



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας  
με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**



ΓΙΤΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΦΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ, Ιούνιος 2013

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αύξηση της παγκόσμιας ευαισθητοποίησης σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις που έχουν οι παραδοσιακές μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον, έχει δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για την εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Μεταξύ αυτών, η αιολική ενέργεια θεωρείται η πιο ασφαλής μορφή και είναι η πιο δημοφιλής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θέσει στόχους σχετικά με την ανάπτυξη των ΑΠΕ δημιουργώντας ένα πλαίσιο για ορθολογικό σχεδιασμό στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, μέσω εφαρμογής περιβαλλοντικών περιορισμών. Σε πολλές περιπτώσεις, τέτοιοι περιορισμοί έχουν αποκτήσει νομική ισχύ. Στα πλαίσια της επίτευξης των ενεργειακών στόχων που έχουν τεθεί, η εργασία αυτή εξετάζει το πρόβλημα της χωροθέτησης αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, βάσει νομικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών περιορισμών. Για τον σκοπό αυτό, αναπτύχθηκαν δύο μεθοδολογίες, σε ένα περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Στην πρώτη, αναπτύσσεται ένα χωρικό μοντέλο, που προσδιορίζει τις κατάλληλες περιοχές, χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που ορίζει η Εθνική νομοθεσία. Στη δεύτερη, εφαρμόζεται η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης, για την αξιολόγηση της καταλληλότητας κάθε περιοχής, με βάση σταθμισμένους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς στόχους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με μορφή πινάκων και χαρτών, και δείχνουν πως οι περιοχές που κρίνονται κατάλληλες με την πρώτη μεθοδολογία περιορίζονται σημαντικά με την εφαρμογή της πολυεπίπεδης ανάλυσης της δεύτερης μεθοδολογίας. Φαίνεται έτσι, πως το σύνθετο πρόβλημα της χωροθέτησης αιολικού πάρκου επηρεάζεται σημαντικά από τη μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται.

Λέξεις κλειδιά: χωροθέτηση αιολικού πάρκου, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, πολυκριτηριακή ανάλυση

## **ABSTRACT**

The increasing global awareness about the negative effects of the traditional methods of electricity production on the environment has created fertile ground for exploitation of Renewable Energy Sources (RES). Among these, wind power is considered the safest form and is the most popular. European Union (EU) has set targets for the development of RES by creating a framework for rational planning in siting wind farms through application of environmental restrictions. In many cases, such restrictions have gained legal force. In the context of achieving the energy objectives set, the paper examines the problem of locating a wind farm in the region of Thessaly, based on legal, environmental and financial constraints. For this purpose, two approaches were developed in an environment of Geographic Information Systems (GIS). At first, it develops a spatial model that identifies appropriate areas using criteria established by national legislation. In the second, the method of multi-criteria analysis is used to evaluate the suitability of each area, based weighted environmental and economic objectives. The results are presented in the form of tables and maps, and show that the areas deemed appropriate by the first methodology severely limited the application of multilevel analysis of the second methodology. It seems so, that the complex problem of locating wind farm is significantly influenced by the methodological approach taken.

**Keywords:** wind farm siting, Geographic Informations Systems, Multi-criteria Decision Analysis

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	9
1.1 Ερευνητικό πρόβλημα.....	9
1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας.....	10
1.3 Δομή της εργασίας .....	11
2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	12
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά ΑΠΕ .....	12
2.2 Αναγκαιότητα χρήσης ΑΠΕ- Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί στόχοι.....	14
2.3 Εθνικό σχέδιο δράσης 20-20-20 .....	16
2.4 Αιολική Ενέργεια .....	17
2.5 Ιστορική εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη .....	18
2.6 Ανεμογεννήτριες - Αιολικά Πάρκα .....	21
3. Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ .....	23
3.1 Ο χωροταξικός σχεδιασμός στην Ελλάδα.....	23
3.2 Σκοπός του χωροταξικού σχεδιασμού .....	24
3.3 Κριτήρια Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων.....	24
3.4 Κανόνες Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων.....	25
3.5 Χωροταξική προσέγγιση των ΑΠΕ στην υπόλοιπη Ευρώπη .....	28
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	29
4.1 Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων.....	29
4.2 Χωρική πληροφορία και ΓΣΠ.....	30
4.3. Χρήσεις των ΓΣΠ.....	32
4.4 Τα ΓΣΠ στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων .....	33
4.5 Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	35
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	38
6. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	41
6.1 Ανάλυση περιοχής μελέτης .....	41
6.2 Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου .....	42
6.2.1 Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με τη νομοθεσία .....	43
6.2.2 Συλλογή δεδομένων και δημιουργία γεωχωρικής βάσης.....	43
6.2.3 Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας.....	45
6.2.4 Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού.....	48
6.2.5 Ανεύρεση τελικών περιοχών .....	61

6.3 Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	63
6.3.1 Ταχύτητα ανέμου.....	64
6.3.2 Απόσταση από Ζώνες Ειδικής Προστασίας Ορνιθοπανίδας.....	66
6.3.3 Χρήσεις Γης .....	67
6.3.4 Εγγύτητα σε οδικό δίκτυο .....	68
6.3.5 Εγγύτητα σε δίκτυο υψηλής τάσης .....	69
6.3.6 Πυκνότητα πληθυσμού .....	71
6.3.7 Χωροθέτηση αιολικού πάρκου.....	72
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1:</b> Εκτάσεις κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στις Περιφερειακές Ενότητες της Περιφέρειας Θεσσαλίας.....	62
<b>Πίνακας 2:</b> . Αναλυτική Ιεράρχηση για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.....	63
<b>Πίνακας 3:</b> Κατανομή των τιμών αξιολόγησης για τους περιβαλλοντικούς - οικονομικούς στόχους και για τους επιμέρους παράγοντες.....	73

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1.</b> Διαδικασίες ΓΣΠ σε πλαίσιο ολοκληρωμένης χωρικής διαδικασίας.....	31
<b>Σχήμα 2.</b> Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου για χωροθέτηση αιολικού πάρκου.....	38
<b>Σχήμα 3.</b> Μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης για χωροθέτηση αιολικού πάρκου.....	40

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1:</b> Εγκατεστημένη ισχύς ανά τύπο ΑΠΕ έως τα τέλη του 2008 παγκοσμίως, στον αναπτυσσόμενο κόσμο, την ΕΕ των 27 και στις 6 μεγαλύτερες χώρες .....	1
<b>Εικόνα 2:</b> Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο .....	1
<b>Εικόνα 3:</b> Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας 1996-2012.....	1
<b>Εικόνα 4:</b> Προοπτική εξέλιξης των θέσεων εργασίας στα αιολικά πάρκα στην ΕΕ για την περίοδο 2008-2030 .....	1
<b>Εικόνα 5:</b> Επίθεση πολλαπλών επιπέδων χωρικής πληροφορίας σε ένα ΓΣΠ, για την αναπαράσταση και ανάλυση του φυσικού κόσμου.....	1
<b>Εικόνα 6:</b> Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 7:</b> Κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας με κριτήριο το αιολικό δυναμικό.....	1
<b>Εικόνα 8:</b> Τρισδιάστατη απεικόνιση αιολικού δυναμικού Περιφέρειας Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 9:</b> Κύριο και δευτερεύων δίκτυο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 10:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από τις περιοχές NATURA 2000 .....	1
<b>Εικόνα 11:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από Εθνικό Δρυμό και Αισθητικά Δάση.....	1
<b>Εικόνα 12:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αξιόλογες ακτές και παραλίες.....	1
<b>Εικόνα 13:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικούς χώρους UNESCO .....	1
<b>Εικόνα 14:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικούς χώρους στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 15:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από πολιτιστικά μνημεία στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 16:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από οριοθετημένους οικισμούς.....	1
<b>Εικόνα 17:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από παραδοσιακούς οικισμούς.....	1
<b>Εικόνα 18:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από ιερές μονές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 19:</b> Ζώνη αποκλεισμού γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 20:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από το δίκτυο υψηλής τάσης.....	1
<b>Εικόνα 21:</b> Ζώνη αποκλεισμού γύρω από τις αρδευόμενες εκτάσεις στην Περιφέρεια Θεσσαλίας .....	1
<b>Εικόνα 22:</b> Ζώνες αποκλεισμού γύρω από μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες.....	1
<b>Εικόνα 23:</b> Κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 24:</b> Ψηφιδωτός χάρτης ταχύτητας ανέμου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 26:</b> Ψηφιδωτός χάρτης των χρήσεων γης στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 27:</b> Ψηφιδωτός χάρτης αποστάσεων από οδικό δίκτυο .....	1
<b>Εικόνα 28:</b> Ψηφιδωτός χάρτης αποστάσεων από δίκτυο υψηλής τάσης .....	1
<b>Εικόνα 29:</b> Ψηφιδωτός χάρτης πυκνότητας πληθυσμού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας .....	1

*Γιώργος Γίτσης*

<b>Εικόνα 30:</b> Κατάλληλες περιοχές βάσει περιβαλλοντικών στόχων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας .....	1
<b>Εικόνα 31:</b> Κατάλληλες περιοχές βάσει οικονομικών στόχων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1
<b>Εικόνα 32:</b> Κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	1

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

ΑΓ: Ανεμογεννήτριες

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΑΔΜΗΕ: Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΚ: Ευρωπαϊκός Κανονισμός

ΕΛΣΤΑΤ: Ελληνική Στατιστική αρχή

ΕΠΟ: Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων

ΕΠΧΣΑΑ: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης

ΖΕΠ: Ζώνες Ειδικής Προστασίας

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

ΜΠΕ: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

ΟΤΑ: Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης

ΠΑΚ: Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας

ΠΑΠ: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας

ΠΕ: Περιφερειακή Ενότητα

ΠΠΕΑ: Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση

ΠΥΣ: Πρακτικά Υπουργικού Συμβουλίου

ΡΑΕ: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

ΣΥΛΑ: Συστήματα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων

ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

MW: μεγαβάτ

GIS: Geographic Information System

GPS: Global Positioning System



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Φώτη Γεώργιο, αναπληρωτή καθηγητή του ΕΜΠ, επιβλέποντα καθηγητή της παρούσης διπλωματικής εργασίας για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγησή του.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κύριο Τσομπάνογλου Στέλιο, για την αμέριστη βοήθεια και τις συμβουλές του σε επιστημονικά, και όχι μόνο, πεδία. Τέλος θερμές ευχαριστίες στη φίλη και διδάκτορα του Πανεπιστημίου της Τεργέστης Γαλιδάκη Γεωργία, για την πολύτιμη βοήθειά της.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Ερευνητικό πρόβλημα

Είναι κοινό μυστικό σήμερα ότι μία από τις μεγαλύτερες απειλές του πλανήτη μας είναι η αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος. Η συνεχής βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των αναπτυγμένων χωρών και οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες του ανθρώπου οδηγούν στην εκτίναξη των αναγκών σε θέματα ενέργειας. Μετά τις πρώτες ενεργειακές κρίσεις, οι οποίες έλαβαν χώρα το 1972 και 1979, υπήρξε ένα έντονο ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Επίσης τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που προέκυψαν από την χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, ενίσχυσαν το ενδιαφέρον αυτό και ώθησαν τα κράτη στην ανάληψη πολιτικών προώθησης των ήπιων – ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.

Η ανάπτυξη λοιπόν των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελεί βασική προτεραιότητα της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ αντιστοιχούσε σε 18% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας παγκοσμίως το 2007 (Yuksel και Kaygusuz, 2011).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει το πλούσιο δυναμικό που διαθέτει σε ΑΠΕ. Σημαντικό παράγοντα δραστηριοποίησης προς αυτή την κατεύθυνση διαδραματίζει και η σημαντική άνοδος του βιοτικού επιπέδου που συντελέστηκε στην Ελλάδα τα τελευταία 30 χρόνια και συνοδεύτηκε από ανάλογη αύξηση στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη βαθμιαία απαξίωση των εν λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (για οικονομικούς ή περιβαλλοντικούς λόγους) επέβαλε τα τελευταία χρόνια τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής σε πολλές περιοχές της χώρας μας (Markaki κά, 2013). Το πρόβλημα λοιπόν της επάρκειας της ηλεκτρικής ισχύος παραμένει και γίνεται ολοένα και πιο πιεστικό. Στα πλαίσια αυτά η μόνη ορατή λύση είναι η δημιουργία νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Οι δυσμενείς επιπτώσεις όμως της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον και η ανάγκη για ενεργειακή ανεξαρτησία έστρεψε το ενδιαφέρον στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ιδιαίτερα στην αιολική (Aydin κά, 2010).

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων έχουν θεσπιστεί μέτρα υποστήριξης και προώθησης των εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, όπως η απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης

τους. Σημαντικό ρόλο ωστόσο στη διαδικασία της αδειοδότησης παίζει το θέμα της χωροθέτησης των ΑΠΕ και των αιολικών πάρκων. Για τον καθορισμό μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την εγκατάσταση μονάδων εκμετάλλευσης ΑΠΕ, ικανοποιώντας την ανάγκη για ορθολογικό σχεδιασμό και προγραμματισμό στη χωροθέτηση τους, θεσπίστηκε το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους γενικούς κανόνες για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου. Επιδίωξη του πλαισίου αυτού αποτελεί ο καθορισμός μια σειράς κριτηρίων και παραμέτρων που αφορούν περιβαλλοντικά, κοινωνικό-οικονομικά καθώς και τεχνικής φύσεως θέματα. Η πληθώρα των παραγόντων που υπεισέρχονται στη διαδικασία χωροθέτησης καθιστά αναγκαία τη χρήση ισχυρών υπολογιστικών συστημάτων (Νάκου, 2007).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σχεδιαστεί για την αποθήκευση, διαχείριση, ανάλυση και χαρτογράφηση γεωγραφικών δεδομένων. Υποστηρίζουν λοιπόν χωροθετήσεις λειτουργιών μικρής αλλά και μεγάλης κλίμακας. Παράλληλα, είναι αναγκαία για την υλοποίηση των μεθόδων χωρικής ανάλυσης, διότι η ανάλυση χώρου καθορίζεται από τη διαχείριση των χωρικών στοιχείων που είναι οργανωμένα σε αυτά (Church, 2002).

Από πολύ νωρίς έγινε αντιληπτή η σημασία χρησιμοποίησης των ΓΣΠ στις χωροθετήσεις (McHarg, 1969) και ειδικότερα στη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων τόσο στο εξωτερικό (Johnston, 1987), όσο και στη χώρα μας (Voivontas κá, 1998).

## 1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Στα πλαίσια της επίτευξης των ενεργειακών στόχων που έχουν τεθεί, σκοπός της εργασίας αυτής είναι η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) στο σχεδιασμό εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού τέθηκαν οι εξής στόχοι:

-Η κατασκευή και ανάλυση ενός χωρικού τεχνικού μοντέλου για την εφαρμογή των νομικών περιορισμών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, και ειδικότερα του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης

-Η εφαρμογή της μεθόδου της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων που εμπλέκονται στο σχεδιασμό χωροθέτησης αιολικού πάρκου.

Τα τελικά αποτελέσματα παρατίθενται παρακάτω σε χάρτες καθώς και η διεξοδική ανάλυση και σύγκριση των κριτηρίων και των μεθόδων που εφαρμόστηκαν.

### 1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο τίθεται το ερευνητικό πρόβλημα και παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, καθώς και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία καταγραφή των χαρακτηριστικών των ΑΠΕ και της αναγκαιότητας της χρήσης τους. Επιπρόσθετα, γίνεται η καταγραφή τόσο των εθνικών, όσο και των ευρωπαϊκών στόχων που έχουν τεθεί. Τέλος γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αιολική ενέργεια, στην εξέλιξη της σε Ελλάδα και Ευρώπη, καθώς και στα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αιολικού πάρκου.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια προσέγγιση στον χωροταξικό σχεδιασμό σε Ελλάδα και Ευρώπη. Συγκεκριμένα αναφέρεται η νομοθεσία που διέπει τις ΑΠΕ και αναλύονται τα νομικά κριτήρια και οι περιορισμοί τους για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων. Τέλος γίνεται μία αναφορά στα χωροταξικά κριτήρια των ΑΠΕ στην Ευρώπη.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τεχνικές χωροθέτησης αιολικών πάρκων. Περιγράφεται η τεχνολογία των ΓΣΠ και ο ρόλος τους στην προσέγγιση χωρικών προβλημάτων. Γίνεται μία εκτενής ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και αναλύεται η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που θα εφαρμοστεί για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Δίνονται σχηματικά οι δύο μέθοδοι που επιλέχθηκαν καθώς και η διαδικασία που ακολουθήθηκε στις μεθόδους αυτές.

Στο έκτο κεφάλαιο, που αποτελεί και το κύριο κεφάλαιο της εργασίας, εφαρμόζεται η μελέτη περίπτωσης. Αναλύεται καταρχήν η περιοχή μελέτης, παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και οι πηγές αυτών. Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι δύο μεθοδολογίες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τη μορφή χαρτών και πινάκων. Τέλος αναλύονται τα αποτελέσματα αυτά για κάθε μία μεθοδολογία.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται σύνοψη του προβλήματος που αντιμετώπισε η εργασία καθώς και των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν. Γίνεται σύγκριση των δύο αυτών μεθοδολογιών και τέλος παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο επιχειρείται μία προσέγγιση στον τομέα των ΑΠΕ και της αιολικής ενέργειας ειδικότερα. Παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά τους καθώς και οι εθνικοί και ευρωπαϊκοί στόχοι. Στη συνέχεια γίνεται μία εισαγωγή στον τομέα της αιολικής ενέργειας, στην ιστορική εξέλιξη της σε Ελλάδα και Ευρώπη και τέλος μία αναφορά στα τεχνικά μέρη ενός αιολικού πάρκου.

### 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά ΑΠΕ

Η διαφαινόμενη εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων σε συνδυασμό με την διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση σε ενέργεια οδήγησε τις σύγχρονες κοινωνίες αφενός σε τεχνικές εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης και αφετέρου στην αξιοποίηση των ΑΠΕ. Οι από αρχαιοτάτων χρόνων γνωστές ενεργειακές πηγές αποτελούν ανεξάντλητα (ανανεώσιμα) ενεργειακά αποθέματα, ενώ η χρήση τους είναι φιλική προς το περιβάλλον (Καλδέλλης και Καββαδίας, 2001).

Με τους όρους ανανεώσιμες ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζουμε τις μορφές ενέργειας οι οποίες παράγονται από διάφορες φυσικές διεργασίες, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό και άλλες (Δραγόζη, 2007).

Ο όρος ήπιες έχει δοθεί γιατί για την εκμετάλλευσή τους δεν ασκείται κάποια παρέμβαση στο περιβάλλον, όπως καύση, εξόρυξη ή άντληση παρά μόνο εκμεταλλευόμαστε τη ροή ενέργειας στο περιβάλλον. Επίσης πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί επίσης να οριστεί απλά ως μία μορφή βιώσιμων πόρων που διατίθενται μακροπρόθεσμα σε λογικό κόστος και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιαδήποτε εκμετάλλευση χωρίς αρνητικές επιπτώσεις (Manzano-Agugliaro κá, 2013). Ωστόσο, ο όρος ανανεώσιμες είναι κάπως καταχρηστικός καθώς ορισμένες μορφές ενέργειας, όπως η γεωθερμία, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Στην ουσία ο όρος χρησιμοποιείται για να καλύψει εκείνες τις μορφές ενέργειας που ονομάζονται “μη συμβατικές”. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια η εσωτερική θερμότητα από το εσωτερικό του φλοιού της γης και ακόμη τα απορρίμματα

οικιακής και γεωργικής εκμετάλλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος σχεδόν αποκλειστικά μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα όπου στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων (Καλδέλλης και Καββαδίας, 2001).

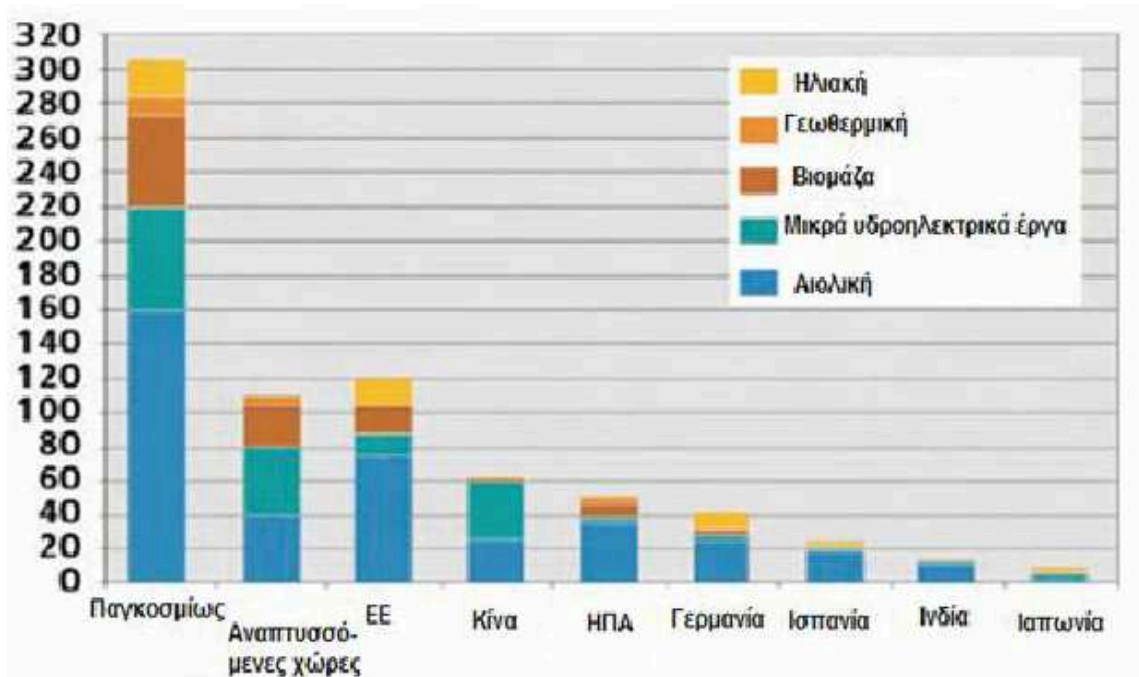
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (σύμφωνα με τον Ν 2773/1999) είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από:

- α) Την εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή Βιομάζας ή Βιοαερίου.
- β) Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
- γ) Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την θάλασσα.
- δ) Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.
- ε) Συνδυασμό των ανωτέρω.
- στ) Τη Συμπαράγωγή, με χρήση των Πηγών Ενέργειας, των (α) και (β) και συνδυασμό τους.

Οι κυριότερες μορφές λοιπόν των ΑΠΕ είναι:

- ♣ η ηλιακή,
- ♣ η αιολική,
- ♣ η γεωθερμική,
- ♣ η ενέργεια της βιομάζας,
- ♣ η υδροηλεκτρική

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς ανά τύπο ΑΠΕ έως τα τέλη του 2008 παγκοσμίως, στον αναπτυσσόμενο κόσμο, την ΕΕ των 27 και στις 6 μεγαλύτερες χώρες (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Εγκατεστημένη ισχύς ανά τύπο ΑΠΕ έως τα τέλη του 2008 παγκοσμίως, στον αναπτυσσόμενο κόσμο, την ΕΕ των 27 και στις 6 μεγαλύτερες χώρες (πηγή: Πάτσιος, 2011)

## 2.2 Αναγκαιότητα χρήσης ΑΠΕ- Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί στόχοι

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ αποτελεί βασική προτεραιότητα της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης την τελευταία 30ετία, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος (Λευκή Βίβλος «Ενέργεια για το Μέλλον» 1997) και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού (Green Paper «Στρατηγική για την Ασφάλεια της παροχής Ενέργειας» 2000).

Στις 31 Μαΐου 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση που τότε αποτελείτο από 15 κράτη- μέλη επικύρωσε το πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύτηκε έτσι να μειώσει τις συνολικές της εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2008-2012. Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων κάθε χώρας στο εσωτερικό της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτέλεσε αντικείμενο διαπραγματεύσεων μεταξύ των 15 κρατών- μελών. Κάποια κράτη δεσμεύτηκαν να μειώσουν τους εκπεμπόμενους ρύπους τους, άλλα να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλα να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Πετροχίλου, 2011).

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, τα κράτη μέλη της ΕΕ καθορίζουν μέτρα υποστήριξης, καθώς και κριτήρια για την εναρμόνιση των πολιτικών ΑΠΕ, όπως απλοποίηση διαδικασιών

αδειοδότησης, εξασφάλιση σύνδεσης στα δίκτυα, πόρους ενίσχυσης επενδύσεων ΑΠΕ, εγγυημένη τιμή πώλησης κιλοβατώρας.

Η χώρα μας είναι υποχρεωμένη να ακολουθήσει τις διεθνείς δεσμεύσεις. Σημειώνονται ιδιαίτερα οι παρακάτω αναφορές:

1. Στο πλαίσιο της ενιαίας πολιτικής της ΕΕ και της κατανομής των ευθυνών μεταξύ των χωρών μελών σχετικά με το Πρωτόκολλο του Κιότο, που συμφωνήθηκε το 1998, η Ελλάδα έχει δεσμευθεί να μην αυξήσει τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου πάνω από 25% (μέσος όρος πενταετίας 2013-2017), με βάση τις εκπομπές του 1990 (ΠΥΣ 5/27.2.2002, Ν 3017/02).

2. Στην εγκεκριμένη από την Ελληνική Κυβέρνηση Ελληνική Στρατηγική προς τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (2002), επαναλαμβάνεται η παραπάνω δέσμευση, ενώ γίνεται σε διάφορες περιπτώσεις ρητή αναφορά στις ΑΠΕ, και μεταξύ άλλων αναφέρονται τα εξής: «Στόχος της Στρατηγικής μας είναι ... [η] «Δραστική αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ, με πρώτο στόχο την αύξηση της συμμετοχής τους στην ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2020 στο 20%, σύμφωνα και με τη σχετική κοινοτική οδηγία. Αν και σήμερα η αιχμή του επενδυτικού ενδιαφέροντος εντοπίζεται στα αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά έργα, σημαντική αναμένεται και η ανάπτυξη ηλιακών τεχνολογιών στον κτιριακό τομέα, ενώ η βιομάζα μακροπρόθεσμα θα κληθεί να αναλάβει σημαντικό μερίδιο των ενεργειακών αναγκών της χώρας, σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας, καθώς και στις μεταφορές.»

3. Στη Πράσινη Βίβλο για την ασφάλεια της ενεργειακής τροφοδοσίας (2000), αναφέρεται ότι οι εθνικές, περιφερειακές και τοπικές κανονιστικές διατάξεις, θα πρέπει να προσαρμοστούν σε επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού και χρήσεων γης, προκειμένου να δοθεί σαφής προτεραιότητα στην εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή (Πετροχίλου, 2011).

Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής πολιτικής για την κλιματική αλλαγή και την ενέργεια όπου τίθενται σε επίπεδο ΕΕ, οι στόχοι για τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τη διείσδυση των ΑΠΕ και την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (γνωστοί ως στόχοι 20-20-20), υιοθετήθηκε από τα κράτη-μέλη ένα ευρύ νομοθετικό πακέτο. Εκεί περιλαμβάνεται και η οδηγία 2009/28/ΕΚ για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές που θέτει τον νομικά δεσμευτικό στόχο 20% για συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ-27 μέχρι το 2020, ενώ για την Ελλάδα ο αντίστοιχος στόχος προσδιορίζεται στο 18% (Ετήσια Έκθεση ΥΠΕΚΑ, 2010).



### 2.3 Εθνικό σχέδιο δράσης 20-20-20

Η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Αναφέρονται επίσης μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ, καθώς και στοιχεία για τις βασικές διοικητικές δομές που θα επιταχύνουν τη διείσδυση αυτή.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης μετά τις πιθανές βελτιώσεις που θα προέλθουν από τη διαβούλευση με την ΕΕ, θα αποτελέσει τη βάση για τη σύνταξη σχετικής Υπουργικής Απόφασης για τη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και η πρόοδος στην εφαρμογή του θα εξετάζεται ανά δύο χρόνια και θα επικαιροποιείται, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι εξελίξεις της αγοράς και της βελτίωσης των τεχνολογιών, αλλά και η ζήτηση της ενέργειας ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)).

Όπως αναφέρθηκε, το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ, εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των ΑΠΕ, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα για το σύνολο των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται:

- ▲ 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- ▲ 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- ▲ 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Στην εικόνα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πρόβλεψη του ΥΠΕΚΑ για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, την παραγωγή θερμότητας και την τελική κατανάλωση σύμφωνα με την 28/2009/ΕΚ για τη δεκαετία 2010-2020.



*Εικόνα 2: Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο ( πηγή: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr))*

Οι εθνικοί ενεργειακοί στόχοι για το 2020, όπως περιγράφονται από το παρόν σχέδιο δράσης, αλλά και όπως έχουν διαμορφωθεί από τις πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις και τα αντίστοιχα εθνικά προγράμματα διαμορφώνουν ένα ισχυρά αναπτυξιακό επιχειρηματικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο «πράσινης» ανάπτυξης. Παράλληλα, η επίτευξη αυτών των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας βασικών κλάδων της οικονομίας ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)). Προς αυτή την κατεύθυνση αναπτύσσονται διάφορες μορφές των ΑΠΕ, με την αιολική να είναι η κυριότερη εξ αυτών.

## 2.4 Αιολική Ενέργεια

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τον άνεμο και την δύναμη του. Κυριότερα χαρακτηριστικά εκμετάλλευσης του ανέμου ήταν οι ανεμόμυλοι και η χρήση ιστιοφόρων πλοίων. Βεβαίως και στις μέρες μας υπάρχουν αυτές οι χρήσεις του ανέμου, αλλά η κυριότερη πλέον αξιοποίηση της ενέργειάς του είναι στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με μεγάλη ταχύτητα από μια περιοχή

σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία και την περιστροφή της γης. Λόγω της θέρμανσης του αέρα στις περιοχές του ισημερινού, ο αέρας γίνεται ελαφρύτερος και αρχίζει να ανυψώνεται, ενώ στους πόλους ο κρύος αέρας αρχίζει να βυθίζεται. Ο ανερχόμενος αέρας στον ισημερινό κινείται προς βορρά και νότο. Η διαφορετική θερμοκρασία της θάλασσας προκαλεί κι αυτή με τη σειρά της πιο μικρές αλλαγές στη ροή του αέρα. Η φύση του εδάφους, που κυμαίνεται από τα βουνά και τις κοιλάδες σε πιο τοπικά εμπόδια, όπως κτίρια και δέντρα, έχει επίσης σημαντική επίδραση στον αέρα (Walker JF και Jenkins N, 1997).

Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία, η εκμετάλλευση της θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αν και μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτής είναι σήμερα αξιοποιημένο υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ταχύτητας 5,1 m/s, σε ύψος δέκα μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μια περιοχή πνέουν άνεμοι με μέση τιμή πάνω από αυτή, το αιολικό δυναμικό θεωρείται τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Τσιάμη, 2009)

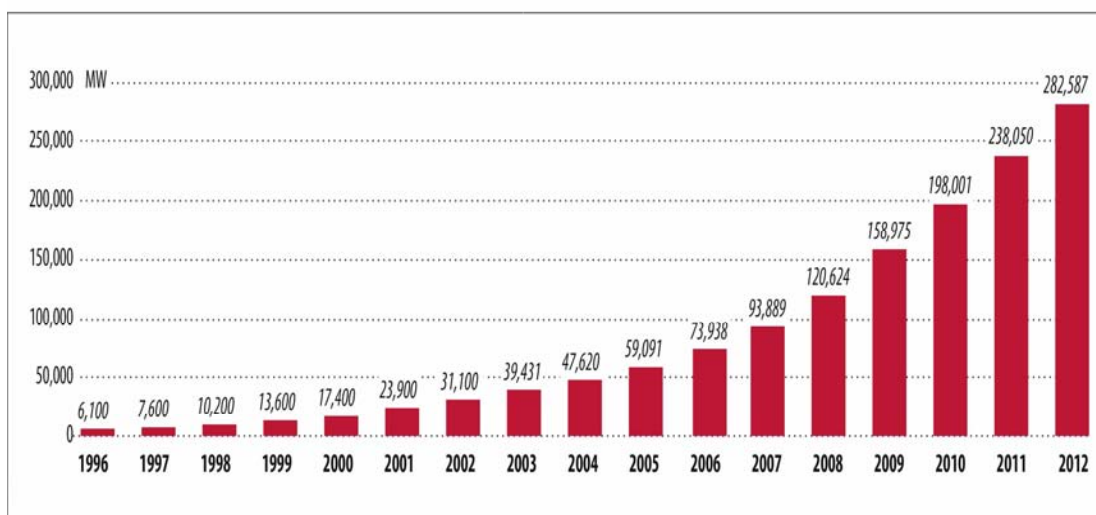
Η αιολική ενέργεια γίνεται όλο και πιο δημοφιλής, αφού το κόστος παραγωγής πέφτει ραγδαία και την καθιστά όλο και πιο ανταγωνιστική σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Έτσι ενώ το παγκόσμιο εγκατεστημένο αιολικό δυναμικό ανερχόταν το 1998 σε λίγο περισσότερο από 10.000 MW συνολικά, το 2005 είχε ήδη φτάσει τα 60.000 MW (600% αύξηση), ενώ αναμένεται να φτάσει τα 150.000 MW το 2015. Το σχετικά χαμηλό κόστος σε σχέση με την απόδοση της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ είναι ο βασικός λόγος της ραγδαίας αυτής ανάπτυξης (Κουτελιδάκης, 2010).

## 2.5 Ιστορική εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη

Με δεδομένο τον προβληματισμό για τη μελλοντική αξιόπιστη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με μεθόδους οικονομικές αλλά και φιλικές προς το περιβάλλον, πολλές χώρες προχώρησαν σε κατάρτιση ενεργειακών σχεδίων για την εκμετάλλευση του ενεργειακού δυναμικού τους από ΑΠΕ. Χώρες όπως η Γερμανία, η Ισπανία, η Δανία και η Βρετανία έχουν κάνει την αιολική ενέργεια ακρογωνιαίο λίθο της ενεργειακής στρατηγικής τους. Γιγάντια αιολικά πάρκα κατασκευάζονται με αστραπιαία ταχύτητα από άκρη σε άκρη στην Ευρώπη (Δραγόζη, 2007). Η συνολική δυναμικότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας στις 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξήθηκε κατά 20% το

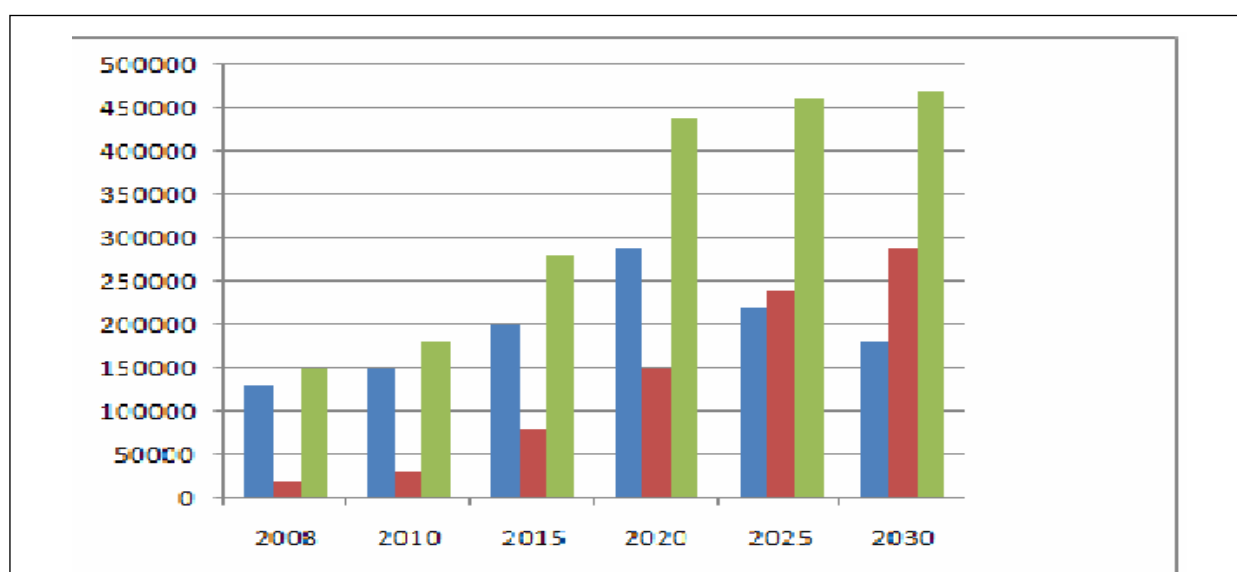
2004. Εκπληκτική άνθιση των ήπιων ενεργειακών επενδύσεων έχει σημειωθεί στην Ισπανία, και ειδικά στις βόρειες αυτόνομες περιοχές του Ατλαντικού (Γαλικία και Χώρα των Βάσκων). Το ισπανικό "Εθνικό Ενεργειακό Σχέδιο 2000" (κάτι αντίστοιχο του Εθνικού Σχεδίου Δράσης 20-20-20) έφτασε εύκολα στην επίτευξη του στόχου "2000 μεγαβάτ (MW) και 2000 θέσεις εργασίας από τον άνεμο μέσα στο έτος 2000", ενώ παράλληλα δημοσιεύθηκαν σημαντικά στοιχεία από τη θετική επίπτωση των σχετικών επενδύσεων στην τοπική αγορά εργασίας. Είναι μάλιστα ιδιαίτερος αξιοσημείωτο, ότι η τοπική κυβέρνηση της Γαλικίας πρόβλεψε έγκαιρα και σχεδίασε μεταξύ των ετών 1993 και 1999 μία δυναμική πολιτική παροχής ιδιωτικών κινήτρων, και έτσι προσέλκυσε την εγκατάσταση στην περιοχή της δέκα τουλάχιστον βιομηχανικών μονάδων κατασκευής και συναρμολόγησης ανεμογεννητριών, συνολικής αξίας επενδύσεων 258 εκατομμυρίων ευρώ και με δημιουργία αντιστοιχώς 2.000 νέων μόνιμων θέσεων εργασίας. Κάτι ανάλογο συνέβη και στη Γαλλία, όπου μέσα στην τριετία 1996-1999 υπερτριπλασιάστηκαν από τη Γαλλική κυβέρνηση οι κατά κεφαλή δημόσιες επενδύσεις για την έρευνα και ανάπτυξη των ήπιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και από 0,09 ΕΥΡΩ/ έτος/ κάτοικο έφθασαν τα 0,28 ΕΥΡΩ/ έτος/ κάτοικο. Η συγκεκριμένη αναφορά στις περιπτώσεις της Γαλλίας και της Ισπανίας, οφείλεται στο γεγονός ότι οι δύο αυτές χώρες έχουν ορισμένες αναλογίες και ομοιότητες με το ελληνικό ενεργειακό "μοντέλο" (Δραγόζη, 2007).

Η μεγάλη ανάπτυξη αιολικών πάρκων για ηλεκτροπαραγωγή την τελευταία δεκαετία παράλληλα με την ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον συνέβαλαν στην καθιέρωση της αιολικής ενέργειας σε σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού ισοζυγίου. Τα πρώτα δείγματα ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια εμφανίστηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, όμως από το 1980 και μετά η τεχνολογία άρχισε να εξελίσσεται σε τέτοιο βαθμό που να μπορεί να υποστηρίζει ηλεκτροπαραγωγή σε υψηλή κλίμακα (Σαρρή, 2008). Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα που παρουσίασε ο παγκόσμιος οργανισμός αιολικής ενέργειας (Εικόνα 3), μέχρι το 2012 ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας την τελευταία δεκαετία ήταν περίπου 20%, με 282.587 MW εγκατεστημένη ισχύ στο τέλος του 2012 .



**Εικόνα 3:** Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας 1996-2012

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό η τεράστια αυτή αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια την τελευταία δεκαετία έχει δημιουργήσει πολλές θέσεις εργασίας και έχει τονώσει οικονομικά τις περιοχές εγκατάστασης των αιολικών πάρκων (σε μία εποχή όπου η εύρεση εργασίας έχει γίνει όνειρο απατηλό για τους νέους της χώρας μας). Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι οι επενδύσεις σε τεχνολογίες ΑΠΕ στην ΕΕ έφτασαν τα 35 δισεκατομμύρια ευρώ το 2008 που ήταν η αιχμή των επενδύσεων για την περίοδο 2002-2009 (Jager κ.α., 2011). Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η έρευνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας για την προοπτική εξέλιξης των θέσεων εργασίας στην ΕΕ για την περίοδο 2008-2030 στα αιολικά πάρκα.



**Εικόνα 4:** Προοπτική εξέλιξης των θέσεων εργασίας στα αιολικά πάρκα στην ΕΕ για την περίοδο 2008-2030 (πηγή: ewea.org)

Στην παραπάνω εικόνα με μπλε χρώμα εμφανίζεται ο αριθμός των θέσεων εργασίας σε χερσαία αιολικά πάρκα, με κόκκινο χρώμα ο αριθμός των θέσεων εργασίας σε παράκτια αιολικά πάρκα και με πράσινο χρώμα το σύνολο αυτών.

Από τα παραπάνω φαίνεται επίσης η τάση για στροφή της παραγωγής της αιολικής ενέργειας από τα χερσαία σε θαλάσσια αιολικά πάρκα. Συγκεκριμένα, βάσει διαγράμματος, την πενταετία 2020-2025 οι θέσεις εργασίας στην ΕΕ σχεδόν θα διπλασιαστούν στα θαλάσσια αιολικά πάρκα ενώ θα υπάρξει αισθητή μείωση των θέσεων στα χερσαία αιολικά πάρκα.

## 2.6 Ανεμογεννήτριες - Αιολικά Πάρκα

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές με απλά υποσυστήματα που μετατρέπουν την ενέργεια του άνεμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ), μεταφορικά πρόκειται για μικρούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με «καύσιμη ύλη» τον άνεμο. Υπάρχουν πολλά είδη ανεμογεννητριών τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αφενός στις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, ο δρομέας του οποίου είναι τύπου έλικος και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο, και αφετέρου στις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα ο οποίος παραμένει σταθερός (Burton κά, 2001).

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη (Burton κά, 2001):

**Δρομέας:** Τα πτερύγια του δρομέα σχεδιάζονται στην περιστροφή στον αέρα, που οδηγεί τη γεννήτρια στροβίλων. Μερικές φορές χρησιμοποιείται σύστημα γκραναζιών για να αυξηθεί η συχνότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Γεννήτρια:** Ο μηχανισμός αυτός παράγει την ηλεκτρική ενέργεια όταν υπάρχει ικανοποιητικός αέρας για να περιστρέψει τα πτερύγια. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στο επόμενο στάδιο (είτε για αποθήκευση, είτε στο σύστημα διανομής, είτε για άμεση χρήση) χρησιμοποιώντας καλωδίωση.

**Κατευθυντήριο σύστημα:** Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα απαιτούν έναν μηχανισμό που να τις τοποθετεί προς την κατεύθυνση του αέρα. Οι μικρές ανεμογεννήτριες έχουν συνήθως μια ουρά που τις περιστρέφει προς την σωστή κατεύθυνση. Οι μεγάλες μηχανές έχουν συνήθως έναν μηχανισμό που τις προσανατολίζει στην κατεύθυνση της μέγιστης αιολικής δύναμης.

**Σύστημα προστασίας:** Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι συνήθως εξοπλισμένες με μηχανισμούς για να αποτρέψουν κάποια ζημιά στους υπερβολικά υψηλούς ανέμους. Οι μεγάλες μηχανές

μπορούν και έχουν σύνθετες ρυθμίσεις για να διακόψουν την παραγωγή με τις υψηλές ταχύτητες αέρα. Τα μικρότερα συστήματα αλλάζουν τον προσανατολισμό των λεπίδων έτσι ώστε να παρουσιάζουν μια μικρότερη επιφάνεια στον αέρα και με αυτόν τον τρόπο μειώνουν την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων τους, ή χρησιμοποιούν μηχανικά φρένα.

**Πύργος:** Ο πύργος υψώνει την ανεμογεννήτρια αρκετά παραπάνω από τη δίνη του αέρα κοντά στο έδαφος και συλλαμβάνει τον αέρα ψηλότερα σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Ο σχεδιασμός των πύργων είναι ιδιαίτερα κρίσιμος, καθώς πρέπει να είναι ψηλός, γερός, να επιτρέπει την πρόσβαση στην ανεμογεννήτρια για τη συντήρησή της, και όμως να μην επιβαρύνει το κόστος του συστήματος. Στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα στην άτρακτο υπάρχει και το σύστημα προσανατολισμού τους, ανάλογα με τη διεύθυνση του ανέμου.

Το αιολικό πάρκο είναι ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής αποτελούμενος από συστοιχίες ανεμογεννητριών. Η θέση όπου μπορεί να φιλοξενηθεί θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από αξιόλογο αιολικό δυναμικό δηλαδή μεγάλη διάρκεια και μέση ή μεγάλη ένταση ανέμων. Επίσης θα πρέπει να ικανοποιεί τα κριτήρια που θέτει η νομοθεσία και οι στόχοι που τίθενται για ορθολογικό σχεδιασμό. Για το λόγο αυτό κάθε χώρα έχει θεσπίσει ειδικά πλαίσια χωροταξικού σχεδιασμού που αφορούν περιβαλλοντικούς και κοινωνικό-οικονομικούς τομείς. Στη συνέχεια γίνεται μία ανασκόπηση στον χωροταξικό σχεδιασμό για τις ΑΠΕ και τα αιολικά πάρκα σε Ελλάδα και Ευρώπη.

### 3. Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ

Στο τέλος του προηγούμενου κεφαλαίου αναφέρθηκε το πόσο σημαντικό ρόλο παίζει στην κατασκευή ενός αιολικού πάρκου ο χωροταξικός σχεδιασμός. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η ισχύουσα κατάσταση στην Ελλάδα και γίνεται μία γενική προσέγγιση στα κριτήρια χωροθέτησης στην Ευρώπη.

#### 3.1 Ο χωροταξικός σχεδιασμός στην Ελλάδα

Μέσα στα πλαίσια και τις πολιτικές της ΕΕ για την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης έχει ενταχθεί και η αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής από τις ΑΠΕ. Προς αυτή την κατεύθυνση κινήθηκαν οι χώρες-μέλη και συνέταξαν γρήγορα ειδικά πλαίσια χωροταξικού σχεδιασμού για τις ΑΠΕ. Η χώρα μας ωστόσο ήταν από τις τελευταίες στην ΕΕ που συνέταξε το δικό της ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού.

Η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού αποτέλεσε βασικό πρόβλημα στη γενικότερη αναπτυξιακή πολιτική της χώρας μας. Μέχρι αυτός να υπάρξει, η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ είχε αντιμετωπιστεί στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης των σχετικών έργων. Η διαδικασία αυτή δεν καθιέρωνε γενικά κριτήρια χωροθέτησης έργων ΑΠΕ και δεν διασφάλιζε ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης των έργων με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως:

- α) τη φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες των επιμέρους ενοτήτων του ελληνικού χώρου,
- β) τις επιμέρους κατηγορίες των έργων ΑΠΕ,
- γ) τις ειδικές ανάγκες ανάπτυξης, προστασίας και διαφύλαξης συγκεκριμένων περιοχών και ευπαθών οικοσυστημάτων.

Ο χωροταξικός σχεδιασμός είναι μια έννοια πολυσήμαντη και πολυδιάστατη, του οποίου οι επιμέρους τομείς αλληλοεπηρεάζονται και εξελίσσονται δυναμικά. Επιδιώκει την οικονομική και κοινωνική συνοχή, συμβάλλει στη διατήρηση και στη συνετή διαχείριση των φυσικών πόρων και της πολιτιστικής κληρονομιάς και προωθεί την ισόρροπη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε τόπου. Η πρόκληση του χωροταξικού σχεδιασμού είναι να αξιοποιήσει τις ευκαιρίες και τις δυνατότητες που παρουσιάζει κάποιος συγκεκριμένος χώρος και ταυτόχρονα να αντιμετωπίσει τις απειλές και τους κινδύνους που



προκαλούνται κατά την αναπτυξιακή διαδικασία (Σαρρή, 2008).

Στην περίπτωση των ΑΠΕ, η θεσμοθέτηση Ειδικού Πλαισίου αποτελεί, ίσως, την πλέον ενδεδειγμένη και νομικά ασφαλή λύση για την αποτελεσματική χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ, καθώς κατοχυρώνει τον μακροπρόθεσμο χωρικό σχεδιασμό και καλύπτει τις απαιτήσεις στρατηγικού σχεδιασμού για την χωρική ένταξη των έργων ΑΠΕ. Το Ειδικό Πλαίσιο, σύμφωνα με την Κοινή διακήρυξη Αρχών για την προώθηση ΑΠΕ που εξέδωσαν οι αρμόδιοι φορείς, πρέπει να περιλαμβάνει σαφή κριτήρια για τη χωροθέτηση τους, λαμβάνοντας υπόψη, κατά προτεραιότητα όλες τις άλλες οριζόντιες πολιτικές εθνικού επιπέδου (Εθνικές και Κοινοτικές πολιτικές και δεσμεύσεις), την ιδιαιτερότητα των ΑΠΕ, τον περιβαλλοντικά φιλικό χαρακτήρα τους, τη σημειακή τους φύση (εγκατάσταση όπου υπάρχει δυναμικό), ενσωματώνοντας τα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος και ελαχιστοποίησης των όποιων επιπτώσεων μπορεί να συνεπάγεται η εγκατάσταση έργου ΑΠΕ σε μια περιοχή και γενικότερα στο σύνολο της επικράτειας (Γιαλελή, 2006).

### 3.2 Σκοπός του χωροταξικού σχεδιασμού

Τον Δεκέμβριο του 2008 η Ελλάδα θεσμοθέτησε το δικό της Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Βάσει αυτού έχουν τεθεί οι εξής στόχοι που ορίζονται ρητά μέσα στο πλαίσιο:

α. η διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, ανά κατηγορία δραστηριότητας και κατηγορία χώρου, βάσει των διαθέσιμων σε εθνικό επίπεδο στοιχείων.

β. η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

γ. η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

### 3.3 Κριτήρια Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων

Κατά το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού ενός αιολικού πάρκου σε μια συγκεκριμένη περιοχή, απαραίτητη και ικανή συνθήκη για τη βιωσιμότητα του έργου και για τη συνέχιση των εργασιών

είναι η ύπαρξη ικανού εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, η οποία περιορίζει αρχικά τις επιλογές χωροθέτησης της δραστηριότητας (Olaofe και Folly, 2013). Παρά την ιδιαίτερη βαρύτητα αυτού του κριτηρίου, υπάρχουν σημαντικές παράμετροι που αφορούν στη χωροθέτηση αυτών των έργων και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την ομαλή και αρμονική ένταξη του έργου στο περιβάλλον και επομένως, την προστασία αυτού, για την ύπαρξη συμβατότητας με άλλες χρήσεις και για την αποφυγή οχλήσεων (Σαρρή, 2008).

Το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ καθορίζει κανόνες και κριτήρια για κάθε μεμονωμένη χωροθέτηση αιολικής εγκατάστασης, ως εξής:

- Προσδιορίζονται κατηγορίες ζωνών ασυμβατότητας και αποκλεισμού, εντός των οποίων απαγορεύεται η χωροθέτηση αιολικών μονάδων. Οι ζώνες αυτές είναι κοινές για όλες τις κατηγορίες του εθνικού χώρου, με ορισμένες ιδιαιτερότητες που αφορούν στις θαλάσσιες περιοχές. Περιλαμβάνουν τις ασύμβατες χρήσεις και την τήρηση ελάχιστης απόστασης της θέσης εγκατάστασης μεμονωμένης αιολικής μονάδας από αυτές.
- Προσδιορίζονται αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων. Επισημαίνεται ότι οι αποστάσεις αφορούν στη χωροθέτηση των κυρίως αιολικών εγκαταστάσεων. Για τις απαιτούμενες κατά περίπτωση αποστάσεις των συνοδευτικών εγκαταστάσεων εφαρμόζονται οι διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας και οι τυχόν ισχύοντες ειδικοί κανονισμοί και πρότυπα.
- Καθορίζονται μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες αιολικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο πρωτοβάθμιου ΟΤΑ κατά κατηγορία χώρου, με στόχο την αποφυγή «μονοκαλλιέργειας» από δραστηριότητες ΑΠΕ.
- Καθορίζονται κανόνες ένταξης των προτεινόμενων αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο, ώστε να αμβλύνονται ή και να ελαχιστοποιούνται οι όποιες δυσμενείς οπτικές παρεμβολές τους σ' αυτό κατά κατηγορία χώρου.

### 3.4 Κανόνες Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω αναμένεται τα επόμενα χρόνια ραγδαία αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια. Επομένως θα αυξηθούν οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων στη χώρα μας, τόσο των χερσαίων όσο και των θαλάσσιων, κάτι που απαιτεί τον

ορθολογικό προγραμματισμό και σχεδιασμό του τόπου και του τρόπου εγκατάστασής τους.

Με το ειδικό πλαίσιο χωροθετικού σχεδιασμού τίθενται οι παρακάτω στόχοι για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων:

1. Ο εντοπισμός, με βάση τα διαθέσιμα σε εθνικό επίπεδο στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους :
  - α. τη μεγαλύτερη δυνατή χωρική συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων.
  - β. την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα.
2. Η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και στο τοπίο.
3. Η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Στη συνέχεια το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού χωρίζει την ηπειρωτική χώρα σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας(ΠΑΚ).

- Ως ΠΑΠ ορίζονται οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, όπως η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, η αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης ανεμογεννητριών κ.ά., ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από άποψη επίτευξης των χωροταξικών στόχων (όπως η ελεγχόμενη συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων), διότι συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ζήτηση. Σε αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα).
- Ως ΠΑΚ ορίζονται οι ομάδες ή οι επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων ΟΤΑ της ηπειρωτικής χώρας, καθώς και μεμονωμένες θέσεις, οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά διαθέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, και προσφέρονται για το λόγο αυτό για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων.

Τέλος το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού καλύπτει σημαντικές περιοχές που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας θέτοντας κάποιες περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας. Στην ουσία πρόκειται για περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη χωροθέτηση. Οι ζώνες και οι περιοχές αυτές είναι:

α. Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και τα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας της παρ. 5 ββ) του άρθρου 50 του ν. 3028/2002, καθώς και οι οριοθετημένες αρχαιολογικές ζώνες προστασίας Α που έχουν καθορισθεί κατά τις διατάξεις του άρθρου 91 του ν. 1892/1991 ή καθορίζονται κατά τις διατάξεις του ν. 3028/2002.

β. Οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης που καθορίζονται κατά τις διατάξεις των άρθρων 19 παρ. 1 και 2 και 21 του ν. 1650/1986.

γ. Οι πυρήνες των εθνικών δρυμών, των κηρυγμένων μνημείων της φύσης και των αισθητικών δασών που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές της περιπτώσεως β.

δ. Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής.

ε. Οι εντός σχεδίων πόλεων και ορίων οικισμοί προ του 1923 ή κάτω των 2.000 κατοίκων περιοχές.

στ. Οι Π.Ο.Τ.Α. του άρθρου 29 του ν. 2545/97, οι Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα του άρθρου 10 του ν. 2742/99, τα θεματικά πάρκα και τα τουριστικά λιμάνια.

ζ. Οι ατύπως διαμορφωμένες, στο πλαίσιο της εκτός σχεδίου δόμησης, τουριστικές και οικιστικές περιοχές, όπως αυτές αναγνωρίζονται ειδικότερα στο πλαίσιο της οικείας ΠΠΕΑ και ΜΠΕ.

η. Οι αξιόλογες ακτές και παραλίες, όπως αυτές αναγνωρίζονται ειδικότερα στο πλαίσιο της οικείας ΠΠΕΑ και ΜΠΕ.

θ. Οι χαρακτηρισμένες κατά τις κείμενες διατάξεις αγροτικές περιοχές υψηλής παραγωγικότητας.

ι. Οι οριοθετημένες, κατά τις κείμενες διατάξεις, λατομικές περιοχές και μεταλλευτικές και

εξορυκτικές ζώνες που λειτουργούν επιφανειακά.

ια. Άλλες περιοχές ή ζώνες που υπάγονται σε ειδικό καθεστώς χρήσεων γης, βάσει του οποίου δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων.

### **3.5 Χωροταξική προσέγγιση των ΑΠΕ στην υπόλοιπη Ευρώπη**

Οι προηγμένες χώρες της Ευρώπης έχουν θεσπίσει κανόνες χωροθέτησης και πλαίσια χωροταξικού σχεδιασμού από πολύ νωρίς για να προστατέψουν το περιβάλλον. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί σε χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Τουρκία στις οπτικές οχλήσεις, τους θορύβους καθώς και στις επιπτώσεις που έχουν στα πουλιά οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων ( Moller,2005, Rodman και Meentemeyer, 2005, Aydin κά, 2010, San Cristóbal, 2011).

Στις χώρες που αναφέρθηκαν, καθώς επίσης και σε Βέλγιο και Ολλανδία ο χωροταξικός σχεδιασμός των ΑΠΕ γίνεται σε επίπεδο περιφέρειας ακολουθώντας τους εθνικούς στόχους και τις κατευθύνσεις για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ. Τα τοπικά και δημοτικά σχέδια συμμορφώνονται με βάση τον περιφερειακό σχεδιασμό και υπάρχουν για συγκεκριμένα έργα. Σε χώρες όπως η Γαλλία, η Γερμανία και η Ισπανία δεν υπάρχουν εκ των προτέρων απαγορεύσεις σε Ζώνες Ειδικής Προστασίας. Το επιτρεπτό της εγκατάστασης κρίνεται στην αξιολόγηση της ΜΠΕ του έργου. Βασικά στοιχεία της αξιολόγησης της ΜΠΕ είναι: 1) η μη ύπαρξη εναλλακτικής λύσης και 2) η διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων με την εφαρμογή προληπτικών μέτρων και έργων αντιστάθμισης (Νάκου, 2007).

Συνοψίζοντας φαίνεται τόσο στη χώρα μας όσο και στις υπόλοιπες χώρες η σημασία που δίνεται στην εξέταση και θέσπιση χωροταξικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων για μία ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος χωροθέτησης αιολικών πάρκων. Ωστόσο όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή και αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο τα προβλήματα χωροθέτησης είναι πολυδιάστατα. Με δεδομένο ότι η παρούσα εργασία πραγματεύεται τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου με τη χρήση των ΓΣΠ και για να μπορέσουν να αξιοποιηθούν τα συγκεκριμένα κριτήρια πρέπει να αναπτυχθούν οι κατάλληλες μέθοδοι και τεχνικές χωροθέτησης.

## 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται βιβλιογραφικά το πρόβλημα της χωροθέτησης αιολικού πάρκου καθώς και οι μέθοδοι και τεχνικές που χρησιμοποιούνται γι' αυτή. Παρουσιάζονται τα ΓΣΠ ως εργαλείο επίλυσης χωρικών προβλημάτων, εξετάζεται η βιβλιογραφία για την εφαρμογή των μεθόδων και τεχνικών σε άλλες μελέτες περίπτωσης και τέλος αναλύεται διεξοδικά η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης που χρησιμοποιείται κυρίως σε θέματα χωροθέτησης.

### 4.1 Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων

Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων (facility location) είναι ένα σύνηθες αλλά ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στη λήψη αποφάσεων. Ο στρατηγικός σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης εξαρτάται πρωταρχικά από την επιλογή του χώρου στον οποίο θα δημιουργηθούν μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις προκειμένου να εξυπηρετήσουν μια συγκεκριμένη κατανομή πελατών. Η τοποθεσία που θα επιλεγεί για την δημιουργία μιας εγκατάστασης, όπως ένας πυροσβεστικός σταθμός, ένας αποθηκευτικός χώρος ή ένα εμπορικό κατάστημα, καθορίζει ως επί το πλείστον την επιτυχημένη παροχή των υπηρεσιών για τις οποίες σχεδιάστηκε η εγκατάσταση αυτή. Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων αντιπροσωπεύει μακροχρόνιες επενδύσεις λόγω του κόστους απόκτησης ιδιοκτησίας και των υψηλών κατασκευαστικών εξόδων (Μητρόπουλος, 2007).

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που προτείνεται για την προσέγγιση των προβλημάτων χωροθέτησης συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα (Rahman και Smith 2000) :

- ♣ Κατανόηση και καθορισμός του προβλήματος
- ♣ Ανάπτυξη του αντίστοιχου μοντέλου (εννοιολογική και ποσοτική)
- ♣ Ανάλυση του μοντέλου
- ♣ Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- ♣ Εκτέλεση των αποτελεσμάτων

Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων είναι ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του επιχειρησιακού περιβάλλοντος και την απαραίτητη προσαρμογή στις συγκεκριμένες ανάγκες του προβλήματος, χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται, προϋποθέτει τον προσδιορισμό ενός συνόλου τοποθεσιών για τις μονάδες εξυπηρέτησης με βάση χωρικά κατανομημένες προϋποθέσεις, ενώ στη συνέχεια

βελτιστοποιούνται κάποια συγκεκριμένα μετρήσιμα κριτήρια (Μητρόπουλος, 2007).

Το σημαντικότερο στη διαδικασία επίλυσης μοντέλων χωροθέτησης είναι η επιλογή των κριτηρίων και της αντικειμενικής συνάρτησης που θα βελτιστοποιεί τα κριτήρια αυτά (Cohon, 1978). Τα κριτήρια αυτά στις περισσότερες περιπτώσεις περιλαμβάνουν χωρική πληροφορία. Επομένως ένα από τα βασικότερα εργαλεία επίλυσης χωρικών προβλημάτων είναι τα ΓΣΠ. Είναι γνωστό σε όλους όσοι ασχολούνται με προβλήματα χωροθέτησης ότι τα ΓΣΠ παρέχουν σημαντική βοήθεια στη συλλογή και την οργάνωση χωρικών δεδομένων για την εφαρμογή ενός μοντέλου χωροθέτησης (Church, 2002).

#### 4.2 Χωρική πληροφορία και ΓΣΠ

Η χωρική διάσταση της πληροφορίας είναι αναγνωρισμένη, και αποτελεί πεδίο έρευνας σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ένα χαρακτηριστικό ιστορικό παράδειγμα είναι ο McHarg, που το 1969 χρησιμοποίησε διαφάνειες για να συνδυάσει πολλούς χάρτες ώστε να καταλήξει στη χάραξη οδού. Η ευρεία αυτή αναγνώριση γέννησε και τροφοδοτεί ένα σύστημα, που ξεκινάει από τα χωρικά δεδομένα και μέσω γεωγραφικής ανάλυσης καταλήγει στην επίλυση προβλημάτων.

Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει αυτό το νέο πεδίο έρευνας συνοψίζεται με τον όρο Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Σύμφωνα με τον Church (2002) τα ΓΣΠ στηρίζονται σε ένα πλήθος παραγόντων, όπως την πρόοδο της υπολογιστικής δύναμης και της γραφικής απόδοσης, καθώς και τη διαθεσιμότητα δεδομένων τηλεπισκόπησης και GPS. Κατά τον Goodchild (2000) δυνατότητα εφαρμογής τους υπάρχει σε όλες τις επιστήμες που σχετίζονται με την επιφάνεια της γης.

Ο πυρήνας των ΓΣΠ είναι η χρήση γεωγραφικού συστήματος αναφοράς, έτσι ώστε δεδομένα συγκεκριμένης γεωγραφικής θέσης να μπορούν να αναλυθούν σε σχέση με τη θέση αυτή (Church, 2002). Η γεωδαισία, η φωτογραμμετρία και η χαρτογραφία ανέπτυξαν πληθώρα εργαλείων για την ακριβή καταγραφή και απεικόνιση της θέσης και των χαρακτηριστικών, φυσικών και ανθρωπομορφικών φαινομένων.

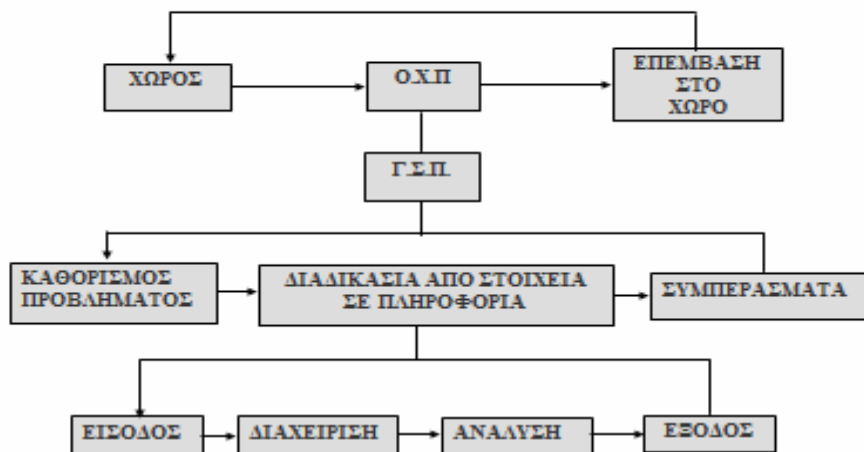
Ένα ολοκληρωμένο ΓΣΠ περιλαμβάνει: τον υλικό εξοπλισμό, τα λογισμικά, τα χωρικά δεδομένα, τις διαδικασίες, καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό για τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό

περιβάλλον (Κουτσόπουλος, 2005, Φώτης, 2010). Συνδέοντας τη γεωγραφική θέση με την πληροφορία σε πολλαπλά επίπεδα, παρέχουν τη δυνατότητα τόσο ποιοτικής όσο και ποσοτικής ανάλυσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ο συνδυασμός αυτών των λειτουργιών παρέχεται από τα ΓΣΠ και είναι ο πλέον σύγχρονος αρωγός στην ορθολογική λήψη αποφάσεων.

Η ολοένα αυξανόμενη παραγωγή χωρικών δεδομένων, παρέχει προς αξιοποίηση δεδομένα:

- ♣ τηλεπισκόπησης,
- ♣ ερωτηματολογίων,
- ♣ χωροταξίας,
- ♣ δημογραφίας,
- ♣ διοικητικών διαιρέσεων,
- ♣ οικονομικής ανάλυσης,
- ♣ βιομηχανικού σχεδιασμού και άλλα.

Στο παρακάτω σχήμα (Φώτης, Εργαστηριακές Παρουσιάσεις, 2011) παρουσιάζονται οι διαδικασίες που εκτελούνται σε ένα ΓΣΠ στο πλαίσιο ολοκληρωμένης χωρικής διαδικασίας.

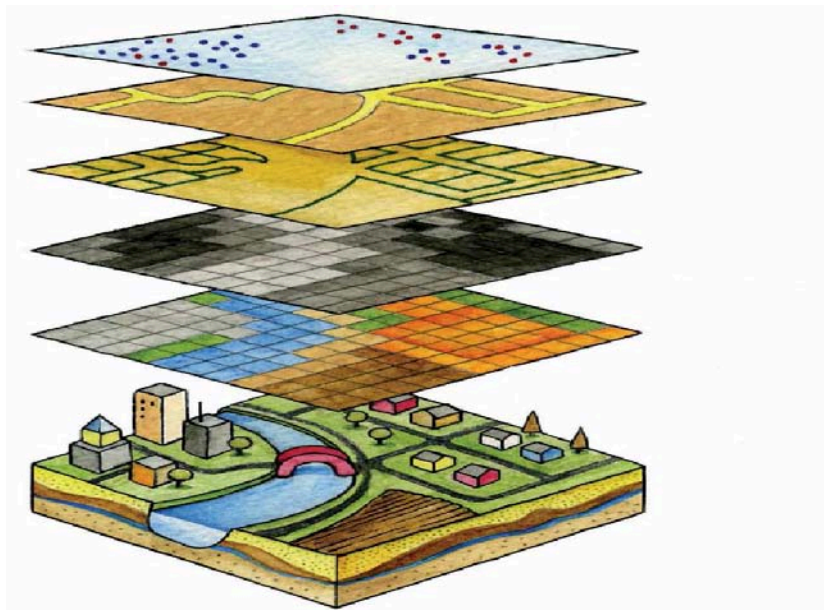


**Σχήμα 1.** Διαδικασίες ΓΣΠ σε πλαίσιο ολοκληρωμένης χωρικής διαδικασίας



### 4.3. Χρήσεις των ΓΣΠ

Η πολυπλοκότητα του κόσμου απαγορεύει την εξολοκλήρου καταγραφή του, με συνέπεια τα γεωγραφικά δεδομένα να γενικεύονται ή να απλοποιούνται ώστε να είναι δυνατή η συλλογή τους. Οι δύο κύριες μορφές δεδομένων είναι η διανυσματική και η μορφή κανάβου. Η διανυσματική μορφή χρησιμοποιεί σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά διανύσματα για να αναπαραστήσει τη θέση. Με αυτόν τον τρόπο αναπαριστούνται σημεία, γραμμές και περιοχές. Τα δεδομένα μορφής κανάβου χωρίζουν την περιοχή μελέτης με έναν αυθαίρετο κάναβο, στον οποίο κάθε κελί περιέχει την τιμή της ιδιότητας που χαρτογραφείται. Ανάλογα με τον σκοπό κάθε εφαρμογής, μπορεί να προτιμηθεί η μία ή να συνδυαστούν και οι δύο παραπάνω μορφές δεδομένων. Στην παρακάτω εικόνα ( Εικόνα 5) δίνεται η επίθεση πολλαπλών επιπέδων πληροφορίας για την αναπαράσταση του φυσικού κόσμου.



*Εικόνα 5: Επίθεση πολλαπλών επιπέδων χωρικής πληροφορίας σε ένα ΓΣΠ, για την αναπαράσταση και ανάλυση του φυσικού κόσμου.  
Πηγή (www.artdistrictonsantafe.com)*

Τα ΓΣΠ καθιστούν δυνατή την ψηφιακή αναπαράσταση και ανάλυση χωρικών δεδομένων, και έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε πληθώρα περιβαλλοντικών εφαρμογών όπως:

- ♣ στη διαχείριση φυσικών πόρων (Brown, 2007),
- ♣ στη διαχείριση δικτύων κοινής ωφέλειας (Baufume, 2013),
- ♣ στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων (Simmons και Hill, 1995; Gorsevski κά., 2013),

- ♣ στη οικονομία περιβαλλοντικών πόρων (Bateman κά., 2002)
- ♣ στη χωροθέτηση χώρων υγειονομικής ταφής ( Gorsevski κά., 2012),
- ♣ στη διαχείριση λεκανών απορροής ( Nyerges κά., 2006 ),
- ♣ στη χωροθέτηση ηλιακών πάρκων ( Dolney και Flarend, 2013)
- ♣ στην ενσωματωμένη ενέργεια ( Mellino κά., 2013)
- ♣ στη γεωθερμική εκμετάλλευση ( Roux και Suemnicht, 2012)

Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται το πρόβλημα της χωροθέτησης αιολικού πάρκου, επομένως κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη χρήση των ΓΣΠ στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

#### 4.4 Τα ΓΣΠ στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων

Χαρακτηριστικά παραδείγματα από χώρες όπως ο Καναδάς (Johnston, 1987), η Κίνα (Jin κά., 2012), η Ινδία (Ramachandra και Shruthi, 2007), οι ΗΠΑ (Rodman και Meentemeyer, 2005), η Τουρκία (Aydin κά., 2010) η Γερμανία, η Ελλάδα (Voivontas κά., 1998), η Αυστραλία (Bishop και Stock, 2010) φανερώνουν ότι η εκμετάλλευση των ΑΠΕ είναι μια βιώσιμη εναλλακτική πηγή ενέργειας, και πως τα ΓΣΠ συμβάλουν αποφασιστικά στο σχεδιασμό της.

Ήδη το 1987, τα ΓΣΠ χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση φυσικών πόρων σε ένα γενικότερο μοντέλο διαχείρισης γης στον Καναδά (Johnston, 1987). Έκτοτε, ακολούθησαν εκτεταμένες μελέτες, σε βαθμό που τα ΓΣΠ πλέον θεωρούνται βασικό επιχειρησιακό εργαλείο στη διαχείριση φυσικών πόρων.

Οι Voivontas και άλλοι (1998) μελέτησαν τις δυνατότητες της διαχείρισης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χρησιμοποιώντας Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) και χωρικά συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (ΣΥΛΑ), και αναγνώρισαν τις δυνατότητες της μεθόδου στον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση των γεωγραφικών περιορισμών στη μελέτη των ΑΠΕ.

Οι Baban και Parry (2001) χρησιμοποίησαν ΓΣΠ για να εκτιμήσουν την έλλειψη κοινών κριτηρίων για την χωροθέτηση αιολικών πάρκων, και πρότειναν τοποθεσίες χρησιμοποιώντας κριτήρια βασισμένα σε ερωτηματολόγια και στη διαθέσιμη βιβλιογραφία.

Οι Rodman και Meentemeyer (2005) με τη χρήση ΓΣΠ κατασκεύασαν ένα μοντέλο αξιολόγησης

θέσεων για τοποθέτηση αιολικού πάρκου. Τα κριτήρια που χρησιμοποίησαν αφορούσαν περιβαλλοντικούς, οικονομικούς καθώς και ανθρωπομορφικούς παράγοντες. Με τη συμπερίληψη κοινωνικοπολιτικών παραγόντων πέτυχαν να προβλέψουν το επίπεδο αποδοχής εγκατάστασης αιολικού πάρκου από το κοινό. Το μοντέλο τέλος που κατασκεύασαν προέβλεψε τις θέσεις υπαρχόντων εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων μεγάλης κλίμακας και φανέρωσε επάρκεια θέσεων για περαιτέρω ανάπτυξη σε εγκαταστάσεις μικρότερης κλίμακας.

Στη Δανία, όπου ο σχεδιασμός αιολικών πάρκων λαμβάνει σοβαρά υπόψη του την οπτική παρέμβαση των πάρκων στο τοπίο, ο Moller (2005) σχεδίασε ένα χωρικό μοντέλο τοπίου χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα και δεδομένα σχεδιασμού από το 1990 έως το 2010 για να αξιολογήσει την οπτική όχληση των ανεμογεννητριών στον πληθυσμό. Επικαλύπτοντας τα δεδομένα αυτά με τον πληθυσμό και τις χρήσεις γης κατέληξε στο ότι περαιτέρω ανάπτυξη δε θα προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις στο τοπίο.

Οι Aydin και άλλοι (2010) χρησιμοποίησαν ΓΣΠ για την εκτίμηση καταλληλότητας τοποθέτησης αιολικού πάρκου, σε συνεχή μορφή, βασισμένοι σε ασαφή λογική. Δημιούργησαν ένα σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων και επέλεξαν ως κριτήρια το αιολικό δυναμικό και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που ορίζει η νομοθεσία. Επεκτείνοντας τις έρευνές τους, χρησιμοποίησαν τα ΓΣΠ για να εξετάσουν την περιβαλλοντική αποδοχή και την οικονομική βιωσιμότητα υβριδικών αιολικών- ηλιακών πάρκων, συνδυάζοντας περιβαλλοντικούς και οικονομικούς περιορισμούς, στα πλαίσια μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων με ασαφή λογική (Aydin κά, 2013).

Οι Bishop και Stock (2010) προχωρώντας ένα βήμα παρακάτω, δημιούργησαν ένα εικονικό περιβάλλον, ώστε οι συμμετέχοντες στη λήψη των αποφάσεων να έχουν τη δυνατότητα να οπτικοποιούν εναλλακτικά σενάρια και να επεμβαίνουν σε αυτά, και μάλιστα σε τρισδιάστατο περιβάλλον.

Στην Κίνα, όπου η κλίμακα της παραγωγής αιολικής ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι τα ΓΣΠ συνέβαλαν στη βελτιστοποίηση της χωροθέτησης αιολικής βιομηχανικής μονάδας (Jin κά, 2012). Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν δεδομένα αιολικού δυναμικού, καθώς και οικονομικά και κοινωνικό-πολιτικά κριτήρια και εφαρμόζοντας τις μεθόδους της χωρικής ανάλυσης ως εργαλείο των ΓΣΠ πρότειναν μία συγκεκριμένη διάταξη για χωροθέτηση αιολικής βιομηχανικής μονάδας.

Οι McKenna και άλλοι (2013), χρησιμοποίησαν ΓΣΠ για να εξετάσουν την τεχνική δυνατότητα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας και το σχετικό κόστος της εκμετάλλευσης αυτής σύμφωνα με τον ενεργειακό στόχο που έχει θέσει η περιφέρεια Baden-Wurttemberg. Η τεχνική δυνατότητα εκμετάλλευσης προσδιορίστηκε με την εύρεση του διαθέσιμου χώρου για χωροθέτηση αιολικών πάρκων σε ένα περιβάλλον ΓΣΠ. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική για το έτος 2010 και προβλέφθηκε με βάση αυτό, το κόστος για την επόμενη δεκαετία. Έτσι κατέληξαν στο να προσδιορίσουν την ακριβή διαθέσιμη έκταση για χωροθέτηση αιολικών πάρκων, την ηλεκτρική ενέργεια που αποδίδουν αυτά, καθώς και το κόστος απόδοσης αυτής.

Πιο πάνω παρουσιάστηκαν κάποιες σημαντικές εφαρμογές των ΓΣΠ στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, οι οποίες χρησιμοποίησαν διάφορες τεχνικές των ΓΣΠ. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος ωστόσο σε προβλήματα χωροθέτησης όπως παρατηρήθηκε και από τα παραπάνω είναι αυτή της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Στη συνέχεια αναλύεται η μέθοδος αυτή.

#### 4.5 Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Ο πολυκριτηριακός προγραμματισμός και σχεδιασμός αποτελεί τη “φυσική” εξέλιξη και γενίκευση του μονοκριτηριακού σχεδιασμού. Η θεώρηση πολλαπλών στόχων-κριτηρίων στη διαδικασία σχεδιασμού και επίλυσης ενός προβλήματος ενέχει τρία σημαντικά πλεονεκτήματα (Μητρόπουλος 2007):

- ♣ ο πολυκριτηριακός προγραμματισμός και σχεδιασμός ανταποκρίνεται σε πραγματικά προβλήματα όπου το τελικό ζητούμενο (στόχος) είναι πολυδιάστατο μέγεθος και ο αντικειμενικός προσδιορισμός του εμπεριέχει την επιμέρους θεώρηση και εκτίμηση των μεγεθών που το προσδιορίζουν,
- ♣ ένα ευρύ σύνολο εναλλακτικών λύσεων προσφέρεται τελικά ως λύση,
- ♣ αποσαφηνίζει το ρόλο των συμμετεχόντων στο σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων

Η διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος πολυκριτηριακού σχεδιασμού έχει ως εξής (deNeufville και Stafford, 1971):

- ♣ προσδιορισμός και ποσοτικοποίηση κριτηρίων,
- ♣ καθορισμός των μεταβλητών αποφάσεων,
- ♣ συλλογή στοιχείων,

- ▲ παραγωγή και υπολογισμός των εναλλακτικών λύσεων,
- ▲ επιλογή της επιθυμητής εναλλακτικής λύσης,
- ▲ εφαρμογή της επιλεγμένης εναλλακτικής.

Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων ιστορικά έχουν δείξει ότι η αδυναμία πρόσβασης στα απαιτούμενα γεωγραφικά δεδομένα καθώς και η δυσκολία στη σύνθεση διαφόρων ερωτημάτων αποτελούν κύρια εμπόδια στην επίλυση χωρικών προβλημάτων. Τα προβλήματα που επιλύονται με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης, περιλαμβάνουν συνήθως ένα σύνολο από γεωγραφικά καθορισμένες εναλλακτικές λύσεις από τις οποίες η τελική απόφαση κρίνεται σύμφωνα με τα δεδομένα των κριτηρίων αξιολόγησης.

Αυτά τα κριτήρια αξιολόγησης συνήθως παρουσιάζονται πολλαπλά, αντικρουόμενα και διαφορετικής βαρύτητας. Οι εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται συχνά από έναν αριθμό ατόμων (φορείς λήψης αποφάσεων, φορείς διαχείρισης, ομάδες συμφερόντων). Οι ομάδες αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες προτιμήσεις, και αξιολογούν διαφορετικά τα κριτήρια, βάσει των οποίων αξιολογούνται τα εναλλακτικά σενάρια. Ως εκ τούτου, και για την εξάλειψη τέτοιων αποφάσεων, πολλά χωρικά προβλήματα οδηγούνται στην επίλυσή τους με βάση τα ΓΣΠ και τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (Gorsevski *κ.α.*, 2013).

Αυτοί οι δύο διακριτοί τομείς της έρευνας, τα ΓΣΠ και η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, μπορούν να επωφεληθούν ο ένας από τον άλλο (Malczewski 1999). Από τη μία πλευρά, οι τεχνικές και διαδικασίες των ΓΣΠ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάλυση χωρικών προβλημάτων. Πράγματι, τα ΓΣΠ συχνά αναγνωρίζονται ως “ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που εντάσσουν και γεωαναφέρουν τα δεδομένα σε ένα περιβάλλον για την επίλυση του προβλήματος” (Cowen, 1988). Από την άλλη μεριά η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων παρέχει μία πλούσια γκάμα τεχνικών και διαδικασιών για τη διάθρωση των προβλημάτων απόφασης, καθώς και για τον σχεδιασμό, την ιεράρχηση και την αξιολόγηση των εναλλακτικών αποφάσεων. Σε ένα πιο γενικό πλαίσιο η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που μετασχηματίζει και συνδυάζει χωρικά δεδομένα και τις τιμές αξιολόγησης των κριτηρίων (σύμφωνα με τις προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων) για να λάβει πληροφορίες για τις εναλλακτικές επιλογές (Malczewski 1999).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του σχεδιασμού εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι η ύπαρξη πολλών συμμετεχόντων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Όπως πολλοί τονίζουν, αυτό επιτυγχάνεται από τις λειτουργίες που παρέχουν τα ΓΣΠ. Συγκεκριμένα, ένα τέτοιο σύνθετο χωρικά

πρόβλημα απαιτεί τον συνδυασμό και παράλληλη ανάλυση δεδομένων διαφόρων προελεύσεων, τα οποία συχνά καλούνται να επιλύσουν αντικρουόμενους στόχους (Gorsevski κά, 2013).

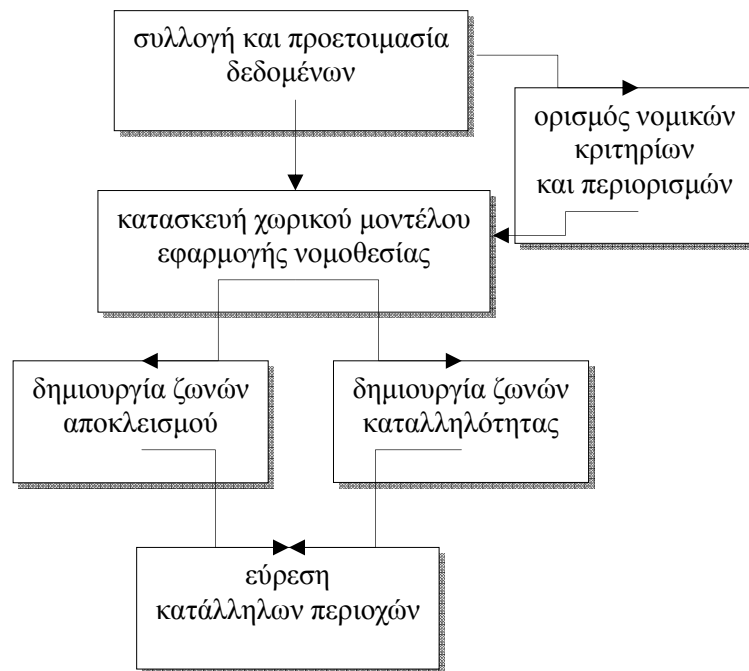
Επίσης υπάρχουν χωρικά προβλήματα, όπως η χωροθέτηση αιολικού πάρκου, που εισάγουν παράλογες αντικρουόμενες απόψεις κατά την επίλυσή τους, και σε αυτά δίνεται λύση με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Υποστηρίζεται ότι τέτοια είναι τα δημόσια και ιδιωτικά προβλήματα, όπου υπάρχει από τη μία πλευρά η δημόσια ζήτηση για αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους και από την άλλη τα ιδιωτικά συμφέροντα που προσβλέπουν αποκλειστικά στην οικονομική ευημερία και φτάνουν ως την απληστία (Gorsevski κά, 2013). Αυτές οι ανταγωνιστικές απόψεις μπορούν να αποτελέσουν αφορμή για παύση στη διαδικασία σχεδιασμού και χωροθέτησης. Στη βιβλιογραφία τα προβλήματα αυτά αναφέρονται ως “ασαφή” και οδηγούν σε ανέφικτες λύσεις λόγω των διαφορών στις αξίες, τα κριτήρια ή τις γεωγραφικές προοπτικές (Jankowski και Nyerges, 2001a, Jankowski και Nyerges, 2001b, Malczewski, 1999).

Συνοψίζοντας, στο παρόν κεφάλαιο απαντήθηκαν ερωτήματα που έχουν να κάνουν με το τι είναι χωροθέτηση γενικά, πώς προσεγγίζονται τα προβλήματα αυτά με τα ΓΣΠ και αναλύθηκαν συγκεκριμένες περιπτώσεις χωροθέτησης αιολικών πάρκων στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Τέλος παρουσιάστηκε η βασική μέθοδος χωροθέτησης, αυτή της πολυκριτηριακής ανάλυσης, που αξιοποιώντας τα κατάλληλα κριτήρια δίνει λύσεις σε προβλήματα χωροθέτησης. Αφού έχουν αναπτυχθεί οι μέθοδοι και τεχνικές που διέπουν τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου με τα ΓΣΠ και έχουν παρουσιαστεί τα κριτήρια αυτά της χωροθέτησης, επιλέγεται στη συνέχεια το μεθοδολογικό πλαίσιο που θα εφαρμοστεί στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης.

## 5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται παρακάτω (σχήμα 2 και 3).

Αρχικά, αναλύεται η μεθοδολογία σχεδιασμού ενός χωρικού τεχνικού μοντέλου, πολλαπλών κριτηρίων και λογικών περιορισμών, για την επίλυση ενός χωρικού προβλήματος τοποθέτησης αιολικού πάρκου (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2.** Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου για χωροθέτηση αιολικού πάρκου

Η μετατροπή των αρχικών δεδομένων σε πληροφορία συμβαίνει μέσω της χωρικής ανάλυσης, και συγκεκριμένα μέσω δύο βασικών μηχανισμών που περιγράφονται με τον όρο Γεωδιαχείριση.

Ο πρώτος περιλαμβάνει τη χρήση ενός συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων, και ο δεύτερος περιλαμβάνει την ανάπτυξη χωρικού μοντέλου με χρήση μιας σειράς εργαλείων ανάλυσης.

Ένα τέτοιο χωρικό μοντέλο έχει μορφή διαγράμματος ροής και αναπαριστά μια λογική ροή, που περιλαμβάνει την ορθολογική χρήση των αρχικών δεδομένων, την εκτέλεση καθορισμένων διαδικασιών-λειτουργιών και την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Οι διαδικασίες, που σχεδιάζονται στα πλαίσια του μοντέλου, συνδέονται μεταξύ τους και εκτελούνται ταυτόχρονα κατά την εφαρμογή του μοντέλου.

Αρχικά επιλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα στα πλαίσια της εφαρμογής με βάση την ισχύουσα νομοθεσία και τα κριτήρια που αυτή ορίζει για την εκάστοτε περιοχή μελέτης. Κάθε κριτήριο μεταφράζεται σε συγκεκριμένα γεωγραφικά-γεωμετρικά στοιχεία και στα αντίστοιχα θεματικά

επίπεδα. Τα δεδομένα συλλέγονται είτε σε ψηφιακή μορφή, είτε ψηφιοποιούνται από διαθέσιμους χάρτες, για να γίνει η εισαγωγή τους στη γεωπληροφορική βάση. Μέσα σε αυτή, απαραίτητη είναι πολλές φορές η μετατροπή τους σε διανυσματική μορφή ή σε μορφή ψηφιδωτού, καθώς και η γεωαναφορά τους, ώστε να αξιοποιηθούν κατάλληλα από τις διαδικασίες του μοντέλου.

Στη συνέχεια εκφράζονται τα νομικά ή άλλης φύσεως κριτήρια, που θέτουν τους περιορισμούς βάσει του εκάστοτε προβλήματος. Βάσει των κριτηρίων αυτών, το μοντέλο παίρνει την εξής μορφή:

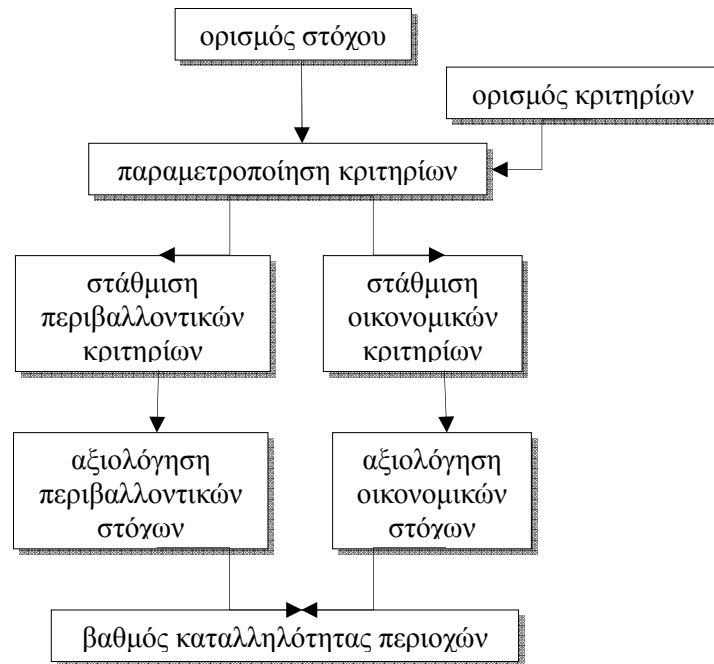
- ▲ Δημιουργία μεμονωμένων ζωνών καταλληλότητας με βάση κάθε σχετικό κριτήριο, και συνδυασμός τους, για την παραγωγή ενός νέου επιπέδου ζωνών καταλληλότητας.
- ▲ Δημιουργία μεμονωμένων ζωνών αποκλεισμού με βάση κάθε σχετικό κριτήριο, και συνδυασμός τους για την παραγωγή ενός νέου επιπέδου ζωνών αποκλεισμού.
- ▲ Συνδυασμός των ζωνών καταλληλότητας και των ζωνών αποκλεισμού, για την οριοθέτηση των κατάλληλων περιοχών.

Για την ανάλυση εγγύτητας και τη δημιουργία ζωνών επιρροής, καθώς και την επίθεση, αποκοπή και ενημέρωση των θεματικών επιπέδων στα πλαίσια της μοντελοποίησης, γίνεται χρήση των διαθέσιμων εργαλείων ανάλυσης. Έτσι δημιουργούνται οι ζώνες καταλληλότητας και αποκλεισμού όπως αυτές ορίζονται από τα κριτήρια που έχουν τεθεί, και τελικά αυτές συνδυάζονται, παράγοντας το τελικό θεματικό επίπεδο των κατάλληλων περιοχών προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Σε δεύτερη φάση, αναλύεται η μεθοδολογία εφαρμογής της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, και συγκεκριμένα η Αναλυτική Ιεράρχηση με σκοπό την οριοθέτηση αιολικού πάρκου (Σχήμα 3).

Η διαδικασία αναλυτικής ιεράρχησης βασίζεται στην αποσύνθεση ενός πολύπλοκου προβλήματος στα συστατικά του μέρη, τα οποία οργανώνονται σε μια ιεραρχική δομή. Τα πολλαπλά κριτήρια επιλογής ομαδοποιούνται και ιεραρχούνται, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό υποκριτήρια, τα οποία εξυπηρετούν την αναγκαία συνεκτίμηση τους. Συνδυάζοντας τις επιδόσεις των ομαδοποιημένων κριτηρίων, ταξινομούνται οι εναλλακτικές λύσεις ώστε να αναδειχθεί τελικά η καλύτερη επιλογή. Η επιλογή χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου απαιτεί την εξέταση των πολλαπλών κριτηρίων και των μέτρων αξιολόγησης για να προσδιορίσει την καλύτερη δυνατή τοποθεσία και την ελαχιστοποίηση ή την εξάλειψη των εμποδίων για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας (π.χ. οπτική όχληση, θόρυβοι από τις τουρμπίνες).





**Σχήμα 3.** Μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης για χωροθέτηση αιολικού πάρκου

Μια τέτοια ιεραρχική δομή πολυκριτηριακού μοντέλου, περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα ανάλυσης:

- ♣ Στο πρώτο επίπεδο, ορίζεται ο τελικός σκοπός της ανάλυσης καταλληλότητας, ο οποίος στην παρούσα εργασία είναι η χωροθέτηση αιολικού πάρκου.
- ♣ Στο δεύτερο επίπεδο, ορίζονται τα κριτήρια που συμμετέχουν στην αξιολόγηση και παραμετροποιούνται βάσει ποσοτικών ή ποιοτικών ορίων.
- ♣ Στο τρίτο επίπεδο, αποδίδονται βάρη στα κριτήρια, σύμφωνα με το βαθμό σημαντικότητάς τους, κατά τους συμμετέχοντες στη λήψη της απόφασης.
- ♣ Στο τέταρτο επίπεδο διαχωρίζονται και αξιολογούνται επιμέρους στόχοι, σε αυτήν την περίπτωση περιβαλλοντικοί και οικονομικοί, σύμφωνα με τους συμμετέχοντες στη λήψη της απόφασης.

Ο ορισμός των κριτηρίων και η παραμετροποίησή τους αποτελούν την πιο κρίσιμη διαδικασία της μεθόδου και απαιτούν τη χρήση των εργαλείων των ΓΣΠ. Η καταλληλότητα κάθε περιοχής προκύπτει από το συσχετισμό μιας σειράς από δεδομένα, γνώμες ειδικών και εμπειρική γνώση, τα οποία αναλύονται και ταξινομούνται για την αξιολόγηση εναλλακτικών και τον συμβιβασμό μεταξύ των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων. Με αυτή τη μεθοδολογία τελικά επιτυγχάνεται η ιεράρχηση των κατάλληλων περιοχών για την ικανοποίηση των επιμέρους στόχων.

Έχοντας πλέον μία σαφή εικόνα των μεθοδολογιών και των δυνατοτήτων των ΓΣΠ στην επίλυση χωρικών προβλημάτων, ακολουθεί η περιγραφή της εφαρμογής των εν λόγω μεθόδων στην περιοχή μελέτης. Επιπλέον παρατίθενται και αναλύονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

## 6. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Η χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην περιοχή μελέτης χωρίζεται σε δύο μεθόδους.

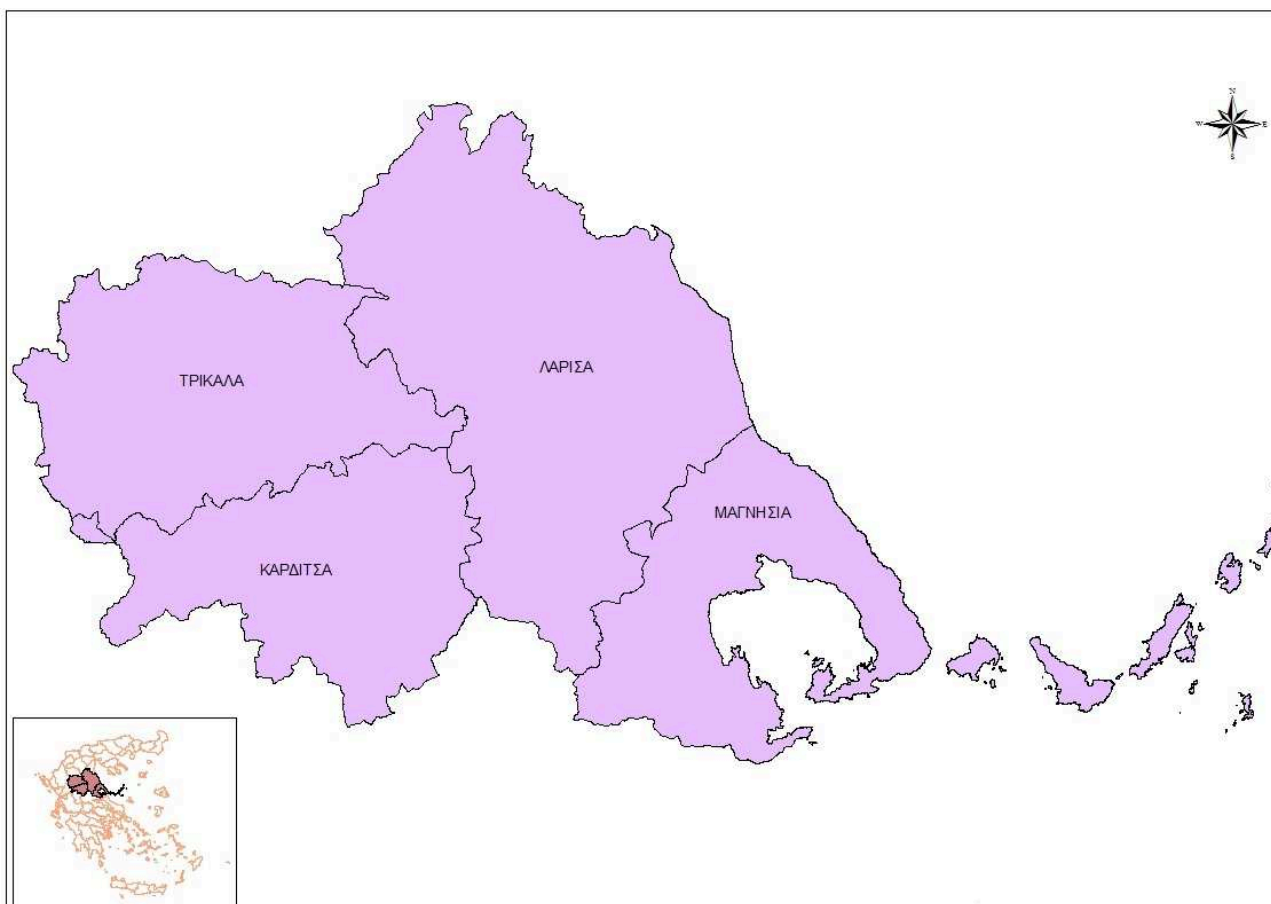
- Στην πρώτη μέθοδο δημιουργείται ένα τεχνικό μοντέλο (ModelBuilder) σε περιβάλλον ArcGIS για την εφαρμογή των νομικών περιορισμών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, και ειδικότερα του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
- Στη δεύτερη με τη βοήθεια των εργαλείων που περιλαμβάνονται στο λογισμικό του ArcGIS εφαρμόζεται η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων που εμπλέκονται στο σχεδιασμό χωροθέτησης αιολικού πάρκου. Τα κριτήρια αυτά προκύπτουν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων.

### 6.1 Ανάλυση περιοχής μελέτης

Η Θεσσαλία βρίσκεται στο κέντρο της Ελλάδας και καταλαμβάνει έκταση 14.036 χλμ<sup>2</sup>, περίπου το 11% της συνολικής έκτασης της ελληνικής επικράτειας. Το έδαφός της, ως προς τη διαμόρφωση, είναι 50% ορεινό-ημιορεινό και 50% πεδινό. Σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ, ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 746.714 κατοίκους που αντιστοιχεί στο 6,9% του συνολικού πληθυσμού της χώρας, γεγονός που την κατατάσσει τρίτη περιφέρεια της χώρας μετά από την Αττική και την Ανατολική Μακεδονία- Θράκη. Λόγω της μεγάλης έκτασης και της διαφορετικής μορφολογίας της στην περιφέρεια συναντά κανείς πλούσια χλωρίδα και πανίδα, με πολλά προστατευόμενα είδη καθώς και περιοχές έντονου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Από κλιματολογικής άποψης η Θεσσαλία έχει ήπιο μεσογειακό κλίμα με μεγάλη ηλιοφάνεια και ανέμους ήπιας και μεγάλης έντασης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η περιφέρεια Θεσσαλίας παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ως περιοχή μελέτης στην εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ λόγω του διαφορετικού ανάγλυφου και της μεγάλης έκτασης. Για το λόγο αυτό πολλές μελέτες έχουν συνταχθεί μέχρι σήμερα που εξετάζουν τις κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης. Στην παρούσα εργασία επιλέγεται ως περιοχή μελέτης η

Περιφέρεια Θεσσαλίας ως συνέχεια στις μελέτες για χωροθέτηση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και την έλλειψη σε αυτές μελέτης χωροθέτησης αιολικού πάρκου. Επίσης η περιοχή επιλέγεται και από προσωπικό ενδιαφέρον καθώς και λόγω της ευκολίας εύρεσης όλων των απαραίτητων δεδομένων για την επεξεργασία και την εξαγωγή των συμπερασμάτων.



*Εικόνα 6: Περιφέρεια Θεσσαλίας*

## 6.2 Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί περιγράφεται στα παρακάτω στάδια:

- Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με την νομοθεσία.
- Εύρεση δεδομένων.
- Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού
- Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας
- Ανεύρεση τελικών περιοχών- Δημιουργία τεχνικού μοντέλου

### 6.2.1 Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με τη νομοθεσία

Για την εφαρμογή της χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν βάσει του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ, το οποίο θέτει τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την εύρεση περιοχών κατάλληλες για εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Από τα κριτήρια που θέτει το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ και έχουν αναλυθεί στο τρίτο κεφάλαιο, στη συγκεκριμένη εφαρμογή για την Περιφέρεια Θεσσαλίας χρησιμοποιούνται μόνο εκείνα που θεωρούνται υποχρεωτικά για την επικράτεια είτε πρόκειται για Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας είτε για Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας και όχι αυτά που προκύπτουν από την εκάστοτε Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και κατά το στάδιο της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Επομένως, στην συγκεκριμένη εφαρμογή δεν χρησιμοποιούνται τα κριτήρια της απόστασης από το σύστημα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού αυτή ορίζεται από τον ΑΔΜΗΕ στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (για υψηλή τάση) και τη ΔΕΗ (για μεσαία και χαμηλή τάση). Επίσης οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας κρίνονται μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη. Επίσης, δεν χρησιμοποιούνται τα κριτήρια της απόστασης από υποδομές τηλεπικοινωνιών καθώς και από εγκαταστάσεις της αεροπλοΐας οι οποίες καθορίζονται κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα. Στις περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000, οι οποίες λαμβάνονται ως ζώνες αποκλεισμού, δεν λαμβάνεται ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου από την ασύμβατη αυτή χρήση διότι κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ. Τέλος, όσον αφορά τις χρήσεις γης και επειδή υπάρχει ένα κενό στη νομοθεσία και στον ορισμό της αγροτικής γης υψηλής παραγωγικότητας, οι απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας τηρούνται μόνο για τις αρδευόμενες εκτάσεις και οι υπόλοιπες καθορίζονται κατά περίπτωση και στο στάδιο της ΕΠΟ. Οι αποστάσεις που τηρούνται από όλα τα υπόλοιπα κριτήρια αναφέρονται ρητά μέσα στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ.

### 6.2.2 Συλλογή δεδομένων και δημιουργία γεωχωρικής βάσης

Για να αποδοθούν χωρικά τα παραπάνω κριτήρια δημιουργήθηκε σε περιβάλλον ArcGIS μία βάση δεδομένων (γεωβάση) και εισήχθησαν τα παρακάτω διανυσματικά επίπεδα πληροφορίας:

- ▲ Περιφέρεια Θεσσαλίας (περιοχή μελέτης)
- ▲ Αιολικό δυναμικό (μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στα 40m από την επιφάνεια του εδάφους, όπως αυτό υπολογίστηκε από το ΚΑΠΕ με μοντελοποίηση επίγειων μετρήσεων)

- ♣ Οδικό δίκτυο
- ♣ Δίκτυο Natura 2000
- ♣ Εθνικοί Δρυμοί και Αισθητικά Δάση
- ♣ Αξιόλογες ακτές και παραλίες
- ♣ Χώροι παγκόσμιας κληρονομιάς UNESCO
- ♣ Λοιποί αρχαιολογικοί χώροι
- ♣ Πολιτιστικά μνημεία
- ♣ Οριοθετημένοι οικισμοί
- ♣ Παραδοσιακοί οικισμοί
- ♣ Ιερές μονές
- ♣ Δίκτυο τάσης
- ♣ Χρήσεις γης
- ♣ Μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι πηγές των δεδομένων:

- ♣ Από τα Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα ([geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr)):

Αιολικό δυναμικό, Οδικό δίκτυο, Δίκτυο Natura 2000, Χώροι παγκόσμιας κληρονομιάς UNESCO, Λοιποί αρχαιολογικοί χώροι, Πολιτιστικά μνημεία, Οριοθετημένοι οικισμοί, Δίκτυο τάσης, Χρήσεις γης( CORINE)

- ♣ Από το εργαστήριο χωρικής ανάλυσης GIS και θεματικής χαρτογραφίας :

Περιοχή μελέτης, Εθνικοί Δρυμοί και Αισθητικά Δάση, Παραδοσιακοί Οικισμοί

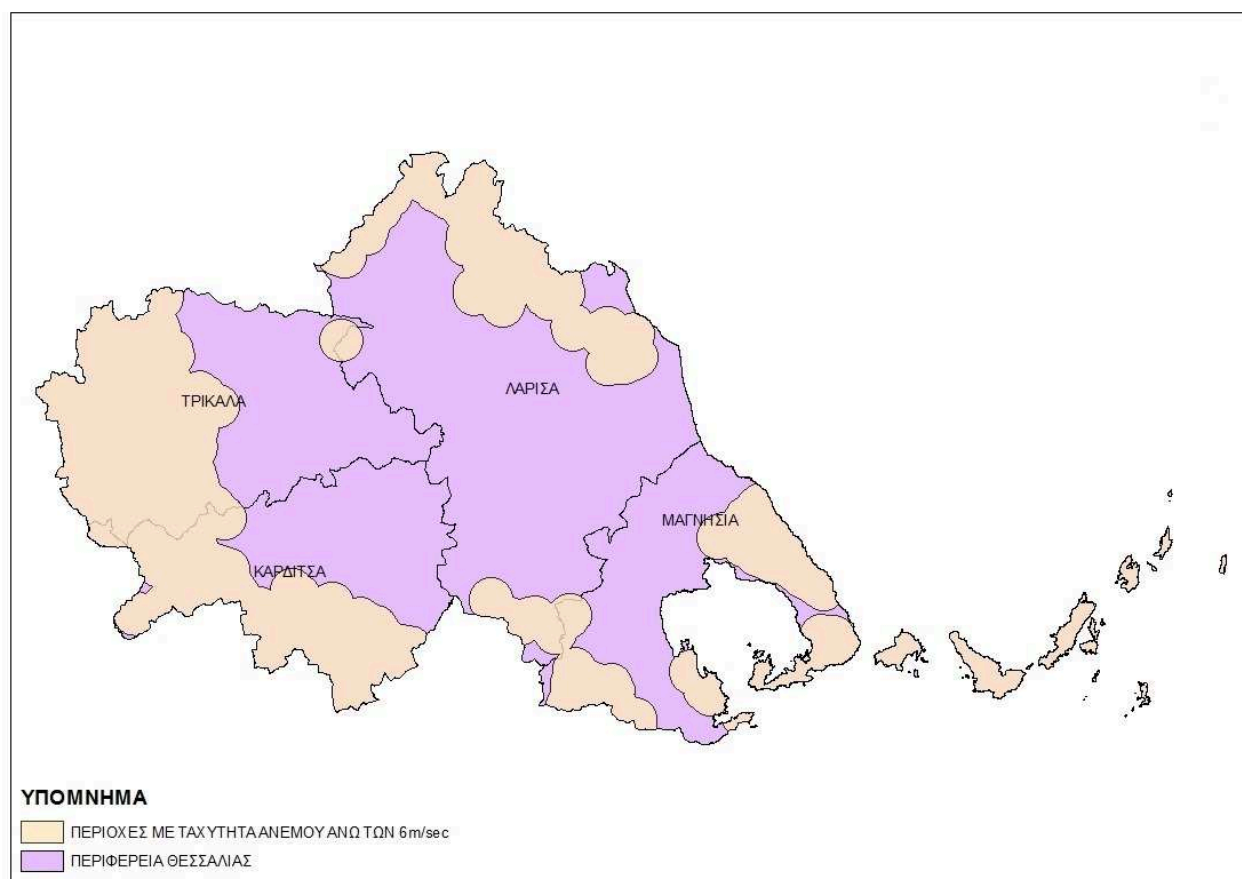
- ♣ Τέλος από τη διπλωματική του συναδέλφου Γιαννάκου Κων/νου :

Αξιόλογες ακτές και παραλίες, Ιερές μονές, Μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες

### 6.2.3 Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας

#### ▲ Κριτήριο 1: Αιολικό δυναμικό

Το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ δεν δίνει συγκεκριμένες κατευθύνσεις για το αιολικό δυναμικό, αφού αυτό εξαρτάται όχι μόνο από την μέση ταχύτητα του ανέμου αλλά και από πολλές άλλες παραμέτρους. Στη συγκεκριμένη εργασία ωστόσο, θεωρήθηκε απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου με βάση τα στοιχεία του ΚΑΠΕ γιατί αποτελεί το κριτήριο με τη μεγαλύτερη βαρύτητα για τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Επομένως επιλέχθηκαν βάσει βιβλιογραφίας οι περιοχές εκείνες με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη των 6m/sec και δημιουργήθηκε μία ζώνη καταλληλότητας (buffer) 5 km γύρω από αυτά τα σημεία.



**Εικόνα 7:** Κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας με κριτήριο το αιολικό δυναμικό

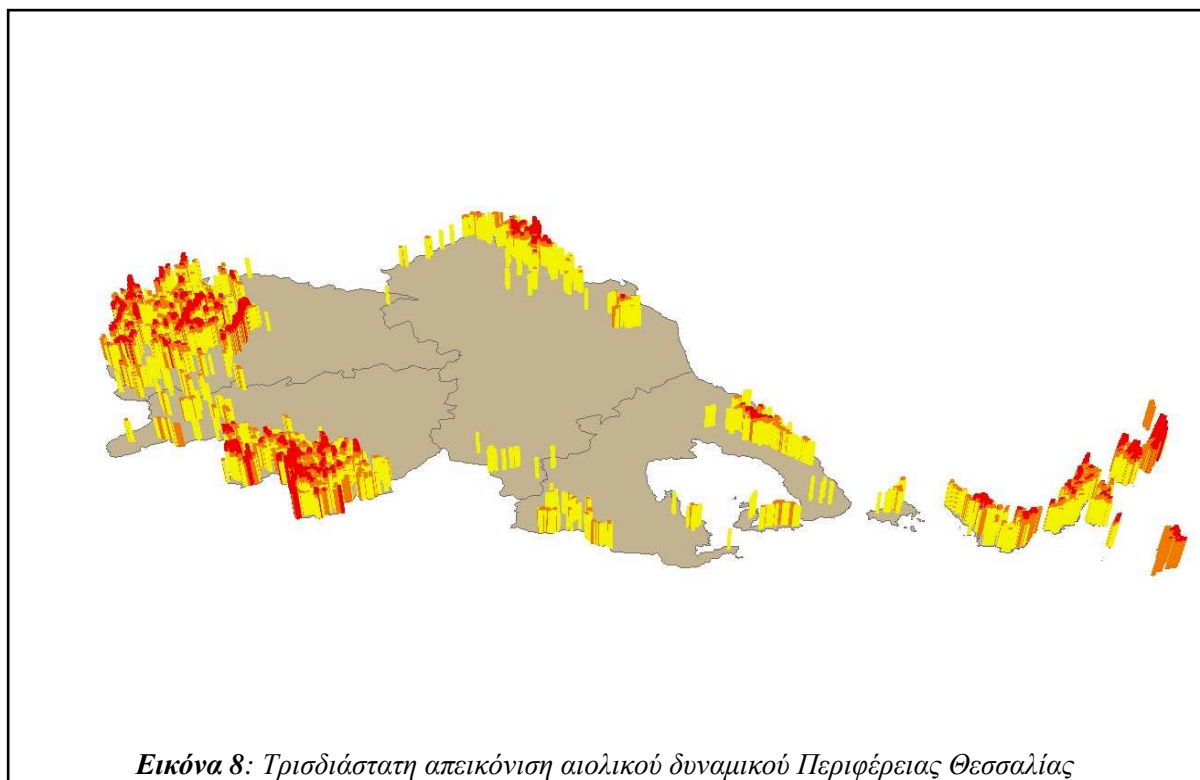
Παρατηρείται από τον παραπάνω χάρτη ότι οι περιοχές εκείνες που έχουν κατάλληλο αιολικό δυναμικό εμφανίζονται κυρίως δυτικά και νοτιοδυτικά της περιφέρειας αλλά και κάποιες στο βόρειο τμήμα αυτής. Επίσης τα νησιά της περιφέρειας, όπως είναι λογικό, εμφανίζουν υψηλές

μέσες ετήσιες ταχύτητες ανέμου.

Αν αναλυθεί τώρα ο χάρτης σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας, παρατηρείται ότι η περιφερειακή ενότητα της Καρδίτσας και αυτή των Τρικάλων εμφανίζουν τη μεγαλύτερη κάλυψη σε περιοχές κατάλληλες, από πλευράς αιολικού δυναμικού, για χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Συγκεκριμένα σε όλο το δυτικό τμήμα της περιφερειακής ενότητας Τρικάλων καθώς και το νότιο- νοτιοδυτικό τμήμα της Καρδίτσας σημειώνονται μέσες ετήσιες τιμές ταχύτητας ανέμου άνω των 6 m/sec. Στις περιφερειακές ενότητες της Λάρισας και της Μαγνησίας συναντώνται σαφώς μικρότερες εκτάσεις κατάλληλες προς χωροθέτηση όσον αφορά το αιολικό δυναμικό και κυρίως στους ορεινούς όγκους αυτών.

Λόγω της σημαντικότητας του κριτηρίου του αιολικού δυναμικού και για την ευκολότερη κατανόηση αυτού στην περιοχή μελέτης κρίθηκε σκόπιμη η οπτικοποίηση της ταχύτητας των ανέμων σε τρισδιάστατη μορφή. Αυτή έγινε με τη βοήθεια του εργαλείου 3d Analyst στο ArcGIS.

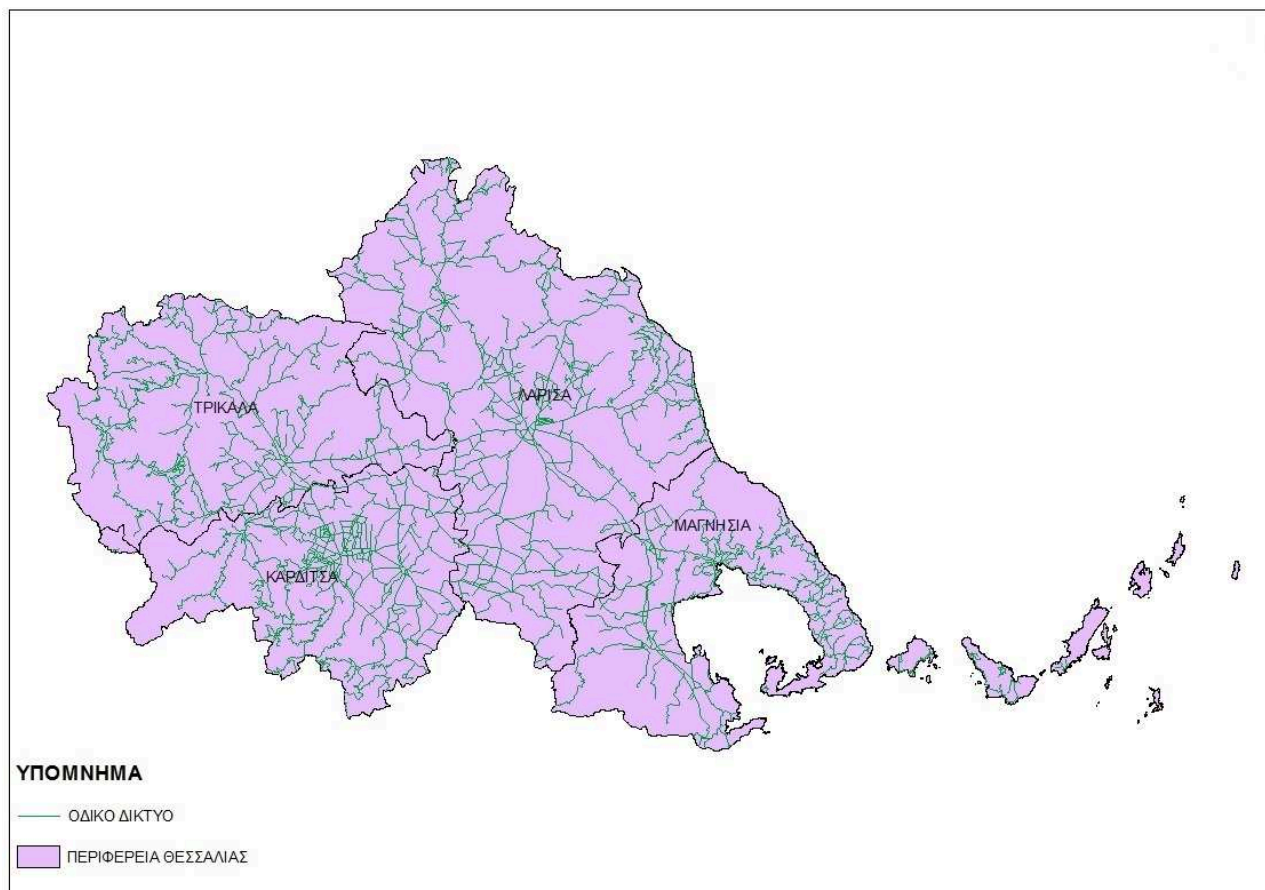
Η παρακάτω εικόνα δίνει σε τρισδιάστατη απεικόνιση το αιολικό δυναμικό της Περιφέρειας Θεσσαλίας (Εικόνα 8).



Στην παραπάνω εικόνα με κίτρινο χρώμα εμφανίζονται τα σημεία με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου από 6 έως 7 m/sec, με πορτοκαλί χρώμα άνεμοι έως 8 m/sec, και με κόκκινο χρώμα άνεμοι με μέση ετήσια ταχύτητα άνω των 8m/sec.

## ▲ Κριτήριο 2: Οδικό δίκτυο

Για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και της απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων, η μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 15 km. Στην περιοχή μελέτης κανένα σημείο δεν ξεπερνά το όριο αυτό σε μήκος όδευσης, επομένως όλη η περιοχή πληροί αυτό το κριτήριο.



*Εικόνα 9: Κόριο και δευτερέων δίκτυο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

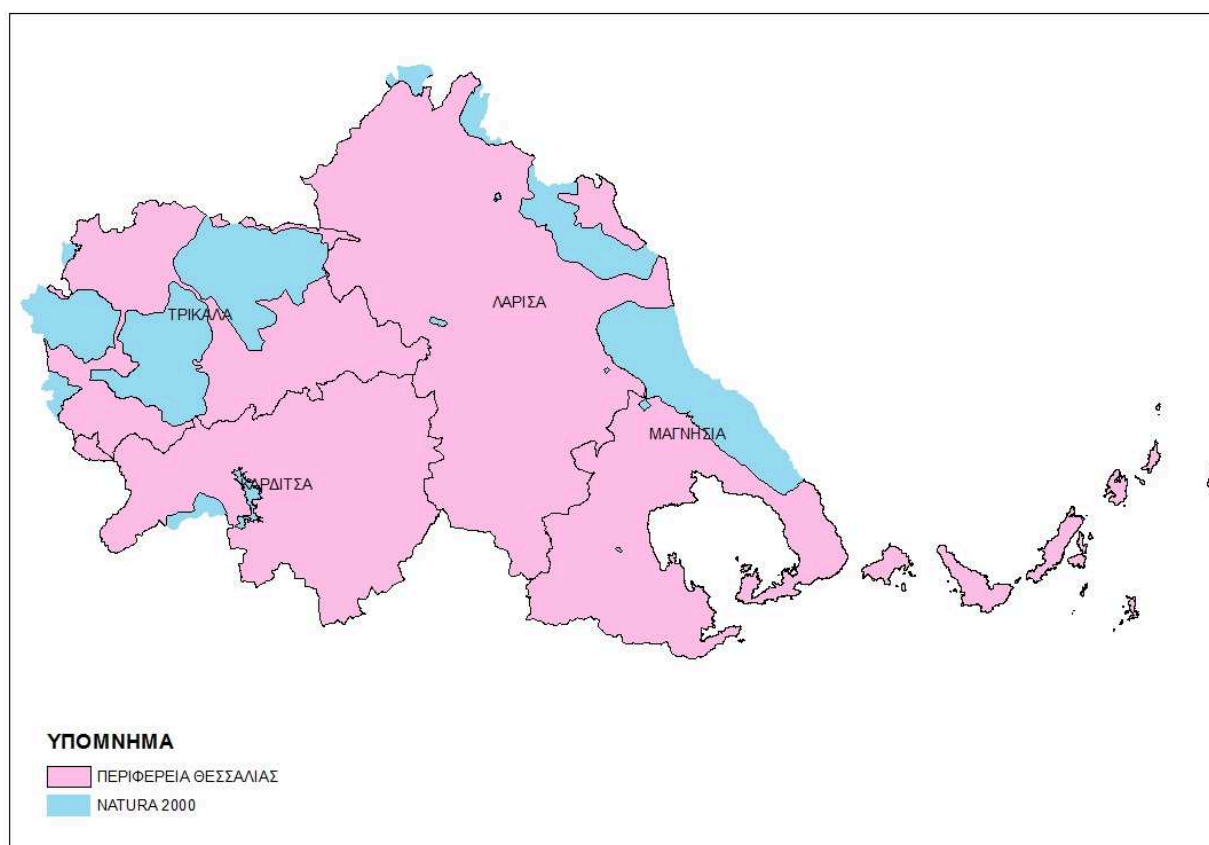


#### 6.2.4 Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού

##### ▲ Κριτήριο 1: Περιοχές Natura 2000

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να είναι εκτός των περιοχών που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο δίκτυο Natura 2000. Επομένως οι περιοχές αυτές αφαιρούνται από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές Natura 2000 στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, άρα τις ζώνες αποκλεισμού που δημιουργούνται γύρω από αυτές.

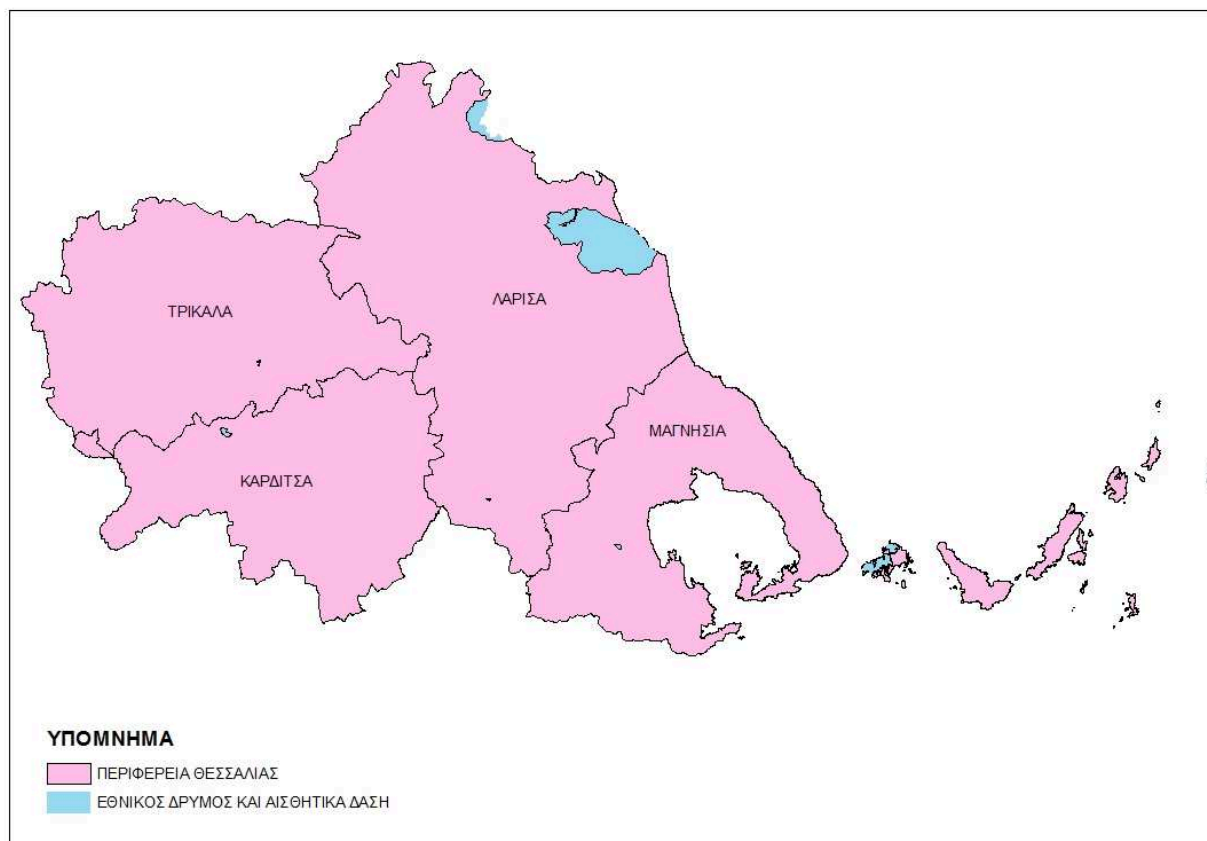


*Εικόνα 10: Ζώνες αποκλεισμού γύρω από τις περιοχές NATURA 2000*

## ▲ Κριτήριο 2: Εθνικοί δρυμοί και αισθητικά Δάση

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να είναι εκτός των πυρήνων εθνικών δρυμών και εκτός των αισθητικών δασών. Επομένως οι περιοχές αυτές αφαιρούνται από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

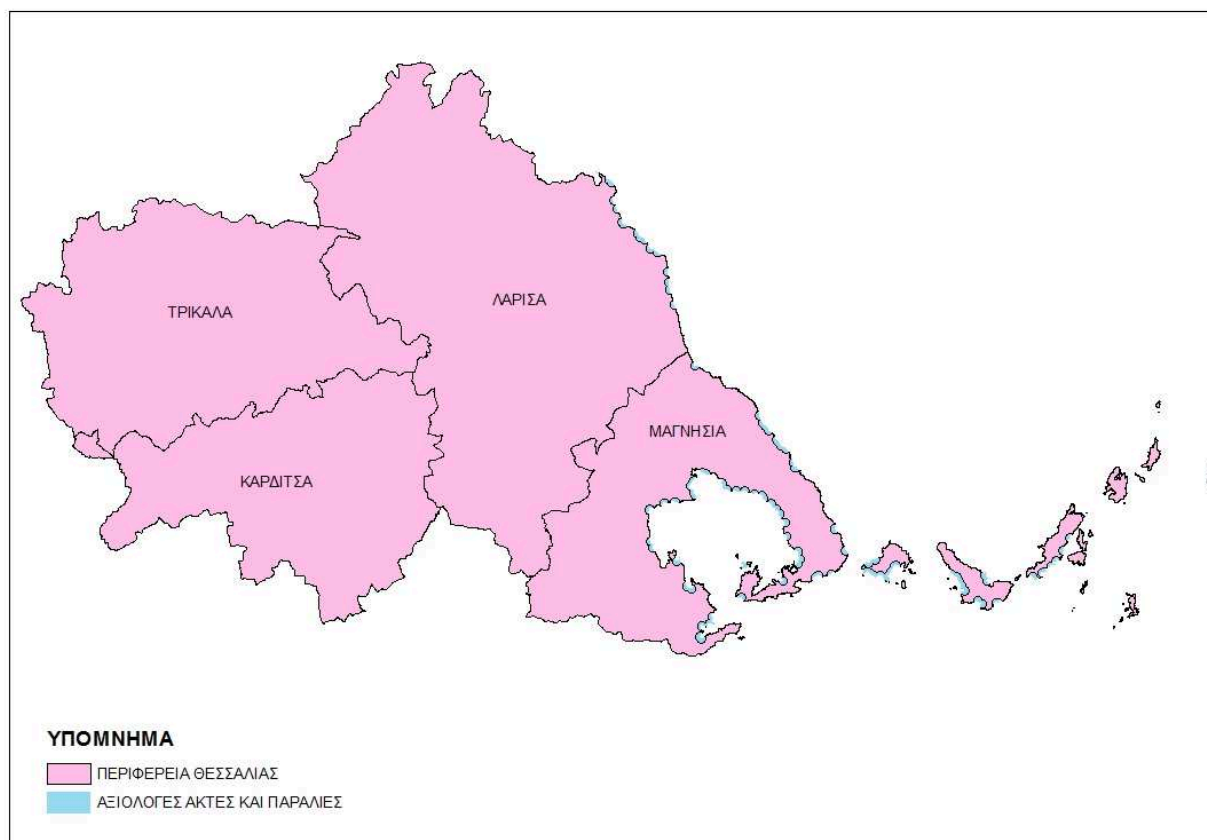


**Εικόνα 11:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από Εθνικό Δρυμό και Αισθητικά Δάση

## ▲ Κριτήριο 3: Αξιόλογες ακτές και παραλίες

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον 1000 m από τις αξιόλογες ακτές και παραλίες. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 1000m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

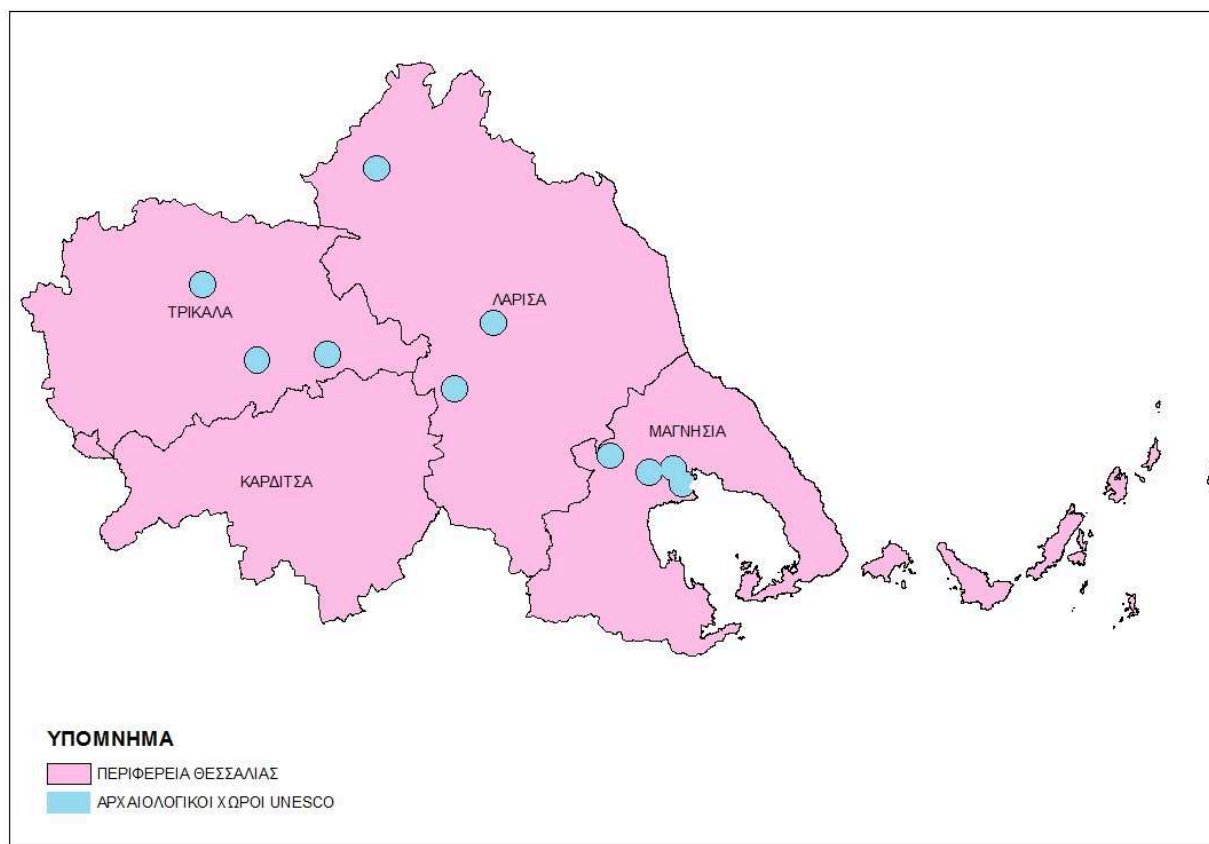


**Εικόνα 12:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αξιόλογες ακτές και παραλίες

## ▲ Κριτήριο 4: Χώροι παγκόσμιας κληρονομιάς UNESCO

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση 3000 m από τους Χώρους παγκόσμιας κληρονομιάς UNESCO. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 3000m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

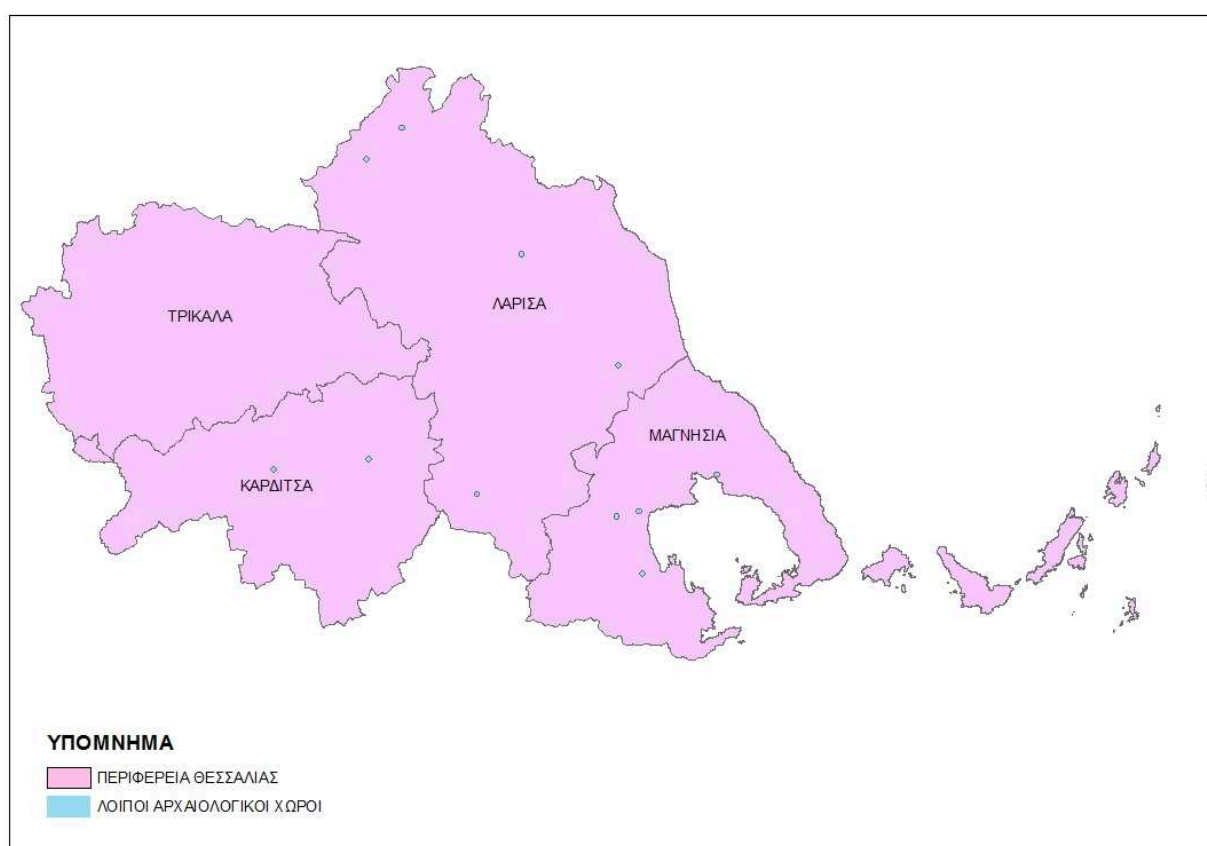


**Εικόνα 13:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικούς χώρους UNESCO

## ▲ Κριτήριο 5: Λοιποί αρχαιολογικοί χώροι

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση  $7d$  (όπου  $d$  η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας και βάσει βιβλιογραφίας ισούται με 85 μέτρα) από λοιπούς αρχαιολογικούς χώρους. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 600 m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

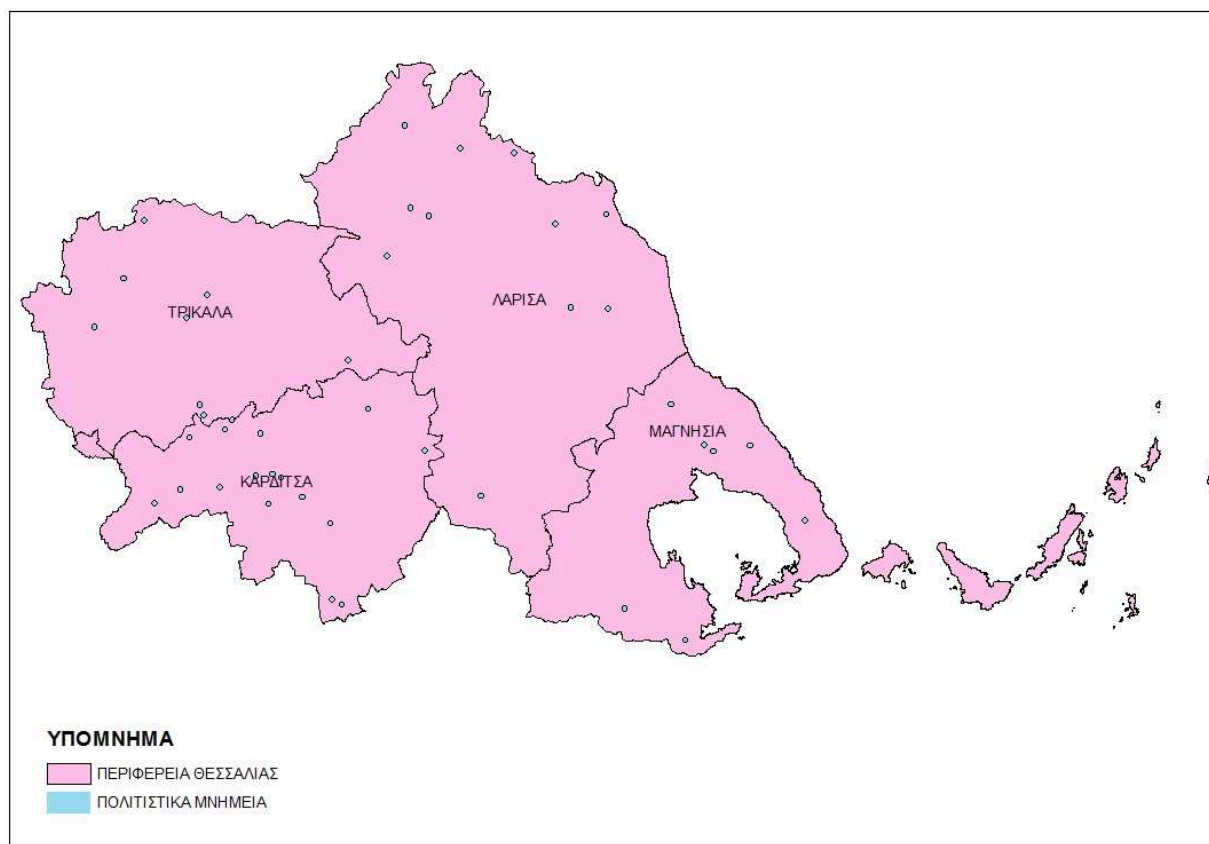


**Εικόνα 14:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικούς χώρους στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

## ▲ Κριτήριο 6: Πολιτιστικά μνημεία

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση 7d από πολιτιστικά μνημεία. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 600 m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.



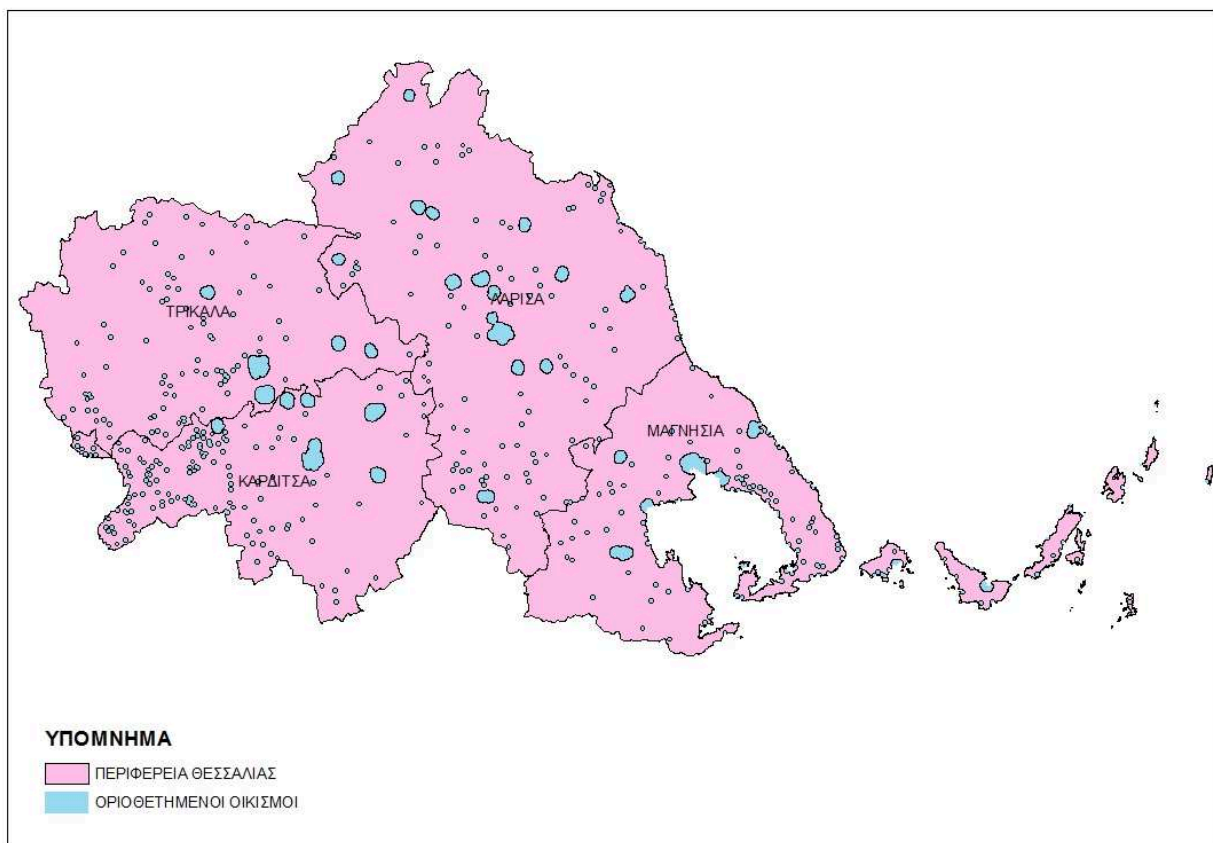
**Εικόνα 15:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από πολιτιστικά μνημεία στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

## ▲ Κριτήριο 7: Οριοθετημένοι οικισμοί

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να απέχουν απόσταση 1000m από τα όρια οικισμών με πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων. Επομένως επιλέγονται οι οικισμοί αυτοί και δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 1000m. Στη συνέχεια αφαιρούνται από την περιοχή μελέτης.

Επίσης θα πρέπει οι περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση να απέχουν τουλάχιστον 500 m από τους λοιπούς οικισμούς. Επομένως επιλέγονται όλοι οι υπόλοιποι οικισμοί και δημιουργείται γύρω τους μία ζώνη αποκλεισμού 500 m. Στη συνέχεια αφαιρούνται και αυτές οι περιοχές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

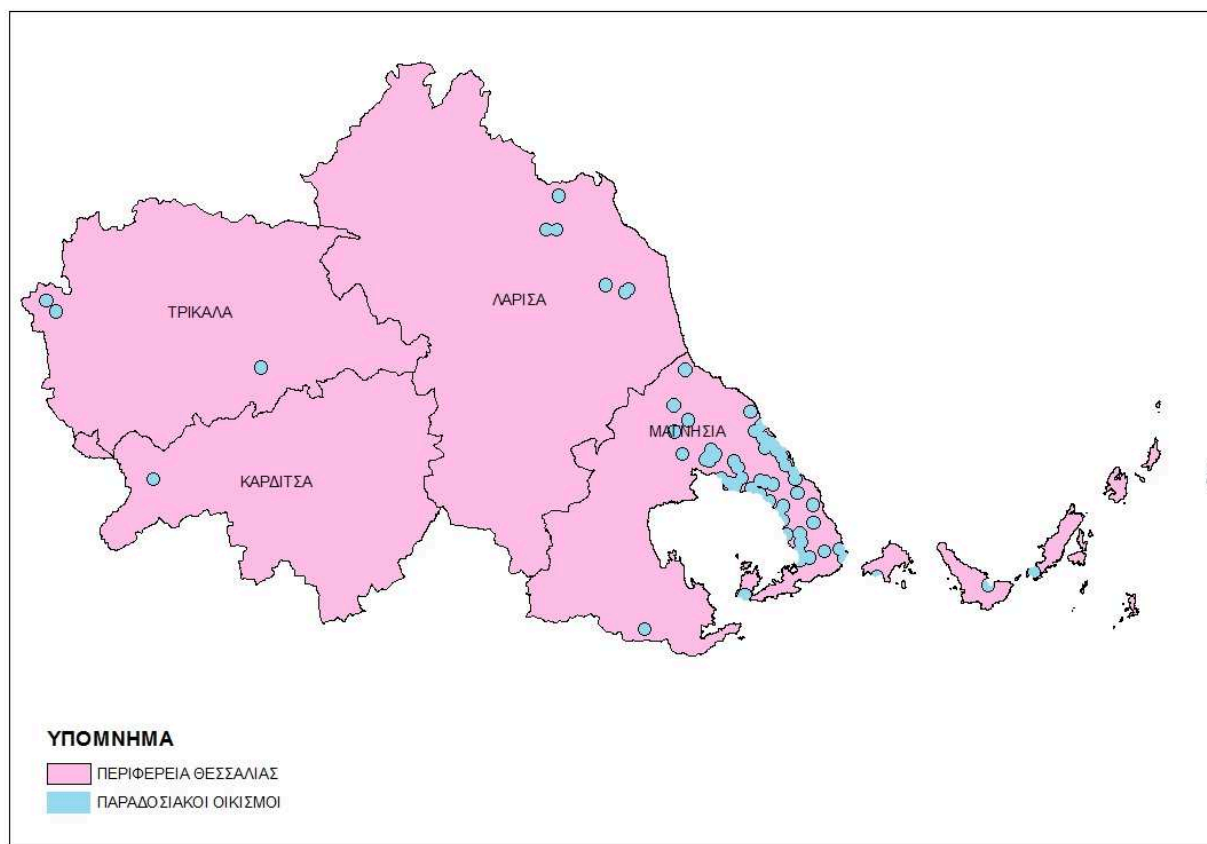


*Εικόνα 16: Ζώνες αποκλεισμού γύρω από οριοθετημένους οικισμούς*

## ▲ Κριτήριο 8: Παραδοσιακοί οικισμοί

Αντίστοιχα με τους οριοθετημένους οικισμούς, θα πρέπει οι κατάλληλες περιοχές να απέχουν 1500m από τους παραδοσιακούς οικισμούς. Έτσι δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 1500m και αφαιρούνται από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.



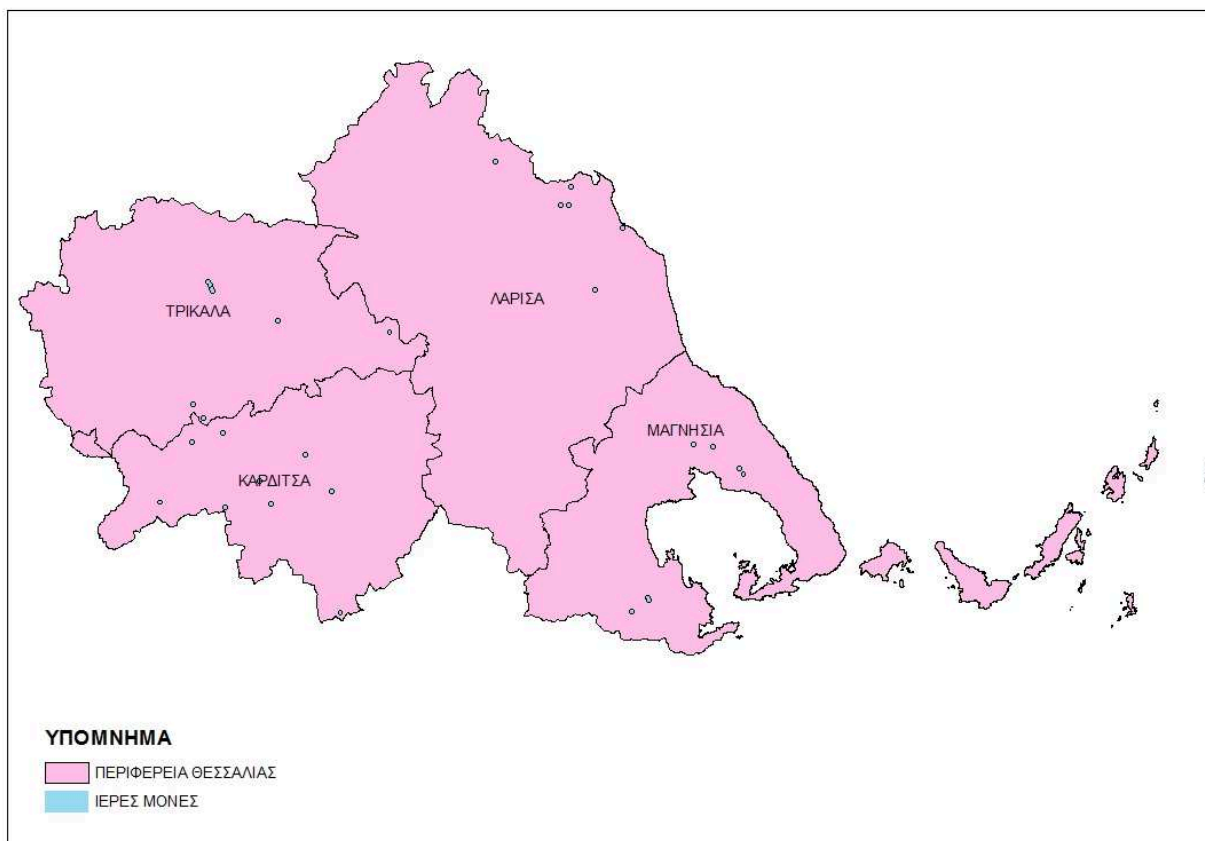
**Εικόνα 17:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από παραδοσιακούς οικισμούς



## ▲ Κριτήριο 9: Ιερές μονές

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση 1000m από τις ιερές μονές. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 1000 m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

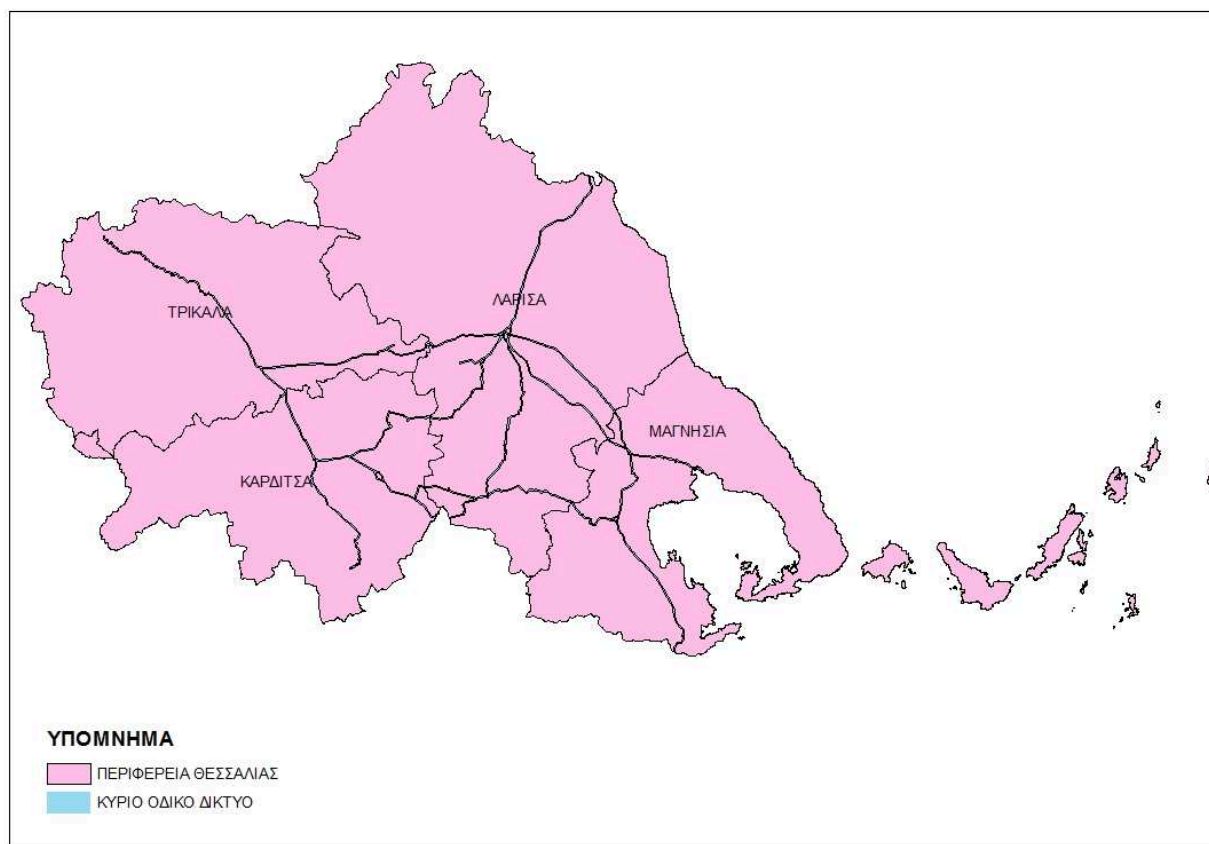


**Εικόνα 18:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από ιερές μονές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

## ▲ Κριτήριο 10: Οδικό δίκτυο

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση 1,5d από το κύριο οδικό δίκτυο. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 150 m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

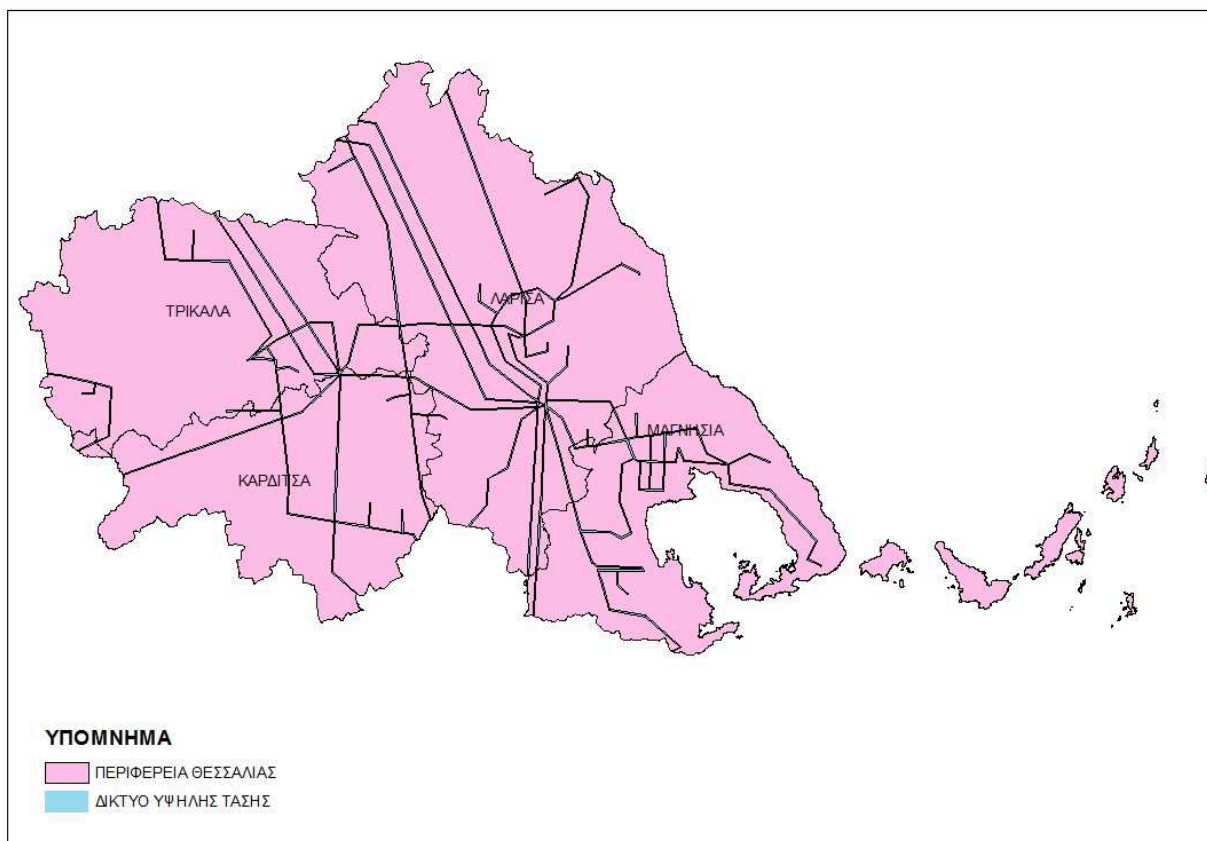


**Εικόνα 19:** Ζώνη αποκλεισμού γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

## ▲ Κριτήριο 11: Δίκτυο τάσης

Θα πρέπει οι κατάλληλες περιοχές να έχουν απόσταση ασφαλείας ίση με  $1,5d$  από το δίκτυο υψηλής τάσεως. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 150m και αφαιρείται από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

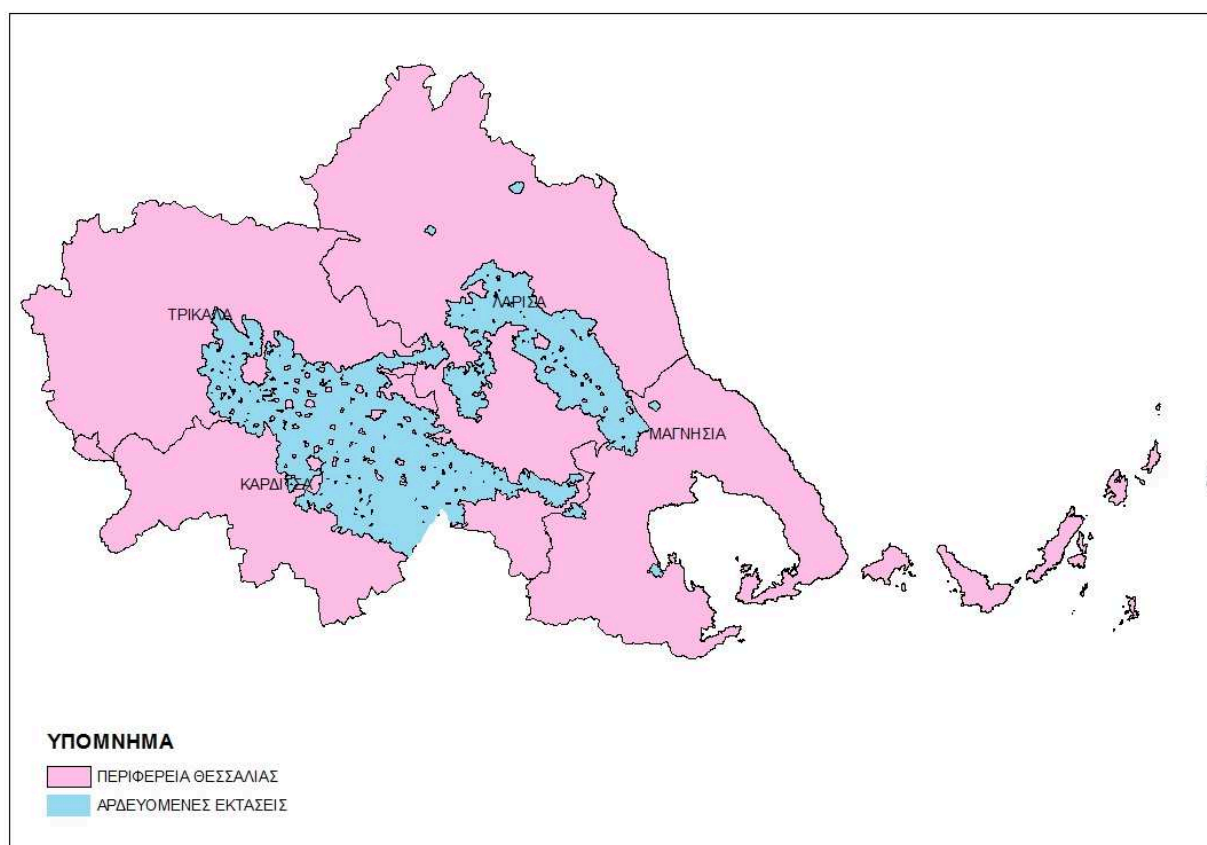


*Εικόνα 20: Ζώνες αποκλεισμού γύρω από το δίκτυο υψηλής τάσης*

## ▲ Κριτήριο 12: Χρήσεις γης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η νομοθεσία ορίζει απαιτούμενες ελάχιστες αποστάσεις των αιολικών πάρκων ανάλογα με τη χρήση γης κάθε περιοχής. Η μόνη χρήση όμως που είναι ορισμένη από την νομοθεσία είναι οι αρδευόμενες εκτάσεις. Για το λόγο αυτό επιλέγονται από τις συνολικές χρήσεις γης οι αρδευόμενες εκτάσεις και δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 150m. Στη συνέχεια αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

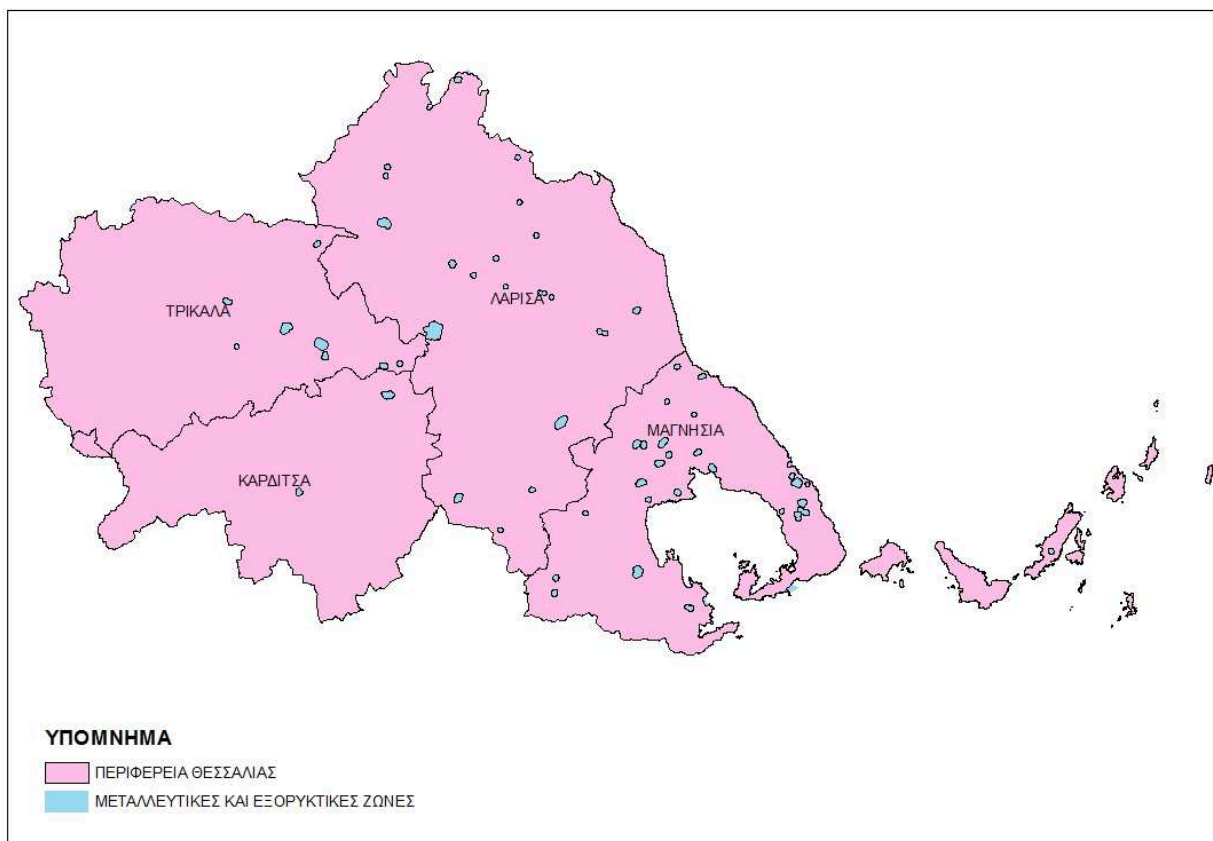


*Εικόνα 21: Ζώνη αποκλεισμού γύρω από τις αρδευόμενες εκτάσεις στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

## ▲ Κριτήριο 13: Μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες

Τέλος, οι περιοχές κατάλληλες για χωροθέτηση πρέπει να απέχουν απόσταση μεγαλύτερη από 500m από λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές- εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες. Επομένως δημιουργούμε μία ζώνη αποκλεισμού 500m γύρω από αυτές και τις αφαιρούμε από την περιοχή μελέτης.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια Θεσσαλίας.



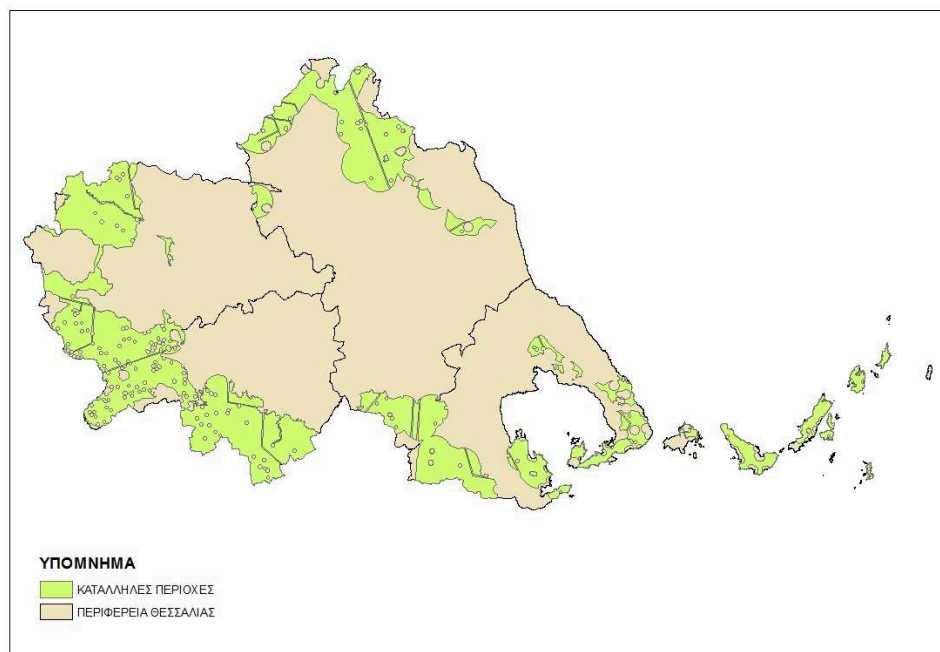
**Εικόνα 22:** Ζώνες αποκλεισμού γύρω από μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες

### 6.2.5 Ανεύρεση τελικών περιοχών

Για την ανεύρεση των τελικών περιοχών συνδυάζονται τα επίπεδα που αναλύθηκαν παραπάνω με τα κριτήρια καταλληλότητας και αποκλεισμού με τη διαδικασία της τομής (intersect). Από τις περιοχές που κρίθηκαν κατάλληλες αφαιρούνται οι περιοχές που αποκλείστηκαν, ώστε να προκύψουν οι τελικές περιοχές.

Οι περιττές γραμμές που δημιουργήθηκαν ανάμεσα στα πολύγωνα με την παραπάνω διαδικασία, αφαιρούνται με την εντολή dissolve που παρέχεται σε ένα ΓΣΠ. Η λειτουργία αυτή συνενώνει πολύγωνα με βάση την κωδικοποίηση της περιγραφικής πληροφορίας που τα συνοδεύει. Για βελτίωση της λειτουργικότητας των παραγόμενων δεδομένων, τα ΓΣΠ παρέχουν μια επιπλέον λειτουργία για τη συνένωση περιοχών της ίδιας κατηγορίας που συνορεύουν γεωγραφικά (multipart to singlepart). Έτσι το τελικό επίπεδο με τις κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, αποκτά μια μορφή που το καθιστά χρήσιμο αλλά και εύχρηστο στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων.

Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 23) δίνονται οι περιοχές αυτές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην περιφέρεια Θεσσαλίας σύμφωνα με τα κριτήρια της νομοθεσίας που θέτει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.



**Εικόνα 23:** Κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η διαθέσιμη έκταση για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην περιφέρεια Θεσσαλίας είναι 3.691 χλμ<sup>2</sup> που αντιστοιχεί σε ποσοστό 26,3% επί της συνολικής έκτασης. Ειδικότερα για κάθε περιφερειακή ενότητα οι εκτάσεις που προκύπτουν και το αντίστοιχο ποσοστό τους στο σύνολο της έκτασης εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Περιφερειακή Ενότητα	Έκταση σε στρέμματα	Ποσοστό % επί της συνολικής έκτασης
Καρδίτσας	1.358.845	9,67
Λάρισας	940646	6,71
Μαγνησίας	817.119	5,81
Τρικάλων	575.053	4,11
Σύνολο	3.691.663	26,3

**Πίνακας 1.** Εκτάσεις κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στις Περιφερειακές Ενότητες της Περιφέρειας Θεσσαλίας

Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες σε έκταση περιοχές κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου εντοπίζονται στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης 9,67%, ακολουθούν η Περιφερειακή Ενότητα της Λάρισας με ποσοστό 6,71%, η περιφερειακή ενότητα Μαγνησίας με ποσοστό 5,81% και οι μικρότερες σε έκταση περιοχές εντοπίζονται στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων με ποσοστό 4,11%. Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας περιλαμβάνονται και οι εκτάσεις που εντοπίζονται στα νησιά των Β. Σποράδων. Όπως θα δούμε στη συνέχεια η εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε νησιωτικές περιοχές έχουν ένα μεγάλο μειονέκτημα όσον αφορά το κόστος μετακίνησης των ανεμογεννητριών. Επίσης σε τέτοιες περιοχές όπως αναφέρθηκε προηγουμένως αρχίζουν να κερδίζουν έδαφος τα θαλάσσια αιολικά πάρκα σε σχέση με τα χερσαία. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μεθοδολογία εξετάστηκε η χωροθέτηση αιολικού πάρκου αυστηρά με τα κριτήρια που ορίζει η νομοθεσία.

Στη συνέχεια προσεγγίζεται το θέμα της χωροθέτησης αιολικού πάρκου με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη και κάποιοι άλλοι περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες.

### 6.3 Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η μέχρι τώρα ανάλυση κατέδειξε τις κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Το πλήθος των κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν, αναπόφευκτα, συνεπάγεται τη μεταβλητότητα του βαθμού καταλληλότητας της κάθε θέσης. Αυτό, σε συνδυασμό με την ύπαρξη παραγόντων με μεγάλη επιρροή, που δε συμπεριλαμβάνονται στη νομοθεσία, αποτελεί πρόκληση για τελική λήψη απόφασης. Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης συχνά χρησιμοποιείται για να συνυπολογίσει και να σταθμίσει τους προκείμενους παράγοντες ώστε να εκτιμήσει τη διαβάθμιση της καταλληλότητας. Τα ΓΣΠ παράγοντας, αλλά και οπτικοποιώντας αυτήν την πληροφορία, υποστηρίζουν την ορθολογική λήψη αποφάσεων.

#### Εφαρμογή στην περιοχή μελέτης

Καταρχήν επιλέγουμε μία δομή Αναλυτικής Ιεράρχησης για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Αυτήν περιέχει τέσσερα στάδια:

- ▲ τον τελικό στόχο
- ▲ τους περιορισμούς
- ▲ τους επιμέρους στόχους ή κριτήρια
- ▲ τους παράγοντες που επηρεάζουν τα κριτήρια

Στόχος	Περιορισμοί	Επιμέρους Στόχοι	Παράγοντες
Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου	- Αρδευόμενες εκτάσεις - Μόνιμες καλλιέργειες - Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	- Περιβαλλοντικοί  - Οικονομικοί	- Ταχύτητα ανέμου - Απόσταση από ΖΕΠ - Χρήσεις γης  - Εγγύτητα σε οδικό δίκτυο - Εγγύτητα στο δίκτυο τάσης - Πυκνότητα Πληθυσμού

**Πίνακας 2.** Αναλυτική Ιεράρχηση για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων



Στο πρώτο στάδιο ορίζεται ο τελικός στόχος της ανάλυσης καταλληλότητας, η χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην περιφέρεια Θεσσαλίας.

Στο δεύτερο στάδιο ορίζονται οι περιορισμοί που μειώνουν τις πιθανές περιοχές που μπορεί να θεωρηθούν κατάλληλες κατά τη διαδικασία της ανάλυσης. Η περιοχή μελέτης είναι ένα πολύ παραγωγικό μέρος της χώρας στον τομέα της γεωργίας, επομένως κρίνεται σκόπιμο να μη γίνει χωροθέτηση στις αρδευόμενες εκτάσεις, σε περιοχές με μόνιμες καλλιέργειες καθώς και σε ετερογενείς γεωργικές περιοχές.

Το τρίτο στάδιο αντιπροσωπεύει την πολυκριτηριακή και πολυεπίπεδη φύση της συγκεκριμένης διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Θέτει στην ουσία επιμέρους στόχους και κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται για την τελική επιλογή:

- ▲ ο πρώτος στόχος περιλαμβάνει την ικανοποίηση κριτηρίων που σχετίζονται με το περιβάλλον και το προστατεύουν.
- ▲ ο δεύτερος στόχος περιλαμβάνει οικονομικούς παράγοντες που αφορούν την χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

Κάθε στόχος απαιτεί μια σειρά από παράγοντες που αναφέρονται στο τελευταίο στάδιο της ιεράρχησης. Μία λεπτομερής περιγραφή των παραγόντων αυτών δίνεται παρακάτω.

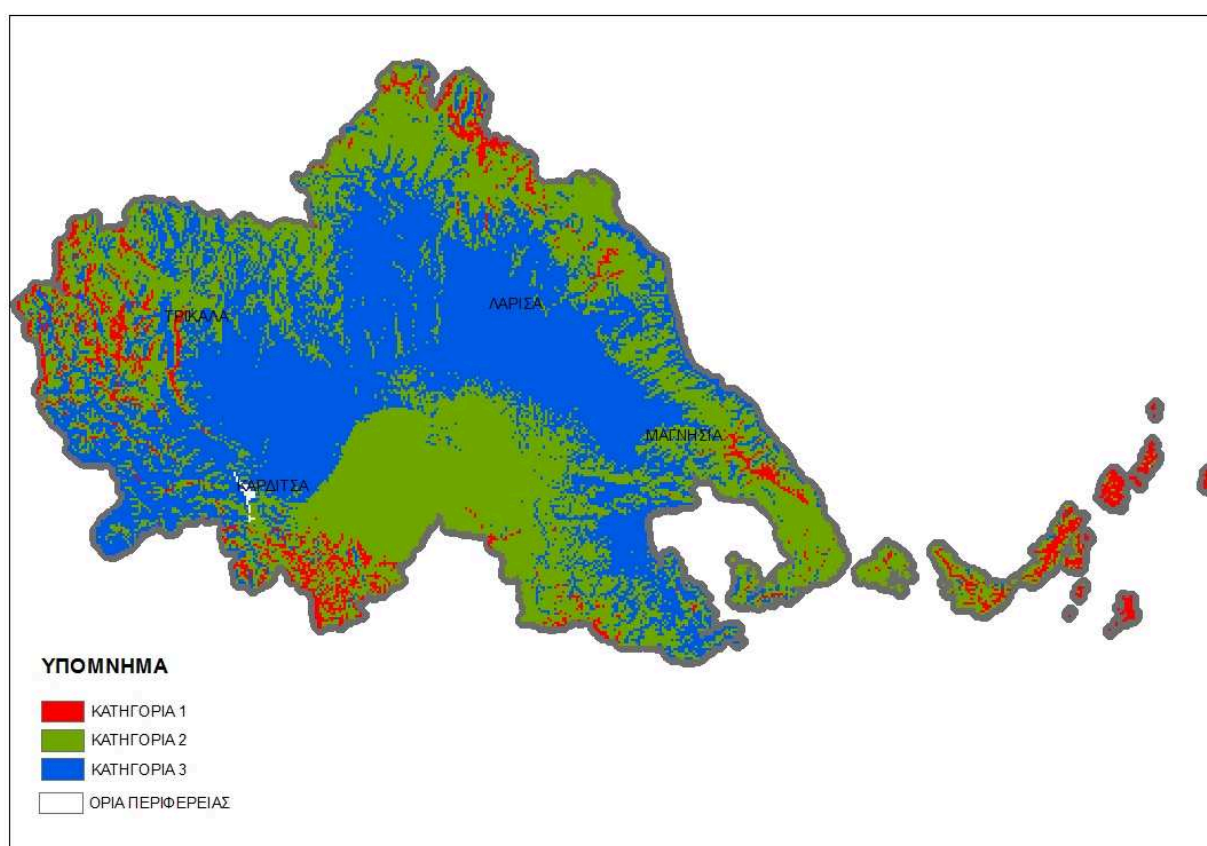
### **Περιβαλλοντικοί παράγοντες**

#### **6.3.1 Ταχύτητα ανέμου**

Η ταχύτητα του ανέμου είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την χωροθέτηση νέων αιολικών πάρκων. Η παραγωγή ενέργειας αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου μέχρι να φτάσει την “ονομαστική ταχύτητα”, που είναι η ταχύτητα που μεγιστοποιεί την παραγωγή. Ως εκ τούτου, περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλότερες ταχύτητες ανέμου είναι καταλληλότερες προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου από περιοχές με χαμηλότερες ταχύτητες.

Τα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου συλλέχθηκαν από το geodata.gov.gr. Ο χάρτης περιλαμβάνει το αιολικό δυναμικό της περιοχής μελέτης όπως αυτό υπολογίστηκε από το ΚΑΠΕ με βάση ένα ευρύ πρόγραμμα επί τόπου μετρήσεων και εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων. Ο χάρτης παρουσιάζει τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στα 40m από την επιφάνεια του εδάφους.

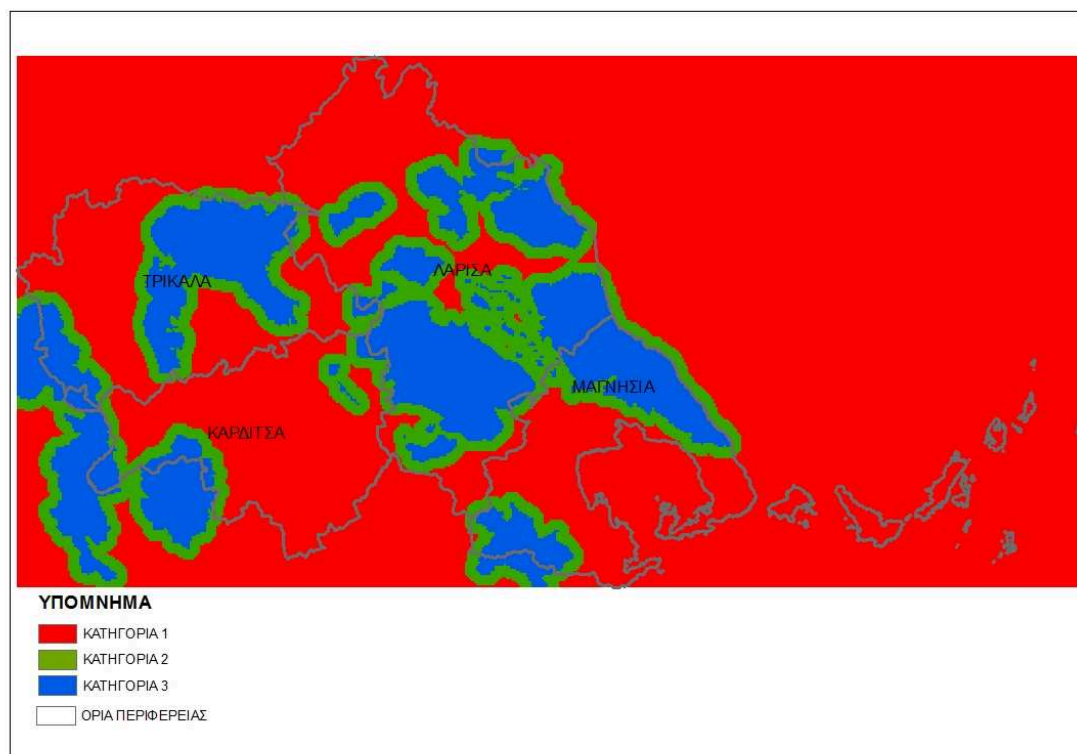
Τα δεδομένα εισάγονται σε περιβάλλον ArcGIS και μετατρέπονται από διανυσματική σε ψηφιδωτή μορφή (vector to raster). Στη συνέχεια χωρίζονται σε 3 κατηγορίες με βάση την ετήσια ταχύτητα του ανέμου από κακή (1) έως πολύ καλή (3). Η κατηγορία (3) περιέχει τις ταχύτητες του ανέμου που δεν ξεπερνούν τα 3,5 m/sec και αυτές οι περιοχές δεν κρίνονται κατάλληλες προς χωροθέτηση. Η κατηγορία (2) περιλαμβάνει ταχύτητες έως 5,5 m/sec και παρά τις χαμηλές ταχύτητες μπορούν οι περιοχές αυτές να θεωρηθούν κατάλληλες, ειδικά σε περιοχές με επίπεδη τοπογραφία και μικρά εμπόδια, όπως είναι ο θεσσαλικός κάμπος. Η κατηγορία (1) με ταχύτητες άνω των 5,5 m/sec είναι η πλέον κατάλληλη για χωροθέτηση μεγάλων αιολικών πάρκων. Παρακάτω φαίνεται ο ψηφιδωτός χάρτης με την κατηγοριοποίηση της περιοχής μελέτης με βάση την ταχύτητα του ανέμου.



*Εικόνα 24: Ψηφιδωτός χάρτης ταχύτητας ανέμου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

### 6.3.2 Απόσταση από Ζώνες Ειδικής Προστασίας Ορνιθοπανίδας

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων περιλαμβάνει την πιθανή απειλή στην τοπική άγρια πανίδα. Η εκτίμηση της απόστασης της ορνιθοπανίδας έχει ως στόχο να ελαχιστοποιήσει τις συγκρούσεις των πτηνών με τις τουρμπίνες των ανεμογεννητριών. Η απειλή των αιολικών πάρκων στην υγεία και την ασφάλεια των πτηνών είναι ένα σύνηθες πρόβλημα που εξετάζεται σε κάθε χωροθέτηση αιολικού πάρκου από ειδική ορνιθολογική μελέτη. Οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας για την Ορνιθοπανίδα συλλέχθηκαν σε διανυσματική μορφή από το εργαστήριο χωρικής ανάλυσης GIS και θεματικής χαρτογραφίας και εισήχθησαν σε περιβάλλον ArcGIS. Οι αποστάσεις υπολογίστηκαν με βάση την Ευκλείδεια απόσταση που μετρά την απόσταση ευθείας γραμμής των ΖΕΠ από κάθε κελί της περιοχής μελέτης. Δημιουργούμε δύο σημεία ελέγχου στις αποστάσεις αυτές βάσει βιβλιογραφίας (Gorsevski κá, 2012, Gorsevski και Jankowski, 2010, Gorsevski κá, 2006). Το πρώτο σημείο ορίζεται στα 500m και υποδεικνύει τις λιγότερο κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση πριν από αυτό (κατηγορία 3), και το δεύτερο στα 3000m και υποδεικνύει τις πλέον κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση πέρα από αυτό (κατηγορία 1). Οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στα δύο αυτά σημεία θεωρούνται κατάλληλες προς χωροθέτηση (κατηγορία 2). Παρακάτω δίνεται ο χάρτης με την κατηγοριοποίηση της περιοχής μελέτης με βάση τις αποστάσεις από τις ΖΕΠ.



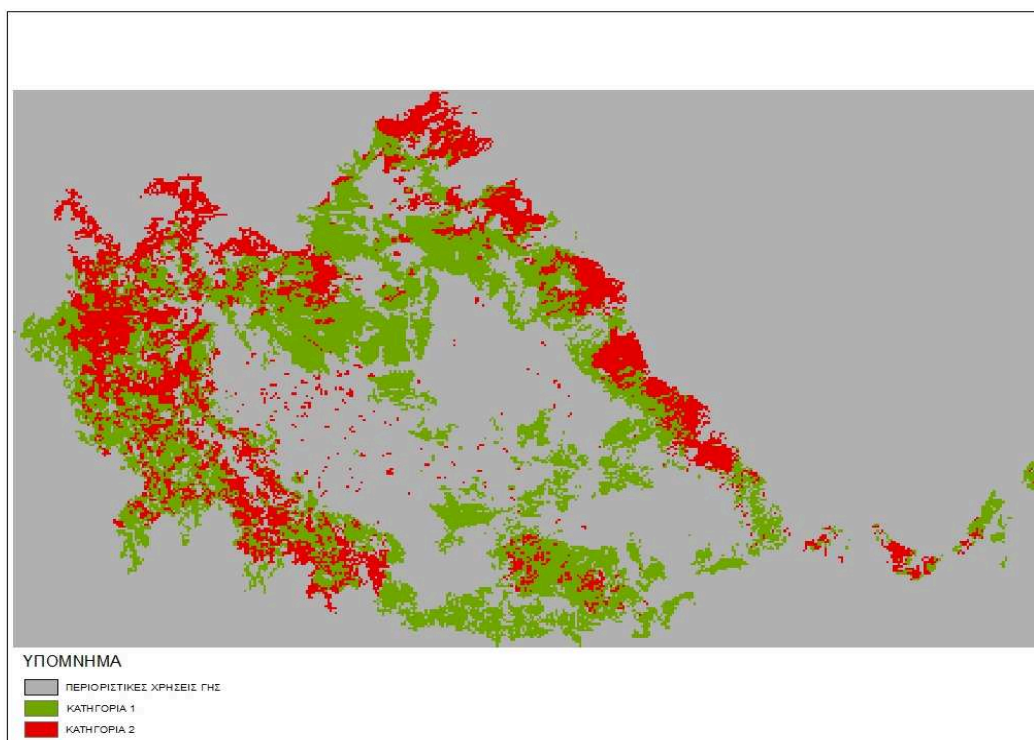
*Εικόνα 25: Ψηφιδωτός χάρτης αποστάσεων των ΖΕΠ Ορνιθοπανίδας*

### 6.3.3 Χρήσεις Γης

Παρόλο που οι μεμονωμένες ανεμογεννήτριες έχουν ένα σχετικά μικρό αποτύπωμα στη γη, μια ανησυχία γύρω από τα αιολικά πάρκα είναι ο αντίκτυπος στο έδαφος που σχετίζεται με την κατασκευή και τη λειτουργία των ανεμογεννητριών. Μία μελέτη που δημοσίευσε το αμερικανικό εργαστήριο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Denholm κá, 2009) εξέτασε την έκταση του εδάφους που επηρεάζεται από μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα σε διαφορετικούς τύπους χρήσεων γης. Η μελέτη έδειξε ότι τα αιολικά πάρκα που είναι εγκατεστημένα σε βοσκότοπους καλλιεργούμενες και θαμνώδεις εκτάσεις έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο έδαφος από αυτά που είναι εγκατεστημένα σε λιβάδια και δασικές εκτάσεις, που και αυτά με τη σειρά τους έχουν λιγότερες επιπτώσεις από τις υπόλοιπες χρήσεις γης.

Οι χρήσεις γης για την περιοχή μελέτης συλλέγονται από το [geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr) και εισάγονται σε περιβάλλον ArcGIS. Στη συνέχεια οι χρήσεις γης χωρίζονται σε 2 κατηγορίες. Η κατηγορία (1) περιλαμβάνει βοσκότοπους και θαμνώδεις εκτάσεις που είναι οι πλέον κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Η κατηγορία (2) περιλαμβάνει λιβάδια και δασικές εκτάσεις και αντιπροσωπεύει περιοχές μέτριας καταλληλότητας. Όλες οι υπόλοιπες χρήσεις είναι περιοριστικές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης με την κατηγοριοποίηση της περιοχής μελέτης βάσει των χρήσεων γης.



*Εικόνα 26: Ψηφιδωτός χάρτης των χρήσεων γης στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

## **Οικονομικοί Παράγοντες**

### **6.3.4 Εγγύτητα σε οδικό δίκτυο**

Η εγγύτητα σε υποδομές μεταφορών αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο στη διαδικασία σχεδιασμού καθώς η μεταφορά των ανεμογεννητριών στον χώρο εγκατάστασής τους αποτελεί μία διαδικασία πολύπλοκη και δαπανηρή. Συχνά το δευτερεύον δίκτυο δεν θεωρείται κατάλληλο για τη μεταφορά των μεγάλων σε όγκο ανεμογεννητριών και μπορεί να έχουν σε κάποια σημεία ανεπαρκή ακτίνα στροφής για τα μεγάλα οχήματα μεταφοράς. Πρέπει η απόσταση της πιθανής προς χωροθέτηση περιοχής να ελαχιστοποιείται, στο μέτρο του δυνατού, από τις κύριες οδικές αρτηρίες για να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης του πάρκου, κάνοντας παράλληλα τη μεταφορά των ανεμογεννητριών ευκολότερη και αποτελεσματικότερη.

Εισάγονται λοιπόν σε περιβάλλον ArcGIS τα δεδομένα που αφορούν το κύριο και δευτερεύον οδικό δίκτυο της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Οι αποστάσεις υπολογίστηκαν με βάση την Ευκλείδεια απόσταση που μετρά την απόσταση ευθείας γραμμής του οδικού δικτύου από κάθε κελί της περιοχής μελέτης. Δημιουργούνται δύο σημεία ελέγχου στα 1000 και 5000 μέτρα βάσει βιβλιογραφίας. Περιοχές οι οποίες απέχουν λιγότερο από 1000 μέτρα από το οδικό δίκτυο θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες προς χωροθέτηση (κατηγορία 1). Ομοίως, οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 5000 μέτρων από το οδικό δίκτυο θεωρούνται ως μη κατάλληλες προς χωροθέτηση (κατηγορία 3). Τέλος, εκείνες οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στα 2 σημεία ελέγχου (των 1000 και 5000 μέτρων) θεωρούνται λιγότερο κατάλληλες προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου (κατηγορία 2).

Παρακάτω δίνεται ο χάρτης των αποστάσεων όλων των περιοχών της περιοχής μελέτης από το οδικό δίκτυο της Περιφέρειας Θεσσαλίας καθώς και η κατηγοριοποίηση της Περιφέρειας με βάση τα σημεία ελέγχου.



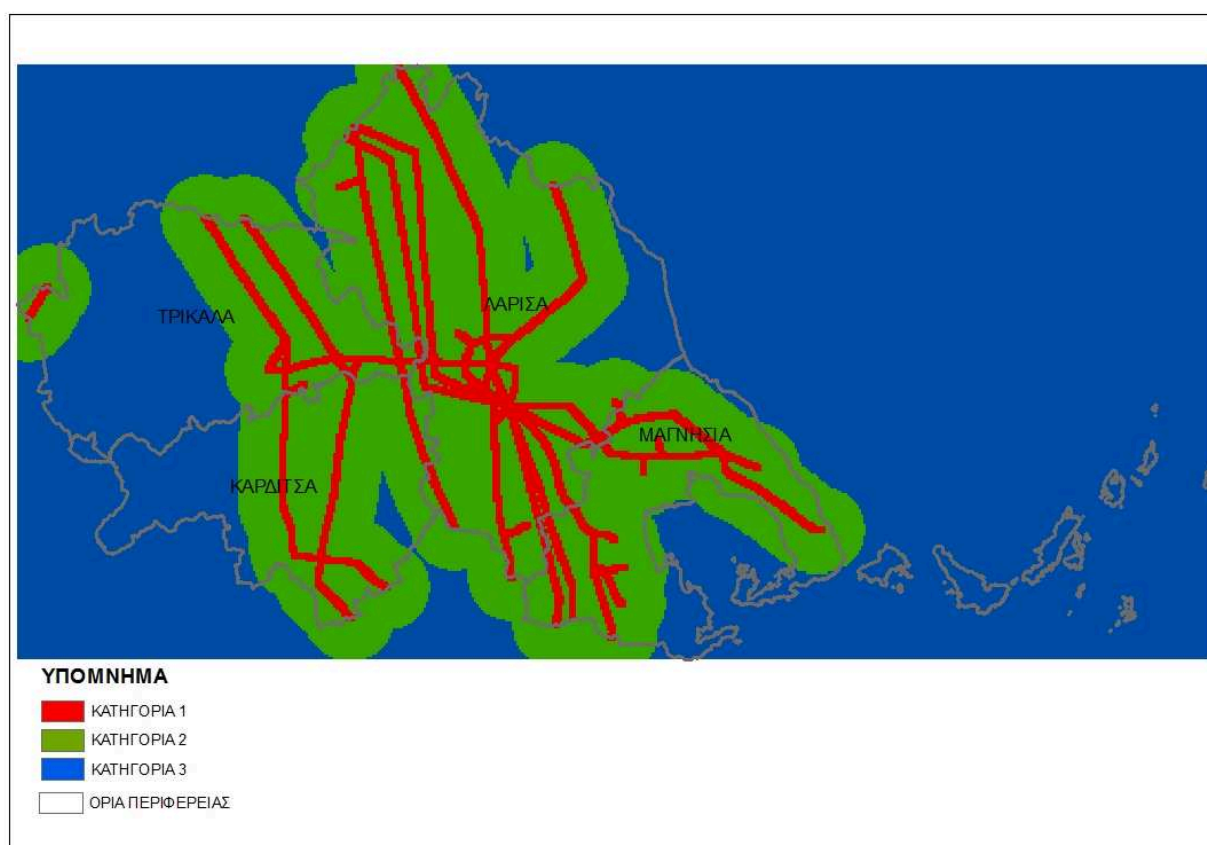
*Εικόνα 27: Ψηφιδωτός χάρτης αποστάσεων από οδικό δίκτυο*

### 6.3.5 Εγγύτητα σε δίκτυο υψηλής τάσης

Η γειννίαση με τις γραμμές υψηλής τάσης μεταφοράς της ενέργειας είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων, για την ελαχιστοποίηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που παραδίδεται στον καταναλωτή. Μέχρι σήμερα, οι προγραμματιστές της αιολικής ενέργειας επιλέγουν περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό που βρίσκονται κοντά σε επαρκή δυναμικότητα της γραμμής μεταφοράς ενέργειας και όπου το κόστος μεταφοράς της ενέργειας είναι χαμηλό για την ανάπτυξη. Η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου όπου οι γραμμές μεταφοράς λείπουν θα απαιτήσει νέο δίκτυο μεταφοράς που θα εγκατασταθεί, το οποίο θα αυξήσει το κόστος που συνδέεται με την ανάπτυξη αιολικού πάρκου.

Τα δεδομένα για το υπάρχον δίκτυο υψηλής τάσης συλλέχθηκαν από τα δημόσια ανοιχτά δεδομένα ([geodata.gov.org](http://geodata.gov.org)) και εισήχθησαν σε περιβάλλον ArcGIS. Τα δεδομένα απεικονίζουν το υφιστάμενο δίκτυο υψηλής τάσης στην περιοχή μελέτης που μπορεί δυνητικά να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά της ενέργειας που παράγεται σε ένα αιολικό πάρκο. Οι αποστάσεις υπολογίστηκαν

με βάση την Ευκλείδεια απόσταση που μετρά την απόσταση ευθείας γραμμής του δικτύου υψηλής τάσης από κάθε κελί της περιοχής μελέτης. Βάσει βιβλιογραφίας, περιοχές οι οποίες απέχουν λιγότερο από 1000 μέτρα από τις γραμμές μεταφοράς του δικτύου θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες προς χωροθέτηση (κατηγορία 1). Ομοίως, οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 10000 μέτρων από το δίκτυο θεωρούνται ως μη κατάλληλες προς χωροθέτηση (κατηγορία 3). Τέλος, εκείνες οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στα 2 σημεία ελέγχου (των 1000 και 10000 μέτρων) θεωρούνται λιγότερο κατάλληλες προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου (κατηγορία 2). Παρακάτω δίνεται ο χάρτης των αποστάσεων όλων των περιοχών της περιοχής μελέτης από το δίκτυο υψηλής τάσης της Περιφέρειας Θεσσαλίας καθώς και η κατηγοριοποίηση της Περιφέρειας με βάση τα σημεία ελέγχου.



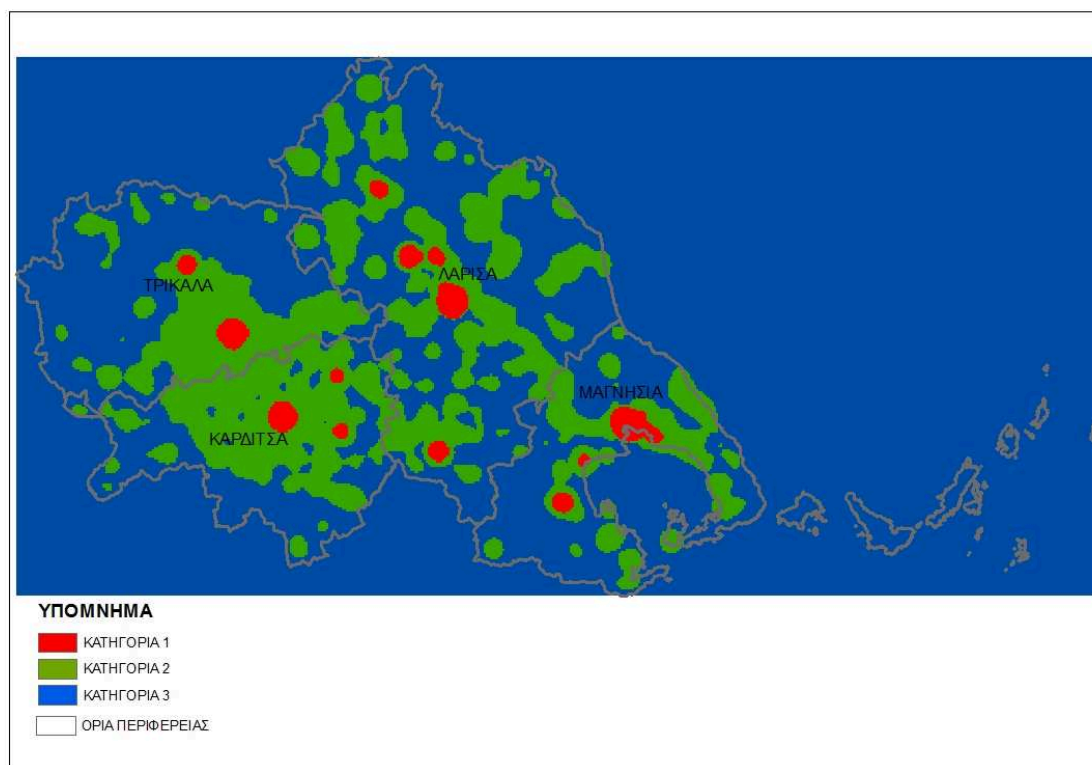
*Εικόνα 28: Ψηφιδωτός χάρτης αποστάσεων από δίκτυο υψηλής τάσης*

### 6.3.6 Πυκνότητα πληθυσμού

Είναι σαφώς αντιληπτό ότι περιοχές με υψηλότερη πυκνότητα πληθυσμού έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια από περιοχές με χαμηλότερη πυκνότητα. Αποτελεί λοιπόν, σημαντικό οικονομικό παράγοντα η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, έτσι ώστε η ενέργεια που παράγεται από τους χώρους εγκατάστασης να μεταφέρεται γρήγορα και οικονομικά σε περιοχές με την υψηλότερη ζήτηση σε ενέργεια. Η ενέργεια που παράγεται από τα αιολικά πάρκα που βρίσκονται κοντά σε υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, θα έχει μικρότερη απόσταση να “ταξιδέψει” και θα εξαρτηθεί από λιγότερες γραμμές μεταφοράς, μειώνοντας έτσι το κόστος της παροχής της ενέργειας για τους καταναλωτές.

Στην παρούσα εργασία η πυκνότητα αυτή υπολογίστηκε με τη βοήθεια μιας συνάρτησης μέτρησης πυκνότητας (kernel density) σε περιβάλλον ArcGIS. Το περιγραφικό χαρακτηριστικό του πληθυσμού από τα δεδομένα των οικισμών της Περιφέρειας Θεσσαλίας χρησιμοποιήθηκε για να κατηγοριοποιηθεί η περιοχή μελέτης με βάση την πυκνότητα του πληθυσμού. Ομοίως με τα προηγούμενα κριτήρια ορίζονται 2 σημεία ελέγχου. Το πρώτο ορίζεται σε 200 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (σημείο α) και το δεύτερο σε 20 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (σημείο β). Οι περιοχές με πυκνότητα πληθυσμού μεγαλύτερη από το σημείο (α) είναι οι καταλληλότερες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου (κατηγορία 1). Οι περιοχές με πυκνότητα πληθυσμού μικρότερη από το σημείο (β) είναι οι μη κατάλληλες περιοχές (κατηγορία 3). Τέλος, οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στα δύο σημεία ελέγχου είναι λιγότερο κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου (κατηγορία 2). Παρακάτω δίνεται η κατηγοριοποίηση της περιοχής μελέτης βάσει της πυκνότητας του πληθυσμού της περιφέρειας Θεσσαλίας.





*Εικόνα 29: Ψηφιδωτός χάρτης πυκνότητας πληθυσμού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

### 6.3.7 Χωροθέτηση αιολικού πάρκου

Αναφέρθηκε στην ιεραρχική δομή ότι στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο εντοπισμός κατάλληλων περιοχών στην Περιφέρεια Θεσσαλίας για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Για το σκοπό αυτό αναλύθηκαν οι επιμέρους στόχοι, οι οποίοι πλέον πρέπει να συνδυαστούν και να ικανοποιηθούν ώστε να παράγουν το τελικό επίπεδο. Στη συνέχεια πρέπει να αξιολογηθούν οι δύο στόχοι που έχουν τεθεί καθώς και τα επιμέρους κριτήρια για κάθε στόχο.

Η διαδικασία αυτή απαιτεί είτε την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είτε τη δημιουργία μίας ομάδας ανθρώπων που σχετίζονται με το θέμα για τον προσδιορισμό των βαρών του κάθε κριτηρίου. Οι Gorsevski κá. (2013) έχουν συγκροτήσει μία αντίστοιχη ομάδα ανθρώπων, ειδικών στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, με σκοπό να αξιολογήσουν τα κριτήρια που αναλύθηκαν παραπάνω. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τα βάρη αυτά και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Επιμέρους Στόχοι	Βάρος Κριτηρίου	Παράγοντες	Βάρος Κριτηρίου
Περιβαλλοντικοί	40%	Ταχύτητα ανέμου	60%
		Απόσταση από ΖΕΠ	15%
		Χρήσεις γης	25%
Οικονομικοί	60%	Εγγύτητα σε οδικό δίκτυο	35%
		Εγγύτητα στο δίκτυο τάσης	40%
		Πυκνότητα Πληθυσμού	25%

**Πίνακας 3.** Κατανομή των τιμών αξιολόγησης για τους περιβαλλοντικούς - οικονομικούς στόχους και για τους επιμέρους παράγοντες

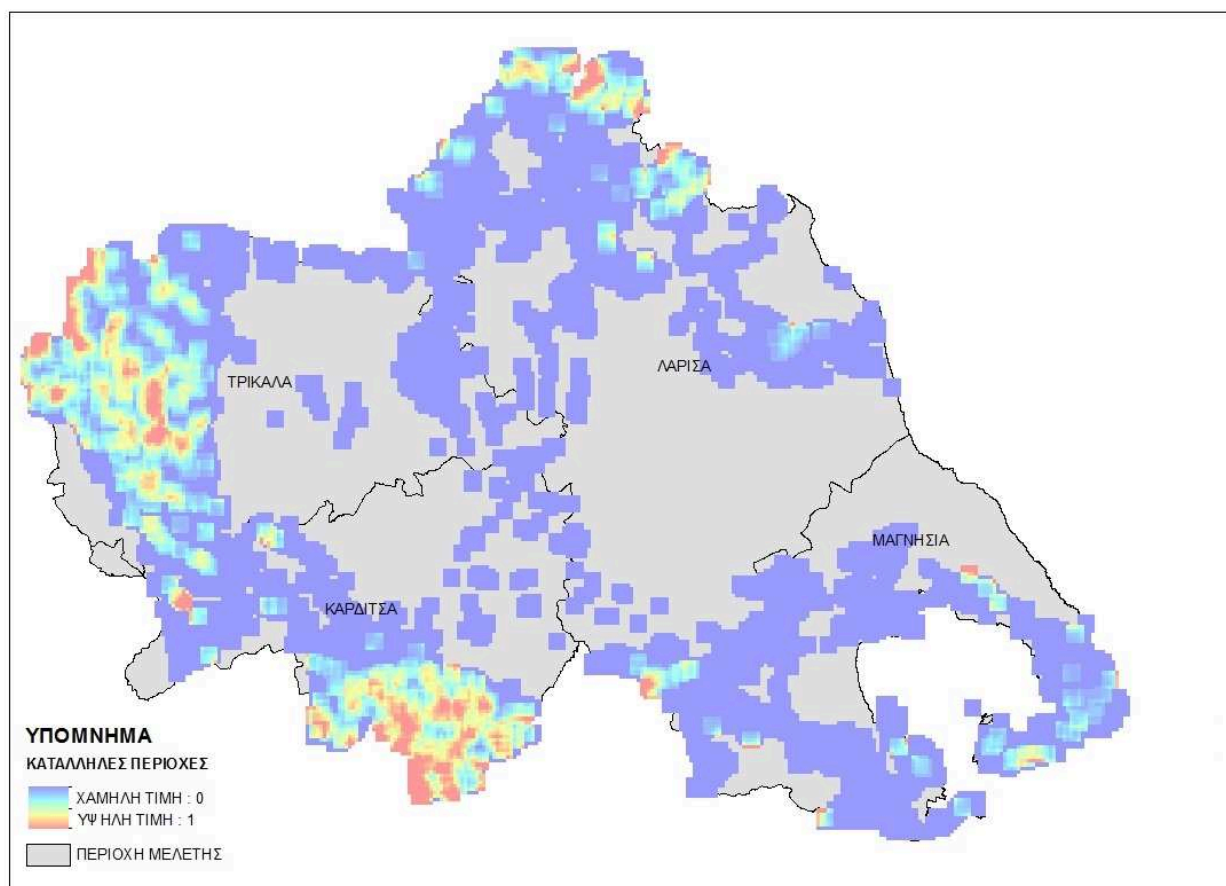
Από τον πίνακα 3 φαίνεται ότι οι αποφασίζοντες θεωρούν την ταχύτητα του ανέμου ως τον πιο σημαντικό περιβαλλοντικό παράγοντα στη χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια θεωρούν τις χρήσεις γης τον επόμενο, σε βαθμό σημαντικότητας, παράγοντα και τέλος θεωρούν τις αποστάσεις από ζώνες ειδικής προστασίας ορνιθοπανίδας ως τον λιγότερο σημαντικό παράγοντα στη χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Αντιστοίχως, οι αποφασίζοντες θεωρούν ως τον σημαντικότερο οικονομικό παράγοντα την εγγύτητα στο δίκτυο υψηλής τάσης, αμέσως επόμενο σε σημαντικότητα παράγοντα, με πολύ μικρή διαφορά, την εγγύτητα στο οδικό δίκτυο και τέλος την πυκνότητα του πληθυσμού.

Τέλος θεωρούν τους οικονομικούς στόχους ελαφρώς σημαντικότερους όσον αφορά τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς στόχους.

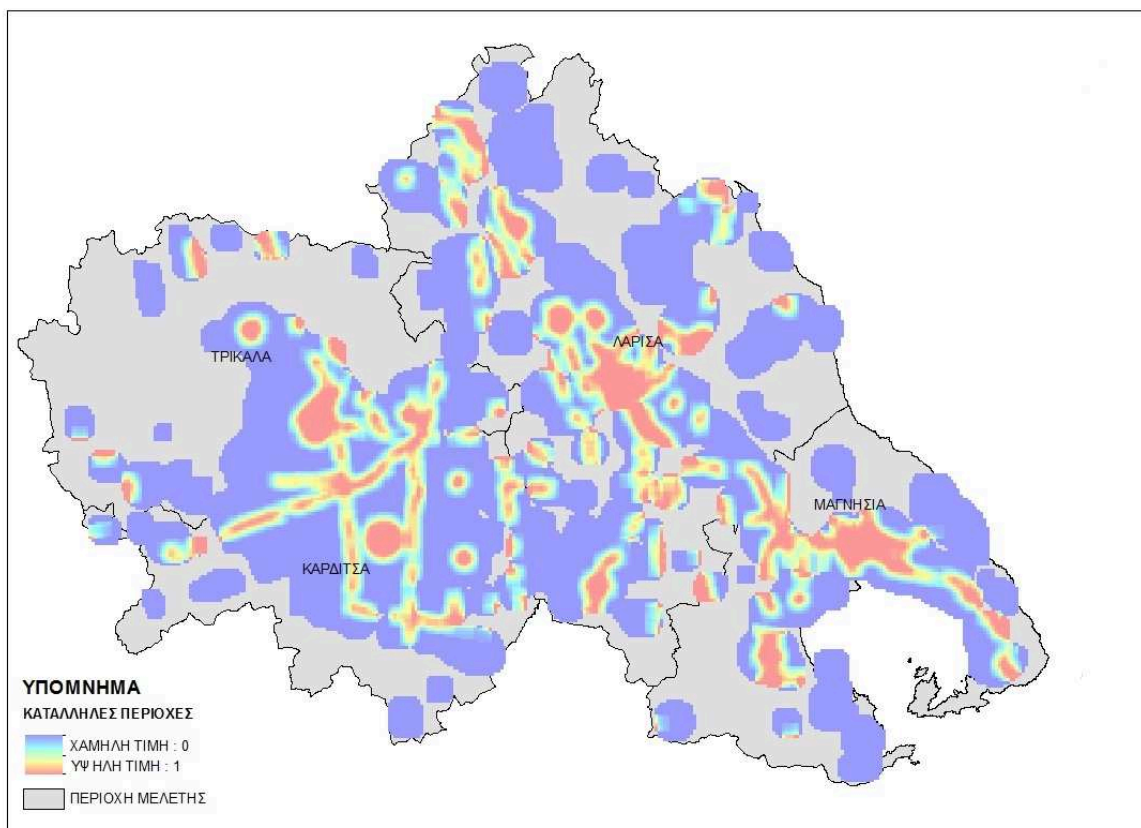
Στη συνέχεια και αφού έχουν σταθμιστεί τα κριτήρια επικαλύπτονται τα ψηφιδωτά επίπεδα (raster) για να υπολογιστούν οι τιμές που παίρνει το κάθε κελί μέσα στην περιοχή και να εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα. Έτσι, η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια της εντολής “weighted sum overlay” σε περιβάλλον ArcGIS και υπολογίζεται η καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικού πάρκου με βάση περιβαλλοντικούς παράγοντες, οικονομικούς παράγοντες και τέλος ο συνδυασμός τους.

Παρακάτω δίνονται οι χάρτες που εμφανίζουν τα τελικά αποτελέσματα μετά από στατιστική επεξεργασία τους για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αυτών. Σε αυτούς οι οριακά κατάλληλες περιοχές παίρνουν την τιμή 0 και οι πλέον κατάλληλες την τιμή 1.



**Εικόνα 30:** Κατάλληλες περιοχές βάσει περιβαλλοντικών στόχων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

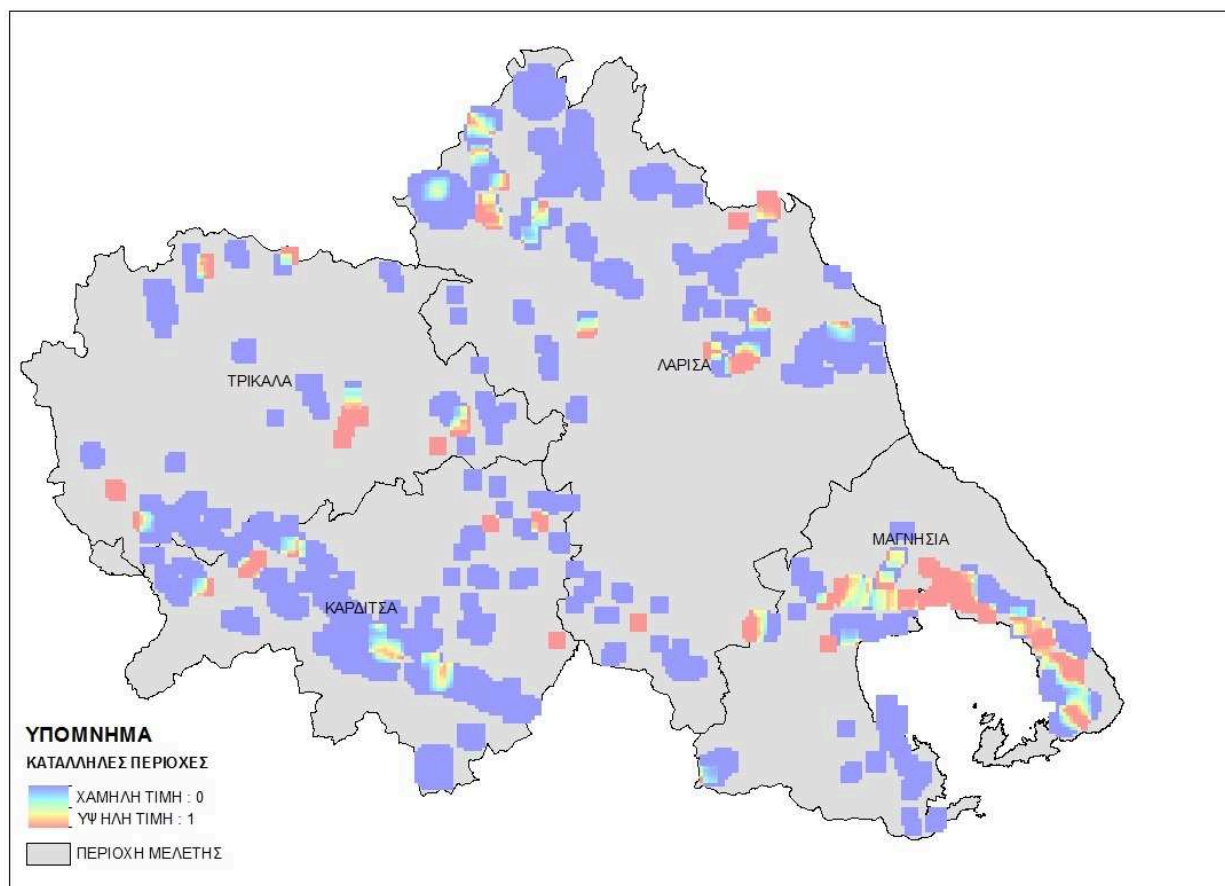
Οι κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση αιολικού πάρκου είναι μη αστικές περιοχές που βρίσκονται μακριά από ΖΕΠ και έχουν μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 5,6 m/sec ή μεγαλύτερη. Παρατηρείται ότι οι πλέον κατάλληλες περιοχές σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς στόχους εμφανίζονται στην Περιφερειακή Ενότητα (ΠΕ) Τρικάλων και στην ΠΕ Καρδίτσας, και κυρίως στο δυτικό τμήμα της πρώτης και στο νότιο της δεύτερης αντίστοιχα. Σε αυτό κυρίως συντελούν οι υψηλές μέσες ετήσιες ταχύτητες ανέμου που επικρατούν στις περιοχές, που αποτελεί και τον κυριότερο περιβαλλοντικό παράγοντα στην παρούσα εργασία. Παρ'όλα αυτά, και οι υπόλοιπες δύο ΠΕ, αυτές της Λάρισας και της Μαγνησίας, εμφανίζουν αρκετές περιοχές κατάλληλες προς χωροθέτηση, κυρίως όμως στη δεύτερη τη τάξει κατηγορία καταλληλότητας.



**Εικόνα 31:** Κατάλληλες περιοχές βάσει οικονομικών στόχων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

Κατάλληλες περιοχές εδώ θεωρούνται εκείνες που βρίσκονται κοντά σε αστικές περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και περιοχές που βρίσκονται κοντά σε υφιστάμενες γραμμές μεταφοράς ενέργειας καθώς και σε υφιστάμενο οδικό δίκτυο. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι για το λόγο αυτό έχουν αποκλειστεί από τη μελέτη μας τα νησιά των Β. Σποράδων.

Παρατηρείται λοιπόν από τον χάρτη ότι αντιστρέφονται οι περιοχές καταλληλότητας σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς στόχους. Έτσι, οι πλέον κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση με βάση τους οικονομικούς παράγοντες εμφανίζονται στις ΠΕ Λάρισας και Μαγνησίας. Στη συνέχεια ακολουθεί η ΠΕ Καρδίτσας και τελευταία σε εμφάνιση των πλέον κατάλληλων περιοχών έρχεται η ΠΕ Τρικάλων.



*Εικόνα 32: Κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

Στην Εικόνα 32 παρουσιάζονται οι τελικές περιοχές οι οποίες είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και ο βαθμός καταλληλότητάς τους. Παρατηρείται ότι οι περιοχές που έχουν υψηλή βαθμολογία καταλληλότητας βρίσκονται στα 4 μεγάλα αστικά κέντρα της κάθε Περιφερειακής Ενότητας, λόγω της υψηλής πυκνότητας πληθυσμού. Η μόνη ΠΕ που διαφοροποιείται είναι εκείνη της Καρδίτσας, όπου γύρω από την πόλη της Καρδίτσας έχουμε αρκετά χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Έτσι δεν ικανοποιούνται οι περιβαλλοντικοί στόχοι της χωροθέτησης γύρω από αυτή όπως φαίνεται και στην Εικόνα 30. Ωστόσο υπάρχουν και κάποιες περιοχές με υψηλή βαθμολογία κοντά σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλές ετήσιες ταχύτητες ανέμου καθώς και από στενή γειτνίαση με το οδικό δίκτυο και το δίκτυο τάσης στην Περιφέρεια.

Για τον υπολογισμό τέλος της συνολικής διαθέσιμης έκτασης για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας υπολογίζεται ο αριθμός των κελιών που εμφανίζουν τις πλέον κατάλληλες περιοχές στην περιοχή μελέτης και πολλαπλασιάζονται με τις διαστάσεις του κάθε κελιού. Προκύπτει λοιπόν ότι η διαθέσιμη έκταση των πλέον κατάλληλων περιοχών είναι 81,2 τετραγωνικά χιλιόμετρα ενώ η συνολική διαθέσιμη έκταση όλων των κατάλληλων περιοχών είναι 621,4 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δυσμενής κλιματική αλλαγή του πλανήτη οδηγεί στην ιεράρχηση σήμερα νέων προτεραιοτήτων στον ενεργειακό σχεδιασμό, σχεδόν σε ολόκληρο τον πλανήτη. Το κλειδί της επίλυσης του ενεργειακού προβλήματος είναι η προώθηση “πράσινων” τεχνολογιών, φιλικών προς το περιβάλλον, που θα επιτρέψουν τη μείωση της εξάρτησης από το συνεχώς αυξανόμενο σε κόστος, περιβαλλοντικά και οικονομικά, πετρέλαιο και την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Σε αυτό το πλαίσιο κινούμενη η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να δώσει λύσεις στην προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τόσο σε ζητήματα που αφορούν τη χωροθέτηση μονάδων παραγωγής ενέργειας, όσο και σε θέματα βελτίωσης στη μετατροπή της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε ηλεκτρική.

Η προστασία του περιβάλλοντος αλλά και η σταδιακή αποκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προώθησης των ΑΠΕ αποτελεί υψίστης σημασίας προτεραιότητα και για την Ελλάδα. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ιδιαίτερα η Ελλάδα διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό. Ωστόσο, η χωροθέτηση αιολικού πάρκου αποτελεί επίσης ένα σημαντικό κριτήριο για την ορθή προώθηση των ΑΠΕ. Αν και τα αιολικά πάρκα μπορεί να χαρακτηριστούν έργα φιλικά προς το περιβάλλον, παρ' όλα αυτά δε στερούνται επιπτώσεων προς αυτό. Για το λόγο αυτό η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών στην Περιφέρεια Θεσσαλίας για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίστηκε στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και στις μεθόδους που αυτά χρησιμοποιούν. Λόγω των προαναφερθέντων επίπτωσεων που μπορεί να προκαλέσουν τα αιολικά πάρκα έχει θεσπιστεί ένα Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις ΑΠΕ, το οποίο θέτει κάποια κριτήρια χωροθέτησης. Τα κριτήρια αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην πρώτη μέθοδο της εργασίας για τον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών.

Η χρησιμοποίηση των ΓΣΠ όχι μόνο αποδεικνύει τη χρησιμότητά τους ως εργαλείο της ολοκληρωμένης χωρικής προσέγγισης αλλά και μέσω της λειτουργίας Model Builder αναδεικνύει ένα εργαλείο αυτοματοποίησης της χωρικής αναλυτικής διαδικασίας, όπου είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος των διαδικασιών και των δεδομένων.

Στη δεύτερη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε, αυτή της πολυκριτηριακής ανάλυσης,

χρησιμοποιήθηκαν κάποια κριτήρια περιβαλλοντικής και οικονομικής φύσεως. Τα κριτήρια αυτά επιλέχθηκαν και σταθμίστηκαν σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα εργαλεία ενός ΓΣΠ τα επίπεδα του κάθε σταθμισμένου κριτηρίου επικαλύφθηκαν και εξήχθησαν ψηφιδωτοί (raster) χάρτες για τους περιβαλλοντικούς στόχους, τους οικονομικούς στόχους και τον συνδυασμό τους.

Οι διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθόδους είναι εμφανείς παρατηρώντας τους χάρτες με τις τελικές κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση (Εικόνα 23, Εικόνα 32). Έτσι έχουμε μία σαφή διαφοροποίηση όσον αφορά τις διαθέσιμες κατάλληλες εκτάσεις ανά Περιφερειακή Ενότητα. Συγκεκριμένα η ΠΕ Καρδίτσας που συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη διαθέσιμη έκταση βάσει κριτηρίων νομοθεσίας, στη δεύτερη μέθοδο παρουσιάζει αισθητή μείωση της έκτασης αυτής. Είναι εύκολα αντιληπτό πως η συγκεκριμένη ΠΕ υστερεί σε υποδομές οδικού δικτύου και δικτύου υψηλής τάσης, σε όλη της την έκταση, κάτι που επηρεάζει τη χωροθέτηση της δεύτερης μεθόδου. Από την άλλη μεριά, στην ΠΕ Μαγνησίας παρατηρείται μία αύξηση της έκτασης στη χωροθέτηση της δεύτερης μεθόδου (να σημειωθεί εδώ ότι τα νησιά των Β. Σποράδων έχουν αποκλειστεί από τη μέθοδο αυτή). Η ΠΕ Μαγνησίας έχει αρκετά πυκνή κάλυψη οδικού δικτύου και γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος κάτι που την κάνει ιδιαίτερα ελκυστική ως περιοχή προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου σύμφωνα με τους στόχους της δεύτερης μεθόδου και τα βάρη αυτών.

Η μεγάλη διαφορά ωστόσο των δύο μεθόδων έγκειται στο γεγονός ότι η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου αποτελεί ένα πρόβλημα το οποίο χρήζει επίλυσης βάσει μίας πολυεπίπεδης προσέγγισης. Έτσι στην πρώτη μέθοδο ενώ υπάρχει μία διεξοδική ανάλυση των κριτηρίων που θέτει η νομοθεσία, δεν εξετάζεται καθόλου η οικονομική βιωσιμότητα του αιολικού πάρκου και το κόστος κατασκευής του. Από την άλλη μεριά, στη δεύτερη μέθοδο επιχειρείται να δοθεί λύση τόσο στα προβλήματα που θέτει το κράτος και το δημόσιο συμφέρον (περιβαλλοντικοί στόχοι), όσο και στα προβλήματα που θέτουν οι ιδιώτες και το επενδυτικό συμφέρον (οικονομικοί στόχοι).

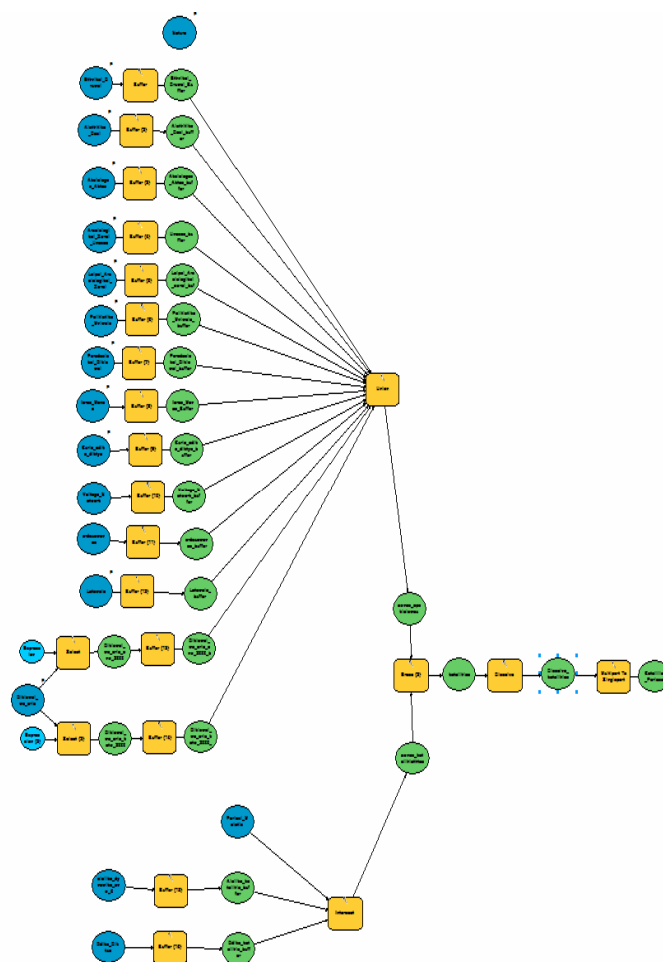
Για τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης οι παράγοντες και τα βάρη τους επιλέχθηκαν, λόγω χρονικού περιορισμού, αντλώντας πηγές από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Η επιλογή τους μπορεί σε επόμενες μελέτες να γίνει συγκροτώντας μία ομάδα ανθρώπων και επιλέγοντας διαφορετικά μοντέλα συμμετεχόντων. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρξει μία τυχαία ομάδα πολιτών που ζουν στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, είτε μία ομάδα επιστημόνων που ασχολούνται με θέματα χωροθέτησης, με περιβαλλοντικά θέματα, καθώς και με οικονομικά δεδομένα αιολικών πάρκων. Επιπρόσθετα, περαιτέρω έρευνες μπορεί να χρησιμοποιήσουν την προσέγγιση της ασαφούς λογικής (fuzzy) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων τους (Borouhaki και Malczewski,

2010).

Η πρόθεση αυτής της εργασίας είναι να συγκρίνει τις δύο μεθόδους, και να αναδείξει τα πλεονεκτήματα της μεθόδου χωροθέτησης βάσει μιας πολυεπίπεδης προσέγγισης (δεύτερη μέθοδος), σε σχέση με την χωροθέτηση βάσει κριτηρίων νομοθεσίας (πρώτη μέθοδος) για τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών για εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Αν και οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε αυτή την έρευνα μπορεί να αλλάξουν και να βελτιωθούν, η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης που παρουσιάζεται είναι ένα πολύτιμο εργαλείο που επιτρέπει ακόμα και τη συγκρότηση ομάδων για την ενίσχυση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων στα προβλήματα χωροθέτησης αιολικών πάρκων.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Τεχνικό μοντέλο ανεύρεσης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση αιολικού πάρκου βάσει νομοθεσίας

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Γιαλελή, Α. (2006). “Ο χωροταξικός σχεδιασμός αιολικών πάρκων στην Ελλάδα: Η περίπτωση του νομού Λακωνίας”, Βόλος

Δραγόζη, Ε., ( 2007), “ Εύρεση κατάλληλου χώρου για χωροθέτηση ανεμογεννητριών στη Λέσβο”, Μυτιλήνη

Καλδέλλης, Ι., Καββαδίας, Κ. (2001) *Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας*, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλη

Κουτελιδάκης, Κ. (2010), “Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε στρατόπεδο”, Αθήνα

Κουτσόπουλος, Κ. ( 2005) *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Μητρόπουλος, Π. (2007), “Πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων”, Πάτρα

Νάκου, Ε. (2007), “Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στο Νομό Φωκίδας με λογική της ασάφειας και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών”, Αθήνα

Πάτσιος, Χ. ( 2011) “Συμβολή στη βελτιστοποίηση μεθοδολογιών ελέγχου συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές σε συνδυασμό με αποθήκευση ενέργειας”, Αθήνα

Πετροχίλου, Β. (2011) “Χωροθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Η ελληνική πραγματικότητα”, Θεσσαλονίκη

Σαρρή, Ε. ( 2008) “Χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο Νομό Λακωνίας με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών”, Αθήνα

Τσιάμη, Α. (2009) “Κριτική προσέγγιση ειδικού χωροταξικού για ΑΠΕ με έμφαση στα αιολικά πάρκα- εφαρμογή στο Ν. Ευβοίας”, Αθήνα

Φώτης Γ. ( 2010) *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*, Αθήνα, Εκδόσεις Γκοβόστη

### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Aydin, N.Y., Kentel, E., Sebnem Duzgun, H. (2010) “GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14** (1), p.p 364-373

Aydin, N.Y., Kentel, E., Sebnem Duzgun, H. (2013) “GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey”, *Energy Conversion and Management*, **70**, p.p 90-106

Baban, S.M.J, Parry, T. (2001) “Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK”, *Renewable Energy*, **24** (1), p.p 59-71

Bateman, I.J., Jones, A.P., Lovett, A.A., Lake, I.R., Day, B.H. (2002), “Applying Geographical Information Systems (GIS) to environmental and resource economics”, *Environmental and Resource Economics*, **22** (1-2), p.p 219-269

Baufumé, S., Grüger, F., Grube, T., Krieg, D., Linszen, J., Weber, M., Hake, J., Stolten, D. (2013) “GIS-based scenario calculations for a nationwide German hydrogen pipeline infrastructure”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **38** (10), p.p 3813-3829

Bishop, I.D., Stock, C. (2010) “Using collaborative virtual environments to plan wind energy installations”, *Renewable Energy*, **35** (10), p.p 2348-2355

Borouhaki, S., Malczewski, J. (2010) “Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making”, *Computers and Geosciences*, **36** (3), p.p 302-312

Brown, G. (2005) “Mapping spatial attributes in survey research for natural resource management: methods and applications”, *Society & Natural Resources: An International Journal*, **18** (1), p.p 17-

- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E. (2001) *Wind Energy Handbook*, Λονδίνο , Wiley & Sons, Ltd
- Church, Richard L. ( 2002) “Geographical information systems and location science”, *Computers & Operations Research*, **29** (6), p.p 541-562
- Cohon, J.L. (1978), *Multiobjective Programming and Planning*, Νέα Υόρκη, Academic Press
- deNeufville, R., Stafford K. (1971) *System analysis foe engineers and managers*, Νέα Υόρκη, McGraw-hill
- Denholm, P., Hand, M., Jackson, M., Ong, S., (2009). “Land-Use Requirements of Modern Wind Power Plants in the United States”, Ουάσινγκτον, National Renewable Energy Laboratory
- Dolney, T.J., Flarend, R. (2013) “A GIS-based site identification for the seasonal storage of solar heating: Promises and pitfalls”, *Transactions in GIS*, **17** (2), p.p 247-266
- Gorsevski, P., Donevska, K., Mitrovski, C., Frizado, J. (2012) “Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average”, *Waste Management*, **32** (2), p.p 287-296
- Gorsevski, P., Cathcart, S., Mirzaei, G., Jamali, M., Ye, X., Gomezdelcampo, E. (2013), “A group-based spatial decision support system for wind farm site selection in Northwest Ohio”, *Energy Policy*, **55**, p.p 374-385
- Jäger-Waldau, A., Szabó, M., Scarlat, N., Monforti-Ferrario, F. (2011) “Renewable electricity in Europe”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15** (8), p.p 3703-3716
- Jankowski, P., Nyerges, T. (2001) “GIS-supported collaborative decision making: Results of an experiment”, *Annals of the Association of American Geographers*, **91** (1), p.p 48-70
- Jankowski, P., Nyerges, T.L. (2001) *Geographic Information Systems for Group Decision Making*, Λονδίνο, Taylor & Francis

- Jin, P., Fu, Z., Ban, M. (2012) "Industrial arrangement of large-scale, non-grid-connected wind power industrial zones in coastal areas of China", *Chinese Geographical Science*, **22** (1), p.p 109-118
- Johnston, K.M. (1987) "Natural resource modeling in the geographic information system environment", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **53** (10), p.p 1411-1415
- Malczewski, J. (1999) "Visualization in multicriteria spatial decision support systems", *Geomatica*, **53** (2), p.p 139-147
- Manzano-Agugliaro, F., Alcayde, A., Montoya, F.G., Zapata-Sierra, A., Gil, C. (2013) "Scientific production of renewable energies worldwide: An overview", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **18**, p.p 134-143
- Markaki, M., Belegri-Roboli, A., Michaelides, P., Mirasgedis, S., Lalas, D.P. (2013) "The impact of clean energy investments on the Greek economy: An input-output analysis (2010-2020)", *Energy Policy*, **57**, p.p 263-275
- McKenna, R., Gantenbein, S., Fichtner, W. (2013) "Determination of cost-potential-curves for wind energy in the German federal state of Baden-Württemberg", *Energy Policy*, **57**, p.p 194-203
- Mellino, S., Ripa, M., Zucaro, A., Ulgiati, S. (2013) "An emergy-GIS approach to the evaluation of renewable resource flows: A case study of Campania Region, Italy", *Ecological Modelling*,
- Möller, B. (2005) "Changing wind-power landscapes: Regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark", *Applied Energy*, **83** (5), p.p 477-494
- Nyerges, T., Jankowski, P., Tuthill, D., Ramsey, K. (2006) "Collaborative water resource decision support: Results of a field experiment", *Annals of the Association of American Geographers*, **96** (4), p.p 699-725
- Olaofe, Z.O., Folly, K.A. (2013) "Wind energy analysis based on turbine and developed site power curves: A case-study of Darling City", *Renewable Energy*, **53**, p.p 306-318
- Poux, B., Suemnicht, G. (2012) "Use of GIS geoprocessing to select the most favorable sites for geothermal exploration in Oregon", *Transactions - Geothermal Resources Council*, **36** (2), p.p 745-

Rahman, S.U., Smith, D.K. (2000) “Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations”, *European Journal of Operational Research*, **123**, p.p 437–452

Ramachandra, T.V., Shruthi, B.V. (2007) “Spatial mapping of renewable energy potential”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11** (7), p.p 1460-1480

Rodman, L.C., Meentemeyer, R.K. (2005) “A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California”, *Energy Policy*, **34** (15), p.p 2137-2149

San Cristóbal, J.R. (2011), “Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The Vikor method”, *Renewable Energy*, **36** (2), p.p 498-502

Simmons, D., Hill, J. (1995) “Farming the winds: mapping renewable energy resources with GIS”, *GIS Europe*, **4** (10), p.p 30-32

Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Mourelatos, A., Corominas, J. (1998) “Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system”, *Renewable Energy*, **13** (3), p.p 333-344

Walker, J.F. και Jenkins, N. (1997) *Wind Energy Technology*, Λονδίνο, Wiley & Sons, Ltd

Yuksel, I., Kaygusuz, K. (2011) “Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15** (8), p.p 4132-4144

### **ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Az%2fZv0l3bBM%3d&tabid=285&language=el-GR> (ημερομηνία πρόσβασης: 8/5/2013)

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3D&tabid=37> (ημερομηνία πρόσβασης: 8/5/2013)

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=G3A0b8ZdmNA%3D&tabid=546&language=el-GR> (ημερομηνία πρόσβασης: 9/5/2013)

[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual\\_report\\_2012\\_LowRes.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf) (ημερομηνία πρόσβασης: 13/5/2013)

[http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Wind\\_at\\_work.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Wind_at_work.pdf) (ημερομηνία πρόσβασης: 13/5/2013)

<http://www.artdistrictonsantafe.com/events/earth-space-environment-community-gis-map-making> (ημερομηνία πρόσβασης: 29/5/2013)

[http://www.cres.gr/kape/epixeiriseis\\_ependites.htm](http://www.cres.gr/kape/epixeiriseis_ependites.htm) ( ημερομηνία πρόσβασης: 19/5/2013)

<http://www.geodata.gov.gr/geodata/> (ημερομηνία πρόσβασης: 3/6/2013)