
Μεθοδολογία βέλτιστης χωροθέτησης & διαστασιολόγησης ΑΠΕ με χρήση λογισμικού ArcGIS 10.3

Μελέτη περίπτωσης στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

Ο. Δασκάλου, Α. Κουκουβίνος, Α. Ευστρατιάδης
& Δ. Κουτσογιάννης

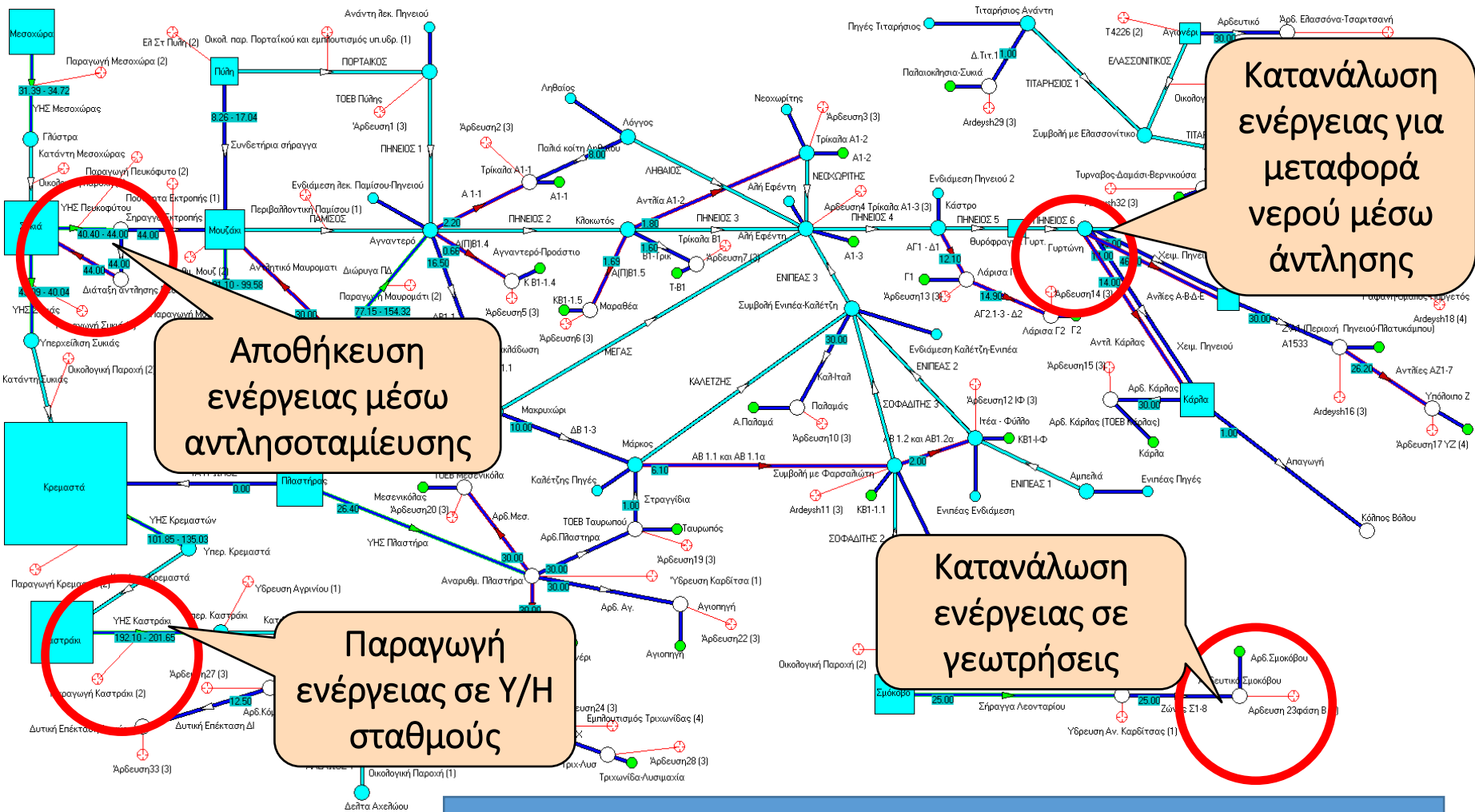




Στόχοι της εργασίας

- **Υποστήριξη του Υδρονομέα** (λογισμικού που αναπτύχθηκε στον τομέα υδάτινων πόρων του ΕΜΠ), παρέχοντας δεδομένα για τη δυνατή εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στην Θεσσαλία και την ακόλουθη παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ
- **Ανάπτυξη ενός εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων για τη χωροθέτηση των ΑΠΕ** σε περιφερειακή κλίμακα, βασισμένο στην νομοθεσία και την επιστημονική βιβλιογραφία, εφαρμόζοντας διάφορους περιορισμούς π.χ. τεχνικούς, περιβαλλοντικούς
- **Αξιολόγηση της επιλογής χωροθέτησης των ήδη εγκατεστημένων ή αδειοδοτημένων ΑΠΕ**, ένα εργαλείο ιδιαίτερης χρησιμότητας και για μη επιστημονικούς φορείς π.χ. ΥΠΕΚΑ, ΡΑΕ
- **Επιτάχυνση της διείσδυσης των ΑΠΕ** στο ενεργειακό μίγμα της χώρας, ώστε να καθιστούν εφικτοί οι εθνικοί και ευρωπαϊκοί στόχοι περί βιώσιμου ενεργειακού σχεδιασμού

Υδρονομέας- Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)



Κατανάλωση ενέργειας για μεταφορά νερού μέσω άντλησης

Αποθήκευση ενέργειας μέσω αντλησοταμίευσης

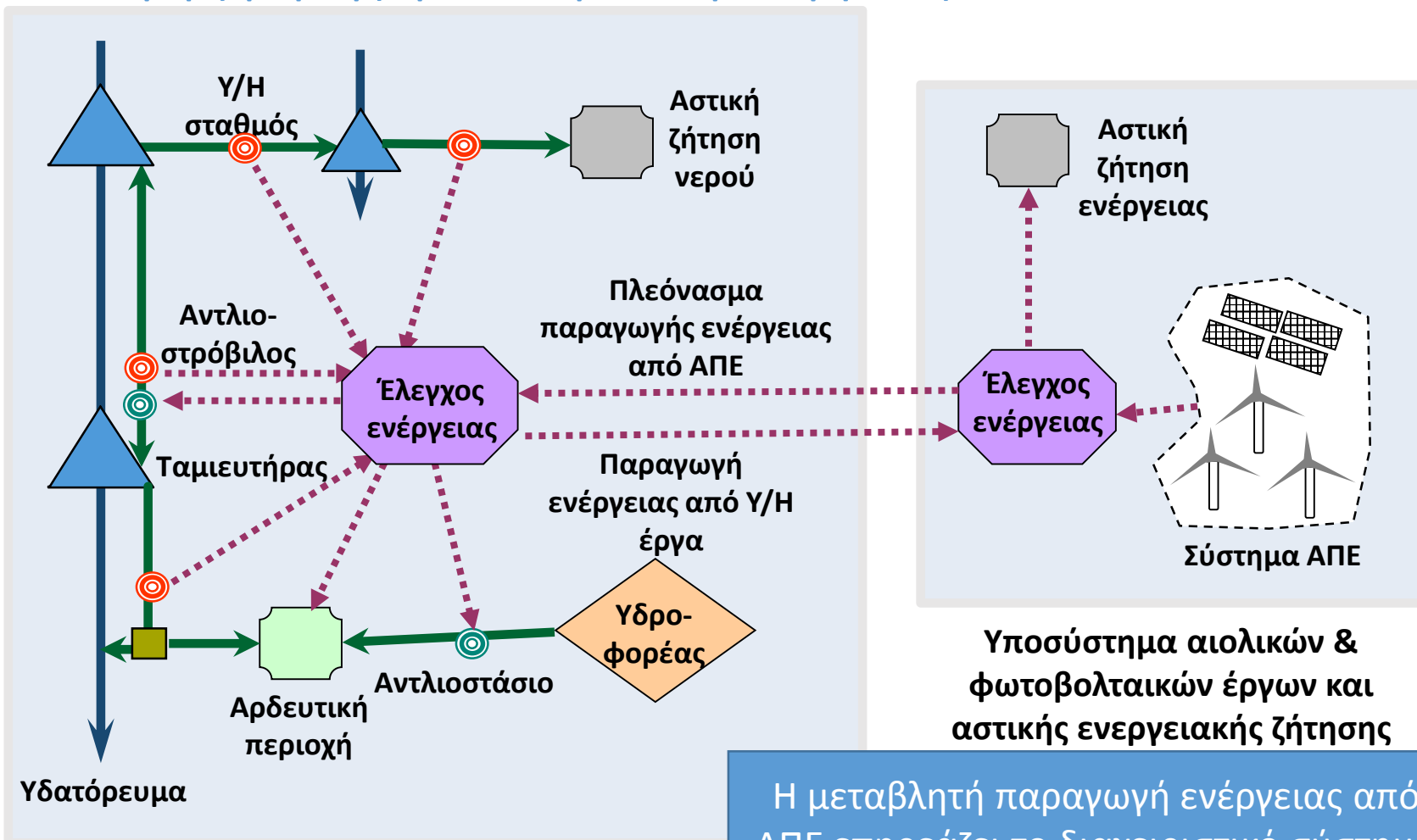
Παραγωγή ενέργειας σε Υ/Η σταθμούς

Κατανάλωση ενέργειας σε γεωτρήσεις

Ο Υδρονομέας είναι ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για συνδιαχείριση νερού και ενέργειας σε περιφερειακή κλίμακα



Απορρόφηση ενέργειας από ΑΠΕ Κάλυψη ζήτησης ή αποθήκευση ενέργειας



Υποσύστημα υδατικών πόρων και συναφών υδροενεργειακών έργων

Η μεταβλητή παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ επηρεάζει το διαχειριστικό σύστημα νερού και ενέργειας του Υδρονομέα



Η επιλογή της Θεσσαλίας

- Βρίσκεται στο **κέντρο** της ηπειρωτικής χώρας, πλεονεκτώντας ως προς την **πρόσβαση** στις γραμμές υψηλής τάσης (400kV) & την **εγγύτητα** στους ταμιευτήρες της δυτικής Ελλάδας, που δυνητικά μπορούν να αποθηκεύσουν την περίσσεια ενέργειας της μεταβλητής παραγωγής των ΑΠΕ, που δεν απορροφάται για την κάλυψη ζήτησής
- Αποτελεί την **μεγαλύτερη κοιλάδα**, καθώς και το **κέντρο** της **ελληνικής αγροτικής παραγωγής**, γεγονός που οδηγεί σε:
 - Σε αυξημένη ζήτηση νερού και ενέργειας
 - Σε σημαντικό ποσοστό περιοχών με χαμηλές τιμές κλίσης εδάφους, κατάλληλων για χωροθέτηση ΑΠΕ
- Αναμένεται ότι το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό θα αποτελέσει περιοριστικό παράγοντά για την χωροθέτηση, σε αντίθεση με το ηλιακό δυναμικό, στο οποίο η Θεσσαλία πλεονεκτεί σε σχέση με άλλες περιοχές της ελληνικής επικράτειας (π.Χ. Αιγαίο)



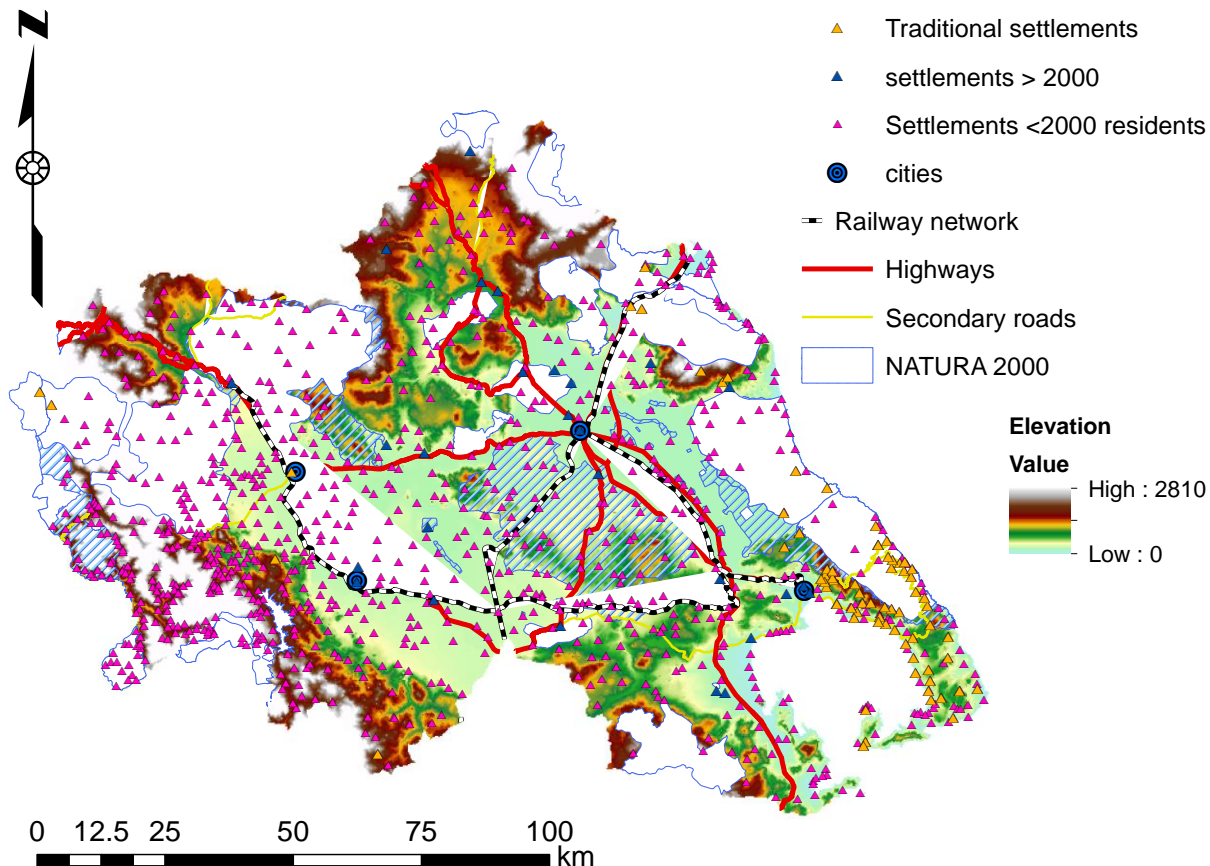
Γενικά & Ενεργειακά χαρακτηριστικά της Θεσσαλίας

Γενικές πληροφορίες

- Έκτασή 14,050 km²
- Υψόμετρο εύρους [2,810- 0]m
- Μέση κλίση εδάφους 13%
- 718,964 μόνιμοι κάτοικοι (6.65%)
- Πυκνό οδικό δίκτυο (συνολικό μήκος 4000 km)
- Περιοχές NATURA 2000 καλύπτουν το 49% της περιφέρειας
- 1 Περιοχή UNESCO (Μετέωρα) που καλύπτει περίπου 3km²

Ενεργειακές πληροφορίες

- 1 αιολικό πάρκο σε λειτουργία με 17 MW συνολική εγκατεστημένη ισχύ (20 Α/Γ)
- 10 Φ/Β πάρκα σε λειτουργία με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 28MW

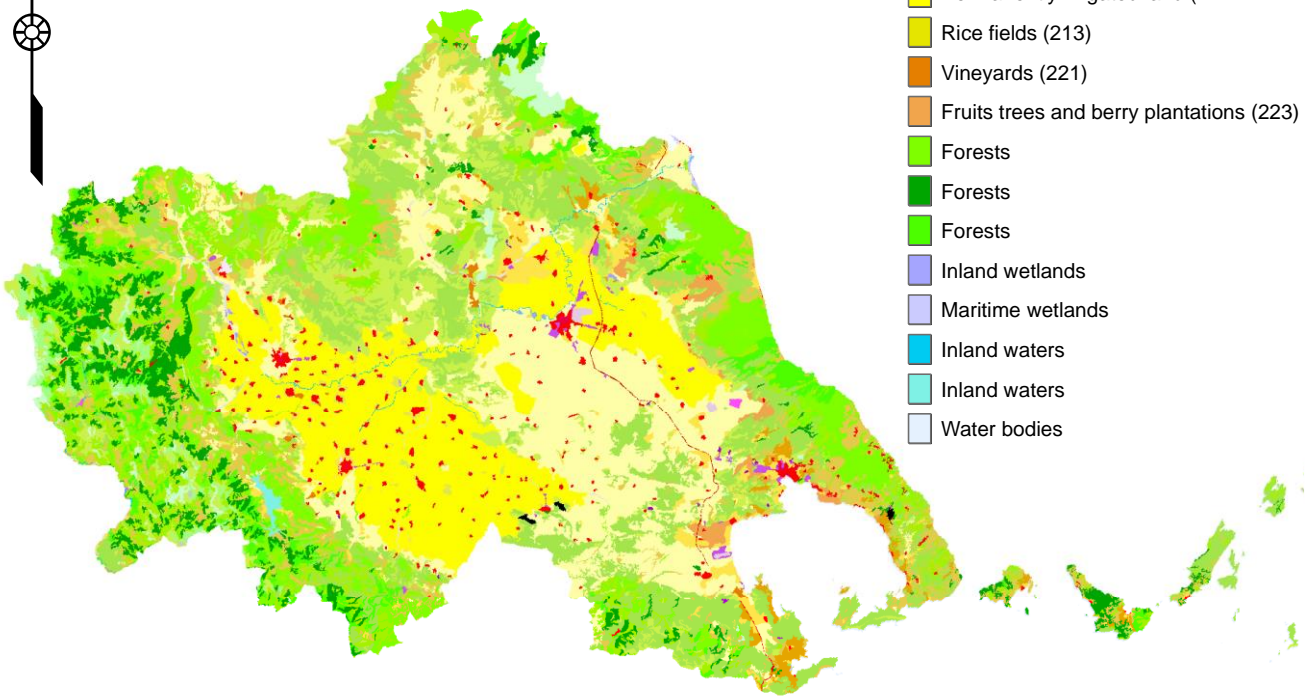
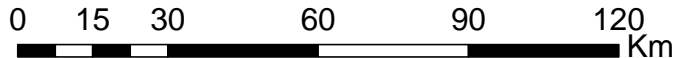


	Άδεια λειτουργίας	Με προσφορά σύνδεσης	Άδεια παραγωγής	Μέγιστη επιτρεπόμενη εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Φ/Β	28.24	7.5	-	-
Α/Γ	17.00	714.45	1288.96	7056.62
Υβριδικά	27.12	-	-	-



Περιορισμοί χρήσεων γης

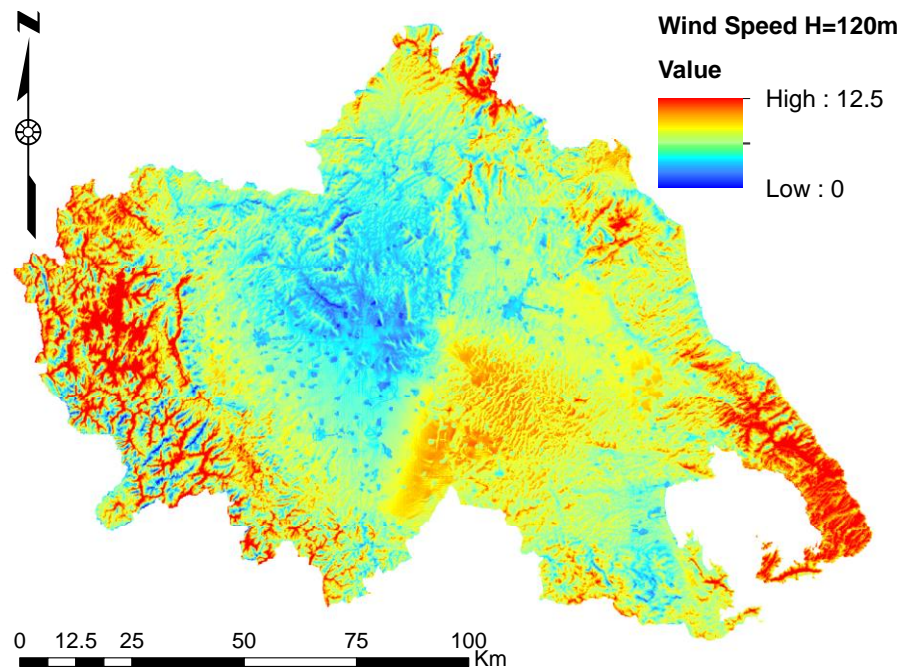
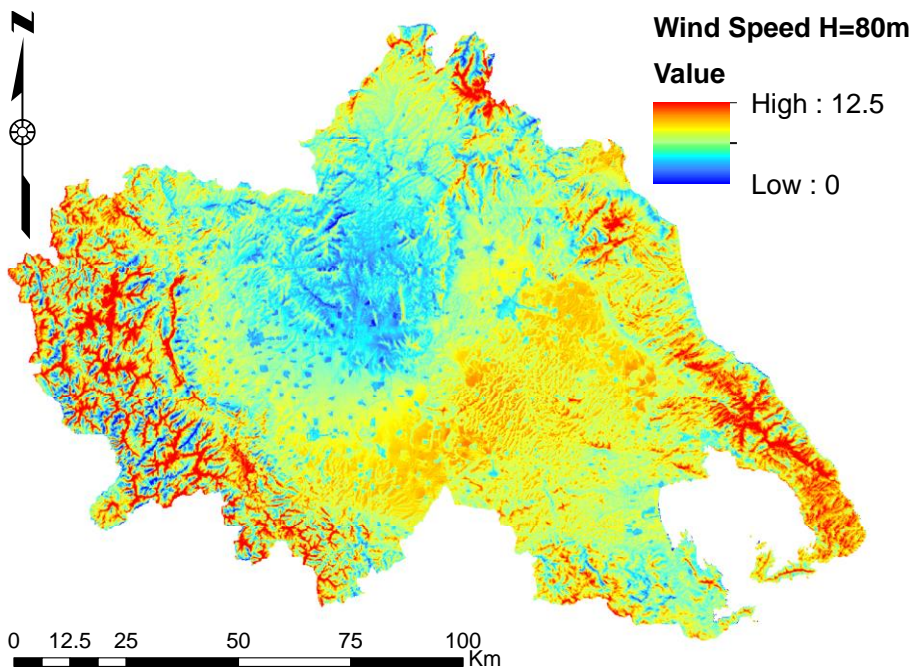
- Οι οικιστικές περιοχές παρουσιάζουν σημαντική διασπορά στην περιφέρεια [500, 1000, 1500 m ζώνη buffer]
- Οι αρδευτικές εκτάσεις και οι μόνιμες καλλιέργειες χαρακτηρίζονται από τη νομοθεσία ως περιοχές υψηλής παραγωγικότητας και συνεπώς αποκλείεται η χωροθέτηση ΑΠΕ στα όρια τους.
- Τα δάση καλύπτουν επίσης σημαντικό ποσοστό της περιφέρειας και ενώ επιτρέπεται στα όρια τους η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων (υπό ειδικές συνθήκες και άδειες) αποκλείεται η χωροθέτηση Φ/Β



- Continuous urban fabric (111)
- Discontinuous urban fabric (112)
- Airports (124)
- Permanently irrigated land (212)
- Rice fields (213)
- Vineyards (221)
- Fruits trees and berry plantations (223)
- Forests
- Forests
- Forests
- Inland wetlands
- Maritime wetlands
- Inland waters
- Inland waters
- Water bodies



Αιολικό δυναμικό (1)

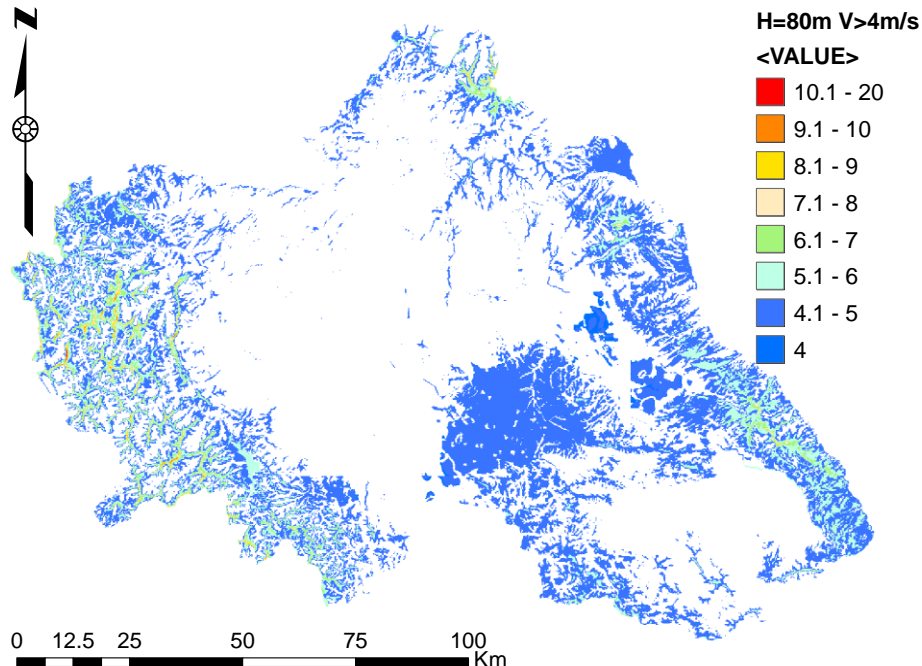
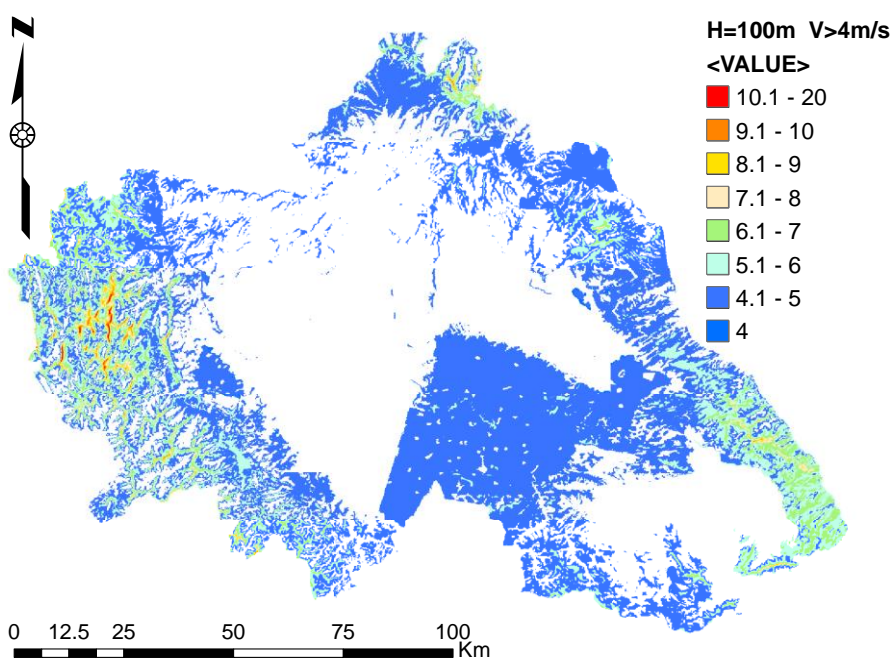


➤ Η ΡΑΕ παρέχει χάρτες αιολικού δυναμικού σε υψόμετρα 80,100, 120m με διακριτότητα **150x150m**, επαρκή για την παρούσα ανάλυση. Αναπτύχθηκαν από το ΚΑΠΕ (Κέντρο ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας), με χρήση δεδομένων από 100 σταθμούς ικανοποιητικά διεσπαρμένους στην περιφέρεια.

➤ Διακρίνεται αμέσως ότι οι υψηλές τιμές μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου (m/s) εμφανίζονται στην ορεινές περιοχές, που είναι στην πλειοψηφία τους χαρακτηρισμένες ως περιοχές δικτύου NATURA 2000



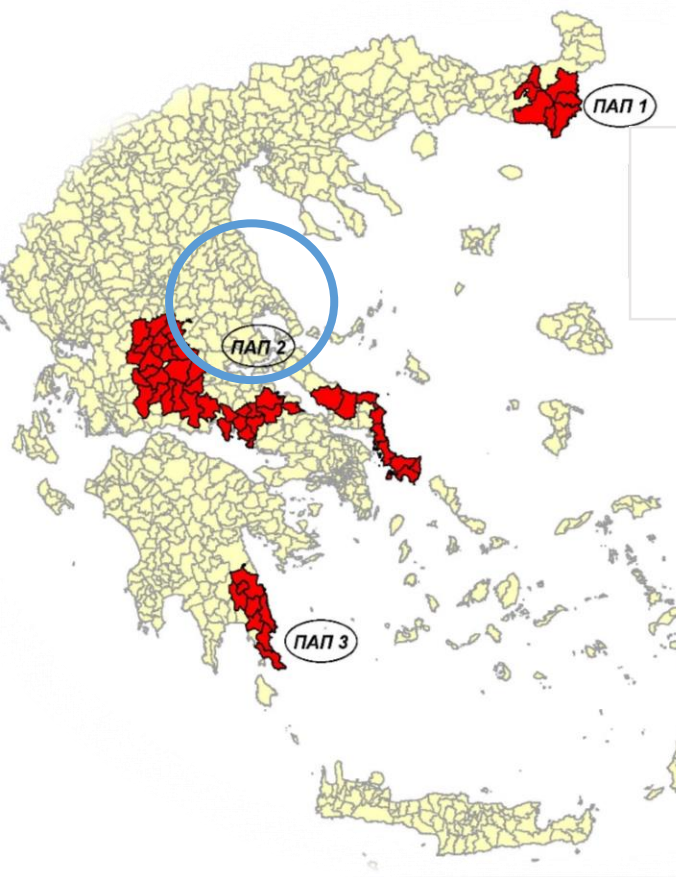
Αιολικό Δυναμικό (2)



- Αποκλείοντας τις περιοχές με <4m/s μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, ως τεχνικό- οικονομικά ανεπαρκής, αποδεικνύει ότι το αιολικό δυναμικό στην Θεσσαλία όπως και σε άλλες περιοχές της ηπειρωτικής χώρας αποτελεί βασικό περιοριστικό παράγοντα
- Οι περιοχές εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού αυξάνονται σημαντικά με την αύξηση του υψομέτρου πύργου της Α/Γ, βελτιώνοντάς το συνολικό αριθμό αιολικών μηχανών και εγκατεστημένης ισχύος



Νομοθετικό πλαίσιο για την χωροθέτηση & αδειοδότηση των ΑΠΕ



Οδηγία 2009/28/ΕΚ

«Σχετικά με την Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και συνακόλουθη κατάργηση των Οδηγών 2001/77/ΕΚ & 2003/30/ΕΚ»

- ✓ Επαναλαμβάνεται ο στόχος του 18% ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ (έχει υιοθετηθεί από το εθνικό δίκαιο με τον νόμο 3468/2006 και τέθηκε σε **20%**)

ΕΠΧΣΑΑ (ΚΥΑ 49828/2008)

- ✓ Χωρίζει την ελληνική επικράτεια σε 3 Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και Περιοχές Αιολικής Καταλληλόλητας (ΠΑΚ), αλλάζοντας την μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων (#τυπικών Α/Γ) από 1.05 σε 0.66
- ✓ Ορίζει ζώνες αποκλεισμού, βασισμένες σε διάφορα κριτήρια

Νομός 3851/2010

- ✓ Αλλάζει κάποιες διατάξεις του ΕΠΧΣΑΑ, επιτρέποντας την χωροθέτηση ΑΠΕ σε περιοχές NATURA 2000 και σε περιοχές υψηλής παραγωγικότητας

Τυπική ανεμογεννήτρια	
Διάμετρος Ρότορα (m)	85
Ύψος πύργου (m)	80
Ισχύς (MW)	2
Ταχύτητα λειτουργίας (m/s)	12
Εύρος λειτουργίας (m/s)	[3-22]



Μεθοδολογία GIS

Αποκλεισμός μη βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης

Ο αποκλεισμός συντελέστηκε κατά ομάδες (π.χ. χρήσεις γης, περιβαλλοντικοί, τεχνικοί οικιστικοί κ.α.)

Για κάποιες ζώνες αποκλεισμού απαιτείται εφαρμογή επιπλέον ζώνης αποκλεισμού



Κριτήρια αξιολόγησης βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης

Χωρισμός των επιλεγμένων κριτηρίων σε κλάσεις με βάση την νομοθεσία και την επιστημονική εμπειρία, για να είναι στην συνέχεια εφικτή η εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης i.e. weighted overlay tool



Πολυκριτηριάκη ανάλυση με χρήση σταθμισμένων κριτηρίων

Στατιστική και χωρική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της πολυκριτηριακής ανάλυσης (χάρτες, ιστογράμματα κτλ.)

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τα εργαλεία του λογισμικού ArcGIS 10.3, με 2 μοντέλα, 1 για τις ζώνες αποκλεισμού & 1 για την πολυκριτηριακή ανάλυση και την αξιολόγηση των βιώσιμων περιοχών

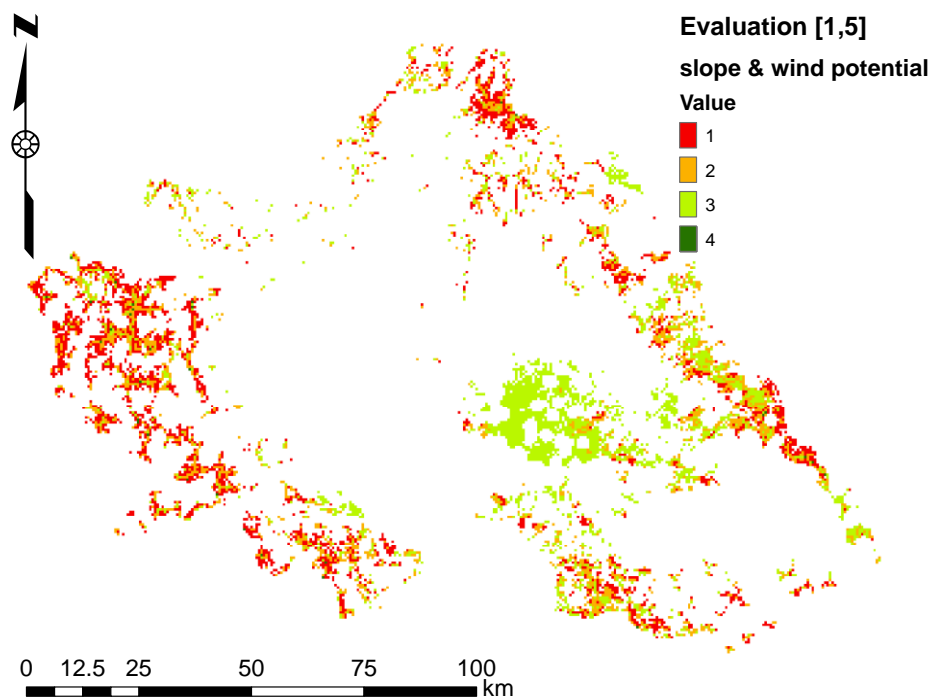
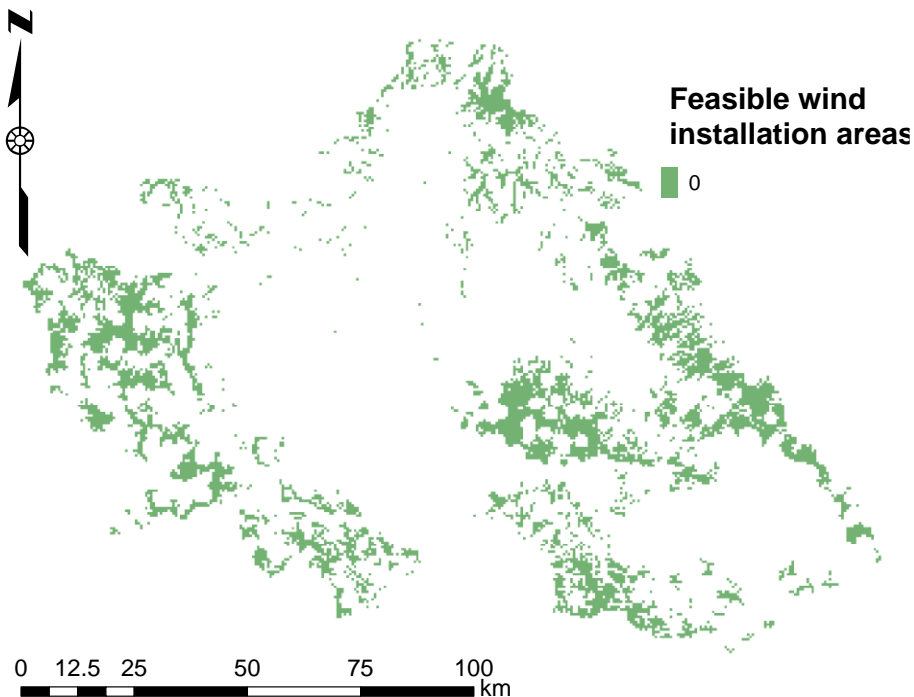


Περιορισμοί χωροθέτησης- Περιοχές & Ζώνες αποκλεισμού

- Κηρυγμένα μνημεία της φύσης [1000m]
- Αρχαιολογικοί χώροι [1000m]
- Περιοχές UNESCO [3000m]
- Οικιστικές περιοχές & παραδοσιακοί οικισμοί [ζώνες αποκλεισμού]
 - Πληθυσμός > 2000 κατοίκους 1000 m
 - Πληθυσμός < 2000 κατοίκους 500 m
 - Παραδοσιακοί οικισμοί 1500 m
- Τουριστικές μονάδες (ξενοδοχεία) [1000m]
- Απόστασή ασφάλειας από αεροδρόμια [3000m]
- Ελάχιστες αποστάσεις από το οδικό και το ηλεκτρικό δίκτυο [150m]
- Περιορισμοί χρήσεων γης (no buffer)
 - Οικιστικές δραστηριότητες (CLC: 111, 112)
 - Βιομηχανικές, εμπορικές & συγκοινωνιακές περιοχές (CLC: 121,122, 124)
 - Λατομικές & εργοταξιακές ζώνες (CLC: 131, 132,133)
 - Αρδευόμενες περιοχές (CLC: 212)
 - Υγρότοποι (CLC: 411, 412)
- Αιολικό δυναμικό (Περιοχές όπου η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου είναι <4 m/s)
- Μεγίστη αποδεκτή κλίση εδάφους 25%



Βιώσιμες περιοχές χωροθέτησης & MCA χάρτες (Α/Γ)



- Περιοχές βιώσιμης χωροθέτησης έχουν έκτασή 2200km², που μεταφράζεται σε 1100 MW μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς τυπικών ανεμογεννητριών.
- Δεν υπάρχει βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης, όπως δείχνει η στάθμιση των κριτηρίων κλίσεων εδάφους και αιολικού δυναμικού (απουσία «περιοχών 5», λίγες «περιοχές 4»)
- Οι καλές περιοχές χωροθέτησης βρίσκονται στις κοιλάδες («περιοχές 3»)



Συμπεράσματα & Σχόλια

- ✓ Ένα ολιστικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού που θα λαμβάνει υπόψιν όλες τις ΑΠΕ, μπορεί να οδηγήσει σε μια αποδοτική και βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς τόσο οι περιορισμοί όσο και οι δυνατότητες συγχωροθέρησης μπορούν να μελετηθούν
- ✓ Το δυναμικό των ΑΠΕ, η κάλυψη & η χωρητικότητα του ηλεκτρικού δικτύου, οι εγκαταστάσεις αντλησιταμίευσης κτλ. είναι κρίσιμες για έναν ουσιαστικό σχεδιασμό ΑΠΕ
- ✓ Συμφώνα με την διεθνή & εθνική εμπειρία, η χωρική διασπορά των ιδιαίτερα μεταβλητών αιολικών εγκαταστάσεων, αποτελεί τον καλύτερο δρόμο για την διαχείριση της ευστάθειας του ηλεκτρικού συστήματος (αύξηση των λειτουργικών ωρών με παράλληλη μείωση της συχνότητάς εμφάνισης μηδενικών τίμων παραγωγής ενέργειας). Πρόκειται για ζήτημα κρίσιμο για την μεγάλης κλίμακας διείσδυση της αιολικής ενέργειας, στο οποίο τέτοιου είδους εργαλεία μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο.



Βιβλιογραφικές αναφορές

- A. Koukouninos, D. Nikolopoulos, A. Efstratiadis, A. Tegos, and E. Rozos, “Integrated water and renewable energy management : the Acheloos-Peneios region case study,” vol. 17, no. April, p. 4912, 2015.
- H. Tyrallis, G. Karakatsanis, K. Tzouka, and N. Mamassis, “Analysis of the electricity demand of Greece for optimal planning of a large-scale hybrid renewable energy system,” vol. 17, no. 5145, p. 5643, 2015.
- E. Baltas and A. N. Dervos, “Special framework for the spatial planning & the sustainable development of renewable energy sources,” 2012.
- D. Latinopoulos and K. Kechagia, “A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece,” *Renew. Energy*, vol. 78, pp. 550.
- N. Mamassis, A. Efstratiadis, and I.-G. Apostolidou, “Topography-adjusted solar radiation indices and their importance in hydrology,” *Hydrol. Sci. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 756–775, 2012.–560, Jun. 2015.
- D. Mentis, S. Hermann, M. Howells, M. Welsch, and S. H. Siyal, “Assessing the technical wind energy potential in Africa a GIS-based approach,” *Renew. Energy*, vol. 83, pp. 110–125, 2015.
- Store-project, “Facilitating energy storage to allow high penetration of variable Renewable Energy,” 2014.
- www.cressendo.org

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

Ολυμπία Δασκάλου
olympiadas1@gmail.com