



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Αιολική Ενέργεια & Ενέργεια του Νερού

Ενότητα 1: Εισαγωγή στην Αιολική Ενέργεια

Γεώργιος Λευθεριώτης, Επίκουρος Καθηγητής
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σκοποί ενότητας

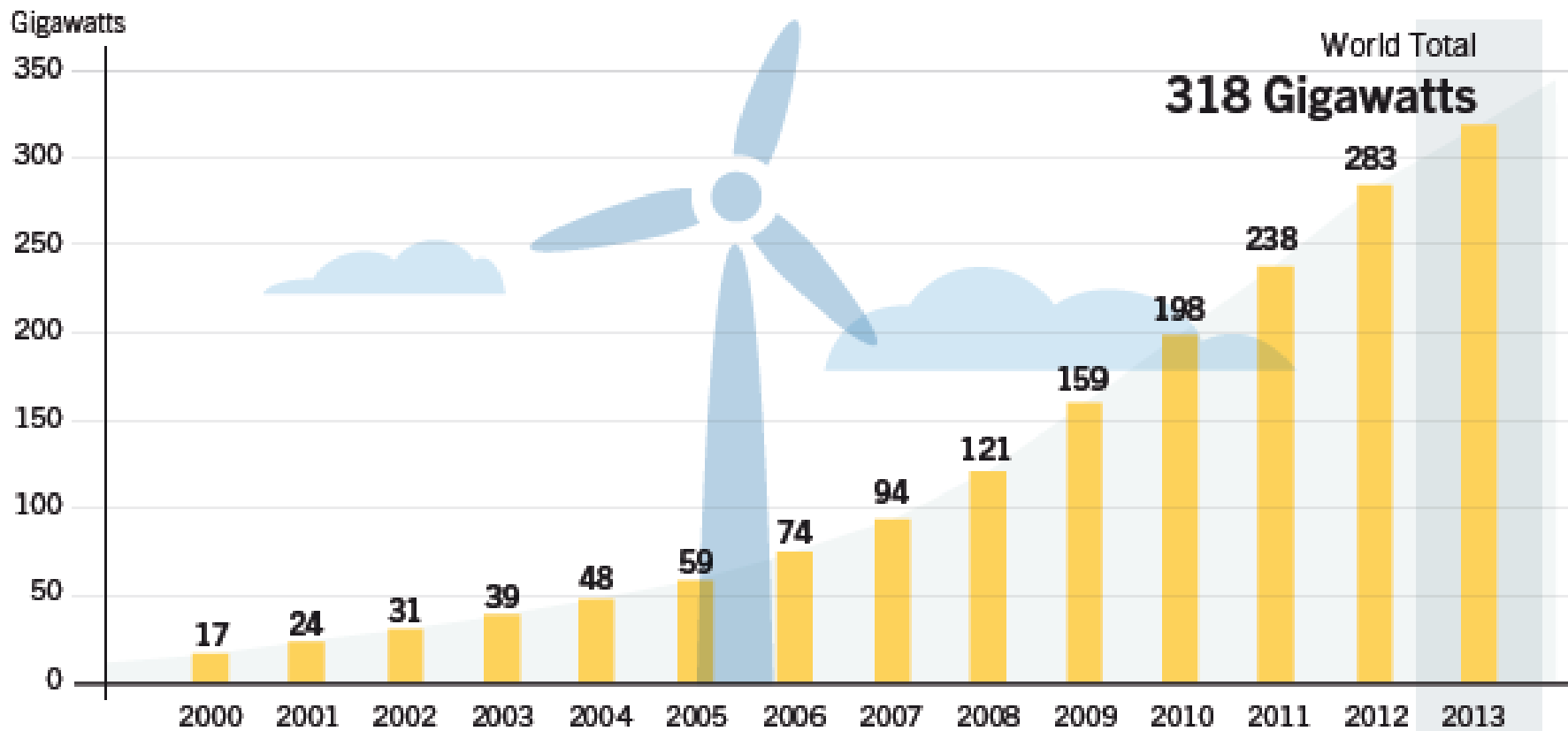
- Γνωριμία με την αιολική ενέργεια, την εξέλιξη των ανεμογεννητριών και την έκταση της διείσδυσής τους στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη, μέσω στατιστικών στοιχείων και κατάλληλου φωτογραφικού υλικού

Περιεχόμενα ενότητας

- Στατιστικά στοιχεία διείσδυσης της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως
- Βασικοί τύποι και μέρη αιολικών μηχανων
- Τρέχοντα και μελλοντικά πεδία έρευνας στην αιολική ενέργεια
- Οφέλη και επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας
- Αιολικά πάρκα – εργασίες εγκατάστασης
- Φωτογραφικό υλικό αιολικού πάρκου του όρους Παναχαϊκού και άλλων πάρκων της Δ. Περιφέρειας Ελλάδος

Η αιολική ενέργεια στον κόσμο (1)

- Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς -

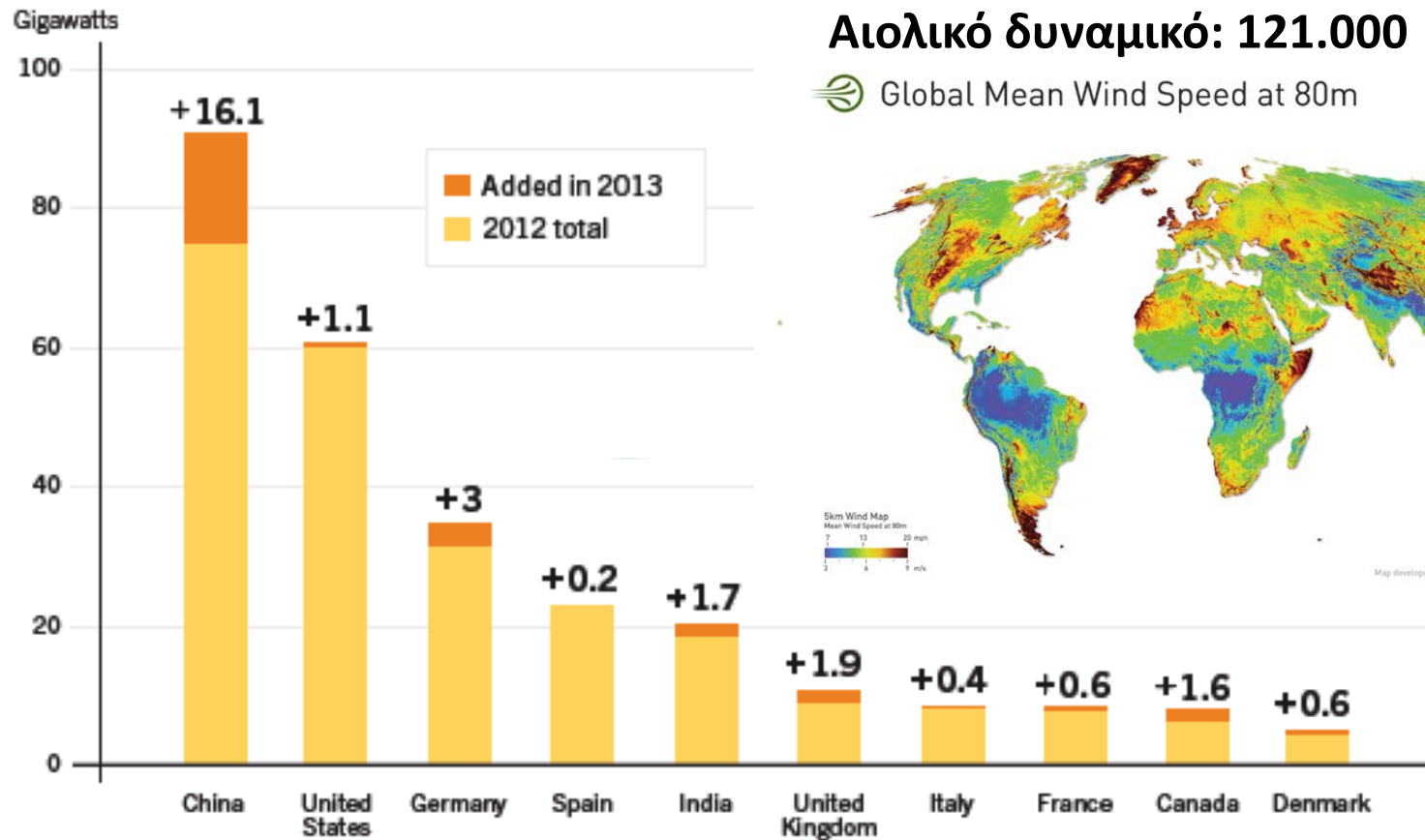


[1]

Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: 20.000 TWh/yr

Η αιολική ενέργεια στον κόσμο (2)

- 10 κορυφαίες χώρες παραγωγής -



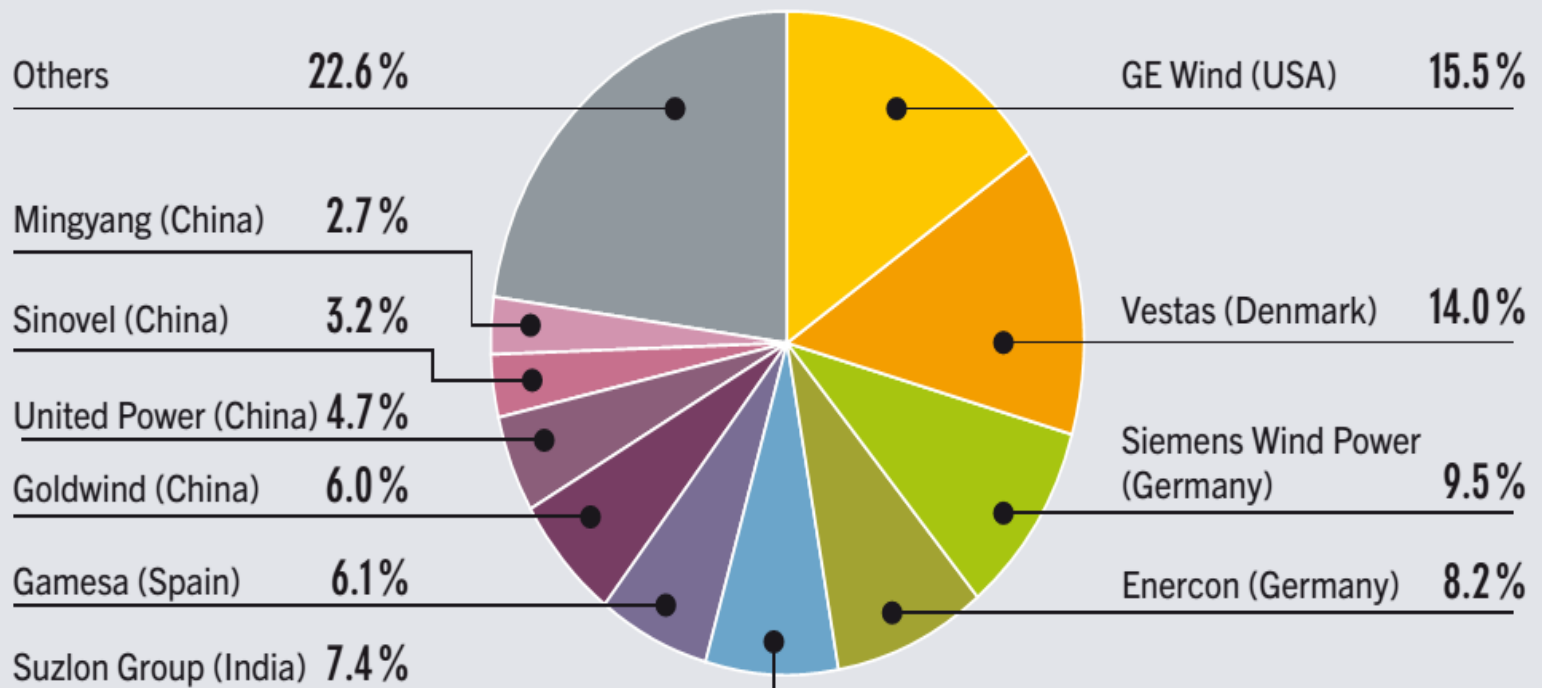
[1]

Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: 20.000 TWh/yr

Η αιολική ενέργεια στον κόσμο (3)

- Κορυφαίοι Κατασκευαστές -

FIGURE 20. MARKET SHARES OF TOP 10 WIND TURBINE MANUFACTURERS, 2012



[1]

Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: 20.000 TWh/yr

Τύποι αιολικών μηχανών

Κατακόρυφου άξονα



<http://commons.wikimedia.org>



<http://en.wikipedia.org>

Οριζόντιου άξονα



http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine_design



<http://commons.wikimedia.org>

Τύποι και χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών



ΡΟΤΟΡΑΣ- ΠΤΕΡΥΓΙΑ

Μια τυπική ανεμογεννήτρια 2MW έχει ρότορα διαμέτρου 80-85m περιστρέφεται με 6 έως 20 rpm και ζυγίζει 35-40 t.

ΑΤΡΑΚΤΟΣ

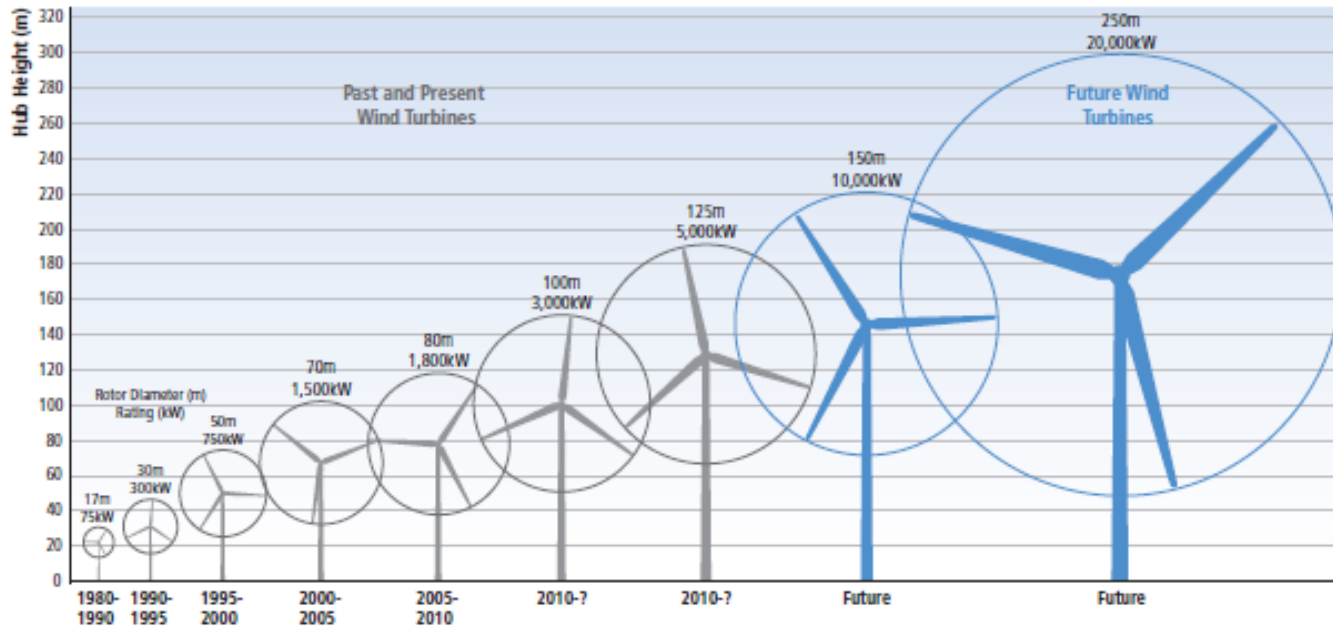
Περιλαμβάνει: Εφέδρανα- Κιβώτιο ταχυτήτων, Ηλεκτρογεννήτρια, Σύστημα ροσανατολισμού Φρένο, όργανα μέτρησης Η άτρακτος μιας τυπικής ανεμογεννήτριας 2MW ζυγίζει 65-70 t.

ΠΥΡΓΟΣ

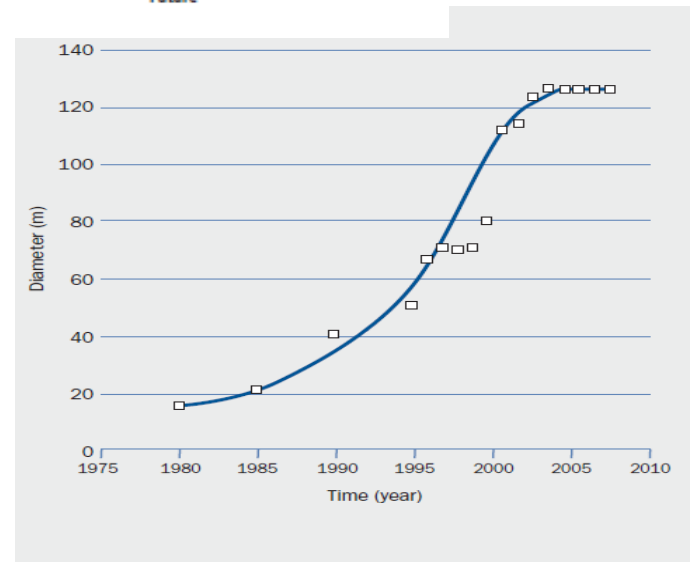
Αποτελείται από εξηλασμένα μεταλλικά φύλλα. Στη βάση του τοποθετείται ο μετασχηματιστής. Ο πύργος μιας τυπικής ανεμογεννήτριας 2MW έχει ύψος 60-100m και ζυγίζει 150-200 t.



Η εξέλιξη των ανεμογεννητριών



[2]



Τομείς προτεραιότητας για μελλοντική έρευνα

- **Ανεμολογικά δεδομένα.** Μετεωρολογικά εργαλεία για επιλογή κατάλληλων θέσεων και βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη της ταχύτητας ανέμου.
- **Ανεμογεννήτριες.** Βελτίωση αξιοπιστίας, μηχανές μεγάλου μεγέθους.
- **Ηλεκτρικά δίκτυα.** Ανάπτυξη «έξυπνων» δικτύων και μικροδικτύων.
- **Υπεράκτια- θαλάσσια αιολικά πάρκα.** Θεμελιώσεις σε μεγάλα βάθη, υποθαλάσσια δίκτυα, κατάλληλες μηχανές, ασφάλεια, περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Υπεράκτια Θαλάσσια αιολικά πάρκα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Υψηλότερες ταχύτητες ανέμου, σταθερότερα αιολικά πεδία, λιγότερη τύρβη.
- Σταθερότερη και αποδοτικότερη λειτουργία των ανεμογεννητριών.
- Λιγότερες αντιδράσεις, αυξημένα όρια θορύβου.
- Η Ευρώπη είναι πρωτοπόρος στην ανάπτυξη παράκτιων πάρκων. Μέχρι το 2015 σχεδιάζεται να έχουν εγκατασταθεί περί τα 37.500 MW.

Οφέλη αιολικής ενέργειας

- **ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ.** 1MW αιολικής ενέργειας καλύπτει τις ανάγκες περίπου 350 οικιακών καταναλωτών ή 1000 ατόμων και εξοικονομεί περίπου 300 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.
- **ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂.** Μία γιγαβατώρα αιολικής ενέργειας εξοικονομεί 600 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.
- **ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂.** Η ποσότητα CO₂ που εκλύεται κατά την κατασκευή και εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας με χρόνο ζωής τα 20 έτη, "αποσβένεται" μέσα στους πρώτους 3 με 6 μήνες λειτουργίας της.
- **ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ.** Για κάθε MW αιολικής ενέργειας απαιτούνται 17 ανθρωποέτη στη φάση κατασκευής και 5 ανθρωποέτη στη φάση εγκατάστασης.
- **ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ.** Τα αιολικά πάρκα απαιτούν μικρή επιφάνεια σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας, π.χ. ηλιακή. Παράλληλες δραστηριότητες (όπως βοσκή ή καλλιέργεια) είναι δυνατές.

Επιπτώσεις αιολικής ενέργειας (1)

- **ΘΟΡΥΒΟΣ.** Ο θόρυβος των ανεμογεννητριών προέρχεται από τα πτερύγια (αεροδυναμικός θόρυβος), τα ρουλεμάν και τη γεννήτρια. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες ακολουθούν αυστηρές προδιαγραφές όσον αφορά το θόρυβο:
 - Σε απόσταση 40 μέτρων από μία ανεμογεννήτρια η στάθμη θορύβου είναι 50-60 dB(A).
 - Σε απόσταση 200 μέτρων, μειώνεται στα 44 dB(A).
 - Συγκριτικά: θόρυβος στο εσωτερικό αυτοκινήτου: 80 dB(A), στο εσωτερικό οικίας: 50 dB(A)
- **ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ.** Τήρηση των αποστάσεων ασφαλείας από κατοικημένες περιοχές.

Επιπτώσεις αιολικής ενέργειας (2)

- **ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ.** Τραυματισμοί και θανατώσεις από προσκρούσεις. Τα ενδημικά είδη «συνηθίζουν» την παρουσία των μηχανών και τις αποφεύγουν σε αντίθεση με τα αποδημητικά.
 - Να μην κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε δρόμους μετανάστευσης των αποδημητικών όπου μετακινούνται μεγάλοι πληθυσμοί τη νύκτα.
 - Να χρησιμοποιούνται φανοί λευκού χρώματος στροβοσκοπικοί (όχι ερυθροί περιστροφικοί).
 - Η συχνότητα ατυχημάτων πουλιών με αυτοκίνητα στους δρόμους είναι πολύ μεγαλύτερη αυτής των ατυχημάτων σε αιολικά πάρκα.
 - Οι υπόλοιπες μορφές πανίδας δεν επηρεάζονται από τις ανεμογεννήτριες.

Επιπτώσεις αιολικής ενέργειας (3)

- **ΟΠΤΙΚΗ ΟΧΛΗΣΗ.** Το κατά πόσο η παρουσία των αιολικών πάρκων σε μια περιοχή αποτελεί «οπτική ρύπανση» είναι θέμα υποκειμενικό.
 - Με κατάλληλη βαφή των αιολικών μηχανών είναι δυνατόν να αμβλύνονται οι όποιες άσχημες εντυπώσεις και τα αιολικά πάρκα να «δένουν» καλύτερα με το τοπίο.
 - Κατά τη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο χαρακτήρας της περιοχής, π.χ. αρχαιολογικοί χώροι .

Αιολικά πάρκα, εργασίες εγκατάστασης

➤ **ΟΔΟΠΟΙΙΑ.** Οι δρόμοι πρόσβασης στο χώρο εγκατάστασης πρέπει να επιτρέπουν τη διέλευση των φορτηγών που μεταφέρουν τα τμήματα των ανεμογεννητριών. Συνήθως, στις ορεινές περιοχές η οδοποιία περιορίζει και το μέγεθος των μηχανών που δεν μπορεί να υπερβεί το 1MW. Επίσης κατασκευάζεται εσωτερική οδοποιία από ανεμογεννήτρια σε ανεμογεννήτρια με τυπικό πλάτος 4 με 5 μέτρα.

➤ **«ΠΛΑΤΕΙΕΣ».** Στη βάση κάθε ανεμογεννήτριας είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια «πλατεία» (περί το ένα στρέμμα) για τη συναρμολόγηση του ρότορα και την ανέγερση της μηχανής. Ο χώρος της πλατείας αποψιλώνεται και συμπυκνώνεται ώστε να είναι ασφαλής η χρήση των γερανών και των άλλων μηχανημάτων. Μετά την εγκατάσταση, το μεγαλύτερο μέρος της πλατείας μπορεί να αποκατασταθεί με επανατοποθέτηση της φυτικής γης που απομακρύνθηκε, φυτεύσεις κλπ.

➤ **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.** Για τη σύνδεση των μηχανών με το κέντρο ελέγχου / υποσταθμό ανύψωσης τάσης κατασκευάζεται εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης (20.000 V). Το δίκτυο αυτό είναι υπόγειο και οδεύει κατά μήκος της εσωτερικής οδοποιίας. Για τη μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζεται εξωτερικό δίκτυο μέσης ή (συνήθως) υψηλής τάσης (140 KV) από τον υποσταθμό μέχρι τη γραμμή υψηλής τάσης της ΔΕΗ. Το δίκτυο αυτό είναι εναέριο.

Οδοποιία, διαμόρφωση πλατείας



Θεμελίωση ανεμογεννητριών (1)



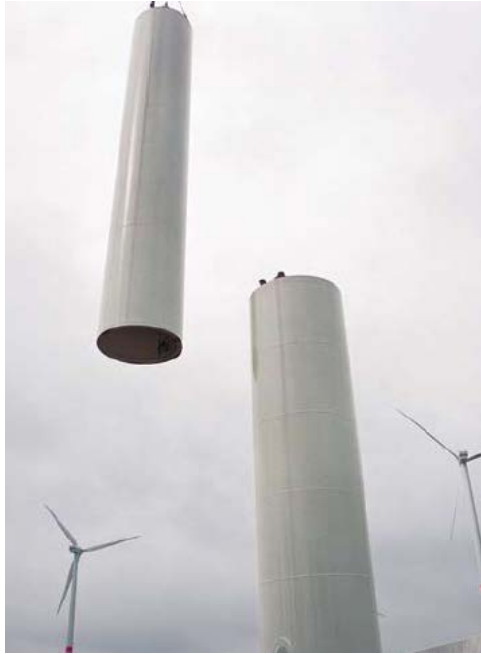
Μεταφορά ανεμογεννητριών



Ανέγερση ανεμογεννητριών 850 kW



Ανέγερση ανεμογεννητριών 2 MW (1)



Ανέγερση ανεμογεννητριών 2 MW (2)



Στο εσωτερικό μιας ανεμογεννήτριας



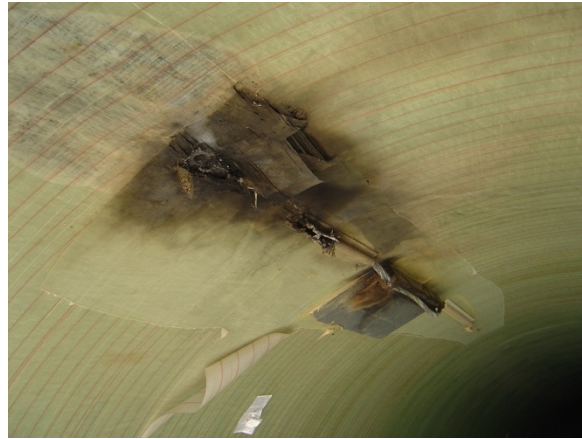
Μετασχηματιστής, γειώσεις, υποσταθμός, αντικεραυνική προστασία



Συνθήκες λειτουργίας, δυσχέρειες- προβλήματα



Βλάβες πτερυγίων από κεραύνιο πλήγμα



Αιολικά πάρκα Περιφέρειας Δ. Ελλάδας (1)

**«Πάνω Βρύση», Δ.Δ. Καλάνου, Δήμου Φαρρών, Νομού
Αχαΐας**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

ΙΣΧΥΣ : 1,2 MW

2 Α/Γ ENERCON E-40

Ισχύς Α/Γ : 600kW

Πύργος : 46m

Διάμετρος : 44m



Αιολικά πάρκα Περιφέρειας Δ. Ελλάδας (2)

«Τρανή Ρίζα-Βρωμονέρι-Σκατζοχέρι», Δήμου Ρίου, Νομού Αχαΐας

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

ΙΣΧΥΣ : 34,85 MW

41 Α/Γ VESTAS V52

Ισχύς Α/Γ : 850kW

Πύργος : 44m

Διάμετρος : 52m



Αιολικά πάρκα Περιφέρειας Δ. Ελλάδας (3)

**«Λούζες-Αγκαθάκι-Ρίγανη», Δήμου Ναυπάκτου, Νομού
Αιτ/νίας**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

ΙΣΧΥΣ : 24 MW

12 Α/Γ VESTAS V80

Ισχύς Α/Γ : 2 MW

Πύργος : 67m

Διάμετρος : 80m



Αιολικά πάρκα Περιφέρειας Δ. Ελλάδας (4)

«Λίθος», Δήμου Καλαβρύτων, Νομού Αχαΐας

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

ΙΣΧΥΣ : 18,9 MW

21 Α/Γ ENERCON E-44

Ισχύς Α/Γ : 900 kW

Πύργος : 55m

Διάμετρος : 44m



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



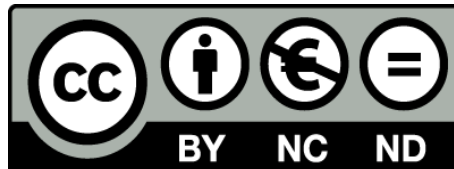
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Λευθεριώτης Γεώργιος, 2015**. «**Αιολική Ενέργεια & Ενέργεια του Νερού, Ενότητα: Εισαγωγή στην Αιολική Ενέργεια**»
Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=PHY1954&id=4286>



Σημείωμα Αδειοδότησης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Οι πηγές των εικόνων είναι:

- [1] REN21 – Renewable Policy Network for the 21st Century: Renewables 2012 – Global Status Report, www.ren21.net
- [2] <http://srren.ipcc-wg3.de/report> - Intergovernmental Panel on Climate Change, Special Report on Renewable Energy Sources.

