



Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο Νομό Γρεβενών με Γεωγραφικά
Συστήματα Πληροφοριών από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα**

Μαριάννα Ντόνα

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Μηλιαρέσης

Δεκέμβριος , 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|-----------|
| Ευχαριστίες..... | I |
| Σχήματα/Πίνακες | II |
| Περίληψη..... | VIII |
| Summary..... | XI |
| Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.1 Ενέργεια και Περιβάλλον | 1 |
| 1.2 Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής | 3 |
| 1.2.1 Λύση οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας | 4 |
| 1.2.2 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παγκοσμίως | 6 |
| 1.3 Το ενεργειακό πρόβλημα | 8 |
| 1.3.1 Το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα | 8 |
| 1.3.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα..... | 10 |
| 1.4 Το πρόβλημα της έρευνας | 12 |
| 1.5 Η χρησιμότητα της έρευνας | 13 |
| 1.5.1 Σκοπός και στόχοι | 14 |
| 1.6 Διασαφηνίσεις - Προσδιορισμός κεντρικών εννοιών | 15 |
| 1.6.1 Ο Ρόλος της ΡΑΕ | 16 |
| 1.6.2 Οφέλη και μειονεκτήματα έργων ΑΠΕ | 17 |
| 1.7 Συμπεράσματα..... | 19 |
| | |
| Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση | |
| 2.1 Εισαγωγή | 20 |
| 2.2 Πηγές ενέργειας - Άνεμος | 20 |
| 2.2.1 Χαρακτηριστικές παράμετροι του ανέμου | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3 Αιολική ενέργεια | 22 |
| 2.3.1 Ιστορική αναδρομή-Ιστορικό αιολικής ενέργειας | 22 |
| 2.3.2 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) και ο ενεργειακός σχεδιασμός τους | 24 |
| 2.4 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα | 25 |
| 2.4.1 Η εξέλιξη της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος στην Ελλάδα | 27 |
| 2.4.2 Η Διεθνής πραγματικότητα | 28 |
| 2.5 Περιβαλλοντική Πολιτική - Νομοθετικό πλαίσιο | 32 |
| 2.5.1 Νομοθεσία για τη χωροθέτηση Αιολικών Εγκαταστάσεων | 34 |
| 2.5.2 Το Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα-Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ (ΕΠΧΣ & ΑΑ-ΑΠΕ) Ζώνες οικιστικού ελέγχου (ΖΟΕ)..... | 34 |
| 2.5.3 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί στόχοι..... | 36 |
| 2.6 Οι στόχοι των Ευρωπαϊκών κρατών για την διείσδυση των ΑΠΕ και της μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου | 38 |
| 2.6.1 Κανόνες και κριτήρια χωροθέτησης αιολικών πάρκων | 39 |
| 2.6.2 Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο | 40 |
| 2.7 Αιολικά πάρκα και χωροθέτηση | 43 |
| 2.7.1 Που αποσκοπεί ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων | |
| 2.7.2 Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα..... | 43 |
| 2.7.3 Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στην Ευρώπη | 44 |
| 2.8 Περιβαλλοντική διαχείριση και GIS | 46 |
| 2.9 Αιολικό δυναμικό | 48 |
| 2.9.1 Προσδιορισμός αιολικού δυναμικού – Αιολικής έκθεσης | 49 |
| 2.10 Επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας | 50 |
| 2.11 Συμπεράσματα | 52 |

Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία της έρευνας

| | |
|----------------------------|-----------|
| 3 Μεθοδολογία | 56 |
|----------------------------|-----------|

| | |
|---|------------|
| 3.1 Περιοχή μελέτης | 56 |
| 3.2 Ελεύθερα Γεωγραφικά Δεδομένα | 58 |
| 3.3 Χάρτης Καλύψεων/Χρήσεων Γης Corine | 58 |
| 3.3.1 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους (ΨΥΜΕ). | 62 |
| 3.3.2 Δορυφορική εικόνα Landsat 8 | 65 |
| 3.3.3 Διανυσματικά δεδομένα. | 67 |
| 3.3.3.1 Διοικητικές Διαιρέσεις | 67 |
| 3.3.3.2 Οδικό δίκτυο | 71 |
| 3.3.3.3 Οικιστικές συγκεντρώσεις | 72 |
| 3.3.3.4 Προστατευόμενες περιοχές (NATURA) | 73 |
| 3.3.3.5 Υδρογραφικό δίκτυο | 74 |
| 3.4 Υλοποίηση των χωρικών ερωτημάτων | 75 |
| 3.4.1 Νοηματικός προσδιορισμός | 75 |
| 3.4.2 Τυποποίηση | 77 |
| 3.4.3 Υλοποίηση στο περιβάλλον GIS και SAGA GIS | 81 |
| | |
| Κεφάλαιο Τέταρτο Σχολιασμός και αξιολόγηση αποτελεσμάτων | |
| 4.1 Εισαγωγή | 100 |
| 4.2 Σχολιασμός και αξιολόγηση αποτελεσμάτων | 100 |
| | |
| Κεφάλαιο Πέμπτο Συμπεράσματα-Εισηγήσεις | 112 |
| | |
| Βιβλιογραφία | 114 |

Ευχαριστίες

Με την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ολοκληρώνω την παρακολούθησή μου στο Μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν και συμπαραστάθηκαν στην εκπόνηση της διατριβής μου και ιδιαίτερα τον καθηγητή Γεώργιο Μηλιαρέση για την σημαντική βοήθεια και καθοδήγηση στην εφαρμογή με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους καθηγητές με τους οποίους συνεργάστηκα στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται και στην οικογένειά μου και την αδερφή μου για την βοήθεια και συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

ΣΧΗΜΑΤΑ/ΠΙΝΑΚΕΣ

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.2.2.1 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας σε συγκεκριμένες χρονιές και πρόβλεψη για το μέλλον (πηγή IEA, 2013 ίδια επεξεργασία).

Σχήμα 1.3.1.1: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου 1990-2040 (IEA, 2013-Ιδία επεξεργασία).

Σχήμα 1.3.2.1 Ενεργειακή εξάρτηση συνολική και ανά καύσιμο (Europe's Energy Portal, 2013-Ιδία επεξεργασία).

Σχήμα 2.4.1: Κατανομή μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στην Ελλάδα

Σχήμα 2.4.1.1 Εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (MW) ανά έτος την περίοδο 1983-2013 στην Ελλάδα

Σχήμα 2.4.1.2: Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων έως το 2013

Σχήμα 2.4.2.1: Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2000

Σχήμα 2.4.2.2: Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2012

Σχήμα 2.4.2.3 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά κράτος μέλος της ΕΕ 1998 - 2009 (MW)

Σχήμα 2.7.1.1 Περιοχές αιολικής προτεραιότητας της Ηπειρωτικής χώρας σύμφωνα με το ΕΠΧΣ&ΑΑ για τις ΑΠΕ

Σχήμα 3.3.1: Ο χάρτης χρήσεων καλύψεων γης για το Νομό Γρεβενών

Σχήμα 3.3.2: Ποσοστιαία κατανομή καλύψεων γης στο Νομό Γρεβενών

Σχήμα 3.3.1.1 ΨΥΜΕ της περιοχής μελέτης

Σχήμα 3.3.1.2 Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου (ύψος ηλίου 40° αζιμούθιο 300°)

Σχήμα 3.3.1.3 Έγχρωμος χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου

Σχήμα 3.3.1.4 Ισοΰψεις ανά 50μ

Σχήμα 3.3.2.1 Δορυφορική εικόνα (έγχρωμο σύνθετο από τα κανάλια 4,3,2) με χωρικής διακριτή ικανότητα 30μ που τονίζει τις διαφορές στην βλάστηση (η βλάστηση φαίνεται κόκκινη)

Σχήμα 3.3.2.2 Το Παγχρωματικό κανάλι με χωρική διακριτική ικανότητα 15μ

Σχήμα 3.3.3.1.3 Τα όρια των ΟΤΑ

Σχήμα 3.3.3.2.1 Οδικό δίκτυο

Σχήμα 3.3.3.3.1 Οικιστικές συγκεντρώσεις

Σχήμα 3.3.3.4.1 Τα πολύγωνα των προστατευόμενων περιοχών (Natura)

Σχήμα 3.3.3.5.1 Το υδρογραφικό δίκτυο

Σχήμα 3.4.1.1 Ο δείκτης openness ορίζεται σαν η οριζόντια προβολή (απόσταση) της ορατότητας κατά μήκος μια συγκεκριμένης διεύθυνσης (ένα αζιμούθιο από 0 έως 360 μοίρες).

Σχήμα 3.4.1.2. Ο δείκτης openness διαφέρει κατά μήκος αντιδιαμετρικών διευθύνσεων (δύο αζιμούθια, που διαφέρουν κατά 180 μοίρες).

Σχήμα 3.4.2.1 Το ιστόγραμμα των τιμών υψομέτρου

Σχήμα 3.4.2.2 Οι λευκές ζώνες υποδηλώνουν ότι το υψόμετρο είναι μεγαλύτερο από 800 μέτρα

Σχήμα 3.4.2.3 Απεικόνιση του ΨΥΜΕ με διαφορετικά χρώματα προκειμένου να κατανοηθεί το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης

Σχήμα 3.4.3.1 Openness για το Νομό Γρεβενών

Σχήμα 3.4.3.2 Ιστόγραμμα Openness για το Νομό Γρεβενών

Σχήμα 3.4.3.3 Openness για το Νομό Γρεβενών με διαβαθμίσεις του γκριζου

Σχήμα 3.4.3.4 Καθορισμός των περιοχών με openness >1.50 (λευκές ζώνες)

Σχήμα 3.4.3.5 Έκθεση στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ

Σχήμα 3.4.3.6 Ιστόγραμμα της έκθεσης στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ

Σχήμα 3.4.3.7 Έκθεση στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ με διαβαθμίσεις του γκριζου

Σχήμα 3.4.3.8 Περιοχές με wind effect >1.50 (λευκές ζώνες), δηλαδή ζώνες μεγιστοποίησης του wind effect

Σχήμα 3.4.3.9 Συναλήθευση των συνθηκών Openness και Wind effect. Δηλαδή στις λευκές ζώνες ικανοποιείται η συνθήκη A1

Σχήμα 3.4.3.10 Τα πολύγωνα των προστατευομένων περιοχών NATURA σε υπέρθεση στα όρια του νομού

Σχήμα 3.4.3.11. Η διαφορά (αφαίρεση) των πολύγωνα των προστατευομένων περιοχών NATURA από το πολύγωνο του νομού (Συνθήκη 2)

Σχήμα 3.4.3.12. Η συνθήκη 2 (πολύγωνο διαφοράς) σε υπέρθεση στην πλεγματική εικόνα της συνθήκης 1 (αιολική έκθεση)

Σχήμα 3.4.3.13 Η Εφαρμογή της συνθήκης 2 (προστατευόμενες περιοχές) στην συνθήκη 1 (αιολική έκθεση) και σε υπέρθεση το περίγραμμα της συνθήκης 2

Σχήμα 3.4.3.14. Οι καλύψεις γης Corine και σε υπέρθεση οι καλύψεις γης που έχουν εξαιρεθεί που απεικονίζονται με μαύρο

Σχήμα 3.4.3.15. Οι καλύψεις γης Corine που συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη καθορίζουν τα όρια των έγχρωμων πολυγώνων

Σχήμα 3.4.3.16 Η εφαρμογή της 3^{ης} συνθήκης συνδυαστικά με την 2^η και 1^η συνθήκη προσδιορίζει τα μαύρα εικονοστοιχεία στα οποία οι 3 συνθήκες συναληθεύουν

Σχήμα 3.4.3.17. Υπέρθεση του οδικού δικτύου και των κυρίων οικιστικών συγκεντρώσεων στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία)

Σχήμα 3.4.3.18. Υπέρθεση της ζώνης επιρροής που καθορίζει απόσταση <1500 μ από τις κύριες οικιστικών συγκεντρώσεων στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία)

Σχήμα 3.4.3.19 Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για τους οικισμούς

Σχήμα 3.4.3.20 Υπέρθεση του ζώνης επιρροής που καθορίζει απόσταση <1500 μ από το οδικό δίκτυο στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία)

Σχήμα 3.4.3.21 Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για το οδικό δίκτυο

Σχήμα 3.4.3.22. Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για το οδικό δίκτυο και τους οικισμούς ταυτόχρονα

Σχήμα 3.43.3.23 Εφαρμογή των περιορισμών για οδικό δίκτυο και οικισμούς στην επίλυση (συναλήθευση 4 συνθηκών)

Σχήμα 3.4.3.24 Η εικόνα της κλίσης του εδάφους (όσο πιο σκούρο είναι ένα εικονοστοιχείο, τόσο μικρότερη η κλίση)

Σχήμα 3.4.3.25 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εικόνα της κλίσης

Σχήμα 3.4.3.26 Οι περιοχές που παρουσιάζουν κλίση < 7 μοίρες απεικονίζονται με λευκό

Σχήμα 3.4.3.27 Η επίλυση με συνυπολογισμό και των 5 συνθηκών

Σχήμα 3.4.3.28 Η επίλυση με την μορφή πολυγώνων σε υπέρθεση στους οικισμούς και οδικό δίκτυο

Σχήμα 3.4.3.29 Η επίλυση με την μορφή κέντρων βάρους πολυγώνων σε υπέρθεση στο οδικό δίκτυο

Σχήμα 4.2.1 Η επίλυση με την μορφή κέντρων βάρους πολυγώνων με υπέρθεση στα ποτάμια και στις περιοχές Natura

Σχήμα 4.2.2 Οι θέσεις εγκατάσταση σε συνδυασμό με τους περιορισμούς απόστασης 1000 μέτρων από ζώνες Natura, όριο νομού και υδρογραφικό δίκτυο

Σχήμα 4.2.3 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από τα όρια του νομού και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται

Σχήμα 4.2.4 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από το υδρογραφικό δίκτυο στην προηγούμενη εικόνα και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται από την συναλήθευση των κριτηρίων για τα ποτάμια και τα όρια του νομού

Σχήμα 4.2.5 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από τις περιοχές Natura στην προηγούμενη εικόνα και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται από την συναλήθευση των κριτηρίων για τις ζώνες Natura, τα ποτάμια και τα όρια του νομού

Σχήμα 4.2.6 Οι θέσεις εγκατάστασης που παραμένουν μετά την υλοποίηση των 3 περιορισμών και το υδρογραφικό δίκτυο σε υπέρθεση

Σχήμα 4.2.7 Οι θέσεις εγκατάστασης με την αρχική μορφή (πλεγματική) που παραμένουν μετά την υλοποίηση των 3 περιορισμών και το υδρογραφικό δίκτυο σε υπέρθεση

Σχήμα 4.2.8 Οι επιλεγθείσες θέσεις (66) μετά τον περιορισμού υψομέτρου εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα ως προς τις αρχικές 110

Σχήμα 4.2.9. Οι επιλεγθείσες θέσεις (66) μετά τον περιορισμού υψομέτρου

Σχήμα 4.2.10 Σχήμα υπέρθεση των τελικών θέσεων στο google earth

Σχήμα 4.2.11 Ζουμ σε 4 τελικές θέσεις στο google earth

Σχήμα 4.2.12 Ζουμ σε 1 από τις 4 τελικές θέσεις του προηγούμενου σχήματος στο google earth

Σχήμα 4.2.13 Ζουμ σε 1 από τις 4 τελικές θέσεις του προηγούμενου σχήματος στον τοπογραφικό χάρτη του google earth

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.3.1.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου 1990-2040 σε Mtoe.

Πίνακας 1.5.1 Θερμικοί σταθμοί παραγωγής ΔΕΗ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2013)

Πίνακας 2.4.2.1: Συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ (MW) ανά κράτος μέλος της ΕΕ 1998 – 2012

Πίνακας 2.6.3.1 Αποστάσεις αιολικών πάρκων από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής

Πίνακας 2.6.3.2 Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος

Πίνακας 2.6.3.3 Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία κληρονομιάς

Πίνακας 2.6.3.4 Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες

Πίνακας 2.6.3.5 Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις

Πίνακας 2.6.3.6 Αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων

Πίνακας 3.1.1 Οι προστατευόμενες-οικολογικά ευαίσθητες περιοχές στο Νομό Γρεβενών.

Πίνακας 3.3.1: Οι κατηγοριοποιήσεις του συστήματος γεωταξινόμησης καλύψεων γης CORINE

Πίνακας 3.3.2: Ποσοστιαία κατανομή καλύψεων γης στο Νομό Γρεβενών

Πίνακας 3.3.2.1 Τα κανάλια του Landsat 8

Πίνακας 3.3.2.2 Τα κανάλια του Landsat 7

Πίνακας 3.4.2.1 Οι γραμμοσκιασμένες καλύψεις γης, είναι ζώνες στις οποίες δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Πίνακας 3.4.3.1 με στατιστικά στοιχεία υψομέτρου και κλίσης για το κάθε πολύγωνο..

Πίνακας 4.2.1 Μετά την παραμετρική αναπαράσταση των 110 θέσεων εγκατάστασης που απέμειναν μετά την υλοποίηση των 3 επιπλέον περιορισμών (οι θέσεις έχουν ταξινομηθεί με αύξουσα τιμή υψομέτρου)

Περίληψη

Είναι γνωστό ότι οι ΑΠΕ έχουν πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών ενεργειακών συστημάτων. Ένα από αυτά είναι και η άποψη της περιβαλλοντικής αποδοχής. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται κατάλληλη έρευνα και μελέτη προκειμένου να εντοπιστούν οι καλύτερες τοποθεσίες που συνδέονται με τους διαθέσιμους πόρους και ταυτόχρονα να μην επηρεάζουν το περιβάλλον. Οι κατάλληλες τοποθεσίες και οι εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται βάση πληροφοριών σχετικά με την κατανομή των πόρων.

Οι εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) μπορούν να παρέχουν ζωτικής σημασίας πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων που υποστηρίζουν διαδικασίες επιλογής θέσεων σε διάφορους ερευνητικούς τομείς, όπως η διαχείριση φυσικών πόρων η ρύπανση του περιβάλλοντος, τη χωροταξία και τον Περιφερειακό σχεδιασμό, την αστική ανάπτυξη κ.α..

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιούμε εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) για τον εντοπισμό περιοχών που πληρούν κατάλληλες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι και οικονομικά κριτήρια σκοπιμότητας για τα αιολικά συστήματα που προσδιορίζονται μέσα από την Ελληνική νομοθεσία.

Ως μελέτη περίπτωσης, η προτεινόμενη προσέγγιση εφαρμόζεται στο Νομό Γρεβενών. Συγκεκριμένα η μελέτη θα συνεισφέρει στην ηλεκτροδότηση και στην περιβαλλοντική ελάφρυνση της Δυτικής Μακεδονίας, περιοχής ιδιαίτερα επιβαρυσμένης περιβαλλοντικά από την παρουσία μεγάλων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και στην κάλυψη ενός μικρού έστω μέρους του συνόλου των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Χωροθετώντας ορθά ένα τέτοιο έργο και εκμεταλλευόμενοι το μέγιστο διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, συμβάλλουμε στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων και των διεθνών υποχρεώσεων της χώρας, αλλά και στην ικανοποίηση των αρχών βιώσιμης ανάπτυξης, αφού η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να μειώσει μόνο κατά 25% (σε σχέση με τις εκπομπές του 1990) τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα μέχρι το 2010 έπρεπε να καλύψει τις ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ κατά 20,1%.

Στην επιλογή των θέσεων λήφθηκαν υπόψη:

- Περιορισμοί που θέτουν οι διατάξεις της νομοθεσίας σύμφωνα με το «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ»
- Αιολική έκθεση έτσι όπως προσδιορίζεται από το ΨΥΜΕ με βάση α) τον ανοιχτό χώρο (openness) που υπάρχει συνολικά γύρω από τις θέσεις εγκατάστασης.
- Περιβαλλοντικοί περιορισμοί που έχουν σχέση με προστατευόμενες περιοχές στις οποίες δυνητικά απαγορεύεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων.
- Οικιστικοί περιορισμοί που έχουν σχέση με την προστασία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και της αισθητικής του τοπίου.
- Το οικονομικό κόστος εγκατάστασης που είναι συνάρτηση της ύπαρξης ή μη οδικού δικτύου ή της απόστασης από το υπάρχον οδικό δίκτυο και της κλίσης του εδάφους που καθορίζει τη βατότητα.

Η εφαρμογή των περιορισμών αυτών (σε ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα όπως το υψομετρικό μοντέλο εδάφους SRTM, οι καλύψεις-χρήσεις γης CORINE, κ.α.) οδήγησε σε επιλογή 110 θέσεων εγκατάστασης που στο πρώτο στάδιο είχαν πλεγματική αναπαράσταση. Στην συνέχεια τέθηκε περιορισμός υψομέτρου σε μια προσπάθεια να επιλεγθούν θέσεις στις οποίες η ένταση του ανέμου (που αυξάνεται με το υψόμετρο) μεγιστοποιείται. Επιλέχθηκε ένα υποσύνολο 66 δυνητικών θέσεων, ενώ η επισκόπηση στο google earth επιβεβαίωσε ότι οι θέσεις εγκατάστασης είναι μακριά από οικισμούς σε περιοχές με πολύ αραιή βλάστηση. Επιπρόσθετα ο τοπογραφικός χάρτης της google earth που είναι και αυτός διαθέσιμος και αυτός μέσω των open layers στο QGIS και μας παρέχει μια τρισδιάστατη εποπτεία του αναγλύφου στην ίδια κλίμακα με το SRTM ΨΥΜΕ που χρησιμοποιήσαμε, αποτέλεσε μια επαλήθευση σε σχέση με μια άλλη πηγή υψομετρικών πληροφοριών για το ανάγλυφο της περιοχής γύρω από τις θέσεις εγκατάστασης. Στις (66) θέσεις που προσδιορίστηκαν με βάση χωρικά κριτήρια από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα θα πρέπει να γίνει επιτόπια επίσκεψη και εργασίες πεδίου προκειμένου να αξιολογηθεί η προσβασιμότητα, η γεωγραφία (καλύψεις γης, χρήσεις γης, οικιστική δραστηριότητα κ.α.), η διαθεσιμότητα δημόσιας ή ιδιωτικής γης στις θέσεις εγκατάστασης που επιτρέπει την αγορά ή ενοικίασή της για περίοδο συνήθως 20ετίας, οι γεωλογικές συνθήκες (εδάφη που επιτρέπουν την εγκατάσταση ανεμογεννητριών). Στο υποσύνολο των (66) θέσεων που θα επιλεγούν θα πρέπει να εγκατασταθούν μετρητικοί σταθμοί αιολικού

δυναμικού και να αξιολογηθεί το δυναμικό για ένα έτος προκειμένου να καταστεί δυνατή η επιλογή των θέσεων στο οποίο αυτό μεγιστοποιείται.

Summary

It is known that renewables have advantages over conventional energy systems. One of them is the aspect of environmental acceptability. Therefore this should be done proper research and study in order to identify the best sites linked to the available resources while not affecting the environment. Suitable sites and alternatives are evaluated based on information on the allocation of resources.

Applications of Geographic Information Systems (GIS) can provide vital information for decision-making processes that support the selection of places in various research areas such as the management of natural resources, the pollution of the surrounding, planning and regional planning, urban development, Mr .a ..

In this paper we use applications of Geographic Information Systems (GIS) to identify areas that meet appropriate prerequisites for installing wind farms and generate electricity. The environmental objectives and economic feasibility criteria for wind systems identified through the Greek legislation.

As a case study, the proposed approach is applied in the prefecture of Grevena. Specifically, the study will contribute to the electrification and environmental relief of Western Macedonia region particularly environmentally compromised by the presence of large power plants, and to cover even a small part of the total energy needs of the country. Chorothetontas correct such work and taking advantage of the maximum available wind resources, contribute to the achievement of environmental objectives and international obligations of the country, but also to satisfy the principles of sustainable development, since Greece has pledged to reduce by only 25% (compared with 1990 emissions) emissions of greenhouse gases, while by 2010 it had to cover the needs of its electricity from renewables by 20.1%.

In the selection of sites were considered:

- Limitations imposed by the provisions of law under the "Special Framework for Spatial Planning and Sustainable Development for RES»
- Wind report so as determined by PSYME by a) the open space (openness) that exists around the whole installation positions.

- Environmental constraints associated with protected areas where potentially prohibited the establishment of wind farms.
- Town-planning restrictions relating to the protection of the human environment and the aesthetics of the landscape.
- The economic cost of installation depends on the existence or non-road or the distance from the existing road network and the slope determining patency.

The application of these restrictions (in free geographic data such as terrain elevation model SRTM, the cover-land use CORINE, etc.) led to the selection of 110 seats in the first installation step had lattice representation. Then came the altitude restriction in an effort to select sites where the wind (which increases with altitude) is maximized. Selected a subset of 66 potential sites, and the overview in google earth has confirmed that the locations are far from settlements in areas with sparse vegetation. Additionally, the topographic map of google earth, which is also available and this through the open layers in QGIS and provides a three-dimensional monitoring of the relief on the same scale with the SRTM PSYME we used was a verification link to another source of elevation information the terrain surrounding the location. In (66) positions were determined by territorial criteria of free geographic data should be site visit and field work to evaluate the accessibility, geography (land cover, land use, building activity, etc.), availability of public or private land in locations that allow the purchase or rented for a period of usually 20 years, the geological conditions (soils that allow the installation of wind turbines). In the subset of (66) sites selected will be measuring stations installed wind capacity and assess the potential for one year in order to allow the choice of places in which it is maximized.

Κεφάλαιο Πρώτο

Εισαγωγή

Το πρώτο κεφάλαιο της διατριβής αναφέρεται στην ενέργεια η οποία αποτελεί τη βάση του σύγχρονου πολιτισμού. Γίνεται αναφορά στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας και αναλύεται η ανάγκη εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και κυρίως της αιολικής ενέργειας. Η αυξανόμενη χρήση των ανεμογεννητριών για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, έχει κάποιες θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Η παρούσα ενότητα συνοψίζει την κατανόηση των επιπτώσεων αυτών και αξιολογεί τις προκλήσεις που θέτουν παρουσιάζοντας τα οφέλη και τα μειονεκτήματα των αιολικών εγκαταστάσεων.

1.1 Ενέργεια και περιβάλλον

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η ενέργεια είναι απαραίτητη προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής με την παροχή βασικών αναγκών, όπως η θερμότητα, το φως και η ενέργεια για μεταφορές. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την ενέργεια είτε όπως υπάρχει στη φύση σε διάφορες μορφές (ηλιακή, αιολική κ.α.) είτε μετατρέποντάς την με τη βοήθεια μηχανών σε θερμική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, ώστε να ικανοποιήσει τις σύγχρονες ανάγκες του (Koenemann, 2009).

Με την πρόοδο της οικονομίας και την ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου, οι απαιτήσεις σε ενέργεια συνεχώς αυξάνονται, με αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας αποτελεί ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι κοινωνίες σήμερα. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μέρες μας προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας όπως είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας οι οποίοι είναι πεπερασμένοι και θα εξαντληθούν σύντομα λόγω της αυξανόμενης ζήτησης (Goodchild, 2003; Tsani, 2010).

Η χρήση της ενέργειας σχετίζεται αφενός μεν με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής αφετέρου με μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Προβλήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν αν στοχεύουμε σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Loring, 2007).

Αιτία αυτών είναι οι τεράστιες καταστροφές των οικοσυστημάτων, η των δασών και καταστροφή των τροπικών δασών, ερημοποίηση, απονέκρωση υδάτινων συστημάτων, εξάντληση φυσικών πόρων, αύξηση της αέριας ρύπανσης και της ρύπανσης του εδάφους, με εκτεταμένες συνέπειες στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη ευημερία (Abbott, 2010). Οι βασικοί τομείς των περιβαλλοντικών προβλημάτων μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως (Dincer, 1999; Omer, 2007):

- Σημαντικά περιβαλλοντικά ατυχήματα
- Ρύπανση των υδάτων και θαλάσσια ρύπανση
- Χρήσεις γης και χωροθέτηση των επιπτώσεων
- Ακτινοβολία και ραδιενέργεια
- Διαχείριση απορριμμάτων
- Διάθεση στερεών αποβλήτων
- Επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι
- Ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα
- Όξινη βροχή
- Μείωση στρατοσφαιρικού όζοντος

Οι συνέπειες αυτών των προβλημάτων είναι ήδη αισθητές, με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου και παγκόσμια κλιματική αλλαγή), την τήξη των πάγων στους πόλους, ακραία καιρικά φαινόμενα, προβλήματα υγείας από τη δημιουργία του νέφους, εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και υποβάθμιση των ανανεώσιμων, έλλειψη ειδών διατροφής στις χώρες του τρίτου κόσμου και αύξηση των θανάτων από ασιτία και έλλειψη νερού, θάνατος της υδατοπανίδας σε λίμνες και κλειστές θάλασσες λόγω του ευτροφισμού των υδάτων. Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκλήθηκαν από τα ορυκτά καύσιμα είναι η ρύπανση του αέρα (Diaz et al., 2006).

Ωστόσο, παρατηρείται ότι ακόμη και σήμερα τα κράτη εξακολουθούν να χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα παρά τις συνολικές επιπτώσεις για την κοινωνία και τα οικοσυστήματα, και η κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων αυξάνεται ανεξάρτητα από τις αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. (Elliott, 2007).

Για όλους αυτούς τους λόγους το ενδιαφέρον των επιστημόνων και της πολιτείας κατευθύνονται προς την εφαρμογή και χρήση τεχνολογιών που ενσωματώνουν «φιλικές στο περιβάλλον» μορφές ενέργειας. Η λύση στα προβλήματα του περιβάλλοντος βασίζεται στην προσαρμογή της αειφόρου ανάπτυξης, η οποία έχει στενή σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες συνδέονται άμεσα με θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον, την οικονομία και την ευημερία των πολιτών (Agterbosch et al, 2009; Bell et al, 2005).

Η αειφόρος ανάπτυξη αποτελεί προτεραιότητα σε παγκόσμια κλίμακα και σχετίζεται άμεσα με την προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Ως αειφόρος ανάπτυξη, ορίζεται η «ανάπτυξη η οποία καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να υποβιβάζει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες» (World Commission for Environment and Developmet, 1987).

1.2 Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής

Όπως προαναφέρθηκε, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από την κατανάλωση των συμβατικών μη ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγή ενέργειας αποτελούν μια σημαντική απειλή για το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη επηρεάζοντας ποικιλοτρόπως την ποιότητα ζωής μας αλλά και την ίδια τη ζωή του πλανήτη (Szarka, 2006). Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή το 2001, προέβλεψε ότι χωρίς τη δραστική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να γίνει πιο έντονο.

Οι κλιματικές αλλαγές αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες απειλές της ανθρωπότητας και οφείλονται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές των «αερίων του θερμοκηπίου» από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων. Έχουν ήδη ισχυρές επιδράσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, στα οικοσυστήματα στους υδάτινους πόρους και στις παράκτιες περιοχές (Akrinag et al., 2008).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή προβλέπει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη 2,0-2,8% C^o έως το 2050. Αντίστοιχα η στάθμη της θάλασσας θα ανέλθει σύμφωνα με την πλέον συντηρητική εκτίμηση κατά 18-38cm. Με βάση τα δεδομένα

από το 1970, εκτιμάται ότι μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα η μέση ετήσια απορροή των ποταμών και η διαθεσιμότητα νερού θα αυξηθεί κατά 10-40% στα υψηλότερα υψόμετρα και σε ορισμένες τροπικές περιοχές, ενώ θα μειωθεί κατά 10-30% σε ξηρές περιοχές με μέσο υψόμετρο. Συγκεκριμένα μέσα στις επόμενες δεκαετίες, τα αποθέματα νερού που είναι αποθηκευμένα στους παγετώνες και στις χιονισμένες περιοχές θα μειωθούν προκαλώντας έλλειψη νερού σε περισσότερο από 1 δις ανθρώπους. Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη και κυρίως σε ξηρές και τροπικές περιοχές, ακόμα και μικρή αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης των 1°C - 2°C, αναμένεται να αυξήσουν τον κίνδυνο λοιμών.

Το 20% με 30% όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη εκτιμάται ότι θα αντιμετωπίσουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, αν η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1,5-2,5°C. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα φέρει εκατομμύρια ανθρώπους αντιμέτωπους με πλημμύρες έως το 2080. Σε ιδιαίτερο κίνδυνο βρίσκονται πυκνοκατοικημένες περιοχές, καθώς και περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο με περιορισμένες ικανότητες προσαρμογής. Τα ακραία αυτά καιρικά φαινόμενα δημιουργούν σημαντικές επιπτώσεις σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο (Bennet, 2001; Ahammed and Nixon, 2006).

Επιπλέον η αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου συμβάλλει στην εμφάνιση του φαινομένου του Ελ Νίνιο. Δηλαδή η αύξηση της θερμοκρασίας, προκαλεί την περιοδική αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό προκαλώντας ασυνήθιστους ανέμους, ξηρασίες, πλημμύρες επηρεάζοντας τις καιρικές συνθήκες της Μεσογείου (Bartzokas et al., 2010).

1.2.1 Λύση οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Με βάση τα παραπάνω και τη συνειδητοποίηση της απειλής της κλιματικής αλλαγής, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κύριος εκφραστής των οποίων είναι η αιολική ενέργεια, αποτελεί επιτακτική ανάγκη και υπέρτατο δημόσιο συμφέρον (Ahmed, 2010).

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ θεωρείται ότι είναι μια αποτελεσματική λύση στην πορεία προς μια βιώσιμη ενεργειακά ανάπτυξη, τόσο για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων όσο και την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών και τη βελτίωση

της κοινωνικής ευημερίας. Σύμφωνα με την Tester et al., (2005), ο ορισμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο συνδυασμός της παροχής ενέργειας εξίσου σε όλους τους ανθρώπους και της προστασίας του περιβάλλοντος για τις επόμενες γενιές. Είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και η χρήση τους προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, δίνοντας τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών της χώρας (Κατσαπρακάκης, 2010).

Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική ενέργεια, η κυματική ενέργεια και η αιολική ενέργεια, είναι σε θέση να παρέχουν καθαρή και αποδοτική ενέργεια με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών και αντικαθιστούν τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα σε τέσσερις κύριους τομείς: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση και ψύξη, τα καύσιμα και την αγροτική ενεργειακή κατανάλωση (Abulfotuh, 2007).

Η μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων με τη χρήση νέων τεχνολογιών των ΑΠΕ συμβάλλει στην βραδύτερη εκδήλωση πέραν του φυσικού του φαινομένου του θερμοκηπίου και των ακραίων καιρικών φαινομένων ως αποτέλεσμα αυτού. Συμβάλλουν έτσι στην ικανοποίηση στόχων διεθνών συμβάσεων και κοινοτικών οδηγιών που έχει υπογράψει η χώρα μας και είναι δεσμευτικές με πρόβλεψη κυρώσεων αν δεν τηρηθούν (Albergaria, et al, 2006).

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι είναι φιλικές προς το περιβάλλον και ανεξάντλητες σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα. Παρόλο που εξυπηρετούν το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος γιατί δεν εκπέμπουν ρύπους, η εφαρμογή τους είναι ακόμη περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα (Aitken, 2010), συνεισφέροντας περίπου κατά 18% της παραγωγής ενέργειας παγκοσμίως. Ωστόσο, υπό την απειλή των τεράστιων περιβαλλοντικών προβλημάτων, οι περισσότερες χώρες έχουν διαμορφώσει ένα κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Ελλάδα έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα που αφορά στη διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Ως εκ τούτου, η στροφή από τα ορυκτά καύσιμα προς τις ΑΠΕ θα μπορούσε να είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την Ελλάδα (Duic et al., 2013).

Από την άλλη πλευρά, το κύριο μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η διακύμανση του ποσοστού απόδοσης όπως και το υψηλό κόστος εφαρμογής σε μεγάλες περιοχές της γης. Για το λόγο αυτό, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις ανάγκες των μεγάλων αστικών κέντρων. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως ως πρόσθετες πηγές ενέργειας.

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την προσφορά και την αποδοτικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η εποχή του έτους, η γεωγραφική θέση και το κλίμα της περιοχής (Akpinar et al., 2008).

1.2.2 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παγκοσμίως

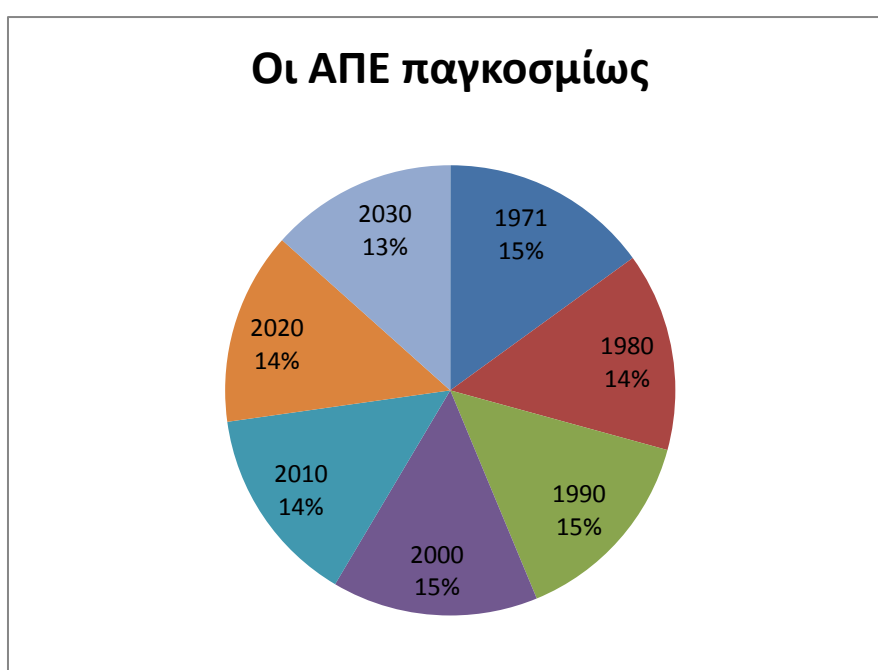
Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς σε όλο τον κόσμο, επειδή ελαχιστοποιούν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Η χρήση των ΑΠΕ παρόλο που εξυπηρετεί το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος επειδή είναι φιλικές προς το περιβάλλον, είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα (Tsoutsos et al., 2008).

Εκτιμάται ότι οι ΑΠΕ θα συμβάλλουν θετικά στην οικονομία, δημιουργώντας μεγαλύτερη οικονομική ευστάθεια σε κράτη εξαρτημένα ενεργειακά από τα συμβατικά καύσιμα, μειώνοντας ταυτόχρονα τις κλιματικές διαταραχές που παρατηρούνται όλο και πιο έντονες τελευταία (Agterbosch et al, 2004). Μπορούν να παράσχουν το 30-35% της παραγωγής ενέργειας μέχρι το 2030 σε σχέση με το 18% που ήταν το 2005. Και με γνώμονα το ποσοστό αυτό, υπάρχει δυνατότητα σταθεροποίησης της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050 με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και οικονομικών κινήτρων (AWEA, 2011).

Για αυτούς τους λόγους οι κυβερνήσεις όλου του κόσμου κινούνται προς φιλικότερες προς το περιβάλλον τεχνολογίες για την παραγωγή ενέργειας. Το επενδυτικό κλίμα στον τομέα των ΑΠΕ είναι θετικό καθώς ολοένα και περισσότερες χώρες στοχεύουν στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ διαμορφώνοντας κατάλληλα θεσμικά πλαίσια για την προσέλκυση επενδύσεων. Πάνω από 70 χώρες σήμερα παράγουν σε κάποιο βαθμό αιολική ενέργεια, μεταξύ αυτών και αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα, η Αίγυπτος, η Βραζιλία, το Ιράν κ.α. Η Ινδία και η Κίνα διαθέτουν πολύ μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ, κατέχοντας την 4η και 5η θέση

αντίστοιχα, ενώ η Γερμανία, η ΗΠΑ και η Ισπανία κατέχουν τις 3 πρώτες θέσεις στην παγκόσμια κατάταξη το 2007 (AWEA, 2011).

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2005, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κόσμο. Ένα σύνολο 750GW και 66 GW ηλεκτρικής ενέργειας παράχθηκε από μεγάλες και μικρές μονάδες υδροηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα, στο τέλος του 2005. Η αιολική ενέργεια, από την άλλη πλευρά, κατείχε τη δεύτερη θέση παγκοσμίως, με παραγωγή ενέργειας 59 GW. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ανά δεκαετία, από το 1970.



Σχήμα 1.2.2.1 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας σε συγκεκριμένες χρονιές και πρόβλεψη για το μέλλον (πηγή ΙΕΑ, 2013 ίδια επεξεργασία).

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα παρόλο που οι μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας στο μέλλον θα παραχθούν από τις ΑΠΕ, η συμμετοχή τους σε παγκόσμιο επίπεδο αναμένεται να είναι σταθερή.

Τόσο η Κίνα όσο και η Ινδία έχουν σημαντικά προγράμματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η Ινδία έχει εκτεταμένα έργα αιολικής ενέργειας, μεγάλα φωτοβολταϊκά (PV), βιομάζα και βιοαέριο. Η ικανότητα της Ινδίας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να φθάσει τα 10 GW έως το 2012. Η Κίνα έχει ήδη πάνω από 23 GW από την ηλιακή θερμική ικανότητα από τα υδροηλεκτρικά έργα και το βιοαέριο. Μέχρι το

2020, η Κίνα σχεδιάζει να έχει 30 GW της αιολικής δυναμικότητας και 30 GW της μονάδας βιομάζας. Η Κίνα με 120 GW συνολική ισχύς από ΑΠΕ, έχει ως στόχο να καλύψει περίπου το 16% της αναμενόμενης απαίτησης της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέχρι το 2020 (Elliott, 2007).

Όπως μπορεί να φανεί από τις προβλέψεις αυτές, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον. Η αύξηση των επενδύσεων αυτών οφείλεται κυρίως στην αναγκαιότητα της μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε όλο τον κόσμο.

1.3 Το ενεργειακό πρόβλημα

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού στην Ασία, Λατινική Αμερική και Αφρική όπως και η οικονομική ανάπτυξη στους Δυτικούς πληθυσμούς, οδηγεί στη ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας η οποία αποτελεί έναν από τους κύριους δείκτες πλούτου και οικονομικής ανάπτυξης για τις χώρες.

Για πολλά χρόνια ιδιαίτερα από τη βιομηχανική επανάσταση το 1800 έως και σήμερα, τα ορυκτά καύσιμα θεωρούνταν η κύρια κινητήρια δύναμη των βιομηχανοποιημένων κοινωνιών και της οικονομικής ανάπτυξης. Σήμερα το 80% του συνόλου της πρωτογενούς παραγωγής προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, πετρέλαιο, άνθρακα και φυσικό αέριο, σε ποσοστά 32,8%, 27,2% και 20,9% αντίστοιχα, ενώ εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια πηγή ενέργειας λόγω της αύξησης του πληθυσμού και της εξέλιξης του βιοτικού επιπέδου κάθε χώρας (Hook and Tang, 2013; Ανδρίτσος, 2008).

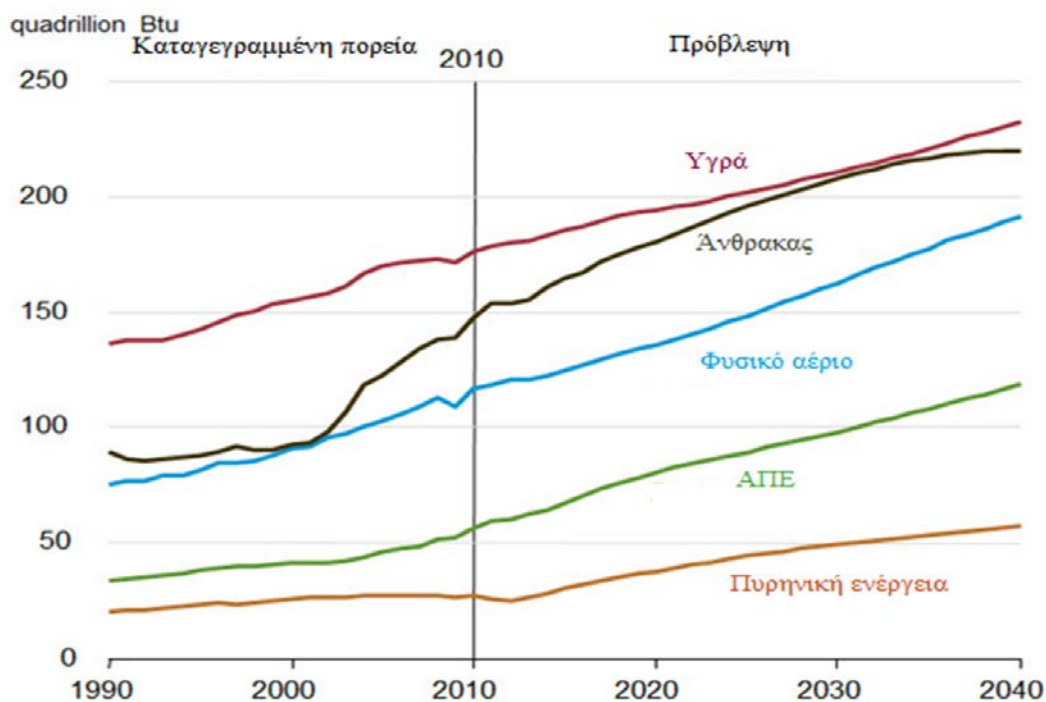
1.3.1 Το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα

Σύμφωνα με εκτιμήσεις της IEA, κατά την περίοδο 2005-2040 η παγκόσμια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας θα εμφανίζει ετήσιο ρυθμό αύξησης 1,8%. Η ζήτηση κατά το έτος 2005 έφτανε τα 11,4 δις τόνους ισοδύναμου πετρελαίου και υπάρχει η πρόβλεψη που προσεγγίζει τα 17,7 δις για το έτος 2040.

1.3.1.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου 1990-2040 σε Μτοε (IEA, 2013-Ιδία επεξεργασία).

| ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ | 1980 | 2000 | 2005 | 2015 | 2040 | 2005-2040 |
|-----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Άνθρακας | 1.786 | 2.292 | 2.892 | 3.988 | 4.994 | 2.2% |
| Πετρέλαιο | 3.106 | 3.647 | 4.000 | 4.720 | 5.585 | 1.3% |
| Φυσικό αέριο | 1.237 | 2.089 | 2.354 | 3.044 | 3.948 | 2.1% |
| Πυρηνική ενέργεια | 186 | 675 | 721 | 804 | 854 | 0.7% |
| Υδροηλεκτρική ενέργεια | 147 | 226 | 251 | 327 | 416 | 2.0% |
| Βιομάζα και απόβλητα | 753 | 1.041 | 1.149 | 1.334 | 1.615 | 1.4% |
| Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας | 12 | 53 | 61 | 145 | 308 | 6.7% |
| ΣΥΝΟΛΟ | 7.228 | 10.023 | 11.429 | 14.361 | 17.721 | 1.8% |

Παρατηρείται ότι τα ορυκτά καύσιμα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας, συνεχίζουν να είναι η κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Το πετρέλαιο εξακολουθεί να έχει το μεγαλύτερο μερίδιο παρά την μικρή ποσοστιαία αύξησή του. Αυτή η αύξηση στην χρήση των φυσικών καυσίμων αναμένεται να έχει ως συνέπεια την αύξηση των εκπομπών του CO₂ κατά 57% για την περίοδο 2005-2030, αν δεν ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό αυτών.



Σχήμα 1.3.1.1: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου 1990-2040 (IEA, 2013-Ιδία επεξεργασία).

Οι χώρες που αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά ενέργειας και με την μεγαλύτερη ενεργειακή ζήτηση είναι η Κίνα και η Ινδία. Όπως είναι φυσικό η ενεργειακή ασφάλεια απασχολεί όλες τις χώρες και περισσότερο τις αναπτυγμένες, καθώς για το μεγαλύτερο μέρος της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα για τα οποία υπάρχει εξάρτηση από εισαγωγές αλλά και αστάθεια τιμών (Κατσαπρακάκης, 2010).

Λαμβάνοντας υπόψη τα αυξημένα περιβαλλοντικά και οικονομικά θέματα παγκοσμίως, κρίνεται απαραίτητη η ορθή ανάπτυξη και εφαρμογή των ΑΠΕ. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, αφενός μεν ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια αφού μειώνεται η εξάρτηση από εισαγωγές, αφετέρου συμβάλλει και στην περιβαλλοντική ελάφρυνση από τους ρύπους που εκπέμπονται με την παραγωγή ενέργειας (Bhattacharyya and Cummings, 2013).

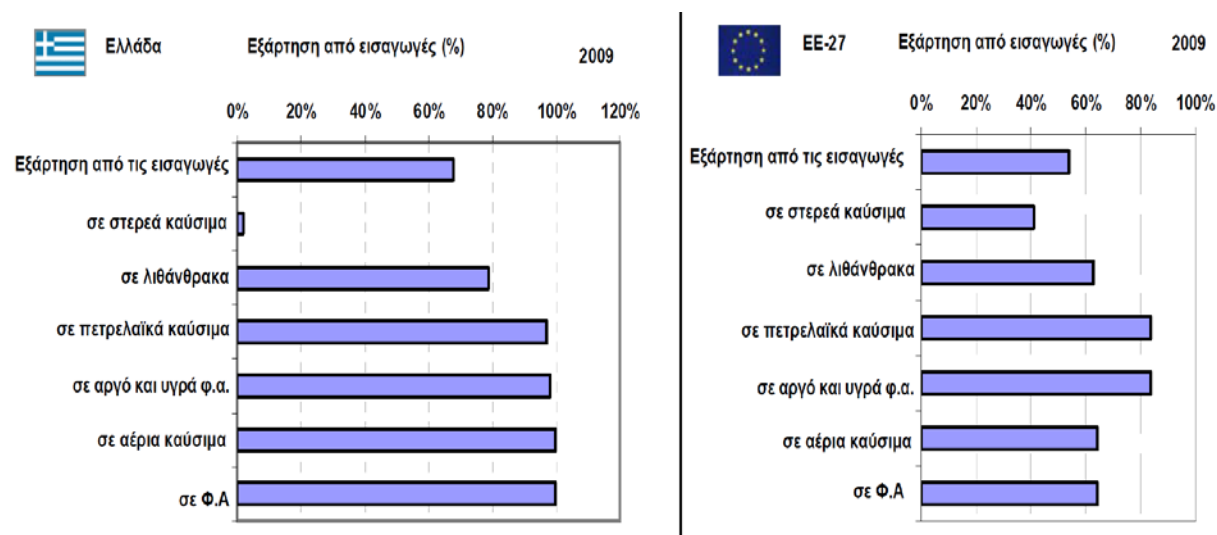
1.3.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμικούς σταθμούς. Παρατηρείται συγκέντρωση των θερμικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών στα Βόρεια της χώρας και οφείλεται στις πλούσιες πλουτοπαραγωγικές περιοχές σε λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για τους περισσότερους σταθμούς και μαζί με το πετρέλαιο καλύπτουν το 85,7% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης. Οι ΑΠΕ, με εξαίρεση τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, αποτέλεσαν αξιοσημείωτη πηγή παραγωγής ενέργειας από τα τέλη της δεκαετίας του 90 (IEA, 2012).

Παρατηρείται, ότι ακόμη και σήμερα η Ελλάδα έχει χαμηλή διείσδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρότι υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες ιδιαίτερα στα νησιά. Η Ελλάδα είναι από τις πρώτες χώρες της Ευρώπης από άποψη αιολικού δυναμικού (Bartzokas et al, 2010). Ένας σωστός ενεργειακός σχεδιασμός θα έδινε τη δυνατότητα κάλυψης του 15% των αναγκών της Ελλάδας σε ηλεκτρική ενέργεια από αιολικά πάρκα προσφέροντας ποικίλα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Παρά τις ευνοϊκές συνθήκες της Ελλάδας όμως, παρουσιάζεται μια αδικαιολόγητη αδράνεια (Lombard and Sanette, 2013).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου 1990-2009 η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 50%, αντικατοπτρίζοντας την καλή οικονομική κατάσταση της χώρας και την άνοδο του ΑΕΠ/παραγωγικής δραστηριότητας κατά την περίοδο αυτή.

Συγκριτικά με την ΕΕ η εξάρτηση από εισαγωγές είναι μεγαλύτερη στην Ελλάδα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:



Σχήμα 1.3.2.1 Ενεργειακή εξάρτηση συνολική και ανά καύσιμο (Europe's Energy Portal, 2013-Ιδία επεξεργασία).

Χαρακτηριστικά στην Ελλάδα το πετρέλαιο συμμετέχει με ποσοστό 68% στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας σε αντίθεση με την Ευρωπαϊκή Ένωση που ο μέσος όρος είναι στο 54%. Το 1997 το ποσοστό ΑΠΕ στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 5,3% (έναντι 5,8% στην Ε.Ε.) το δε ποσοστό ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή ήταν 3,5% (έναντι 9,7% στην Ε.Ε.).

Ο μοναδικός παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι η Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) που ιδρύθηκε το 1950 και ουσιαστικά συνεχίζει αυτό το ρόλο και μετά την υιοθέτηση της οδηγίας 96/92 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Παράγει περίπου το 90% της ενέργειας που προέρχεται από κάρβουνο, πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Συγκεκριμένα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα το έτος 2007 ανερχόταν στο 55,2 TWh η οποία καλύφθηκε από την παραγωγή ενέργειας κατά κύριο λόγο από τη ΔΕΗ και λιγότερο από ανεξάρτητους παραγωγούς.

Η Ελλάδα δεν είναι ιδιαίτερα ευνοημένη σε αποθέματα συμβατικών καυσίμων. Τα βεβαιωμένα κοιτάσματα λιγνίτη που υπάρχουν κυρίως στη Μακεδονία και στη Μεγαλόπολη υπολογίζονται σε 5-6 δισεκατομμύρια τόνους. Οι εκτάσεις που έχουν απαλλοτριωθεί μέχρι σήμερα για το λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας ανέρχονται σε 156.000 στρέμματα (Περιβαλλοντική Έκθεση 2005-ΔΕΗ).

Ως εκ τούτου, η στροφή από τα ορυκτά καύσιμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα μπορούσε να είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την Ελλάδα αν και ακόμα η διείσδυση των ΑΠΕ είναι χαμηλή. Ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή έκδηλη είναι η κλιματική αλλαγή, επιβάλλεται η ριζική αλλαγή και η στροφή προς ενεργειακές λύσεις που προστατεύουν το περιβάλλον.

1.4 Η χρησιμότητα της έρευνας

Όπως προαναφέρθηκε η εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας η οποία και αποτελεί τη βάση του Δυτικού πολιτισμού, εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο παίρνει διαστάσεις που ξεπερνά τα όρια του φυσικού δημιουργώντας απειλή για την ύπαρξη της ζωής πάνω στον πλανήτη.

Πολλές χώρες του κόσμου έχουν ήδη συνειδητοποιήσει το πρόβλημα αυτό και την επείγουσα ανάγκη για την παραγωγή καθαρής ενέργειας, χωρίς δηλαδή την πρόκληση ρύπανσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες εξακολουθούν να παραμένουν έντονα επιβαρυντικές για το περιβάλλον.

Ιδιαίτερα στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας που είναι μια περιοχή ιδιαίτερα επιβαρυνμένη περιβαλλοντικά από την παρουσία μεγάλων λιγνιτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ και ιδιαίτερα αιολικών πάρκων στην περιοχή, είναι καθοριστικής σημασίας διότι μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντική ελάφρυνση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Σημαντική και αναγκαία λοιπόν, είναι η διερεύνηση περιοχών για την εκμετάλλευση των ΑΠΕ, ιδιαίτερα των αιολικών εγκαταστάσεων. Η ορθή χωροθέτηση έργων ΑΠΕ κατέχει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην περιβαλλοντική και κοινωνική αποδοχή, διαμορφώνοντας τόσο την περιβαλλοντική-ενεργειακή συνείδηση και συμπεριφορά των ανθρώπων όσο και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των εγκαταστάσεων.

Γενικότερα, η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ και κυρίως αιολικών εγκαταστάσεων στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας είναι σημαντική για την Περιφέρεια τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά, δεδομένου ότι σε αυτήν παράγεται η μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύς καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών της χώρας και η εγκατάσταση έργων ΑΠΕ θα οδηγήσει εν μέρει στην ενεργειακή ασφάλεια και απεξάρτηση της χώρας από εισαγωγές καυσίμων από άλλες χώρες..

1.5 Το πρόβλημα της έρευνας

Η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Το 50% του Εθνικού καταναλισκόμενου ρεύματος παράγεται στη Δυτική Μακεδονία, με υλικό από τα λιγνιτικά πεδία της λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας-Σαριγκιόλ. Η Περιφερειακή ενότητα Κοζάνης μάλιστα μαζί με την Π.Ε Φλώρινας μπορούν να χαρακτηριστούν ως το Εθνικό Ενεργειακό Κέντρο. Το γεγονός αυτό έχει ωθήσει οικονομικά και αναπτυξιακά την περιοχή ταυτόχρονα όμως την έχει επιβαρύνει περιβαλλοντικά. (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013).

Η λιγνιτική αυτή δραστηριότητα που αναπτύσσεται στη Δυτική Μακεδονία, κατατάσσει την Ελλάδα στη 2η θέση μεταξύ των λιγνιτοπαραγωγών χωρών της Ε.Ε. και την 5^η θέση παγκοσμίως. Συγκεκριμένα οι θερμοκοιτίδες παραγωγής αναφέρονται παρακάτω:

Πίνακας 1.5.1 Θερμοκοιτίδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2013).

| Σταθμός | Αρ. μονάδων | Εγκατ. (MW) | Ισχύς | Περιοχή |
|-----------------|-------------|-------------|-------|--------------|
| Αγίου Δημητρίου | 5 | 1587 | | Δ. Μακεδονία |
| Καρδιάς | 4 | 1200 | | Δ. Μακεδονία |
| Πτολεμαΐδας | 4 | 620 | | Δ. Μακεδονία |
| Αμυνταίου | 2 | 600 | | Δ. Μακεδονία |
| Αλιβερίου | 4 | 380 | | Εύβοια |
| Λαυρίου | 4 | 1197 | | Αττική |
| Αγ. Γεωργίου | 2 | 360 | | Αττική |
| Μεγαλόπολης | 4 | 850 | | Πελοπόννησος |

| | | | |
|---------------|----------|-----------|---------------------|
| Λιπτολ | 2 | 43 | Δ. Μακεδονία |
| Αργοστολίου | 1 | 11,6 | Ν. Ιονίου |
| Ζακύνθου | 1 | 27 | Ν. Ιονίου |

Ευρύτερα στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας (όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.5.1), λειτουργούν πέντε (5) λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, που είναι και το σημαντικότερο ηλεκτροπαραγωγικό κέντρο της χώρας.

Η μελετώμενη περιοχή των Γρεβενών διαθέτει ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό και η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, καθώς και η ορθή χωροθέτησή τους, αναμένεται να συνεισφέρουν στην ηλεκτροδότηση και στην περιβαλλοντική ελάφρυνση της Δυτικής Μακεδονίας περιοχής ιδιαίτερα επιβαρυσμένης περιβαλλοντικά από την παρουσία των μεγάλων θερμοηλεκτρικών μονάδων (Τουρλιδάκης, 2008).

Το ερώτημα που τίθεται είναι σε ποια συγκεκριμένη γεωγραφική θέση και έκταση θα χωροθετηθούν τα έργα ΑΠΕ, ώστε να αξιοποιείται το μέγιστο ενεργειακό δυναμικό τους. Ωστόσο, προκειμένου να ενθαρρυνθεί η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην περιοχή, κρίνεται απαραίτητη η καλή γνώση των θέσεων, του μέγιστου διαθέσιμου αιολικού δυναμικού που θα βοηθήσει στην επίτευξη τόσο των περιβαλλοντικών στόχων όσο και των Διεθνών υποχρεώσεων της χώρας, αλλά και την ικανοποίηση των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, προκύπτει η ανάγκη να ερευνησουμε τις γνώσεις για τον εντοπισμό περιοχών που πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1.5.1 Σκοπός και στόχοι

Ο σκοπός της διατριβής είναι η διερεύνηση για τον εντοπισμό περιοχών που πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτή η εγκατάσταση ενός τέτοιου πάρκου στην κατεύθυνση της αειφορίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συγκέντρωσης και της αποτύπωσης όλων των απαγορεύσεων και περιορισμών που απορρέουν από το θεσμικό πλαίσιο για την ορθή χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων.

Επί μέρους ερευνητικούς στόχους της διατριβής αποτελούν η διερεύνηση: α) των πλεονεκτημάτων της αιολικής ενέργειας και γενικότερα των ανανεώσιμων πηγών σε σχέση με τις συμβατικές καθώς και η μελέτη των προϋποθέσεων ανάπτυξης και κατασκευής ενός αιολικού πάρκου στον Ελλαδικό χώρο, β) της δημιουργίας ενός εύχρηστου εργαλείου που θα λειτουργεί υποστηρικτικά δίνοντας το νομοθετικό πλαίσιο σε επίπεδο νομού, δηλαδή της δημιουργίας ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης μέσω της μελέτης των κριτηρίων χωροθέτησης με βάση το «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, γ) την αξιολόγηση των πληροφοριών για τη λήψη των αποφάσεων που υποστηρίζουν τις διαδικασίες επιλογής των θέσεων αυτών.

Αποτελέσματα των παραπάνω αναμένεται να αποτελέσουν: α) η κατανόηση των επιπτώσεων από την χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον, β) η ανάπτυξη των δεξιοτήτων και της τεχνογνωσίας σχετικά με τη διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης από τους εν δυνάμει επενδυτές και τις αρμόδιες υπηρεσίες αδειοδότησης για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, ώστε να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτές και κοινωνικοοικονομικά συμφέρουσες.

1.6 Διασαφηνίσεις-Προσδιορισμός κεντρικών εννοιών

Η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι περιορισμένης κλίμακας παρόλο το αξιόλογο ενεργειακό δυναμικό της. Αυτό οφείλεται τόσο σε γραφειοκρατικά εμπόδια αφού η διαδικασία αδειοδότησης είναι εξαιρετικά δυσχερής και χρονοβόρα όσο και στο καθεστώς χρηματοδότησης. Συγκεκριμένα τα κυριότερα εμπόδια έργων ανάπτυξης και εγκατάστασης ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

1. Γραφειοκρατικές δυσχερείς διαδικασίες αδειοδότησης. Η αδειοδοτική διαδικασία από τους αρμόδιους φορείς είναι αναίτια χρονοβόρα, γεγονός που επιβεβαιώνεται από την εμπλοκή πολλών υπηρεσιών.
2. Αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών λόγω έλλειψης ενημέρωσής τους, που συχνά οδηγεί σε αντιδράσεις ως προς την οπτική και ηχητική όχληση κυρίως των αιολικών πάρκων. Η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή αποτελεί μια άποψη που αναφέρουν πάντοτε οι κάτοικοι της υπαίθρου όταν αντιδρούν για τα έργα ΑΠΕ. Για το λόγο αυτό

κρίνεται απαραίτητη τόσο η εκπαίδευση και ενημέρωση των τοπικών κοινωνιών για την ενέργεια και το περιβάλλον, όσο και ο σωστός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων έργων ΑΠΕ βάση των κανόνων χωροθέτησης και των κανόνων που τίθενται από τους αρμόδιους φορείς (Kaldellis, 2005).

4. Η έλλειψη ανάπτυξης υποδομών μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ένα από τα σοβαρά προβλήματα που εμποδίζουν την ανάπτυξη των αιολικών πάρκων (Ορφανού, 2010).

1.6.1 Ο ρόλος της ΡΑΕ (Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας)

Για την αντιμετώπιση των χρονοβόρων προβλημάτων σχετικά με την διαδικασία αδειοδότησης έργων ΑΠΕ έγινε προσπάθεια απλούστευσης της διαδικασίας αδειοδότησης σύμφωνα με τον Ν.3851/2010 (ΦΕΚ.Α'85).

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, για την εγκατάσταση και λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από τους αρμόδιους φορείς, κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες. Γενικά, τα βήματα που απαιτούνται είναι τα εξής (Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2012):

1. Έκδοση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας-ΡΑΕ).

2. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) αιτήσεις για:

- Διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης του σταθμού παραγωγής στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ).

- Περιβαλλοντική Αδειοδότηση ή Απαλλαγή (Περιφέρεια).

- Άδεια Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου (Περιφέρεια).

Ο ρόλος της ΡΑΕ είναι καθοριστικός καθώς εκχωρεί άδειες σύμφωνα με τις δυνατότητες των ΑΠΕ και είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας όπως και τη λειτουργία του διασυνδεδετικού εμπορίου

εισαγωγών και εξαγωγών. Επίσης έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα (Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2012).

1.6.2 Οφέλη και μειονεκτήματα έργων ΑΠΕ

Η βασική έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της αειφορίας καθότι συνεισφέρουν στις τρεις κύριες συνιστώσες της: την οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνική ευημερία.

Οι τεχνολογίες ΑΠΕ είναι φιλικές στο περιβάλλον, δεν εκπέμπουν αέριους ρύπους και επομένως συμβάλλουν τόσο στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όσο και στην μείωση της παγκόσμιας θέρμανσης του πλανήτη. Η μείωση των εκπομπών στην ατμόσφαιρα αποτελεί το κυριότερο περιβαλλοντικό όφελος από την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και επομένως ελάττωση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών (Strachen et al., 2006).

Αυτό αποδεικνύεται ποσοτικά π.χ. σε ένα αιολικό πάρκο κάθε κιλοβατώρα που παράγεται, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός κιλού διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα (πιο συγκεκριμένα από 0,85kg έως 1,06kg).

Σύμφωνα με μια αξιολόγηση των συστημάτων ανεμογεννητριών, μια συνηθισμένη ανεμογεννήτρια των 1000kW (1MW) παράγει κατά μέσο όρο σε μια καλή σχετικά από άποψη αιολικού δυναμικού θέση στην Ελλάδα, 3 εκατομμύρια kWh το χρόνο και έτσι αποφεύγεται η έκλυση περίπου 3.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), όσο (CO₂) απορροφούν δηλαδή ετησίως 4.000 στρέμματα δάσους ή αλλιώς 200.000 δέντρα.

Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν άφθονη ενέργεια που συνδέεται με την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας αφού η χρήση τους συμβάλλει στην ενεργειακή ανεξάρτηση μιας χώρας από εισαγόμενες πηγές ενέργειας και στην επιθυμητή βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων με ελάχιστους περιβαλλοντικούς και οικολογικούς κινδύνους (Szarka, 2006; Hoen et al., 2011).

Συγκεκριμένα μπορεί να συμβάλει στην ενεργειακή ανεξαρτησία των μικρών χωρών συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της οικονομίας τόσο μέσω της ενεργειακής

απεξάρτησης όσο και ότι παράγουν ενέργεια σύμφωνα με τις ανάγκες του τοπικού πληθυσμού, εξαλείφοντας την ανάγκη για τεράστιους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, μπορεί να παρέχει νέες ευκαιρίες απασχόλησης ιδιαίτερα σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές και την ενίσχυση της τοπικής παραγωγής (Asif και Muneer, 2007; Munday et al, 2011).

Ωστόσο, οι ΑΠΕ έχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία εντοπίζονται κυρίως στη διακύμανση του ενεργειακού τους δυναμικού κατά τη διάρκεια της ημέρας του μήνα και του έτους. Επίσης στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των έργων.

Οι ΑΠΕ μπορούν να προκαλέσουν και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με το θόρυβο, την πρόσκρουση των πτηνών, την οπτική όχληση, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, καταστροφή βιοτόπων, υποβάθμιση της χρήσης γης όπως διατυπώθηκαν και ανησυχίες σχετικά με υποηχητικό θόρυβο των ανεμογεννητριών, οι οποίες συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας θεωρούνται δευτερεύουσες (Warren et al., 2005).

Πιο συγκεκριμένα, η χωροθέτηση δυνητικών θέσεων εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων στο Νομό Γρεβενών που αφορά και τη θέση του προβλήματος στην παρούσα μελέτη, αναμένεται να συνεισφέρει στην ηλεκτροδότηση και στην περιβαλλοντική ελάφρυνση της Δυτικής Μακεδονίας και στην κάλυψη ενός μέρους των αναγκών σε ενέργεια της χώρας. Συγκεκριμένα η ορθή χωροθέτηση και εγκατάσταση θα οδηγήσει στην:

- Αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
- Μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα
- Αποκεντρωμένη (περιφερειακή) ανάπτυξη
- Απεξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε τοπικό επίπεδο

Αντίθετα τα μειονεκτήματα μιας τέτοιας εγκατάστασης εντοπίζονται κυρίως:

- Στη διακύμανση που παρουσιάζει ως προς την απόδοση ισχύος και οφείλεται κυρίως στη μεταβαλλόμενη κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους, π.χ. έντασης του ανέμου καθώς ο άνεμος είναι μια διακοπτόμενη πηγή

ενέργειας (Leung and Yang, 2012). Η αδυναμία αυτή της ανακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων που δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε, μας υποχρεώνει να χρησιμοποιήσουμε και εφεδρικές πηγές ενέργειας. (Katsaprakakis, 2012).

- Επίσης για την παραγωγή αξιόλογης αιολικής ισχύος απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης όπως και το κόστος και του χρόνου που απαιτείται για την έρευνα χαρτογράφησης του αιολικού δυναμικού μεγάλων εκτάσεων ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.

1.7 Συμπεράσματα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ένας αναπτυσσόμενος κλάδος σε ότι αφορά την ικανοποίηση των ενεργειακών μας αναγκών, οι οποίες ακόμη και σήμερα είναι εξαρτημένες σε πολύ μεγάλο βαθμό από την εκμετάλλευση και χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας. Το ενεργειακό μοντέλο της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από την έντονη εξάρτηση από εισαγόμενες πηγές ενέργειας και κυρίως του πετρελαίου και μεγάλο βαθμό εξάρτησης από τον λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ αποτελεί έναν από τους κυριότερους τομείς ανάπτυξης στις μέρες μας, με τον τομέα της αιολικής ενέργειας να κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο μεταξύ των υπόλοιπων μορφών ΑΠΕ. Η πορεία ανάπτυξης των ΑΠΕ στην Ελλάδα αναμένεται να είναι ανοδική, καθώς η χώρα μας διαθέτει ιδιαίτερα υψηλό ενεργειακό δυναμικό λόγω της γεωγραφικής της θέσης.

Κατά την επικρατούσα επιστημονική άποψη θα πρέπει να στραφούμε προς την αξιοποίηση των ΑΠΕ και κυρίως των αιολικών πάρκων με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση, ώστε να διασφαλίζεται η βιωσιμότητα. Πρέπει όμως να ληφθούν υπόψη και να εξεταστούν κάποια βασικά περιβαλλοντικά θέματα χωροθέτησης πριν την κατασκευή των έργων. Την επιλογή αυτή ενθαρρύνει έμμεσα και το υφιστάμενο καθεστώς χρηματοδότησης και αδειοδότησης αιολικών πάρκων, το οποίο επιδοτεί την εγκαθιστάμενη αιολική ισχύ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή τόσο του ανέμου όσο και της αιολικής ενέργειας. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι παράμετροι του ανέμου, παρουσιάζονται οι συνθήκες της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας όπως και οι κύριες περιβαλλοντικές ανησυχίες των αιολικών εγκαταστάσεων με αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Αιολικών Πάρκων. Ειδικότερα αναφέρεται η αιολική ενέργεια και πως αυτή ήταν εκμεταλλεύσιμη από τους ανθρώπους κάνοντας μια ιστορική αναδρομή σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Γίνεται παράθεση του ισχύοντος νομοθετικού πλαισίου για την Ελλάδα σχετικά με τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων όπως και αναφορά των περιορισμών και προϋποθέσεων που απορρέουν από αυτό για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων.

Παρουσιάζονται οι Εθνικοί και Ευρωπαϊκοί στόχοι, σκοπεύοντας σε μια βιώσιμη ανάπτυξη με την εξεύρεση νέων πολιτικών και προγραμμάτων για την αύξηση της συνεισφοράς νέων ενεργειακών συστημάτων τόσο πιο ασφαλή και αξιόπιστα περιβαλλοντικά όσο και χαμηλού οικονομικού κόστους.

2.2 Πηγές ενέργειας - Άνεμος

Άνεμος ονομάζεται οποιαδήποτε οριζόντια μετακίνηση της μάζας του αέρα και οφείλεται στη διαφορετική θερμοκρασία μεταξύ ισημερινού και πόλων (συνεχή κίνηση της μάζας του αέρα από τον ισημερινό προς τους πόλους και αντίστροφα), στην περιστροφή της γης (κίνηση ψυχρών επιφανειακών μαζών προς δυτικά και θερμών μαζών σε μεγαλύτερο ύψος προς ανατολικά), ανομοιομορφία θερμικής συμπεριφοράς ξηράς και θάλασσας, κ.α.

Οι δυνάμεις που ενεργούν στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν τους ανέμους είναι η δύναμη βαρύτητας, η δύναμη τριβής που οφείλεται στην ανομοιογένεια του γήινου αναγλύφου, η δύναμη βαροθρομετρίας η οποία οφείλεται στη διαφορά πιέσεων μεταξύ

δύο περιοχών, η οριζόντια εκτροπή δύναμη (Coriolis) η οποία οφείλεται στην περιστροφή της γης και η φυγόκεντρος δύναμη που εμφανίζεται όταν ο άνεμος περιστρέφεται γύρω από ένα κέντρο (Βασιλάκη, 2012).

Ο άνεμος ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ηλεκτρισμού και στις μέρες μας η ενέργεια αυτή αξιοποιείται ολοένα και περισσότερο για την παραγωγή ηλεκτρισμού ιδιαίτερα σε περιοχές όπου φυσούν ισχυροί άνεμοι και αποτελείται από κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις (Peterlin et al, 2008).

2.2.1 Χαρακτηριστικές παράμετροι του ανέμου

Η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος όπως επίσης και για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης Αιολικών συστημάτων. Επομένως είναι αναγκαία η γνώση των:

- Ταχύτητα του ανέμου
- Διεύθυνση του ανέμου
- Επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη
- Στροβιλισμό του ανέμου
- Τραχύτητα του εδάφους

Χαρακτηριστικά στοιχεία του ανέμου είναι η διεύθυνση και η έντασή του. Η διεύθυνση του ανέμου εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της περιοχής, από τους προσανατολισμούς των τοποθεσιών, από την βλάστηση και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (λόφοι, βουνά, κοιλάδες, κτίρια κ.α.) και παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων. Η τραχύτητα του εδάφους εκφράζει το είδος του εδάφους και επηρεάζεται από την πυκνότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών π.χ. ανοικτές περιοχές χωρίς εμπόδια και έδαφος επίπεδο ή με πολύ ελαφριές κλίσεις έχει πολύ μικρή τραχύτητα και η ένταση του ανέμου εξαρτάται από το υψόμετρο του εδάφους (Dias et al., 2006).

Τα εμπόδια στο έδαφος συχνά δημιουργούν στροβίλους οι οποίοι επηρεάζουν τόσο την ισχύ που παρέχεται από τον άνεμο όσο και την όλη εγκατάσταση του συστήματος μιας αιολικής μηχανής.

2.3 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Είναι ανεξάντλητη αφού ο ήλιος φροντίζει να υπάρχουν θερμοκρασιακές μεταβολές στις κατά τόπους περιοχές, είναι «καθαρή μορφή ενέργειας» αφού δεν εκπέμπει και δεν προκαλεί ρύπους και φιλική προς το περιβάλλον εφόσον η μετατροπή της σε ηλεκτρική δεν το επιβαρύνει (Benton, 2011a).

Σήμερα η αιολική ενέργεια είναι πλέον μια ώριμη τεχνολογία και μπορεί να θεωρηθεί ως μια σημαντική συμβολή στη μείωση των εκπομπών CO₂, των αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ρύπων όπως SO₂, NO₂ και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος (Dincer, 2000). Επίσης αποτελεί μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Προκειμένου η αιολική ενέργεια να είναι αποτελεσματική στην εφαρμογή της, θα πρέπει η εγκατεστημένη ισχύς να είναι σε περιοχές που η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη (Caralis et al., 2008).

Η αξιοποίηση του ανέμου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας περιλαμβάνει τη μετατροπή της ενέργειας που υπάρχει στις κινούμενες μάζες του αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Στη σύγχρονη τεχνολογία αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, η κινητική ενέργεια του ανέμου αποδίδεται μέσω ενός συστήματος περιστρεφόμενου δρομέα, άξονα μετάδοσης της κίνησης σε μια ηλεκτρογεννήτρια χαμηλής τάσης με τελικό αποτέλεσμα την μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια (Παπαθανασίου, 2004).

Οι ανεμογεννήτριες απλά χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντάς της σε μηχανική αρχικά και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Εκμεταλλεύονται δηλαδή την ταχύτητα και την ισχύ του ανέμου και τη μετατρέπουν με τη βοήθεια κάποιων γεννητριών σε ηλεκτρικό ρεύμα (Dalili et al, 2009).

2.3.1 Ιστορική αναδρομή-Ιστορικό αιολικής ενέργειας

Οι από αρχαιοτάτων χρόνων γνωστές ενεργειακές πηγές όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια αποτελούν ανεξάντλητα (ανανεώσιμα) ενεργειακά αποθέματα, ενώ η χρήση τους είναι φιλική προς το περιβάλλον.

Αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας που ήταν αντιληπτή ως μια από τις καθαρότερες πηγές ενέργειας, ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά οι οποίοι έδιναν κίνηση στις τεράστιες μολόπετρες, που άλεθαν το σιτάρι μετατρέποντάς το σε αλεύρι. Τη δύναμη του ανέμου χρησιμοποιούσαν οι μικρές αντλίες για να ανεβάσουν το νερό από τα πηγάδια (Ahmed et al., 2010).

Το **1887-1929** κατασκευάστηκε από τον Charles F. Brush η πρώτη ανεμογεννήτρια με διάμετρο 17 μέτρα και 144 πτερύγια από ξύλο κέδρου. Παρά το μέγεθός της η γεννήτρια απέδιδε ισχύ μόνο 12kW. Αργότερα το 1939 στις ΗΠΑ εγκαταστάθηκε η ανεμογεννήτρια (Α/Γ) 1,25MW διαμέτρου 53μέτρων και λειτούργησε με επιτυχία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Κατά τη διάρκεια του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου, δανέζικη κατασκευαστική εταιρεία κατασκεύασε ανεμογεννήτριες με 2-3 πτερύγια. Το 1956-1957 εγκαταστάθηκε στο νησί Gadser της Δανίας η Α/Γ τριών πτερυγίων 200KW με 24 μέτρα διάμετρο, η οποία αποτέλεσε και το αρχικό σχέδιο πάνω στο οποίο βασίζονται οι σύγχρονες Α/Γ και λειτούργησε μέχρι το 1967.

Την περίοδο 1970-1987 κυριάρχησαν οι μηχανές δανέζικου κυρίως τύπου. Στις ΗΠΑ οι έναρξη εφαρμογής **των φοροαπαλλαγών** για την εγκατάσταση Α/Γ, οδήγησαν σε σημαντική ανάπτυξη, ως αποτέλεσμα το 1980 έως το 1995 την εγκατάσταση 1.700 MW κυρίως στην Καλιφόρνια. Οι εγκαταστάσεις της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη σημείωσαν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης κυρίως μετά το 1987 μέχρι και σήμερα με ανάπτυξη σημαντικής τεχνογνωσίας από πολλές χώρες όπως η Ολλανδία, η Ισπανία, η Γερμανία (González et al., 2013).

Σήμερα πάνω **από 70 χώρες παράγουν** σε κάποιο βαθμό αιολική ενέργεια, μεταξύ των οποίων και αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα, το Μεξικό, το Ιράν, η Αίγυπτος, η Βραζιλία κ.α. Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ινδία και η Κίνα είναι πολύ μεγάλη και κατέχουν την 4^η και 5^η θέση. Την 1^η θέση κατέχει η Γερμανία με τις ΗΠΑ και την Ισπανία να βρίσκονται στην 2^η και 3^η θέση αντίστοιχα (IEA International Energy Agency, 2003).

Στην Ελλάδα, στις **αρχές της δεκαετίας 1980** εγκαταστάθηκε από την ΔΕΗ στην Κύθνο το πρώτο Αιολικό πάρκο με πέντε Α/Γ των 20KW. Το 1983 προστέθηκε στο σύστημα ένα αιολικό πάρκο και ένας φωτοβολταϊκός σταθμός 100KW. Αμέσως μετά

ακολούθησαν στη Μύκονο 100 KW και στην Κάρπαθο 175 KW. Με το Νόμο για τις ΑΠΕ του 1994 δόθηκαν κίνητρα στον ιδιωτικό τομέα, με αποτέλεσμα να αρχίσουν σημαντικές ιδιωτικές εγκαταστάσεις Α/Γ κυρίως στην Εύβοια και την Κρήτη. Παρόλο το σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον και τις αλληπάλληλες Νομοθετικές ρυθμίσεις, η ανάπτυξη των Α/Π δεν κατάφερε να απογειωθεί και να πλησιάσει τον στόχο για το 2010 που είναι περίπου 2.800MW έως 3.000MW.

2.3.2 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) και ο ενεργειακός σχεδιασμός τους

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική αρχικά και στη συνέχεια σε ηλεκτρική αφορά την εμπορική, μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, όπου συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο-Α/Π) εγκαθίστανται και λειτουργούν σε μια συγκεκριμένη θέση, διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα.

Η αξιόπιστη εκτίμηση της ενέργειας του ανέμου μπορεί να συμβάλει στο μακροπρόθεσμο ενεργειακό σχεδιασμό με βάση τον υπολογισμό της απαιτούμενης δυναμικότητας της αιολικής ενέργειας Ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες μεμονωμένες ανεμογεννήτριες σε μια εκτεταμένη περιοχή. Ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την επιλογή της υποψήφιας θέσης ενός αιολικού πάρκου είναι το υψηλό αιολικό δυναμικό, το οποίο υπολογίζεται αφού υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου και η συχνότητα του ανέμου λεπτομερώς. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι η διαθέσιμη πρόσβαση, η τοπική ζήτηση και η ικανότητα σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο (Palaiologou et al, 2011).

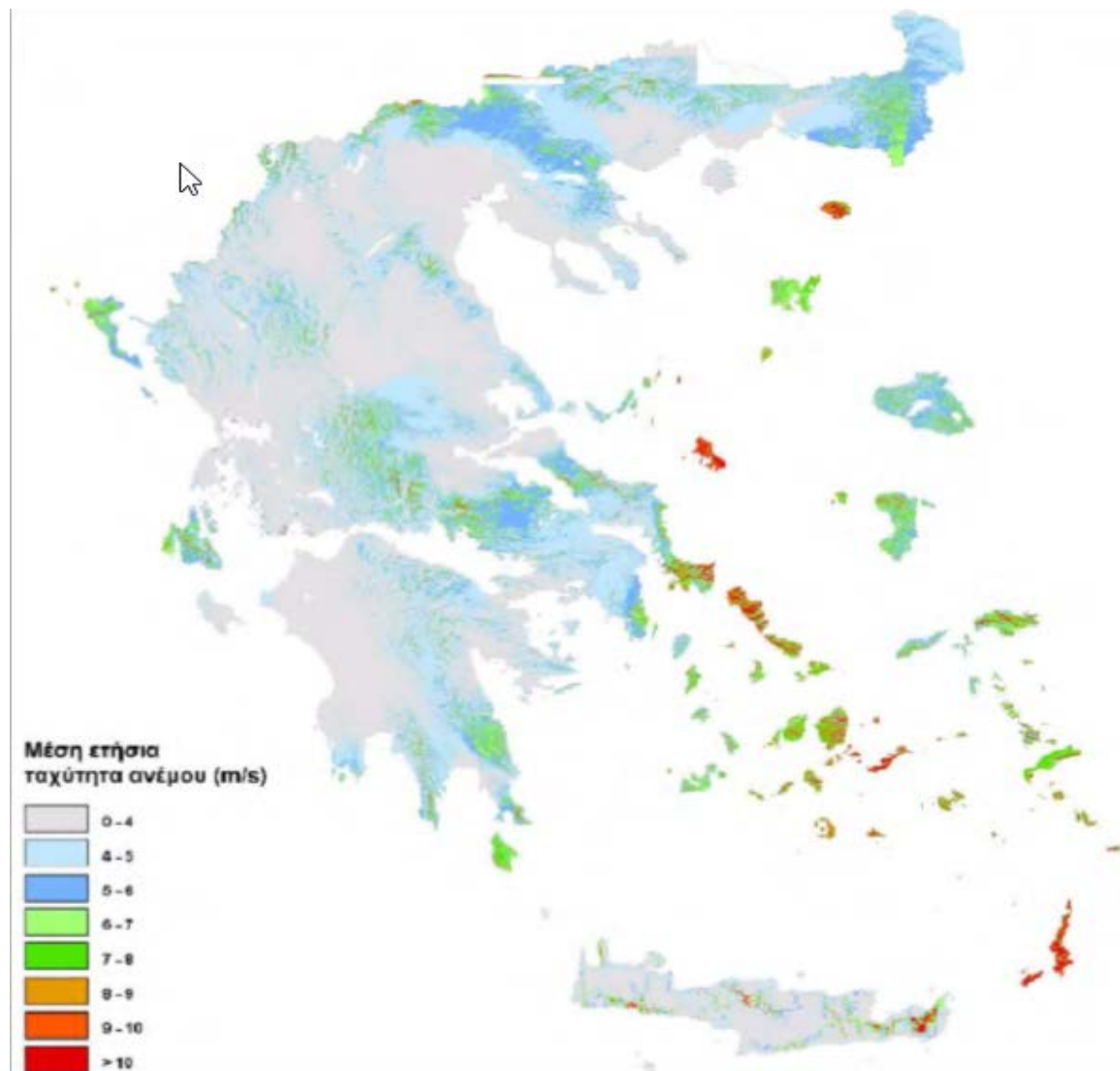
Επομένως πριν από την λήψη αποφάσεων για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων θα πρέπει να διεξάγονται αναλύσεις προκειμένου να εντοπιστούν οι καλύτερες τοποθεσίες που συνδέονται με υψηλότερα δυναμικά και ταυτόχρονα με την ευνοϊκότερη θέση για το περιβάλλον. Η χρήση των εφαρμογών των Γεωγραφικών συστημάτων Πληροφοριών είναι ένα πολύ καλό εργαλείο για την επιλογή των θέσεων αυτών (Ramachandra and Shruthi, 2005).

2.4 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Το επενδυτικό κλίμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και κυρίως των ανεμογεννητριών (Α/Γ) είναι θετικό και συνεχίζει να αναπτύσσεται αφού ολοένα και περισσότεροι επενδυτές στοχεύουν να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Επιπλέον η Ελλάδα έχει σημαντικό ποσό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. υδροηλεκτρική, αιολική, γεωθερμική, ηλιακή ενέργεια και βιομάζα) (Caralis et al., 2008).

Η Ελλάδα έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα να διαθέτει αξιόλογο αιολικό δυναμικό και επομένως πλεονεκτεί σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Caralis et al., 2008). Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Κρήτης όπου κατά τα έτη 2000-2002 το 10% του ηλεκτρισμού παράχθηκε από τα αιολικά πάρκα (Α/Π). Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί, καθώς νέες επενδύσεις Α/Π και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη. Τα αιολικά πάρκα στην Κρήτη συνεπάγονται μεταξύ των άλλων, την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων αξίας 2,6 εκατομμύρια ευρώ, ενώ ελαττώνουν την έκλυση 120.000τόνων CO₂ κάθε χρόνο (Περιφέρεια Κρήτης, 2000; Νικολάου, 2003).

Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας είναι γεωγραφικά διεσπαρμένο και οι περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη, είναι τα νησιά του Αιγαίου, η νότια Εύβοια και η Σκύρος, η Ανατολική Πελοπόννησος και η Θράκη περιοχές που ήδη έχουν προσελκύσει μεγάλο αριθμό επενδυτών (Tabassum et al., 2013).

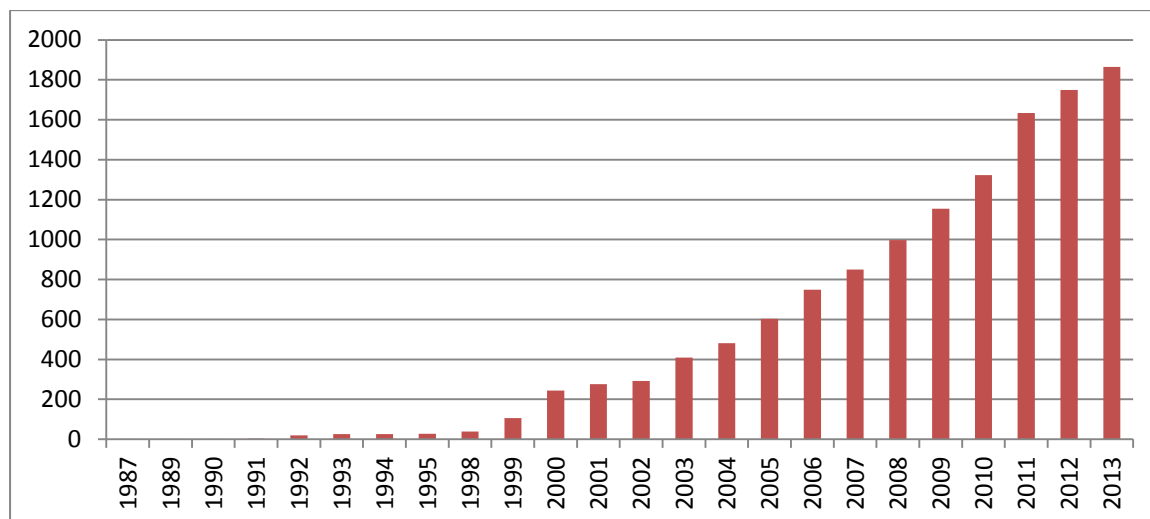


Σχήμα 2.4.1 Κατανομή μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στην Ελλάδα (HWEA, 2013).

Χαρακτηριστικό των ιδιαίτερα ανεμωδών περιοχών, είναι η ανεπάρκεια της υποδομής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί λόγω της ανεπάρκειας υποδομών για την σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τέτοιοι περιορισμοί υπάρχουν και στα νησιά με αποτέλεσμα το αιολικό δυναμικό να παραμένει ανεκμετάλλευτο (Bagiorgas et al, 2008).

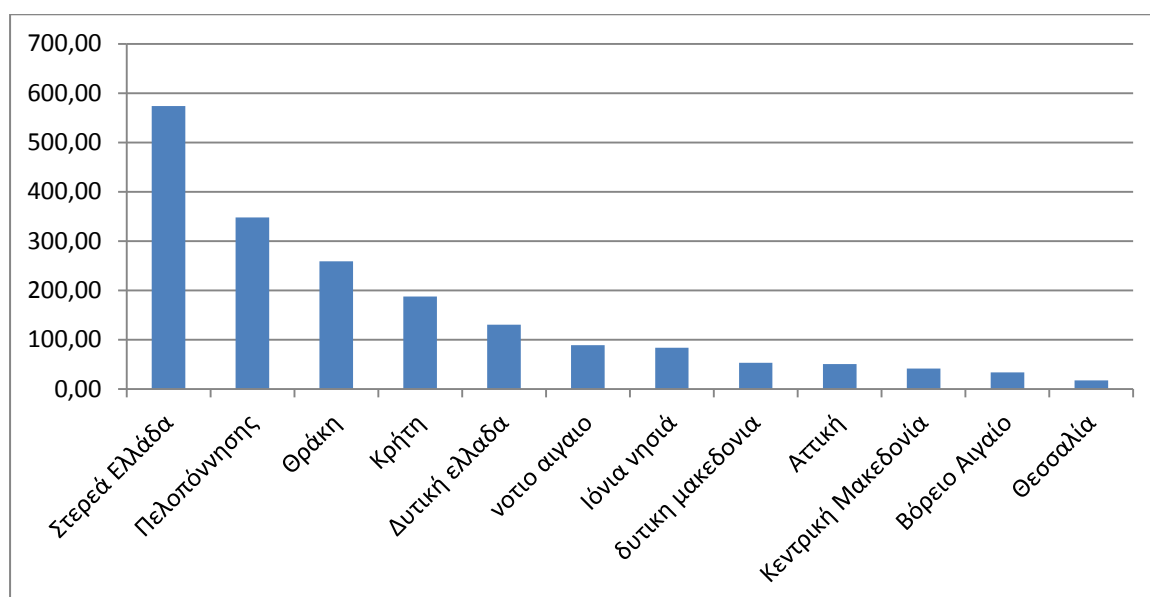
2.4.1 Η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα

Μια γενική εικόνα για την εξέλιξη και τη διανομή της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα σύμφωνα με την Wind Energy Statistics (HWEA) φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.



Σήμα 2.4.1.1 Εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (MW) ανά έτος την περίοδο 1987-2013 στην Ελλάδα (HWEA Wind Energy Statistics, 2013 Ιδία-επεξεργασία).

Παρατηρείται ότι κατά το τελευταίο έτος ο ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας ήταν περίπου μισός σε σύγκριση με αυτόν το 2006. Σήμερα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 1.864,8 MW.



Σήμα 2.4.1.2 Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων έως το 2013 (HWEA Wind Energy Statistics, 2013 Ιδία-επεξεργασία).

Παρατηρείται ότι η εγκατεστημένη ισχύς είναι μεγαλύτερη σε περιοχές όπου υπάρχουν υποδομές για τη σύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό όπως είναι τα νησιά και οι Ηπειρωτικές περιοχές έχουν περιοριστεί λόγω της ανεπάρκειας υποδομών για την σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπλέον παρατηρείται ότι ακόμη και σήμερα στην ελληνική ύπαιθρο η χωροθέτηση εγκαταστάσεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο θέμα που προκαλεί ποικίλες αντιδράσεις.

2.4.2 Η Διεθνής πραγματικότητα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή, βιομάζα, γεωθερμική και η κυματική μπορούν να παράσχουν βιώσιμες ενεργειακές υπηρεσίες, βασιζόμενες στη χρήση των ευρέως διαθέσιμων εγχώριων πόρων παρέχοντας σήμερα κάπου μεταξύ 15% και 20% τοις εκατό της συνολικής ενεργειακής ζήτησης παγκοσμίως (IEA International Energy Agency, 2006).

Από το 1997 που υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι επενδύσεις σε ΑΠΕ αυξάνονται παγκοσμίως με ταχείς ρυθμούς. Το 2009 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανεμογεννητριών (Α/Γ) παγκοσμίως ήταν 94 GW περίπου, σε αντίθεση με μόνο 7,5 GW που ήταν 10 χρόνια πριν. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πρωτοπόρος δύναμη στον τομέα αυτό, κατέχοντας πάνω από 60% του παγκόσμιου δυναμικού σε παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ (EWEA, 2013).

Συγκεκριμένα στα τέλη του 2007, η εγκατεστημένη ισχύς διεθνώς πλησίασε τα 94.000MW, με την Ευρωπαϊκή Ένωση να κατέχει το 61% της συνολικής ισχύος.

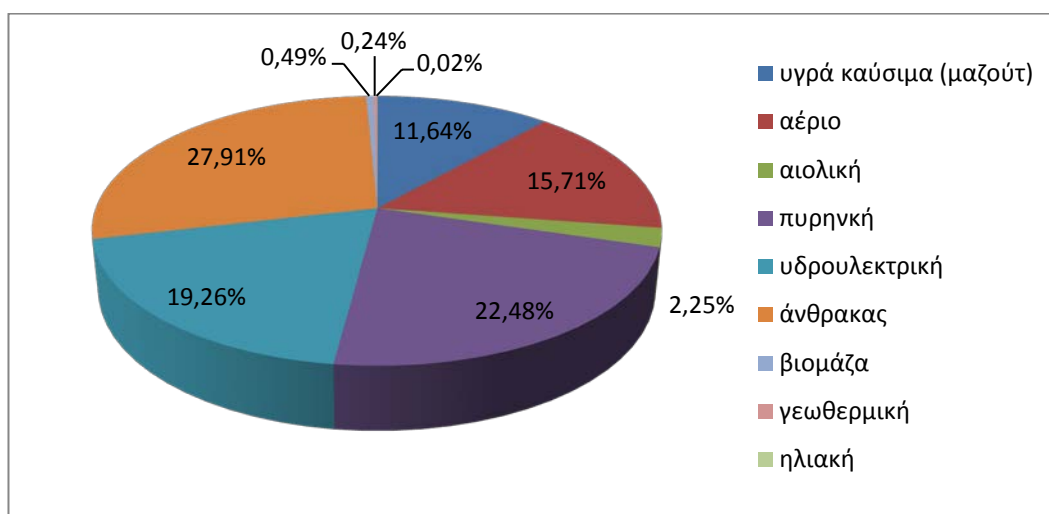
Το 1997, όταν η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τη Λευκή Βίβλο με στόχο 40 GW αιολικής ενέργειας έως το 2010, υπήρχαν 4,8 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μέχρι το τέλος του 2011, είχε ανέλθει σε 94 GW και πληρούσαν το 6,3% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA) αναμένει 230 GW εγκατεστημένης ισχύος έως το 2020 και 400 GW έως το 2030. Η αιολική ενέργεια ετοιμάζεται να γίνει

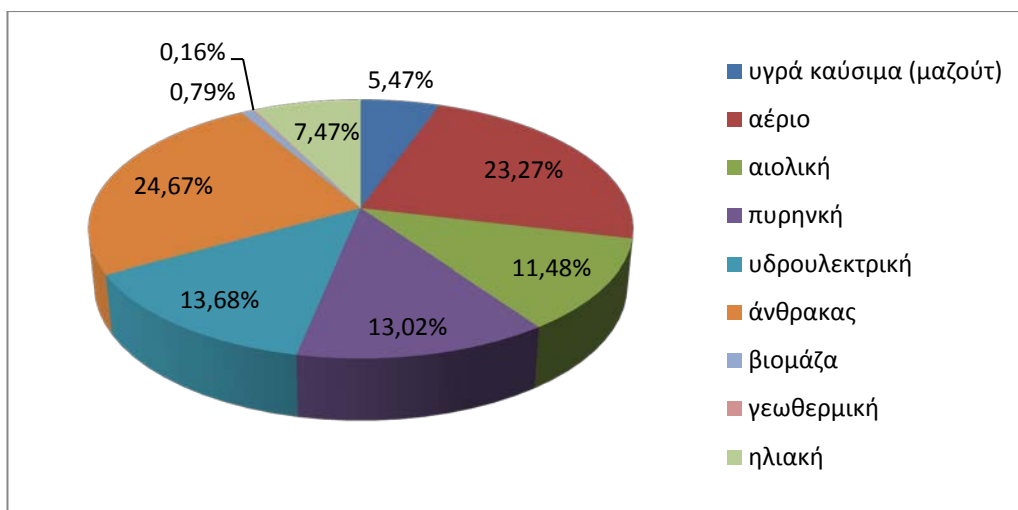
η κύρια τεχνολογική δύναμη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αναμένεται ότι η αιολική ενέργεια να είναι το κλειδί της τεχνολογίας έως το 2050, παρέχοντας το 31,6% έως 48,7% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη (EWEA, 2013).

Κατά τη διάρκεια του 2012, είχαν εγκατασταθεί 12.744 MW αιολικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη. Από τα 11.895 MW εγκατεστημένης στην ΕΕ, τα 10.729 MW ήταν στην ξηρά και 1.166 MW στην ανοικτή θάλασσα. Οι επενδύσεις σε Αιολικά πάρκα στην ΕΕ ήταν μεταξύ €12,8δισ. και €17.2δισ. Από την άποψη των ετήσιων εγκαταστάσεων, η Γερμανία κατέχει την μεγαλύτερη αγορά το 2012, εγκαθιστώντας 2.415 MW ισχύς αιολικής ενέργειας, των οποίων 80 MW (3,3%) είναι στην θάλασσα. Το Ηνωμένο Βασίλειο ήρθε δεύτερο με 1.897 MW, ακολουθούμενη από την Ιταλία με 1.273 MW, την Ισπανία (1.122 MW), τη Ρουμανία (923 MW), την Πολωνία (880 MW), τη Σουηδία (845 MW) και τη Γαλλία με (757 MW) (EWEA, 2013).

Το μερίδιο της αιολικής ενέργειας της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος έχει αυξηθεί πέντε φορές από το 2000 από 2,2% το 2000, σε 11,4% το 2012. Κατά την ίδια περίοδο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξήθηκαν κατά 51%, από το 22,5% της συνολικής ισχύος το 2000 σε 33,9% το 2012.



Σχήμα 2.4.2.1 Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2000 (EWEA Wind Energy Association, 2013- ίδια επεξεργασία).

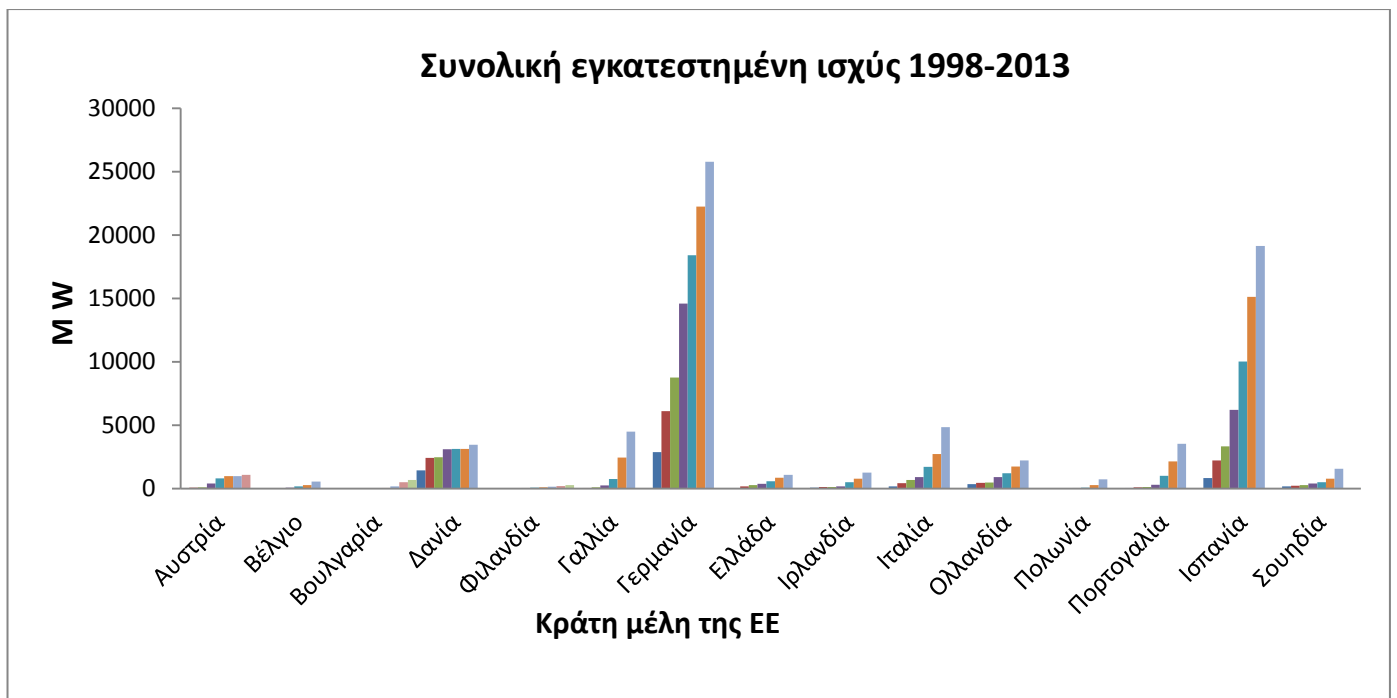


Διάγραμμα 2.4.2.2 Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2012 (EWEA Wind Energy Association, 2013- ίδια επεξεργασία).

Ανάμεσα στις αναδύομενες αγορές της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης, η Ρουμανία και η Πολωνία είναι δύο αγορές με σταθερό ρυθμό ανάπτυξης και στην κορυφή των δέκα της ΕΕ για τις ετήσιες εγκαταστάσεις.

Πίνακας 2.4.2.1 Συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ (MW) ανά κράτος μέλος της ΕΕ 1998 – 2012 (EWEA Wind Energy Association, 2013- ίδια επεξεργασία)

| Country | 1998 | 2000 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2009 | 2011 | 2012 |
|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Αυστρία | 30 | 77 | 94 | 415 | 819 | 982 | 995 | 1084 | 1,378 |
| Βέλγιο | 6 | 13 | 32 | 68 | 167 | 287 | 563 | 1,078 | 1,375 |
| Βουλγαρία | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 57 | 177 | 516 | 684 |
| Δανία | 1443 | 2417 | 2489 | 3116 | 3128 | 3125 | 3465 | 3,956 | 4,162 |
| Φιλανδία | 17 | 39 | 39 | 52 | 82 | 110 | 146 | 199 | 288 |
| Γαλλία | 19 | 66 | 93 | 257 | 757 | 2454 | 4492 | 6,807 | 7,564 |
| Γερμανία | 2875 | 6113 | 8754 | 14609 | 18415 | 22247 | 25777 | 29,071 | 31,308 |
| Ελλάδα | 39 | 189 | 272 | 383 | 573 | 871 | 1087 | 1,634 | 1,749 |
| Ιρλανδία | 73 | 118 | 124 | 190 | 496 | 795 | 1260 | 1,614 | 1,738 |
| Ιταλία | 180 | 427 | 682 | 905 | 1718 | 2726 | 4850 | 6,878 | 8,144 |
| Ολλανδία | 361 | 446 | 486 | 910 | 1219 | 1747 | 2229 | 2,272 | 2,391 |
| Πολωνία | 0 | 0 | 0 | 63 | 83 | 276 | 725 | 1,616 | 2,497 |
| Πορτογαλία | 60 | 100 | 131 | 296 | 1022 | 2150 | 3535 | 4,379 | 4,525 |
| Ισπανία | 834 | 2235 | 3337 | 6203 | 10028 | 15131 | 19149 | 21,674 | 22,796 |
| Σουηδία | 174 | 231 | 293 | 399 | 509 | 788 | 1560 | 2,899 | 3,745 |



Σχήμα 2.4.2.3 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά κράτος μέλος της ΕΕ 1998 - 2009 (MW) (EWEA, 2013-Ιδία επεξεργασία).

Στην Ευρώπη το 2013 η εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με πρωτοπόρους την Γερμανία και την Ισπανία.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έως το τέλος του 2012 μεταφράζεται σε ετήσια αποφυγή εκπομπών 90 εκατομμυρίων τόνων CO₂ και παραγωγή 119 TWh ετησίως κατά μέσο όρο που ισοδυναμεί με το 3,7% της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας την Ε.Ε.. Στα τέλη του 2000 μόλις το 0,9% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας καλυπτόταν από την αιολική ενέργεια.

Στην Γερμανία έχουν εγκατασταθεί 31.308MW που είναι η μεγαλύτερη ισχύς που έχει εγκατασταθεί σε Ευρωπαϊκή χώρα και στην Ισπανία η εγκατεστημένη ισχύς 22.796MW. Η επίδοση της Ισπανίας οφείλεται κυρίως στο «ακριβές και ξεκάθαρο» νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ καθώς και στους αυστηρούς στόχους που έχει θέσει. Ανάλογη ανάπτυξη υπάρχει και στην Ιταλία και Γαλλία οι οποίες έφτασαν τα 8.144MW και 7.564MW αντίστοιχα. Η αιολική ενέργεια συνεχίζει να είναι μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πρόκειται για τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο ενεργειακό κλάδο με κύκλο εργασιών που ξεπέρασε διεθνώς το 5δισ ευρώ το 2001 και που αναμένεται να φτάσει τα 390δισ ευρώ

το 2030 (με συνεχώς αυξανόμενο τον κύκλο εργασιών των παράκτιων αιολικών πάρκων) (IEA International Energy Agency, 2006).

2.5 Περιβαλλοντική Πολιτική- Νομοθετικό Πλαίσιο

Η κύρια κινητήρια δύναμη προώθησης των ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πολιτική για την κλιματική αλλαγή και την καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την ενεργειακή κατανάλωση (Τράκας, 2009).

Η αυξανόμενη επιστημονική ανησυχία ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο κλίμα σε παγκόσμιο επίπεδο, οδήγησε στην υπογραφή της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή στο Ρίο Ντε Τζανέιρο τον Ιούνιο του 1992 αποτελούμενο από τις περισσότερες χώρες σχεδόν του πλανήτη (IEA International Energy Agency, 1998).

Η Σύμβαση-Πλαίσιο επικυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με την απόφαση 94/69/ΕΚ το Δεκέμβριο του 1993 και τέθηκε σε ισχύ το Μάρτιο του 1994. Στην Ελλάδα η Σύμβαση-Πλαίσιο επικυρώθηκε με το Νόμο 2205 (ΦΕΚ 60^Α/15-04-1994) το 1994.

Στόχος της Σύμβασης-Πλαίσιο είναι η σταθεροποίηση των συγκεκριμένων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα που δεν θα θέτουν σε κίνδυνο τον άνθρωπο και τα φυσικά οικοσυστήματα και δεν θα προκαλούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Τράκας, 2009).

Η Σύμβαση-Πλαίσιο αναγνωρίζει ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες παράγουν και το μεγαλύτερο ποσοστό αερίων του θερμοκηπίου, πρέπει να αναλάβουν και τον κυρίαρχο ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και προτείνει αυτές:

- Να υιοθετήσουν πολιτικές και μέτρα για να ελαττωθούν οι κλιματικές αλλαγές.
- Να επαναφέρουν τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου το 2000 να είναι στα επίπεδα του 1990.
- Να βοηθήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να αντιμετωπίσουν τις κλιματικές αλλαγές μέσω της μεταφοράς τεχνολογίας και οικονομικών πόρων.

Η Σύμβαση-Πλαίσιο μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει πετύχει το στόχο της, διότι ενθαρρύνει την σταθεροποίηση των χωρών παγκοσμίως στα προβλήματα που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή (Haas et al., 2011).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση τήρησε τη δέσμευση που ανέλαβε στο πλαίσιο της Σύμβασης για την επαναφορά των εκπομπών της το 2000 στα επίπεδα του 1990. Όμως πολλές εκβιομηχανισμένες χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες δεν πέτυχαν το στόχο αυτό. Για το λόγο αυτό τον Μάρτιο του 1995 στο Βερολίνο τα συμβαλλόμενα μέλη στη σύμβαση του Ρίο, αποφάσισαν να διαπραγματευτούν ένα Πρωτόκολλο το οποίο περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των εκπομπών για τη μετά το 2000 περίοδο που αφορά τις εκβιομηχανισμένες χώρες. Σε αυτό το πλαίσιο τα Συμβαλλόμενα Μέρη της Σύμβασης το Δεκέμβριο του 1997, ολοκλήρωσαν τις διαπραγματεύσεις σχετικά με τον καθορισμό ενός νομικού οργάνου, του **Πρωτοκόλλου του Κιότο** για την κλιματική αλλαγή (Τράκας, 2009).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες **διεθνείς νομοθετικές πράξεις** αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Περιλαμβάνει δεσμεύσεις που έχουν αναλάβει οι εκβιομηχανισμένες χώρες για τον περιορισμό των οικείων εκπομπών ορισμένων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπεύθυνων για τη θέρμανση του πλανήτη. Οι συνολικές εκπομπές των ανεπτυγμένων χωρών πρέπει να μειωθούν τουλάχιστον κατά 5% την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 (Haas et al., 2011).

Συγκεκριμένα το Πρωτόκολλο συνιστά τη Νομική δέσμευση των αναπτυγμένων κρατών να ελαττώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα [CO₂], μεθάνιο [CH₄], υποξείδιο του αζώτου [N₂O], υδροφθοράνθρακες [HFC], πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες [PFC] και εξαφθοριούχο θείο [SF₆]), κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά τα έτη 2008 έως 2012. Αναλυτικά η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε για τη μείωση των εκπομπών κατά 8%, οι ΗΠΑ κατά 7%, η Ιαπωνία κατά 6%, ενώ οι άλλες χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία, η Ρωσία και η Ουκρανία δεσμεύτηκαν να διατηρήσουν σταθερά τα επίπεδα, σε αυτά του 1990.

Η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2008-2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 για CO₂, CH₄ και N₂O- εκπομπές 1995 για F-gases.

Μετά από κοινή απόφαση επικύρωσης του Πρωτοκόλλου του Κιότο (Απόφαση 2002/358/EK) της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 31 Μαΐου 2002, η Ελλάδα επικύρωσε με

τη σειρά της το Πρωτόκολλο τον Μάιο του 2002 με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ 117Α/30-5-2002).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005 από εκατόν σαράντα ένα (141) κράτη. Οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Αυστραλία που είναι δύο βασικές εκβιομηχανισμένες χώρες αρνήθηκαν να επικυρώσουν τη συμφωνία.

2.5.1 Νομοθεσία για τη χωροθέτηση Αιολικών Εγκαταστάσεων

Τα αιολικά πάρκα, ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιμετωπίζονται ως έργα δημόσιας ωφέλειας και εμπίπτουν στο νομοθετικό πλαίσιο του κράτους, από το οποίο απορρέουν οι δεσμεύσεις και οι περιορισμοί που αφορούν τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ.

Συγκεκριμένα, η βασική νομοθεσία που ισχύει είναι:

- Το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ (ΚΥΑ 49828, ΦΕΚ 2464Β/3-12-2008)
- Ο νόμος για τη βιοποικιλότητα (Ν. 3937/2011, ΦΕΚ 60^Α/31-3-2011)
- Ο νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος Ν. 1650/86 (ΦΕΚ 160 Α΄) όπως τροποποιήθηκε με τον Ν. 3010/02, (ΦΕΚ91 Α΄).
- Ο νόμος για την επιτάχυνση των διαδικασιών έργων ΑΠΕ (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85 Α΄/4-6-2010), όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 4015/2011 (ΦΕΚ Α210/21-09-2011).
- Ο νόμος για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων (Ν. 4014/2011, ΦΕΚ 209 Α/31-9-2011).

Και σε ότι αφορά συγκεκριμένες περιοχές στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας:

- Η ΚΥΑ χαρακτηρισμού του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου (ΚΥΑ 23069/639 Δ, 14-06-2005)
- Η ΚΥΑ χαρακτηρισμού των λιμνών Μικρής και Μεγάλης Πρέσπας (ΚΥΑ 28651/ΦΕΚ 302 Δ, 23-07-2009).

2.5.2 Το Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα - Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ (ΕΠΧΣ&ΑΑ-ΑΠΕ) – Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ)

Τον Ιούλιο του 2008 θεσμοθετήθηκε το «Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης» (ΚΥΑ 6876/4871 (ΦΕΚ 128^Α/3-7-2008), ενώ το Δεκέμβριο του 2008 εγκρίθηκε από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με την ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464B/3-12-2008) «Έγκριση Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης» για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Δεδομένου του θετικού επενδυτικού κλίματος στον τομέα των ΑΠΕ και ειδικότερα της αιολικής ενέργειας κρίθηκε αναγκαίο από το ΥΠΕΚΑ η δημιουργία ενός πλαισίου που θα καθιερώνει **κανόνες και κριτήρια χωροθέτησης**, διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ΑΠΕ για τη δημιουργία αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης με σκοπό την αποφυγή της άναρχης χωροθέτησης των ανεμογεννητριών.

- **Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ (ΕΠΧΑΑ-ΑΠΕ)**

Έτσι με το ΦΕΚ 2464 Β/03-12-2008 το Υπουργείο ανακοίνωσε το Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ θέτοντας συγκεκριμένους κανόνες χωροθέτησης, έχοντας ως στόχο βιώσιμες οικονομικά εγκαταστάσεις που εντάσσονται αρμονικά στο φυσικό τοπίο. Γενικά το ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ για τα αιολικά πάρκα αποσκοπεί:

- Στην εύρεση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης με βάση το αιολικό δυναμικό.
- Στον καθορισμό κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα αποσκοπούν στη βιωσιμότητα και την αρμονική ένταξη των εγκαταστάσεων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.
- Στη δημιουργία μηχανισμού χωροθέτησης που θα ανταποκρίνεται στους στόχους των Εθνικών και Ευρωπαϊκών πολιτικών.
- Στον περιορισμό συγκρούσεων σε θέματα χρήσεων γης.
- Στην απλοποίηση διαδικασιών χωρικού σχεδιασμού και αδειοδότησης για τη δημιουργία έργων ΑΠΕ.

Αναγνωρίζεται βέβαια ότι πρέπει να εξασφαλιστούν προϋποθέσεις για την πλήρη ενεργοποίηση του Δημόσιου τομέα αλλά και για την παροχή εγγυήσεων προς τον ιδιωτικό τομέα ως προς το ότι η πολιτική αυτή και η επιλογές της θα έχουν συνέπεια και σταθερότητα τα επόμενα χρόνια, εξασφαλίζοντας ένα ασφαλές περιβάλλον για μακρόπνοες επενδύσεις (Haas et al., 2011).

- **Ζώνες Οικιστικού ελέγχου (ZOE)**

Οι Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (ZOE), του Ν. 1337/83, άρθρο 29 παράγραφος 2 (ΦΕΚ33/Α/83), είναι ζώνες προστασίας, που καθορίζονται για την «προστασία του περιβάλλοντος» και αποσκοπούν στην «άμεση προστασία και έλεγχο της δόμησης και των χρήσεων γης στην εκτός σχεδίου περιοχή και εκτός ορίων οικισμών, προκειμένου να αντιμετωπισθεί η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η άναρχη ανάπτυξη. Χρησιμοποιήθηκε ως μηχανισμός εφαρμογής, για τη θεσμοθέτηση των προτάσεων των Ειδικών Χωροταξικών Μελετών (EXM) και εγκρίνονται με Προεδρικό Διάταγμα.

2.5.3 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί στόχοι

Με βάση τις παραπάνω δεσμεύσεις σε συνδυασμό με τη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προέρχονται από την κατανάλωση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας και γενικότερα της απειλής των κλιματικών αλλαγών, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναπτύσσει ένα πολιτικό σχέδιο για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ωστόσο, η τάση ανάπτυξης των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τον ταχύτατα αυξανόμενο κλάδο της αιολικής ενέργειας, οδήγησε στην υιοθέτηση της Κοινοτικής Οδηγίας 2001/77/ΕΚ τον Σεπτέμβριο του 2001, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση αυτή την οδηγία, η Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να διπλασιάσει το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) μέχρι το 2010 (δηλαδή από 6% σε 12%). Για την Ελλάδα το ποσοστό αυτό ορίζεται σε 20,1%, δηλαδή το 20,1% της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώσουμε ως χώρα μέχρι το 2010 θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010).

Σήμερα, η Ευρώπη πρωτοπορεί στην παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και απέδειξε ότι είναι έτοιμη **να ηγηθεί παγκοσμίως** όσον αφορά

τα θέματα της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Από τον Μάρτιο του 2007, με ομόφωνη απόφαση όλων των κρατών μελών, η Ευρώπη έχει θέσει σημαντικούς, φιλόδοξους αλλά επιτεύξιμους στόχους για το 2020, στο πλαίσιο της κλιματικής της πολιτικής (Gesa et al., 2013). Πιο συγκεκριμένα, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έθεσε ως στόχους την (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010):

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020, ποσοστό που μπορεί να ανέλθει στο 30% εάν υπάρξει διεθνής συμφωνία με την οποία και άλλες αναπτυγμένες χώρες θα δεσμεύονται για ανάλογες μειώσεις των εκπομπών και ότι οι πιο προηγμένες οικονομικά αναπτυσσόμενες χώρες θα συμβάλλουν καταλλήλως ανάλογα με τις ευθύνες τους και τις αντίστοιχες δυνατότητές τους.
- Εισχώρηση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο του 2020 κατά 20%.
- Συμμετοχή των ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές κατά 10%.
- Πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20%, σε σχέση με το σενάριο πλήρους εφαρμογής των ήδη θεσμοθετημένων Κοινοτικών και εθνικών πολιτικών δράσεων και μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Για την Ελλάδα, ο δεσμευτικός στόχος για τη διείσδυση των ΑΠΕ καθορίστηκε σε 18% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28. Σε εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, η Ελληνική νομοθεσία έθεσε υψηλότερους στόχους για το ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2020, ως εξής:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 20%.
- Αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ έως το 2020.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές κατά 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 10%.

Από όλα τα παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι το **ενεργειακό τοπίο αλλάζει ραγδαία** όχι μόνο στην ΕΕ αλλά και παγκοσμίως, καθώς η αποτροπή των κλιματικών αλλαγών επιτάσσει επανασχεδιασμό της γενικότερης στρατηγικής ανάπτυξης του σύγχρονου κόσμου και η Ευρώπη φαίνεται να πρωτοπορεί στον τομέα αυτό (Clarke, 1991; Gesa et al., 2013).

Η νέα περιβαλλοντική φιλοσοφία που φαίνεται να διαμορφώνεται, αποτυπώνεται ανάγλυφα στα συμπεράσματα του Συμβουλίου των Αρχηγών των κρατών-μελών, τον Μάρτιο του 2008, σύμφωνα με την οποία ο στόχος, είναι η «μετάβαση σε μια **οικονομία ασφαλή και βιώσιμη, η ανταγωνιστικότητα, η ενεργειακή ασφάλεια, η οικονομική και κοινωνική συνοχή**». Για να καταλήξει με επιτυχία όλη αυτή η προσπάθεια της Ε.Ε. αναγνωρίζεται ότι οι στόχοι πρέπει να είναι ρεαλιστικοί και πραγματοποιήσιμοι. Να καθοριστούν με δίκαιο τρόπο για κάθε κράτος μέλος και να γίνει προσπάθεια τεχνολογικής ώθησης πέρα από αυτούς που τέθηκαν για το 2020 (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

2.6 Οι στόχοι των Ευρωπαϊκών κρατών για την διείσδυση των ΑΠΕ και μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Πολλές χώρες θέτουν ξεχωριστούς εθνικούς στόχους, τόσο για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου όσο και για τη διείσδυση των ΑΠΕ και κυρίως της αιολικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ισλανδία που είναι η πρώτη χώρα που ανακοίνωσε την απόλυτη απεξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα ως το 2030 και την στροφή της σε μια «οικονομία του υδρογόνου» .

Η Βρετανία σχεδίασε να περιορίσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 60% ως το 2050, ενώ παράλληλα αποφάσισε να καταργήσει τους ανθρακικούς σταθμούς της ως το 2016 και ταυτόχρονα χρηματοδοτεί την κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων (Α/Π) ισχύος 6.000MW.

Η Δανία σκοπεύει να καλύψει το 50% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό από Α/Π ως το 2030, ενώ ως το 2001 κάλυπτε το 15% των συνολικών αναγκών της χώρας από την αιολική ενέργεια.

Η Γερμανία είναι έτοιμη να περικόψει τις εκπομπές της κατά 40% ως το 2020, ενώ η Γαλλία κάλεσε τις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες να περιορίσουν τις εκπομπές τους κατά 80% ως τα μέσα του αιώνα. Μέχρι το τέλος του 2020 η Γερμανία αναμένεται να αυξήσει την συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ και να ανέλθει στα 55.000MW

(10.000MW από υπεράκτια πάρκα) καλύπτοντας με αυτόν τον τρόπο το 25% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό.

Τέλος η Ισπανία αναμένεται ως το 2020, να καλύψει το 30% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια από αιολικά πάρκα με την εγκατάσταση 45.000MW εκ των οποίων τα 5.000MW θα είναι υπεράκτια πάρκα (Spanish Wind Energy Assosiation, 2013).

2.6.1 Κανόνες και κριτήρια χωροθέτησης αιολικών πάρκων

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι σημαντική η εκμετάλλευση του μέγιστου ενεργειακού δυναμικού, μέσω της ορθής χωροθέτησης των θέσεων εγκατάστασης έργων ΑΠΕ. Για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου λαμβάνονται υπόψη μια σειρά τεχνικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων τα οποία ελέγχονται από την Ρυθμιστική Αρχή ενέργειας και συνοψίζονται ως εξής:

- Το αιολικό δυναμικό της κάθε εξεταζόμενης περιοχής.
- Η θέση της προτεινόμενης περιοχής αν αυτή βρίσκεται εντός ή εκτός περιοχής Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) της ηπειρωτικής χώρας, εντός Αττικής, εντός κατοικημένων νησιών του Αιγαίου ή του Ιονίου Πελάγους ή στην Κρήτη, εντός του υπεράκτιου θαλάσσιου χώρου ή εντός ακατοίκητης νησίδας.
- Η συμβατότητα της κάθε θέσης σε ότι αφορά τις περιοχές αποκλεισμού και τις ζώνες ασυμβατότητας που ορίζονται στο άρθρο 6 της ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464B/3-12-2008) με την οποία εγκρίθηκε το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ.
- Τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος της κάθε εξεταζόμενης θέσης για την ελαχιστοποίηση της παρέμβασης φυσικού περιβάλλοντος και αποψίλωσης δασικής βλάστησης.
- Οι υποδομές δικτύου και υποδομές ηλεκτρισμού όπως και ο τρόπος διασύνδεσης με το ηλεκτρικό σύστημα.
- Η συμβατότητα με άλλες χρήσεις και ανθρωπογενείς δραστηριότητες (προστατευόμενες περιοχές, αρχαιολογικοί χώροι, οικισμοί) και τήρηση αποστάσεων από γειτονικές χρήσεις γης κ.α. όπως αυτές καθορίζονται από την

ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464B/3-12-2008) με την οποία εγκρίθηκε το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ.

Το κυριότερο τεχνικό κριτήριο είναι η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού της κάθε εξεταζόμενης περιοχής όπως και τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, ώστε να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα του υπό μελέτη έργου. Στη συνέχεια κάθε θέση αξιολογείται βάσει των υπόλοιπων κριτηρίων και επιλέγεται εκείνη που επιτυγχάνει το βέλτιστο συνδυασμό τους (Kaldelis, 2002).

Για τη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων, το παράρτημα ΙΙ της ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464B/3-2-2008) με την οποία εγκρίθηκε το ΕΠΧΣ&ΑΑ για τις ΑΠΕ περιλαμβάνει ένα σύνολο κριτηρίων για τις αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής, από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος κ.α.

2.6.2 Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο

Πίνακας 2.6.3.1 Αποστάσεις αιολικών πάρκων από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής.

| | |
|---|---|
| Α. Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας | Για εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα κάτω των 10MW: Σε ΠΑΠ και Αττική: 20km μήκους όδευσης. Σε άλλες περιοχές (ΠΑΚ): 15km ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα. Σε νησιά: 10km ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα. |
| Β. Μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.) | Όπως ορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (μέση και χαμηλή τάση) |
| Γ. Ελάχιστη απόσταση (Α) μεταξύ των ανεμογεννητριών | 2,5 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας (A=3d) |

Πίνακας 2.6.3.2 Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.

| | |
|---|---|
| Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ.1,2 Ν. 1650/86 (Α'160) | Σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του Ν. 1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν. 3044/02) |
| -Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα | Κρίνεται κατά περίπτωση στο |

| | |
|--|--|
| μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας των παρ. 1 και 2 του άρθρου 19 του Ν. 1650/1986. -Υγρότοποι RAMSAR -Οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ 1.259 της 21-9-2006, σ.1). | πλαίσιο της ΕΠΟ |
| Ακτές κολύμβησης, που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. | 1.500m |
| Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA) | Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ, μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη |

Πίνακας 2.6.3.3 Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία κληρονομιάς.

| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση από την ασύμβατη χρήση |
|--|---|
| Εγγεγραμμένα στο κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικοί χώροι και ιστορικοί τόποι της παρ. 5 εδάφιο ββ του άρθρου 50 του Ν. 3028/02. | 3.000m |
| Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων | A=7d όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500m. |
| Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι. | A=7d όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500m. |

Πίνακας 2.6.3.4 Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες

| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
|--|---|
| Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, ή τουριστικοί ή αξιόλογοι κατά την έννοια του άρθρου 2 του π.δ. 24.4/3-5-1985 | 1.000μ από όριο του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση |
| Παραδοσιακοί οικισμοί | 1.500μ από το όριο του οικισμού |

| | |
|---|--|
| Λοιποί οικισμοί | 500μ από το όριο του οικισμού |
| Οργανωμένη δόμηση Α΄ ή Β΄ κατοικίας (Π.Ε.Ρ.Π.Ο., Συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β΄ κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της Μ.Π.Ε. κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου | 1.000μ από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα |
| Ιερές Μονές | 500μ από τα όρια της Ι. Μονής |
| Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη) | Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των db |

Πίνακας 2.6.3.5 Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις

| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
|---|---|
| Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές | Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια της ζώνης απαλλοτρίωσης της οδοού ή του σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα |
| Γραμμές υψηλής τάσης | Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια διέλευσης των γραμμών Υ.Τ. |
| Υποδομές τηλεπικοινωνιών | Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα |
| Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας | Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα |

Πίνακας 2.6.3.6 Αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων

| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
|---|--|
| Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, ζώνες αναδασμού, αρδευόμενες εκτάσεις | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Ιχθυοκαλλιέργειες | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Μονάδες εσταυλισμένης κτηνοτροφίας | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες | Όπως ορίζεται στην κείμενη Νομοθεσία |
| Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες | 500μ |
| ΠΟΤΑ και άλλες περιοχές οργανωμένης Ανάπτυξης παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικές περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση) | 1.000μ από τα όρια της ζώνης/περιοχής |

2.7 Αιολικά πάρκα και χωροθέτηση

Αιολικά πάρκα είναι συστοιχίες ανεμογεννητριών που επιτρέπουν τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και την μετατροπή της σε ηλεκτρική. Μικρό χαρακτηρίζεται ένα πάρκο που έχει από δύο έως πέντε ανεμογεννήτριες, ενώ ένα μεγάλο έχει πάνω από πέντε ανεμογεννήτριες. Η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών, οι οποίες απαρτίζουν ένα αιολικό πάρκο, γίνεται σε περιοχή ανεμώδη εφόσον έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες για την μέγιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Ο χωροταξικός σχεδιασμός των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών είναι απαραίτητο στοιχείο μελέτης για τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών με ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό.

2.7.1 Σκοπός του χωροταξικού σχεδιασμού των αιολικών εγκαταστάσεων

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων αποσκοπεί αφενός στον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού, αφετέρου στην καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν τόσο την εγκατάσταση βιώσιμων αιολικών πάρκων όσο και την αρμονική ένταξή τους στο περιβάλλον. Η διαθεσιμότητα των πόρων και οι τεχνολογίες που θα εφαρμοστούν για την χωροθέτηση και εγκατάσταση αιολικών πάρκων, πρέπει να συμβιβάζονται με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες της κάθε περιοχής, ώστε να είναι οικονομικά αποδοτικές και τεχνολογικά εφικτές (Cowell, 2010; Mors et al., 2012).

Επομένως ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάγκη ορθολογικού προγραμματισμού και σχεδιασμού του τόπου και του τρόπου εγκατάστασής των, με την ανάπτυξη ενός χωροταξικού σχεδιασμού για την αιολική ενέργεια. Στο πλαίσιο του σχεδιασμού αυτού η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, λαμβάνεται υπόψη ως κριτήριο χωροθέτησης ιδιαίτερης βαρύτητας (που περιορίζει τις χωροθετικές επιλογές της δραστηριότητας) χωρίς αυτό να σημαίνει υποτίμηση, άλλων παραμέτρων που συνδέονται με την αρμονική ένταξη της δραστηριότητας στο περιβάλλον (προστασία

του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος, συμβατότητα με άλλες χρήσεις, κλπ) (Swofford et al., 2010).

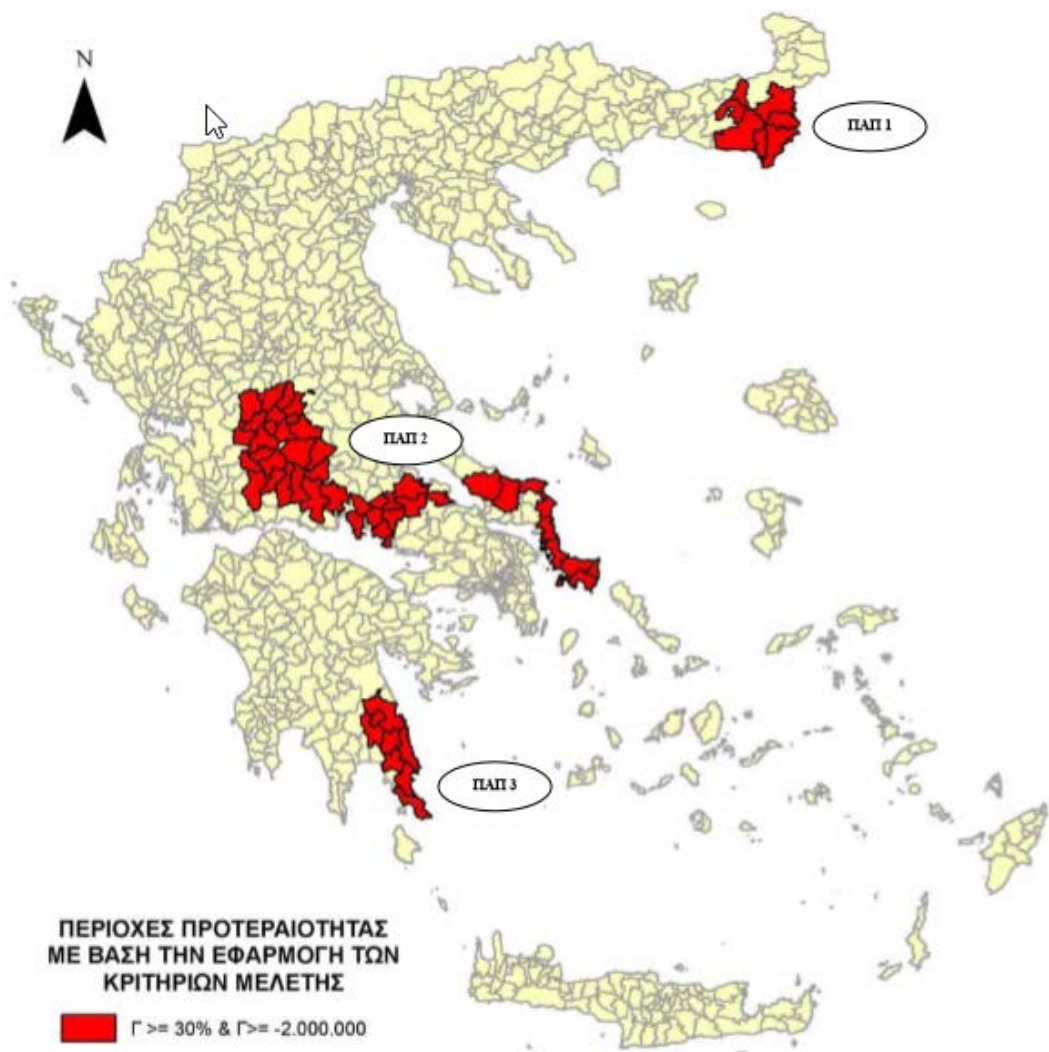
Επίσης προκειμένου να ανταποκριθεί η αιολική ενέργεια στους εθνικούς στόχους, απαιτείται αποτελεσματική εφαρμογή της αιολικής εγκατεστημένης ισχύος σε περιοχές που η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη. Επιπλέον η ανάπτυξη των ενεργειακών πολιτικών που ικανοποιούν τη ζήτηση και η προστασία του περιβάλλοντος αποτελούν σημαντικό μέλημα (Caralis et al., 2008).

2.7.2 Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα

Για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων ο εθνικός μας χώρος με βάση το δυναμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά του χαρακτηριστικά, διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Ηπειρωτική χώρα συμπεριλαμβανομένης και της Ευβοίας
- Η Αττική
- Τα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και της Κρήτης
- Ο υπεράκτιος θαλάσσιος χώρος μαζί με τις ακατοίκητες νησίδες

Στην κατηγορία Α προσδιορίζονται οι Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) που είναι οι περιοχές που διαθέτουν επαρκές εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό και προσφέρονται για την εγκατάσταση Αιολικών Πάρκων (Α/Π).



Σήμα 2.7.1.1 Περιοχές αιολικής προτεραιότητας της χώρας σύμφωνα με το ΕΠΧΣ&ΑΑ για τις ΑΠΕ

Επίσης σε αυτή την κατηγορία εμπίπτουν και οι Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) που είναι ομάδες ή επί μέρους περιοχές πρωτοβάθμιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) 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 τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας είναι ο αρμόδιος φορέας για την πιστοποίηση αυτών, σύμφωνα με τα στοιχεία και τα δεδομένα ανάλυσης του αιολικού δυναμικού που έχει στη διάθεσή της.

Οι περιοχές (ΠΑΚ) θεωρούνται κατάλληλες ζώνες για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων όπως αυτές προσδιορίζονται με βάση τα κριτήρια του ΕΠΧΣ&ΑΑ για

τις ΑΠΕ, από τα οικεία Περιφερειακά Πλαίσια, Ρυθμιστικά Σχέδια, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια ή άλλα σχέδια χρήσεων γης.

2.7.3 Χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην Ευρώπη

Η Ολλανδία, η Δανία, η Σουηδία, η Γερμανία και η Σκωτία είναι μερικές από τις χώρες που έχουν έργα ΑΠΕ και ακολουθούν μοντέλα **ορθής χωροθέτησης**. Η μορφολογία του εδάφους στη Δανία όπως και στη Γερμανία είναι διαφορετική γι' αυτό χωροθετούν τα πάρκα στις πεδιάδες χωρίς υψηλό αιολικό δυναμικό όπως στη χώρα μας και η διαδικασία αδειοδότησής τους είναι απλούστερη όπως και στην Ισπανία (Bilen et al., 2008).

Χαρακτηριστικά στη Γερμανία και την Ισπανία επικρατεί το λεγόμενο «feed in tariff» δηλαδή ότι παράγεται πληρώνεται. Πρόκειται για ένα μηχανισμό που διευκολύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Περιλαμβάνει συνήθως πρόσβαση στο δίκτυο, μακροπρόθεσμες συμβάσεις για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται και οι τιμές αγοράς είναι με βάση το κόστος των ΑΠΕ καθώς τείνουν προς την ισοτιμία του δικτύου (Ορφανού Σοφία, 2010; Klein et al., 2008).

Η Ιταλία επισήμανε και εξαιρεί όλες τις ζώνες ειδικής προστασίας και η Σκωτία προχώρησε σε χαρτογράφηση των ευαίσθητων περιοχών ώστε να αποκλείονται από την χωροθέτηση των ΑΠΕ. Στην Πορτογαλία όπου το ανάγλυφο του εδάφους μοιάζει με αυτό της Ελλάδας, μελετήθηκαν κάποιες περιοχές για την χωροθέτηση Α/Π, κάλεσαν επενδυτές και έπειτα από διαδικασίες έγιναν οι επενδύσεις (Ορφανού Σοφία, 2010).

2.8 Περιβαλλοντική Διαχείριση και GIS

Τελευταία η περιβαλλοντική έρευνα και η πολιτική σε θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης σχετίζονται με ένα γεωγραφικό πλαίσιο και τη χρήση υπολογιστικών εφαρμογών στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS). Οι εφαρμογές της χρήσης του GIS και των γεωγραφικών δεδομένων είναι απαραίτητα εργαλεία για την έρευνα, τη διδασκαλία και τη χάραξη πολιτικής στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης (Goodchild, 2003).

Η συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη διαχείριση του περιβάλλοντος ποικίλλει ανάλογα με το σκοπό. Δηλαδή οι εφαρμογές του GIS μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως πάροχος πληροφοριών είτε ως ένα πραγματικό όργανο ανάλυσης. Στο χαμηλότερο επίπεδο εξειδίκευσης, το GIS είναι ένα εργαλείο για την παραγωγή χαρτών και τη λήψη αποφάσεων από τους ερευνητές. Ειδικότερα επιτρέπει τη διεξαγωγή πλήρως ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων τα οποία μπορεί να είναι ένα επαρκές εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων (Rodriguez et al., 2004).

Για παράδειγμα, οι εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη διαχείριση του περιβάλλοντος έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος με τη χρήση δορυφορικών εικόνων, όπως το Land Cover χάρτες της Μεγάλης Βρετανίας (Fuller and Groom, 1993) και την παρακολούθηση των μεταβολών των υδροτόπων στην Ανατολική Αφρική (Haack, 1996). Μερικά συστήματα χαρτογράφησης παρέχουν συνδυασμό περιβαλλοντικών δεδομένων με σχετικές πληροφορίες, όπως η προώθηση του αειφόρου τουρισμού στην περιοχή της Μεσογείου (Giavelli and Rossi, 1999), ή την χαρτογράφηση κατανομής της βιομάζας με τη χρήση οικολογικών δεδομένων στο Southern New Mexico (Phinn et al., 1996).

Η περιβαλλοντική μοντελοποίηση αποτελεί βασικό τομέα της επιστημονικής έρευνας, προκειμένου να αξιολογηθούν και να προβλεφθούν οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, μεγάλης κλίμακας βιομηχανική ενέργεια, χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ, οι υδάτινοι πόροι, ή και τα γεωργικά έργα που ενδέχεται να έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Όπως μπορεί να φανεί, τα περισσότερα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με χωρικές διαστάσεις και τα χωρικά δεδομένα είναι τα βασικά στοιχεία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Είναι προφανές ότι η ένταξη των δύο αυτών τομέων έρευνας αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη ιδέα για την προστασία και διαχείριση του περιβάλλοντος (Fedra, 1993).

Η χρήση του GIS μπορεί να βοηθήσει σε διάφορα στάδια, προκειμένου να κατασκευαστούν διαφορετικά περιβαλλοντικά μοντέλα στο στάδιο εκτίμησης και σχεδιασμού (Rodriguez et al., 2004). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους McKenney et al. (1999) μπορεί να τυποποιηθεί ένα μοντέλο για την ηλιακή ακτινοβολία με τη χρήση ενός Digital Elevation Model. Οι Coskun και Alparslan (2009) προτείνουν ένα

περιβαλλοντικό μοντέλο για τη διερεύνηση των μεταβολών της χρήσης γης και της έρευνας για την ορθολογική αξιοποίησή της.

Συμπερασματικά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο στη διαχείριση του περιβάλλοντος και ειδικότερα στην ορθή χωροθέτηση των ΑΠΕ. Επιπρόσθετα, γίνεται προσπάθεια μελέτης και εφαρμογής των τεχνικών και χωρικών κριτηρίων που αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο με τη σύνδεση γεωγραφικών και περιγραφικών δεδομένων (Carrion et al., 2008).

Στην παρούσα εργασία τα εργαλεία γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS) χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και την περιβαλλοντική σκοπιμότητα των εναλλακτικών θέσεων των αιολικών εγκαταστάσεων.

2.9 Αιολικό δυναμικό

Όπως έχουμε αναφέρει η ταχύτητα του ανέμου είναι εξαιρετικά σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση της ποσότητας ενέργειας που μπορεί να μετατρέψει μια ανεμογεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού είναι η πιο σημαντική προϋπόθεση για την επιλογή μιας τοποθεσίας και την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και την αξιολόγηση των έργων αιολικών πάρκων τόσο από περιβαλλοντική άποψη όσο και από οικονομική. Το αιολικό δυναμικό διέπεται από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και έχει μεγάλη μεταβλητότητα σε σχέση με το διάστημα (χωρική έκταση) και το χρόνο (περίοδος) σε οποιαδήποτε σταθερή θέση (Abbott, 2010; Coskun and Alparslan, 2009).

Η επίδραση του ύψους και της τραχύτητας του εδάφους συμβάλλει στην διαφοροποίηση της ταχύτητας του ανέμου. Στο κατώτερο μέρος της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα στα πρώτα 500 έως 1.000 m από το έδαφος, εμφανίζονται έντονες αλλαγές στα χαρακτηριστικά του ανέμου. Το τμήμα αυτό λέγεται οριακό στρώμα και το πάχος του εξαρτάται κυρίως από την τραχύτητα του εδάφους (ύπαρξη εμποδίων, όπως είδη βλάστησης, κατασκευών, κτιρίων) και τις καιρικές συνθήκες. Μέσα στο οριακό στρώμα η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται σημαντικά συναρτήσει του ύψους (Coskun and Alparslan, 2009).

Διάφορες χώρες χρησιμοποιούν τα στατιστικά στοιχεία της ταχύτητας του ανέμου προκειμένου να προσδιορίσουν το αιολικό δυναμικό. Για παράδειγμα, οι Keyhani et al. (2012), ανέλυσαν τα στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της ταχύτητας του ανέμου της Τεχεράνης και καθορίζουν το αιολικό δυναμικό της κάθε θέσης με βάση το μοντέλο Weibull. Ο Arslan, (2010) ερευνήσε τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κιουτάχειας χρησιμοποιώντας ανεμολογικά δεδομένα που συλλέγονται για μια περίοδο 36 μηνών (Ιούλιος 2001 - Ιούνιος 2004). Οι Ahmed et al., (2011) ανέλυσαν τις μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου που λαμβάνονται από το μετεωρολογικό σταθμό, ώστε να αποκτήσουν τις ετήσιες και μηνιαίες κατανομές της ταχύτητας του ανέμου.

2.9.1 Προσδιορισμός αιολικού δυναμικού - αιολική έκθεση

Όπως προαναφέραμε πριν από την λήψη αποφάσεων σχετικά με την θέση εγκατάστασης αιολικών πάρκων, θα πρέπει να διεξάγονται αναλύσεις προκειμένου να εντοπιστούν οι καλύτερες τοποθεσίες που συνδέονται με υψηλότερα δυναμικά και ταυτόχρονα με την ευνοϊκότερη θέση και τις λιγότερες επιπτώσεις για το περιβάλλον. Τελευταία είναι δημοφιλής η αξιολόγηση των ενεργειακών συστημάτων αιολικής ενέργειας με τη χρήση εργαλείων γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS) (Rodman and Meentemeyer 2006).

Προτείνεται ένα αναλυτικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης ανεμογεννητριών, το οποίο περιλαμβάνει κανόνες με βάση τη χωρική ανάλυση σύμφωνα με το φυσικό περιβάλλον, τις περιβαλλοντικές και ανθρώπινες επιπτώσεις. Ο κύριος στόχος αυτής της αξιολόγησης είναι να βοηθήσει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή θέσης με βάση τον άνεμο (Ramirez et al, 2008).

Οι περισσότερες από τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων για την επιλογή του τόπου βασίζονται στην ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί ο βαθμός καταλληλότητας της κάθε εναλλακτικής τοποθεσίας. Συνήθως δεν είναι πρακτικό να εντοπιστεί μια πιθανή θέση ως κατάλληλη ή όχι, αλλά ένας βαθμός καταλληλότητας που μπορεί να είναι πιο ρεαλιστικός (Rodman and Meentemeyer 2006).

Για την ακριβέστερη εκτίμηση του βαθμού καταλληλότητας, απαραίτητη κρίνεται μια λεπτομερή ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη το υπάρχον δίκτυο μεταφοράς, την προσβασιμότητα, τη διαθεσιμότητα της γης, τα υψόμετρα και την τοπογραφία, καθώς και τις θέσεις με τις υψηλότερες πηγές αιολικής ενέργειας. Είναι προφανές ότι η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS), αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την επιλογή του τόπου χωροθέτησης των ανεμογεννητριών (Hoen et al., 2011).

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Δανία, δημιουργήθηκαν χάρτες για την ταξινόμηση των κατάλληλων περιοχών λαβαίνοντας υπόψη τις αποστάσεις από αστικές περιοχές, τα υδατικά συστήματα και ιστορικούς χώρους, προκειμένου να αποφευχθεί ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας σε ευαίσθητες περιοχές (Ορφανού, 2010). Αργότερα, αυτοί οι τύποι των χωρικών εκτιμήσεων επεκτάθηκαν με μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων για το αιολικό δυναμικό και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην Τουρκία και στην Ισπανία (Rodriguez and Glasson, 2004).

2.10 Επιπτώσεις από την αιολική ενέργεια

Κοινά αποδεκτές είναι οι διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας από τους επιστήμονες. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να αναφέρονται ως επιδράσεις στην συμπεριφορά των ζώων και ιδιαίτερα των πτηνών, την παραγωγή θορύβου, την οπτική όχληση και τις πιθανές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (Smallwood, et al., 2009).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η ορνιθοπανίδα είναι ο βιοτικός παράγοντας που επηρεάζεται περισσότερο από τις ανεμογεννήτριες προκαλώντας θόρυβο και θανάτους πουλιών. Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την κατάλληλη επιλογή του χώρου εγκατάστασης, πολλά από αυτά τα προβλήματα εν μέρει έχουν λυθεί (Kikuchi, 2008).

Έχει παρατηρηθεί ότι οι περιστρεφόμενες λεπίδες των ανεμογεννητριών προκαλούν θάμπωμα της εικόνας στα μάτια του πουλιού, τα οποία ερμηνεύουν αυτήν την εικόνα ως ασφαλές μέρος για να περάσουν και τα οδηγεί σε συγκρούσεις με τα πτερύγια των ανεμογεννητριών. Ωστόσο, τα ρευματοφόρα καλώδια αποτελούν πιο μεγάλο κίνδυνο για τα πουλιά από ότι οι ανεμογεννήτριες. Παρατηρήθηκε ότι τα πουλιά έχουν τη τάση να αλλάζουν την πορεία τους 100-200 μέτρα μακριά από την πτερωτή της

ανεμογεννήτριας, πετώντας πάνω ή γύρω από αυτή σε μια απόσταση ασφαλείας. Αυτή η συμπεριφορά έχει παρατηρηθεί τόσο κατά τη διάρκεια της νύχτας όσο και της ημέρας (Devereux et al, 2008; Morrison and Sinclair, 2004).

Προκειμένου να εξαλειφθούν οι συγκρούσεις των πουλιών με τις ανεμογεννήτριες, θα πρέπει αυτές να βρίσκονται σε μια ορισμένη απόσταση από περάσματα των πουλιών. Σύμφωνα με τους Yue and Wang (2006), οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 500 μέτρα μακριά από περιοχές άγριας πανίδας και χλωρίδας. Μια άλλη πρόταση σύμφωνα με τον Clarke (1991), είναι ότι η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 300μ. από το βιότοπο των πτηνών ώστε αυτά να είναι ασφαλή.

Μια άλλη επίπτωση της αιολικής ενέργειας για το οικοσύστημα είναι ο θόρυβος. Αν και υπάρχουν ορισμένοι κανονισμοί όσον αφορά τα αποδεκτά επίπεδα θορύβου τα οποία εξαρτώνται από την αντίληψη των ανθρώπων, δεν είναι εύκολο να θεσπιστούν κοινές αρχές που αφορούν το θόρυβο. Οι Yue and Wang (2006) αναφέρουν ότι οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον 500 μέτρα μακριά από τον πλησιέστερο βιότοπο.

Η οπτική όχληση είναι μια άλλη «παρενέργεια των ανεμογεννητριών» και οι απόψεις μεταξύ των ανθρώπων διαφέρουν. Οπτική όχληση και υποβάθμιση του τοπίου δημιουργείται με την μη ορθή χωροθέτηση του πάρκου, επιφέροντας αλλαγές στη χρήση γης, καθώς και μείωση της αξίας της γης και της ιδιοκτησίας στην ευρύτερη περιοχή του πάρκου με αποτέλεσμα να δημιουργούνται επιπτώσεις στον τουρισμό και την οικονομία της τοπικής κοινωνίας (Kikuchi, 2008; De Lucas et al., 2004).

Σύμφωνα με τους Ramirez et al. (2008), μερικοί άνθρωποι μπορεί να απολαμβάνουν τη θέα τους, ενώ άλλοι μπορεί να θεωρούν ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στο αστικό τοπίο. Οι Baban και Parry (2001) ανέφεραν ότι οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 2000 μέτρα μακριά από μεγάλους οικισμούς, λόγω της αισθητικής ανησυχίας.

Σύμφωνα με τον Nguyen (2007), ένας άλλος περιορισμός που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή της θέσης των ανεμογεννητριών είναι η εγγύτητά τους σε περιοχές αεροδρομίου για λόγους ασφαλείας. Ο Nguyen (2007) πρότεινε επίσης ότι οι ανεμογεννήτριες πρέπει να είναι τουλάχιστον 2500 μ. από την πλησιέστερη περιοχή του αεροδρομίου.

2.13 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και κυρίως η αιολική μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην προστασία του περιβάλλοντος προσφέροντας ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

Για να καλυφθούν οι ανάγκες όλης της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια έως το 2020, οι οποίες εκτιμώνται σε 70 TWh, θα χρειαζόταν θεωρητικά 15.000 περίπου ανεμογεννήτριες ισχύος 2MW, των οποίων η ανάπτυξη θα γινόταν σε έκταση ίση με $15.000 \times 2 = 30.000$ στρέμματα, δηλαδή κάτω από το 0,03% της επιφάνειας της Ελλάδος ενώ το υπόλοιπο θα ήταν ελεύθερο για αγροτικές ή άλλες χρήσεις.

Όπως είναι προφανές οι δυνατότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια ανεμογεννητριών στη χώρα μας είναι πολύ μεγάλες καθώς το ενεργειακό δυναμικό σε αυτόν τον τομέα είναι επαρκές. Για την προώθηση των αιολικών εγκαταστάσεων, σημαντική παράμετρος που μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη μιας επιτυχούς ανάπτυξης των αιολικών πάρκων είναι η ορθή λήψη αποφάσεων ως προς τη διάταξη στο χώρο για την βέλτιστη ενεργειακή εκμετάλλευση των πόρων.

Σημαντικό εργαλείο στη επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι οι εφαρμογές του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (GIS), που χρησιμεύουν είτε ως πάροχος πληροφοριών είτε ως ένα πραγματικό όργανο ανάλυσης, επιτρέποντας τη διεξαγωγή πλήρως ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων τα οποία μπορεί να είναι ένα επαρκές εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων από τους ερευνητές. Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές του GIS χρησιμοποιήθηκαν στην χώρα μας για την οικονομική αξιολόγηση και την περιβαλλοντική διαχείριση των εναλλακτικών θέσεων των αιολικών εγκαταστάσεων.

Επιπλέον, για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση του ενεργειακού αυτού πόρου, θα πρέπει να αναπτυχθεί νέα νομοθεσία που θα σχετίζεται με την παραγωγή αιολικής ενέργειας, η οποία να μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των επενδυτών στην εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο στο εγγύς μέλλον. Επιπρόσθετα η εφαρμογή του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επίτευξη των στόχων της

ενεργειακής πολιτικής, τον περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους και την ισχυροποίηση της χώρας στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη.

Σήμερα επίσης καταβάλλεται μεγαλύτερη προσπάθεια για την ταχύτερη ανάπτυξη των ΑΠΕ με δράσεις βελτίωσης του Νομοθετικού Πλαισίου και χρηματοδότησης των κρατών. Προσπάθεια η οποία αποτυπώνεται στην ιδιαίτερη βαρύτητα η οποία δίδεται στις ΑΠΕ στο εθνικό, τομεακό αλλά και περιφερειακό χωροταξικό σχεδιασμό της χώρας.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στη μεθοδολογία γίνεται καταγραφή των περιοχών αιολικού ενδιαφέροντος στο Νομό Γρεβενών με εφαρμογή του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου στο Νομό, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτής (καθεστώς προστασίας, ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά κ.α.). Στη συνέχεια γίνεται αποτύπωση των δεδομένων σε σχήματα, επιτρέποντας τη διεξαγωγή ολοκληρωμένων πληροφοριών για το νομό Γρεβενών.

Τα αντικείμενα που θα παρουσιαστούν είναι η αναγνώριση της περιοχής μελέτης, η συλλογή των απαιτούμενων για την υλοποίηση της εργασίας δεδομένων και η παρουσίασή τους, ο προσδιορισμός των τεχνικών επεξεργασίας που προσδιορίζουν και επιλύουν το πρόβλημα και η υλοποίηση της επίλυσης στα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού. Απαιτείται κριτική ανάλυση όλων των παραμέτρων του προβλήματος που προσδιορίζουν την επίλυση, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι το βέλτιστο δυνατό. Επιπλέον θα περιγραφεί συνοπτικά ο σκοπός και τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα.

Τα κύρια στάδια ανάπτυξης περιλαμβάνουν: α. τη σύνοψη των ερευνητικών ερωτημάτων, β. την περιγραφή της περιοχής μελέτης, γ. την παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων, δ. την παρουσίαση των τεχνικών επεξεργασίας σε επιλεγμένα εργαλεία λογισμικού. Επιπλέον θα παρουσιαστεί αναλυτικά η διαδικασία επίλυσης που περιλαμβάνει δείκτες αιολικής έκθεσης, γεωγραφικούς δείκτες που είναι το αποτέλεσμα χωρικών σχέσεων και χωροθέτηση προσδιορισμό των ζωνών καταλληλότητας.

- Το **κύριο ερευνητικό ερώτημα** είναι η διερεύνηση για την εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού αιολικής ενέργειας για την χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο Νομό Γρεβενών και βασίζεται στην παρουσίαση μιας πειραματικής μεθοδολογίας επιλογής θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα ελεύθερα

γεωγραφικά δεδομένα και τις δυνατότητες των ελεύθερων λογισμικών του διαδικτύου.

Θα ληφθούν υπόψη περιβαλλοντικά κριτήρια και οικονομικά κριτήρια όπως συνάγονται από τα διαθέσιμα περιβαλλοντικά δεδομένα σε συνδυασμό με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τη χωρική κατανομή του αιολικού δυναμικού, τα γεωγραφικά δεδομένα (δηλαδή τα όρια υδατικών συστημάτων, των δασικών εκτάσεων, γεωργικών εκτάσεων, οι εθνικές ζώνες προστασίας, τα εθνικά πάρκα, οι αστικές και αγροτικές περιοχές, κλπ) σε συνδυασμό με πλεγματικά δεδομένα όπως η κλίση (βατότητα) κ.α.

3.1 Περιοχή Μελέτης

Ο Νομός Γρεβενών είναι νομός της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας. Έγινε ξεχωριστός νομός το έτος 1964. Συνορεύει με το νομό Τρικάλων στα νότια, με το νομό Κοζάνης στα βόρεια, με το νομό Ιωαννίνων στα δυτικά, με το νομό Καστοριάς στα βορειοδυτικά, με το νομό Λάρισας στα νοτιοανατολικά.

Σύμφωνα με την απογραφή του 2001 ο πληθυσμός του νομού ήταν 37.947 κάτοικοι. Σε επίπεδα χρήσεων γης, τα δάση κυριαρχούν καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του νομού, ακολουθούν οι καλλιεργήσιμες γεωργικές εκτάσεις και έπειτα οι βοσκότοποι και σε μικρό ποσοστό οι καλυπτόμενες με νερό επιφάνειες. Η πλειοψηφία των δασών ανήκει στην κατηγορία των πλατύφυλλων φυλλοβόλων που βρίσκονται σε υψόμετρο κυρίως μεταξύ 1.200-1.700 και ακολουθούν τα κωνοφόρα σε υψόμετρα μέχρι 1.650 και τα μικτά. μέχρι τα 1.800 μ. (ΕΠΣΧΔΓ, 2012-2014).

Σε ότι αφορά τις γεωτεκτονικές ζώνες, στην περιοχή εντοπίζονται το κεντρικό ελληνικό κάλυμμα «Πελαγονική και Μαλιακή ζώνη και καλύμματα Λυκίας» και το εσωτερικό ελληνικό κάλυμμα «οφιόλιθοι και οφιολιθικά mélange» (ΕΠΣΧΔΓ, 2012-2014).

Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής όπως και ολόκληρου του Νομού Γρεβενών είναι ηπειρωτικό με ψυχρούς και υγρούς χειμώνες με βόρειους ανέμους και σύντομα και ζεστά καλοκαίρια. Η κατανομή των ομβρίων είναι σε όλους τους μήνες του έτους με σχετικά πολλές βροχοπτώσεις κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες και η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 638,9mm (ΕΠΣΧΔΓ, 2012-2014).

Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι 42,2 °C και η απόλυτη ελάχιστη -16,8 °C. Οι μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας κυμαίνονται από 49,8% έως 75,7%, παρουσιάζοντας την ελάχιστη τιμή τους τον Ιούλιο και τη μέγιστη το Δεκέμβριο. Μέσες μηνιαίες τιμές μεγαλύτερες από 70% τους μήνες Μάρτιο μέχρι Οκτώβριο (ΕΠΣΧΔΓ, 2012-2014).

Υδατικοί πόροι

Ο νομός Γρεβενών ανήκει εν μέρει στην υδρολογική λεκάνη του Αλιάκμονα του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας και εν μέρει στην υδρολογική λεκάνη

Πηγείου του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας. Ο Αλιάκμονας διέρχεται μέσα από τον νομό και συγκεκριμένα από το κεντρικό και βορειοανατολικό μέρος του νομού.

Η κύρια πηγή των υπογείων και επιφανειακών νερών είναι οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις συμβάλλοντας στη διαμόρφωση ενός αρκετά πλούσιου υδατικού δυναμικού. Σε υψόμετρο 1.960μ. και 1940μ. υπάρχουν δύο εντυπωσιακές μικρές λίμνες, πάνω στα υποαλπικά υψίπεδα του όρους Μαυροβουνίου στη Φλέγγα. Οι λίμνες αυτές αποτελούν το σύμβολο της περιοχής (ΕΠΣΧΔΓ, 2012-2014).

Ορεινοί όγκοι

Το γεωγραφικό ανάγλυφο του νομού χαρακτηρίζεται από ορεινούς και ημιορεινούς όγκους. Στα δυτικά υπάρχει η οροσειρά της βόρειας Πίνδου όπου στα όρια με την περιφερειακή ενότητα Ιωαννίνων υπάρχουν οι κορυφές Μηλέα με υψόμετρο (2.160μ.), Μαυροβούνι με υψόμετρο (2.050 μ.), Αφτιά (2.005 μ.), Φλέγκα (2.158μ.), Πυροστιά (1.967μ.), Αβγό (2.177μ.), Σκούρτζα (1.799μ.) και Κίρκουρη με υψόμετρο (1.860μ.) Βορειοανατολικά υπάρχει το όρος Βούρινος, που ανήκει κυρίως στην περιφερειακή ενότητα Κοζάνης.

Προστατευόμενες περιοχές

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προστατευόμενες-οικολογικά ευαίσθητες περιοχές του Νομού Γρεβενών.

Πίνακας 3.1.1 Οι προστατευόμενες-οικολογικά ευαίσθητες περιοχές στο Νομό Γρεβενών.

| Όνομα Τύπου | Κωδικός |
|--------------------------------------|----------------|
| Βάλια Κίρνα | AG0060105 |
| Βασιλίτσα | GR1310001 |
| Εθνικός Δρυμός Πίνδου | GR1310002 |
| Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα) | AG0010208 |
| Κοιλάδα Βάλια Κίρνα Σμόλικα | AT04011014 |
| Μονή Ζάβορδας | AT4011020 |
| Όρος Όρλιακας | AG0060107 |
| Σπήλαιο και Όρλιακας | AT4010052 |

3.2 Ελεύθερα Γεωγραφικά Δεδομένα

Η πρόσληψη των γεωγραφικών δεδομένων έγινε από το διαδίκτυο (ελεύθερα δεδομένα) και αυτά περιλαμβάνουν διανυσματικά δεδομένα (υδρογραφικό δίκτυο, οικιστικές συγκεντρώσεις, προστατευόμενες περιοχές κ.α.) και πλεγματικά δεδομένα (ΨΥΜΕ, δορυφορική εικόνα κ.α.). Παράλληλα χρησιμοποιήθηκαν και διαδικτυακές γεωγραφικές βάσεις δεδομένων όπως web mapping service του οργανισμού κτηματολογίου και χαρτογραφήσεων Ελλάδος, κ.α.. Αναλυτική περιγραφή ακολουθεί ανά κατηγορία δεδομένων.

3.3 Χάρτης Καλύψεων / Χρήσεων Γης Corine


Η κάλυψη γης αναφέρεται στις φυσικές και τεχνητές οντότητες που αναγνωρίζονται-ερμηνεύονται από μια δορυφορική εικόνα να καλύπτουν μια εδαφική μονάδα. Φυσικές οντότητες είναι για παράδειγμα η βλάστηση, το νερό κ.α, ενώ στις τεχνητές οντότητες περιλαμβάνονται οι καλλιέργειες, τα κτίσματα, οι δρόμοι, κ.α. Η χαρτογράφηση των καλύψεων γης (landcover) και των χρήσεων γης (landuse) είναι ένα από τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογών της τηλεπισκόπησης (Lo, 1998; Campbell, 1997).

Η χρήση γης σχετίζεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες που εκδηλώνονται σε συγκεκριμένο τύπο εδαφικής μονάδας, βιομηχανική, αγροτική, εμπορική, κατασκευαστική, μεταφορική, αναψυχή κ.α. και αποτελούν μια σειρά από τύπους δραστηριοτήτων. Η χρήση γης επομένως, αποτελεί συνδετικό κρίκο μεταξύ της κάλυψης γης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που εκμεταλλεύονται και μεταμορφώνουν το τοπίο (Geist & Lambin 2002, Nagendra et al. 2004).

Ο θεματικός χάρτης καλύψεων γης Corine είναι μια προσπάθεια του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος και αποτελεί μια βάση δεδομένων καλύψεων γης η οποία προέρχεται από την ερμηνεία δορυφορικών εικόνων του Θεματικού Χαρτογράφου στο γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα ArcInfo. Η διαθεσιμότητα των δεδομένων είναι ελεύθερη στον οποιονδήποτε χρήστη δια μέσου του διαδικτυακού τόπου της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος όπως φαίνεται παρακάτω:



Corine Land Cover 1990 raster data

Data Created 07 May 2012 Published 11 Jun 2012 Last modified 08 Jan 2013, 03:27 PM

 This is the latest published version. See older versions.

Topics: [Land use](#) [Natural resources](#)

Version 16 (04/2012) - [Raster data on land cover for the CLC1990 inventory](#)

| GIS data | Additional information | Metadata |
|--|------------------------|----------|
| CLC 1990 - 100m | | |
| ▪  g100_90.zip (ZIP archive) 50.64 MB Download file | | |
| CLC 1990 - 250m | | |
| ▪  g250_90.zip (ZIP archive) 15.11 MB Download file | | |

Data and maps

Menu 

Global search

Datasets

Interactive data viewers

External datasets catalogue

Corine Land Cover 1990 raster data

CLC 1990 - 100m

CLC 1990 - 250m

Corine land cover 1990 classes and RGB color codes

ESRI compliant .prj file

QGIS compliant colourmap

INSPIRE compliant metadata set

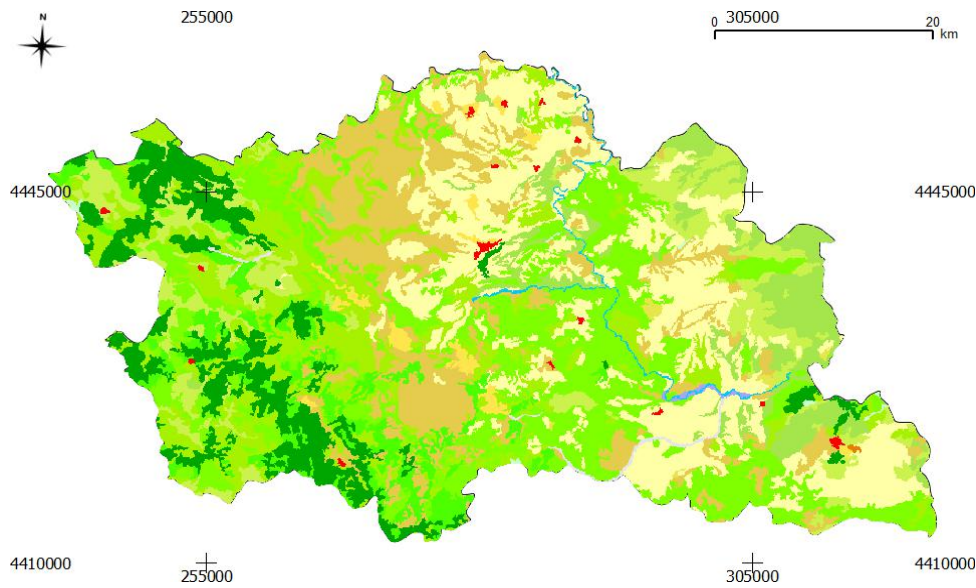
Interactive maps

Data providers and partners

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-1990-raster-2>

Η προσπάθεια ξεκίνησε την δεκαετία του 1980 και έχουν εκδοθεί δύο θεματικοί χάρτες καλύψεων/χρήσεων γης το 1990 και το 2000 αντίστοιχα. Η ολοκληρωμένη βάση δεδομένων Corine Land Cover 2000 (CLC 2000) παρέχει ποσοτικά στοιχεία σχετικά με χρήσεις/καλύψεις γης συγκρίσιμα σε ολόκληρη την Ευρώπη σε κλίμακα 1:100.000 και περιλαμβάνει 44 (υποδιαρέσεις) κατηγοριοποιήσεις κάλυψης γης. Ο ψηφιακός χάρτης έχει 100 μέτρα χαρτογραφική ακρίβεια και προβάλλεται σε Ελλειψοειδές Σύστημα Γεωγραφικής Αναφοράς (ETRS89) που είναι και το πρότυπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για δεδομένα με πανευρωπαϊκή κάλυψη. Η χωρική διακριτική ικανότητα είναι 100 μ και τα δεδομένα έχουν προβληθεί στο Lambert Azimuthal - Equal Area co-με ελλειψοειδές αναφοράς το GRS 80 και κατακόρυφο σύστημα αναφοράς το European Terrestrial Reference System 1989 (Miliareisis, 2009).

Ο Χάρτης καλύψεων γης Corine για το νομό Γρεβενών φαίνεται παρακάτω:

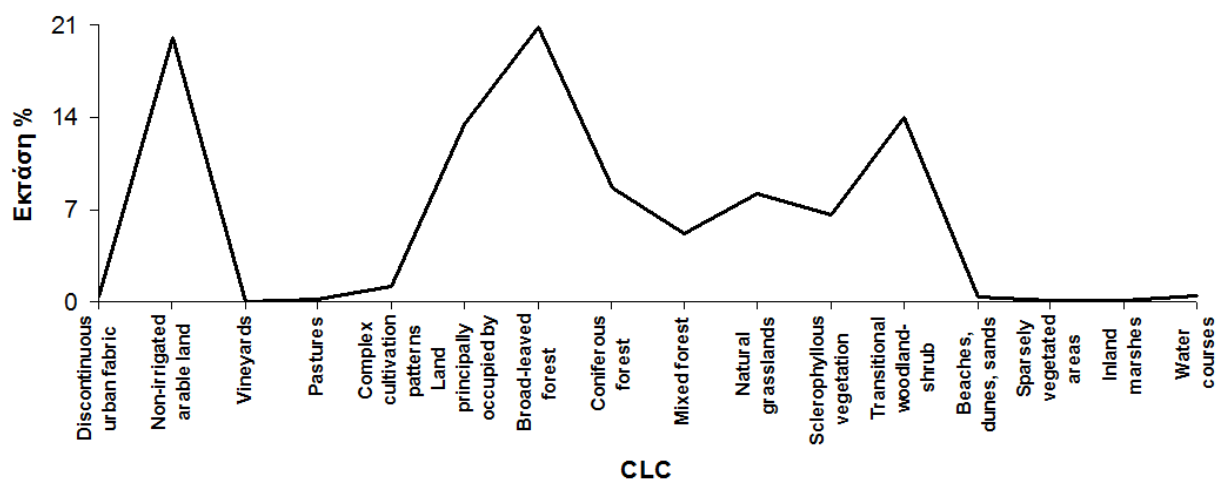


Σχήμα 3.3.1: Ο χάρτης χρήσεων-καλύψεων γης για το Νομό Γρεβενών (CLC 2000-
 ίδια επεξεργασία).

Η αντιστοιχία χρωματικών διαβαθμίσεων και καλύψεων χρήσεων γης ακολουθεί παρακάτω.

Πίνακας 3.3.1: Οι κατηγοριοποιήσεις του συστήματος γεωταξινόμησης καλύψεων γης
 CORINE.

| | |
|--|---|
| ■ 1 Συνεχής αστικός ιστός | ■ 23 Δάση πλατύφυλλων |
| ■ 2 Ασυνεχής αστικός ιστός | ■ 24 Δάση κωνοφόρων |
| ■ 3 Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες | ■ 25 Μικτά Δάση |
| ■ 4 Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο | ■ 26 Ποολίβαδα |
| ■ 5 Λιμάνια | ■ 27 Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση |
| ■ 6 Αεροδρόμια | ■ 28 Σκληρόφυλλη βλάστηση |
| ■ 7 Μεταλλευτικές περιοχές | ■ 29 Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης |
| ■ 8 Χώροι απόθεσης απορριμμάτων | ■ 30 Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις |
| ■ 9 Εργοτάξια | ■ 31 Βράχια |
| ■ 10 Περιοχές αστικού πρασίνου | ■ 32 Περιοχές με σποραδική βλάστηση |
| ■ 11 Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού | ■ 33 Καμένες περιοχές |
| ■ 12 Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις | ■ 34 Παγετώνες και αιώνιο χιόνι |
| ■ 13 Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις | ■ 35 Χερσαία έλη |
| ■ 14 Ορυζώνες | ■ 36 Τυρφώνες |
| ■ 15 Αμπελώνες | ■ 37 Αλατούχα έλη |
| ■ 16 Οπωρώνες και καλλιέργειες κερασιών | ■ 38 Αλυκές |
| ■ 17 Ελαιώνες | ■ 39 Παλιρροϊκοί σχηματισμοί |
| ■ 18 Βοσκοτόπια | ■ 40 Υδάτινα ρεύματα |
| ■ 19 Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες | ■ 41 Λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλημμυρικές ζώνες |
| ■ 20 Συμπλέγματα καλλιεργειών | ■ 42 Λιμνοθάλασσες |
| ■ 21 Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης | ■ 43 Εκβολές ποταμών |
| ■ 22 Περιοχές αγροδασοπονίας | ■ 44 Θάλασσα και ωκεανοί |



Σχήμα 3.3.2: Ποσοστιαία κατανομή καλύψεων γης στο Νομό Γρεβενών (CLC 2000-
 ίδια επεξεργασία).

Πίνακας 3.3.2: Ποσοστιαία κατανομή καλύψεων γης στο Νομό Γρεβενών

| 1 ^η τάξη | 2 ^η τάξη | 3 ^η τάξη | CLC | % |
|-------------------------------|---|--|--------------|---------------|
| Artificial surfaces | Urban fabric | Discontinuous urban fabric | 2 | 0.306 |
| Agricultural areas | Arable land | Non-irrigated arable land | 12 | 20.121 |
| | Permanent crops | Vineyards | 15 | 0.028 |
| | Pastures | Pastures | 18 | 0.225 |
| | Heterogeneous Agricultural areas | Complex cultivation patterns | 20 | 1.151 |
| Forest and semi natural areas | Forests | Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation | 21 | 13.478 |
| | | Broad-leaved forest | 23 | 20.917 |
| | | Coniferous forest | 24 | 8.684 |
| | Scrub and/or herbaceous vegetation associations | Mixed forest | 25 | 5.202 |
| | | Natural grasslands | 26 | 8.256 |
| | | Sclerophyllous vegetation | 28 | 6.590 |
| | Open spaces with little or no vegetation | Transitional woodland-shrub | 29 | 13.987 |
| Beaches, dunes, sands | | 30 | 0.338 | |
| Wetlands | Inland wetlands | Sparsely vegetated areas | 32 | 0.154 |
| | | Inland marshes | 35 | 0.116 |
| Water bodies | Inland waters | Water courses | 40 | 0.448 |

3.3.1 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους (ΨΥΜΕ)

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους SRTM-3 DEM παρέχει μια αναπαράσταση του συνόλου της επιφάνειας της γης με διακριτική ικανότητα 3 δεύτερα της μοίρας (USGS, 2014). Σημειώνεται ότι η απόσταση 3 δευτέρων της μοίρας κατά μήκος ενός μεσημβρινού είναι πάντα 92 μέτρα ενώ η ίδια απόσταση κατά μήκος ενός παράλληλου είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους (ϕ) και αντιστοιχεί σε $92 \cdot \sin(\phi)$ μέτρα.

Η σύνθεση του SRTM-3 DEM διεξήχθη το Φεβρουάριο του 2000, μέσω ενός ενεργητικού συστήματος τηλεπισκόπησης (SAR) που ήταν τοποθετημένο στο διαστημικό λεωφορείο (space shuttle) το οποίο κάλυψε πάνω από το 80% της γήινης επιφάνειας μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 60° Βόρεια και 56° Νότια, συλλέγοντας δεδομένα κάθετα ως προς τη διεύθυνση πτήσης του, με απόσταση πλευρικής σάρωσης 225 χλμ. (Farr and Kobrick, 2000).

Η ακρίβεια ορίζεται σε σχέση με σημεία ελέγχου μπορεί να προέρχονται και από σημεία πεδίου με GPS (Miliareisis & Paraschou, 2005). Αφαιρούμε τις δύο εκτιμήσεις υψομέτρων για κάθε σημείο και υψώνουμε τις διαφορές στο τετράγωνο, αθροίζουμε διαιρώντας με τον αριθμό των σημείων. Η τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος προσδιορίζει το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE) που καθορίζει πόσο καλά ταυτίζονται οι δύο ομάδες δεδομένων (Maune, et al., 2007). Στο SRTM το RMSE ισούται με 11 μέτρα και σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει η υψομετρική του ακρίβεια είναι κατάλληλη για κλίμακα μικρότερη από 1:50000 (Miliareisis & Paraschou, 2005; Miliareisis, 2007).

Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 4 από <http://srtm.csi.cgiar.org/>

The CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) Applying GeoSpatial Science for a Sustainable Future...

CGIAR-CSI HOME | SRTM 90m DATABASE HOME | DISCLAIMER | HELP

CGIAR-CSI Content

- What is CGIAR-CSI?
- CGIAR-CSI Members
- What's New?
- CRU Climate Data

SRTM Content

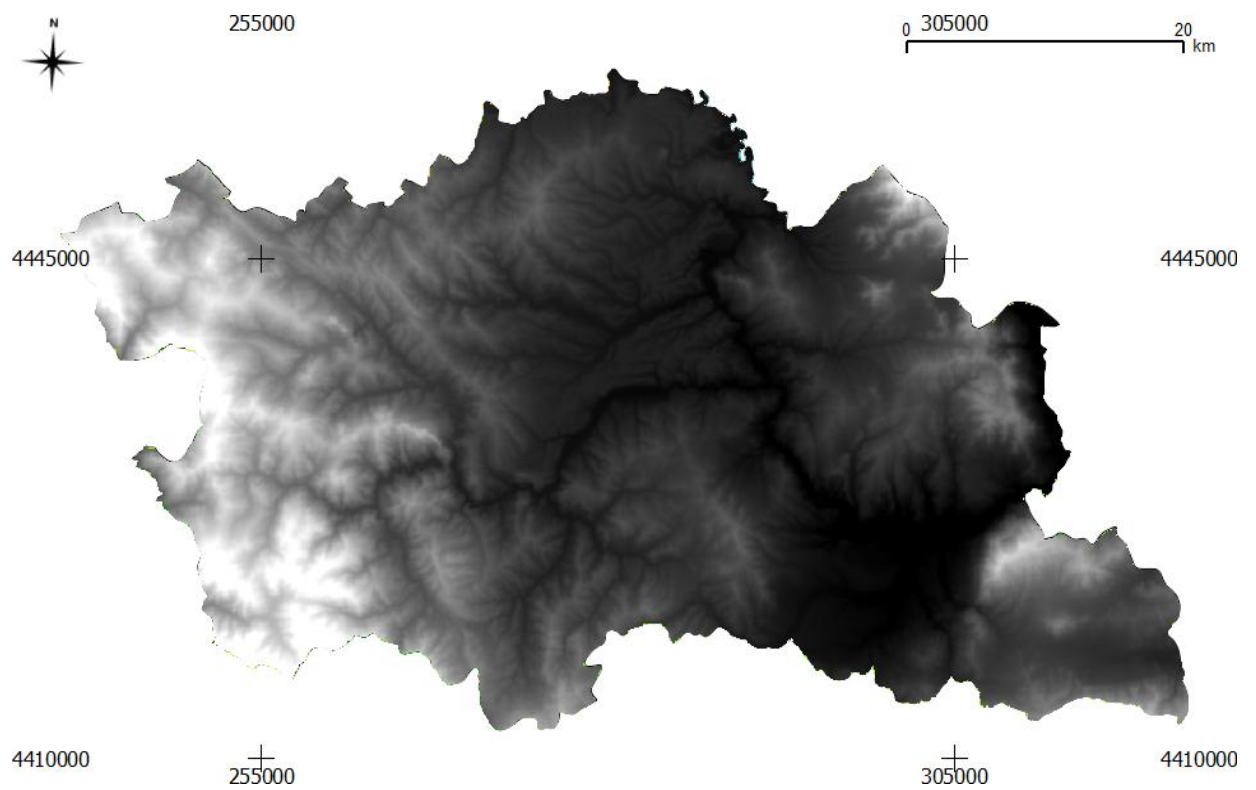
- SRTM Data Search and Download
- SRTM Data Processing Methodology
- SRTM FAQ
- SRTM Quality Assessment (PDF File - 2.55 Mb)
- About SRTM Imagery
- CIAT Landuse Project
- How to Search for Data?
- Disclaimer
- Contact Us

SRTM 90m Digital Elevation Data

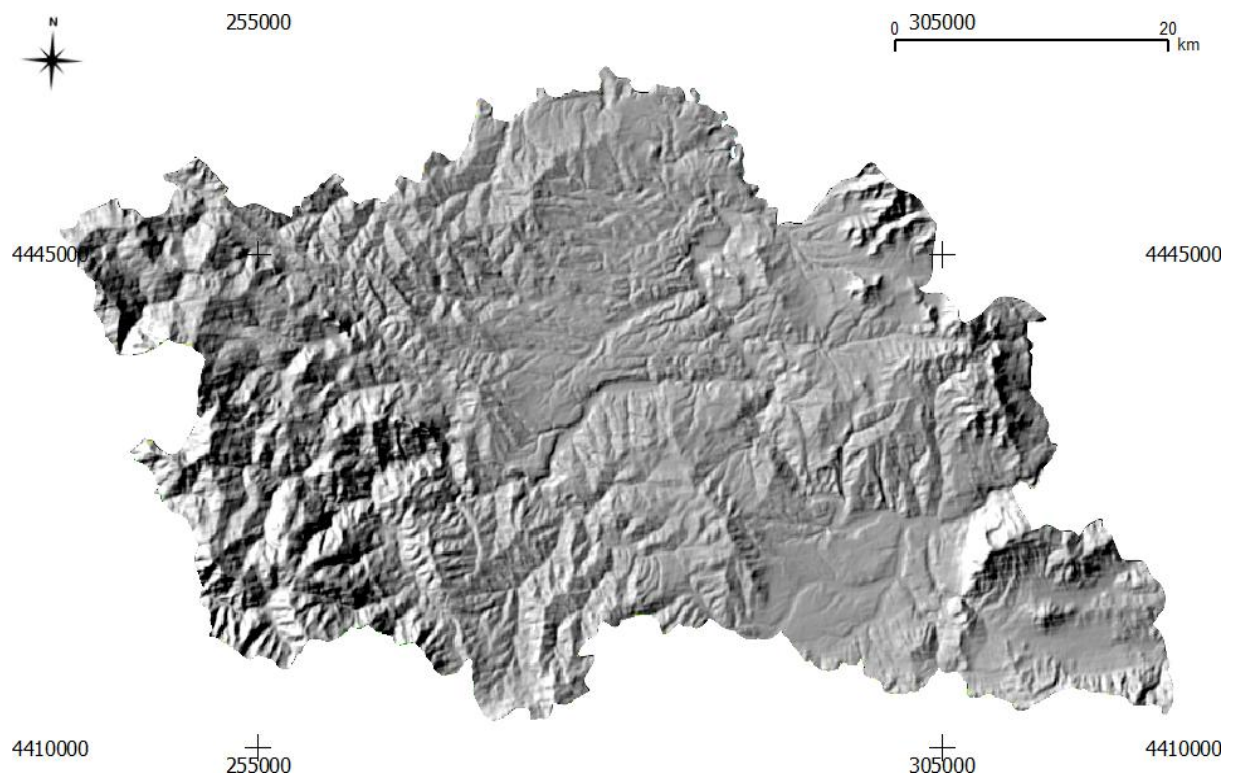
Resampled SRTM data to 250m resolutions for the entire globe are available <https://hc.box.net/shared/1yidaheouv> (Password: ThanksCSI!)

UPDATE - VERSION 4: THE SRTM DATA NOW AVAILABLE FROM THIS SITE HAS BEEN UPGRADED TO VERSION 4. THIS LATEST VERSION REPRESENTS A SIGNIFICANT IMPROVEMENT FROM PREVIOUS VERSIONS USING NEW INTERPOLATION ALGORITHMS AND BETTER DATA DEMOS. WE ARE CONFIDENT THIS IS NOW THE HIGHEST QUALITY SRTM DATA AVAILABLE.

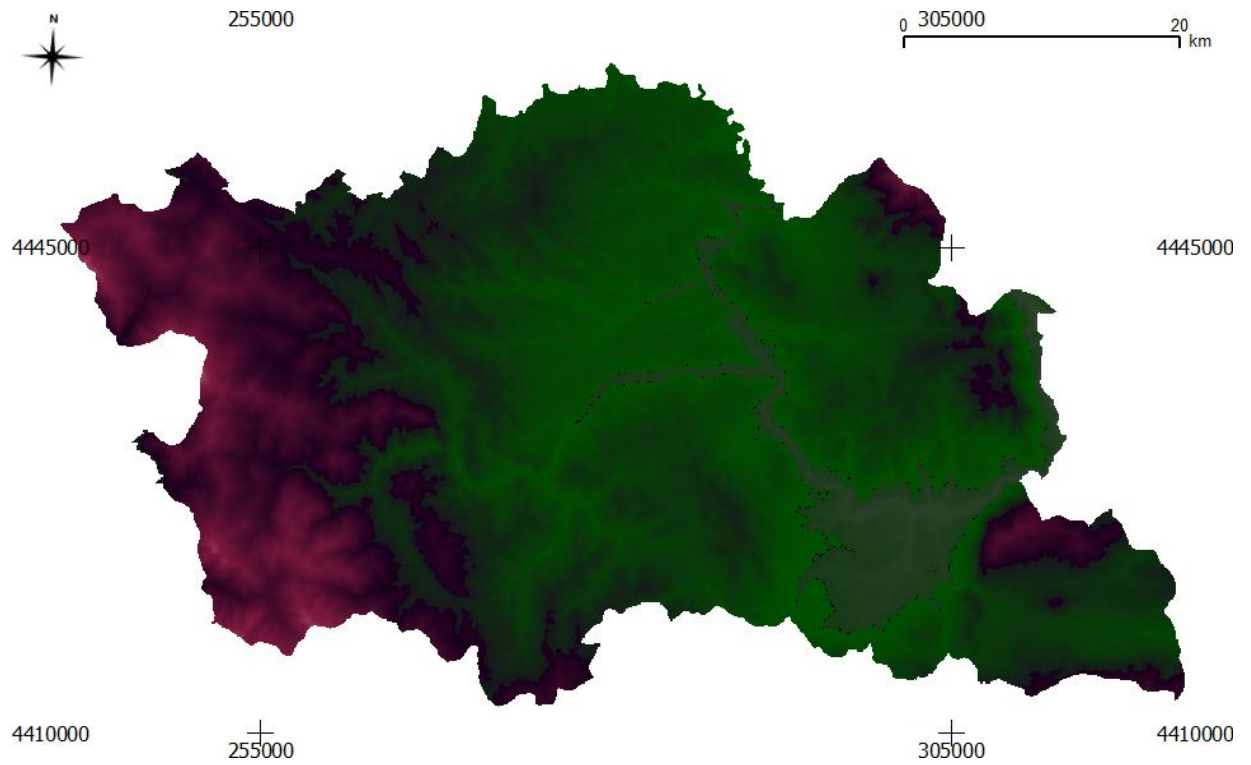
Logos: CGIAR, CIAT, KING'S COLLEGE LONDON, EUROPEAN COMMISSION Joint Research Centre, ies



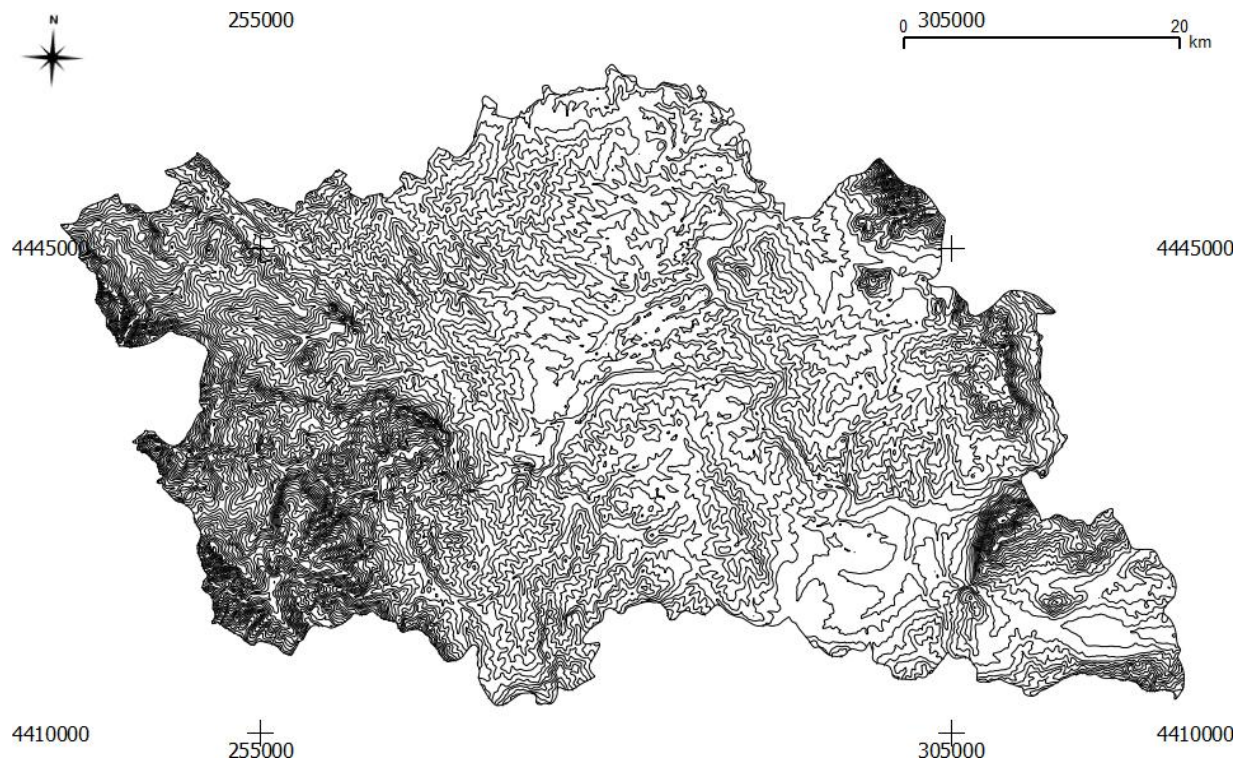
Σχήμα 3.3.1.1 ΨΥΜΕ της περιοχής μελέτης



Σχήμα 3.3.1.2 Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου (ύψος ηλίου 40° αζιμούθιο 300°)



Σχήμα 3.3.1.3 Έγχρωμος χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου. Με πράσινο παρίστανται οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, ενώ με μωβ οι ορεινές περιοχές.



Σχήμα 3.3.1.4 Ισοϋψείς ανά 50μ.

Αντίστοιχα φαίνονται οι πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές.

3.3.2 Δορυφορική εικόνα LANDSAT 8

Το πρόγραμμα Landsat λειτουργεί για την απόκτηση δορυφορικών εικόνων της Γης από την 23^η Ιουλίου 1972 και ο πιο πρόσφατος δορυφόρος Landsat 8 τέθηκε σε τροχιά την 11^η Φεβρουαρίου το 2013. Η φασματική δειγματοληψία του Landsat 8 και η χωρική διακριτική ικανότητα κάθε καναλιού είναι διαθέσιμη από την USGS στην διεύθυνση http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Πίνακας 3.3.2.1 Τα κανάλια του Landsat 8.

| Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013 | Bands | Wavelength (micrometers) | Resolution (meters) |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | Band 1 - Coastal aerosol | 0.43 - 0.45 | 30 |
| | Band 2 - Blue | 0.45 - 0.51 | 30 |
| | Band 3 - Green | 0.53 - 0.59 | 30 |
| | Band 4 - Red | 0.64 - 0.67 | 30 |
| | Band 5 - Near Infrared (NIR) | 0.85 - 0.88 | 30 |
| | Band 6 - SWIR 1 | 1.57 - 1.65 | 30 |
| | Band 7 - SWIR 2 | 2.11 - 2.29 | 30 |
| | Band 8 - Panchromatic | 0.50 - 0.68 | 15 |
| | Band 9 - Cirrus | 1.36 - 1.38 | 30 |
| | Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1 | 10.60 - 11.19 | 100 |
| | Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2 | 11.50 - 12.51 | 100 |

Προκειμένου να υπάρχουν σύγχρονες εκτιμήσεις για πιθανές αλλαγές στις καλύψεις γης, χρησιμοποιήθηκε η εικόνα Landsat 8, με ημερομηνία λήψης 19-09-2013, με τα παρακάτω στοιχεία:

LANDSAT_SCENE_ID = "LC81850322013262LGN00"

SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"

SENSOR_ID = "OLI_TIRS"

WRS_PATH = 185 WRS_ROW = 32

DATE_ACQUIRED = 2013-09-19

SCENE_CENTER_TIME = 09:18:38.3452636Z

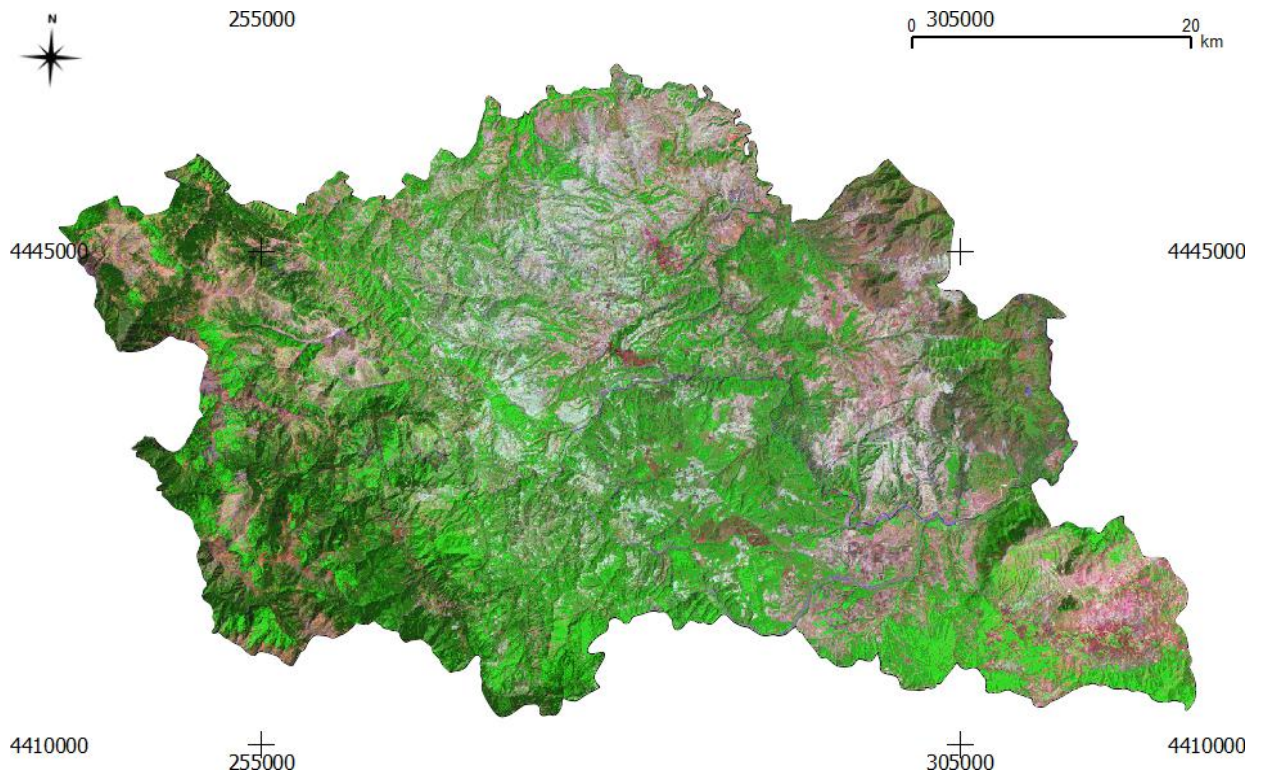
SUN_AZIMUTH = 152.74700695

SUN_ELEVATION = 47.95083529

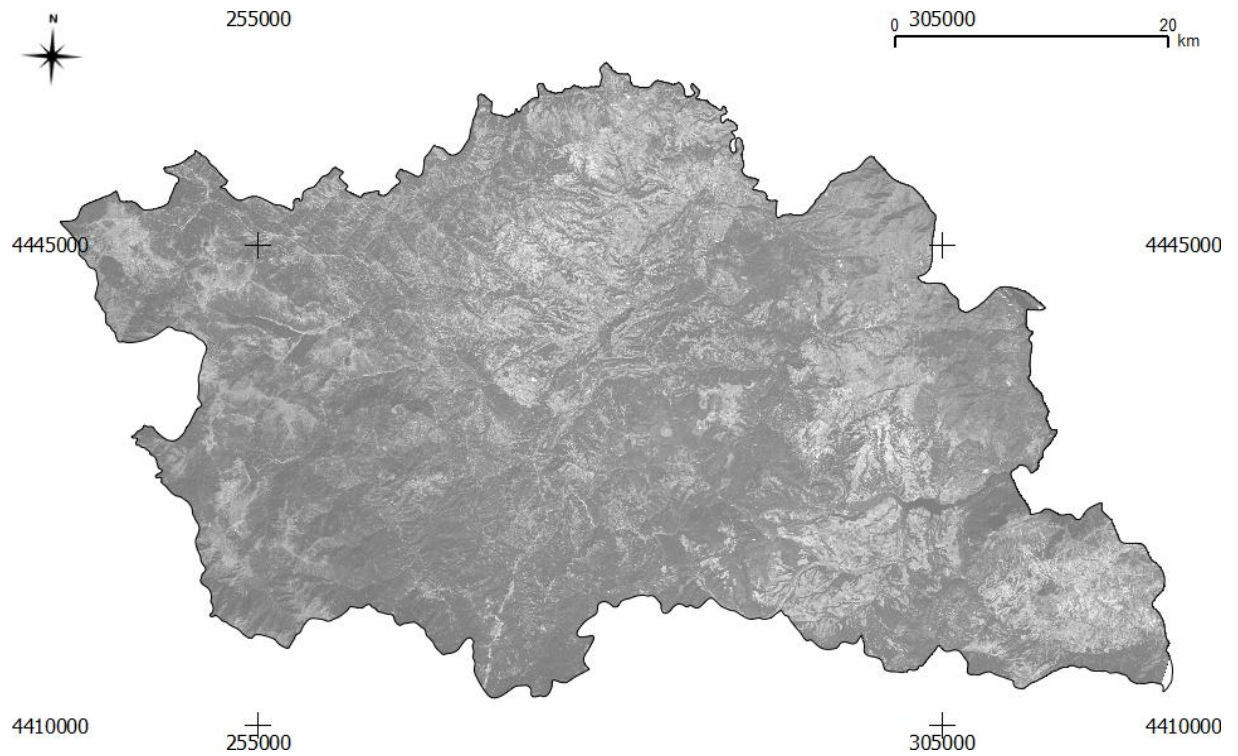
Επίσης χρησιμοποιήθηκε μια εικόνα αρχείου LANDSAT 7

Πίνακας 3.3.2.2 Τα κανάλια του Landsat 7.

| Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) | Landsat 7 | Wavelength (micrometers) | Resolution (meters) |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------|---------------------|
| | Band 1 | 0.45-0.52 | 30 |
| | Band 2 | 0.52-0.60 | 30 |
| | Band 3 | 0.63-0.69 | 30 |
| | Band 4 | 0.77-0.90 | 30 |
| | Band 5 | 1.55-1.75 | 30 |
| | Band 6 | 10.40-12.50 | 60 * (30) |
| | Band 7 | 2.09-2.35 | 30 |
| | Band 8 | .52-.90 | 15 |



Σχήμα 3.3.2.1 Δορυφορική εικόνα (έγχρωμο σύνθετο από τα κανάλια 4,3,2) με χωρική διακριτή ικανότητα 30μ που τονίζει τις διαφορές στην βλάστηση (η βλάστηση φαίνεται κόκκινη).



Σχήμα 3.3.2.2 Το Παγχρωματικό κανάλι με χωρική διακριτική ικανότητα 15μ.

3.3.3 Διανυσματικά δεδομένα

3.3.3.1 Διοικητικές Διαιρέσεις

Τα όρια των διοικητικών διαιρέσεων με βάση τη Νομοθετική ρύθμιση Καλλικράτης, είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr όπως φαίνεται παρακάτω.

Όρια Δήμων (Καλλικράτης)

Περίληψη
 Περιέχονται τα όρια των Δήμων της χώρας, σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης. Το παρόν αρχείο αποτελεί διορθωμένη έκδοσή (έκδοση v1.1) της από 28/06/2010 αναρτημένης έκδοσης v1.0.

Διάθεση: 2010-06-28

Τελευταία Ενημέρωση: 2011-07-18

Συχνότητα Ενημέρωσης: -

Πρόσβαση

SHP GML KML Χάρτης

Λεπτομέρειες

Άδεια: Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0)

Έκδοση: ver. 1.1

Γεωγραφική Κάλυψη: 16.76871,30.655429,33.188516,43.339883

Χρονική Κάλυψη: -

Μοναδικό Αναγνωριστικό: 63786e9f-7be9-4d1e-99c9-48ff45d0962f

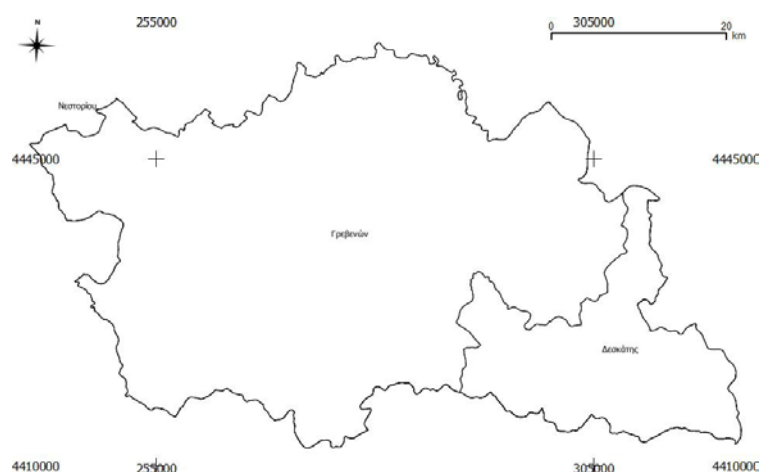
Μεταδεδομένα: [Μεταδεδομένα](#)

Σημείο Επαφής

Τμήμα: Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας

[Επικοινωνήστε με το σημείο επαφής](#)

http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=182&Itemid=



Σχήμα 3.3.3.1.1 Καποδιστριακοί δήμοι

Τα όρια των διοικητικών διαιρέσεων 2^{ου} βαθμού με βάση τη Νομοθετική ρύθμιση Καλλικράτης, είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr όπως φαίνεται παρακάτω:

Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα

Όρια Δήμων (Καποδιστριακοί)

Περίληψη
Τα όρια των Δήμων της χώρας σύμφωνα με το σχέδιο Καποδίστριας

| | |
|-----------------------|------------|
| Διάθεση: | 2010-05-13 |
| Τελευταία Ενημέρωση: | 2010-05-13 |
| Συχνότητα Ενημέρωσης: | Ετησίως |

Πρόσβαση

SHP GML KML Χάρτης

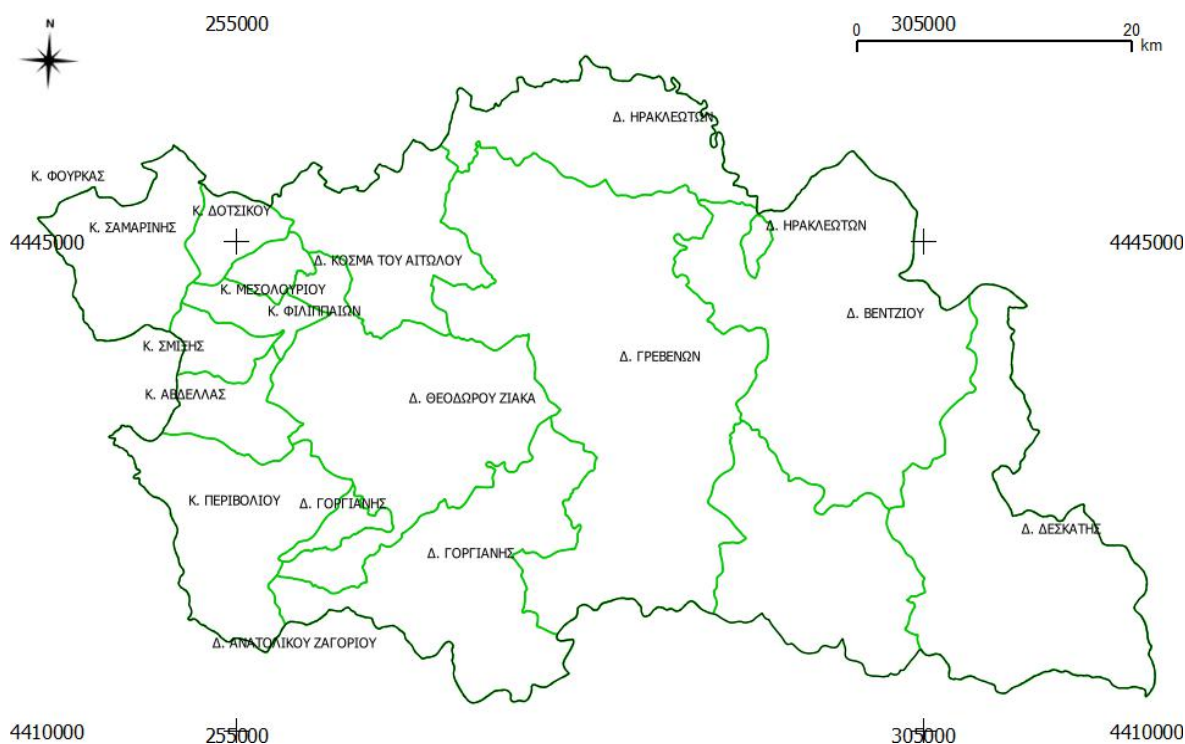
Λεπτομέρειες

| | |
|-------------------------|---|
| Άδεια: | Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0) |
| Έκδοση: | ver. 1.0 |
| Γεωγραφική Κάλυψη: | 17.515781,31.402499,33.254434,43.405801 |
| Χρονική Κάλυψη: | - |
| Μοναδικό Αναγνωριστικό: | 7a9cb4c4-f192-4df8-a6b4-1143c80ebc2d |
| Μεταδεδομένα: | Μεταδεδομένα |

Σημείο Επαφής

| | |
|--------|---|
| Τμήμα: | Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας |
|--------|---|

http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=22&Itemid=



Σχήμα 3.3.3.1.2 Τα όρια των διοικητικών διαιρέσεων 2^{ου} βαθμού.

Τα όρια των ΟΤΑ με βάση τη Νομοθετική ρύθμιση Καλλικράτης, είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr όπως φαίνεται παρακάτω.

Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα

Όρια ΟΤΑ

Περίληψη

Τα όρια των ΟΤΑ της χώρας όπως χρησιμοποιούνται από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. για λόγους απογραφής

| | |
|------------------------------|------------|
| Διάθεση: | 2010-06-28 |
| Τελευταία Ενημέρωση: | 2010-06-28 |
| Συχνότητα Ενημέρωσης: | - |

Πρόσβαση

SHP
GML
KML
Χάρτης

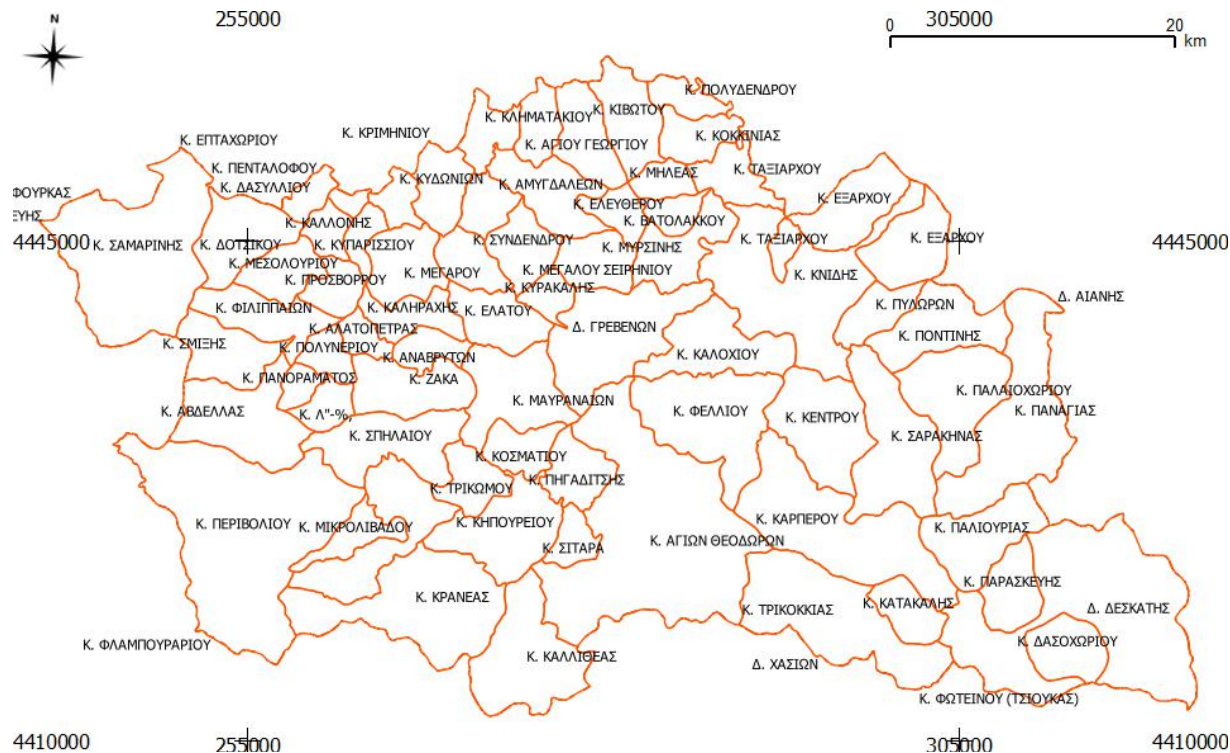
Λεπτομέρειες

| | |
|--------------------------------|---|
| Άδεια: | Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0) |
| Έκδοση: | ver. 1.0 |
| Γεωγραφική Κάλυψη: | 16.76871,30.655429,33.188516,43.339883 |
| Μοναδικό Αναγνωριστικό: | 0bf31395-659f-4538-a8aa-c782962101b5 |
| Μεταδεδομένα: | Μεταδεδομένα |

Σημείο Επαφής

[Επικοινωνήστε με το σημείο επαφής](#)

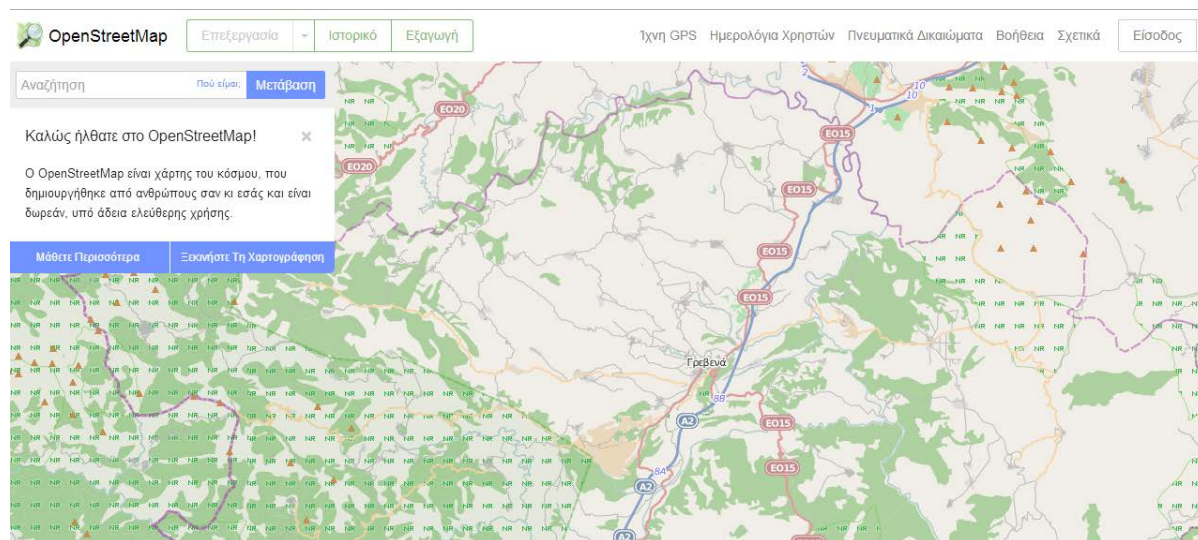
http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&&catid=21&sobi2Id=49&Itemid=



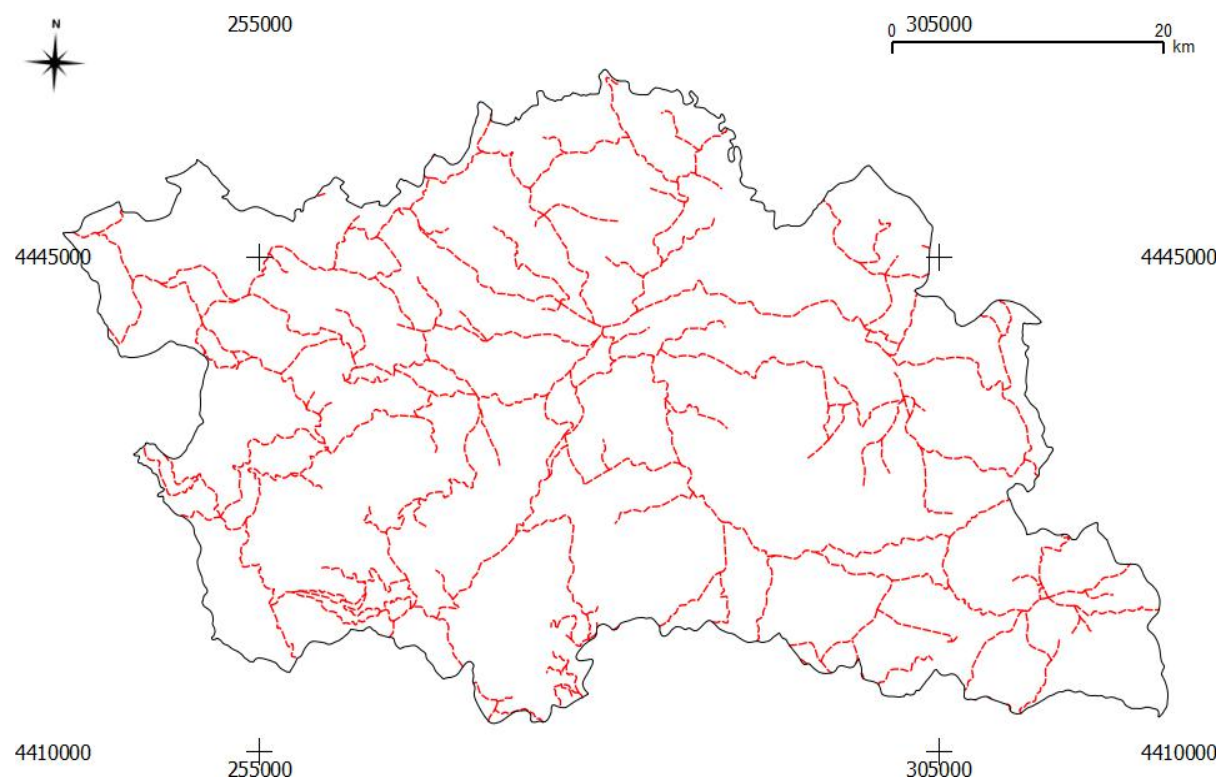
Σχήμα 3.3.3.1.3 Τα όρια των ΟΤΑ.

3.3.3.2 Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα **openstreetmap.org** όπως φαίνεται παρακάτω:



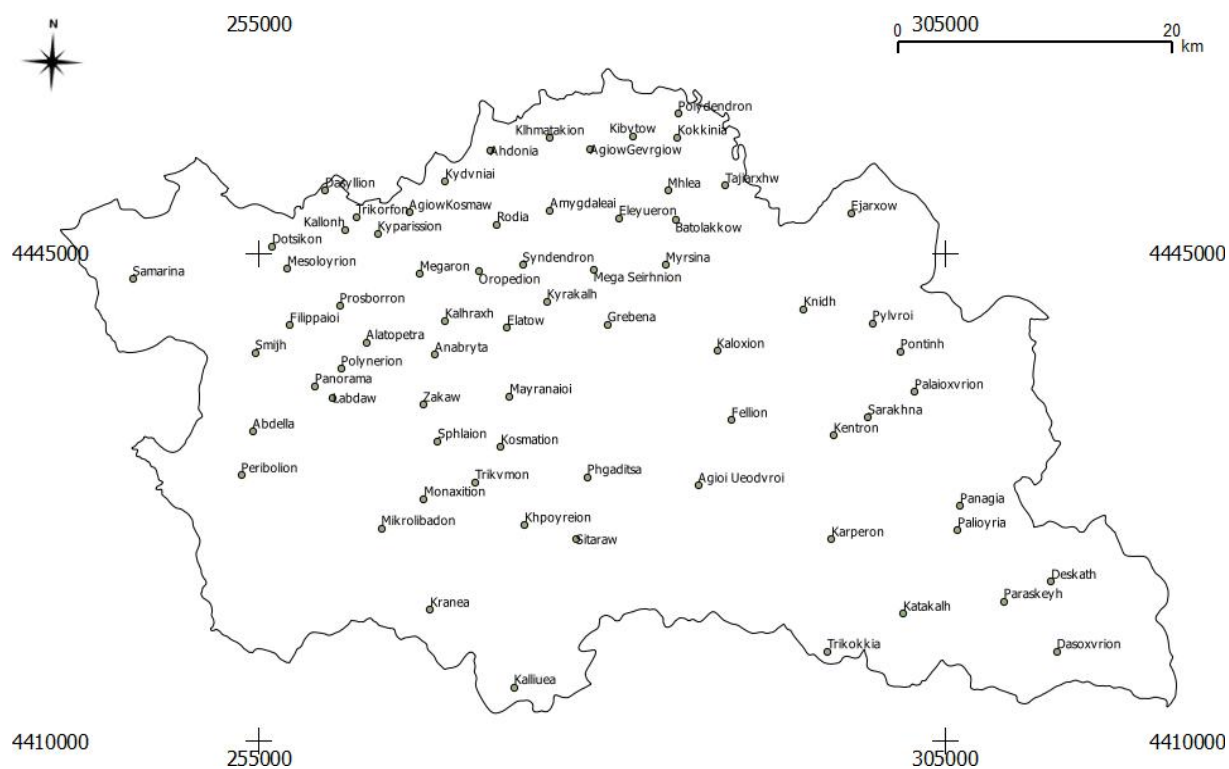
<http://www.openstreetmap.org/#map=11/40.1083/21.3849>



Σχήμα 3.3.3.2.1 Οδικό δίκτυο

3.3.3.3 Οικιστικές συγκεντρώσεις

Οι θέσεις των κύριων οικιστικών συγκεντρώσεων (σημειακό επίπεδο) όπως είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr



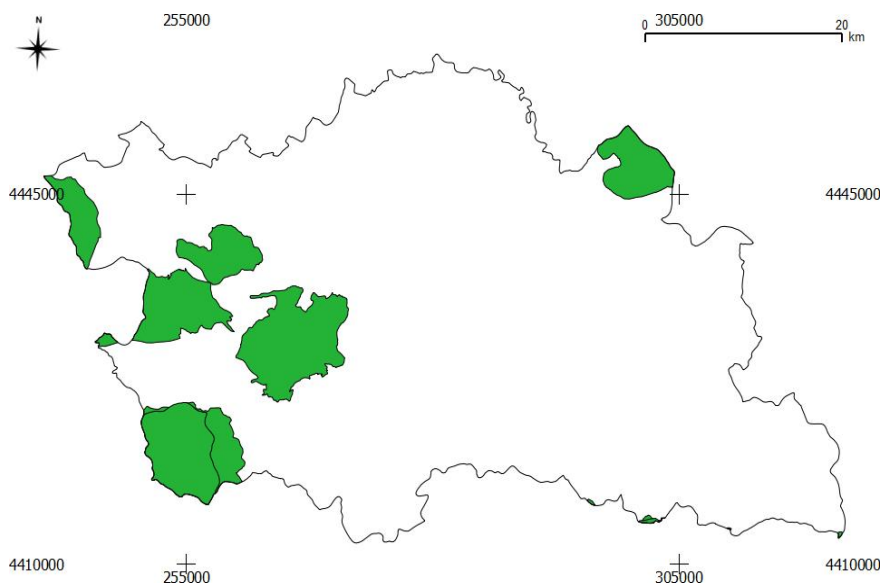
Σχήμα 3.3.3.3.1 Οικιστικές συγκεντρώσεις

3.3.3.4 Προστατευόμενες περιοχές (Natura)

Τα πολύγωνα των προστατευόμενων περιοχών (Natura), είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr όπως φαίνεται παρακάτω.

| Περίληψη | |
|--|---|
| <p>Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει σήμερα 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ), εκ των οποίων οι δύο είναι ακόμη προτεινόμενοι. Τα διατιθέμενα δεδομένα αποτελούν την έκδοση 29 (v.29) η οποία προέκυψε μετά από την επικαιροποίηση της βάσης δεδομένων Natura 2000 τον Μάιο του 2011. Οι αλλαγές στα δεδομένα τεκμηριώνονται στο έγγραφο "ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ NATURA 2000 - ΜΑΪΟΣ 2011" (http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=h4RzmKEMXHM%3d&tabid=504&language=el-GR). Τα είδη χαρακτηρισμού των Ζωνών Ειδικής Προστασίας καταγράφονται στο σχετικό έγγραφο (http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ile61%2fEm2Mc%3d&tabid=432).</p> | |
| Διάθεση: | 2011-07-27 |
| Τελευταία Ενημέρωση: | 2011-07-27 |
| Συχνότητα Ενημέρωσης: | - |
| Πρόσβαση | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> SHP GML KML Χάρτης </div> | |
| Λεπτομέρειες | |
| Άδεια: | Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0) |
| Έκδοση: | v.29 |
| Γεωγραφική Κάλυψη: | 16.944492,30.83121,32.573282,42.724649 |
| Χρονική Κάλυψη: | - |
| Μοναδικό Αναγνωριστικό: | 289263ce-04be-4e88-941c-81ea79da7169 |
| Μεταδεδομένα: | Μεταδεδομένα |
| Σημείο Επαφής | |
| Τμήμα: | Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής |

http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=18&sobi2Id=184&Itemid=



Σχήμα 3.3.3.4.1 Τα πολύγωνα των προστατευόμενων περιοχών (Natura).

3.3.3.5 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr όπως φαίνεται παρακάτω:

Υδρογραφικό δίκτυο

Περίληψη

Το αρχείο περιλαμβάνει το υδρογραφικό δίκτυο της Ελλάδας

| | |
|-----------------------|------------|
| Διάθεση: | 2010-05-13 |
| Τελευταία Ενημέρωση: | 2010-05-13 |
| Συχνότητα Ενημέρωσης: | Ετησίως |

Πρόσβαση

[SHP](#) [GML](#) [KML](#) [Χάρτης](#)

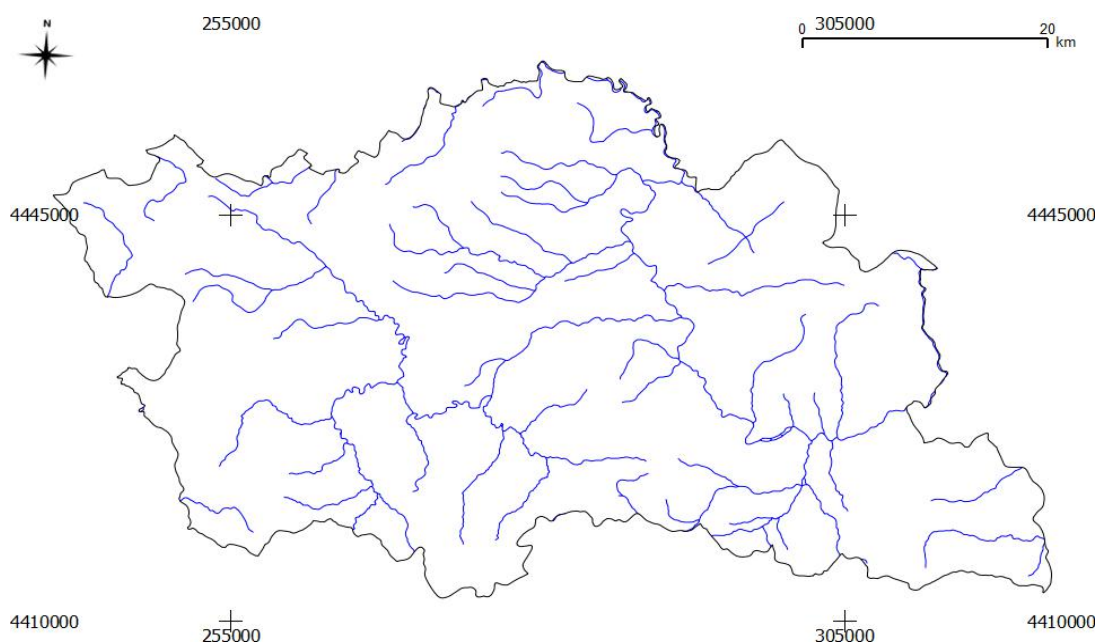
Λεπτομέρειες

| | |
|-------------------------|---|
| Άδεια: | Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0) |
| Έκδοση: | ver. 1.0 |
| Γεωγραφική Κάλυψη: | 16.76871,30.655429,33.188516,43.339883 |
| Χρονική Κάλυψη: | - |
| Μοναδικό Αναγνωριστικό: | c07a4eb3-05a7-4bd2-9c25-1f1bb2f3f281 |
| Μεταδεδομένα: | Μεταδεδομένα |

Σημείο Επαφής

[Επικοινωνήστε με το σημείο επαφής](#)

http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=18&sobi2Id=19&Itemid=



Σχήμα 3.3.3.5.1 Το υδρογραφικό δίκτυο.

3.4 Υλοποίηση των χωρικών ερωτημάτων

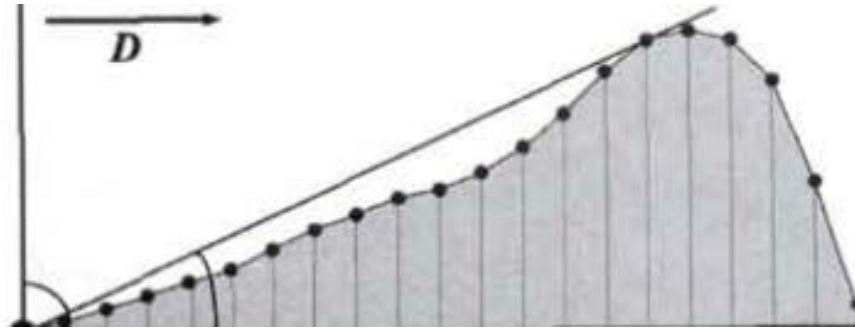
Πρώτα θα προσδιοριστούν νοηματικά (conceptualization) οι παράμετροι του προβλήματος με βάση τα διαθέσιμα γεωγραφικά δεδομένα και την ανάλυση που έχει γίνει στα δύο πρώτα κεφάλαια. Στη συνέχεια θα τυποποιηθούν (formalization) με τη μορφή είτε λογικού διαγράμματος είτε λογικών σχέσεων που πρέπει να συναληθεύουν ενώ παράλληλα θα ποσοτικοποιηθούν τα όρια των μεταβλητών είτε με βάση την ανάλυση που έγινε στα δύο πρώτα κεφάλαια είτε εμπειρικά. Στο δεύτερο στάδιο θα προχωρήσουμε στην επίλυση στο περιβάλλον QGIS.

3.4.1 Νοηματικός προσδιορισμός

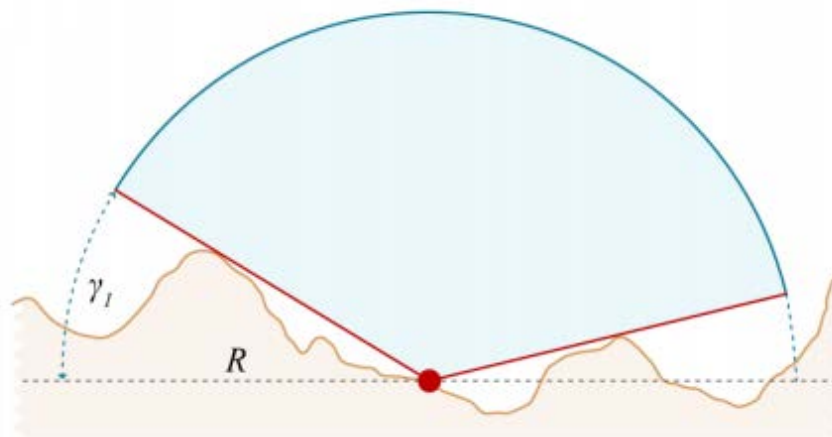
Δυνητικά οι ιδανικές θέσεις εγκατάστασης πρέπει να πληρούν πέντε βασικά κριτήρια:

α) αιολική έκθεση έτσι όπως προσδιορίζεται από το ΨΥΜΕ. Δηλαδή θα πρέπει να εντοπιστούν συγκεκριμένες παράμετροι που σχετίζονται με την αιολική έκθεση π.χ. υψόμετρο, σχετική απόσταση από τους υδροκρίτες, δείκτης openness (Yokoyama et al., 2002). Αυτοί οι δείκτες καθορίζουν το πόσο ψηλά είναι μια θέση εγκατάστασης (η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από το υψόμετρο, πόσο κοντά είναι στους υδροκρίτες που αντιπροσωπεύουν τα τοπικά μέγιστα του αναγλύφου και ποιο είναι το περίγραμμα του ελεύθερου από ορεινούς όγκους πεδίου γύρω από τη θέση εγκατάστασης. Επιπλέον αυτοί οι δείκτες θα ποσοτικοποιηθούν σε κάθε κελί του ΨΥΜΕ και θα προσδιοριστεί είτε βιβλιογραφικά είτε εμπειρικά το εύρος τιμών τους σε σχέση με το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.

Ο δείκτης openness (Yokoyama et al., 2002) προσδιορίζει τη μέση ορατότητα ως προς τις οκτώ κύριες γεωγραφικές διευθύνσεις που ορίζονται σε ένα ΨΥΜΕ. Πιο αναλυτικά ο δείκτης προσδιορίζεται σαν ορατότητα κατά μήκος της εφαπτομένης στην επιφάνεια του εδάφους σε σχέση με μια συγκεκριμένη κύρια γεωγραφική διεύθυνση (B, BA, A, NA, N, NΔ, Δ, ΒΔ). Η μέγιστη ορατότητα κατά μήκος αυτής της διεύθυνσης προβάλλεται στο επίπεδο ΧΨ και εκφράζεται σε χιλιόμετρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4.1.1 και 3.4.1.2.



Σχήμα 3.4.1.1 Ο δείκτης openness ορίζεται σαν η οριζόντια προβολή (απόσταση) της ορατότητας κατά μήκος μια συγκεκριμένης διεύθυνσης (ένα αζιμούθιο από 0 έως 360 μοίρες).



Σχήμα 3.4.1.2. Ο δείκτης openness διαφέρει κατά μήκος αντιδιαμετρικών διευθύνσεων (δύο αζιμούθια, που διαφέρουν κατά 180 μοίρες).

β) περιβαλλοντικοί περιορισμοί που έχουν σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές στις οποίες δυνητικά απαγορεύεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, με καλύψεις-χρήσεις γης έτσι όπως προκύπτουν από το σύστημα γεωταξινόμησης Corine και φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων Landsat-δείκτες βλάστησης. Άρα θα πρέπει να προσδιοριστούν βιβλιογραφικά ή εμπειρικά με ποιες καλύψεις-χρήσεις γης δεν είναι συμβατή η εγκατάσταση αιολικού πάρκου στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

γ) Οικιστικοί περιορισμοί που έχουν σχέση με την προστασία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και της αισθητικής του τοπίου. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να εκφραστούν σαν απόσταση X από οικισμούς, σαν απαγόρευση εγκατάστασης κοντά σε παραδοσιακούς οικισμούς ή περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, ή και σαν

όχληση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων όπως απαγόρευση εγκατάστασης σε βοσκότοπους κ.α.

δ) Το οικονομικό κόστος εγκατάστασης που είναι συνάρτηση της ύπαρξης ή μη οδικού δικτύου ή της απόστασης από το υπάρχον οδικό δίκτυο και της κλίσης του εδάφους που καθορίζει τη βατότητα (μεγάλες κλίσεις μπορεί να είναι απαγορευτικές για την προσβασιμότητα των οχημάτων μεταφοράς του εξοπλισμού).

ε) Το Νομοθετικό πλαίσιο προσδιορίζει με απόλυτο τρόπο τις ζώνες εγκατάστασης.

3.4.2 Τυποποίηση

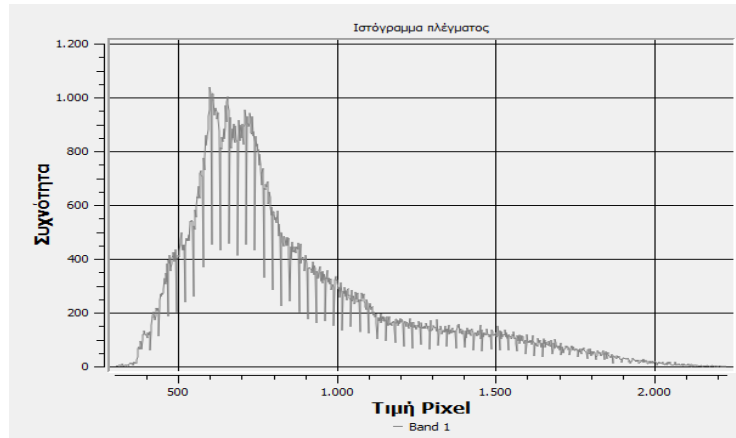
Η τυποποίηση εφόσον έχει προσδιοριστεί στο νοηματικό πλαίσιο, ποσοτικοποιεί τις επιμέρους χωρικές σχέσεις στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Η ποσοτικοποίηση συνθέτει τις πλεγματικές εικόνες ή/και τα διανυσματικά δεδομένα και εκφράζει τις λεκτικές εκφράσεις (μακριά από οικισμούς, εκτός ζωνών NATURA, σε περιοχές με μεγάλη αιολική έκθεση, κ.α.) με αριθμητικά δεδομένα στο περιβάλλον της περιοχής μελέτης.

Με βάση τα πέντε νοηματικά βασικά κριτήρια η τυποποίηση έχει ως εξής:

A) ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ:

Η ποσοτικοποίηση θα γίνει με βάση το ΨΥΜΕ που έχουμε διαθέσιμο και έχει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά (χωρική διακριτική ικανότητα και ακρίβεια). Προφανώς αν χρησιμοποιηθεί ΨΥΜΕ μεγαλύτερης διακριτικής ικανότητας και μεγαλύτερης ακρίβειας τα αποτελέσματα θα είναι διαφορετικά. Το βασικό κριτήριο είναι το υψόμετρο γιατί όσο αυξάνει το υψόμετρο τόσο αυξάνει η ταχύτητα του ανέμου. Ένα άλλο κριτήριο αφορά το ελεύθερο πεδίο που υπάρχει γύρω από μια δυνητική θέση εγκατάστασης (openness). Όσο πιο μεγάλης έκτασης είναι το ελεύθερο πεδίο τόσο μεγιστοποιείται η αιολική έκθεση. Πολύ σημαντικός παράγοντας είναι και η διεύθυνση των ανέμων σε μια περιοχή στη διάρκεια του έτους γιατί προσδιορίζει τις προσήνεμες θέσεις στο Νομό.

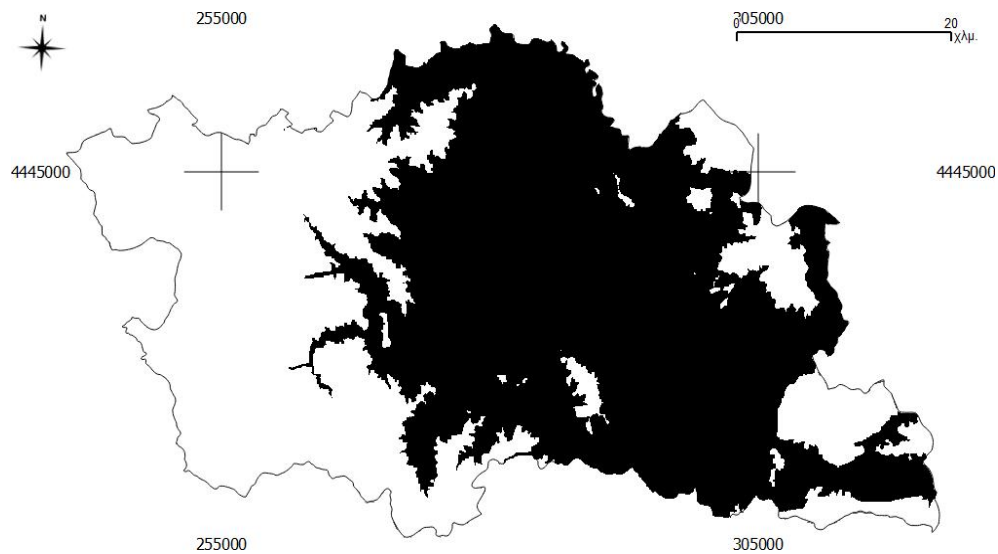
Η διακύμανση του υψομέτρου στο Νομό είναι μεταξύ 100 και 2200 μέτρων και προκειμένου να οπτικοποιήσουμε το ανάγλυφο, με εμπειρικό τρόπο (trial and error) απεικονίζουμε τις περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο από 800 μέτρα.



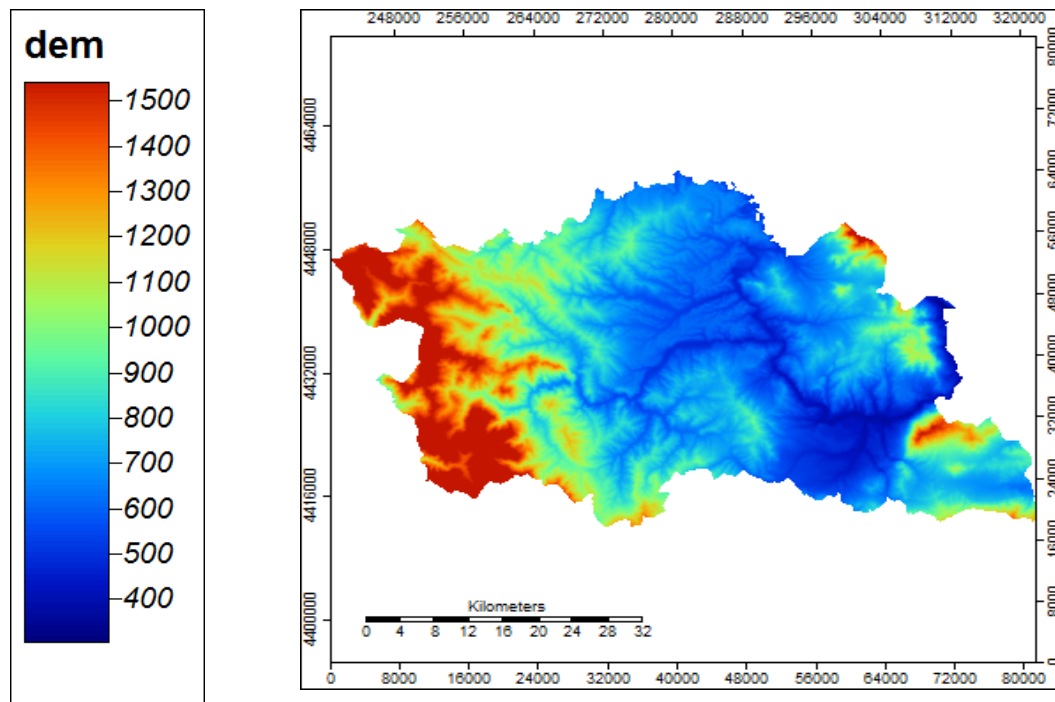
Σχήμα 3.4.2.1 Το ιστόγραμμα των τιμών υψομέτρου.

Κατά αυτόν τον τρόπο και με βάση ιστόγραμμα (3.4.2.1) προσδιορίζουμε τις περιοχές που έχουν μικρό υψόμετρο τις οποίες συνήθως έχουμε παραγωγικές δραστηριότητες και οικιστικές χρήσεις.

Η υλοποίηση του περιορισμού χαρτογραφεί τις παραπάνω ζώνες.



Σχήμα 3.4.2.2 Οι λευκές ζώνες υποδηλώνουν ότι το υψόμετρο είναι μεγαλύτερο από 800 μέτρα.



Σχήμα 3.4.2.3 Απεικόνιση του ΨΥΜΕ με διαφορετικά χρώματα προκειμένου να κατανοηθεί το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.

Το υψόμετρο δεν είναι ο μόνος καθοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Καθοριστικοί παράγοντες είναι και ο ανοιχτός χώρος που υπάρχει γύρω από τις θέσεις εγκατάστασης γιατί υποδηλώνει την περιοχή δράσης των ανέμων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ανοιχτός χώρος τόσο επιδεκτικότερη είναι η περιοχή στη δράση των ανέμων. Επιπλέον καθοριστικός παράγον είναι και η μέση ετήσια διεύθυνση στην οποία μεγιστοποιείται η δράση των ανέμων σε μια περιοχή (wind effect). Για παράδειγμα για το Νομό Γρεβενών η μέγιστη μέση ετήσια ένταση των ανέμων μεγιστοποιείται μεταξύ των διευθύνσεων Δύσης και Βορρά.

Σήμερα στα σύγχρονα περιβάλλοντα γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS) υπάρχουν γεωμορφομετρικοί παράμετροι που προσδιορίζουν τον ανοιχτό χώρο κάθε σημείου του ΨΥΜΕ (openness) και την αιολική έκθεση σαν συνάρτηση της διεύθυνσης κατά μήκος της οποίας μεγιστοποιείται η μέση ετήσια ένταση των ανέμων. Ένα τέτοιο λογισμικό περιβάλλον είναι το SAGA GIS που είναι διαθέσιμο στην διεύθυνση (<http://sourceforge.net/projects/saga-gis/>). Η μεθοδολογία προσδιορισμού του openness βασίστηκε στην τεχνική που πρότεινε για πρώτη φορά οι Yokoyama et al, (2002) που καθορίζει το σχετικό openness με ποσοτικό τρόπο σε μια γειτονιά 360

μοιρών γύρω του κάθε σημείου του ΨΥΜΕ. Κατά αυτόν τον τρόπο όλα τα σημεία του ΨΥΜΕ διατάσσονται κατά αύξουσα σειρά ανάλογα με το εμβαδό του ανοιχτού χώρου που υπάρχει τριγύρω. Το wind effect προσδιορίζεται με βάση την τεχνική που πρότεινε οι Winstrall et al, (1999) η οποία προϋποθέτει τον καθορισμό ενός εύρους διευθύνσεων και θεωρεί σταθερή ένταση των ανέμων τόσο καθ' ύψος όσο και κατά μήκος διαφορετικών διευθύνσεων. Δηλαδή το openness και wind effect προσδιορίζονται με βάση μόνο τη γεωμετρία του αναγλύφου και τα γεωμετρικά ανεμολογικά δεδομένα. Αυτές οι εκτιμήσεις είναι πολύ χρήσιμες στο στάδιο της προμελέτης για την προεπιλογή των αρχικών θέσεων εγκατάστασης. Στο επόμενο στάδιο γίνεται εγκατάσταση μετρητικών σταθμών στις θέσεις εγκατάστασης για να προσδιοριστεί με απόλυτο τρόπο η αιολική έκθεση στην διάρκεια ενός έτους.

β) Περιορισμοί με βάση τη χωροθέτηση των Προστατευόμενων περιοχών στο Νομό. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση θα αποκλειστεί η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στις προστατευόμενες περιοχές (σχήμα 3.3.3.4.1).

γ) Θα αποκλειστούν συγκεκριμένες καλύψεις-χρήσεις γης που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης (πίνακας 3.3.2). Οι καλύψεις γης-χρήσεις γης στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών με βάση την εμπειρική γνώση και τις προτεραιότητες που θέτουμε, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.4.2.1 Οι γραμμοσκιασμένες καλύψεις γης, είναι ζώνες στις οποίες δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

| 1 ^η τάξη | 2 ^η τάξη | 3 ^η τάξη | CLC | % |
|-------------------------------|---|--|-----|---------------|
| Artificial surfaces | Urban fabric | Discontinuous urban fabric | 2 | 0.306 |
| Agricultural areas | Arable land | Non-irrigated arable land | 12 | 20.121 |
| | Permanent crops | Vineyards | 15 | 0.028 |
| | Pastures | Pastures | 18 | 0.225 |
| | Heterogeneous Agricultural areas | Complex cultivation patterns | 20 | 1.151 |
| Forest and semi natural areas | Forests | Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation | 21 | 13.478 |
| | | Broad-leaved forest | 23 | 20.917 |
| | | Coniferous forest | 24 | 8.684 |
| | Scrub and/or herbaceous vegetation associations | Mixed forest | 25 | 5.202 |
| | | Natural grasslands | 26 | 8.256 |
| | | Sclerophyllous vegetation | 28 | 6.590 |
| | | Transitional woodland-shrub | 29 | 13.987 |

| | | | | |
|--------------|--|--------------------------|----|--------------|
| | Open spaces with little or no vegetation | Beaches, dunes, sands | 30 | 0.338 |
| | | Sparsely vegetated areas | 32 | 0.154 |
| Wetlands | Inland wetlands | Inland marshes | 35 | 0.116 |
| Water bodies | Inland waters | Water courses | 40 | 0.448 |

δ) Θα ενσωματωθούν ενδεικτικά περιορισμοί που προκύπτουν από το Νομοθετικό πλαίσιο (απόσταση από οικισμούς, απόσταση από οδικό δίκτυο κ.α.). Πιο συγκεκριμένα η απόσταση από τους οικισμούς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από Χ μέτρα όπως φαίνεται στον πίνακα (2.6.3.4) και της απόστασης από το οδικό δίκτυο πρέπει να είναι μεγαλύτερη από Ψ μέτρα σύμφωνα με τον πίνακα (2.6.3.1).

ε) Θα εκτιμηθεί το κόστος σαν συνάρτηση της κλίσης του εδάφους (βατότητα) και της απόστασης από το οδικό δίκτυο.

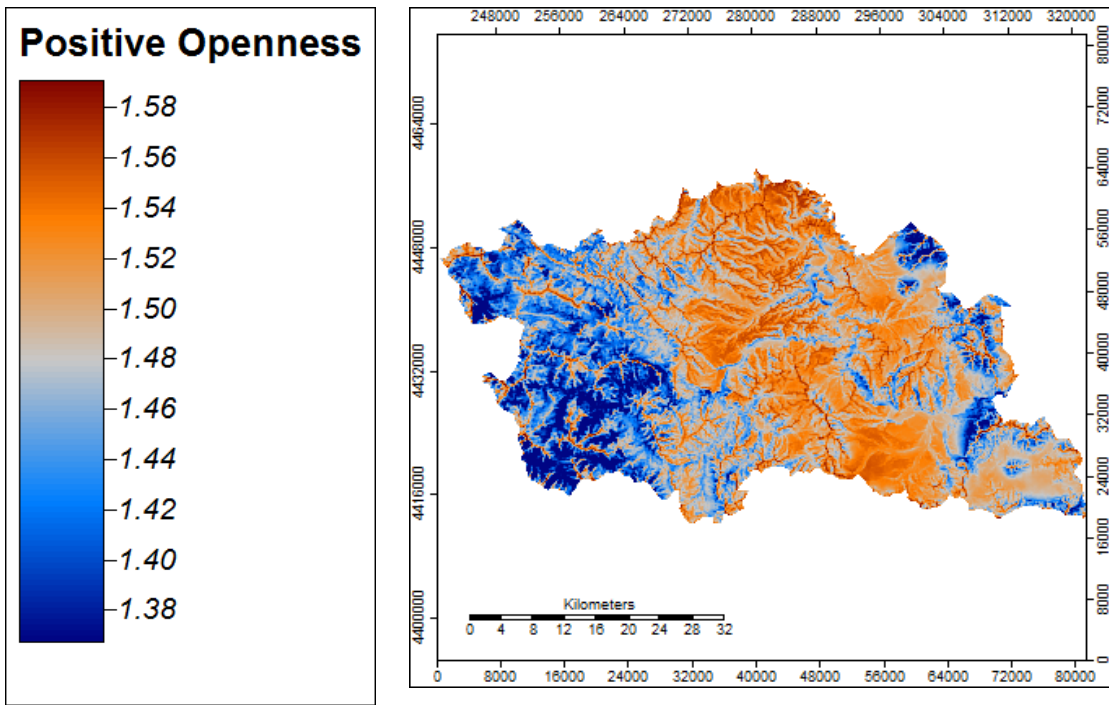
3.4.3 Υλοποίηση στο περιβάλλον QGIS και SAGA GIS

Δυνητικά οι ιδανικές θέσεις εγκατάστασης πρέπει να πληρούν πέντε βασικά κριτήρια:

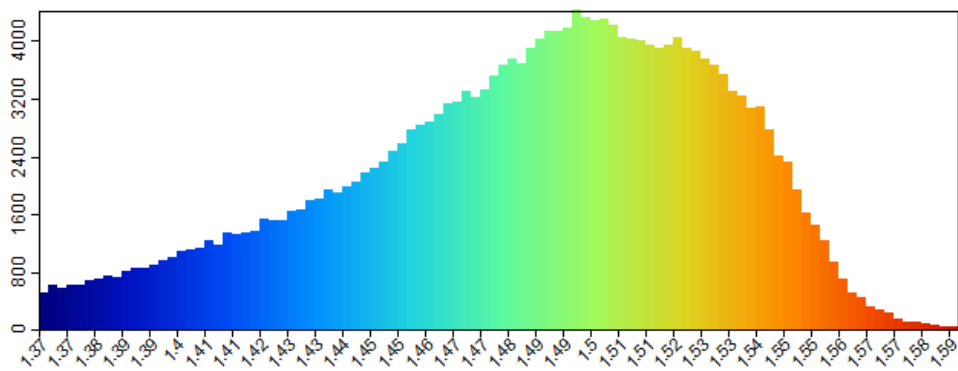
Συνθήκη 1. Αιολική έκθεση σαν συνάρτηση της μεγιστοποίησης του openness και του wind effect.

Αιολική έκθεση έτσι όπως προσδιορίζεται από το ΨΥΜΕ. Δηλαδή θα πρέπει να εντοπιστούν συγκεκριμένες παράμετροι που σχετίζονται με την αιολική έκθεση π.χ. υψόμετρο, σχετική απόσταση από τους υδροκρίτες, δείκτης openness. Αυτοί οι δείκτες καθορίζουν το πόσο ψηλά είναι μια θέση εγκατάστασης (η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από το υψόμετρο, πόσο κοντά είναι στους υδροκρίτες που αντιπροσωπεύουν τα τοπικά μέγιστα του αναγλύφου και ποιο είναι το περίγραμμα του ελεύθερου από ορεινούς όγκους πεδίου γύρω από τη θέση εγκατάστασης. Επιπλέον αυτοί οι δείκτες να ποσοτικοποιηθούν σε κάθε κελί του ΨΥΜΕ και να προσδιοριστεί είτε βιβλιογραφικά είτε εμπειρικά το εύρος τιμών τους σε σχέση με το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.

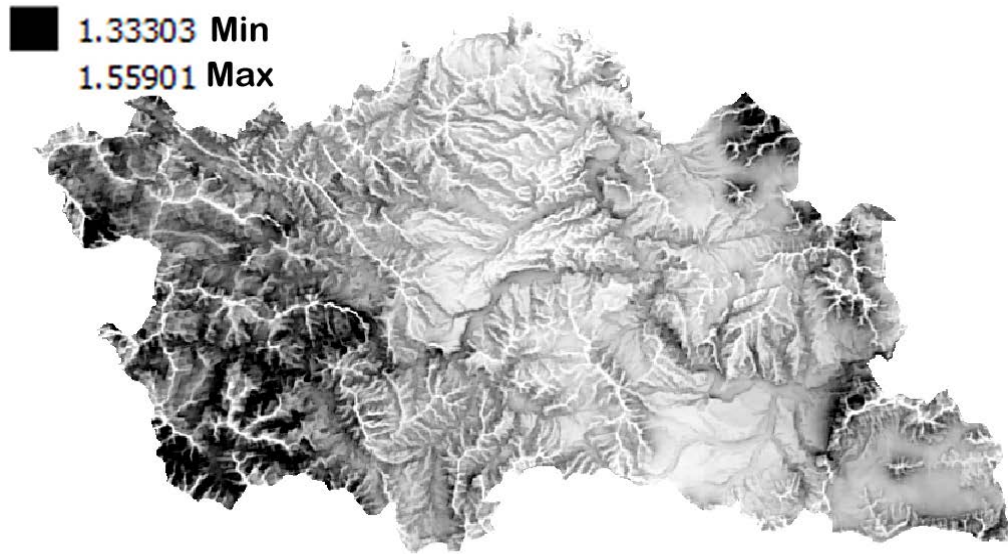
Πρώτα θα καθοριστούν ζώνες με μεγάλο openness. Στο σχήμα 3.4.3.1 απεικονίζεται η εικόνα του openness για το Νομό Γρεβενών, ακολουθεί το ιστόγραμμα (σχήμα 3.4.3.2) απεικόνιση με διαβαθμίσεις του γκριζου (σχήμα 3.4.3.3) και σχετικώς – εμπειρικός προσδιορισμός των περιοχών στις οποίες μεγιστοποιείται το openness (σχήμα 3.4.3.4).



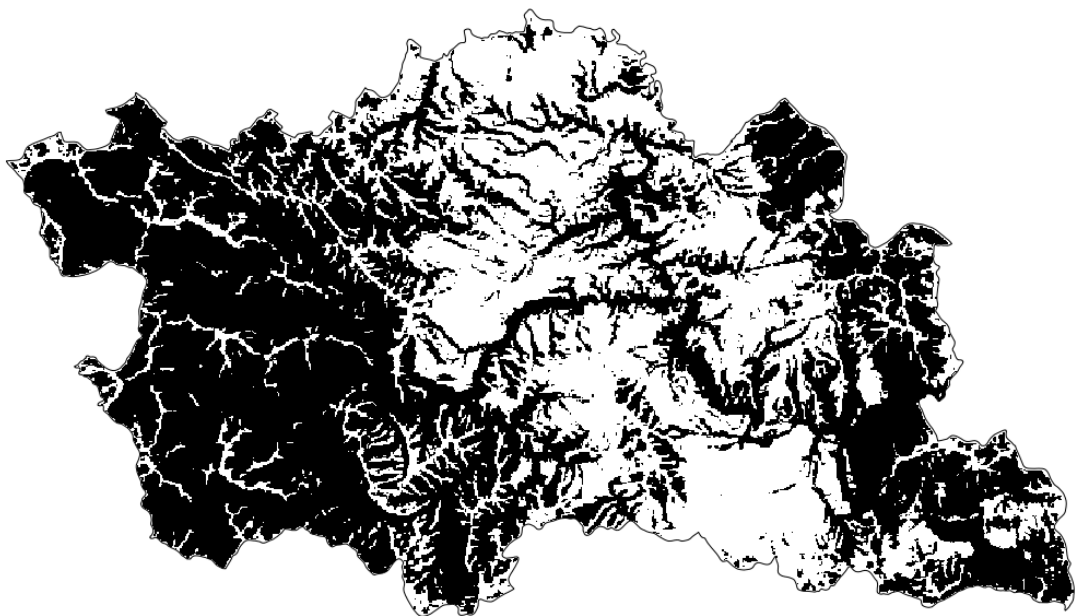
Σχήμα 3.4.3.1 Openness για το Νομό Γρεβενών.



Σχήμα 3.4.3.2 Ιστόγραμμα Openness για το Νομό Γρεβενών.



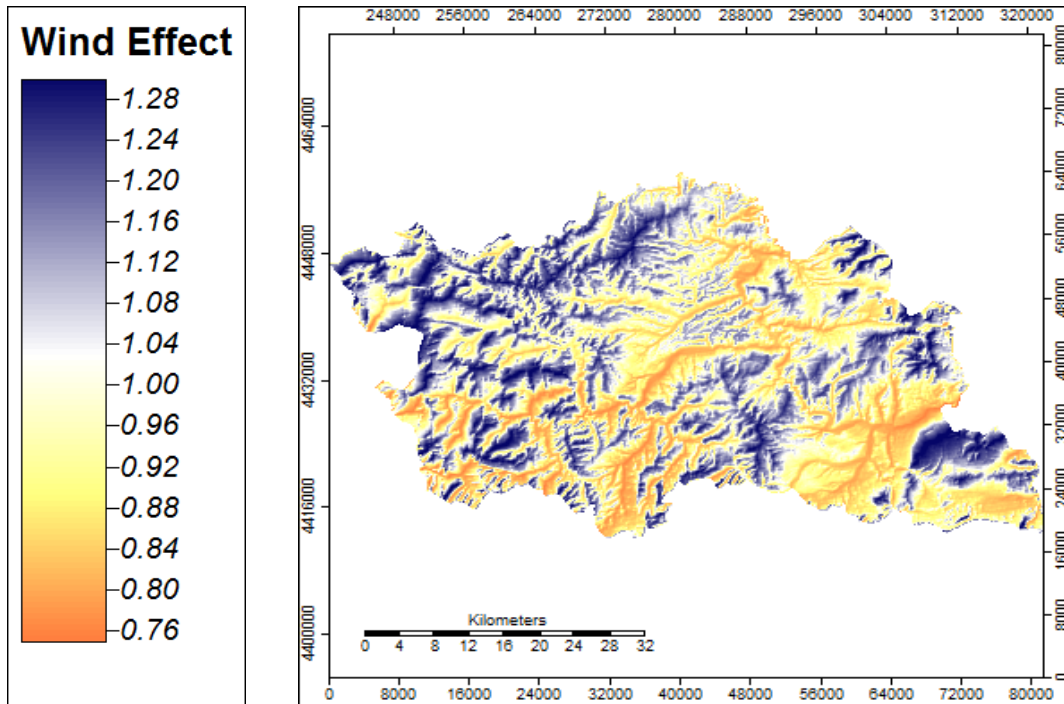
Σχήμα 3.4.3.3 Openness για το Νομό Γρεβενών με διαβαθμίσεις του γκρίζου.



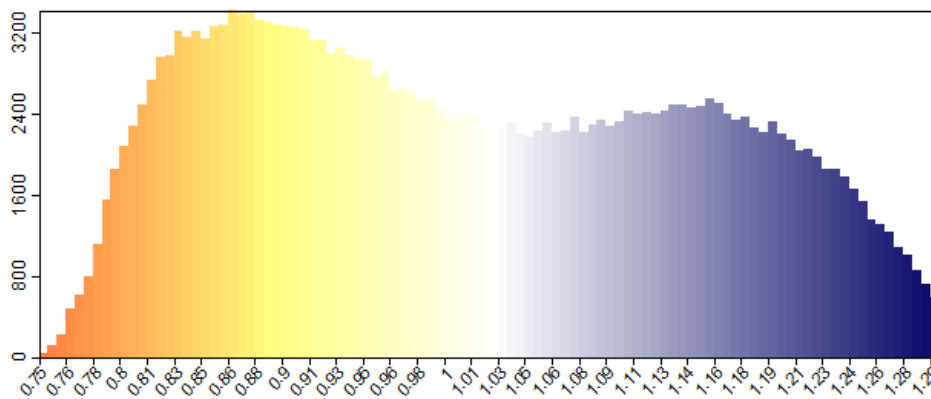
Σχήμα 3.4.3.4 Καθορισμός των περιοχών με openness >1.50 (λευκές ζώνες).

Μετά θα καθοριστούν ζώνες με μεγάλο wind effect για τη διεύθυνση Βορράς - Δύση. Στο σχήμα 3.4.3.5 απεικονίζεται η εικόνα της έκθεσης στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ για το Νομό Γρεβενών, ακολουθεί το ιστόγραμμα (σχήμα 3.4.3.6) απεικόνιση με διαβαθμίσεις του γκρίζου (σχήμα 3.4.3.7) και σχετικός – εμπειρικός προσδιορισμός των περιοχών στις οποίες μεγιστοποιείται το wind effect (σχήμα 3.4.3.8). Στο σχήμα

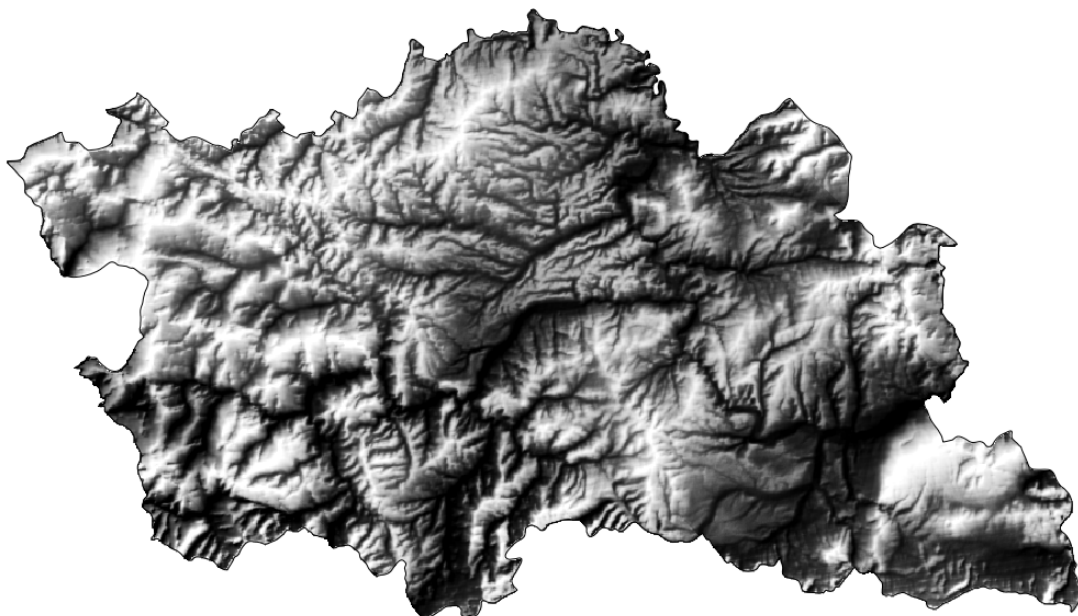
3.4.3.9 υποδηλώνονται οι περιοχές στις οποίες μεγιστοποιείται το wind effect όσο και το oropness. Δηλαδή ικανοποιείται η συνθήκη A1 στις λευκές ζώνες του σχήματος 3.4.3.9.



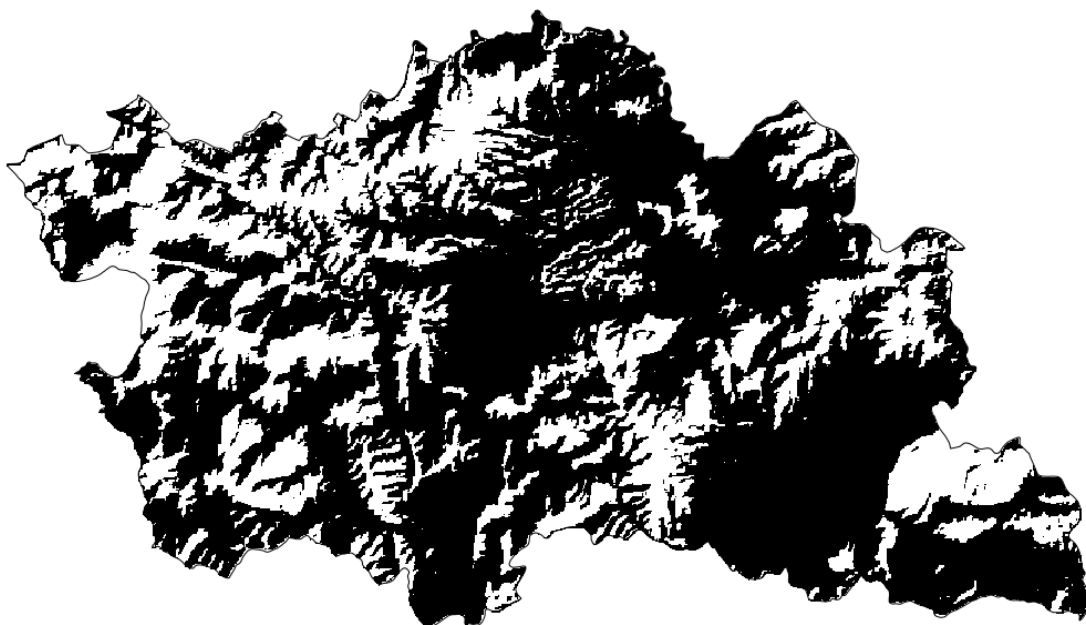
Σχήμα 3.4.3.5 Έκθεση στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ



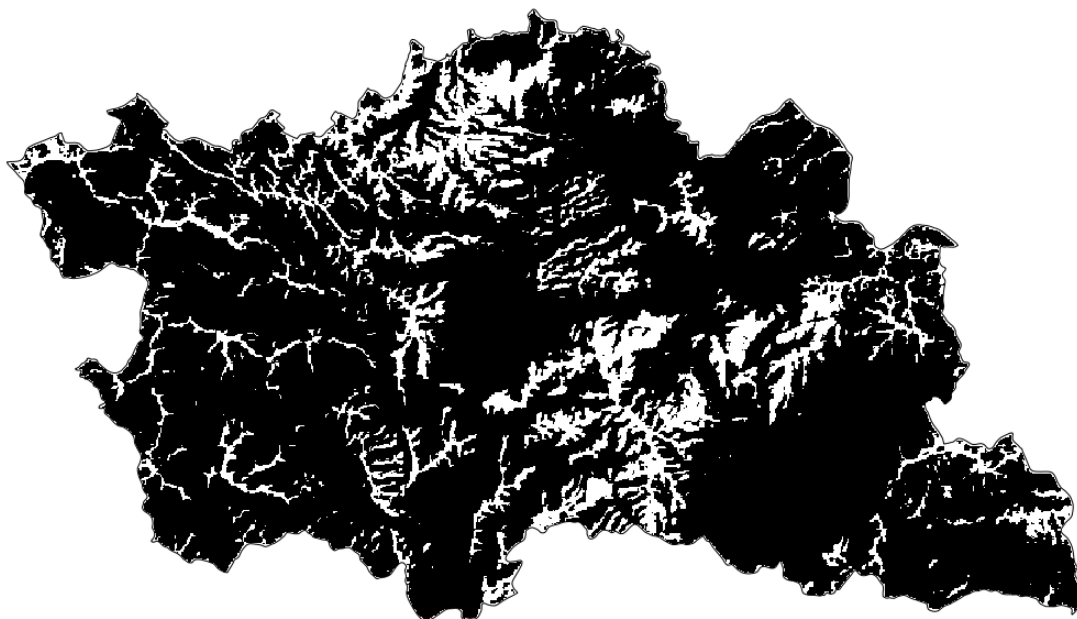
Σχήμα 3.4.3.6 Ιστόγραμμα της έκθεσης στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ



Σχήμα 3.4.3.7 Έκθεση στον άνεμο για διεύθυνση Β-Δ με διαβαθμίσεις του γκρίζου.

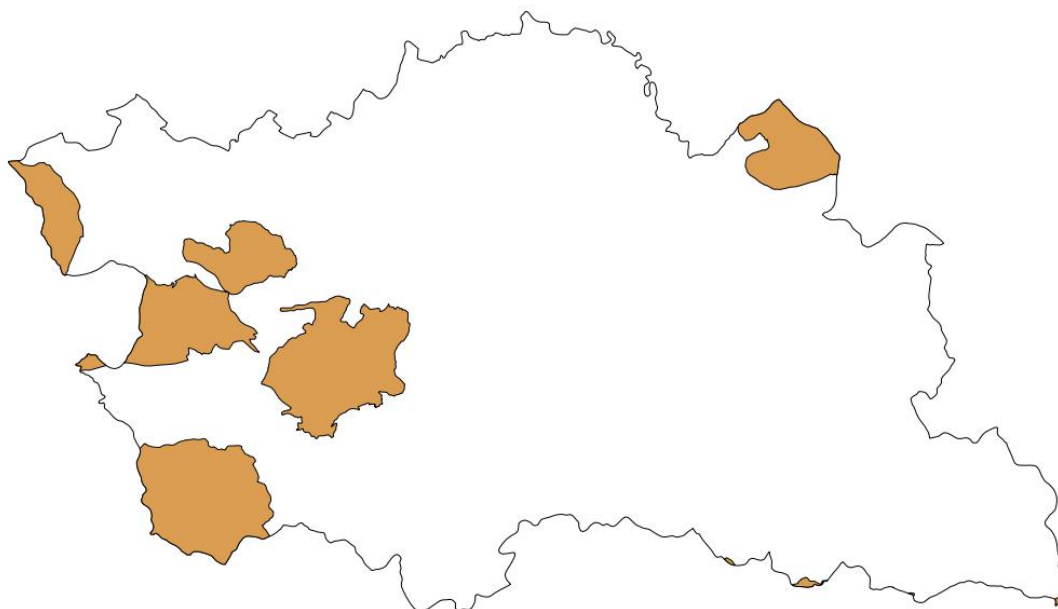


Σχήμα 3.4.3.8 Περιοχές με wind effect >1.50 (λευκές ζώνες), δηλαδή ζώνες μεγιστοποίησης του wind effect.

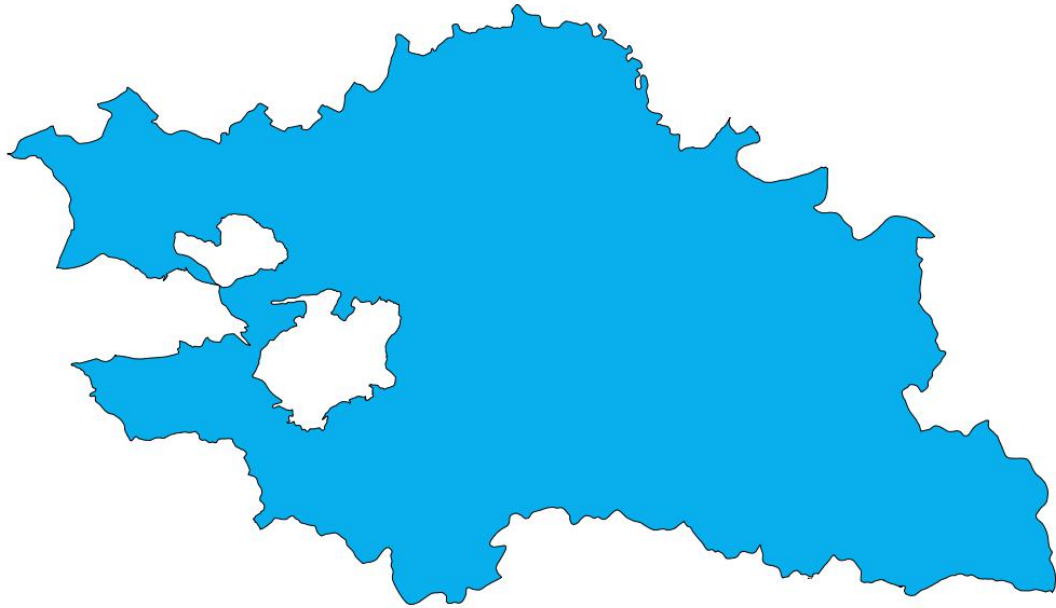


Σχήμα 3.4.3.9 Συναλήθευση των συνθηκών Openness και Wind effect. Δηλαδή στις λευκές ζώνες ικανοποιείται η συνθήκη A1.

Συνθήκη 2. Αποκλεισμός των προστατευόμενων περιοχών NATURA



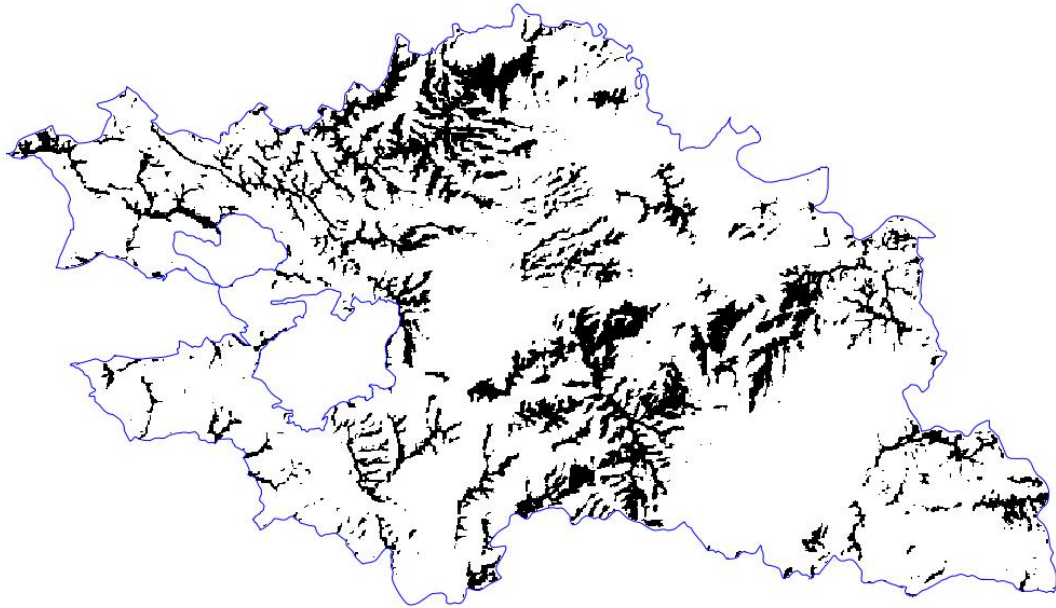
Σχήμα 3.4.3.10 Τα πολύγωνα των προστατευομένων περιοχών NATURA σε υπέρθεση στα όρια του νομού.



Σχήμα 3.4.3.11. Η διαφορά (αφαίρεση) των πολύγωνα των προστατευομένων περιοχών NATURA από το πολύγωνο του νομού (Συνθήκη 2).

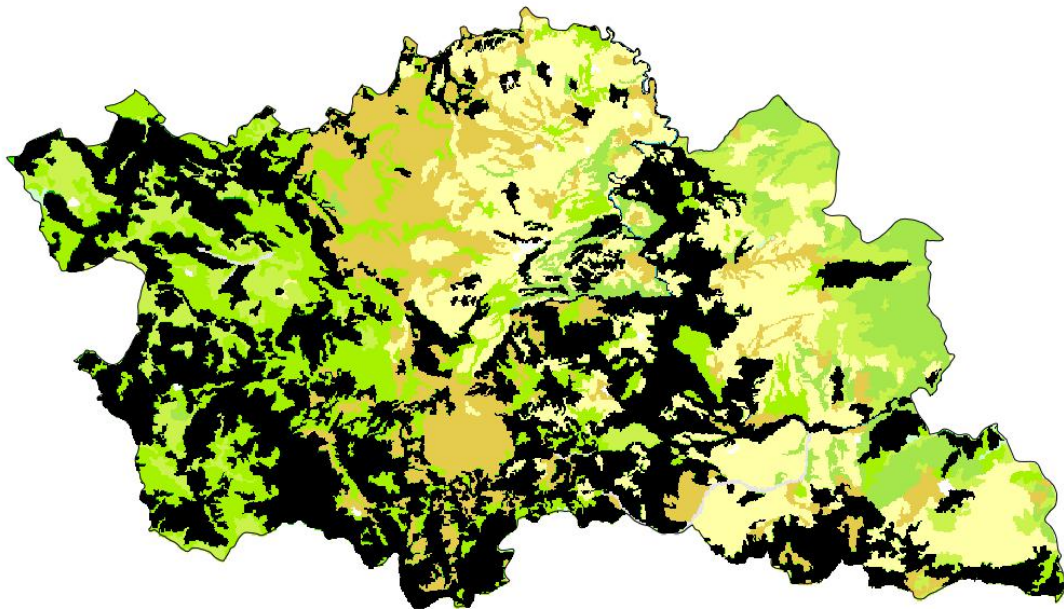


Σχήμα 3.4.3.12. Η συνθήκη 2 (πολύγωνο διαφοράς) σε υπέρθεση στην πλεγματική εικόνα της συνθήκης 1 (αιολική έκθεση).

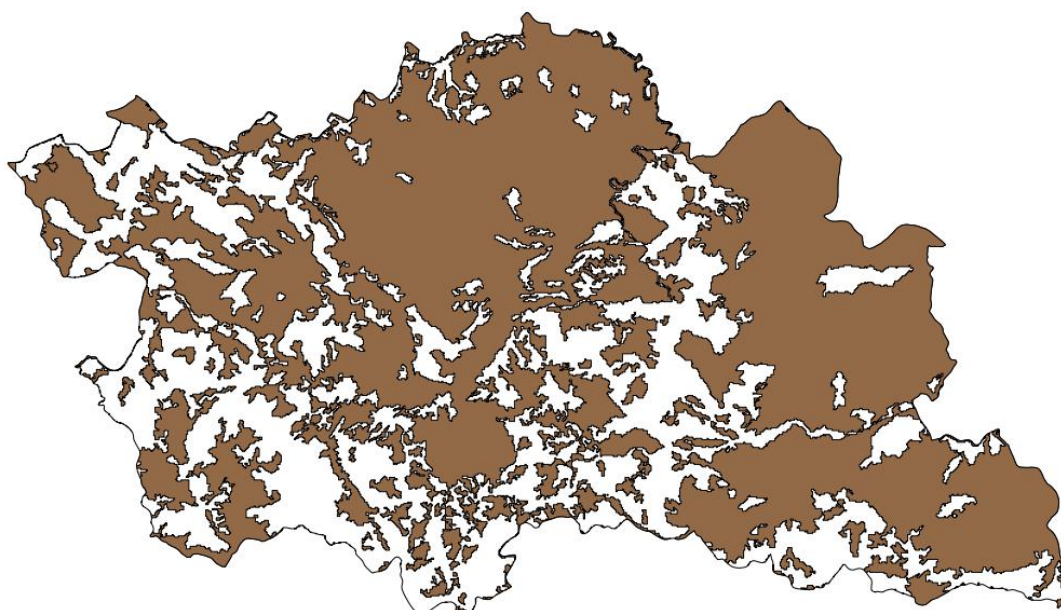


Σχήμα 3.4.3.13 Η Εφαρμογή της συνθήκης 2 (προστατευόμενες περιοχές) στην συνθήκη 1 (αιολική έκθεση) και σε υπέρθεση το περίγραμμα της συνθήκης 2.

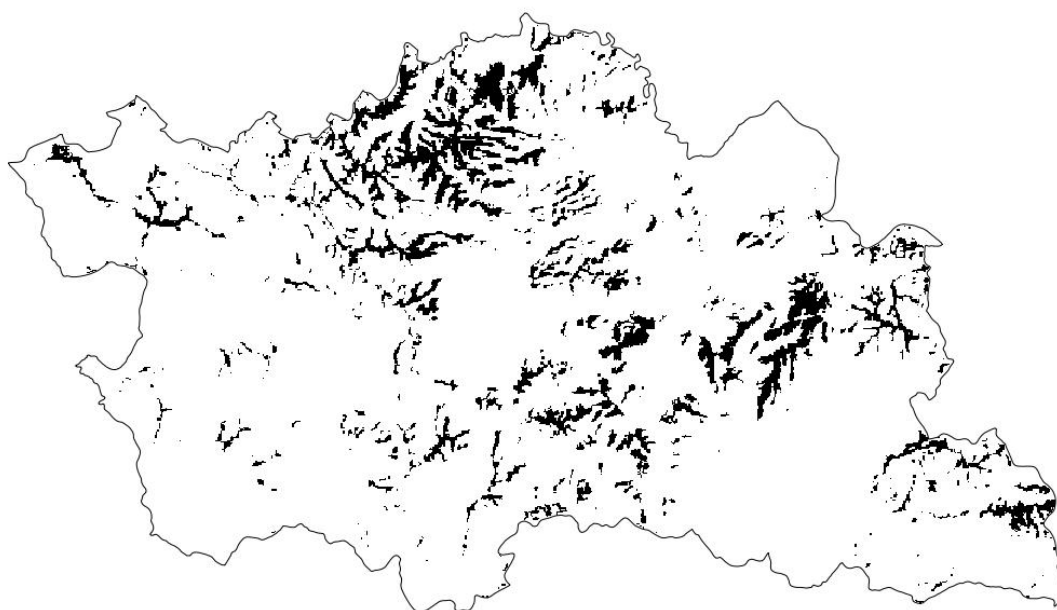
Συνθήκη 3. Θεώρηση ενός υποσυνόλου του Corine με βάση τον Πίνακα 3.3.2.1



Σχήμα 3.4.3.14. Οι καλύψεις γης Corine και σε υπέρθεση οι καλύψεις γης που έχουν εξαιρεθεί που απεικονίζονται με μαύρο.



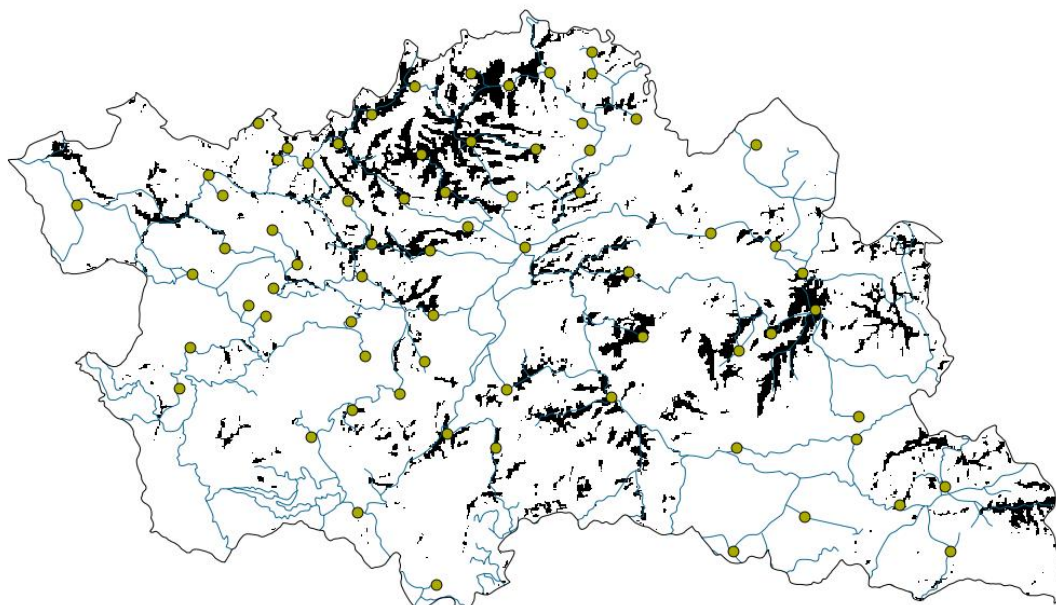
Σχήμα 3.4.3.15. Οι καλύψεις γης Corine που συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη καθορίζουν τα όρια των έγχρωμων πολυγώνων.



Σχήμα 3.4.3.16 Η εφαρμογή της 3^{ης} συνθήκης συνδυαστικά με την 2^η και 1^η συνθήκη προσδιορίζει τα μαύρα εικονοστοιχεία στα οποία οι 3 συνθήκες συναληθεύουν.

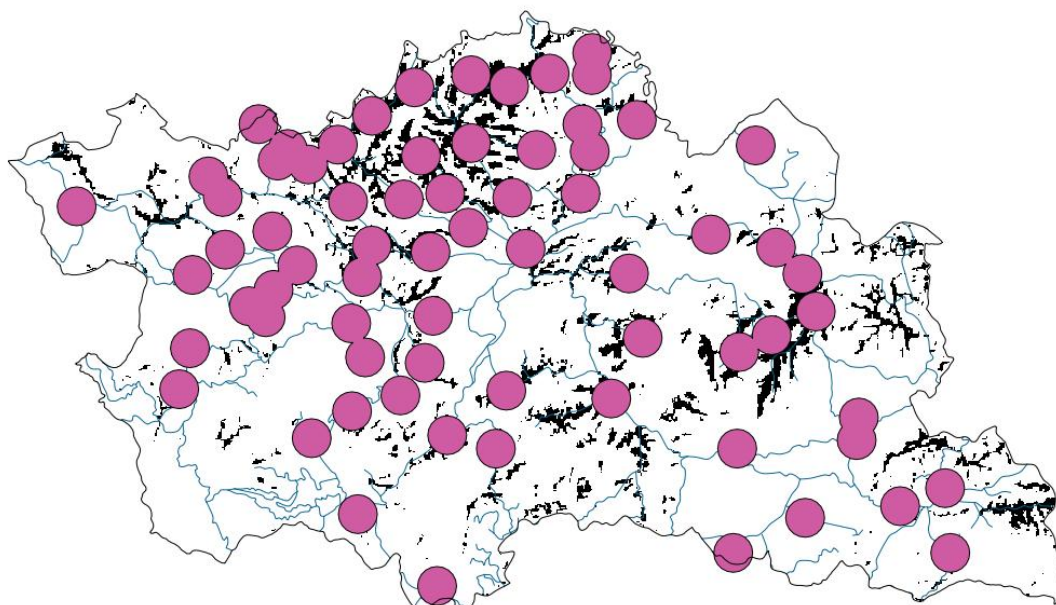
Συνθήκη 4. Απόσταση από οικισμούς και οδικό δίκτυο < 1500 μέτρα.

Στην παρακάτω εικόνα γίνεται υπέρθεση των οικισμών και του οδικού δικτύου, στην επίλυση που προκύπτει από τις συνθήκες 1,2 και 3.

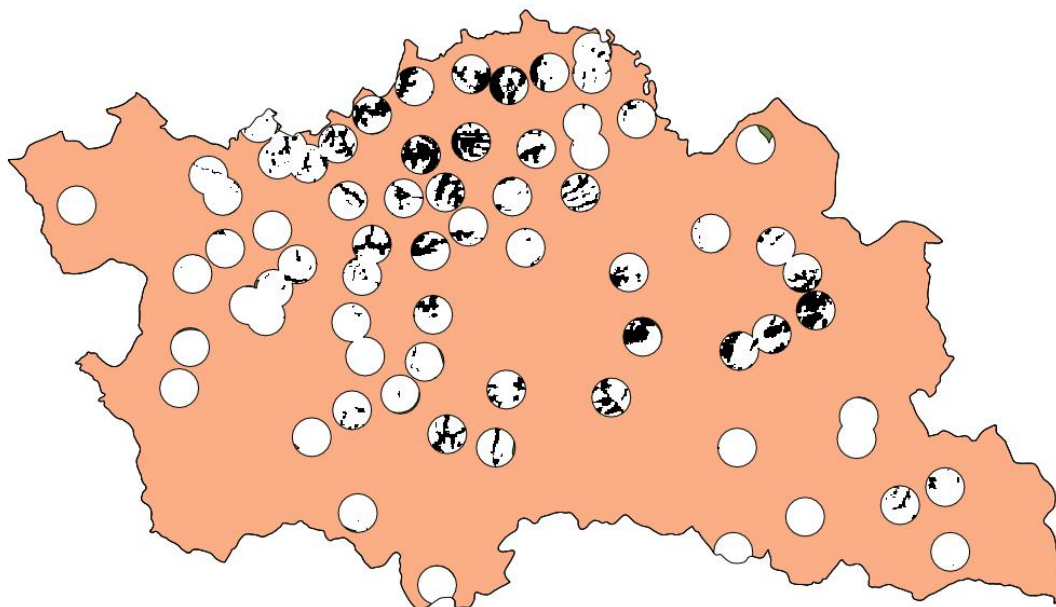


Σχήμα 3.4.3.17. Υπέρθεση του οδικού δικτύου και των κυρίων οικιστικών συγκεντρώσεων στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία)

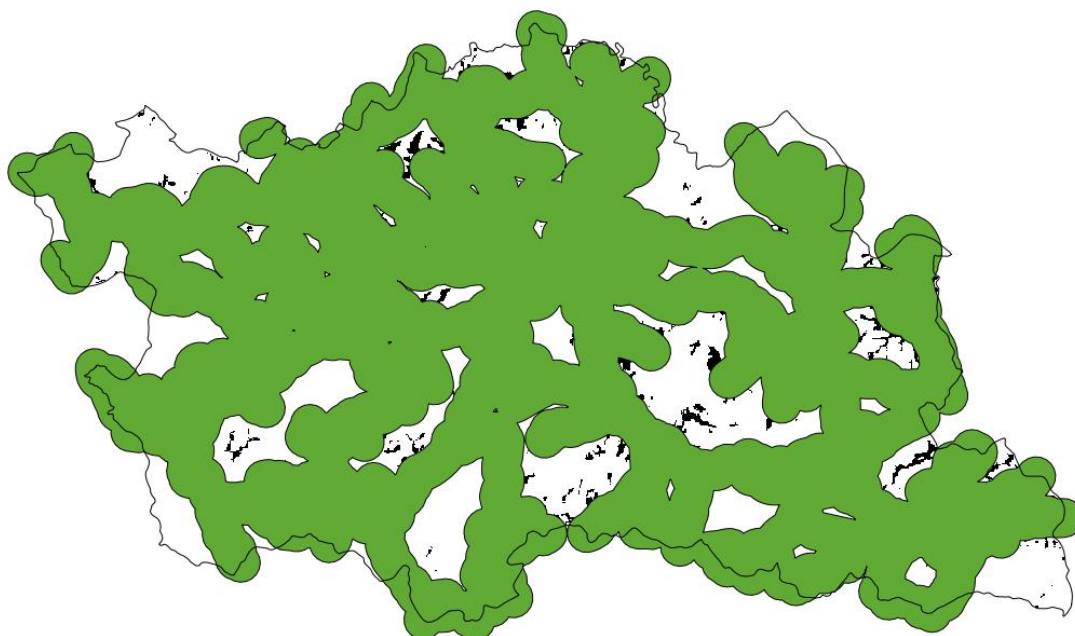
Θα προσδιοριστούν ζώνες επιρροής από πολύγωνα που περιλαμβάνουν ζώνες 1500 μέτρων γύρω από το οδικό δίκτυο και τους οικισμούς.



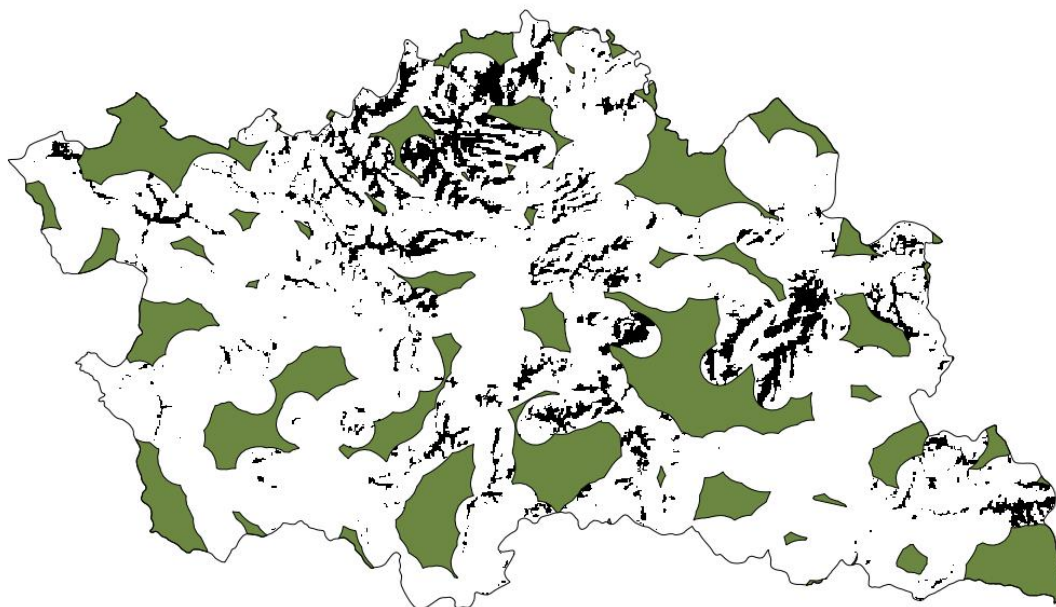
Σχήμα 3.4.3.18. Υπέρθεση της ζώνης επιρροής που καθορίζει απόσταση <1500 μ από τις κύριες οικιστικών συγκεντρώσεων στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία).



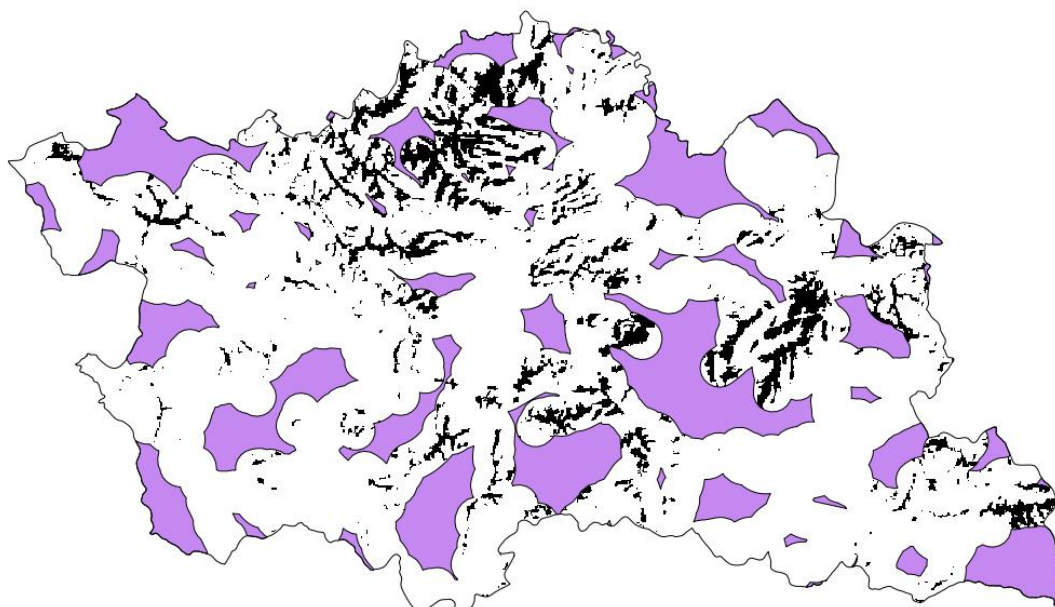
Σχήμα 3.4.3.19 Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για τους οικισμούς.



Σχήμα 3.4.3.20 Υπέρθυση του ζώνης επιρροής που καθορίζει απόσταση <math><1500\ \mu\text{m}</math> από το οδικό δίκτυο στην συναλήθευση των 3 συνθηκών (τα μαύρα εικονοστοιχεία).



Σχήμα 3.4.3.21 Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για το οδικό δίκτυο



Σχήμα 3.4.3.22. Οι ζώνες εγκατάστασης που θα αποκλειστούν αν εφαρμοστεί το κριτήριο για το οδικό δίκτυο και τους οικισμούς ταυτόχρονα.

Η εφαρμογή των περιορισμών για την απόσταση από τους οικισμούς και το οδικό δίκτυο στην συναλήθευση των πρώτων 3 συνθηκών προσδιορίζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



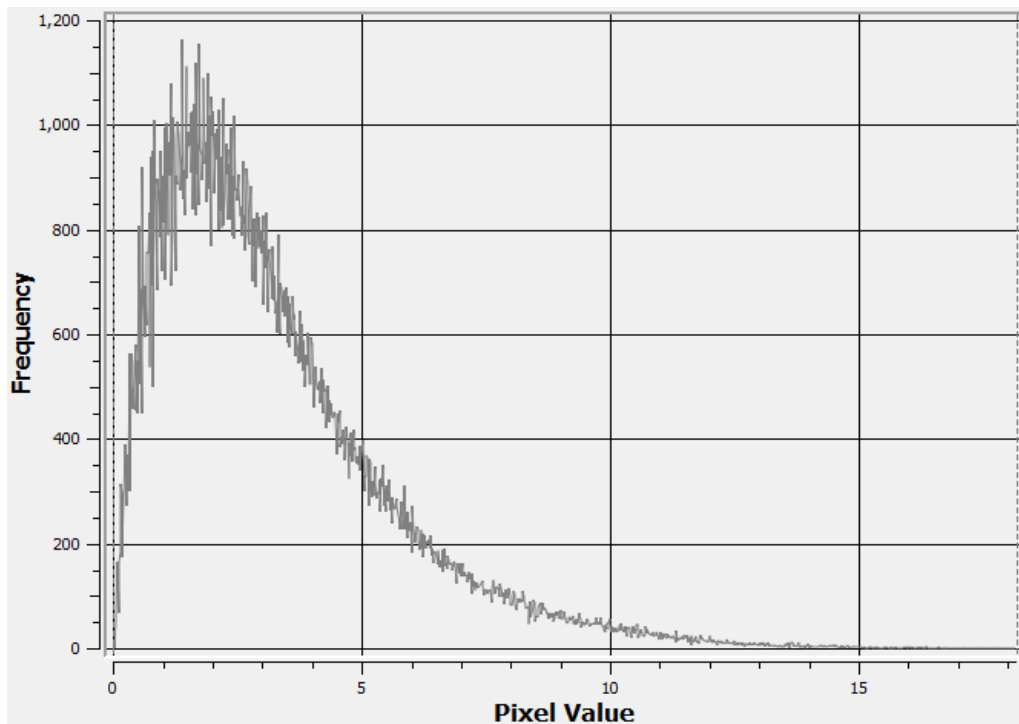
Σχήμα 3.43.3.23 Εφαρμογή των περιορισμών για οδικό δίκτυο και οικισμούς στην επίλυση (συναλήθευση 4 συνθηκών).

Συνθήκη 5. Εκτίμηση οικονομικού κόστους.

Θα ληφθεί υπόψη η κλίση του εδάφους που περιορίζει την βατότητα και την πρόσβαση στις πιθανές ζώνες εγκατάστασης.



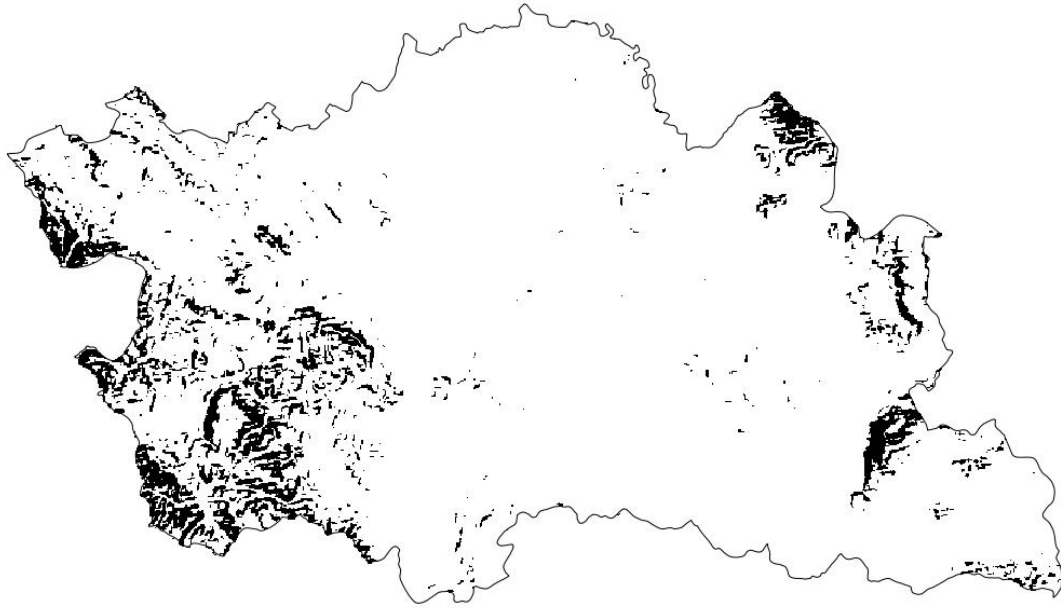
Σχήμα 3.4.3.24 Η εικόνα της κλίσης του εδάφους (όσο πιο σκούρο είναι ένα εικονοστοιχείο, τόσο μικρότερη η κλίση)



Σχήμα 3.4.3.25 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εικόνα της κλίσης

Καθορίζεται ότι κλίση μεγαλύτερη από 7 μοίρες είναι απαγορευτική για την μεταφορά και εγκατάσταση των ανεμογεννητριών.

Πρέπει να τονισθεί ότι η κλίση που προσδιορίζεται από τα ΨΥΜΕ είναι μια σχετική εκτίμηση της πραγματικότητας και μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η διάσταση του ΨΥΜΕ. Στην προκειμένη περίπτωση που η διάσταση είναι 100 μέτρα, η κλίση μπορεί να υποεκτιμηθεί έως και 3 φορές.

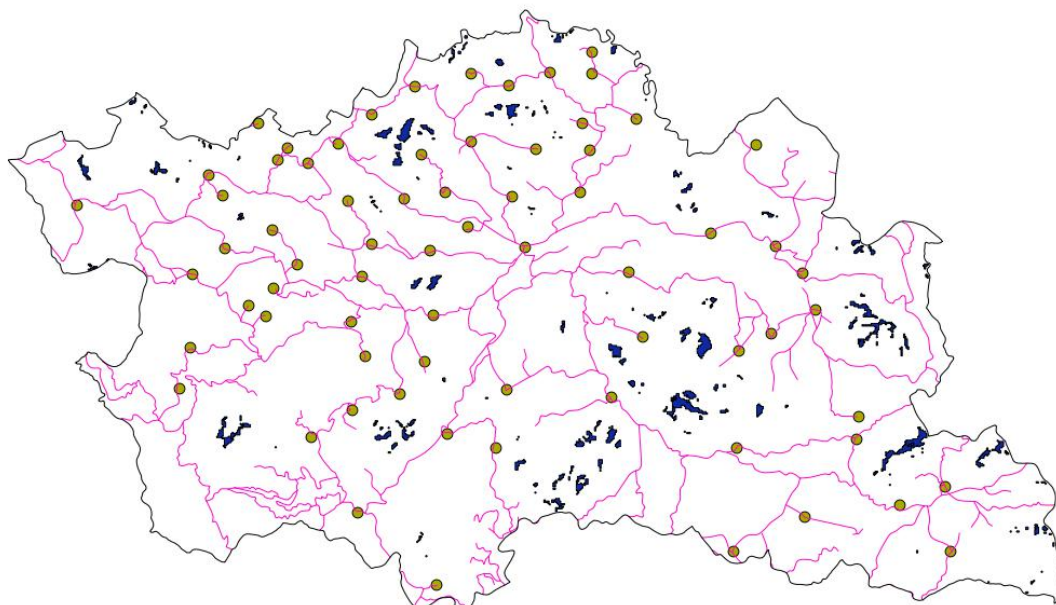


Σχήμα 3.4.3.26 Οι περιοχές που παρουσιάζουν κλίση < 7 μοίρες απεικονίζονται με λευκό.

Η συναλήθευση και των 5 συνθηκών, προσδιορίζει σαν θέσεις πιθανής εγκατάστασης, τις περιοχές στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3.4.3.27 Η επίλυση με συνυπολογισμό και των 5 συνθηκών.



Σχήμα 3.4.3.28 Η επίλυση με την μορφή πολυγώνων σε υπέρθεση στους οικισμούς και οδικό δίκτυο

Πίνακας 3.4.3.1 Με στατιστικά στοιχεία υψομέτρου και κλίσης για το κάθε πολύγωνο

| ID | Hmean | slope |
|----|--------|-------|
| 1 | 620.2 | 5.3 |
| 2 | 641.7 | 3.6 |
| 3 | 656.0 | 1.1 |
| 4 | 648.0 | 1.8 |
| 5 | 646.3 | 1.7 |
| 6 | 643.6 | 1.9 |
| 7 | 657.3 | 0.7 |
| 8 | 662.2 | 0.5 |
| 9 | 663.4 | 0.5 |
| 10 | 664.0 | 0.9 |
| 11 | 654.0 | 1.4 |
| 12 | 635.1 | 2.0 |
| 13 | 668.9 | 0.4 |
| 14 | 673.0 | 0.5 |
| 15 | 666.7 | 1.0 |
| 16 | 672.8 | 1.6 |
| 17 | 701.4 | 1.8 |
| 18 | 608.2 | 1.7 |
| 19 | 685.5 | 0.8 |
| 20 | 1247.8 | 4.4 |
| 21 | 1329.8 | 5.3 |
| 22 | 755.1 | 2.1 |
| 23 | 677.0 | 0.8 |
| 24 | 697.0 | 2.1 |

| ID | Hmean | slope |
|----|--------|-------|
| 25 | 1226.0 | 2.6 |
| 26 | 672.0 | 0.5 |
| 27 | 755.5 | 2.7 |
| 28 | 682.8 | 1.4 |
| 29 | 732.9 | 1.7 |
| 30 | 671.8 | 2.3 |
| 31 | 808.9 | 2.3 |
| 32 | 779.0 | 2.7 |
| 33 | 636.0 | 1.0 |
| 34 | 828.4 | 2.2 |
| 35 | 803.4 | 2.0 |
| 36 | 637.0 | 1.7 |
| 37 | 639.0 | 1.0 |
| 38 | 837.5 | 3.1 |
| 39 | 1200.1 | 2.2 |
| 40 | 1202.5 | 2.8 |
| 41 | 1165.7 | 3.0 |
| 42 | 1155.5 | 2.4 |
| 43 | 832.4 | 2.5 |
| 44 | 1758.0 | 3.9 |
| 45 | 1009.0 | 5.6 |
| 46 | 1006.2 | 4.4 |
| 47 | 1203.4 | 3.4 |
| 48 | 862.1 | 2.0 |

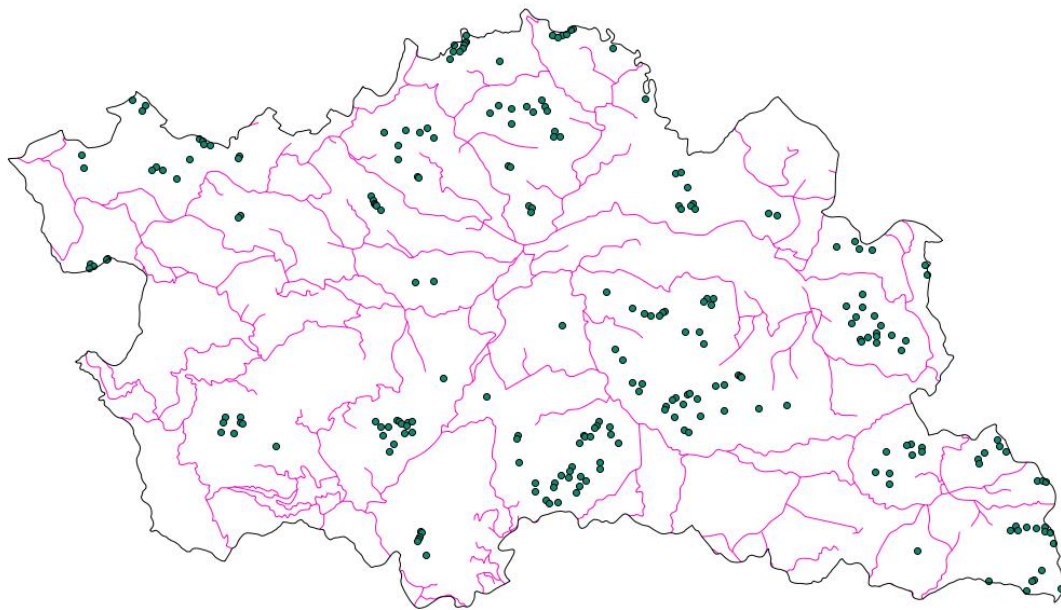
| ID | Hmean | slope |
|----|--------|-------|
| 49 | 665.5 | 1.6 |
| 50 | 1577.0 | 2.8 |
| 51 | 670.0 | 1.0 |
| 52 | 1573.3 | 2.7 |
| 53 | 1515.6 | 3.4 |
| 54 | 711.5 | 3.0 |
| 55 | 666.5 | 2.5 |
| 56 | 757.8 | 1.1 |
| 57 | 1803.5 | 3.0 |
| 58 | 1375.0 | 2.2 |
| 59 | 753.2 | 1.4 |
| 60 | 702.8 | 2.3 |
| 61 | 857.5 | 2.5 |
| 62 | 836.0 | 1.2 |
| 63 | 843.7 | 3.8 |
| 64 | 710.3 | 1.9 |
| 65 | 842.7 | 4.3 |
| 66 | 800.4 | 2.3 |
| 67 | 840.1 | 4.3 |
| 68 | 615.1 | 1.4 |
| 69 | 722.7 | 1.6 |
| 70 | 616.5 | 0.9 |
| 71 | 784.4 | 4.4 |
| 72 | 731.3 | 2.6 |

| ID | Hmean | slope |
|-----|--------|-------|
| 73 | 817.1 | 4.6 |
| 74 | 1000.6 | 4.2 |
| 75 | 609.0 | 1.6 |
| 76 | 923.2 | 4.3 |
| 77 | 1166.8 | 2.8 |
| 78 | 1197.6 | 2.6 |
| 79 | 1134.9 | 4.7 |
| 80 | 886.5 | 1.5 |
| 81 | 1086.3 | 4.1 |
| 82 | 1101.5 | 4.3 |
| 83 | 1000.4 | 5.0 |
| 84 | 956.5 | 4.2 |
| 85 | 1764.8 | 5.6 |
| 86 | 419.4 | 5.2 |
| 87 | 1809.2 | 4.7 |
| 88 | 1749.5 | 7.0 |
| 89 | 441.8 | 4.6 |
| 90 | 737.9 | 2.1 |
| 91 | 711.8 | 1.9 |
| 92 | 553.4 | 2.8 |
| 93 | 962.3 | 3.8 |
| 94 | 684.0 | 1.8 |
| 95 | 704.6 | 1.7 |
| 96 | 643.0 | 1.6 |
| 97 | 668.0 | 1.9 |
| 98 | 816.5 | 3.6 |
| 99 | 618.0 | 0.4 |
| 100 | 581.3 | 1.4 |
| 101 | 578.0 | 1.5 |
| 102 | 619.8 | 0.5 |
| 103 | 1017.9 | 3.3 |
| 104 | 1085.3 | 3.1 |
| 105 | 622.9 | 0.7 |
| 106 | 580.0 | 2.4 |
| 107 | 872.7 | 3.7 |
| 108 | 666.6 | 1.7 |
| 109 | 789.7 | 2.2 |
| 110 | 645.3 | 1.8 |
| 111 | 1045.4 | 3.4 |
| 112 | 963.6 | 7.6 |
| 113 | 918.2 | 5.6 |
| 114 | 935.5 | 3.7 |
| 115 | 596.7 | 1.9 |
| 116 | 885.9 | 3.9 |
| 117 | 771.0 | 3.2 |
| 118 | 918.2 | 3.6 |
| 119 | 807.3 | 1.6 |

| ID | Hmean | slope |
|-----|--------|-------|
| 120 | 765.0 | 3.0 |
| 121 | 649.2 | 0.8 |
| 122 | 650.5 | 1.8 |
| 123 | 809.9 | 2.8 |
| 124 | 628.8 | 1.4 |
| 125 | 674.0 | 2.9 |
| 126 | 647.3 | 2.7 |
| 127 | 726.6 | 2.3 |
| 128 | 632.7 | 3.7 |
| 129 | 607.5 | 1.3 |
| 130 | 644.9 | 2.6 |
| 131 | 555.3 | 3.1 |
| 132 | 519.5 | 2.9 |
| 133 | 640.8 | 2.4 |
| 134 | 613.1 | 2.0 |
| 135 | 615.9 | 1.6 |
| 136 | 728.5 | 2.7 |
| 137 | 647.0 | 2.5 |
| 138 | 577.0 | 1.0 |
| 139 | 629.8 | 2.0 |
| 140 | 555.5 | 1.7 |
| 141 | 549.7 | 2.9 |
| 142 | 623.5 | 0.9 |
| 143 | 640.3 | 1.6 |
| 144 | 505.6 | 0.9 |
| 145 | 628.1 | 1.5 |
| 146 | 1579.8 | 3.5 |
| 147 | 561.8 | 1.5 |
| 148 | 634.1 | 1.8 |
| 149 | 1702.5 | 4.5 |
| 150 | 1748.5 | 2.1 |
| 151 | 829.0 | 1.7 |
| 152 | 823.6 | 1.8 |
| 153 | 739.1 | 0.9 |
| 154 | 1632.9 | 5.3 |
| 155 | 905.8 | 2.2 |
| 156 | 829.0 | 0.8 |
| 157 | 789.2 | 2.2 |
| 158 | 1635.5 | 4.6 |
| 159 | 766.9 | 2.5 |
| 160 | 808.4 | 2.3 |
| 161 | 737.4 | 1.0 |
| 162 | 897.7 | 2.2 |
| 163 | 854.8 | 2.0 |
| 164 | 746.3 | 0.7 |
| 165 | 782.2 | 3.0 |
| 166 | 592.0 | 1.2 |

| ID | Hmean | slope |
|-----|--------|-------|
| 167 | 584.3 | 0.9 |
| 168 | 799.0 | 2.5 |
| 169 | 1781.1 | 3.2 |
| 170 | 715.7 | 3.7 |
| 171 | 738.4 | 1.7 |
| 172 | 845.9 | 2.0 |
| 173 | 948.2 | 2.8 |
| 174 | 751.5 | 2.0 |
| 175 | 674.2 | 3.3 |
| 176 | 751.9 | 1.7 |
| 177 | 767.5 | 2.1 |
| 178 | 1080.4 | 4.1 |
| 179 | 770.6 | 2.0 |
| 180 | 770.6 | 2.9 |
| 181 | 1725.9 | 3.1 |
| 182 | 1500.3 | 4.8 |
| 183 | 1574.9 | 5.9 |
| 184 | 907.6 | 2.7 |
| 185 | 1389.5 | 4.7 |
| 186 | 1126.0 | 3.6 |
| 187 | 952.2 | 4.8 |
| 188 | 1004.0 | 2.5 |
| 189 | 1456.4 | 7.1 |
| 190 | 1319.7 | 4.3 |
| 191 | 1315.0 | 2.8 |
| 192 | 1144.9 | 2.9 |
| 193 | 717.1 | 1.1 |
| 194 | 1151.3 | 4.9 |
| 195 | 1189.2 | 4.8 |
| 196 | 769.0 | 1.6 |
| 197 | 713.6 | 0.9 |
| 198 | 1482.7 | 3.8 |
| 199 | 699.9 | 0.6 |
| 200 | 728.5 | 1.4 |
| 201 | 1159.8 | 4.5 |
| 202 | 1181.2 | 4.4 |
| 203 | 755.3 | 1.7 |
| 204 | 778.0 | 2.0 |
| 205 | 738.8 | 1.3 |
| 206 | 925.0 | 2.3 |
| 207 | 925.0 | 1.9 |
| 208 | 847.1 | 1.9 |
| 209 | 726.1 | 0.8 |
| 210 | 918.0 | 2.6 |
| 211 | 815.8 | 2.2 |
| 212 | 958.6 | 4.4 |
| 213 | 862.5 | 3.7 |

| ID | Hmean | slope |
|-----|--------|-------|
| 214 | 775.6 | 1.7 |
| 215 | 841.7 | 3.7 |
| 216 | 808.1 | 1.8 |
| 217 | 886.8 | 2.1 |
| 218 | 887.9 | 4.2 |
| 219 | 900.4 | 4.0 |
| 220 | 743.5 | 2.7 |
| 221 | 710.8 | 1.4 |
| 222 | 719.0 | 2.7 |
| 223 | 689.9 | 1.4 |
| 224 | 725.2 | 1.3 |
| 225 | 729.5 | 1.4 |
| 226 | 897.7 | 1.5 |
| 227 | 684.5 | 2.8 |
| 228 | 896.5 | 1.9 |
| 229 | 668.5 | 3.9 |
| 230 | 903.3 | 1.8 |
| 231 | 904.4 | 2.2 |
| 232 | 913.0 | 1.1 |
| 233 | 653.3 | 1.1 |
| 234 | 832.0 | 1.7 |
| 235 | 904.6 | 2.1 |
| 236 | 900.1 | 5.5 |
| 237 | 1142.3 | 6.0 |
| 238 | 1135.8 | 3.3 |
| 239 | 1180.3 | 3.5 |
| 240 | 1203.3 | 0.8 |
| 241 | 1363.5 | 3.3 |



Σχήμα 3.4.3.29 Η επίλυση με την μορφή κέντρων βάρους πολυγώνων σε υπέρθεση στο οδικό δίκτυο

Κεφάλαιο Τέταρτο

Σχολιασμός και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

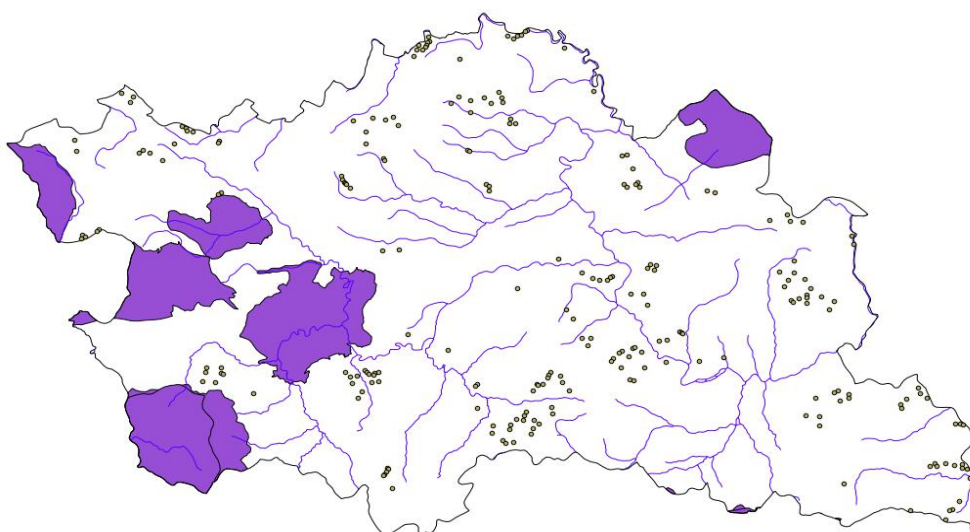
4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει την αξιολόγηση της επίλυσης ως προς την περιβαλλοντική της διάσταση στα όρια του Νομού. Τα αποτελέσματα της έρευνας απεικονίζονται με σχήματα και πίνακες για την ευκολότερη ανάγνωση και κατανόησή τους.

Η ανάλυση των δεδομένων και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, έγινε από την ερευνήτρια και ακολουθεί τις εφαρμογές του QGIS σύμφωνα με τους αρχικούς ερευνητικούς στόχους της μελέτης.

4.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Στο πρώτο στάδιο θα κάνουμε μια αξιολόγηση της επίλυσης ως προς την περιβαλλοντική της διάσταση υπερθέτοντας στις ζώνες NATURA, στα ποτάμια και στα όρια του Νομού την επίλυση με βάση τη σημειακή της διάσταση. Στο σχήμα που ακολουθεί επιθέτουμε τα ποτάμια και τις περιοχές Natura στην επίλυση που την παρουσιάζουμε με σημεία που αντιστοιχούν στα κέντρα βάρους των πολυγώνων

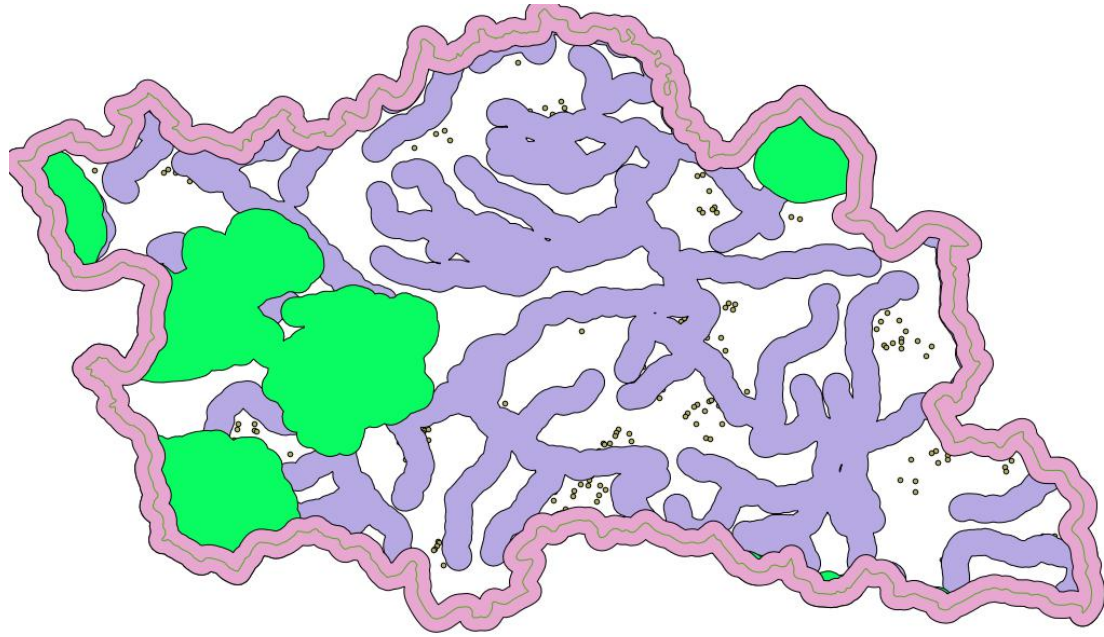


Σχήμα 4.2.1 Η επίλυση με την μορφή κέντρων βάρους πολυγώνων με υπέρθεση στα ποτάμια και στις περιοχές Natura.

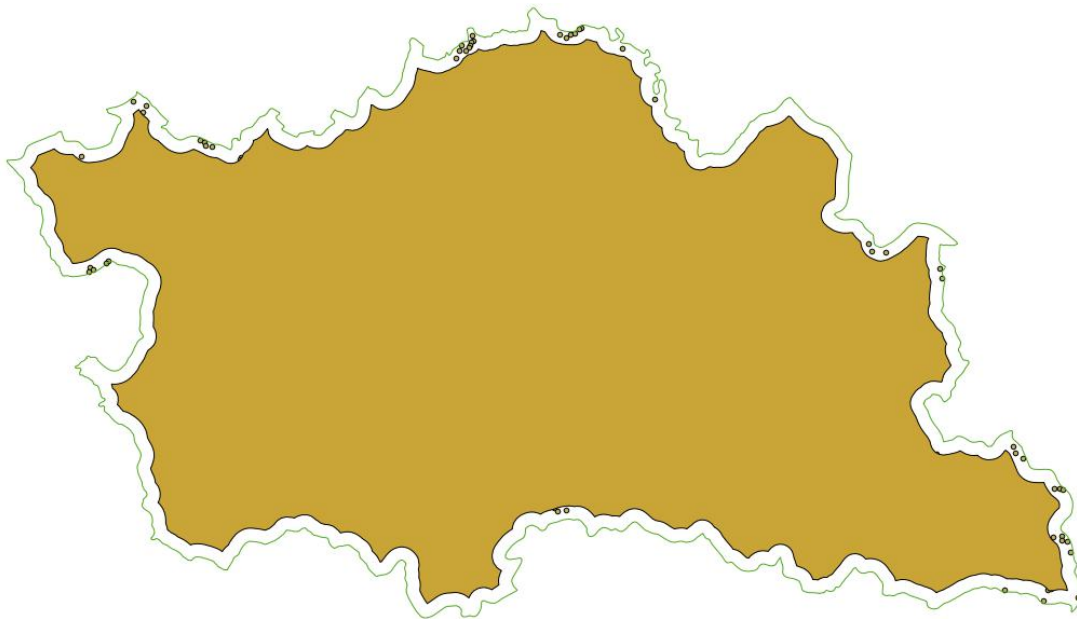
Παρατηρώ ότι κάποιες θέσεις έχουν κέντρο βάρους κοντά σε ποτάμια ενώ κάποιες είναι στα όρια των περιοχών Natura και κάποιες άλλες είναι στα όρια του Νομού.

- Για αυτές που είναι στα όρια του Νομού η προεπιλογή της θέσης είναι μάλλον αβέβαιη γιατί δεν υπάρχουν υψομετρικά δεδομένα εκτός του Νομού έτσι η αιολική έκθεση είναι αβέβαιη.
- Για τις 2-3 περιοχές που είναι κοντά στις ζώνες Natura, ίσως θα έπρεπε και αυτές να αφαιρεθούν γιατί ενδεχομένως να δημιουργείται όχληση (λόγω του θορύβου και του φωτισμού την νύχτα) στην πανίδα, ενώ με την αλλαγή στο μικροκλίμα (ελάττωση των χιονοπτώσεων και των βροχοπτώσεων) που επιφέρουν οι ανεμογεννήτριες με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η χλωρίδα περιμετρικά τους.
- Επιπλέον για τους ίδιους λόγους με τις περιοχές Natura θα έπρεπε να αφαιρεθούν οι 15 περίπου θέσεις που είναι κοντά στο υδρογραφικό δίκτυο αν και σε μερικές περιπτώσεις που οι θέσεις εγκαταστάσεις είναι πολύ κοντά στο υδρογραφικό δίκτυο, στην πραγματικότητα είναι κοντά οριζοντιογραφικά αλλά είναι σε πολύ μεγάλη υψομετρική διαφορά από την κοίτη του ποταμού γιατί βρίσκονται δίπλα σε πολύ βαθιά φαράγγια.

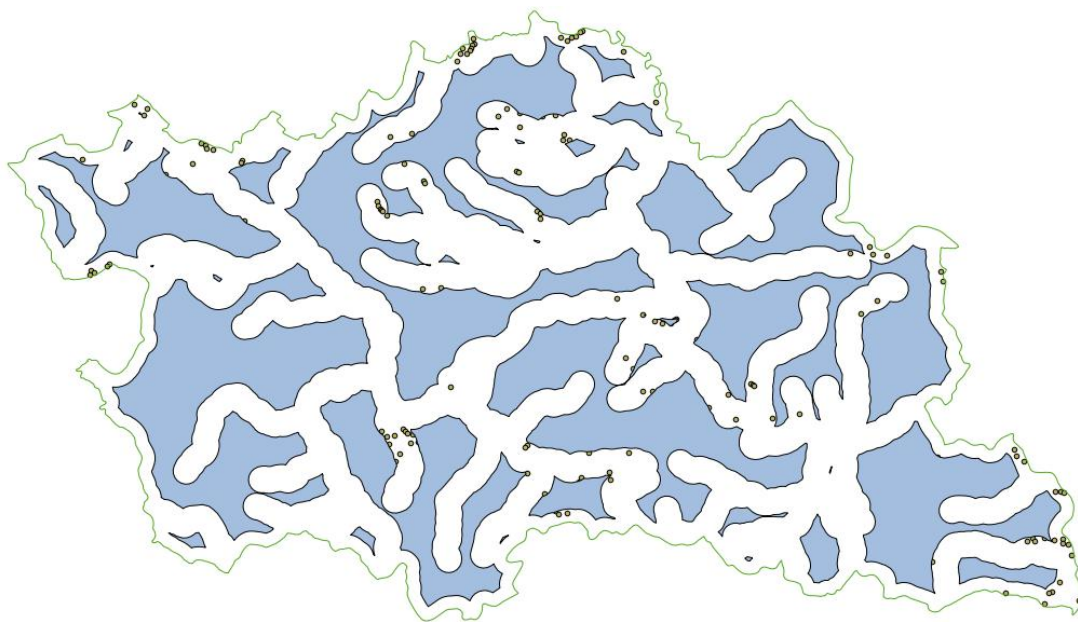
Αν υλοποιηθούν οι παραπάνω περιορισμοί με την μορφή απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, από τις ζώνες Natura και από τα ποτάμια 1000 μέτρα τότε προκύπτει ο χωρικός περιορισμός του παρακάτω σχήματος.



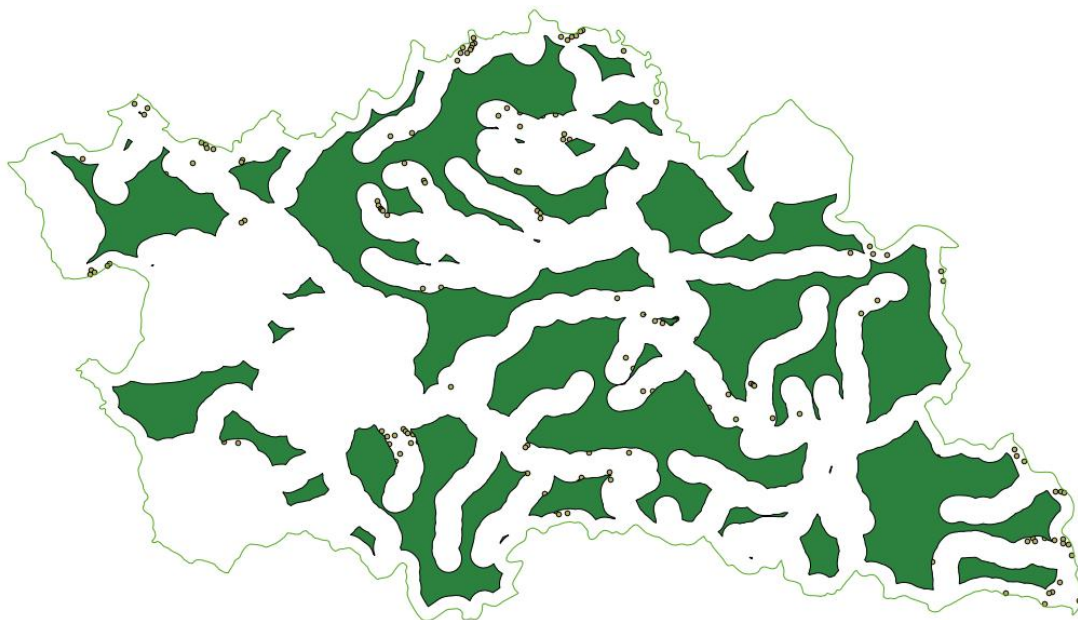
Σχήμα 4.2.2 Οι θέσεις εγκατάσταση σε συνδυασμό με τους περιορισμούς απόστασης 1000 μέτρων από ζώνες Natura, όριο νομού και υδρογραφικό δίκτυο.



Σχήμα 4.2.3 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από τα όριο του νομού και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται.

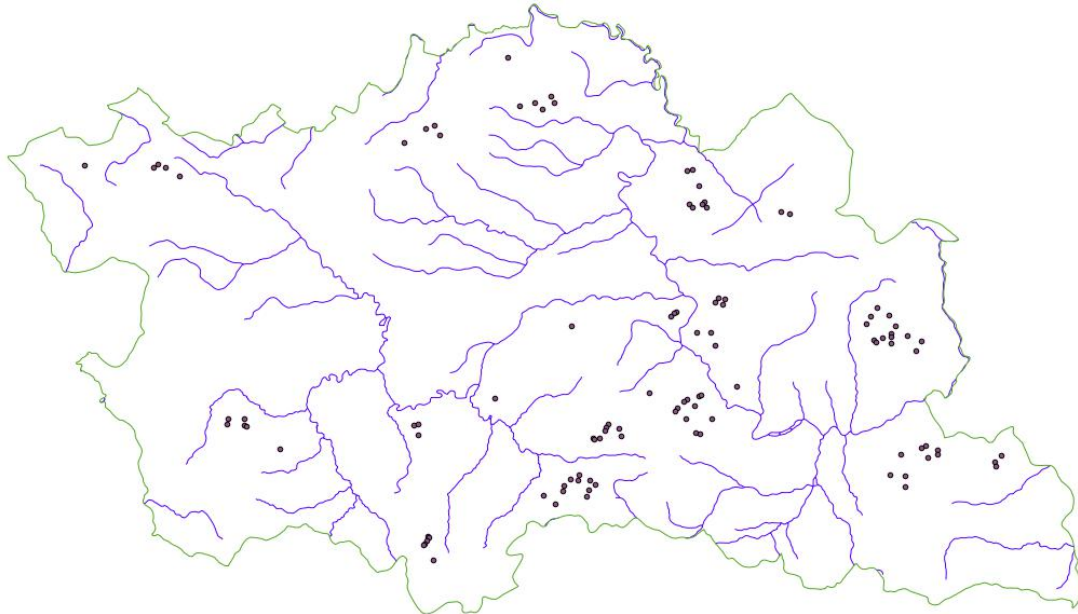


Σχήμα 4.2.4 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από το υδρογραφικό δίκτυα στην προηγούμενη εικόνα και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται από την συναλήθευση των κριτηρίων για τα ποτάμια και τα όρια του νομού.

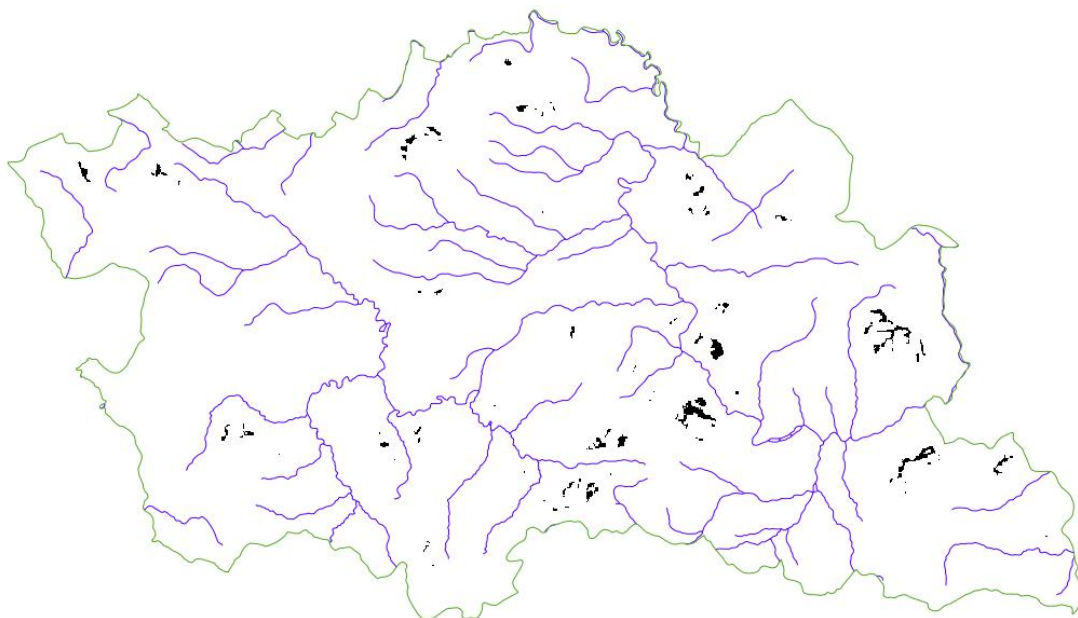


Σχήμα 4.2.5 Η εφαρμογή του περιορισμού της απόστασης 1000 μέτρων από τις περιοχές Natura στην προηγούμενη εικόνα και οι θέσεις εγκατάστασης που αποκλείονται από την συναλήθευση των κριτηρίων για τις ζώνες Natura, τα ποτάμια και τα όρια του νομού.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι θέσεις εγκατάστασης που παραμένουν μετά την υλοποίηση των επιπλέον 3 περιορισμών



Σχήμα 4.2.6 Οι θέσεις εγκατάστασης που παραμένουν μετά την υλοποίηση των 3 περιορισμών και το υδρογραφικό δίκτυο σε υπέρθεση



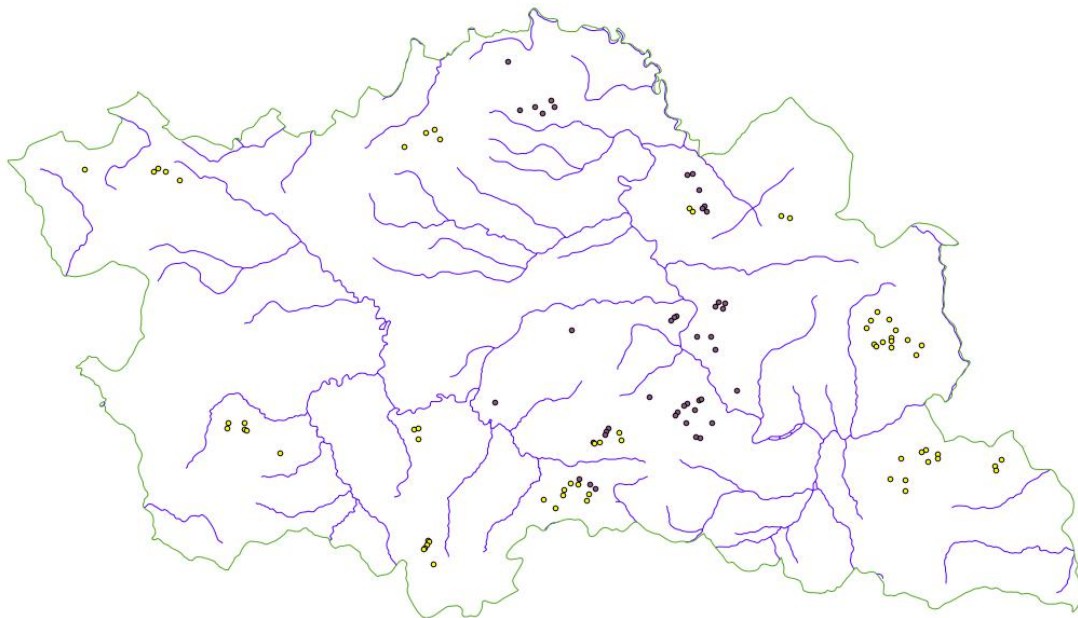
Σχήμα 4.2.7 Οι θέσεις εγκατάστασης με την αρχική μορφή (πλεγματική) που παραμένουν μετά την υλοποίηση των 3 περιορισμών και το υδρογραφικό δίκτυο σε υπέρθεση

Πίνακας 4.2.1 Μετά την παραμετρική αναπαράσταση των 110 θέσεων εγκατάστασης που απέμειναν μετά την υλοποίηση των 3 επιπλέον περιορισμών (οι θέσεις έχουν ταξινομηθεί με αύξουσα τιμή υψομέτρου).

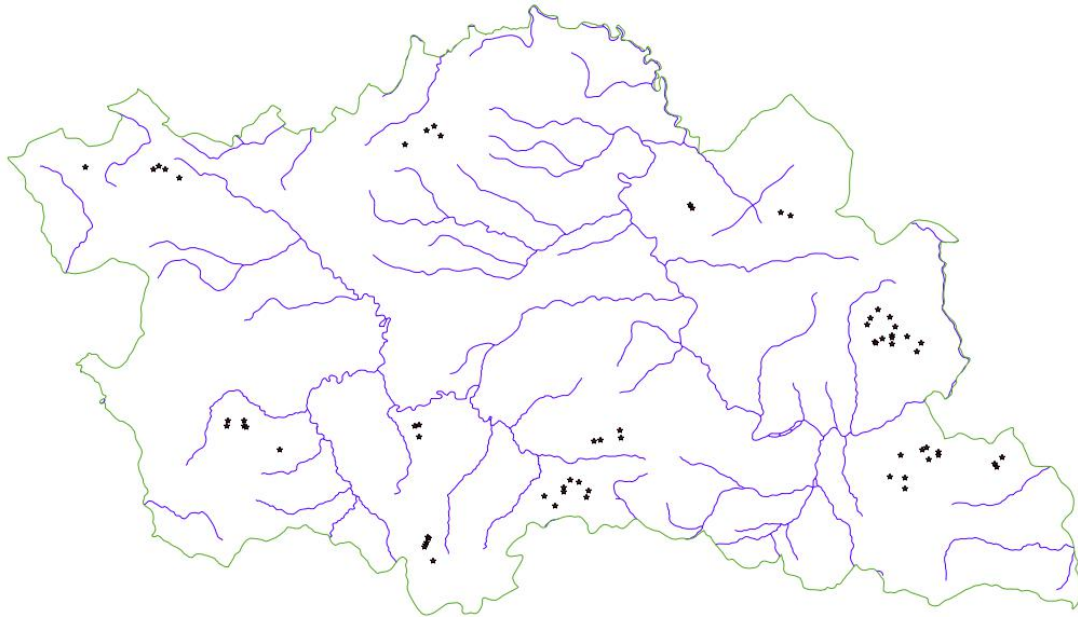
| ID | H | S | ID | H | S | ID | H | S |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 16 | 1803 | 3.0 | 102 | 842 | 3.7 | 3 | 677 | 0.8 |
| 65 | 1748 | 2.1 | 9 | 838 | 3.1 | 29 | 668 | 1.9 |
| 64 | 1703 | 4.5 | 10 | 832 | 2.5 | 15 | 667 | 2.5 |
| 69 | 1636 | 4.6 | 50 | 810 | 2.8 | 36 | 667 | 1.7 |
| 67 | 1633 | 5.3 | 7 | 809 | 2.3 | 49 | 650 | 1.8 |
| 61 | 1580 | 3.5 | 103 | 808 | 1.8 | 56 | 647 | 2.5 |
| 11 | 1577 | 2.8 | 47 | 807 | 1.6 | 38 | 645 | 1.8 |
| 82 | 1575 | 5.9 | 20 | 800 | 2.3 | 28 | 643 | 1.6 |
| 12 | 1573 | 2.7 | 76 | 799 | 2.5 | 52 | 641 | 2.4 |
| 13 | 1516 | 3.4 | 37 | 790 | 2.2 | 59 | 640 | 1.6 |
| 81 | 1500 | 4.8 | 68 | 789 | 2.2 | 63 | 634 | 1.8 |
| 90 | 1483 | 3.8 | 22 | 784 | 4.4 | 57 | 630 | 2.0 |
| 84 | 1456 | 7.1 | 73 | 782 | 3.0 | 60 | 628 | 1.5 |
| 83 | 1390 | 4.7 | 8 | 779 | 2.7 | 58 | 624 | 0.9 |
| 17 | 1375 | 2.2 | 95 | 778 | 2.0 | 54 | 616 | 1.6 |
| 85 | 1320 | 4.3 | 101 | 776 | 1.7 | 53 | 613 | 2.0 |
| 86 | 1315 | 2.8 | 45 | 771 | 3.2 | 43 | 597 | 1.9 |
| 89 | 1189 | 4.8 | 70 | 767 | 2.5 | 74 | 592 | 1.2 |
| 93 | 1181 | 4.4 | 80 | 767 | 2.1 | 75 | 584 | 0.9 |
| 92 | 1160 | 4.5 | 48 | 765 | 3.0 | 30 | 581 | 1.4 |
| 88 | 1151 | 4.9 | 94 | 755 | 1.7 | 34 | 580 | 2.4 |
| 87 | 1145 | 2.9 | 78 | 752 | 2.0 | 31 | 578 | 1.5 |
| 33 | 1085 | 3.1 | 79 | 752 | 1.7 | 62 | 562 | 1.5 |
| 39 | 1045 | 3.4 | 72 | 746 | 0.7 | 51 | 555 | 3.1 |
| 32 | 1018 | 3.3 | 66 | 739 | 0.9 | | | |
| 24 | 1001 | 4.2 | 96 | 739 | 1.3 | | | |
| 40 | 964 | 7.6 | 77 | 738 | 1.7 | | | |
| 99 | 959 | 4.4 | 71 | 737 | 1.0 | | | |
| 42 | 936 | 3.7 | 6 | 733 | 1.7 | | | |
| 25 | 923 | 4.3 | 23 | 731 | 2.6 | | | |
| 41 | 918 | 5.6 | 55 | 729 | 2.7 | | | |
| 46 | 918 | 3.6 | 91 | 729 | 1.4 | | | |
| 109 | 913 | 1.1 | 98 | 726 | 0.8 | | | |
| 110 | 905 | 2.1 | 21 | 723 | 1.6 | | | |
| 108 | 904 | 2.2 | 14 | 712 | 3.0 | | | |
| 107 | 903 | 1.8 | 19 | 710 | 1.9 | | | |
| 105 | 898 | 1.5 | 27 | 705 | 1.7 | | | |
| 106 | 896 | 1.9 | 18 | 703 | 2.3 | | | |
| 104 | 887 | 2.1 | 1 | 701 | 1.8 | | | |
| 44 | 886 | 3.9 | 4 | 697 | 2.1 | | | |
| 35 | 873 | 3.7 | 2 | 685 | 0.8 | | | |
| 100 | 863 | 3.7 | 26 | 684 | 1.8 | | | |
| 97 | 847 | 1.9 | 5 | 683 | 1.4 | | | |

Πρέπει να τονισθεί ότι η κλίση που προσδιορίζεται από τα ΨΥΜΕ είναι μια σχετική εκτίμηση της πραγματικότητας και μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η διάσταση του ΨΥΜΕ. Στην προκειμένη περίπτωση που η διάσταση είναι 100 μέτρα, η κλίση μπορεί να υποεκτιμηθεί έως και 3 φορές (Miliaresis & Paraschou 2005) .

Επειδή το αιολικό δυναμικό αυξάνεται με το υψόμετρο μπορεί να τεθεί ένας ακόμη εκ των υστερών περιορισμός που να αφορά την ελάχιστη επιτρεπτή τιμή υψομέτρου. Στην προκειμένη περίπτωση και με βάση τον προηγούμενο πίνακα θέτουμε τιμή ίση με το 750 μέτρα και επιλέγονται τελικά 66 θέσεις στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.2.8 Οι επιλεγθείσες θέσεις (66) μετά τον περιορισμού υψομέτρου εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα ως προς τις αρχικές 110.



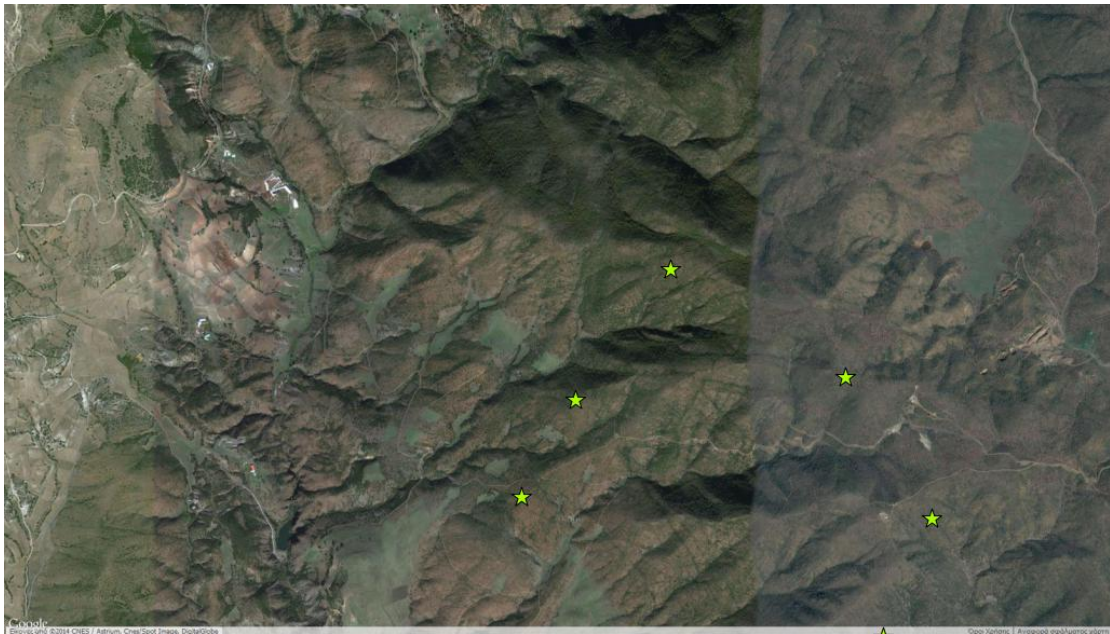
Σχήμα 4.2.9. Οι επιλεγθείσες θέσεις (66) μετά τον περιορισμού υψομέτρου.

Ο προσδιορισμός του υψομέτρου βασίστηκε στο ΨΥΜΕ SRTM του οποίου το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι 18 μέτρα και το οποίο αντιστοιχεί σε γραμμικό σφάλμα 25 μέτρα δηλαδή μπορούμε να συνθέσουμε χάρτη ισοψών καμπυλών με ισοδιάσταση 50 μέτρα (Μηλιαρέσης και Παράσχου, 2005). Με βάση τα παραπάνω η αβεβαιότητα στο υψόμετρο ενός σημείου είναι 25 μέτρα, επομένως η συνθήκη που θέσαμε υψόμετρο > 800 μέτρα στην πράξη με βάση την ακρίβεια του ΨΥΜΕ μπορεί να περιλαμβάνει και ζώνες με υψόμετρο > 775 μέτρα.

Περαιτέρω διερεύνηση μπορεί να γίνει με τα open layers π.χ. με υπέρθεση των θέσεων εγκατάστασης στο Google Earth για επισκόπηση της περιοχής γύρω από την κάθε θέση εγκατάστασης.



Σχήμα 4.2.10 Σχήμα υπέρθεση των τελικών θέσεων στο google earth.



Σχήμα 4.2.11 Ζουμ σε 4 τελικές θέσεις στο google earth.



Σχήμα 4.2.12 Ζουμ σε 1 από τις 4 τελικές θέσεις του προηγούμενου σχήματος στο google earth.



Σχήμα 4.2.13 Ζουμ σε 1 από τις 4 τελικές θέσεις του προηγούμενου σχήματος στον τοπογραφικό χάρτη του google earth.

Στις προηγούμενες εικόνες που έγινε υπέρθεση των σημείων των θέσεων εγκατάστασης στο google earth προκειμένου να εκμεταλλευτούμε τη δορυφορική εικόνα υψηλής ανάλυσης που είναι διαθέσιμη στο διαδίκτυο από την google earth και η οποία ανανεώνεται κάθε 2-3 χρόνια. Η κλίμακα της εικόνας αντιστοιχεί περίπου σε 1:5.000 (δηλαδή η χωρική διακριτική ικανότητα είναι περίπου 1 μέτρο- pixel size =1 m).

Η επισκόπηση στο google earth επιβεβαίωσε ότι οι θέσεις εγκατάστασης είναι μακριά από οικισμούς σε περιοχές με πολύ αραιή βλάστηση όπως ενδεικτικά δείξαμε στις εικόνες 3.4.4.10-12. Η χρήση του google earth κρίθηκε επιβεβλημένη και επειδή ο χάρτης καλύψεων γης Corine (στον οποίο βασίστηκαν οι περιορισμοί στις θέσεις εγκατάστασης με βάση τις χρήσεις-καλύψεις), έχει πολύ μικρότερη χωρική διακριτική ικανότητα (pixel size =100 m) ενώ ο χρόνος αναθεώρησης του Corine είναι από 5 έως 10 χρόνια, δηλαδή με τη δορυφορική εικόνα google earth μπορούμε να έχουμε μια πιο σύγχρονη επισκόπηση της περιοχής γύρω από μια θέση εγκατάστασης σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα που μας επιτρέπει να εντοπίσουμε ακόμα και μεμονωμένες οικίες που έχουν χτιστεί πρόσφατα και δευτερεύον οδικό δίκτυο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά του εξοπλισμού.

Επιπρόσθετα ο τοπογραφικός χάρτης της google earth είναι και αυτός διαθέσιμος και αυτός μέσω των open layers στο QGIS μας παρέχει μια τρισδιάστατη εμποπτεία του αναγλύφου στην ίδια κλίμακα με το SRTM ΨΥΜΕ που χρησιμοποιήσαμε και αποτελεί μια επαλήθευση σε σχέση με μια άλλη πηγή υψομετρικών πληροφοριών για το ανάγλυφο της ζώνης γύρω από τις θέσεις εγκατάστασης, όπως ενδεικτικά δείξαμε στο σχήμα 3.4.4.13.

Τα δυο κριτήρια που χρησιμοποιήσαμε (α.openness και β.wind effect στο εύρος διευθύνσεων από Β έως Δ) εντόπισαν θέσεις εγκατάστασης που με βάση την επαλήθευση που έγινε στον τοπογραφικό χάρτη google earth έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Α. Κατά πλειοψηφία αντιστοιχούν σε τοπικά μέγιστα του αναγλύφου (υδροκρίτες)

Β. Οι επιλεγθείσες θέσεις έχουν πολύ ελεύθερο χώρο (οπτικό πεδίο) γύρω τους, που μπορεί να μην είναι συμμετρικός ως προς την ανάπτυξή του σε σχέση με όλες τις γεωγραφικές διευθύνσεις (0 έως 360 μοίρες αζιμούθιο) αλλά συνολικά μεγιστοποιείται σε σχέση με τις θέσεις που βρέθηκαν.

Γ. Ο ελεύθερος χώρος για κάθε θέση εγκατάστασης μεγιστοποιείται στο εύρος διευθύνσεων από Β έως Δ (είναι το εύρος διευθύνσεων στο οποίο μεγιστοποιείται η ένταση των ανέμων στο Νομό) σε σχέση με τις θέσεις που δεν επιλέχθηκαν.

Στις (66) θέσεις που προσδιορίστηκαν με βάση χωρικά κριτήρια από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα θα πρέπει να γίνει επιτόπια επίσκεψη και εργασίες πεδίου προκειμένου να αξιολογηθεί η προσβασιμότητα, η γεωγραφία (καλύψεις γης, χρήσεις

γης, οικιστική δραστηριότητα κ.α.), η διαθεσιμότητα δημόσιας ή ιδιωτικής γης στις θέσεις εγκατάστασης που επιτρέπει την αγορά ή ενοικίασή της για περίοδο συνήθως 20ετίας, οι γεωλογικές συνθήκες (εδάφη που επιτρέπουν την εγκατάσταση ανεμογεννητριών), τις υπάρχουσες υποδομές για την ηλεκτρολογική διασύνδεση του έργου κ.α.. Στο υπόσύνολο των (66) θέσεων που επιδέχθηκαν θα πρέπει να εγκατασταθούν μετρητικοί σταθμοί αιολικού δυναμικού και να αξιολογηθεί το δυναμικό για ένα έτος προκειμένου να καταστεί δυνατή η επιλογή των θέσεων στο οποίο αυτό μεγιστοποιείται.

5. Συμπέρασμα

Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες και να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον. Σήμερα η αξιολόγηση του ενεργειακού δυναμικού των ΑΠΕ κύριος εκφραστής των οποίων στη χώρα μας είναι η αιολική ενέργεια, για τη χωροθέτηση της οποίας αλλά και την οικονομική της ανάλυση, έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων βασιζόμενο στις εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS), ώστε να επιτυγχάνεται η ικανοποιητική από πλευράς αποδόσεως εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της συγκεκριμένης περιοχής με τις λιγότερες πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Στην διπλωματική αυτή εντοπίστηκαν περιοχές που πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Νομό Γρεβενών. Ο εντοπισμός έγινε με βάση χωρικά κριτήρια από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο, περιβαλλοντικά κριτήρια (καλύψεις γης, κ.α.), οικονομικά κριτήρια (βατότητα, πρόσβαση) και την αιολική έκθεση (έτσι όπως αυτή προσδιορίζεται με βάση μορφομετρικές ιδιότητες από το ΨΥΜΕ).

Πρέπει να τονίσουμε ότι η μελέτη συνεισφέρει στην αναγνωριστική έρευνα για την προεπιλογή θέσεων χωροθέτησης. Στις (66) θέσεις που προσδιορίστηκαν με βάση χωρικά κριτήρια από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα θα πρέπει να γίνει επιτόπια επίσκεψη και εργασίες πεδίου προκειμένου να αξιολογηθούν τα κριτήρια για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων βάση των αρχών βιώσιμης ανάπτυξης, όπως επίσης θα πρέπει να εγκατασταθούν μετρητικοί σταθμοί αιολικού δυναμικού και να αξιολογηθεί το δυναμικό για ένα έτος προκειμένου να καταστεί δυνατή η επιλογή των θέσεων στο οποίο αυτό μεγιστοποιείται. Παρά όλα αυτά η αρχική προεπιλογή των 66 θέσεων μειώνει το κόστος των εργασιών πεδίου, και προσανατολίζει την έρευνα σε συγκεκριμένες περιοχές με αντικειμενικά κριτήρια βάση των ψηφιακών αναπαραστάσεων που είναι διαθέσιμες στα ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα.

Υπάρχουν περιορισμοί που τίθενται υπό την κλίμακα των ελεύθερων γεωγραφικών δεδομένων (1:50.000-1:100.000) αλλά και από την συχνότητα αναθεώρησης (επικαιροποίησης) τους. Η κλίμακα 1/50.000 στην οποία είναι διαθέσιμα τα

υψομετρικά δεδομένα και η κλίμακα 1/100.000 που είναι διαθέσιμα τα διανυσματικά δεδομένα του ΟΚΧΕ και τα δεδομένα Corine είναι κατάλληλα για το επίπεδο προμελέτης και προέγκρισης της χωροθέτησης. Όμως αυτό το μειονέκτημα ακυρώνεται αν τα προηγούμενα δεδομένα τα εξετάσουμε ή τα προβάλουμε το google earth που η κλίμακα είναι 1/50.000. Άρα επειδή τα χωρικά ερωτήματα τίθενται σε μικρότερη κλίμακα αλλά η ερμηνεία τους γίνεται σε μεγαλύτερη κλίμακα στην πράξη τα αποτελέσματα και η συνδυαστική χρήση των δεδομένων καλύπτουν όλα τα στάδια της μελέτης μέχρι τις εργασίες πεδίου. Το πρόβλημα είναι ο χρόνος αναθεώρησης της δορυφορικής εικόνας google earth που είναι 2 με 3 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι κάποιες χρήσεις γης π.χ. ένα αγρόκτημα και μια οικία μπορεί να μην καταγράφεται σε εικόνα google earth αν είναι 2-3 έτη παλαιότερη από τη στιγμή της μελέτης. Όμως και πάλι αυτές οι μικροαλλαγές θα εντοπιστούν γύρω από τις πιθανές θέσεις εγκατάστασης κατά τις εργασίες πεδίου. Σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να υποκατασταθεί η εργασία που γίνεται στο GIS από εργασίες πεδίου για δεν είναι δυνατή η επιλογή, σύγκριση και αξιολόγηση πιθανών θέσεων εγκατάστασης συγκριτικά με εργασίες πεδίου για το σύνολο του Νομού. Άρα η χρήση τεχνικών GIS και οι εργασίες πεδίου είναι συμπληρωματικές εργασίες κατά τον προσδιορισμό θέσεων εγκατάστασης. Ως προς τη γεωμετρική ακρίβεια προσδιορισμού των θέσεων εγκατάστασης δεν μας απασχολεί αν αυτή είναι 1 ή 10 ή 20 μέτρα (σαν συνάρτηση της κλίμακας των δεδομένων) αλλά μας ενδιαφέρει η θεματική ακρίβεια δηλαδή η σχετική θέση των θέσεων εγκατάστασης ως προς άλλα αντικείμενα του φυσικού ή του οικιστικού περιβάλλοντος (θέσεις οικισμών, προστατευόμενες περιοχές κ.α.).

Ο έλεγχος των 66 θέσεων που έγινε με βάση τα πλεγματικά επίπεδα πληροφορίας (δορυφορική εικόνα και τοπογραφικός χάρτης) που είναι διαθέσιμα από το Google Earth (κλίμακα 1:5.000 – 1:10.000 και αναθεώρηση περίπου κάθε 2 χρόνια) μας έδωσε την δυνατότητα να πιστοποιήσουμε με δεδομένα πολύ μεγαλύτερες κλίμακας την καταλληλότητα των επιλεγμένων θέσεων. Άρα υπάρχει η δυνατότητα πάλι με ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα (google earth) να ελέγξουμε με φωτοερμηνεία τις καλύψεις γης και την μορφομετρία στην γειτονιά των αρχικών θέσεων εγκατάστασης.

Η μελέτη αυτή συντελεί στην ανάπτυξη των ΑΠΕ που αποτελεί υπέρτατο περιβαλλοντικό οικονομικό και κοινωνικό συμφέρον και θα συνεισφέρει στην ηλεκτροδότηση και στην περιβαλλοντική ελάφρυνση της Δυτικής Μακεδονίας,

περιοχής ιδιαίτερα επιβαρυνμένης από την παρουσία μεγάλων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και στην κάλυψη ενός μικρού έστω μέρους του συνόλου των ενεργειακών αναγκών της χώρας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης η μελέτη συνεισφέρει στην επίτευξη των αρχών βιώσιμης ανάπτυξης, αφού η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να μειώσει μόνο κατά 25% (σε σχέση με τις εκπομπές του 1990) τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα μέχρι το 2010 έπρεπε να καλύψει τις ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ κατά 20,1%.

Η μη εκμετάλλευση του υψηλού αιολικού δυναμικού από τη χώρας μας, αφαιρεί έναν σημαντικό ενεργειακό πόρο ΑΠΕ με οδυνηρές άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις αφενός στους περιβαλλοντικούς στόχους για τους οποίους έχει δεσμευτεί η χώρα στο πλαίσιο των διεθνών συμφωνιών και συμβάσεων και αφετέρου στο περιβάλλον της χώρας όπου κυριαρχεί η παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη με τεράστιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αέριων ρύπων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ahmed O., b, Roberto S., Driss Z., Abdelaziz M., Rachid B., 2010. Cover image Sustainability of a wind power plant: Application to different Moroccan sites. *Energy* Volume 35, Issue 10, Pages 4226– 4236.
2. Abbott JA, 2010. The localized and scaled discourse of conservation for wind power in Kittitas County, Washington. *Soc Nat Resour* 23:969–985
3. Agterbosch S, Meertens RM, Vermuelen WJV, 2009. The relative importance of social and institutional conditions in the planning of wind power projects. *Renew Sustain Energy Rev* 13:393–405.
4. Agterbosch, S., Vermeulen, W., & Glasbergen, P., 2004. Implementation of wind energy in the Netherlands: The importance of the social-institutional setting. *Energy Policy*, 32, 2049–2066.
5. Ahammed, A. K. M. R., & Nixon, B. M., 2006. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia. *Environmental Impact Assessment Review*, 26, 426–447.
6. Aitken M, 2010. Why we still don't understand the social aspects of wind power: a critique of key assumptions within the literature. *Energy Policy* 38:1834–1841.
7. Akpinar, A., Komurcu, M. I., Kankal, M., Ozolcer, I. H., Kaygusuz, K. 2008. Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2013–2039.
8. Albergaria, R., & Fidelis, T., 2006. Transboundary EIA: Iberian experiences. *Environmental Impact Assessment Review*, 26, 614–632.
9. Ανδρίτσος Ν., 2008. Ενέργεια και Περιβάλλον. Διδακτικές σημειώσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
10. Arslan O., 2010. Technoeconomic analysis of electricity generation from wind energy in Kutahya, Turkey *Energy*, 35 2010, pp. 120–131.
11. Asif, M., Muneer T. 2007. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1388–1413.
12. AWEA (American Wind Energy Association), 2011. Wind energy facts: Indiana. <http://www.awea.org/learnabout/publications/upload/1Q-11-Indiana.pdf>. Accessed: 15 July 2014.
13. Baban, S. M. J., Parry, T., 2001. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renewable Energy*, 24, 59–71.
14. Bagiorgas HS, Mihalakakou G, Matthopoulos D, 2008. A statistical analysis of wind speed distributions in the area of Western Greece. *Int J Green Energy* 5(1–2):120–137.
15. Bartzokas A, Kotroni V, Lagouvardos K, Lolis CJ, Gkikas A, Tsirogianni MI, 2010. Weather forecast in North-Western Greece: RISKMED warnings and verification of MM5 model. *Nat Hazard Earth Syst* 10:383–394.

16. Βασιλάκη Σ., 2012. Χωροθέτηση και οικονομική αξιολόγηση αιολικού πάρκου στη Μάλαξα Χανίων. Τμήμα φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. ΤΕΙ Κρήτης.
17. Bell D, Gray T, Haggett C, 2005. The ‘social gap’ in wind farm citing decisions: explanations and policy responses. *Environ Pollut* 14:460–477
18. Bennet O., 2001. *Cultural Pessimism*. Edinburgh University Press.
19. Benton County, 2011a. Benton County website: “Wind farms.” <http://www.bentoncounty.in.gov/bentoncountywindfarm.php>. Accessed: 6 June 2014
20. Bhattacharyya A. and Cummings L., 2013. Attitudes towards environmental responsibility within Australia and India: a comparative study. *Journal of Environmental Planning and Management*. DOI:10.1080/09640568.2013.768972.
21. Bilen, K., Ozyurt, O., Bakirci, K., Karsli, S., Erdogan, S., Yilmaz, M., Comakli, O., 2008. Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development: A case study in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 1529–1561.
22. Burton I., 1987. *Our common future*. The world Commission on Environment and Development.
23. Campbell, J., 1997. Landuse & landcover inventory. In: *Manual of Photographic Interpretation*, by Warren, R. (Ed). American Society of Photogrammetry, Washington D.C., pp.335-364.
24. Caralis G., Perivolaris Y., Rados K., Zervos A., 2008. *On the effect of spatial dispersion of wind power plants on the wind energy capacity credit in Greece*. *Environmental Research Letters*, 3, 3-15.
25. Carrion J. A., Estrella A. E., Dols F. A., Toro M. Z., Rodriguez M., Ridao A. R., 2008. Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2358–2380.
26. Clarke, A., 1991. *Wind energy progress and potential*. *Energy Policy*, 19, 742-755.
27. CLC, 2000. Corine land cover 100m, ver. 5. European Environment Agency (©EEA, Copenhagen), URL: <http://dataservice.eea.eu.int/>
28. Coskun H. G., Alparslan, E., 2009. Environmental modelling of Omerli catchment area in Istanbul, Turkey using remote sensing and GIS techniques. *Environ. Monit. Assess.*, 153, 323–332.
29. Cowell R., 2010. *Wind power, landscape and strategic, spatial planning—The construction of ‘acceptable locations’ inWales*. *School of City and Regional Planning, Cardiff University, Land Use Policy* 27, 222–232.
30. Dalili N, Edrisy A, Carriveau R, 2009. A review of surface engineering issues critical to wind turbine performance. *Renew Sustain Energy Rev* 13:428–438.
31. De Lucas, M., Janss, G.F.E. & Ferrer, M., 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13, pp.395–407.

32. Devereux, C. L., Denny, M. J. H., & Whittingham, M. J., 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1689–1694
33. Dias R., Mattos C., Balestieri J., 2006. The limits of human development and the use of energy and natural resources. *Energy Policy*, 34, 1026-1031.
34. Diaz S., Fargione J., Chapin FS III, Tilman D., 2006. «Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being». *PLoS Biology*, 4 (8): 1300–1305.
35. Dincer I., 1999. Environmental impacts of energy. *Energy Policy*, 27, 845-854
36. Dincer I., 2000. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4, 157-175.
37. Duic N., Guzovic Z., Kafarov V., Klemeš J., Mathiessen B., Yan J., 2013. Sustainable development of energy, water and environment systems. *Applied Energy*, 101, 3-5.
38. Elliot D., 2007. *Sustainable Energy: Opportunities and Limitations*, Palgrave Macmillan, Great Britain.
39. Energy Information Administration, 2013. Available at: <http://www.eia.gov>
40. Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007. Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τον 21ο αιώνα: συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας. Βρυξέλλες, 2007.
41. Επιχειρησιακό Σχέδιο Δήμου Γρεβενών, 2012-2014 (ΕΠΣΧΔΓ). Ά Φάση Στρατηγικός Σχεδιασμός.
42. Europe's Energy Portal, 2013. Available at: <http://www.energy.eu>
43. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010. Ενέργεια 2020. Μια στρατηγική για ανταγωνιστική, αειφόρο και ασφαλή ενέργεια. Βρυξέλλες, 2010.
44. Ευρωπαϊκή Ένωση αιολικής ενέργειας-EWEA, 2013. Wind Energy Scenarios up to 2030.
45. EWEA Wind Energy Association, 2013. Wind in power 2012 European statistics.
46. Farr TG., & Kobrick M., 2000. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 81(48), 583-585.
47. Fedra, K. 1993. GIS and environmental modeling. *Environmental Modeling with GIS*, M. F. Goodchild et al., eds., Oxford University Press, USA, 35-50.
48. Fuller R., Groom G., 1993. The land cover map of Great Britain. *GIS Europe*, 2 (8), 25-28.
49. Geist, H. J., & Lambin, E. F., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143-150.
50. Gesa Gebler, Johann Koopler, Pamela Gunther, 2013. Look at two forerunners approaches: Germany and United States. *Renewable Energy* 71-78.

51. Giavelli, G., Rossi, O. 1999. The AEOLIAN project: A MAB-UNESCO investigation to promote sustainable tourism in the Mediterranean area. *International Journal of Environmental Studies*, 56 (6), 833-847.
52. González J. Serrano, Manuel B. Payán, J. Manuel R. Santos, Francisco González-Longatt, 2013. *A review and recent developments in the optimal wind-turbine micro-siting problem*. Department of Electrical Engineering, University of Seville, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 33–144.
53. Goodchild, M. F., 2003. Geographic information science and systems for environmental management. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 28, 493–519.
54. Haack, B., 1996. Monitoring wetland changes with remote sensing: an East African example. *Environmental Management*, 20(3), 411-419.
55. Haas R., Panzer C., Resch G., Ragwitz M., Reece G., Held A., 2011. A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1003–1034.
56. Hoen B, Wiser R, Cappers P, Thayer M, Sethi G., 2011. Wind energy facilities and residential properties: the effect of proximity and view on sales prices. *J Real Estate Res* 33:279–316
57. Hook M. and Tang X., 2013. Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change-A review. *Energy Policy*, Vol. 52, pp. 797- 809.
58. HWEA Wind Energy Statistics, 2013. Ελληνική Επιστημονική Ένωση για την αιολική ενέργεια, 2013. <http://eletaen.gr/hwea-wind-energy-statistics-2013>.
59. IEA International Energy Agency, 1998. *Benign Energy? The environmental implications of renewable*, IEA, Paris, France.
60. IEA International Energy Agency, 2003. *Renewables for power generation status and prospects*. IEA, Paris, France.
61. IEA International Energy Agency, 2006. *Renewable energy: RD&D priorities. Insights from IEA technology programmes*.
62. IEA International Energy Agency, 2008. *Renewables information*. Paris, France.
63. Kaldelis J.K., 2002. An integrated time-depending feasibility analysis model of wind energy applications in Greece, *Energy Policy* 30, 267-280.
64. Kaldellis, J.K., 2005. Social attitude towards wind energy applications in Greece. *Energy Policy* 33, pp.595–602.
65. Κατσαπρακάκης Δημήτρης, 2010. «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Αιολική ενέργεια», Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας ΤΕΙ Κρήτης.
66. Katsaprakakis, D.A., 2012. A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, pp.2850–2863.
67. Keyhani, M.G. Varnamkhasti, M. Khanali, R. Abbaszadeh, 2010. An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran, *Tehran Energy*, 35, pp. 188–201.
68. Kikuchi, R., 2008. Adverse impacts of wind power generation on collision behaviour of birds and anti-predator behaviour of squirrels. *Journal for Nature Conservation* 16, pp.44–55.

69. Klein A., Pfluger B., Held A. 2008, Evaluation of different feed-in tariff design options. Best practice for the International Feed-In Cooperation, εκδόσεις ISI.
70. Koenemann, D., 2009. Competition is growing. *Sun & Wind Energy*, 6, 112–115.
71. Κορωναίος Χριστοφής, 2012. *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό-Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Περιβάλλον και Ανάπτυξη.
72. Leung D., Yang Y., 2012. Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, pp.1031–1039.
73. Lo C.P., 1998. Applications of Imaging Radar to landuse and landcover mapping. In: *Principles & Applications of Imaging Radar* by Henderson F. & Lewis, A., (Eds). John Wiley & Sons, New York, pp. 705-732.
74. Lombard A, Sanette F., 2013. Residents' attitudes to proposed wind farms in the West Coast region of South Africa: A social perspective from the South. *Energy Policy*. Department of Geography and Environmental Studies, Private bag X1, Matieland, Stellenbosch University.
75. Loring J. M ., 2007. Wind energy planning in England, Wales and Denmark: factors influencing project success. *Energy Policy* 35:2648–2660.
76. Maune DF., Maitra JB., McKay EJ., 2007. Accuracy standards, digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual (D. Maune, editor), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, pp. 61-82 (δεν υπάρχει στην ηλεκτρονική βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου).
77. McKenney, D. W., Mackey, B. G., Zavist, B. L. 1999. Calibration and sensitivity analysis of a spatially distributed solar radiation model. *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (1), 49-65.
78. Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας TREC, Διαπεριφερειακό συνεργατικό σχήμα για την ενέργεια, 2012. Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ).
79. Miliarisis G.C. & Paraschou CVE, 2005. “Vertical accuracy of the SRTM DTED level 1 of Crete.” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(1), 49-59.
80. Miliarisis GC., 2007. “An upland object based modelling of the vertical accuracy of the SRTM1 elevation dataset.” *Journal of Spatial Science*, 52 (1), 13-28.
81. Morrison, M., Sinclair, K., 2004. Wind energy technology, environmental impacts of. *Encyclopedia of Energy*, 6, 435-448.
82. Mors E. Bart W. Terwel, Danker L. Daamen, 2012. The potential of host community compensation in facility siting. *International journal of Greenhouse Gas control* 11S S130-S138.
83. Munday M, Bristow G, Cowell R., 2011. Wind farms in rural areas: how far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity? *J Rural Stud* 27:1–12.

84. Nagendra, H., Munroe, D. K., & Southworth, J., 2004. From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2), 111-115.
85. Nguyen K. Q., 2007. Wind energy in Vietnam: Resource assessment, development status and future implications. *Energy Policy*, 35, 1405–1413.
86. Νικολάου Τριανταφυλλιά, 2003. Χρήση αντλησιοταμίευσης σε αιολικό πάρκο στην Κρήτη. Διπλωματική εργασία για το Δ.Π.Μ.Σ. «Παραγωγή & Διαχείριση Ενέργειας».
87. Omer M. A., 2007. Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2265–2300.
88. Ορφανού Σοφία, 2010. Αναπτυξιακοί στόχοι και χωροθέτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ελληνική ύπαιθρο: Μελέτη περίπτωσης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.
89. Palaiologou P, Kalabokidis K, Haralambopoulos D, Feidas H, Polatidis H, 2011. Wind characteristics and mapping of power production in the Island of Lesbos, Greece. *Comp Geosci* 37(7):962–972.
90. Παπαθανασίου Σταύρος, 2004. Ενεργειακή απόδοση Αιολικών Πάρκων & Προοπτικές στον Ελληνικό χώρο. Πανεπιστημιακές σημειώσεις του Δ.Π.Μ.Σ. «Παραγωγή & Διαχείριση Ενέργειας».
91. Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013. Εφαρμογή του Νομοθετικού πλαισίου για τα αιολικά πάρκα στην Περιφέρει Δυτικής Μακεδονίας.
92. Περιφέρεια Κρήτης, 2000. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Κρήτη. Κοινοτικό Πρόγραμμα Altener II.
93. Peterlin, M., Kros, B., & Kontic, B., 2008. A method for the assessment of changes in environmental perception during an EIA process. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 533–545.
94. Phinn, S., Franklin, J., Hope, A., Stow, D., Huenneke, L. 1996. Biomass distribution mapping using airborne digital video imagery and spatial statistics in a semi-arid environment. *Journal of Environmental Management*, 47 (2), 139-164.
95. Ramachandra TV, Shruthi BV, 2005, Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS. *Energy Conversion and Management*, **46**:1561.
96. Ramirez-Rosado J., Garcia-Garrido E., Fernandez-Jimenez A., Zorzano-Santamaria J., Moneteiro C., Miranda V., 2008. Promotion of new wind farms based on a decision support system. *Renewable Energy*, 33, 558–566.
97. Rodman, L. C., Meentemeyer R. K. 2006. A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California. *Energy Policy*, 34, 2137–2149.
98. Rodriguez-Bachiller, A., Glasson, J., 2004. Expert systems and geographic information systems for impact assessment, Taylor & Francis, Great Britain.
99. Smallwood, K. S., Rugge, L., & ve Morrison, M. L., 2009. Influence of behavior on bird mortality in wind energy developments. *The Journal of Wildlife Management*, 73(7), 1082–1098.

100. Spanish Wind Energy Association (AEE), 2013. Διαθέσιμο στη σελίδα: http://www.internationalresourcejournal.com/associations/exclusive_interviewwith_jos_donoso_chairman_aee.html.
101. Strachen, P. A., Lal, D., Malmborg, F., 2006. The evolving UK wind energy industry: critical policy and management aspects of the emerging research agenda. *European Environment*, 16, 1–18.
102. Swofford J., Slattery M, 2010. Public attitudes of wind energy in Texas: Local communities in close proximity to wind farms and their effect on decision-making. The Institute for Environmental Studies, Texas Christian University. *Energy Policy* 38 (2010) 2508–2519.
103. Szarka, J., 2004. Wind energy, discourse coalitions and climate change: breaking the stalemate? *European Environment*, 14, 317–330
104. Szarka, J., 2006. Wind power, policy learning and paradigm change. *Energy Policy*, 34, 3041–3048.
105. Tabassum-Abbasi, M. Premalatha, Tasneem Abbasi n, S.A. Abbasi, 2013. Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31 270-288.
106. Tester, J. W., Drake, E. M., Driscoll, M. J., Golay M. W., Peters W. A., 2005. Sustainable energy, choosing among options. The MIT Press, Cambridge, MA.
107. Τράκας Δ., 2009. Επιπτώσεις της Αιολικής Διείσδυσης στην Ασφάλεια και Αξιοπιστία Λειτουργίας Απομονωμένων Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος.
108. Tsani S., 2010. Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics* 32, 582–590.
109. Tsoutsos, T. et al., 2008. Visual impact evaluation of a wind park in a Greek island. *Applied Energy* 86 (2009), pp.546–553.
110. Τουρλιδάκης Α., 2008. Δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη δυτική Μακεδονία. Ενεργειακό Δυναμικό και Βιώσιμες Τεχνολογίες στη δυτική Μακεδονία. Κοζάνη.
111. USGS: US Geological Survey 2014. SRTM DTED <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>.
112. Winstrall, A, et al. 1999. Implementation of digital terrain analysis to capture the effects of wind redistribution in spatial snow modeling. Proceedings of the 67th Annual Western Snow Conference, South Lake Tahoe, California, paper no 314.
113. Yokoyama, R., Shirasawa, M., Pike, R.J. 2002. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.68, pp.251-266.
114. Yue, C. D., Wang, S. S., 2006. GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy Policy*, 34, 730–742.
115. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. <http://www.ypeka.gr/>

116. Υπηρεσία Ενέργειας Υπουργείο Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού, Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια, 2010-2020. Διαθέσιμο [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/1EC14C317861D19BC22577FC003524A1/\\$file/Ethniko%20Sxedio%20Drasis%202010%202020.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/1EC14C317861D19BC22577FC003524A1/$file/Ethniko%20Sxedio%20Drasis%202010%202020.pdf).
117. Warren CR, Lumsden C, O'Dowd S, Birnie RV, 2005. 'Green on green': public perceptions of wind power in Scotland and Ireland. *J Environ Plann Man* 48:853–875.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. **www.bonus.dk**: Ιστοσελίδα κατασκευαστή Α/Γ.
2. **www.cres.gr**: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
3. **www.enercon.de**: Ιστοσελίδα κατασκευαστή Α/Γ.
4. **www.ewea.org**: Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας.
5. **www.hellasres.gr**: Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών Α.Π.Ε.
6. **www.neg-micon.com**: Ιστοσελίδα κατασκευαστή Α/Γ.
7. **ww.patris.gr**: Ιστοσελίδα εφημερίδας του Ηρακλείου.
8. **www.rae.gr**: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας.
9. **www.teiher.gr**: Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου – Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας.
10. **www.energie-server.de**: Γερμανική ιστοσελίδα για τις Α.Π.Ε.
11. <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
12. <http://europa.eu.int/comm/energy/res/>
13. <http://retscreen.net>
14. http://www.kpe-kastor.kas.sch.gr/energy/human_activities/contents.htm
15. http://climate.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=88
16. http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php