

Συμβολή στη συζήτηση για το βέλτιστο μείγμα αιολικών και φωτοβολταϊκών στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα

Γ.Κάραλης

Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

Τομέας Ρευστών, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ



Δομή παρουσίασης

- Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;
- Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;
- Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικά, κλπ)
- Ποιά είναι η επίδραση της γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών
- Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος

• **Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;**

- Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;
- Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικές ιδιαιτερότητες κλπ)
- Ποιά είναι η επίδραση τη γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών
- Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος

Ιστορική Αναδρομή

- Ανάπτυξη μεγάλων Υδροηλεκτρικών
 - 1950-1975 (1.4GW) & 1975-1996 (1,6GW) - 2 αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά - αποθήκευση
 - τα τελευταία 20+ χρόνια, ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών ~0,3GW
- Ανάπτυξη Αιολικών από το 1994
 - σήμερα 4,7GW
- Ανάπτυξη Φωτοβολταϊκών από το 2006
 - σήμερα 5,5GW
- Βιομάζα / Μικρά υδροηλεκτρικά

- Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;
- **Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;**
- Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικές ιδιαιτερότητες κλπ)
- Ποιά είναι η επίδραση τη γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών
- Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος

Περιγραφή προβλήματος

- Εθνικοί στόχοι για το 2020 / 2030 / 2050
- Ηλεκτρισμός / θέρμανση / ψύξη
- Έμφαση στις μεταβλητές παραγωγής τεχνολογίες ΑΠΕ (αιολικά και φωτοβολταϊκά)
- Στόχος
 - η βέλτιστη ενσωμάτωση μονάδων ΑΠΕ στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα,
 - η μέγιστη απορρόφηση ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας (ελαχιστοποίηση περικοπών),
 - η μεγιστοποίηση της ανανεώσιμης εγγυημένης ισχύος (capacity credit)
 - η ελαχιστοποίηση του κόστους

- Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;
- Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;
- **Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικές ιδιαιτερότητες κλπ)**
- Ποιά είναι η επίδραση τη γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών
- Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος

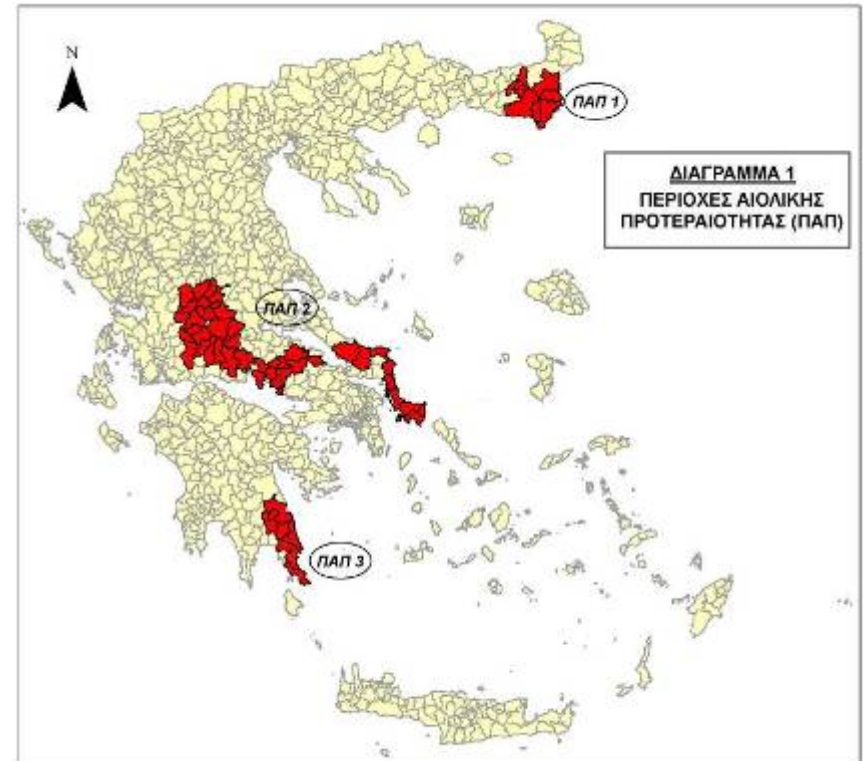
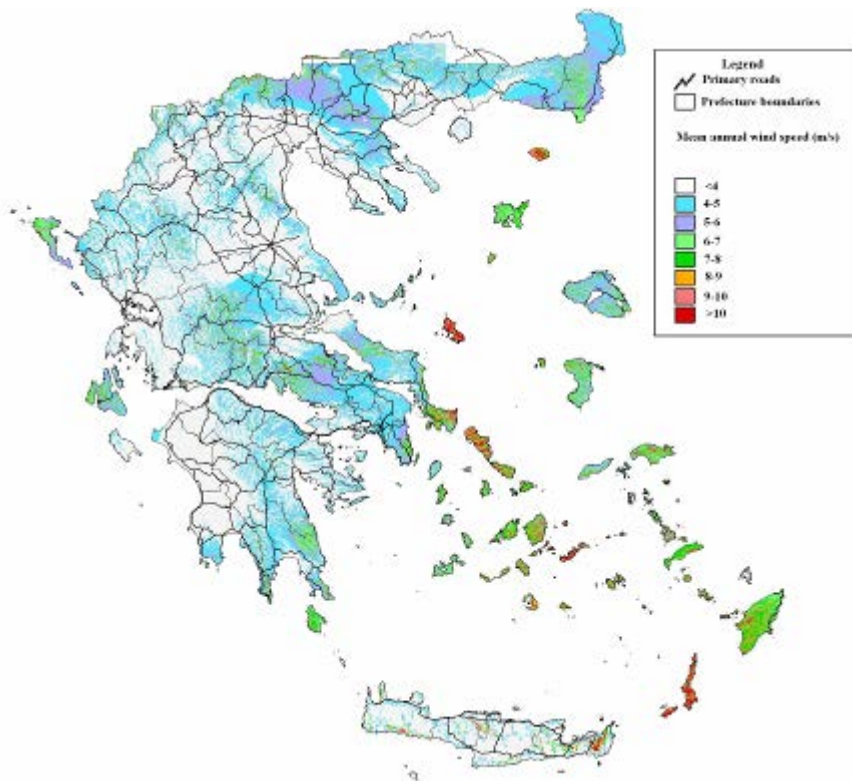
Το Ελληνικό ηλεκτρικό Σύστημα

- Χαρακτηριστικά απομονωμένου συστήματος
- Περιορισμένες διασυνδέσεις με την υπόλοιπη Ευρώπη



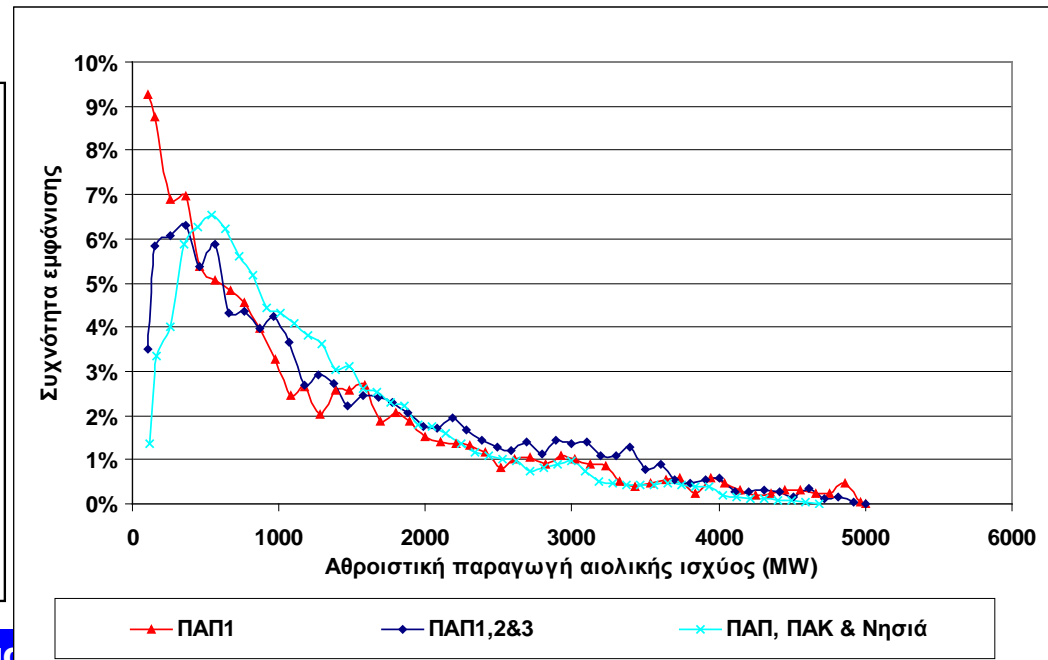
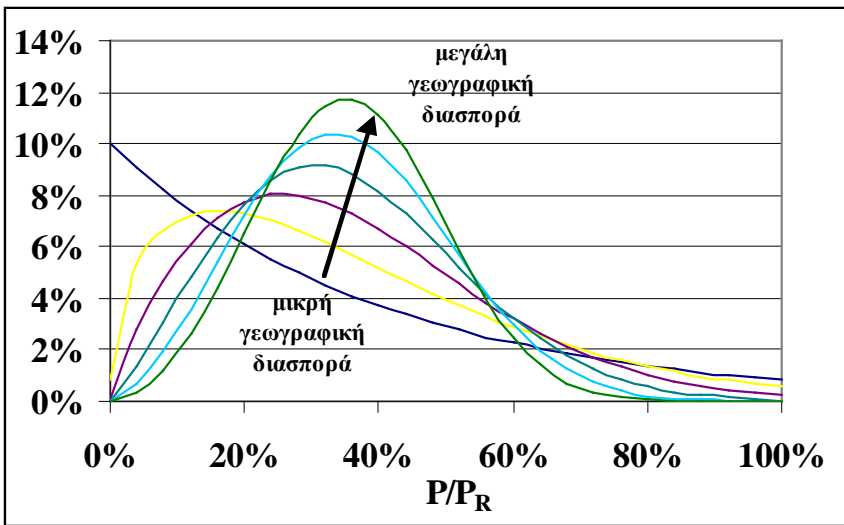
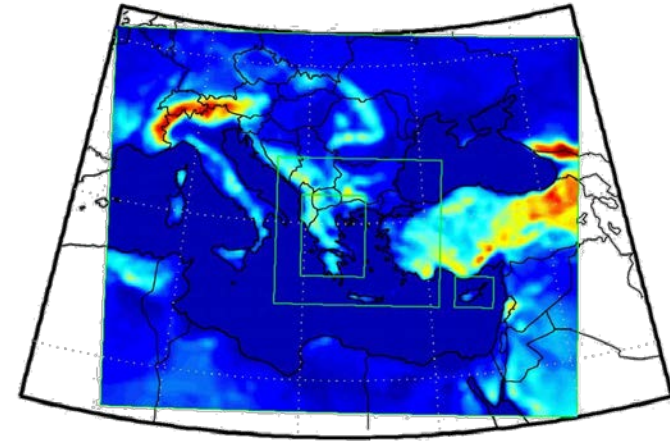
Ανεμολογικά δεδομένα – Γεωγραφική διασπορά

- Χάρτης αιολικού δυναμικού (ΚΑΠΕ)
- Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ (Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας)

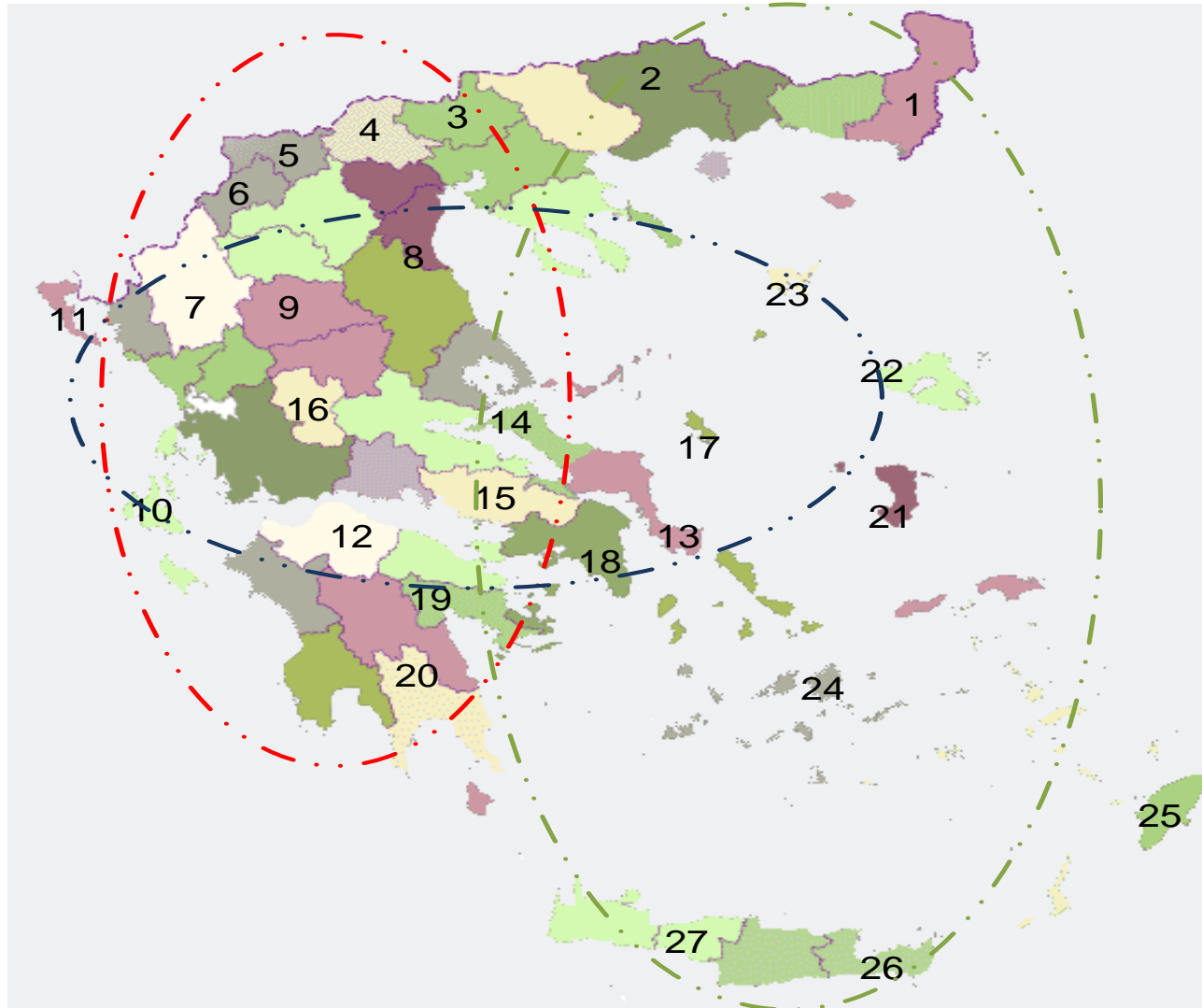


Ανεμολογικά δεδομένα – Γεωγραφική διασπορά

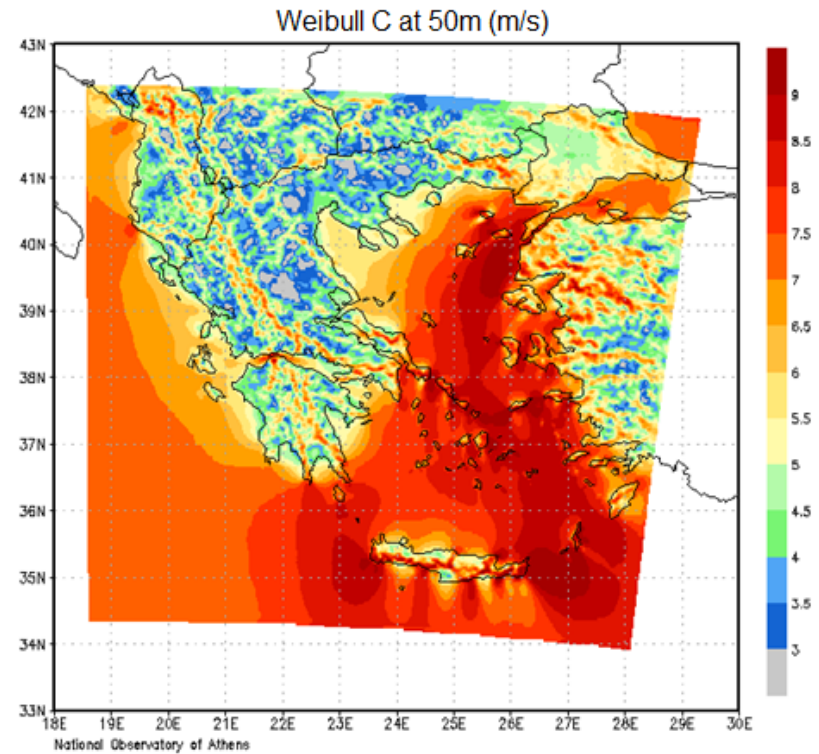
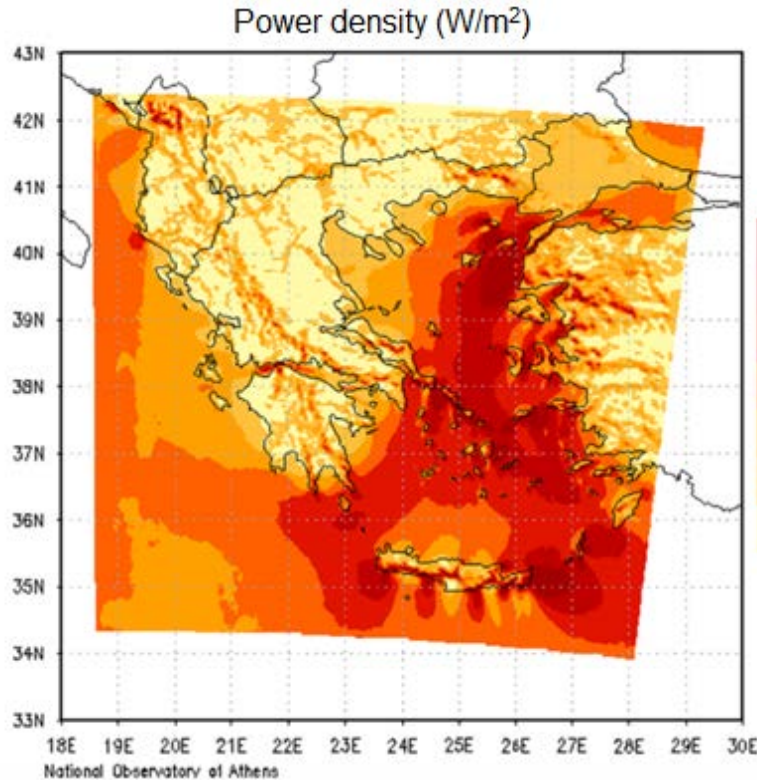
- *COAMPS* (Naval Research Laboratory των ΗΠΑ), με ιδιαίτερα πυκνό υπολογιστικό πλέγμα, οριζόντιας ανάλυσης 3χλμ, και με συστηματική εφαρμογή στην περιοχή της Ελλάδας
- Σε σενάρια με καλύτερη γεωγραφική διασπορά μειώνονται οι περικοπές αιολικής ενέργειας και βελτιώνεται ο capacity credit (εγγυημένη ισχύς)



Ανεμολογικά δεδομένα – Γεωγραφική διασπορά



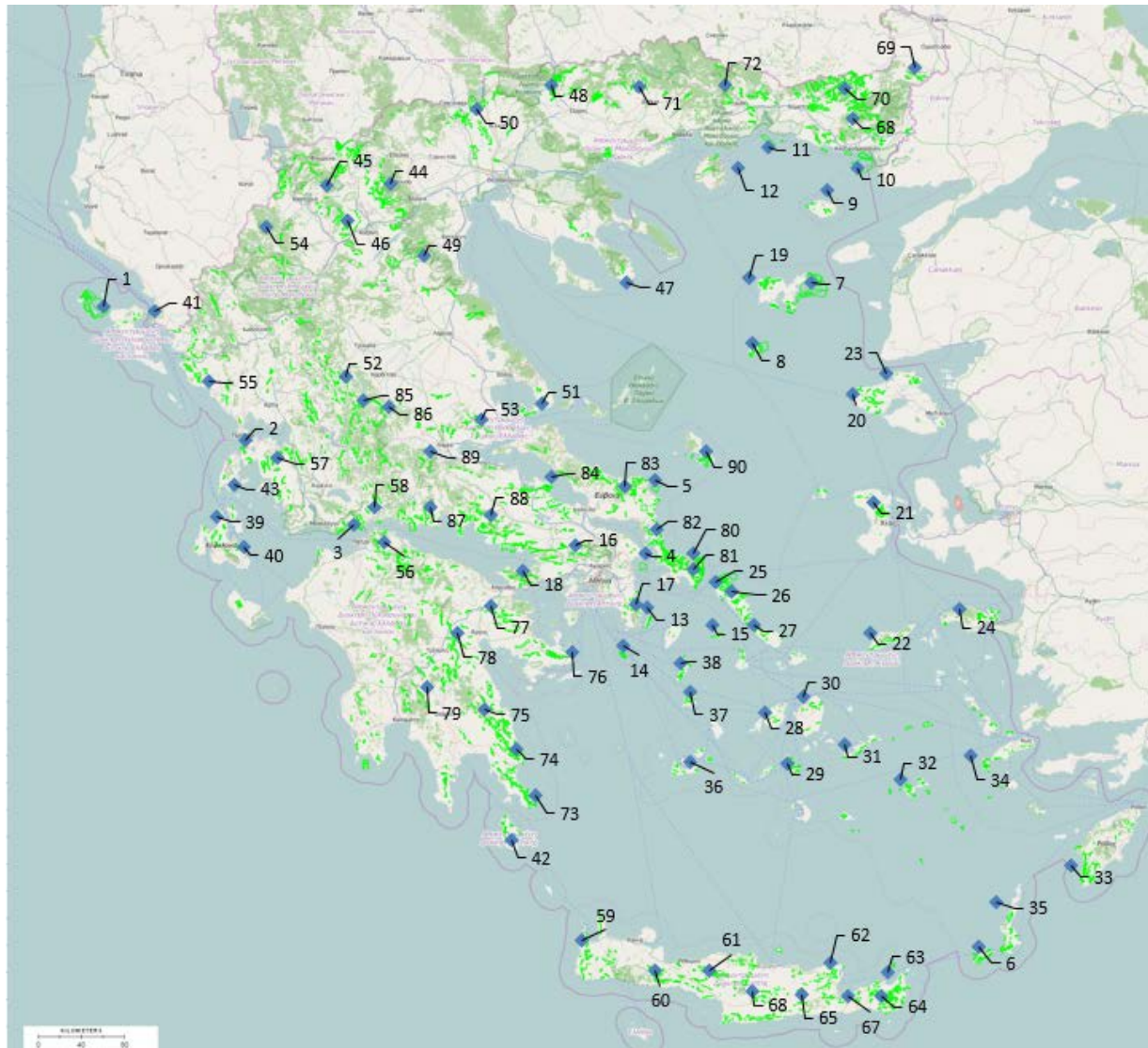
Ανεμολογικά δεδομένα – Γεωγραφική διασπορά



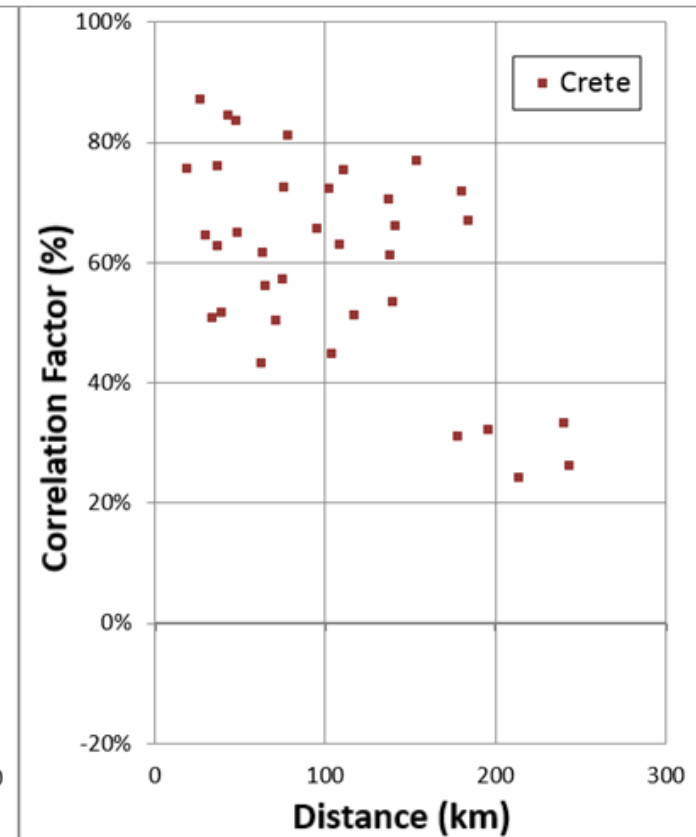
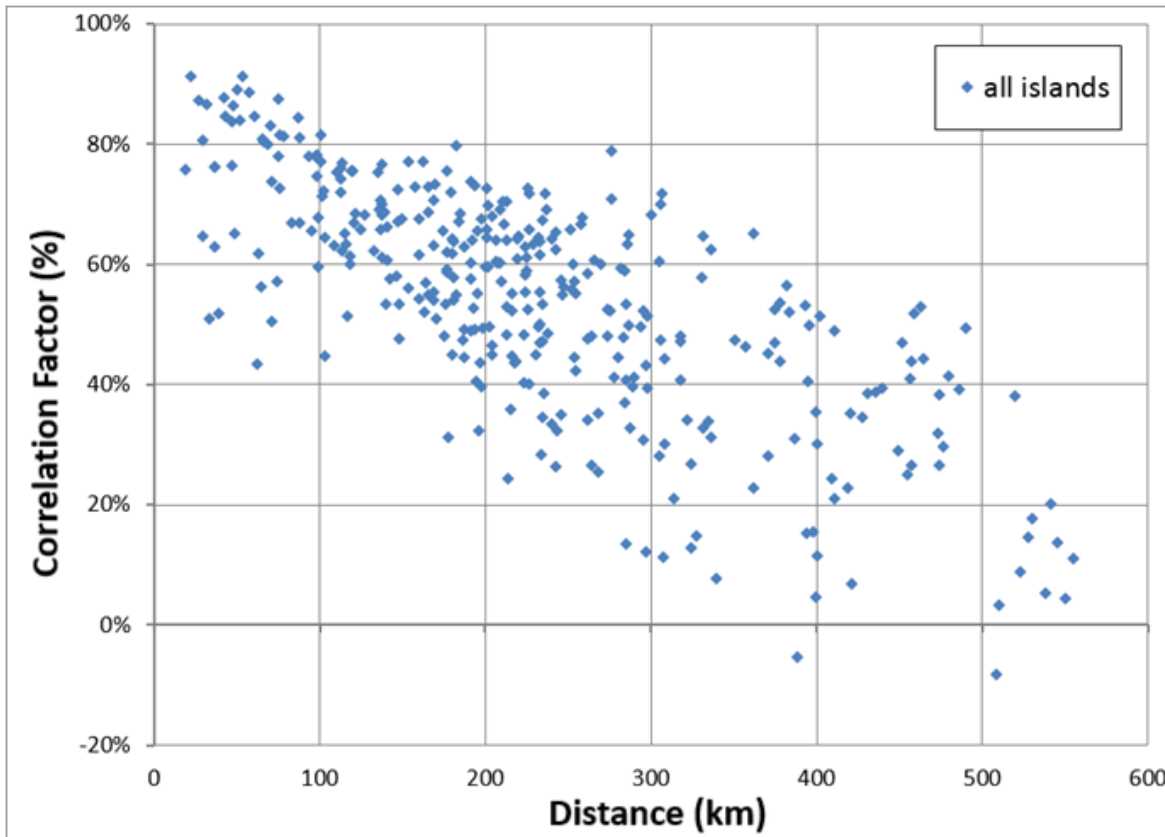
High resolution wind atlas based on typical wind year a) Power density (W/m^2) b) Parameter c of Weibull distribution

Source: V. Kotroni, K. Lagouvardos, S. Lykoudis, "High-resolution model-based wind atlas for Greece", Review Article, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 30, February 2014, Pages 479-489, Available on: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.016>

Ανεμολογικά δεδομένα – Γεωγραφική διασπορά



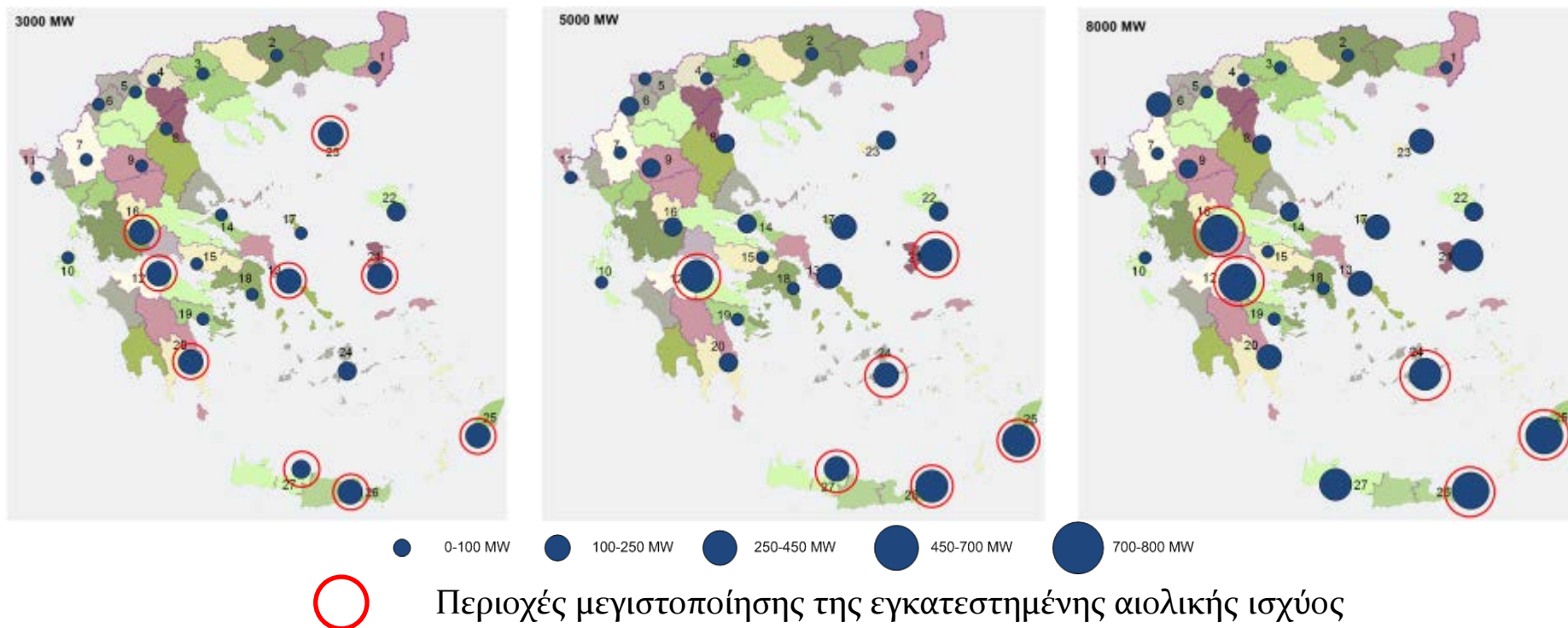
Συσχέτιση ανεμολογικών δεδομένων



Αποτελέσματα εφαρμογής αναζήτησης βέλτιστης γεωγραφικής διασποράς αιολικών με γενετικούς αλγορίθμους

Με κριτήρια, την μεγιστοποίηση:

- της απορρόφησης αιολικής ισχύος
- του capacity credit (εγγυημένη ισχύς)

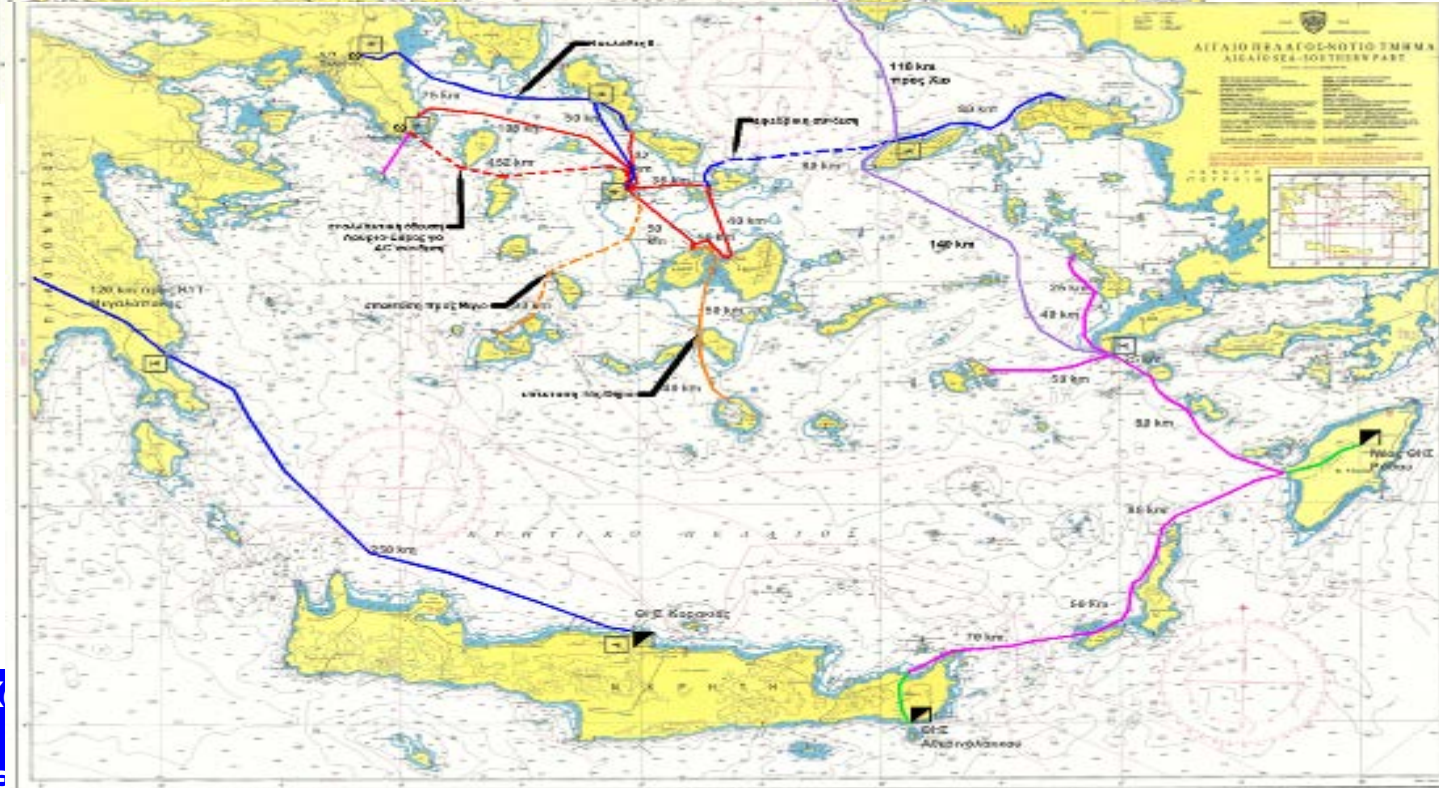


Source: G.Caralis, S.Delikaraoglou, K.Rados, A.Zervos, "Towards optimum macro-sitting of wind farms in the Greek power supply system using Generalized Evolutionary Algorithms", EWEC 2010, Warsaw, Poland, 20-23 April 2010

Γ.Κάραλης, "Συμβολή στη συζήτηση για το βέλτιστο μείγμα αιολικών και φωτοβολταϊκών στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα", VERDE TEC, Workshop 2, Το μείγμα των τεχνολογιών ΑΠΕ στον ενεργειακό σχεδιασμό, 19 Μαρτίου 2023, Εκθεσιακό Κέντρο MEC Παιανία. 14/24

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΝΗΣΙΩΝ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

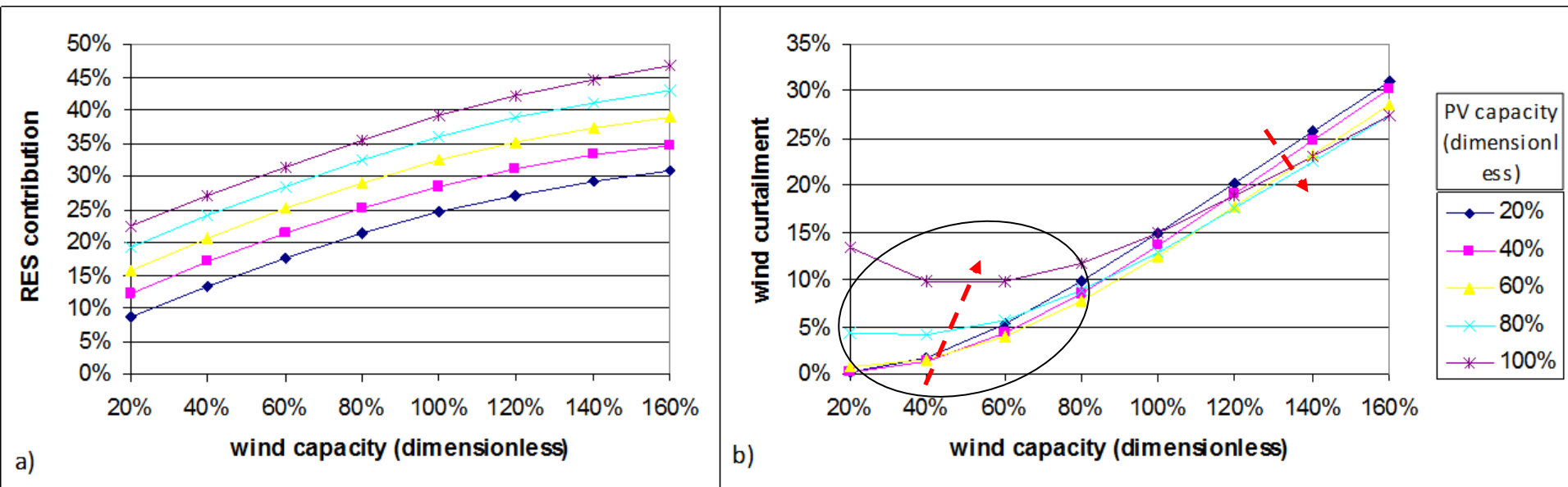
ΔΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ (ΔΕΣΜΗΕ 2010)



- Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;
- Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;
- Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικές ιδιαιτερότητες κλπ)
- Ποιά είναι η επίδραση τη γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- **Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών**
- Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος

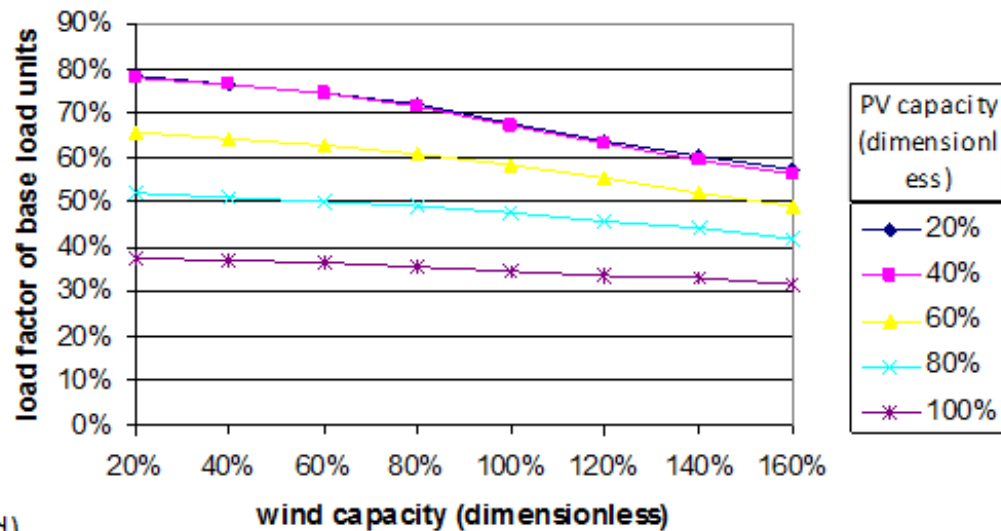
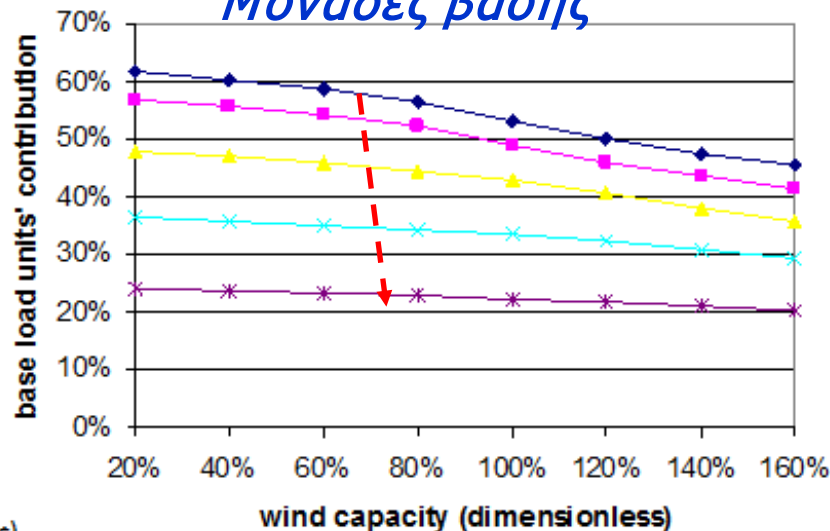
Συνεισφορά Αιολικών & ΦΒ - Περικοπές

- Ετήσια ενέργεια: 60TWh (Μέσο ετήσιο φορτίο: 6850MW)
- Αιολικά: 20%-160% (1370-11000MW)
- ΦΒ: 20%-100% (1370-6850MW)

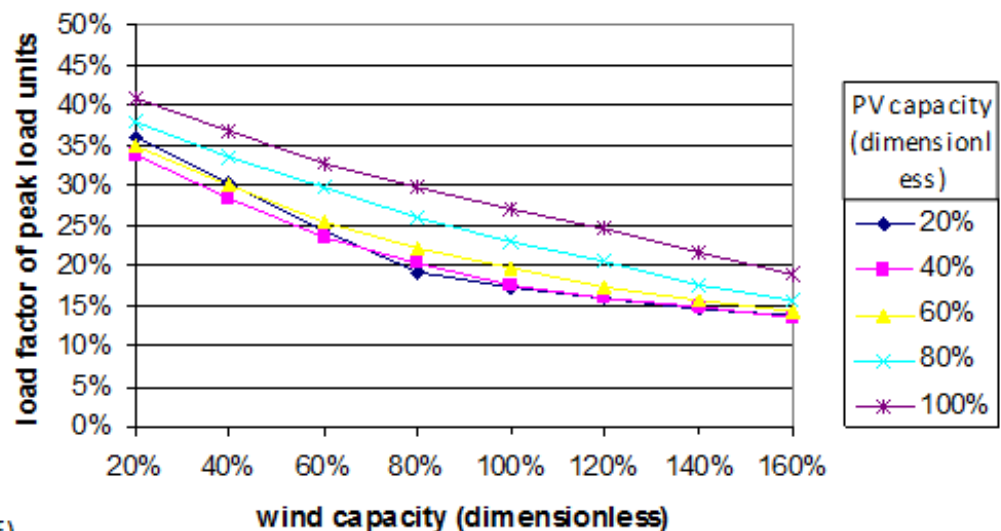
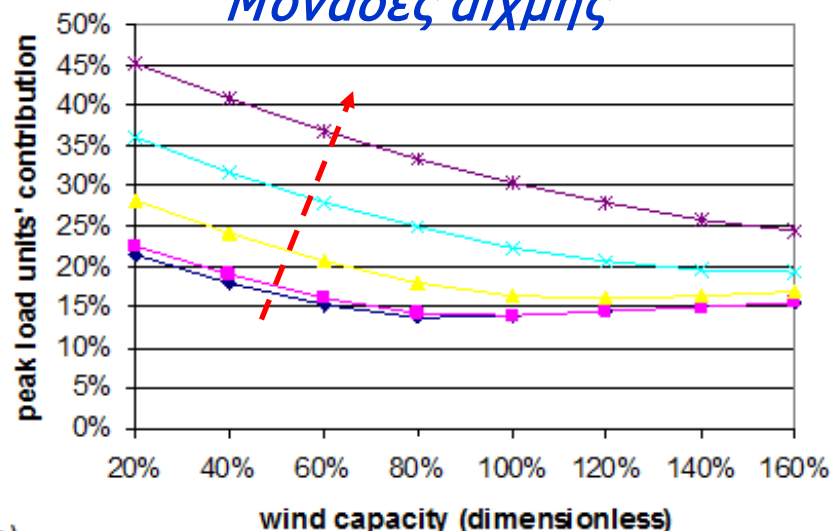


Συνεισφορά Συμβατικών – Συντελεστής φόρτισης

Μονάδες βάσης

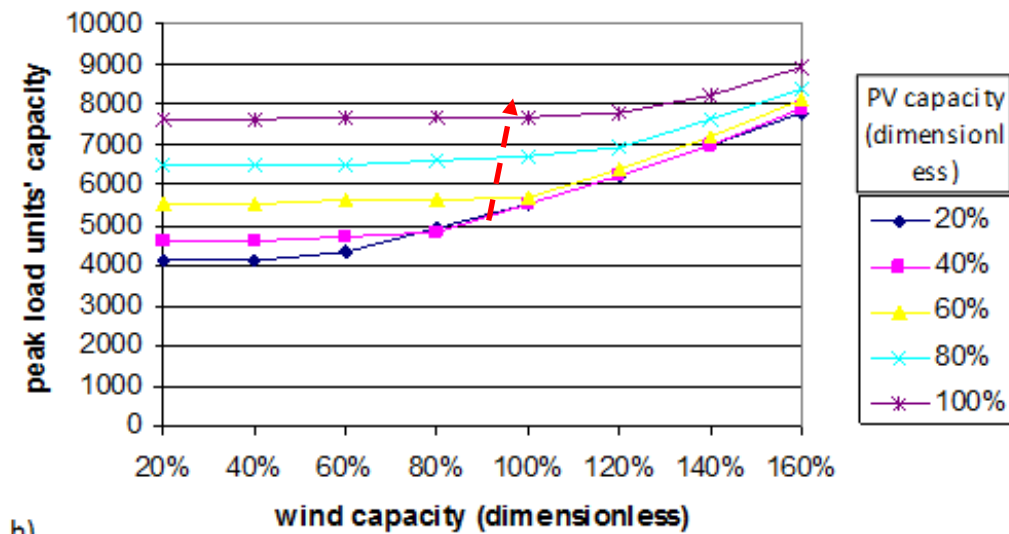
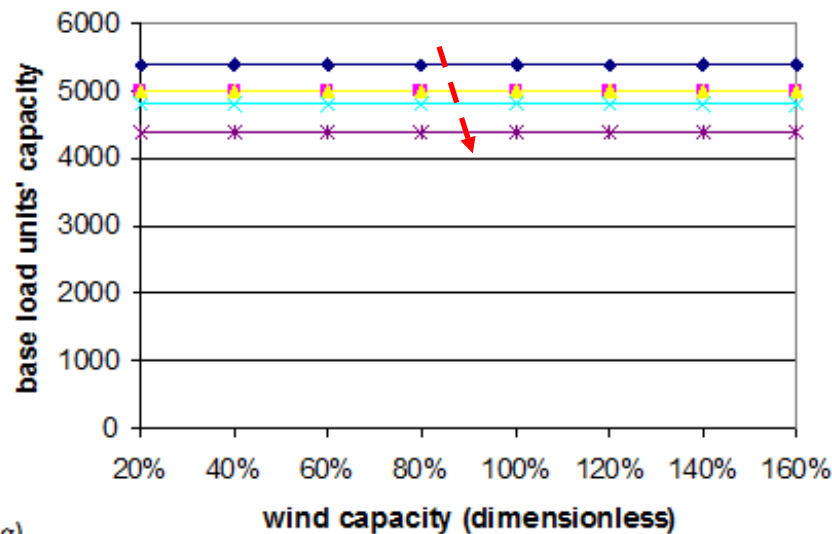


Μονάδες αιχμής

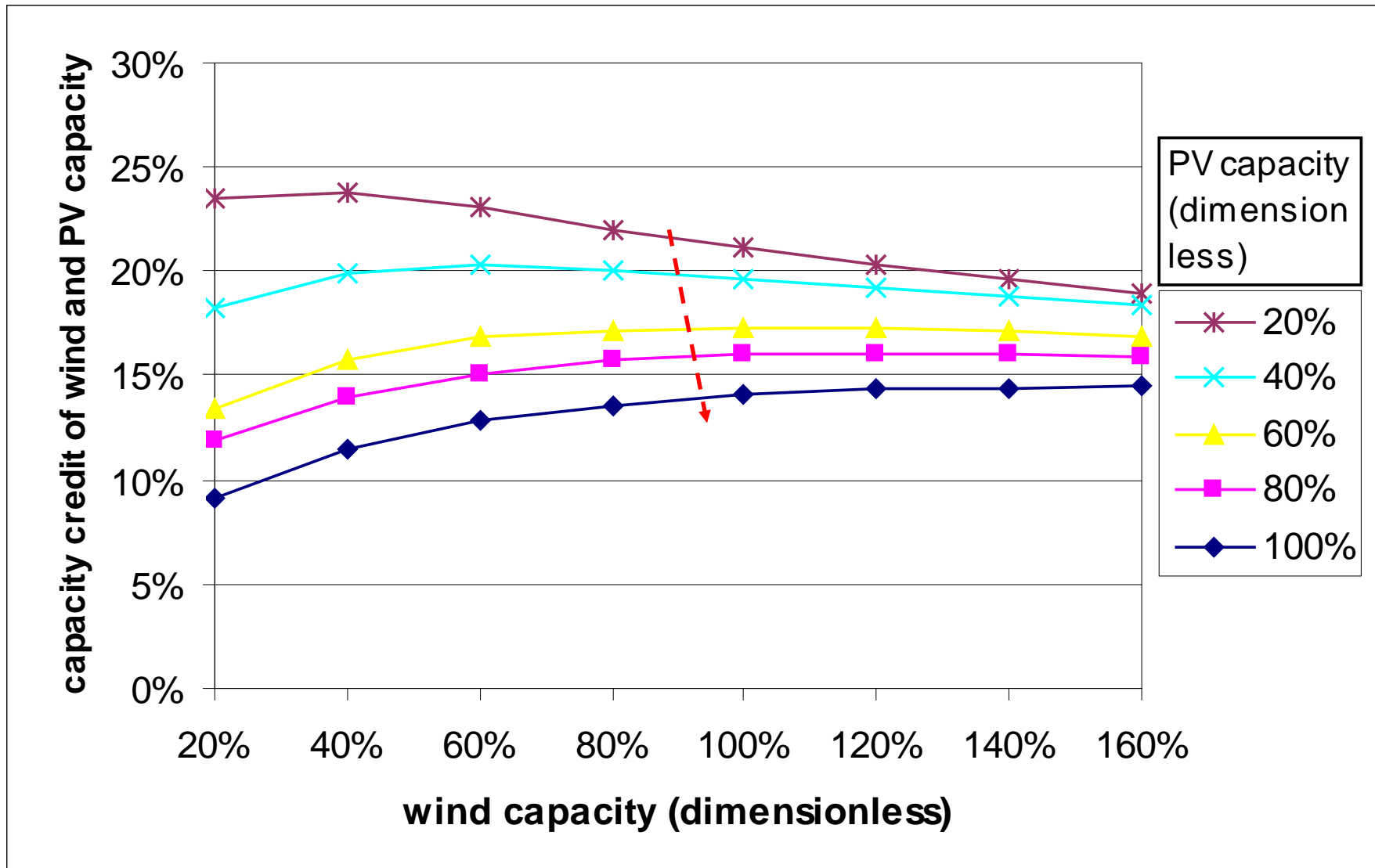


Απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς Συμβατικών

Μονάδες βάσης – Μονάδες αιχμής

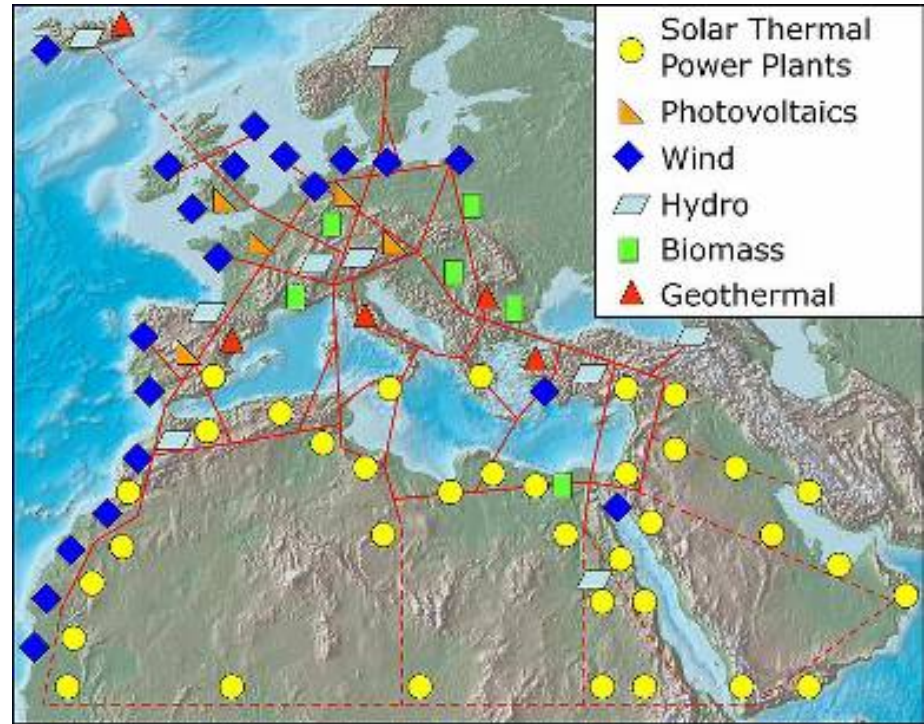


Εγγυημένη ισχύς αιολικών & ΦΒ

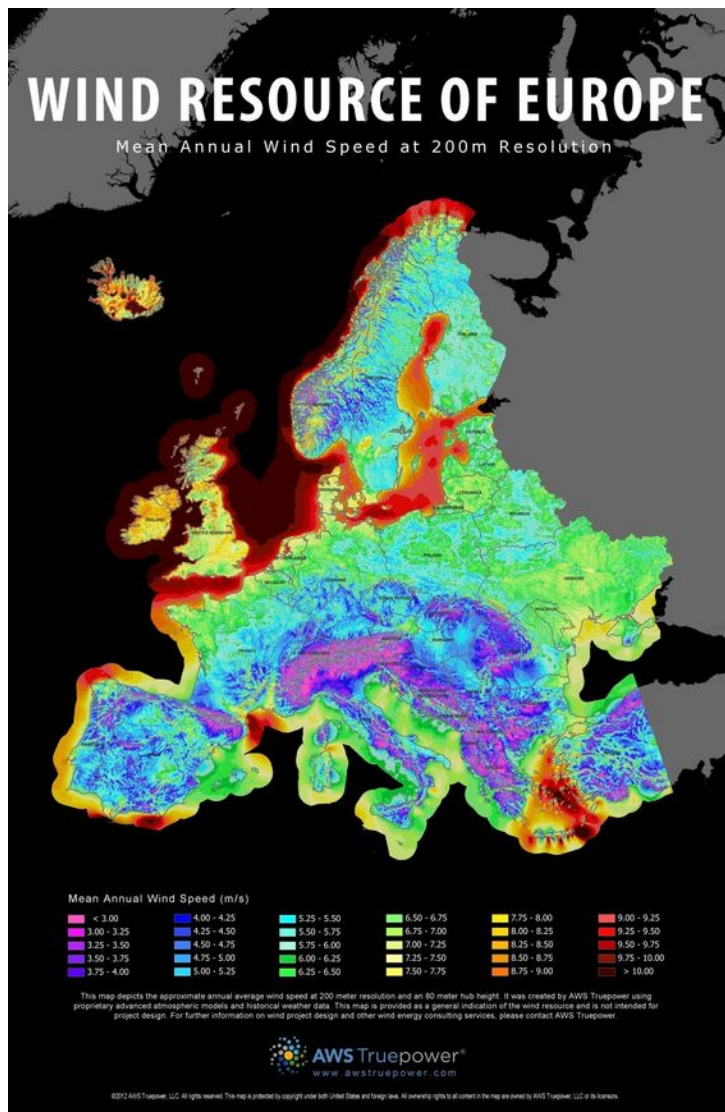


- Γιατί Αιολικά και Φωτοβολταϊκά;
- Ποιά είναι η πρόκληση και ποιά είναι τα κριτήρια για την αναζήτηση της λύσης;
- Ποιές είναι οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, αλλά και του ελληνικού χώρου (δυναμικό, χωροταξικές ιδιαιτερότητες κλπ)
- Ποιά είναι η επίδραση τη γεωγραφικής διασποράς των αιολικών;
- Εφαρμογή: Προσδιορισμός βέλτιστου μείγματος Αιολικών – φωτοβολταϊκών
- **Η Ευρωπαϊκή διάσταση του ίδιου προβλήματος**

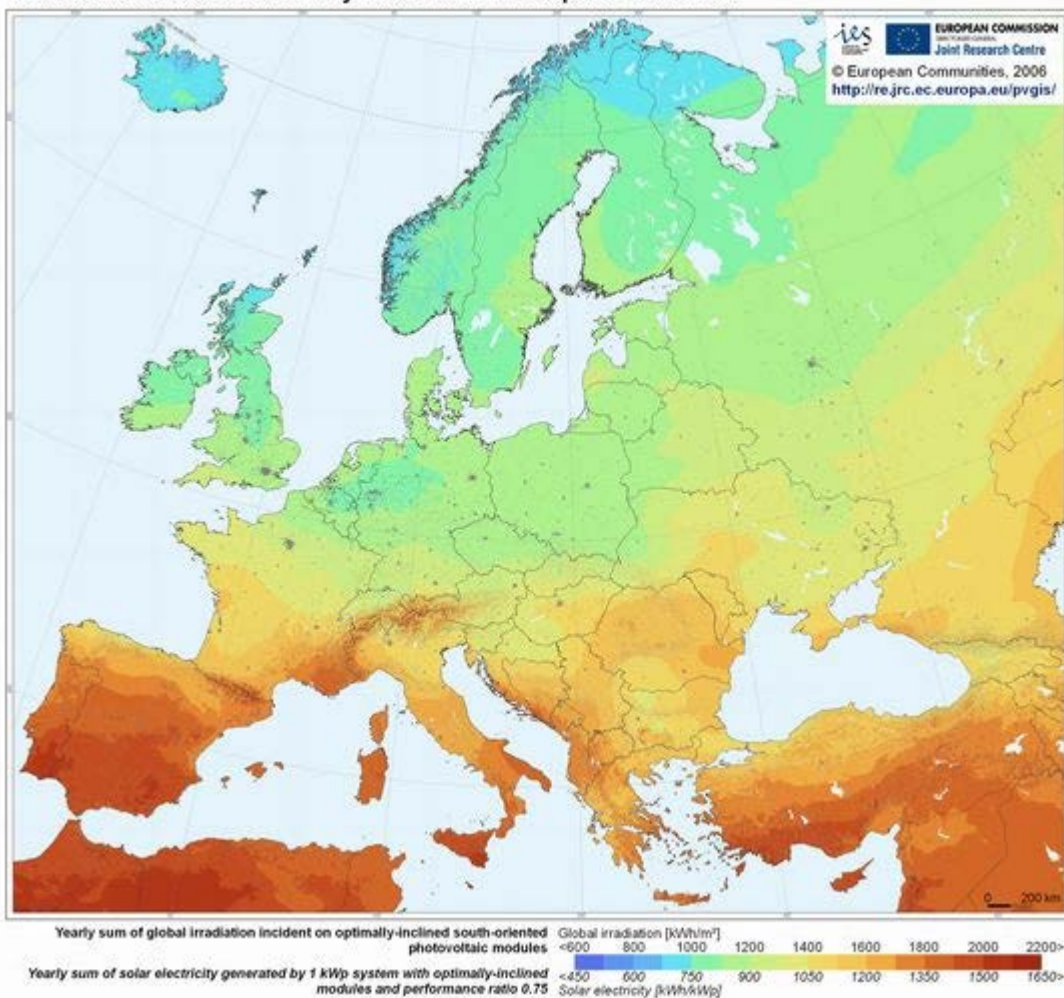
Το Ευρωπαϊκό super grid



Η Ευρωπαϊκή διάσταση



Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Συμπεράσματα - Συζήτηση

- Αιολικά και ΦΒ δεν μπορεί να εξετάζονται ανεξάρτητα, αλλά ενιαία στο πλαίσιο ενός **ολοκληρωμένου σχεδιασμού** του ηλεκτρικού συστήματος
- Η **Συνδυασμένη ενσωμάτωση** αιολικών και ΦΒ έχει **θετικές επιπτώσεις** στην αξιοπιστία του συστήματος και στην απορρόφηση ισχύος ΑΠΕ
- Το βέλτιστο **μείγμα μεταξύ αιολικών και ΦΒ** απαιτεί περισσότερα αιολικά από ΦΒ σε αναλογία **2:1** στο ελληνικό σύστημα
- Αν και η **ορθολογική ανάπτυξη των ΦΒ**, έχει θετική επίδραση στην λειτουργία του συστήματος και μάλιστα διευκολύνει την απορρόφηση αιολικής ισχύος, η **αλόγιστη ανάπτυξη** οδηγεί σε περαιτέρω περικοπές αιολικής ισχύος και δημιουργεί **διαχειριστικά ζητήματα**
- Το βέλτιστο μείγμα και η ενεργειακή στρατηγική δεν μπορεί να αγνοήσει την **Ευρωπαϊκή διάσταση** του θέματος και αντίστοιχα τις διασυνδέσεις, το δυναμικό και τα χαρακτηριστικά των γειτονικών χωρών
- Ανάγκη για **αξιόπιστα ανεμογογικά δεδομένα** που θα αποδίδουν τα **οφέλη της γεωγραφικής διασποράς**

Thank you for your attention!



e-mail:

gcaralis@mail.ntua.gr