 735 τόνων διοξειδίου του άνθρακα.

Όπως ανέφερα στα προηγούμενα κεφάλαια η Ελλάδα διαθέτει από τα υψηλότερα αιολικά δυναμικά στην Ευρώπη. Η Ελλάδα διακρίνεται για το ιδιαίτερο ανάγλυφο, τον μεγάλο αριθμό νησιών και τις κλιματικές συνθήκες που ποικίλουν σε πολλές περιοχές της χώρας δημιουργώντας τοποθεσίες για εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν τα χερσαία αιολικά πάρκα διαφέρουν από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Η πιο σημαντική διαφορά περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ των χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι ότι οι επιπτώσεις στα υπεράκτια αιολικά πάρκα αφορούν την θαλάσσια ζωή. Ένα ενδεχόμενο που εξετάζεται είναι η δημιουργία τεχνητών υφάλων στις θεμελιώσεις των ανεμογεννητριών προκαλώντας την αύξηση του πληθυσμού των ψαριών στην συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό το γεγονός θα οδηγούσε στην αύξηση του πληθυσμού των πουλιών και κατά συνέπεια μεγαλύτερος κίνδυνος για σύγκρουση των πουλιών με τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας.

Στα αιολικά πάρκα μπορούν να τοποθετηθούν συστήματα τα οποία θα συνεισφέρουν στην διατήρηση της ισορροπίας στο φυσικό περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά μπορεί να έχουν :

- A) Θερμικές κάμερες
- B) Ραντάρ για πουλιά
- Γ) Θερμικές κάμερες

Όπως γνωρίζουμε κατά την θεμελίωση των πλωτών ανεμογεννητριών αφαιρείται το ακατάλληλο στρώμα εδάφους προκαλώντας αλλαγές στην μορφολογία του εδάφους επηρεάζοντας το οικοσύστημα.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αφορούν την λειτουργία και την κατασκευή των χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων μπορεί να διακριθεί στα παρακάτω:

- Μη βιοτικά χαρακτηριστικά: κλιματολογικά, μορφολογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά

- Φυσικό περιβάλλον : Χλωρίδα, πανίδα
- Ανθρωπογενές περιβάλλον: Κοινωνικό περιβάλλον(Ιστορικό περιβάλλον), Χρήσεις Γης

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αφορούν την λειτουργία και την κατασκευή των χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων μπορεί να διακριθούν στα παρακάτω:

Κατά την κατασκευή και την λειτουργία των υπεράκτιων και χερσαίων αιολικών πάρκων οι επιπτώσεις τους στα κλιματικά δεδομένα θεωρούνται ασθενείς. Οι επιπτώσεις των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην μορφολογία του εδάφους κρίνονται μέτριες ενώ στην αντίστοιχη περίπτωση των χερσαίων αιολικών πάρκων θεωρούνται υψηλές. Οι επιπτώσεις των χερσαίων αιολικών πάρκων στην χλωρίδα και την πανίδα θεωρούνται μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες επιπτώσεις στα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Οι επιπτώσεις των χερσαίων αιολικών πάρκων και των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο ανθρώπινο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα ασθενείς.

6.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Εξαιτίας των λιγότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε σύγκριση με τα χερσαία αιολικά πάρκα αρκετές χώρες έχουν στραφεί στην αξιοποίηση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Δυστυχώς το κόστος εγκατάστασης παραμένει ιδιαίτερα υψηλό στα υπεράκτια αιολικά πάρκα .

Αν και οι επενδύσεις στα υπεράκτια αιολικά πάρκα έχουν αυξηθεί κατακόρυφα τα χερσαία αιολικά πάρκα συνεχίζουν να καταλαμβάνουν περισσότερο μερίδιο στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Εξαιτίας της μικρής παραγωγής ανεμογεννητριών για την αξιοποίηση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και του μικρού αριθμού σκαφών λειτουργίας το κόστος παραμένει ιδιαίτερα υψηλό. Αρκετές χώρες προσπαθούν να εξισορροπήσουν το κόστος με ειδική τιμολόγηση στην ενέργεια που παράγεται από τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Το κόστος στα υπεράκτια αιολικά πάρκα παραμένει πιο υψηλό από τα χερσαία αιολικά πάρκα παρόλο που έχουν γίνει προσπάθειες μέσω νέων τεχνολογιών να μειωθούν οι διαστάσεις και το κόστος του στροβίλου κατά συνέπεια και το κόστος του έργου. Γίνονται έρευνες με σκοπό να αντικαταστήσουν το κιβώτιο ταχυτήτων που αποτελεί ιδιαίτερα ακριβό εξάρτημα με ένα εξάρτημα στο οποίο θα γίνεται απευθείας μετάδοση της κίνησης. Οι διαφορές στα κόστη μεταξύ του χερσαίου αιολικού πάρκου και του υπεράκτιου αιολικού πάρκου σχετίζονται με το σχεδιασμό, την κατασκευή και την διασύνδεση των πάρκων. Σύμφωνα με έρευνα στα δύο μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα της Δανίας το κόστος θεμελίωσης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών αποτελεί το 21 % του συνολικού κόστους ενώ στις χερσαίες ανεμογεννήτριες είναι το 5-9% του συνολικού κόστους. Το κόστος Κεφαλαίου στα υπεράκτια αιολικά πάρκα κυμαίνεται στο ποσό των 1200 - 1.300 €/kW ενώ των χερσαίων αιολικών πάρκων στο ποσό των 700-1000 €/kW κατά το

έτος 2007. Υπολογίζεται ότι το κόστος κεφαλαίου πρόκειται να μειωθεί εξαιτίας της ανάπτυξης των ειδικών σκαφών που είναι υπεύθυνα για την εγκατάσταση των πλωτών ανεμογεννητριών.

Έχει παρατηρηθεί ότι όσο αυξάνεται η απόσταση από τις ακτές και κατά συνέπεια το βάθος της θάλασσας τα κόστη σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο θα αυξηθούν. Λόγω της αύξησης του βάθους πρέπει να δημιουργηθούν ειδικές τουρμπίνες οι οποίες δυστυχώς είναι δύσκολο να κατασκευαστούν αν και προκαλούν μεγάλες ταχύτητες του ανέμου. Επιπλέον η απόσταση είναι ιδιαίτερα σημαντική για το κόστος συντήρησης και κατασκευής γιατί το υπεράκτιο αιολικό πάρκο πρέπει να συνδεθεί με το ηλεκτρικό δίκτυο και όσο αυξάνεται η απόσταση από την ακτή το κόστος μεγαλώνει.

Το υπεράκτιο αιολικό πάρκο έχει τη δυνατότητα να εξισορροπήσει τα αρχικά κεφάλαια με την μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως ανέφερα παραπάνω στα υπεράκτια αιολικά πάρκα έχουμε την δυνατότητα να αξιοποιήσουμε μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου από ότι στα χερσαία αιολικά πάρκα και κατά συνέπεια μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνοψίζοντας οι διαφορές μεταξύ των χερσαίων και υπεράκτιων είναι οι παρακάτω:

- Οι ανεμογεννήτριες στην ξηρά αποδίδουν μικρότερες ταχύτητες από τις ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται στην θάλασσα.
- Η διάβρωση στις θαλάσσιες ανεμογεννήτριες λόγω της υγρασίας είναι μεγαλύτερη από την διάβρωση στην ξηρά
- Οι χερσαίες ανεμογεννήτριες αλληλοεπιδρούν με το φυσικό και ανθρώπινο περιβάλλον ενώ οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες δεν αλληλοεπιδρούν τόσο καθώς έχουν μεγάλη απόσταση από τις ακτές.
- Το κόστος κεφαλαίου στα χερσαία αιολικά πάρκα λόγω της εύκολης εγκατάστασης είναι πιο χαμηλό από την αντίστοιχη περίπτωση στα υπεράκτια αιολικά πάρκα .
- Η συναρμολόγηση των τμημάτων της ανεμογεννήτριας στα χερσαία αιολικά πάρκα είναι πιο εύκολη διαδικασία από την συναρμολόγηση των πλωτών ανεμογεννητριών στις υπεράκτιες τοποθεσίες.

6.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα αιολικά υπεράκτια πάρκα προτιμώνται σε σύγκριση με τα χερσαία αιολικά πάρκα για τους εξής λόγους: α) στο θαλάσσιο περιβάλλον εντοπίζονται άνεμοι μεγαλύτερης έντασης από ότι στην στεριά β) οι ανεμογεννήτριες υπεράκτιων αιολικών πάρκων παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση από τις αντίστοιχες ανεμογεννήτριες στην ξηρά. γ) δεν επιδρά το ανάγλυφο στην ανάπτυξη ανέμων. δ) στις θαλάσσιες περιοχές που είναι αχανής μπορούμε να εντοπίσουμε κατάλληλους χώρους για τα αιολικά πάρκα σε αντίθεση με την στεριά όπου στις πυκνοκατοικημένες περιοχές έχουμε δυσκολία στον εντοπισμό κατάλληλου χώρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

7.1 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Ο ισχύων νόμος για την εγκατάσταση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα είναι ο νόμος 3851/2010 του άρθρου 6. Ο συγκεκριμένος νόμος προβλέπει την δημιουργία αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο. Όπως ανέφερα παραπάνω το 2010 το Υπουργείο Ενέργειας επέλεξε δέκα περιοχές για την εγκατάσταση αιολικών υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Σύμφωνα με τις μελέτες που είχαν γίνει ως μέγιστο βάθος για την οικονομική βιωσιμότητα του υπεράκτιου αιολικού πάρκου ήταν τα 50 μέτρα. Οι περιοχές που ανέφερα παραπάνω επιλέχτηκαν με βάση κάποια κριτήρια:

- Αιολικό δυναμικό
- Επιπτώσεις στο περιβάλλον
- Οπτική όχληση
- Η ικανότητα σύνδεσης με υποθαλάσσιο καλώδιο
- Η υπάρχουσα τεχνολογία

Από τις μελέτες που έγιναν όσες περιοχές ανήκαν στο δίκτυο Natura αποκλείστηκαν. Οι αποστάσεις από των αιολικών πάρκων από συγκεκριμένες περιοχές (μνημεία, ακτές, κλπ.) παρουσιάζονται στα παραρτήματα.

7.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Για να πραγματοποιηθεί η κατασκευή και η λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι απαραίτητο να δοθούν οι παρακάτω άδειες και συμβάσεις από τον ενδιαφερόμενο παραγωγό. Οι αιτήσεις που πρέπει να υποβληθούν είναι:

- Προσφορά για διασύνδεση με το σταθμό
- Έκδοση άδειας εγκατάστασης
- Έκδοση Οικοδομικών Αδειών
- Υπογραφή Σύμβασης Σύνδεσης με το δίκτυο
- Άδεια για επέμβαση στο δάσος ή σε δασική έκταση για πραγματοποίηση διαφόρων εργασιών

Δοκιμαστική περίοδος και έκδοση Άδειας Λειτουργίας

7.2.1 Άδεια παραγωγής

Υπεύθυνο για την χορήγηση άδειας παραγωγής είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης αφού πρώτα συμβουλευτεί την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Η συγκεκριμένη

άδεια έχει διάρκεια τα 25 έτη. Η ΡΑΕ δίνει την άδεια παραγωγής σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο εφόσον είναι αποδοτικό ενεργειακά και οικονομικά.

7.2.2 Προσφορά σύνδεσης στο σύστημα

Υπεύθυνος για την διαχείριση του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι ο ΑΔΜΗΕ. Ο κάτοχος άδειας παραγωγής υποβάλλει στον ΑΔΜΗΕ μια αίτηση που θα του χορηγηθεί σε διάστημα τεσσάρων μηνών. Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα η προσφορά είναι για τέσσερα χρόνια και υπάρχει η δυνατότητα ανανέωσης.

Η αίτηση για σύνδεση πρέπει να έχει τα παρακάτω:

- Την ημερομηνία που πρέπει να γίνει η σύνδεση και την ημερομηνία που θα λειτουργήσει το πάρκο.
- Αντίγραφο της πληρωμής στο ΑΔΜΗΕ για την εκπόνηση της σύνδεσης

Στοιχεία στο Κεφάλαιο 56 του ΚΔΣ& ΣΗΕ

- Η σύνδεση πρέπει να είναι αξιόπιστη και να συμβαδίζει με τα πρότυπα ασφαλείας.
- Χάρτης σε κλίμακα 1:50.000 όπου θα είναι σημειωμένη η θέση εγκατάστασης και οι συντεταγμένες για την σύνδεση.
- Σχέδιο τυπωμένο ή σε ψηφιακή μορφή 1:200 ή 1:500 όπου θα παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες εγκαταστάσεις, ο υποσταθμός, οι μετασχηματιστές και άλλα απαραίτητα στοιχεία.
- Χάρτης ΓΥΣ με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του σταθμού σύνδεσης
- Ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης με τον απαραίτητο εξοπλισμό

Ο ΑΔΜΗΕ εξετάζει αν οι συνθήκες στα σημεία σύνδεσης είναι επαρκείς. Ο σταθμός παραγωγής κατά την λειτουργία του δεν θα πρέπει όταν εκτελεί διεργασίες να δημιουργούνται διαταραχές όπως απότομες μεταβολές τάσης ή ευστάθεια στο σύστημα κατά την μεταφορά ισχύος από ή προς το σύστημα.

Στην προσφορά σύνδεσης εντοπίζονται διάφορες απαιτήσεις που αφορούν τα είδη γραμμών μεταφοράς, η σύνδεση με τον υποσταθμό, οι πύλες μεταφοράς, η σύνθεση του υποσταθμού. Συγκεκριμένα στην προσφορά σύνδεσης υπάρχουν τα παρακάτω:

- Παρουσίαση του τρόπου σύνδεσης
- Περιγραφή του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση
- Υπολογισμός των δαπανών για την σύνδεση
- Ο χρόνος που έχει ισχύ η προσφορά
- Η εκτίμηση για το χρόνο πραγματοποίησης της σύνδεσης
- Ο χρόνος για την αποδοχή της προσφοράς σύνδεσης

7.2.3 Περιβαλλοντικοί Όροι

Ο κάτοχος της άδειας παραγωγής υποβάλλει έγκριση στην Περιφέρεια όπου θα πραγματοποιηθεί το έργο για να γίνει η έκδοση της έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων. Η περιφέρεια μελετά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης που πρέπει να γίνουν. Σε διάστημα 4 μηνών από το χρόνο που ο φάκελος της αίτησης θα είναι πλήρης θα πρέπει η Περιφέρεια να εκδώσει απόφαση για το αν εγκρίνει τους Περιβαλλοντικούς όρους. Η συγκεκριμένη άδεια έχει ισχύς 10 χρόνια και μπορεί να ανανεωθεί με αίτηση έξι μήνες πριν τη λήξη της. Στην περίπτωση των θαλασσιών πάρκων αρμόδιος φορέας για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων είναι η Κτηματική Υπηρεσία που θα κοινοποιήσει την αίτηση στο Υπουργείο Ανάπτυξης.

7.2.4 Άδεια εγκατάστασης αιολικού πάρκου

Για να λάβει κάποιος την άδεια εγκατάστασης πρέπει να έχει λάβει πρώτα την άδεια παραγωγής και να έχουν εγκριθεί οι περιβαλλοντικοί όροι. Η άδεια εγκατάστασης χορηγείται από την Περιφέρεια με αίτηση. Η αίτηση θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει τα εξής:

A) προσφορά σύνδεσης με το δίκτυο

B) Για την περίπτωση του θαλάσσιου πάρκου έγκριση παραχώρησης της χρήσης του θαλάσσιου χώρου ή της επέμβασης σε αυτό

Γ) Αποδείξεις πληρωμών τελών και λοιπών φόρων και κρατήσεων

Για τις υποκατηγορίες A2,B3,B4 η άδεια εγκατάστασης δίνεται από την περιφέρεια σε διάστημα δεκαπέντε εργάσιμων ημερών. Για την υποκατηγορία A1 την άδεια την δίνει το Υπουργείο Ανάπτυξης σε διάστημα τριάντα ημερών.

7.3 ΣΥΜΒΑΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Αφού πρώτα γίνει δεσμευτική η προσφορά σύνδεσης τότε ο δικαιούχος μπορεί να κάνει αίτηση στον ΑΔΜΗΕ που είναι ο διαχειριστής για σύμβαση σύνδεσης. Ο ενδιαφερόμενος μετά από την σύμβαση σύνδεσης μπορεί να ξεκινήσει τα έργα για την πραγματοποίηση της σύνδεσης.

7.3.1 Σύμβαση πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συγκεκριμένη σύμβαση πραγματοποιείται μεταξύ του διαχειριστή και του ενδιαφερόμενου και έχει ισχύ για 20 χρόνια.

7.4 ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΙ ΑΔΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Αφού πραγματοποιηθεί η σύμβαση Αγοροπωλησίας και σύνδεσης ο κάτοχος της άδειας εγκατάστασης μπορεί να κάνει δοκιμαστική σύνδεση. Ο κάτοχος της άδειας στέλνει στον διακομιστή αίτηση για να γίνουν δοκιμές. Για 15 ημέρες ο σταθμός θα ηλεκτριστεί και θα πραγματοποιούνται έλεγχοι από τον ΑΔΜΗΕ και τον κάτοχο της άδειας. Εφόσον δεν εντοπιστούν τεχνικά προβλήματα ο παραγωγός θα λάβει μια πιστοποίηση ότι ολοκληρώθηκε με επιτυχία η δοκιμαστική λειτουργία.

Η ίδια υπηρεσία που χορήγησε την άδεια εγκατάστασης θα δώσει και την άδεια λειτουργίας. Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τα αρμόδια όργανα εκτελούν ελέγχους για την τήρηση της άδειας Εγκατάστασης. Αφού ολοκληρωθούν οι απαραίτητοι έλεγχοι τότε σε διάστημα 15 ημερών θα δοθεί η άδεια. Ο κάτοχος της συγκεκριμένης άδειας πρέπει να ενημερώνει το Υπουργείο Ανάπτυξης και τη ΡΑΕ στο πρώτο τρίμηνο κάθε έτους για στοιχεία που αφορούν το προηγούμενο έτος και είναι τα παρακάτω:

- Την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη μέγιστη ισχύς σε κάθε έτος
- Διάφορα προβλήματα που αφορούν την ομαλή λειτουργία του σταθμού και σχετίζονται με το σύστημα ή με το δίκτυο
- Το ποσοστό μη διαθεσιμότητας κάθε έτος και τις αιτίες για αυτό το πρόβλημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

8.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έχω επιλέξει δύο τοποθεσίες για την κατασκευή υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται στην ανατολική πλευρά του νομού Λακωνίας. Οι συγκεκριμένες περιοχές έχουν έντονο ενδιαφέρον για κατασκευή αιολικών πάρκων λόγω του καλού αιολικού δυναμικού που διαθέτουν.

Αρχικά θα αναφέρω κάποια στοιχεία για το νομό Λακωνίας. Ο νομός Λακωνίας είναι ο νοτιότερος νομός της ηπειρωτικής Ελλάδας. Βρέχεται από το Μυρτώο Πέλαγος, το Μεσσηνιακό κόλπο και το Λακωνικό κόλπο. Σύμφωνα με την καταμέτρηση του πληθυσμού το 2011 έχει 89138 κατοίκους και η έκταση της είναι 3639 τ. χλμ. Μεγαλύτερη πόλη είναι η Σπάρτη με πληθυσμό 16239 κατοίκους (2011). Άλλες σημαντικές πόλεις είναι το Γύθειο, ο Βλαχιώτης, οι Μολάοι, η Σκάλα, ο Μυστράς, η Μονεμβάσια, η Αερόπολη, ο Γερολιμένας και η Νεάπολη Βοιών. Με βάση το πρόγραμμα <<Καλλικράτης>> ο νομός χωρίζεται στους παρακάτω δήμους:

1. Δήμος Αν. Μάνης
2. Δήμος Ευρώτα
3. Δήμος Ελαφονήσου
4. Δήμος Μονεμβασίας
5. Δήμος Σπάρτης

ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Στο νομό Λακωνίας οι περισσότεροι κάτοικοι ασχολούνται με την αγροτική καλλιέργεια και την παραγωγή αγροτικών προϊόντων όπως ελιά, κρασί και πορτοκάλι. Στις παράκτιες περιοχές του νομού υπάρχει ανάπτυξη του καλοκαιρινού τουρισμού. Αρκετοί ασχολούνται και με την κτηνοτροφία.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βουνά: Ταΰγετος, Πάρνωνας

Ποταμοί: Ευρώτας, Βασιλοπόταμος

Σπήλαια: Γλυφάδα Δυρού, Άγιου Ανδρέα Καστανιάς, Αλεπότρυπα

Ακρωτήρια: Ταίναρο, Μαλέας

Νησιά: Ελαφόνησος

Η Λακωνία γενικά είναι ορεινή περιοχή και μόνο το ¼ είναι πεδινό. Στην ανατολική πλευρά της Λακωνίας εντοπίζεται η οροσειρά του Πάρνωνα και δυτικά η οροσειρά του Ταυγέτου. Η οροσειρά του Πάρνωνα καταλήγει στην χερσόνησο της Μάνης και του Ταυγέτου στο ακρωτήριο Μαλέας.

Το κλίμα στην Λακωνία είναι μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες. Το καλοκαίρι έχει μεγάλη διάρκεια και είναι θερμό και ξηρό .

Στην περιοχή του Μαλέα, κοντά στην θάλασσα εντοπίζεται απολιθωμένο δάσος με κορμούς ηλικίας εκατομμυρίων ετών .

Περιοχές Natura 2000

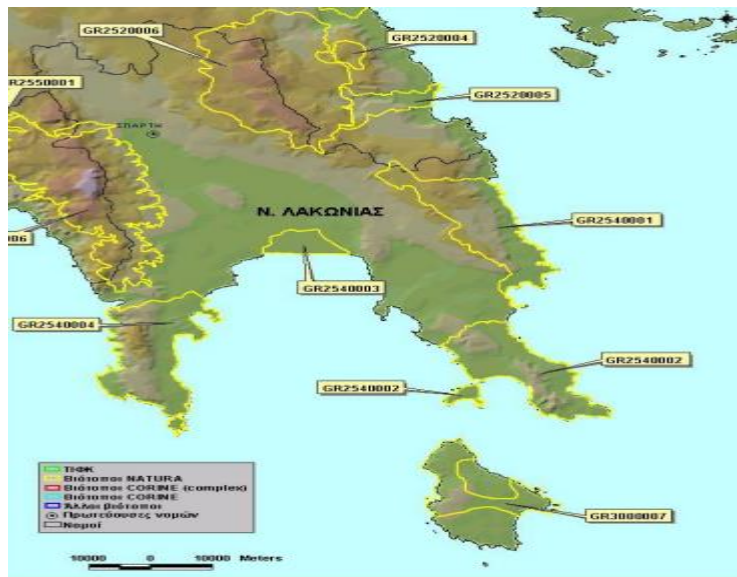
Τα όρη Γιδοβούνι, Χιονοβούνι, Γαΐδουροβούνι, Κοράκια, Καλογροβούνι και Κουλοχέρα, η περιοχή της Μονεμβασίας, το σπήλαιο Σολομού, η Τρύπα, ο πύργος του Αγίου Στεφάνου και η θαλάσσια ζώνη ως το Ακρωτήριο Καμήλι είναι προστατευόμενοι βιότοποι του

Natura 2000 με κωδικό GR2540001 και συνολική έκταση 390,52 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Πίνακας 8.1: Οι περιοχές Natura στην Λακωνία με τον κωδικό αρίθμησης

Πηγή : Διπλωματική Εργασία Γεώργιος Γκούμας

ΠΕΡΙΟΧΕΣ NATURA 2000- ΝΟΜΟΥ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	Κωδ. Αριθμ
ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΡΩΤΑ	GR2540003
ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΡΥΠΗΣ	GR2540005
ΝΟΤΙΑ ΜΑΝΗ, ΟΡΟΣ ΣΑΓΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΤΑΙΝΑΡΟ	GR2540004
ΟΡΗ ΓΙΔΟΒΟΥΝΙ, ΧΙΟΝΟΒΟΥΝΙ, ΓΑΪΔΟΡΟΒΟΥΝΙ , ΚΟΡΑΚΙΑ ΚΑΛΟΓΕΡΟΒΟΥΝΙ , ΚΟΥΛΟΧΕΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΟΝΕΜΒΑΣΙΑΣ	GR2540001
ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑΠΟΛΗΣ (ΒΟΙΩΝ) ΚΑΙ ΝΗΣΟΣ ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ	GR2540002



Εικόνα 8.1 :Περιοχές Natura στην Λακωνία

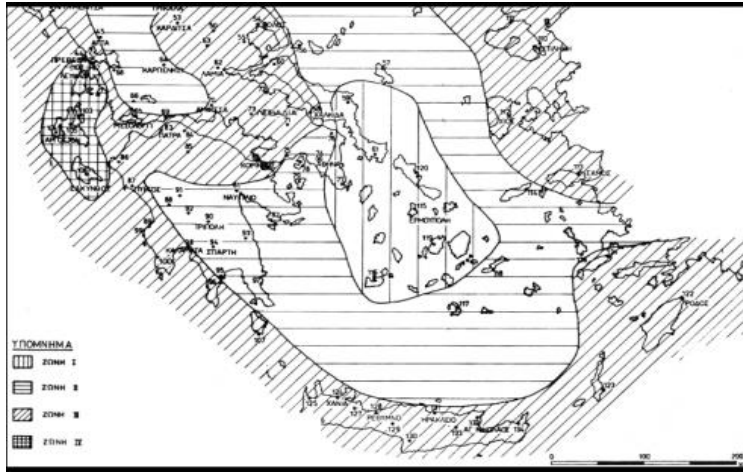
Πηγή: Διπλωματική Εργασία Γεώργιος Γκούμας

Το είδος SCI αφορά τις περιοχές που ανήκουν στην μεσογειακή ζώνη εκεί που ανήκει ολόκληρη η Ελλάδα. Το είδος SPA αφορά τις περιοχές που ανήκουν στο δίκτυο Natura 2000 και έχουν σαν στόχο την προστασία των πουλιών.

Πίνακας 8.2: Οι κωδικοί Natura με την κάλυψη τους

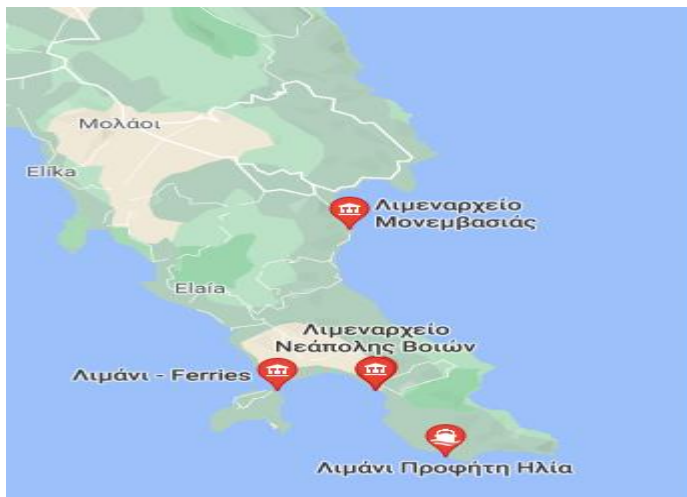
Πηγή: Διπλωματική Εργασία Γεώργιος Γκούμας

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΠΟΥ	Κάλυψη (ha)
GR2540001	SCI	ΟΡΗ ΓΙΔΟΒΟΥΝΙ , ΧΙΟΝΟΒΟΥΝΙ ΓΑΪΔΟΡΟΒΟΥΝΙ , ΚΟΡΑΚΙΑ , ΚΑΛΟΓΕΡΟΒΟΥΝΙ, ΚΟΥΛΟΧΕΡΑ& ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΟΝΕΜΒΑΣΙΑΣ	28821.73
GR2540002	SCI	ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΝΗΣΟΣ ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΥ	5492.66
GR2540003	SCI	ΕΚΒΟΛΕΣ ΕΥΡΩΤΑ	5445.61
GR2540005	SCI	ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΡΥΠΗΣ	1588.49
GR2540006	SPA	ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΚΒΟΛΩΝ ΕΥΡΩΤΑ	2260
GR2540007	SPA	ΟΡΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	37537



Εικόνα 8.2: Ζώνες αντισεισμικής προστασίας

Πηγή: Οργανισμός Αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας

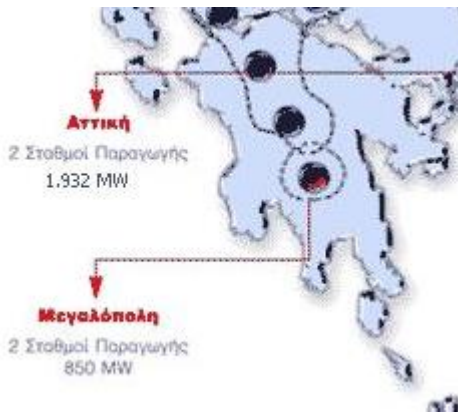


Εικόνα 8.3: Τα λιμάνια στην περιοχή που θα γίνει η μελέτη για την εγκατάσταση υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

Πηγή : <https://www.google.com/maps/@36.4304537,23.1299396,11.25z>

8.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΛΑΚΩΝΙΑ

Οι ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια στην Λακωνία καλύπτονται από τους δύο σταθμούς παραγωγής στην Μεγαλόπολη ισχύος 850 MW και από τα αιολικά πάρκα που υπάρχουν στον νομό.



Εικόνα 8.4 :Οι δύο σταθμοί παραγωγής ενέργειας

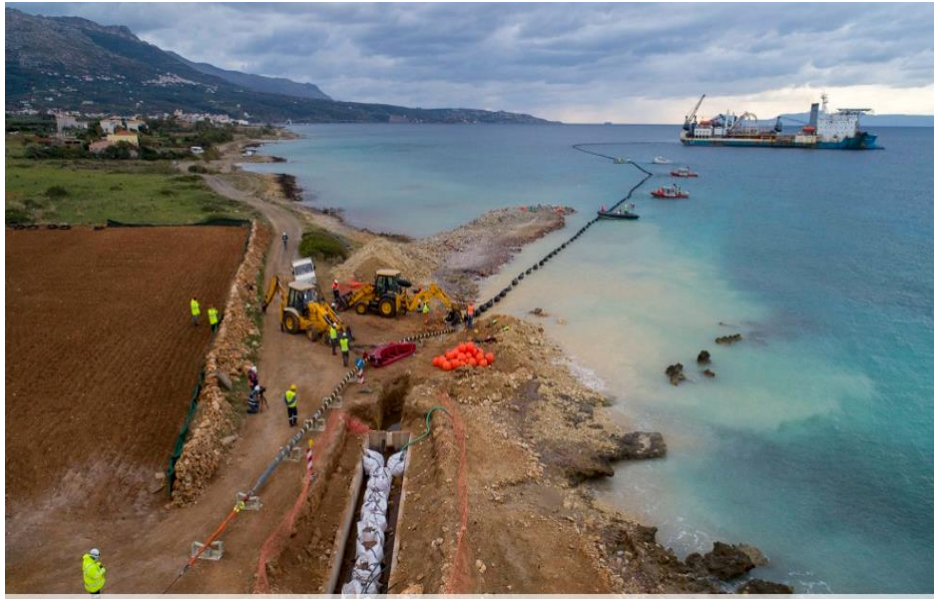
Πηγή:<https://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/tomeis-drastiriotitas/paragwgi/analutikos-xartis-stathmwn>

Φέτος ολοκληρώθηκε ένα σημαντικό έργο στο οποίο συμμετέχει ο νομός Λακωνίας και είναι η διασύνδεση της Κρήτης – Πελοποννήσου. Το έργο αποτελείται από την κατασκευή της διασύνδεσης 150 kV AC 2x200 MVA μεταξύ Κρήτης και Πελοποννήσου. Στο έργο περιλαμβάνονται δύο υποβρύχια καλώδια μήκους 135 χιλιομέτρων έκαστο, αναβαθμίσεις στις υπάρχοντες και κατασκευή καινούριων εναέριων Γραμμών Μεταφοράς, υπόγεια καλώδια και υποσταθμούς στην Πελοπόννησο και Κρήτη, σύστημα ελεγχόμενης σύγχρονης αντιστάθμισης άεργου ισχύος (STATCOM) στο Ηράκλειο. Τα σημεία προσγειώσεως των υποβρυχίων καλωδίων είναι στον κόλπο του Κίσσαμου (Κρήτη) και στη χερσόνησο Μαλέα(Πελοπόννησος).

Χαρακτηριστικά έργου :

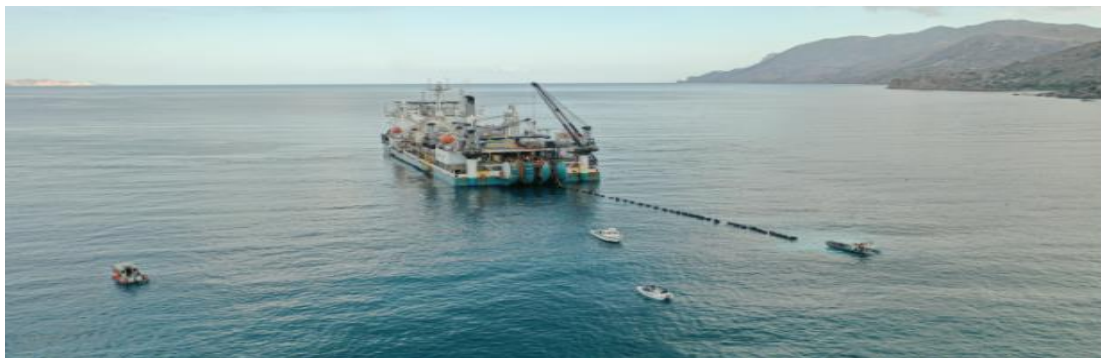
- 1) Η μεγαλύτερη σε μήκος καλωδιακή διασύνδεση Εναλλασσόμενου Ρεύματος στον κόσμο (174 χιλιόμετρα)
- 2) Τη μεγαλύτερη σε μήκος υποβρύχια καλωδιακή διασύνδεση Υψηλής Τάσης με τριπολικό καλώδιο μόνωσης XLPE στον κόσμο (132 χλμ.)
- 3) Τη βαθύτερη υποβρύχια καλωδιακή διασύνδεση Υψηλής Τάσης με τριπολικό καλώδιο μόνωσης XLPE στον κόσμο (1000 μέτρα βάθος)
- 4) Το μεγαλύτερο έως τώρα, ενιαίο έργο σε προϋπολογισμό στην ιστορία του ΑΔΜΗΕ

Περιοχή Νεάπολη Λακωνίας



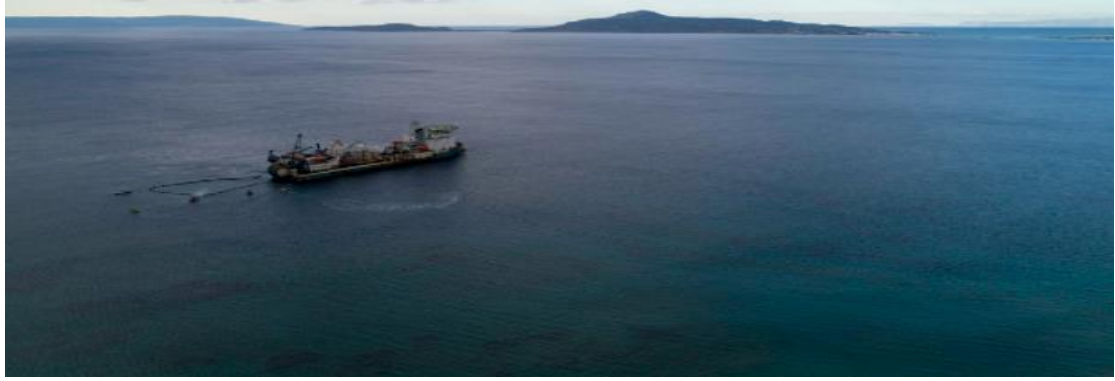
Εικόνα 8.5 : Τοποθέτηση καλωδίου περιοχή Νεάπολη Λακωνίας

Πηγή : <https://www.admie.gr/erga/erga-diasyndeseis/diasyndesi-tis-kritis-metin-peloponniso>



Εικόνα 8.6: Τοποθέτηση καλωδίου ανοικτά του Λακωνικού Κόλπου

Πηγή : <https://www.admie.gr/erga/erga-diasyndeseis/diasyndesi-tis-kritis-metin-peloponniso>



Εικόνα 8.7: Το πλοίο που τοποθετεί το καλώδιο

Πηγή: : <https://www.admie.gr/erga/erga-diasyndeseis/diasyndesi-tis-kritis-metin-peloponniso>.



Εικόνα 8.8: Υποσταθμός στην Σκαλαβούνα Λακωνίας για την διασύνδεση Κρήτης Πελοποννήσου

Πηγή: Φωτογραφίες που τράβηξα με την κάμερα του κινητού



Εικόνα 8.9:Υποσταθμός στην Σκαλαβούνα Λακωνίας για την διασύνδεση Κρήτης Πελοποννήσου

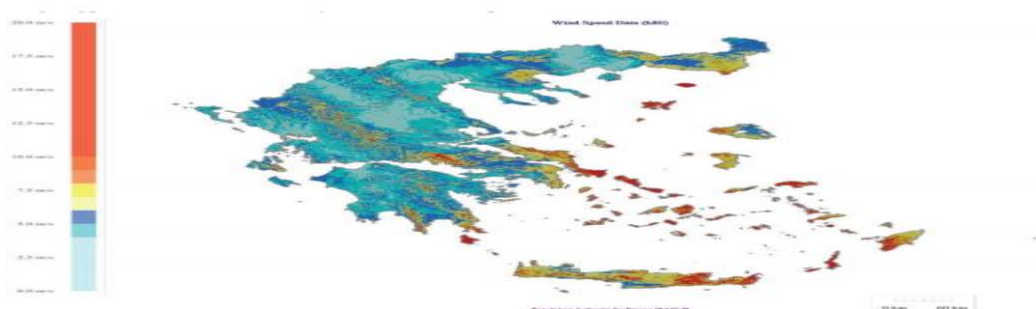
Πηγή: Φωτογραφίες που τράβηξα με την κάμερα του κινητού

Ένας από τους στόχους που έχει θέσει η Ελλάδα για να συμβάλει στους στόχους της Ε.Ε. για την κλιματική αλλαγή είναι η απολιγνιτοποίηση. Αρκετοί σταθμοί όπως στην Μεγαλόπολη θα αναγκαστούν να βρουν άλλα καύσιμα ή θα οδηγηθούν σε σταδιακά σε περιορισμό της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Για αυτούς τους λόγους η ΔΕΔΗΕ έχει στραφεί στις ΑΠΕ.

8.3 ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

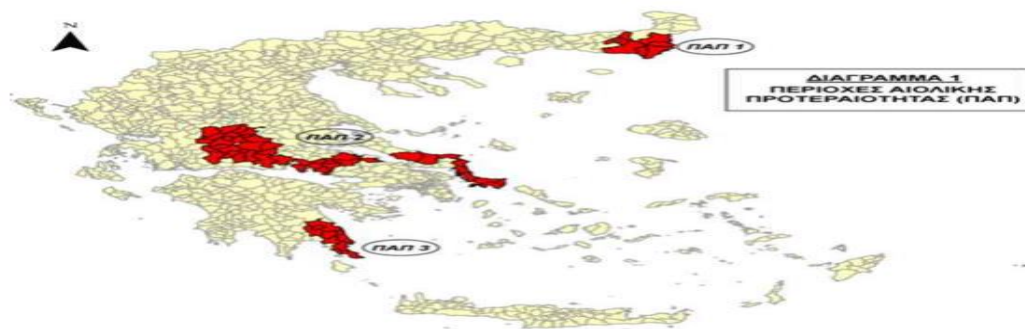
Λόγω του πολύ καλού αιολικού δυναμικού που εντοπίζεται στην νότια Πελοπόννησο υπάρχουν αιολικά πάρκα στην περιοχή και επρόκειτο να κατασκευαστούν και άλλα. Η περιοχή της Λακωνίας έχει χαρακτηριστεί ως περιοχή αιολικής προτεραιότητας. Λόγω του καλού αιολικού δυναμικού έχουν πάρει άδεια να κατασκευαστούν αρκετά αιολικά στην περιοχή. Στις παρακάτω εικόνες παραθέτοντας στοιχεία για τα υπάρχοντα αιολικά πάρκα (τοποθεσία, αριθμός ανεμογεννητριών, εγκατεστημένη ισχύς. Επιπλέον παραθέτω με την μορφή εικόνας τις περιοχές που έχουν πάρει άδεια εγκατάστασης για αιολικά πάρκα.

Εικόνα με το αιολικό δυναμικό στις περιοχές της Ελλάδας με κόκκινο οι περιοχές με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό



Εικόνα : Αιολικό Δυναμικό στην Ελλάδα

Πηγή: www.rae.gr



Εικόνα : Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας

Πηγή : www.rae.gr

ΑΙΟΛΙΚΟ ΣΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 2: 2.1/4 ΤΥΠΙΚΕΣ Α/Γ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ 4.348 MWe)	
ΠΕΡΙΟΧΗ 3	
ΝΟΜΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ
Δ. Βοϊών	Δ. Λεωνιδίου
Δ. Γερονθρών	Κ. Κοσμά
Δ. Ζάρακα	
Δ. Μολάων	
Δ. Μονεμβασίας	
Δ. Νιάτων	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 3: 478 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 955 MWe)	
Συνολικό αιολικό δυναμικό των ΠΑΠ: 3.190 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 6.379 MWe)	

Εικόνα : Το υπολογισμένο αιολικό δυναμικό στην Λακωνία και οι προβλεπόμενες ανεμογεννήτριες

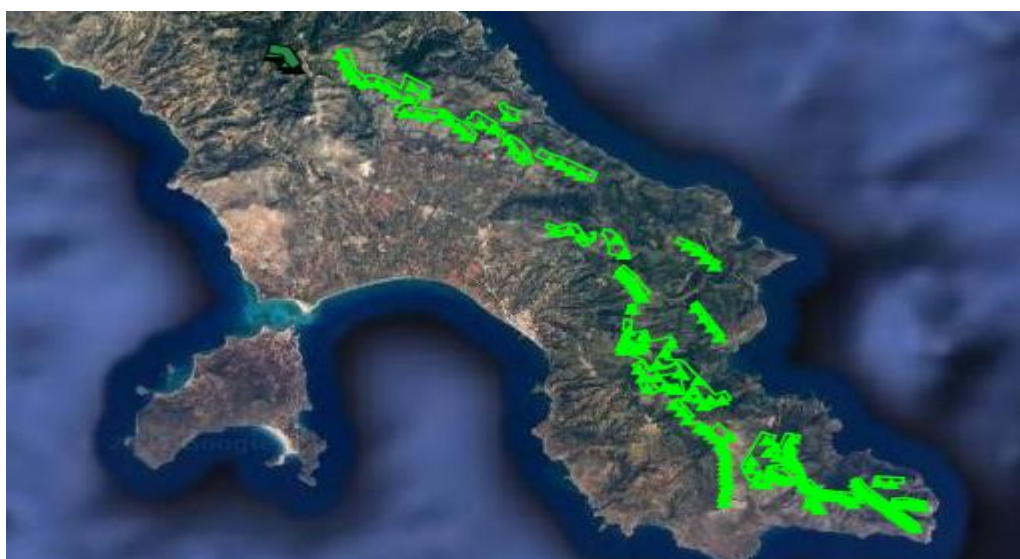
Πηγή : Σιμιδάλας- Σταματόπουλος 2018 Πτυχιακή Εργασία << Ανεμογεννήτριες και αιολικά πάρκα >> ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΔΗΜΟΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΛΥΨΗ (ΤΥΠ. ΑΓ/1000 ΣΤΡ.)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΑΡ. ΤΥΠΙΚΩΝ Α/Γ
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΝΗΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΝΗΣ	109.910,05	0,66	72,54
		ΓΥΘΕΙΟΥ	196.930,00	0,66	129,97
		ΟΙΤΥΛΟΥ	218.855,30	0,66	144,44
		ΣΜΥΝΟΥΣ	0	0	0
	ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΥ	ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΥ	0	0	0
	ΕΥΡΩΤΑ	ΓΕΡΟΝΘΡΩΝ	236.098,53	1,05	247,90
		ΕΛΟΥΣ	0	0	0
		ΚΡΟΚΕΩΝ	0	0	0
		ΝΙΑΤΩΝ	205.980,68	1,05	216,28
		ΣΚΑΛΑΣ	0	0	0
	ΜΟΝΕΜΒΑΣΙΑΣ	ΑΣΩΠΟΥ	0	0	0
		ΒΟΙΩΝ	215.302,56	1,05	226,07
		ΖΑΡΑΚΑ	237.724,12	1,05	249,61

ΣΠΑΡΤΗΣ	ΘΕΡΑΠΝΩΝ	0	0	0
	ΚΑΡΥΩΝ	64.033,54	0,66	0,00
	ΜΥΣΤΡΑ	132.214,92	0,66	87,26
	ΟΙΝΟΥΠΤΟΣ	0	0	0
	ΠΕΛΛΑΝΑΣ	153.264,08	0,66	101,15
	ΣΠΑΡΤΙΑΤΩΝ	0	0	0
	ΦΑΡΙΔΟΣ	0	0	0

Εικόνα : Η συχνότητα των αιολικών εγκαταστάσεων στο νομό Λακωνίας .

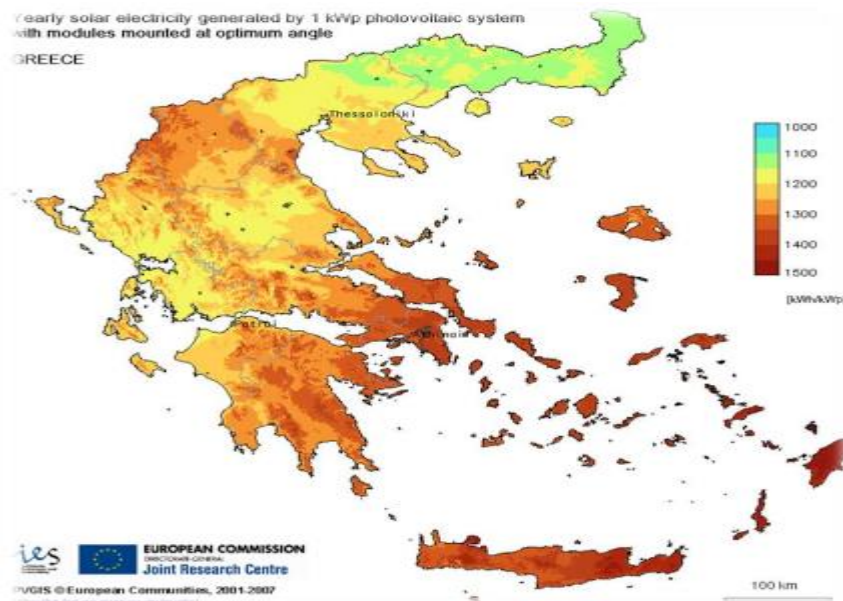
Πηγή : <https://geo.rae.gr/?tab=panel-1347>



Εικόνα : Με πράσινο χρώμα τα αιολικά πάρκα που έχουν λάβει άδεια εγκατάστασης στον Νομό Λακωνίας.

Πηγή: https://geo.rae.gr/?tab=viewport_maptab

Ο νομός Λακωνίας εκτός από πολύ καλό αιολικό δυναμικό που διαθέτει καλό ηλιακό δυναμικό όπως αποδεικνύεται από την παρακάτω εικόνα.



Εικόνα: Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας

Πηγή: www.rae.gr

Μάλιστα στη Λακωνία υπάρχει Φωτοβολταϊκό Πάρκο συνολικής ισχύος 2MW νοτιοανατολικά της Σπάρτης σε απόσταση 250 χιλιομέτρων από την Αθήνα. Έχει υπολογιστεί ότι η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία είναι 1,580,000 κιλοβατώρες (ανά εγκατεστημένη MW).

8.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Έχω επιλέξει δύο περιοχές για την εγκατάσταση υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Η πρώτη περιοχή είναι μεταξύ της περιοχής Καστέλας και της Κάτω Καστανιάς κοντά στο Ακρωτήριο Μαλέας. Παρακάτω παρουσιάζω τις μέγιστες ταχύτητες του ανέμου και τις διευθύνσεις τους.

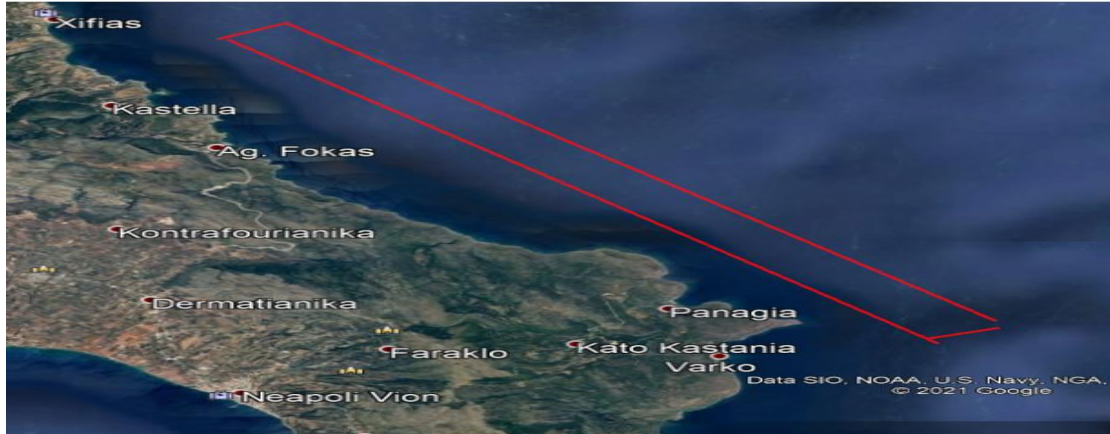
Πληροφορίες σταθμού: Υψόμετρο 161 m, Θέση : Δημοτικό Σχολείο Αγίου Νικολάου Βοιών Λακωνίας. Βρίσκεται σε οροφή κτιρίου. Ύψος αισθητήρων θερμ/υγρ : 2 m. Ύψος ανεμομέτρου : 2 m.

Πίνακας: Μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου το 2020 στην περιοχή του Κάβο Μαλέα

Πηγή: <http://meteosearch.meteo.gr/>

ΜΗΝΕΣ	Umax(km/h)	Umax(m/s)	Beaufort	Direction
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	88.5	24.58	9.53	NW
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	77.2	21.44	8.7	N
ΜΑΡΤΙΟΣ	83.7	23.25	9.18	N
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	90.1	25.03	9.64	N
ΜΑΙΟΣ	75.6	21	8.58	N
ΙΟΥΝΙΟΣ	57.9	16.08	7.18	N

ΙΟΥΛΙΟΣ	69.2	19.22	8.09	N
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	66	18.33	7.83	N
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	77.2	21.44	8.7	N
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	62.8	17.44	7.58	N
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	86.9	24.14	9.41	N
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	72.4	20.11	8.33	N



Εικόνα: Περιοχή εγκατάστασης υπεράκτιου αιολικού πάρκου

Πηγή: google earth

Η δεύτερη περιοχή βρίσκεται βόρεια από την Μονεμβασιά συγκεκριμένα τα όρια της είναι μεταξύ του Χάρακα και της Ρειχιάς. Παρακάτω αναφέρω τις μέγιστες ταχύτητες και τις διευθύνσεις τους στην περιοχή της Μονεμβασιάς.

Πληροφορίες σταθμού:

Υψόμετρο 4 m, Θέση : Βιολογικός καθαρισμός. Βρίσκεται σε χύμα. Ύψος αισθητήρων θερμ/υγρ : 2.5 m. Ύψος ανεμομέτρου : 5 m. Από την έναρξη μέχρι 28/08/2012 βρισκόταν στο Ξεν. Λαζαρέτο, με ανεμόμετρο στα 2.5 m. Διαθέτει αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας από 17/08/2013. Μοντέλο: PRO2

Πίνακας : Μετρήσεις ταχύτητας ανέμου στην Μονεμβάσια το 2020

Πηγή: <http://meteosearch.meteo.gr/>

ΜΗΝΕΣ	Umax(km/h)	Umax(m/s)	Beaufort	Direction
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	78.9	21.92	8.82	SSW
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	83.7	23.25	9.18	SSW
ΜΑΡΤΙΟΣ	93.3	25.92	9.87	NNE
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	106.2	29.5	10.76	NNE
ΜΑΙΟΣ	64.4	17.89	7.71	SSW
ΙΟΥΝΙΟΣ	57.9	16.08	7.18	SSW
ΙΟΥΛΙΟΣ	80.5	22.36	8.94	NNE

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	72.4	20.11	8.33	NE
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	90.1	25.03	9.64	NNE
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	62.8	17.44	7.58	SSW
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	78.9	21.92	8.82	NE
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	72.4	20.11	8.33	SSW



Εικόνα : Δεύτερη περιοχή εγκατάστασης υπεράκτιου αιολικού πάρκου

Πηγή: Google earth

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

9.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟΜ

Η τεχνοοικονομική μελέτη είναι αναπόσπαστο κομμάτι της δουλειάς του μηχανικού. Αποτελεί συνδυασμό της τεχνικής μελέτης και της οικονομικής μελέτης η οποία θα κρίνει αν το έργο μπορεί να είναι βιώσιμο.

Ανάλογα με το μέγεθος του έργου που πρόκειται να κατασκευαστεί υπάρχει ο κατάλληλος αριθμός μελετών που πρόκειται να γίνουν. Το είδος της μελέτης που θα επιλεγεί οφείλεται σε πολλούς παράγοντες δεν εξαρτάται μόνο από τον μηχανικό. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο μεγαλώνουν οι λεπτομέρειες στους υπολογισμούς το κόστος μελέτης θα αυξηθεί. Πάντα μια μελέτη έχει ως στόχο την μείωση στις δαπάνες εκτός αν τα οφέλη που έχουμε προβλέψει συμβαδίζουν με τους στόχους που έχουμε θέσει. Ο σχεδιασμός είναι σημαντικό τεχνικό τμήμα της τεχνοοικονομικής ανάλυσης. Εκτός από τους τεχνικούς υπολογισμούς είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται οικονομικά μοντέλα έτσι ώστε να γίνει η καλύτερη επιλογή στις λύσεις που έχουν προταθεί. Ο σχεδιασμός εκτελείται ταυτόχρονα με τις οικονομικές και επιχειρησιακές μελέτες. Ανάλογα με τον τύπο της τεχνοοικονομικής μελέτης έχουμε τον αντίστοιχο σχεδιασμό(προκαταρκτικός, αναλυτικός, τελικός σχεδιασμός). Στο τεχνικό μέρος των συγκεκριμένων μελετών συγκαταλέγεται ο προκαταρκτικός σχεδιασμός ο οποίος είναι υπεύθυνος για την τεχνική εξέταση στο έργο (πρώτες ύλες, προϊόντα, βασικός εξοπλισμός, ασφάλεια, προστασία του περιβάλλοντος κ.λ.π). Τα βασικά μέρη μιας ΤΟΜ είναι τα παρακάτω:

Μελέτη σκοπιμότητας:

Παρουσιάζονται προβλέψεις για τα παρακάτω μέρη:

- Πρώτες ύλες (ποσότητα, τιμές, χώρα παραγωγής)
- Κόστος επένδυσης
- Σύστημα παραγωγής(αποδόσεις)
- Αποτελεσματικότητα της μεθόδου παραγωγής (ανθρώπινο δυναμικό, εξοπλισμός)
- Απαραίτητο προσωπικό
- Κόστος λειτουργίας
- Κέρδος ανά ποσότητα προϊόντος
- Αγορά (ισοζύγιο, ανταγωνισμός, προσφορά- ζήτηση)
- Τιμή πώλησης ανά προϊόν
- Κέρδος ανά προϊόν
- Διάστημα λειτουργίας
- Ικανότητα χρηματοδότησης
- Είσοδος σε προγράμματα(αναπτυξιακά, εθνικά, Ευρωπαϊκά)

Προμελέτη

Η προμελέτη αποτελεί το πρώτο μέρος του σχεδιασμού. Αρκετές φορές το βασικό θέμα της προμελέτης μοιάζει με την μελέτη σκοπιμότητας και σχετίζεται με αν η επένδυση μπορεί να είναι αποτελεσματική. Ο βασικός της ρόλος είναι να κρίνει αν η επένδυση που έχει προταθεί είναι οικονομικά ορθή έτσι ώστε να προχωρήσουν στα επόμενα βήματα, αυτό επιτυγχάνεται μέσα από τα αποτελέσματα που παράγει.

Στην προμελέτη βασίζονται στα παρακάτω στοιχεία:

- Πρώτες ύλες
- Συστήματα παραγωγής
- Επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού, σχεδιασμός
- Αγορά
- Ανταγωνισμός
- Πωλήσεις
- Τοποθεσία έργου
- Νομοθεσία
- Ικανότητα κέρδους
- Υπολογισμός κόστους επένδυσης και λειτουργίας
- Εξοπλισμός για διάφορες δύσκολες καταστάσεις

Αναλυτική TOM

Στην αναλυτική τεchnοοικονομική μελέτη παρουσιάζεται το οργανόγραμμα και η στελέχωση της μονάδας, γίνεται υπολογισμός διαφόρων συντελεστών όπως το κόστος παραγωγής, το κόστος συντήρησης, τα γενικά έξοδα, η συντήρηση κ.λ.π. Η αναλυτική TOM παρέχει πληροφορίες για τα παρακάτω :

- Απαραίτητα κεφάλαια για την επένδυση
- Πρόγνωση για τα έσοδα που θα έχει η επιχείρηση
- Απαραίτητα κεφάλαια κινήσεως (αρχικά και ετήσια)

Τελική TOM

Εάν αποδειχθεί ότι η μελέτη μπορεί να αποδώσει θετικά αποτελέσματα και υπάρχει η αναγκαία χρηματοδότηση τότε ξεκινά η υλοποίηση του έργου και γίνεται η εκπόνηση της μελέτης με τον τελικό σχεδιασμό ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ετοιμασία των κατασκευαστικών σχεδίων για να κατασκευαστεί το έργο.

Στην τελική τεchnοοικονομική μελέτη πραγματοποιούνται τα παρακάτω:

- Καθορίζονται όλες οι παράμετροι και οι συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια των εργασιών
- Ιχνογραφούνται και προκαθορίζονται ο εξοπλισμός(αντιδραστήρες, δοχεία, αντλίες, σωληνώσεις) και οι διαδικασίες (ελέγχου, ρύθμισης)
- Ιχνογραφείται η διάταξη της μονάδας

- Προκαθορίζονται οι αποθήκες και τα γραφεία
- Λαμβάνονται οι απαραίτητες οδηγίες για τις κατασκευές

Το επιχειρηματικό σχέδιο κατέχει σημαντικό σε μια τεχνοοικονομική μελέτη. Σαν επιχειρηματικό σχέδιο ορίζεται το σύνολο των τεχνικών, οικονομικών και επιχειρησιακών στοιχείων. Κατά την διάρκεια μιας προμελέτης παράγονται κάποια αποτελέσματα τα οποία καθορίζουν αν η επένδυση που πρόκειται να γίνει είναι οικονομικά σωστή. Το επιχειρηματικό σχέδιο(business plan) αφορά πράξεις που πρέπει να κάνει η επιχείρηση για να εξασφαλίσει τους στόχους που έχει θέσει. Ένα επιχειρηματικό σχέδιο λαμβάνεται για τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Ξεκίνημα μιας επιχείρησης
- Τοποθέτηση νέων στόχων σε μια επιχείρηση
- Έλεγχος ποιότητας σε προϊόντα ή υπηρεσίες
- Εύρεση χρηματοδότησης
- Διόρθωση λαθών και διαμόρφωση επιχειρηματικής αναφοράς
- Επιβολή συμφωνιών μεταξύ των συνεργατών

Το ΕΣ κατέχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη Διοίκηση μιας επιχείρησης για τους παρακάτω λόγους:

- A) Καθορίζει ποιους στόχους πρέπει να θέσει μια επιχείρηση
- B) παρουσιάζει μια σημαντική εικόνα για την αγορά, τους πελάτες, τους ανταγωνιστές
- Γ) Λειτουργεί ως μέτρο σύγκρισης για την λειτουργία της επιχείρησης και των αποτελεσμάτων που πρέπει να φέρει.
- Δ) Παρουσιάζει τα δυνατά και αδύναμα σημεία μιας επιχείρησης τα οποία πρέπει να τα εκμεταλλευτεί ή να τα διορθώσει έτσι ώστε να μπορέσει να αποκτήσει ισχυρή θέση στην αγορά.

Στην γενική του μορφή το ΕΣ συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω μέρη:

- A) Εισαγωγικά στοιχεία
- B) Αναφορά για την επιχείρηση
- Γ) Αναφέρει και βελτιώνει προϊόντα ή υπηρεσίες
- Δ) Πωλήσεις και διαφήμιση προϊόντων
- E) Ανθρώπινο δυναμικό το οποίο είναι απαραίτητο για να προχωρήσει μια επένδυση
- Z) Χρηματοοικονομική ανάλυση (έσοδα, έξοδα)
- H) Πιθανότητα εμφάνισης λαθών κατά την διάρκεια της προβλεπόμενης διαδικασίας

Στην τεχνοοικονομική ανάλυση είναι ιδιαίτερα σημαντική η μελέτη διαγραμμάτων ροής. Το διάγραμμα ροής παρουσιάζει τις βασικές μοναδιαίες διαδικασίες και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Μπορούμε να διακρίνουμε 3 τύπους διαγραμμάτων ροής:

- Συνοπτικό διάγραμμα ροής: Το συγκεκριμένο διάγραμμα συμπεριλαμβάνει τις εισόδους των πρώτων υλών, τις εξόδους των προϊόντων, τις διαδικασίες παραγωγής, στοιχεία για τις συνθήκες λειτουργίας.
- Αναλυτικό διάγραμμα ροής : Περιλαμβάνει το συνοπτικό και επιπλέον διαθέτει πληροφορίες για τις συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, πίεση) παραθέτει τις διαστάσεις των μηχανημάτων.
- Κατασκευαστικό διάγραμμα ροής: Περιλαμβάνει το αναλυτικό πρόγραμμα ροής και παραθέτει στοιχεία για τις σωληνώσεις, τις συνδέσεις μεταξύ κομματιών του εξοπλισμού, τις βάνες, τα κατασκευαστικά υλικά και τον σωστό τρόπο λειτουργίας του.

Είναι απαραίτητο σε κάθε τεχνοοικονομική ανάλυση να γνωρίζουμε κάποια βασικά στοιχεία :

A) Ενεργητικό σε μια επιχείρηση: Αναφέρει την αξία της επιχείρησης το διάστημα που πραγματοποιείται η μελέτη περιλαμβάνει την αξία των εγκαταστάσεων, την αξία του εξοπλισμού, τα προϊόντα και τα πιθανά χρέη που μπορεί να έχει η επιχείρηση. Το ενεργητικό μιας επιχείρησης χωρίζεται σε Πάγιο που είναι τα αμετάβλητα περιουσιακά στοιχεία μιας επιχείρησης και το Κυκλοφορούν το οποίο είναι εκείνο το οποίο μπορεί όταν «ρευστοποιηθεί» να γίνει μετρητά. Η σχέση που ισχύει για το Ενεργητικό είναι: $\text{Ενεργητικό} = \text{Πάγιο} + \text{Κυκλοφορούν}$

Παθητικό μιας επιχείρησης: Αναφέρεται στις προσδοκίες των προσώπων οι οποίοι έχουν δαπανήσει χρήματα σε μία επιχείρηση σαν ιδιοκτήτες μέσω μετοχών ή σαν δανειστές. Το Παθητικό αποτελείται από το Κεφάλαιο και τις Υποχρεώσεις. Η σχέση που ισχύει για το Παθητικό είναι : $\text{Παθητικό} = \text{Κεφάλαια} + \text{Υποχρεώσεις}$.

Το κόστος ίδρυσης (ή συνολικός κόστος επένδυσης) αποτελείται από τις συνολικές δαπάνες από την στιγμή που θα συλληφθεί η ιδέα για μια παραγωγική μονάδα μέχρι την ολοκλήρωση της (αγορά οικοπέδου και τελική διάπλαση, αγορά και τοποθέτηση μηχανημάτων, ένωση κομματιών, μελέτες).

Το κεφάλαιο κίνησης διαχωρίζεται σε πάγιο κεφάλαιο και σε αρχικό κεφάλαιο κίνησης. Στο πάγιο κεφάλαιο εντοπίζονται οι δαπάνες που αφορούν την κατασκευή του εξοπλισμού, την εγκατάστασή του, αντίθετα το αρχικό κεφάλαιο κίνησης αφορά τις δαπάνες που πρέπει να γίνουν για να αρχίσει η παραγωγή του προϊόντος σε ικανοποιητικό σημείο.

Το κεφάλαιο κίνησης αποτελείται από τα παρακάτω:

- Βασικός εξοπλισμός

- Εργαλεία ελέγχου
- Μελέτη, επιτήρηση και καθοδήγηση εργαζομένων
- Τοποθέτηση εξοπλισμού
- Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός
- Σφάλματα που μπορούν να γίνουν και δεν τα έχουμε προβλέψει
- Χώρος εγκατάστασης και έργα που θα πραγματοποιήσει ο πολιτικός μηχανικός
- Σωλήνες και μέσα μεταφοράς

Ο ισολογισμός αποτελεί μια λογιστική πράξη που παρουσιάζει την οικονομική κατάσταση μιας επιχείρησης το χρονικό διάστημα που πραγματοποιείται. Η βασική σχέση του ισολογισμού είναι : Έσοδα= Έξοδα+ Κέρδος. Ο μηχανικός μπορεί να υπολογίσει τους δείκτες αποδοτικότητας ή κόστους συγκρίνοντας με παρόμοιες επιχειρήσεις .

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το κόστος μιας επένδυσης παρουσιάζονται παρακάτω:

1) Αγορά εξοπλισμού : Η αγορά του εξοπλισμού αποτελεί μεγάλο μέρος της επένδυσης και είναι απαραίτητο ο εξοπλισμός να είναι σύμφωνος με τις προβλεπόμενες προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές πρέπει να είναι ρεαλιστικές έτσι ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος να μεγαλώσει το κόστος .

2) Τιμές αγαθών και υπηρεσιών: Οφείλουμε να γνωρίζουμε ότι οι τιμές των αγαθών παρουσιάζουν διάφορες μεταβολές.

3) Χρόνος εγκατάστασης: Ο χρόνος μεταξύ της ολοκλήρωσης της μελέτης και της αγοράς του οικοπέδου που θα γίνει η εγκατάσταση πρέπει να είναι σύντομος γιατί εξαιτίας των μεταβολών που παρατηρούνται στις τιμές των υλικών θα χρειαστούν νέες μελέτες και το κόστος θα αλλάξει.

4) Ρυθμοί παραγωγής: Ο χρόνος λειτουργίας, ο ρυθμός παραγωγής και οι δυνατότητες πωλήσεων έχουν μεταξύ τους σχέση σύνδεσης. Η επιλογή του κατάλληλου ρυθμού παραγωγής καθορίζεται από τα έξοδα παραγωγής και την επιρροή τους στο συνολικό κόστος.

5) Κρατική πολιτική: Η κρατική πολιτική περιέχει τα παρακάτω:

- Φόροι και δασμοί στα προϊόντα που εισάγονται από χώρες εκτός Ε.Ε
- Φορολογία στα κέρδη και τα μερίσματα
- Συντελεστές απόσβεσης
- Κανόνες προστασίας για το περιβάλλον
- Κανόνες ασφαλείας στον χώρο εργασίας
- Κατώτατος μισθός
- Επιχορήγηση σε επενδύσεις

- Διαδικασίες αδειοδοτήσεων
- Συμφωνίες μεταξύ κρατών
- Πολιτική για την βιομηχανία
- Ενίσχυση των εξαγωγών
- Ύψος δανείων και επιτοκίων

9.2 ΤΟΜ ΣΤΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Η αιολική ενέργεια όπως αναφέρθηκε παραπάνω μέσω της αξιοποίησης της από τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες έχει εδραιωθεί αρκετά στην βιομηχανία. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας είναι ραγδαία είτε ως υπεράκτια είτε ως χερσαία μορφή αιολικής ενέργειας. Η ανάπτυξη των σύνθετων υλικών έχει συμβάλει στην πρόοδο των ανεμογεννητριών. Η βελτιωμένη απόδοση και το μειωμένο κόστος στις ανεμογεννήτριες τις έχουν κάνει να υπερτερούν σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Κατά την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου εμπλέκονται οι τοπικές αρχές, προγραμματιστές, μηχανικοί, γαιοκτήμονες.

Η τεchnοοικονομική μελέτη σε ένα αιολικό πάρκο είναι μια οικονομική μελέτη που θα καθορίσει αν το έργο θα είναι οικονομικά βιώσιμο. Πρώτο στάδιο στην κατασκευή ενός αιολικού πάρκου είναι η δημιουργία δρόμων που θα διέρχονται τα οχήματα για να πάνε τα εξαρτήματα στο αιολικό πάρκο. Έπειτα ακολουθεί το μοντάρισμα και η τοποθέτηση του πυλώνα και η ένωση των ροτόρων. Για την ομαλή λειτουργία ενός αιολικού πάρκου υπεύθυνοι είναι οι προγραμματιστές.

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση στις τιμές των εμπορευμάτων και του κόστους τοποθέτησης και κατασκευής μιας τουρμπίνας στην θάλασσα και στην ξηρά.

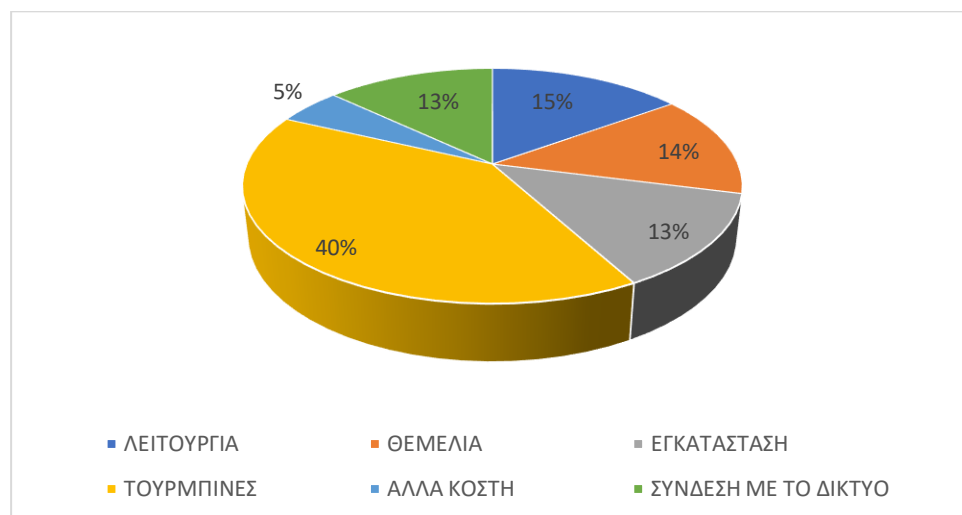
Το κόστος κεφαλαίου ενός χερσαίου αιολικού πάρκου από το 2001 μέχρι το 2003 ήταν κατά μέσο όρο 1450\$/kW ενώ το 2007 το κόστος ήταν 1710\$/ kW . Το αυξανόμενο κόστος κεφαλαίου ενός αιολικού πάρκου οφείλεται στην αυξανόμενη τιμή του στροβίλου.

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους ενός αιολικού πάρκου και την απόδοση του πραγματοποιούνται διάφορες μελέτες μέσω διαφόρων μοντέλων. Οι Musial και Butterfield δημιούργησαν ένα μοντέλο κόστους για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Συγκεκριμένα έκαναν υπολογισμούς για ένα θεωρητικό υπεράκτιο αιολικό πάρκο 500 MW το οποίο είχε 100 στροβίλους 5 MW ο καθένας. Το υπεράκτιο αιολικό πάρκο βρίσκεται σε απόσταση 15 μιλίων από τις ακτές και το βάθος θεωρείται ρηχό. Το μοντέλο που δημιούργησαν θεωρεί ότι το κόστος των τουρμπινών είναι 340 εκατομμύρια δολάρια, τα θεμέλια 100 εκατομμύρια δολάρια και οι ηλεκτρικές συνδέσεις 160 εκατομμύρια. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο το κόστος κατασκευής ανέρχεται σε 1200\$/ kW και το κόστος ενέργειας είναι 54\$/ MW .

Το βασικό κόστος κεφαλαίου για τα αιολικά πάρκα αποτελεί ο στρόβιλος. Στα χερσαία αιολικά πάρκα το κόστος εγκατάστασης αποτελεί το 14% του συνολικού κόστους, ενώ στα υπεράκτια αιολικά πάρκα αποτελεί το 20% του συνολικού κόστους. Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας είναι μεγαλύτερο από τα χερσαία αιολικά πάρκα λόγω των συνθηκών που επικρατούν.

Το κόστος των αιολικών πάρκων στην ξηρά και στην θάλασσα εξαρτάται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Λειτουργία και συντήρηση : αποτελεί το 15 με 23% του συνολικού κόστους
- Θεμέλια : 3 με 22% του συνολικού κόστους
- Εγκατάσταση : 10-20% του συνολικού κόστους
- Σύνδεση με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο : 7-20% του συνολικού κόστους
- Τουρμπίνες : 33-63% του συνολικού κόστους
- Άλλα κόστη : 3-8% του συνολικού κόστους



Διάγραμμα 9.1 : Ποσοστά στοιχείων που επηρεάζουν το έργο

Πηγή: Ευαγγελία Ιωάννα Λυκιαρδοπούλου Διπλωματική εργασία 2021<<ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ>>, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Η Enercon και η Repower κατασκευάζουν τις μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες στον κόσμο. Οι τουρμπίνες της εταιρείας Enercon είναι της τάξης των 6 MW ενώ της εταιρείας Repower της τάξης των 5MW. Θεωρητικά το κόστος ανά kW θα μεγαλώνει με το μέγεθος του στρόβιλου. Όμως έχει αποδειχθεί ότι εξαιτίας της ανάπτυξης της τεχνολογίας το κόστος παραμένει σταθερό. Στα χερσαία αιολικά πάρκα το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μπορεί να διατηρηθεί σχετικά μικρό όταν χρησιμοποιούμε μεγάλους στρόβιλους σε μικρή κλίμακα.

Η κατασκευή των ανεμογεννητριών στην στεριά δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές με την κατασκευή των αντίστοιχων ανεμογεννητριών στην θάλασσα.

Οι βασικές διαφορές που εντοπίζονται είναι στην θεμελίωση των ανεμογεννητριών, στην ισχύς που παράγεται, στους μεθόδους συντήρησης και στο ύψος που θα έχουν οι ανεμογεννήτριες. Το κόστος συντήρησης στα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι μεγαλύτερο από το κόστος συντήρησης στα χερσαία αιολικά πάρκα εξαιτίας των ειδικά διαμορφωμένων χώρων που χρειάζεται η ομάδα που είναι υπεύθυνη για την συντήρηση. Για να εντοπιστούν οι ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές βλάβες σε μια ανεμογεννήτρια πρέπει η ανεμογεννήτρια να διαθέτει σύστημα παρακολούθησης της κατάστασης της. Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα γίνεται χρήση περισσότερων υλικών εξαιτίας της δυσκολίας που παρουσιάζεται στην συντήρηση και οφείλονται στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν στην θάλασσα.

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

- Υπεύθυνο για την χορήγηση άδειας για θαλάσσιο αιολικό πάρκο είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης το οποίο οφείλει πρώτα να λάβει άδεια από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Η άδεια παραγωγής έχει διάρκεια μέχρι 25 έτη και μπορεί να ανανεωθεί για ίσο χρόνο. Κατά τη υποβολή αίτησης προς την ΡΑΕ σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο πρέπει να γίνει μελέτη για τις Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις εφόσον κριθεί ότι είναι απαραίτητο. Οι μετρήσεις για το αιολικό δυναμικό θα λαμβάνονται από φορείς που έχουν πιστοποιηθεί σύμφωνα με το πρότυπο DIN-EN ISO /17025/2000.
- Στα χερσαία αιολικά πάρκα οι μετρήσεις για το αιολικό δυναμικό πρέπει να λαμβάνονται σε μέγιστη απόσταση 7 χιλιομέτρων. Αντίθετα δεν υπάρχουν περιορισμοί για την απόσταση στα παράκτια αιολικά πάρκα. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν στην ακτή κοντά στο χώρο που θα γίνει το θαλάσσιο αιολικό πάρκο με επίπεδη τοπογραφία.
- Οικονομική βιωσιμότητα έργου: Σύμφωνα με το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης το ελάχιστο επίπεδο απόδοσης είναι 4%. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης θεωρείται ότι αποτελεί το 3,2% του κόστους επένδυσης και η τιμή πώλησης ενέργειας είναι 98€/MWh.
- Κόστος της επένδυσης: Για να γίνει ο υπολογισμός του μοναδιαίου κόστους της εγκατάστασης σε συνάρτηση με το βάθος χρησιμοποιείται η σχέση 4.4

$K_1 = 0,45 \times B^2 - 2,5 \times B + 1700$ όπου K_1 = μοναδιαίο κόστος ανεμογεννήτριας σε €/kW και B = βάθος εγκατάστασης. Είναι απαραίτητο ο κατασκευαστής του έργου να υποβάλει τεχνική αναφορά για την διασύνδεση του πάρκου με το ηλεκτρικό δίκτυο (μήκος καλωδίων, κατάλληλη τεχνολογία διασύνδεσης). Τεχνική αναφορά πρέπει να γίνει και την διασύνδεση που πρόκειται να γίνει μεταξύ των ανεμογεννητριών. Η διασύνδεση με το δίκτυο που έχει προτείνει το άτομο που έκανε την αίτηση στην ΡΑΕ πρέπει να συμβαδίζει με το Στρατηγικό Σχέδιο Διασυνδέσεων Νησιών που παρουσιάζεται στον ν.3851/2010.

Η ΡΑΕ προτείνει οι αποστάσεις μεταξύ των ανεμογεννητριών να μην είναι πολύ μικρές επειδή δεν έχουμε ακριβή γνώση για τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής και επιπλέον για την ευκολότερη διέλευση των σκαφών που συμβάλουν στην εύρυθμη λειτουργία του πάρκου.

9.3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΕΙΤΑΙ ΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΟΥΝ

Η πρώτη περιοχή που έχω επιλέξει στα πλαίσια της μελέτης είναι μεταξύ της Καστέλας και της Κάτω Καστανιάς κοντά στο ακρωτήριο Μαλέας. Οι διαστάσεις της συγκεκριμένης περιοχής είναι 24630 μέτρα μήκος και 3280 μέτρα πλάτος. Στην συγκεκριμένη περιοχή τα βάθη ξεπερνούν τα 400 μέτρα οπότε σαν μέθοδος θεμελίωσης θα χρησιμοποιηθούν πλωτές ανεμογεννήτριες τύπου spar που ανέλυσσα παραπάνω. Η δεύτερη περιοχή εντοπίζεται μεταξύ του Χάρακα και της Ρειχιάς με διαστάσεις 3270 μέτρα πλάτος και 14780 μέτρα μήκος. Για τις δύο περιοχές που έχω επιλέξει θα εξετάσω δύο μοντέλα ανεμογεννητριών για να επιλέξω την καλύτερη περίπτωση. Έπειτα από έρευνα που έκανα κατέληξα στην V164 της εταιρείας Vestas με ισχύς 9.5 MW και την Gamesa SG 8.0 167 DD με ισχύ 8MW. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ανεμογεννητριών.

Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας V164 9.5MW σύμφωνα με τον κατασκευαστή της δηλαδή την Vestas.

Πηγή:https://www.vestas.com/en/products/offshore%20platforms/v164_9_5_mw#!technical-specification

- Flanged connected drive train with easy – access key – components
- Main bearings , coupling, gearbox and generator is possible to lift out seperately for service
- Permanent magnet generator
- Nacelle dimensions:9.3 m x 20.7 m x 8.8 m (H x L x W)
- Rotor diameter : 164 m
- Helihoist platform available
- Named Best Offshore Turbine 2017 by Windpower Monthly Magazine
- Built on the proven and trusted V 164 turbine platform
- Gearbox improvements
- Power production system upgrades
- Full scale converter 50/60 Hz at 33-35 or 66 kV nominal voltage



Εικόνα 9.1 : Ανεμογεννήτρια Vestas V164 9.5 MW

Πηγή: https://www.vestas.com/en/products/offshore%20platforms/v164_9_5_mw#!grid_0_content_0_Container

Technical Specifications

POWER REGULATION	Pitch regulated with variable speed	ELECTRICAL	
OPERATIONAL DATA		Frequency	50/60 Hz
Rated power	9,500kW	Converter	full scale
Cut-in wind speed	3m/s	GEARBOX	
Cut-out wind speed	25m/s	Type	medium speed
Wind class	IEC S	TOWER	
Standard operating temperature range	from -15°C* to +25°C with a de-rating interval from +25°C to +35°C	Hub heights	Site-specific
<small>*high ambient temperature variant available</small>			
SOUND POWER			
Maximum	112.9dB(A)		
<small>**Sound Optimised Model dependent on site and country</small>			
ROTOR			
Rotor diameter	164m		
Swept area	21,124m ²		
Aerodynamic brake	Three blades full feathering		

Εικόνα 9.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας

Πηγή: https://www.vestas.com/en/products/offshore%20platforms/v164_9_5_mw#!grid_0_content_0_Container



Εικόνα 9.3 : Ανεμογεννήτρια Gamesa 8 MW

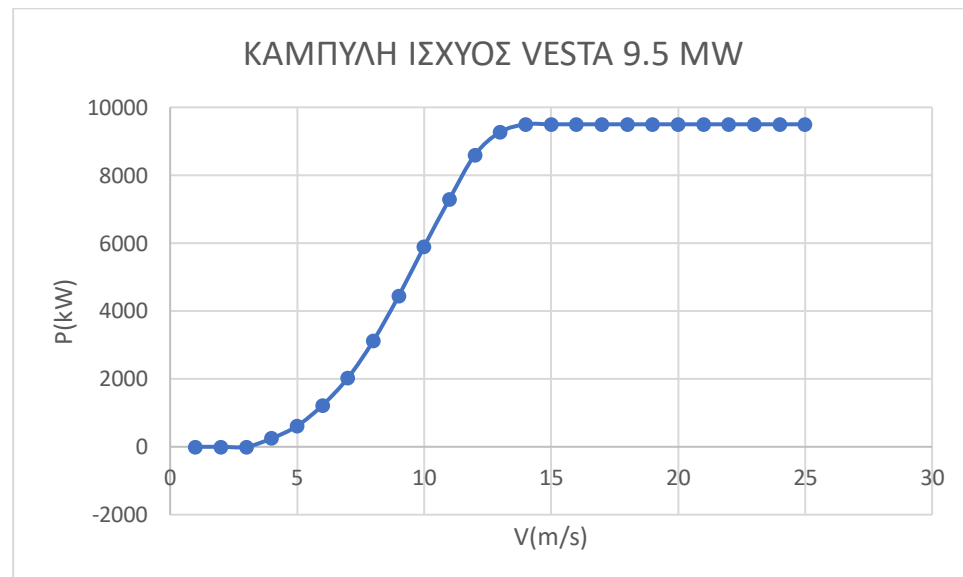
Πηγή : <https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-8-0-167-dd>

Technical specifications

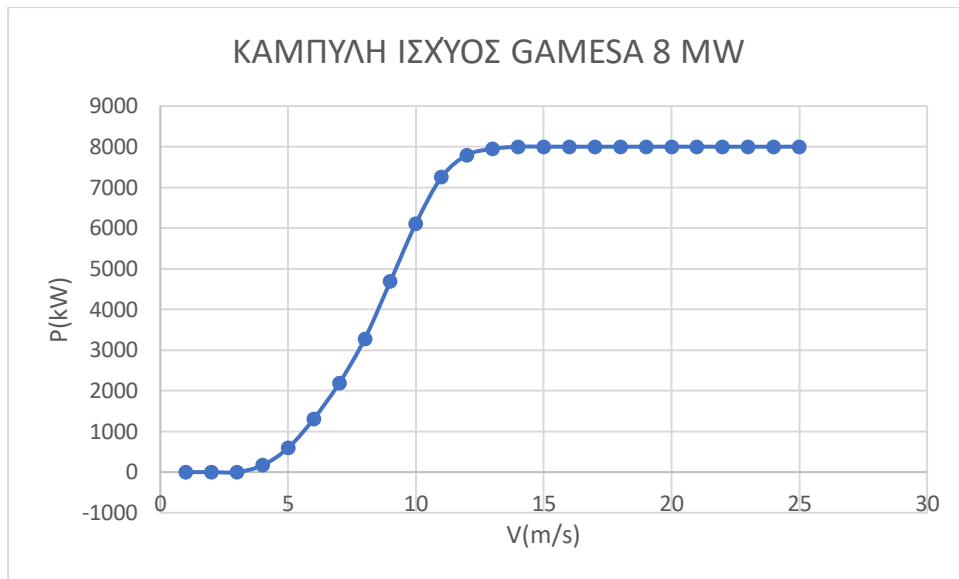
EC class	I, S
Nominal power	8,000 kW
Rotor diameter	167 m
Blade length	81.4 m
Swept area	21,900 m ²
Tub height	Site specific
Power regulation	Pitch-regulated, variable speed

Εικόνα 9.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά Gamesa 8 MW

Πηγή: <https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-8-0-167-dd>



Πηγή: https://www.thewindpower.net/turbine_en_1476_mhi-vestas-offshore_v164-9500.php



Πηγή: https://www.thewindpower.net/turbine_en_1558_siemens-gamesa_sg-8.0-167-dd.php

Η ανεμογεννήτρια Vestas V 164 έχει διάμετρο 164 μέτρα και η ανεμογεννήτρια Gamesa SG 8.0 167 DD έχει διάμετρο 167 μέτρα. Η απόσταση των ανεμογεννητριών και για τα δύο μοντέλα θα είναι 7 D όπου D είναι η διάμετρος της ανεμογεννήτριας.

9.4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Η απόσταση των ανεμογεννητριών και για τα δύο μοντέλα έχει επιλεγεί να είναι 7 D όπου D είναι η διάμετρος της ανεμογεννήτριας. Αρχικά στα πλαίσια της πτυχιακής θα γίνει χωροθέτηση και στις δύο περιοχές που έχουν επιλεγεί με την ανεμογεννήτρια Vestas V 164. Έπειτα θα πραγματοποιηθεί χωροθέτηση για τις δύο περιοχές με την ανεμογεννήτρια Gamesa SG 8.0 167.

Περιοχή Καστέλα – Καστανιά

διαστάσεις : πλάτος =3280 μέτρα μήκος =24630 μέτρα Εμβαδόν=80,79 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Αριθμός γραμμών = $3280/(7 \times 164)+1=4$ ανεμογεννήτριες Vestas V 164 θα τοποθετηθούν κατά πλάτος του υπεράκτιου αιολικού πάρκου

Αριθμός στηλών = $24630/(7 \times 164)+1= 22$ ανεμογεννήτριες Vestas V 164 θα τοποθετηθούν κατά μήκος του υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

Σύνολο ανεμογεννητριών Vestas V 164 για την περιοχή Καστέλα -Καστανιά = $2 \times 22 + 2 \times 4 = 52$

Περιοχή Χάρακας- Ρειχιά

διαστάσεις: πλάτος =3270 μέτρα μήκος =14780 μέτρα

Εμβαδόν =48,33 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Αριθμός γραμμών= $3270/(7 \times 164)+1=4$ ανεμογεννήτριες Vestas V 164 θα τοποθετηθούν κατά πλάτος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου

Αριθμός στηλών = $14780/(7 \times 164)+1= 14$ ανεμογεννήτριες Vestas V 164 θα τοποθετηθούν κατά μήκος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου.

Σύνολο ανεμογεννητριών Vestas V 164 για την περιοχή Καστέλα -Καστανιά = $2 \times 14+2 \times 4=36$

Περίπτωση Gamesa SG 8.0 167 DD

Περιοχή Καστέλα – Καστανιά

διαστάσεις : πλάτος =3280 μέτρα μήκος =24630 μέτρα Εμβαδόν=80,79 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Αριθμός γραμμών = $3280/(7 \times 167)+1=4$ ανεμογεννήτριες Gamesa SG 8.0 167 DD θα τοποθετηθούν κατά πλάτος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου

Αριθμός στηλών = $24630/(7 \times 167)+1= 22$ ανεμογεννήτριες Gamesa SG 8.0 167 DD θα τοποθετηθούν κατά μήκος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου.

Σύνολο Gamesa SG 8.0 167 DD ανεμογεννητριών για την περιοχή Καστέλα - Καστανιά = $2 \times 22+2 \times 4=52$

Περιοχή Χάρακας- Ρειχιά

διαστάσεις: πλάτος =3270 μέτρα μήκος =14780 μέτρα

Εμβαδόν =48,33 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Αριθμός γραμμών = $3270/(7 \times 167)+1=4$ ανεμογεννήτριες Gamesa SG 8.0 167 DD θα τοποθετηθούν κατά πλάτος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου

Αριθμός στηλών = $14780/(7 \times 167)+1= 14$ ανεμογεννήτριες Gamesa SG 8.0 167 DD θα τοποθετηθούν κατά μήκος του υπερράκτιου αιολικού πάρκου.

Σύνολο Gamesa SG 8.0 167 DD ανεμογεννητριών για την περιοχή Χάρακας- Ρειχιά = $2 \times 4+2 \times 14=36$

9.5 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η εγκατεστημένη ισχύς του υπερράκτιου αιολικού πάρκου στην περιοχή Καστέλα – Καστανιά για την περίπτωση της Vestas V 164 είναι $9,5 \text{ MW} \times 52$ ανεμογεννήτριες=494 MW. Η εγκατεστημένη ισχύς του υπερράκτιου αιολικού πάρκου στην περιοχή Χάρακας – Ρειχιά για την περίπτωση της Vestas V 164 είναι $9,5 \text{ MW} \times 36$ ανεμογεννήτριες=342 MW

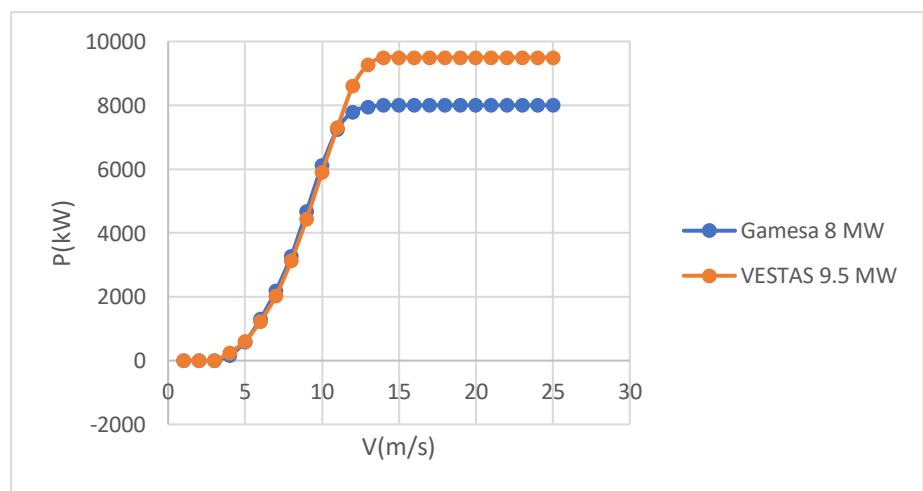
Η εγκατεστημένη ισχύς του υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην περιοχή Καστέλα – Καστανιά για την περίπτωση της Gamesa SG 8.0 167 DD είναι $8 \text{ MW} \times 52$ ανεμογεννήτριες=416 MW. Η εγκατεστημένη ισχύς του υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην περιοχή Χάρακας – Ρειχιά για την περίπτωση της Gamesa SG 8.0 167 DD είναι $8 \text{ MW} \times 36$ ανεμογεννήτριες=288 MW

Πίνακας: Ετήσια παραγόμενη Ενέργεια της Vestas V164 9.5MW

V(m/s)	Κατανομή Weibull	Ώρες ετησίως	P(kW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
1	0.00%	0	0	0
2	3.25%	284	0	0
3	6.18%	541	0	0
4	8.53%	747	249	186059.772
5	10.14%	888	613	544505.832
6	10.92%	957	1226	1172781.792
7	10.93%	958	2030	1943660.04
8	10.29%	902	3123	2815084.692
9	9.18%	804	4444	3573722.592
10	7.80%	684	5900	4031352
11	6.34%	555	7299	4053747.816
12	4.93%	432	8601	3714496.668
13	3.68%	322	9272	2988996.096
14	2.64%	231	9500	2197008
15	1.82%	160	9500	1514604
16	1.21%	106	9500	1006962
17	0.77%	68	9500	640794
18	0.48%	42	9500	399456
19	0.28%	25	9500	233016
20	0.16%	14	9500	133152
21	0.09%	8	9500	74898
22	0.05%	4	9500	41610
23	0.02%	2	9500	16644
24	0.01%	1	9500	8322
25	0.01%	1	9500	8322
Σύνολο	100%	8760		31,299,195

Πίνακας: Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια της Gamesa SG 8.0 167 DD

V(m/s)	Κατανομή Weibull	Ώρες ετησίως	P(kW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
1	0.00%	0	0	0
2	3.25%	284	0	0
3	6.18%	541	0	0
4	8.53%	747	169	126281.532
5	10.14%	888	593	526740.552
6	10.92%	957	1307	1250265.744
7	10.93%	958	2186	2093025.048
8	10.29%	902	3278	2954802.312
9	9.18%	804	4687	3769135.416
10	7.80%	684	6112	4176207.36
11	6.34%	555	7249	4025978.616
12	4.93%	432	7795	3366411.06
13	3.68%	322	7947	2561858.496
14	2.64%	231	8000	1850112
15	1.82%	160	8000	1275456
16	1.21%	106	8000	847968
17	0.77%	68	8000	539616
18	0.48%	42	8000	336384
19	0.28%	25	8000	196224
20	0.16%	14	8000	112128
21	0.09%	8	8000	63072
22	0.05%	4	8000	35040
23	0.02%	2	8000	14016
24	0.01%	1	8000	7008
25	0.01%	1	8000	7008
Σύνολο	100%	8760		30,134,738



Διάγραμμα 9.1: Καμπύλη ισχύος για τους δύο τύπους ανεμογεννητριών

Πηγή: <https://www.thewindpower.net/index.php>

Η ανεμογεννήτρια Vestas V 164 παράγει 31,299 GWh/y (ετησίως) ενώ η ανεμογεννήτρια Gamesa SG 8.0 167 DD παράγει 30,134 GWh/y (ετησίως). Οπότε καταλήγουμε ότι από ενεργειακής άποψης η Vestas V 164 είναι καλύτερη από την Gamesa SG 8.0 167 DD.

Η ενέργεια που προσφέρει το πάρκο στο δίκτυο ηλεκτροδότησης δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

$$E_{net} = E_{total} \times N_0 \times A_{wf} \times N_a \times (1 - P_t) \times (1 - P_e) \text{ όπου}$$

E_{total} = η παραγόμενη ενέργεια ετησίως

N_0 = αριθμός ανεμογεννητριών

A_{wf} = ετήσια διαθεσιμότητα του πάρκου, από την βιβλιογραφία λαμβάνεται 96%

N_a = παράμετρος διαθεσιμότητας του δικτύου(αφορά ζημία στις εγκαταστάσεις ή δυσκολία στην μεταφορά της ενέργειας. Από την βιβλιογραφία ισούται με 97%

P_t = οι απώλειες που οφείλονται στην σκίαση μιας ανεμογεννήτριας από άλλες. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι 5%.

P_e = ηλεκτρικές απώλειες από την μεταφορά του ρεύματος ισούνται με 3% βάση της βιβλιογραφίας

E_{net} = η καθαρή ενέργεια αφαιρώντας τις απώλειες

Έπειτα υπολογίζουμε τον συντελεστή χρησιμοποίησης που δείχνει την σχέση μεταξύ της εγκατεστημένης ισχύος και της παραγόμενης ενέργειας.

$$\text{Συντελεστής Χρησιμοποίησης (\%)} = \frac{E_{net}}{(\text{εγκατεστημένη ισχύς}) \times 8760} \times 100$$

Για τον υπολογισμό των νοικοκυριών που εξυπηρετούνται έχω λάβει σαν μέση ετήσια κατανάλωση ανά νοικοκυριό τα 3750 kWh

Περιοχή Καστέλας- Καστανιάς

	Gamessa	Vestas 9.5MW
Enet(GWh/y)	1372.158381	1425.441663
Συντελεστής χρησιμοποίησης (%)	37.6	32.7
Ετήσια Κατανάλωση νοικοκυριού (kWh)	3750	3750

Αριθμός νοικοκυριών που εξυπηρετούνται	365,909	380,118
--	---------	---------

Περιοχή Χάρακας- Ρειχιά

	Gamessa	Vestas 9.5MW
Enet(GWh/y)	949.9558	986.8442285
Συντελεστής χρησιμοποίησης (%)	37.6	38.53
Ετήσια Κατανάλωση νοικοκυριού (kWh)	3750	3750
Αριθμός νοικοκυριών που εξυπηρετούνται	253,322	263,158

9.6 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΟ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Στην σύνδεση του υπεράκτιου αιολικού πάρκου με το χερσαίο δίκτυο ηλεκτροδότησης εντοπίζονται τρία σημαντικά βήματα:

Πρώτο βήμα: Το πρώτο βήμα αφορά την σύνδεση που πραγματοποιείται εντός του υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Οι ανεμογεννήτριες μεταξύ τους διαιρούνται σε συστάδες. Κάθε συστάδα ενώνεται με το υπεράκτιο σταθμό.

Δεύτερο βήμα: Σύνδεση του υπεράκτιου υποσταθμού με το χερσαίο υποσταθμό.

Τρίτο βήμα: Σύνδεση του χερσαίου υποσταθμού με το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

9.6.1 Πρώτο βήμα

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα διακρίνονται για την μεγάλη ισχύς και τις μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των ανεμογεννητριών. Η τάση στις εξόδους των ανεμογεννητριών είναι ιδιαίτερα μικρή και για αυτό το λόγο η σύνδεση μεταξύ τους δεν θεωρείται συμφέρουσα λύση. Για τους λόγους που ανέφερα η σύνδεση πραγματοποιείται σε μεγάλα επίπεδα τάσης έτσι ώστε να περιοριστούν οι απώλειες. Το παρόν έργο θεωρείται μεγάλης κλίμακας οπότε τα δίκτυα τάσης θα είναι 36 kV . Για έργα μικρότερης κλίμακας με βάση την βιβλιογραφία τα δίκτυα τάσης είναι της τάξης των 10 kV.

9.6.2 Δεύτερο βήμα

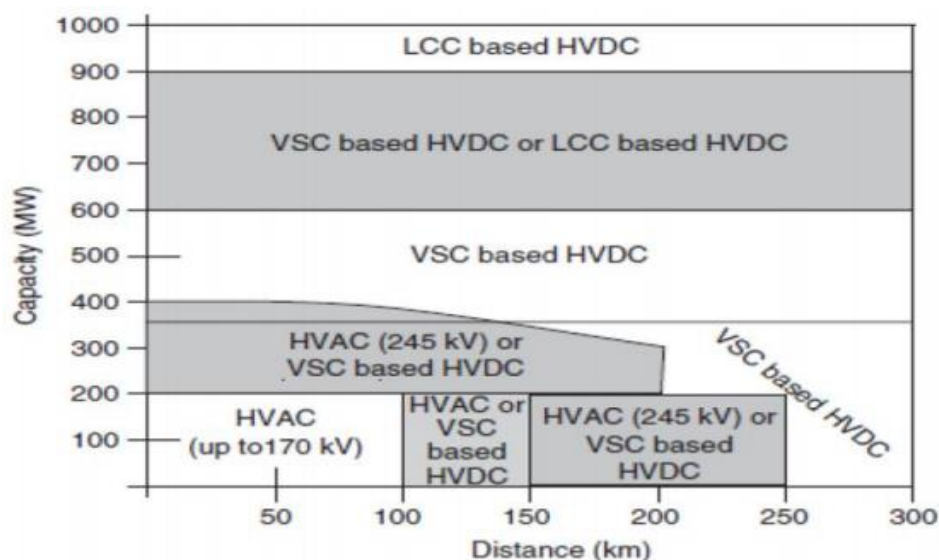
Έχω επιλέξει και τα δύο υπεράκτια αιολικά πάρκα να έχουν απόσταση από τον υποσταθμό στην ξηρά 15 χιλιόμετρα. Για την περιοχή Καστέλα – Καστανιά θα λάβω δύο περιπτώσεις:

- 1) Επιλογή ανεμογεννήτριας Vesta V 164 9.5 MW εγκατεστημένης συνολικής ισχύος 494 MW . Για την συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσω την σύνδεση VSC based HVDC
- 2) Επιλογή ανεμογεννήτριας Gamesa SG 8.0 167 DD εγκατεστημένης συνολικής ισχύος 416 MW . Για τον συγκεκριμένο μοντέλο ανεμογεννήτριας θα χρησιμοποιήσω HVAC 245 kV.

Για την περιοχή Χάρακας- Ρειχιά θα λάβω δύο περιπτώσεις για τα δύο μοντέλα ανεμογεννητριών.

- 1) Επιλογή ανεμογεννήτριας Vesta V 164 9.5 MW εγκατεστημένης συνολικής ισχύος 342 MW . Για την συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσω την σύνδεση HVAC 245 kV.
- 2) Επιλογή ανεμογεννήτριας Gamesa SG 8.0 167 DD εγκατεστημένης συνολικής ισχύος 288 MW . Για τον συγκεκριμένο μοντέλο ανεμογεννήτριας θα χρησιμοποιήσω HVAC 245 kV.

Διάγραμμα μεθόδων συνδεσμολογίας στην στεριά



Πηγή: Θεοδώρα Συρίδου Πτυχιακή Εργασία 2018 << Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου στην Αλεξανδρούπολη>> ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπων : Κατσαπράκης Δημήτριος

9.6.3 Τρίτο βήμα

Βάση της ισχύουσας νομοθεσίας για την κατασκευή ενός χερσαίου υποσταθμού πρέπει να εφαρμοστούν οι παρακάτω προδιαγραφές:

α) Διπλοί ζυγοί τάσης 400 kV: Για να συνδεθούν οι δύο ζυγοί τάσης μεσολαβεί ένας διακόπτης ισχύος ζυγών του μεγέθους 400 kV. Ακόμη για τη λήψη μετρήσεων γίνεται η τοποθέτηση μετασχηματιστών τάσης και για την προστασία των ζυγών γίνεται η τοποθέτηση ενός ζεύγους ζωνών και μετασχηματιστές έντασης για κάθε διασυνδετικό διακόπτη.

β) Πύλες αναχώρησης: Κάθε μετασχηματιστής ανύψωσης έχει μια πύλη 400 kV. Το σύστημα κάθε πύλης θα πρέπει να έχει δύο αποδέκτες ζυγών με ένα γειωτή και ένα μετασχηματιστή έντασης σε κάθε φάση για να πραγματοποιείται η καταγραφή των μετρήσεων.

γ) Για την καταγραφή της ενεργής και ανενεργής ενέργειας χρησιμοποιείται μια διάταξη η οποία περιλαμβάνει μετρητές (ένας κύριος μετρητής και ένα μετρητής για επαλήθευση) και ένα σύστημα που μεταδίδει τις καταγραφές.

δ) Ηλεκτρονικά συστήματα: Τα ηλεκτρονικά συστήματα περιλαμβάνουν τα συστήματα τηλεμετάδοσης, τηλεελέγχου και τηλεεπιτηδεύσεως.

ε) Χώρος ελέγχου: Σε κατασκευές υποσταθμών είναι ιδιαίτερα η κατασκευή ενός κτιρίου όπου θα πραγματοποιείται η παρακολούθηση των συστημάτων, θα λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο και θα είναι ανεξάρτητη κατασκευή από τις άλλες.

στ) Γειώσεις : Η γειώσεις για τέτοιες κατασκευές πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον κανονισμό IEEE Sts 80-1986

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ

10.1 ΚΟΣΤΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα υπολογίσω το συνολικό κόστος εγκατάστασης για τα δύο υπεράκτια αιολικά πάρκα και με τα δύο μοντέλα ανεμογεννητριών. Στο κόστος αυτό συγκαταλέγονται το κόστος ανεμογεννητριών, οι δαπάνες του πολιτικού μηχανικού, τα τραπεζικά έξοδα, ο εξοπλισμός.

10.1.1 Ανεμογεννήτριες

Έχει υπολογιστεί ότι το κόστος των ανεμογεννητριών είναι περίπου 1000 €/KW.

Στην περιοχή Καστέλα – Καστανιά με το μοντέλο ανεμογεννήτριας Vestas V 164 9.5 MW έχω 52 ανεμογεννήτριες. Οπότε το κόστος θα είναι $52 \times 1000 \times 9500 = 494,000,000 \text{€}$. Στο κόστος των ανεμογεννητριών συμπεριλαμβάνονται και τα ανταλλακτικά που αποτελούν το 3% της αξίας της ανεμογεννήτριας. Οπότε το συνολικό κόστος της ανεμογεννήτριας θα είναι 508,820,000 €.

Στην περιοχή Καστέλα – Καστανιά με το μοντέλο ανεμογεννήτριας Gamesa SG 8.0 167 DD έχω 52 ανεμογεννήτριες οπότε το κόστος θα είναι $52 \times 1000 \times 8000 = 416,000,000 \text{€}$. Στο κόστος των ανεμογεννητριών συμπεριλαμβάνονται και τα ανταλλακτικά που αποτελούν το 3% της αξίας της ανεμογεννήτριας. Οπότε το συνολικό κόστος της ανεμογεννήτριας θα είναι 428,480,000 €.

Στην περιοχή Χάρακας – Ρειχιά με το μοντέλο ανεμογεννήτριας Vestas V 164 9.5 MW έχω 36 ανεμογεννήτριες. Οπότε το κόστος θα είναι $36 \times 1000 \times 9500 = 342,000,000 \text{€}$. Στο κόστος των ανεμογεννητριών συμπεριλαμβάνονται και τα ανταλλακτικά που αποτελούν το 3% της αξίας της ανεμογεννήτριας. Οπότε το συνολικό κόστος της ανεμογεννήτριας θα είναι 352,260,000 €.

Στην περιοχή Χάρακας – Ρειχιά με το μοντέλο ανεμογεννήτριας Gamesa SG 8.0 167 DD έχω 36 ανεμογεννήτριες οπότε το κόστος θα είναι $36 \times 1000 \times 8000 = 288,000,000 \text{€}$. Στο κόστος των ανεμογεννητριών συμπεριλαμβάνονται και τα ανταλλακτικά που αποτελούν το 3% της αξίας της ανεμογεννήτριας. Οπότε το συνολικό κόστος της ανεμογεννήτριας θα είναι 296,640,000 €.

10.1.2 Οικόπεδο

Η έκταση του οικοπέδου στην περιοχή Καστέλα – Καστανιά έχει έκταση 80790 στρέμματα. Το κόστος για την εκμίσθωση της περιοχής ανέρχεται στα 8,079,000€. Επομένως για 20 χρόνια που θα έχει διάρκεια το υπεράκτιο αιολικό πάρκο το σύνολο θα είναι 161,580,000€.

Η έκταση του οικοπέδου στην περιοχή Χάρακας-Ρειχιά είναι 48330 στρέμματα. . Το κόστος για την εκμίσθωση της περιοχής ανέρχεται στα 4,833,000€. Επομένως για 20 χρόνια που θα έχει διάρκεια το υπεράκτιο αιολικό πάρκο το σύνολο θα είναι 96,660, 000€.

10.1.3 Μεταφορά – Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών

Στο κόστος ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου συμπεριλαμβάνονται και οι δαπάνες που αφορούν την μεταφορά, τη προετοιμασία και την τοποθέτηση των ανεμογεννητριών. Μετά τη προετοιμασία και τη εγκατάσταση πραγματοποιούνται κάποιες διαδικασίες:

- Προετοιμασία της πλήμνης και τοποθέτηση του ρότορα
- Κλείδωμα του ρότορα
- Τοποθέτηση οργάνων μέτρησης
- Μοντάρισμα πύργων
- Τοποθέτηση ατράκτου στους πύργους
- Σύνδεση καλωδίων στους πύργους
- Τοποθέτηση ελεγκτή στους πύργους
- Εγκατάσταση μετασχηματιστών
- Τοποθέτηση πτερυγίων

Οι δαπάνες που ανέφερα παραπάνω για το υπεράκτιο αιολικό πάρκο στην περιοχή Καστέλα για τον τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW είναι 5,500,000€. Για την περιοχή Καστέλα για τον τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW είναι 5,000,000€. Για την περιοχή Ρειχιά για τον τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW είναι 4,500,000€. Για την περιοχή Ρειχιά για τον τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW είναι 4,000,000€.

10.1.4 Δαπάνες πολιτικού μηχανικού

Οι δαπάνες του πολιτικού μηχανικού σε ένα αιολικό πάρκο παρουσιάζονται παρακάτω:

- Πλατείες τοποθέτησης ανεμογεννητριών
- Θεμελιώσεις για τις βάσεις των ανεμογεννητριών
- Τάφροι που θα οδηγούνται τα καλώδια κατά μήκος του πάρκου για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με τον υποσταθμό.
- Δωμάτιο ελέγχου στο αιολικό πάρκο

Οι θεμελιώσεις είναι σημαντικό κομμάτι των ανεμογεννητριών καθώς συμβάλουν στην στατικότητα τους. Στο κόστος θεμελίωσης συμπεριλαμβάνεται το κόστος των υλικών κατασκευής (σκυρόδεμα,

μεταλλικά πλέγματα) και οι δαπάνες του εργατικού δυναμικού. Σύμφωνα με υπολογισμούς το κόστος θεμελίωσης για μια ανεμογεννήτρια είναι 15,000€. Για την περίπτωση της περιοχής Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και 52 ανεμογεννήτριες το κόστος είναι 780,000€. Για την περίπτωση της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και 52 ανεμογεννήτριες το κόστος είναι 780,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και 36 ανεμογεννήτριες το κόστος είναι 540,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και 36 ανεμογεννήτριες το κόστος είναι 540,000€.

10.1.5 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Στις δαπάνες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού συμπεριλαμβάνονται η προμήθεια, η μεταφορά και η εγκατάσταση του εξοπλισμού. Ο ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός σε ένα πάρκο είναι :

- οι αγωγοί και οι σωλήνες
- οι γειώσεις
- τα καλώδια οπτικών ινών
- οι μικροί υποσταθμοί

Για την περίπτωση της περιοχής Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW το κόστος είναι 6,500,000€.

Για την περίπτωση της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW το κόστος είναι 6,000,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW το κόστος είναι 5,500,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW το κόστος είναι 5,000,000€.

10.1.6 Έξοδα συμβούλων

Τα κύρια έξοδα που δημιουργούν οι σύμβουλοι είναι :

- μελέτη για άδεια παραγωγής
- μελέτη υπολογισμού αιολικού δυναμικού
- μελέτη για άδεια εγκατάστασης
- γεωτεχνικές και γεωφυσικές μελέτες
- τοπογραφικές μελέτες
- πολεοδομικές άδειες
- μελέτες οδοποιίας

Για την περίπτωση της περιοχής Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW το κόστος είναι 4,500,000€.

Για την περίπτωση της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW το κόστος είναι 4,000,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW το κόστος είναι 3,500,000€. Για την

περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW το κόστος είναι 3,000,000€.

10.1.7 Κόστος Διασύνδεσης

Έχει υπολογιστεί ότι για 10 MW το κόστος διασύνδεσης ενός αιολικού πάρκου είναι περίπου 580,000€. Για την περίπτωση της περιοχής Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και συνολική ισχύς 494 MW το κόστος είναι 28,652,000€.

Για την περίπτωση της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και συνολική ισχύς 416 MW το κόστος είναι 24,128,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και συνολική ισχύς 342 MW το κόστος είναι 19,836,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και συνολική ισχύς 288 MW το κόστος είναι 16,704,000€.

10.1.8 Τραπεζικά έξοδα

Έχει υπολογιστεί ότι για 30 MW τα τραπεζικά έξοδα ενός αιολικού πάρκου είναι περίπου 1,200,000€. Για την περίπτωση της περιοχής Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και συνολική ισχύς 494 MW το κόστος είναι 19,760,000€.

Για την περίπτωση της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και συνολική ισχύς 416 MW το κόστος είναι 16,640,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW και συνολική ισχύς 342 MW το κόστος είναι 13,680,000€. Για την περίπτωση της Ρειχιάς με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW και συνολική ισχύς 288 MW το κόστος είναι 11,520,000€.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι απαραίτητες δαπάνες για τις εκάστοτε περιπτώσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων που εξετάζω.

Πίνακας 10.1: Κόστος Εγκατάστασης Καστέλα – Καστανιά Vestas V 164 9.5 MW

Είδος /Υπηρεσία	Κόστος (€)
Ανεμογεννήτριες	508,820,000
Οικόπεδο	96,600,000
Μεταφορά- Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών	5,500,000
Δαπάνες μηχανικού	780,000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	6,500,000
Έξοδα συμβούλων	4,500,000
Διασύνδεση με το δίκτυο	28,652,000

Τραπεζικά έξοδα	19,760,000
Σύνολο	671,112,000

Πίνακας 10.2 : Κόστος Εγκατάστασης Καστέλα – Καστανιά Gamesa SG 8.0 167 DD

Είδος /Υπηρεσία	Κόστος (€)
Ανεμογεννήτριες	428,480,000
Οικόπεδο	161,580,000
Μεταφορά- Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών	5,000,000
Δαπάνες μηχανικού	780,000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	6,000,000
Έξοδα συμβούλων	4,000,000
Διασύνδεση με το δίκτυο	24,128,000
Τραπεζικά έξοδα	16,640,000
Σύνολο	646,608,000

Πίνακας 10.3: Κόστος Εγκατάστασης Χάρακας – Ρειχιά Vestas V 164 9.5

Είδος /Υπηρεσία	Κόστος (€)
Ανεμογεννήτριες	352,260,000
Οικόπεδο	96,660,000
Μεταφορά- Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών	4,500,000
Δαπάνες μηχανικού	540,000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	5,500,000
Έξοδα συμβούλων	3,500,000
Διασύνδεση με το δίκτυο	19,836,000
Τραπεζικά έξοδα	13,680,000
Σύνολο	496,476,000

Πίνακας 10.4: Κόστος Εγκατάστασης Χάρακας – Ρειχιά Gamesa SG 8.0 167 DD

Είδος /Υπηρεσία	Κόστος (€)
Ανεμογεννήτριες	296,640,000
Οικόπεδο	96,600,000
Μεταφορά- Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών	4,000,000
Δαπάνες μηχανικού	540,000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	5,000,000
Έξοδα συμβούλων	3,000,000
Διασύνδεση με το δίκτυο	16,704,000
Τραπεζικά έξοδα	11,520,000

10.1.9 Επιπρόσθετες δαπάνες ανά έτος

Περίπτωση Καστέλα τύπος ανεμογεννήτριας Vestas V164 9,5 MW

- Σύμβαση συντήρησης : 3,000,000€
- Ασφάλιστρα 3% του εξοπλισμού
- Μισθός λογιστή: 6,500
- Μισθός συντηρητή: 12,500
- Δημοτικοί φόροι και τέλη :3% των ετήσιων εσόδων
- Λοιποί φόροι: 20 % από τα κέρδη εγκατάστασης
- Ποσοστό πληθωρισμού : 2,5%

Περίπτωση Καστέλα τύπος ανεμογεννήτριας Gamesa 167DD 8 MW.

- Σύμβαση συντήρησης : 3,000,000€
- Ασφάλιστρα 3% του εξοπλισμού
- Μισθός λογιστή: 6,500
- Μισθός συντηρητή: 12,500
- Δημοτικοί φόροι και τέλη :3% των ετήσιων εσόδων
- Λοιποί φόροι: 20 % από τα κέρδη εγκατάστασης
- Ποσοστό πληθωρισμού : 2,5%

Περίπτωση Ρειχιά τύπος ανεμογεννήτριας Vestas V164 9,5 MW.

- Σύμβαση συντήρησης : 2,500,000€
- Ασφάλιστρα 3% του εξοπλισμού
- Μισθός λογιστή: 6,000
- Μισθός συντηρητή: 12,000
- Δημοτικοί φόροι και τέλη :3% των ετήσιων εσόδων
- Λοιποί φόροι: 20 % από τα κέρδη εγκατάστασης
- Ποσοστό πληθωρισμού : 2,5%

Περίπτωση Ρειχιά τύπος ανεμογεννήτριας Gamesa 167DD 8 MW.

- Σύμβαση συντήρησης : 2,500,000€
- Ασφάλιστρα 3% του εξοπλισμού
- Μισθός λογιστή: 6,000
- Μισθός συντηρητή: 12,000
- Δημοτικοί φόροι και τέλη :3% των ετήσιων εσόδων
- Λοιποί φόροι: 20 % από τα κέρδη εγκατάστασης
- Ποσοστό πληθωρισμού : 2,5%

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζω τις επιπλέον δαπάνες για κάθε περίπτωση

Πίνακας 10.5: Επιπρόσθετες δαπάνες Καστέλα – Καστανιά Vestas 9.5 MW

Δαπάνες	(€)
Σύμβαση	3,000,000
Ασφάλιστρα	195,000
Μισθός λογιστή	6,500
Συντηρητής	12,500
Δημοτικά Τέλη	3,756,752
Φόροι	25,045,010
Πληθωρισμός	16,777,800
Σύνολο	48,793,562

Πίνακας 10.6: Επιπρόσθετες δαπάνες Καστέλα – Καστανιά Gamesa 8 MW

Δαπάνες	(€)
Σύμβαση	3,000,000
Ασφάλιστρα	180,000
Μισθός λογιστή	6,500
Συντηρητής	12,500
Δημοτικά Τέλη	3,616,323
Φόροι	24,108,823
Πληθωρισμός	16,165,200
Σύνολο	47,089,346

Πίνακας 10.7: Επιπρόσθετες δαπάνες Ρειχιά – Χάρακας Vestas 9.5 MW

Δαπάνες	(€)
Σύμβαση	2,500,000
Ασφάλιστρα	165,000
Μισθός λογιστή	6,000
Συντηρητής	12,000
Δημοτικά Τέλη	2,600,828
Φόροι	17,338,853
Πληθωρισμός	12,411,900
Σύνολο	22,622,681

Πίνακας 10.8: Επιπρόσθετες δαπάνες Ρειχιά – Χάρακας Gamesa 8 MW

Δαπάνες	(€)
Σύμβαση	2,500,000
Ασφάλιστρα	150,000
Μισθός λογιστή	6,000
Συντηρητής	12,000
Δημοτικά Τέλη	2,503,609
Φόροι	16,690,723
Πληθωρισμός	10,850,100
Σύνολο	32,712,432

10.2 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΕΡΓΟΥ

Παρακάτω θα εξεταστεί η δυνατότητα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων να καλύψουν τα έξοδα στο χρόνο λειτουργίας τους (20 έτη) .

10.2.1 Τιμή πώλησης

Για εγκαταστάσεις τέτοιου μεγέθους η τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΔΕΣΜΗΕ είναι 87,85€ ανά MWh.

10.2.2 Καθαρή ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η ετήσια καθαρή παραγωγή ενέργειας στην περιοχή της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW είναι 1,425,442 MW. Η ετήσια καθαρή παραγωγή ενέργειας στην περιοχή της Καστέλα με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW είναι 1,372,158 MW. Η ετήσια καθαρή παραγωγή ενέργειας στην περιοχή της Ρειχιά με τύπο ανεμογεννήτριας Vestas 9.5 MW είναι 986,844 MW. Η ετήσια καθαρή παραγωγή ενέργειας στην περιοχή της Ρειχιά με τύπο ανεμογεννήτριας Gamesa 8 MW είναι 949,956 MW.

10.2.3 Υπολογισμός καθαρού κέρδους και χρόνου απόσβεσης

Αφού πρώτα υπολόγισα τα κόστη εγκατάστασης και τα έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας, μπορώ να υπολογίσω τα καθαρά κέρδη και το χρόνο απόσβεσης.

- Έσοδα= (Καθαρή ετήσια παραγωγή ενέργειας)× Τιμή πώλησης
- Κόστος = Συντήρηση+Ασφάλιστρα+Αμοιβή συντηρητή+ Αμοιβή λογιστή+ Τέλη+ Φόρος+ Πληθωρισμός
- Ετήσια καθαρά κέρδη= Έσοδα-Έξοδα
- Απόσβεση= Επένδυση/ Ετήσιο καθαρό κέρδος

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζω τα στοιχεία που ανέφερα παραπάνω για κάθε περίπτωση .

Πίνακας : Απόσβεση Καστέλα – Καστανιά Vestas 9.5 MW

Έσοδα (€/γ)	125,225,050
Κόστος (€/γ)	48,793,562
Ετήσια καθαρά κέρδη (€/γ)	76,431,489
Απόσβεση (έτη)	8.780569531

Πίνακας: Καστέλα – Καστανιά Gamesa 8 MW

Έσοδα (€/γ)	120,544,114
Κόστος (€/γ)	47,089,346
Ετήσια καθαρά κέρδη (€/γ)	73,454,768
Απόσβεση (έτη)	8.802805063

Πίνακας: Ρειχιά – Χάρακας Vestas 9.5 MW

Έσοδα (€/γ)	86,694,265
Κόστος (€/γ)	22,622,681
Ετήσια καθαρά κέρδη (€/γ)	64,071,584
Απόσβεση (έτη)	7.7487705

Πίνακας: Ρειχιά – Χάρακας Gamesa 8 MW

Έσοδα (€/γ)	83,453,617
Κόστος (€/γ)	32,712,432
Ετήσια καθαρά κέρδη (€/γ)	50,741,185
Απόσβεση (έτη)	8.5532886

Η διάρκεια ζωής ενός αιολικού πάρκου είναι περίπου 20 έτη οπότε στα δύο υπεράκτια αιολικά με δύο διαφορετικούς τύπους ανεμογεννητριών η επένδυση θα είναι επικερδής. Από ενεργειακής άποψης έχω επιλέξει την ανεμογεννήτρια Vestas V 164 9.5 MW καθώς παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από την Gamesa 8.0 MW και από οικονομικής άποψης θα επιλέξω την Vestas V 164 9.5 MW καθώς κάνει απόσβεση σε πιο λίγα χρόνια με μεγαλύτερο κέρδος. Γενικά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο τύπων ανεμογεννητριών που προτείνω τόσο στο ενεργειακό μέρος όσο και στο οικονομικό μέρος υπάρχει πολύ μικρή διαφορά μεταξύ τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αν θέλουμε να αντιμετωπίσουμε την κλιματική αλλαγή οφείλουμε να στραφούμε στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην θάλασσα και στην ξηρά. Όπως περιγράφω στην πτυχιακή μου εργασία η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην θάλασσα είναι πιο παραγωγική από ότι στην στεριά.

Οι επιπτώσεις των υπεράκτιων και χερσαίων αιολικών πάρκων στο ανθρώπινο και κοινωνικό περιβάλλον σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές θεωρούνται πιο ήπιες.

Όπως ανέφερα παραπάνω στην Ελλάδα εταιρείες έχουν λάβει άδεια για εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Αν και έχει δοθεί εντολή από την Ευρωπαϊκή Ένωση για να γίνει χωροθέτηση στο θαλάσσιο χώρο μόλις 9 χώρες έχουν πραγματοποιήσει την εντολή με την Ελλάδα να μην συγκαταλέγεται σε αυτές. Θα μπορούσε να δοθεί κίνητρο (φοροελάφρυνση, ενίσχυση από προγράμματα της Ε.Ε) σε εταιρίες που δραστηριοποιούνται στα υπεράκτια αιολικά πάρκα να αξιοποιήσουν το μεγάλο αιολικό δυναμικό που εντοπίζεται στο θαλάσσιο χώρο. Η Ελληνική κυβέρνηση είχε υποσχεθεί στο συνέδριο της ΕΛΕΤΑΕΝ τον Φεβρουάριο του 2021 ότι θα κατατεθεί άμεσα το θεσμικό πλαίσιο για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Από την πλευρά του ο ΑΔΜΗΕ έχει δηλώσει ότι είναι έτοιμος για τη διασύνδεση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων με το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Εταιρίες από την Ελλάδα και το εξωτερικό έχουν εκδηλώσει έντονο ενδιαφέρον για κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο. Η Ελλάδα επειδή δεν διαθέτει εμπειρία για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα θα μπορούσε να συνεργαστεί με την Νορβηγία η οποία είναι πρωτοπόρος της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη έτσι ώστε να τη βοηθήσει στην ομαλή μετάβαση στην υπεράκτια αιολική ενέργεια. Άλλωστε μην ξεχνάμε ότι η Νορβηγία διαθέτει την μεγαλύτερη ακτογραμμή στην Ευρώπη με την Ελλάδα να ακολουθεί στην δεύτερη θέση. Συνοψίζοντας καταλήγω στο συμπέρασμα ότι η Ελλάδα μέσω της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας μπορεί να διασφαλίσει στρατηγικό ρόλο στην ενέργεια στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και γενικά στην Ευρώπη. Ο κόσμος οδηγείται με γρήγορους ρυθμούς στην υπεράκτια αιολική ενέργεια και η Ελλάδα οφείλει να μην μείνει αμέτοχη. Η Ελλάδα εκτός από την αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιήσει και άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ανέφερα παραπάνω. Περιοχές κατάλληλες για υπεράκτια αιολικά πάρκα εκτός από τις περιοχές που έχει προτείνει το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος είναι η ανατολική Κρήτη που παρουσιάζει υψηλό αιολικό δυναμικό και τα Δωδεκάνησα. Η περιοχή του Αιγαίου Πελάγους είναι μια περιοχή όπου εκτελούνται στρατιωτικές ασκήσεις και παρουσιάζει πλούσιο θαλάσσιο περιβάλλον οπότε η εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων θα πρέπει να γίνει με τεράστια προσοχή. Το βασικό πρόβλημα που έχουν τα νησιά είναι η διασύνδεση με το δίκτυο

ηλεκτροδότησης το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί από την κατασκευή υπεράκτιων ή χερσαίων αιολικών πάρκων. Η Ελλάδα πρέπει να συνδυάσει τις ΑΠΕ με τον ορυκτό πλούτο που διαθέτει. Η παραγωγή ενέργειας μόνο με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι δύσκολο. Για αυτό το λόγο προτείνω ενίσχυση των ΑΠΕ στην Ελλάδα και συμμετοχή των συμβατικών πηγών ενέργειας σε μικρότερο βαθμό. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο σε επιστολή που είχε στείλει στα κράτη μέλη για την αξιοποίηση των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναφέρει ότι η Ε.Ε μπορεί να ανακάμψει από την Covid 19 μέσω της υπεράκτιας τεχνολογίας καθώς είναι ένας τομέας που διαθέτει παγκόσμια κυριαρχία. Μάλιστα καλεί τα μέλη της να συνεργαστούν για μεταξύ τους για να βελτιώσουν τις υπάρχουσες πρακτικές στον συγκεκριμένο τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Πίνακας 13.1 :Αποστάσεις για την διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων (Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

<p>A. Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαία προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας</p>	<p>Για εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα κάτω των 10 MWe: Σε ΠΑΠ & Αττική: 20 χλμ. μήκους όδευσης Σε άλλες περιοχές (ΠΑΚ): 15 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα Σε νησιά: 10 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα</p>
<p>B. Μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.)</p>	<p>Όπως ορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (μέση & χαμηλή τάση)</p>
<p>Γ. Ελάχιστη απόσταση (A) από σημαντικά σταθερά στοιχεία άμεση παρεμβολής (φυσικά ή ανθρωπογενή) που εμποδίζουν την εκμετάλλευση του ανέμου</p>	<p>7 φορές το ύψος του σταθερού στοιχείου άμεσης παρεμβολής ($A=7xY$)</p>
<p>Δ. Ελάχιστη απόσταση (A) μεταξύ των ανεμογεννητριών</p>	<p>Με ανάπτυγμα κάθετα στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 3 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ($A=3d$) Με ανάπτυγμα παράλληλο στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 7 φορές τη διάμετρο (d) της</p>
	<p>φτερωτής της ανεμογεννήτριας ($A=7d$)</p>

Πίνακας 13.2 : Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος(Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ.1,2 Ν.1650/86 (Α' 160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν.1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν.3044/02)
Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στο προηγούμενο εδάφιο. - Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου NATURA 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ
Αξιόλογες ακτές και παραλίες (π.χ. αμμώδεις)	1.000 μ.
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ, μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη

Πίνακας 13.3: Αποστάσεις από περιοχές & στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς(Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση* εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικού; Χώρους και ιστορικούς τόπους. της παρ. 5. εδάφιο ββ του άρθρου 50 του Ν. 3028/02	3.000 μ.
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	$A=7d$, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500μ.
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	$A=7d$, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500μ.
* Η αναγραφόμενη απόσταση δεν λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση που η άτρακτος μιας α/γ δεν είναι ορατή από την ασύμβατη χρήση.	

Πίνακας 13.4: Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες (Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

Ασύμβατη Χρήση	Ελάχιστη απόσταση* εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, ή και τουριστικοί, ή και αξιόλογοι	1.000 μ. από το όριο** του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση
Παραδοσιακοί οικισμοί	1.500 μ. από το όριο** του οικισμού
Λοιποί οικισμοί	500 μ. από το όριο** του οικισμού
Οργανωμένη δόμηση Α' ή Β' κατοικίας (Π.Ε.Ρ.ΠΟ., Συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές	1.000 μ. από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα

Β' κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου	
Ιερές Μονές	500 μ. από τα όρια της Μονής
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45db
<p>* Η αναγραφόμενη απόσταση δεν λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση που η άτρακτος μιας α/γ δεν είναι ορατή από την ασύμβατη χρήση.</p> <p>** Στις περιπτώσεις που δεν έχει οριοθετηθεί ο οικισμός η απόσταση υπολογίζεται από το κέντρο του οικισμού προσαυξημένη και, σε κάθε περίπτωση, σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 μ. από την τελευταία κατοικία του οικισμού</p>	

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστο επίπεδο θορύβου στα όρια των ανωτέρω οικιστικών δραστηριοτήτων μικρότερο των 45 db.

Πίνακας 13.5: Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής & ειδικές χρήσεις (Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές	Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια της ζώνης απαλλοτρίωσης της οδού ή του σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα
Γραμμές υψηλής τάσεως	Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια διέλευσης των γραμμών Υ.Τ.
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα
Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα

Πίνακας 13.6 : Αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων(Πηγή: ΣΜΠΕ Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ)

Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, ζώνες αναδασμού, αρδευόμενες εκτάσεις	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Ιχθυοκαλλιέργειες	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Μονάδες εσταυλισμένης κτηνοτροφίας	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες	Όπως ορίζεται στην κείμενη νομοθεσία
Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	500 μ.
ΠΟΤΑ, και άλλες περιοχές ανάπτυξης παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση)	1.000 μ. από τα όρια της ζώνης/περιοχής*
Τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες	1.000 μ. από τα όρια της μονάδας*
Λοιπά τουριστικά καταλύματα και εγκαταστάσεις	500 μ.

* Η αναγραφόμενη απόσταση δεν λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση που η άτρακτος μιας α/γ δεν είναι ορατή από την ασύμβατη χρήση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Διονύσης Ασημακόπουλος, Γεώργιος Αραμπατζής, Αθανάσιος Δημάκης, Αβράαμ Καρταλίδης και Γεώργιος Τσιλιγκιρίδης 2015<<Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Βιβλίο ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ>>, Εκδόσεις "σοφία"
- 2) Απόστολος Πολυζάκης ΒΙΒΛΙΟ <<ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ – ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ>> 2019 Εκδόσεις Power Heat Cool
- 3) Ευαγγελία Ιωάννα Λυκιαρδοπούλου Διπλωματική εργασία 2021<<ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ>>, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος Επιβλέπων :Παπαδάκης Ευάγγελος
- 4)Σκάλτσης Νικόλαος 2016 Διπλωματική εργασία<< ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΩΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΩΣ ΑΠΕ>> Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων Επιβλέπουσα : Μαρία Γ. Ιωαννίδου
- 5) Γεώργιος Γκογκίδης 2018 Διπλωματική Εργασία<<Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Εθνικού Προγράμματος Ανάπτυξης Θαλάσσιων Αιολικών Πάρκων>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Ανάπτυξης Επιβλέπουσα : Δήμητρα Βαγιωνά
- 6) Βασιλική Καφρίτσα 2017 Διπλωματική εργασία <<Επιχειρηματικός Σχεδιασμός Πλωτού Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου: Η περίπτωση της Μυκόνου>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Νομικής – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Επιβλέπουσα: Ευαγγελία Λουκογεωργάκη
- 7) Λειβαδάρας Νικόλαος 2016 Μεταπτυχιακή Εργασία <<ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ>> Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Διεπιστημονικό – Διατμητικό Δίπλωμα Ειδίκευσης Επιβλέπων : Φώτης Γ.
- 8) Ελένη Καλαφάτη 2017<<ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Ευρωπαϊκό Κέντρο Αριστείας JEAN MONNET
- 9) Πολυνείκης Κανέλλας 2016 Διπλωματική εργασία << Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου 240 MW στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης>> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας Επιβλέπων : Μηνάς Αλεξιάδης
- 10) Ιωάννης Χριστάκης& Ιωάννης Αθανασόπουλος 2016 Πτυχιακή Εργασία <<Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα και Οικονομική Αξιολόγηση>> ΑΤΕΙ Πειραιά Τεχνολογικός Τομέας

11) Σιμιδάλας Γεώργιος & Σταμόπουλος Κωνσταντίνος 2018 ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ << ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ>> Τεχνολογικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Εποπτεύων : Σχοινάς Νικόλαος

12) Πελέκης Σωκράτης 2018 ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ<< ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ>>>> Τεχνολογικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Εποπτεύων : Καλογήρου Ιωάννης

13) Δεληγιώργη Αικατερίνη& Θεοδώρου Χρυσούλα 2008 Πτυχιακή Εργασία << ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ>> Τεχνολογικό Ίδρυμα Καβάλας Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπουσα: Κόγια Γ. Φωτεινή

14) Σιάχος Ιωάννης & Μπίστας Νικόλαος 2019 Πτυχιακή Εργασία<< Παράκτια Αιολικά Πάρκα>> Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου Σχολή Μηχανικών Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Επιβλέπων : Σχοινάς Νικόλαος

15) Θαλασσινός Μιχαήλ& Παπαδάκη Ζαχάρω Πτυχιακή Εργασία 2011<< ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ>> ΤΕΙ Ηρακλείου Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας Τμήμα Διοίκηση Επιχειρήσεων Επιβλέπων : Βάρδας Ιωάννης

16) Ρηγοπούλου Χριστίνα – Μαρία, Νικολόπουλος Αλέξιος- Χρήστος, Μίτσι Χαρίλα Πτυχιακή Εργασία 2016 <<ΑΓΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ>> Τεχνολογικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας Τμήμα Λογιστικής Επιβλέπων :Βαφειάδης Νικόλαος

17) <http://meteosearch.meteo.gr/>

18) <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=107b5e3695bd4712b8f02536a19de4dc>

19) <https://geo.rae.gr/>

20) <http://www.terna.gr/>

21) <https://www.oceanwinds.com/>

22)<https://www.insider.gr/epiheiriseis/energeia/156005/rekor-ependyseon-sta-yperaktia-aiolika-stin-eyropi>

23)https://www.businessdaily.gr/diethni/25715_protathlitria-kosmoy-i-eyropi-se-yperaktia-aiolika-parka

24) ΑΓΗΣΙΛΑΟΣ ΑΝΑΣΤ.ΚΑΤΣΙΡΟΣ & ΧΡΗΣΤΟΣ ΙΩΑΝ. ΧΑΪΝΤΙΝΗΣ Πτυχιακή Εργασία 2013<< ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ

ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ>> ΤΕΙ Πειραιά Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Ηλεκτρολογίας Επιβλέπων : Παντελής Μαλατέστας

25) Νίκος Κουκουλάς Διπλωματική Εργασία 2014<<Προκαταρκτικός Σχεδιασμός Μονοπάσσαλης Θαλάσσιας Ανεμογεννήτριας>> Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Επιβλέπων :Χάρης Γάντες

26) Κ.Χ Κυριαζής & Ε. Γ. Παπαδάκης 2009 <<ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ>>ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

27) Δημήτριος Φυτίλης Μεταπτυχιακή εργασία 2012 << Εκτίμηση αιολικού δυναμικού στον Ελληνικό Θαλάσσιο χώρο και προτάσεις για υπεράκτια Αιολικά πάρκα>> ΕΜΠ Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπων : Δρ. Τ. Σουκισιάν.

28) Γεώργιος Γκούμας Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία 2010 << ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ >> ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΙΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ << ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :Διακουλάκη Δανάη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

29) Κατσίμπρης Χαραλάμπος Διπλωματική Εργασία 2013 <<ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ – ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ 20 MW ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΟΖΑΝΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETSCREEN>> Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπων : Αναπληρωτής Καθηγητής Μπακούρος Ιωάννης

30) Θεοδώρα Συρίδου Πτυχιακή Εργασία 2018 << Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου στην Αλεξανδρούπολη>> ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπων : Κατσαπράκης Δημήτριος

31) Μπάρλας Ιωάννης Διπλωματική Εργασία 2012 <<Μελέτη Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου και Σύνδεσή του στο Δίκτυο >> Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Επιβλέπων: Δρ- Μηχ. Γαβριήλ Β. Γιαννακόπουλος

32) Μητσάκου Αικατερίνη Διπλωματική Εργασία 2018<<Τεχνοοικονομική ανάλυση εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών παρκών>> Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης Επιβλέπων: Σπύρος Παπαευθυμίου

33) Κωνσταντίνος Τσιβόλας Διπλωματική Εργασία 2018 << Προκαταρκτικός Σχεδιασμός Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου Νότια από το Δέλτα του Νέστου >> ΕΜΠ Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γάντες Συνεπιβλέπων : Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Μαμάσης

- 34) <http://geodata.gov.gr/>
- 35) <https://www.hnhs.gr/el/>
- 36) <http://www.alieia.minagric.gr/node/56>
- 37) <https://eletaen.gr/>
- 38) <https://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/tomeis-drastiriotitas/paragwgi/analutikos-xartis-stathmwn>
- 39) Κούλη Ρεβέκκα Διπλωματική Εργασία 2016 << Τεχνοοικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας και Βιωσιμότητας από Χωροθέτηση ενός Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου στον Ελλαδικό Χώρο>>ΕΜΠ ΔΙΑΠΕΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ << ΝΑΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗ >> Επιβλέπων Καθηγητής : Σουκισιάν Τακβόρ
- 40) Καραγιάννη Αθηνά Διπλωματική Εργασία 2016 << Εναέριας Ανεμογεννήτριες Τύπου <<Αετός>> > ΑΠΘ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Επιβλέπων : Αλεξιάδης Μηνάς Λέκτορας ΑΠΘ
- 41) Γεωργάκης Αναστάσιος Διπλωματική Εργασία 2019 << ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ>> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Επιβλέπων Καθηγητής : Μπαργιώτας Δημήτριος Συνεπιβλέπων Καθηγητής : Τσουκαλάς Ελευθέριος
- 42) HELLENIC WIND ENERGY ASSOCIATION<< A GUIDE FOR LICENSING OF ONSHORE WIND PROJECTS IN GREECE>> DECEMBER 2018
- 43) S. Boersma, B.M. Doekemeijer, P.M.O Gebraad , P.A.Fleming. J Antoni, A.K.Scholbrock, J.A Frederick , and J.W. van Wingerden << A TUTORIAL ON CONTROL – ORIENTED WIND FARM MODELING AND CONTROL American Control Conference DOI :10.23919/ACC.2017.7962923,2017
- 44) Lucy Y. Pao and Kathryn E. Johnson << A Tutorial on the Dynamics and Control of Wind Turbines and Wind Farms >> 2009 American Control Conference
- 45) S. A. Herman << Analysis of Transport and Installation Costs>> 2002
- 46) Jacob Aho, Andrew Buckspan, Jason Laks , Yunho Jeong , Fiona Dunne, and Lucy Pao (University of Colorado) , Paul Fleming . Matt Churchfield and Kathryn Johnson (National Renewable Energy Laboratory 2012 <<Tutorial of Wind Turbine Control for Supporting Frequency through Active Power Control >>
- 47) Anne Lise Rognlidalen << Business Innovation Greece>>2019 Programme Director Innovation Norway

- 48) Arne Elik << From Hywind Scotland to large scale floating projects>>
Leading business developer Floating Offshore Wind – New Solutions
- 49) Dr Dionysios Papachristou << Offshore in Greece : Current situation and perspectives >> 2019 Electrical Engineering – NTUA Scientific Expert
Coordinator of RES Auction Team Director , Press & Public Relations Office
Regulatory Authority for Energy
- 50) Panagiotis Ladakakos << WHY OFFSHORE IN GREECE >> 2019
HWEA , President
- 51) Angelos Syrigos << Floating wind farms in the Aegean? The law of the sea point of view>> 2019 Assoc. Professor of International Law& Foreign Policy – Panteion University
- 52) Georgios Gkiaouris << EBRD- Offshore Wind Energy in Greece >>
Webinar OWF in Greece February 2021 Regional Head Energy SEE
- 53) Giles Dickson <<POLICIES AND FUNANCING>> CEO Wind Europe
- 54) Daniel Willoch << Offshore wind experiences from a country that has none>> e- Work shop on offshore wind energy in Greece 2021 : Institutional framework , challenges and perspectives Policy advisor
- 55) Ioannis Margaris << Offshore Integrated Planning and Development in Greece : The Strategy
- 56) www.cres.gr
- 57) Γεώργιος Τζούνας Διπλωματική Εργασία 2016 << Επίδραση Αιολικής Παραγωγής στη Μέγιστη Μεταφερόμενη Ισχύ Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας >> ΕΜΠ Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Βουρνάς Καθηγητής ΕΜΠ
- 58) A.N. Robertson and J.M. Jonkman <<Loads Analysis of Several Offshore Floating Wind Turbine Concepts>>
- 59) S.K.Naqvi<<Scale model experiments on floating offshore wind turbines >> Ph.D Thesis , Worcester polythetic institute , May 2010
- 60) Priyanka R. & Peter G, 2015 << Life Cycle Assessment of Electricity Production from an Onshore V 110-2.0 MW Wind Plant >> Vestas
- 61) Roberto T & Alessio B. & Thomas A, 2013 << Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies : Overview, comparability and limitations >> , Renewable and Sustainable Energy Reviews, ELSEVIER
- 62) Eva Loukogeorgaki & Dimitra G. Vagiona & ID and Margarita Vasileiou, 2018<< Site Selection of Hybrid Offshore Wind and Wave Energy Systems in Greece Incorporating Environmental Impact Assessment >> MDPI

63) Brian Snyder & Mark J. Kaiser, 2009, << Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy>> Renewable Energy 34, 1567-1578

64) W. Musial & S. Butterfield, 2004, <<Future for Offshore Wind Energy in the United States>>, Energy Ocean Palm Beach, Florida

65) L. Fingersh & M. Hand & A. Laxson, 2006, << Wind Turbine Design Cost and Scaling Model>>, National Renewable Energy Laboratory.

66) Παναγιώτης Φλαούντας Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία 2019
<<ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ>>
ΠΑΔΑ Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Επιβλέπων: Καθηγητής Καραΐσας Πέτρος

67) Καλογεροπούλου Τζαννέτα Διπλωματική Εργασία 2010 << Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα>> ΕΜΠ Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Επιβλέπων :
Αρθούρος Ζερβός