



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος,

Μεθοδολογία βέλτιστης χωροθέτησης και διαστασιολόγησης φωτοβολταϊκών & αιολικών πάρκων με χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

Εφαρμογή στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

Ολυμπία Δασκάλου

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτρης Κουτσογιάννης
Συνεπιβλέπων: Ανδρέας Ευστρατιάδης

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Αντικείμενο της εργασίας

- Ανάπτυξη ενός εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων για τη χωροθέτηση των ΑΠΕ σε περιφερειακή κλίμακα.
- Αξιολόγηση της επιλογής χωροθέτησης των **ήδη αδειοδοτημένων ή υπό αδειοδότηση ΑΠΕ** (χρήσιμο για επιστημονικούς και άλλους φορείς λήψης αποφάσεων, όπως το ΥΠΕΝ και η ΡΑΕ)

Στόχοι της εργασίας

- Επιτάχυνση την **διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της χώρας**, ώστε να καθιστούν εφικτοί οι εθνικοί και ευρωπαϊκοί στόχοι περί βιώσιμου ενεργειακού σχεδιασμού
- Υποστήριξη μελετών **συνδυασμένης διαχείρισης υδατικών και ενεργειακών πόρων** (π.χ ερευνητικό έργο CRESSENDO <http://cressendo.org/>)

Ιδιαιτερότητες της Περιφέρειας Θεσσαλίας

- Βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της χώρας, πλεονεκτώντας ως προς την **πρόσβαση στις γραμμές υψηλής τάσης (400kV)** και την **εγγύτητα στους Η/Υ ταμιευτήρες** της δυτικής Ελλάδας.
- Αποτελεί **κέντρο αγροτικής παραγωγής** (αυξημένη ζήτηση νερού και ενέργειας λόγω των γεωτρήσεων και αντλιοστασίων σε λειτουργία).
- Προσφέρεται από τεχνικής άποψης για ανάπτυξη φωτοβολταϊκών έργων, λόγω του **ευνοϊκού αναγλύφου και του υψηλού ηλιακού δυναμικού**.
- Αναπτύσσει **περιορισμένο εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό**, που αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντά για την ευρεία ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων.

Νομοθετικό πλαίσιο ανάπτυξης 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»

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

ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ (ΚΥΑ 49828/2008)

- ✓ Χωρίζει την ελληνική επικράτεια σε 3 Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ), αλλάζοντας την μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων (# τυπικών Α/Γ / km²) από 1.05 σε 0.66
- ✓ Ορίζει ζώνες αποκλεισμού βάσει τεχνικών, περιβαλλοντικών και αισθητικών περιορισμών

Νομός 3851/2010

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

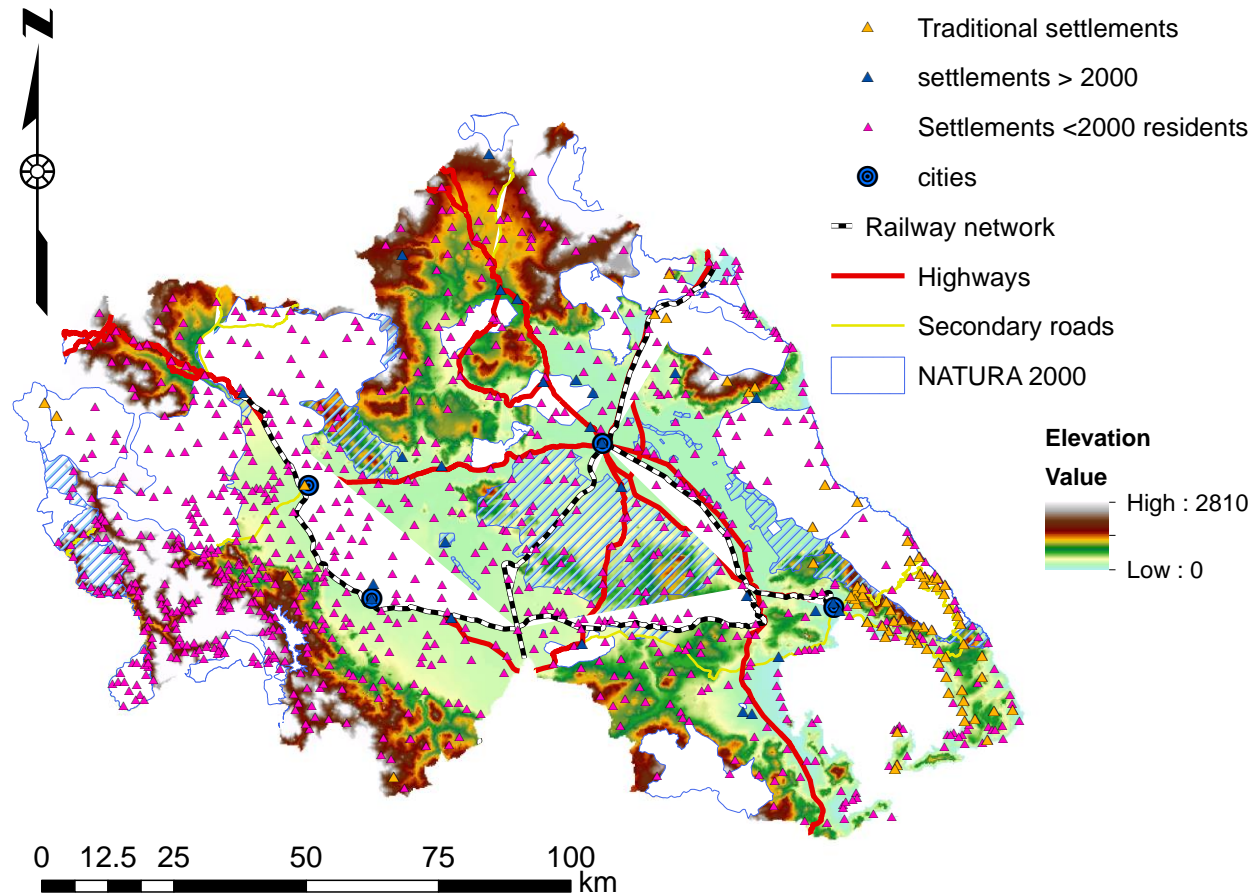


Τυπική ανεμογεννήτρια	
Διάμετρος Ρότορα (m)	85
Ύψος πύργου (m)	80
Ισχύς (MW)	2
Ταχύτητα λειτουργίας (m/s)	12
Εύρος λειτουργίας (m/s)	[3-22]

Χαρακτηριστικά μεγέθη της Θεσσαλίας

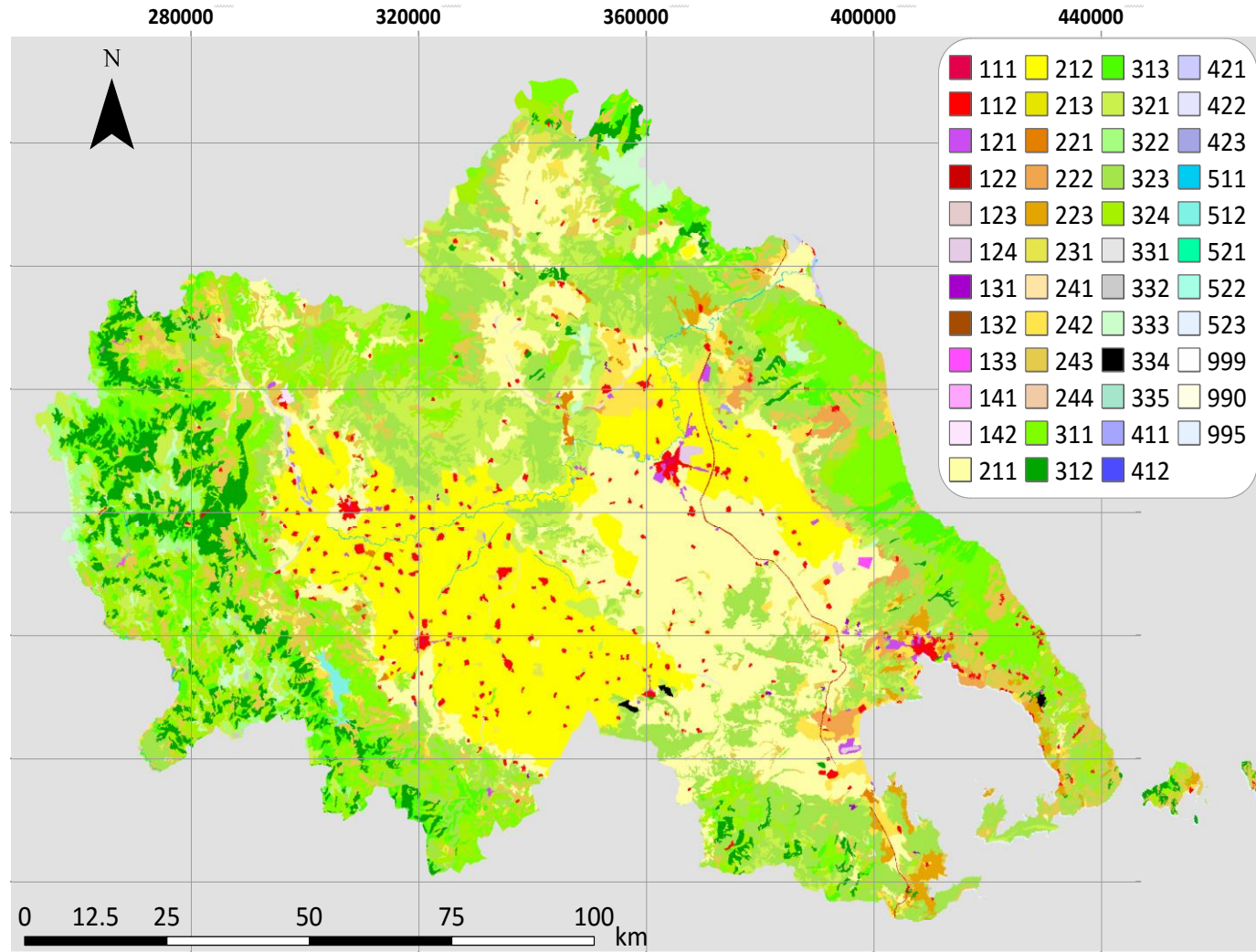
Γενικές πληροφορίες

- Έκταση 14,050 km² (11% της χώρας)
- Εύρος υψόμετρου [2,810 - 0] m
- 718,964 μόνιμοι κάτοικοι (6.65% του συνολικού πληθυσμού)
- 72 παραδοσιακοί οικισμοί
- Πυκνό οδικό δίκτυο (συνολικό μήκος 4000 km)
- 35 περιοχές NATURA 2000, που καλύπτουν το 36% της περιφέρειας
- 1 Περιοχή UNESCO (Μετέωρα) 3km²

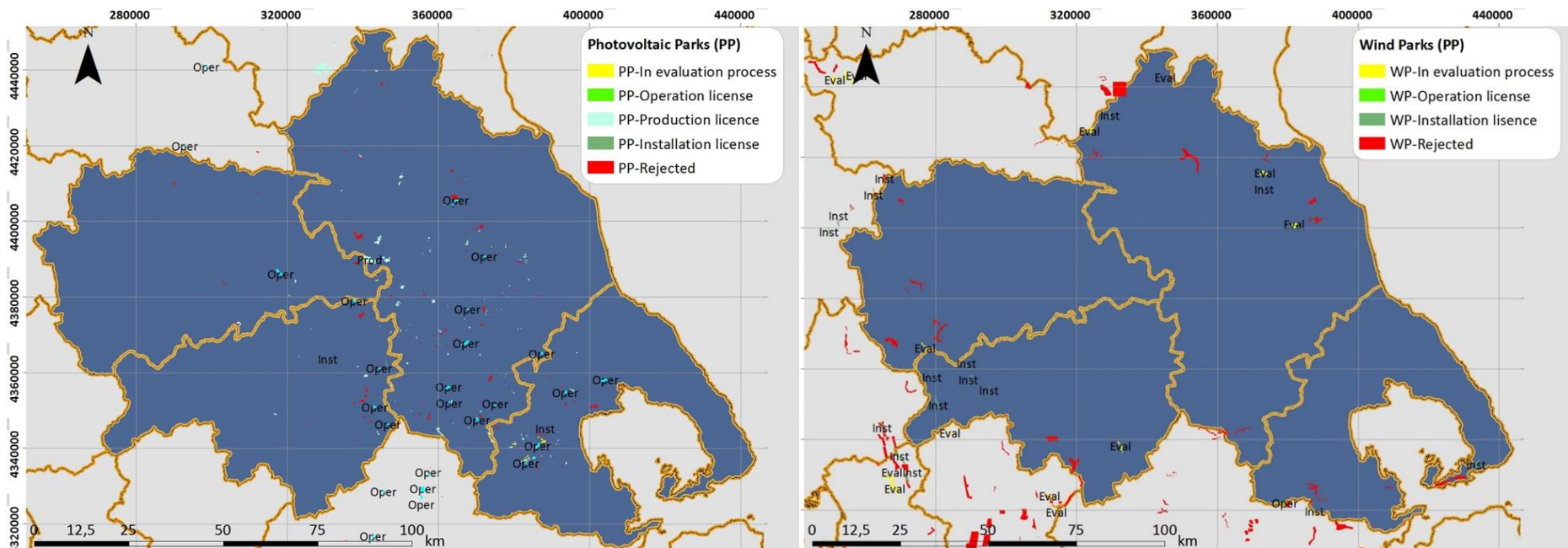


Χρήσεις γης

- Οι οικιστικές ζώνες (111, 112) καλύπτουν το 1.4% με σημαντική διασπορά
- Οι μονιμά αρδευόμενες εκτάσεις (212) καταλαμβάνουν το 15% και οι μόνιμες καλλιεργείες (221, 222, 223) το 2%
- Τα δάση (311, 312, 313) καλύπτουν το 17% της έκτασης της Περιφέρειας



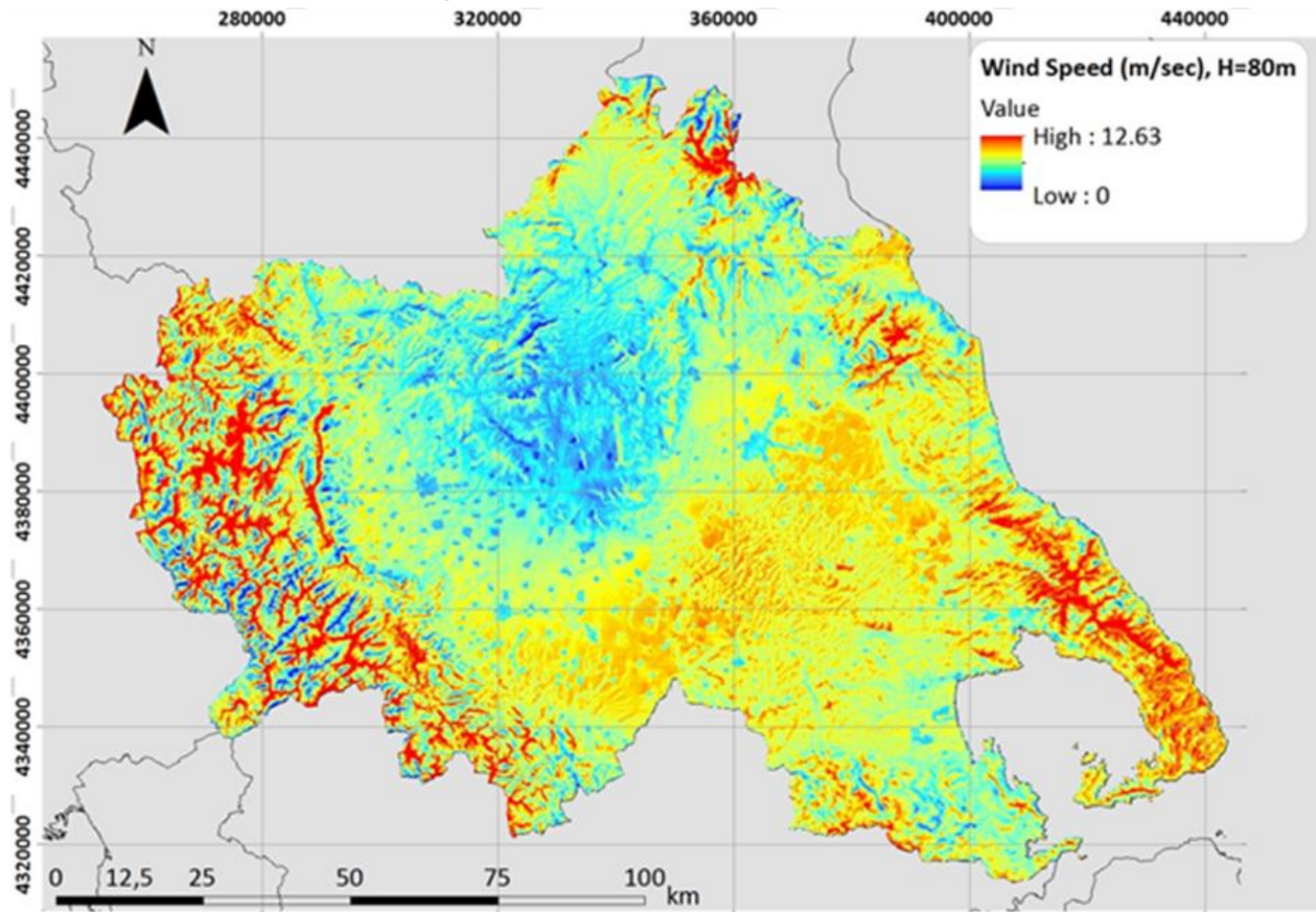
Εγκαταστάσεις ΑΠΕ στην Περιφέρεια Θεσσαλίας



	Σε λειτ.	Με προσφ. Συνδ.	Άδεια λειτ.	Άδεια παρ.	Άδεια εγκατ.	Σε αξιολ.	Απορ. αποφ.	Μέγιστη επίτρ. Εγκατ.
Φ/Β (MW)	73,85	452,07	75,05	685,22	2,00	93,46	963,70	-
Α/Γ (MW)	17,00	1337,80	17,00	1288,96	206,85	144,00	682,00	7056,62
Υβριδικά (MW)	9,77	6,55	-	-	-	-	-	-

- Συγκέντρωση των αιτήσεων αδειοδότησης για τα φωτοβολταϊκά πάρκα στον Θεσσαλικό κάμπο, ενώ για τα αιολικά στις ορεινές περιοχές της Περιφέρειας
- Υπάρχει δυναμική ανάπτυξης ΑΠΕ στην περιφέρεια Θεσσαλίας

Αιολικό Δυναμικό



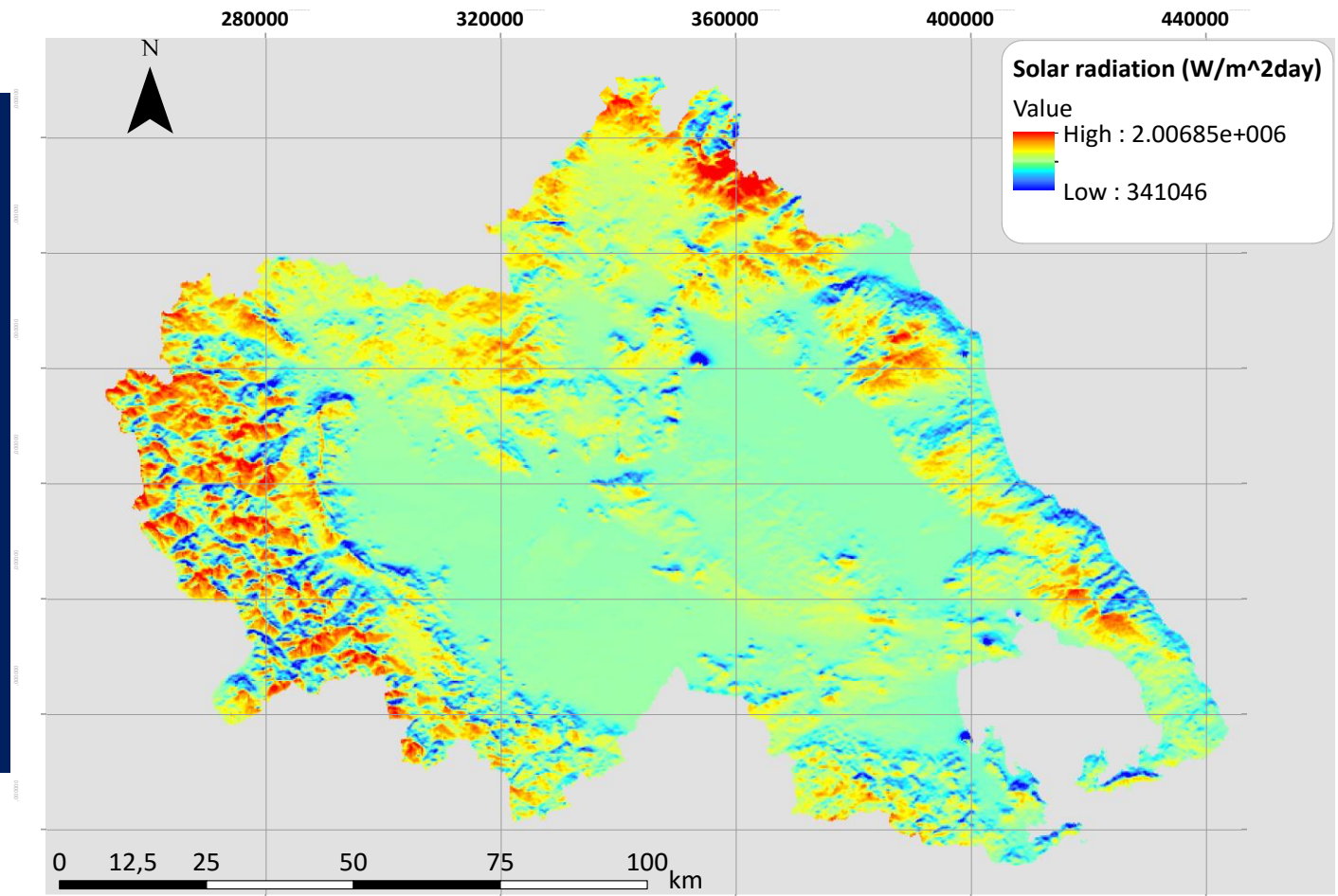
- Το 67% της Περιφέρειας εμφανίζει κάτω από 4 m/s μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στα 80 m υψόμετρο
- Οι υψηλές τιμές αιολικού δυναμικού εμφανίζονται στις ορεινές περιοχές

- Η ΡΑΕ παρέχει χάρτες αιολικού δυναμικού σε υψόμετρα 80, 100, 120 m με διακριτότητα 150 m
- Αναπτύχθηκαν από το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας), με χρήση δεδομένων από 100 σταθμούς με ικανοποιητική διασπορά σε όλη την Ελλάδα

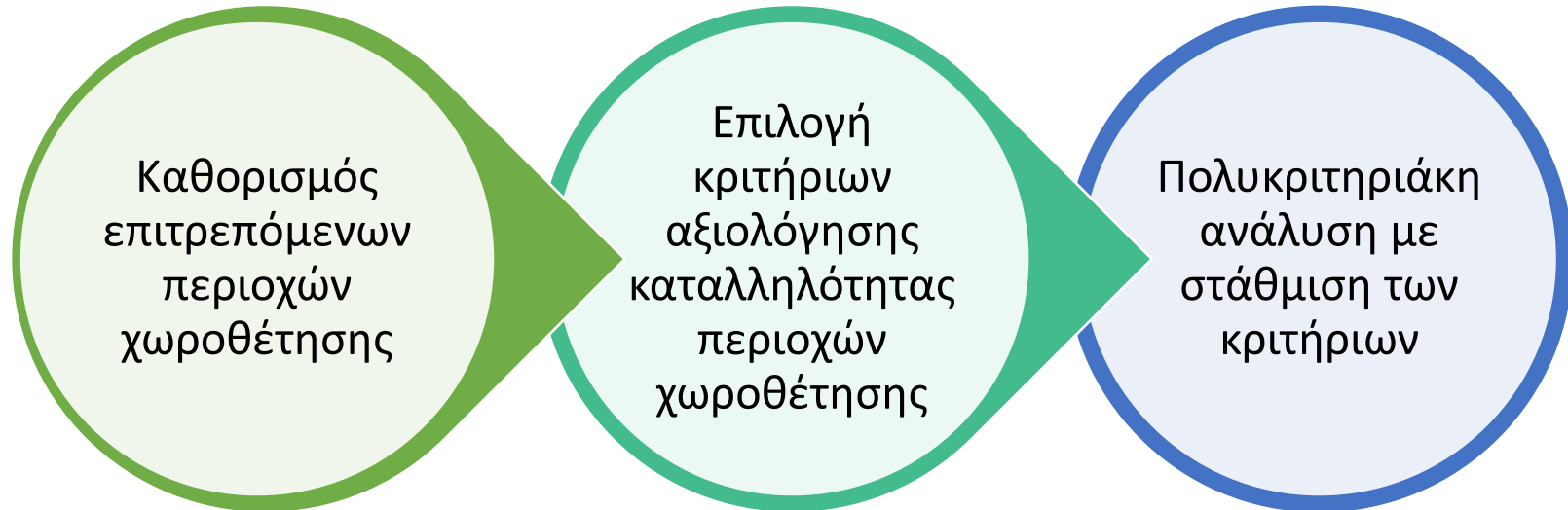
Ηλιακό δυναμικό

- Το ηλιακό δυναμικό της Θεσσαλίας είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό με το 82% της έκτασης να εμφανίζει άνω του 1400 kWh/m²/γ συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία.
- Μεγιστοποιείται στις νότιες πλαγιές των υψωμάτων.

Οι χάρτες ηλιακού δυναμικού, δημιουργήθηκαν με το εργαλείο Area Solar Radiation του Spatial Analyst χρησιμοποιώντας δορυφορικές μετρήσεις για τον ορισμό των παραμέτρων (Transmittivity)



Μεθοδολογία & Εργαλεία χωροθέτησης



- Υλοποιείται με δύο σενάρια αποκλεισμού.
- Το 1^ο Σενάριο αποτελείται από τους ισχύοντες νομικούς περιορισμούς
- Το 2^ο εφαρμόζει επιπλέον περιβαλλοντικούς και τεχνικούς περιορισμούς.

- Επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης
- Χωρισμός των τιμών τους σε κλάσεις με αντίστοιχη βαθμολογική κλίμακα καταλληλότητας

- Εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης με ισοβαρείς συντελεστές για όλα τα κριτήρια
- Ανάλυση ευαισθησίας
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων για τα 2 σενάρια αποκλεισμού με πίνακες και χάρτες

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με συνδυασμό GIS με MCA και υλοποιήθηκε με πρόσφατή έκδοση του λογισμικού ArcGIS 10

Εφαρμογή μεθοδολογίας για τη χωροθέτηση
αιολικών πάρκων

Καθορισμός επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης ΑΠ (1)

Περιοχές αποκλεισμού Σεναρίου 1 (Ισχύουσα Νομοθεσία)

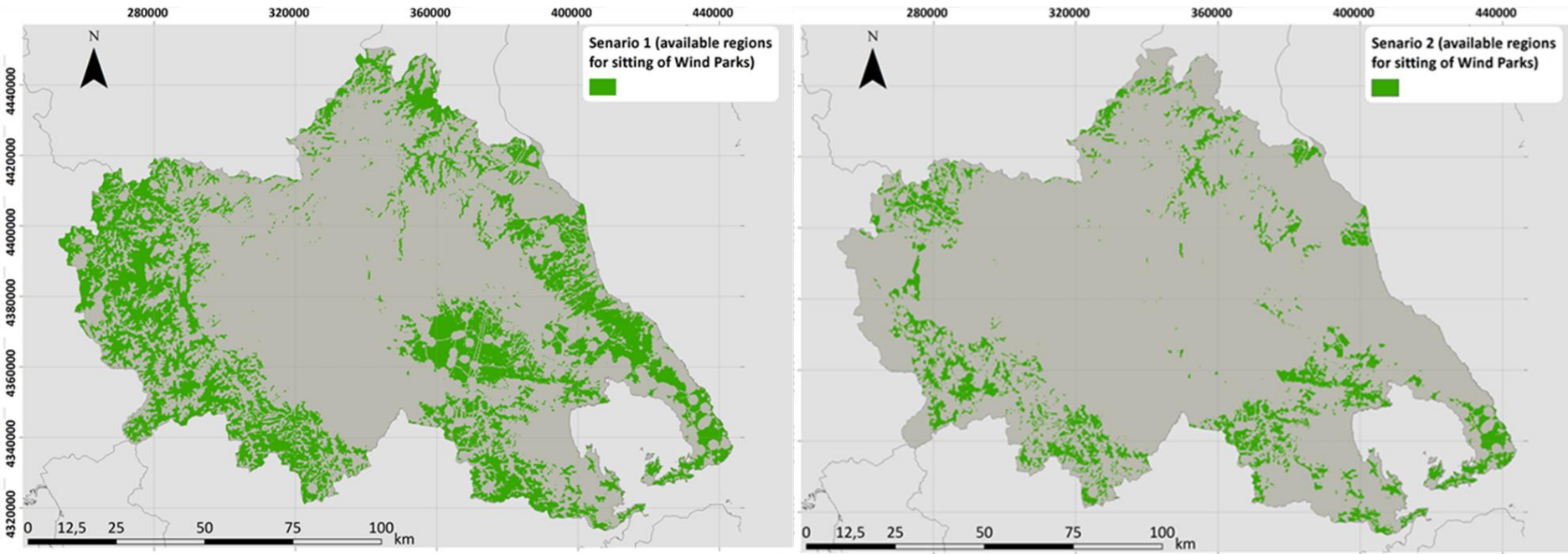
- Οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης, οι πυρήνες των εθνικών δρυμών, τα κηρυγμένα μνημεία της φύσης και τα αισθητικά δάση.
- Περιοχές UNESCO [3000m]
- Οι ακτές παρακολούθησης ποιότητας υδάτων του ΥΠΕΝ [150 m]
- Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις και μονιμές καλλιέργειες
- Οι υγράτοποι, ποταμοί, λίμνες
- Οι μονιμά αρδευόμενες εκτάσεις και καλλιέργειες
- Οικιστικές περιοχές & παραδοσιακοί οικισμοί [ζώνες αποκλεισμού]
 - ✓ Πληθυσμός > 2000 κατοίκους 1000 m
 - ✓ Πληθυσμός < 2000 κατοίκους 500 m
 - ✓ Παραδοσιακοί οικισμοί 1500 m
- Εγκαταστάσεις αεροπλοΐας [3000 m]
- Ελάχιστες αποστάσεις από το οδικό και το ηλεκτρικό δίκτυο [150m]
- Περιοχές όπου η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου είναι <4 m/s)
- Τμήματα των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά [500 m]

Καθορισμός επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης ΑΠ (2)

Περιοχές αποκλεισμού Σεναρίου 2 (Επιπλέον περιβαλλοντικοί και τεχνικοί περιορισμοί)

- Οι ΤΚΣ (Τόποι Κοινότητας Σημασίας) και οι ΖΕΠ (Ζώνες Ειδικής Προστασίας) του Δικτύου Natura 2000.
- Οι δασικές εκτάσεις
- Όλες οι προστατευόμενες θεσμικά περιβαλλοντικές περιοχές (προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί, προστατευόμενα τοπία, τα προστατευόμενα δάση, τα καταφύγια άγριας ζωής, οι ελεγχόμενες κυνηγετικές περιοχές)
- Οι περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο των 2000 m

Επιτρεπόμενες περιοχές χωροθέτησης αιολικών πάρκων



	Έκταση διαθ. περιοχών (km ²)	Εγκατ. ισχύς (MW)	Μέγιστη επιτρεπ. εγκατ. ισχύς (MW)	Ποσοστό κάλυψης (%)
Σενάριο 1	3984	122541	7057	28%
Σενάριο 2	1479	45483	7057	11%
Θεσσαλία	14049	432111		

- Κύριος περιοριστικός παράγων αναδεικνύεται το αιολικό δυναμικό
- Οι επιτρεπόμενες περιοχές συγκεντρώνονται στα όρια της Θεσσαλίας οπού αναπτύσσεται επαρκές αιολικό δυναμικό

Κριτήρια καταλληλότητας χωροθέτησης ΑΠ

Κλίμακα αξιολόγησης	Βαθμολογία
Πολύ υψηλή καταλληλότητα	4
Υψηλή καταλληλότητα	3
Ικανοποιητική καταλληλότητα	2
Οριακά αποδεκτή καταλληλότητα	1
Ακατάλληλη	0

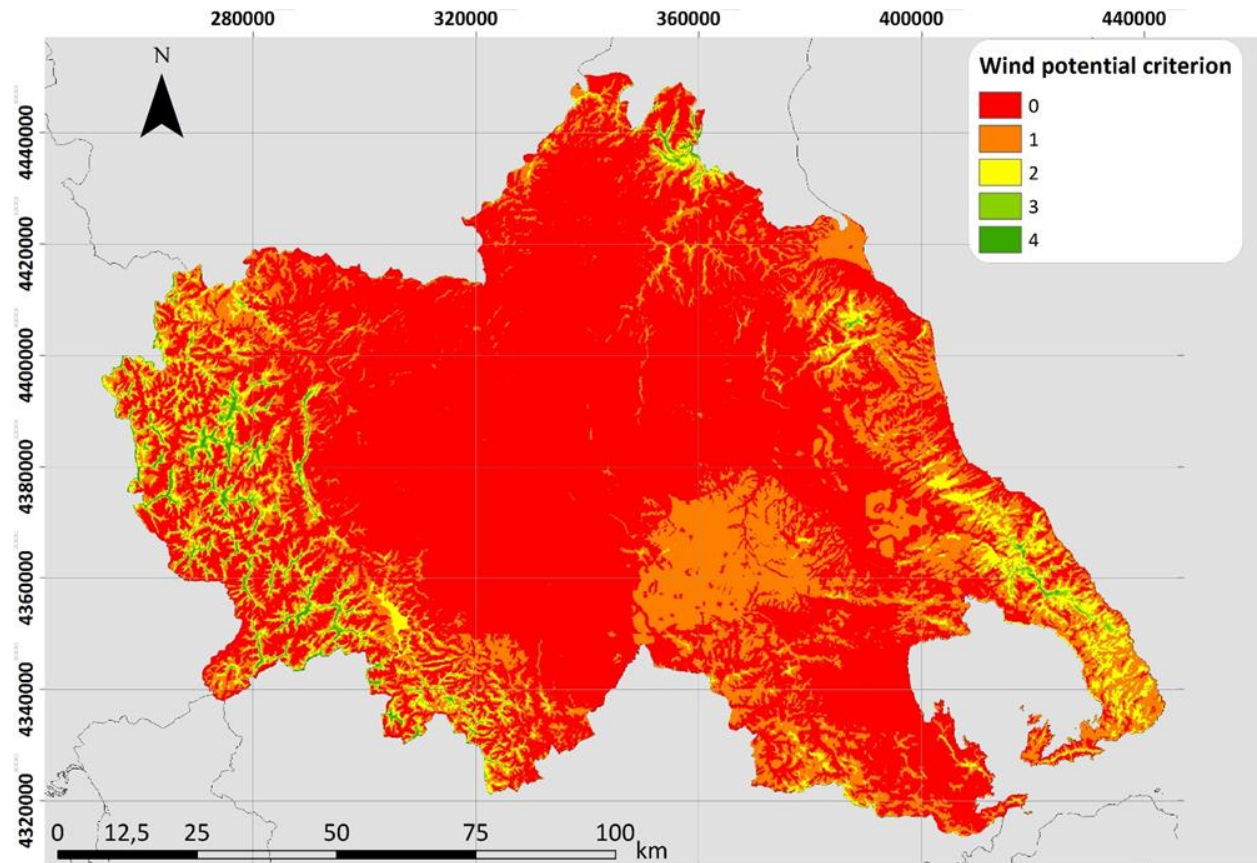


Κριτήριο αξιολόγησης	Τύπος κριτηρίου
CS1 Αιολικό δυναμικό	Τεχνοοικονομικό
CS2 Κλίση εδάφους	Τεχνοοικονομικό\ Αισθητικό
CS3 Απόσταση από το οδικό δίκτυο	Τεχνοοικονομικό
CS4 Απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ενέργειας (Υ.Τ.& Μ.Τ)	Τεχνοοικονομικό
CS5 Υψόμετρο	Τεχνοοικονομικό\ Περιβαλλοντικό
CS6 Απόστασή από την ακτογραμμή και το υδρογραφικό δίκτυο	Αισθητικό\ Περιβαλλοντικό
CS7 Απόσταση από υγροτόπους, λίμνες και περιοχές ΖΕΠ Δικτύου Natura 2000	Αισθητικό\ Περιβαλλοντικό
CS8 Απόσταση από οικιστικές περιοχές	Αισθητικό\ Τεχνοοικονομικό

Χωρισμός των τιμών των κριτηρίων σε κλάσεις

Κριτήριο αιολικού δυναμικού

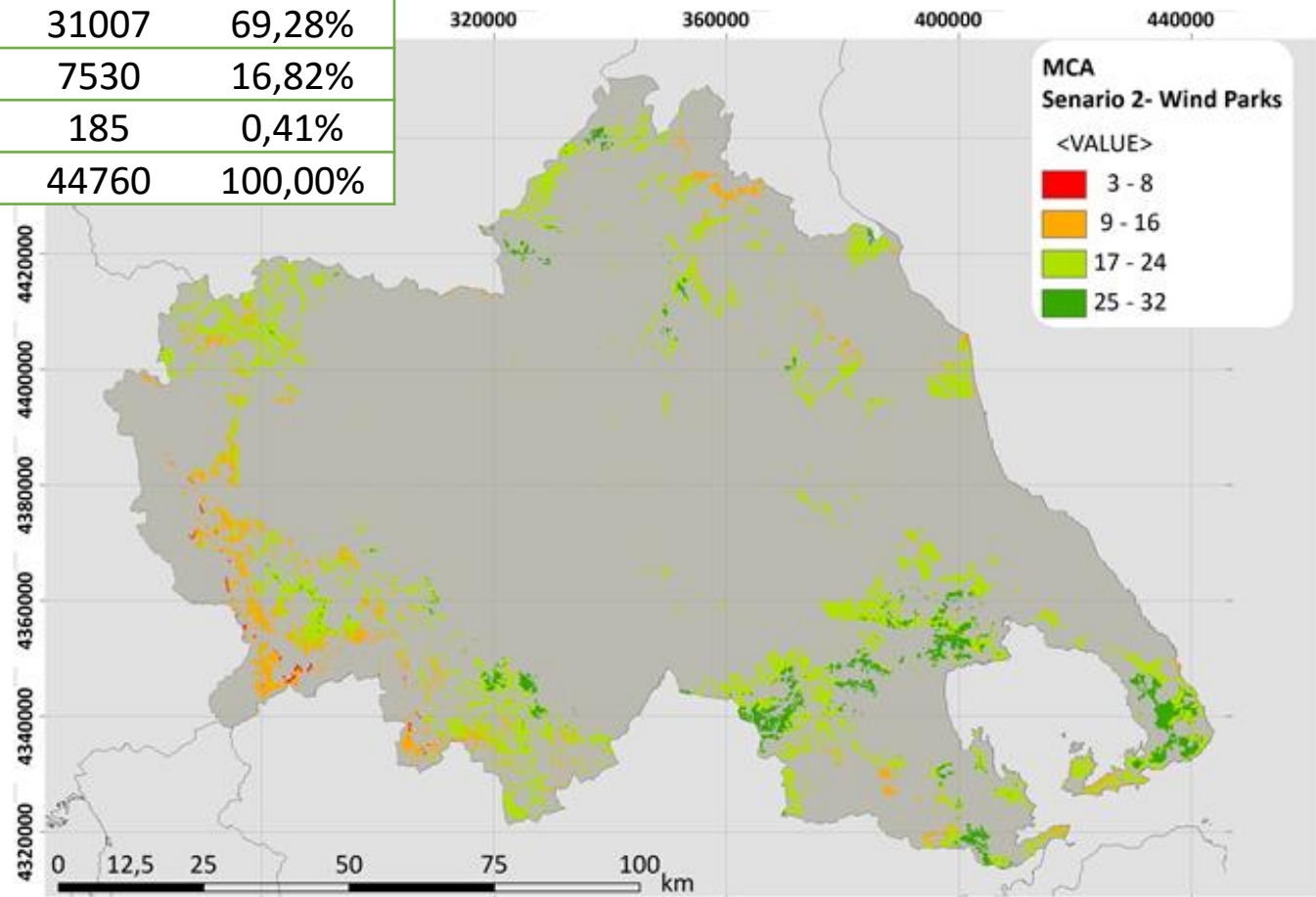
Η διαμόρφωση των κλάσεων για την εφαρμογή της κλίμακας αξιολόγησης έγινε με το εργαλείο Reclassify της επέκτασης Spatial analyst



Μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου (m/s)	Βαθμ.	Έκταση (km ²)	Ποσοστό
>7	4	270,5	0,69%
6-7	3	740,9	1,90%
5-6	2	2457,4	6,30%
4-5	1	9379,8	24,03%
0-4	0	26177,1	67,08%

Πολυκριτηριακή ανάλυση με στάθμιση των κριτηρίων

Βαθμ. κλίμ.	Ποσοστό καταλ.	Έκταση (km ²)	Δυνητική εγκατ. ισχύς (GW)	Ποσοστό
25-32	75-100 %	196,31	6038	13,49%
16-24	50-75 %	1008,12	31007	69,28%
8-16	25-50 %	244,81	7530	16,82%
0-8	0-25 %	6	185	0,41%
Σύνολο		1455,25	44760	100,00%

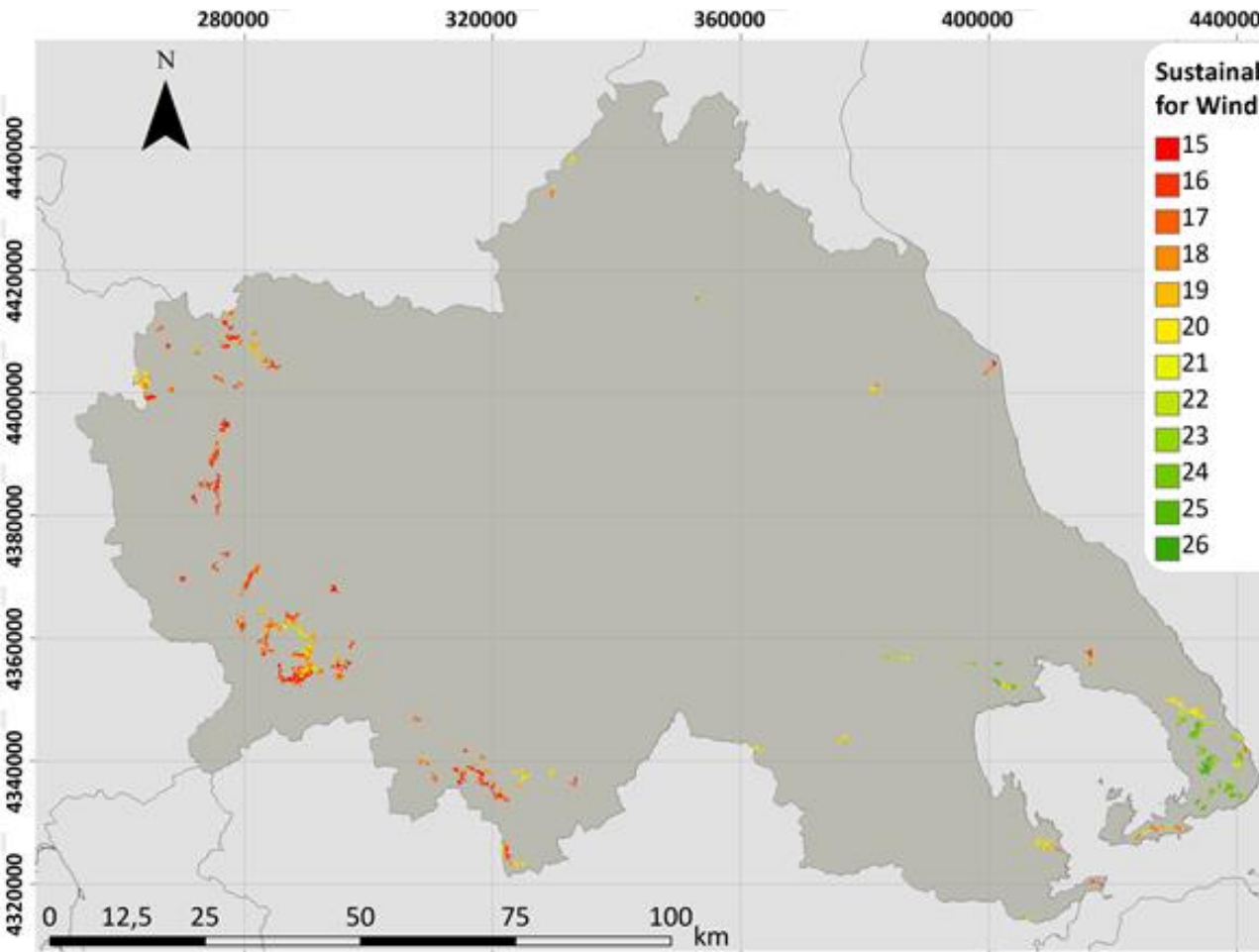


Επιλογή βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης αιολικών πάρκων

Προκρίνονται:

- ✓ Περιοχές με ποσοστό **καταλληλότητας πάνω από 50%**, για όλα τα κριτήρια εκτός του αιολικού δυναμικού .
- ✓ Περιοχές που αποτελούν επιτρεπόμενες περιοχές του **Σεναρίου 2**
- ✓ Περιοχές με **μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 5m/s**
- ✓ Περιοχές **εμβαδού μεγαλύτερου 500 000 m²** που αντιστοιχούν σε εγκατεστημένη ισχύ περίπου 15MW

Βιώσιμες περιοχές χωροθέτησης αιολικών πάρκων



Βαθμ.	Έκταση (km ²)	Εγκατ. ισχύς (MW)
15	15,63	480,6
16	18,00	553,6
17	19,81	609,4
18	18,56	570,9
19	17,13	526,7
20	11,44	351,8
21	9,19	282,6
22	6,69	205,7
23	5,06	155,7
24	9,25	284,5
25	7,50	230,7
26	0,63	19,2
Σύνολο	138,88	4271,4

Εφαρμογή μεθοδολογίας για τη χωροθέτηση
φωτοβολταϊκών πάρκων

Καθορισμός επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης ΦΠ (1)

Περιοχές αποκλεισμού Σεναρίου 1 (Ισχύουσα Νομοθεσία)

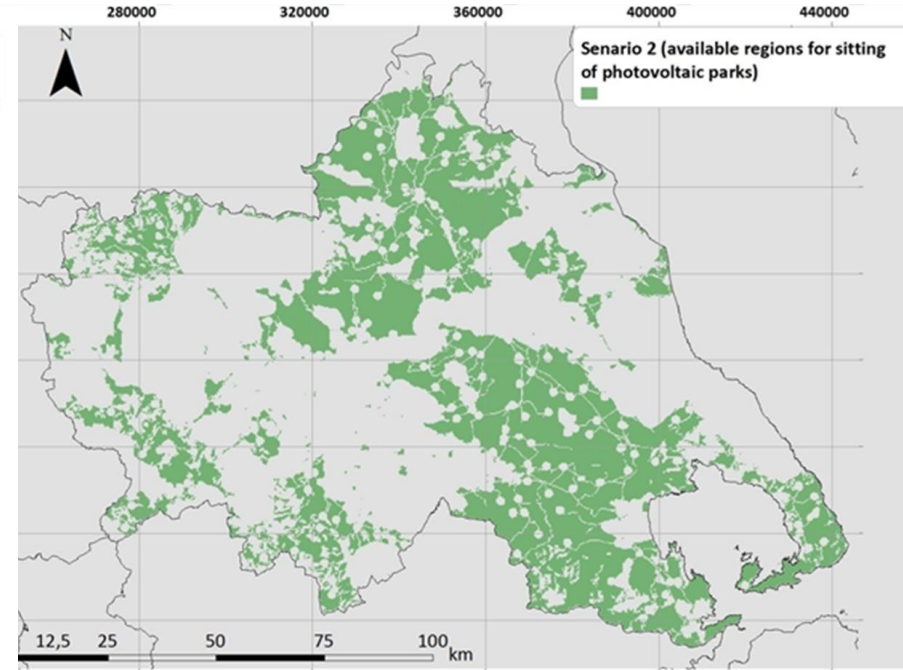
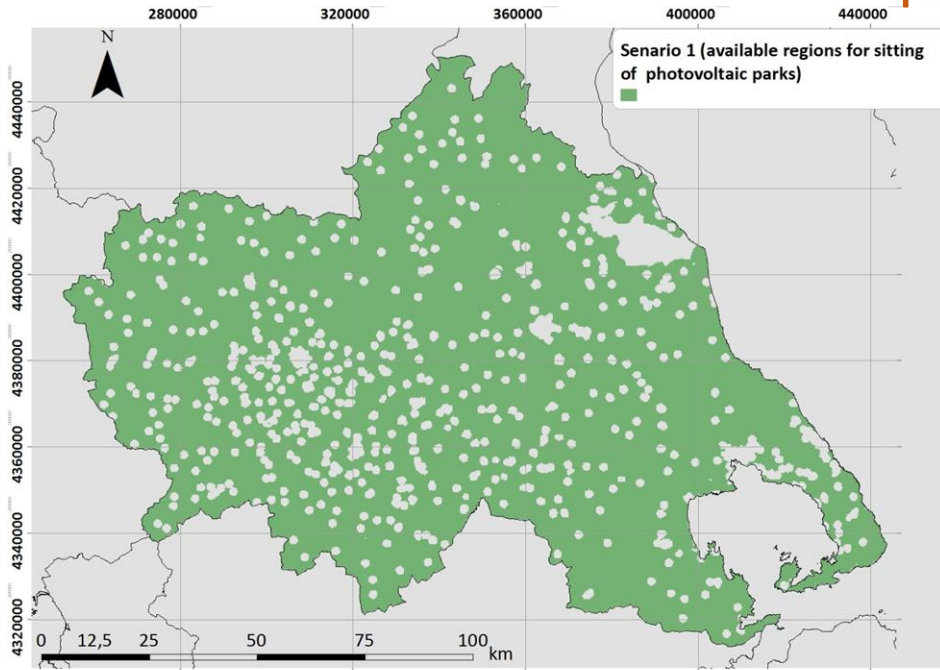
- Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και στα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας (UNESCO)
- Οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και του τοπίου
- Οι εθνικοί δρυμοί
- Τα κηρυγμένα μνημεία της φύσης
- Τα αισθητικά δάση
- Η περιοχές με ηλιακό δυναμικό κάτω από $800 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$
- Οικιστικές περιοχές (urban fabric CLC; 211, 212, οικισμοί της ΕΛΣΤΑΤ)

Καθορισμός επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης ΦΠ (1)

Περιοχές αποκλεισμού Σεναρίου 2 (Επιπλέον περιβαλλοντικοί και τεχνικοί περιορισμοί)

- Οι δασικές εκτάσεις, οι οποίες, που θεωρείται ότι ταυτίζονται με τα δάση του Corine 2000 (forests, CLC;311,312,313), καθώς δεν υπάρχει άλλη διαθέσιμη αποτύπωση
- Οι ΤΚΣ (Τόποι Κοινοτικής Σημασίας) του Δικτύου Natura 2000
- Οι γαίες υψηλής παραγωγικότητας που, λόγω απουσίας χωρικών δεδομένων, θεωρείται ότι ταυτίζονται με τις μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις (permanently irrigated land, CLC; 212) και τις μόνιμες καλλιέργειες (Permanent crops, CLC; 211-244) του Corine 2000.
- Βασικό οδικό δίκτυο, ακτές και ποτάμια, σε ακτίνα 100 m
- Αεροδρόμια, με ζώνη αποκλεισμού ακτίνας 3000m
- Υγρότοποι και λίμνες, με ζώνη αποκλεισμού ακτίνας 2500 m
- Οι περιοχές προστασίας της φύσης και τα καταφύγια άγριας ζωής

Επιτρεπόμενες περιοχές χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων



	Έκταση διαθ. περιοχών (km ²)	Εγκατ. ισχύς (GW)	Ποσοστό κάλυψης (%)
Σενάριο 1	11925	596,3	84,9%
Σενάριο 2	4956	247,8	35,3%
Θεσσαλία	14049	702,4	100%

Στο 2^ο σενάριο, ο αποκλεισμός των δασικών εκτάσεων, περιοχών υψηλής παραγωγικότητας και δικτύου Natura 2000 μειώνει σημαντικά την διαθέσιμη έκταση για ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων

Κριτήρια χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων

Κλίμακα αξιολόγησης	Βαθμολογία
Πολύ υψηλή καταλληλότητα	4
Υψηλή καταλληλότητα	3
Ικανοποιητική καταλληλότητα	2
Οριακά αποδεκτή καταλληλότητα	1
Ακατάλληλη	0

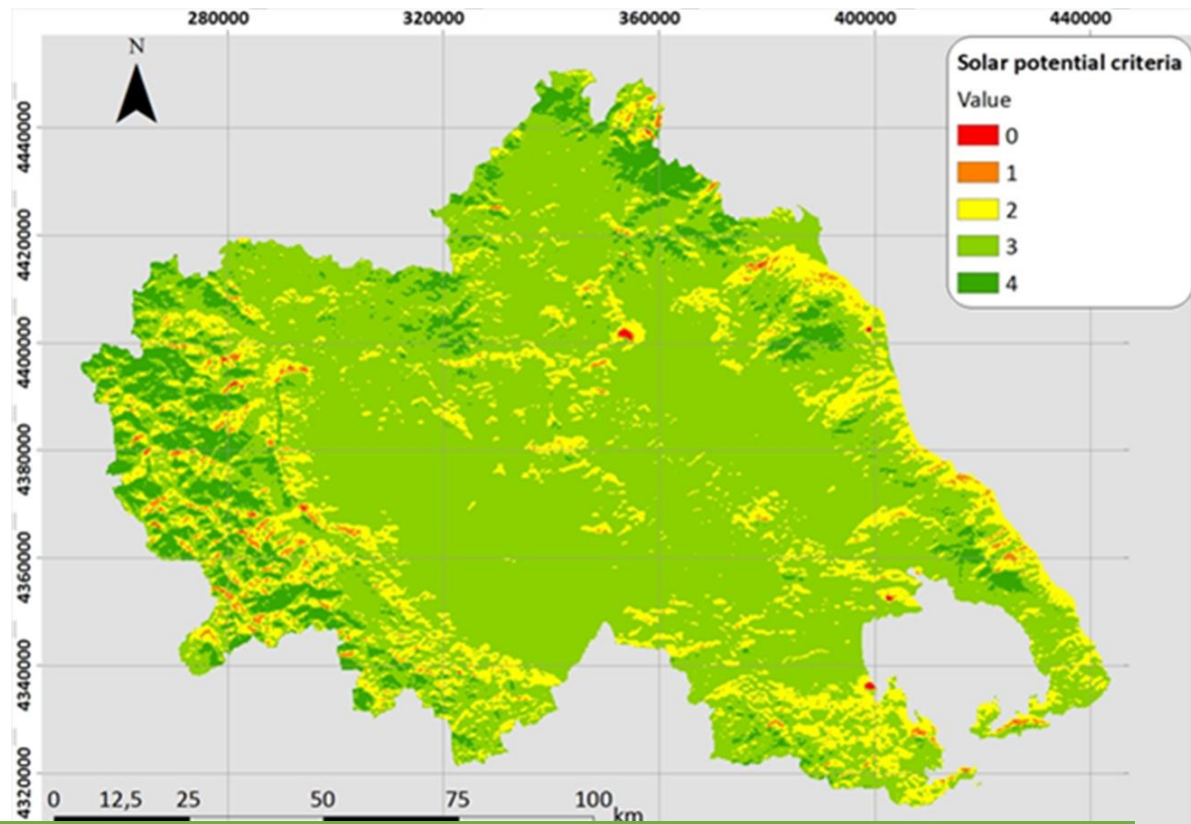


Κριτήριο αξιολόγησης	Τύπος κριτηρίου
CS1 Ηλιακό δυναμικό	Τεχνοοικονομικό
CS2 Κλίση εδάφους	Τεχνοοικονομικό\ Αισθητικό
CS3 Απόσταση από το οδικό δίκτυο	Τεχνοοικονομικό
CS4 Απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ενέργειας (Υ.Τ.& Μ.Τ)	Τεχνοοικονομικό
CS5 Υψόμετρο	Τεχνοοικονομικό\ Περιβαλλοντικό
CS6 Απόστασή από την ακτογραμμή και το υδρογραφικό δίκτυο	Αισθητικό\ Περιβαλλοντικό
CS7 Απόσταση από υγροτόπους και λίμνες	Αισθητικό\ Περιβαλλοντικό
CS8 Απόσταση από οικιστικές περιοχές	Αισθητικό\ Τεχνοοικονομικό

Χωρισμός των τιμών των κριτηρίων σε κλάσεις

Κριτήριο ηλιακού δυναμικού

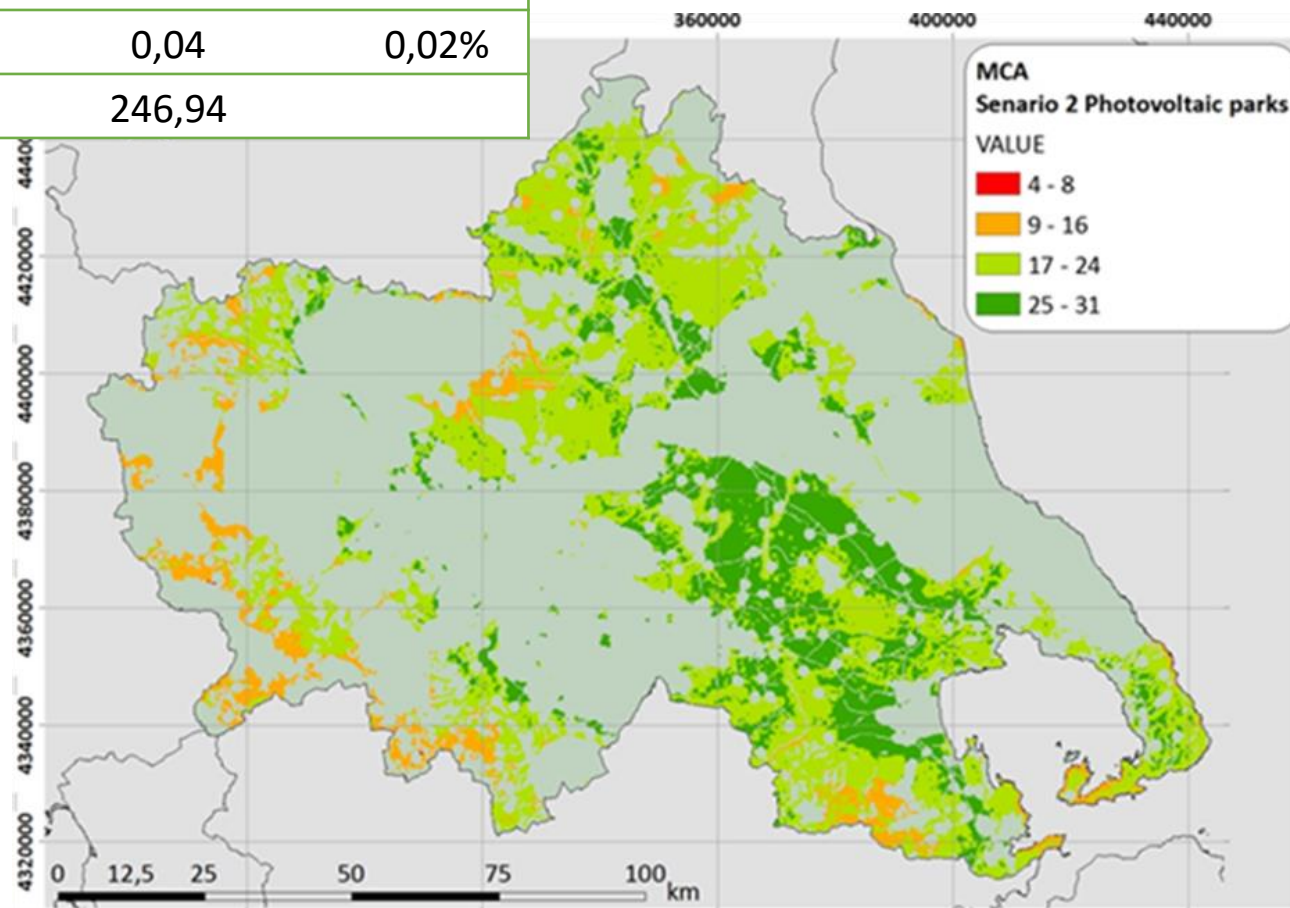
Η διαμόρφωση των κλάσεων για την εφαρμογή της κλίμακας αξιολόγησης έγινε με το εργαλείο Reclassify



Συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m ²)	Βαθμ.	Έκταση (km ²)	Ποσοστό
>1600	4	1212,9	8,63%
1400-1600	3	10272,4	73,12%
1200-1400	2	2341,7	16,67%
1200-1000	1	186,9	1,33%
800-1000	0	34,8	0,25%

Πολυκριτηριακή ανάλυση με στάθμιση των κριτηρίων

Βαθμ. κλίμ.	Ποσοστό Έκτ. (km ²)	Εγκατ. ισχύς (GW)	Ποσοστό	
25-32	75-100 %	1402,7	70,14	28,40%
16-24	50-75 %	2985,6	149,28	60,45%
8-16	25-50 %	549,5	27,48	11,13%
0-8	0-25 %	0,75	0,04	0,02%
Σύνολο	4938,7	246,94		

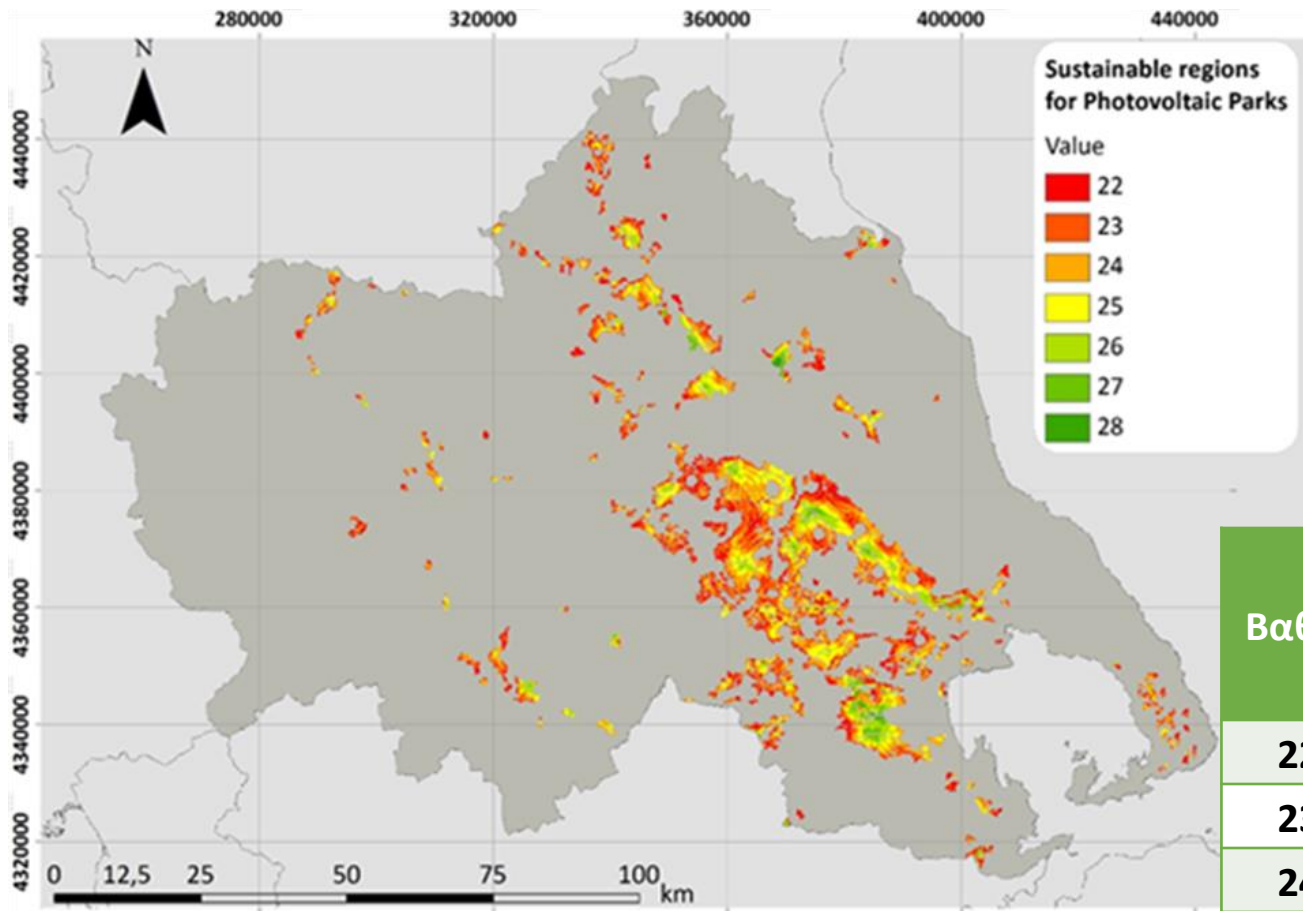


Επιλογή βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης ΦΠ

Προκρίνονται:

- ✓ Περιοχές με ποσοστό **καταλληλότητας πάνω από 75%**, για όλα τα κριτήρια εκτός του ηλιακού δυναμικού.
- ✓ Περιοχές που αποτελούν επιτρεπόμενες περιοχές του **Σεναρίου 2**
- ✓ Περιοχές με **μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία μεγαλύτερη από 1400 kWh/m²**
- ✓ Περιοχές **εμβαδού μεγαλύτερου 1200 m²** (εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων ισχύος 60 kW)

Βιώσιμες περιοχές χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων

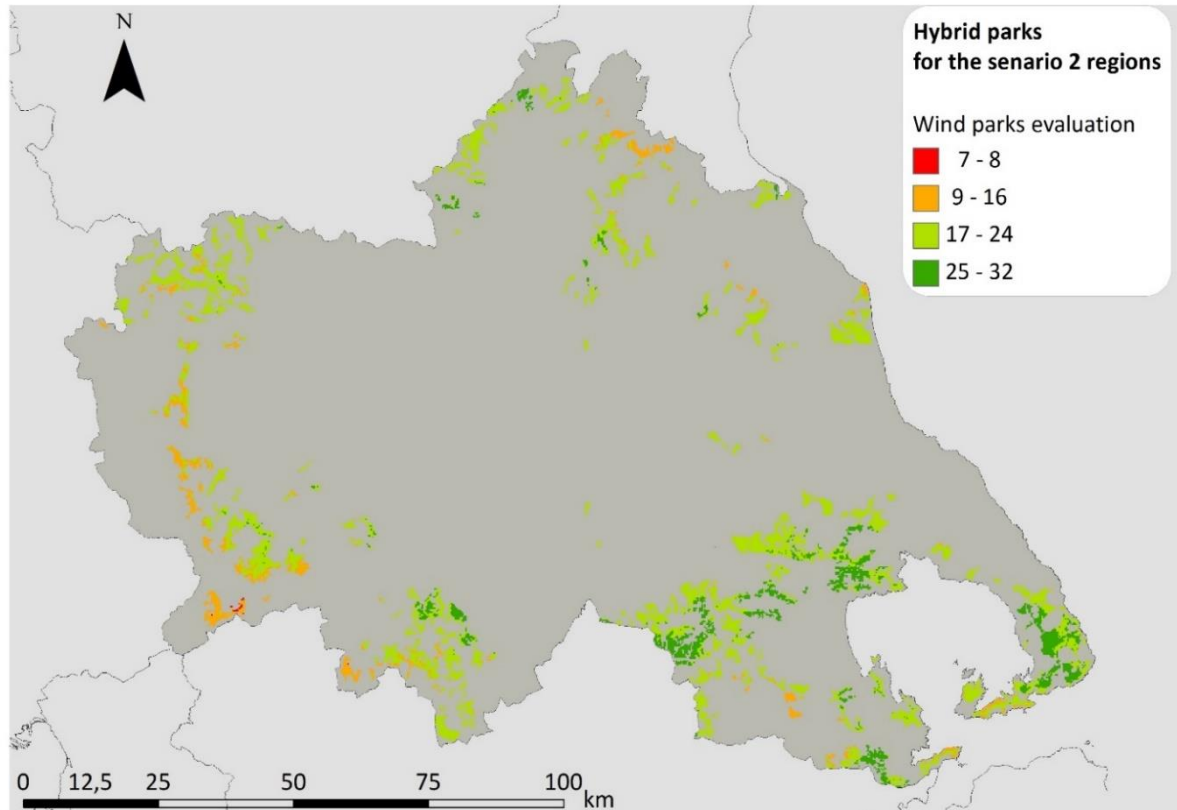


Βαθμ.	Έκταση (km ²)	Εγκ. ισχύς (MW)
22	234,00	11700,0
23	321,25	16062,5
24	313,31	15665,6
25	207,81	10390,6
26	95,69	4784,4
27	28,69	1434,4
28	4,94	246,9
Σύνολο		60284

Χρήση αποτελεσμάτων στην αξιολόγηση αιτήσεων αδειοδότησης

Αιολικά Πάρκα		Ποσοστό εντός επιτρεπόμενων περιοχών		Ποσοστό καταλληλότητας			
		Σενάριο 1	Σενάριο 2	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Αιολικά Πάρκα	Άδεια λειτ.	95%	77%	0,00%	23,48%	53,04%	23,48%
	Άδεια εγκατ.	100%	0%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
	Σε αξιολ.	84%	63%	0,00%	13,33%	82,86%	3,81%
	Απορ. αποφ.	79%	45%	0,00%	20,86%	73,41%	5,74%
	Άδεια λειτ.	97%	72%	0,00%	0,00%	45,23%	54,77%
	Άδεια εγκατ.	100%	0%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Φωτοβολταϊκά πάρκα	Άδεια παρ.	92%	69%	0,00%	0,00%	39,47%	60,53%
	Σε αξιολ.	100%	57%	0,00%	0,00%	21,62%	78,38%
	Απορ. αποφ.	98%	61%	0,00%	0,00%	48,90%	51,10%

Προοπτικές ανάπτυξης Υβριδικών πάρκων (1)



Εφαρμογή για τις επιτρεπόμενες περιοχές του Σεναρίου 2 για τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα αντίστοιχα

Βαθ. κλίμ. καταλ.	Έκτ. (km ²)	Δυνητική εγκατ. Ισχύς ΦΠ (MW)	Δυνητική εγκατ. Ισχύς ΑΠ (MW)	
25-32	75-100 %	145,19	7259	4466
16-24	50-75 %	741,06	37053	22793
9-16	25-50 %	135,31	6766	4162
0-8	0-25 %	0,19	9	6
Σύνολο		1069	53466	32889,27

Γενικά Συμπεράσματα

- Ένα **ολιστικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού** αποτελεί το κλειδί για μια **αποδοτική και βιώσιμη ανάπτυξη** (μελέτη διαφορετικών χωρικών περιορισμών, δυνατοτήτων συγχωροθέτησης διαφορετικών τύπων ΑΠΕ κ.α.)
- Οι **τεχνικοί παράγοντες είναι κρίσιμοι** για την αποδοτικότητα των επενδύσεων σε ΑΠΕ (π.χ. το δυναμικό των ΑΠΕ, η κάλυψη και η χωρητικότητα του ηλεκτρικού δικτύου)
- Μεθοδολογίες χωροθέτησης που εξετάζουν την χωρική διάσταση του προβλήματος ανάπτυξης των ΑΠΕ, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην **επιτυχή μεγάλης κλίμακας διείσδυση** των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα

Συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας (1)

- Υπάρχει σημαντικό προβάδισμα σε όρους διαθέσιμης έκτασης για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, που οφείλεται στο σημαντικό περιορισμό που εισάγει το αιολικό δυναμικό στην χωροθέτηση αιολικών πάρκων (ελάχιστη μέση ετήσια ταχύτητα 4 m/s)
- Σε όρους καταλληλότητας χωροθέτησης οι αιολικές εγκαταστάσεις υπολείπονται σημαντικά των ηλιακών. Για τα αιολικά πάρκα μόλις το 7% εντάσσεται στην κατηγορία υψηλής καταλληλότητας ενώ για τα φωτοβολταϊκά το αντίστοιχο ποσοστό ανέρχεται στο 25%, για το σύνολό της ηπειρωτικής Θεσσαλίας.
- Οι βέλτιστες περιοχές αξιοποίησης του ηλιακού δυναμικού συγκεντρώνονται στον Θεσσαλικό κάμπο, ενώ για τα αιολικά πάρκα στα χαμηλά σχετικά υψόμετρα
- Οι βιώσιμες αιολικές εγκαταστάσεις αντιστοιχούν σε 4271 MW εγκατεστημένης ισχύος, ενώ οι φωτοβολταϊκές σε 60 GW

Συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας (2)

- Μεγαλύτερη ευαισθησία της ανάλυσης στους τεχνικούς σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και για τους δύο τύπους εγκαταστάσεων.
- Για τα αιολικά έργα η άνω κατηγορία καταλληλότητας συγκεντρώνει το 6% των επιτρεπόμενων περιοχών του Σεναρίου 2 για τα τεχνικά και το 34% για τα περιβαλλοντικά κριτήρια (η διαφορά αμβλύνεται για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε 23% για τα τεχνικά και 58% για τα περιβαλλοντικά κριτήρια).
- Σχετικά με τις προοπτικές συγχωροθέτησης των δυο τύπων εγκαταστάσεων, αν ληφθούν οι επιτρεπόμενες περιοχές του Σεναρίου 2 προκύπτουν συνολικά 1069 km² και για την άνω κατηγορία καταλληλότητας προκύπτουν 179 km² που αντιστοιχούν σε 7259 MW



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος,

Ευχαριστώ για την προσοχή σας