

ΣΦΑΚΙΑΝΝΑΚΗ ΘΕΟΝΥΜΦΗ
ΑΜ: 2720

**ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΕΜΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ**

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΡΟΜΠΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	5
ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	5
1.1 Κλιματική αλλαγή & αιολική ενέργεια.....	6
1.2 Θαλάσσια αιολικά πάρκα.....	20
1.3 Σύντομη περιγραφή & οικονομικά στοιχεία του έργου.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	23
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ.....	23
2.1 Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας.....	24
2.1.1 Χαρακτηριστικά αιολικής ενέργειας.....	25
2.1.2 Κόστος εκμετάλλευσης.....	26
2.3.1 Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και των εγκαταστάσεων που θα απαιτηθούν.....	27
2.2. Εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού, αριθμός και τύπος των μονάδων που απαρτίζουν το σταθμό (MW).....	27
2.3. Τεχνική μελέτη του προτεινόμενου έργου.....	27
2.3.2 Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – Οι Ανεμογεννήτριες.....	30
2.3.3 Ηλεκτρολογικό κύκλωμα.....	35
2.3.4 Εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης.....	35
2.3.5 Εσωτερικός Υποσταθμός μέσης τάσης της γεννήτριας.....	35
2.3.6 Σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	37
2.3.7 Κύκλωμα Καλωδίων υψηλής τάσης.....	38
2.3.8 Έργα Υποδομής και Εγκατάσταση Α/Γ.....	40
2.3.9 Λειτουργία και συντήρηση.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	50
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	50
3.1 Προϋπολογισμός του έργου.....	51
3.2 Χρηματοδοτική διάρθρωση της επένδυσης	52
3.3 Προβλέψεις επενδυτικών, χρηματοδοτικών και λειτουργικών χρηματορροών 20ετίας.	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2011	58

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι σαφές πως αν θέλουμε να αντιμετωπίσουμε σοβαρά το μείζον περιβαλλοντικό (και όχι μόνο) πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας, θα πρέπει να απαγκιστρωθούμε από το υπάρχον κυρίαρχο ενεργειακό μοντέλο. Η Ελλάδα σήμερα είναι δέσμια του εισαγόμενου πετρελαίου και του εγχώριου μεν, ρυπογόνου δε, λιγνίτη. Την τελευταία δεκαετία, και προκειμένου να ανατραπεί αυτή η κατάσταση, η χώρα παρασύρεται από τη γοητεία του



φυσικού αερίου, φιλοδοξώντας να αποτελέσει η στροφή αυτή μια πιο ορθολογική απάντηση στα σημερινά ενεργειακά και περιβαλλοντικά αδιέξοδα.

Αλίμονο όμως, η στροφή αυτή δημιουργεί νέες εξαρτήσεις και εγγυάται μόνο οριακές βελτιώσεις. Μετά τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, η Ελλάδα διαμόρφωσε ένα ενεργειακό δόγμα, το οποίο στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής είχε ως βασικό πυλώνα τον λιγνίτη. Σήμερα, την εποχή της κρίσης του κλίματος, επιβάλεται η ανατροπή αυτού του δόγματος. Επιβάλεται η ριζική στροφή σε ένα καινούργιο, φιλικό προς το περιβάλλον ενεργειακό δόγμα. Ένα δόγμα που θα δίνει έμφαση στην εξοικονόμηση, τις

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ορθολογική χρήση των συμβατικών ενεργειακών πόρων. Η χώρα μας είναι ιδιαίτερα προικισμένη από ήλιο και αέρα και συνεπώς κατέχει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα στην παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές. Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας παραμένει ανεκμετάλλευτο, με λίγες λαμπρές εξαιρέσεις.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια προσπάθεια για την παρουσίαση της μιας μορφής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα της αιολικής ενέργειας και της δημιουργίας ενός αιολικού πάρκου όχι στην στεριά αλλά στην θάλασσα. Ταυτόχρονα θα γίνει προσπάθεια της παρουσίασης του επιχειρηματικού σχεδίου για την ανάπτυξη ενός θαλάσσιου αιολικού πάρκου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Κλιματική αλλαγή & αιολική ενέργεια

Η ατμόσφαιρα της Γης βρίσκεται σε κρίση. Ο πλανήτης μας θερμαίνεται. Το κλίμα της Γης, που παρέμεινε σχετικά σταθερό από την τελευταία εποχή



παγετώνων, αλλάζει πλέον δραστικά. Τον 20ο αιώνα η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 0,4-0,8 βαθμούς, γεγονός που κατατάσσει τον αιώνα αυτό ως τον θερμότερο τα τελευταία χίλια χρόνια. Η αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια δεν είναι τυχαία, ούτε αποτελεί "φυσικό" φαινόμενο. Οφείλεται εν πολλοίς στις ανθρώπινες δραστηριότητες και κυρίως στον τρόπο που παράγουμε και καταναλώνουμε

την ενέργεια.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων (του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου) έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση στην ατμόσφαιρα δισεκατομμυρίων τόνων ρύπων που παγιδεύουν σαν μια αέρινη κουβέρτα την ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνοντας τη θερμοκρασία της Γης. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Έτσι, τον τελευταίο αιώνα η μέση θερμοκρασία της Γης αυξήθηκε κατά 0,4-0,8 βαθμούς περίπου. Αυτό μπορεί να ακούγεται ασήμαντο, σε πλανητική κλίμακα όμως, έχει απίστευτες επιπτώσεις. Ακόμα και μια μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, διαταράσσει την ισορροπία της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να αλλάζει το καθεστώς των βροχοπτώσεων και των ανέμων και να αποσταθεροποιείται το κλίμα.

Επιπλέον, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας οδηγεί σε διαστολή του νερού των ωκεανών και σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ήδη η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 20 εκατοστά τον τελευταίο αιώνα. Αν αναλογιστεί κανείς ότι το 70% των ανθρώπων ζει κοντά στις ακτές και ότι μια άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα πλημμυρίσει κτισμένες περιοχές, πολύτιμες αγροτικές εκτάσεις, οικονομικά προσοδοφόρες παραλίες ή ευαίσθητους υγροτόπους, τότε μπορεί να καταλάβει τη σοβαρότητα των φαινομένων αυτών. Πλημμύρες, ξηρασίες, τυφώνες, μειωμένη αγροτική

παραγωγή, επανεμφάνιση ασθενειών όπως η ελονοσία, σημαντικές οικονομικές ζημιές, καταστροφή οικοσυστημάτων, εξαφάνιση ειδών, είναι μερικές μόνο από τις συνέπειες των κλιματικών αλλαγών. Οι προβλεπόμενες καταστροφές περιλαμβάνουν σημαντικές απώλειες ανθρώπινων ζώων από τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, απώλεια της βιοποικιλότητας, ενώ (κάτω από εξαιρετικά αισιόδοξες υποθέσεις) 60-350 εκατομμύρια άνθρωποι θα αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο της πείνας, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Άλλες μελέτες, πιο δυσοίωνες, όπως μία που έγινε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναφέρουν πως ένας τυχόν διπλασιασμός των ρύπων στην ατμόσφαιρα τις επόμενες 2-3 δεκαετίες, θα μπορούσε να στοιχίσει τη ζωή σε 900 εκατομμύρια ανθρώπους και να επιφέρει οικονομικές απώλειες ύψους 907 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, ποσό δηλαδή πολλαπλάσιο όλου του ανθρώπινου πλούτου. Ποτέ στο παρελθόν, η ανθρωπότητα δεν βρέθηκε αντιμέτωπη με ένα τόσο μεγάλο και σύνθετο πρόβλημα, που αγγίζει κάθε πτυχή της ζωής πάνω στον πλανήτη μας.

Οι επιπτώσεις αυτές δεν αφορούν μόνο το μακρινό μέλλον. Πολλές απ' αυτές είναι ήδη αισθητές από σήμερα. Εκατόν πέντε χιλιάδες άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους το 1999 εξαιτίας φυσικών καταστροφών. Οι περισσότεροι απ' αυτούς λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι οικονομικές απώλειες υπολογίζονται σε 100 δισ. δολάρια. Αντίστοιχες ήταν οι ζημιές και το 1998, χρονιά στην οποία, οι οικονομικές ζημιές που σχετίζονται με ακραία καιρικά φαινόμενα έφτασαν τα 90 δισ. δολάρια. Μόνο μέσα σ' εκείνη τη χρονιά, δεκάδες χιλιάδες άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από το πέρασμα του τυφώνα Mitch στη Λατινική Αμερική (όπου η οικονομία "γύρισε 20 χρόνια πίσω"), από τις καταστροφικές πλημμύρες του ποταμού Yangtze στην Κίνα, των Γάγγη και Βραχμαπούτρα στο Μπαγκλαντές, και από την χιονοθύελλα του αιώνα στον Καναδά.

Τα αίτια και οι υπεύθυνοι για τις δραματικές αλλαγές στο κλίμα είναι γνωστοί. Τα αέρια του θερμοκηπίου, που προέρχονται ως επί το πλείστον από την παραγωγή ενέργειας από πετρέλαιο, άνθρακα και φυσικό αέριο, έχουν αλλάξει την σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη. Από το 1750 (απαρχή της βιομηχανικής επανάστασης), οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξήθηκαν κατά 30%, του μεθανίου κατά 100% και του υποξειδίου του αζώτου κατά 15%. Οι συγκεντρώσεις αυτών των αερίων ποτέ δεν υπήρξαν υψηλότερες στη διάρκεια των τελευταίων 420.000 ετών .

Σύμφωνα με το πόρισμα της Διακυβερνητικής Επιτροπής για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC, ένα σώμα χιλιάδων επιστημόνων που έχει συσταθεί από τα Ηνωμένα Έθνη και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό) η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη αναμένεται να αυξηθεί από 1,4 έως 5,8 βαθμούς Κελσίου ως το 2100 αν συνεχίσει η εξάρτηση της ανθρωπότητας από τα ορυκτά καύσιμα.

Δέκα είναι τα ορόσημα της επερχόμενης ενεργειακής επανάστασης:

1. **«Λιγότερος άνθρακας – περισσότερο υδρογόνο». Η «εποχή του ήλιου» και η «οικονομία του υδρογόνου» προβάλλουν πλέον ως αντίπαλο δέος στην κυρίαρχη σήμερα «οικονομία του άνθρακα», απειλώντας να εκτοπίσουν οριστικά τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα που σφράγισαν τη βιομηχανική εποχή κατά τους δύο τελευταίους αιώνες.**
2. **Το μικρό είναι όμορφο. Μετά από ένα σχεδόν αιώνα έντονου γιγαντισμού, τα τελευταία τριάντα χρόνια, οι συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες γνώρισαν τα φυσικά όρια ανάπτυξής τους. Η νέα εποχή φλερτάρει πλέον με την αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και τα μικροσυστήματα ισχύος.**
3. Το πέρασμα σε μια πιο «κατανεμημένη», δηλαδή πιο αποκεντρωμένη ενεργειακή παραγωγή, οδηγεί σε ένα **εκδημοκρατισμό της ενεργειακής οικονομίας. Ένα εκδημοκρατισμό που αποσπά** σημαντικό μερίδιο από τα χέρια λίγων συγκεντρωτικών ενεργειακών μονοπωλίων και κάνει την ενέργεια κτήμα και καθημερινότητα του απλού πολίτη, της μικρής επιχείρησης, του ιδιώτη επενδυτή, των τοπικών κοινωνιών.
4. Η **περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση της ενεργειακής οικονομίας είναι η νέα και ίσως** η πιο καθοριστική συνιστώσα που προβάλλει στο προσκήνιο. Πολύ πριν εξαντληθούν τα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων, κινδυνεύει να εξαντληθεί η ανοχή των οικοσυστημάτων του πλανήτη από τις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές τις οποίες πυροδοτεί η εντεινόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων.
5. Η **ασφάλεια του εφοδιασμού των πολύτιμων ενεργειακών πόρων παραμένει πάντα ένα κρίσιμο** ζήτημα. Η εποχή του πετρελαίου ήταν και παραμένει μια εποχή που πυροδότησε πολέμους και συγκρούσεις για τον έλεγχο των αποθεμάτων του μαύρου χρυσού. Αντίθετα, οι ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όχι μόνο εγγυώνται την προστασία του περιβάλλοντος και την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών, αλλά και

- ένα κόσμο πιο ειρηνικό. Η **ενέργεια για την ειρήνη** είναι μία από τις υποσχέσεις της νέας ενεργειακής επανάστασης.
6. Βαδίζοντας στον 21ο αιώνα, 1,65 δισεκατομμύρια άνθρωποι —ένας στους τέσσερις κατοίκους του πλανήτη— δεν έχουν πρόσβαση ούτε σε ηλεκτρικό ρεύμα, ούτε σε στοιχειώδη μέσα για το μαγείρεμα της τροφής τους. Η **προώθηση καθαρής ενέργειας για την καταπολέμηση της φτώχειας αποτελεί συνεπώς μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της νέας ενεργειακής εποχής.**
 7. Ένα τελείως διαφορετικό οικονομικό περιβάλλον, που έχει ήδη εν πολλοίς διαμορφωθεί, ανατρέπει το ενεργειακό σκηνικό. Η **ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού και κοινωνικού κόστους** από την παραγωγή και χρήση της ενέργειας καταγράφεται πλέον στην πολιτική ατζέντα με τη μορφή ενεργειακών φόρων και την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η **απελευθέρωση των ενεργειακών αγορών έχει ξεκινήσει και είναι θέμα χρόνου η οριστική εφαρμογή της ακόμη και** στις χώρες εκείνες (όπως η Ελλάδα) που έδειξαν ιδιαίτερες αντιστάσεις σε μια τέτοια προοπτική.
 8. Νέα οικονομικά εργαλεία και μηχανισμοί διαμορφώνουν μια τελείως διαφορετική προοπτική στο χώρο της ενέργειας. Εργαλεία που δοκιμάστηκαν σε εθνικό επίπεδο την περασμένη δεκαετία, αποκτούν πλέον διεθνή διάσταση. Το **Πρωτόκολλο του Κιότο για την αποτροπή των κλιματικών** αλλαγών υιοθέτησε πολλά από τα εργαλεία αυτά, η εφαρμογή των οποίων, όχι μόνο θα βοηθήσει να περιορίσουμε τις εκπομπές των επικίνδυνων αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και θα προσφέρει νέες ευκαιρίες και προοπτικές στις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ενέργειας. Οι λεγόμενοι **«ευέλικτοι μηχανισμοί» του Κιότο υπόσχονται αλλαγή του σκηνικού στα χρόνια** που έρχονται.
 9. Παράλληλα, **ισχυροποιείται το θεσμικό πλαίσιο για την προώθηση της εξοικονόμησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προκειμένου να διασφαλιστεί η αναγκαία ενεργειακή** στροφή. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, για παράδειγμα, θα πρέπει να διπλασιάσει το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ως το 2010 (από το 6% στο 12%). Ειδικά για τον ηλεκτρισμό, η ΕΕ θα πρέπει να καλύπτει το 22% των αναγκών της από ΑΠΕ ως το τέλος της δεκαετίας (και η Ελλάδα αντίστοιχα το 20,1%).

10. Η νέα ενεργειακή εποχή βασίζεται πλέον σε **τεχνολογίες ώριμες και οικονομικά αποδοτικές** (όπως είναι για παράδειγμα η αιολική ενέργεια, τα ηλιοθερμικά συστήματα, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και οι αποδοτικοί καυστήρες βιομάζας), αλλά και τεχνολογίες που τώρα σπάζουν το φράγμα της απομόνωσής τους από την αγορά (όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ηλιακού ηλεκτρισμού, οι κυψέλες καυσίμου, τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, οι μικροτουρμπίνες και τα άλλα μικροσυστήματα ισχύος και συμπαραγωγής).

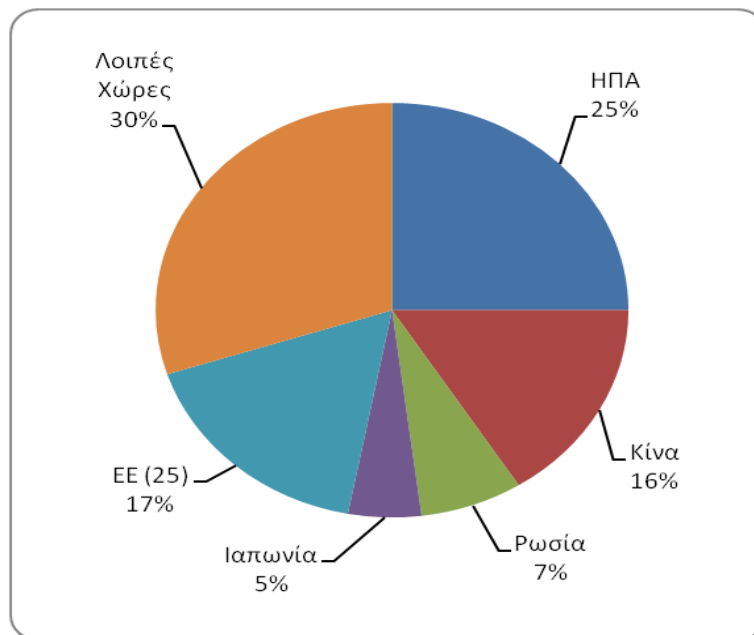
Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προέρχονται από την κατανάλωση ορυκτών πόρων για την παραγωγή ενέργειας, αποτελούν μια σημαντική απειλή για την αειφόρο ανάπτυξη. Η διακυβερνητική Επιτροπή για τις κλιματικές αλλαγές (2001) (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) πρόβλεψε ότι χωρίς τη δραστική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αναμένονται έντονες κλιματικές αλλαγές. Παράλληλα με τις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές, οι εκπομπές των SO₂ ή NO_x και άλλων ρύπων από τη μετατροπή ενέργειας σε συμβατική ηλεκτρική ενέργεια προκαλούν, ουσιαστικές ζημιές στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Οι πιο σημαντικές αέριες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι CO₂, SO₂, NO_x και PM10 (αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο > 10 micrometers). Η ποσότητα και η συγκέντρωση των ρύπων εξαρτώνται γενικά από τον τύπο του καυσίμου που καταναλώνεται. Οι εκπομπές CO₂ σχετίζονται με την αναλογία του άνθρακα στα καταναλώμενα καύσιμα. Κάθε χρόνο εκλύονται στην ατμόσφαιρα περίπου 6 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα (6 GtC), με τη μορφή CO₂ από τη χρήση ορυκτών καυσίμων – όπως είναι ο ορυκτός άνθρακας σε όλες (π.χ. λιθάνθρακας, λιγνίτης), το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τις τελευταίες δεκαετίες αυτές οι εκπομπές έχουν αυξηθεί με ρυθμό περίπου 2% ετησίως. Το 1990 η χρήση ορυκτών καυσίμων ευθυνόταν σχεδόν για το 60% των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Από το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει ότι το 42% των παγκοσμίων εκπομπών CO₂ προέρχονται από 2 μόνο χώρες, τις ΗΠΑ και την Κίνα.

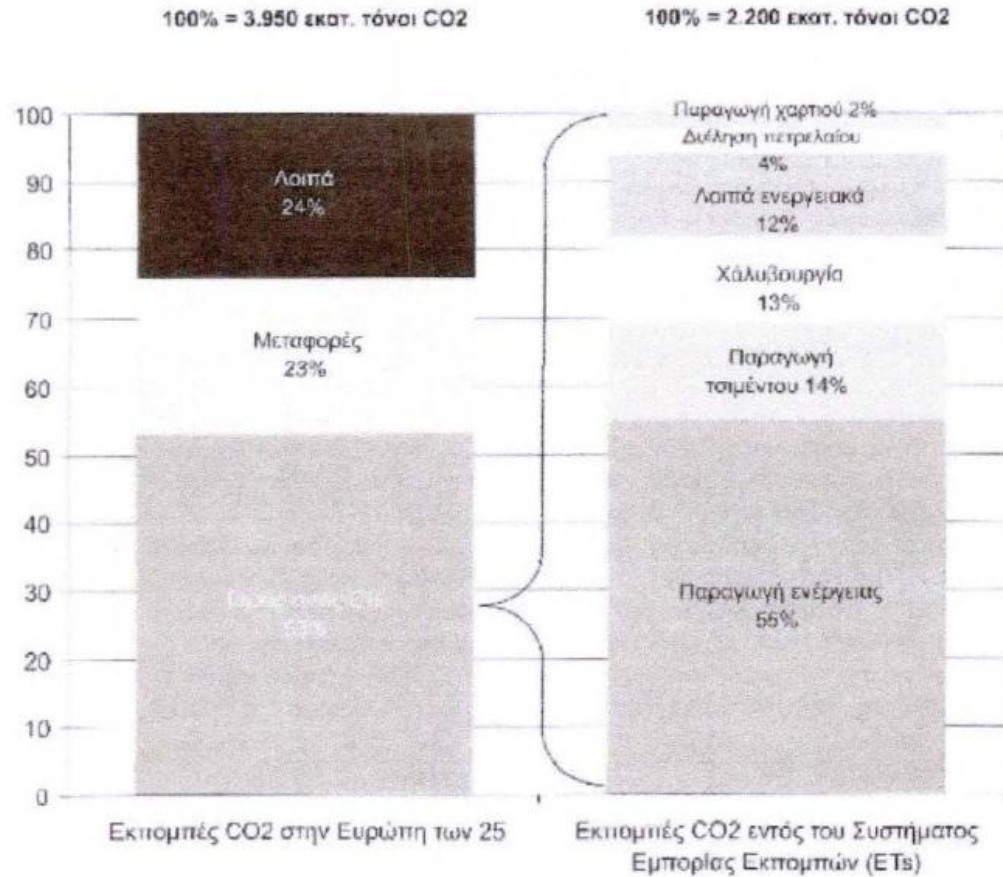
Για το SO₂, η ποσότητα των εκπομπών ανά kWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την αναλογία του θείου στο καταναλώμενο καύσιμο. Η αναλογία του θείου στο λιγνίτη είναι συγκριτικά μεγάλη, στον ορυκτό

άνθρακα και στο πετρέλαιο είναι σχετικά μέτρια, ενώ το φυσικό αέριο δεν περιέχει σχεδόν καθόλου θείο. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, οι εκπομπές ΝΟx δε σχετίζονται με το καταναλώμενο καύσιμο. Οι εκπομπές ΝΟx παράγονται κατά την καύση από το άζωτο στον αέρα, και η παραγωγή τους εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία καύσης. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο (11-12-1998) για τις κλιματικές αλλαγές, η Ευρωπαϊκή Ένωση, συνολικά έχει δεσμευτεί για την περίοδο 2008-2012 να περιορίσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (έξι αέρια: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, SFs, PFCs) κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του έτους βάσης 1990.



Κατανομή εκπομπών CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο

Όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα, ο τομέας ενέργειας (κυρίως η βιομηχανία του άνθρακα) επηρεάζεται καθοριστικά στην 1^η φάση εφαρμογής του συστήματος ΕΤs των εκπομπών CO₂ αφού το 55% των εκπομπών CO₂ που έχουν ενταχθεί στο σύστημα αφορά τις δραστηριότητες ηλεκτροπαραγωγής.



Κατανομή εκπομπών CO₂ ανά παραγωγικό τομέα στην Ευρώπη των 25

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αναλογία του άνθρακα σε σχέση με το υδρογόνο στα διάφορα είδη καυσίμων.

Ορυκτός άνθρακας	C ₂₄ H ₁₂
Πετρέλαιο	C ₁₀ H ₂₂
Υγραέριο (προπάνιο - LPG)	C ₃ H ₈
Φυσικό αέριο (κυρίως μεθάνιο)	CH ₄
Υδρογόνο	H ₂

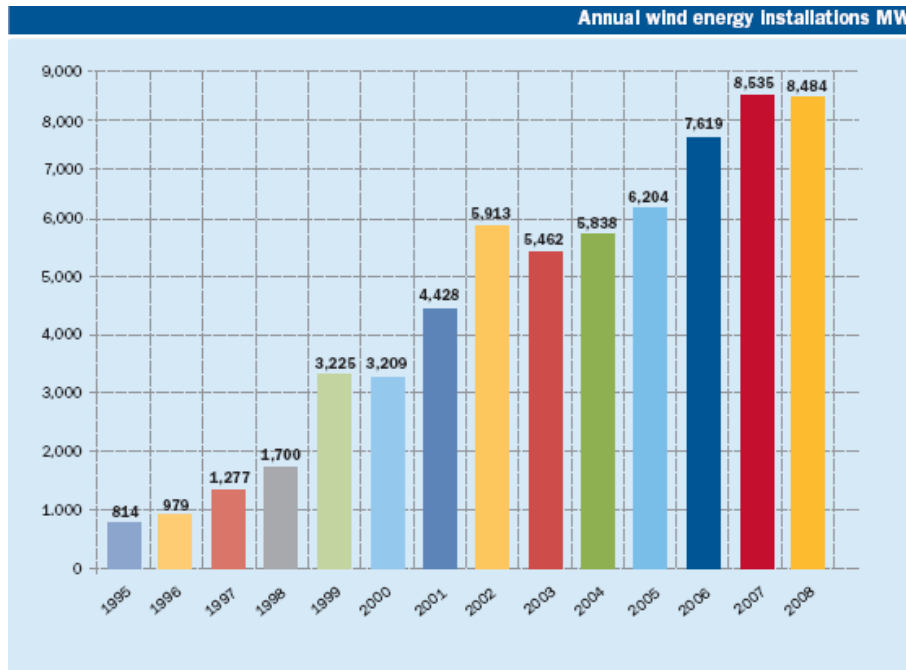
Λόγω του ότι οι περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, δεν παράγουν αέρια του θερμοκηπίου ούτε άλλους ρύπους όπως SO₂ ή NO_x, αναμένεται να αποτελέσουν τη βάση οποιουδήποτε μακροπρόθεσμου συστήματος παραγωγής ενέργειας.

Έχοντας αναγνωρίσει το παγκόσμιο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών, είναι πλέον προφανές ότι επιβάλλεται η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και η άμεση στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή καθαρής ενέργειας είναι σήμερα η αιολική, η οποία συμβάλλει στην αποτροπή των κλιματικών αλλαγών, προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Επιπλέον, ζούμε σε μία χώρα που είναι προικισμένη από τη φύση με ισχυρούς ανέμους, που έχει την εμπειρία της βιωσιμότητας της αιολικής ενέργειας και που παρουσιάζει πολιτική και επενδυτική βούληση για τη στροφή στην παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο.

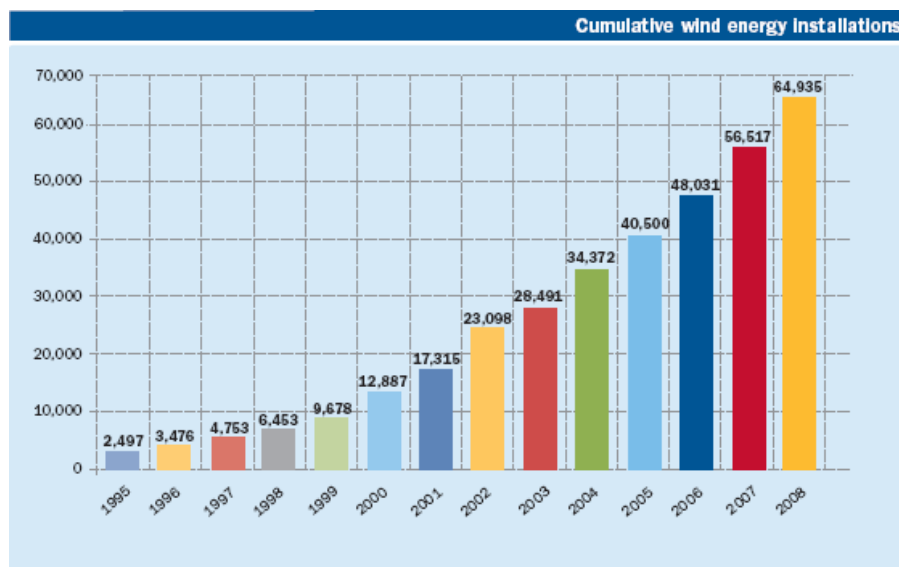
Όμως όλα αυτά τα στοιχεία δεν επαρκούν για να εξασφαλίσουν το μέλλον της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας. Υπάρχουν διάφορα εμπόδια, άλλα πραγματικά και άλλα μεθοδευμένα, που εμποδίζουν την ανάπτυξή της. Για να αρθούν τα εμπόδια αυτά, είναι υποχρέωση της Πολιτείας να βελτιώσει το θεσμικό πλαίσιο και την τεχνική υποδομή (μέσω π.χ. της βελτίωσης του δικτύου της ΔΕΗ). Χρειάζεται επίσης να ενημερωθούν όσοι πολίτες αντιδρούν στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην περιοχή τους σχετικά με τα οφέλη που έχουν να αποκομίσουν οι ίδιοι αλλά και ο πλανήτης από τη στροφή στην καθαρή ενέργεια.

Όπως κάθε έργο, η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου αλλοιώνει σε κάποιο βαθμό το περιβάλλον. Υπάρχουν όμως κανόνες που στοχεύουν στη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία των αιολικών πάρκων. Η τήρηση αυτών των κανόνων έχει σχεδόν πάντα μετατρέψει κατοίκους που αμφέβαλαν για την αιολική ενέργεια σε ένθερμους υποστηρικτές της. Η αιολική ενέργεια φέρνει έναν άνεμο αλλαγής στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα της χώρας. Έναν άνεμο απαραίτητο για να μπορέσουμε να αποτρέψουμε τις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές και να διασφαλίσουμε ένα βιώσιμο μέλλον για μας και τα παιδιά μας.

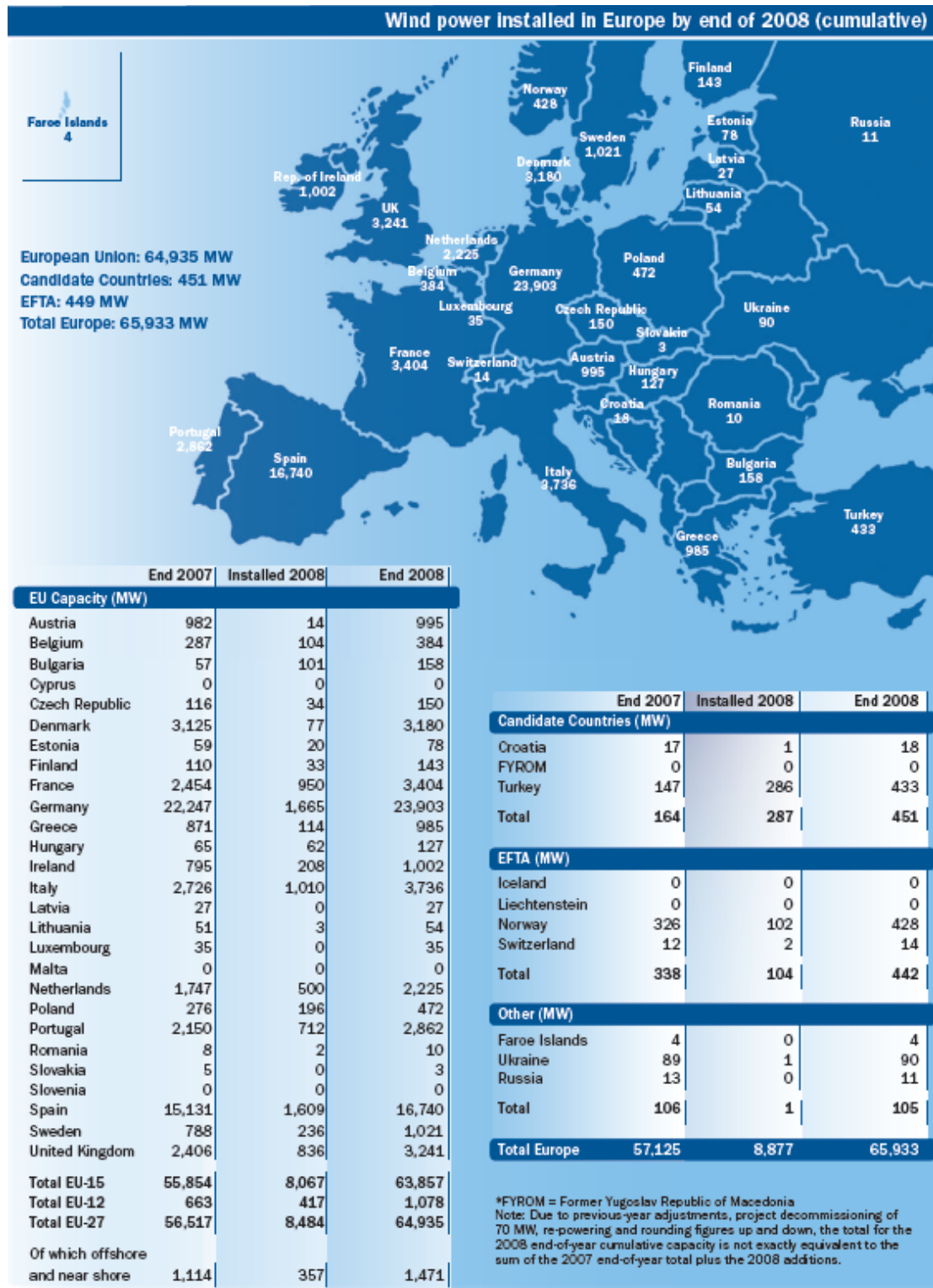
Σύμφωνα με τα ετήσια στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA), 8.484 MW αιολικών έργων, εγκαταστάθηκαν κατά το 2008 στην Ε.Ε.



**Η συνολική ισχύς των ανεμογεννητριών που λειτουργούν στην Ε.Ε. ανέρχεται
τώρα στα 64.936 MW.**



**Η Γερμανία και η Ισπανία συνεχίζουν να προσελκύουν την πλειοψηφία των
επενδύσεων, ενώ στην Ελλάδα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών
πάρκων έφτασε τα 985 MW.**



Η αιολική ενέργεια στην ξηρά θα παραμείνει δεσπόζουσα πηγή στο άμεσο μέλλον, αλλά οι θαλάσσιες εγκαταστάσεις θα αυξηθούν σημαντικά. Σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις στην ξηρά, οι θαλάσσιες εγκαταστάσεις είναι

πιο σύνθετες και δαπανηρές ως προς την κατασκευή και τη συντήρησή τους, έχουν όμως επίσης ορισμένα σοβαρά πλεονεκτήματα. Οι άνεμοι πνέουν συνήθως ισχυρότερα και σταθερότερα στη θάλασσα απ' ότι στην ξηρά, με αποτέλεσμα να είναι αισθητά υψηλότερη η παραγωγή ανά εγκατεστημένη μονάδα. Στη θάλασσα, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις ανεμογεννήτριες στην ξηρά, καθώς παρουσιάζει δυσκολίες η οδική μεταφορά πολύ μεγάλων τμημάτων ανεμογεννητριών από τον τόπο κατασκευής τους στα σημεία εγκατάστασής τους στην ξηρά. Τέλος, είναι μικρές οι πιθανότητες να προκαλέσουν τα θαλάσσια αιολικά πάρκα ανησυχίες στους πολίτες και άλλους εμπλεκόμενους παράγοντες, εκτός εάν παρεμποδίζουν ανταγωνιστικές ναυτιλιακές δραστηριότητες ή εάν προσκρούουν σε σημαντικά θαλάσσια περιβαλλοντικά συμφέροντα.

Οι αιολικοί πόροι ανά τις ευρωπαϊκές θάλασσες συνιστούν μια τεράστια και εγχώρια πηγή καθαρής και ανανεώσιμης ενέργειας. Με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς ορυκτά καύσιμα και τη δημιουργία θέσεων απασχόλησης σε ένα τομέα, στον οποίο οι ευρωπαϊκές επιχειρήσεις είναι παγκοσμίως πρωτοπόρες, η θαλάσσια αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλει σημαντικά και στους τρεις κύριους στόχους της νέας ενεργειακής πολιτικής, ήτοι τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την εξασφάλιση ενεργειακού εφοδιασμού και βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ. Σήμερα, το δυναμικό της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας παραμένει σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτο: ακόμη και εάν εξαιρεθούν οι εγκαταστάσεις βαθών υδάτων που έχουν ως βάση πλωτά βάθρα, το αξιοποιήσιμο δυναμικό έως το 2020 εκτιμάται ότι είναι περίπου 30-40 φορές μεγαλύτερο της τρέχουσας εγκατεστημένης ισχύος, και κατά το 2030 θα μπορούσε να ανέλθει σε έως και 150 GW, ή παράγοντας ενέργεια 575 TWh. Από τα εγκατεστημένα στην ΕΕ 56,5 GW στα τέλη του 2007, μόνον τα 1,1 GW ήταν υπεράκτια.

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στατιστικά στοιχεία τα οποία ανακοίνωσε ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Αιολικής Ενέργειας – EWEA, τον προηγούμενο χρόνο (2009) εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη 577 MW υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Πρόκειται για μία εντυπωσιακή αύξηση της τάξης του 54% σε σχέση με τα 373 MW που είχαν εγκατασταθεί κατά το 2008 και δείχνει το μεγάλο ενδιαφέρον και τη σημασία που αποκτούν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Σήμερα, η συνολική ισχύς των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη ανέρχεται στα 2056 MW. Τα 577 MW εγκαταστάθηκαν σε 8 νέα υπεράκτια αιολικά πάρκα, ενώ χρησιμοποιήθηκαν 199 ανεμογεννήτριες.

Η Ευρώπη αποτελεί σήμερα τον παγκόσμιο ηγέτη στα υπεράκτια αιολικά πάρκα, με 828 εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες και συνολική εγκατεστημένη ισχύ 2056 MW, η οποία κατανέμεται σε 9 διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες. Το 2009 πέντε χώρες προχώρησαν στην εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων:

- Μεγ. Βρετανία με 284 MW
- Δανία με 230 MW
- Σουηδία με 30 MW
- Γερμανία με 30 MW
- Νορβηγία με 2,3 MW

Είναι χαρακτηριστικό του μεγάλου ενδιαφέροντος για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα ότι μόλις πρόσφατα, Ιανουάριος 2010, η Μεγ. Βρετανία ανακοίνωσε νέο πρόγραμμα εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος 32 GW.

Το 2009 οι επενδύσεις σε υπεράκτια αιολικά πάρκα ανήλθαν σε περίπου 1,5 δις ευρώ, ενώ η EWEA αναμένει ότι το 2010 αυτές θα διπλασιαστούν και θα φτάσουν τα 3 δις ευρώ. Επίσης το 2010 αναμένεται ότι θα ολοκληρωθεί η κατασκευή και σύνδεση για άλλα 10 υπεράκτια αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1000 MW, κάτι που σημαίνει μία αύξηση της τάξης του 75% σε σχέση με το 2009. Αυτή τη στιγμή βρίσκονται σε κατασκευή 17 υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ευρώπη, με συνολική ισχύ μεγαλύτερη των 3500 MW, τα μισά εκ των οποίων στη Μεγ. Βρετανία. Πρόσθετα, άλλα 52 έργα υπεράκτιων αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος 16000 MW έχουν πλήρη ωριμότητα και είναι έτοιμα για κατασκευή, με τα μισά από αυτά να σχεδιάζονται στη Γερμανία. Τέλος, περισσότερα από 100 GW έργων υπεράκτιων αιολικών πάρκων βρίσκονται σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης σε όλη την Ευρώπη, έργα τα οποία θα μπορούσαν να καλύψουν το 10% της ενεργειακής ζήτησης στην Ευρώπη.

Στόχος του έργου είναι η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής που αποτελεί ένα ανεξάντλητο φυσικό πόρο, ενώ η υλοποίηση του έργου θα συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η σημασία του έργου εστιάζεται σε τρία κυρίως σημεία:

α) στη σπουδαιότητα αξιοποίησης του αξιόλογου αιολικού δυναμικού της περιοχής που σε διαφορετική περίπτωση οδηγεί σε απώλεια πολύτιμης ενέργειας και ανάγκη χρήσης συμβατικών μέσων (καύσιμες πρώτες ύλες),

β) στην ενίσχυση της διαθέσιμης ισχύος των δικτύων διανομής,

γ) επιπλέον, η χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υποκαθιστώντας τη χρήση των συμβατικών πηγών, προσφέρει αρκετά περιβαλλοντικά οφέλη, όπως:

- Δεν εκπέμπονται αέριοι ρύποι (π.χ. CO₂, NO_x) που επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Δεν καταναλώνονται φυσικοί πόροι.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Άριστη διαχρονική συμπεριφορά.
- Μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Η αναγκαιότητα του έργου αναδεικνύεται κυρίως σε πολιτικό και οικονομικό επίπεδο. Οι διαμορφούμενες δεσμευτικές συνθήκες, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, για ουσιαστική αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή των κρατών-μελών τα επόμενα χρόνια, καθιστούν επιτακτική υποχρέωση της Ελλάδας τη μερική υποκατάσταση της εγχώριας παραγόμενης ενέργειας με συμβατικά ρυπογόνα καύσιμα από ΑΠΕ. Επιπρόσθετα, η άμεση εφαρμογή της ετήσιας χρηματικής επιβάρυνσης στα κράτη με υπερβάσεις των καθορισμένων, βάσει διεθνών συνθηκών, ορίων εκπομπής CO₂, αναμένεται να έχει επιπτώσεις στην αναπτυξιακή πορεία της χώρας. Η επιβάρυνση προβλέπεται να επιμεριστεί αναλογικά στις εγχώριες ρυπογόνους βιομηχανίες, πλήττοντας σημαντικά την ανταγωνιστικότητά τους. Η αξιοποίηση των ΑΠΕ συμβάλει τόσο στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, όσο και στην ελαχιστοποίηση του επιβαλλόμενου προστίμου λόγω της συγκέντρωσης των πράσινων δικαιωμάτων.

Εν κατακλείδι, το προτεινόμενο έργο αποβλέπει στη δημιουργία μιας σύγχρονης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μια ανανεώσιμη ανεξάντλητη πηγή, συμβάλλοντας στην αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής και προσφέροντας οικονομική και φιλική "καθαρή" στο περιβάλλον ενέργεια, κυρίαρχο ζητούμενο στην ενεργειακή στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από αιολικά πάρκα, και όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1kg CO₂ στην ατμόσφαιρα (πιο συγκεκριμένα από 0,85 kg έως 1,06 kg) με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα που επικρατεί στην Ελλάδα. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου κτλ.). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές ρύπων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (gr ρύπου/kWh).

Περιοχή	CO ₂	SO ₂	CO	NO _x	HC	Σωματίδια
Περιοχές διασυνδεδεμένες με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο	850	15,5	0,18	1,2	0,05	0,8
Μη διασυνδεδεμένα νησιά	1.062,5	19,4	0,18	1,5	0,05	1,0

Για παράδειγμα, μια συνηθισμένη Α/Γ των 1.000 kW (1 MW) παράγει κατά μέσο όρο σε μια σχετικά καλή από απόψεως αιολικού δυναμικού θέση στην Ελλάδα, 3 εκατομμύρια kWh/yr και έτσι αποτρέπεται η έκλυση περί των 3.000 tn CO₂, όσο δηλαδή απορροφούν ετησίως 4.000 στρέμματα δάσους ή αλλιώς 200.000 δέντρα.

Όπως προκύπτει από τις σχετικές αναλύσεις και μελέτες, κάθε MWh (1.000 kWh) παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από μια Α/Γ αντισταθμίζει το ισοδύναμο των 8.501.000 kg CO₂, ανάλογα με το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Επίσης, αντισταθμίζει μέχρι και 15-20 kg SO₂, 1,2-1,5 kg NO_x και 0,8-1 kg σωματιδίων. Έτσι, στη χώρα μας κάθε εγκατεστημένο MW αιολικής ενέργειας αποσοβεί την έκλυση περίπου 3.000 tn CO₂ το χρόνο. Η λειτουργία ενός τυπικού αιολικού πάρκου, ισχύος 10 MW, προσφέρει ετήσια την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται 7.250 νοικοκυριά (με βάση τη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2002) και εξοικονομεί περίπου 2.580 tn ισοδύναμου πετρελαίου. Στα σημεία υψηλού αιολικού δυναμικού (εκεί δηλαδή όπου κατά προτεραιότητα εγκαθίστανται αιολικά πάρκα), τα οφέλη αυτά μπορεί να είναι αυξημένα κατά 15% περίπου.

Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, σχεδιάζεται η εγκατάσταση Θαλάσσιου Αιολικού Πάρκου (Α/Π) στη θαλάσσια περιοχή νοτιοδυτικά της νήσου Λήμνου, βορειοανατολικά της νήσου Αγ. Ευστρατίου στο βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, το οποίο θα έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 445 MWp. Το αιολικό πάρκο θα περιλαμβάνει 89 ανεμογεννήτριες, των 5.000 kW η καθεμία, οριζοντίου άξονα, μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής και μεταβλητού βήματος πτερυγίων. Κύρια κριτήρια επιλογής του τύπου της Α/Γ που θα εγκατασταθεί στο αιολικό πάρκο, θα είναι τα λεπτομερή ανεμολογικά δεδομένα της θέσης εγκατάστασης, οι τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο των Α/Γ και η ενεργειακή, περιβαλλοντική, αισθητική και οικονομοτεχνική βελτιστοποίηση του συνόλου των παραμέτρων του έργου. Οι ανεμογεννήτριες θα είναι πιστοποιημένες από το ΚΑΠΕ και αντίστοιχους διεθνής οργανισμούς πιστοποίησης για τις κλιματολογικές συνθήκες της θέσης ανέγερσης του έργου.

Το έργο έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την προστασία και αναβάθμιση του περιβάλλοντος και τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού της θέσης εγκατάστασης.

Το αιολικό πάρκο θα είναι ανεξάρτητος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας και θα είναι συνδεδεμένο με το Σύστημα, στο οποίο και θα διατίθεται αποκλειστικά το σύνολο της παραγωγής σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Η διάθεση της Ηλεκτρικής Ενέργειας την οποία θα παράγει το ΑΠ, είναι εξασφαλισμένη μέσω ειδικής σύμβασης με το ΔΕΣΜΗΕ.

Το υπό μελέτη ΑΠ προβλέπεται να παράγει **1189,6 GWh** ετησίως. Αν αυτή η ενέργεια παραγόταν με τη χρήση ορυκτών καυσίμων, τότε θα εκλύονταν σημαντικές ποσότητες ατμοσφαιρικών ρύπων.

1.2 Θαλάσσια αιολικά πάρκα

Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού από τον άνθρωπο δεν είναι ένα επίτευγμα των τελευταίων ετών. Οι μεσαιωνικοί ανεμόμυλοι οι οποίοι χαρακτηρίζουν κατά τόπους ολόκληρες περιοχές στην Ευρώπη (Ολλανδία, Γερμανία, Δανία) ή οι Κυκλαδίτικοι ανεμόμυλοι της χώρας μας, μαρτυρούν ότι ο άνθρωπος κατανόησε από τους αρχαίους χρόνους ακόμη την ανάγκη αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Οι πρώτες προσπάθειες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικό δυναμικό ξεκίνησαν το 1882 στη Νέα Υόρκη και το 1884 στο Βερολίνο. Από την εποχή εκείνη μέχρι και σήμερα υπάρχουν αναρίθμητα έργα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ανά τον κόσμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις στη δυνατότητα των κατασκευαστικών κλάδων και οι μελέτες για την εγκατάσταση ΑΠΕ, ώθησαν την έρευνα αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού σε περιοχές εντός της θάλασσας, με κορύφωση την υλοποίηση ΑΠ σημαντικής εγκατεστημένης ισχύος στις θαλάσσιες περιοχές της Βαλτικής και της Βόρειας Θάλασσας.

Στη χώρα μας παρότι υπάρχει σε αφθονία αιολικό δυναμικό κυρίως στην περιοχή του Αιγαίου, δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη ένα παρόμοιο έργο. Σε επίπεδο μελέτης όμως τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες και μετρήσεις περιβαλλοντικών παραγόντων αλλά και συλλέγονται στοιχεία για τη βέλτιστη χωροθέτηση τέτοιων Σταθμών.

Ένα βασικό ερώτημα είναι: Γιατί στη θάλασσα;

Όταν οι Α/Γ εγκαθίστανται σε κορυφογραμμές, είναι σημαντικά υψηλό το κόστος εγκατάστασής τους και μεταφοράς ισχύος προς το σύστημα, η οποία βρίσκεται συνήθως μακριά από την πηγή ενέργειας.

Στη θάλασσα υπάρχουν λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις απ' ό,τι στη στεριά, διότι υπάρχει πολύς ανοιχτός χώρος και οι δυσμενείς συνέπειες από τους θορύβους είναι μικρότερες.

Το βασικό πλεονέκτημα του θαλάσσιου ΑΠ είναι ότι μπορεί να τοποθετηθεί σε βαθύτερα νερά και επομένως σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τη στεριά, όπου η αιολική ενέργεια είναι ποιοτικά καλύτερη. Σε ορισμένη απόσταση από τη στεριά, η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει 20%. Σημειωτέον, ότι η ενέργεια του ανέμου αυξάνει με τον κύβο (στην τρίτη δύναμη) της ταχύτητας του ανέμου. Οπότε, για παράδειγμα, ένα 10% αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου αντιστοιχεί σε 30% αύξηση στην αιολική ενέργεια. Συνεπώς, είναι φανερό ότι η αιολική ενέργεια στη θάλασσα είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι στη στεριά.

Επιπλέον, στη θάλασσα ο άνεμος είναι πιο σταθερός (δεν υπάρχουν τόσο έντονα φαινόμενα αυξομειώσεων της έντασης όπως στη στεριά), με συνέπεια η παραγόμενη ενέργεια να αυξάνει σε σημαντικό ποσοστό σε σχέση με τη στεριά. Επίσης, η επιφάνεια της θάλασσας είναι πολύ πιο ομαλή από της στεριάς, με συνέπεια η αιολική ενέργεια να είναι διαθέσιμη σε χαμηλότερα ύψη απ' ό,τι στη στεριά. Ως αποτέλεσμα, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν σε πιο κοντινούς πυλώνες και έτσι να μειώνεται το κόστος του πυλώνα.

Ο άνεμος στη θάλασσα παρουσιάζει πολύ μικρότερες αναταράξεις απ' ό,τι στη στεριά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερα φορτία μηχανικής καταπόνησης και επομένως μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τις ανεμογεννήτριες. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τους συντελεστές τραχύτητας του εδάφους, οι οποίοι επηρεάζουν την ταχύτητα και την ομαλότητα της ροής του ανέμου.

Είδος εδάφους	Τραχύτητα επιφάνειας (mm)	$1/a$	n	z_0
1. Λείο Πάγος Βάλτοι Χιόνι Θάλασσα	0,01	0,08	0,10	0,001
	0,4			
	1,0			
	2,0	0,13	0,13	0,02

2. <u>Μέτρια τραχύ</u> Χαμηλά χόρτα Σπαρτά Αγρ. Εκτάσεις	1,0	0,13	0,13	0,01
	30-70	0,143		0,05
	200	0,16	0,20	0,30
3. <u>Τραχύ</u> Αγρ. Εκτάσεις Με δέντρα Δάση, Προάστια	1.000	0,20	0,20	0,30
	1.500	0,23	0,27	2,00
4. <u>Πολύ τραχύ</u> Αστικές περιοχές	1.000-4.000	0,27-0,40	0,27-0,40	2,00-10,00

1.3 Σύντομη περιγραφή & οικονομικά στοιχεία του έργου

Το προτεινόμενο έργο αφορά την δημιουργία ενός θαλάσσιου αιολικού πάρκου **445 MW**. Το έργο, που θα περιγραφεί στην παρούσα εργασία, χαρακτηρίζεται ως έργο έντασης κεφαλαίου, με υψηλό αρχικό κόστος ανάπτυξης και εγκατάστασης και χαμηλό σχετικά κόστος λειτουργίας, καθώς το «καύσιμο» είναι ο αέρας. Ο προϋπολογισμός του αιολικού πάρκου των **445 MW**, ανέρχεται σε περίπου **1288,8 εκ Ευρώ** (με το κόστος σύνδεσης).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ

2.1 Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας

Για τη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου, θα χρησιμοποιηθεί αιολική ενέργεια, η οποία είναι ανανεώσιμη, καθαρή, ανεξάντλητη, προβλέψιμη και δωρεάν. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με την χρήση ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας οι οποίες καταρχήν παράγουν μηχανικό έργο, μετατρέποντας την δύναμη του ανέμου σε στρεπτική δύναμη πάνω στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας, και στην συνέχεια μετατρέπουν το μηχανικό έργο σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση γεννήτριας.

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανικό έργο με τη χρήση ανεμόμυλων και η εκμετάλλευση της στον τομέα των μεταφορών μέσω των αεροπλάνων είναι γνωστή χρόνια τώρα. Η χρήση της στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής είναι συνέπεια της εμφάνισης την ίδια εποχή των ηλεκτρογεννητριών και βασίζεται στην μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι πρώτες κατασκευές ανεμογεννητριών γίνονταν περισσότερο σε ερευνητικό-πειραματικό επίπεδο. Προσπάθειες παραγωγής τους σε βιομηχανικό επίπεδο απέτυχαν εν τη γενέσει και το ενδιαφέρον για την περαιτέρω ανάπτυξη τους μειώθηκε, καθώς την ίδια περίοδο τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής με τη χρήση άφθονων και φθηνών τότε συμβατικών καυσίμων ανθούσαν.

Η αναγέννηση του κλάδου ξεκινά κατά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, όταν το αναζωπυρωμένο ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας οδήγησε σε νέες προσπάθειες ανάπτυξης της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών. Συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις αλλά και η χάραξη νέων ενεργειακών πολιτικών κυρίως από αναπτυσσόμενα κράτη, οδήγησαν στην ωρίμανση της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών και την εκβιομηχάνιση της παραγωγής τους. Έτσι πλέον η χρήση της ανεμογεννητριών για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας θεωρείται ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία, η οποία συνεχώς βελτιστοποιείται και αναζητά νέες εφαρμογές.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού γνωρίζει μεγάλη άνθηση ιδιαίτερα τα τελευταία 20 χρόνια. Παγκοσμίως, σύμφωνα με τελευταία στοιχεία του Global Wind Energy Council μέχρι το τέλος του 2008 είχαν εγκατασταθεί παγκοσμίως 120.791 MW, με τα τελευταία 10 έτη να σημειώνεται μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης των εγκαταστάσεων της

τάξεως του 35%. Η άνθηση αυτή πηγάζει κυρίως από την κοινή συνειδητοποίηση ότι οι συμβατικές πηγές ενέργειας είναι πεπερασμένες και ο ανταγωνισμός για την εκμετάλλευση τους εντεινόμενος αλλά και από τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα όπου επέτρεπαν όλο και πιο αποτελεσματική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Η τεχνική των ανεμογεννητριών θεωρείται σήμερα η πλέον τεχνολογικά ώριμη και οικονομικά συμφέρουσα σε σύγκριση με τις άλλες μορφές ΑΠΕ. Ακόμα όμως και σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας, η τεχνολογία των ανεμογεννητριών είναι ανταγωνιστική αν συνυπολογιστούν τα περιβαλλοντικά οφέλη και άλλα αποφυγόντα κοινωνικοοικονομικά κόστη από την επένδυση.



2.1.1 Χαρακτηριστικά αιολικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται πλέον σε επίπεδο εμπορικής δραστηριότητας καθώς προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, καθώς:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητη, άρα δεν ανακύπτουν θέματα ασφάλειας προμήθειας της.
- Η διαθεσιμότητα της είναι δωρεάν, άρα δεν επηρεάζεται όπως άλλες ανταγωνιστικές της από βραχυπρόθεσμες κινήσεις τιμών.
- Δεν έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή ρύπων ή άλλων υποπροϊόντων που υποβιβάζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος και πιθανόν συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος της γης.
- Έχει χαμηλά κόστη λειτουργίας και συντήρησης.
- Η πολιτική βούληση που υπάρχει για την υποστήριξη της ανάπτυξης της μεταφράζεται σε παροχή οικονομικών κινήτρων για την εκμετάλλευση και ανάπτυξή της. Αυτά παρέχουν οικονομική ασφάλεια που αντισταθμίζουν άλλες μορφές αβεβαιότητας και αυξημένα κόστη που συνοδεύουν την εκμετάλλευσή της.

Από την άλλη πλευρά είναι μια ενεργειακή πηγή που παρουσιάζει μεταβλητότητα και μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο στον τόπο στον οποίο υπάρχει. Η μεταβλητότητα της αιολικής ενέργειας αντιμετωπίζεται γιατί είναι σε μεγάλο βαθμό προβλέψιμη μέσω τόσο μετεωρολογικών όσο και μοντέλων πρόβλεψης του τοπικού αιολικού προφίλ μιας περιοχής. Η

εντοπιότητα της ενεργειακής παραγωγής της δεν αποτελεί μεγάλο εμπόδιο καθώς υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς της στα σημεία κατανάλωσης μέσω των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

2.1.2 Κόστος εκμετάλλευσης

Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με την χρήση αιολικής ενέργειας γενικώς ποικίλει ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι τον μεγαλύτερο ρόλο παίζει το κόστος της αρχικής επένδυσης που είναι αρκετά υψηλό και η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται ετησίως. Αντίστροφα το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες συμβατικές μορφές σε όρους σχετικούς με το αντίστοιχο ενός αιολικού πάρκου, χαρακτηρίζεται από υψηλά κόστη λειτουργίας και συντήρησης και χαμηλό κόστος αρχικής επένδυσης.

Η σύγκριση τους σύμφωνα με στοιχεία της European Wind Energy Association δείχνει ότι το κόστος παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες είναι 33-35% υψηλότερο από αυτό άλλων συμβατικών τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής. Ειδικά για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στο θαλάσσιο χώρο, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις από εγκατάσταση σε εγκατάσταση, με κάποιες να πλησιάζουν το κόστος παραγωγής στην ξηρά και άλλες να παράγουν ρεύμα μέχρι και 35 % ακριβότερα.

Μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 25 ετών που είναι ο καθιερωμένος κύκλος ζωής ενός θαλάσσιου αιολικού πάρκου είναι πιθανόν να μεταβληθούν πολλοί παράγοντες. Λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές που προβλέπονται τα επόμενα χρόνια στην αγορά ενέργειας, με θέματα ασφάλειας προμηθειών πρώτων υλών και αστάθειας τιμών, η επένδυση στην εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Σύμφωνα με μελέτες, υπάρχουν ρεαλιστικά σενάρια σε σχέση με τις τιμές ενεργειακών προϊόντων που αν πραγματοποιηθούν καθιστούν την αιολική ενέργεια πολύ ανταγωνιστικότερο και ασφαλέστερο ενεργειακό πόρο σε σχέση με ανταγωνιστικούς συμβατικούς.

2.2. Εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού, αριθμός και τύπος των μονάδων που απαρτίζουν το σταθμό (MW)

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του εξεταζόμενου αιολικού πάρκου θα είναι **445 MW και θα αποτελείται από 89 τρίπτερες ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα ονομαστικής ισχύος 5 MW**. Οι ανεμογεννήτριες που θα επιλεγθούν θα είναι μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών, κατασκευασμένες για θαλάσσιο περιβάλλον οι οποίες μεγιστοποιούν την ενεργειακή απόδοση και την εναρμόνιση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Για χάρη της μελέτης χρησιμοποιούμε την ανεμογεννήτρια τύπου REPOWER των 5 MW που συγκεντρώνει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η τελική επιλογή των ανεμογεννητριών θα εξαρτηθεί από την τελική χωροθέτηση του πάρκου, την αιχμή της τεχνολογίας για εφαρμογές στο συγκεκριμένο περιβάλλον, την εμπειρία του κατασκευαστή και την μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης του πάρκου.

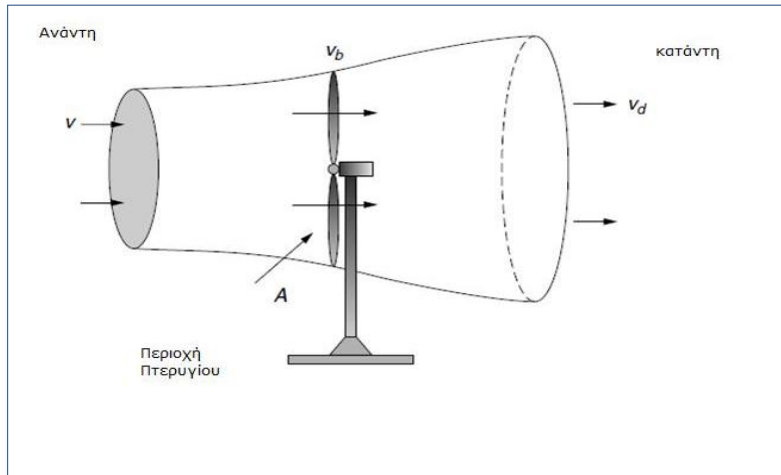
Η τελική επιλογή του τύπου των ανεμογεννητριών που θα εγκατασταθούν θα γίνει με βάση τα λεπτομερή ανεμολογικά δεδομένα της θέσης εγκατάστασης, τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις του τομέα, τις θέσεις των αρμοδίων αρχών για την τελική διαμόρφωση της χωροθέτησης και την ενεργειακή, περιβαλλοντική, αισθητική και οικονομική βελτιστοποίηση του συνόλου των παραμέτρων, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανταγωνιστική τιμή που αναμένεται να επιτευχθεί μέσω διαγωνισμού για την επιλογή των ανεμογεννητριών και την εκτέλεση των συνοδών έργων υποδομής του.

2.3. Τεχνική μελέτη του προτεινόμενου έργου

2.3.1 Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και των εγκαταστάσεων που θα απαιτηθούν

Η εγκατάσταση αποτελεί κλασική εφαρμογή μετατροπής μηχανικού έργου σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω περιστρεφόμενης ατράκτου και ηλεκτρογεννήτριας. Η ιδιαιτερότητα της εγκατάστασης έγκειται στο γεγονός ότι το μηχανικό έργο προσφέρεται αποκλειστικά από τον άνεμο, χωρίς ύπαρξη ουδεμίας άλλης λειτουργίας, που θα μπορούσε ενδεχομένως να αποτελέσει πηγή ρύπανσης, όπως για παράδειγμα η καύση.

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε μια παραστατική απεικόνιση του μηχανισμού δέσμμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου από την πτερωτή της ανεμογεννήτριας.

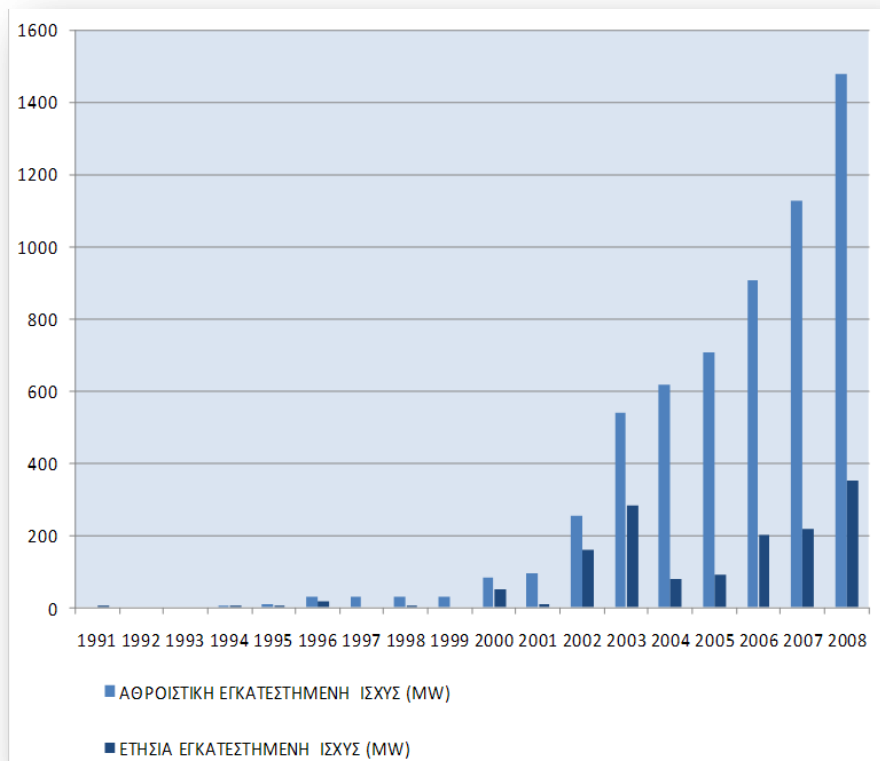


Καθώς ο άνεμος πλησιάζει την πτερωτή μειώνεται η ταχύτητα του και διαστέλλεται καθώς ένα ποσοστό της κινητικής του ενέργειας απομαστεύεται από την ανεμογεννήτρια.

Η Αιολική Ενέργεια είναι εκμεταλλεύσιμη εδώ και πολλές εκατονταετίες στην περιοχή της Ευρώπης και της εγγύς Ανατολής. Σε άλλες περιοχές είναι εκμεταλλεύσιμη εδώ και χιλιάδες χρόνια. Η μετατροπή της σε Ηλεκτρική Ενέργεια έχει μπει στο στάδιο της εμπορικής εφαρμογής εδώ και τουλάχιστον 20 χρόνια και η εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας είναι ταχύτερη. Σήμερα, η Αιολική Τεχνολογία ανταγωνίζεται τις συναφείς τεχνολογίες παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και κερδίζει συνεχώς έδαφος. Από το 1997 μέχρι το τέλος του 2008 οι αιολικές εγκαταστάσεις αυξήθηκαν από 1,7 GW σε 100 GW παγκοσμίως, μια μέση ετήσια αύξηση της τάξεως του 35% (EWEA). Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία είναι, ως εκ τούτων, ώριμη πια και εμπορικά ανταγωνιστική. Η ανάπτυξη της Αιολικής Τεχνολογίας οδεύει ταχύτατα προς σχεδιαστικές λύσεις που επιτρέπονται από μεγάλης κλίμακας παραγωγή ανεμογεννήτριες και από την διάδοση της σχετικής τεχνολογίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η διάδοση της τεχνολογίας και η εκπαίδευση κατάλληλου προσωπικού για την εγκατάσταση και την υποστήριξη του σχετικού εξοπλισμού αποτελούν σήμερα τους βασικούς μοχλούς εξάπλωσης της Αιολικής Τεχνολογίας. Η θεαματική ανάπτυξη των αιολικών εγκαταστάσεων ειδικά τα τελευταία συνδέεται τόσο με τις τεχνολογικές εξελίξεις στον κλάδο των αιολικών μηχανών όσο και από την έμπρακτη εκδήλωση πολιτικής βούλησης για την ανάπτυξη της. Καθώς η

τεχνολογία της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο ωριμάζει, αναζητούνται νέοι τρόποι για την βέλτιστη εκμετάλλευση της. Η αναζήτηση αυτή οδηγεί στην στροφή προς την ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων στο θαλάσσιο χώρο. Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο είναι μια σχετικά πρόσφατη εξέλιξη στον κλάδο αφού η πρώτη εγκατάσταση ανεμογεννήτριας σε θαλάσσιο χώρο έγινε στο Nordersund της Σουηδίας το 1991 και το μέγεθος της εγκατάστασης είναι 0,22 MW.

Σύμφωνα με στοιχεία της DENA (Deutsche Energie-Agentur GmbH) που αφορούν τις εξελίξεις στο χώρο μέχρι και το τέλος του 2008 και αποτυπώνονται γραφικά στο παραπάνω γράφημα, παγκοσμίως έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν περί τα 1479 MW, θαλάσσιων αιολικών πάρκων. Η ανάπτυξη αιολικών πάρκων παρουσιάζει ξακάθαρα ανοδική πορεία τα τελευταία 5 χρόνια, καθώς οι τεχνολογίες που επιτρέπουν τις κατάλληλες προσαρμογές για την λειτουργία ενός αιολικού πάρκου στο θαλάσσιο χώρο δοκιμάζονται και ωριμάζουν. Η επιτυχής πορεία της ανάπτυξης θαλάσσιων αιολικών πάρκων βασίστηκε σε σημαντικό βαθμό στα τεχνολογικά επιτεύγματα του κλάδου της μηχανικής σε θαλάσσιο περιβάλλον από τις εξορυκτικές βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου.



Από καθαρά τεχνική άποψη η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου στον θαλάσσιο χώρο δεν διαφέρει πολύ από την αντίστοιχη στην στεριά. Οι διαφορές που παρουσιάζουν οι δύο εφαρμογές έχουν να κάνουν με τους περιορισμούς που επιβάλλει το περιβάλλον του θαλάσσιου χώρου. Συγκεκριμένα απαιτούνται κάποιες προσαρμογές κυρίως στα δομικά της ανεμογεννήτριας λόγω των πρόσθετων δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα της ανεμογεννήτριας λόγω των κυμάτων, ρευμάτων και της αλληλεπίδρασης αέρα και κυμάτων. Επιπλέον, ο σχεδιασμός του ηλεκτρικού συστήματος μπορεί να διαφέρει λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών του θαλάσσιου χώρου, αλλά και ο προγραμματισμός των εργασιών λειτουργίας και συντήρησης.

Το αιολικό πάρκο θα αξιοποιεί το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Το προτεινόμενο αιολικό πάρκο αποτελείται από 89 ανεμογεννήτριες, ονομαστικής ισχύος 5 MW η καθεμία, οι οποίες συνολικά συγκροτούν ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 445 MW. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από κάθε εγκατεστημένη ανεμογεννήτρια και διοχετεύεται με κατανομημένο τρόπο στο εσωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα του αιολικού πάρκου, όπου μετασχηματίζεται σε υψηλότερο επίπεδο τάσης για τη μεταφορά της. Η σύνδεση του θαλάσσιου αιολικού πάρκου με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνει μέσω καλωδίων εναλλασσόμενου ρεύματος αφού η απόσταση από τη στεριά είναι μέσα στα ενδεδειγμένα όρια. Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται τα υποσυστήματα του ηλεκτρικού συστήματος του αιολικού πάρκου και 2 εναλλακτικοί τρόποι διασύνδεσης του με το ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας.

2.3.2 Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – Οι Ανεμογεννήτριες

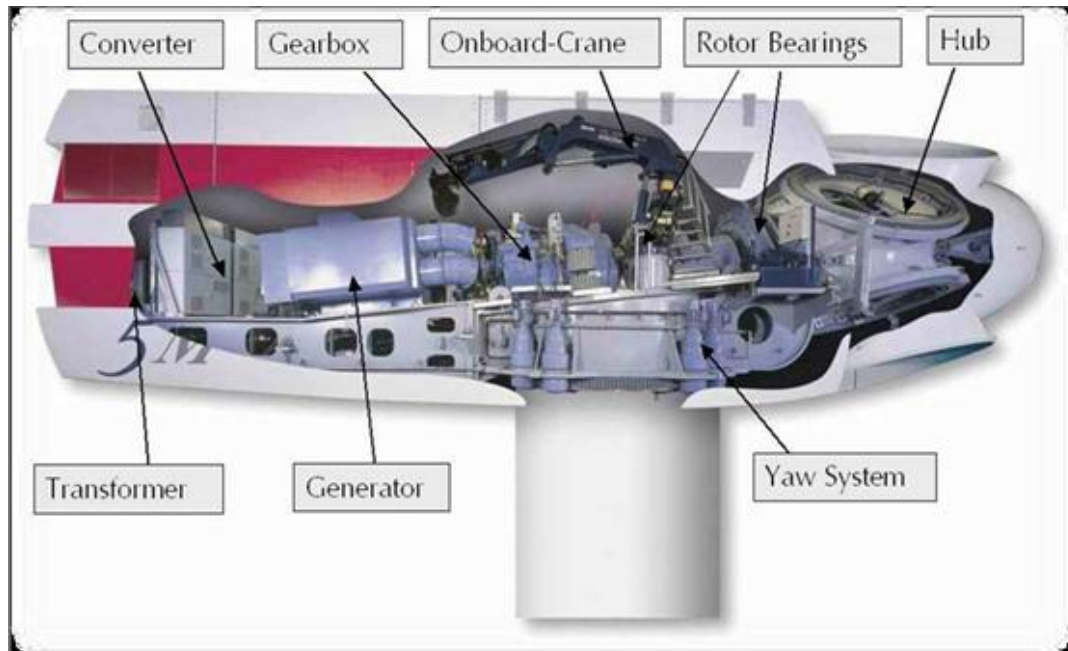
Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο χώρο, κρίθηκε πιο κατάλληλη η χρήση ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα, μεταβλητού βήματος και μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής.

Η άτρακτος μιας θαλάσσιας ανεμογεννήτριας αποτελείται από τα εξής τεχνικά μέρη:

- το δρομέα που αποτελείται από 3 πτερύγια, κάθε ένα από τα οποία είναι ανεξάρτητα ρυθμιζόμενο ως προς την γωνία βήματος πτερυγίου, την πλήμνη και τον άξονα,
- το έδρανο, το οποίο στηρίζει τον άξονα της πτερωτής,

- το κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο μετασχηματίζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στην ονομαστική ταχύτητα της επαγωγικής ηλεκτρογεννήτριας,
- το δισκόφρενο ασφαλείας, το οποίο βρίσκεται στο κινητήριο σύστημα ανάμεσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και την γεννήτρια,
- τον ζεύκτη της γεννήτριας,
- την ηλεκτρική γεννήτρια,
- ψύκτη της γεννήτριας και του κιβωτίου ταχυτήτων ,
- το σύστημα προσανατολισμού, με τους αισθητήρες, το κινητήριο μηχανισμό και το έδρανο του,
- τον ηλεκτρονικό ελεγκτή (controller) που είναι υπεύθυνος για την αποδοτική και ασφαλή λειτουργία της Α/Γ,
- και το ηλεκτρολογικό σύστημα της ανεμογεννήτριας, με τους πίνακες και τον μετασχηματιστή,
- το κουβούκλιο, ειδικά κατασκευασμένο για να προστατεύει όλα τα παραπάνω συστατικά μέρη που φιλοξενεί στο εσωτερικό του,
- τον χαλύβδινο σωληνωτό πυλώνα στήριξης όλων των ανωτέρω τμημάτων ο οποίος εδράζεται σε ειδικό θεμέλιο κατασκευασμένο για τον σκοπό αυτό.

Οι ανεμογεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας του προτεινόμενου έργου είναι 89 ανεμογεννήτριες **Repower 5M** ονομαστικής ισχύος 5 MW η κάθε μια. Πρόκειται για τύπο ανεμογεννήτριας με αεροδυναμικό έλεγχο μεταβλητού βήματος και έλεγχο ισχύος μεταβλητής ταχύτητας. Η ανεμογεννήτρια Repower 5 MW λειτουργεί σε ονομαστική τάση 690 V και για την σύνδεση της με το δίκτυο μεταφοράς μεσολαβεί μετασχηματιστής που ανυψώνει την ονομαστική τάση στα 33 kV. Η ανεμογεννήτρια διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, αισθητήρα πάγου, σύστημα παρακολούθησης (CMS) καθώς και σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης.



Συστατικά μέρη της ανεμογεννήτριας αναφοράς Repower 5M.

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται με φωτορεαλιστικό τρόπο τα κύρια συστατικά μέρη της ανεμογεννήτριας αναφοράς του αιολικού πάρκου.

Η **Repower 5M** είναι εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης ελεγχόμενη από μετατροπέα. Η τάση εξόδου της είναι 690 V η ονομαστική ισχύς της 5 MW.

Τα τυλίγματα του στάτη είναι απευθείας συνδεδεμένα με το τριφασικό δίκτυο και τα τυλίγματα του δρομέα συνδεδεμένα με ένα μετατροπέα ισχύος AC/DC/AC. Ο μετατροπέας είναι διπλής κατεύθυνσης με 2 ανεξάρτητα ελεγχόμενους μετατροπέες πηγής τάσης έναν στην πλευρά του δρομέα και έναν στην πλευρά του δικτύου, που συνδέονται με έναν κοινό ζυγό.

Το βασικό χαρακτηριστικό της γεννήτριας επαγωγής διπλής τροφοδότησης είναι ότι η ισχύς που επεξεργάζεται ο μετατροπέας είναι μόνο ένα ποσοστό της συνολικής ισχύος και άρα το μέγεθος, το κόστος και οι απώλειες είναι μειωμένες. Επίσης έχει την δυνατότητα να απορροφήσει ή να παράγει άεργο ισχύ, να παραμείνει σε λειτουργία κατά την διάρκεια σφαλμάτων του δικτύου και να λειτουργεί χωρίς πρόβλημα στο εύρος τάσης και συχνότητας που προβλέπει ο Κώδικας Διαχείρισης του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η τελική επιλογή του τύπου της ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί θα εξαρτηθεί από βελτιστοποίηση περιβαλλοντικών, λειτουργικών και εικονικών παραμέτρων που μετά την επιτυχή διαδικασία αδειοδότησης θα μπορούν να συνυπολογιστούν με λιγότερη αβεβαιότητα.

Στο προκαταρκτικό αυτό στάδιο για την επιλογή τού συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννήτριας λήφθηκαν υπόψη μια σειρά από παράγοντες όπως η βέλτιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, το κόστος εγκατάστασης στο θαλάσσιο χώρο, η ανάγκη ελαχιστοποίησης του χρόνου συντήρησης και επισκευών και η καλή συνεργασία με το τοπικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Το μεγάλο μέγεθος της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας συνεπάγεται μέγιστη απομάστευση του καλύτερου ποιοτικά αιολικού δυναμικού στο θαλάσσιο χώρο και στην επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα κόστη. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά βοηθούν στην βελτίωση της οικονομικής βιωσιμότητας των θαλάσσιων αιολικών πάρκων που σαν επένδυση χαρακτηρίζεται από υψηλά αρχικά κόστη. Σε τεχνικό επίπεδο το σύστημα ελέγχου της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας εξασφαλίζει βέλτιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, καλή συνεργασία με το τοπικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και μικρότερη δυνατή καταπόνηση και φόρτιση των συστατικών μερών της ανεμογεννήτριας. Τέλος σε όλα τα υποσυστήματα της REPOWER 5 MW υπάρχουν πρόσθετα συστατικά μέρη που αντικαθιστούν μέρη του συστήματος που έχουν υποστεί βλάβη χωρίς να χρειάζεται παύση της παραγωγικής του λειτουργίας.



Τεχνικά Χαρακτηριστικά Repower 5 MW

Rated power	5 MW
Cut-in-speed	3,5 m/s
Rated wind speed	13 m/s
Cut-out-speed	30 m/s
Type Class	Up to IEC iB / GL OFFSHORE

ROTOR

Diameter	126 m
Rotor Speed	6,9-12,1 rpm

YAW SYSTEM

Type	Externally geared four-point bearing
Drive system	Gear motors with multi-disc brakes
Stabilisation	Disc brake with hydraulically operated brake shoes

POWER CONTROL

Electrical blade angle adjustment - pitch and speed control

GEAR SYSTEM

Type	Two helical planetary stage and one spur gear stage
Transmission Ratio	97 approximately

ELECTRICAL SYSTEM

Generator	Double-fed asynchronous generator, 6-pole
Rated Power	5 MW
Voltage	690 V
Rated speed	670-1170 rpm approximately
Generator protection class	IP 54
Converter type	Pulse-modulated IGBTs

SAFETY

- Individually adjustable blades (electrically controlled) –fail-safe system
- Extensive temperature and speed sensing system including builtin redundancy
- Fully integrated lightning protection
- Automatic fire protection
- Shielded cables protecting people and machinery
- Rotor holding brake with soft-brake function

WEIGHT

Rotor	120 tones
Nacelle	290 tones

TOWER

Type	Steel tube tower
Height	85-95 meters

2.3.3 Ηλεκτρολογικό κύκλωμα

Το ηλεκτρολογικό σύστημα του θαλάσσιου αιολικού πάρκου αποτελείται από το εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης του αιολικού πάρκου και το σύστημα διασύνδεσης του εσωτερικού δικτύου μέσης τάσης με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

2.3.4 Εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης.

Το εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης αποτελείται

- από τους μετασχηματιστές της κάθε ανεμογεννήτριας που ανυψώνουν την τάση από χαμηλή (690 V) σε μέση (33 kV) ,
- το συγκρότημα πινάκων χαμηλής και μέσης τάσης
- το κύκλωμα υποβρύχιων καλωδίων μέσης τάσης που καταλήγουν στον υποσταθμό ανύψωσης μέσης τάσης σε υψηλή.

2.3.5 Εσωτερικός Υποσταθμός μέσης τάσης της γεννήτριας

Μετασχηματιστής

Κάθε ανεμογεννήτρια θα είναι εφοδιασμένη με Μετασχηματιστή ανυψώσεως, ξηρού τύπου, τάσης 0,69/33 kV και ικανότητα μετατροπής ισχύος μέχρι 5.5 MVA. Η βέλτιστη λειτουργικά και οικονομικά τοποθέτηση του μετασχηματιστή είναι μέσα στην άτρακτο (nacelle), καθώς με αυτό τον τρόπο δεν απαιτούνται παραπάνω καλώδια για τη σύνδεσή του μ' αυτή και επιπλέον αποτελεί ένα ξηρό και στεγνό μέρος κατάλληλο για τη λειτουργία του. Τα τυλίγματα του μετασχηματιστή θα είναι συνδεδεμένα σε τρίγωνο από την πλευρά της μέσης τάσης και σε γειωμένο αστέρα από την πλευρά της χαμηλής τάσης. Επιπρόσθετα ο μετασχηματιστής θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με μεταγωγέα λήψεων και μεταλλάκτη.

Πίνακας – Διακόπτης μέσης τάσης (switchgear panel)

Ο πίνακας είναι σύμφωνος με τους διεθνείς κανονισμούς IEC με όλα τα υπό τάση μέρη έγκλειστα σε περιβάλλον SF₆ (SEALED FOR LIFE). Ο πίνακας παρέχει

προστασία για τον χειριστή έναντι εσωτερικών σφαλμάτων (arc proof) , είναι δε εξοπλισμένος με μανόμετρο πίεσης καθώς και με βαλβίδα επαναπλήρωσης αερίου SF₆.

Οι πίνακες διανομής μέσης τάσης της ανεμογεννήτριας με μόνωση πετρελαιμένου αέρα συμπεριλαμβάνουν ενδεικτικά:

- Διακόπτη ισχύος κενού, ο οποίος διαθέτει γείωση από τη μεριά του δικτύου, σε σειρά με αποζεύκτη ονομαστικής τάσης 36 kV. Το επίπεδο αυτό συνδέει την πλευρά μέσης τάσης του μετασχηματιστή με τους ζυγούς μέσης τάσης της ανεμογεννήτριας. Το συγκρότημα συμπληρώνεται με ένα πηνίο εργασίας 230 V και το ζυγό πάνω στον οποίο συνδέονται όλοι οι διακόπτες και τα καλώδια της ανεμογεννήτριας.
- Σημείο εισόδου και σημείο εξόδου του καλωδίου μέσης τάσης της ανεμογεννήτριας, το οποίο είναι εφοδιασμένο με διακόπτη φορτίου.

Κύκλωμα καλωδίων μέσης τάσης

Οι ανεμογεννήτριες θα συνδέονται μεταξύ τους ανά 8 ή 7 ή 5 σε σειρά με υποβρύχια τριπολικά καλώδια 33 kV , δυναμικότητας τουλάχιστον 40 MVA και συνολικού μήκους περίπου 75 χιλιομέτρων. Το κύκλωμα των καλωδίων μέσης τάσης καταλήγει σε υπεράκτιο υποσταθμό 150/33 kV. Κατάλληλα καλώδια για το κύκλωμα μέσης τάσης είναι τριπολικά χαλκού στερεάς μόνωσης (XLPE) 1x 500 mm² γιατί προσφέρουν τεχνικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Στο Σχήμα 9 φαίνεται η διάταξη του κυκλώματος καλωδίων μέσης τάσης και η σύνδεση τους με τον υπεράκτιο υποσταθμό.



2.3.6 Σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει

- τον υποσταθμό ανύψωσης από την μέση τάση των 33 kV σε υψηλή 150 kV, στον οποίο καταλήγουν τα καλώδια μέσης τάσης.
- το κύκλωμα καλωδίων συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης
- τον υποσταθμό ζεύξης των καλωδίων υψηλής τάσης με το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τους μετατροπείς πηγής τάσης που συνδέονται σε κάθε άκρο του κυκλώματος καλωδίων.

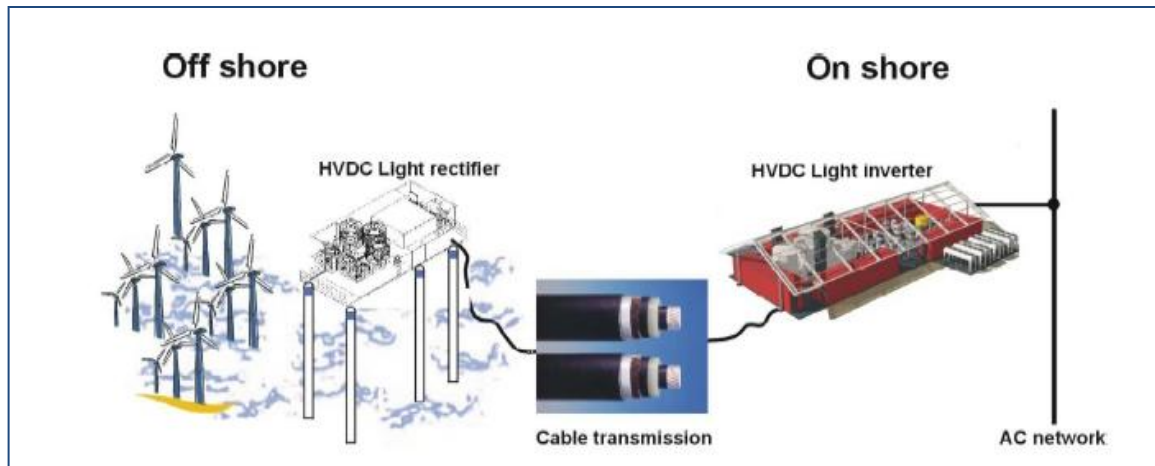
Η επιλογή της τεχνολογίας μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος με κύκλωμα καλωδίων συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης με την χρήση μετατροπέων πηγής τάσης σε κάθε άκρο του κυκλώματος επιλέχθηκε κυρίως λόγω της μεγάλης απόστασης του θαλάσσιου αιολικού πάρκου από το σημείο σύνδεσης με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επιπρόσθετα είναι μια τεχνολογία που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα ειδικά σε περίπτωση σύνδεσης με ασθενή ηλεκτρικά δίκτυα και δίνει μεγάλες δυνατότητες ρύθμισης τάσης και βελτίωσης της ποιότητας της προσφερόμενης στο δίκτυο ενέργειας.

Υποσταθμός ανύψωσης τάσης- Κεντρικός Υποσταθμός του έργου

Η διασύνδεση του έργου θα γίνει με την χρήση τεχνολογίας συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (150 kV) μέσω μετατροπέων πηγής τάσης (Voltage Source Converters) που εγκαθίστανται σε κάθε άκρο του συστήματος. Η μέση τάση του κυκλώματος συλλογής της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε κάθε ανεμογεννήτρια ανυψώνεται σε υψηλή (150 kV) σε υποσταθμό που θα εγκατασταθεί στην θάλασσα μέσω μετασχηματιστών ανύψωσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται υποσταθμός κλειστού τύπου που περιλαμβάνει συγκρότημα πυλών και ζυγών μέσης και υψηλής τάσης, μετασχηματιστές ανύψωσης μέσης τάσης σε υψηλή και σύστημα κεντρικού ελέγχου SCADA. Στον υποσταθμό περιλαμβάνεται διάταξη μετατροπέα πηγής τάσης (rectifier) με χρήση ηλεκτρονικών διακοπτικών στοιχείων ισχύος (Transistors – IGBT) .

Ο υποσταθμός ανύψωσης τάσης θα ανεγερθεί στο θαλάσσιο χώρο κοντά στο σειρές των ανεμογεννητριών έτσι ώστε να εναχιστοποιείται η όδευση των καλωδίων μέσης τάσης, σε κατάλληλα βάθη με την χρήση σύγχρονων τεχνολογιών θεμελίωσης στον πυθμένα της θάλασσας. Πρόκειται να είναι κλειστού τύπου για λογους οικονομιάς χώρου, περιβαλλοντικούς, ασφαλείας,

μεγαλύτερης αντοχής και αξιοπιστίας. Η εγκατάσταση υποσταθμών ανύψωσης τάσης στον θαλάσσιο χώρο επιτάσσεται και για λόγους αποφυγής μεγάλης κλίμακας έργων πάνω στην νήσο της Άνδρου προς αποφυγή τοπικών αντιδράσεων. Αποτελεί δε και συνήθη πρακτική σε ήδη υπάρχοντα και προς κατασκευή θαλάσσια αιολικά πάρκα παγκοσμίως.



Συνολική άποψη συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με δίπολο καλωδίων συνεχούς ρεύματος με την χρήση Μετατροπέων Πηγής Τάσης σε κάθε άκρο. (Πηγή: ABB HVDC Light Brochure)

2.3.7 Κύκλωμα Καλωδίων υψηλής τάσης

Τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο σύνδεσης του αιολικού άρκου με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι Συνεχούς Ρεύματος 150 kV (ένα δίπολο και ένα εφεδρικό για τον κάθε σύνδεσμο) δυναμικότητας τουλάχιστον 445 MW έκαστο και κατάλληλης διατομής, με εκτιμώμενο συνολικό μήκος 192 χιόμετρα υποβρύχιας και ~19 περίπου χιλιόμετρα υπόγειας όδευσης. Υπάρχουν δύο είδη καλωδίων συνεχούς ρεύματος, τα καλώδια στερεού τύπου με εμποτισμένο χαρτί (Mass Impregnated Paper) και τα καλώδια με μόνωση πολυεθενίου (XLPE). Για τα πρώτα υπάρχει σημαντική διεθνής εμπειρία σε σχέση με το δεύτερο είδος, ειδικά σε μεγάλα βάθη όπως αυτά της παρούσας εφαρμογής. Η τελική επιλογή ανάμεσα στα δύο θα γίνει σε μεταγενέστερο στάδιο μετά από λεπτομερή τεχνική μελέτη.



Υποβρύχιο καλώδιο Συνεχούς Ρεύματος Υψηλής Τάσης

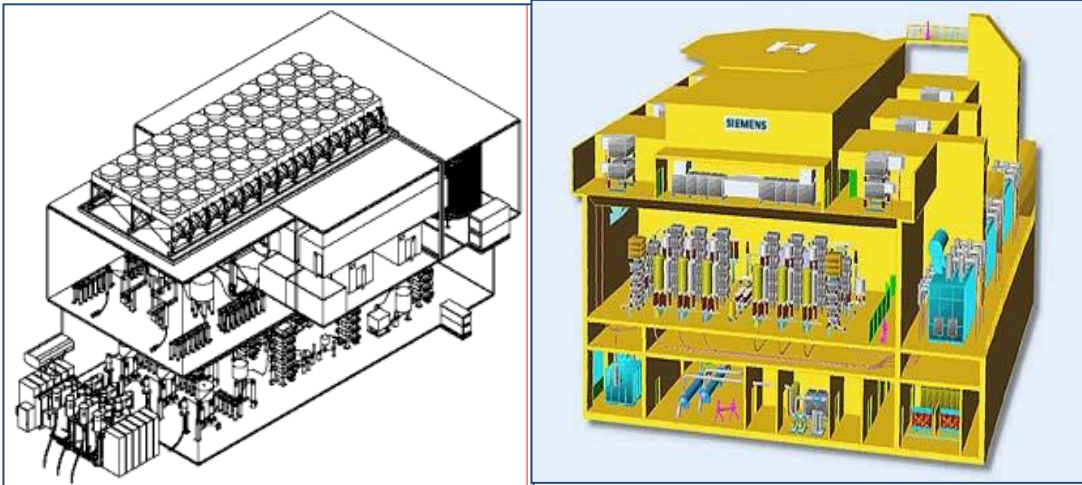
Υποσταθμός ζεύξης των καλωδίων υψηλής τάσης

Στον υποσταθμό του Διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στον οποίο θα συνδεθεί το κύκλωμα καλωδίων υψηλής τάσης του θαλάσσιου αιολικού θα πρέπει να εγκαταθεί εξοπλισμός ζεύξης των καλωδίων.

Διάταξη Μετατροπέων Πηγής Τάσης

Για την μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο σημείο σύνδεσης του με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η εγκατάσταση σε κάθε άκρο του συστήματος μεταφοράς διάταξη μετατροπέων πηγής τάσης. Στο άκρο που εγχέεται ενέργεια μέσα στο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος εγκαθιστάται ανορθωτής (rectifier) και στο σημείο σύνδεσης με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας εγκαθιστάται αναστροφέας (inverter) που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Οι μετατροπείς που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι νέας γενιάς με χρήση ηλεκτρονικών διακοπτικών στοιχείων ισχύος (Transistors – IGBT). Στον υποσταθμό ανύψωση τάσης που είναι εγκατεστημένος στην θάλασσα υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης της διάταξης του rectifier σε ορόφους για οικονομία χώρου όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Διατάξη μετατροπέων πηγής τάσης σε ορόφους

2.3.8 Έργα Υποδομής και Εγκατάσταση Α/Γ

Τα κύρια έργα υποδομής που είναι απαραίτητα για την εγκατάσταση του πάρκου είναι η κατασκευή του υποσταθμού στην ξηρά, η εγκατάσταση της καλωδίωσης του εσωτερικού δικτύου μέσης τάσης των ανεμογεννητριών και η σύνδεση του δικτύου αυτού με το Σύστημα και η κατασκευή των θεμελίων των ανεμογεννητριών.



Καλωδίωση



Η εγκατάσταση των καλωδίων του εσωτερικού δικτύου μέσης τάσης του αιολικού πάρκου περιλαμβάνει σκαφή αυλακιών στον βυθό, την τοποθέτηση των καλωδίων και την ταφή τους. Τα έργα αυτά θα εκτελεστούν με την βοήθεια ειδικών εργοταξίων και σκαφών, με σεβασμό στο τοπικό θαλάσσιο περιβάλλον. Η σύνδεση του εσωτερικού δικτύου μέσης τάσης των ανεμογεννητριών με το Σύστημα περιλαμβάνει έργα και στην ξηρά και τα οποία θα εκτελεστούν σύμφωνα με τους όρους που ορίζει η περιβαλλοντική άδεια.

Σύστημα Στήριξης και Θεμελίωση

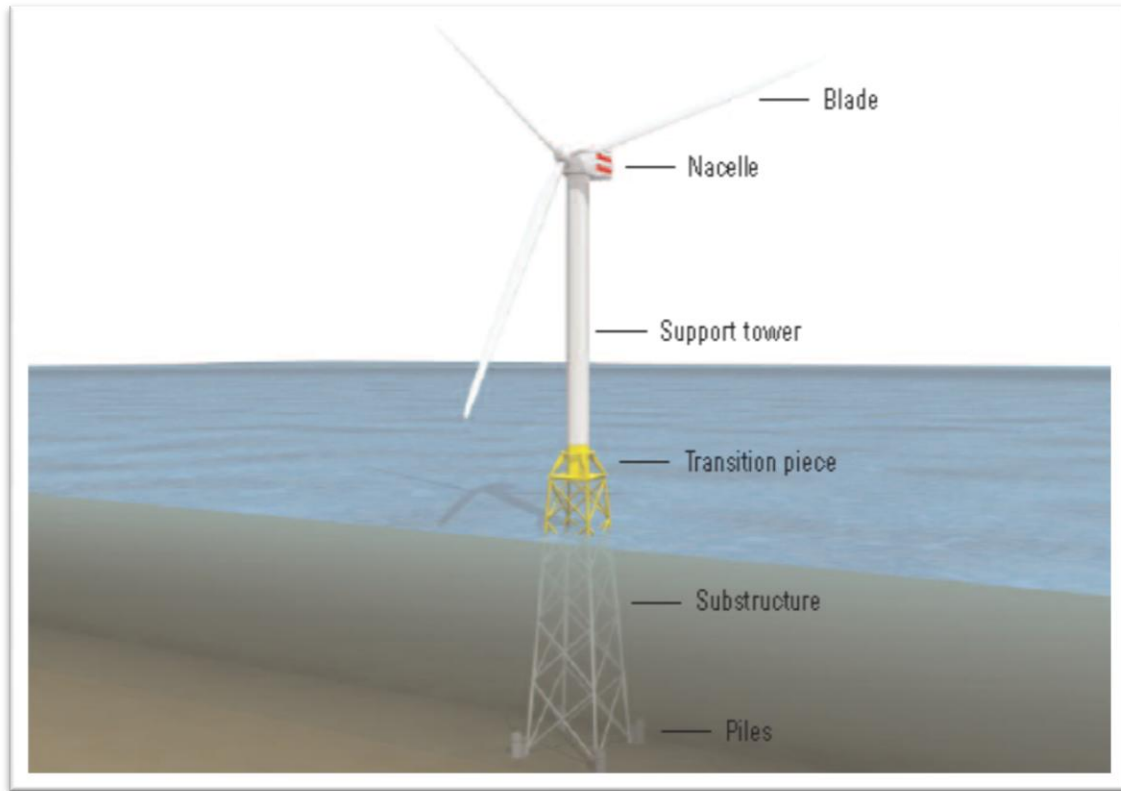
Τόσο ο υποσταθμός ανύψωσης τάσης όσο και οι ανεμογεννήτριες θα εγκατασταθούν στο θαλάσσιο χώρο. Για την θεμελίωση τους υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες, οι οποίες ανάλογα με το βάθος και την γεωλογική σύνθεση του πυθμένα της περιοχής διαφέρουν. Ο υποσταθμός σχεδιάζεται να εγκατασταθεί σε σχετικά μικρό βάθος περίπου 60 και σχετικά κοντά στην ακτή. Αντιθέτως το βάθος στα σημεία που σχεδιάζεται να



εγκατασταθούν οι ανεμογεννήτριες κυμαίνεται περίπου 25 μέχρι 70 μέτρα . Για τέτοια βάθη οι συνηθισμένοι σε άλλες εφαρμογές τύποι αγκύρωσης είναι τύπου jacket με πολυεδρική βάση. Στα επόμενα ακολουθεί μια σύνοψη των τρόπων θεμελίωσης ανεμογεννητριών στο θαλάσσιο χώρο.

Το θεμέλιο της ανεμογεννήτριας στο βυθό στηρίζει την ανεμογεννήτρια από τις δυνάμεις που ασκούνται από το βάρος, τα κύματα και τον αέρα μεταφέροντας τις από το σώμα της στο βυθό. Το σύστημα στήριξης της ανεμογεννήτριας

αποτελείται από το πύργο της ανεμογεννήτριας, το μεταβατικό τμήμα (transition piece) που ενώνει τον πύργο της ανεμογεννήτριας με την υποδομή, την υποδομή (substructure) και το θεμέλιο της ανεμογεννήτριας



Απεικόνιση των υπομημάτων της συνολικής δομής ανεμογεννήτριας στο θαλάσσιο χώρο

Οι πέντε κύριες κατηγορίες θεμελίων είναι η θεμελίωση μέσω πασσάλων, θεμελίων βαρύτητας, θεμελίων με τρίποδη στήριξη, θεμελίων με τετράποδη στήριξη και δικτύωμα και πλωτών θεμελίων. Η θεμελίωση μέσω έμπηξης πασσάλων είναι η τεχνική λύση που έχει χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες εφαρμογές ανέγερσης δομών στην θάλασσα, ξεκινώντας από την πρώτη κατασκευή στο 1940 και για βάθη μέχρι 50 μέτρα. Ειδικότερα, η βιομηχανία κατασκευής αιολικών πάρκων στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποίησε αυτήν την τεχνική με την μορφή στήριξης της διάταξης της ανεμογεννήτριας και του πύργου αυτής σε μονό πάσσαλο (monopile). Αυτή η πρακτική υπαγορεύθηκε από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η λύση (monopile) σε μικρά σχετικά βάθη και για μεσαίας ισχύος ανεμογεννήτριες.

Οι τύποι θεμελιώσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα στα υπάρχοντα αιολικά πάρκα αποδεικνύονται μη βιώσιμες για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε μεγάλα βάθη και από τεχνικής και από οικονομικής άποψης. Η ανάγκη χωροθέτησης ανεμογεννητριών σε μεγαλύτερη απόσταση από την στεριά και μεγαλύτερα βάθη έχει οδηγήσει στην εξεύρεση νέων σχεδιαστικών λύσεων, οι οποίες είχαν προηγουμένως χρησιμοποιηθεί κυρίως στην βιομηχανία εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου στην θάλασσα. Εταιρίες που δραστηριοποιούνταν στην βιομηχανία αυτή, έχουν αρχίσει να στρέφονται στην ανάπτυξη τεχνικών στήριξης ανεμογεννητριών σε μεγάλα βάθη χρησιμοποιώντας την πολύτιμη εμπειρία τους. Με τις κατάλληλες προσαρμογές για τις νέες απαιτήσεις που παρουσιάζουν οι ανεμογεννήτριες όσον αναφορά στα ασκούμενα φορτία και σε συνεργασία με τις εταιρίες που κατασκευάζουν ανεμογεννήτριες έχουν αναπτυχθεί νέα θεμέλια στήριξης και νέες τεχνικές εγκατάστασης αυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον.

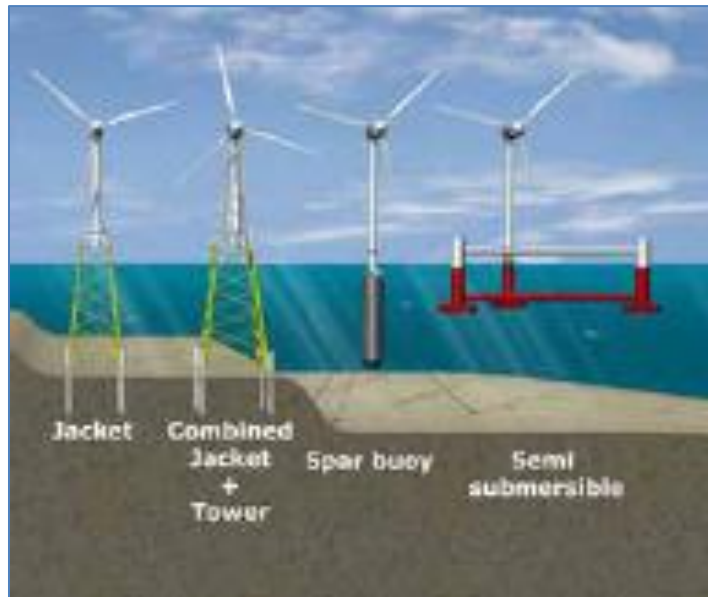


OWEC TOWER, Ενδεικτική απεικόνιση θεμελίωσης με υποδομή τύπου jacket και στήριξη μέσω τετράποδης στήριξης με δικτύωμα.

Μια τεχνική λύση που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και προτείνεται ως η πιθανότερα πιο ενδεδειγμένη λύση και για το προτεινόμενο αιολικό πάρκο είναι αυτή της στήριξης των ανεμογεννητριών μέσω **υποδομής τύπου jacket** η οποία στηρίζεται στο βυθό μέσω **τετράποδης στήριξης με δικτύωμα**

Η συγκεκριμένη διάταξη προσφέρει μια πιο στιβαρή στήριξης της ανεμογεννήτριας έναντι των ασκούμενων φορτίων σε μεγάλα βάθη σε σχέση

με τους μονούς πασσάλους και παρουσιάζει πλεονεκτήματα λόγω της ελαφρύτερης κατασκευής σε σχέση με άλλες σχεδιαστικές λύσεις. Αποτελείται από μια υποδομή στήριξης της ανεμογεννήτριας, ένα μεταβατικό τμήμα που συνδέει τον πύργο της ανεμογεννήτριας με την υποδομή στήριξης και τους πασσάλους αγκύρωσης της υποδομής στο βυθό.



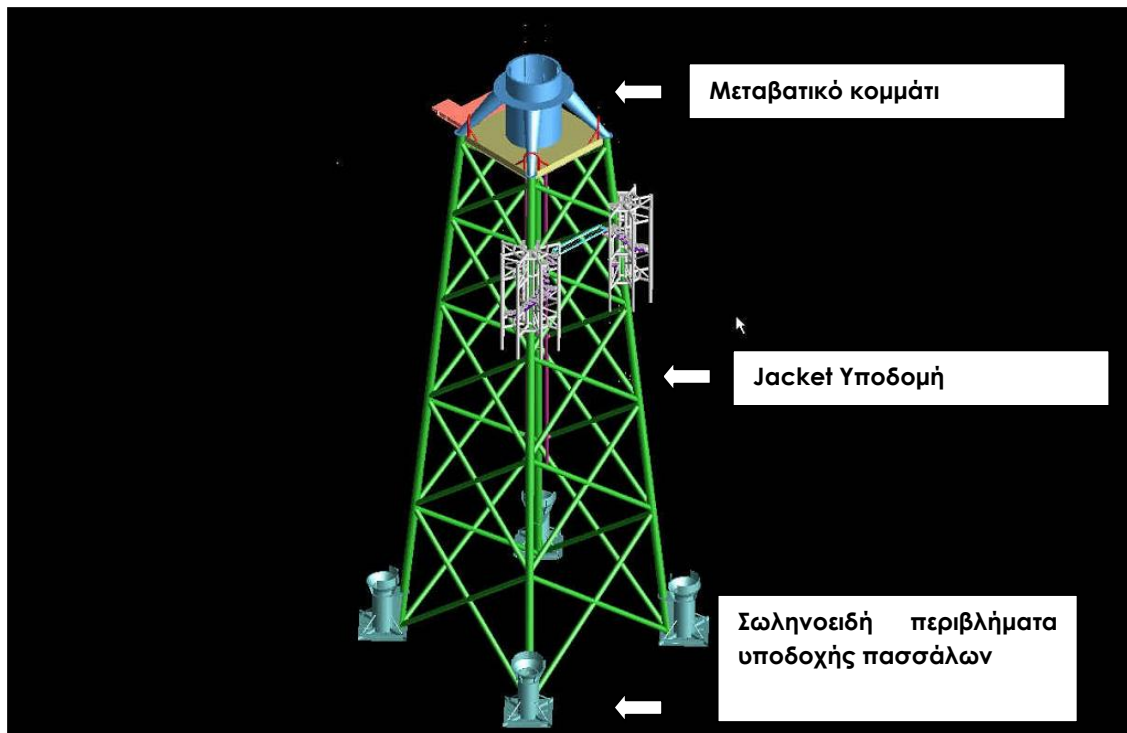
Το μεταβατικό κομμάτι το οποίο τοποθετείται ανάμεσα στην κορυφή της υποδομής και το κάτω τμήμα του πύργου της ανεμογεννήτριας μεταφέρει φορτία από την ανεμογεννήτρια στην υποδομή και είναι φτιαγμένο από χάλυβα. Είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της κατασκευής και μπορεί να γίνει ο χώρος εγκατάστασης των ηλεκτρικών πινάκων, των δομών πρόσβασης προσωπικού και εισόδου –εξόδου των καλωδίων προς και από τους πίνακες διανομής.

Η υποδομή έχει τέσσερις έδρες οι οποίες καταλήγουν σε σωληνοειδείς περιβλήματα μέσα στα οποία τοποθετούνται οι πάσσαλοι στήριξης και κατασκευάζεται από ατσάλινα κυλινδρικά μέλη τα οποία συνθέτουν ένα πλέγμα. Τα ατσάλινα κυλινδρικά μέλη μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους μέσω συγκολλήσεων ή να έχουν χυτευμένους συνδέσμους. Οι πάσσαλοι στήριξης της υποδομής είναι χαλύβδινοι κύλινδροι και η γεωμετρία τους εξαρτάται από τα ασκούμενα φορτία και την ποιότητα του εδάφους. Η σταθεροποίηση της σύνδεσης πασσάλων και των σωληνοειδών περιβλημάτων γίνεται με διάφορες μεθόδους (grouting ή swaging). Για την προσωρινή στήριξη της κατασκευής πριν την έμπηξη των πασσάλων χρησιμοποιούνται mud mats που σταθεροποιούν την κατασκευή.

Η κατασκευή της συγκεκριμένης διάταξης θεμελίωσης και η τοποθέτησή της στο βυθό είναι αρκετά πολύπλοκη, αλλά ο τύπος αυτός θεμελίωσης είναι δοκιμασμένος σε μεγάλα βάθη και σε σύγκριση με άλλες διατάξεις (όπως με τρίποδη στήριξη-tripod) είναι οικονομικά προτιμότερος λόγω μικρότερου βάρους της κατασκευής για την ίδια φέρουσα ικανότητα.

Είναι πολύ σημαντικό ότι ο συγκεκριμένος τύπος διάταξης έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε δύο έργα επίδειξης τεχνολογίας μέχρι σήμερα, στην Σκωτία στο Beatrice Wind Park σε βάθος 48 μέτρων και στα εθνικά ύδατα της Γερμανίας στη Βόρεια Θάλασσα σε βάθος 30 μέτρων. Και στις δύο περιπτώσεις η διάταξη αυτή στηρίζει ανεμογεννήτρια του ίδιου τύπου με αυτή που χρησιμοποιείται στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Επιπλέον ο τύπος αυτός θεμελίωσης έχει προοπτική για μεγάλης κλίμακας παραγωγή αφού έχει επιλεχθεί ως τεχνική λύση για πολλά έργα στη Δυτική Ευρώπη, γεγονός που ίσως οδηγήσει στην περαιτέρω μείωση του κόστους του.

Η επιλογή του συστήματος στήριξης της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τη γεωλογία του βυθού, το βάθος στο σημείο εγκατάστασης, την πιθανή διάβρωση, το μέγεθος και τον τύπο της ανεμογεννήτριας και τις συνθήκες περιβάλλοντος (ύψος κόμματος, παρουσία ρευμάτων κλπ). Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα γίνουν αντικείμενο μελέτης έτσι ώστε να κατανοηθεί πλήρως ο μηχανισμός μεταφοράς φορτίων από το σώμα της ανεμογεννήτριας στο βυθό και να επιλεγεί η βέλτιστη θεμελίωση.



Συστατικά μέρη θεμελίωσης τετράποδης στήριξης με δικτύωμα (jacket quadropod)



Ανεμογεννήτρια τύπου Repower 5M πάνω σε θεμέλιο τύπου Jacket Quattrorod της εταιρίας OWEC TOWER στο αιολικό πάρκο Beatrice στην Βόρεια Θάλασσα.

Εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών στο θαλάσσιο χώρο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, αλλά σε κάθε περίπτωση κάποια τμήματα της ανεμογεννήτριας συναρμολογούνται στην στεριά πριν μεταφερθούν στο χώρο εγκατάστασης. Για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών στο χώρο του αιολικού πάρκου θα χρησιμοποιηθούν ειδικά γερανοφόρα πλωτά μέσα μεταφοράς μεγάλης δυναμικότητας, αυτοανυψούμενες πλωτές εξέδρες για την έμπηξη των πασσάλων και άλλα πλωτά μέσα για την εκτέλεση των εργασιών εγκατάστασης.



Η διαδικασία ξεκινά με την μεταφορά των θεμελίων μέσω ειδικών φορτηγίδων από το λιμάνι εκφόρτωσης στο σημείο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας.

Μετά από έργα προετοιμασίας του βυθού, όταν αυτά είναι απαραίτητα, θα γίνει η τοποθέτηση του θεμελίου στο πυθμένα και του μεταβατικού τμήματος πάνω στο θεμέλιο με τη βοήθεια γερανοφόρου οχήματος και ειδικού Σ' αυτό το στάδιο μπορεί να γίνει και η τοποθέτηση καλωδίων για το εσωτερικό ηλεκτρικό σύστημα της ανεμογεννήτριας.



Ακολουθεί η μεταφορά των μερών της ανεμογεννήτριας με ειδική φορτηγίδα από το λιμάνι εκφόρτωσης στο σημείο εγκατάστασής της.



Το τελικό στάδιο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας είναι η τοποθέτηση των κύριων συστατικών μερών της ανεμογεννήτριας πάνω στο θεμέλιο με ειδικά γερανοφόρα πλοία.

Ανάλογα με τον τύπο της θεμελίωσης, μπορεί να χρειαστεί προετοιμασία του βυθού από εξειδικευμένο εργοτάξιο. Η τελική επιλογή του τύπου της θεμελίωσης και η τελική σχεδίαση της θα προκύψει μετά τις λεπτομερείς γεωτεχνικές μελέτες του βυθού καθώς και των υπολοίπων χαρακτηριστικών της περιοχής.

Για την εκτέλεση όλων των απαραίτητων εργασιών, χρειάζεται ένα λιμάνι όπου να μπορεί να εξυπηρετήσει τις διάφορες διαδικασίες συναρμολόγησης και φορτοεκφόρτωσης πολύ μεγάλων κατασκευών. Αυτό το σκοπό κρίνεται σκόπιμο να εκπληρώσει το εμπορικό λιμάνι της Αλεξανδρούπολης, ενώ ως εναλλακτικές λύσεις θα εξεταστούν τα εμπορικά λιμάνια της Καβάλας, της Θεσσαλονίκης και του Βόλου. Οι εργασίες για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών θα εκτελεστούν από κατασκευαστές με εμπειρία στην θαλάσσια μηχανική και την εκτέλεση εργασιών σε θαλάσσιο χώρο και σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα για την ποιότητα και την ασφάλεια τέτοιου είδους έργων.

2.3.9 Λειτουργία και συντήρηση

Το έργο θα λειτουργείται από την εταιρία. Η λειτουργία του προβλέπεται να είναι αυτόματη, με ελάχιστες ανάγκες παρεμβάσεως από το προσωπικό λειτουργίας του. Αυτό είναι αποτέλεσμα της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών οι οποίες μέσω του ελεγκτή τους και σε συνεργασία με τον κεντρικό ελεγκτή του έργου, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου και την κατάσταση του συστήματος μεταφοράς με αυτόματο τρόπο συνδέονται με το σύστημα μεταφοράς και παρέχουν την παραγόμενη ισχύ. Η εταιρία θα δημιουργήσει ειδικό τμήμα λειτουργίας και συντήρησης του έργου το οποίο θα εκπαιδευτεί από την εταιρία και τον κατασκευαστή των ανεμογεννητριών πριν λάβει καθήκοντα στον τόπο εγκατάστασης του έργου. Το έργο θα είναι διασυνδεδεμένο μέσω τηλεπικοινωνιακών συστημάτων με τα κεντρικά γραφεία της εταιρίας και το κέντρο ελέγχου ενέργειας της ΔΕΗ ώστε να εποπτεύεται και να ρυθμίζεται η λειτουργία του όταν αυτό είναι απαραίτητο. Η συντήρηση του έργου θα είναι προληπτική, δηλαδή θα διεξάγεται ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (εξάμηνα) και θα αφορά όλα τα υποσυστήματα των ανεμογεννητριών και όλα τα συστήματα ελέγχου και μεταφοράς ισχύος του έργου. Η προγραμματισμένη συντήρηση θα πραγματοποιείται από την εταιρία και τον κατασκευαστή των ανεμογεννητριών και των υπόλοιπων συστημάτων του έργου σε περιόδους χαμηλής παραγωγικότητας, δηλαδή σε περιόδους με χαμηλές ταχύτητες ανέμου σύμφωνα με το αιολικό κλίμα που παρατηρείται στην περιοχή εγκατάστασης. Μακροχρόνια συμβόλαια συντήρησης θα συνοδεύουν τις συμβάσεις προμήθειας των ανεμογεννητριών και των λοιπών υποσυστημάτων του έργου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

3.1 Προϋπολογισμός του έργου.

Το κόστος κατασκευής του Αιολικού Πάρκου δυναμικότητας 445 MW προκύπτει από τον ακόλουθο πίνακα.

Προϋπολογισμός κατασκευής αιολικού πάρκου ισχύος:445 MW				
Περιγραφή Εργασιών	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Σύνολο	% Προϋπολογισμού
Δαπάνες Επιλέξιμες σύμφωνα με Αναπτυξιακό Νόμο	Μονάδες	Ευρώ	Ευρώ	
Ανεμογεννήτριες				
A/Γ	89	8.500.000	756.500.000	
Θεμέλια / Κατασκευή	89	1.875.000	166.875.000	
Σύνολο A/Γ			923.375.000	
Κόστος νέων έργων δικτύου διασύνδεσης				
Υποσταθμοί ΜΤ/ΥΤ	1	22.652.720	22.652.720	
Κόστος διασύνδεσης Μ/ Τ	1	33.750.000	33.750.000	
Κόστος διασύνδεσης Υ/ Τ	1	107.424.000	107.424.000	
Μετατροπείς πηγής τάσης	2	64.000.000,00	128.000.000	
Διασύνδεση με Υποσταθμό Συστήματος	1	1.104.000	1.104.000	
Σύνολο Επιμέρους κόστους νέων έργων δικτύου διασύνδεσης.			292.930.720	
Έργα πολιτικού μηχανικού				
	<i>Αποσβενόμενα</i>			
Θεμέλια - Εγκατάσταση (πονοπίλε)	89	439.000	39.071.000	
Λοιπές Υποδομές	89	115.000	10.235.000	
Κτίριο Ελέγχου	1	216.000	216.000	
Σύνολο Έργων Πολιτικού Μηχ/κού			49.522.000	
Σύνολο Αποσβενόμενων Δαπανών			1.265.827.720	
Μη Αποσβενόμενες Δαπάνες				
	<i>Μη αποσβενόμενα</i>			
Ανάπτυξη Έργου			5.000.000	
Άλλες Μελέτες/Σύμβουλοι			10.000.000	
Διαχείριση Έργου			8.000.000	
Σύνολο Μη Αποσβενόμενων Δαπανών			23.000.000	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗΣ ΔΑΠΑΝΗΣ			1.288.827.720	
Κόστος €/MW			2.896.242,07	

Για τον προϋπολογισμό του έργου έχουν γίνει οι παραδοχές ότι θα χρησιμοποιηθούν θεμέλια τύπου jacket τόσο για τις ανεμογεννήτριες όσο και για τον υποσταθμό και η διασύνδεση του αιολικού πάρκου θα γίνει στον κοντινότερο υποσταθμό.

3.2 Χρηματοδοτική διάρθρωση της επένδυσης

Το χρηματοδοτικό σχήμα υλοποίησης της επένδυσης παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Χρηματοδοτικό Σχήμα		
	Ποσοστό %	Ευρώ
Σύνολο Επένδυσης	100,00%	1.288.827.720
Ίδια Συμμετοχή	18,00%	231.988.990
Επιδότηση	14,56%	187.600.570
Δάνειο	67,44%	869.238.160
Επιτόκιο Δανεισμού	6,50%	
Διάρκεια Δανείου (σε έτη)	10	

Σο ποσό της Επιδότησης προκύπτει από τον Ν.3522/22.12.2006 (ΥΕΚ 276 Α), σύμφωνα με το οποίο το κόστος κατασκευής του Α/Π επιδοτείται με ποσοστό 14,56 % επί του συνολικού προϋπολογισμού του έργου, το οποίο συμπεριλαμβάνει και το κόστος διασύνδεσης με το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

3.3 Προβλέψεις επενδυτικών, χρηματοδοτικών και λειτουργικών χρηματοροών 20ετίας.

Οι λειτουργικές χρηματοροές της προτεινόμενης επένδυσης πηγάζουν από την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μεταβλητές που προβλέπεται να τις επηρεάσουν είναι: Οι επενδυτικές χρηματοροές πηγάζουν αποκλειστικά από την αρχική επενδυτική δαπάνη για την ανέγερση του θαλάσσιου αιολικού πάρκου και οι χρηματοδοτικές χρηματοροές αποτελούνται από:

- × την αρχική ίδια συμμετοχή,
- × την επιδότηση του έργου από τον αναπτυξιακό νόμο
- × το δάνειο που θα συναφθεί για την πραγματοποίηση της επένδυσης και η σταδιακή αποπληρωμή του.

Τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας με τις προβλέψεις 20 ετίας των οικονομικών στοιχείων του έργου.

Υποθέσεις Εργασίας για Βασικές Παραμέτρους	
Ετήσια Αύξηση Τιμής kWh	2,00%
Ετήσιος Πληθωρισμός	2,00%
Κλίμακα Φορολογίας	25,00%
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	6,50%
Συντελεστές Αποσβέσεων	
Ανεμογεννήτριες, Μηχ/κά	7,00%
Γραμμές Μεταφοράς	4,00%
Έργα Πολιτικού Μηχ/κού	5,00%
Λοιπές Δαπάνες	5,00%

Ετήσια Λειτουργικά Έξοδα	
Περιγραφή εξόδων	Υποθέσεις Εργασίας
Ασφάλιστρα Παγίων	0,15% της Αναπόσβεστης Αξίας των Παγίων
Ασφάλιστρα Απώλειας Εσόδων	0,4% του κύκλου εργασιών
Λειτουργία & Συντήρηση Εγκαταστάσεων	0,009€/kWh
ΥπερΟΤΑ ή άλλη μίσθωση χρήσης	3% του κύκλου εργασιών
Έξοδα Διοικητικής Λειτουργίας & Διάθεσης	0,7% του κύκλου εργασιών

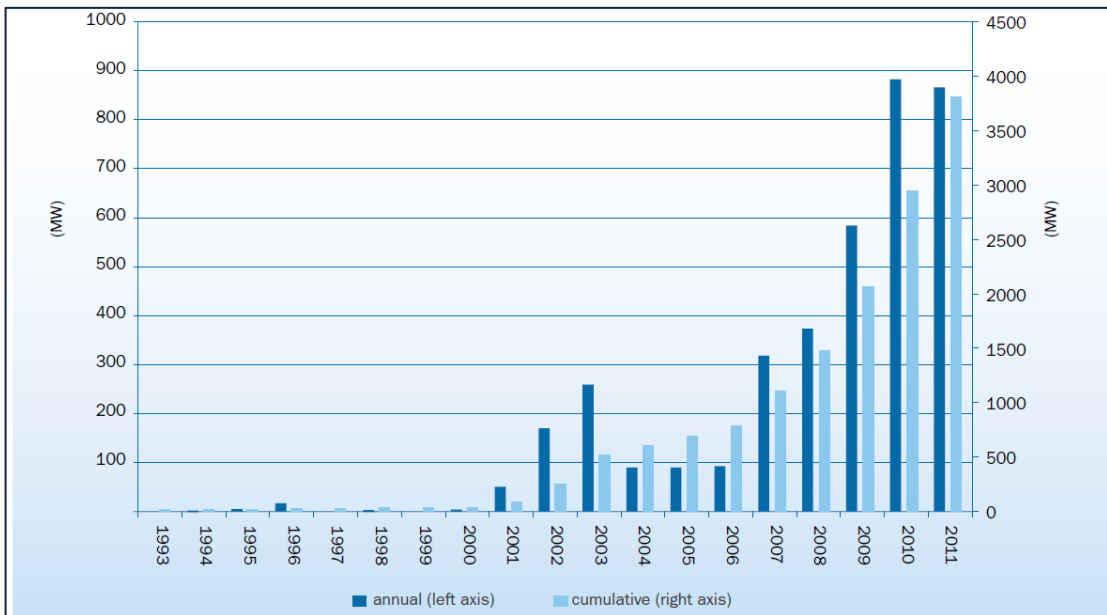
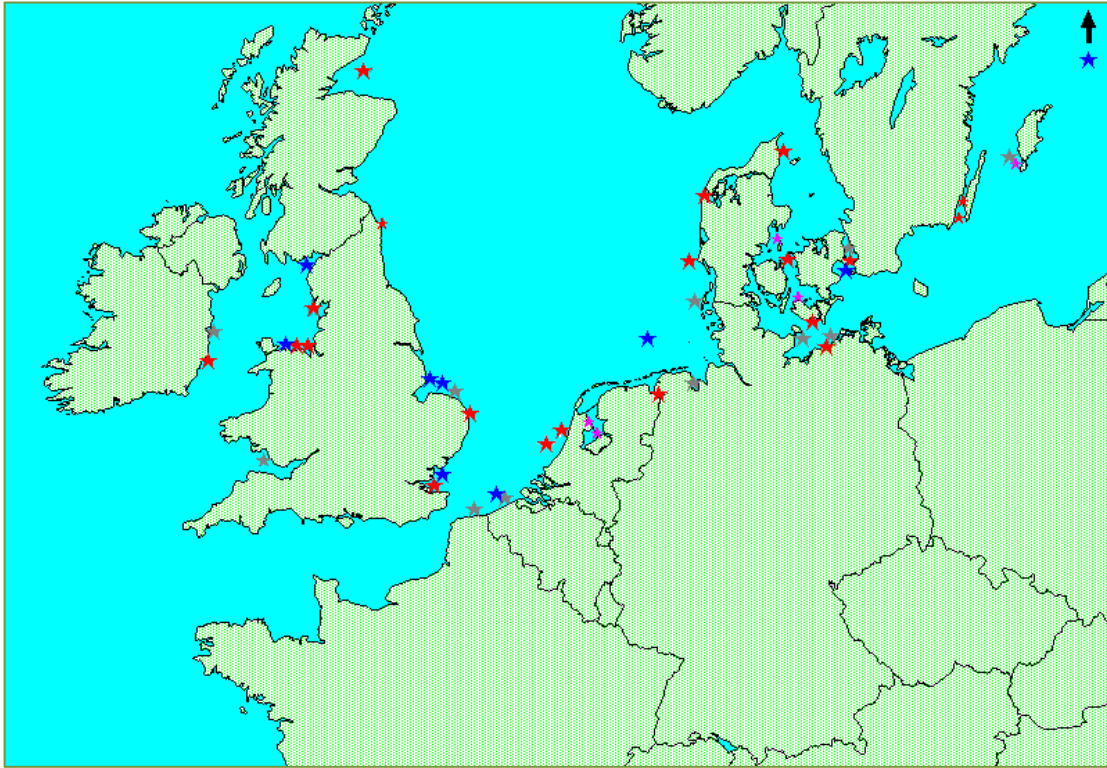
Ετήσια Έσοδα	
Εγκατεστημένη Ισχύς Έργου (MW)	445
Τιμή ανά MWh (€/MWh)	150
Συντελεστής Παραγωγής Έργου	30,52%
Ετήσια Ενεργειακή Παραγωγή (MWh)	1.189.563,92
Ετήσια Ενεργειακά Έσοδα	178.434.587,55
Συνολικά Ετήσια Έσοδα	178.434.587,55

Αποσβέσεις			
Τύπος Παγίου	Αποσβ. Τιμή	Συντ. Απόσβεσ.	Ετήσια Απόσβ
Ανεμογεννήτριες, Μηχ/κά	635.779.704,00	7%	44.504.579,28
Γραμμές Μεταφοράς	129.880.080,00	4%	5.195.203,20
Έργα Πολιτικού Μηχ/κού	151.477.900,00	5%	7.573.895,00

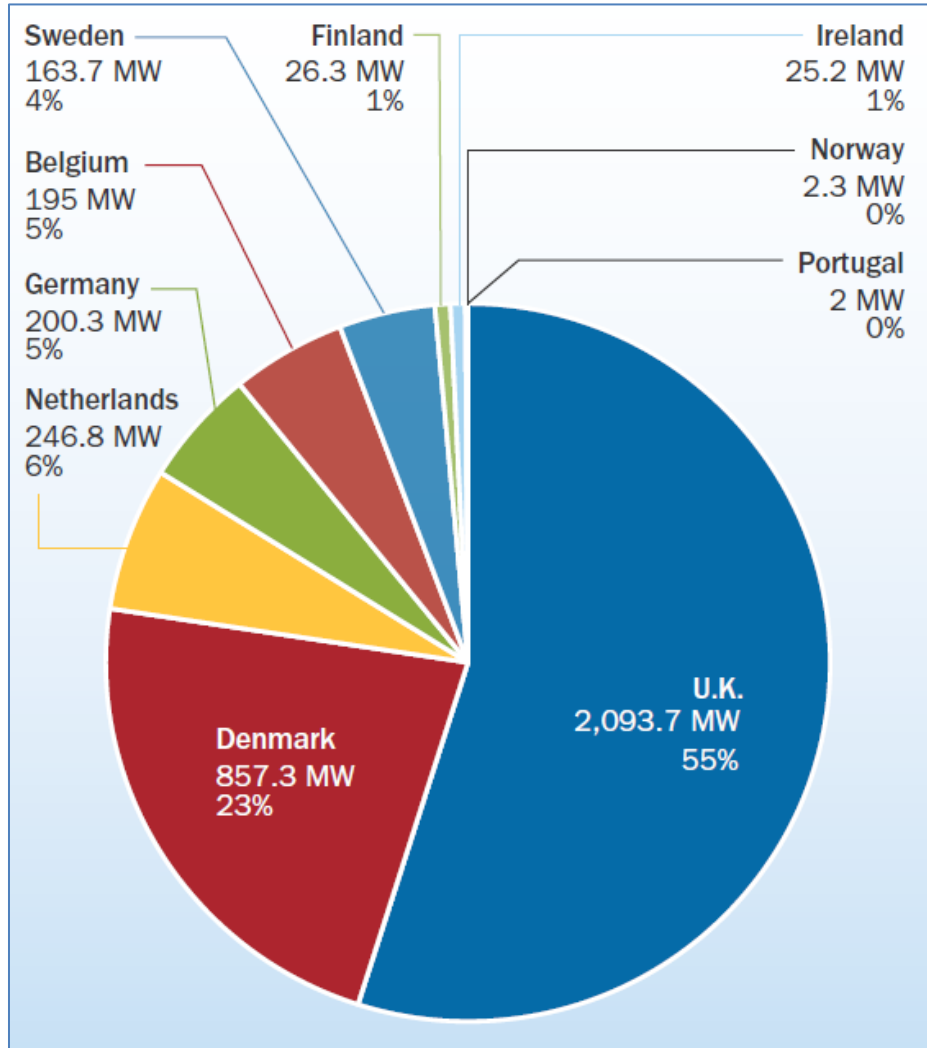
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

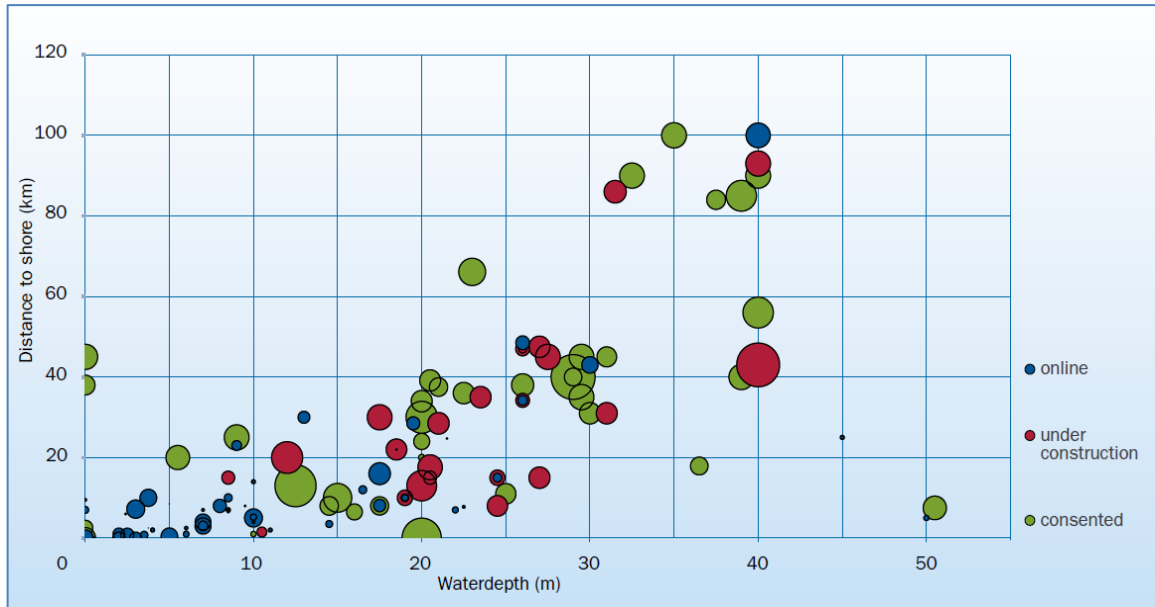
1. www.ewea.org, "The European offshore wind industry key trends and statistics 2011", A report by the European Wind Energy Association, EWEA, November 2011.
2. Broström, G. (2008). On the influence of large wind farms on the upper ocean circulation. *Journal of Marine Systems*. 74:585-591.
3. Zhixin, W., Chuanwen, J., Qian, A. and Chengmin, W. (2009). The key technology of off shore wind farm and its new development in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13:216-222.
4. Wilhelmsson, D., Lundin C.G. and Malm, T. (2009). Greening Blue Energy; managing environmental risks and opportunities of off shore wind energy. Proceedings Paper, European off shore Wind Association Conference, Stockholm, 14-16. Sept., 2009.
5. Snyder, B. and Kaiser, J.M. (2009). Ecological and economic cost-benefit analysis of off shore wind energy. *Renewable Energy* 34.
6. Musalears, N. (2009). The environmental monitoring program at the off shore wind farm Egmond aan Zee. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Stockholm, September 14-16, 2009.
7. Wilhelmsson, D., Malm, T., Thompson, R., Tchou, J., Sarantakos, G., McCormick, N., Luitjens, S., Gullström, M., Edwards, J.K., Amir, O. and Dubi, A. (eds.) (2010). *Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy*. Gland, Switzerland: IUCN.
8. www.offshorewindenergy.org
9. www.offshore-wind.de
10. <http://www.bwea.com/offshore/how.html>
11. www.renewable-uk.com "Annual Review 2010", RenewableUK London SW1P 1DH,
12. www.offshoreevaluation.org, "The Offshore Valuation", A valuation of the UK's offshore renewable energy resource, 2010.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2011



Country	UK	DK	NL	DE	BE	SE	FI	IE	NO	PT	Total
No. of farms	18	13	4	6	2	5	2	1	1	1	53
No. of turbines	636	401	128	52	61	75	9	7	1	1	1,371
Capacity installed (MW)	2,093.7	857.3	246.8	200.3	195	163.7	26.3	25.2	2.3	2	3,812.6





Στατιστικά στοιχεία αιολικών πάρκων στο Ηνωμένο Βασίλειο

Operational wind farms

Onshore

England	126	992.98 MW
Northern Ireland	34	440.89 MW
Scotland	142	3,153.11 MW
Wales	38	423.40 MW

340 5,010.38 MW

Offshore

England	14	2,202.20 MW
Scotland	1	10.00 MW
Wales	2	150.00 MW
Total	17	2,362.20 MW

Total operational wind farms: 357 (7,372.58 MW)

Under construction

Onshore

England	39	599.75 MW
Northern Ireland	4	59.30 MW
Scotland	36	1,386.35 MW
Wales	5	111.00 MW

84 2,156.40 MW

Offshore

England	5	1,290.90 MW
Wales	1	576.00 MW
Total	6	1,866.90 MW

Total wind farms currently under construction: 90 (4,023.30 MW)