



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
ΤΗΣ ΣΙΦΝΟΥ**

Κολοκοτρώνης Βασίλειος
Μηχανικός Μεταλλείων-Μεταλλουργός Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος,
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΙΦΝΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Μαμάσης Νικόλαος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Τριμελής Επιτροπή:

Μαμάσης Νικόλαος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μαλαμής Συμεών-Αλέξανδρος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Κατσουλάκος Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΑΕΝ Ασπροπύργου

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

.....

Κολοκοτρώνης Βασίλειος

Διπλωματούχος Μηχανικός Μεταλλείων-Μεταλλουργός, Ε.Μ.Π.

Copyright © Κολοκοτρώνης Βασίλειος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τις μεταπτυχιακές μου σπουδές στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν έμπρακτα και πνευματικά καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Μαμάση, Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., που με εμπιστεύτηκε και με ανέλαβε ώστε να συνεργαστούμε για την διεξαγωγή της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, δίνοντάς μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα αντικείμενο που μου αρέσει και που έχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Τέλος θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο «Ευχαριστώ» στους γονείς μου που ήταν σταθερά δίπλα μου σε όλη την προσπάθεια που έκανα σε αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα, αλλά και για όλες τις θυσίες που έκαναν και συνεχίζουν να κάνουν για εμένα και το μέλλον μου.

Περίληψη

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις πιο ελπιδοφόρες μορφές ΑΠΕ, με αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος σε παγκόσμια κλίμακα. Στην Ελλάδα, η οποία διαθέτει ένα από τα καλύτερα αιολικά δυναμικά παγκοσμίως, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας δύναται να συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους, κάτι το οποίο αποτελεί κύριο στόχο της Εθνικής και κατ' επέκταση Ευρωπαϊκής πολιτικής.

Ωστόσο, η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες θα πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη. Η ανάπτυξη όλο και περισσότερων αιολικών πάρκων, συνεπάγεται ολοένα και πιο έντονες αρνητικές επιπτώσεις στο τοπίο, στο επίπεδο του περιβάλλοντος θορύβου, καθώς και στην άγρια ζωή. Επιπλέον, οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από την ενίοτε μη βέλτιστη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών, έχουν προκαλέσει ένα αυξανόμενο χάσμα σχετικά με την κοινωνική αποδοχή αυτής της τεχνολογίας, τόσο σε εθνικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Υπό το πρίσμα αυτό, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός μεθοδολογικού πλαισίου για τον εντοπισμό της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης ενός χερσαίου αιολικού πάρκου στο νησί της Σίφνου. Αυτό επιτυγχάνεται συνδυάζοντας την Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (ΠΚΑ) και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που προτείνεται αποτελείται από τρία βασικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο, ένα σύνολο περιβαλλοντικών, οικονομικών, κοινωνικών και τεχνικών περιορισμών, με βάση την κείμενη ελληνική νομοθεσία (ΕΠΧΣΑΑ για ΑΠΕ), αλλά και τη διεθνή βιβλιογραφία, χρησιμοποιείται για να εντοπίσει τις πιθανές περιοχές εγκατάστασης ανεμογεννητριών.

Σε δεύτερη φάση, η έκταση που είναι διαθέσιμη για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών, αξιολογείται βάσει πέντε κριτηρίων, τα οποία είναι το Αιολικό Δυναμικό, η Κλίση του Εδάφους, η Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, η Απόσταση από τις περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, καθώς και η Οπτική Όχληση. Για να καθοριστεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου στην αξιολόγηση της περιοχής, εφαρμόζεται η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ). Η συνολική καταλληλότητα της

περιοχής μελέτης για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών εκτιμάται με τη χρήση της απλής προσθετικής στάθμισης.

Στο τελευταίο στάδιο, αναδεικνύονται οι εκτάσεις που χαρακτηρίζονται από τον υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας και γίνεται η επιλογή της πιο κατάλληλης περιοχής. Έτσι, διερευνάται το σενάριο της εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου το οποίο θα καλύπτει τις αιχμές ζήτησης, και υπολογίζεται ο αριθμός των ανεμογεννητριών που απαιτούνται. Τέλος, παρατίθενται οι πιθανές επιπτώσεις που θα μπορούσαν να προκληθούν στο σενάριο εγκατάστασης αιολικού πάρκου στην προτεινόμενη περιοχή.

Λέξεις Κλειδιά

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Αιολική Ενέργεια, Ανεμογεννήτριες, Χωροθέτηση Αιολικών Πάρκων, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (ΠΚΑ), Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (ΑΙΔ), Σίφνος.

Abstract

Wind energy is one of the most promising forms of Renewable Energy Sources (RES), resulting in a rapid increase in the installed global wind power capacity. In Greece, which has one of the best wind potentials in the world, the exploitation of wind energy can contribute to the reduction of the country's dependence on conventional energy resources, which is a main objective of National and, by extension, European policy.

However, RES installation has a considerable environmental impact, which should always be taken into consideration. Further diffusion of wind farms involves strong spatial implications that refer to various adverse effects on landscape, noise level, and wildlife. Furthermore, negative environmental impacts caused by the sometimes worst possible siting of wind turbines have induced an increasing gap between the social acceptance of this technology on both local and global level.

In this light, the aim of this thesis is to create a methodological framework for the identification of the optimal location of an onshore wind farm on the island of Sifnos, Greece. This is achieved by combining Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) and Geographic Information Systems (GIS).

The proposed methodological framework, consists of three main stages. Initially, a set of environmental, economic, social, and technical constraints, based on both Greek legislation (“Special Framework for Spatial Planning and Sustainable Development for RES”) and available literature, is used to limit the potential sites for wind power installation.

In a second phase, the remaining available area is evaluated by five factors, which are wind potential, slope gradient, distance from existing road network, distance from areas of environmental interest and visual impact. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method is applied to estimate the factors weights in order to establish their relative importance in site evaluation. The overall suitability of the study region for wind turbine siting is appraised through the use of the simple additive weighting method (SAW).

At the final stage, the areas characterized by the highest suitability values are highlighted and the most suitable area for the installation of wind turbines is selected. Thus, the scenario of installing a wind farm that will cover the demand peaks is

explored, by calculating the required number of wind turbines. Finally, the possible impacts that could be caused by the installation of a wind farm in the proposed area are listed.

Keywords

Renewable Energy Sources, Wind Energy, Wind Turbines, Wind Farm Siting, Geographic Information Systems (GIS), Multi-criteria Decision Analysis (MCDA), Analytic Hierarchy Process (AHP), Sifnos.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	v
Περίληψη	vi
Abstract.....	viii
Κατάλογος Γραφημάτων.....	xiv
Κατάλογος Εικόνων.....	xiv
Κατάλογος Πινάκων	xv
Κατάλογος Σχημάτων.....	xvi
Κατάλογος Χαρτών.....	xvi
Ακρωνύμια και Συντομογραφίες	xviii
Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Αντικείμενο της Εργασίας.....	2
1.3 Διάρθρωση της Εργασίας.....	3
Κεφάλαιο 2^ο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αιολική Ενέργεια	6
2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	6
2.1.1 Ο ρόλος των ΑΠΕ στο Σύγχρονο Ενεργειακό Σχεδιασμό	8
2.1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα	10
2.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη Νησιωτική Ελλάδα.....	12
2.2 Αιολική Ενέργεια	15
2.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά	15
2.2.2 Ανεμογεννήτριες.....	15
2.2.3 Η Αιολική Ενέργεια στην Ευρώπη.....	20
2.2.4 Ανάπτυξη και Προοπτικές της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	21
2.3 Επίδραση Αιολικής Ενέργειας στο Φυσικό και Δομημένο Περιβάλλον	24
2.3.1 Οπτική Όχληση.....	24
2.3.2 Ηχητική Ρύπανση	25
2.3.3 Επίδραση στην Πανίδα	26
2.3.4 Αντανακλάσεις	27
2.3.5 Επίδραση στην χλωρίδα και διάβρωση του εδάφους	28
2.3.6 Ηλεκτρομαγνητική Επίδραση.....	28
Κεφάλαιο 3^ο: Νομοθετικό Πλαίσιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	29

3.1 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.....	29
3.1.1 Αρχικό Πλαίσιο	29
3.1.2 Οδηγίες για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (RED I,II).....	30
3.1.3 Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία	31
3.1.4 Νέα Αναθεώρηση Οδηγίας για τις ΑΠΕ	35
3.2 Εθνική Νομοθεσία.....	36
3.2.1 Ανασκόπηση Σημαντικότερων Νόμων 1985-2022	36
3.2.2 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα	42
3.3 Χωροταξικός Σχεδιασμός και Έργα ΑΠΕ	44
3.3.1 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	44
3.3.2 Χωροθέτηση Αιολικών Εγκαταστάσεων.....	45
3.3.3 Περιοχές Αποκλεισμού - Ζώνες Ασυμβατότητας	48
3.3.4 Ελάχιστες Αποστάσεις της θέσης εγκατάστασης μεμονωμένης Αιολικής Μονάδας από τις Περιοχές Αποκλεισμού-Ζώνες Ασυμβατότητας.....	49
3.3.5 Κριτήρια ένταξης των Αιολικών Πάρκων στο τοπίο	50
3.4 Αδειοδοτική Διαδικασία	51
Κεφάλαιο 4ο: Περιγραφή Μεθοδολογίας Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου με χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε Περιβάλλον ΣΓΠ.....	55
4.1 Τα ΣΓΠ ως Εργαλεία Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων ΑΠΕ	55
4.2 Χωροθέτηση ΑΠΕ και Πολυκριτηριακή Ανάλυση.....	58
4.3 Μοντέλο Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας – Analytic Hierarch Process (AHP)	62
4.4 Μεθοδολογικό Πλαίσιο Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών	66
4.4.1 Συλλογή και Επεξεργασία Δεδομένων – Παραγωγή ΘΕΠ	68
4.4.2 Προσδιορισμός Νομοθετικά Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών	69
4.4.3 Αξιολόγηση των Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης με χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης	71
4.4.4 Ανάδειξη Βέλτιστων Περιοχών Χωροθέτησης - Επιλογή Τελικής Θέσης .	77
Κεφάλαιο 5ο: Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Δήμου Σίφνου.....	78
5.1 Γεωγραφική Θέση και Διοικητική Διάρθρωση.....	78
5.2 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά και Οικιστικές Περιοχές.....	79
5.3 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά	80

5.4 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά	83
5.5 Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος.....	84
5.6 Καλύψεις Γης	87
5.7 Πολιτιστικό Περιβάλλον	89
5.8 Τεχνικές Υποδομές.....	91
5.9 Υποδομές Ενέργειας.....	93
5.10 Αιολικό Δυναμικό	95
Κεφάλαιο 6^ο: Εφαρμογή Προτεινόμενης Μεθοδολογίας στη Σίφνο	97
6.1 Στάδιο 1: Εκτίμηση Νομοθετικά Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών	97
6.1.1 Καθορισμός κριτηρίων χωροθέτησης - Αποκλεισμός ασύμβατων περιοχών	97
6.1.2 Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού (Ζώνες ελαχίστων αποστάσεων)	99
6.1.3 Δημιουργία Ζωνών Επιρροής.....	106
6.1.4 Κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου	108
6.2 Στάδιο 2: Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου	109
6.2.1 Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης.....	109
6.2.2 Καθορισμός Βαρύτητας-Επιρροής Κριτηρίων Αξιολόγησης.....	118
6.2.3 Εκτίμηση Καταλληλότητας περιοχών	121
6.2.4 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	124
6.3 Στάδιο 3: Ανάδειξη Βέλτιστων Περιοχών Χωροθέτησης – Επιλογή Τελικής Θέσης Εγκατάστασης.....	128
6.3.1 Προσδιορισμός Βιώσιμων Περιοχών Χωροθέτησης.....	128
6.3.2 Μέγεθος Αιολικού Πάρκου	129
6.3.3 Επιλογή Τελικής Περιοχής.....	132
6.4 Πιθανές Επιπτώσεις Προτεινόμενου Αιολικού Πάρκου στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον.....	136
6.4 Αξιολόγηση Αδειοδοτημένων Αιολικών Πάρκων στη Σίφνο.....	142
Κεφάλαιο 7^ο: Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	145
7.1 Σύνοψη	145
7.2 Συμπεράσματα	148
7.3 Προτάσεις βελτίωσης και μελλοντικοί τομείς προς διερεύνηση	150

Βιβλιογραφία	152
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	164
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	168

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 2.1: Εκτίμηση Πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το έτος 2050....	8
Γράφημα 2.2 Πρόβλεψη για την Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης ανά τομέα.....	9
Γράφημα 2.3: Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα ανά τεχνολογία για το διάστημα 2011-2019	11
Γράφημα 2.4: Μερίδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.....	12
Γράφημα 2.5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, 2011-2019	13
Γράφημα 2.6: Ανάπτυξη της αιολικής εγκατεστημένης ισχύος στην Ευρώπη, 2012-2021.....	20
Γράφημα 2.7: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά Ευρωπαϊκή Χώρα.....	21
Γράφημα 2.8: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανά έτος στην Ελλάδα.....	22
Γράφημα 2.9: Εκτιμώμενη ετήσια θνησιμότητα πτηνών από επιλεγμένα ανθρωπογενή αίτια.....	27
Γράφημα 3.1: ΕΣΕΚ-Σενάριο Εγκατεστημένης Ισχύος Ηλεκτροπαραγωγής, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του 2030.....	43
Γράφημα 5.1: Γράφημα κατανομής των καλύψεων γης της υπό μελέτη περιοχής.....	88
Γράφημα 5.2: Ετήσια ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας...	93
Γράφημα 6.1: Στάθμη θορύβου μοντέλου E-44.....	138

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανεμογεννήτριες	16
Εικόνα 2.2: Κατηγορίες Ανεμογεννητριών.	17
Εικόνα 2.3: Μέρη Α/Γ οριζοντίου άξονα	19
Εικόνα 2.4: Ένταση θορύβου Α/Γ καθώς και άλλων πηγών	26
Εικόνα 3.1: Τομείς Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας.....	32
Εικόνα 3.2: Μετατροπή σημερινού γραμμικού ενεργειακού συστήματος σε ένα μελλοντικό ολοκληρωμένο-κυκλικό σύστημα ενέργειας.....	33
Εικόνα 3.3: Παραδείγματα μελλοντικών μονάδων παραγωγής υπεράκτιας ενέργειας στην ΕΕ.....	34
Εικόνα 3.4: Διάκριση Ελληνικής επικράτειας σε Π.Α.Π. και Π.Α.Κ.....	47
Εικόνα 3.5: Κριτήριο ένταξης Α/Γ στο τοπίο.....	50
Εικόνα 4.1: Διαφορετικά επίπεδα δεδομένων σε περιβάλλον GIS.....	56
Εικόνα 4.2: (1) Πραγματικός κόσμος, (2) Αναπαράσταση σε ψηφιδωτή μορφή (raster), (3) Αναπαράσταση σε διανυσματική μορφή (vector).....	56

Εικόνα 4.3: Αναπαράσταση Σταθμισμένης Άθροισης Ψηφιδωτών αρχείων.....	74
Εικόνα 6.1: Ανεμογεννήτριες τύπου Enercon E-44/900kW	132
Εικόνα 6.2: Αποστάσεις μεταξύ ανεμογεννητριών για την παρούσα εργασία.....	135
Εικόνα 6.3: Επίδραση στην οπτική ενός τοπίου συναρτήσει της απόστασης από την θέση εγκατάστασης.....	138
Εικόνα 6.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (1).....	141
Εικόνα 6.5: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (2).....	141
Εικόνα 6.6: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (3).....	142
Εικόνα 6.7: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (4).....	142

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Φέρουσα ικανότητα σε Α/Γ ανά πρωτοβάθμιο Ο.Τ.Α.....	47
Πίνακας 3.2: Ζώνες σημείων ενδιαφέροντος.	51
Πίνακας 4.1: Κριτήρια Αξιολόγησης για την χωροθέτηση Ανεμογεννητριών, που χρησιμοποιούνται ευρέως στη διεθνή βιβλιογραφία	60
Πίνακας 4.2: Πίνακας με ανά ζεύγη συγκρίσεις κριτηρίων	64
Πίνακας 4.3: Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty και περιγραφή αυτής.....	64
Πίνακας 4.4: Τυχαίοι δείκτες συνέπειας RI.....	66
Πίνακας 4.5: Πρωτογενή Δεδομένα.	68
Πίνακας 4.6: Κριτήρια Αξιολόγησης	72
Πίνακας 4.7: Βαθμός Καταλληλότητας.....	73
Πίνακας 4.8: Τελικές Κλάσεις Καταλληλότητας ως προς την χωροθέτηση Α/Γ.....	75
Πίνακας 5.1: Εξέλιξη πληθυσμού.....	79
Πίνακας 5.2: Υγροτοπικές εκτάσεις Σίφνου.....	86
Πίνακας 5.3: Αναλυτική κατανομή των καλύψεων γης για την Σίφνου	88
Πίνακας 5.4: Κηρυγμένοι αρχαιολογικοί χώροι Σίφνου	89
Πίνακας 5.5: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Σίφνο, για το έτος 2018.....	94
Πίνακας 6.1: Ελάχιστες αποστάσεις αποκλεισμού από κριτήρια αποκλεισμού/ασύμβατες περιοχές.	100
Πίνακας 6.2: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο του Αιολικού Δυναμικού..	111
Πίνακας 6.3: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο των Εδαφικών Κλίσεων. .	112
Πίνακας 6.4: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από το Οδικό Δίκτυο.	113
Πίνακας 6.5: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τις Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος.	115
Πίνακας 6.6: Βαθμοί καταλληλότητας για την οπτική όχληση οικισμών.....	117
Πίνακας 6.7: Ανά ζεύγη συγκρίσεις κριτηρίων αξιολόγησης.	119
Πίνακας 6.8: Βάρη κριτηρίων αξιολόγησης.....	120

Πίνακας 6.9: Κατανομή εκτάσεων Σίφνου ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης Αιολικών Εγκαταστάσεων.....	122
Πίνακας 6.10: Αξιολόγηση επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων	123
Πίνακας 6.11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Σεναρίων Ανάλυσης Ευαισθησίας...127	
Πίνακας 6.12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά επιλεγμένου τύπου Ανεμογεννήτριας.....	130
Πίνακας 6.13: Έκταση περιοχών με εμβαδό μεγαλύτερο από 0,2 km ²	133
Πίνακας 6.14: Ενδεικτικές υπολογιζόμενες τιμές ηχητικού θορύβου ανεμογεννητριών σε συνάρτηση με την απόσταση.	139

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 4.1: Τυπική Ιεραρχική Δομή ΑΗΡ.	63
Σχήμα 4.2: Γενικό Περίγραμμα Μεθοδολογίας.....	67
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα Ροής 1 ^{ου} Σταδίου.	71
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα Ροής 2ου Σταδίου	77
Σχήμα 5.1: Ανεμολόγιο Σίφνου.....	83

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 2.1: Γεωγραφική κατανομή αιολικής ισχύος στην Ελλάδα για το πρώτο εξάμηνο του 2022 (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022).	23
Χάρτης 5.1: Γεωγραφική Θέση Σίφνου.....	78
Χάρτης 5.2: Οικισμοί Σίφνου	80
Χάρτης 5.3: Γεωμορφολογία Σίφνου.....	81
Χάρτης 5.4: Κλίσεις Ανάγλυφου Σίφνου	82
Χάρτης 5.5: Περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.....	84
Χάρτης 5.6: Χάρτης Καλύψεων Γης	87
Χάρτης 5.7: Πολιτιστικό περιβάλλον Σίφνου.....	91
Χάρτης 5.8: Τεχνικές Υποδομές Σίφνου	92
Χάρτης 5.9: Υποδομές Ενέργειας.....	95
Χάρτης 5.10: Αιολικό δυναμικό Σίφνου.....	96
Χάρτης 6.1: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα οικιστικά κριτήρια.....	101
Χάρτης 6.2: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Περιβαλλοντικά Κριτήρια.....	103
Χάρτης 6.3: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Πολιτιστικά Κριτήρια.....	104
Χάρτης 6.4: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Δίκτυα Υποδομών.	105

Χάρτης 6.5: Ζώνες αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τη Γεωργική Γη και τις Τουριστικές Υποδομές.....	106
Χάρτης 6.6: Τελικές ζώνες επιρροής από την τομή του αιολικού δυναμικού και της ζώνης επιρροής 10 km του οδικού δικτύου.	107
Χάρτης 6.7: Κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου.	108
Χάρτης 6.8: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο του Αιολικού Δυναμικού.....	110
Χάρτης 6.9: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο των εδαφικών κλίσεων	112
Χάρτης 6.10: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για την απόσταση από το οδικό δίκτυο.	114
Χάρτης 6. 11: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.....	115
Χάρτης 6.12: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο της Οπτικής Όχλησης	118
Χάρτης 6.13: Αξιολόγηση νήσου Σίφνου ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων.	121
Χάρτης 6.14: Βαθμός Καταλληλότητας επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης Α/Γ.	123
Χάρτης 6.15: Ανάλυση Ευαισθησίας-Ισοβαρείς Συντελεστές.	124
Χάρτης 6.16: Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 2: Τεχνοοικονομικό Σενάριο (2)..	125
Χάρτης 6.17: Ανάλυση Ευαισθησίας – Κοινωνικό-Περιβαλλοντικό Σενάριο (3)..	126
Χάρτης 6.18: Διαθέσιμες εκτάσεις με υψηλό Βαθμό Καταλληλότητας και στα 4 σενάρια.....	129
Χάρτης 6.19: Περιοχές με υψηλό βαθμό καταλληλότητας που καλύπτουν την απαιτούμενη έκταση	133
Χάρτης 6.20: Προτεινόμενη Θέση Χωροθέσης Α/Π.....	135
Χάρτης 6.21: Οπτική όχληση Ανεμογεννητριών προτεινόμενου Αιολικού Πάρκου.	137
Χάρτης 6.22: Ζώνες ακουστικού θορύβου Ανεμογεννητριών	140
Χάρτης 6.23: Αδειοδοτημένοι ή υπό αξιολόγηση αιολικοί σταθμοί Σίφνου	144

Ακρωνύμια και Συντομογραφίες

AHP	Analytic Hierarchy Process
CLC	Corine Land Cover
GIS	Geographic Information Systems
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
RES	Renewable Energy Sources
ΑΓ	Ανεμογεννήτρια
ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΕ	Ανώνυμη Εταιρεία
ΑΕΠΟ	Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων
ΑΙΔ	Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΠ	Αιολικό Πάρκο
ΔΑΠΕΕΠ	Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΣΜΗΕ	Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΠΟ	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
ΕΠΧΣΑΑ	Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
ΕΧΕ	Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΛΑΓΗΕ	Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΜΔΝ	Μη Διασυνδεδεμένο Νησί

ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΠΑΚ	Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας
ΠΑΠ	Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας
ΠΚΑ	Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων
ΠΠΔ	Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΓΠ	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
ΣΗΘΥΑ	Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΦΕΚ	Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Στη σημερινή εποχή, η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου σε συνδυασμό με την ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού έχουν συντελέσει στην ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καλύπτεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από τα ορυκτά καύσιμα.

Λαμβάνοντας ωστόσο, ως δεδομένο το γεγονός ότι τα αποθέματα των συμβατικών μορφών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας, ουράνιο κτλ.) δεν είναι ανεξάντλητα, το μακρινό μέλλον ενέχει το ρίσκο μιας σοβαρής κοινωνικοοικονομικής κρίσης, ως απόρροια της αδυναμίας κάλυψης των ενεργειακών αναγκών. Το συγκεκριμένο ρίσκο συμπληρώνεται και με τη παγκόσμια ανησυχία σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ορυκτών καυσίμων (εκπομπές αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου του θερμοκηπίου) και τις πιθανές καταστρεπτικές συνέπειες που μπορεί να επιφέρει στον πλανήτη (UNFCCC, 2015).

Αναγνωρίζεται λοιπόν το γεγονός ότι απαιτείται μια δραστική αλλαγή σε ολόκληρο το ενεργειακό σκηνικό, το οποίο έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην περεταίρω ανάπτυξη και εφαρμογή διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Για αρκετές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησής τους από τις ακριβές εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, και κατ' επέκταση στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, η χρήση των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών μορφών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλουν στην βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, περιορίζοντας την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων (Μαύρος, 2022).

Η αιολική ενέργεια, όντας μια από τις σημαντικότερες και πολλά υποσχόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποτελεί έναν αποδοτικό τρόπο παραγωγής ενέργειας και αναπτύσσεται με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς παγκοσμίως. Η επιταχυνόμενη ανάπτυξή της ωστόσο, συχνά δημιουργεί τριβές με τις τοπικές κοινωνίες, οι οποίες διεκδικούν τον ίδιο χώρο για την ανάπτυξη άλλων δραστηριοτήτων ή την προστασία

του φυσικού περιβάλλοντος και του τοπίου, με αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να εναντιώνονται στις αιολικές εγκαταστάσεις.

Επομένως, η ορθή τοποθέτηση των αιολικών μονάδων, αποτελεί ένα κομβικό ζήτημα το οποίο βρίσκεται στο επίκεντρο της συζήτησης της επιστημονικής κοινότητας. Ο χωρικός σχεδιασμός καλείται να διαμορφώσει τη συνθήκη αυτή, όπου ο ενεργειακός σχεδιασμός θα μπορεί να αποτυπωθεί στον χώρο συνυπολογίζοντας παράλληλα τις τοπικές ανάγκες, τον αναπτυξιακό σχεδιασμό, αλλά και την διατήρηση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος προς μια κατεύθυνση αειφορίας (Bee Green, 2021).

1.2 Αντικείμενο της Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων. Το εν λόγω μεθοδολογικό πλαίσιο αποτελείται από τρία στάδια και συνδυάζει τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και την Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (ΠΚΑ).

Κατά το πρώτο στάδιο, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών και τεχνικών περιορισμών του ισχύοντος Νομοθετικού Πλαισίου και κυρίως του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΦΕΚ 2464/Β'03-12-2008), αλλά και επιπλέον περιορισμούς που προτείνονται από τη διεθνή βιβλιογραφία, εντοπίζονται οι περιοχές που κρίνονται ως κατάλληλες και δύνανται να εγκατασταθούν σε αυτές αιολικές εγκαταστάσεις.

Στη συνέχεια, κατά το δεύτερο στάδιο της μεθοδολογίας πραγματοποιείται η αξιολόγηση των διαθέσιμων περιοχών του 1ου σταδίου με τη χρήση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη πέντε κριτήρια (Αιολικό δυναμικό, Κλίση εδάφους, Απόσταση από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο, Απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, Οπτική όχληση). Για να καθοριστεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου στην αξιολόγηση της περιοχής, εφαρμόζεται η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ).

Στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας αναδεικνύονται οι πλέον βιώσιμες περιοχές χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, δηλαδή οι περιοχές που συγκεντρώνουν τις

υψηλότερες βαθμολογίες καταλληλότητας. Το συγκεκριμένο μεθοδολογικό πλαίσιο θα εφαρμοσθεί για ένα υποτιθέμενο έργο εγκατάστασης ενός Αιολικού Σταθμού στο νησί της Σίφνου, θεωρώντας ότι η αιολική ενέργεια που θα παράγεται αυτό θα καλύπτει τις αιχμές ζήτησης, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Τέλος, επιχειρείται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα μπορούσαν να προκληθούν από την χωροθέτηση του αιολικού πάρκου στην προτεινόμενη θέση εγκατάστασης, η οποία προέκυψε από την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Οι κύριοι στόχοι, τους οποίους φιλοδοξεί να επιτελέσει η παρούσα διατριβή, είναι πολυάριθμοι και οι σημαντικότεροι εξ' αυτών είναι:

- Η καταγραφή του Νομοθετικού Πλαισίου που καθορίζει τη διαδικασία αδειοδότησης, χωροθέτησης και κατασκευής έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.
- Η βελτιστοποίηση και ο εμπλουτισμός του υπάρχοντος νομοθετικού πλαισίου που σχετίζεται με τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την χωροθέτηση Αιολικών Εγκαταστάσεων.
- Η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων σε συνδυασμό με Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, που θα αποσκοπεί στον εντοπισμό αλλά και την αξιολόγηση των βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης Αιολικών Εγκαταστάσεων.
- Η ολοένα και μεγαλύτερη ενσωμάτωση της Αιολικής Ενέργειας και κατ' επέκταση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της χώρας, με σκοπό την επίτευξη τόσο των Ευρωπαϊκών, όσο και των Εθνικών στόχων προς έναν βιώσιμο ενεργειακό σχεδιασμό.

1.3 Διάρθρωση της Εργασίας

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία αναπτύσσεται σε επτά (7) κεφάλαια, συνολικά.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, το οποίο αποτελεί την εισαγωγή, γίνεται μια συνοπτική περιγραφή του υπό μελέτη θέματος μέσω ενός εισαγωγικού σημειώματος, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται το αντικείμενο, οι στόχοι, καθώς και η δομή της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στις ΑΠΕ, στον κομβικό ρόλο που κατέχουν στον σύγχρονο ενεργειακό σχεδιασμό, ενώ παρουσιάζονται και πρόσφατα στοιχεία σχετικά με την ανάπτυξή τους στην Ελλάδα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον νησιωτικό χώρο και τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται σε έννοιες που αφορούν γενικότερα την αιολική ενέργεια και καταγράφονται στατιστικά δεδομένα που αφορούν τόσο την Ελλάδα, όσο και χώρες της Ευρώπης. Εκτενής είναι και η αναφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη ανανεώσιμη μορφή ενέργειας.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, γίνεται αναφορά στο Νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στη χώρα μας. Σε πρώτη φάση παρουσιάζονται οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες οι οποίες ενσωματώθηκαν στην Ελληνική Νομοθεσία, ενώ στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά τόσο στις πρώιμες νομοθετικές διατάξεις, όσο και τα πιο πρόσφατα νομοθετήματα που αφορούν την Ελληνική Ενεργειακή Νομοθεσία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, που από το 2008 και έκτοτε αποτελεί το κατεξοχήν πλαίσιο χωροθέτησης μονάδων ΑΠΕ στη χώρα μας. Επιπροσθέτως, ειδική αναφορά γίνεται και στην ισχύουσα αδειοδοτική διαδικασία εγκαταστάσεων ΑΠΕ.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η προτεινόμενη Μεθοδολογία χωροθέτησης αιολικών πάρκων με συνδυαστική χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων. Αρχικά γίνεται αναφορά τόσο στα ΣΓΠ, όσο και στην ΠΚΑ και ιδίως στην μέθοδο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ/ΑΙΔ), τα οποία αποτελούν δύο πολύ χρήσιμα εργαλεία για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Έπειτα, περιγράφονται αναλυτικά όλα τα στάδια του μεθοδολογικού πλαισίου που εφαρμόστηκε και έχει ως στόχο τον εντοπισμό των καταλληλότερων περιοχών εγκατάστασης Ανεμογεννητριών.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο**, αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση τόσο του ανθρωπογενούς, όσο και του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και των ενεργειακών στοιχείων της υπό μελέτη περιοχής, δηλαδή της Σίφνου.

Στο **έκτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται η προαναφερθείσα μεθοδολογική προσέγγιση. Αρχικά, καθορίζονται οι περιοχές στις οποίες δύναται, σύμφωνα με τους περιορισμούς της νομοθεσίας, να χωροθετηθούν αιολικές εγκαταστάσεις. Ακολούθως, επιλέγονται τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν οι διαθέσιμες εκτάσεις και εφαρμόζεται

μια ενιαία κλίμακα αξιολόγησης, ώστε να καταστεί εφικτή η εφαρμογή της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης και έτσι να προσδιοριστούν οι βιώσιμες περιοχές χωροθέτησης ανεμογεννητριών. Επιπλέον, διερευνάται το σενάριο εγκατάστασης αιολικού πάρκου το οποίο θα καλύπτει πλήρως τις αιχμές ζήτησης, ενώ παράλληλα ερευνώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενδέχεται να προκύψουν από την εγκατάσταση της συγκεκριμένης μονάδας.

Στο **έβδομο** και τελευταίο **κεφάλαιο**, διατυπώνονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 2^ο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αιολική Ενέργεια

2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) συνιστούν μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διεργασίες, όπως ο άνεμος, η ηλιακή ακτινοβολία, η γεωθερμία ή το νερό και υπάρχουν εν αφθονία στο περιβάλλον. Συχνά αναφέρονται και ως «πράσινες» ή «καθαρές» μορφές ενέργειας καθώς κατά τη χρήση τους δεν αποδεσμεύονται υδρογονάνθρακες, αέρια του θερμοκηπίου ή τοξικά-ραδιενεργά απόβλητα, όπως συμβαίνει με τις υπόλοιπες συμβατικές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα (International Renewable Energy Sources Agency – IRENA, 2022). Μοναδικός περιορισμός για την αξιοποίησή τους είναι η ανάπτυξη αξιόπιστων και ταυτοχρόνως οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών, ώστε να καθίσταται δυνατή η δέσμευση του δυναμικού τους.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ορίζονται *«οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η κυματική ενέργεια, η παλιρροϊκή ενέργεια, η ενέργεια από βιομάζα, ή άλλα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, βιοαέρια, γεωθερμική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια»*.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency – IEA), αλλά και τον Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (International Renewable Energy Sources Agency – IRENA), οι ΑΠΕ ταξινομούνται ως εξής:

➤ Αιολική Ενέργεια

Βασίζεται στην κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου, η οποία περιστρέφοντας τα πτερύγια των ανεμογεννητριών μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική, μέσω μιας ηλεκτρογεννήτριας.

➤ Ηλιακή Ενέργεια

Αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τόσο την θερμότητα όσο και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου. Υπάρχουν τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, τα παθητικά ηλιακά και υβριδικά

συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό κτιρίων, καθώς και τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

➤ Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Εκμεταλλεύεται τις υδατοπτώσεις, οι οποίες μπορεί να είναι είτε φυσικές, είτε τεχνητές (π.χ. φράγματα) και την ταχύτητα ροής των υδάτων με σκοπό τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή το σχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.

➤ Βιοενέργεια

Προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών υλικών βιολογικής προέλευσης, τα οποία χαρακτηρίζονται ως «Βιομάζα» και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε οργανική ύλη. Η βιοενέργεια σήμερα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την «παραδοσιακή» και τη «σύγχρονη». Ο όρος «παραδοσιακή» αναφέρεται στην καύση βιομάζας που έχει τη μορφή ξύλου, ζωικών αποβλήτων, αλλά και το παραδοσιακό κάρβουνο. Με τον όρο «σύγχρονη» χαρακτηρίζουμε τις μοντέρνες τεχνικές παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων από αστικά απόβλητα, καθώς και διάφορα φυτά..

➤ Γεωθερμική Ενέργεια

Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης και μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω κατάλληλης τεχνολογίας στα σημεία όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια (με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές εξοικονομώντας σεβαστά ενεργειακά αποθέματα, είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

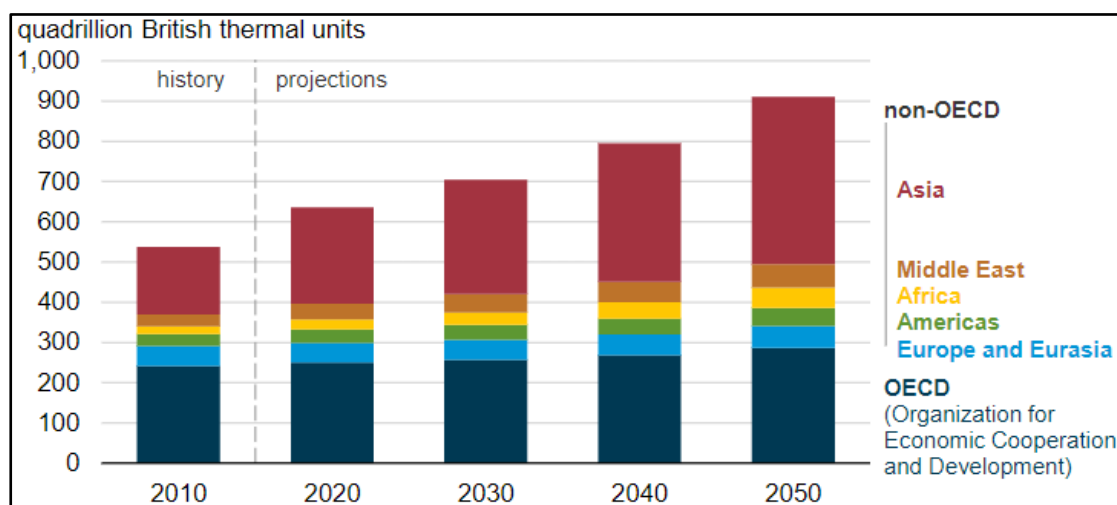
➤ Θαλάσσια Ενέργεια

Παράγεται από τους ωκεανούς και αποτελεί μια ελπιδοφόρα λύση στο ενεργειακό πρόβλημα, με δεδομένο ότι οι ωκεανοί καλύπτουν περισσότερο από το 70% της επιφάνειας της Γης. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας, οι οποίοι μπορούν να αξιοποιούν είτε τη ρευστομηχανική μιας περιοχής (κυματική ενέργεια, ενέργεια από παλίρροιες, θαλάσσια ρεύματα), είτε τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού (θαλασσοθερμική ενέργεια, οσμωτική ενέργεια).

2.1.1 Ο ρόλος των ΑΠΕ στο Σύγχρονο Ενεργειακό Σχεδιασμό

Σήμερα, καθώς ο ενεργειακός τομέας αποτελεί έναν από τους βασικότερους πυλώνες της παγκόσμιας οικονομίας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός και η διαχείριση των ενεργειακών συστημάτων αποτελεί βασική προϋπόθεση για ένα αειφόρο μέλλον (Δασκάλου, 2016).

Σύμφωνα με την EIA (U.S. Energy Information Administration), η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το 2050, αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% σε σχέση με τα επίπεδα του 2018 (Γράφημα 2.1). Η προβλεπόμενη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης οφείλεται κυρίως στην ταχεία ανάπτυξη των κρατών που δεν αποτελούν μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Co-Operation and Development – OECD), όπως είναι για παράδειγμα η Κίνα, η Ινδία, η Βραζιλία κ.α.. Επιπλέον, ο συνδυασμός της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου με το φαινόμενο της αστικοποίησης έχουν ως αποτέλεσμα την ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση στην ηλεκτρική ενέργεια.

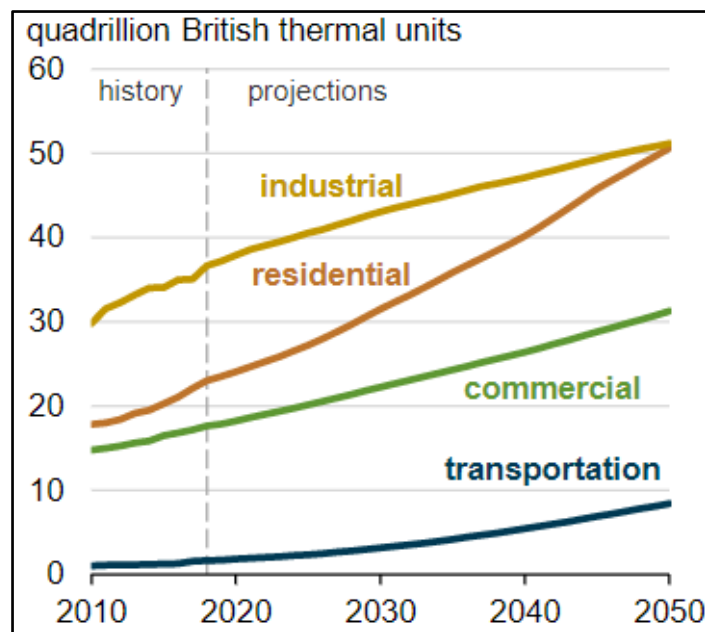


Γράφημα 2.1: Εκτίμηση Πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το έτος 2050 (International Energy Outlook, 2019).

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2.2, για την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αναμένεται (Energy Information Administration, 2019):

- Αύξηση μεγαλύτερη του 30% στην παγκόσμια βιομηχανία, η οποία αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μερίδιο της κατανάλωσης ενέργειας από οποιονδήποτε άλλο τομέα και περιλαμβάνει αρκετούς σημαντικούς κλάδους, όπως είναι η δύλιση, ο μεταλλευτικός κλάδος, η μεταποίηση, η γεωργία, η παραγωγή πρώτων υλών, καθώς και ο κατασκευαστικός κλάδος.

- Αύξηση της τάξης του 40% στον τομέα των μεταφορών. Η αύξηση αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη σε χώρες οι οποίες δεν αποτελούν μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης.
- Αύξηση της τάξης του 65% στον κτηριακό τομέα, η οποία περιλαμβάνει τόσο τις οικιακές, όσο και τις εμπορικές κατασκευές. Η αύξηση αυτή αναφέρεται στην ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.



Γράφημα 2.2 Πρόβλεψη για την Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης ανά τομέα (International Energy Outlook, 2019).

Έτσι, με δεδομένο το γεγονός ότι τα αποθέματα των συμβατικών μορφών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας, ουράνιο κτλ.) δεν είναι ανεξάντλητα, το μακρινό μέλλον ενέχει το ρίσκο μιας σοβαρής κοινωνικοοικονομικής κρίσης, ως απόρροια της αδυναμίας κάλυψης των ενεργειακών αναγκών. Το συγκεκριμένο ρίσκο συμπληρώνεται και με τη παγκόσμια ανησυχία σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ορυκτών καυσίμων (εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου), και τις πιθανές καταστρεπτικές συνέπειες που μπορεί να επιφέρει στον πλανήτη (UNFCCC, 2015).

Επομένως αναγνωρίζεται το γεγονός ότι απαιτείται μια δραστική αλλαγή σε όλο το ενεργειακό σκηνικό, τόσο προς την κατεύθυνση της πιο ορθολογικής χρήσης της ενέργειας και την ανάπτυξη τεχνικών εξοικονόμησής της, όσο και στην περαιτέρω ανάπτυξη και χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (International Energy

Outlook, 2019). Για αρκετές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησής τους από τις ακριβές εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, και κατ' επέκταση στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, η χρήση των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών μορφών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλουν στην βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Συμπερασματικά οι ΑΠΕ αναμένεται να διαδραματίσουν καταλυτικό ρόλο στον ενεργειακό σχεδιασμό και να προσφέρουν ενεργειακή ασφάλεια και σταθερότητα (Μαύρος, 2022).

Πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, διαδραματίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Πέρα, όμως από την περιβαλλοντική διάσταση, η στροφή της ΕΕ προς την ενεργειακή αποδοτικότητα, τις ΑΠΕ και άλλες τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών έγινε για την ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού της εφοδιασμού, καθώς παρουσιάζει σημαντική εξάρτηση από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους (π.χ. Ρωσικό Φυσικό Αέριο). Έτσι, από την προηγούμενη δεκαετία έχει θέσει συγκεκριμένους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, ώστε η Ευρωπαϊκή οικονομία να καταστεί κλιματικά ουδέτερη έως το 2050 (Βέττας κ.α., 2021).

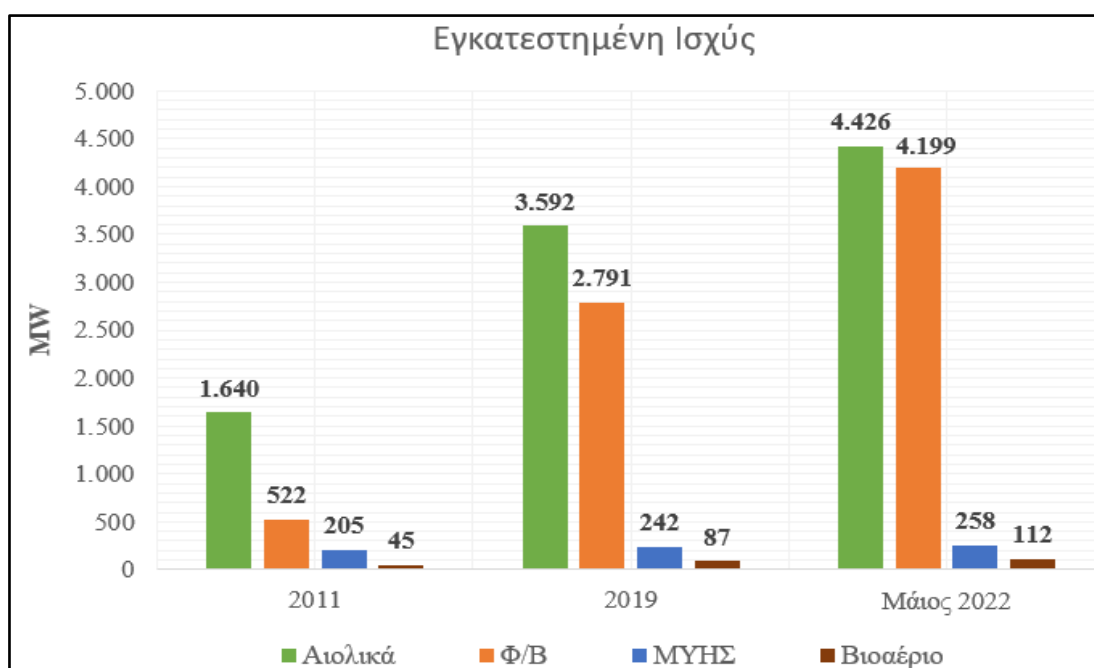
2.1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με πολύ αξιόλογες προοπτικές στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, γεγονός το οποίο οφείλεται τόσο στη γεωγραφική της θέση, όσο και στην μορφολογία του εδάφους της. Οι τρέχουσες Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας στην Ελλάδα περιλαμβάνουν την αιολική ενέργεια, την ηλιακή ενέργεια, την ενέργεια που παράγεται από μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς (ΜΥΗΣ), τη γεωθερμία, καθώς και την ενέργεια που παράγεται από την καύση βιομάζας και αποβλήτων (IENE, 2019).

Η μεγάλη ανάπτυξη που γνώρισαν οι ΑΠΕ την προηγούμενη δεκαετία στη χώρα μας, στηρίχτηκε κυρίως στις αιολικές και τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (Βέττας κ.α., 2021). Το 2019 η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών μονάδων έφτασε τα 3.592 MW, αυξημένη κατά 1.952 MW σε σχέση με το 2011. Αντίστοιχα, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών μονάδων το 2019 έφτασε τα 2.791 MW, αυξημένη κατά 2.269

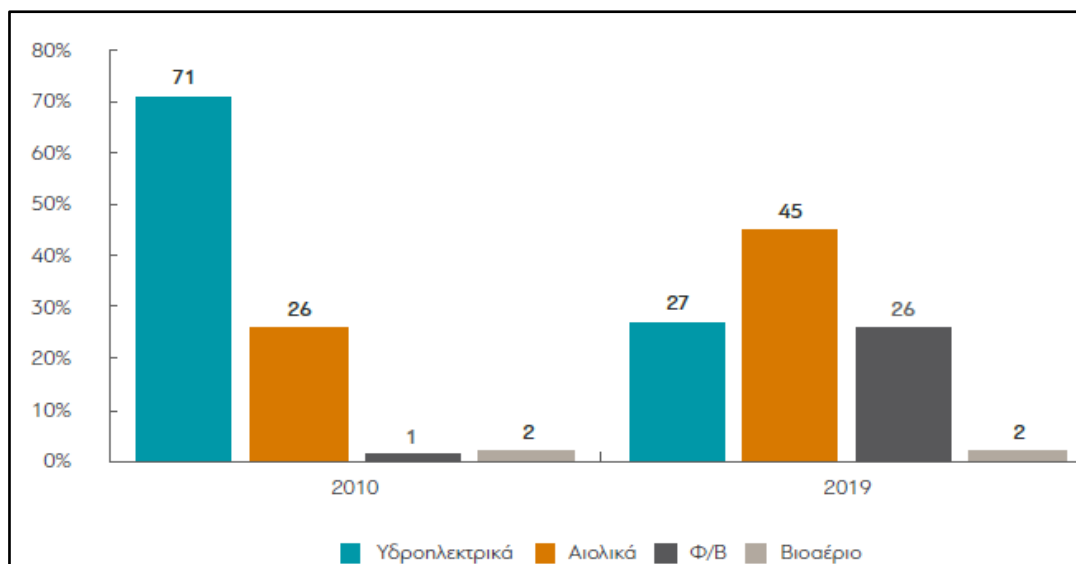
MW σε σχέση με το 2011. Αντίθετα η εγκατεστημένη ισχύς των ΜΥΗΣ και των εγκαταστάσεων βιομάζας το 2019 ήταν 242 MW και 87 MW, αντίστοιχα, παρουσιάζοντας πολύ μικρή αύξηση σε σχέση με το 2011 (ΙΟΒΕ, 2021).

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα, τον Μάιο του τρέχοντος έτους, η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ αυξήθηκε ακόμα περισσότερο σε σχέση με το 2019, με μεγαλύτερη άνοδο να παρουσιάζουν οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (Γράφημα 2.3). Πλέον, τόσο οι φωτοβολταϊκές, όσο και οι αιολικές εφαρμογές, επιτυγχάνουν πολύ χαμηλό κόστος παραγωγής με μικρές δαπάνες λειτουργίας-συντήρησης και υψηλή αξιοπιστία, οπότε καθίστανται πιο ανταγωνιστικές από τα ορυκτά καύσιμα και ταυτόχρονα πιο ελκυστικές για τους επενδυτές (Χατζηβασιλειάδης, 2019).



Γράφημα 2.3: Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα ανά τεχνολογία για το διάστημα 2011-2019 (Ιδία επεξεργασία, ΛΑΓΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ).

Το 2019, περίπου το ένα τρίτο της συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προερχόταν από ΑΠΕ. Από αυτό το ένα τρίτο, το 45% αντιστοιχεί στις αιολικές μονάδες, το 27% στα μικρά υδροηλεκτρικά, το 26% στις φωτοβολταϊκές μονάδες και μόλις 2% σε μονάδες βιοαερίου (Γράφημα 2.4).



Γράφημα 2.4: Μερίδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (Eurostat, Ανάλυση IOBE).

2.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη Νησιωτική Ελλάδα

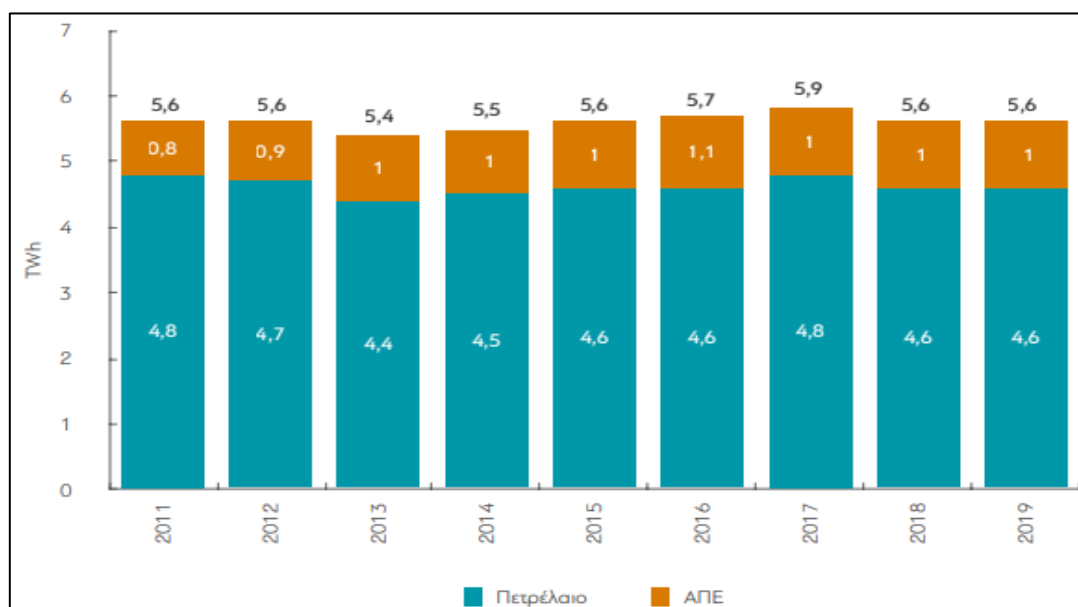
Κύριο χαρακτηριστικό της Ελληνικής επικράτειας είναι ο μεγάλος αριθμός νησιών που περιλαμβάνει, με αποτέλεσμα να διακρίνεται στην Ηπειρωτική και τη Νησιωτική Ελλάδα. Τα νησιά, με κριτήριο τη διασύνδεσή τους με το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Ηπειρωτικής χώρας, χαρακτηρίζονται είτε ως Διασυνδεδεμένα, είτε ως Μη Διασυνδεδεμένα (ΜΔΝ).

Ο τρόπος ηλεκτροδότησης των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών μεταβάλλεται συνεχώς, εξαιτίας της εν εξελίξει διαδικασίας διασύνδεσής τους με το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Τον Μάρτιο του 2018, ολοκληρώθηκε η Α' Φάση της διασύνδεσης των Κυκλάδων (Σύρος, Μύκονος, Πάρος, Νάξος), ενώ η διασύνδεση τους αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2023-24 με τη διασύνδεση των νησιών Σέριφος-Μήλος-Φολέγανδρος-Σαντορίνη. Αξίζει να αναφερθεί ότι αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη και η διαδικασία διασύνδεσης του μεγαλύτερου νησιού της χώρας, της Κρήτης, με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης (Αττική, Πελοπόννησος). Παρόλα αυτά, σημαντικός αριθμός ΜΔΝ νησιών εξακολουθεί να ηλεκτροδοτείται από τους τοπικούς σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι λειτουργούν με καύσιμο πετρέλαιο, μαζούτ και ντίζελ (ΑΔΜΗΕ, 2022).

Παρά το υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό που επικρατεί στο Αιγαίο, η διείσδυση της μη-ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ στα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα περιορίζεται σε μικρά επίπεδα, εξαιτίας των περιορισμών διείσδυσης που επιβάλλονται από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι απορρίψεις

ενέργειας από ΑΠΕ να αυξάνουν καθώς αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ, και να γίνεται αξιοποίηση μόνο ενός τμήματος της παραγόμενης ενέργειας. Το μικρό μέγεθος των συστημάτων των ΜΔΝ, αυξάνει την πιθανότητα απώλειας μέρους της διαθέσιμης παραγωγής ΑΠΕ, είτε λόγω της μεταβλητότητας της πρωτογενούς παραγωγής ΑΠΕ (λόγω καιρικών συνθηκών), είτε λόγω σφαλμάτων στο σύστημα που μπορεί να οδηγήσει στην μαζική αποσύνδεση των σταθμών παραγωγής. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, οι διαχειριστές εντάσσουν συμβατικές μονάδες που επαρκούν για την μεγαλύτερη κάλυψη του μέρους της ζήτησης, ώστε να μπορέσουν να καλύψουν ενδεχόμενη απώλεια της εκάστοτε παραγωγής ΑΠΕ (Μπέρης, 2019).

Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2.5, η παραγόμενη ενέργεια στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά για το 2019 παρέμεινε σταθερή για δεύτερο συνεχόμενο έτος, στις 5,6 TWh. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από σταθμούς παραγωγής με καύσιμο μαζούτ ή ντίζελ, χωρίς σημαντική διαφοροποίηση τα τελευταία χρόνια. Έτσι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από πετρέλαιο διαμορφώθηκε σε 4,6 TWh (82%), ενώ η παραγόμενη ενέργεια σταθμών ΑΠΕ έφτασε σε σχεδόν 1 TWh, που αντιστοιχεί στο 18% (ΙΟΒΕ, 2021).



Γράφημα 2.5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, 2011-2019 (ΑΔΜΗΕ, ΔΑΠΕΕΠ, ΛΑΓΗΕ).

Για το έτος 2021, σύμφωνα με τα στοιχεία που προκύπτουν από τα μηνιαία δελτία ενέργειας του ΑΔΜΗΕ, το μερίδιο των ΑΠΕ στο μείγμα των ΜΔΝ είναι 20,1% σε αντίθεση με το μερίδιο των συμβατικών καυσίμων που εξακολουθεί να είναι πολύ

μεγάλο, της τάξης του 79,9%. Υπάρχουν ανησυχίες ότι το ποσοστό αυτό δεν θα αυξηθεί εάν, για παράδειγμα, δεν υπάρξουν επενδύσεις για την εγκατάσταση και λειτουργία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συστημάτων αποθήκευσης. (ΕΛΙΑΜΕΠ, 2021).

Η εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής, δηλαδή μονάδων που συνδυάζουν τόσο τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, όσο και τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να βελτιώσουν την αξιοπιστία και την ασφάλεια των νησιωτικών συστημάτων, αποθηκεύοντας την απορριπτόμενη ισχύ, και διοχετεύοντας την μελλοντικά στο δίκτυο (Μπέρης, 2019). Στην περίπτωση αυτή θα υπάρχουν περιόδοι λειτουργίας στη διάρκεια του χρόνου όπου η ζήτηση θα καλύπτεται κατά 100% από τις ΑΠΕ και την αποθήκευση, ενώ η συμβατική μονάδα πετρελαίου θα αποτελεί εφεδρεία και θα λειτουργεί συμπληρωματικά των ΑΠΕ όποτε χρειάζεται. Με τον τρόπο αυτό, η ζήτηση θα καλύπτεται με πιο οικονομικό τρόπο, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ και δίνοντας λύση στα μεγάλα προβλήματα ασφάλειας στην τροφοδοσία των ΜΔΝ (IENE, 2019).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της Τήλου, στην οποία έχει δημιουργηθεί ένα αυτόνομο νησιωτικό μικροδίκτυο, το οποίο βασίζεται στην παρουσία υβριδικού σταθμού με συμμετοχή μονάδων ΑΠΕ (φωτοβολταϊκό πάρκο, ανεμογεννήτρια), αλλά και σύγχρονης τεχνολογίας συσσωρευτών, αντιμετωπίζοντας επιτυχώς τις διακοπές ρεύματος μεγάλης διάρκειας που αντιμετώπιζε συχνά το νησί, εξαιτίας ζημιών στη διασύνδεσή του με το νησί της Κω (WWF, 2019).

Επιπροσθέτως, αξίζει να αναφερθεί και η περίπτωση της Ικαρίας στην οποία εγκαινιάστηκε το 2019 το υβριδικό έργο «Ναέρας», το οποίο συνδυάζει την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ (αιολική, υδραυλική ενέργεια) με την αποθήκευση ενέργειας μέσω αντλησιοταμίευσης. Πρόκειται για ένα πρωτοπόρο έργο, το οποίο εκτιμάται ότι προσφέρει ετήσια μείωση της εκπομπής CO₂ κατά 13.800 τόνους, λόγω της ελαχιστοποιημένης λειτουργίας του τοπικού πετρελαϊκού σταθμού, ενισχύοντας ταυτόχρονα την επάρκεια του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2019).

2.2 Αιολική Ενέργεια

2.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Με τον όρο αιολική ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που παράγεται ύστερα από την αξιοποίηση του πνέοντος ανέμου. Πρωτογενές αίτιο για τη δημιουργία των ανέμων είναι η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης, η οποία οφείλεται στη χωρικά διαφοροποιημένη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, και προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Επομένως η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη (ΕΙΑ, 2021).

Σήμερα, η αιολική ενέργεια συνιστά μια από τις βασικότερες και πλέον αναπτυσσόμενες μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι ρίζες της οποίας βρίσκονται στην αρχαιότητα. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα «ιστία» ή αλλιώς τα πανιά των πλοίων, η κίνηση των οποίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου για πολλές χιλιάδες χρόνια.

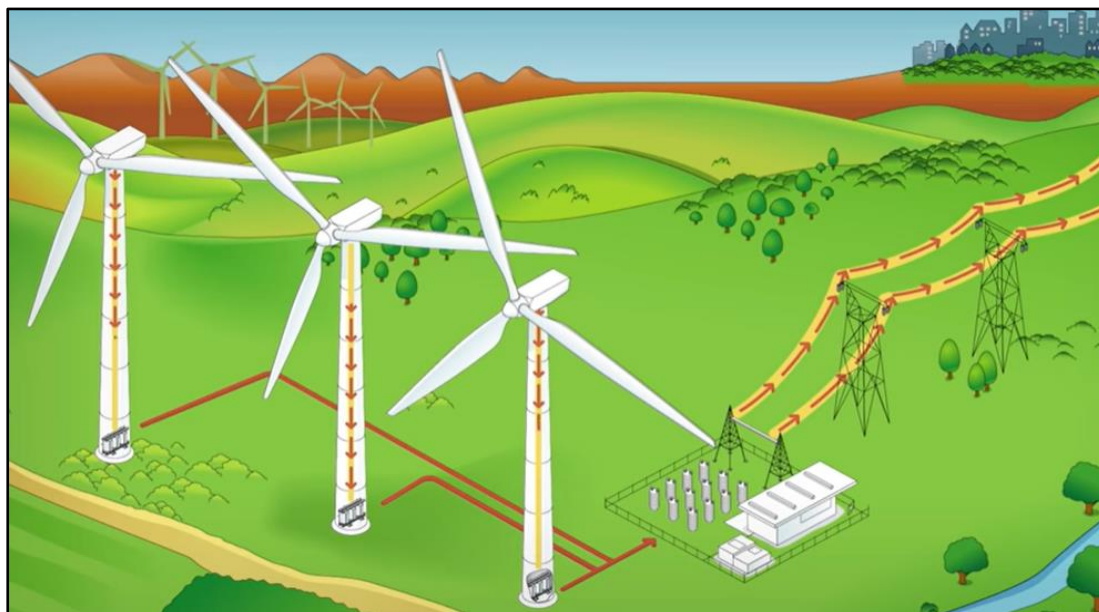
Οι αρχαιότεροι ανεμόμυλοι κατασκευάστηκαν στην Περσία τον 6ο έως τον 9ο αιώνα μ.Χ., και αποτελούσαν αιολικές κατασκευές κατακόρυφου άξονα (Μαμάσης & Ευστρατιάδης, 2018). Πολύ αργότερα, τον 17ο αιώνα, η τεχνολογία των ανεμόμυλων συναντάται στην Αμερική για την άντληση νερού, ενώ η χρησιμοποίησή τους ήταν ήδη εκτεταμένη στην Ευρώπη από τον 13ο αιώνα κυρίως στον αγροτικό τομέα (Hau, 2013).

Στη σύγχρονη ιστορία, η πρώτη ανεμογεννήτρια κατασκευάστηκε το 1891, από τον Δανό μετεωρολόγο Poul la Cour (Hau, 2013). Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ωστόσο, εκδηλώθηκε έντονα περίπου στα μέσα της δεκαετίας του 1970 ως αποτέλεσμα της μεγάλης πετρελαϊκής κρίσης που ξέσπασε τότε. Έκτοτε, η τάση για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της εκμετάλλευσης του ανέμου, ολοένα και αυξάνεται (ΚΑΠΕ, 2022).

2.2.2 Ανεμογεννήτριες

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου (αιολική ενέργεια) σε ηλεκτρική ενέργεια επιτυγχάνεται μέσω ειδικών μηχανών, των Ανεμογεννητριών, σε δύο στάδια (Εικόνα 2.1). Αρχικά, με την περιστροφή των πτερύγιων της ανεμογεννήτριας, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, ενώ στη συνέχεια

μέσω μιας ηλεκτρικής γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής πλέον ενέργειας σε ηλεκτρική. Το ρεύμα που παράγεται είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί άλλου (ypen.gov.gr).



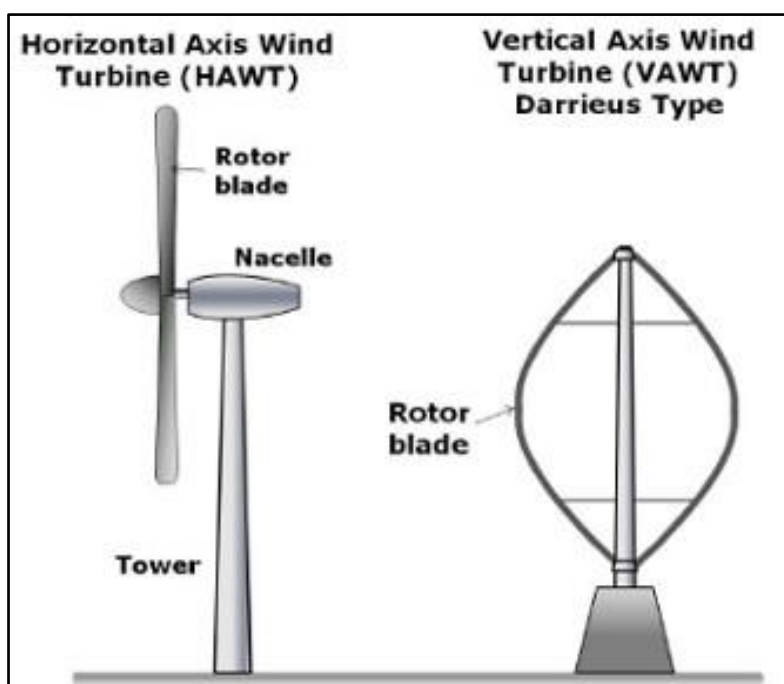
Εικόνα 2.1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανεμογεννήτριες (marewind.eu).

Η απόδοση μιας αιολικής μηχανής, δηλαδή το πόση ενέργεια μπορεί να παράγει μια ανεμογεννήτρια, αποτελεί συνάρτηση της **ταχύτητας του ανέμου**, της **πυκνότητας του αέρα**, καθώς και του **μήκους των πτερυγίων**. Πιο συγκεκριμένα (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022):

- Όσο δυνατότεροι άνεμοι πνέουν, τόσο περισσότερη ενέργεια παράγεται. Το τυπικό εύρος ταχυτήτων λειτουργίας των Α/Γ είναι μεταξύ 4 και 25 m/s, ενώ οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες παράγουν ηλεκτρισμό σε ταχύτητες ανέμου μεταξύ 3.5-28 m/s.
- Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια σάρωσης αέρα (πτερύγια) μιας ανεμογεννήτριας, τόσο περισσότερος ηλεκτρισμός μπορεί να παραχθεί. Ενδεικτικά, ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων έχει ως αποτέλεσμα τον τετραπλασιασμό της παραγωγής ενέργειας.
- Ο πυκνός αέρας κινεί πιο εύκολα τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας. Η πυκνότητα του αέρα εξαρτάται από το υψόμετρο, τη θερμοκρασία, καθώς και την πίεση του αέρα.

Η μελέτη ενός συστήματος Α/Γ, περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και τη μελέτη εφαρμογής, στην οποία περιλαμβάνονται η μηχανολογική μελέτη και σχεδίαση, η μελέτη του ηλεκτρολογικού συστήματος, καθώς και τα ηλεκτρολογικά συστήματα ελέγχου και ασφαλείας. Οι Α/Γ οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα για την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού, αποτελούν μια εξελιγμένη έκδοση των παραδοσιακών ανεμόμυλων. Υπάρχουν πολλών ειδών Α/Γ, οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Εικόνα 2.2).

- Στις Α/Γ με **οριζόντιο άξονα (Horizontal axis wind turbines)**, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να είναι συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου (ΕΙΑ, 2022).
- Στις Α/Γ με **κατακόρυφο άξονα (Vertical axis wind turbines)**, ο οποίος παραμένει σταθερός και κάθετος ως προς την επιφάνεια του εδάφους, ενώ ο ρότορας τους είναι σχεδιασμένος ώστε να αποδίδει ανεξαρτήτως της κατεύθυνσης του ανέμου (ΕΙΑ, 2022).



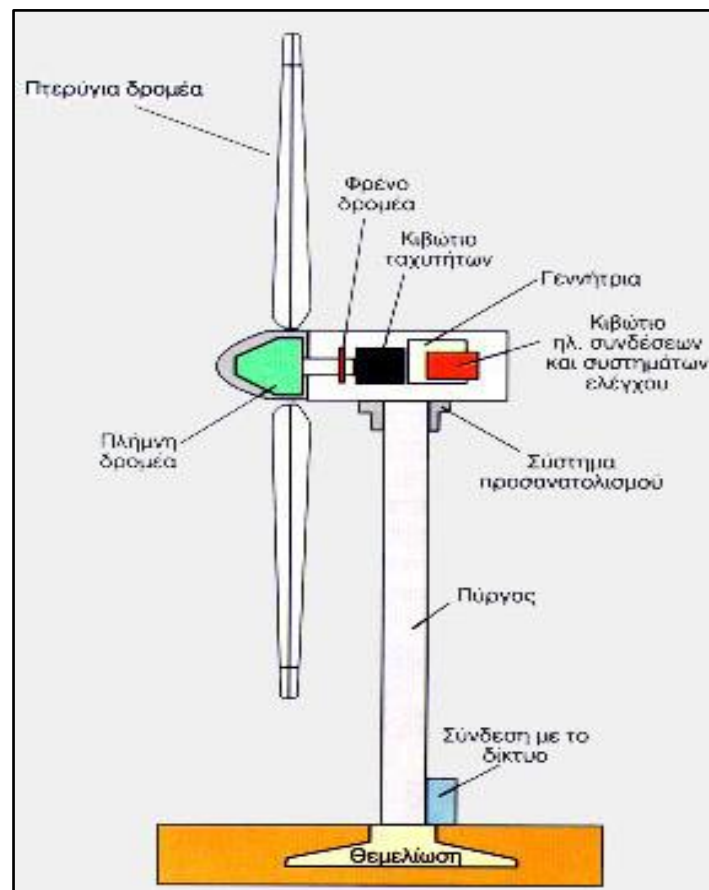
Εικόνα 2.2: Κατηγορίες Ανεμογεννητριών (marewind.eu).

Σήμερα στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με εύρος δυναμικότητας από μερικές εκατοντάδες Watt μέχρι

μερικά MW (Γιάννακα 2010). Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (Εικόνα 2.3), αποτελείται από τα εξής μέρη (Μαμάσης & Ευστρατιάδης, 2018; Gill, 2021):

- Τον **ρότορα** ή **δρομέα**, ο οποίος αποτελείται από δύο ή (συνήθως) τρία πτερύγια κατασκευασμένα από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη, είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονά τους. Κατασκευάζονται από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες) για να αντέχουν πολύ μεγάλες καταπονήσεις, καθώς κατά τη λειτουργία τους μπορούν να φτάσουν ταχύτητες άνω των 250 km/hr.
- Το **σύστημα μετάδοσης κίνησης**, το οποίο αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανά του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας.
- Την **ηλεκτρογεννήτρια**, σύγχρονη είτε επαγωγική με τέσσερις (4) ή έξι (6) πόλους, η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών μέσω ενός ελαστικού ή ενός υδραυλικού συνδέσμου. Μέσω αυτής επιτυγχάνεται η μετατροπή της αιολικής ισχύς σε ηλεκτρική.
- Το **σύστημα πέδης (φρένο)**, το οποίο είναι ένα σύνηθες δισκόφρενο που τοποθετείται είτε στον κύριο άξονα, είτε στον άξονα της γεννήτριας. Το φρένο σταματάει την κίνηση του δρομέα σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης ή συντήρησης και μπορεί να είναι μηχανικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό.
- Το **σύστημα προσανατολισμού**, μέσω του οποίου ο άξονας περιστροφής του δρομέα βρίσκεται συνεχώς παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- Τον **πύργο**, ο οποίος αποτελεί τον κορμό της ανεμογεννήτριας και επάνω του στηρίζεται ο ρότορας και το κέλυφος, εντός του οποίου εδράζεται ολόκληρη η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός, και σπάνια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το μέσο ύψος των πύργων φτάνει τα 50 m, ενώ ο υψηλότερος που έχει κατασκευαστεί αγγίζει τα 200 m.

- Τον **ηλεκτρολογικό πίνακα** και τον **πίνακα ελέγχου**, τα οποία είναι τοποθετημένα στη βάση του πύργου. Το ηλεκτρικό ρεύμα από τη γεννήτρια δεν είναι έτοιμο ώστε να διοχετευτεί στο δίκτυο και έτσι αρχικά τροφοδοτείται σε μια σειρά ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τα οποία μετατρέπουν την τάση στο κατάλληλο επίπεδο. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ισχύς τροφοδοτείται μέσω καλωδίων πίσω στο εσωτερικό του πύργου όπου μεταφέρεται για να συνδεθεί στο δίκτυο. Από εκεί, η ηλεκτρική ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.
- Τη **βάση**, στην οποία στηρίζεται ολόκληρη η κατασκευή, και η οποία είναι θεμελιωμένη στο έδαφος.



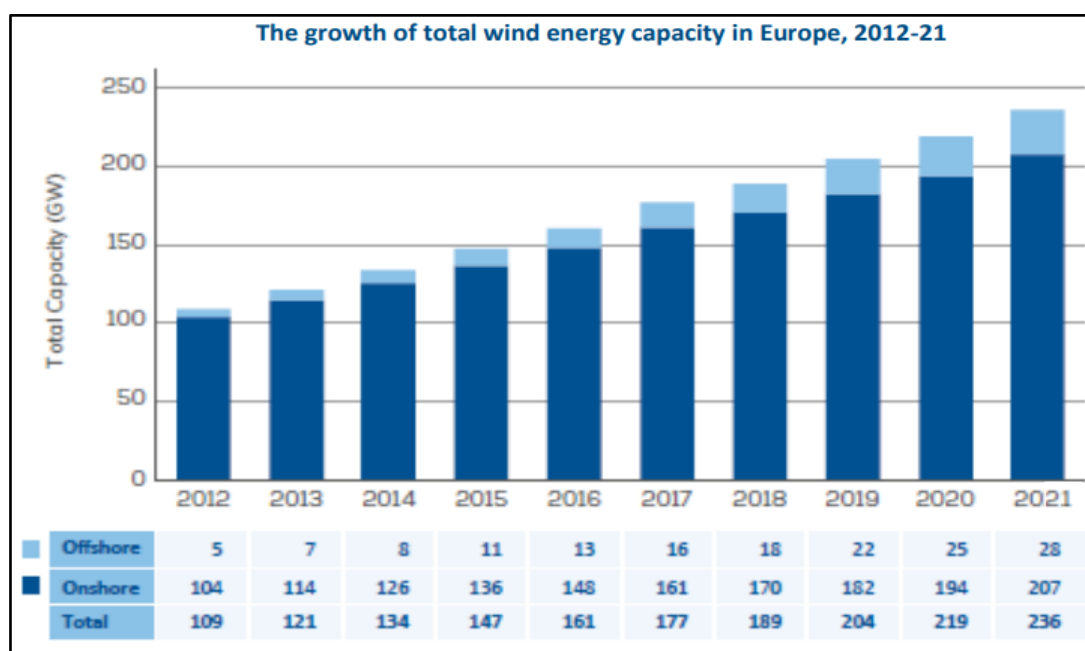
Εικόνα 2.3: Μέρη Α/Γ οριζοντίου άξονα (cres.gr).

Ανάλογα με τον τόπο όπου εγκαθίστανται οι συστοιχίες των ανεμογεννητριών, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε χερσαία και υπεράκτια. Τα χερσαία αιολικά πάρκα κατασκευάζονται κατά κύριο λόγο στις κορυφογραμμές των βουνών ή στις πεδιάδες, οι οποίες διαθέτουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Αντίθετα, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα

κατασκευάζονται στη θάλασσα, εντός της οποίας η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη, λόγω της ομαλής επιφάνειας και της έλλειψης εμποδίων. Αξίζει να αναφερθεί πως το κόστος κατασκευής και συντήρησης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι συνήθως υψηλότερο (Βασιλάκης, 2019).

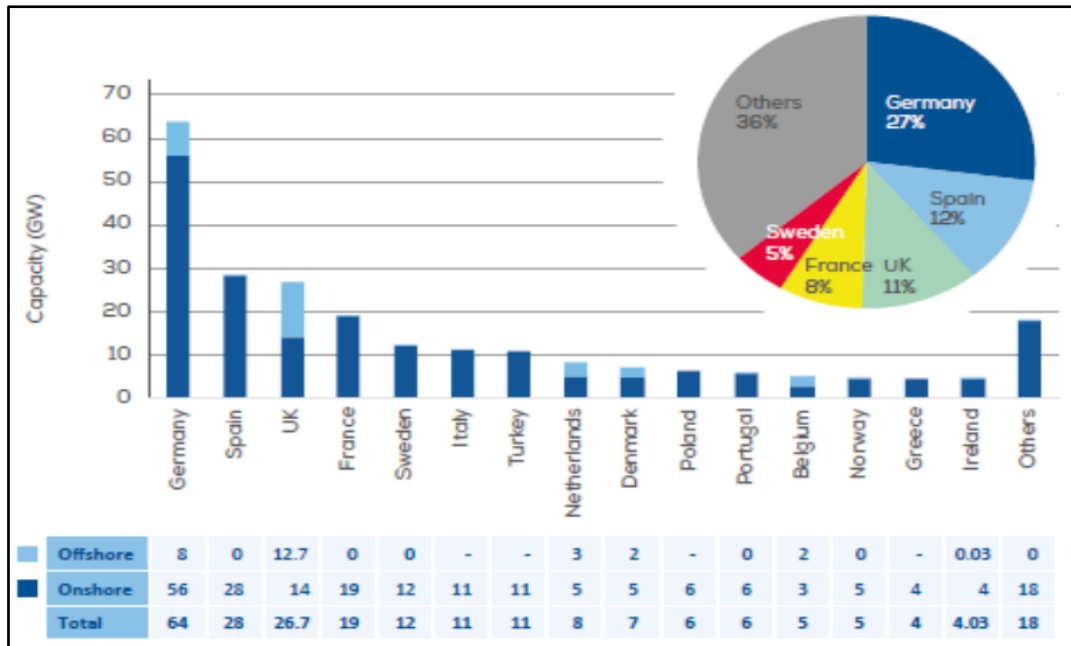
2.2.3 Η Αιολική Ενέργεια στην Ευρώπη

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία που παρέχει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Αιολικής Ενέργειας, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών μονάδων στην Ευρώπη, για το έτος 2021, ήταν 236 GW. Η πλειοψηφία αυτής, δηλαδή περίπου το 88% (207 GW), αφορά χερσαίες εγκαταστάσεις, ενώ μόλις το 12% (28 GW) είναι εγκατεστημένο σε υπεράκτιους σταθμούς. Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2.6, την τελευταία δεκαετία (2012-2021) υπήρξε μια σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο κατά 116,5%.



Γράφημα 2.6: Ανάπτυξη της αιολικής εγκατεστημένης ισχύος στην Ευρώπη, 2012-2021 (EWEA Annual Statistics, 2021).

Η χώρα με την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ στην Ευρώπη είναι η Γερμανία, ενώ ακολουθούν η Ισπανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Σουηδία (Γράφημα 2.7). Η εγκατεστημένη ισχύς των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αγγίζει τα 189 GW, δηλαδή το 80% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στην ήπειρο.



Γράφημα 2.7: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά Ευρωπαϊκή Χώρα (EWEA Annual Statistics, 2021).

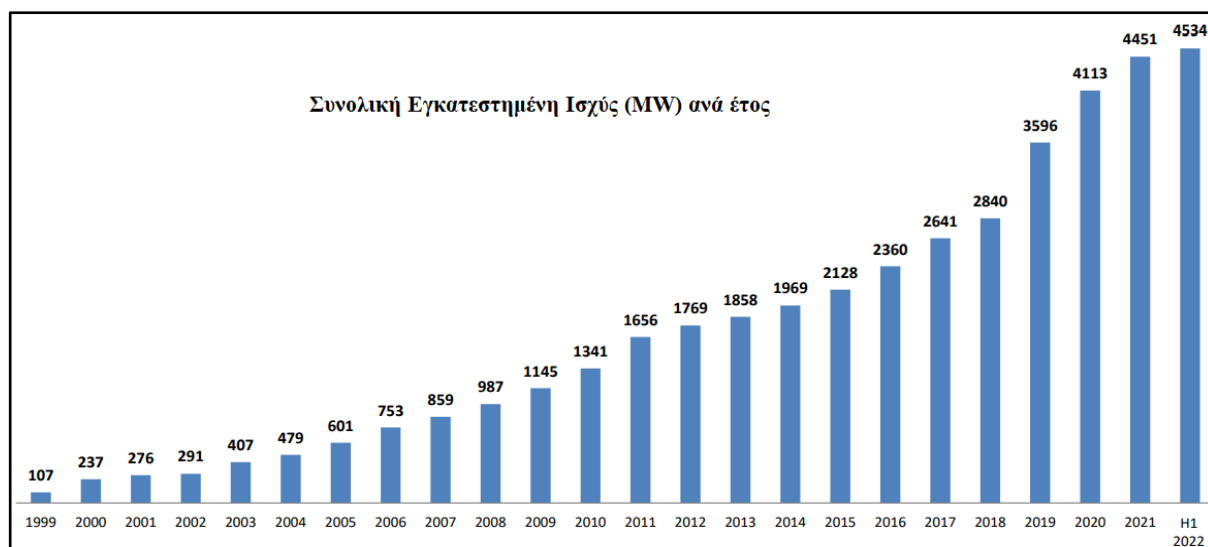
Κατά την περίοδο 2022-2026 αναμένεται πως η Ευρώπη θα εγκαταστήσει 116 GW νέων αιολικών πάρκων, όπου το 75% θα αφορά χερσαίες αιολικές εγκαταστάσεις. Ο αριθμός των 116 GW αντιστοιχεί στην εγκατάσταση, κατά μέσο όρο, 23 GW το χρόνο. Οι προαναφερθείσες προσδοκίες για το 2022-2026 προϋποθέτουν ότι οι κυβερνήσεις θα εκπληρώσουν τις σταθερές (και ακόμη σχετικά μέτριες) δεσμεύσεις που έχουν ήδη αναλάβει για να βελτιώσουν την αδειοδότηση νέων αιολικών πάρκων. Σε κάθε περίπτωση οι κυβερνήσεις πρέπει να απλοποιήσουν και να επιταχύνουν σημαντικά την αδειοδότηση αιολικών έργων για την Ευρώπη για την επίτευξη των στόχων της για το 2030 (Wind Energy in Europe, 2021).

2.2.4 Ανάπτυξη και Προοπτικές της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διαθέτει ένα εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό σε μεγάλο εύρος των περιοχών της, η αξιοποίηση του οποίου γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη τα τελευταία χρόνια. Χρονολογία ορόσημο για την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα αποτελεί το έτος 1982, καθώς εκείνη τη χρονιά εγκαταστάθηκε το πρώτο αιολικό πάρκο στη χώρα μας, και πιο συγκεκριμένα στον νησί της Κύθνου (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022).

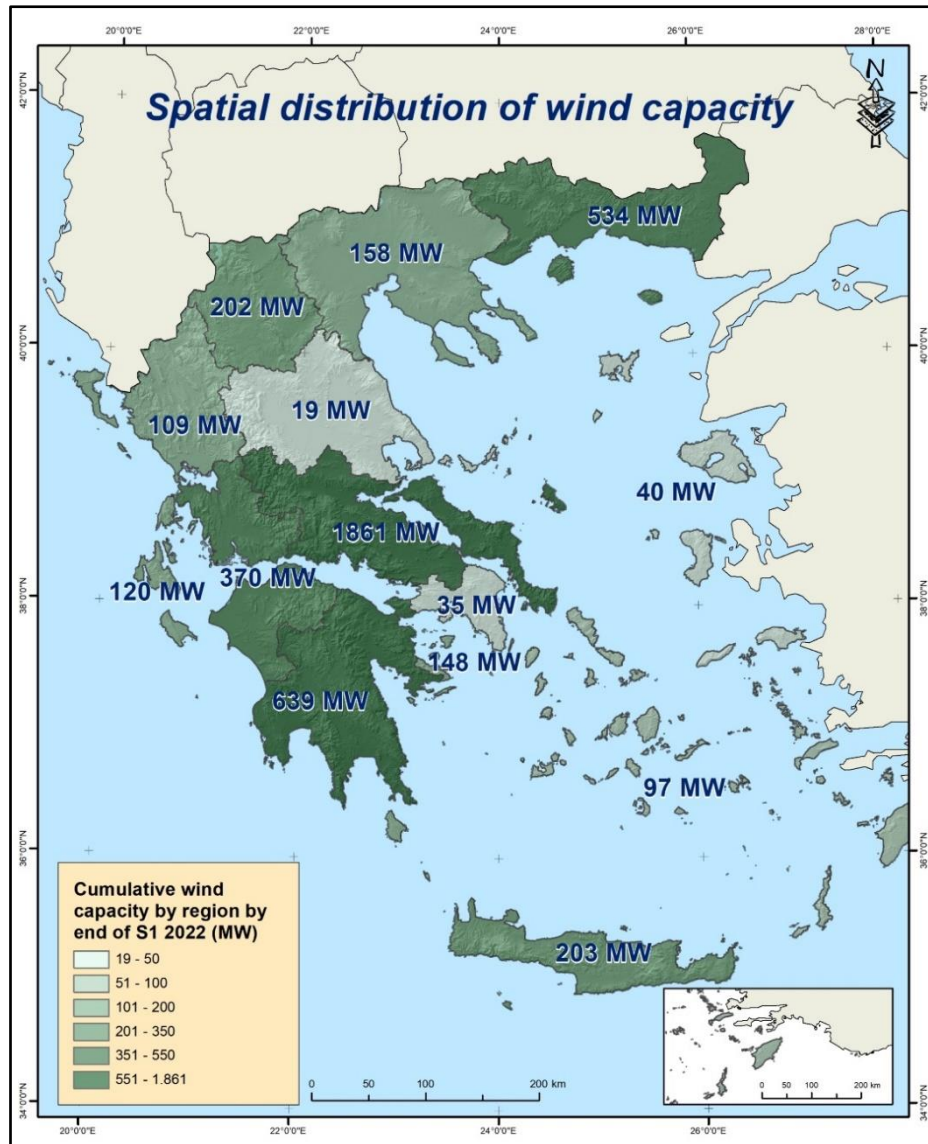
Το 1999, σύμφωνα με δεδομένα που προέρχονται από την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΕΑΝ), είχαν κατασκευαστεί σε όλη την χώρα εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών, συνολικής ισχύος 107 MW. Έκτοτε, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2.8, παρατηρείται

μια τεράστια αύξηση, ενώ σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα που αφορούν το πρώτο εξάμηνο του 2022, η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς για όλη την επικράτεια είναι 4.534 MW.



Γράφημα 2.8: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανά έτος στην Ελλάδα (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022).

Σε ότι έχει να κάνει με την κατανομή της αιολικής ενέργειας σε επίπεδο περιφερειών, το μεγαλύτερο ποσοστό εγκατεστημένης αιολικής ισχύος βρίσκεται στην Στερεά Ελλάδα, η οποία φιλοξενεί 1861 MW (41%), ενώ ακολουθούν η Πελοπόννησος με 639 MW (14%) και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη με 534 MW (12%). Η γεωγραφική κατανομή της αιολικής ισχύος στην Ελλάδα ανά Περιφέρεια, φαίνεται στον Χάρτη 2.1:



Χάρτης 2.1: Γεωγραφική κατανομή αιολικής ισχύος στην Ελλάδα για το πρώτο εξάμηνο του 2022 (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022).

Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την περίοδο 2018-2021 έχουν επιλεγεί μέσω των διαγωνισμών της ΡΑΕ αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1.426 MW, από τα οποία μόλις τα 312 MW (22%) έχουν καταφέρει να λειτουργήσουν μέχρι το τέλος του Ιουνίου 2022, γεγονός το οποίο οφείλεται κυρίως στις μεγάλες καθυστερήσεις που προκαλούν τα γραφειοκρατικά εμπόδια. Σημειώνεται ωστόσο, ότι την ίδια περίοδο ήταν υπό κατασκευή πάνω από 650 MW νέων αιολικών πάρκων, η πλειοψηφία των οποίων αναμένεται να συνδεθεί στο δίκτυο εντός του επόμενου έτους (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022).

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα το οποίο κυρώθηκε το 2019 και αποτελεί έναν αναλυτικό οδικό χάρτη για την επίτευξη συγκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το έτος 2030, η Ελλάδα θα πρέπει να

εγκαταστήσει 7 GW αιολικού ενεργειακού δυναμικού μέχρι το έτος 2030, έτσι ώστε να πετύχει τους περιβαλλοντικούς της στόχους.

Τα τελευταία χρόνια, έντονο είναι και το ενδιαφέρον επενδυτών για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων με σκοπό την περαιτέρω αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού, δεδομένου ότι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή στην ξηρά. Το γεγονός αυτό καθιστά αποδοτικότερη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας και άρα αυξάνει τα διαθέσιμα σημεία τα οποία είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη τέτοιων πάρκων (Καζιάμης, 2021).

2.3 Επίδραση Αιολικής Ενέργειας στο Φυσικό και Δομημένο Περιβάλλον

2.3.1 Οπτική Όχληση

Είναι εν γένει αποδεκτό ότι ο πιο βασικός αντίλογος στη χρήση αιολικής ενέργειας είναι οι επιπτώσεις της στο τοπίο. Η υποβάθμιση του τοπίου και της αισθητικής του, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην πυκνή στοίχιση των ανεμογεννητριών, στο μέγεθος τους, καθώς και στην περιστροφή των πτερυγίων τους.

Η ομορφιά του τοπίου ωστόσο, άπτεται υποκειμενικών κριτηρίων, και άρα εξαρτάται από την αντίληψη και τα αισθητικά πρότυπα του κάθε ανθρώπου ξεχωριστά. Επομένως, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία παραγόντων που συμβάλλουν στην κατάληξη των οπτικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τα αιολικά πάρκα, τα χαρακτηριστικά της γύρω περιοχής και την αντίληψη του επηρεαζόμενου πληθυσμού (Κορωναίος, 2012).

Η αισθητική των ανεμογεννητριών είναι το πιο προβληματικό θέμα στη χωροθέτησή τους, δεδομένου ότι μέρος της κοινής γνώμης είναι αρνητικά διακείμενη. Σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί (Thayer & Freeman, 1987; Dai et al., 2014; Nazir et al., 2020), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αντίδραση της τοπικής κοινωνίας στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών, δεν είναι απλά συνάρτηση της εγγύτητας, αλλά κυρίως συνάρτηση του βαθμού ορατότητας. Με άλλα λόγια, η τοπική κοινωνία μπορεί να αποδεχθεί την εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας σε πολύ κοντινή απόσταση, αρκεί να είναι σε αόρατη θέση. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η χρησιμοποίηση απλών σωληνωτών πύργων σε χρωματισμό που συμφωνεί με το περιβάλλον, φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη οπτική αποδοχή έναντι της χρησιμοποίησης δικτυωτού πύργου (Saidur et al., 2011).

Οι ανεμογεννήτριες νέας τεχνολογίας γίνονται όλο και μεγαλύτερες, τόσο σε μέγεθος, όσο και σε ισχύ και συνεπώς αποτελούν κυρίαρχο στοιχείο μέσα σε ένα τοπίο. Ταυτόχρονα η απόσταση μεταξύ ανεμογεννητριών μεγαλώνει και άρα μειώνεται η πυκνότητα τους σε μια δεδομένη περιοχή. Συνεπώς η ανάπτυξη της τεχνολογίας επηρεάζει άμεσα τις οπτικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων. Ταυτόχρονα, η χρήση εξομοιωτή μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να αποδώσει μια εικονική απεικόνιση ενός μελλοντικού αιολικού πάρκου και μπορεί να βοηθήσει τους σχεδιαστές να αποτιμήσουν τις οπτικές επιπτώσεις (Κορωναίος, 2012).

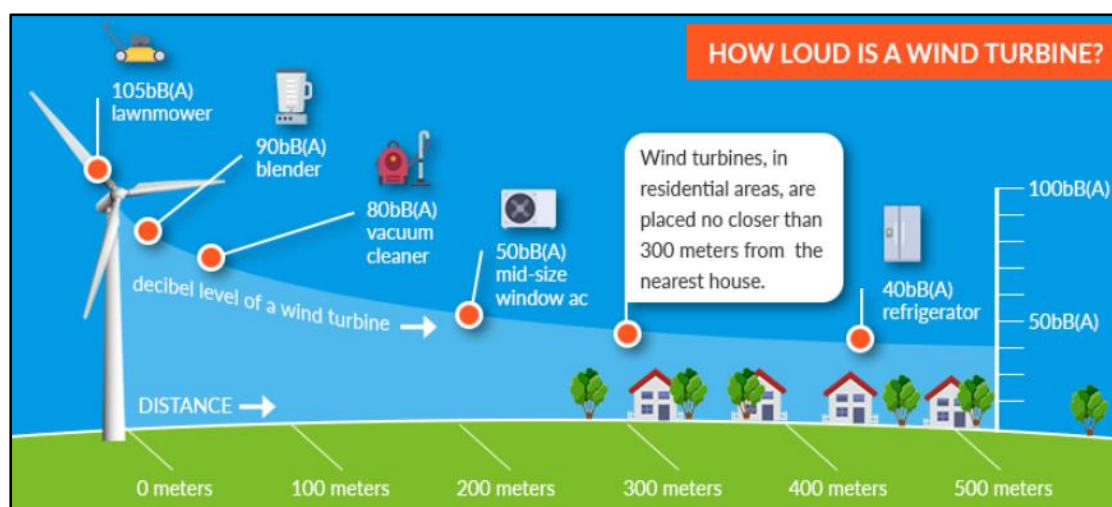
2.3.2 Ηχητική Ρύπανση

Το πρόβλημα του θορύβου, αποτελεί ίσως τη μόνη αποδεδειγμένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη αιολικών μονάδων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μεγάλων αιολικών πάρκων τα οποία αποτελούνται από ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων. Το γεγονός αυτό μάλιστα, αποτελεί και τη βασικότερη αιτία περιορισμού της εγκατάστασης αιολικών πάρκων κοντά σε πυκνοκατοικιμένες περιοχές. Κάθε ανεμογεννήτρια αποτελείται από μηχανήματα που παράγουν ήχους μεγάλης στάθμης, επιβαρύνοντας ακουστικά το περιβάλλον. Η ηχορύπανση μιας σύγχρονης ανεμογεννήτριας κυμαίνεται μεταξύ 80-100 dB και οφείλεται κυρίως σε δύο είδη ηχητικών πηγών, στις μηχανικές και τις αεροδυναμικές (Jianu et al., 2012).

Οι κύριες πηγές μηχανικού θορύβου είναι η ηλεκτρογεννήτρια, το κιβώτιο μετάδοσης ταχυτήτων, καθώς και τα υδραυλικά συστήματα. Ο θόρυβος αυτός έχει μικρό εύρος συχνοτήτων και είναι συνεχής, ωστόσο σε γενικές γραμμές είναι σημαντικά μικρότερης έντασης από τον συνολικά μετρούμενο θόρυβο (Nazir et al., 2020). Η μείωση του μηχανικού θορύβου μπορεί να επιτευχθεί, είτε με επέμβαση στα στοιχεία που θορυβούν (π.χ. χρήση οδοντωτών τροχών με πλάγια οδόντωση στο κιβώτιο μετάδοσης), είτε με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της ανεμογεννήτριας (Nazir et al., 2020).

Ο αεροδυναμικός θόρυβος προκαλείται από την περιστροφή των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας καθώς αυτά περνάνε μπροστά από τον πυλώνα της, και εμφανίζεται κυρίως στα άκρα αλλά και στην πίσω πλευρά του πτερυγίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο ρότορας, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο θόρυβος που προκαλείται. Ο αεροδυναμικός θόρυβος έχει υψηλότερη στάθμη σε dB από τον μηχανικό και λόγω της πολύ χαμηλής συχνότητάς του γίνεται αισθητός σαν δόνηση.

Σήμερα, έπειτα από τη συνεχή έρευνα των τελευταίων 20 ετών, οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες έχουν εξελιχθεί σε σχεδόν αθόρυβες μηχανές. Ο μηχανικός θόρυβος έχει σχεδόν εξαλειφθεί, ενώ και ο αεροδυναμικός θόρυβος έχει μειωθεί σημαντικά, χάρη στη σημαντική βελτίωση του σχεδιασμού των πτερυγίων. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 200 m ο θόρυβος περιστροφής των πτερυγίων καλύπτεται από το γενικό επίπεδο θορύβου του περιβάλλοντος, ενώ για αποστάσεις μεγαλύτερες των 450 m, μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια δεν κάνει περισσότερο θόρυβο από το ψυγείο στην κουζίνα (Εικόνα 2.4), (Nazir et al., 2020).



Εικόνα 2.4: Ένταση θορύβου A/T καθώς και άλλων πηγών (renewablesystems.org).

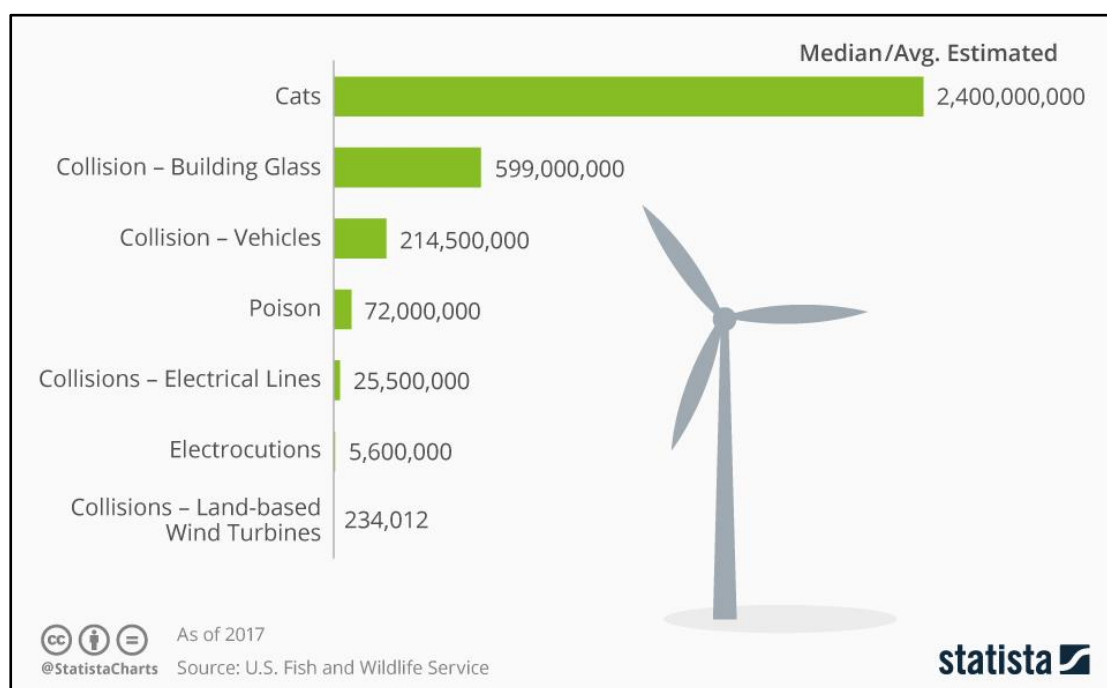
2.3.3 Επίδραση στην Πανίδα

Τα τελευταία χρόνια, δόθηκε ιδιαίτερη δημοσιότητα στην πιθανή επίδραση των ανεμογεννητριών στη ζωή, αλλά και την ασφαλή διαβίωση των πτηνών (πουλιά, αρπαχτικά πουλιά, νυχτερίδες). Οι επιδράσεις στην πανίδα, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις άμεσες και τις έμμεσες. Ως άμεση επίδραση χαρακτηρίζεται ο θάνατος των πτηνών έπειτα από τη σύγκρουση τους με τα πτερύγια ή τα καλώδια μιας αιολικής μηχανής, ενώ ως έμμεση χαρακτηρίζεται η αλλαγή μεταναστευτικών συνηθειών, η διαταραχή στη γονιμοποίηση και τη διατροφή, καθώς και η μείωση των διαθέσιμων χώρων κατοικίας που συνεπάγεται με τον εκτοπισμό των διαφόρων πληθυσμών (Saidur et al., 2020).

Παρόλο που το συγκεκριμένο πρόβλημα δεν θεωρείται τόσο σημαντικό, οι οποιοσδήποτε επιδράσεις των αιολικών εγκαταστάσεων στη ζωή των πτηνών δύναται να περιορισθούν με την αποφυγή της εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε περιοχές που αποτελούν νυχτερινά περάσματα αποδημητικών πουλιών, καθώς και εντός ευαίσθητων

οικολογικά περιοχών (π.χ. περιοχές δικτύου Natura 2000, Καταφύγια Άγριας Ζωής). Με τον τρόπο αυτό, περιορίζεται η μείωση του πληθυσμού των πτηνών και ταυτόχρονα εμποδίζεται η καταστροφή των πτερυγίων της μηχανής.

Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη που διενεργήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, από την υπηρεσία Ψαριών και Άγριας Φύσης των ΗΠΑ (U.S. Fish and Wildlife Service), υπολογίστηκε ότι ο συνολικός αριθμός των πτηνών που θανατώνεται εξαιτίας των ανεμογεννητριών κάθε έτος αγγίζει τις 234.012, νούμερο πολύ μικρότερο σε σχέση με άλλα αίτια (Γράφημα 2.9).



Γράφημα 2.9: Εκτιμώμενη ετήσια θνησιμότητα πτηνών από επιλεγμένα ανθρωπογενή αίτια (U.S. Fish and Wildlife Service, 2017).

2.3.4 Αντανάκλασεις

Με την περιστροφή των πτερυγίων του ρότορα, αρκετά συχνά δημιουργούνται κινούμενες σκιές, οι οποίες επιδρούν αρνητικά στους γύρω κατοίκους, καθώς εκτός από το έδαφος καλύπτουν και άλλα αντικείμενα όπως είναι τα σπίτια (Κορωνάιος, 2012). Επιπλέον η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός στον στρόβιλο, δύναται να προκαλέσει στιγμιαίες λάμπσεις, ένα φαινόμενο το οποίο ονομάζεται «disco effect», το οποίο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη περαιτέρω ομαλοποίηση της επιφάνειας των πτερυγίων του ρότορα, καθώς και κάνοντας χρήση μικρότερης ποσότητας αντανάκλαστικού υλικού κατά την επίστρωση της ανεμογεννήτριας (Nazir et al., 2020).

2.3.5 Επίδραση στην χλωρίδα και διάβρωση του εδάφους

Κατά την κατασκευή αιολικών εγκαταστάσεων ορισμένες εργασίες, όπως είναι η διαδικασία εκσκαφής για τη δημιουργία των θεμελίων των ανεμογεννητριών, αλλά και τα συνοδευτικά έργα οδοποιίας, επηρεάζουν το τοπικό οικοσύστημα. Συνήθως απαιτούνται δρόμοι προσπέλασης για μεγάλα μηχανήματα που συνοδεύονται με διανοίξεις υπαρχόντων δρόμων ενώ η θεμελίωση των Α/Γ αλλάζει την εικόνα της περιοχής

Με την απομάκρυνση των φυτών, η επιφάνεια του εδάφους είναι πλέον εκτεθειμένη στον ισχυρό άνεμο αλλά και σε παρατεταμένες βροχοπτώσεις, τα οποία συντελούν στη διάβρωση του εδάφους. Επιπροσθέτως, στο εργοτάξιο, υπάρχει πάντοτε η πιθανότητα διείσδυσης λυμάτων, είτε λαδιών στο έδαφος, δημιουργώντας έτσι σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Η χρήση βαρέων μηχανημάτων κατά τη φάση της κατασκευής ενός αιολικού πάρκου, μπορεί να προκαλέσει διαταραχή στην ισορροπία αδύναμων οικοσυστημάτων, η ανάκαμψη των οποίων μπορεί να πάρει αρκετό χρονικό διάστημα (Nazir et al., 2020).

2.3.6 Ηλεκτρομαγνητική Επίδραση

Οι ανεμογεννήτριες ή και ο υπόλοιπος εξοπλισμός μπορούν, σε ορισμένες περιπτώσεις, να προκαλέσουν παρεμβολές στα συστήματα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αυτό οφείλεται στην ανάκλαση ή εκτροπή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τα πτερύγια του δρομέα. Επιπροσθέτως, μπορεί να επηρεαστεί η λήψη τηλεοπτικού σήματος, καθώς και τα συστήματα επικοινωνίας των αεροσκαφών. Αντίθετα, σπανίως αναφέρονται παρεμβολές στους ραδιοφωνικούς δέκτες, στα κινητά τηλέφωνα, καθώς και στις δορυφορικές υπηρεσίες (Κορωνάιος, 2012).

Η επίδραση αυτή, αποτελούσε μεγαλύτερο πρόβλημα για τις ανεμογεννήτριες πρώτης γενιάς, που είχαν μεταλλικά πτερύγια. Πλέον, η αντικατάσταση των μεταλλικών πτερυγίων από πλαστικά ή άλλα συνθετικά υλικά έχει περιορίσει σημαντικά το συγκεκριμένο πρόβλημα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση καλό θα ήταν να αποφεύγεται η εγκατάσταση αιολικών μονάδων σε περιοχές στις οποίες είναι εγκατεστημένες κεραιές τηλεπικοινωνιών, καθώς και αναμεταδότες (Dai et al., 2014).

Κεφάλαιο 3^ο: Νομοθετικό Πλαίσιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

3.1 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια την παγκόσμια πρωτοπόρο στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τους στόχους της να ακολουθούν συνεχώς μια ανοδική πορεία. Η δράση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ήταν πάντα θετική ώστε να δημιουργηθεί μια κοινή Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική, η οποία θα ήταν ικανή να ανταπεξέλθει σε ζητήματα τα οποία έχουν να κάνουν με το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη, ζητήματα ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης, καθώς και ζητήματα αειφορίας. Επομένως, από τα αρχικά της βήματα ως Ευρωπαϊκή Κοινότητα (Συνθήκη του Μάαστριχτ το 1992), έθετε ως βασικούς στόχους της κοινής πολιτικής την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος.

3.1.1 Αρχικό Πλαίσιο

Η πρώτη προσπάθεια για τη προώθηση των ΑΠΕ σε Ευρωπαϊκό επίπεδο πραγματοποιήθηκε το 1996 με την έκδοση της Πράσινης Βίβλου «*Ενέργεια και το μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*» (COM (96) 576). Η πράσινη Βίβλος αποτέλεσε την πρώτη φάση μιας προσέγγισης για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής που είχε ως στόχο τη διασφάλιση της ευρύτερης χρήσης των ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, περιέγραφε την τότε ενεργειακή κατάσταση της Ένωσης, ανέλυε τα πλεονεκτήματα της αυξημένης χρήσης των ΑΠΕ για την επίτευξη των στόχων της Κοινότητας και παρουσίαζε τα βασικά στοιχεία μιας στρατηγικής που έπρεπε να εφαρμοστεί τόσο σε Κοινοτικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο κρατών-μελών.

Το επόμενο έτος και πιο συγκεκριμένα τον Νοέμβριο του 1997, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνέταξε την Λευκή Βίβλο «*Ενέργεια για το μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*» (COM (97) 599). Σκοπός της ήταν, μέσω της προώθησης των ΑΠΕ, να επιτευχθεί μακροπρόθεσμα μια σειρά από κοινοτικούς ενεργειακούς στόχους (Ασφάλεια εφοδιασμού, περιβάλλον και ανταγωνιστικότητα, βελτίωση και ενίσχυση της προστασίας του περιβάλλοντος και της Αειφόρου Ανάπτυξης). Μέσω της Λευκής Βίβλου η ΕΕ επεδίωκε τον διπλασιασμό του μεριδίου των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ενέργειας. Έτσι η ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση ενέργειας από 6% που ήταν το 1997 έπρεπε να ανέλθει σε 12% μέχρι το 2010.

Το 2001, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε την Οδηγία **2001/77/ΕΚ** «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας». Σκοπός της συγκεκριμένης οδηγίας ήταν η αύξηση της συμβολής των ΑΠΕ στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για τον λόγο αυτό όλα τα κράτη-μέλη καλούνταν να θεσπίσουν εθνικούς ενδεικτικούς στόχους για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα προέρχεται από ΑΠΕ. Οι στόχοι αυτοί διαμορφώθηκαν με βάση την εσωτερική δομή και την κατάσταση που επικρατούσε τότε σε κάθε κράτος-μέλος ξεχωριστά. Ο αρχικός στόχος της ΕΕ ήταν η συνεισφορά των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2010 να είναι 22,1%. Στην ίδια Οδηγία θεσπίστηκαν εκθέσεις με έτος αφετηρίας το 2002, στις οποίες παρατίθενται στόχοι δεκαετίας για όλα τα κράτη-μέλη (Παναγή, 2016).

Δύο χρόνια αργότερα η Οδηγία **2003/30/ΕΚ** της 8^{ης} Μαΐου 2003, σχετικά «με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές» έθεσε τα θεμέλια για την προώθηση των εναλλακτικών καυσίμων στην ΕΕ. Συνοπτικά, η συγκεκριμένη Οδηγία αναφέρει ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξασφαλίσουν ένα ελάχιστο μερίδιο βιοκαυσίμων καθώς και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων που διατίθεται στην αγορά και επιπλέον να θέσουν εθνικούς ενδεικτικούς στόχους. Οι τιμές αναφοράς για τους ενδεικτικούς στόχους καθορίστηκαν με βάση τον υπολογισμό του ενεργειακού περιεχομένου.

3.1.2 Οδηγίες για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (RED I,II)

Ορόσημο για την ταχεία ανάπτυξη των ΑΠΕ στην ΕΕ αποτέλεσε το έτος 2009, καθώς τότε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε την Οδηγία **2009/28/ΕΚ** «Σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ». Οι κύριοι στόχοι της εν λόγω οδηγίας έχουν ως εξής (ICAP, 2017):

- Ο συνολικός δεσμευτικός στόχος για τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών στον τομέα της ενέργειας είναι 20% στην τελική κατανάλωση και 10% στον τομέα των μεταφορών, για το έτος 2020. Οι στόχοι ορίζονται ως εφικτοί σύμφωνα με τον Χάρτη Πορείας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και προτάσσονται παράλληλα με το πλαίσιο της βελτίωσης κατά 20%.
- Θεσπίζονται νέοι μηχανισμοί όπως οι στατιστικές μεταβιβάσεις μεταξύ κρατών μελών ή τρίτων χωρών.

- Θεσπίζονται εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας και της ενέργειας θέρμανσης και ψύξης, οι οποίες παράγονται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Πέρα από το γενικότερο πλαίσιο, ορίζονται υποχρεωτικοί στόχοι ειδικά για κάθε χώρα. Έτσι λοιπόν για κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ καθορίζεται ένα συγκεκριμένο μερίδιο ενέργειας που θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ μέχρι το 2020. Το μερίδιο αυτό ποικίλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των κρατών-μελών, γεγονός το οποίο οφείλεται στις ιδιαιτερότητες της κάθε χώρας, ωστόσο η απόκλιση λήφθηκε υπόψη ώστε να επιτευχθεί ένας κοινοτικός μέσος όρος της τάξης του 20%. Για την Ελλάδα ορίστηκε ποσοστό 18%.

Τον Δεκέμβριο του 2018, τέθηκε σε ισχύ η αναθεωρημένη οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Οδηγία **2018/2001/ΕΕ** στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους», η οποία αποσκοπεί στο να παραμείνει η ΕΕ παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και, γενικότερα, να βοηθήσει την ΕΕ να εκπληρώσει τις δεσμεύσεις της για μείωση των εκπομπών στο πλαίσιο της συμφωνίας του Παρισιού.

Η αναθεωρημένη οδηγία τέθηκε σε ισχύ από τον Δεκέμβριο του 2018 και έπρεπε να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των χωρών της ΕΕ μέχρι τις 30 Ιουνίου 2021. Η οδηγία θεσπίζει έναν νέο δεσμευτικό στόχο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην ΕΕ για το 2030, σε τουλάχιστον 32% της κατανάλωσης τελικής ενέργειας, με μια ρήτρα για πιθανή προς τα άνω αναθεώρηση έως το 2023 και έναν αυξημένο στόχο ποσοστού 14% για το μερίδιο των ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές έως το 2030 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018)

3.1.3 Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία

Στις 11 Δεκεμβρίου 2019, η Επιτροπή ενέκρινε την ανακοίνωσή της για την «Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία» ή «*European Green Deal*» (**COM(2019)0640**), η οποία αποτελεί ένα σχέδιο δράσης της ΕΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Ουσιαστικά αποσκοπεί στη διαμόρφωση μιας δίκαιης και ευημερούσας κοινωνίας που στηρίζεται σε μια σύγχρονη και ανεπτυγμένη οικονομία, με αποδοτικότερη και πιο ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων διατηρώντας την ανταγωνιστικότητα στην αγορά, που όμως θα έχει εξασφαλίσει

μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050. Το εν λόγω πράσινο σύμφωνο αποτελείται, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.1, από έντεκα (11) τομείς.



Εικόνα 3.1: Τομείς Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (https://insete.gr/wp-content/uploads/2021/03/2-Diakomanoli-EU_Green_Deal.pdf).

Ένα από τους πιο βασικούς πυλώνες της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας είναι η προώθηση της «Καθαρής Ενέργειας» και προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτητικοί στόχοι που έχουν τεθεί, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μετασχηματισμός του ενεργειακού τομέα, μέσω της αύξησης της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και ταυτόχρονα της απανθρακοποίησής του, μετατρέποντας έτσι την αγορά ενέργειας της ΕΕ σε μια κλιματικά ουδέτερη αγορά ενέργειας, ανταποκρινόμενη στις απαιτήσεις και τους στόχους του μέλλοντος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες θα στηριχθεί η εφαρμογή των μέτρων και των δράσεων είναι η ανάπτυξη ενός τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος θα βασίζεται (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2019):

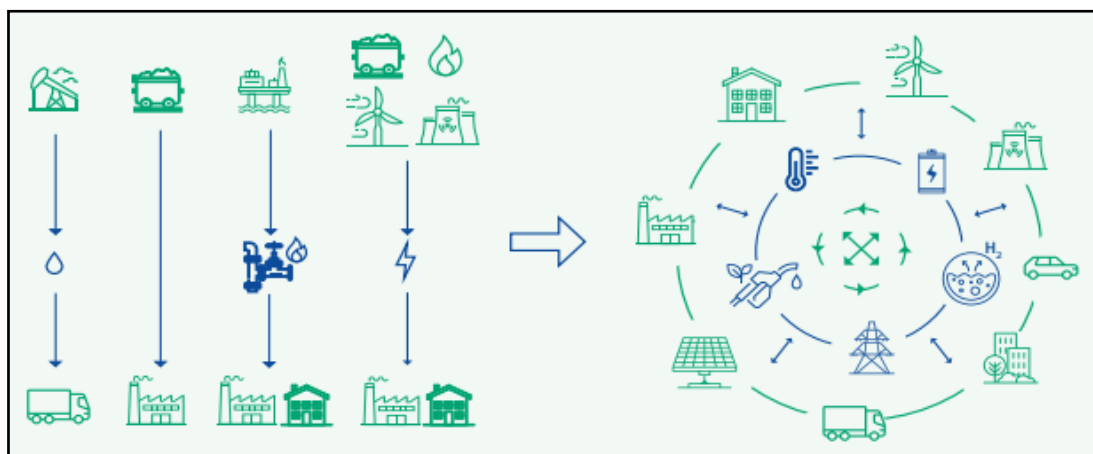
- Στην ενεργειακή απόδοση και στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

- Στη διασφάλιση ασφαλούς και οικονομικά προσιτού ενεργειακού εφοδιασμού της ΕΕ.
- Σε μια πλήρως ενοποιημένη, διασυνδεδεμένη και ψηφιοποιημένη ενεργειακή αγορά.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι έχουν αναπτυχθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τρεις (3) Στρατηγικές. Αρχικά, στις 19 Νοεμβρίου 2020, η Επιτροπή δημοσίευσε την ειδική στρατηγική της ΕΕ για τις υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τίτλο «Μια στρατηγική της ΕΕ για την αξιοποίηση του δυναμικού των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ένα κλιματικά ουδέτερο μέλλον» (COM(2020)0741). Ακολούθως, τον Ιούλιο του 2021, η Επιτροπή ενέκρινε την Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την ολοκλήρωση των ενεργειακών συστημάτων (COM(2020)0299), καθώς και μια νέα στρατηγική για το υδρογόνο στην Ευρώπη (COM (2020) 0301), έτσι ώστε να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο η παραγωγή και η χρήση υδρογόνου από ανανεώσιμες πηγές μπορεί να συμβάλει στην απαλλαγή της οικονομίας της ΕΕ από τις ανθρακούχες εκπομπές.

➤ Στρατηγική Κυκλικού-Ολοκληρωμένου Ενεργειακού Συστήματος

Η επιτροπή έχει προτείνει τη δημιουργία ενός κυκλικού, ολοκληρωμένου και πιο αποδοτικού συστήματος, το οποίο θα παρέχει ροές ενέργειας μεταξύ των χρηστών και των παραγωγών, μειώνοντας τη σπατάλη πόρων και χρημάτων, καθώς η απορριπτόμενη ενέργεια θα δεσμεύεται και θα επαναχρησιμοποιείται, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2: Μετατροπή σημερινού γραμμικού ενεργειακού συστήματος σε ένα μελλοντικό ολοκληρωμένο-κυκλικό σύστημα ενέργειας (ec.europa.eu).

➤ Στρατηγική Υπεράκτιας Ανανεώσιμης Ενέργειας

Με τη στρατηγική αυτή, η Επιτροπή σχεδιάζει να ενισχύσει τη δυναμικότητα και τη χρήση τεχνολογιών υπεράκτιας ενέργειας, όπως (Εικόνα 3.3):

- Πλωτά υπεράκτια **αιολικά πάρκα**
- Εγκαταστάσεις κυματικής και παλιρροϊκής **ωκεάνιας ενέργειας**
- Πλωτές **φωτοβολταϊκές** εγκαταστάσεις
- Χρήση **φυκών** για παραγωγή βιοκαυσίμων



Εικόνα 3.3: Παραδείγματα μελλοντικών μονάδων παραγωγής υπεράκτιας ενέργειας στην ΕΕ (ec.europa.eu).

Η ανάπτυξη του τομέα αυτού και η σύνδεση του τεράστιου δυναμικού της αιολικής ενέργειας με το ευρωπαϊκό δίκτυο όχι μόνο ωφελούν το περιβάλλον, μειώνοντας τις εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας και συμβάλλοντας στην προστασία της βιοποικιλότητας, αλλά δημιουργούν νέες επενδυτικές και αναπτυξιακές ευκαιρίες, ιδίως στις παράκτιες περιοχές.

➤ Στρατηγική Παραγωγής Υδρογόνου

Το «καθαρό» υδρογόνο, το οποίο ονομάζεται έτσι καθώς η απαιτούμενη ενέργεια για την ηλεκτρόλυσή του προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική, ηλιακή), μπορεί να συμβάλει στην απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές της βαριάς βιομηχανίας ή των οδικών εμπορευματικών μεταφορών, που καταναλώνουν σήμερα πολλά ορυκτά καύσιμα. Μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε κυψέλες καυσίμου (μπαταρίες) και να χρησιμοποιηθεί με ευέλικτο τρόπο σε όλους τους τομείς της

βιομηχανίας, των μεταφορών, της ηλεκτρικής ενέργειας και των κατασκευών (energy.ec.europa.eu)

Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να συμβάλει στο να αποφευχθούν οι διακυμάνσεις του εφοδιασμού από πηγές που εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Η εκτεταμένη χρήση του υδρογόνου θα μπορούσε να αποτελέσει καθοριστικό βήμα προς μια κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη, στόχο που επιθυμεί να επιτύχει η ΕΕ έως το 2050. Κάποια επιμέρους στάδια που ορίζονται είναι τα εξής (energy.ec.europa.eu):

- Μέχρι και το 2024, θα υπάρξει υποστήριξη της εγκατάστασης μονάδων ηλεκτρόλυσης υδρογόνου από ΑΠΕ στην ΕΕ, με στόχο η εγκατεστημένη ισχύς να φτάσει τουλάχιστον τα 6 GW και να επιτευχθεί η παραγωγή έως και 1 εκ. τόνους «Καθαρού Υδρογόνου».
- Για την πενταετία 2025-2030, το «καθαρό» υδρογόνο οφείλει να γίνει εγγενές μέρος του ολοκληρωμένου συστήματος ενέργειας, με τουλάχιστον 40 GW ανανεώσιμης ηλεκτρόλυσης υδρογόνου και παραγωγή έως και 10 εκ. τόνους.
- Από το 2030 και έπειτα, προβλέπεται η μεγάλης κλίμακας χρήση του πράσινου υδρογόνου για όλους τους δύσκολους τομείς.

3.1.4 Νέα Αναθεώρηση Οδηγίας για τις ΑΠΕ

Στη νέα αναθεώρηση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (COM(2021)0557), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνει να αυξηθεί ο δεσμευτικός στόχος για το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ σε 40% έως το 2030 και επιπροσθέτως ορίζονται νέοι κοινοτικοί στόχοι, όπως (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2021):

- Νέο σημείο αναφοράς για χρήση ΑΠΕ σε ποσοστό 49% έως το 2030 για τα κτίρια.
- Νέο σημείο αναφοράς ετήσιας αύξησης της χρήσης ΑΠΕ κατά 1,1 ποσοστιαίες μονάδες για τη βιομηχανία.
- Δεσμευτική ετήσια αύξηση 1,1 ποσοστιαίων μονάδων για τα κράτη-μέλη, όσον αφορά τη χρήση ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη.

- Ενδεικτική ετήσια αύξηση 2,1 ποσοστιαίων μονάδων στη χρήση ΑΠΕ και απορριπτόμενης θερμότητας και ψύξης για τηλεθέρμανση και τηλεψύξη.

3.2 Εθνική Νομοθεσία

Στο Ελληνικό Σύνταγμα περιλαμβάνεται πληθώρα διατάξεων που έχουν θεσπιστεί με στόχο την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ για παραγωγή «Πράσινης Ενέργειας». Ανώτερος σκοπός των διατάξεων αυτών είναι η εφαρμογή των απαραίτητων παρεμβάσεων στον ενεργειακό τομέα έτσι ώστε η χώρα μας να πετύχει τους αναπτυξιακούς, ενεργειακούς, καθώς και περιβαλλοντικούς της στόχους, ενώ παράλληλα να συμμορφώνεται και με τις κοινοτικές οδηγίες.

3.2.1 Ανασκόπηση Σημαντικότερων Νόμων 1985-2022

➤ Νόμος 1559/1985

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας εντάχθηκαν για πρώτη φορά στο Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο το έτος 1985, με τον νόμο **1559/1985** «*Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*». Βάση αυτού δόθηκε η δυνατότητα στους ιδιώτες και στους ΟΤΑ να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών τους, ως ανεξάρτητοι παραγωγοί, με την υποχρέωση να πουλούν μόνο την περίσσεια της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην ΔΕΗ και με τιμολόγιο που καθορίζονταν από αυτή. Η τιμή πώλησης ήταν αρκετά χαμηλή αποθαρρύνοντας έτσι τους εν δυνάμει επενδυτές να ακολουθήσουν το συγκεκριμένο μοντέλο.

Έτσι, παρόλο που ο συγκεκριμένος νόμος χαρακτηρίστηκε ως πρωτοποριακός για την εποχή και τα ελληνικά δεδομένα, οι τεχνικές αδυναμίες και κάποιες κανονιστικές ρυθμίσεις (π.χ. τα τιμολόγια πώλησης προς την ΔΕΗ, ο περιορισμός ανάπτυξης δραστηριοτήτων από τον ιδιωτικό τομέα) ανέστειλαν την ουσιαστική πρόοδο στον τομέα των ΑΠΕ (Λειβαδαράς, 2016).

➤ N.2244/1994

Το έτος 1994, με τη θεσμοθέτηση του νόμου **2244/1994** «*Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*», οι ιδιώτες επενδυτές απέκτησαν τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικές εγκαταστάσεις και μικρά υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ), καθώς και πώλησής της με ευνοϊκές τιμολογιακές συνθήκες, αλλά και

συμβόλαια δεκαετούς διάρκειάς τα οποία εξασφάλιζαν την βιωσιμότητα των επενδύσεων τους (Δασκάλου, 2016). Επιπροσθέτως, το ΚΑΠΕ, σύμφωνα με το άρθρο 5 του νόμου, αναλαμβάνει ρόλο συντονιστή για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προώθηση συστημάτων ΑΠΕ.

➤ **N.2273/1999**

Η ουσιαστική απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας έγινε το 1999 με το νόμο **2773/1999** «*Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις*. Ο συγκεκριμένος νόμος προέκυψε έπειτα από εναρμόνιση με την οδηγία 92/96 της ΕΕ και ουσιαστικά αποτέλεσε το νομοσχέδιο που «άνοιξε» την αγορά ηλεκτρισμού στην Ελλάδα. Τέθηκε σε ισχύ το 2001, οπότε και ξεκίνησε η γρήγορη ανάπτυξη των ΑΠΕ στη χώρα μας (Λειβαδαράς, 2016). Τα βασικότερα σημεία του είναι τα ακόλουθα:

- Ιδρύεται η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητη αρχή η οποία εποπτεύεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης.
- Συστήνεται ο Διαχειριστής του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), ο οποίος υποχρεούται να δίνει προτεραιότητα σύνδεσης στους σταθμούς ΑΠΕ.
- Η ΔΕΗ μετατρέπεται σε Ανώνυμη Εταιρία (ΑΕ).
- Προβλέπεται τέλος 2% υπέρ των ΟΤΑ επί των ακαθάριστων κερδών, από όλους τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.
- Απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ.
- Υποχρέωση του ΔΕΣΜΗΕ για 10ετές συμβόλαιο σύνδεσης με τον παραγωγό.

➤ **N.3017/2002**

Το 2002, αφού είχε γίνει η κατάλληλη προεργασία με τους τρεις (3) προαναφερθέντες νόμους, επικυρώθηκε ο νόμος **3017/2002** «*Κύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος*». Ο νόμος αυτός στόχευε στην προώθηση, την έρευνα και την περεταίρω ανάπτυξη της χρήσης νέων ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Επιπλέον στόχοι ήταν η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και η ανάπτυξη καινοτόμων-αξιόπιστων τεχνολογιών πιο φιλικών προς το περιβάλλον.

➤ **N.3468/2006**

Η ουσιαστική εκκίνηση των επενδύσεων σε έργα ΑΠΕ στην Ελλάδα έγινε με τον νόμο **3468/2006** «*Παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις*», μέσω του οποίου ενσωματώθηκαν στην Ελληνική νομοθεσία όσα προέβλεπε η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/77/ΕΚ. Με το νόμο αυτό (Λουμάκης, 2019):

- Το θεσμικό πλαίσιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ αποκόπηκε από το γενικότερο πλαίσιο για την ηλεκτρική ενέργεια και αυτονομήθηκε.
- Ο Διαχειριστής του Συστήματος είχε πλέον την υποχρέωση να συνάπτει σύμβαση αγοροπωλησίας με τους παραγωγούς από ΑΠΕ.
- Ρυθμίστηκαν τα ζητήματα της τιμολόγησης της πωλούμενης ενέργειας με εισαγωγή του μοντέλου αποζημίωσης σταθερών τιμών Feed-in Tariff (FIT).
- Διατηρήθηκε η κατά προτεραιότητα απορρόφηση του παραγόμενου από ΑΠΕ ρεύματος, προς επίτευξη των Εθνικών και Κοινοτικών στόχων.
- Αυξήθηκε το όριο εγκατεστημένης ισχύος για το οποίο δεν απαιτείται άδεια παραγωγής - εγκατάστασης - λειτουργίας.
- Αυξήθηκε το όριο από 10 MW σε 15 MW, όσον αφορά τον χαρακτηρισμό ενός υδροηλεκτρικού έργου ως μικρό.

➤ **N. 3851/2010**

Το 2010 θεσπίστηκε ο νόμος **3851/2010** «*Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής*», ο οποίος ουσιαστικά ανανέωσε τον νόμο **3468/2006**. Με το νόμο αυτό έγινε προσπάθεια τόσο για την περαιτέρω απλούστευση, όσο και συντόμευση της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων, όπως για παράδειγμα η κατάργηση της Άδειας Παραγωγής για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς έως και 1 MW (Τζίμα, 2018).

Ο νόμος αυτός αποτελεί ένα ουσιαστικό τμήμα του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σύμφωνα με τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής ενεργειακής

πολιτικής, καθώς μέσω αυτού και σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία **2009/28/EK**, τέθηκαν για το έτος 2020, οι ακόλουθοι στόχοι:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον ίσο με 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

➤ **N. 4014/2011**

Ο νόμος **4014/2011** «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος» αφορά την περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων και περιγράφει αναλυτικά τις κατηγορίες υπαγωγής τους, θέτοντας επίσης χρονικά περιθώρια στις αδειοδοτικές αρχές για την περίοδο προς γνωμοδότηση. Αναλύει λεπτομερώς τις διαδικασίες για την έκδοση ΑΕΠΟ που αφορούν όλες τις κατηγορίες έργων Α1, Α2 και Β, καθώς και τις διαδικασίες ανανέωσης και τροποποίησης της ΑΕΠΟ. Επιπλέον, συντάσσεται μητρώο πιστοποιημένων αξιολογητών ΜΠΕ για την ταχύτερη και ποιοτικότερη εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δημιουργείται Ηλεκτρονικό Περιβαλλοντικό Μητρώο (ΗΠΜ) για την διαδικασία έκδοσης ΑΕΠΟ.

➤ **N.4062/2012**

Το 2012 με τον Νόμο **4062/2012** «Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού - Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ - Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/EK) - Κριτήρια Αειφορίας, Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/EK)», παρουσιάζεται το πρόγραμμα «ΗΛΙΟΣ» το οποίο είναι μια διεθνής συνεργασία σχετικά με την ανάπτυξη, τη παραγωγή και την εξαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία στην χώρα μας.

Η ανώνυμη αυτή εταιρία μπορεί να ιδρύσει μελλοντικά και άλλες εταιρίες που θα σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία και είναι απαλλαγμένη από κάθε φόρο (δημόσιο, άμεσο ή έμμεσο). Λόγω ανάγκης αναβάθμισης των δικτύων γειτονικών χωρών αλλά και εν τέλει έλλειψη επενδυτικού ενδιαφέροντος, το πρόγραμμα υποβαθμίστηκε σε πιλοτικό και δεν προχώρησε ποτέ (Αλατζάς, 2021).

➤ **N.4414/2016**

Ένα νέο καθεστώς στήριξης εισήχθη στις επενδύσεις των ΑΠΕ με τον Νόμο **4414/2016** «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις», σκοπός του οποίου ήταν η σταδιακή ενσωμάτωση των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με βέλτιστο τρόπο για την οικονομία και την κοινωνία, καθώς και την αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ για την επίτευξη των εθνικών ενεργειακών στόχων (rae.gr).

➤ **N.4512/2018**

Κομβικό νομοθέτημα αποτελεί ο Νόμος **4512/2018** «*Ρυθμίσεις για την εφαρμογή των Διαρθρωτικών Μεταρρυθμίσεων του Προγράμματος Οικονομικής Προσαρμογής και άλλες διατάξεις*», μέσω του οποίου ιδρύθηκε το «Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας» (EXE ΑΕ) έπειτα από την απόσχιση του κλάδου της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας από το ΛΑΓΗΕ ΑΕ (Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ). Για τις δραστηριότητες σχετικά με τις ΑΠΕ, οι οποίες παρέμειναν στον πρώην ΛΑΓΗΕ, αυτός μετονομάστηκε σε «Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης ΑΕ» ή αλλιώς «ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ» (Λουμάκης, 2019).

➤ **N.4685/2020**

Το 2020 το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, αναγνωρίζοντας τις καθυστερήσεις και τον αντίκτυπο των χρονοτριβών αυτών στην προώθηση των ΑΠΕ, ανακοίνωσε τη στρατηγική αναθεώρησης του μέχρι τότε υπάρχοντος νομικού πλαισίου χορήγησης αδειών ΑΠΕ. Σκοπός της στρατηγικής αυτής ήταν ο περιορισμός των γραφειοκρατικών διαδικασιών και των καθυστερήσεων σε ότι έχει να κάνει με την αδειοδότηση των έργων ΑΠΕ στη χώρα μας.

Το πρώτο στάδιο προς τον εκσυγχρονισμό αυτόν χαρακτηρίζεται ως Φάση Α', η οποία υλοποιείται μέσα από τις διατάξεις του **N.4685/2020** «*Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις*».

Ο νόμος τέθηκε σε εφαρμογή από την 1η Δεκεμβρίου 2020 και μέσω αυτού τα έργα ΑΠΕ υλοποιούνται κατόπιν της επιτυχούς ολοκλήρωσης μίας σύνθετης διαδικασίας αδειοδότησης που περιλαμβάνει διακριτά στάδια αξιολόγησης κι έγκρισης, στα οποία εμπλέκονται διαφορετικές διοικητικές αρχές και φορείς, η αρμοδιότητα των οποίων καθορίζεται αναλόγως με το είδος και το στάδιο ανάπτυξης του εκάστοτε επενδυτικού σχεδίου. Μερικές από τις σημαντικότερες αλλαγές που αφορούν τα έργα ΑΠΕ παρουσιάζονται παρακάτω (ΥΠΕΝ, 2020):

- Η άδεια παραγωγής αντικαθίσταται από την Βεβαίωση Παραγωγού, η οποία εκδίδεται μέσα σε 20 ημέρες από την λήξη της προθεσμίας υποβολής αντιρρήσεων.
- Η διάρκεια ισχύος της ΑΕΠΟ παρατείνεται σε 15 έτη από 10 έτη που ίσχυε πριν την ψήφιση του συγκεκριμένου νόμου.
- Θέτονται χρονικά περιθώρια ανά φάση διαδικασίας κατά την αξιολόγηση της Μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Απλοποιείται η διαδικασία ανανέωσης και τροποποίησης της ΑΕΠΟ.
- Υποχρεώνει να γίνεται η διακίνηση των εγγράφων που αφορούν την διαδικασία ΑΕΠΟ μέσω του ΗΜΠ (Ηλεκτρονικού Περιβαλλοντικού Μητρώου).
- Υποχρεώνει τον κάτοχο Βεβαίωσης Παραγωγού να υποβάλει φάκελο για περιβαλλοντική αδειοδότηση μέσα σε 6 μήνες από την έκδοση της Βεβαίωσης. Με την πάροδο αυτού του διαστήματος η Βεβαίωση παύει να ισχύει.

➤ **N.4951/2022**

Δύο χρόνια αργότερα, θεσμοθετείται το δεύτερο στάδιο προς τον εκσυγχρονισμό της αδειοδοτικής διαδικασίας, το οποίο χαρακτηρίζεται ως φάση Β' και υλοποιείται μέσα από τις διατάξεις του νόμου **4951/2022** «*Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών*

Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος». Πλέον, όλες οι ενέργειες για την απόκτηση αδειών θα διενεργούνται ψηφιακά, ενώ τα δικαιολογητικά που θα πρέπει να κατατίθενται από τους επενδυτές μειώνονται δραστικά και περιορίζονται στα απολύτως απαραίτητα. Επιπλέον, οι διαδικασίες που μέχρι τώρα ήταν σειριακές, πλέον γίνονται παράλληλες, μειώνοντας σημαντικά τον χρόνο υλοποίησης. Έτσι ο μέσος χρόνος αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ, μειώνεται από τα πέντε (5) έτη σε δεκατέσσερις (14) μήνες.

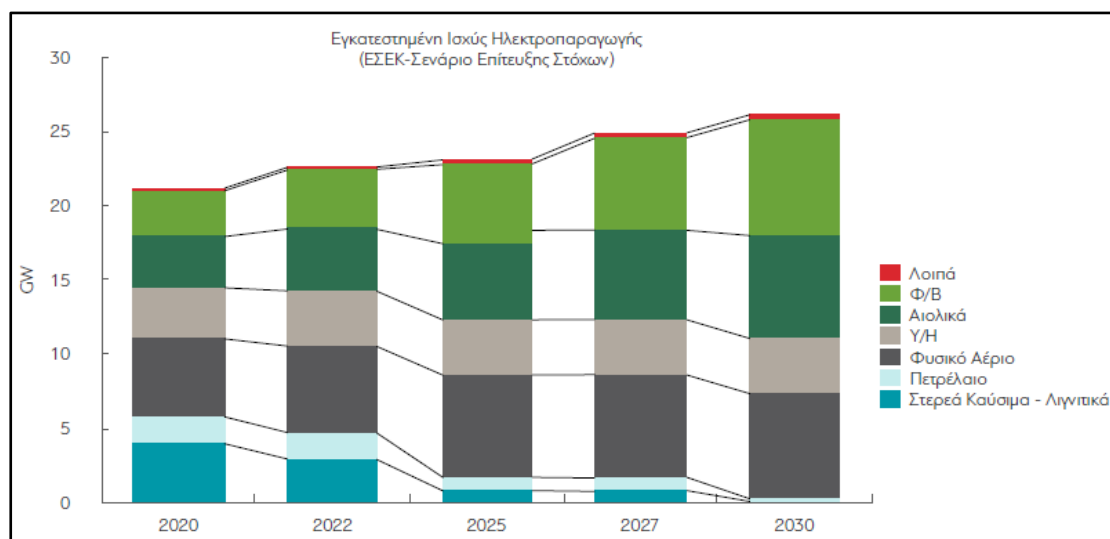
3.2.2 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

Οι βασικές κατευθύνσεις της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα, έχουν ενσωματωθεί στην Ελληνική Νομοθεσία μέσω του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο δημοσιεύτηκε τον Δεκέμβριο του 2019 με την Υ.Α. 4/2019 του Κυβερνητικού Συμβουλίου Οικονομικής Πολιτικής (ΦΕΚ 4893/Β/31-12-2019). Το συγκεκριμένο νομοθέτημα, αποτελεί το βασικότερο εργαλείο ενεργειακής πολιτικής της χώρας για την επίτευξη των ποιοτικών και ποσοτικών στόχων της περιόδου 2021-2030. Το ΕΣΕΚ περιλαμβάνει συγκεκριμένα μέτρα πολιτικής, τα οποία λαμβάνουν υπόψη το δυναμικό, τις τεχνικές ιδιαιτερότητες, καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελληνικού ενεργειακού συστήματος στους τομείς της παραγωγής, διάθεσης και κατανάλωσης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, προβλέπει:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030 κατά τουλάχιστον 42% σε σύγκριση με το επίπεδο των εκπομπών του 1990.
- Αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ τουλάχιστον σε 35% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2030, καθώς και του μεριδίου των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή σε 61-64% έως το 2030.
- Βελτίωση της Ενεργειακής Αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 38% μέχρι το 2030 σε σύγκριση με προβλέψεις που έγιναν το 2007.
- Τερματισμός λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων και άρα μηδενικό μερίδιο του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή έως το 2028.

Για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου έως το 2030, θα πρέπει να υπερδιπλασιαστεί τόσο η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ, όσο και η τελική κατανάλωση ενέργειας, με βάση τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Ο τομέας ηλεκτρισμού αναμένεται να έχει πρωταγωνιστικό ρόλο σε αυτή τη προσπάθεια, καθώς η ανάπτυξη των ΑΠΕ θα προέλθει κυρίως από την

ηλεκτροπαραγωγή με σημαντική ανάπτυξη νέων αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων. Οι νέες αυτές μονάδες, σε συνδυασμό με τις μονάδες φυσικού αερίου, θα υποκαταστήσουν το έλλειμμα ισχύος που θα προκύψει από την απόσυρση των λιγνιτικών μονάδων (Γράφημα 3.1).



Γράφημα 3.1: ΕΣΕΚ-Σενάριο Εγκατεστημένης Ισχύος Ηλεκτροπαραγωγής, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του 2030 (IOBE, 2021)

Πιο συγκεκριμένα, έως το 2030, θα πρέπει το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ να:

- Ξεπεράσει το 35% στην τελική κατανάλωση ενέργειας
- Ανέλθει σε τουλάχιστον 60% στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- Ξεπεράσει το 40% για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης
- Ξεπεράσει το 14% στον τομέα των μεταφορών

Σύμφωνα με το ΕΣΕΚ, ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην αποδοτικότερη λειτουργία του αδειοδοτικού και χωροταξικού πλαισίου για τις ΑΠΕ, έτσι ώστε να μειωθούν οι χρόνοι υλοποίησης ενός έργου και να επιταχυνθούν οι επενδύσεις. Κρίσιμος παράγοντας για να καταστεί εφικτή η αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα είναι η τεχνικά και οικονομικά βέλτιστη ενίσχυση και επέκταση των υφιστάμενων ενεργειακών υποδομών του συστήματος μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με γνώμονα τη μελλοντική ανάπτυξη σταθμών ΑΠΕ. Παράλληλα, οι νέες διασυνδέσεις των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) με το κεντρικό σύστημα της ηπειρωτικής χώρας, θα συμβάλλουν στη βέλτιστη αξιοποίηση του τοπικού δυναμικού ΑΠΕ (IOBE, 2021).

Η οικονομική στήριξη των τεχνολογιών ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή θα περιορίζεται σταδιακά, μέχρι τον μεσοπρόθεσμο μηδενισμό της, ώστε να μειωθούν σταδιακά και οι χρεώσεις που επιβάλλονται στους καταναλωτές. Για καινοτόμα έργα ΑΠΕ θα προβλέπεται, υπό προϋποθέσεις, οικονομική υποστήριξη και επενδυτική ενίσχυση. Σε αυτήν την κατεύθυνση προωθούνται μεταξύ άλλων τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες και κτήρια, μικρές ανεμογεννήτριες, τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, τα συστήματα ΑΠΕ για αφαλάτωση, η αξιοποίηση του υδροηλεκτρικού δυναμικού και της γεωθερμίας, αλλά και η ανάπτυξη έργων κυματικής ενέργειας, πλωτών φωτοβολταϊκών, παραγωγής υδρογόνου από ΑΠΕ, καθώς και μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (IOBE, 2021).

3.3 Χωροταξικός Σχεδιασμός και Έργα ΑΠΕ

3.3.1 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Το ΕΠΧΣΑΑ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΦΕΚ 2464/Β'3-12-2008) θεσμοθετήθηκε με την υπ' αριθμό 49828/12.11.2008 απόφαση της Επιτροπής Συντονισμού της Κυβερνητικής Πολιτικής στον Τομέα του Χωροταξικού Σχεδιασμού και της Αειφόρου Ανάπτυξης και συνάδει με τις αρχές του ολοκληρωμένου χωροταξικού σχεδιασμού του Ν.2742/99 (ΦΕΚ 207/Α'/7-10-99). Θεσπίστηκε με σκοπό τη διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ και την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης.

Μέχρι το 2008 και την έγκρισή του συγκεκριμένου πλαισίου ο χωροταξικός σχεδιασμός των ΑΠΕ και η εκτίμηση των επιπτώσεων τους αποτελούσαν, ως επί το πλείστον, κομμάτι της περιβαλλοντικής μελέτης και αξιολόγησης των εγκαταστάσεων, η οποία σε καμία περίπτωση δεν κάλυπτε την ανάγκη καθιέρωσης γενικών κριτηρίων χωροθέτησης. Επομένως, η εφαρμογή του αποτέλεσε ουσιαστικά την πρώτη συντονισμένη προσπάθεια χωροταξικού σχεδιασμού για τις ΑΠΕ από το Ελληνικό Δίκαιο.

Το ΕΠΧΣΑΑ **αναγνωρίζει** την συμβολή των ΑΠΕ στην κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης και στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος, στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, αλλά και στη χωρική διάρθρωση του τομέα των ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, στόχοι του Πλαισίου είναι η χωροθέτηση βιώσιμων εγκαταστάσεων

ΑΠΕ και η αρμονική συνύπαρξη τους τόσο με το φυσικό, όσο και με το ανθρωπογενές περιβάλλον. Μέσω αυτού επιδιώκεται η ενσωμάτωση των Ευρωπαϊκών και Εθνικών στόχων, μέσω της δημιουργίας ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης ΑΠΕ και η παροχή ενός σαφούς πλαισίου στις αδειοδοτούσες αρχές και στις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις σχετικά με τις περιοχές που ενδείκνυνται για την εγκατάσταση ΑΠΕ, προκειμένου να αποφευχθούν ενδεχόμενες συγκρούσεις χρήσεων γης αλλά και σημαντικές κοινωνικές αντιδράσεις (Bee Green, 2021).

Οι κανόνες και οι ρυθμίσεις του Πλαισίου κατηγοριοποιούνται ανά μορφή ΑΠΕ και γίνεται ξεχωριστή ανάλυση για:

- Αιολικές εγκαταστάσεις (Κεφαλαίο Β’).
- Μικρά υδροηλεκτρικά έργα (Κεφαλαίο Γ’).
- Λοιπές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Κεφαλαίο Δ’), στις οποίες περιλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας, η ενέργεια από βιομάζα και βιοαέριο, η γεωθερμική ενέργεια, καθώς και νέες μορφές ΑΠΕ (π.χ. κυματική).

3.3.2 Χωροθέτηση Αιολικών Εγκαταστάσεων

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων, σύμφωνα με το **Άρθρο 4** του ΦΕΚ 2464/2008, έχει ως στόχο:

- Τον εντοπισμό, με βάση τα στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους τη λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων και την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα.
- Τη καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν, αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και, αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και στο τοπίο.
- Τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Η Ελληνική επικράτεια, με κριτήρια το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της, καθώς και τις χωροταξικές αλλά και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές της, διακρίνεται σε τέσσερις (4) κατηγορίες, σύμφωνα με το **Άρθρο 5** του εν λόγω πλαισίου. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Στην Ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης της Εύβοιας.
2. Στην Αττική ως ειδική κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της.
3. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης.
4. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

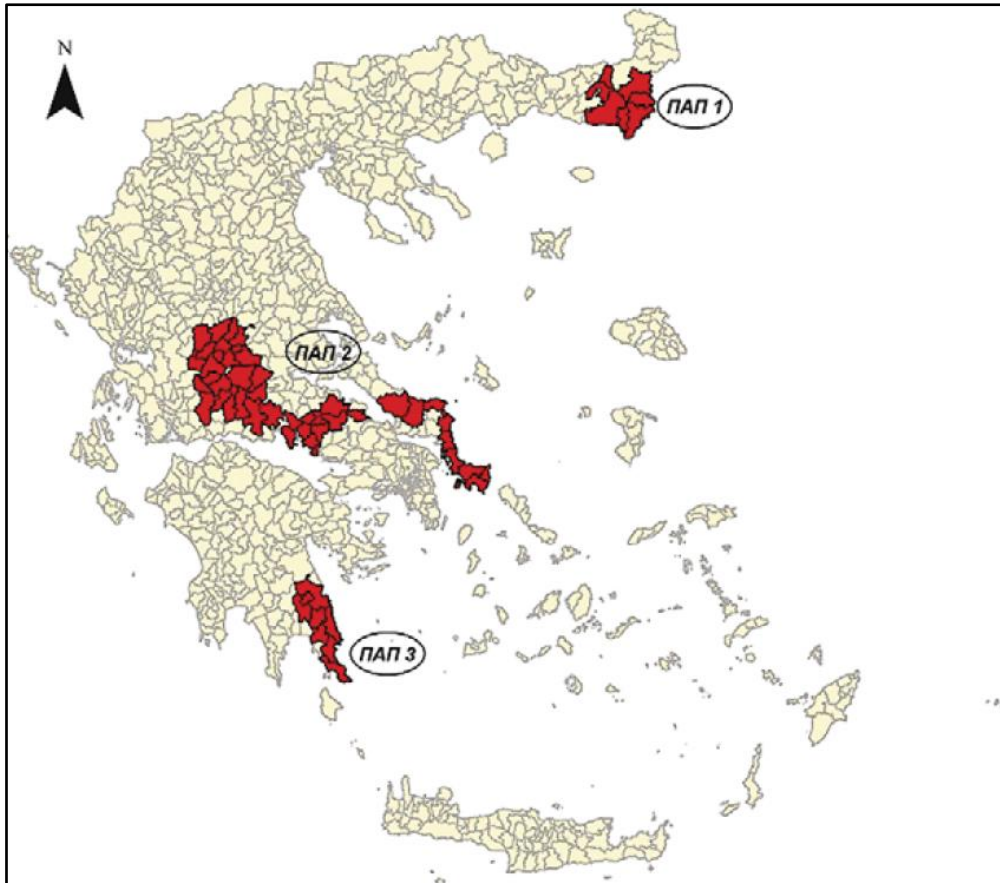
Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται ζωνοποίηση της Ηπειρωτικής χώρας σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.), όπως διακρίνονται και στην Εικόνα 3.4. Πιο αναλυτικά, οι δύο παραπάνω περιοχές ορίζονται ως εξής:

➤ Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.)

Πρόκειται για τις περιοχές της Ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων. Στις περιοχές αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα).

➤ Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.)

Χαρακτηρίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας των οποίων περιοχές ή και μεμονωμένες θέσεις που κρίνονται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας κατά το άρθρο 3 παρ. 1.δ του ν. 3468/2006, ως ενεργειακά αποδοτικές.



Εικόνα 3.4: Διάκριση Ελληνικής επικράτειας σε Π.Α.Π. και Π.Α.Κ. (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008).

Ο προσδιορισμός του μέγιστου ποσοστού κάλυψης κάθε ΟΤΑ, από αιολικές εγκαταστάσεις, προσδιορίζεται μέσω της μέγιστης επιτρεπόμενης πυκνότητας (Φέρουσα Ικανότητα). Ανώτεροι στόχοι αυτής, αποτελούν: η αρμονική ένταξη των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον, η ελαχιστοποίηση των κοινωνικών αντιδράσεων, καθώς και η εξασφάλιση των περιθωρίων χωροθέτησης και άλλων αναπτυξιακών δραστηριοτήτων. Η φέρουσα ικανότητα Α/Γ ανά ΟΤΑ, παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Φέρουσα ικανότητα σε Α/Γ ανά πρωτοβάθμιο Ο.Τ.Α. (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008).

Περιοχή	Ποσοστό	Αριθμός Α/Γ ανά 1000 Στρέμματα (για Τυπική Α/Γ με D=85 m)
Π.Α.Π.	8% της έκτασης ανά Ο.Τ.Α.	1.05 τυπικές Α/Γ
Π.Α.Κ.	5% της έκτασης ανά Ο.Τ.Α.	0.66 τυπικές Α/Γ
Νησιωτικός Χώρος	4% της έκτασης ανά Ο.Τ.Α.	0.53 τυπικές Α/Γ

Η φέρουσα ικανότητα ανά ΟΤΑ, μπορεί να αυξηθεί κατά 30% και 50% σε περιοχές ΠΑΠ και ΠΑΚ αντίστοιχα, ύστερα από την έγκριση του οικείου Δημοτικού ή Κοινοτικού Συμβουλίου, η οποία παρέχεται για όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των σχετικών εγκαταστάσεων και για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ίσο με τον χρόνο ισχύος των σχετικών αδειών παραγωγής, ήτοι 25 έτη.

3.3.3 Περιοχές Αποκλεισμού - Ζώνες Ασυμβατότητας

Στο **Άρθρο 6** του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, για όλες τις κατηγορίες περιοχών που αναφέρθηκαν παραπάνω, ορίζονται οι ζώνες αποκλεισμού χωροθέτησης (**κριτήρια αποκλεισμού**) αιολικών εγκαταστάσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

1. Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς.
2. Τις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης.
3. Τα όρια των υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας (Υγρότοποι Ραμσάρ).
4. Τους πυρήνες των εθνικών δρυμών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης και των αισθητικών δασών.
5. Τους οικότοπους προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο Δίκτυο Natura 2000.
6. Των εντός σχεδίου πόλεων και ορίων οικισμών προ του 1923 ή κάτω των 2.000 κατοίκων περιοχών.
7. Τις Περιοχές Οργανωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης (Π.Ο.Τ.Α), τις Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα (αρ. 10, ν. 2742/1999), τα θεματικά πάρκα και τους τουριστικούς λιμένες.
8. Τις άτυπα διαμορφωμένες, στο πλαίσιο της εκτός σχεδίου δόμησης, τουριστικές και οικιστικές περιοχές.
9. Τις ακτές κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
10. Τα τμήματα των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά.

- 11.** Άλλες περιοχές ή ζώνες που υπάγονται σε ειδικό καθεστώς χρήσεων γης, βάσει του οποίου δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων και για όσο χρόνο ισχύουν.

Τα κριτήρια αποκλεισμού 1, 2, 3, 4, 5, 9 και 10 που αναφέρθηκαν παραπάνω, εφαρμόζονται και για τη χωροθέτηση των συνοδευτικών έργων Α.Π.Ε. (δίκτυα πρόσβασης και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας), ενώ σε περίπτωση παρέκκλισης πρέπει να υπάρχει περιβαλλοντική τεκμηρίωση.

Επιπλέον αναφέρεται ότι επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων εντός των Ζωνών Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) της ορνιθοπανίδας της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ, εφόσον συνταχθεί ειδική ορνιθολογική μελέτη και σύμφωνα με τις ειδικότερες προϋποθέσεις και περιορισμούς που θα καθορίζονται στην οικεία πράξη έγκρισης περιβαλλοντικών όρων από την αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος. Ακόμη, με την επιφύλαξη των κριτηρίων 2, 3 και 4 που αναφέρθηκαν προηγουμένως, επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων εντός δασών, δασικών και αναδασωτέων εκτάσεων, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

3.3.4 Ελάχιστες Αποστάσεις της θέσης εγκατάστασης μεμονωμένης Αιολικής Μονάδας από τις Περιοχές Αποκλεισμού-Ζώνες Ασυμβατότητας

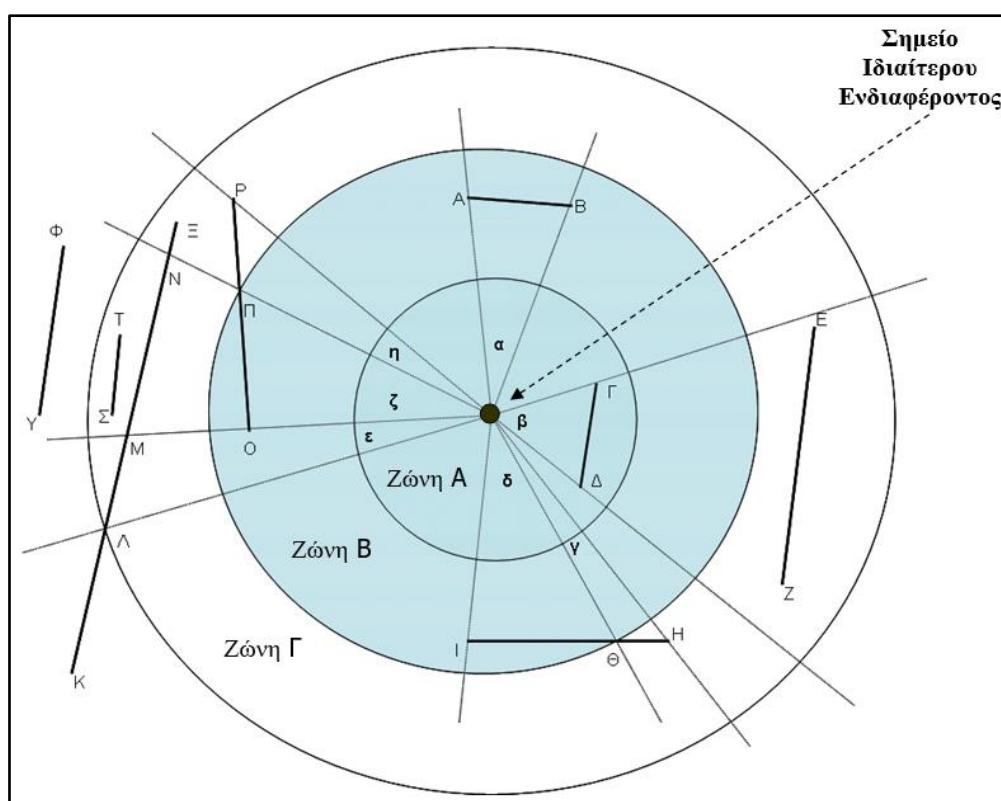
Σε όλες τις περιοχές του **Άρθρου 5**, η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων πρέπει να πληροί τις ελάχιστες αποστάσεις από τις γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής που καθορίζονται στους πίνακες του **Παραρτήματος Β** του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ. Οι αποστάσεις αφορούν τη χωροθέτηση των κυρίως αιολικών εγκαταστάσεων, ενώ για τις απαιτούμενες κατά περίπτωση αποστάσεις των συνοδευτικών εγκαταστάσεων εφαρμόζονται οι διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας και οι τυχόν ισχύοντες ειδικοί κανονισμοί και πρότυπα. Οι ελάχιστες αποστάσεις παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες του **Παραρτήματος Α**, στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας

Επιπλέον, προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα και η απόδοση των αιολικών εγκαταστάσεων, σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία, πρέπει να τηρούνται ορισμένες απαραίτητες αποστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, πρέπει να τηρείται μέγιστη απόσταση από υφιστάμενες οδούς χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας, μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης, καθώς και ελάχιστη απόσταση

μεταξύ των Ανεμογεννητριών. Οι αποστάσεις αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα Α** της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

3.3.5 Κριτήρια ένταξης των Αιολικών Πάρκων στο τοπίο

Για την εκτίμηση της ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο, σύμφωνα με το **Παράρτημα ΙV** του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η οπτική παρεμβολή από τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Τα σημεία αυτά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.5, βρίσκονται εντός κύκλου με ακτίνα που διαφοροποιείται ανάλογα με τη σημασία και την ποιότητα του εν λόγω σημείου, καθώς και την κατηγορία του χώρου που εντάσσεται.



Εικόνα 3.5: Κριτήριο ένταξης Α/Γ στο τοπίο (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008, Παράρτημα ΙV).

Είναι ευνόητο ότι οι ανεμογεννήτριες που χωροθετούνται εκτός του κύκλου ή που η άτρακτος τους δεν έχει οπτική επαφή με το σημείο, δεν λαμβάνονται υπόψη. Γύρω από τα σημεία διακρίνονται τρεις ομόκεντρες ζώνες (Α,Β,Γ), οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Ζώνες σημείων ενδιαφέροντος (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008, Παράρτημα ΙV).

Ακτίνες Ζωνών (km)						
Σημεία Ενδιαφέροντος	Περιοχές ΠΑΠ			Περιοχές ΠΑΚ		
	A	B	Γ	A	B	Γ
Κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία παγκόσμιας κληρονομιάς καθώς και άλλων μνημείων και αρχαιολογικών χώρων μείζονος σημασίας	3	4,5	6	3	4,5	6
Ζώνες απόλυτης προστασίας αρχαιολογικών χώρων-μνημείων	0,5	3	6	0,5	3	6
Παραδοσιακοί οικισμοί	1,5	3	6	1,5	3	6
Αξιόλογοι οικισμοί >2000 κατοίκων	1	2	-	1	3	-
Οικισμοί <2000 κατοίκων	0,5	1	2	0,5	1	2

3.4 Αδειοδοτική Διαδικασία

Βασική προϋπόθεση για την κατασκευή και λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, είναι η επιτυχής ολοκλήρωση μιας σύνθετης διαδικασίας αδειοδότησης, η οποία περιλαμβάνει διακριτά στάδια αξιολόγησης και έγκρισης. Σε κάθε στάδιο εμπλέκονται διαφορετικές διοικητικές αρχές και φορείς, η αρμοδιότητα των οποίων καθορίζεται αναλόγως με το είδος και το στάδιο ανάπτυξης του εκάστοτε επενδυτικού σχεδίου. Σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο που ισχύει για τις ΑΠΕ, και πιο συγκεκριμένα τους νόμους 3468/2006 και 4685/2020, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη (ΡΑΕ, 2021; Bee Green, 2021):

➤ Στάδιο 1: Βεβαίωση Παραγωγού (Πρώην Άδεια Παραγωγού)

Η **Βεβαίωση Παραγωγού** ή **Άδεια Παραγωγής** αποτελεί το πρώτο βήμα για την αδειοδότηση ενός σταθμού ΑΠΕ και χορηγείται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), αφού πρώτα εξεταστεί αν πληρούνται τα απαραίτητα κριτήρια του έργου με τα συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Η θέση του έργου, δηλαδή η ύπαρξη επαρκούς ενεργειακού χώρου (μη κορεσμός του δικτύου διανομής), η μη επικάλυψη του προτεινόμενου έργου με άλλο έργο το

οποίο έχει αδειοδοτηθεί, το μέγεθος του χώρου που πρόκειται να δεσμεύσει το έργο, καθώς και η απόσταση των παραγωγικών μονάδων μεταξύ τους.

- Η διακρίβωση ότι το προτεινόμενο έργο δεν εμπίπτει σε ειδικώς και συγκεκριμένα οριοθετημένη ζώνη αποκλεισμού κατά το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ.
- Ειδικώς για τα αιολικά έργα, ότι δεν προκύπτει υπέρβαση της φέρουσας ικανότητας του οικείου ΟΤΑ.

Επισημαίνεται πως πρόσφατα, με βάση το **Ν.4685/2020** η Βεβαίωση Παραγωγού αντικατέστησε την Άδεια Παραγωγής, με στόχο την επιτάχυνση της αδειοδοτικής διαδικασίας. Έτσι, πλέον δεν εξετάζονται οικονομικά κριτήρια, κριτήρια βιωσιμότητας, περιβαλλοντικά ή λοιπά χωροταξικά κριτήρια ή άλλα κριτήρια που θα μπορούσαν να προσδώσουν στη Βεβαίωση Παραγωγού τον χαρακτήρα γενικής έγκρισης του έργου. Επομένως, μέσω της Βεβαίωσης Παραγωγού βεβαιώνεται ότι ένας ενδιαφερόμενος φορέας έχει καταχωρίσει στο γεωπληροφοριακό σύστημα της ΡΑΕ το ενδιαφέρον του για ένα έργο ΑΠΕ σε συγκεκριμένο τόπο, και έχει αποκτήσει το δικαίωμα να επιχειρήσει την έναρξη της αδειοδότησης.

➤ **Στάδιο 2: Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) και Προσφορά σύνδεσης με το Σύστημα**

Αμέσως μετά την έκδοση της Άδειας Παραγωγής από τη ΡΑΕ, ο ενδιαφερόμενος προκειμένου να του χορηγηθεί Άδεια Εγκατάστασης, ζητά ταυτόχρονα την χορήγηση **Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ)** και της οριστικής **Προσφοράς Σύνδεσης**. Τα δύο επιμέρους στάδια προχωρούν παράλληλα, ενώ για να εκδοθεί η Οριστική Προσφορά Σύνδεσης βασική προϋπόθεση αποτελεί η έγκριση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Η **Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ)** συνιστά το πλέον κρίσιμο ορόσημο για την αδειοδότηση ενός έργου ΑΠΕ. Κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση ελέγχονται ενδελεχώς όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αναμένεται να έχει το έργο και εν τέλει κρίνεται το αν αυτό θα υλοποιηθεί. Η απόφαση εκδίδεται από την αποκεντρωμένη Περιφέρεια στην οποία υπάγεται το έργο, εκτός από τις περιπτώσεις πολύ μεγάλων έργων, που χορηγείται από το ΥΠΕΝ.

Πιο συγκεκριμένα, για έργα κατηγορίας Α (Α1,Α2) ο επενδυτής υποβάλλει Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την έκδοση της ΑΕΠΟ, ενώ για έργα κατηγορίας Β (δηλαδή ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια ισχύος $0,02 < P < 5$ MW και ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος $0,5 < P < 2$ MW) δεν ακολουθείται η διαδικασία εκπόνησης ΜΠΕ αλλά τα έργα υπόκεινται σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ).

Η Προσφορά Σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο αποτελεί εξίσου σημαντικό βήμα για την αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, καθώς τα ηλεκτρικά δίκτυα αρκετών περιοχών είναι κορεσμένα και δεν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης νέων έργων ΑΠΕ. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτούνται από τον επενδυτή σημαντικές επενδύσεις για τη σύνδεση του σταθμού (π.χ. κατασκευή υποσταθμού, επιπλέον γραμμής κ.α.). Για έργα ισχύος έως και 8 MW, Αρμόδιος Διαχειριστής για την χορήγηση Προσφορών Σύνδεσης είναι ο ΔΕΔΔΗΕ, ενώ για σταθμούς ισχύος άνω των 8 MW είναι ο ΑΔΜΗΕ

➤ **Στάδιο 3: Άδεια Εγκατάστασης – Σύμβαση Σύνδεσης και Πώλησης – Πολεοδομική Άδεια**

Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) απαιτούνται ενέργειες για:

- **Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης**, που αποτελεί την πλέον πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία καθώς για την έκδοση της απαιτούνται και πολλές ενδιάμεσες άδειες για την οποία γνωμοδοτούν πολλοί ανεξάρτητοι φορείς. Περιλαμβάνει την περιβαλλοντική αδειοδότηση, πλήρη μελέτη εφαρμογής για όλα τα έργα, μελέτη σύνδεσης με το δίκτυο κ.ά. Επιπλέον, περιλαμβάνει τη διαπίστωση ότι το έργο έχει κατασκευασθεί σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και ότι πληροί τους κανόνες ασφαλείας. Εκδίδεται από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση εντός των ορίων της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός ή το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και ισχύει για 20 χρόνια.
- **Έκδοση Οικοδομικών Αδειών** όπου απαιτείται εκτέλεση δομικών έργων ή άλλων αδειών που τυχόν απαιτούνται και μπορούν να εκδοθούν χωρίς να υπάρχει ακόμα η Άδεια Εγκατάστασης. Για εργασίες φωτοβολταϊκού σταθμού απαιτείται μόνο έκδοση άδειας εργασιών μικρής κλίμακας, ενώ για τα κτιριακά έργα (συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων των Υποσταθμών) απαιτείται έκδοση άδειας δόμησης. Για αιολικούς σταθμούς, πέρα από τις κτηριακές

εγκαταστάσεις, απαιτείται άδεια δόμησης και για τα θεμέλια των Ανεμογεννητριών.

- Υπογραφή **Σύμβασης Σύνδεσης** στο Σύστημα ή σε Δίκτυο. Ανάλογα με το σχήμα στήριξης απαιτείται η υπογραφή σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με την ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ ή τον ΔΕΔΔΗΕ

➤ **Στάδιο 4: Άδεια Λειτουργίας**

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τη δοκιμαστική περίοδο και την έκδοση **Άδειας Λειτουργίας**, η οποία είναι μια τυπική άδεια που εκδίδεται με την ολοκλήρωση του έργου και δεν είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Μετά την αποπεράτωση των εγκαταστάσεων του σταθμού και πριν την υποβολή της αίτησης για χορήγηση της άδειας λειτουργίας, ο κάτοχος της άδειας εγκατάστασης, υποβάλλει αίτηση στον αρμόδιο Διαχειριστή με τον οποίο σύναψε τη Σύμβαση Σύνδεσης, για προσωρινή σύνδεση του σταθμού στο Σύστημα ή το Δίκτυο, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες δοκιμές για τη θέση σε λειτουργία των εγκαταστάσεων. Η αίτηση συνοδεύεται από υπεύθυνη δήλωση που υπογράφεται από τον παραγωγό και τον μηχανικό που επιβλέπει την εγκατάσταση, ότι όλα τα έργα εκτελέστηκαν σύμφωνα με την άδεια εγκατάστασης, τη Σύμβαση Σύνδεσης, τους ισχύοντες κανονισμούς και διατάξεις και τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης.

Η άδεια λειτουργίας χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης (Αποκεντρωμένη Διοίκηση εντός των ορίων της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας). Η άδεια εκδίδεται μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από τα αρμόδια όργανα, της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού, εντός αποκλειστικής προθεσμίας είκοσι (20) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί.

Κεφάλαιο 4^ο: Περιγραφή Μεθοδολογίας Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου με χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε Περιβάλλον ΣΓΠ

Στο παρόν κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης αιολικού πάρκου. Αρχικά, γίνεται αναφορά στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και στη συμβολή τους σε θέματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Ακολούθως, περιγράφεται ο γενικός τρόπος προσέγγισης του προβλήματος, ενώ στη συνέχεια αναλύονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν τόσο για την εύρεση, όσο και για την αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών χωροθέτησης ανεμογεννητριών.

4.1 Τα ΣΓΠ ως Εργαλεία Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων ΑΠΕ

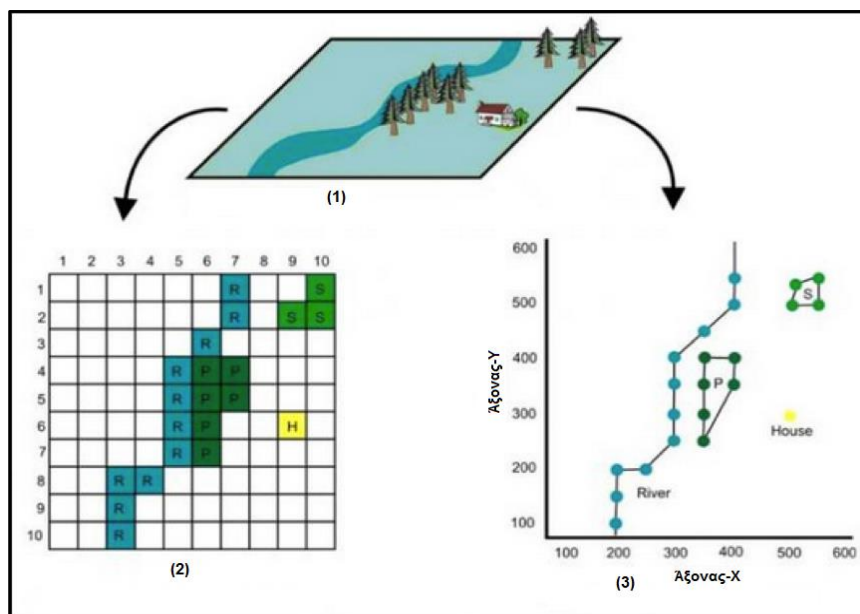
Στις μέρες μας, τα ΣΓΠ έχουν αναδειχθεί ως μια αποτελεσματική τεχνολογία ανάλυσης και διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων, χάρη στα ισχυρά εργαλεία εξειδικευμένων γεωγραφικών αναλύσεων που περιλαμβάνουν. Οι εξελιγμένες δυνατότητες τις οποίες παρέχουν για την αποθήκευση, ανάκτηση, ανάλυση, μοντελοποίηση, καθώς και τη χαρτογραφική απόδοση εκτεταμένων περιοχών με τη χρήση μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων, έχει οδηγήσει στη βαθμιαία εξάπλωση των εφαρμογών τους (Χαλκιάς, 2011).

Ένας συνηθισμένος τρόπος θεώρησης των ΣΓΠ, είναι αυτός της οργάνωσης των χωρικών πληροφοριών με σειρά επιπέδων (layers) τα οποία αφορούν στην ίδια γεωγραφική περιοχή (Εικόνα 4.1). Κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα περιλαμβάνει είτε δεδομένα στην αρχική τους μορφή (π.χ. τοπογραφικές μετρήσεις, δορυφορικές εικόνες κτλ), είτε επεξεργασμένες θεματικές πληροφορίες (π.χ. είδος βλάστησης, τύπος εδαφών, κλίση επιφανειών, αποτελέσματα ανάλυσης δορυφορικών δεδομένων κτλ). Τα τελευταία αποτελούν και τα θεματικά επίπεδα ενός ΣΓΠ. Τα θεματικά επίπεδα είναι προσανατολισμένα σ' ένα κοινό σύστημα αναφοράς, ώστε να καθίσταται δυνατή η υπέρθεσή τους (Χαλκιάς, 2011).



Εικόνα 4.1: Διαφορετικά επίπεδα δεδομένων σε περιβάλλον GIS (Κολοκοτρώνης, 2019).

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η καταχώριση και επεξεργασία των χαρτογραφικών στοιχείων, σε περιβάλλον ΣΓΠ, τα δεδομένα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Αυτές είναι, τα ψηφιδωτά δεδομένα (Raster) και τα διανυσματικά δεδομένα (Vector). Τα δυο αυτά είδη απεικόνισης διαφέρουν τόσο λειτουργικά όσο και σε ότι έχει να κάνει με τις ιδιότητές τους (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2: (1) Πραγματικός κόσμος, (2) Αναπαράσταση σε ψηφιδωτή μορφή (raster), (3) Αναπαράσταση σε διανυσματική μορφή (vector), (<https://sqlserverrider.wordpress.com/2013/10/22/geospatial-gis-file-formats/>, (Ιδία επεξεργασία)

Η τεχνολογία των ΣΓΠ χρησιμοποιείται σε πλήθος σύγχρονων εφαρμογών που πραγματεύονται την ανάλυση του χώρου και την επεξεργασία γεωγραφικά προσδιορισμένων πληροφοριών, αποτελώντας ένα πολύ σημαντικό εργαλείο, με επωφελούμενους κυρίως κρατικούς οργανισμούς, τοπικές κοινότητες, ερευνητικά ιδρύματα, περιβαλλοντικές επιστήμες, οργανισμούς υγείας, μηχανικούς και επαγγέλματα που σχετίζονται με τη χρήση και το σχεδιασμό της γης, επιχειρήσεις και επιχειρηματίες σε όλα τα επίπεδα (Κουτσόπουλος, 2005; Χαλκιάς, 2015).

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των ΣΓΠ για τον εντοπισμό των καταλληλότερων περιοχών χωροθέτησης ΑΠΕ και ιδίως αιολικών εγκαταστάσεων, γίνεται ολοένα και πιο έντονη. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διαδικασία αναζήτησης της βέλτιστης τοποθεσίας για τη χωροθέτηση μιας τέτοιας μονάδας, και με δεδομένο ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλά κριτήρια, η δυνατότητα απεικόνισης των χρήσιμων επιπέδων πληροφορίας είναι υψίστης σημασίας, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με τη συμβολή των ΣΓΠ. Το παραπάνω γεγονός, επιβεβαιώνεται από την πληθώρα των επιστημονικών και τεχνικών εργασιών που πραγματεύονται το συγκεκριμένο ζήτημα. Οι περιοχές οι οποίες μελετώνται παρουσιάζουν ποικιλία κλιμάκων παγκοσμίως, ενώ σε ότι έχει να κάνει με την Ελλάδα έχουν γίνει αρκετές έρευνες που αφορούν τόσο το ηπειρωτικό, όσο και το νησιωτικό τμήμα της χώρας.

Στην παρούσα εργασία, έγινε χρήση του λογισμικού ArcGIS (Έκδοση 10.7), το οποίο αποτελεί προϊόν της εταιρίας ESRI Inc (Environmental Systems Research Institute) και θεωρείται ως το πιο διαδεδομένο λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών παγκοσμίως. Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιείται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα, καθώς και στον δημόσιο αλλά και ιδιωτικό τομέα.

Το πακέτο ArcGIS αποτελείται από πολλές εφαρμογές, μεταξύ των οποίων το ArcMap, το ArcCatalog και το ArcGlobe, οι οποίες επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες, αλλά είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Ταυτόχρονα μπορούν να περιλαμβάνουν και προαιρετικές επεκτάσεις (extensions), οι οποίες αν προστεθούν εμπλουτίζουν τις δυνατότητες του λογισμικού (π.χ. Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst, Network Analyst).

Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε εκτενώς η επέκταση **Spatial Analyst**, η οποία εκτός από τα βασικά εργαλεία γεωεπεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων (raster) που περιλαμβάνει (Extract by Mask, Euclidean Distance κτλ.), διευκολύνει και τη

διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη χωροθέτηση ΑΠΕ, μέσω των συναρτήσεων πολυκριτηριακής ανάλυσης που παρέχει (Reclassify, Weighted Sum, κτλ.). Για την εκτέλεση των εντολών που του υπαγορεύει ο χρήστης, το λογισμικό χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Python (desktop.arcgis.com).

4.2 Χωροθέτηση ΑΠΕ και Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Ο μεγάλος αριθμός δημοσιευμένων εργασιών και μελετών που έχουν εκπονηθεί στην κατεύθυνση της βέλτιστης χωροθέτησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αναδεικνύει τη σημασία του στρατηγικού χωροταξικού σχεδιασμού για την επιτυχή ένταξη και ανάπτυξη τέτοιων εγκαταστάσεων (Δασκάλου, 2016). Ταυτόχρονα, η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του σύγχρονου ενεργειακού σχεδιασμού, ο οποίος με τη σειρά του αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα που περιλαμβάνει πολλούς αντικρουόμενους παράγοντες περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής φύσεως, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, σύμφωνα με τις αρχές της βιωσιμότητας (Σταμάτη, 2014).

Έτσι, οι διάφορες τεχνικές-μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA), χάρη στις οποίες δύναται να δοθεί λύση σε σύνθετα και πολύπλευρα προβλήματα που απαρτίζονται από πλήθος παραγόντων και εναλλακτικών επιλογών, αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στη λήψη αποφάσεων τόσο για θέματα που αφορούν τη διαχείριση της ενέργειας, όσο και για θέματα που αφορούν τη χωροθέτηση νέων ενεργειακών εγκαταστάσεων (ιδίως μονάδων ΑΠΕ), σε συνδυασμό με τη χρήση των μεθοδολογικών εργαλείων ΣΓΠ.

Οι πρώτες μελέτες για την χωροθέτηση αιολικών πάρκων πραγματοποιήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 2000 (Voivontas et al., 1998, Baban & Parry, 2001). Οι μελέτες αυτές, ωστόσο, περιορίζονταν στην οριοθέτηση των ζωνών αποκλεισμού γύρω από αστικές περιοχές, ιστορικά μνημεία, καθώς και υδάτινα σώματα, προκειμένου να προστατευθούν οι ευαίσθητες περιοχές από την ανάπτυξη αιολικών πάρκων.

Τα επόμενα χρόνια, με την ανάπτυξη πιο λεπτομερών βάσεων δεδομένων, η χωρική αξιολόγηση αναπτύχθηκε αποκτώντας την σημερινή της μορφή, δηλαδή της χωρικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει δύο τύπους ποσοτικών παραμέτρων, τους περιορισμούς και τα κριτήρια. Οι περιορισμοί βασίζονται σε κριτήρια Boolean (0-1) και έτσι αποκλείουν περιοχές, ενώ τα κριτήρια λαμβάνουν

βαθμούς ικανοποίησης για όλες τις γεωγραφικές περιοχές που μελετώνται. Με την αφαίρεση των περιοχών αποκλεισμού, οι περιοχές καταλληλότητας που προκύπτουν λαμβάνουν συνεχείς τιμές μεταξύ του μηδέν (0) και του ένα (1). Οι επιμέρους βαθμοί ικανοποίησης κάθε κριτηρίου αθροίζονται, με τη χρήση της εκάστοτε μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης (MCDA) (Panagiotidou et al., 2016).

Τόσο στην Ελληνική, όσο και στη Διεθνή βιβλιογραφία, εντοπίζεται ένας μεγάλος αριθμός εναλλακτικών μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης που εφαρμόζονται σε συνδυασμό με τα ΣΓΠ με σκοπό τον εντοπισμό των καταλληλότερων θέσεων εγκατάστασης Αιολικών Σταθμών. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Η μέθοδος **AHP** (Analytical Hierarchy Process - Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία), η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους: Bennui et al. (2007), Tegou et al. (2010), Szurek et al. (2014), Latinopoulos & Kechagia (2015), Watson et al. (2015) Alshabeeb et al., (2016), Hofer et al. (2016) Panagiotidou et al. (2016), Billi & Vagiona (2018), Derdouri & Murayama (2018), Bertsiou et al. (2020), Moradi et al. (2020), Vagiona & Alexiou (2022), Ifkirne et al. (2022).
- Η μέθοδος **TOPSIS** (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution - Τεχνική Προσέγγιση κατά την Ομοιότητα με την Ιδανική Λύση), η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους: Vagiona & Alexiou (2022)
- Η μέθοδος **ELECTRE** (Elimination and Choice Translation Reality) η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους: Atici et al. (2015)
- Η μέθοδος **PROMETHEE** (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους: Sotiropoulou & Vavatsikos (2021)
- Η μέθοδος **REGIME**, η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους: Γραμματικογιάννης & Στρατηγέα (2010)

Από την επισκόπηση ενός μεγάλου αριθμού δημοσιευμένων ερευνητικών εργασιών, προκύπτει ότι η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος, είναι η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process - AHP). Επιπλέον, τα κριτήρια αξιολόγησης

που επικρατούν και χρησιμοποιούνται ευρέως στις μελέτες χωροθέτησης αιολικών πάρκων παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Κριτήρια Αξιολόγησης για την χωροθέτηση Ανεμογεννητριών, που χρησιμοποιούνται ευρέως στη διεθνή βιβλιογραφία (Ιδία επεξεργασία).

Κριτήριο	Τύπος Κριτηρίου	Ερευνητές
Αιολικό Δυναμικό	Τεχνικό Οικονομικό Μετεωρολογικό	Bennui et al. (2007), Tegou et al. (2010), Latinopoulos & Kechagia (2015), Noorollahi et al. (2015), Tsoutsos et al. (2015), Watson et al. (2015), Alshabeeb et al., (2016), Hofer et al. (2016), Lozano et al. (2016), Villacreses et al. (2017), Derdouri & Murayama (2018), Billi & Vagiona (2018), Ioannou et al. (2019), Bertsiou et al. (2020), Moradi et al (2020), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021), Vagiona & Alexiou (2022), Ifkirne et al. (2022)
Κλίση Εδάφους	Τεχνικό Οικονομικό Τοπογραφικό	Tegou et al. (2010), Szurek et al. (2014), Latinopoulos & Kechagia (2015), Tsoutsos et al. (2015), Alshabeeb et al., (2016), Hofer et al. (2016), Lozano et al. (2016), Panagiotidou et al. (2016), Villacreses et al. (2017), Billi & Vagiona (2018), Derdouri & Murayama (2018), Ioannou et al. (2019), Moradi et al (2020), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021), Vagiona & Alexiou (2022), Ifkirne et al. (2022)
Υψόμετρο	Τεχνικό Οικονομικό Τοπογραφικό	Bennui et al. (2007), Alshabeeb et al., (2016), Bertsiou et al. (2020), Ifkirne et al. (2022)
Απόσταση από Αερολιμένες	Τεχνικό	Bennui et al. (2007), Tsoutsos et al. (2015), Lozano et al. (2016)
Απόσταση από Κεραίες Τηλεπικοινωνιών, Ραντάρ	Τεχνικό	Derdouri & Murayama (2018), Tsoutsos et al. (2015), Bertsiou et al. (2020), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021)

Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο	Οικονομικό	Bennui et al. (2007), Tegou et al. (2010), Latinopoulos & Kechagia (2015), Noorollahi et al. (2015), Tsoutsos et al. (2015), Watson et al. (2015), Hofer et al. (2016), Lozano et al. (2016), Panagiotidou et al. (2016), Billi & Vagiona (2018), Derdouri & Murayama (2018), Ioannou et al. (2019), Bertsiou et al. (2020), Moradi et al (2020), Ifkirne et al. (2022)
Απόσταση από το Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας	Οικονομικό	Tegou et al. (2010), Szurek et al. (2014), Noorollahi et al. (2015), Tsoutsos et al. (2015), Hofer et al. (2016), Lozano et al. (2016), Villacreses et al. (2017), Billi & Vagiona (2018), Derdouri & Murayama (2018), Moradi et al (2020), Ioannou et al. (2019), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021), Ifkirne et al. (2022)
Αξία Γης	Οικονομικό	Tegou et al. (2010), Derdouri & Murayama (2018)
Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας	Οικονομικό Περιβαλλοντικό	Tegou et al. (2010), Panagiotidou et al. (2016), Derdouri & Murayama (2018), Vagiona & Alexiou (2022)
Χρήσεις-Καλύψεις Γης	Οικονομικό Περιβαλλοντικό	Latinopoulos & Kechagia (2015), Alshabeeb et al., (2016), Hofer et al. (2016), Villacreses et al. (2017), Ioannou et al. (2019)
Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος	Περιβαλλοντικό	Szurek et al. (2014), Latinopoulos & Kechagia (2015), Tsoutsos et al. (2015), Watson et al. (2015), Hofer et al. (2016), Derdouri & Murayama (2018), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021) Vagiona & Alexiou (2022), Ifkirne et al. (2022)

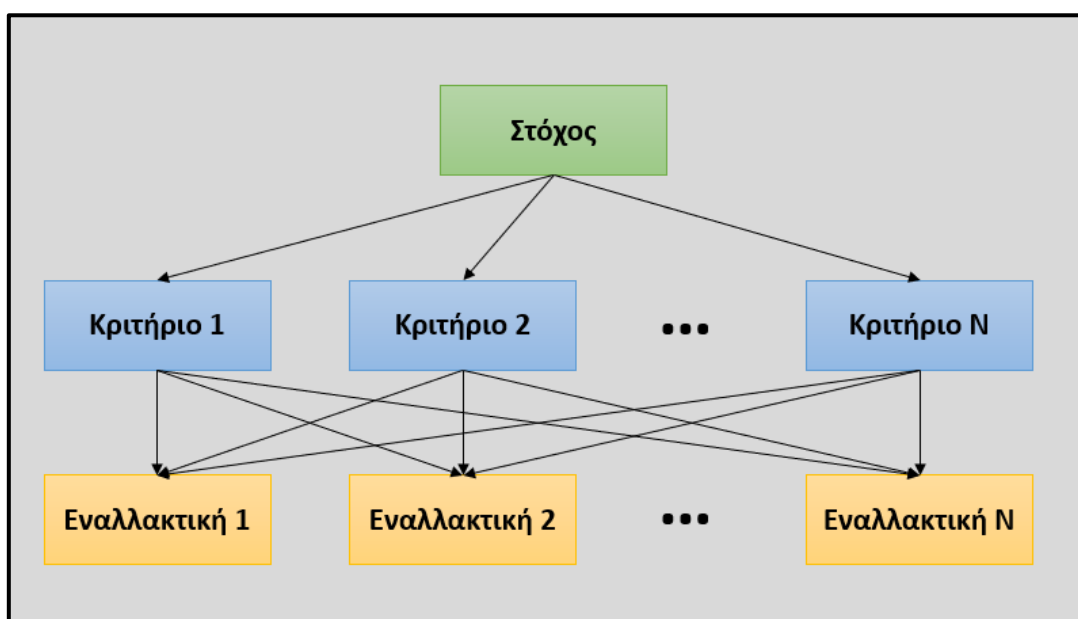
Απόσταση από Υδάτινα Σώματα	Περιβαλλοντικό	Szurek et al. (2014), Bennui et al. (2007), Tsoutsos et al. (2015)
Οπτική Όχληση	Κοινωνικό	Tegou et al. (2010), Panagiotidou et al. (2016), Billi & Vagiona (2018)
Απόσταση από Κατοικημένες Περιοχές	Κοινωνικό	Bennui et al. (2007), Szurek et al. (2014), Watson et al. (2015), Hofer et al. (2016), Lozano et al. (2016), Derdouri & Murayama (2018), Bertsiou et al. (2020), Moradi et al (2020), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021)
Απόσταση από Μνημεία και Αρχαιολογικούς Χώρους	Κοινωνικό	Tsoutsos et al. (2015), Watson et al. (2015), Lozano et al. (2016), Bertsiou et al. (2020), Sotiropoulou & Vavatsikos (2021)
Απόσταση από Περιοχές «Σημαντικού Ενδιαφέροντος»	Κοινωνικό Οικονομικό Περιβαλλοντικό	Bennui et al. (2007), Latinopoulos & Kechagia (2015), Hofer et al. (2016), Derdouri & Murayama (2018)

4.3 Μοντέλο Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας – Analytic Hierarch Process (AHP)

Η μεθοδολογία της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty, στο Wharton School of Business, στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η μέθοδος σχεδιάστηκε για να βοηθήσει επιφορτισμένους με τη λήψη αποφάσεων, να συνδυάζουν ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια (Saaty, 1980). Σε γενικές γραμμές θεωρείται μια από τις αποτελεσματικότερες προσεγγίσεις για την ανάδειξη της σημαντικότητας των παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη κατά τον προσδιορισμό της καταλληλότητας μιας περιοχής, ως προς την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, και χρησιμοποιείται ευρέως στη διεθνή βιβλιογραφία (Bennui et al., 2007; Tegou et al., 2010; Szurek et al. 2014; Latinopoulos & Kechagia, 2015; Watson et al., 2015; Alshabeeb et al., 2016; Hofer et al., 2016; Panagiotidou et al., 2016; Billi & Vagiona, 2018, Derdouri &

Murayama, 2018; Bertsiou et al., 2020; Moradi et al., 2020; Vagiona & Alexiou, 2022; Ifkirne et al., 2022.

Η μεθοδολογία της AHP, διακρίνεται σε δύο στάδια (Σχήμα 4.1). Το πρώτο στάδιο έχει να κάνει με την Ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος, δηλαδή τον κατακερματισμό του σε επιμέρους επίπεδα, με σκοπό την δημιουργία μιας ιεραρχικής δομής. Στο δεύτερο στάδιο λαμβάνει χώρα η αξιολόγηση των επί μέρους κριτηρίων (Βασιλάκης, 2019).



Σχήμα 4.1: Τυπική Ιεραρχική Δομή AHP (Ιδία επεξεργασία).

Τα βήματα που ακολουθούνται για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι τα ακόλουθα (Saaty 1986, Τσαγγαράτος, 2012):

1) Δημιουργία του Πίνακα των ανά ζεύγη συγκρίσεων

Αρχικά δημιουργείται ο Πίνακας Συγκρίσεων (Πίνακας 4.2), στον οποίο πραγματοποιούνται οι ανά ζεύγη συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων-μεταβλητών, σύμφωνα με την υποκειμενική γνώση των «ειδικών». Από τη σύγκριση αυτή, προκύπτει ο βαθμός προτίμησης του ενός κριτηρίου έναντι του άλλου, δηλαδή όχι μόνο ποιο από τα δύο κριτήρια είναι πιο σημαντικό, αλλά και πόσο πιο σημαντικό είναι έναντι του άλλου.

Πίνακας 4.2: Πίνακας με ανά ζεύγη συγκρίσεις κριτηρίων (Ιδία επεξεργασία).

	Κριτήριο 1	Κριτήριο 2	Κριτήριο 3
Κριτήριο 1	α_{11}	α_{12}	α_{13}
Κριτήριο 2	α_{21}	α_{22}	α_{23}
Κριτήριο 3	α_{31}	α_{32}	α_{33}

Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων, πραγματοποιούνται με βάση την αριθμητική κλίμακα του Saaty, η επεξήγηση της οποίας δίνεται στον Πίνακα 4.3. Η κλίμακα συγκρίσεων περιλαμβάνει ένα εύρος τιμών από 1/9 έως και 9. Οι τιμές {1, 3, 5, 7, 9} αποτελούν τις βασικές προτιμήσεις του φορέα λήψης απόφασης, οι τιμές {2,4,6,8} αποτελούν τις ενδιάμεσες προτιμήσεις, ενώ οι τιμές της κλίμακας που αντιστοιχούν σε {1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9}, εκφράζουν τις αντίστροφες προτιμήσεις του φορέα λήψης απόφασης.

Πίνακας 4.3: Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty και περιγραφή αυτής (Saaty 1986, Ιδία επεξεργασία).

Τιμή	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο ή το κριτήριο.
3	Μικρή σπουδαιότητα ενός σε σχέση με άλλον	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Βασική ή μεγάλη σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή ή αποδεδειγμένη σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα σε σχέση με άλλον	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα είναι αδιαμφισβήτητα.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός.
0	Καμία σχέση	Ο παράγοντας δεν συμβάλλει στον στόχο.

2) Υπολογισμός των συντελεστών βαρύτητας για τους παράγοντες και τις κατηγορίες τους

Αρχικά υπολογίζεται το άθροισμα των τιμών σε κάθε στήλη του πίνακα των ανά ζεύγη συγκρίσεων και έπειτα, κάθε στοιχείο του Πίνακα διαιρείται με το σύνολο της αντίστοιχης στήλης. Ακολούθως, υπολογίζεται ο μέσος όρος των στοιχείων σε κάθε σειρά του κανονικοποιημένου πλέον πίνακα, διαιρώντας το άθροισμα των κανονικοποιημένων τιμών για κάθε σειρά με τον αριθμό των παραμέτρων.

3) Έλεγχος ποιότητας παραγόμενων πινάκων

Τέλος, υπολογίζονται ορισμένοι δείκτες οι οποίοι εκφράζουν την ποιότητα των παραγόμενων πινάκων. Αρχικά υπολογίζεται ένας δείκτης συνέπειας (Consistency Index - CI), ο οποίος εκφράζει την ποιότητα του πίνακα συγκρίσεων και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

όπου:

- ✓ λ_{\max} η μέγιστη ιδιοτιμή - στοιχείο της Γραμμικής Άλγεβρας.
- ✓ n ο αριθμός των κλάσεων ή μεταβλητών που εξετάζονται αντίστοιχα.

Ένα ακόμα μέτρο ποιότητας αποτελεί ο λόγος της συνέπειας (Consistency Ratio - CR), μέσω του οποίου ελέγχεται η συνοχή των διεξαγόμενων συγκρίσεων. Ο λόγος συνέπειας εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$CR = \frac{CI}{RI},$$

όπου:

- ✓ **CI** ο δείκτης συνέπειας.
- ✓ **RI** ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας.

Ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας (*Random Consistency Index* - RI), ανάλογα με τον αριθμό των παραμέτρων (κριτηρίων) παίρνει συγκεκριμένες τιμές (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4: Τυχαίοι δείκτες συνέπειας RI (Saaty, 1986).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Σύμφωνα με τον Saaty, αν ο λόγος συνέπειας CR είναι μικρότερος του 0.1, οι συντελεστές βαρύτητας που προέκυψαν είναι αποδεκτοί. Αντίθετα, στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερος του 0.1, τότε απαιτείται επαναξιολόγηση του πίνακα συγκρίσεων.

4.4 Μεθοδολογικό Πλαίσιο Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών

Η χωροθέτηση ανεμογεννητριών και κατ' επέκταση αιολικών πάρκων αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία, η οποία επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων, ενώ ταυτόχρονα η κάθε περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από τους δικούς της περιορισμούς και ιδιαιτερότητες (Felsoni & Karandinaki, 2021). Η διαδικασία εντοπισμού των βέλτιστων εκτάσεων μιας γεωγραφικής περιοχής, για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών, περιλαμβάνει διάφορα στάδια τα οποία καθορίζονται από τον εκάστοτε ερευνητή και δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αποτελείται από **τρία (3)** βασικά στάδια και βασίστηκε στην εφαρμογή του ελληνικού θεσμικού πλαισίου, στη διεθνή επιστημονική εμπειρία, καθώς και σε άλλες επιτυχημένες πρακτικές εφαρμογές. Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη της συγκεκριμένης μεθοδολογίας ήταν η δημιουργία μιας ψηφιακής βάσης χωρικών δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει όλα τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν και είναι απαραίτητα για την δημιουργία των Θεματικών Επιπέδων Πληροφορίας μέσω του λογισμικού ArcGIS.

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τα κριτήρια που θέτει η νομοθεσία (ΕΠΧΣΑΑ για ΑΠΕ), εντοπίστηκαν οι περιοχές που κρίνονται ως ακατάλληλες για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών και αποκλείστηκαν από τη συνέχεια της διαδικασίας.

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο κριτηρίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών που έχουν προκύψει από το πρώτο στάδιο, με σκοπό την ανάδειξη των βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης. Σε πρώτη φάση, γίνεται η

επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης και εν συνεχεία ο διαχωρισμός κάθε κριτηρίου σε κλάσεις, καθώς και η επαναταξινόμηση αυτών σε μια κοινή κλίμακα αξιολόγησης, ώστε να μπορεί να υπάρξει μεταξύ τους σύγκριση. Σε δεύτερη φάση υλοποιείται η αξιολόγηση των επιτρεπόμενων από τη νομοθεσία περιοχών, με τη βοήθεια της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP).

Για την ολοκλήρωση του Σταδίου της αξιολόγησης, εφαρμόζεται μια απλή μέθοδος ανάλυσης ευαισθησίας, η οποία στηρίζεται στην μετατροπή των βαρών των κριτηρίων, με στόχο την ανάδειξη της επιρροής τους στην τελική αξιολόγηση των περιοχών.

Στο τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας, προσδιορίζονται σε πρώτη φάση οι βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης και ακολουθεί η επιλογή της τελικής θέσης χωροθέτησης αιολικού πάρκου, ενώ ταυτόχρονα γίνεται απόπειρα να εντοπιστούν οι πιθανές επιπτώσεις που θα είχε η ενδεχόμενη χωροθέτηση των Α/Γ, στην επιλεγείσα περιοχή.

Στο Σχήμα 4.2, παρουσιάζεται το γενικό περίγραμμα της μεθοδολογίας με τα επιμέρους στάδια που περιλαμβάνει, τα οποία και περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.



Σχήμα 4.2: Γενικό Περίγραμμα Μεθοδολογίας (Ιδία επεξεργασία).

4.4.1 Συλλογή και Επεξεργασία Δεδομένων – Παραγωγή ΘΕΠ

Η μεθοδολογία χωροθέτησης εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης και τα χωρικά δεδομένα που την αποτυπώνουν. Πιο συγκεκριμένα, η διαθεσιμότητα των δεδομένων σε μορφή που να είναι συμβατή με τα ΣΓΠ ήταν κρίσιμη για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας καθώς, τόσο οι περιοχές αποκλεισμού, όσο και τα κριτήρια αξιολόγησης των περιοχών καταλληλότητας απαιτούσαν χωρικά δεδομένα με ικανοποιητική ακρίβεια.

Τα περισσότερα από τα χωρικά δεδομένα ήταν διαθέσιμα και συλλέχθηκαν τόσο από ελληνικές βάσεις δεδομένων, όσο και από διεθνείς. Μερικά από αυτά ωστόσο, δεν ήταν διαθέσιμα και σε ορισμένες περιπτώσεις χρειάστηκε να ψηφιοποιηθούν. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.5, τα πρωτογενή δεδομένα που συλλέχθηκαν χωρίζονται σε οκτώ (8) κατηγορίες.

Πίνακας 4.5: Πρωτογενή Δεδομένα (Ιδία επεξεργασία).

Κατηγορία Δεδομένων	Δεδομένα	Μορφή Δεδομένων	Πηγή
Διοικητικά Όρια	Περιφέρειες	Πολυγωνική	https://geodata.gov.gr/
	Περιφερειακές Ενότητες	Πολυγωνική	
	Καλλικρατικοί Δήμοι	Πολυγωνική	
Οικιστικές Περιοχές	Οικισμοί	Σημειακή	https://geodata.gov.gr/
	Παραδοσιακοί Οικισμοί	Σημειακή	
Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος	Δίκτυο NATURA 2000	Πολυγωνική	https://geodata.gov.gr/
	Καταφύγια Άγριας Ζωής	Πολυγωνική	https://geodata.gov.gr/
	Σημαντική Περιοχή για τα πουλιά	Πολυγωνική	Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία
	Νησιωτικοί Υγρότοποι	Σημειακή	Ψηφιοποίηση – Ιδία επεξεργασία
	Ακτές Παρακολούθησης ΥΠΕΝ	Σημειακή	https://geodata.gov.gr/
	Ακτογραμμή	Γραμμική	https://geodata.gov.gr/
	Υδρογραφικό δίκτυο	Γραμμική	https://dafni.getmap.gr/sdi/
Περιοχές Πολιτιστικού Ενδιαφέροντος	Κηρυγμένοι Αρχαιολογικοί Χώροι	Σημειακή	http://listedmonuments.culture.gr/ , Ψηφιοποίηση-Ιδία Επεξεργασία
	Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία	Σημειακή	
	Ιερές Μονές	Σημειακή	
Τεχνικές Υποδομές	Οδικό Δίκτυο	Γραμμική	https://dafni.getmap.gr/sdi/ , Ιδία Επεξεργασία

	Κεραίες Τηλεπικοινωνιών	Σημειακή	https://keraies.eett.gr/getData.php , Ψηφιοποίηση-Ιδία Επεξεργασία Ιδία επεξεργασία
	Ελικοδρόμιο	Σημειακή	OpenStreetMap, Ιδία Επεξεργασία
	ΧΥΤΑ	Πολυγωνική	Ψηφιοποίηση , Ιδία Επεξεργασία
	Λιμενικές Εγκαταστάσεις	Σημειακή	https://dafni.getmap.gr/sdi/
Υποδομές Ενέργειας	ΑΣΠ Σίφνου	Σημειακή	https://dafni.getmap.gr/sdi/
	Αιολικοί Σταθμοί – Άδεια λειτουργίας	Πολυγωνική	https://geo.rae.gr/
	Αιολικοί Σταθμοί – Απορριπτικές αποφάσεις	Πολυγωνική	
	Υβριδικοί Σταθμοί -Άδεια Παραγωγής	Πολυγωνική	
	Υβριδικοί Σταθμοί - Απορριπτικές αποφάσεις	Πολυγωνική	
	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	Πολυγωνική	
Μορφολογία Εδάφους	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)	Ψηφιδωτή	https://www.copernicus.eu/en
Αιολικό Δυναμικό	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s) [80m υψόμετρο]	Ψηφιδωτή	https://geo.rae.gr/

4.4.2 Προσδιορισμός Νομοθετικά Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών

Το πρώτο στάδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει τον αποκλεισμό των περιοχών οι οποίες κρίνονται ως ασύμβατες από την υφιστάμενη νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα από το «*Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*» (ΦΕΚ 2464/Β'/03-12-2008). Με βάση το συγκεκριμένο πλαίσιο, η αναλυτική περιγραφή του οποίου έγινε στην **Ενότητα 3.3**, ορίζονται τα κριτήρια που είναι απαραίτητα ώστε να εκτιμηθούν οι περιοχές καταλληλότητας.

Οι περιοχές αποκλεισμού, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, οι οποίες προσαρμόστηκαν στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αλλά και τις ιδιαιτερότητες της υπό μελέτη περιοχής, μπορούν να ομαδοποιηθούν στις πέντε (5) ακόλουθες κατηγορίες:

- Περιοχές Αποκλεισμού Περιβαλλοντικών Κριτηρίων

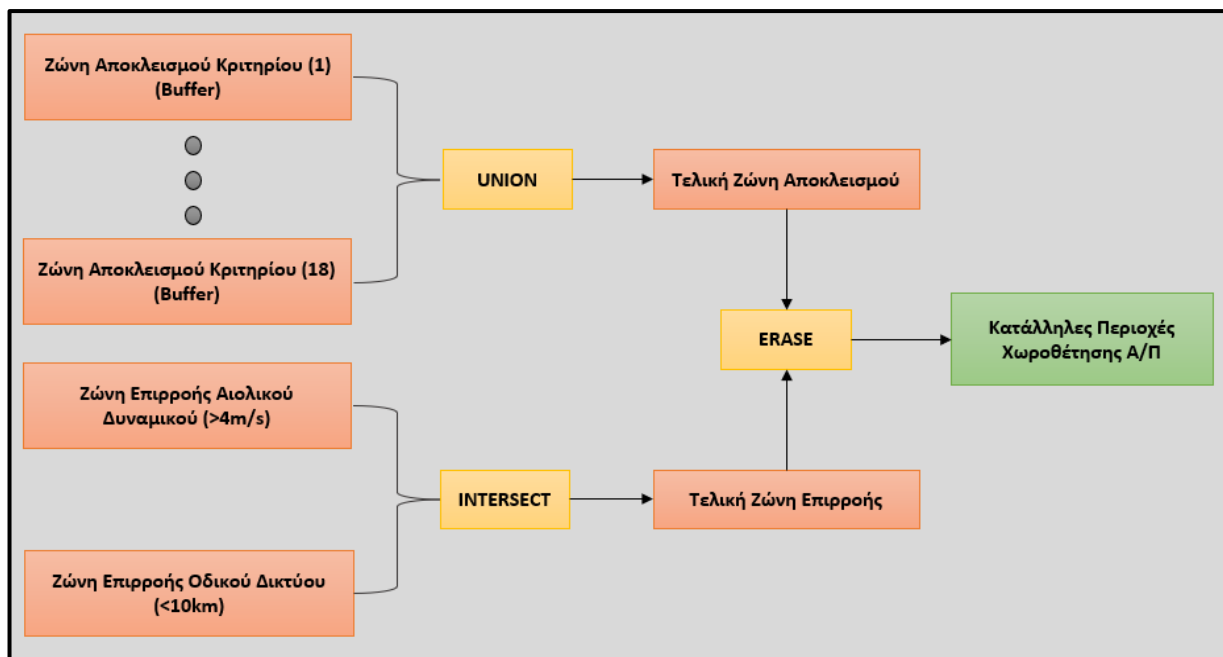
- Περιοχές Αποκλεισμού Πολιτιστικών Κριτηρίων
- Περιοχές Αποκλεισμού Τεχνικών Κριτηρίων (Δικτύων Τεχνικών Υποδομών)
- Περιοχές Αποκλεισμού Οικιστικών Κριτηρίων
- Περιοχές Αποκλεισμού Κριτηρίων Εγκαταστάσεων Παραγωγικών Δραστηριοτήτων

Επιπλέον, με σκοπό την προστασία των ευαίσθητων περιβαλλοντικά αλλά και πολιτιστικά περιοχών, τη διατήρηση της ασφάλειας και της φυσιογνωμίας της περιοχής, καθώς και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των αιολικών πάρκων (π.χ. οπτική όχληση, θόρυβος), η νομοθεσία επιβάλλει τη δημιουργία ζωνών ελαχίστων αποστάσεων αποκλεισμού γύρω από τις περιοχές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Για την επιλογή των ελαχίστων αποστάσεων αποκλεισμού, πέρα από τη νομοθεσία, λαμβάνονται υπόψη τιμές που εντοπίστηκαν σε αντίστοιχες επιστημονικές μελέτες που αναζητήθηκαν τόσο στην ελληνική, όσο και τη διεθνή βιβλιογραφία.

Όλες οι ζώνες ελαχίστων αποστάσεων αποκλεισμού, δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια του εργαλείου **Buffer** του **ArcMap**, ενώ η ένωση τους επιτεύχθηκε με το εργαλείο **Union** του ίδιου λογισμικού, παράγοντας έτσι μια τελική ζώνη αποκλεισμού στην οποία απαγορεύεται η εγκατάσταση Ανεμογεννητριών με βάση την νομοθεσία.

Για την ολοκλήρωση του **1^{ου} Σταδίου** της μεθοδολογίας απαιτείται η δημιουργία των ζωνών επιρροής, οι οποίες αφορούν το αιολικό δυναμικό, καθώς και την προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο. Αντίστοιχα η τελική ζώνη επιρροής προέκυψε με χρήση του εργαλείου **Intersect**. Οι τελικές προτεινόμενες περιοχές που είναι κατάλληλες για τη χωροθέτηση Ανεμογεννητριών, προκύπτουν από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής, μέσω του εργαλείου **Erase**. Ο ακριβής υπολογισμός της έκτασης των περιοχών που είναι κατάλληλες για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών έγινε με την εντολή **Calculate Areas**.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.3, παρουσιάζεται αναλυτικά το Διάγραμμα Ροής του Πρώτου Σταδίου της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα Ροής 1^ο Σταδίου (Ιδία επεξεργασία).

4.4.3 Αξιολόγηση των Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης με χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Στο δεύτερο στάδιο της μεθοδολογίας πραγματοποιείται η αξιολόγηση των διαθέσιμων περιοχών, οι οποίες έχουν προκύψει έπειτα από την υλοποίηση του πρώτου σταδίου αυτής. Το εν λόγω στάδιο, αποτελεί διαδικασία Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης
2. Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP)
3. Εισαγωγή Βαρών και επεξεργασία δεδομένων σε περιβάλλον ΣΓΠ
4. Προσδιορισμός της κλίμακας του δείκτη της τελικής αξιολόγησης
5. Ανάλυση Ευαισθησίας

1. Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης

Το πρώτο και ιδιαίτερα σημαντικό βήμα για την διαδικασία της αξιολόγησης των περιοχών ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης ανεμογεννητριών, είναι η επιλογή των Κριτηρίων βάση των οποίων θα γίνει η αξιολόγηση. Τα κριτήρια που προτείνονται στο μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας (Πίνακας 4.6) ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες (Τεχνικά, Οικονομικά, Περιβαλλοντικά και

Κοινωνικά) και στοχεύουν στην οικονομική αποδοτικότητα του έργου, στην ευκολότερη αποδοχή της κατασκευής του έργου από την τοπική κοινωνία, στην προστασία και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και στην ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής.

Πίνακας 4.6: Κριτήρια Αξιολόγησης (Ιδία επεξεργασία)

A/A	Κριτήριο	Τύπος	Περιγραφή
1	Αιολικό Δυναμικό	Τεχνικό/Οικονομικό	Όσο μεγαλύτερο είναι το αιολικό δυναμικό τόσο περισσότερη είναι και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται
2	Κλίσεις Εδάφους	Τεχνικό/Οικονομικό	Όσο μεγαλύτερη είναι η εδαφική κλίση, τόσο μεγαλύτερο είναι το κατασκευαστικό κόστος
3	Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο	Οικονομικό	Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, τόσο μεγαλύτερο είναι το κατασκευαστικό κόστος
4	Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος	Περιβαλλοντικό	Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, τόσο μικρότερο είναι το περιβαλλοντικό αντίκτυπο του έργου
5	Οπτική Όχληση	Κοινωνικό	Όσο πιο ορατή είναι μια περιοχή από «σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος», τόσο πιο πιθανό να υπάρξουν κοινωνικές αντιδράσεις

Για την επεξεργασία των παραπάνω κριτηρίων, αρχικά τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία αναπαριστούν τα κριτήρια, εισάγονται στο ArcMap με τη μορφή θεματικών επιπέδων. Αυτό προϋποθέτει ότι θα πρέπει να έχουν την ίδια μορφή ώστε με την χρήση των κατάλληλων εργαλείων του λογισμικού, να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες μεταξύ τους πράξεις. Έτσι, τα κριτήρια μετατρέπονται από πολυγωνική σε ψηφιδωτή μορφή (Raster), με διαστάσεις κελιών 25 x 25 m. Στη συνέχεια κάθε κριτήριο ταξινομείται σε κλάσεις και ακολούθως πραγματοποιείται αναπροσαρμογή της κλίμακας των θεματικών επιπέδων σε μια κοινή κλίμακα σύγκρισης.

Η αναπροσαρμογή της κλίμακας είναι αναγκαία, καθώς τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση αναφέρονται σε διαφορετικά συστήματα αρίθμησης με διαφορετικές κλίμακες. Επομένως, αν δεν κανονικοποιηθούν, δεν μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους και κατ' επέκταση δε μπορεί να καταστεί εφικτή η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Έτσι, όλες οι κλάσεις των κριτηρίων αξιολόγησης λαμβάνουν μια βαθμολογία από το 0 έως το 10 (Πίνακας 4.7). Η τιμή 0 αντιστοιχεί σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλες, ενώ η τιμή 10 αντιστοιχεί στις πλέον κατάλληλες περιοχές. Επομένως, όσο πιο κοντά στο 10 είναι η βαθμολογία, τόσο πιο κατάλληλη είναι μια περιοχή, ενώ αντίθετα, όσο πιο κοντά στο 0 είναι η βαθμολογία, τόσο λιγότερο κατάλληλη είναι η περιοχή αυτή.

Πίνακας 4.7: Βαθμός Καταλληλότητας

Καταλληλότητα	Βαθμολογία
Ακατάλληλη - Ζώνη Αποκλεισμού	0
Χαμηλή	1-4
Μέτρια	5-7
Υψηλή	8-10

2. Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP)

Στη συνέχεια εφαρμόζεται πολυκριτηριακή ανάλυση των προαναφερθέντων κριτηρίων αξιολόγησης, μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα κριτήρια αξιολόγησης συγκρίνονται ανά ζεύγη μεταξύ τους μέσω ενός πίνακα σύγκρισης, από την κανονικοποίηση του οποίου προκύπτουν οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

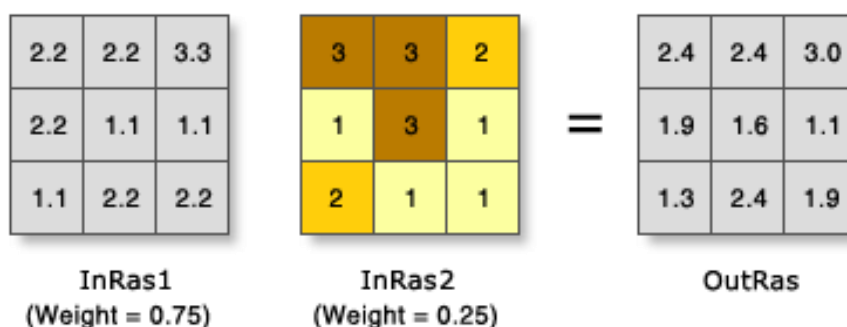
Κάθε ένα θεματικό επίπεδο, ανάλογα με τη σημαντικότητά του, λαμβάνει και ένα βάρος σύμφωνα με την επιρροή που θα έχει συγκριτικά με τα υπόλοιπα κριτήρια. Το βάρος αυτό σε συνδυασμό με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του κάθε πεδίου τιμών μέσα στο ίδιο θεματικό επίπεδο, εξάγει τα τελικά αποτελέσματα της διαδικασίας.

Τα βάρη αντιστοιχούν σε σχετικά ποσοστά και το άθροισμα της επιρροής τους για κάθε επίπεδο θα πρέπει να ισούται με το 100. Αν πραγματοποιηθεί κάποια αλλαγή στις κλίμακες αξιολόγησης των κριτηρίων ή τα ποσοστά επιρροής, τότε αλλάζουν και τα αποτελέσματα της διαδικασίας, αντίστοιχα.

3. Εισαγωγή Βαρών και Σταθμισμένη Υπέρθεση Μεταβλητών

Ακολουθώντας, οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης, που έχουν προκύψει από το προηγούμενο βήμα, εισάγονται στο λογισμικό ArcMap. Έχοντας ολοκληρώσει την αναπροσαρμογή της κλίμακας των θεματικών επιπέδων των κριτηρίων αξιολόγησης σε μια κοινή κλίμακα, από το πρώτο βήμα, είμαστε πλέον σε θέση να συνδυάσουμε τις σταθμισμένες μεταβλητές με σκοπό την οπτικοποίηση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε θεματικό επίπεδο σταθμίζεται βάσει της σημαντικότητας του, δηλαδή πραγματοποιείται πολλαπλασιασμός των τιμών του καθενός, με τα αντίστοιχα βάρη σπουδαιότητας που έχουν προκύψει. Τέλος, ο χάρτης καταλληλότητας προκύπτει με τη βοήθεια του εργαλείου σταθμισμένης άθροισης ψηφιδωτών δεδομένων (Weighted Sum), το οποίο αθροίζει τις τιμές των 5 ψηφιδωτών αρχείων (raster) που αντιπροσωπεύουν το ίδιο κελί (25m x 25m), δημιουργώντας έτσι ένα νέο αρχείο raster (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3: Αναπαράσταση Σταθμισμένης Άθροισης Ψηφιδωτών αρχείων (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-sum.htm>).

Ο τύπος από τον οποίο προκύπτει η σταθμισμένη άθροιση για κάθε κελί (25 x 25 m), είναι ο ακόλουθος (Tegou et al., 2010; Szurek et al., 2014):

$$SI_i = \sum_{j=1}^n W_j * V_{ij}$$

όπου:

- ✓ **SI_i** ο αθροιστικός δείκτης καταλληλότητας (Suitability Index) για το κελί *i*
- ✓ **W_j** ο συντελεστής βαρύτητας του κριτηρίου
- ✓ **V_{ij}** η βαθμολογία του κελιού *i* υπό το πρίσμα του κριτηρίου *j*
- ✓ **n** ο συνολικός βαθμός των κριτηρίων

Από την εκτέλεση του σταθμισμένου αθροίσματος των πέντε (5) κριτηρίων προκύπτει ένα αθροιστικό ψηφιδωτό αρχείο (raster) με εύρος τιμών από 0,00 έως 10,0. Κάθε τιμή αντιπροσωπεύει τη βαθμολογία του αντίστοιχου κελιού ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων.

4. Προσδιορισμός της κλίμακας του δείκτη της τελικής αξιολόγησης

Για να υπάρχει μια ομοιομορφία στα αποτελέσματα της μεθόδου, πρέπει να επανακαθοριστεί το διάστημα καταλληλότητας. Έτσι πραγματοποιείται επαναταξινόμηση ώστε να σχηματιστούν 10 κλάσεις (Πίνακας 4.8). Ο βαθμός καταλληλότητας καθορίζεται στο διάστημα 1 έως 10 με το 1 να αφορά το χαμηλότερο επίπεδο καταλληλότητας, ενώ το 10 το υψηλότερο. Η συγκεκριμένη κλίμακα χρησιμοποιείται στις μελέτες των Hoffer et al. (2014), Watson et al. (2015), Derdouri & Murayama (2018).

Πίνακας 4.8: Τελικές Κλάσεις Καταλληλότητας ως προς την χωροθέτηση Α/Γ.

Κλάση	Βαθμός Καταλληλότητας	Κλίμακα Αξιολόγησης
1	0.00 -1.00	Χαμηλή Καταλληλότητα
2	1.01-2.00	
3	2.01-3.00	
4	3.01-4.00	
5	4.01-5.00	Μέτρια Καταλληλότητα
6	5.01-6.00	
7	6.01-7.00	
8	7.01-8.00	Υψηλή Καταλληλότητα
9	8.01-9.00	
10	9.01-10.0	

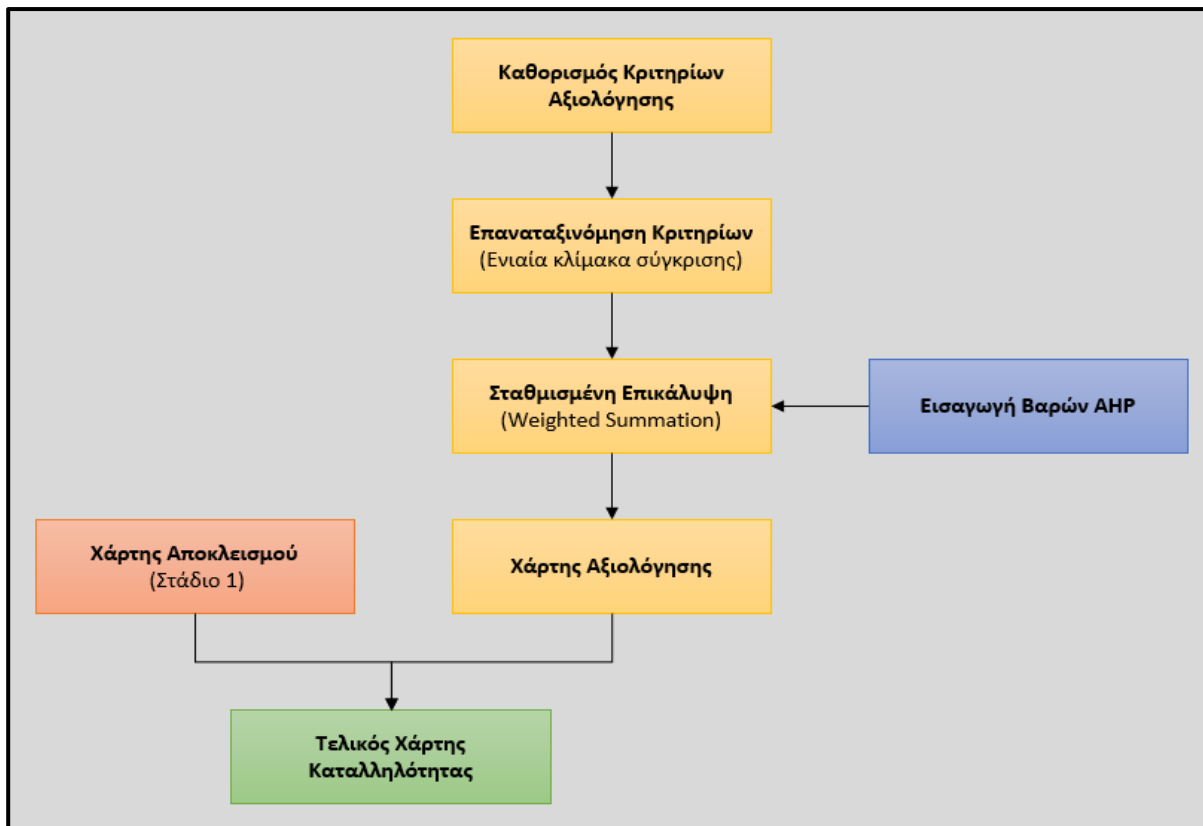
5. Ανάλυση Ευαισθησίας (Sensitivity Analysis)

Το τελευταίο βήμα του σταδίου της αξιολόγησης περιλαμβάνει την ανάλυση ευαισθησίας, η οποία αποτελεί ένα μέσο ελέγχου της σταθερότητας των τελικών αποτελεσμάτων, έναντι της υποκειμενικότητας των αποφάσεων των εμπειρογνομόνων. Στα περισσότερα πολυκριτηριακά προβλήματα η ανάλυση ευαισθησίας επιτυγχάνεται μέσω της τροποποίησης των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης, με αποτέλεσμα τη δημιουργία εναλλακτικών σεναρίων. Έτσι, στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, η ανάλυση ευαισθησίας έγινε με βάση τρία σενάρια:

- **Σενάριο 1:** Όλα τα κριτήρια έχουν την ίδια βαρύτητα στο τελικό αποτέλεσμα.
- **Σενάριο 2:** Τα τεχνοοικονομικά κριτήρια λαμβάνουν μεγαλύτερους συντελεστές βαρύτητας.
- **Σενάριο 3:** Τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια, λαμβάνουν μεγαλύτερους συντελεστές βαρύτητας.

Τα αποτελέσματα των σεναρίων παρουσιάζονται τόσο σε χάρτες, όσο και σε πίνακες, ώστε να δοθεί έμφαση στο πως μεταβάλλεται το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης αν αλλάξουμε την επιρροή των βαρών του κάθε κριτηρίου.

Με την ολοκλήρωση της Ανάλυσης Ευαισθησίας, ολοκληρώνεται και το Δεύτερο Στάδιο της προτεινόμενης μεθοδολογίας, το Διάγραμμα Ροής του οποίου παρουσιάζεται στο ακόλουθο Σχήμα 4.4



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα Ροής 2ου Σταδίου (Ιδία επεξεργασία).

4.4.4 Ανάδειξη Βέλτιστων Περιοχών Χωροθέτησης - Επιλογή Τελικής Θέσης

Έχοντας ολοκληρώσει και το στάδιο της αξιολόγησης, ακολουθεί ο εντοπισμός των περιοχών που κρίνονται ως οι πιο κατάλληλες για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Πρόκειται για περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από:

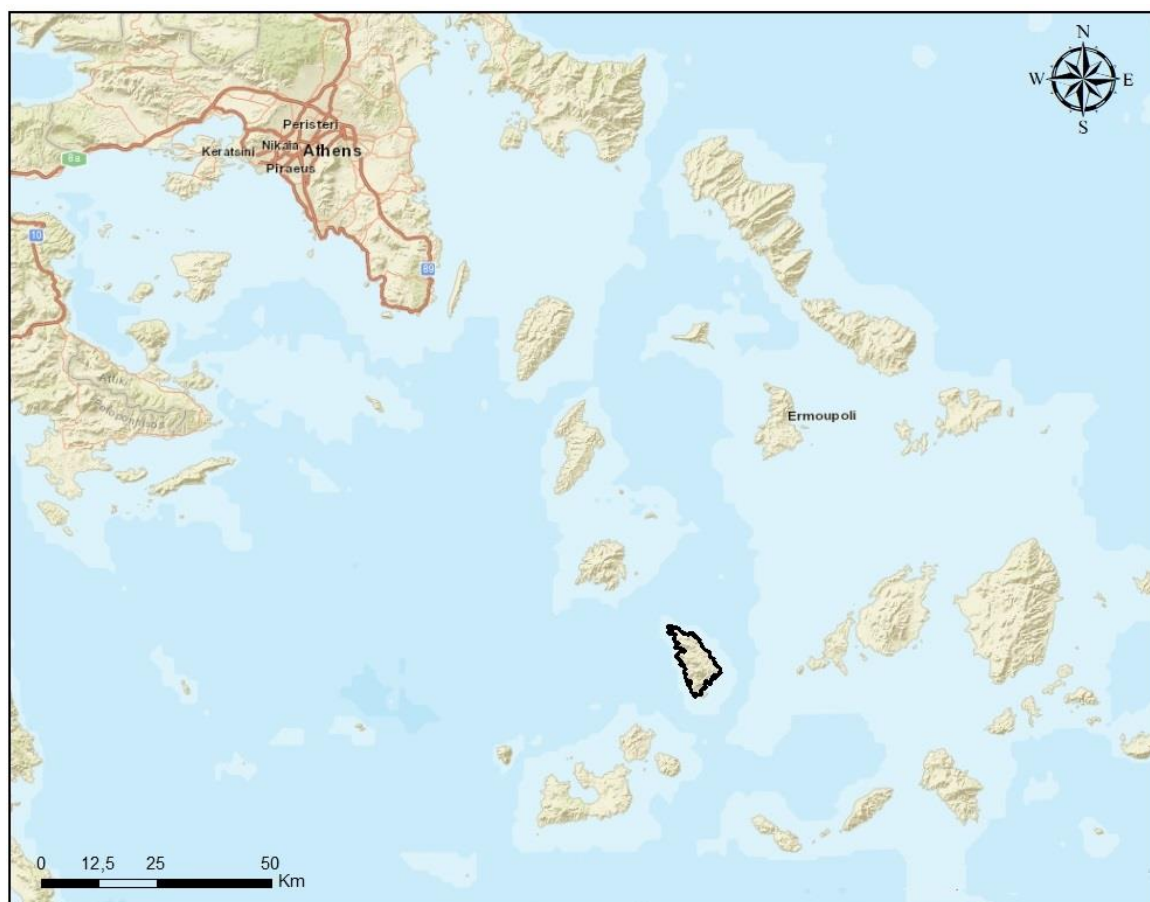
- Υψηλό βαθμό καταλληλότητας (8-10), τόσο στο κύριο σενάριο της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε, όσο και στα τρία σενάρια της Ανάλυσης Ευαισθησίας
- Έκταση μεγαλύτερη των 200.000m² (0,2 km²)
- Ικανοποιητική απόσταση από τους πλησιέστερους οικισμούς, ώστε να ελαχιστοποιείται τόσο η οπτική, όσο και η ακουστική όχληση.

Στη συνέχεια, κάνοντας τη θεώρηση ότι το αιολικό πάρκο που θα εγκατασταθεί, θα πρέπει να καλύπτει τις αιχμές ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, επιλέγεται η τελική θέση εγκατάστασης. Τέλος, αναλύονται ορισμένες επιπτώσεις, οι οποίες δύναται να προκύψουν από τη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών στην τελική επιλεγείσα περιοχή.

Κεφάλαιο 5^ο: Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Δήμου Σίφνου

5.1 Γεωγραφική Θέση και Διοικητική Διάρθρωση

Η Σίφνος είναι νησί του Αιγαίου Πελάγους και ανήκει στο σύμπλεγμα των Δυτικών Κυκλάδων. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου που σχηματίζουν η Σέριφος, η Κίμωλος και η Αντίπαρος, ενώ απέχει από τον Πειραιά περίπου 75 ναυτικά μίλια (Χάρτης 5.1). Η συνολική έκταση του νησιού είναι 73,94 km² και το μήκος των ακτών του 70,5 km² (sifnos.gr).



Χάρτης 5.1: Γεωγραφική Θέση Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

Το νησί της Σίφνου αποτελεί και τον ομώνυμο Δήμο, ο οποίος μαζί με τους Δήμους Κιμώλου, Μήλου και Σερίφου συνθέτουν την Περιφερειακή Ενότητα Μήλου, η οποία με τη σειρά της υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, σύμφωνα με τη «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης» (Ν.3852/2010). Ο Δήμος Σίφνου εκτός από το νησί της Σίφνου, περιλαμβάνει και ένα μικρής έκτασης ακατοίκητο νησάκι (0,937 km²), την Κιτριανή, η οποία εντοπίζεται στο νότιο μέρος του νησιού και πιο συγκεκριμένα κοντά

στο ακρωτήριο Κόντος. Αναλυτικότερα, ο Δήμος Σίφνου αποτελείται από τη Δημοτική Κοινότητα Απολλωνίας και την Τοπική Κοινότητα Αρτεμώνος, οι οποίες συνενώθηκαν το 1999 και αποτελούν έκτοτε τον ενιαίο Δήμο Σίφνου (Δήμος Σίφνου, 2022).

5.2 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά και Οικιστικές Περιοχές

Η Σίφος, σύμφωνα με την απογραφή του 2021, συγκεντρώνει 2.755 κατοίκους, δηλαδή περίπου το 27,5% του συνολικού πληθυσμού της Περιφερειακής Ενότητας Μήλου. Σε σχέση με την απογραφή του 2011, κατά την οποία ο πληθυσμός του νησιού ήταν 2.625 κάτοικοι, παρατηρείται αύξηση του μόνιμου πληθυσμού κατά 4,95% (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.1: Εξέλιξη πληθυσμού (ΕΛΣΤΑΤ-Ιδία επεξεργασία)

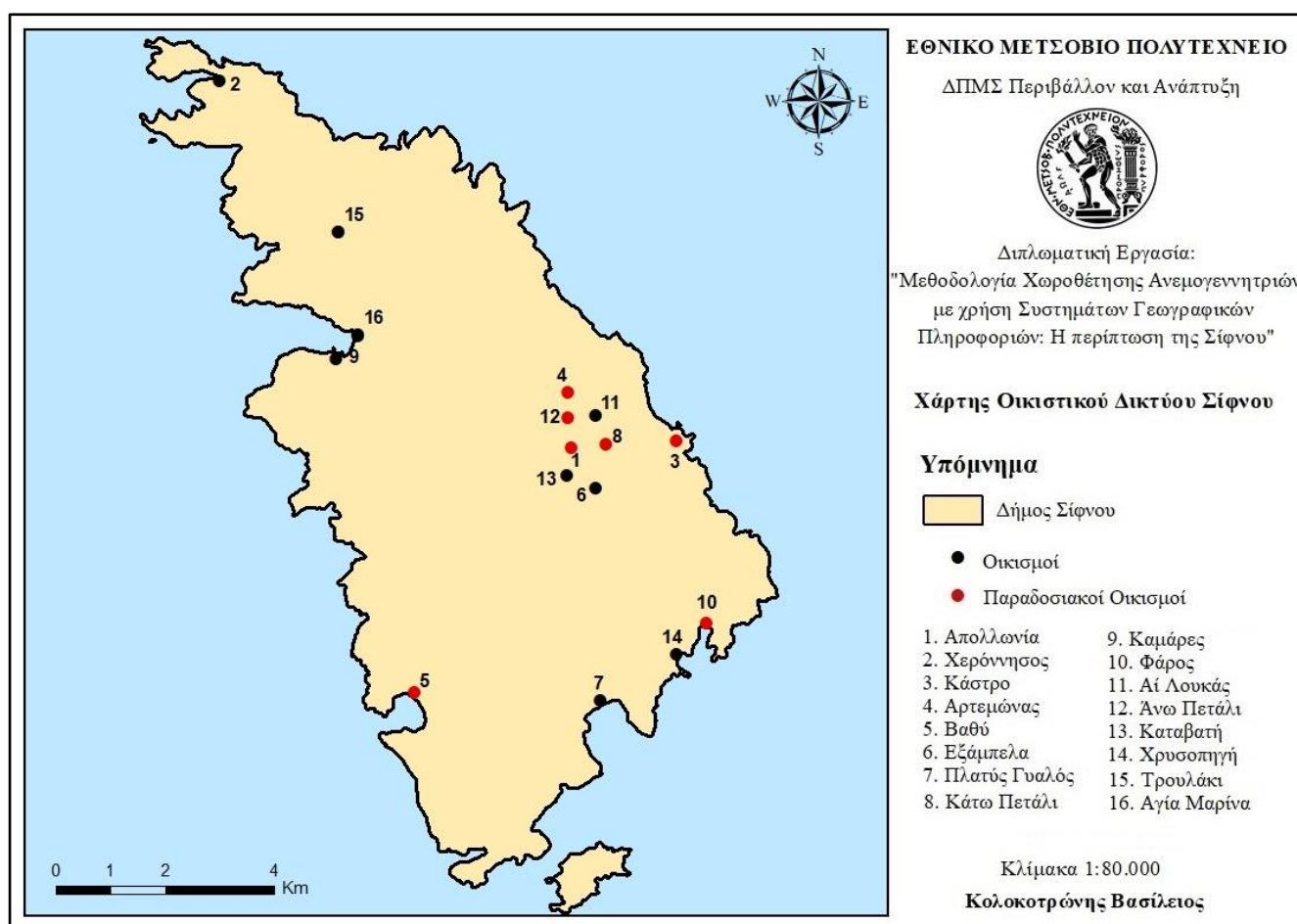
	Πληθυσμός/Απογραφή Πληθυσμού		
	2011	2021	Ποσοστιαία Μεταβολή
Σίφος	2.625	2.755	+4,95%
Περιφερειακή Ενότητα Μήλου	9.932	10.023	+0,9%
Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	308.975	324.542	+5,01%

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ο πληθυσμός του νησιού πολλαπλασιάζεται σημαντικά, με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις να ξεπερνά ακόμα και τις 15.000 κατοίκους, καθώς αποτελεί προορισμό για πολλούς τουρίστες και επισκέπτες. Κατά το σύνολο της καλοκαιρινής περιόδου (η οποία τη Σίφνο υπολογίζεται στις 140 μέρες το χρόνο περίπου) ο μέσος συνολικός πληθυσμός του νησιού εκτινάσσεται στα 10.000 άτομα, με μέγιστη τιμή κοντά στις 15.000 κατά τις μέρες μεγάλης τουριστικής κίνησης με ημέρες αιχμής κυρίως κατά τον Αύγουστο (Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, 2014).

Όπως φαίνεται και στο Χάρτη 5.2 το νησί διαθέτει 16 οικισμούς, οι οποίοι είναι κατά αλφαβητική σειρά οι εξής: Άι Λουκάς, Αγία Μαρίνα, Άνω Πετάλι, Απολλωνία (Έδρα Δήμου), Αρτεμόνας, Βαθύ, Εξάμπελα, Καμάρες, Κάστρο, Καταβατή, Κάτω Πετάλι, Πλατύς Γιαλός, Τρουλάκι, Φάρος, Χερρόνησος, Χρυσοπηγή.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού είναι συγκεντρωμένο σε δύο γειτονικούς οικισμούς, την Απολλωνία και τον Αρτεμόνα. Οι περισσότεροι μόνιμοι κάτοικοι διαμένουν στην πρωτεύουσα της Σίφνου, την Απολλωνία, ενώ ο Αρτεμόνας αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο σε πληθυσμό οικισμό του νησιού και απέχει περίπου 1.3 km² από την Απολλωνία. Οι υπόλοιποι οικισμοί είναι μικρότεροι και είτε αποτελούν παραλιακούς-παραθεριστικούς οικισμούς, είτε παρακλάδια των προαναφερθέντων μεγάλων οικισμών.

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με το ΠΔ 19-10-1978 (ΦΕΚ 594/Δ/13-11-1978), καθώς και το ΠΔ 11-05-1989 (ΦΕΚ 345/Δ/02-06-1989), ως Παραδοσιακοί Κυκλαδίτικοι οικισμοί έχουν χαρακτηριστεί οι εξής: Απολλωνία, Αρτεμόνας, Βαθύ, Φάρος, Κάστρο, Άνω Πετάλι, Κάτω Πετάλι.



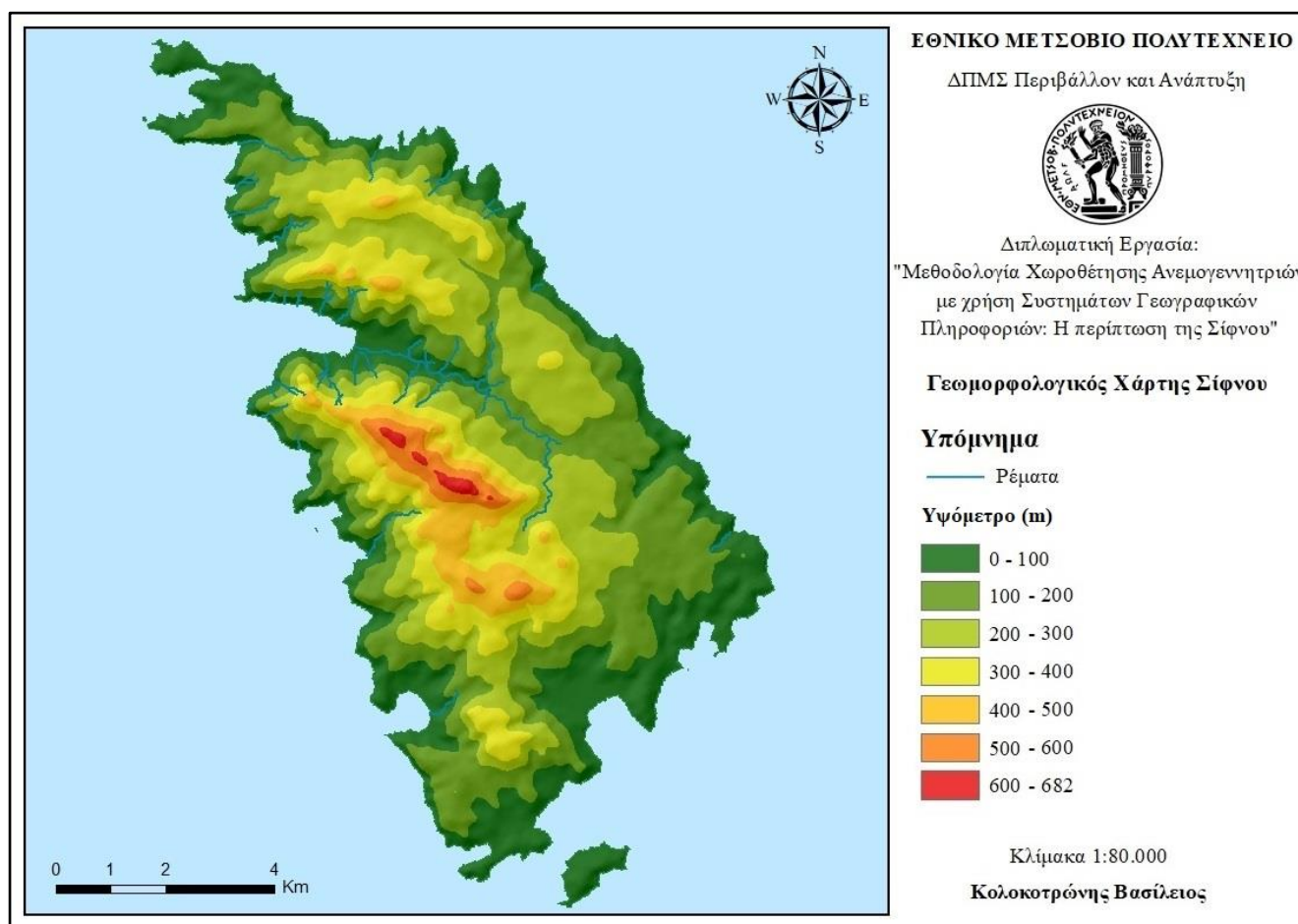
Χάρτης 5.2: Οικισμοί Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

5.3 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η Σίφνος χαρακτηρίζεται από ορεινό ανάγλυφο με εξάρσεις σημαντικού ύψους και λίγες πεδινές εκτάσεις (Χάρτης 5.3). Η ψηλότερη κορυφή του βρίσκεται στο κεντρικό

τμήμα του νησιού και είναι αυτή του Προφήτη Ηλία με υψόμετρο 682 m. Ακολουθούν η Απιδιά (648 m), ο Άγιος Συμεών (492 m), ο Προφήτης Ηλίας Τρουλλακίου (465 m) και ο Άγιος Ανδρέας (429 m).

Παρά το ορεινό του έδαφος, σε σύγκριση με άλλα νησιά των Κυκλάδων, θεωρείται εύφορο καθώς λόφοι και μικρές εύφορες κοιλάδες κατάφυτες από ελαιόδεντρα, αμπέλια και δημητριακά βρίσκονται στο εσωτερικό του νησιού. Στο δυτικό και νότιο τμήμα υπάρχει αρκετή βλάστηση, ενώ στο βόρειο τμήμα το τοπίο γίνεται πιο άγριο και η βλάστηση λιγосτεύει (ypai.gr).



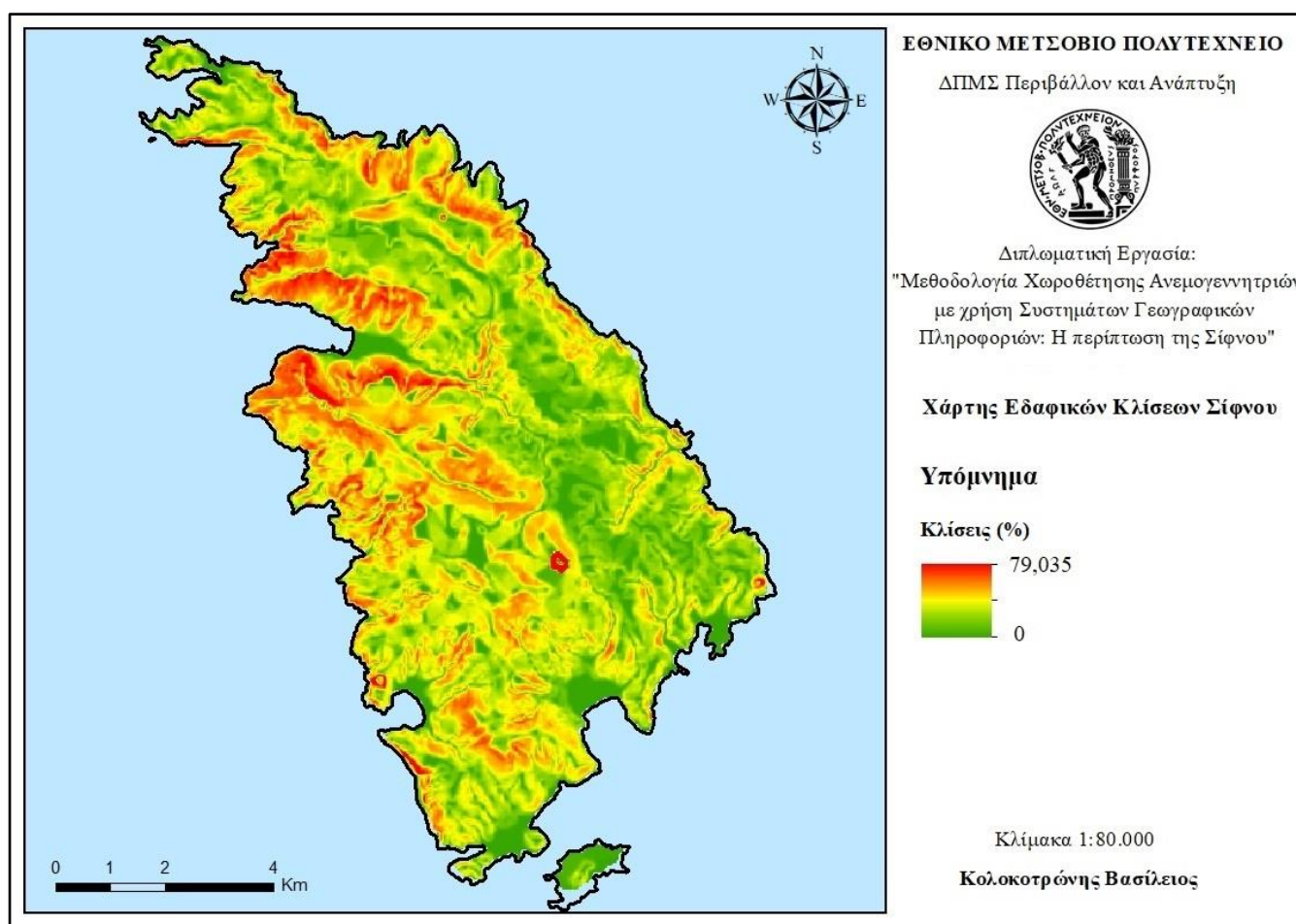
Χάρτης 5.3: Γεωμορφολογία Σίφνου (Ιδία Επεξεργασία).

Από το κεντρικό τμήμα του νησιού, όπου συγκεντρώνεται και η πλειοψηφία των καλλιεργειών, πηγάζει ο χείμαρρος Λειβαδάς, ο οποίος έχει μήκος 5,5 km και εκβάλλει στον όρμο «Καμάρες». Ένας ακόμη χείμαρρος διατρέχει το νησί σε μήκος 3 km. Πρόκειται για τις Ερκειές που πηγάζουν από τα ανατολικά και εκβάλλουν στον όρμο Σεράλια Κάστρου.

Οι ακτές του νησιού παρουσιάζουν έντονο διαμελισμό, σχηματίζοντας πολυάριθμους όρμους και κολπίσκους. Οι πιο ενδεικτικοί είναι οι Καμάρες, ο Πλατύς Γιαλός, ο Φάρος, η Φασολού, το Βαθύ, η Χερρόνησος και η Βλυχάδα.

Γεωλογικά η Σίφνος παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον αφού τοπικά εντοπίζονται μεταλλεύματα χρυσού, σιδήρου, μολύβδου και αργύρου, χάρη στα οποία μάλιστα το νησί γνώρισε ιδιαίτερη ακμή κατά την αρχαιότητα. Επίσης, τα άφθονα κοιτάσματα αργίλου σε πολλές περιοχές του νησιού βρίσκουν ευρύτατη χρήση στην εγχώρια αγγειοπλαστική (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Σίφνου, 2012-2014).

Όσον αφορά τις κλίσεις του αναγλύφου (Χάρτης 5.4), οι οποίες συνιστούν ένα σημαντικό παράγοντα επιρροής για το αιολικό δυναμικό και ταυτόχρονα αποτελούν τεχνικό περιορισμό για τη χωροθέτηση ΑΠΕ, ένα σημαντικό τμήμα του νησιού χαρακτηρίζεται από μεγάλες κλίσεις της τάξης του 79%, γεγονός το οποίο οφείλεται στο ορεινό ανάγλυφο και στις εξάρσεις σημαντικού ύψους.



Χάρτης 5.4: Κλίσεις Ανάγλυφου Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

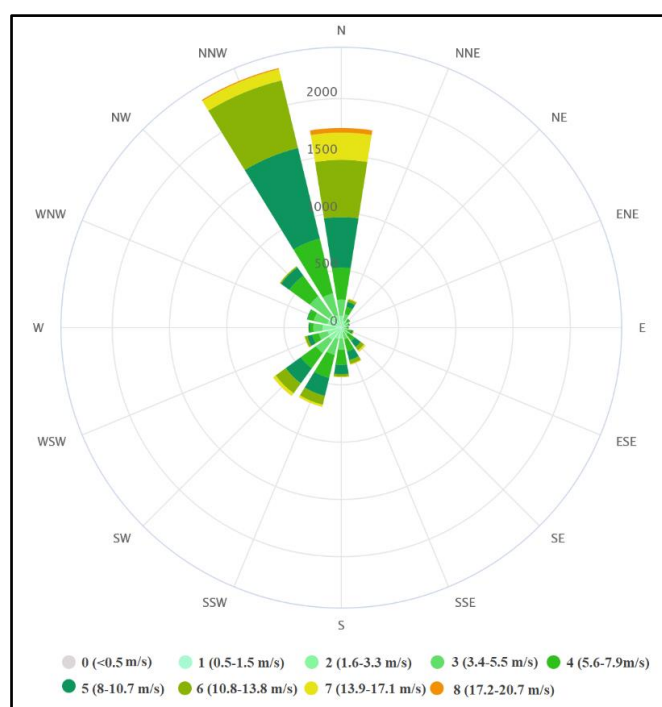
5.4 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά

Στη Σίφνο δεν υπάρχει εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός του δικτύου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY), επομένως τα δεδομένα τα οποία θα παρουσιαστούν στη συνέχεια προέρχονται από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό, ο οποίος βρίσκεται στην Μήλο (σταθμός 738) σε υψόμετρο 162 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία που καταγράφεται στον προαναφερθέντα μετεωρολογικό σταθμό, για την περίοδο 2012-2020, είναι 18,5°C. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 11,17°C (Ιανουάριος) και 26,20°C (Ιούλιος). Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία, 8,97°C, καταγράφεται τον Ιανουάριο, ενώ η μέση μέγιστη καταγράφεται τον Ιούλιο και πλησιάζει τους 30 °C (Πυθαρουλίου, 2020).

Επιπροσθέτως, η μέση ετήσια υγρασία για την οκταετία 2012-2020 ανέρχεται σε 71,13%. Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος (63,20% υγρασία), ενώ ο μήνας με την περισσότερη υγρασία είναι ο Ιανουάριος (76,33%).

Σε ότι έχει να κάνει με τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που υπάρχουν διαθέσιμα στην ιστοσελίδα [meteoblue](#) και αφορούν καθημερινές μετρήσεις για τα τελευταία 30 έτη, οι επικρατέστερες διευθύνσεις του πνέοντος ανέμου στο νησί είναι οι Βόρειοι προς Δυτικοί (B-BΔ) και οι Βόρειοι (B).

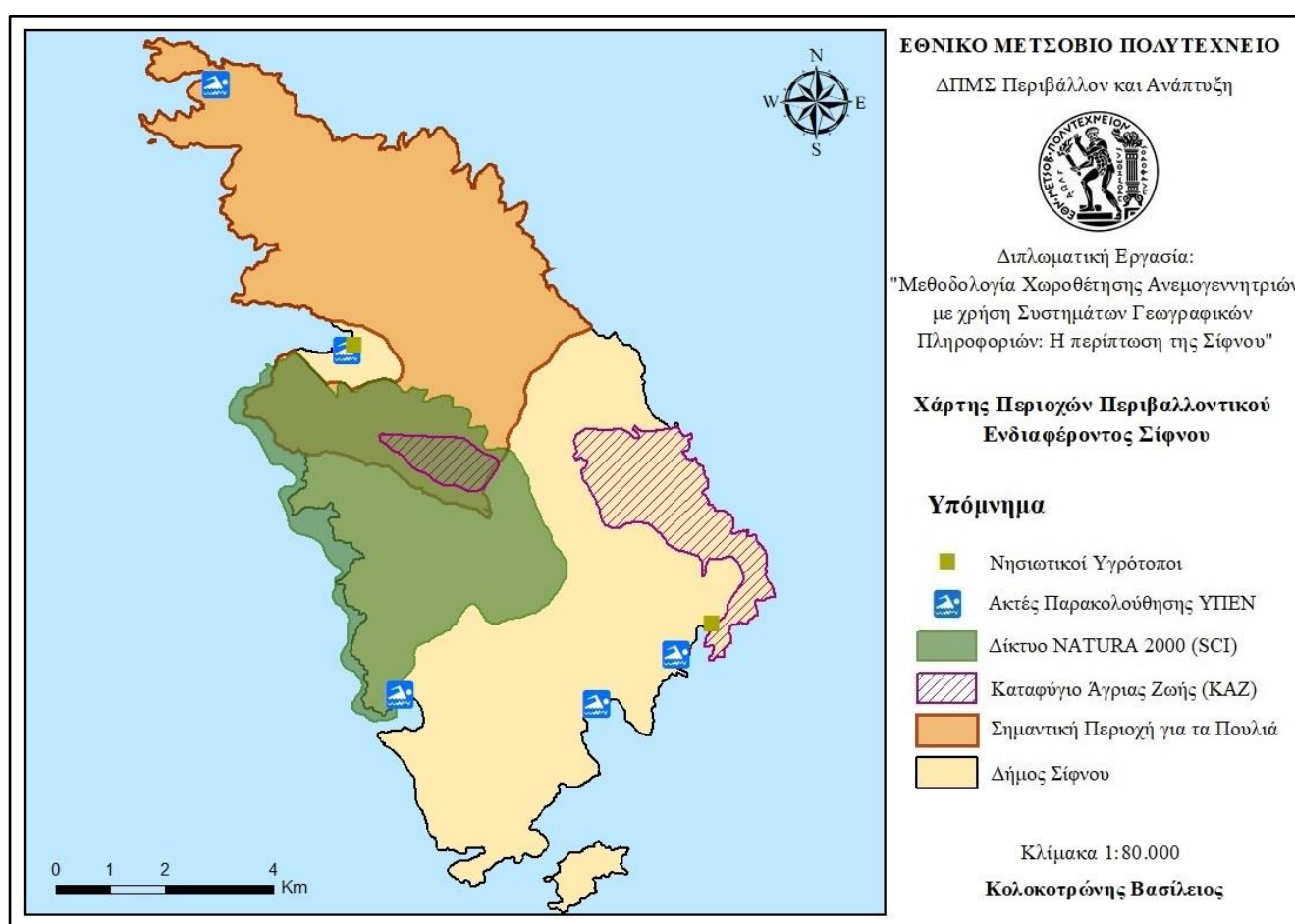


Σχήμα 5.1: Ανεμολόγιο Σίφνου ([meteoblue](#))

Από το ανεμολόγιο του παραπάνω Σχήματος 5.1, προκύπτει ότι στην πλειονότητά του, ο πνέοντας άνεμος κατατάσσεται στις κατηγορίες 4, 5 και 6 της κλίμακας Beaufort.

5.5 Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος

Ολόκληρη η έκταση της Σίφνου έχει χαρακτηριστεί, με υπουργική απόφαση από το 1976, ως τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλους (ΤΙΦΚ), γεγονός το οποίο οφείλεται στον περιβαλλοντικό και πολιτισμικό πλούτο του νησιού. Εντός του νησιού εντοπίζονται δύο Καταφύγια Άγριας Ζωής, ένας Τόπος Κοινοτικής Σημασίας (SCI) του δικτύου Natura 2000, μια σημαντική περιοχή για τα Πτηνά, καθώς και δύο νησιωτικοί παράκτιοι υγρότοποι (Χάρτης 5.5).



Χάρτης 5.5: Περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (Ιδία επεξεργασία).

➤ Περιοχές Δικτύου NATURA 2000

Ο χαρακτηρισμός μιας περιοχής ως περιοχή Natura 2000 γίνεται με βάση την κοινοτική οδηγία 92/43/ΕΟΚ του συμβουλίου της 21ης Μάιου 1992 «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της Άγριας Πανίδας και Χλωρίδας». Επιπλέον, το

δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνει και τις Περιοχές Ειδικής Προστασίας που έχουν καθοριστεί βάσει της οδηγίας 79/409 για τη διατήρηση των άγριων πουλιών.

Στη Σίφνο εντοπίζεται μια (1) από τις τριάντα δύο (32) συνολικά περιοχές του νομού Κυκλάδων, οι οποίες έχουν ενταχθεί στο κοινοτικό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών. Πρόκειται για ένα μεγάλο τμήμα της δυτικής Σίφνου, που προσδιορίζεται βόρεια από τον όρμο των Καμαρών, νότια από τον όρμο του Βαθιού, ανατολικά από το οδικό δίκτυο που ενώνει το τρίγωνο Καμάρες - Απολλωνία - Βαθύ, και δυτικά απ' όλο το μήκος της ακτογραμμής από το Βαθύ μέχρι τον όρμο των Καμαρών.

Η περιοχή αποτελεί Τόπο Κοινοτικής Σημασίας (SCI) με κωδικό GR4220008 «Σίφνος: Προφήτης Ηλίας μέχρι Δυτικές ακτές και θαλάσσια περιοχή», συνολικής έκτασης 20,67 km². Η περιοχή Natura της Σίφνου, με μέσο υψόμετρο 150 m, φιλοξενεί 39 ειδών πτηνών, καθώς και 19 σπάνια, ενδημικά κυρίως, είδη ζώων και φυτών (sifnos.gr)

➤ **Καταφύγια Άγριας Ζωής (ΚΑΖ)**

Στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου υπάρχουν εβδομήντα έξι (76) θεσμοθετημένα καταφύγια άγριας ζωής, δύο (2) εκ των οποίων εντοπίζονται εντός των ορίων της υπό μελέτη περιοχής. Πρόκειται για τα καταφύγια (ΦοΔΣΑ Νοτίου Αιγαίου, 2016):

- «Κάστρο», το οποίο καλύπτει έκταση 5,57 km² στο ανατολικό τμήμα του νησιού.
- «Προφήτης Ηλίας Απολλωνίας Σίφνου», συνολικής έκτασης 1,34 km² στο κεντρικό τμήμα του νησιού.

➤ **Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΠΠ)**

Οι Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΠΠ) αποτελούν ένα διεθνές δίκτυο περιοχών που είναι ζωτικές για τη διατήρηση παγκοσμίως απειλούμενων ειδών, ενδημικών ειδών καθώς και ειδών πουλιών που εξαρτώνται από τους συγκεκριμένους βιοτόπους για την επιβίωσή τους. Το Πρόγραμμα των ΣΠΠ της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρίας αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος της BirdLife International (Important Bird Areas / IBAs), μια παγκόσμια πρωτοβουλία που στοχεύει στην καταγραφή και προστασία όλων των περιοχών που είναι ζωτικές για τη διατήρηση των πουλιών του πλανήτη (Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία, 2022).

Εντός της περιοχής μελέτης εντοπίζεται μια από τις συνολικά 208 σημαντικές περιοχές για τα πουλιά που υπάρχουν στη χώρα μας και οι οποίες έχουν αναγνωριστεί με βάση

καθαρά επιστημονικά κριτήρια. Πρόκειται για την περιοχή με κωδική ονομασία «GR151 – Βόρεια Σίφνος», συνολικής έκτασης 32,13 km². Η περιοχή καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του νησιού της Σίφνου και εντός αυτής εντοπίζεται ολόκληρη η έκταση του ΚΑΖ «Προφήτης Ηλίας Απολλωνίας Σίφνου», καθώς και περίπου το 21% της έκτασης του Τόπου Κοινοτικής Σημασίας GR4220008 (ornithologiki.gr).

Η συγκεκριμένη περιοχή, παρότι σύμφωνα με την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία αποτελεί μια σημαντική περιοχή για την ορνιθοπανίδα, δεν έχει χαρακτηριστεί ως Περιοχή Ειδικής Προστασίας του δικτύου Natura 2000, λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης πληθυσμού των σημαντικών ειδών πτηνών και άρα δύναται να κατασκευαστούν αιολικές εγκαταστάσεις χωρίς κάποιον περιορισμό από τη νομοθεσία (Katsaprakakis et al., 2022).

➤ Υγρότοποι

Σύμφωνα με το ΦΕΚ ΑΑΠ 229/19.06.2012 περί «Έγκριση καταλόγου μικρών νησιωτικών υγροτόπων και καθορισμός όρων και περιορισμών για την προστασία και ανάδειξη των μικρών παράκτιων υγροτόπων που περιλαμβάνονται σε αυτόν», στην Σίφνο απαντώνται δύο (2) υγροτοπικές εκτάσεις, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο Πίνακα 5.2 (ΦοΔΣΑ Νοτίου Αιγαίου, 2016):

Πίνακας 5.2: Υγροτοπικές εκτάσεις Σίφνου (ΦΕΚ ΑΑΠ 229/19.06.2012)

α/α	Ονομασία	Κωδικός	Κατηγορία	Είδος	Έκταση (στρ.)
1	«Έλος Καμαρών»	Y422SIF001	Έλος	Παράκτιος	33,8
2	«Έλος Φάρος»	Y422SIF002	Έλος	Παράκτιος	8,5

➤ Ακτές κολύμβησης ΥΠΕΝ

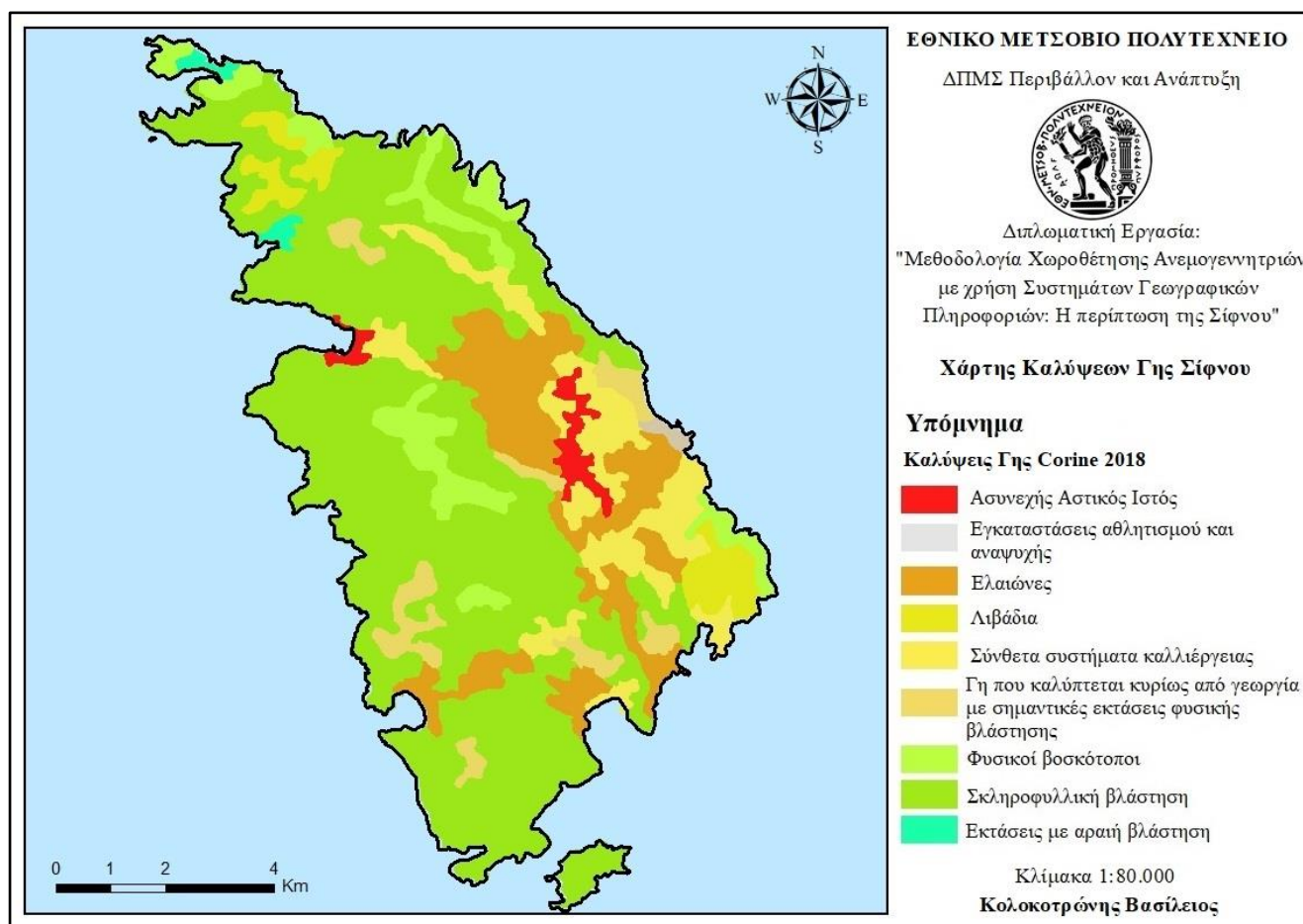
Η ποιότητα των νερών κολύμβησης στις ακτές της Ελλάδας παρακολουθείται συστηματικά από το 1988, σύμφωνα με την Οδηγία 76/160/ΕΟΚ «περί της ποιότητας υδάτων κολύμβησης», στο πλαίσιο του «Προγράμματος παρακολούθησης ποιότητας νερών κολύμβησης στις ακτές της Ελλάδας». Παρακολουθούνται κυρίως οι ακτές που συγκεντρώνουν σημαντικό αριθμό λουομένων, οι ακτές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο

ενδιαφέρον από κάθε άποψη (αναπτυξιακό, αισθητικό, τουριστικό περιβαλλοντικό κ.λ.π.) και αυτές που δέχονται έντονες περιβαλλοντικές πιέσεις (ypen.gov.gr).

Εντός της περιοχής μελέτης απαντώνται συνολικά 5 ακτές οι οποίες εντάσσονται στο παραπάνω Πρόγραμμα. Πρόκειται για τις ακτές Χερρόνησος, Καμάρες, Βαθύ, Πλατύς Γυαλός και Φάρος.

5.6 Καλύψεις Γης

Όπως παρουσιάζεται στον Χάρτη 5.6, το μεγαλύτερο τμήμα της υπό μελέτη περιοχής καλύπτεται από Δάση και ημι-φυσικές περιοχές (66,40%), ακολουθούν οι Γεωργικές περιοχές με ποσοστό 31,41%, ενώ οι Τεχνητές επιφάνειες καταλαμβάνουν μόλις το 2,19% της συνολικής έκτασης του νησιού.

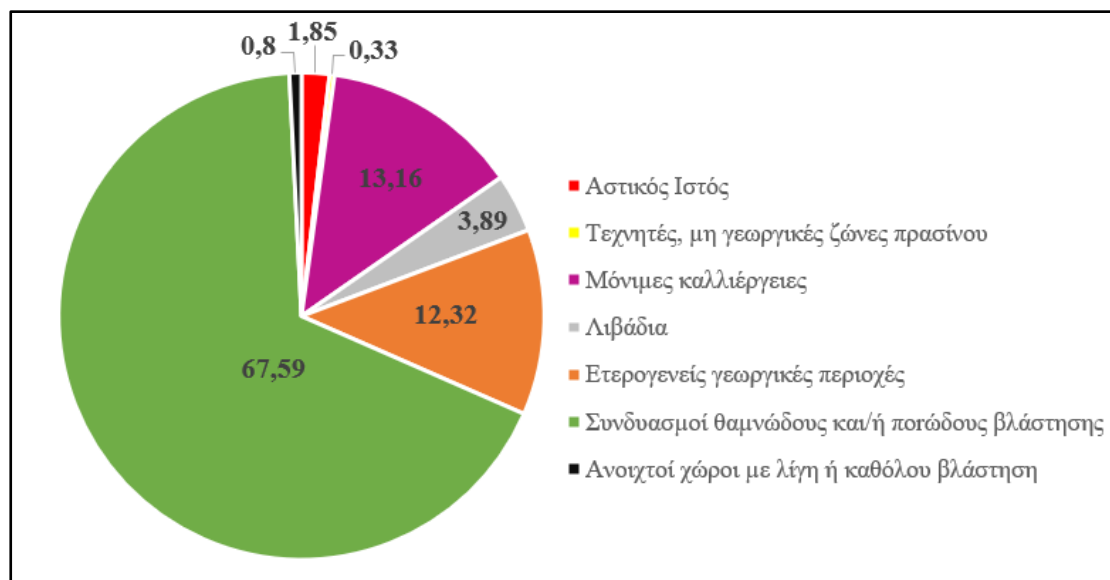


Χάρτης 5.6: Χάρτης Καλύψεων Γης (Ιδία επεξεργασία).

Η αναλυτική κατανομή των καλύψεων Γης για το 2018, στο νησί, παρουσιάζεται τόσο στον Πίνακα 5.3 (Τρίτο επίπεδο), όσο και στο Γράφημα 5.1 (Δεύτερο επίπεδο).

Πίνακας 5.3: Αναλυτική κατανομή των καλύψεων γης για την Σίφνου (Ιδία επεξεργασία, CLC 2018).

Κατηγορία	Κωδικός Corine	Κάλυψη Γης	Έκταση (km ²)	Ποσοστό Κάλυψης (%)
Τεχνητές επιφάνειες	1.1.2	Ασυνεχής Αστικός Ιστός	1,42	1,85
	1.4.2	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	0,26	0,33
Γεωργικές Περιοχές	2.2.3	Ελαιώνες	10,10	13,16
	2.3.1	Λιβάδια	2,98	3,89
	2.4.2	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	7,55	9,84
	2.4.3	Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	3,47	4,52
Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.2.1	Φυσικοί βοσκότοποι	5,99	7,80
	3.2.3	Σκληροφυλλική βλάστηση	44,36	59,79
	3.3.3	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0,62	0,81



Γράφημα 5.1: Γράφημα κατανομής των καλύψεων γης της υπό μελέτη περιοχής (Ιδία επεξεργασία).

Τα παραπάνω δεδομένα προέρχονται από τη βάση δεδομένων του Copernicus – Land Monitoring Services – Corine Land Cover 2018. Η κάλυψη γης ταξινομείται σε 44 κατηγορίες, ως μονάδα ελάχιστης χαρτογράφησης χρησιμοποιούνται τα 25 εκτάρια για

τα επιφανειακά φαινόμενα και ως ελάχιστο πλάτος χαρτογράφησης τα 100 μέτρα για τα γραμμικά φαινόμενα. Το δίκτυο EIONET National Reference Centres / Land Cover (NRC / LC) παράγει τις εθνικές βάσεις των στοιχείων CLC, οι οποίες συντονίζονται και ενσωματώνονται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) (copernicus.eu).

5.7 Πολιτιστικό Περιβάλλον

Όσον αφορά τους πολιτιστικούς πόρους, στο νησί παρατηρούνται εγκαταστάσεις ιδιαίτερου αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος, ιστορικοί και αρχαιολογικοί χώροι, καθώς και πλήθος ιερών ναών-μοναστηριών.

Η Σίφνος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ολόκληρη ως ένα αρχαιολογικό μνημείο καθώς από τις ανασκαφές που έχουν γίνει, έχει προκύψει ότι κατοικείται από τη Νεολιθική περίοδο (7000-3000 π.Χ.). Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι κηρυγμένοι αρχαιολογικοί χώροι που υπάρχουν στο νησί:

Πίνακας 5.4: Κηρυγμένοι αρχαιολογικοί χώροι Σίφνου (listedmonuments.culture.gr)

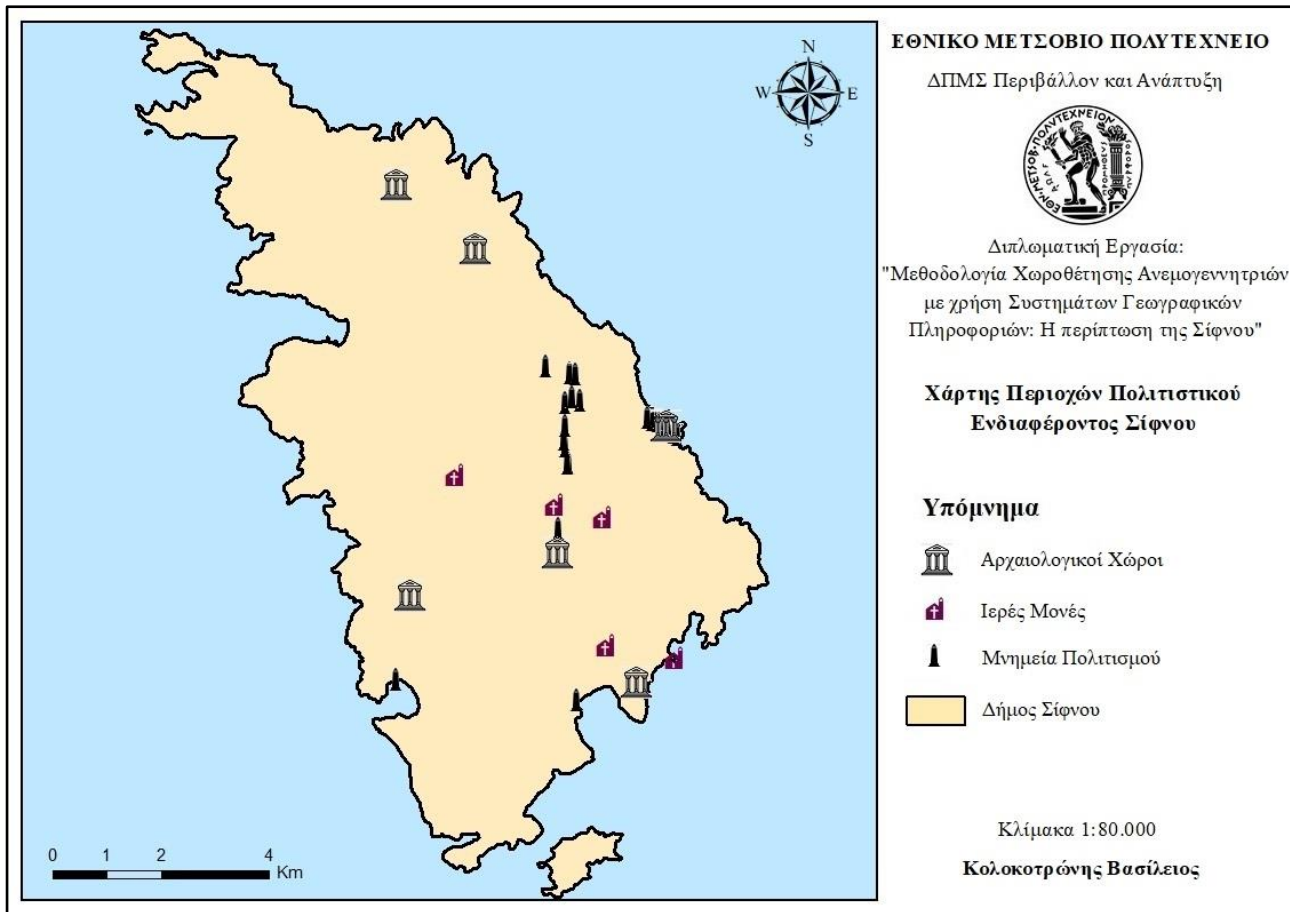
Όνομασία Μνημείου	Είδος Μνημείου	Αριθμός ΦΕΚ
Αρχαιολογικός χώρος Αγίου Σιλβέστρου στη Σίφνο (λείψανα αρχαίας εγκαταστάσεως, ιερού ή συνοικισμού)	Αρχαιολογικές Θέσεις, Αρχαία Ιερά, Θρησκευτικοί Χώροι	ΦΕΚ 408/Β/18-09-1963
Αρχαιολογικός χώρος στο "Φρούρι" Καλαμιτσιού Σίφνου (λείψανα μυκηναϊκού συνοικισμού)	Αρχαιολογικές Θέσεις, Οικιστικά Σύνολα	ΦΕΚ 408/Β/18-09-1963
Ακρόπολη Αγίου Νικήτα στη Σίφνο	Ακροπόλεις, Αμυντικά Συγκροτήματα, Αρχαιολογικές Θέσεις, Οικιστικά Σύνολα	ΦΕΚ 162/Β/2-3-1971
Αρχαιολογικός χώρος "Άσπρος Πύργος" Σίφνου	Αμυντικά Συγκροτήματα, Πύργοι, Αρχαιολογικές Θέσεις, Κτίσματα Κοινής Ωφελείας	ΦΕΚ 572/Β/16-09-1981
Αρχαιολογικός χώρος στο λόφο Αγίου Ανδρέα Σίφνου (προϊστορική ακρόπολη)	Ακροπόλεις, Αμυντικά Συγκροτήματα, Αρχαιολογικές Θέσεις	ΦΕΚ 1655/Β/25-08-1999
Κάστρο Σίφνου. Αρχαιολογικός χώρος και παραδοσιακός οικισμός	Αμυντικά Συγκροτήματα, Οικιστικά Σύνολα, Κάστρα/ Φρούρια	ΦΕΚ 280/Β/10-8-1962, ΦΕΚ 594/Δ/13-11-1978, ΦΕΚ 345/Δ/2-6-1989

Τα μοναστήρια και οι εκκλησίες που βρίσκονται στη Σίφνο ανέρχονται σε 237 και είναι ο μεγαλύτερος αριθμός σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιά των Κυκλάδων, αναλογικά με την έκταση του νησιού. Αρκετά από αυτά έχουν χαρακτηριστεί ιστορικά μνημεία και παρουσιάζουν πολύ μεγάλο αρχιτεκτονικό και θρησκευτικό ενδιαφέρον. Τα σημαντικότερα είναι τα εξής (Ζαμπέλης, 2018):

- Το μοναστήρι της Παναγίας της Θεοτόκου (Βρύσης ή Βρυσιανής) στα Εξάμπελα
- Το μοναστήρι του Προφήτη Ηλία (Αϊ Νηγιά) του Αψηλού
- Το μοναστήρι της Παναγίας του Βουνού
- Το μοναστήρι της Παναγίας των Φυρογείων
- Ιερά μονή Χρυσοπηγής

Επιπροσθέτως, σημαντικά μνημεία αποτελούν οι Αρχαίοι πύργοι της Σίφνου. Οι πύργοι αυτοί, χτίστηκαν μεταξύ του 6^{ου} και του 3^{ου} αιώνα π.Χ. και είναι όλοι κυκλικοί με μέση εξωτερική διάμετρο περίπου οκτώ (8) μέτρα, ενώ εντοπίζονται σε καλλιεργημένες περιοχές, σε κορυφές υψωμάτων, καθώς και σε πλαγιές (sifnos.gr).

Τα σημαντικότερα πολιτιστικά μνημεία που εντοπίζονται στο νησί, παρουσιάζονται στον ακόλουθο Χάρτη 5.7:



Χάρτης 5.7: Πολιτιστικό περιβάλλον Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

5.8 Τεχνικές Υποδομές

Το οδικό δίκτυο της υπό μελέτη περιοχής διακρίνεται σε πρωτεύον, δευτερεύον, καθώς και σε αγροτικές οδούς. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό μήκος του πρωτεύοντος οδικού δικτύου είναι 70 km, εκ των οποίων τα 60 είναι ασφαλτοστρωμένα, του δευτερεύοντος οδικού δικτύου 20 km, ενώ οι αγροτικές οδοί μόλις 3 km. Το κεντρικό οδικό δίκτυο του νησιού ξεκινάει από το λιμάνι των Καμάρων και οδηγεί στην πρωτεύουσα του νησιού την Απολλωνία. Από εκεί ξεκινούν όλες οι κεντρικές οδικές αρτηρίες προς τους υπόλοιπους οικισμούς (Ζαμπέλης, 2018).

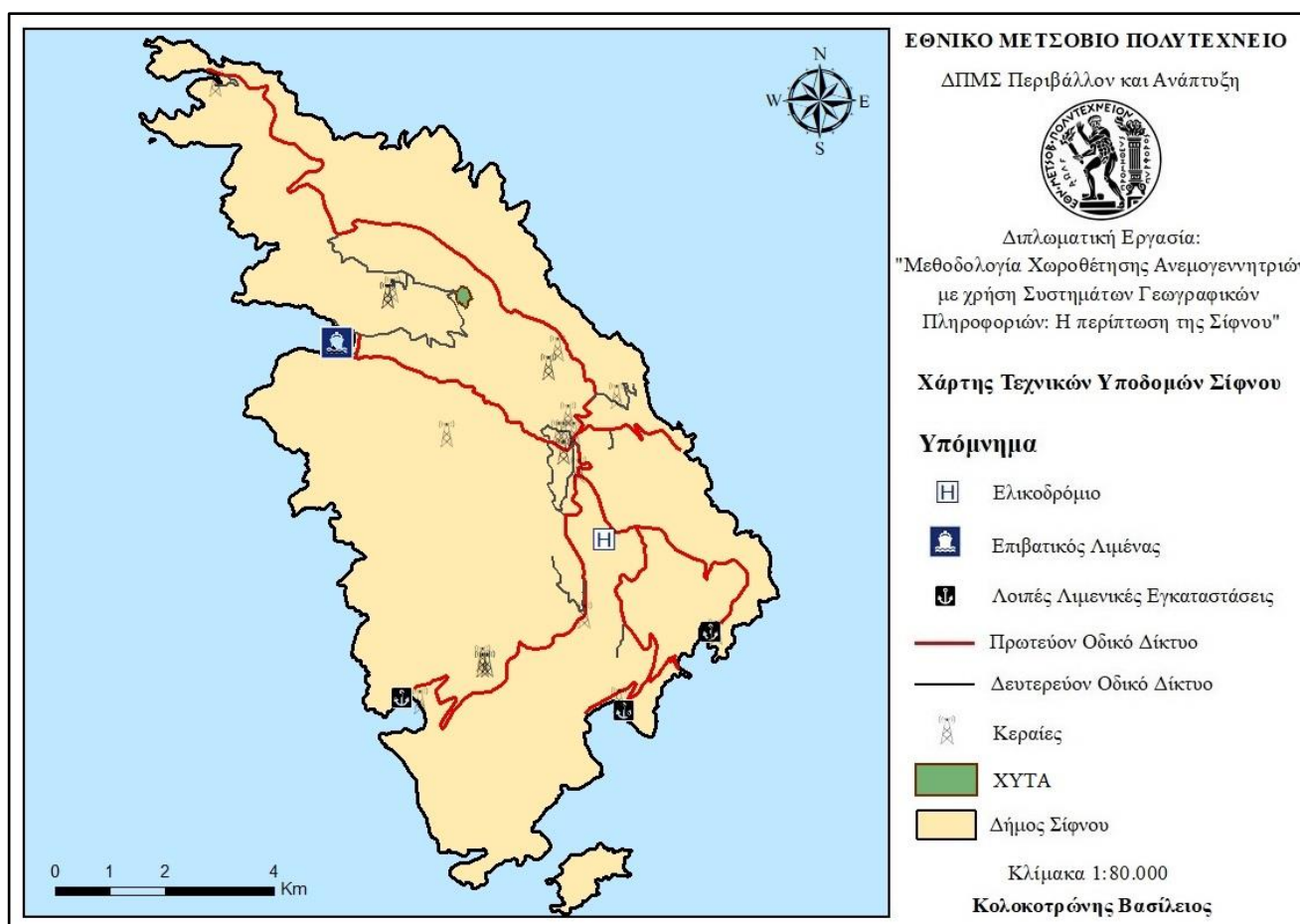
Στη Σίφνο υπάρχουν συνολικά 4 λιμενικές εγκαταστάσεις. Το λιμάνι των Καμαρών, είναι το κύριο λιμάνι του νησιού και βρίσκεται στον ομώνυμο όρμο στα βορειοδυτικά. Οι υφιστάμενες λιμενικές εγκαταστάσεις των Καμαρών αποτελούνται από προσήνεμη προβλήτα, παραλιακά κρηπιδώματα, καθώς και μια μικρή υπήνεμη προβλήτα

(cnway.gr). Οι υπόλοιπες λιμενικές εγκαταστάσεις, αποτελούν αλιευτικά καταφύγια και εντοπίζονται στον Πλατύ Γιαλό, τον Φάρο και το Βαθύ.

Το νησί δεν διαθέτει αεροδρόμιο, διαθέτει ωστόσο ελικοδρόμιο το οποίο βρίσκεται κοντά στα Εξάμπελα. Λειτουργεί ως τμήμα υποδομών εξυπηρετώντας διάφορες συγκοινωνιακές ανάγκες και μεταφορές από αέρος (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Σίφνου 2012-2014).

Σε ότι έχει να κάνει με τις κεραιές τηλεπικοινωνιών, σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, στο Δήμο Σίφνου εντοπίζονται 26 κεραιές οι οποίες είναι είτε αδειοδοτημένες, είτε εξαιρούνται αδειοδότησης (δήλωση ΕΚΚΧΟ) και βρίσκονται σε νόμιμη λειτουργία (keraiες.eett.gr).

Οι τεχνικές υποδομές του νησιού, παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο Χάρτη 5.8:



Χάρτης 5.8: Τεχνικές Υποδομές Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

5.9 Υποδομές Ενέργειας

Η Σίφνος αποτελεί αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα, χωρίς ηλεκτρική διασύνδεση ούτε με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας, αλλά ούτε και με κάποιο άλλο γειτονικό νησί, ενώ σύμφωνα με το Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης του ΑΔΜΗΕ (2019-2028) δεν προβλέπεται η διασύνδεση του νησιού με το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί, στηρίζεται κυρίως σε ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό (ΑΣΠ Σίφνου) ο οποίος είναι εγκατεστημένος λίγο μετά την περιοχή των Εξαμπέλων-Πλακωτού, στο δρόμο που οδηγεί προς τον Φάρο. Ο σταθμός, σύμφωνα με τα μηνιαία πληροφοριακά δελτία παραγωγής για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά του ΔΕΔΔΗΕ, έχει εγκατεστημένη ισχύ 11,48 MW και χρησιμοποιεί ως πρωτογενές καύσιμο πετρέλαιο τύπου diesel κίνησης. Το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει σχεδόν κάθε περιοχή του νησιού, ακολουθώντας τους οδικούς άξονες (Ζαννής, 2022).

Σύμφωνα με τα ετήσια στοιχεία λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος Σίφνου, η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος επί οκτώ μήνες το χρόνο είναι της τάξης των 2,5 MW, ενώ κατά το μήνα Αύγουστο φτάνει τα 6,5 MW. Η σημαντική αυτή εποχιακή διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, οφείλεται στον τουρισμό.

Η ετήσια συνολική ζήτηση ηλεκτρική ενέργειας είναι της τάξης των 17,5 GWh. Τόσο στο Γράφημα 5.2, όσο και στον Πίνακα 5.5, παρουσιάζεται αναλυτικά η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί για το έτος 2018 (CETA, 2019):



Γράφημα 5.2: Ετήσια ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (CETA, 2019).

Πίνακας 5.5: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Σίφνο, για το έτος 2018 (CETA, 2019).

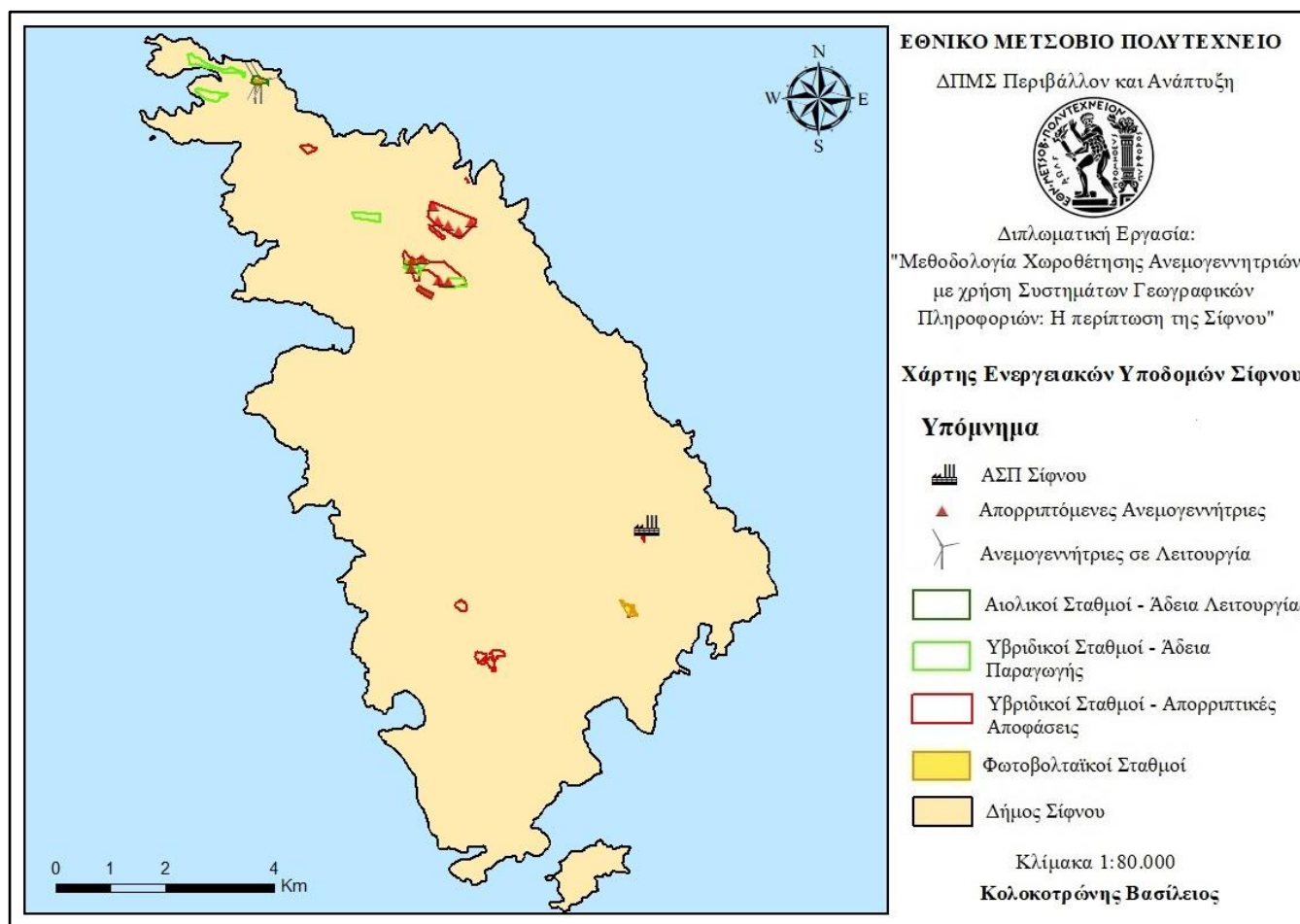
Κατηγορία	Πρωτογενής Ενέργεια (MWh)	Τελική Ενέργεια (MWh)
Δημόσιος Φωτισμός	4.557	1.571
Οικιακός Τομέας	12.659	4.365
Πρωτογενής Τομέας	506	175
Τριτογενής τομέας	30.382	10.477
Δημοτικές υποδομές	2.532	873
Σύνολο	50.637	17.461

Σε ότι έχει να κάνει με τις υποδομές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στο νησί υπάρχουν εγκατεστημένα 335 kW αποκεντρωμένων Φωτοβολταϊκών σταθμών, ενώ από το 2019 λειτουργεί και ένα αιολικό πάρκο συνολικής άδειας παραγωγής 1,26 MW (Εικόνα 5.1), το οποίο αποτελείται από 2 ανεμογεννήτριες (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2022). Οι παραπάνω σταθμοί ΑΠΕ συνεισφέρουν σε ποσοστά 2,5% και 16,7% αντίστοιχα στην κάλυψη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί, περιορίζοντας την παραγωγή των θερμοηλεκτρικών μονάδων στο 80,8% (Katsaprakakis et al., 2022).



Εικόνα 5.1: Αιολικό Πάρκο Σίφνου (CETA, 2020).

Όσον αφορά άλλες μορφές εκμετάλλευσης Α.Π.Ε., όπως γεωθερμικοί, υδροηλεκτρικοί, ηλιοθερμικοί, καθώς και σταθμοί βιομάζας, δεν εντοπίζεται καμία δραστηριότητα πέρα από 5 άδειες παραγωγής που αφορούν υβριδικούς σταθμούς. Η υφιστάμενη κατάσταση των ενεργειακών υποδομών του νησιού, παρουσιάζεται αναλυτικά στον Χάρτη 5.9, ο οποίος προκύπτει με βάση τα στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, που αποτελεί τον αρμόδιο φορέα.



Χάρτης 5.9: Υποδομές Ενέργειας (Ιδία επεξεργασία).

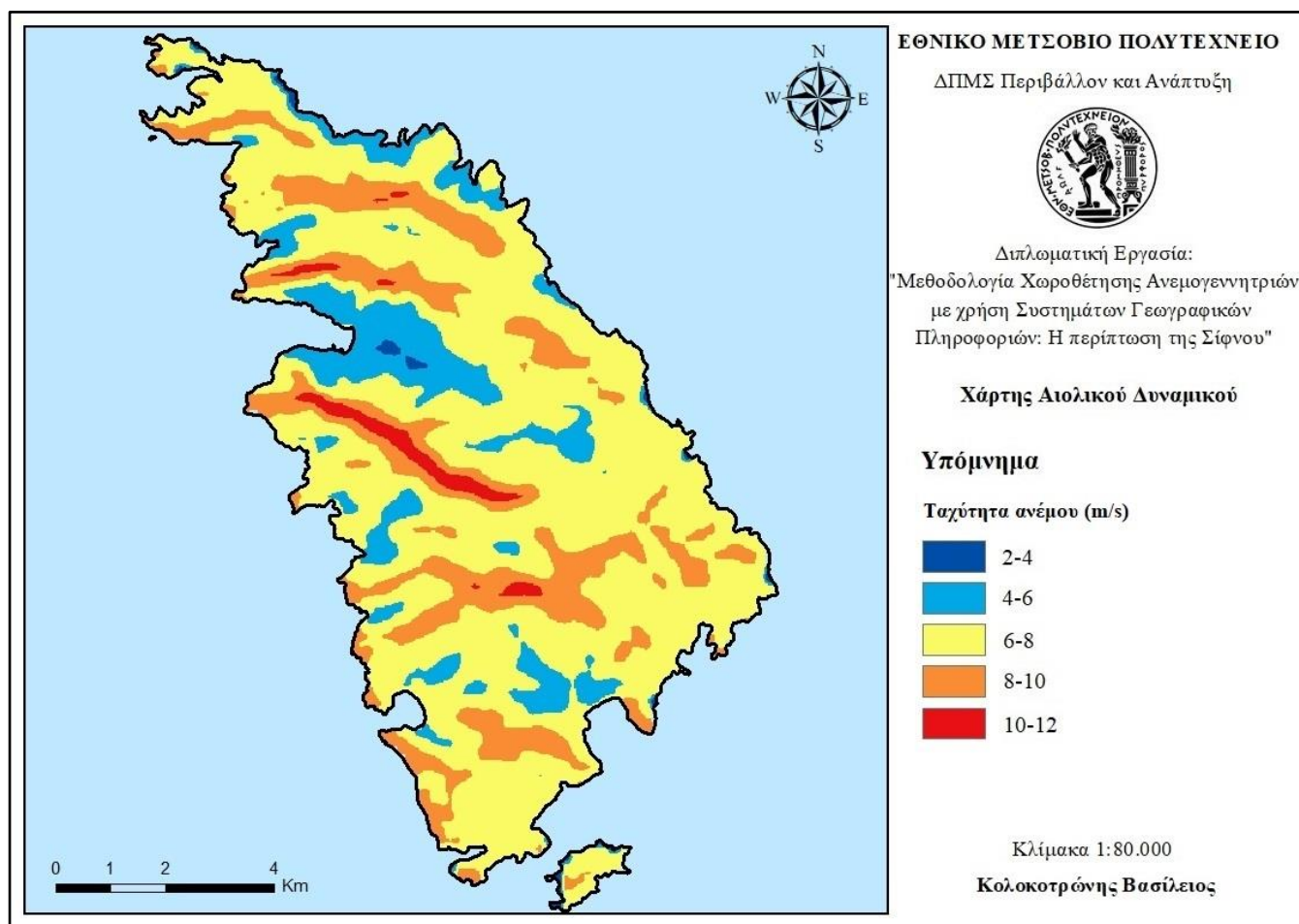
5.10 Αιολικό Δυναμικό

Οι Κυκλάδες διαθέτουν ένα πολύ ισχυρό αιολικό δυναμικό, το ισχυρότερο της χώρας. Η αιολική ισχύς εμφανίζεται υψηλότερη τους χειμερινούς μήνες, όμως παρατηρείται πως και κατά τη θερινή περίοδο, οι Κυκλάδες εξακολουθούν να έχουν το υψηλότερο αιολικό δυναμικό. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στα μελτέμια, δηλαδή σε

καλοκαιρινούς ημερήσιους ανέμους κυρίως βορειοδυτικής διεύθυνσης (Λειβαδαράς, 2016).

Όπως φαίνεται στον Χάρτη 5.10, οι μέσες τιμές του ανέμου που παρατηρούνται στο μεγαλύτερο τμήμα του νησιού κυμαίνονται μεταξύ 6-8 m/s, ενώ οι υψηλότερες τιμές οι οποίες αγγίζουν τα 12 m/s εντοπίζονται στις περιοχές με τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Τέλος, οι περιοχές με ακατάλληλο αιολικό δυναμικό, δηλαδή τιμές μικρότερες από 4 m/s, καλύπτουν πολύ μικρή έκταση του νησιού.

Για την παρούσα μελέτη γίνεται χρήση αρχείου που δημιουργήθηκε από το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) και διατίθεται από τη ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), για την μέση ταχύτητα ανέμου στα 80 m υψόμετρο.



Χάρτης 5.10: Αιολικό δυναμικό Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

Κεφάλαιο 6^ο: Εφαρμογή Προτεινόμενης Μεθοδολογίας στη Σίφνο

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν έπειτα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναλύθηκε προηγουμένως (Κεφάλαιο 4), και η οποία αφορά την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου στο νησί της Σίφνου, δηλαδή στην περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Θα αναλυθούν τα επιμέρους στάδια της επεξεργασίας και θα παρατεθούν οι τελικοί χάρτες με τις καταλληλότερες θέσεις εγκατάστασης αιολικών μονάδων. Η διαδικασία πραγματοποιείται με τη χρήση του λογισμικού ArcMap 10.7.

6.1 Στάδιο 1: Εκτίμηση Νομοθετικά Κατάλληλων Περιοχών Χωροθέτησης Ανεμογεννητριών

Ο αποκλεισμός των μη συμβατών περιοχών προς εγκατάσταση ανεμογεννητριών, σύμφωνα πάντα με την υφιστάμενη νομοθεσία και ιδιαιτέρως το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, αποτελεί το πρώτο στάδιο εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος, οδηγώντας στον αποκλεισμό των ακατάλληλων περιοχών και κατ' επέκταση στον προσδιορισμό των περιοχών που είναι κατάλληλες.

6.1.1 Καθορισμός κριτηρίων χωροθέτησης - Αποκλεισμός ασύμβατων περιοχών

Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης αιολικού πάρκου στο νησί της Σίφνου, επιλέχθηκαν κυρίως με βάση το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ. Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας χωροθέτησης στη Σίφνο, ορισμένα κριτήρια του ΕΠΧΣΑΑ, **δεν λήφθηκαν υπόψη**, είτε λόγω αδυναμίας εύρεσης επαρκών στοιχείων, είτε επειδή δεν εντοπίζονται στη συγκεκριμένη περιοχή. Τα κριτήρια αυτά είναι:

- Περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης
- Εθνικοί δρυμοί
- Αισθητικά δάση
- Κηρυγμένα μνημεία της φύσης

- Μνημεία εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO
- Αρχαιολογικοί χώροι και ιστορικοί τόποι μείζονος σημασίας
- Ιχθυοκαλλιέργειες
- Μονάδες εσταλισμένης κτηνοτροφίας
- Λατομικές και λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές-εξορυκτικές ζώνες
- ΠΟΤΑ, περιοχές οργανωμένης ανάπτυξης παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα

Επιπροσθέτως, το νησί δεν διαθέτει δίκτυο υψηλής τάσης, μιας και δεν είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ηπειρωτικής χώρας, και άρα θεωρήθηκε ότι για την σύνδεση των ανεμογεννητριών θα χρησιμοποιηθεί το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης. Επομένως, δε λήφθηκε υπόψη η μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης, κριτήριο το οποίο σχετίζεται άμεσα με τη διασφάλιση της λειτουργικότητας μιας αιολικής εγκατάστασης.

Ακόμα, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας και έπειτα από τη διεξοδική μελέτη της βιβλιογραφίας, λήφθηκαν υπόψη ορισμένα κριτήρια για τα οποία δε γίνεται αναφορά στο χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ. Τα κριτήρια αυτά είναι τα Καταφύγια Άγριας Ζωής, ο χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), οι υφιστάμενες υποδομές ΑΠΕ, η ακτογραμμή, καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο του νησιού.

Τα κριτήρια αποκλεισμού που λήφθηκαν υπόψη, τα οποία αποτελούν τις ασύμβατες περιοχές προς χωροθέτηση Ανεμογεννητριών, είναι τα εξής:

1. Οικιστικά κριτήρια

- Οικισμοί με πληθυσμό <2.000 κατοίκων
- Παραδοσιακοί οικισμοί
- Ιερές μονές

2. Περιβαλλοντικά κριτήρια

- Οικότοποι Κοινοτικής Σημασίας του Δικτύου Natura 2000
- Καταφύγια Άγριας Ζωής

- Ακτές που εντάσσονται στο Πρόγραμμα Παρακολούθησης του ΥΠΕΝ
- Ακτογραμμή
- Υδρογραφικό δίκτυο (ρέματα-χειμάρροι)

3. Πολιτιστικά κριτήρια

- Κηρυγμένοι Αρχαιολογικοί Χώροι
- Κηρυγμένα Πολιτιστικά Μνημεία

4. Κριτήρια δικτύων και υποδομών

- Οδικό δίκτυο
- Υποδομές Τηλεπικοινωνιών (Κεραίες)
- Εγκαταστάσεις αεροπλοΐας (Ελικοδρόμιο)
- Λιμενικές εγκαταστάσεις
- Χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

5. Περιοχές Αποκλεισμού Κριτηρίων Εγκαταστάσεων Παραγωγικών Δραστηριοτήτων

- Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας – αρδευόμενες εκτάσεις
- Τουριστικά καταλύματα

6.1.2 Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού (Ζώνες ελαχίστων αποστάσεων)

Εκτός από τον αποκλεισμό των ασύμβατων χρήσεων, για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, απαιτείται και ο αποκλεισμός των περιοχών που βρίσκονται εντός των ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων από τα κριτήρια αποκλεισμού, όπως αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΙ του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ και παρατέθηκαν στην **Παράγραφο 3.3.4.**

Για τον προσδιορισμό των ελαχίστων αποστάσεων, πέρα από την υφιστάμενη νομοθεσία (ΕΠΧΣΑΑ για ΑΠΕ), λήφθηκαν υπόψη και αντίστοιχες επιστημονικές μελέτες χωροθέτησης αιολικών πάρκων που αναζητήθηκαν τόσο στην ελληνική, όσο και τη διεθνή βιβλιογραφία. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα κριτήρια, εντός των οποίων απαγορεύεται να χωροθετηθεί χερσαία αιολική εγκατάσταση, καθώς και οι προβλεπόμενες αποστάσεις γύρω από αυτά.

Πίνακας 6.1: Ελάχιστες αποστάσεις αποκλεισμού από κριτήρια αποκλεισμού/ασύμβατες περιοχές.

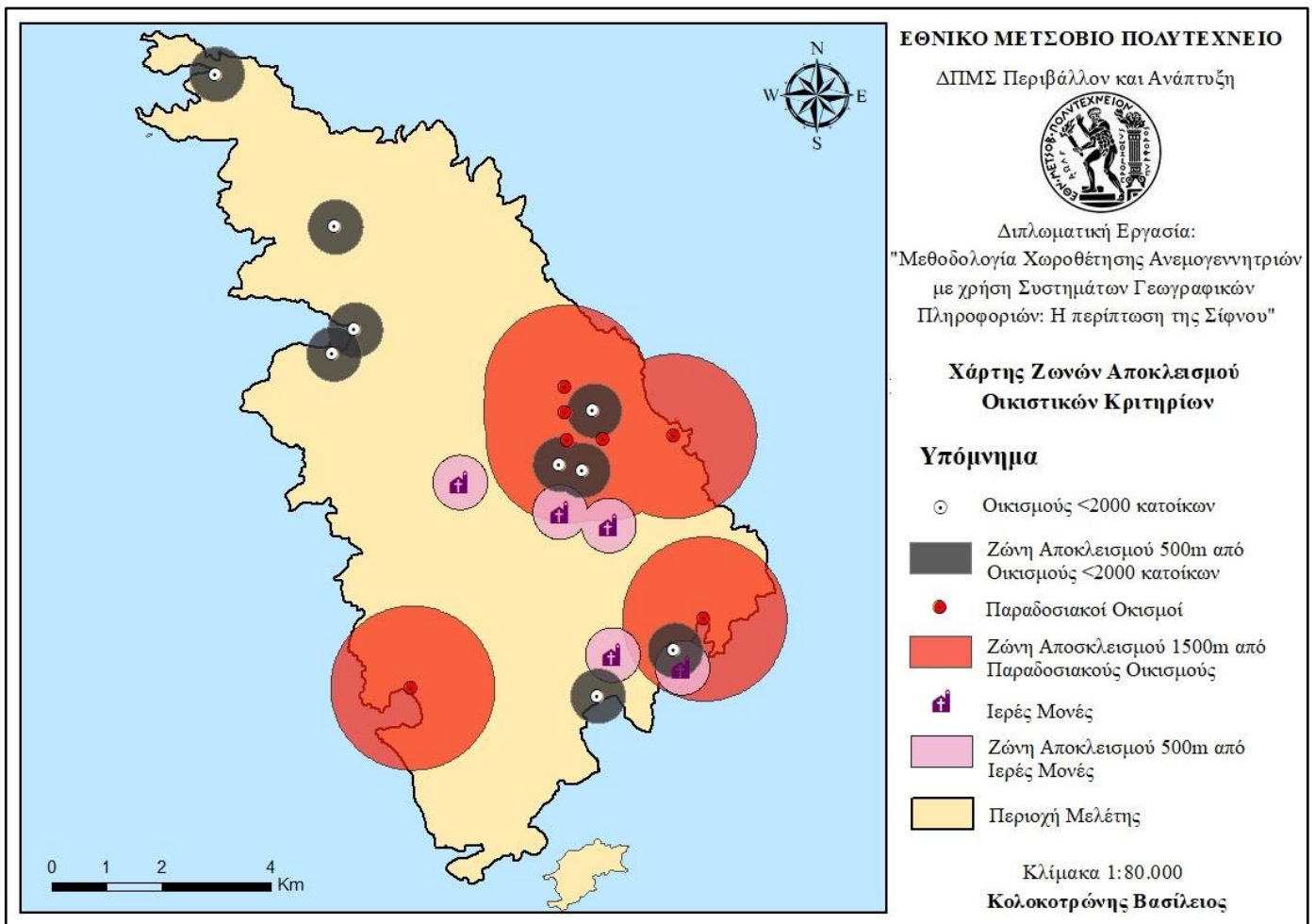
Κατηγορία Κριτηρίων Αποκλεισμού	A/A	Κριτήριο	Ελάχιστες Αποστάσεις ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ (d=85 m)	Ελάχιστες Αποστάσεις Παρούσας Εργασίας
Οικιστικό Δίκτυο	1	Οικισμοί <2000 κατοίκων	500 m	500 m
	2	Παραδοσιακοί Οικισμοί	1500 m	1500 m
	3	Ιερές Μονές	500 m	500 m
Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος	4	Τόποι Κοινοτικής Σημασίας	Κρίνεται κατά περίπτωση	500 m
	5	Καταφύγια Άγριας Ζωής	-	500 m
	6	Ακτές Παρακολούθησης ΥΠΕΝ	1500 m	1500 m
	7	Υδρογραφικό Δίκτυο	-	200 m
	8	Ακτογραμμή	-	500 m
Περιοχές Πολιτιστικού Ενδιαφέροντος	9	Κηρυγμένοι Αρχαιολογικοί Χώροι	7d = 595 m	600 m
	10	Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	7d = 595 m	600 m
Δίκτυα Τεχνικών Υποδομών	11	Οδικό Δίκτυο	1,5d = 127,5 m	130 m
	12	Υποδομές Τηλεπικοινωνιών	Κρίνεται κατά περίπτωση	600 m
	13	Εγκαταστάσεις της Αεροπλοΐας (Ελικοδρόμιο)	Κρίνεται κατά περίπτωση	500 m
	14	Λιμενικές εγκαταστάσεις	-	-
	15	ΧΥΤΑ	-	-
	16	Υφιστάμενοι σταθμοί ΑΠΕ	-	150 m
Χρήσεις Γης - Καλύψεις Γης	17	Αγροτική Γη υψηλής Παραγωγικότητας, αρδευόμενες εκτάσεις	1,5d = 127,5 m	130 m
	18	Τουριστικά Καταλύματα	1000 m	1000 m

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η χαρτογραφική απόδοση που αφορά τον προσδιορισμό των ελαχίστων αποστάσεων χωροθέτησης Α/Γ από γειτνιάζουσες περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας, για κάθε μια κατηγορία κριτηρίων ξεχωριστά.

❖ Ζώνες Αποκλεισμού με βάση την Απόσταση από τα Οικιστικά Κριτήρια

Στη Σίφνο απαντώνται συνολικά 16 οικισμοί, εκ των οποίων οι 7 έχουν χαρακτηριστεί ως παραδοσιακοί. Επιπλέον κανένας οικισμός δεν έχει πληθυσμό μεγαλύτερο των 2000 κατοίκων και άρα με βάση τη νομοθεσία οι ελάχιστες αποστάσεις θα πρέπει να είναι 500 m από τα όρια των μη παραδοσιακών οικισμών (<2000 κατοίκων) και 1500 m από τα όρια των παραδοσιακών οικισμών. Όσον αφορά τις Ιερές Μονές του νησιού, η νομοθεσία ορίζει ως ελάχιστη απόσταση αποκλεισμού τα 500m.

Παρακάτω, στον Χάρτη 6.1 απεικονίζονται οι περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τις οικιστικές δραστηριότητες του νησιού.



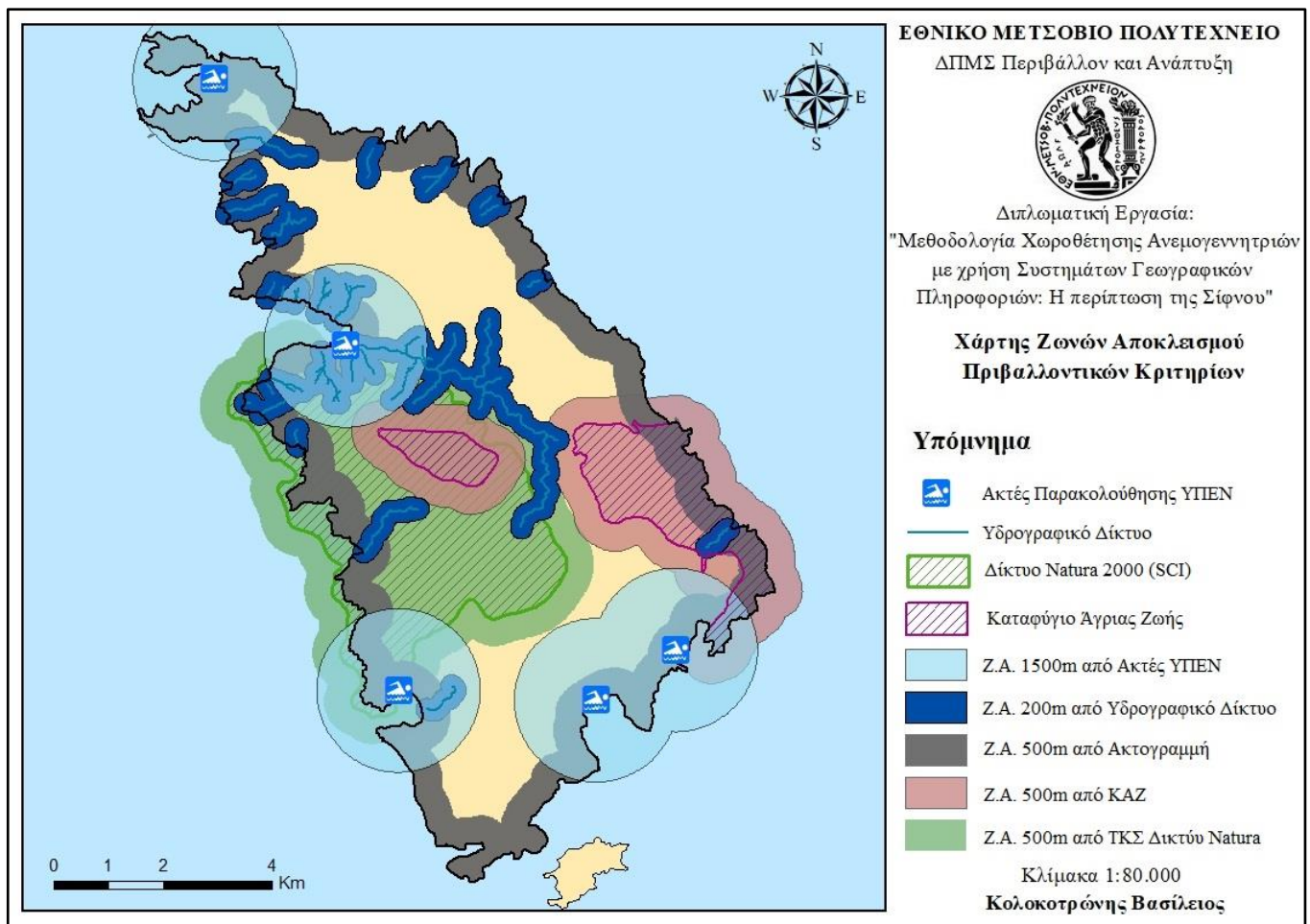
Χάρτης 6.1: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα οικιστικά κριτήρια (Ίδια επεξεργασία).

❖ **Ζώνες Αποκλεισμού με βάση την Απόσταση από τα Περιβαλλοντικά Κριτήρια**

Τα περιβαλλοντικά κριτήρια λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχουν οι αιολικές εγκαταστάσεις στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής. Για τον Τόπο Κοινοτικής Σημασίας του Δικτύου Natura 2000, που εντοπίζεται στο νησί, σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ η ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ. Επομένως, για την παρούσα εργασία, ορίστηκε ως ζώνη αποκλεισμού το μισό χιλιόμετρο (500m), απόσταση η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στη διεθνή βιβλιογραφία (Nguyen, 2007; Szkliniarz & Vogt, 2011). Η ίδια απόσταση ορίστηκε και για τα δύο Καταφύγια Άγριας Ζωής.

Επιπλέον για τις ακτές κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης του ΥΠΠΝ ορίστηκε απόσταση αποκλεισμού ίση με 1500m, όπως ακριβώς ορίζει η νομοθεσία. Ακόμα, για τα ρέματα που συνιστούν το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, παρότι το χωροταξικό πλαίσιο δεν ορίζει συγκεκριμένη ζώνη αποκλεισμού, ορίστηκε απόσταση ίση με 200 m για περιβαλλοντικούς σκοπούς (Bennui et al., 2007; Tegou et al., 2010; Szurek et al., 2014). Επιπλέον, ορίστηκε και μια ζώνη αποκλεισμού 500m από τα όρια της ακτογραμμής αφού σύμφωνα με διεθνή βιβλιογραφία (Noorollahi et al., 2016; Panagiotidou et al., 2016; Villacreses et al., 2017), η παράκτια ζώνη θεωρείται κρίσιμη διότι εκεί αναπτύσσονται αρκετές τουριστικές δραστηριότητες.

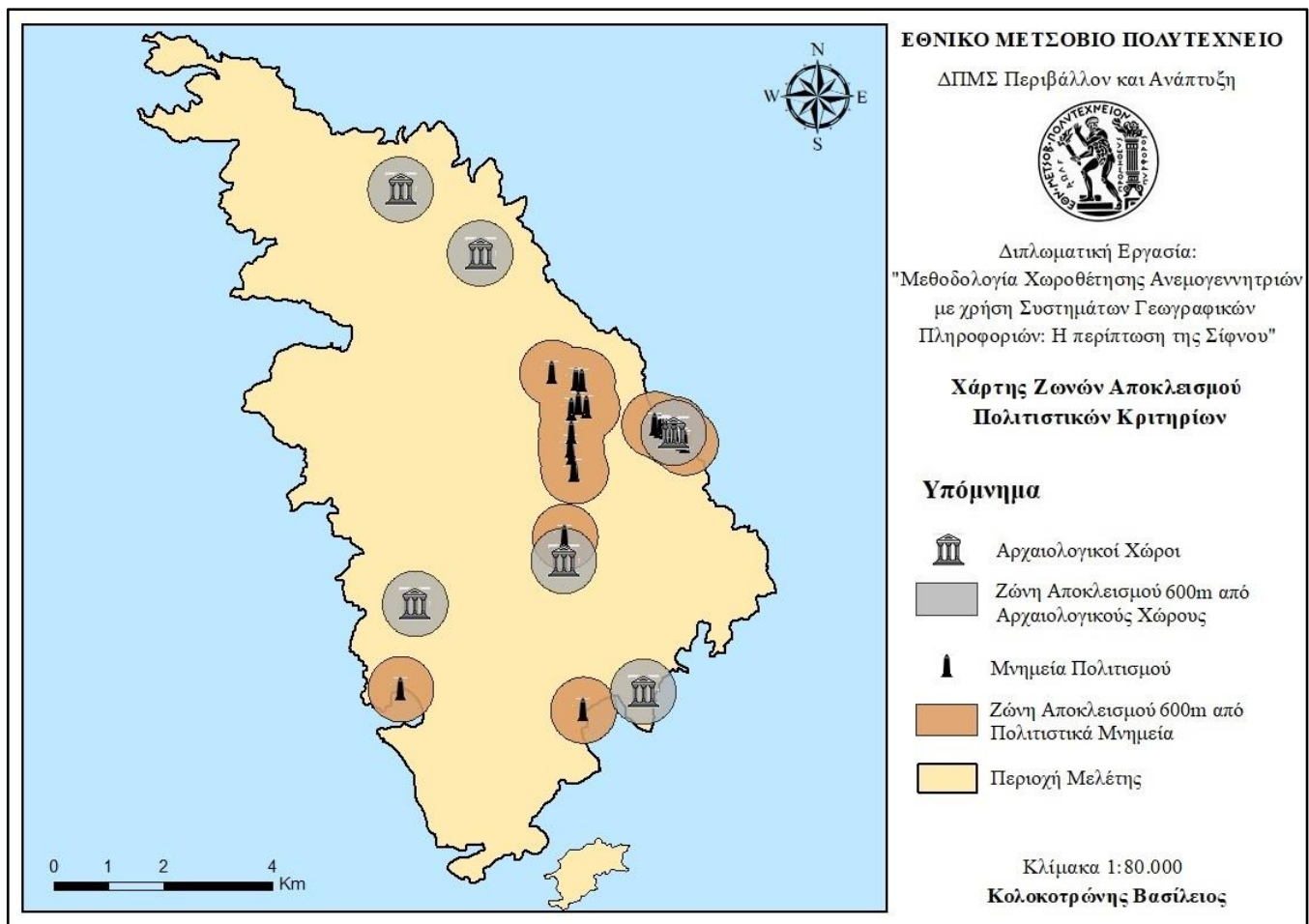
Στο Χάρτη 6.2 παρουσιάζονται οι ζώνες αποκλεισμού που ορίστηκαν γύρω από τις περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος που εντοπίζονται στην υπό μελέτη περιοχή.



Χάρτης 6.2: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Περιβαλλοντικά Κριτήρια (Ίδια επεξεργασία).

❖ Ζώνες Αποκλεισμού με βάση την Απόσταση από τα Πολιτιστικά Κριτήρια

Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία, οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη ή ίση με $7 \cdot D$, όπου D είναι η διάμετρος της φτερωτής μιας ανεμογεννήτριας, τόσο από κηρυγμένους αρχαιολογικούς χώρους, όσο και από κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία, θεωρούνται ακατάλληλες για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Έτσι για $D=85$ m (τυπική ανεμογεννήτρια) προκύπτει απόσταση αποκλεισμού ίση με 600 m. Στον Χάρτη 6.3 απεικονίζονται οι ζώνες αποκλεισμού από τους Αρχαιολογικούς Χώρους της περιοχής (600 m), καθώς και τα Πολιτιστικά Μνημεία (600 m).



Χάρτης 6.3: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Πολιτιστικά Κριτήρια (Ιδία επεξεργασία).

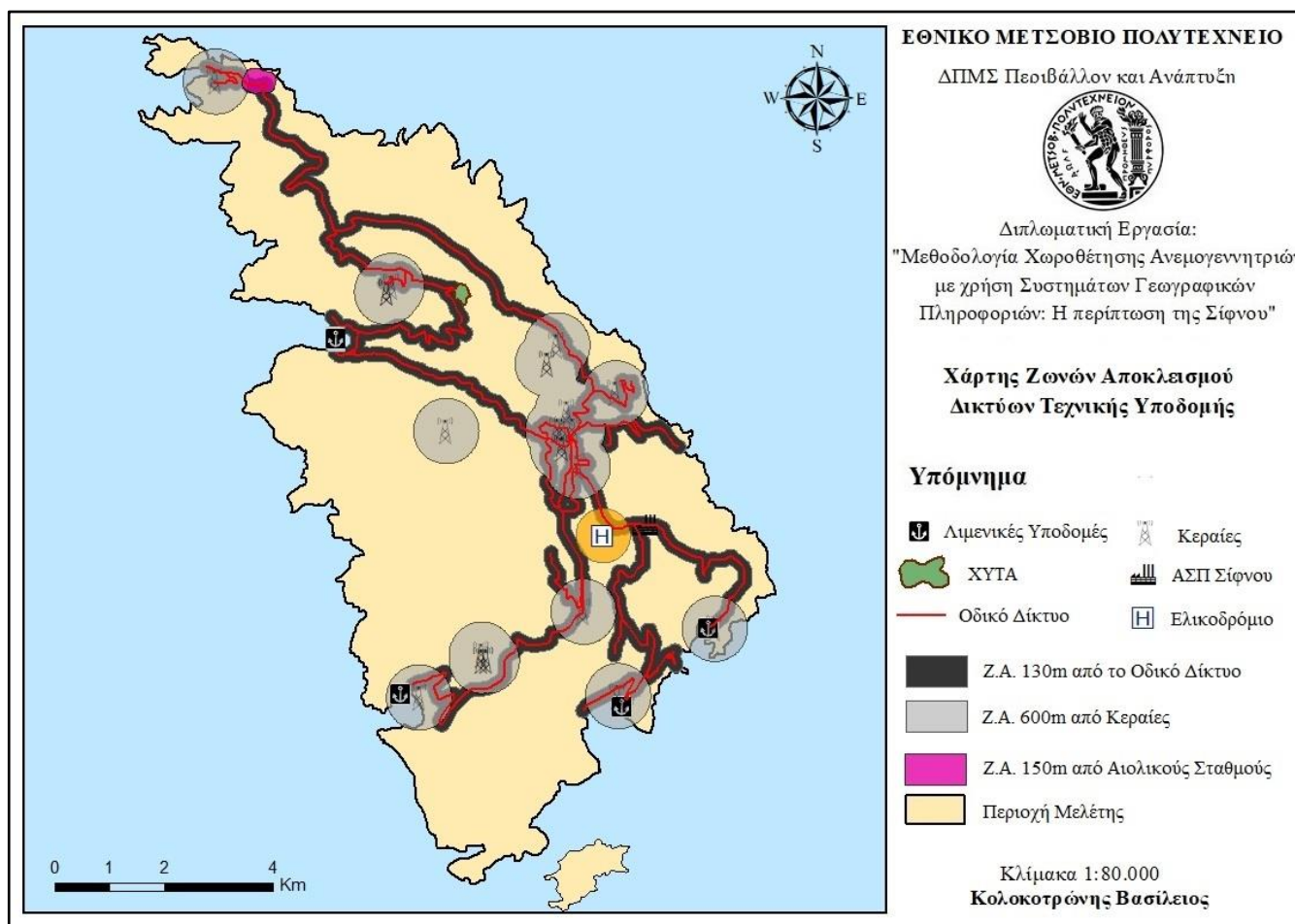
❖ Ζώνες Αποκλεισμού με βάση την Απόσταση από τα κριτήρια των Δικτύων και Υποδομών

Στον Χάρτη 6.4, απεικονίζονται οι ζώνες αποκλεισμού με βάση την απόστασή τους από τις τεχνικές υποδομές που υπάρχουν νησί. Πιο συγκεκριμένα η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας που ορίστηκε για το ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο του νησιού (πρωτεύον, δευτερεύον) είναι τα 130 m, όπως ακριβώς προτείνεται από τη νομοθεσία, και αντιστοιχεί σε ανεμογεννήτρια με διάμετρο φτερωτής τα 85m.

Τόσο για το ελικοδρόμιο, το οποίο αποτελεί εγκατάσταση αεροπλοΐας, όσο και για τις υποδομές επικοινωνιών (κεραίες), το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ δεν ορίζει κάποια συγκεκριμένη απόσταση ασφαλείας, αλλά αντιθέτως αναφέρει ότι αυτή κρίνεται κατά περίπτωση έπειτα από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα. Έτσι έπειτα από μελέτη τόσο της διεθνούς, όσο και της ελληνικής βιβλιογραφίας, η ελάχιστη απόσταση που

επιλέχθηκε από τις κεραίες, τα 600 m (Bili & Vagiou, 2018), ενώ για το ελικοδρόμιο τα 500 m.

Όσον αφορά τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις ΑΠΕ, σύμφωνα με τις Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις για εγκαταστάσεις ΑΠΕ (ΦΕΚ 104/Β'/2013), καθορίζεται ελάχιστη απόσταση 150 m από αντίστοιχες μονάδες.



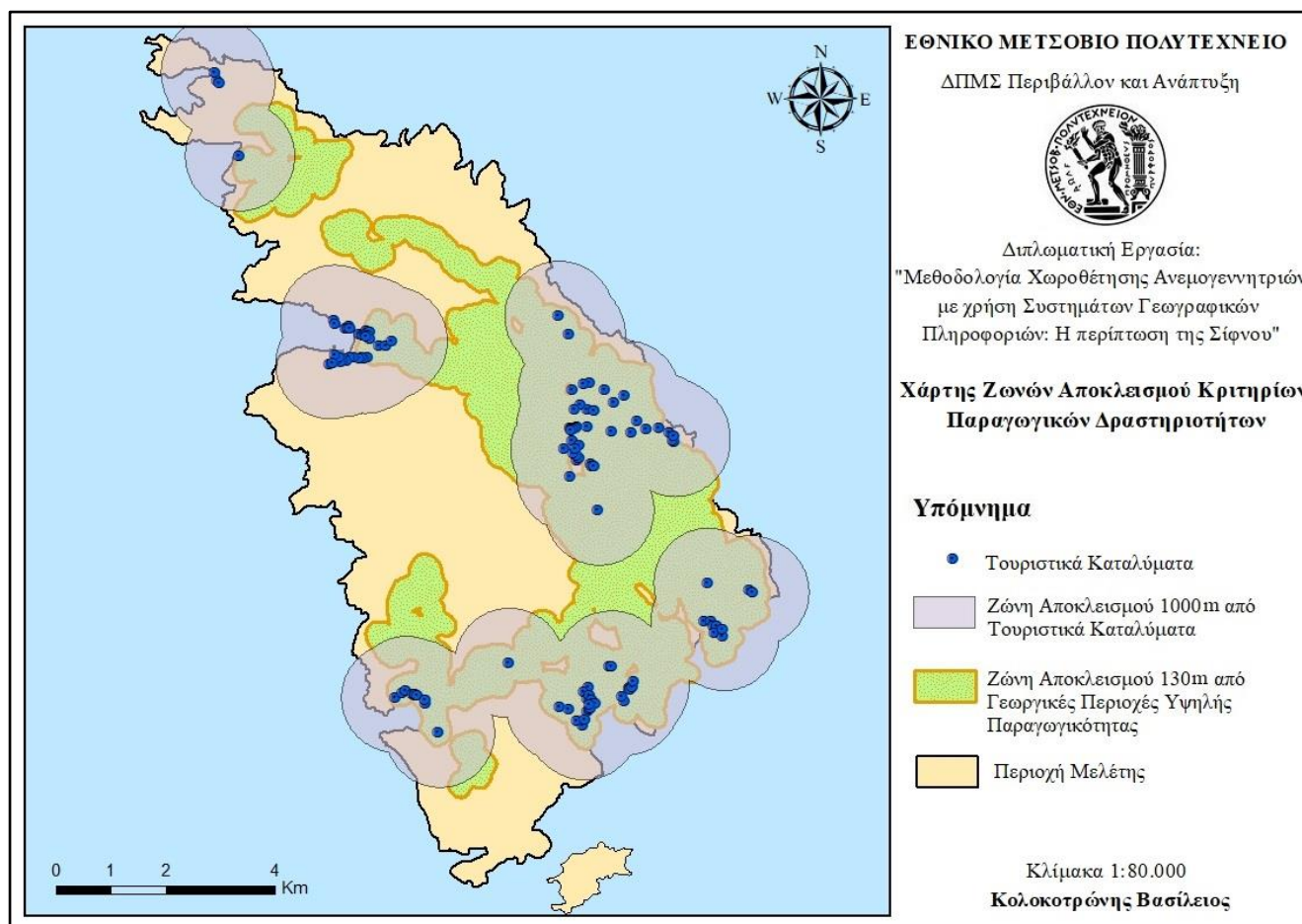
Χάρτης 6.4: Περιοχές αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τα Δίκτυα Υποδομών (Ίδια επεξεργασία).

❖ **Ζώνες Αποκλεισμού με βάση την Απόσταση από τα κριτήρια παραγωγικών δραστηριοτήτων**

Σε ότι έχει να κάνει με τις ζώνες αποκλεισμού που δημιουργήθηκαν γύρω από τις περιοχές παραγωγικών δραστηριοτήτων, στην περιοχή μελέτης δεν εντοπίζονται κτηνοτροφικές δραστηριότητες είτε ενεργά λατομεία και περιοχές εξόρυξης. Αντιθέτως μεγάλη έκταση του νησιού, σύμφωνα με τις καλύψεις Γης Corine 2018,

καλύπτεται από Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας και αρδευόμενες εκτάσεις για τις οποίες η ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης αιολικής μονάδας ορίστηκε στα 130 m ($1,5 \cdot D$ για $D=85$ m), όπως φαίνεται και στον Χάρτη 6.5.

Επιπλέον, σε ότι έχει να κάνει με τα τουριστικά καταλύματα του νησιού, η νομοθεσία ορίζει πως η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να τηρείται, είναι τα 1000 m.



Χάρτης 6.5: Ζώνες αποκλεισμού με βάση την απόσταση από τη Γεωργική Γη και τις Τουριστικές Υποδομές (Ιδία επεξεργασία).

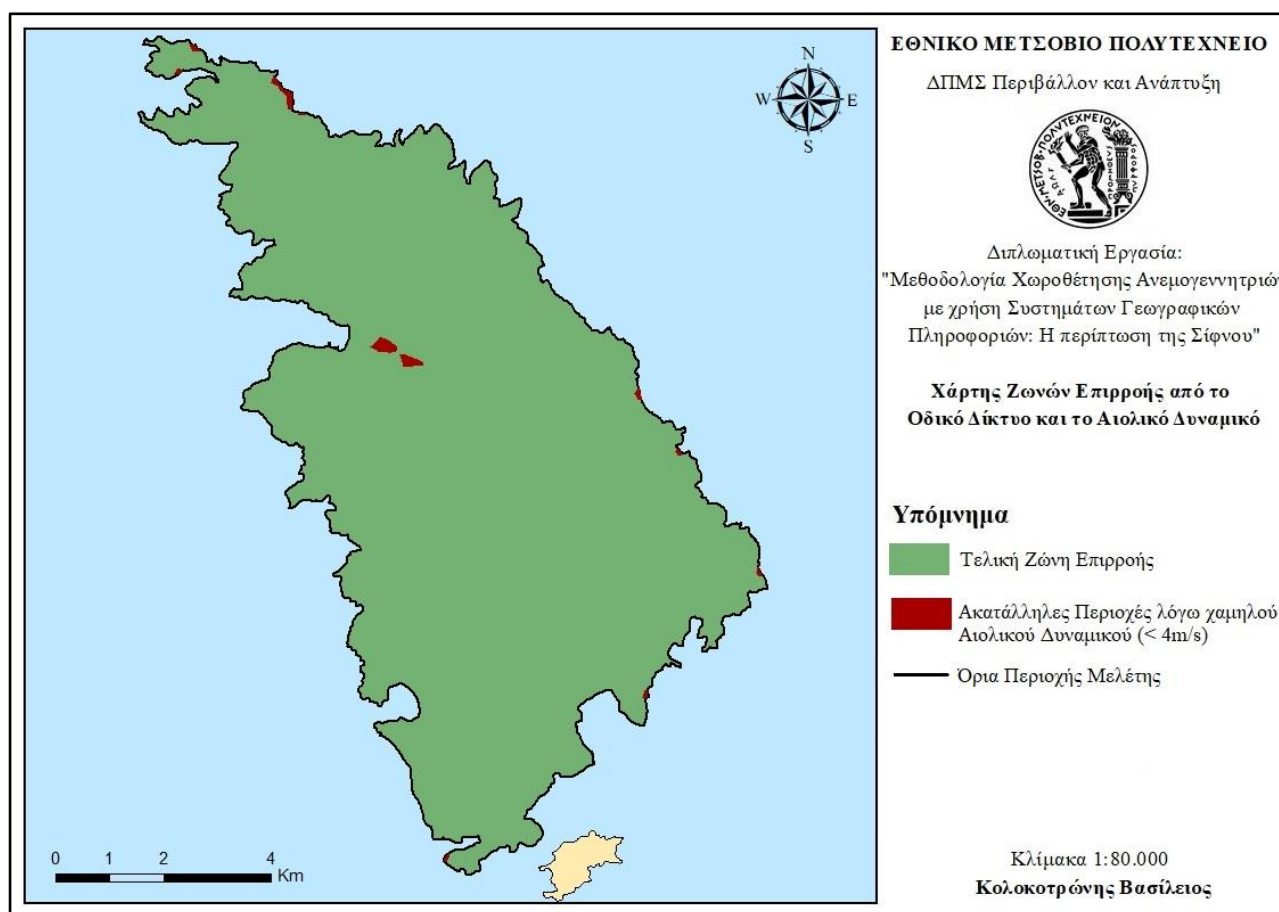
6.1.3 Δημιουργία Ζωνών Επιρροής

Για τη δημιουργία των ζωνών επιρροής, σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, απαραίτητα επίπεδα είναι το οδικό δίκτυο, καθώς και το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης. Η Σίφος ωστόσο, δεν διαθέτει δίκτυο υψηλής τάσης και άρα στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θεωρήθηκε ότι η σύνδεση των αιολικών μονάδων θα πραγματοποιηθεί μέσω του δικτύου μέσης και χαμηλής τάσης που ακολουθεί κατά βάση τους οδικούς άξονες. Το οδικό δίκτυο καλύπτει σημαντικό τμήμα της έκτασης

του νησιού και επομένως, εξαιτίας της σχετικά μικρής έκτασης της Σίφνου, η μέγιστη απόσταση των 10 km από τις υφιστάμενες οδούς χερσαίας προσπέλασης καλύπτεται σε οποιοδήποτε σημείο του νησιού.

Επιπλέον, το αιολικό δυναμικό παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την οικονομικοτεχνική βιωσιμότητα μιας αιολικής εγκατάστασης και άρα αποτελεί σημαντικό κριτήριο για τη χωροθέτηση μιας τέτοιας μονάδας. Παρόλο που το συγκεκριμένο κριτήριο δεν αναφέρεται στο ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, κρίνεται αναγκαίο να αποκλειστούν οι περιοχές του νησιού, στις οποίες δεν εντοπίζονται ικανοποιητικές ταχύτητες ανέμου.

Για να είναι βιώσιμη μια αιολική εγκατάσταση, σύμφωνα με το ΚΑΠΕ, η ελάχιστη μέση ετήσια τιμή του ανέμου που απαιτείται είναι τα 4 m/s. Στη Σίφνο οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από μέση ετήσια τιμή του ανέμου μικρότερη της παραπάνω τιμής, καταλαμβάνουν μόλις το 0,43% της έκτασης του νησιού και συμπίπτουν με εκτάσεις οι οποίες έχουν ήδη αποκλειστεί με βάση τα κριτήρια της νομοθεσίας.

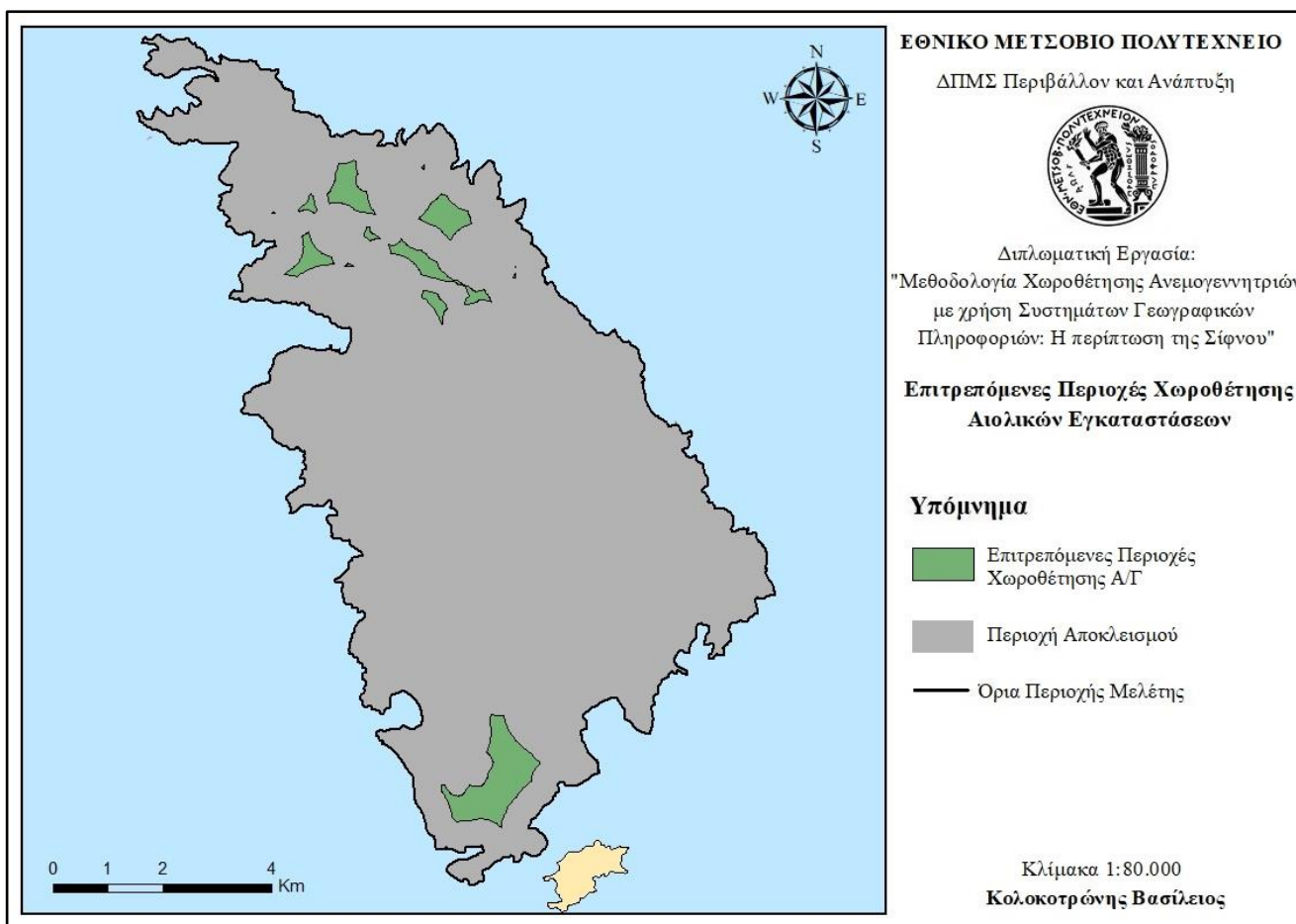


Χάρτης 6.6: Τελικές ζώνες επιρροής από την τομή του αιολικού δυναμικού και της ζώνης επιρροής 10 km του οδικού δικτύου (Ιδία επεξεργασία).

6.1.4 Κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου

Οι κατάλληλες προς αξιολόγηση περιοχές, προκύπτουν έπειτα από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού (Χάρτες 6.1-6.5) από τις ζώνες επιρροής (Χάρτης 6.6). Πιο συγκεκριμένα, αρχικά πραγματοποιείται συνένωση όλων των ζωνών αποκλεισμού που προέκυψαν στην **Παράγραφο 6.1.2** και ακολούθως, γίνεται η αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής παρέχει τα κατάλληλα πολύγωνα τα οποία κρίνονται από τη νομοθεσία ως κατάλληλα για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών, όπως παρουσιάζονται στον Χάρτη 6.7. Πιο συγκεκριμένα τα πολύγωνα των υποψήφιων θέσεων χωροθέτησης, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.2, είναι 13 και καλύπτουν συνολική έκταση ίση με 3,167 km² από τα 73,942 km² που αντιστοιχούν στο νησί της Σίφνου, δηλαδή οι υποψήφιες θέσεις προς χωροθέτηση αντιπροσωπεύουν περίπου το **4,28%** της υπό μελέτη περιοχής.



Χάρτης 6.7: Κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου (Ιδία Επεξεργασία).

6.2 Στάδιο 2: Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου

Κατά το δεύτερο στάδιο εφαρμογής της μεθοδολογίας πραγματοποιείται η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση Αιολικού Πάρκου που εκτιμήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και ιδιαιτέρως το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις ΑΠΕ.

Η αξιολόγηση της χωροθέτησης των ανεμογεννητριών αποτελεί ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα λήψεων αποφάσεων που διέπεται από ένα σύνολο διαφορετικών κριτηρίων. Προκειμένου να δοθεί λύση, και άρα να αντιμετωπιστεί επιτυχώς το συγκεκριμένο πολυκριτηριακό πρόβλημα, επιλέγεται η Ιεραρχική Αναλυτική Μέθοδος (Analytic Hierarchy Process – AHP).

Τα δεδομένα εισάγονται στο GIS και με την βοήθεια της πολυκριτηριακής μεθόδου που επιλέχθηκε, παρουσιάζεται με τη μορφή χαρτών η αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών χωροθέτησης.

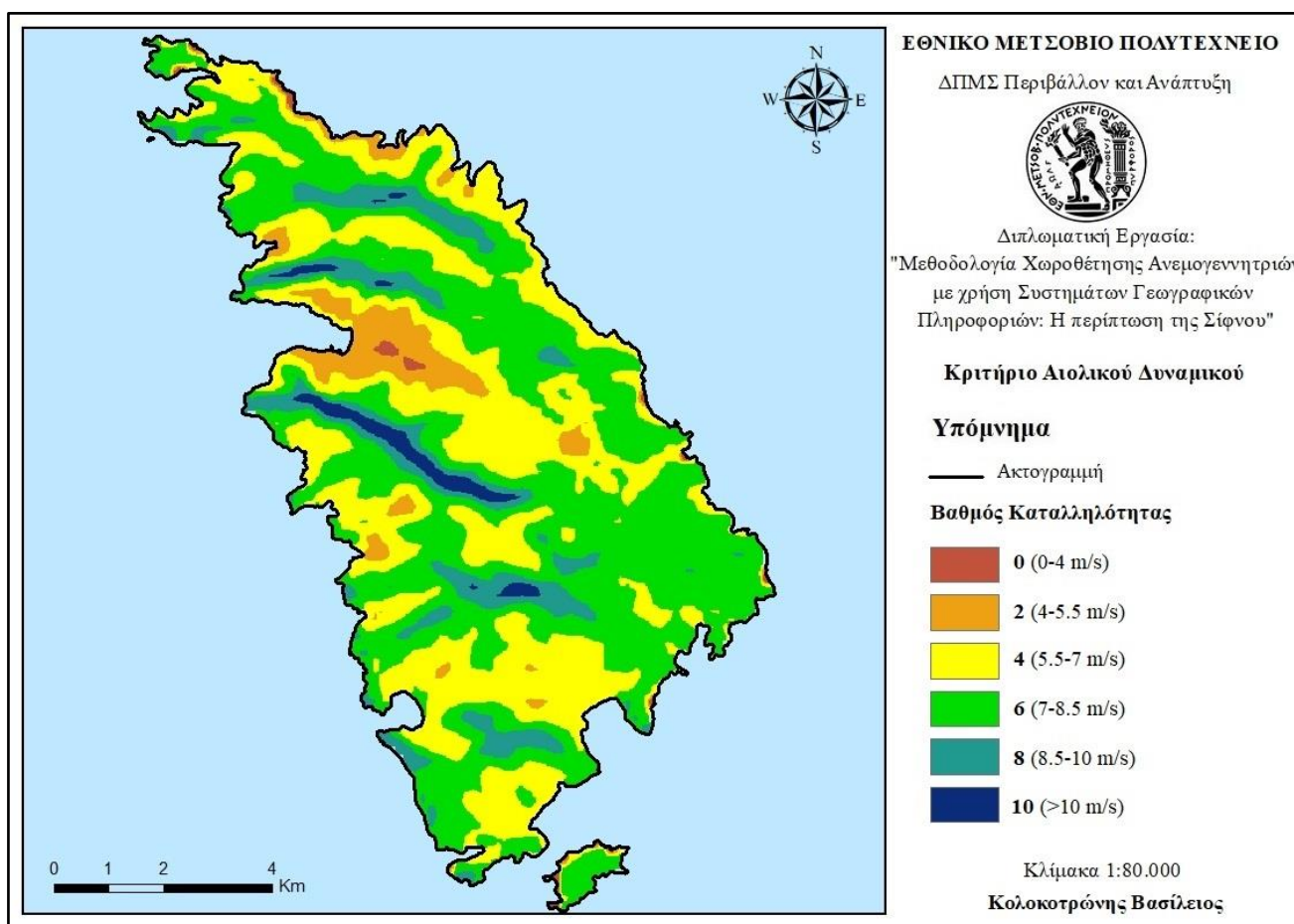
6.2.1 Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, στόχος της αξιολόγησης είναι η ιεράρχηση των νομοθετικά επιτρεπόμενων περιοχών για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών, με μια σειρά από δυναμικά κριτήρια (τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά), τα οποία πηγάζουν, από τη διεθνή βιβλιογραφία, διάφορες επιστημονικές μελέτες, καθώς και τις ιδιαιτερότητες της υπό μελέτη περιοχής. Για να μπορέσουν τα κριτήρια να συνδυαστούν σε ένα κοινό περιβάλλον ανάλυσης, επαναταξινομούνται σε μια κοινή κλίμακα με εύρος τιμών από το 0 έως το 10.

❖ Κριτήριο Αιολικού Δυναμικού

Το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την οικονομική αποδοτικότητα μιας αιολικής εγκατάστασης, καθώς καθορίζει το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας, και άρα αποτελεί αδιαμφισβήτητα έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιλογή της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου. Συνεπώς, οι βέλτιστες τοποθεσίες θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από υψηλό αιολικό δυναμικό, προκειμένου να διασφαλίζεται η όσο το δυνατόν υψηλότερη συγκέντρωση ισχύος και κατ' επέκταση η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης (Tegou et al., 2010).

Αξιοποιώντας τον χάρτη αιολικού δυναμικού της ΡΑΕ για ύψος 80m, πραγματοποιείται η επαναταξινόμηση του αιολικού δυναμικού της Σίφνου σε έξι κατηγορίες, όπως φαίνεται στον Χάρτη 6.8. Παρατηρώντας το χάρτη, εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από υψηλό αιολικό δυναμικό, ενώ οι περιοχές στις οποίες οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου κρίνονται ως ακατάλληλες (<4 m/s) καλύπτουν μόλις το 0,43% της υπό μελέτη περιοχής.



Χάρτης 6.8: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο του Αιολικού Δυναμικού.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.2, περίπου το 47% της έκτασης του Νησιού εμφανίζει ταχύτητα ανέμου μεταξύ 7-8.5 m/s, ενώ λίγο κάτω από το 10% της συνολικής του έκτασης έχει βαθμό καταλληλότητας 8, δηλαδή ταχύτητες ανέμου μεταξύ από 8.5-10 m/s. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκτάσεις με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας (10) βρίσκονται στα σημεία του νησιού όπου εντοπίζονται τα μεγαλύτερα υψόμετρα και ανήκουν σχεδόν εξ ολοκλήρου εντός του τόπου κοινοτικής σημασίας του δικτύου Natura 2000, συνεπώς δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για το υψηλό τους αιολικό δυναμικό.

Πίνακας 6.2: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο του Αιολικού Δυναμικού.

Μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου (m/s)	Βαθμός Καταλληλότητας	Ποσοστό Κάλυψης (%)
0 - 4	0	0,43
4 - 5.5	2	5,77
5.5 - 7.0	4	35,71
7.0 - 8.5	6	46,92
8.5 - 10	8	9,36
>10	10	1,82

❖ **Κριτήριο Κλίσεων Εδάφους**

Η επιλογή περιοχών με κατάλληλη γεωμορφολογία για τη χωροθέτηση μιας αιολικής εγκατάστασης δεν αναφέρεται στο Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο, ωστόσο λαμβάνεται υπόψη στην πλειοψηφία των μελετών χωροθέτησης αιολικών πάρκων ως κριτήριο αξιολόγησης.

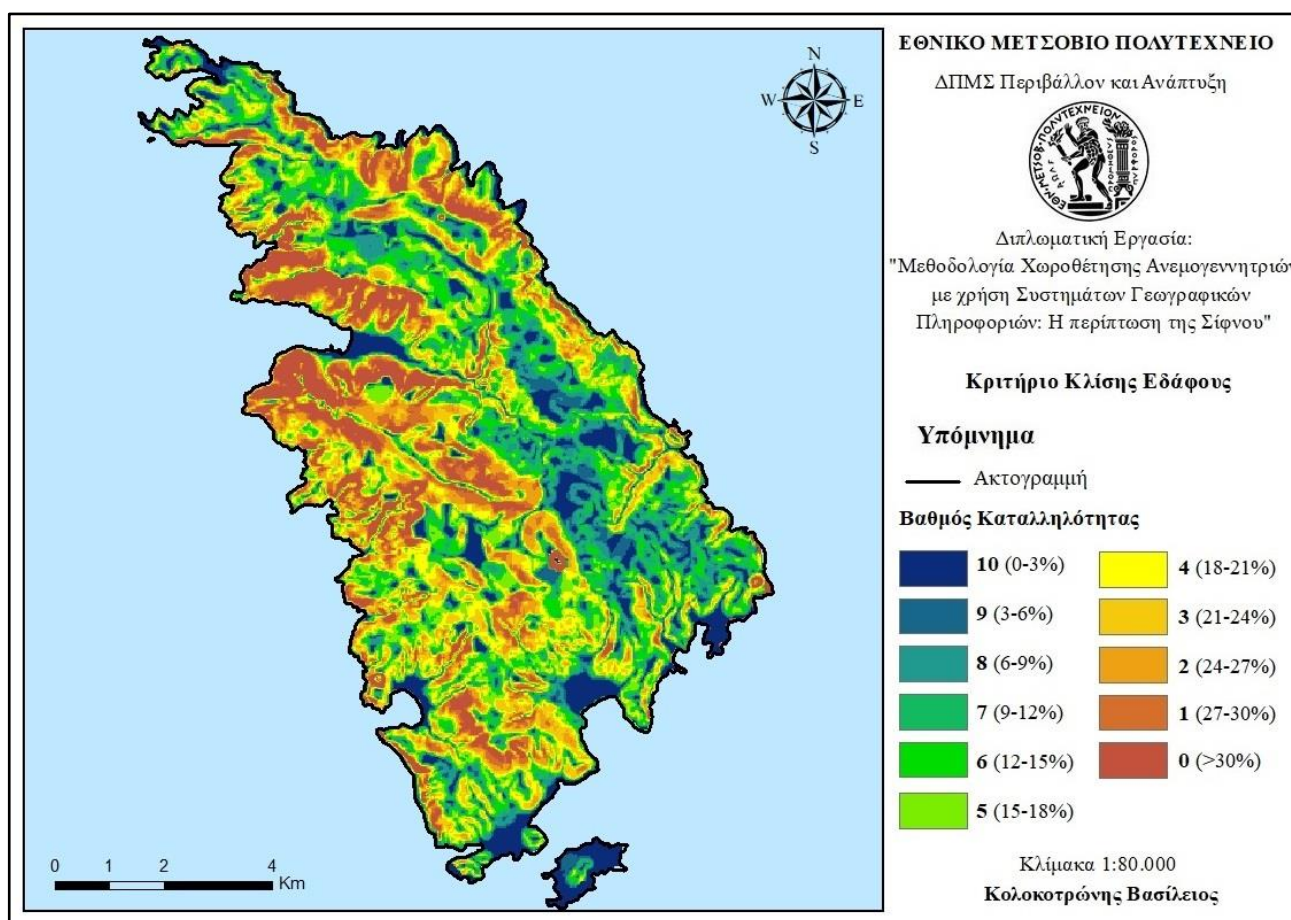
Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεγάλες εδαφικές κλίσεις παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα, τόσο στον τεχνικό, όσο και στον οικονομικό τομέα, αποτελώντας έτσι προβληματικές ζώνες χωροθέτησης. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τις δυσκολίες πρόσβασης του οδικού δικτύου για την κατασκευή αλλά και τη συντήρηση του αιολικού πάρκου, στις περιοχές αυτές απαιτείται εξομάλυνση του εδάφους μέσω εκτεταμένων χωματουργικών εργασιών αυξάνοντας σημαντικά το κόστος κατασκευής του έργου.

Έτσι λοιπόν, οι περιοχές με τις μικρότερες κλίσεις εδάφους λαμβάνουν το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας, ενώ όσο αυξάνεται η κλίση ο βαθμός καταλληλότητας μειώνεται. Στην βιβλιογραφία (Tegou et al., 2010; Hofer et al., 2014; Szurek et al., 2014; Latinopoulos & Kechagia, 2015; Panagiotidou et al., 2016; Villacreses et al., 2017) συναντάται ένα μεγάλο εύρος προτεινόμενης κλίσης που κυμαίνεται από τιμές με ανώτερο όριο κλίσης 10% έως και 30%. Για την παρούσα μελέτη, θεωρείται ως ανώτατο όριο ή αλλιώς μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση το ποσοστό της τάξης του 30% και άρα οι περιοχές με μεγαλύτερες κλίσεις χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλες και λαμβάνουν τη μικρότερη βαθμολογία, δηλαδή το 0. Αντίθετα, οι περιοχές με κλίση από 0-3%, δηλαδή σχεδόν επίπεδες, λαμβάνουν την υψηλότερη βαθμολογία (10).

Αναλυτικά, ζώνες εδαφικών κλίσεων της Σίφνου, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3, καθώς και στον Χάρτη 6.9

Πίνακας 6.3: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο των Εδαφικών Κλίσεων.

Κλίση Εδάφους (%)	Βαθμός Καταλληλότητας	Ποσοστό Κάλυψης (%)
0-3	10	7,32
3-6	9	5,29
6-9	8	8,04
9-12	7	10,32
12-15	6	11,56
15-18	5	12,06
18-21	4	11,25
21-24	3	9,71
24-27	2	8,12
27-30	1	6,22
>30	0	10,11



Χάρτης 6.9: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο των εδαφικών κλίσεων (Ιδία επεξεργασία).

❖ Κριτήριο Απόστασης από το Οδικό Δίκτυο

Τόσο για την κατασκευή, όσο και για τη συντήρηση κάθε αιολικού πάρκου είναι απαραίτητη η σύνδεση του με το οδικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, οι ανεμογεννήτριες λόγω του μεγέθους αλλά και του σημαντικού τους βάρους, έχουν υψηλές τεχνικές προδιαγραφές σε ποιότητα οδοποιίας με απαιτήσεις ήπιων κλίσεων και επαρκούς πλάτους οδοστρώματος. Συνεπώς, όσο μικρότερη είναι η απόσταση που έχει μια υποψήφια θέση εγκατάστασης από τους υφιστάμενους οδικούς άξονες, τόσο μικρότερο θα είναι και το κόστος κατασκευής του τμήματος που υπολείπεται.

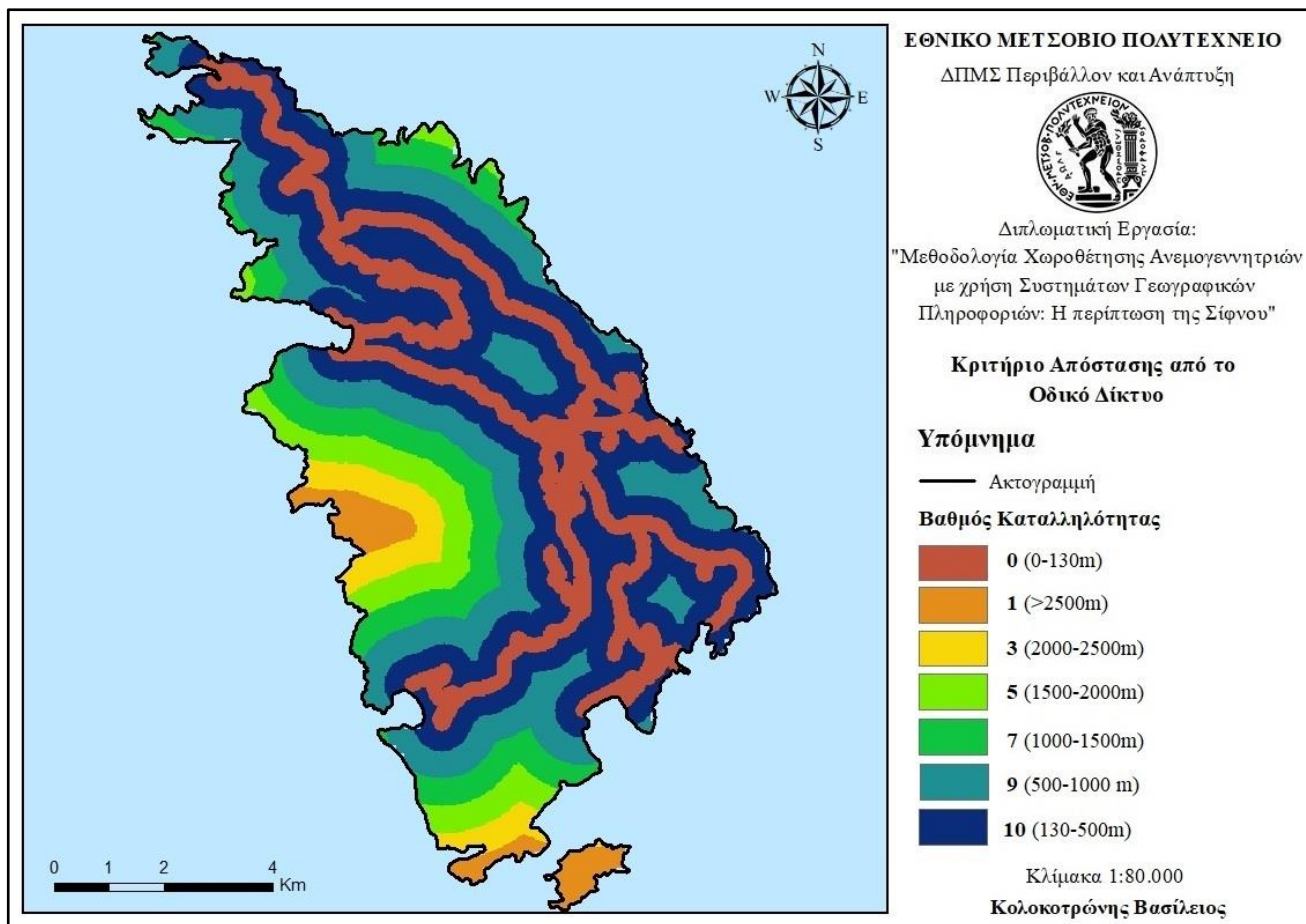
Τα αποτελέσματα της επαναταξινόμησης του θεματικού επιπέδου που περιλαμβάνει τις αποστάσεις από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο φαίνονται στον Πίνακα 6.4, καθώς και στον Χάρτη 6.10.

Πίνακας 6.4: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από το Οδικό Δίκτυο.

Απόσταση από το οδικό δίκτυο (m)	Βαθμός Καταλληλότητας	Ποσοστό Κάλυψης (%)
0-130	0	19,67
130-500	10	33,56
500-1000	9	21,52
1000-1500	7	11,41
1500-2000	5	6,98
2000-2500	3	4,24
>2500	1	2,61

Η απόσταση από το οδικό δίκτυο, πέρα από τεχνοοικονομικό κριτήριο αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκε και ως κριτήριο αποκλεισμού χωροθέτησης, καθώς σύμφωνα με τη νομοθεσία οι περιοχές που απέχουν λιγότερο από $1,5 \cdot D$ πρέπει να αποκλείονται για λόγους ασφαλείας. Στην υπό μελέτη περιοχή, οι εκτάσεις που βρίσκονται γύρω από το οδικό δίκτυο, σε απόσταση μικρότερη των 130 m, καταλαμβάνουν περίπου το 20% της έκτασης του νησιού και ο βαθμός καταλληλότητας που παίρνουν είναι 0.

Αντίθετα, οι περιοχές που παίρνουν τον μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας, απέχουν 130-500 m από τους υφιστάμενους οδικούς άξονες και καταλαμβάνουν λίγο πάνω από το 33% της έκτασης του νησιού.

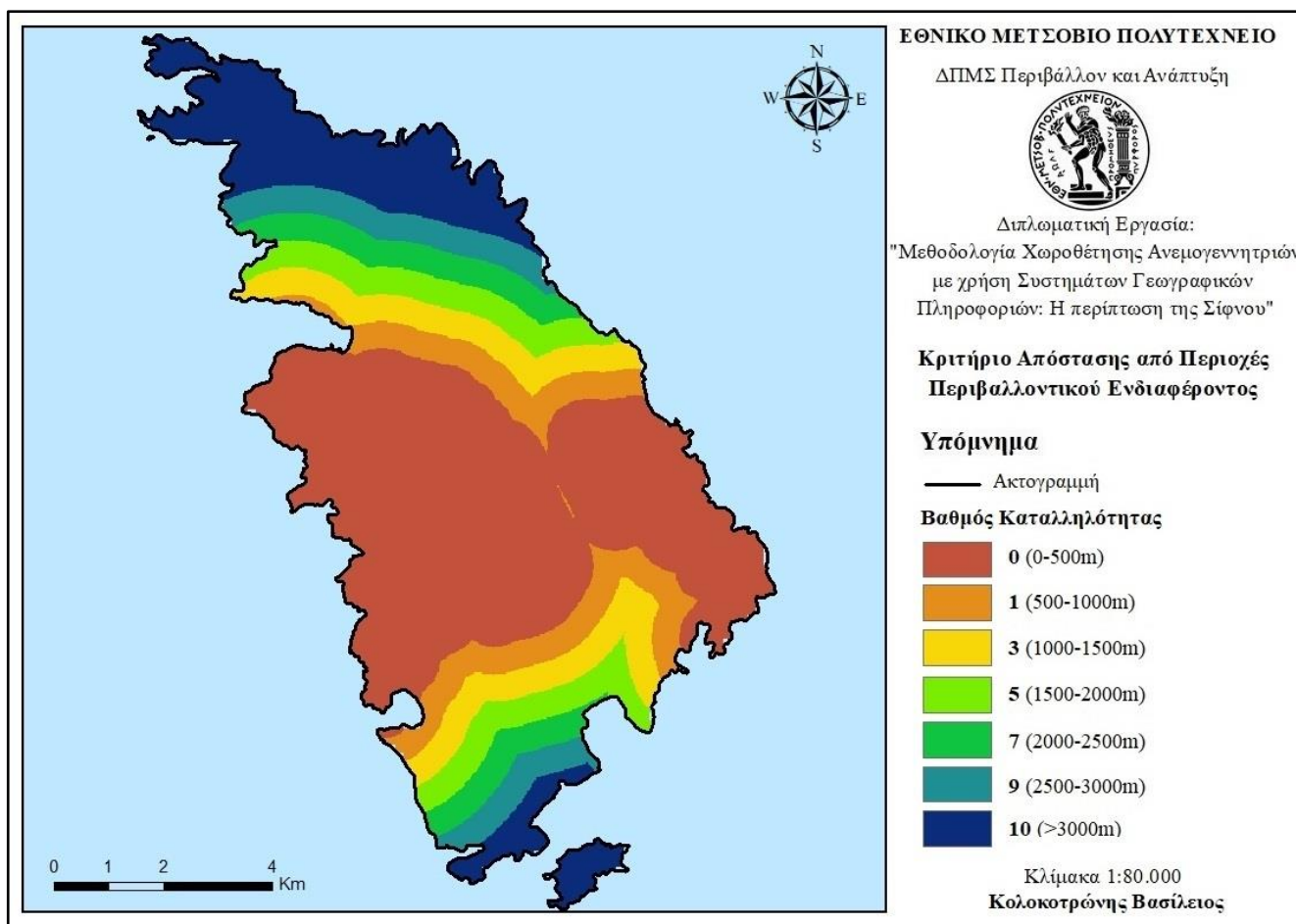


Χάρτης 6.10: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για την απόσταση από το οδικό δίκτυο.

❖ **Κριτήριο Απόστασης από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος**

Το συγκεκριμένο περιβαλλοντικό κριτήριο σχετίζεται με τις πιέσεις που δέχεται η βιοποικιλότητα λόγω των αιολικών εγκαταστάσεων και έχει να κάνει με την απώλεια της χλωρίδας αλλά και της πανίδας και άρα η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αποστάσεων από θεσμοθετημένες περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος θεωρείται πολύ σημαντική.

Στις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος εντάσσονται τα δύο Καταφύγια Άγριας Ζωής καθώς και ο Τόπος Κοινοτικής Σημασίας του δικτύου NATURA 2000 του νησιού. Οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 500 m, κρίνονται ακατάλληλες στην παρούσα μελέτη και λαμβάνουν τη μικρότερη βαθμολογία, ενώ καλύτερες αποστάσεις θεωρούνται αυτές που βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο μακριά από τις περιοχές ενδιαφέροντος. Τα αποτελέσματα της επαναταξινόμησης του θεματικού επιπέδου που περιλαμβάνει τις αποστάσεις από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο φαίνονται Πίνακα 6.5, καθώς και στον Χάρτη 6.11.



Χάρτης 6. 11: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (Ίδια επεξεργασία).

Τα στοιχεία ξεκάθαρα φανερώνουν την περιβαλλοντική σημασία που κατέχει το νησί της Σίφνου, καθώς λίγο πάνω από το 44% της συνολικής του έκτασης βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 500 m από περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος.

Πίνακας 6.5: Βαθμοί Καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τις Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος.

Απόσταση από τις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (m)	Βαθμός Καταλληλότητας	Ποσοστό Κάλυψης
0-500	0	44,52
500-1000	1	9,88
1000-1500	3	9,98
1500-2000	5	8,17
2000-2500	7	6,53
2500-3000	9	6,17
>2500	10	14,75

❖ Κριτήριο Οπτικής Όγλησης

Ο σημαντικότερος παράγοντας στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι οι επιπτώσεις που έχουν οι Ανεμογεννήτριες στο τοπίο. Η αισθητική των ανεμογεννητριών, αποτελεί πολύ συχνά το μεγαλύτερο εμπόδιο στη χωροθέτηση τους, δεδομένου ότι μέρος της κοινής γνώμης είναι αρνητικά διακείμενη. Η αντίδραση της τοπικής κοινωνίας στη χωροθέτηση τέτοιων εγκαταστάσεων δεν αποτελεί μονάχα συνάρτηση της εγγύτητας, αλλά αποτελεί κυρίως συνάρτηση του βαθμού ορατότητας.

Επομένως, η κοινωνική αποδοχή μιας εγκατάστασης εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας εξαρτάται κυρίως από τη μη οπτική παρεμβολή της από τα σημεία «ιδιαίτερου ενδιαφέροντος». Ως σημεία «ιδιαίτερου ενδιαφέροντος», σύμφωνα με τη νομοθεσία θεωρούνται τα εξής (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008):

- Το πλησιέστερο όριο των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων της παρ.5 εδάφιο ββ) του άρθρου 50 του Ν. 3028/02
- Το πλησιέστερο όριο ζώνης απολύτου προστασίας (ζώνη Α') λοιπών αρχαιολογικών χώρων
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους των παρ. 3 και 4 του άρθρου 19 του Ν. 1650/86
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού
- Τα πλησιέστερα όρια πόλεων ή οικισμών
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής, τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, ως σημεία ενδιαφέροντος λήφθηκαν υπόψη οι θεσμοθετημένοι παραδοσιακοί οικισμοί, οι λοιποί μη παραδοσιακοί οικισμοί, καθώς και οι αρχαιολογικοί χώροι που εντοπίζονται στην υπό μελέτη περιοχή. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της οπτικής όγλησης των «σημείων ενδιαφέροντος», έγινε με βάση τα ακόλουθα βήματα:

- Αρχικά έγινε χρήση του εργαλείου Viewshed για όλα τα σημεία των οικισμών και των αρχαιολογικών χώρων του νησιού, με σκοπό να εντοπιστούν τόσο οι

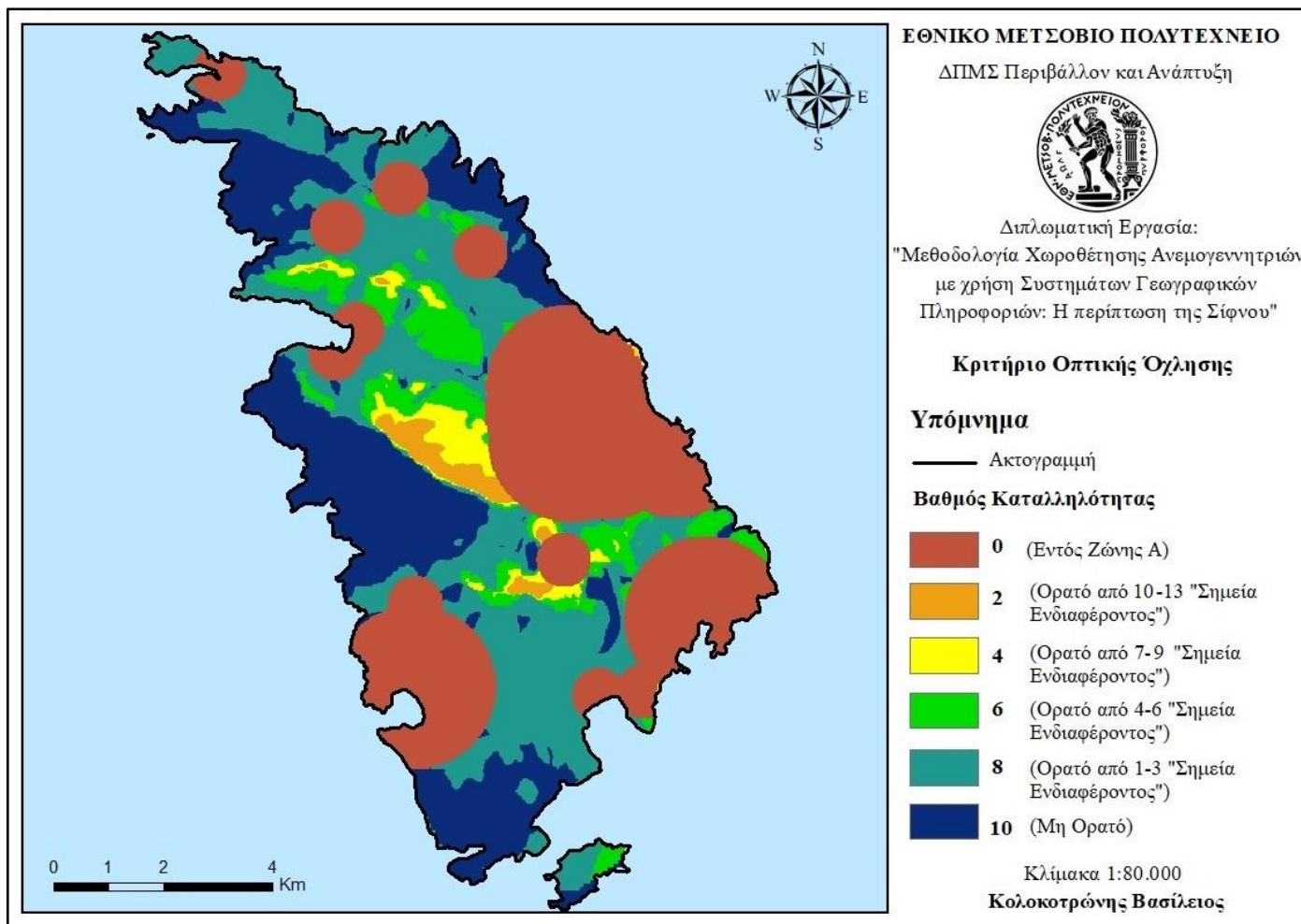
περιοχές εκείνες οι οποίες δεν είναι ορατές από αυτά, όσο και οι περιοχές οι οποίες είναι ορατές. Οι ορατές περιοχές λαμβάνουν ένα εύρος τιμών από 1 έως 9, ανάλογα με τον αριθμό των σημείων ενδιαφέροντος από τα οποία είναι ορατές, ενώ οι μη ορατές περιοχές λαμβάνουν την τιμή 10.

- Ακολούθως, δημιουργήθηκαν οι ζώνες επιρροής για κάθε μια από τις τρεις (3) κατηγορίες «σημείων ενδιαφέροντος», σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία για τη ζώνη Α, που χαρακτηρίζεται ως ζώνη αποκλεισμού. Οι ζώνες μετατράπηκαν σε ψηφιδωτή μορφή και αποδίδεται η τιμή 0 στις περιοχές που βρίσκονται εντός των ζωνών αποκλεισμού και 1 στην υπόλοιπη περιοχή.
- Τέλος, προστέθηκε το θεματικό επίπεδο της Viewshed Analysis του πρώτου βήματος με το επίπεδο των ζωνών επιρροής του δεύτερου βήματος. Από τη διαδικασία αυτή παράγεται ένα νέο επίπεδο, το οποίο αναταξινομείται δίνοντας την τιμή 0 στις περιοχές που αποτελούν τη ζώνη Α, τις τιμές 2,4,6,8 για της περιοχές έξω από τη ζώνη αποκλεισμού που χαρακτηρίζονται ως ορατές, ανάλογα με τον αριθμό των σημείων που είναι ορατά, και τέλος η τιμή 10 για τις περιοχές που δεν είναι ορατές από τα «σημεία ενδιαφέροντος».

Το αποτέλεσμα της επαναταξινόμησης του θεματικού επιπέδου της οπτικής όχλησης παρουσιάζονται τόσο στον Πίνακα 6.6, όσο και στον Χάρτη 6.12.

Πίνακας 6.6: Βαθμοί καταλληλότητας για την οπτική όχληση οικισμών.

Οπτική Όχληση	Βαθμός Καταλληλότητας	Ποσοστό Κάλυψης (%)
Ζώνη Α (Ζώνη Αποκλεισμού)	0	36,24
Εκτός Ζώνης Α – Ορατό από 10-13 «Σημεία Ενδιαφέροντος»	2	1,92
Εκτός Ζώνης Α – Ορατό από 7-9 «Σημεία Ενδιαφέροντος»	4	2,76
Εκτός Ζώνης Α – Ορατό από 4-6 «Σημεία Ενδιαφέροντος»	6	7,44
Εκτός Ζώνης Α – Ορατό από 1-3 «Σημεία Ενδιαφέροντος»	8	27,44
Εκτός Ζώνης Α – Μη Ορατό	10	24,20



Χάρτης 6.12: Χάρτης βαθμών καταλληλότητας για το κριτήριο της Οπτικής Όχλησης (Ίδια επεξεργασία).

6.2.2 Καθορισμός Βαρύτητας-Επιρροής Κριτηρίων Αξιολόγησης

Η υπό μελέτη περιοχή αποτελεί έναν διάσημο τουριστικό προορισμό των Κυκλάδων, στις οποίες η νοοτροπία των τοπικών κοινωνιών ότι η αιολική ενέργεια συγκρούεται με την τουριστική ανάπτυξη και την αισθητική του τοπίου, έχουν φέρει σε σύγκρουση πολίτες και επενδυτές, αρκετές φορές τα τελευταία χρόνια. Επομένως, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, δημιουργήθηκε ένα σενάριο το οποίο δεν εστιάζει εξ' ολοκλήρου στην οικονομική αποδοτικότητα του έργου, αλλά αντιθέτως δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην αποδοχή του από την τοπική κοινωνία.

Για τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης, έγινε χρήση της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας. Η βαθμολόγηση των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη, τόσο τις ιδιαιτερότητες της υπό μελέτη περιοχής, όσο και αντίστοιχες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας (Tegou et al., 2010;

Watson & Hudson, 2015; Latinopoulos & Kechagia, 2015; Hofer et al., 2016; Derdouri & Murayama, 2018; Bertsiou et al., 2020; Ifkirne et al., 2022).

Από τον Πίνακα 6.7 και τη δυαδική σύγκριση των κριτηρίων, προκύπτει ότι το κριτήριο του αιολικού δυναμικού κρίνεται ως ελάχιστα πιο σημαντικό (2) από το κριτήριο της οπτικής όχλησης, αλλά και ασθενώς πιο σημαντικό (3) από το κριτήριο της απόστασης από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον, προκύπτει ότι είναι πιο σημαντικό (5) από την απόσταση από το οδικό δίκτυο, καθώς και πολύ πιο σημαντικό (7) από τις εδαφικές κλίσεις.

Πίνακας 6.7: Ανά ζεύγη συγκρίσεις κριτηρίων αξιολόγησης (Ιδία επεξεργασία).

Πίνακας Συγκρίσεων ΑHP					
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	7	5	3	2
K2	1/7	1	1/3	1/5	1/6
K3	1/5	3	1	1/2	1/3
K4	1/3	5	2	1	1/2
K5	1/2	6	3	2	1
Άθροισμα	2,176	22,000	11,333	6,700	4,000
<p>K1: Αιολικό Δυναμικό, K2: Εδαφικές Κλίσεις, K3: Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, K5: Οπτική Όχληση</p>					

Για τον υπολογισμό των προτεραιοτήτων κάθε κριτηρίου, αθροίζεται ξεχωριστά η κάθε στήλη του παραπάνω πίνακα και στη συνέχεια, κάθε στοιχείο του διαιρείται με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης στην οποία βρίσκεται. Έτσι προκύπτει ο Πίνακας 6.8. Στην τελευταία στήλη αυτού, υπολογίζεται ο μέσος όρος κάθε γραμμής, ο οποίος αποτελεί την προτεραιότητα του κάθε κριτηρίου. Όπως παρατηρούμε, μεγαλύτερη βαρύτητα έχει το αιολικό δυναμικό (0,433), ακολουθούν το κριτήριο της οπτικής όχλησης (0,263), η απόσταση από τις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (0,166), η απόσταση από το οδικό δίκτυο (0,095) και τέλος το κριτήριο των εδαφικών κλίσεων (0,042).

Πίνακας 6.8: Βάρη κριτηρίων αξιολόγησης (Ιδία επεξεργασία).

Ανά Ζεύγη Συγκρίσεις Κριτηρίων Αξιολόγησης						
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5	Βάρη
K1	0,444	0,316	0,387	0,444	0,496	0,433
K2	0,074	0,053	0,032	0,037	0,050	0,042
K3	0,111	0,158	0,097	0,074	0,083	0,095
K4	0,148	0,211	0,194	0,148	0,124	0,166
K5	0,222	0,263	0,290	0,296	0,248	0,263
K1: Αιολικό Δυναμικό, K2: Εδαφικές Κλίσεις, K3: Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, K5: Οπτική Όχληση						
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			$\lambda_{\max} = 5,118$	CI = 0,029	CR = 0,026	

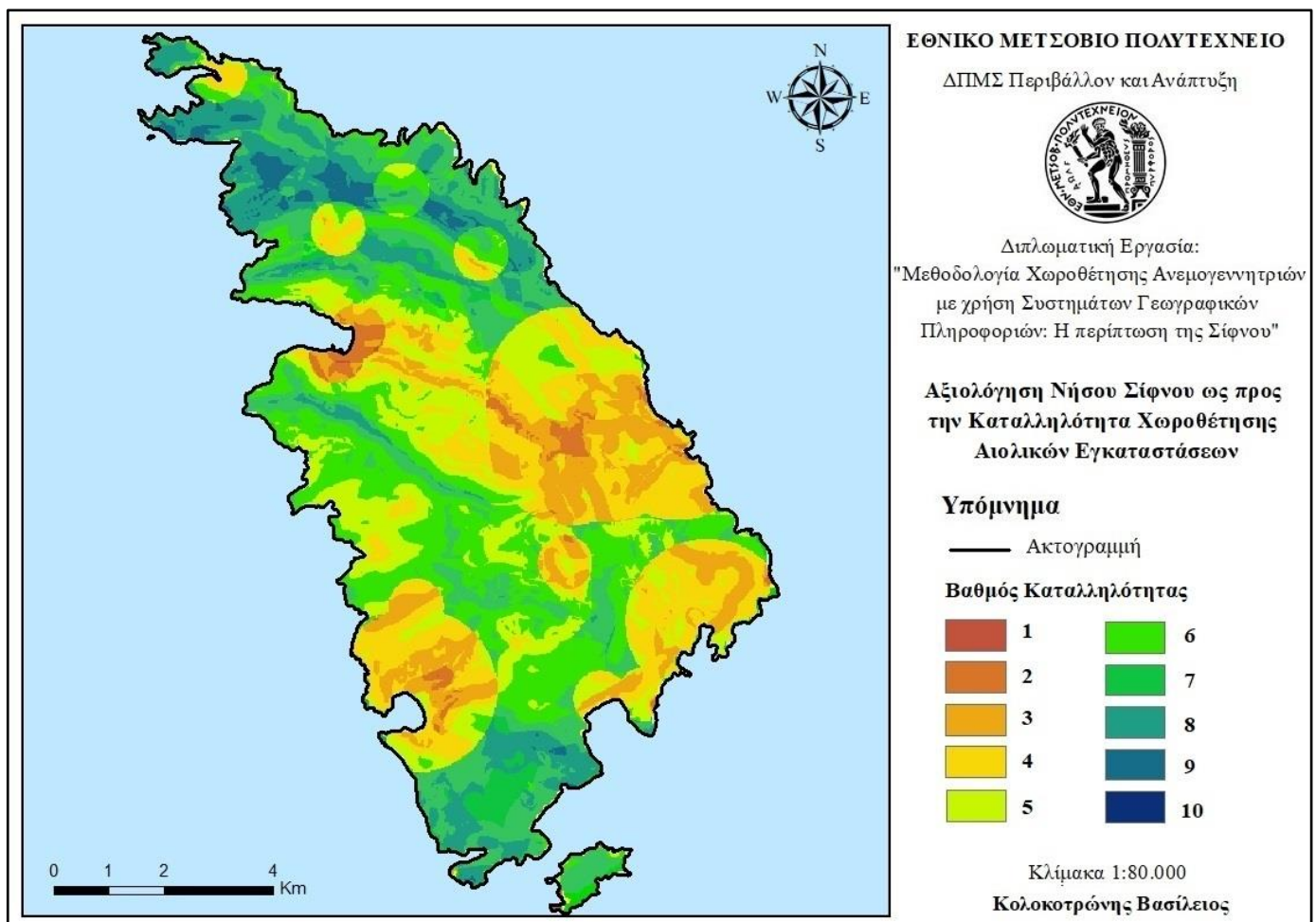
Προκειμένου να υπολογιστεί η αντικειμενικότητα των παραπάνω συγκρίσεων, κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος ασυνέπειας. Προκύπτει ότι η ιδιοτιμή λ_{\max} του πίνακα ισούται με 5,118 και ακολουθούν οι υπολογισμοί του δείκτη συνέπειας (CI) και του λόγου συνέπειας (CR).

- $CI = (\lambda_{\max} - n) / ((n - 1) * n) = (5,118 - 5) / (4 * 5) = 0,033$ όπου n ο αριθμός των κριτηρίων που λήφθηκαν υπόψη, δηλαδή 5
- $CR = CI / RI = 0,033 / 1,2 = 0,029$ όπου σύμφωνα με τον πίνακα τυχαίου δείκτη συνέπειας του Saaty, ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας για 5 κριτήρια είναι ίσος με 1,2.

Επομένως, αφού ο λόγος συνέπειας CR είναι ίσος με 0,029 και κατά' επέκταση είναι μικρότερος του 0,1, σύμφωνα με τον Saaty, η δυαδική σύγκριση μεταξύ των κριτηρίων κρίνεται ως αντικειμενική.

6.2.3 Εκτίμηση Καταλληλότητας περιοχών

Η εκτίμηση της καταλληλότητας των επιτρεπόμενων περιοχών ως προς τη δυνατότητα εγκατάστασης αιολικών μονάδων, πραγματοποιείται με την εφαρμογή απλού σταθμισμένου αθροίσματος (Weighted Sum). Για κάθε θεματικό επίπεδο, αρχικά εισάγεται ο συντελεστής βαρύτητας που προέκυψε από την ΑΗΡ και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι κλάσεις του κάθε κριτηρίου αξιολόγησης έχουν ήδη ιεραρχηθεί και βαθμονομηθεί σε μια κοινή κλίμακα αξιολόγησης, γίνεται εκτέλεση της εντολής **Weighted Sum** της επέκτασης **Spatial Analyst** του ArcMap σε ένα ενιαίο επίπεδο. Τέλος, το θεματικό επίπεδο της αξιολόγησης των περιοχών χωροθέτησης που προκύπτει, αναταξινομείται έτσι ώστε να περιλαμβάνει 10 κλάσεις (Χάρτης 6.13).



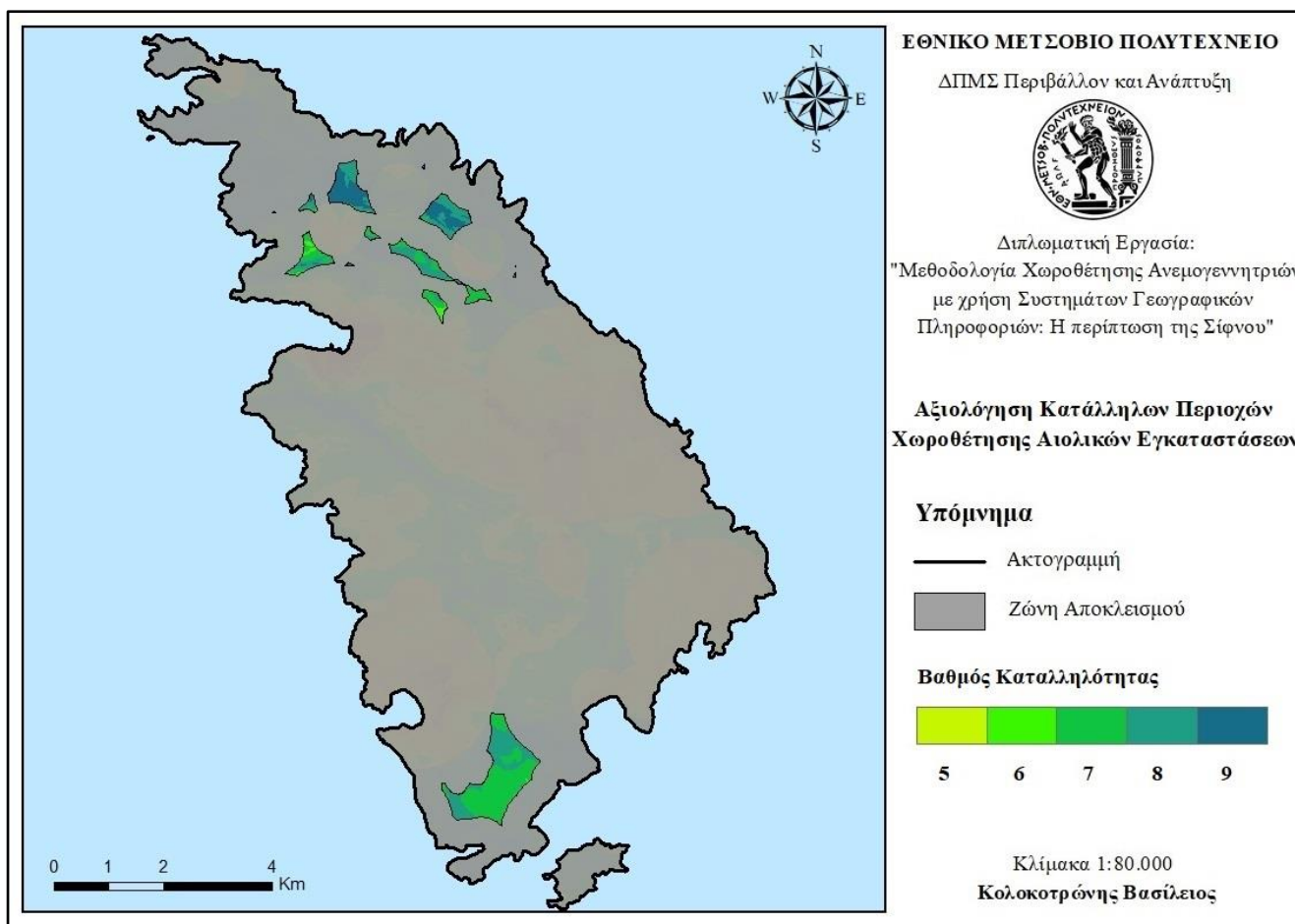
Χάρτης 6.13: Αξιολόγηση νήσου Σίφνου ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (Ιδία επεξεργασία).

Στο αναταξινομημένο θεματικό επίπεδο που προκύπτει, το οποίο χαρακτηρίζεται από εύρος τιμών καταλληλότητας μεταξύ 0.294 και 8.99, εντοπίζονται περιοχές με βαθμούς καταλληλότητας από 1 μέχρι και 9. Αντιθέτως, εντός της υπό μελέτη περιοχής, δεν εντοπίζονται περιοχές με τον μέγιστο βαθμό καταλληλότητας, δηλαδή 10. Αναλυτικά, η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία καταλληλότητας παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9: Κατανομή εκτάσεων Σίφνου ως προς την καταλληλότητα χωροθέτησης Αιολικών Εγκαταστάσεων.

Κλάση	Βαθμός Καταλληλότητας	Έκταση (km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)
1	0.00-1.00	0,02	0,03
2	1.01-2.00	1,39	1,85
3	2.01-3.00	8,36	11,14
4	3.01-4.00	13,70	18,26
5	4.01-5.00	12,77	17,03
6	5.01-6.00	15,41	20,54
7	6.01-7.00	13,72	18,29
8	7.01-8.00	8,15	10,86
9	8.01-9.00	1,50	2,00
10	9.01-10.0	0,00	0,00

Για να προκύψει το τελικό προϊόν της μελέτης μένει να αφαιρεθούν οι περιοχές αποκλεισμού που εκτιμήθηκαν στην **Ενότητα 6.1**. Έτσι έγινε χρήση του εργαλείου **Extract by Mask**, μέσω του οποίου απορρίπτονται οι περιοχές οι οποίες δεν εντάσσονται στις κατάλληλες περιοχές του 1^{ου} Σταδίου και το αποτέλεσμα αποτυπώνεται στον Χάρτη 6.14.



Χάρτης 6.14: Βαθμός Καταλληλότητας επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης Α/Γ.

Τα αποτελέσματα σε ποσοτικούς όρους παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.10. Παρατηρώντας τα ποσοστά των επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης Α/Γ του νησιού, ανά κατηγορία καταλληλότητας, προκύπτει ότι από τα συνολικά 3,16 km², το 45,7% (1,45 km²) χαρακτηρίζεται από μέτρια καταλληλότητα, ενώ το υπόλοιπο 54,3% (1,72 km²) χαρακτηρίζεται από υψηλή καταλληλότητα.

Πίνακας 6.10: Αξιολόγηση επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων

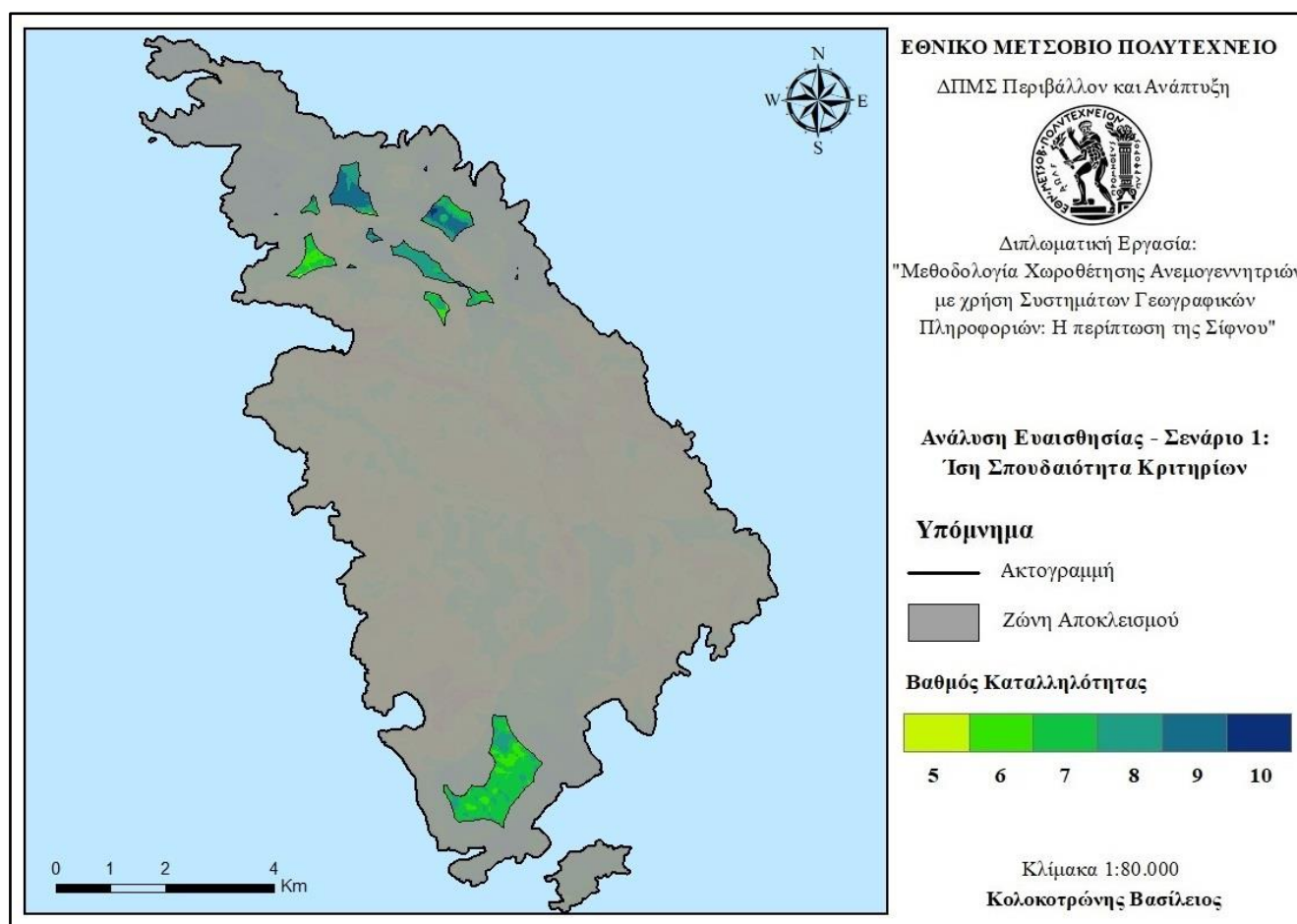
Βαθμός Καταλληλότητας		Εύρος τιμών καταλληλότητας	Έκταση (km ²)	Ποσοστό Έκτασης (%)
Μέτρια	5	4,01-5,00	0,002	0,06
	6	5,01-6,00	0,07	2,29
	7	6,01-7,00	1,37	43,39
Υψηλή	8	7,01-8,00	1,24	39,14
	9	8,01-9,00	0,48	15,12
Σύνολο			3,16	100

6.2.4 Ανάλυση Ευαισθησίας

Το τελικό βήμα για την ολοκλήρωση της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η εφαρμογή μιας ανάλυσης ευαισθησίας, με σκοπό να προσδιοριστεί το κατά πόσο είναι σταθερά τα αποτελέσματα στην μεταβολή της βαρύτητας των κριτηρίων. Έτσι στην παρούσα μελέτη έγινε ανάλυση ευαισθησίας με βάση 3 σενάρια. Τα αποτελέσματα των σεναρίων παρουσιάζονται με βάση τους **Χάρτες 6.15, 6.16, 6.17**, καθώς και τον **Πίνακα 6.11** και αφορούν τα πολύγωνα στα οποία επιτρέπεται η χωροθέτηση ανεμογεννητριών.

❖ Σενάριο 1: Ισοβαρείς συντελεστές

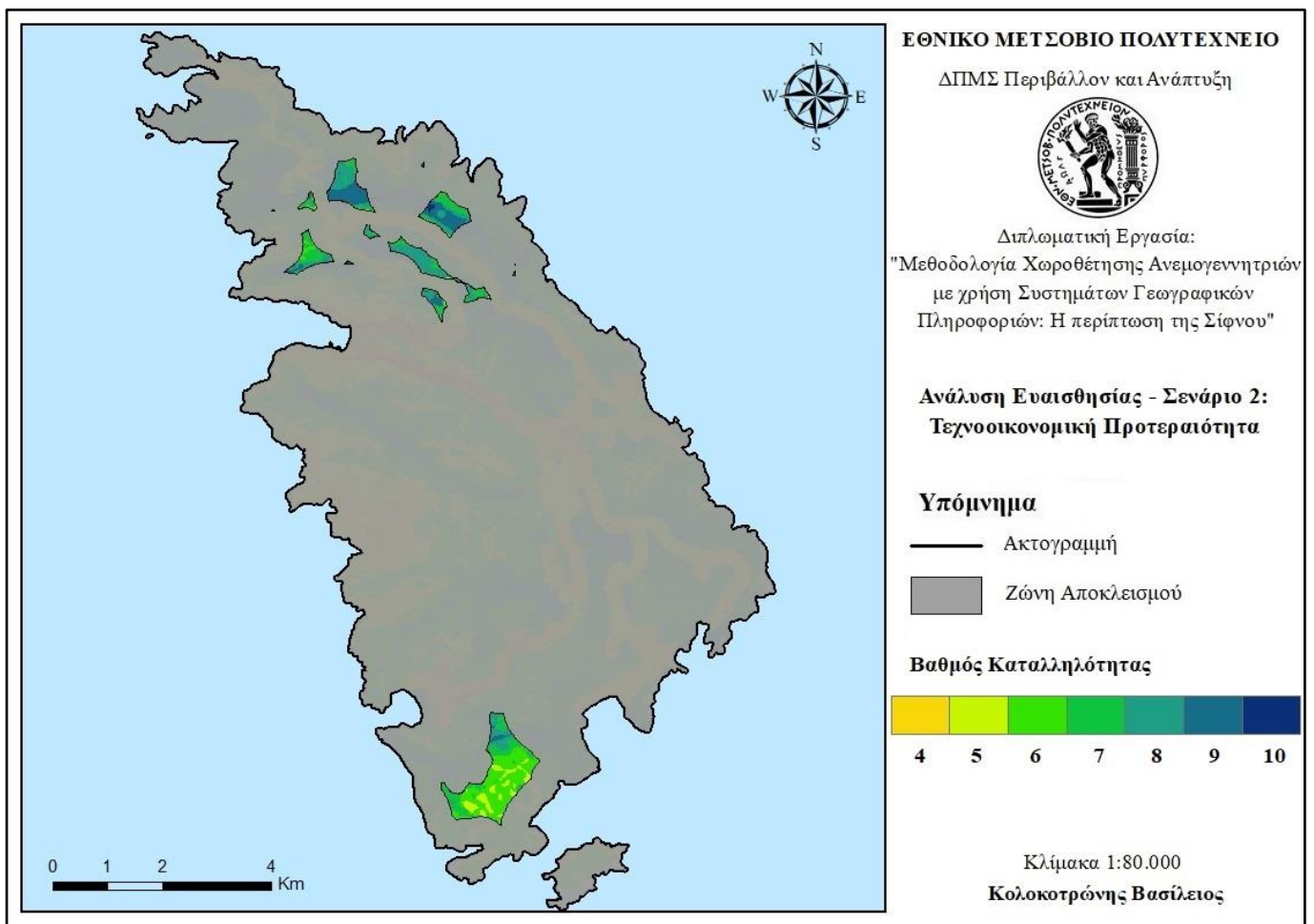
Στο πρώτο σενάριο θεωρούμε ότι όλα τα κριτήρια αξιολόγησης έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή συμβάλλουν στον ίδιο βαθμό σε ότι αφορά την εκτίμηση της καταλληλότητας των προτεινόμενων τοποθεσιών για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών. Επομένως, ο συντελεστής βαρύτητας για κάθε ένα κριτήριο είναι 0.2.



Χάρτης 6.15: Ανάλυση Ευαισθησίας-Ισοβαρείς Συντελεστές (Σενάριο 1).

❖ Σενάριο 2: Μεγαλύτερη βαρύτητα στα τεχνικά-οικονομικά κριτήρια

Στο δεύτερο σενάριο τα τεχνικά και οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης λαμβάνουν μεγαλύτερη σπουδαιότητα σε σύγκριση με τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα μεγαλύτερη επιρροή έχουν το αιολικό δυναμικό (44,5%), η απόσταση από το οδικό δίκτυο (27,1%) και οι εδαφικές κλίσεις (17,7%). Αντιθέτως, τόσο το κριτήριο της απόστασης από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, όσο και το κριτήριο της οπτικής όχλησης, έχουν βαρύτητα ίση με 5,4%. Τα βάρη των κριτηρίων προκύπτουν με τη χρήση της ΑHP μέσω δυαδικών συγκρίσεων μεταξύ των κριτηρίων (Παράρτημα Β).

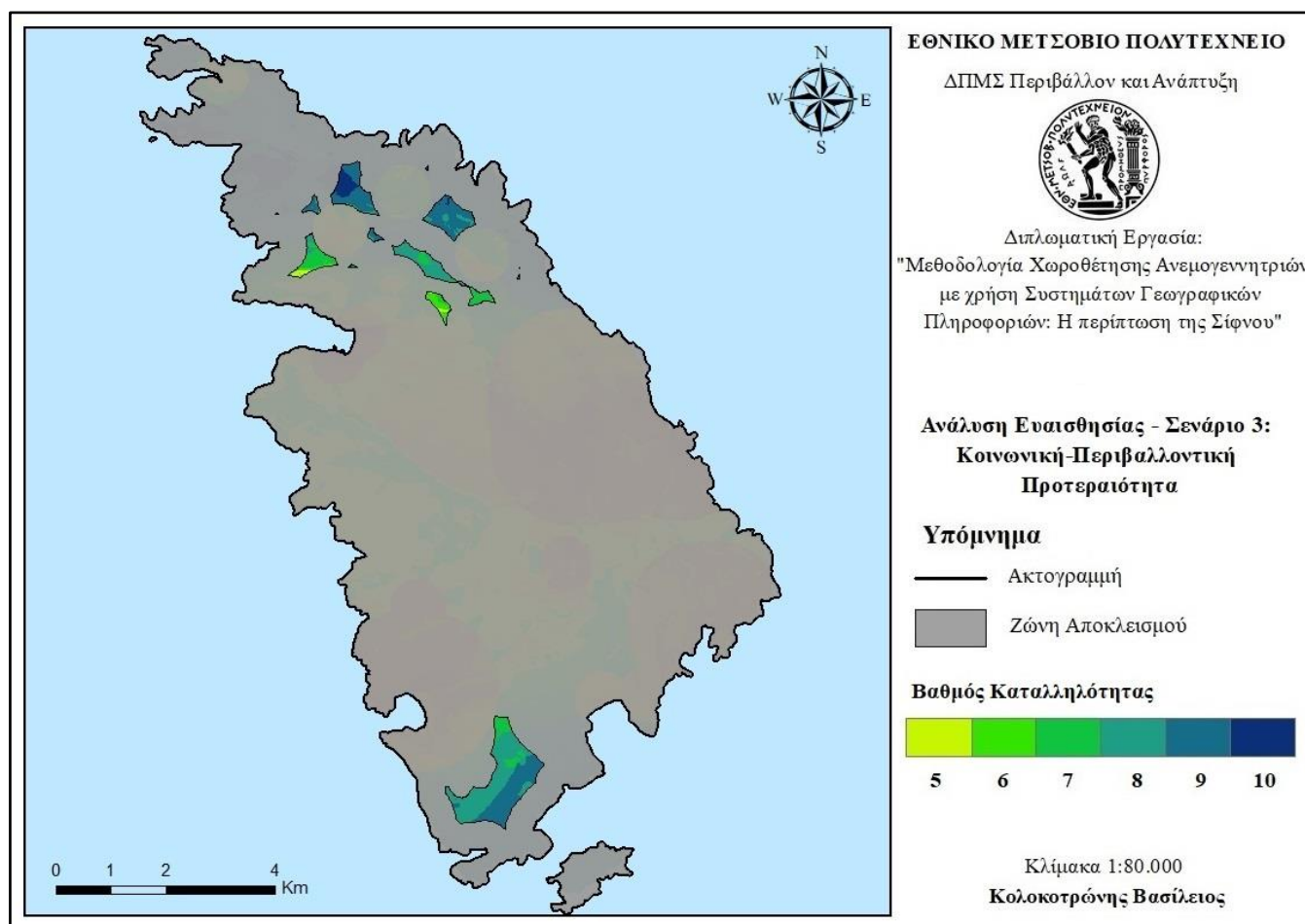


Χάρτης 6.16: Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 2: Τεχνοοικονομικό Σενάριο (2).

❖ Σενάριο 3: Μεγαλύτερη βαρύτητα στα κοινωνικά-περιβαλλοντικά κριτήρια

Στο τρίτο σενάριο τα κοινωνικά (Οπτική Όχληση) και περιβαλλοντικά κριτήρια (Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος) θεωρούνται ισοδύναμα και έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα, 36,8% έκαστος, στο τελικό αποτέλεσμα.

Ακολουθεί το κριτήριο του αιολικού δυναμικού (13,4%), το κριτήριο της απόστασης από το οδικό δίκτυο (8,6%) και τέλος το κριτήριο των εδαφικών κλίσεων (4,4%). Τα βάρη των κριτηρίων προκύπτουν με τη χρήση της ΑHP μέσω δυαδικών συγκρίσεων μεταξύ των κριτηρίων (**Παράρτημα Β**).



Χάρτης 6.17: Ανάλυση Ευαισθησίας – Κοινωνικό-Περιβαλλοντικό Σενάριο (3).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας συνοψίζονται στον Πίνακα 6.11. Σύμφωνα με αυτά, προκύπτει ότι η παρούσα μεθοδολογία είναι «ευαίσθητη» στα βάρη των κριτηρίων. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κριτήριο ξεχωριστά έχει σημαντική επιρροή στην αξιολόγηση της υπό μελέτη περιοχής, και άρα το επίπεδο καταλληλότητας για την εγκατάσταση Αιολικού Πάρκου είναι πλήρως εξαρτημένο από την βαρύτητα των κριτηρίων που λήφθηκαν υπόψη. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των κλάσεων των 3 σεναρίων ευαισθησίας.

Αρχικά λαμβάνοντας υπόψη ότι όλα τα κριτήρια έχουν την ίδια επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα (Σενάριο 1), παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο τμήμα των κατάλληλων

εκτάσεων (56%) χαρακτηρίζεται από μέτρια καταλληλότητα, ενώ το υπόλοιπο 43,2% χαρακτηρίζεται από υψηλή καταλληλότητα.

Στο τεχνοοικονομικό σενάριο (Σενάριο 2), παρατηρούμε παρόμοια ποσοστά με το σενάριο των ισοβαρών συντελεστών και πιο συγκεκριμένα το 58,5% των κατάλληλων εκτάσεων χαρακτηρίζεται από μέτρια καταλληλότητα, ενώ το υπόλοιπο 41,1% από υψηλή καταλληλότητα.

Τέλος, στο κοινωνικό-περιβαλλοντικό σενάριο (Σενάριο 3), παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων καθώς μόλις το 19,2% των κατάλληλων εκτάσεων χαρακτηρίζεται από μέτρια καταλληλότητα και αντίθετα το 76,3% από υψηλή καταλληλότητα. Συνεπώς, αν οι τεχνικοί παράγοντες επιλέγονταν να έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αξιολόγηση, θα προέκυπτε σημαντική μείωση των περιοχών υψηλής καταλληλότητας για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών.

Πίνακας 6.11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Σεναρίων Ανάλυσης Ευαισθησίας.

Βαθμός Καταλληλότητας		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
Χαμηλή	4	0	0	0,002	0,06	0	0
	5	0,01	0,45	0,21	6,57	0,04	1,34
	6	0,33	10,28	0,84	26,60	0,11	3,54
Μέτρια	7	1,44	45,68	0,80	25,32	0,45	14,29
	8	0,90	28,54	0,84	26,54	1,21	38,17
	9	0,46	14,67	0,46	14,60	1,21	38,15
Υψηλή	10	0,01	0,38	0,01	0,38	0,14	4,51
	Συνολική Έκταση Κατάλληλων Περιοχών		3,16	100,00	3,16	100,00	3,16

6.3 Στάδιο 3: Ανάδειξη Βέλτιστων Περιοχών Χωροθέτησης – Επιλογή Τελικής Θέσης Εγκατάστασης

Με την ολοκλήρωση του 2^{ου} Σταδίου της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, έχει προσδιοριστεί ο βαθμός καταλληλότητας των επιτρεπόμενων περιοχών χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων της υπό μελέτη περιοχής. Επομένως καθίσταται εφικτή, τόσο η ανάδειξη των πλέον βιώσιμων περιοχών χωροθέτησης, όσο και η τελική επιλογή της προτεινόμενης θέσης εγκατάστασης του αιολικού σταθμού.

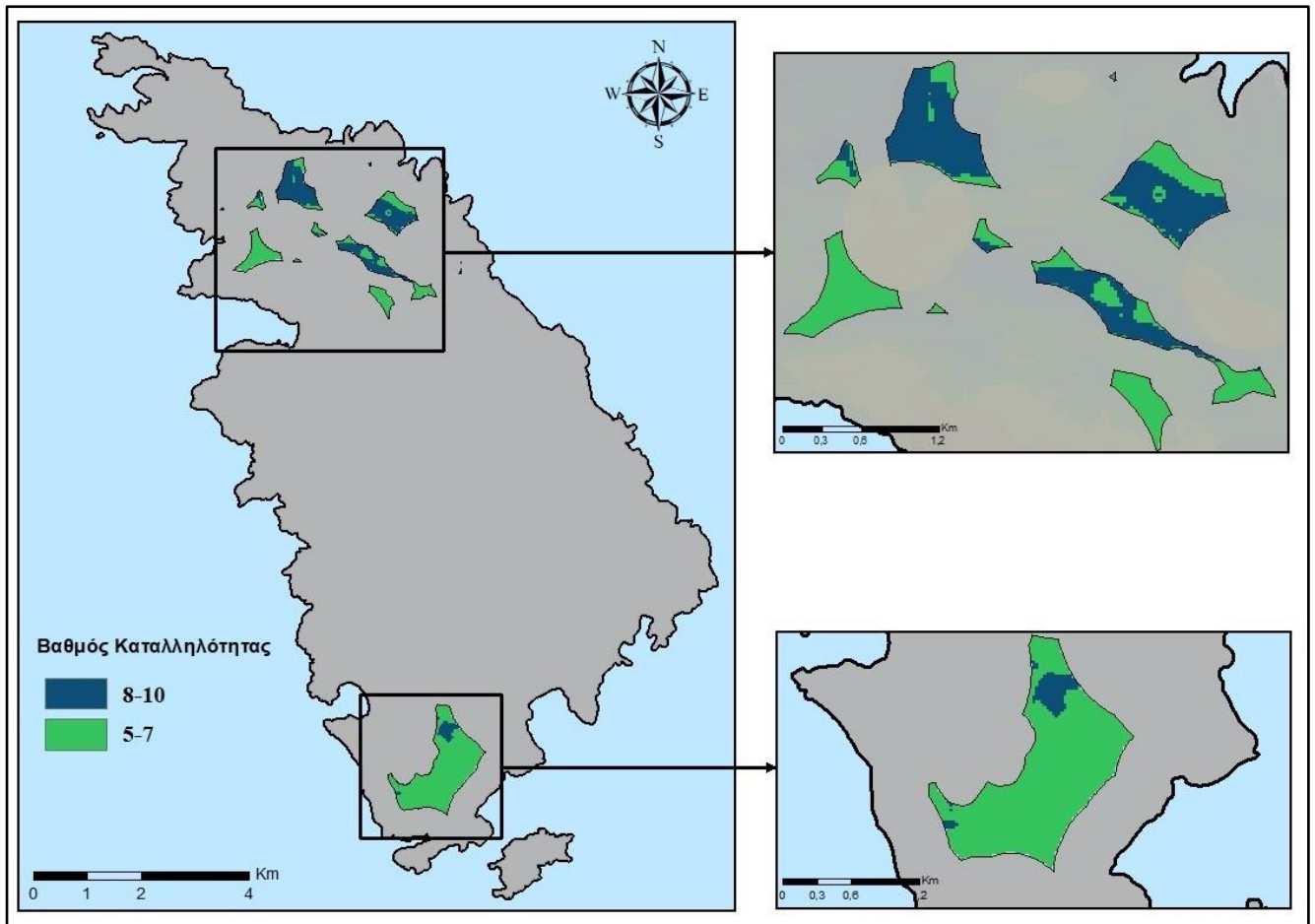
Για να επιλεγεί η τελική θέση χωροθέτησης ωστόσο, θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το μέγεθος του αιολικού πάρκου το οποίο θα εγκατασταθεί. Έτσι, γίνεται η παραδοχή ότι η ενέργεια που θα παράγεται από αυτό θα καλύπτει τις αιχμές ζήτησης, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κατά τους οποίους η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί είναι περίπου τριπλάσια σε σχέση με το υπόλοιπο έτος.

6.3.1 Προσδιορισμός Βιώσιμων Περιοχών Χωροθέτησης

Ως βιώσιμες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν οι εκτάσεις οι οποίες συγκεντρώνουν υψηλή βαθμολογία καταλληλότητας, δηλαδή χαρακτηρίζονται από τιμές μεταξύ 8 και 10. Αυτό ωστόσο, δεν σημαίνει ότι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε εκτάσεις με μέτρια καταλληλότητα (π.χ. 6 ή 7) καθίσταται απαγορευτική.

Για την παρούσα μεθοδολογία ως βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης κρίθηκαν οι περιοχές των οποίων ο βαθμός καταλληλότητας είναι υψηλός, τόσο στο κύριο σενάριο που εφαρμόστηκε, όσο και στα τρία επιπλέον σενάρια της Ανάλυσης Ευαισθησίας. Με τη βοήθεια του ArcMap, υπολογίζεται ότι οι εκτάσεις αυτές, καταλαμβάνουν 0,98 km² (31%) από τα συνολικά 3,167 km² των διαθέσιμων περιοχών.

Στον Χάρτη 6.18 παρουσιάζεται η κατανομή των βέλτιστων εκτάσεων χωροθέτησης εντός των διαθέσιμων περιοχών χωροθέτησης.



Χάρτης 6.18: Διαθέσιμες εκτάσεις με υψηλό Βαθμό Καταλληλότητας και στα 4 σενάρια (Ιδία επεξεργασία).

6.3.2 Μέγεθος Αιολικού Πάρκου

Έχοντας εντοπίσει τις βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων στο νησί, εξετάζεται το σενάριο χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου το οποίο θα μπορεί να καλύπτει τις αιχμές ζήτησης, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κατά τους οποίους η ζήτηση είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες.

Βασική προϋπόθεση για τον υπολογισμό του μεγέθους του αιολικού πάρκου, δηλαδή του αριθμού των ανεμογεννητριών που θα τοποθετηθούν, είναι η εκτίμηση των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του νησιού. Η ετήσια συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη Σίφνο, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ για τα ΜΔΝ, είναι της τάξης των **17,5 GWh** ή **17.500.000 kWh**.

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, επιλέχθηκαν Ανεμογεννήτριες τύπου Enercon E-44, ονομαστικής ισχύος 0.9 MW. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου, οφείλεται στο ότι έχει χρησιμοποιηθεί στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χωροθέτησης

ανεμογεννητριών στο Αιγαίο. Στον Πίνακα 6.12 καταγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννητριών, σύμφωνα με τα πρότυπα του κατασκευαστή.

Πίνακας 6.12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά επιλεγμένου τύπου Ανεμογεννήτριας (wind-turbine-models.com).

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας Enercon E-44/900	
Όνομαστική Ισχύς	900 KW (0,9 MW)
Διάμετρος Ρότορα	44 m
Επιφάνεια Σάρωσης	1.521 m ²
Αριθμός Πτερυγίων	3
Ύψος Πύργου	45/55 m
Ταχύτητα Έναρξης	3.0 m/s
Όνομαστική Ταχύτητα	16.5 m/s
Ταχύτητα Αποκοπής	34.0 m/s

Ο υπολογισμός της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια τύπου **Enercon E-44/900**, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$0,9 \text{ MW} * 365 \text{ μέρες} * 24 \text{ ώρες} * 0.35 = 2.759,4 \text{ MWh} = 2.759.400 \text{ KWh}$$

Όπου:

- 0,9 MW, η Ονομαστική Ισχύς του επιλεγμένου τύπου Ανεμογεννήτριας
- 365, οι ημέρες ενός έτους
- 24, οι ώρες κάθε ημέρας
- 0.35, ο Συντελεστής Δυναμικότητας της Ανεμογεννήτριας

Στην παρούσα εργασία, δεδομένου ότι οι τιμές της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου στις περιοχές που συγκεντρώνουν τους υψηλότερους βαθμούς καταλληλότητας και για τα τρία σενάρια, κυμαίνονται μεταξύ 7,5 και 9,4 m/s, θεωρούμε ως ελάχιστο

Συντελεστή Δυναμικότητας το 0.35. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο κατώτερο όριο που θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη, εξαιτίας των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου που εντοπίζονται.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ, η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις ΑΠΕ στο νησί, για το έτος 2021 ανέρχεται σε:

$$\text{➤ } 2.589.630 \text{ (Αιολικό Πάρκο)} + 558.388 \text{ (Φωτοβολταϊκά)} = \mathbf{3.148.018 \text{ KWh}}$$

Άρα, ο αριθμός των Ανεμογεννητριών που απαιτείται **επιπλέον**, ώστε η παραγόμενη ενέργεια από αυτές να αντιστοιχεί στην παραγωγή του νησιού, προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$(17.500 - 3.148) / 2.759,4 = 5,2 \approx \mathbf{6}$$

Επομένως, για να αντιστοιχεί η παραγωγή των ανεμογεννητριών με την συνολική παραγόμενη ενέργεια του νησιού, απαιτούνται **6** ανεμογεννήτριες τύπου **Enercon E-44/900**.

Για την παρούσα μελέτη ωστόσο, το αιολικό πάρκο το οποίο προτείνεται αποτελείται από επιπλέον δύο ανεμογεννήτριες ίδιου τύπου (δηλαδή συνολικά **8** ανεμογεννήτριες), με σκοπό να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή ισχύς και να υπερκαλύπτονται οι αιχμές ζήτησης. Αυτό έγινε για τους παρακάτω δύο λόγους:

- Αρχικά υπάρχει η προοπτική μελλοντικής διασύνδεσης του νησιού και άρα η περίσσεια ενέργειας που θα παράγεται από το αιολικό πάρκο, θα μπορεί να αξιοποιείται καθώς θα διοχετεύεται σε γειτονικά νησιά.
- Επιπλέον το αιολικό πάρκο θα μπορούσε να συνδυαστεί με κάποια τεχνολογία αποθήκευσης (π.χ. αντλησιοταμίευση ή συσσωρευτές) με σκοπό την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας, κύριο χαρακτηριστικό της οποίας αποτελεί η απρόβλεπτη διακύμανση, ως συνέπεια της έντονης χωροχρονικής μεταβλητότητας του ανέμου. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορούσε να υπάρξει εξισορρόπηση μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενισχύοντας έτσι την ενεργειακή επάρκεια του νησιού.

Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζεται η όψη μιας τυπικής Α/Γ Enercon E-44/900.

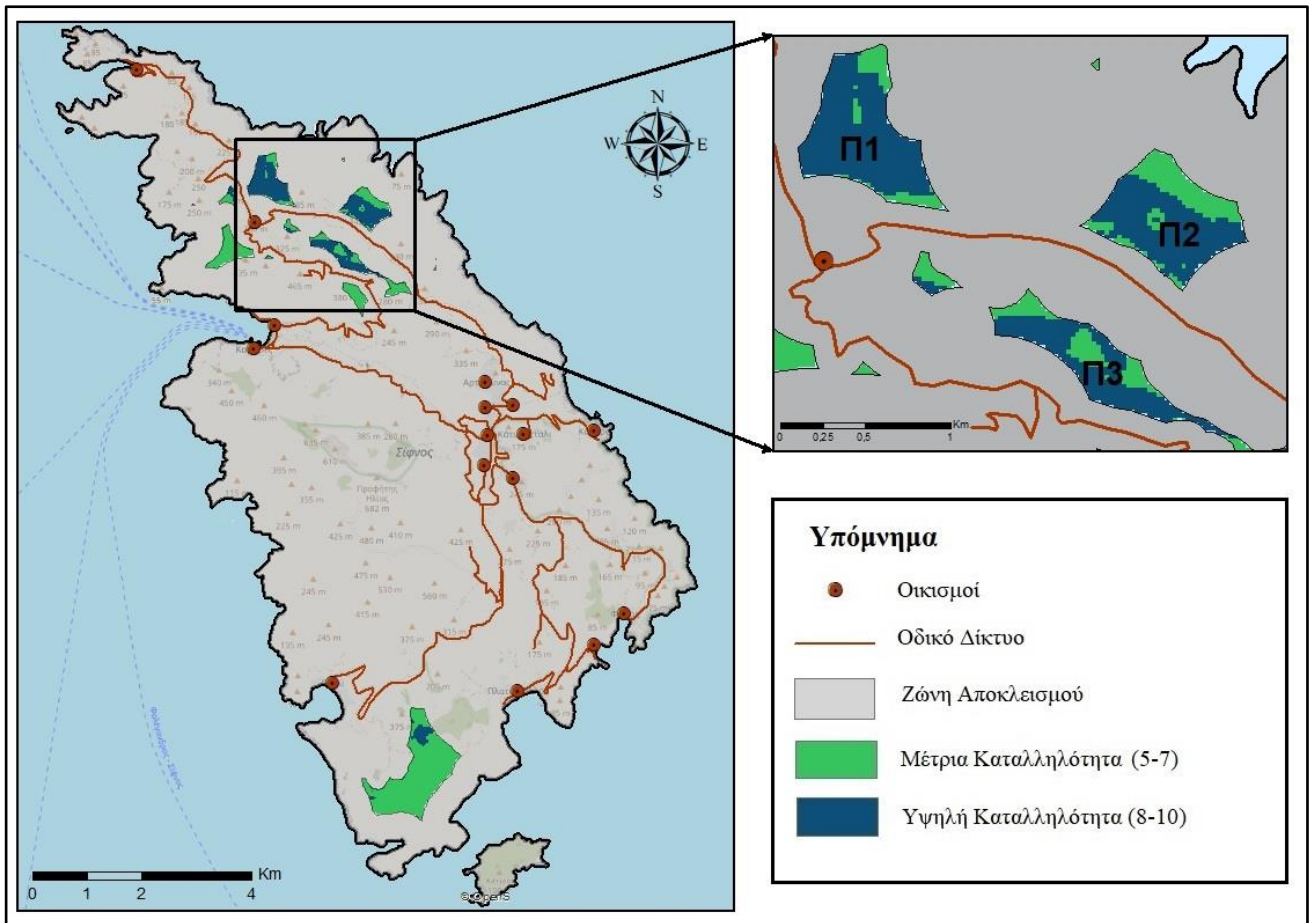


Εικόνα 6.1: Ανεμογεννήτριες τύπου Enercon E-44/900kW (wind-turbine-models.com).

6.3.3 Επιλογή Τελικής Περιοχής

Για την επιλογή της τελικής θέσης εγκατάστασης, θα πρέπει να προσδιοριστεί η έκταση που αναμένεται να καταλαμβάνει ο αιολικός σταθμός. Έτσι, προκρίνονται οι περιοχές με έκταση μεγαλύτερη από 0,20 km² (200.000 m²), ώστε να μπορεί να χωροθετηθεί εντός αυτών αιολικό πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 7,2 MW σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ (ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 2,5-3 μεταξύ των ανεμογεννητριών για την άμβλυση της επίδρασης ομόρου), αλλά και τη διεθνή βιβλιογραφία.

Έτσι αποκλείονται από τη συνέχεια της διαδικασίας οι περιοχές, οι οποίες παρότι τηρούν όλα τα κριτήρια τα οποία έχουν τεθεί και ταυτόχρονα χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές καταλληλότητας, είναι πολύ μικρές σε έκταση καθιστώντας την εγκατάσταση ανεμογεννητριών στα εδάφη τους είτε αδύνατη, είτε οικονομικά ασύμφορη. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 6.19, εφαρμόζοντας τον περιορισμό της έκτασης προκρίνονται 3 περιοχές, οι Π1, Π2 και Π3, οι οποίες βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του νησιού. Η ακριβής έκταση των τμημάτων των περιοχών αυτών, που χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές καταλληλότητας, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.13.



Χάρτης 6.19: Περιοχές με υψηλό βαθμό καταλληλότητας που καλύπτουν την απαιτούμενη έκταση (Ιδία επεξεργασία).

Πίνακας 6.13: Έκταση περιοχών με εμβαδό μεγαλύτερο από 0,2 km².

Περιοχή	Εκτάσεις με Υψηλό Βαθμό Καταλληλότητας (km ²)
Π1	0,37
Π2	0,27
Π3	0,22

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα τόσο του κύριου σεναρίου, όσο και των τριών σεναρίων της ανάλυσης ευαισθησίας προκύπτει ότι η περιοχή **Π3** συγκεντρώνει μικρότερες βαθμολογίες καταλληλότητας (μέγιστη τιμή το 8) σε σχέση με τις άλλες δύο περιοχές (μέγιστη τιμή το 10). Αυτό οφείλεται στο αιολικό δυναμικό της περιοχής, το οποίο σύμφωνα με τα στοιχεία της ΡΑΕ κυμαίνεται από 7 μέχρι 8 m/s. Αντίθετα, στις άλλες δύο περιοχές η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται μεταξύ 8-10

m/s. Επομένως, από την στιγμή που το αιολικό δυναμικό είναι η σημαντικότερη παράμετρος για την βιωσιμότητα μιας τέτοιας εγκατάστασης, οι περιοχές **Π1** και **Π2** κρίνονται ως πιο κατάλληλες σε σχέση με την **Π3**.

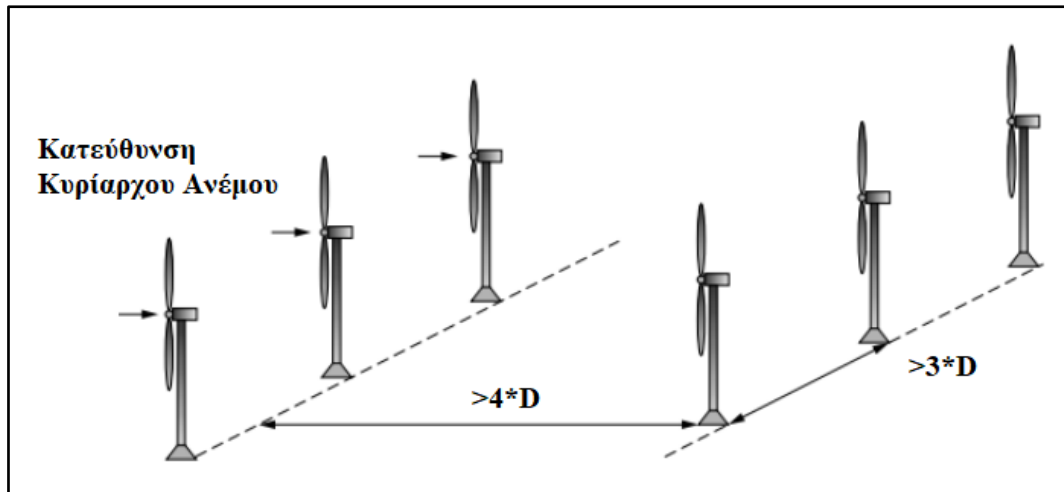
Για την επιλογή ανάμεσα στις δυο υποψήφιες περιοχές που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του νησιού, των οποίων οι εκτάσεις λαμβάνουν σχεδόν εξ ολοκλήρου υψηλές τιμές καταλληλότητας, λαμβάνεται υπόψη η απόσταση από τους πλησιέστερους οικισμούς ώστε να ελαχιστοποιείται η οπτική και η ακουστική όχληση. Πλησιέστερος οικισμός και στις δύο περιοχές είναι ο οικισμός Τρουλάκι.

Η ελάχιστη απόσταση του οικισμού από την περιοχή **Π1** είναι 500 m, ενώ αντίθετα η ελάχιστη απόσταση από την περιοχή **Π2** είναι περίπου 1525 m, δηλαδή τριπλάσια σε σχέση με την περιοχή **Π1**. Επομένως, επιδιώκοντας τις μικρότερες δυνατές αντιδράσεις από τον τοπικό πληθυσμό, κρίνεται πως η πλέον κατάλληλη περιοχή για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου, είναι η περιοχή **Π2**.

Σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ανεμογεννητριών που είναι χωροθετημένες σε άξονα κάθετο με την κύρια κατεύθυνση πνοής του ανέμου θα πρέπει να καθορίζεται τουλάχιστον ίση με $2,5 \cdot D$, όπου D η διάμετρος της πτερωτής των ανεμογεννητριών. Αντίθετα, για τις ανεμογεννήτριες που χωροθετούνται σε άξονα παράλληλο με την κύρια κατεύθυνση πνοής του ανέμου, θα πρέπει να τηρούνται ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις.

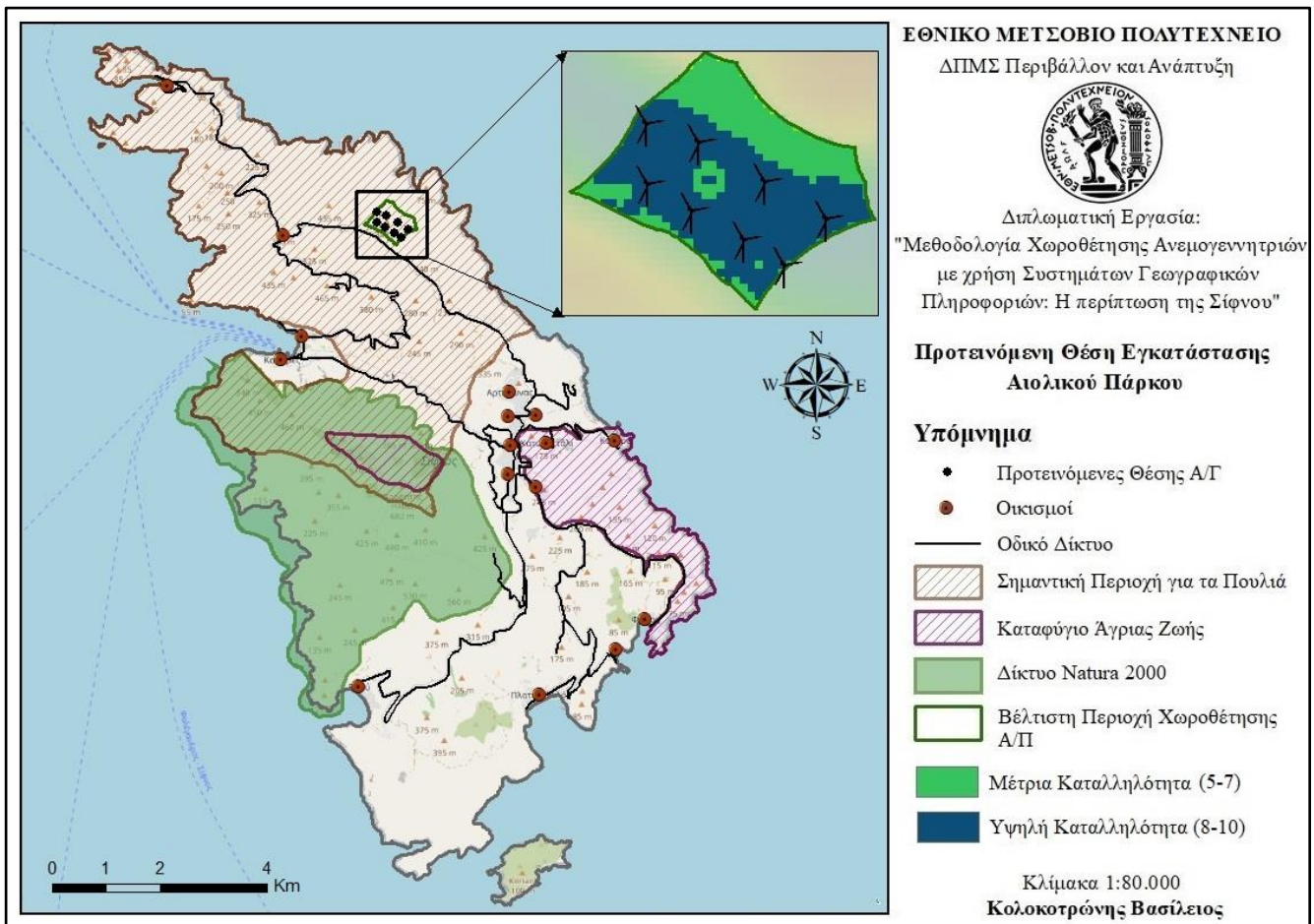
Αν οι ανεμογεννήτριες τοποθετηθούν σε μικρότερη απόσταση από την επιτρεπτή τότε υπάρχει κίνδυνος μείωσης της παραγόμενης ενέργειας. Στην περίπτωση που μια ανεμογεννήτρια βρίσκεται εντός της περιοχής στην οποία η ροή του ανέμου επηρεάζεται από ένα εμπόδιο, η διαθέσιμη προς αξιοποίηση αιολική ισχύς θα είναι μειωμένη, σε σχέση με την ισχύ του ανέμου πριν το εμπόδιο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αεροδυναμική σκίαση ανεμογεννητριών και η περιοχή μειωμένης αιολικής ισχύος πίσω από το εμπόδιο χαρακτηρίζεται ως ομόρρους (aiolikigi.gr).

Για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκε απόσταση ίση ή μεγαλύτερη από $3 \cdot D = 132$ m μεταξύ των ανεμογεννητριών που αναπτύσσονται κάθετα με την κύρια κατεύθυνση πνοής του ανέμου (Βόρειος), ενώ για τις ανεμογεννήτριες που αναπτύσσονται παράλληλα στη διεύθυνση του κύριου ανέμου επιλέχθηκε απόσταση ίση ή μεγαλύτερη με $4 \cdot D = 176$ m (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Αποστάσεις μεταξύ ανεμογεννητριών για την παρούσα εργασία (Μαμάσης & Ενστρατιάδης, 2018; Ιδία επεξεργασία).

Στον Χάρτη 6.19 παρουσιάζονται οι προτεινόμενες θέσεις εγκατάστασης, εντός της περιοχής Π2, για τις 8 ανεμογεννήτριες.



Χάρτης 6.20: Προτεινόμενη Θέση Χωροθέτησης Α/Π (Ιδία επεξεργασία).

6.4 Πιθανές Επιπτώσεις Προτεινόμενου Αιολικού Πάρκου στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον

Στο σημείο αυτό, επιχειρείται ο εντοπισμός των πιθανών επιπτώσεων που θα μπορούσαν να προκύψουν από την χωροθέτηση του προτεινόμενου αιολικού πάρκου, αποτελούμενο από 8 ανεμογεννήτριες, στην υπό μελέτη περιοχή.

➤ Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές και περιοχές ενδιαφέροντος

Η τοποθεσία η οποία επιλέχθηκε τελικά για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, συνδυάζει αρκετά ευνοϊκά χαρακτηριστικά. Αρχικά, πρόκειται για μια περιοχή η οποία όχι μόνο δεν βρίσκεται εντός των ορίων των ευαίσθητων περιβαλλοντικά περιοχών του νησιού, αλλά απέχει και ικανοποιητικές αποστάσεις από τις περιοχές αυτές. Πιο συγκεκριμένα, η επιλεγείσα περιοχή, απέχει περίπου:

- 2810 m από τον Τόπο Κοινοτικής Σημασίας του δικτύου Natura 2000.
- 3572 m από το Καταφύγιο Άγριας Ζωής με ονομασία ««Προφήτης Ηλίας Απολλωνίας Σίφνου»» (Κ503).
- 4207 m από το Καταφύγιο Άγριας Ζωής με ονομασία «Κάστρο» (Κ502).

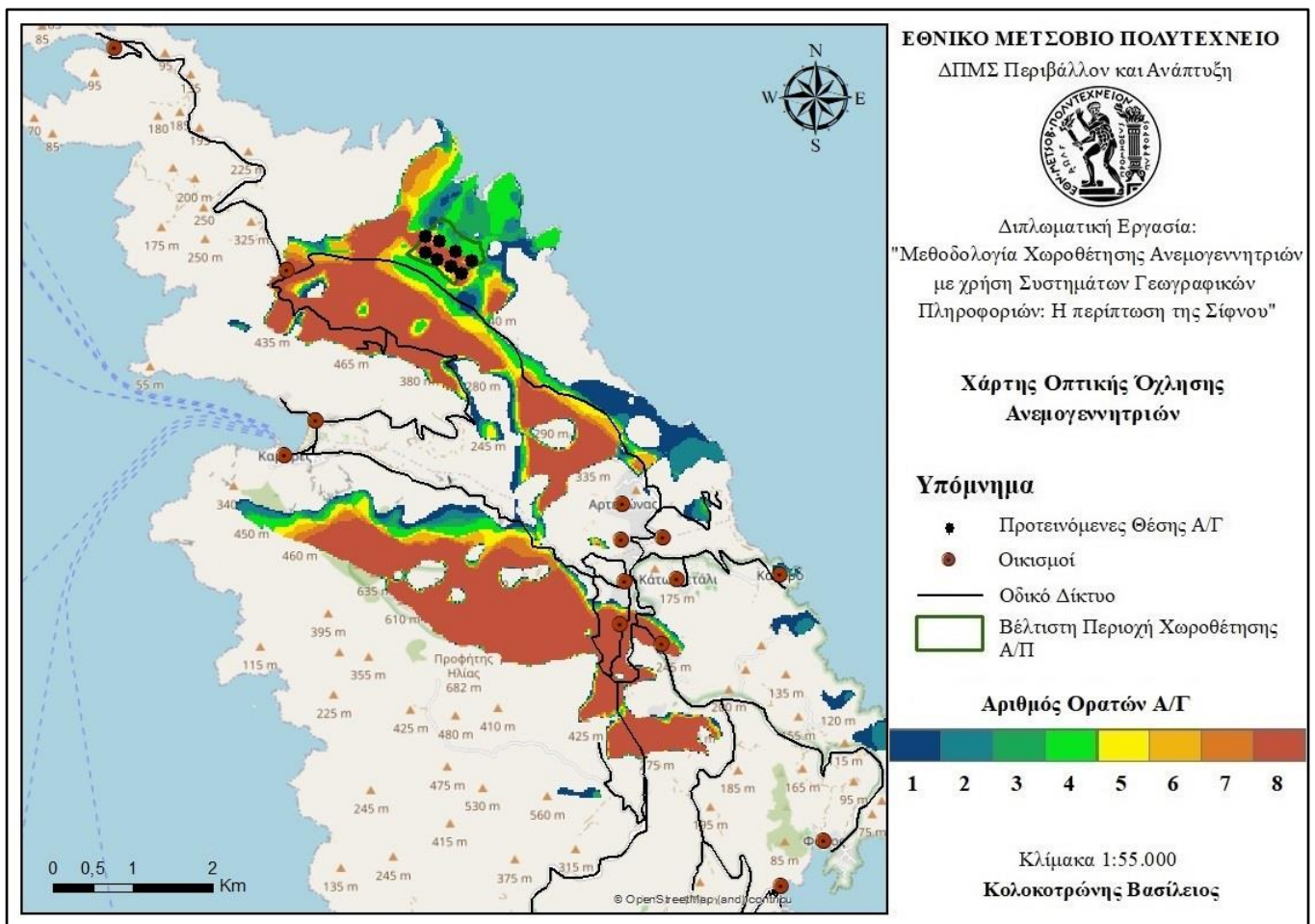
Επιπλέον, η εν λόγω περιοχή βρίσκεται έξω από κάθε άλλη περιοχή ενδιαφέροντος όπως είναι τα κηρυγμένα μνημεία αλλά και οι ζώνες αρχαιολογικού ελέγχου. Σε ότι έχει να κάνει με το οικιστικό δίκτυο του νησιού, 14 από τους 16 συνολικά οικισμούς, βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 3000 m από την τοποθεσία εγκατάστασης. Πλησιέστερος οικισμός είναι το Τρουλάκι, το οποίο απέχει λίγο πάνω από 1,5 km² ενώ ο δεύτερος πιο κοντινός οικισμός είναι η Αγία Μαρίνα, η οποία απέχει περίπου 2,4 km²

Αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι η τελική επιλεγείσα περιοχή βρίσκεται εντός της κηρυγμένης, από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία, «Σημαντικής Περιοχής για τα Πουλιά» με κωδικό GR151. Η συγκεκριμένη περιοχή ωστόσο, λόγω της περιορισμένης συγκέντρωσης του πληθυσμού σημαντικών ειδών πουλιών (αρπαχτικά), δεν αποτελεί περιοχή ειδικής προστασίας του δικτύου Natura 2000 και άρα η πιθανή χωροθέτηση των ανεμογεννητριών εντός της περιοχής αυτής, δεν θα έχει σημαντικές επιπτώσεις.

➤ Οπτική όγληση οικισμών

Η μορφολογία του νησιού, παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξάλειψη οποιασδήποτε οπτικής επαφής από την πλειονότητα των οικισμών. Το αιολικό πάρκο θα είναι ορατό μόνο από τον οικισμό Τρουλάκι (1.525 m), ενώ αναμένεται να είναι ορατό και από ορισμένα σημεία της πρωτεύουσας του νησιού (Απολλωνία) από απόσταση η οποία είναι λίγο μικρότερη από 5 km, αλλά και από τους οικισμούς Καταπατή (4.839 m) και Εξάμπελα (5.203 m)

Στον Χάρτη 6.21 παρουσιάζεται η οπτική όγληση των Ανεμογεννητριών του προτεινόμενου Αιολικού Πάρκου, δηλαδή από ποια σημεία του νησιού θα υπάρχει οπτική επαφή με αυτές, καθώς και πόσες από αυτές θα είναι ορατές.

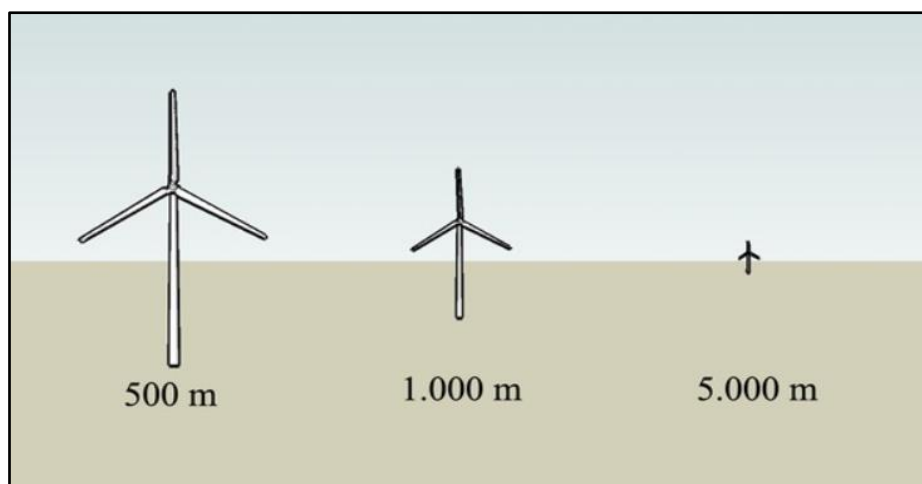


Χάρτης 6.21: Οπτική όγληση Ανεμογεννητριών προτεινόμενου Αιολικού Πάρκου (Ιδία επεξεργασία).

Η οπτική επίδραση μιας ανεμογεννήτριας μειώνεται όσο η απόσταση θέασής της αυξάνεται. Σε γενικές γραμμές μια ανεμογεννήτρια μπορεί, κάτω από προϋποθέσεις (καθαρότητα ατμόσφαιρας, απουσία οπτικών εμποδίων), να είναι ορατή σε απόσταση

ίση με 400 φορές το ύψος του πύργου (Bishop et al., 2007). Επομένως, για ανεμογεννήτριες με ύψος πύργου 45 m, η απόσταση αυτή είναι ίση με 18 km.

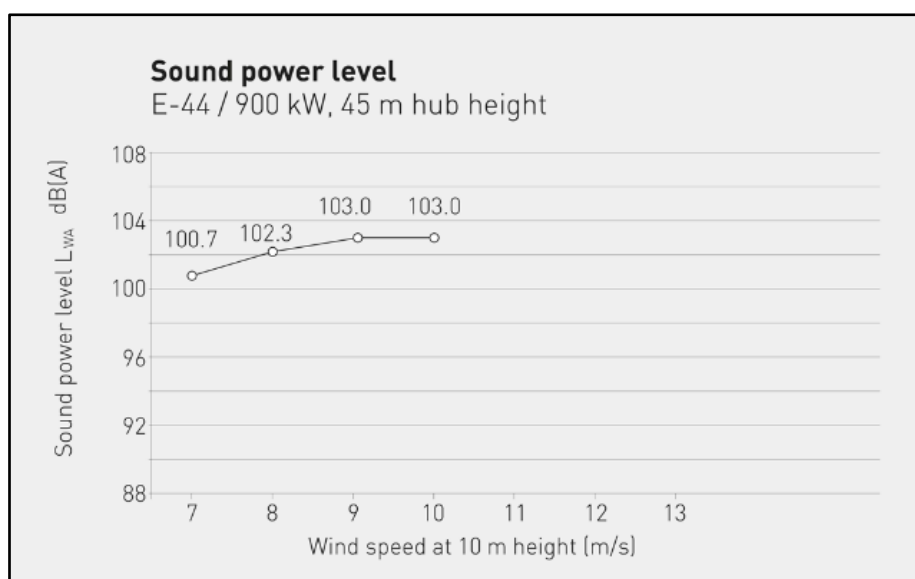
Ωστόσο, σε αποστάσεις περίπου ίσες και μεγαλύτερες από 5 km, η ανεμογεννήτρια ενσωματώνεται σταδιακά στο τοπίο, χωρίς να επηρεάζει την αισθητική του (Εικόνα 6.3). Άρα, στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι η χωροθέτηση του αιολικού πάρκου στη συγκεκριμένη τοποθεσία θα έχει σημαντική αρνητική επίπτωση.



Εικόνα 6.3: Επίδραση στην οπτική ενός τοπίου συναρτήσει της απόστασης από την θέση εγκατάστασης (aiolikigi.gr).

➤ Ηχορύπανση

Όσον αφορά την παράμετρο της ηχορύπανσης, σε πλήρες φορτίο, τα επίπεδα θορύβου μιας ανεμογεννήτριας τύπου Enercon E-44 με ύψος πύργου 45 m, μπορούν να φτάσουν τα 103 dB στον κόμβο του στροβίλου (Γράφημα 6.1).



Γράφημα 6.1: Στάθμη θορύβου μοντέλου E-44 (enercon.de).

Ο υπολογισμός του θορύβου για μεγαλύτερες αποστάσεις, έγινε προσεγγιστικά με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού εργαλείου (wkcgroup.com), το οποίο βασίζεται στο μοντέλο θορύβου που παρουσιάστηκε στον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας το έτος 1994, από ομάδα εμπειρογνομόνων οι οποίοι μελετούσαν τις συνιστάμενες πρακτικές για τη δοκιμή και την αξιολόγηση ανεμογεννητριών (Ακουστικές μετρήσεις της εκπομπής θορύβου από ανεμογεννήτριες).

Πιο συγκεκριμένα, το εργαλείο αυτό, υπολογίζει τον ακουστικό θόρυβο των ανεμογεννητριών με βάση των ακόλουθο τύπο:

$$L_p = L_w - 10\log_{10}(2\pi r^2) - ar$$

Όπου:

- L_p , το υπολογιζόμενο επίπεδο θορύβου (dB)
- L_w , η ένταση του θορύβου της ανεμογεννήτριας (dB)
- r , η απόσταση μεταξύ πηγής θορύβου και δέκτη (m)
- a , η απορρόφηση λόγω της ατμόσφαιρας (dB/m)

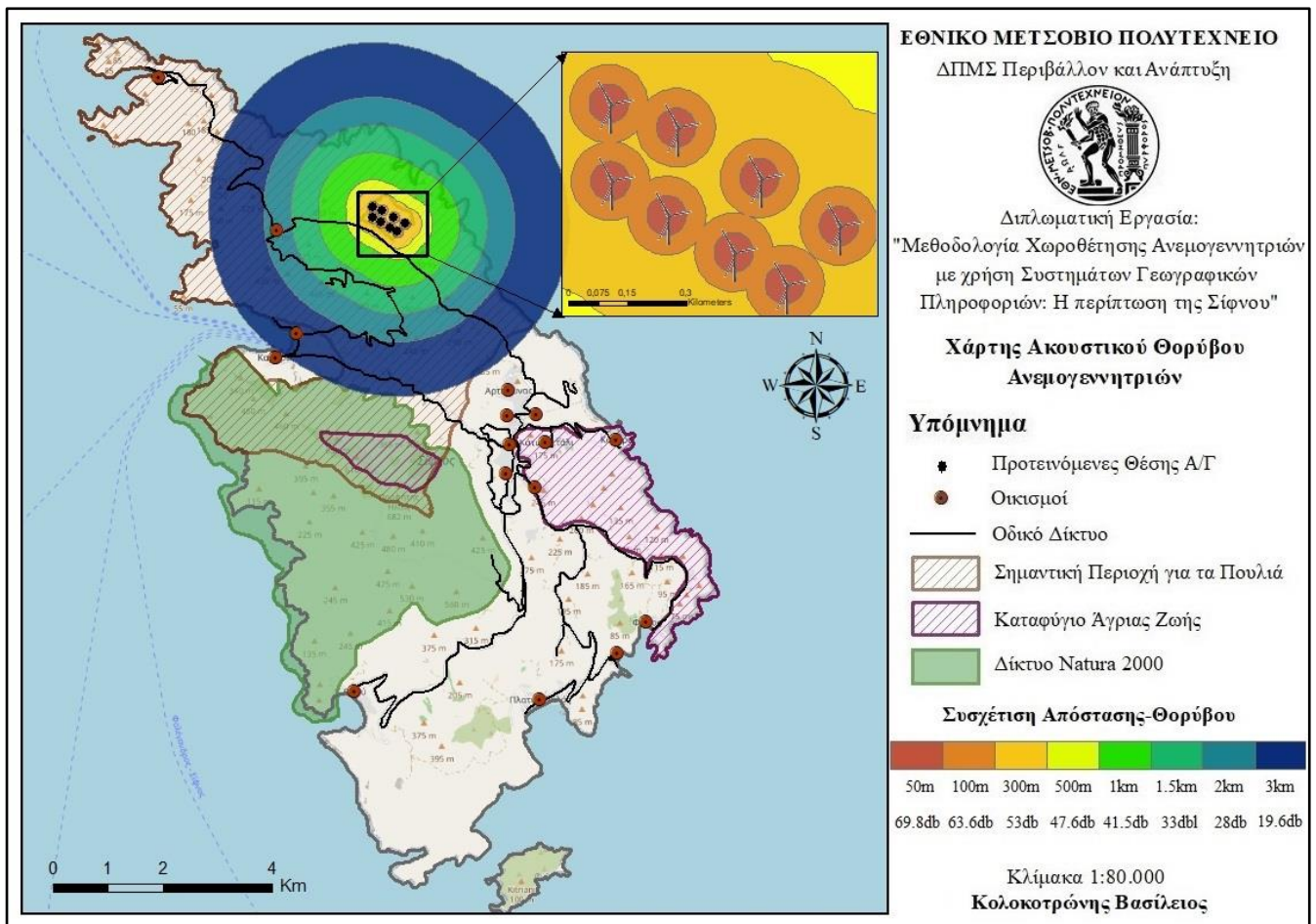
Με τη χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου, το οποίο λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των ανεμογεννητριών, την ισχύ του θορύβου που παράγεται από κάθε Ανεμογεννήτρια, καθώς και έναν συντελεστή ατμοσφαιρικής απορρόφησης του θορύβου ($a=0.005$ dB/m), για κάθε απόσταση που επιλέγεται, προκύπτει και η αντίστοιχη ζώνη θορύβου (Πίνακας 6.14, Χάρτης 6.22).

Πίνακας 6.14: Ενδεικτικές υπολογιζόμενες τιμές ηχητικού θορύβου ανεμογεννητριών σε συνάρτηση με την απόσταση.

Απόσταση (m)	Επίπεδο Θορύβου (dB)
10	84
50	69,8
100	63,6
300	53
500	47,6
1000	41,5
1500	33

2000	28
3000	19,6
4000	12,5
5000	7,2

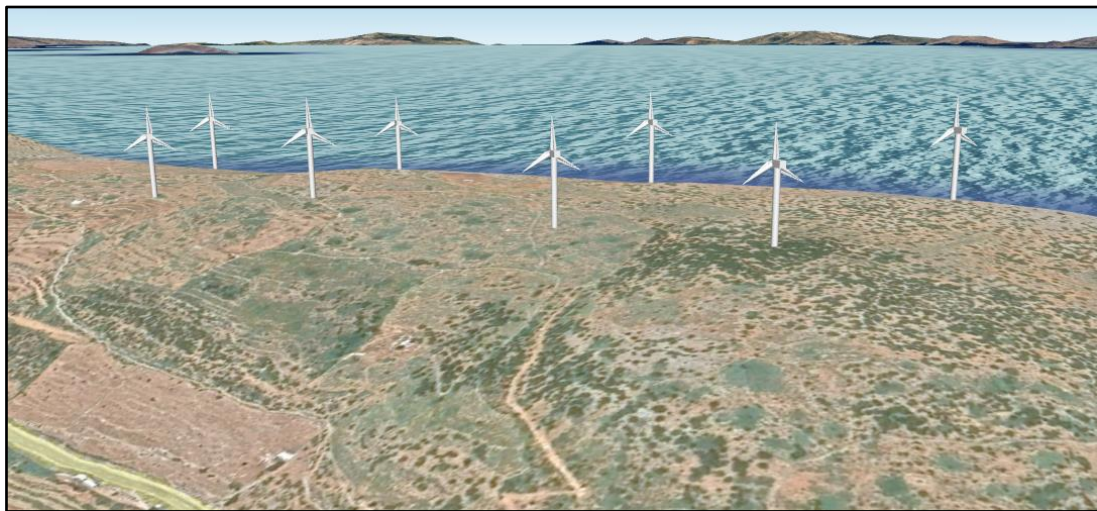
Προκύπτει λοιπόν ότι, σε απόσταση 500 m από τις θέσεις εγκατάστασης των Ανεμογεννητριών, ο θόρυβος μειώνεται σε 47,6 dB, όπου εξακολουθεί να είναι ενοχλητικός για τον άνθρωπο. Στο κέντρο του οικισμού Τρουλάκι, ο οποίος απέχει τη μικρότερη απόσταση από την προτεινόμενη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, ο θόρυβος των ανεμογεννητριών υπολογίζεται σε 31,4 dB. Η συγκεκριμένη τιμή ακουστικού θορύβου για κατοικημένη περιοχή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική.



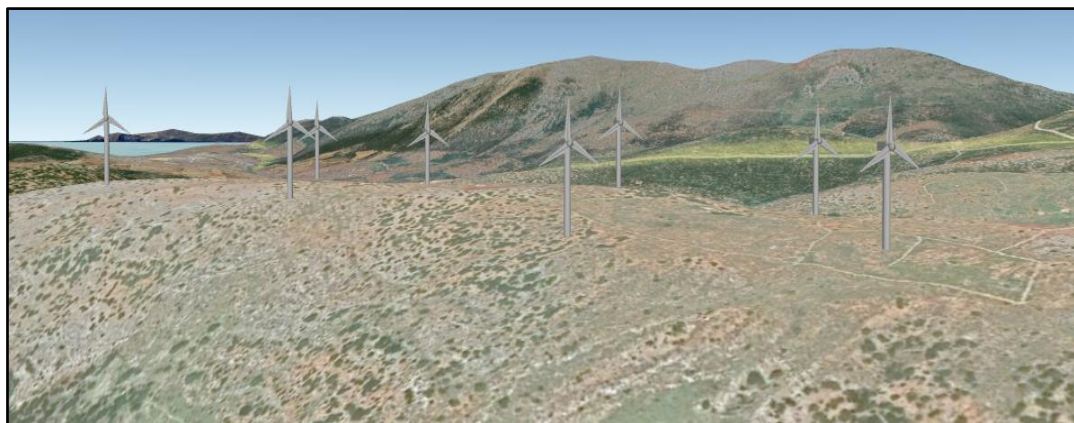
Χάρτης 6.22: Ζώνες ακουστικού θορύβου Ανεμογεννητριών (Ιδία επεξεργασία).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η μέγιστη έκθεση σε επίπεδο θορύβου από αιολικά πάρκα σε κατοικημένες περιοχές, πρέπει να είναι τα 45 dB. Στην Ελλάδα, το θεσμοθετημένο επιτρεπτό όριο του θορύβου για την ημέρα είναι τα 70 dB και για τη νύχτα τα 60 dB (Π.Δ. 1180/1981). Στη Γερμανία αντίστοιχα, ο νόμος επιτρέπει ως μέγιστο τα 40 dB κατά τη διάρκεια της νύχτας και 55 dB κατά τη διάρκεια της μέρας, δηλαδή επίπεδα θορύβου, τα οποία αντιστοιχούν με τον θορύβου που δημιουργείται από την κυκλοφορία οχημάτων στους δρόμους (Κωνσταντινίδης, 2022).

Λαμβάνοντας υπόψη τις συντεταγμένες των υποψήφιων θέσεων των ανεμογεννητριών, και σε συνδυασμό με το λογισμικό Google Earth Pro αλλά και την διαδικτυακή εφαρμογή gewindpowerapp, είναι εφικτή η τρισδιάστατη απεικόνιση των ανεμογεννητριών του προτεινόμενου αιολικού πάρκου, όπως παρουσιάζεται στις Εικόνες 6.4, 6.5, 6.6, 6.7.



Εικόνα 6.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (1) (Google Earth, Ιδία επεξεργασία).



Εικόνα 6.5: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (2) (Google Earth, Ιδία επεξεργασία).



Εικόνα 6.6: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (3) (Google Earth, Ιδία επεξεργασία).



Εικόνα 6.7: Τρισδιάστατη απεικόνιση προτεινόμενου αιολικού πάρκου (4) (Google Earth, Ιδία επεξεργασία).

6.4 Αξιολόγηση Αδειοδοτημένων Αιολικών Πάρκων στη Σίφνο

Σε αυτό το σημείο, επιχειρείται η εφαρμογή της μεθοδολογίας αξιολόγησης για την εκτίμηση των πραγματικών αιτήσεων προς χωροθέτηση αιολικών πάρκων που έχουν γίνει για το νησί της Σίφνου. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται οι άδειες Λειτουργίας, Εγκατάστασης, Παραγωγής, οι Απορριπτικές Αποφάσεις καθώς και οι υπό Αξιολόγηση αιολικοί και υβριδικοί σταθμοί που περιλαμβάνουν ανεμογεννήτριες.

Όπως ειπώθηκε και στην **Ενότητα 5.9**, στο νησί λειτουργεί από το 2019 αιολικό πάρκο ονομαστικής ισχύος 1,26 MW, το οποίο διαθέτει Άδεια Παραγωγής. Η μονάδα αυτή, είναι χωροθετημένη στο βόρειο τμήμα του νησιού, στη θέση «Ακρωτήρι-

Τραγουδιστής» και απέχει περίπου 570m από τον οικισμό Χερρόνησος. Με βάση τα κριτήρια αποκλεισμού που λήφθηκαν υπόψη, προκύπτει ότι το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο είναι εγκατεστημένο εντός της περιοχής αποκλεισμού, όπως αυτή έχει προκύψει από την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Αυτό συμβαίνει καθώς έχουν τεθεί ιδιαίτερα αυστηροί τεχνικοί περιορισμοί.

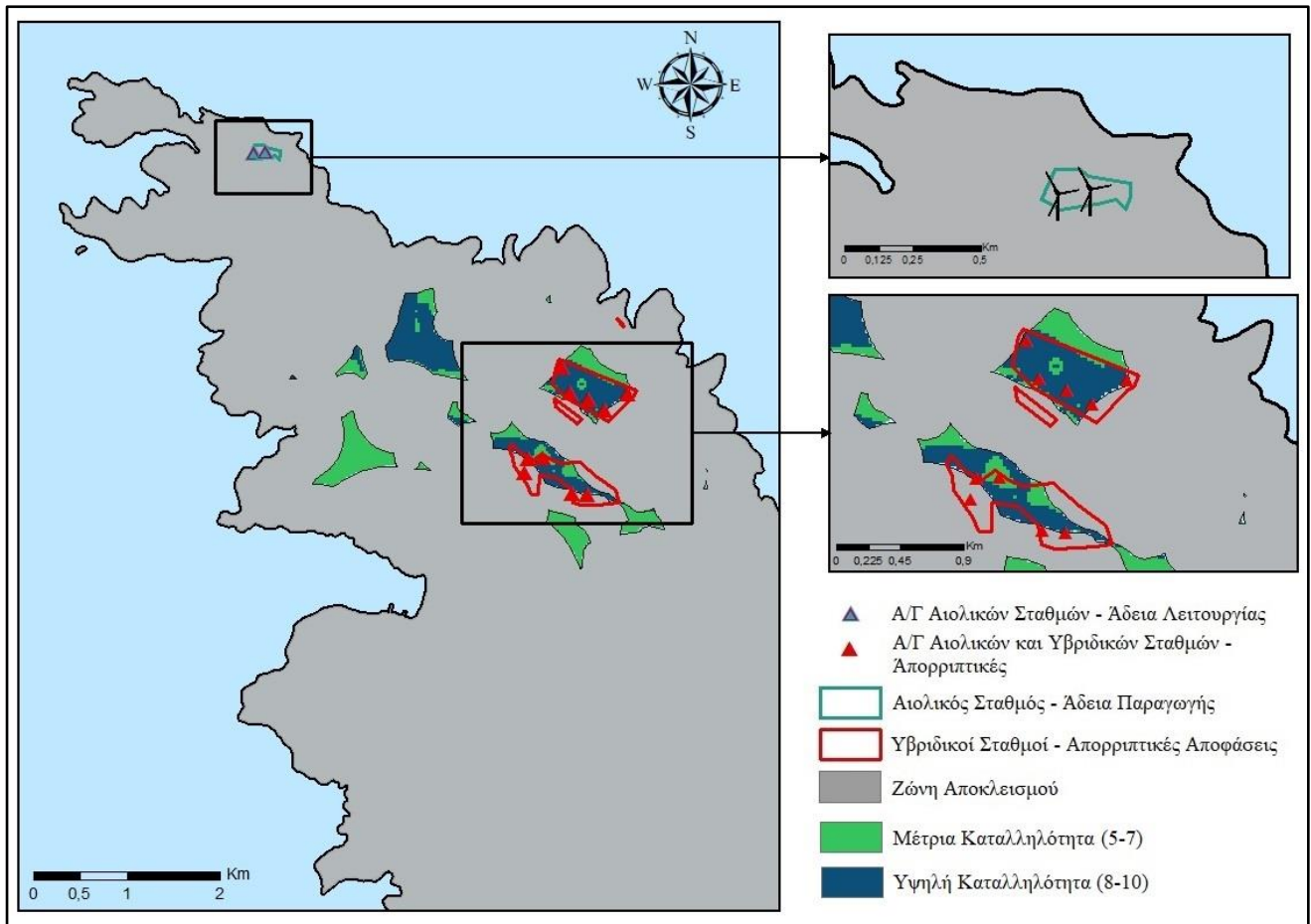
Ο βαθμός καταλληλότητας που συγκεντρώνει η περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένο το υφιστάμενο αιολικό πάρκο είναι:

- **6**, για το Κύριο Σενάριο που δημιουργήθηκε
- **6**, για το 1^ο Σενάριο της Ανάλυσης Ευαισθησίας (Ισοβαρείς Συντελεστές)
- **5**, για το 2^ο Σενάριο της Ανάλυσης Ευαισθησίας (Τεχνο-οικονομικό)
- **8**, για το 3^ο Σενάριο της Ανάλυσης Ευαισθησίας (Κοινωνικό-Περιβαλλοντικό)

Επιπλέον στο νησί εντοπίζονται και δύο απορριπτικές αποφάσεις που σχετίζονται με υβριδικούς σταθμούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν ανεμογεννήτριες. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 6.23, το μεγαλύτερο μέρος των πολυγώνων των σταθμών αυτών βρίσκονται εντός των περιοχών καταλληλότητας της παρούσας εφαρμογής, ενώ οι 2 από τις συνολικά 10 ανεμογεννήτριες που περιλαμβάνουν τα έργα αυτά, βρίσκονται εντός των περιοχών αποκλεισμού.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες 8 ανεμογεννήτριες που βρίσκονται εντός των πολυγώνων καταλληλότητας, οι έξι βρίσκονται σε εκτάσεις που χαρακτηρίζονται από υψηλή καταλληλότητα (8-10), ενώ οι υπόλοιπες δύο εντοπίζονται σε εκτάσεις που χαρακτηρίζονται από μέτριο βαθμό καταλληλότητας (5-7)

Τέλος, με βάση τα πιο πρόσφατα στοιχεία του Γεωπληροφοριακού Χάρτη της ΡΑΕ, την παρούσα στιγμή δεν εντοπίζονται στο νησί αιολικοί σταθμοί που να βρίσκονται υπό αξιολόγηση, είτε να έχουν λάβει άδεια παραγωγής, είτε άδεια εγκατάστασης.



Χάρτης 6.23: Αδειοδοτημένοι ή υπό αξιολόγηση αιολικοί σταθμοί Σίφνου (Ιδία επεξεργασία).

Κεφάλαιο 7^ο: Συμπεράσματα – Προτάσεις

7.1 Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των περιοχών που είναι κατάλληλες για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, τόσο σε εθνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Η περίπτωση μελέτης για την ανάδειξη των αποτελεσμάτων είναι το νησί της Σίφνου, το οποίο ανήκει στο σύμπλεγμα των Δυτικών Κυκλάδων του Αιγαίου Πελάγους.

Βασικό εργαλείο για την υλοποίηση της μεθοδολογίας και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, αποτέλεσαν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και πιο συγκεκριμένα το λογισμικό ArcMap (Έκδοση 10.7), μέσω του οποίου υλοποιήθηκε η εφαρμογή των περιορισμών, η επεξεργασία των θεματικών επιπέδων των κριτηρίων αξιολόγησης, καθώς και η παραγωγή των τελικών χαρτών καταλληλότητας. Εξίσου σημαντική ήταν και η εφαρμογή της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ΠΚΑ), μέσω της οποίας κατέστη εφικτή η αξιολόγηση των διαθέσιμων προς χωροθέτηση περιοχών.

Σχετικά με την περιοχή μελέτης, προκύπτει ότι:

- ❖ Πρόκειται για ένα αυτόνομο ενεργειακό ηλεκτρικό σύστημα (ΜΔΝ), το οποίο καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες κυρίως από τον Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Σε ότι έχει να κάνει με τις καλύψεις γης, το 2,19% της συνολικής έκτασης καλύπτεται από Τεχνητές Επιφάνειες, το 31,41% από Γεωργικές Περιοχές, ενώ το υπόλοιπο 66,40% καλύπτεται από ημι-φυσικές περιοχές.
- ❖ Το 58,1% της έκτασης του νησιού, χαρακτηρίζεται από πολύ ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό, με μέσες ετήσιες τιμές ανέμου μεγαλύτερες από 7m/s.
- ❖ Μόλις το 10,1% της έκτασης του νησιού χαρακτηρίζεται από πολύ απότομες κλίσεις (>30%), ενώ αντίθετα το 7,32% της έκτασης έχει σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο.
- ❖ Μόλις το 13,83% της έκτασης απέχει αποστάσεις μεγαλύτερες του 1,5 km από το υφιστάμενο ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο του νησιού. Ωστόσο πρόκειται για περιοχές οι οποίες βρίσκονται σε μεγάλο ποσοστό εντός του Τόπου Κοινοτικής Σημασίας που εντάσσεται στο κοινοτικό δίκτυο Natura 2000 και

άρα δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση αιολικών μονάδων.

- ❖ Σχεδόν η μισή έκταση του νησιού (44,5%) είτε εντάσσεται στις προστατευόμενες περιοχές του νησιού (ΤΚΣ δικτύου Natura 2000, Καταφύγια Αγριας Ζωής), είτε απέχει ελάχιστη απόσταση από αυτές (έως και 500 m).

Το Μεθοδολογικό Πλαίσιο που προτείνεται αποτελείται από τρία επιμέρους στάδια. Από την εφαρμογή του πρώτου σταδίου, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο περιβαλλοντικών, κοινωνικών, τεχνικών και οικονομικών περιορισμών, προέκυψαν 13 πολύγωνα συνολικής έκτασης 3,167 km² και τα οποία κρίνονται ως κατάλληλα για την εγκατάσταση αιολικών μονάδων. Η έκταση αυτή αντιστοιχεί στο 4,28% της συνολικής έκτασης (73,94 km²) της υπό μελέτη περιοχής.

Σε δεύτερη φάση, οι εκτάσεις που είναι διαθέσιμες για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών, αξιολογήθηκαν βάσει πέντε κριτηρίων, τα οποία είναι:

- ❖ Το αιολικό δυναμικό
- ❖ Η κλίση του εδάφους
- ❖ Η απόσταση από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο
- ❖ Η απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος
- ❖ Η οπτική όχληση από σημεία «ιδιαίτερου ενδιαφέροντος»

Τα Θεματικά Επίπεδα των κριτηρίων, χωρίστηκαν σε επιμέρους κλάσεις/κατηγορίες και επαναταξινομήθηκαν σε ενιαία κλίμακα σύγκρισης, λαμβάνοντας βαθμούς καταλληλότητας μεταξύ 0 και 10. Η βαθμονόμηση του κάθε κριτηρίου, προκύπτει μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ), ύστερα από τη μεταξύ τους σύγκριση σε ζεύγη. Έτσι προκύπτει ότι η σημαντικότερη παράμετρος είναι το αιολικό δυναμικό (43,3%) και ακολουθούν κατά σειρά η οπτική όχληση (26,3%), η απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (16,6%), η απόσταση από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο (9,5%) και η εδαφική κλίση (4,2%).

Από την σταθμισμένη άθροιση των παραπάνω θεματικών επιπέδων και στη συνέχεια την αφαίρεση των μη επιτρεπόμενων περιοχών του 1^{ου} σταδίου της μεθοδολογίας, προκύπτει ότι από το σύνολο των επιτρεπόμενων εκτάσεων (3,16 km²), το 45,7% (1,45 km²) χαρακτηρίζεται από μέτρια καταλληλότητα, ενώ το υπόλοιπο 54,3% (1,72 km²) από υψηλή καταλληλότητα.

Ακολουθώντας, τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας, έδειξαν ότι η παρούσα μεθοδολογία είναι «ευαίσθητη» στα βάρη των κριτηρίων. Ανάλογα με την ιεράρχηση των κριτηρίων αξιολόγησης, προκύπτουν διαφορετικά σενάρια (σενάριο με ισοβαρείς συντελεστές, τεχνοοικονομικό σενάριο, σενάριο κοινωνική-περιβαλλοντικής πολιτικής) και άρα τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα:

- ❖ Με την πολιτική που επιθυμεί να ακολουθήσει ο εκάστοτε ερευνητής/φορέας.
- ❖ Με τους περιορισμούς και τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής μελέτης.

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο αναδεικνύονται οι βέλτιστες περιοχές για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών. Πρόκειται για περιοχές οι οποίες πέραν του ότι ικανοποιούν όλα τα χωρικά κριτήρια που θέτει το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό καταλληλότητας τόσο στο κύριο σενάριο που δημιουργήθηκε, όσο και στα τρία σενάρια που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια της Ανάλυσης Ευαισθησίας. Έτσι προκύπτει ότι οι εκτάσεις αυτές καταλαμβάνουν 0,98 km²

Έχοντας αναδείξει τις βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης ανεμογεννητριών, επιλέγεται η τελική θέση εγκατάστασης και εξετάζεται το σενάριο της χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 7,2 MW (8 Α/Γ ονομαστικής ισχύος 0,9 MW), με σκοπό να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή ισχύς και να υπερκαλύπτονται οι αιχμές ζήτησης, ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Για την τελική επιλογή της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης του προτεινόμενου αιολικού πάρκου, οι καταλληλότερες εκτάσεις αξιολογούνται αρχικά ως προς την συνολική τους έκταση. Έτσι προκρίνονται τρεις υποψήφιες περιοχές, εκ των οποίων η μια κρίνεται λιγότερο κατάλληλη εξαιτίας του χαμηλότερου αιολικού δυναμικού που την χαρακτηρίζει. Η τελική επιλογή μεταξύ των δύο καταλληλότερων περιοχών, γίνεται με βάση την απόσταση από τους πλησιέστερους οικισμούς, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της οπτικής αλλά και ακουστικής όχλησης.

Τέλος, προκύπτει ότι η πιθανή εγκατάσταση του αιολικού πάρκου στην τελική επιλεγείσα περιοχή, απέχει ικανοποιητικές αποστάσεις από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος (προστατευόμενες περιοχές, οικισμοί) και άρα η χωροθέτησή του δεν αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις. Επιπροσθέτως, εξαιτίας της ιδιαίτερης μορφολογίας του νησιού, πρακτικά εξαλείφεται οποιαδήποτε οπτική επαφή με την

συντριπτική πλειονότητα των οικισμών, ενώ η αναμενόμενη ακουστική όχληση των ανεμογεννητριών θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ικανοποιητική.

7.2 Συμπεράσματα

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την συνολική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, συνοψίζονται ως εξής:

- ❖ Η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του σύγχρονου ενεργειακού σχεδιασμού. Επομένως, μεθοδολογίες όπως η παρούσα, οι οποίες εξετάζουν την χωρική διάσταση του προβλήματος ανάπτυξης των αιολικών εγκαταστάσεων, καθώς και αντίστοιχων εγκαταστάσεων άλλων μορφών ΑΠΕ (π.χ. Φωτοβολταϊκά, ΜΥΗΣ, Βιομάζα), μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη της ευρείας διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα.
- ❖ Η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων αποτελεί ένα πολυδιάστατο πρόβλημα, το οποίο περιλαμβάνει αρκετούς αντικρουόμενους παράγοντες περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής φύσεως, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, σύμφωνα με τις αρχές της βιωσιμότητας.
- ❖ Οι κατευθύνσεις που δίνονται από το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ είναι αρκετά γενικές και δεν γίνεται διαχωρισμός μεταξύ περιοχών με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα στη νησιωτική Ελλάδα, κύρια χαρακτηριστικά της οποίας είναι η μεγάλη συγκέντρωση τουριστικών δραστηριοτήτων, αλλά και η μεγάλη διακύμανση των ενεργειακών αναγκών μέσα στο έτος, θα έπρεπε να λαμβάνονται υπόψη στον χωρικό σχεδιασμό.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του συγκεκριμένου μεθοδολογικού πλαισίου στο νησί της Σίφνου συνοψίζονται στα εξής:

- ❖ Με την θέσπιση των περιορισμών εγκατάστασης ανεμογεννητριών, μόλις το 4,28% (3,167 km²) της συνολικής έκτασης του νησιού κρίνεται ως κατάλληλο για την χωροθέτηση τέτοιων μονάδων.
- ❖ Από τα διαθέσιμα 3,167 km², περίπου το 40% (1,27 km²) βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο του νησιού και αποτελεί μια ενιαία περιοχή. Το υπόλοιπο

60% (1,89 km²) εντοπίζεται στο βόρειο και βορειοδυτικό του τμήμα και είναι άνισα καταναμημένο σε 12 περιοχές.

- ❖ Σύμφωνα με το κύριο σενάριο αξιολόγησης, από τα 3,167 km² που είναι διαθέσιμα για την χωροθέτηση ανεμογεννητριών, Υψηλό βαθμό καταλληλότητας εμφανίζει το 54,3% που αντιστοιχεί σε 1,72 km².
- ❖ Από την εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας, προκύπτει ότι η παρούσα μεθοδολογία είναι «ευαίσθητη» στα βάρη των κριτηρίων, επομένως μεταβάλλοντας τον συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου, επηρεάζεται και το τελικό αποτέλεσμα. Επομένως, η ορθή επιλογή της κατάλληλης θέσης για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων δεν είναι μονοδιάστατη, αλλά αντίθετα καθορίζεται από έναν σημαντικό αριθμό κριτηρίων και κατ' επέκταση την βαρύτητα που λαμβάνει το καθένα από αυτά.
- ❖ Οι περιοχές στις οποίες ο βαθμός καταλληλότητας ταυτίζεται και είναι Υψηλός (8-10), τόσο στο κύριο σενάριο που εφαρμόστηκε, όσο και στα τρία σενάρια της Ανάλυσης Ευαισθησίας, καταλαμβάνουν το 31,01% (0,98 km²) της συνολικής έκτασης των διαθέσιμων περιοχών (3,167 km²).
- ❖ Η θέση εγκατάστασης του υφιστάμενου αιολικού σταθμού του νησιού (θέση «Ακρωτήρι-Τραγουδιστής»), βρίσκεται εντός της ζώνης αποκλεισμού και όχι εντός των περιοχών καταλληλότητας.
- ❖ Δεδομένου ότι το νησί της Σίφνου καταλαμβάνει συνολική έκταση 73,94 km², επιτρέπεται η κάλυψη 2,96 km² (4% της έκτασης του Ο.Τ.Α.) από αιολικούς σταθμούς. Η συνολική επιφάνεια του υφιστάμενου αιολικού σταθμού ανέρχεται στα 0,033 km², ενώ της προτεινόμενης περιοχής στα 0,27 km², άρα η κάλυψη από αιολικούς σταθμούς θα ανέρχεται σε 0,303 km² η οποία κρίνεται ως επιτρεπτή, καθώς είναι μικρότερη από το όριο κάλυψης που πηγάζει από την υφιστάμενη νομοθεσία.
- ❖ Η χωροθέτηση του αιολικού πάρκου, ονομαστικής ισχύος 7,2 MW, στην τελική επιλεγείσα περιοχή δεν αναμένεται να προκαλέσει σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

7.3 Προτάσεις βελτίωσης και μελλοντικοί τομείς προς διερεύνηση

Ως τελική συμβολή της εργασίας, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθούν ορισμένα πιθανά σημεία βελτίωσης της προτεινόμενης μεθοδολογίας, με βάση τα δεδομένα και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και να γίνουν ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Σχετικά με τα χωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, θα ήταν σημαντικό να συμπληρωθεί η υφιστάμενη κατάσταση της υπό μελέτη περιοχής με χωρικά δεδομένα μεγαλύτερης ακρίβειας. Πιο συγκεκριμένα, θα ήταν δόκιμο να συμπληρωθούν στοιχεία όπως τα ακριβή όρια των οριοθετημένων οικισμών του νησιού, οι ζώνες προστασίας Α των αρχαιολογικών χώρων, καθώς και το υφιστάμενο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, η εύρεση των οποίων δεν κατέστη εφικτή.

Σε ότι έχει να κάνει με την προτεινόμενη μεθοδολογία, θα μπορούσε να εφαρμοστεί επιπλέον κάποια άλλη μέθοδος Πολυκριτήριακής Ανάλυσης από αυτές που χρησιμοποιούνται στην διεθνή βιβλιογραφία (π.χ. ELECTRE, PROMITHEE, TOPSIS κ.α.), και στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα της μεθόδου AHP.

Εξίσου σημαντικός θα ήταν και ο εμπλουτισμός των κριτηρίων αξιολόγησης με σημαντικά κριτήρια, όπως για παράδειγμα η αξία της γης, η απόσταση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να επιτευχθεί μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση των κατάλληλων εκτάσεων χωροθέτησης ανεμογεννητριών.

Μια άλλη πιθανή κατεύθυνση διερεύνησης, έχοντας εντοπίσει την τελική θέση χωροθέτησης, αλλά και τον τύπο και αριθμό των ανεμογεννητριών που θα χρησιμοποιηθούν, θα ήταν η υλοποίηση μιας πλήρους τεχνοοικονομικής μελέτης, η οποία θα περιλαμβάνει τα κόστη κτήσης, μεταφοράς και κατασκευής του προτεινόμενου τεχνικού έργου, αλλά και τα αναμενόμενα κέρδη που θα προκύψουν από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας.

Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και επιτόπια έρευνα (μελέτη πεδίου) για τον ακριβή υπολογισμό τόσο της έντασης, όσο και της διεύθυνσης του ανέμου που επικρατεί στην τελική επιλεγείσα περιοχή. Παράλληλα θα μπορούσε να καθοριστεί και η τύρβη που προκύπτει από το ανάγλυφο του εδάφους και από την θέση των

ανεμογεννητριών. Με αυτόν τον τρόπο τα αποτελέσματα της αξιολόγησης θα ανταποκρίνονταν κατά το δυνατόν στις δυσκολίες των πραγματικών επενδύσεων.

Τέλος για υπό μελέτη περιοχές όπως είναι το νησί της Σίφνου, δηλαδή αυτόνομα νησιωτικά ηλεκτρικά συστήματα, θα μπορούσε να μελετηθεί περαιτέρω και να προταθεί ένας τρόπος αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας του προτεινόμενου αιολικού πάρκου, μέσω συσσωρευτών ή υβριδικών συστημάτων (αντλιοσταμείωση). Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να επιτευχθεί ορθότερη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας, σταθερή συχνότητα δικτύου και μεγαλύτερη ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλατζάς Σ. (2021). «Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Επενδυτή στις Κύριες Τεχνολογίες ΑΠΕ». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ «Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Βασιλάκης Χ., (2019). «Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση Επενδύσεων σε Έργα χωροθέτησης και κατασκευής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα». Διπλωματική Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Διαχείριση Τεχνικών Έργων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Bee Green (2021). «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Χωροταξικός Σχεδιασμός, για το Ινστιτούτο Νίκος Πουλιαντζάς». Διαθέσιμο στο: <https://www.openbook.gr/ananeosimes-piges-energeias-kai-chorotaxikos-schediasmos/>
- Γιάννακα Γ. (2010). «Χαρακτηριστικά Αιολικής Ενέργειας: Περιγραφή και Χωροθέτηση Θαλάσσιων Αιολικών Πάρκων». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Δασκάλου Ο. (2016). «Μεθοδολογία Βέλτιστης Χωροθέτησης και Διαστασιολόγησης Φωτοβολταϊκών & Αιολικών Πάρκων με Χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Gis): Εφαρμογή στην Περιφέρεια Θεσσαλίας». Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Δέτσικα Μ. (2017). «Βέλτιστη χωροθέτηση ανεμογεννητριών με χρήση μεθόδων GIS στην Π.Ε. Φλώρινας». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ελληνικό Ίδρυμα Ευρωπαϊκής & Εξωτερικής Πολιτικής (2021). Υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα: κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Κείμενο Πολιτικής #81. Διαθέσιμο στο: https://www.eliamep.gr/wp-content/uploads/2021/09/Social-impact-study_Alma-Economics_GR-1.pdf
- Επικαιροποιημένο Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ)

Νήσων Νοτίου Αιγαίου, 2016. Διαθέσιμο στο:
<https://pepna.gr/sites/default/files/news>

- Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020, Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου. Διαθέσιμο στο:
<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/sifnos.pdf>
- Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Σίφνου 2012-2014. Διαθέσιμο στο:
https://www.insifnos.gr/Dhmos_Sifnou/120920a.pdf
- Ζαμπέλης Δ. (2018). «*Στρατηγικό Σχέδιο Τουριστικού Μάρκετινγκ Νήσου Σίφνου*». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ «*Διαχείριση Τεχνικών Έργων*», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Ζαννής Σ. (2022). «*Μελέτη Ανάπτυξης Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων στη Νήσο Σίφνο*». Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
- Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (2021). *Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις*. Διαθέσιμο στο:
http://iobe.gr/docs/research/RES_05_25042021_REP_GR.pdf
- Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (2019). *Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας: Ετήσια Έκθεση 2019*. Διαθέσιμο στο:
<https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>
- Καζιάμης Σ. (2021). «*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα - Αιολική Ενέργεια Προβλέψεις*». Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «*Διοίκηση – Ολική Ποιότητα*», Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Κεχαγιά Κ. (2012). «*Συνδυασμένη Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την Βέλτιστη Χωροθέτηση Αιολικών Πάρκων στο Ν. Κοζάνης*». Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, Π.Μ.Σ. «*Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη*», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κορωναίος Χ. (2012). «*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*». Διδακτικές σημειώσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα.
- Κουτσόπουλος Κ. (2005). «*Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*». Εκδόσεις Παπασωτηρίου (β' έκδοση), Αθήνα.

- Κωνσταντινίδης Δ. (2022 Φεβρουάριος 28). Πόσο φιλική προς το περιβάλλον είναι η αιολική ενέργεια;, oryktosploutos.net. Ανακτήθηκε από: <https://www.oryktosploutos.net/2022/02/>
- Λειβαδαράς Ν. (2016). «Χωροθέτηση Θαλάσσιων Αιολικών Πάρκων στην Περιοχή των Κυκλάδων». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Λουμάκης Σ. (2019). «Επίδραση της Διείσδυσης των ΑΠΕ στην Χονδρεμπορική Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας». Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Λυκογιάννη Μ. (2019). «Χωροθέτηση Χερσαίων Αιολικών Εγκαταστάσεων και Διερεύνηση της Ενεργειακής Φέρουσας Ικανότητας: Η περίπτωση της Νάξου, Ελλάδα». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Π.Μ.Σ. «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μαμάσης, Ν., Ευστρατιάδης, Α. (2018). «Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία Αιολική ενέργεια». Διδακτικές σημειώσεις Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μαύρος Κ. (2022 Δεκέμβριος 5). Η Θέση των ΑΠΕ στο Σύγχρονο Ενεργειακό Περιβάλλον, Energia.gr. Ανακτήθηκε από: <https://www.energia.gr/article/197124/h-thesh-ton-ape-sto-syghrono-energeiako-perivallon>
- Μπέρης Θ. (2019). «Αυτόνομα Συστήματα Νησιών με Πολύ Υψηλή Διείσδυση ΑΠΕ και Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας». Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μπίλη Α. (2018). «Χωροθέτηση και Διαχείριση Υβριδικών Συστημάτων Εκμετάλλευσης Αιολικής και Ηλιακής Ενέργειας: Η Περίπτωση της Άνδρου, Ελλάδα». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Διοίκησης και Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παναγή Χ. (2016). «Το Θεσμικό Πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ

«Τεχνολογίες Περιβάλλοντος στην Περιβαλλοντική Νομοθεσία», Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

- Πυθαρουλίου Α.Χ. (2020). *«Αποτίμηση Μεθόδων Μακροχρόνιας Πρόβλεψης Μορφολογικής Εξέλιξης Πυθμένα-Εφαρμογή στην Ακτή Καμάρες της Σίφνου»*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (2021). «Ενημερωτικό σημείωμα της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) σχετικά με την Αδειοδότηση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας». Διαθέσιμο στο: <https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/>
- Σταμάτη Π.Δ. (2014). *«Πολυκριτηριακός Σχεδιασμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε περιβάλλον GIS: Χωροθέτηση Αιολικών Πάρκων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας»*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Τζίμα Α. (2018). *«Η εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα. Μελέτη Περίπτωσης: Αιολική Ενέργεια–Προβλέψεις»*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ «Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη», Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Τσαγγαράτος Π. (2012). *«Διερεύνηση της Τεχνικογεωλογικής Συμπεριφοράς των Γεωλογικών Σχηματισμών με τη χρήση Πληροφοριακών Συστημάτων»*. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Τσάμη Μ. (2019). Χωροθέτηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νίσυρο: Αιολικές και Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Χαλκιάς Χ. (2011). *«Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Συμπληρωματικές Σημειώσεις)»*. Διδακτικές σημειώσεις τμήματος Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- Χαλκιάς Χ. (2015). *«Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής: Εφαρμοσμένα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών»*. Εκδόσεις Κάλλιπος, Αθήνα.

- Χατζηβασιλειάδης Γ. (2019 Αύγουστος 2). Οι ΑΠΕ στον Ενεργειακό Μετασχηματισμό ως Μοχλός Ανάπτυξης, IENE.gr. Ανακτήθηκε από: <https://www.iene.gr/page.asp?pid=5038&lng=1>

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Alshabeeb A.R.R., Al-Adamat R., Mashagbah A. (2016). *AHP with GIS for a Preliminary Site Selection of Wind Turbines in the NorthWest of Jordan*. International Journal of Geosciences, 7:1208. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2016.710090>
- Atici K.B., Simsek A.B., Ulucan A., Tosun M.U. (2015). *A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection*. Utilities Policy, 37: 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2015.06.001>
- Baban S.M., Parry T. (2001). *Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK*. Renewable Energy, 24(1): 59–71. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00169-5)
- Bili A. Vagiona D.G. (2018). *Use of multicriteria analysis and GIS for selecting sites for onshore wind farms: The case of Andros Island (Greece)*. European Journal of Environmental Science, 8: 5–13. <https://doi.org/10.14712/23361964.2018.2>
- Bishop I.D, Miller D.R. (2007). *Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables*. Renewable Energy, 32: 814-831.
- Bennui, A., Rattanamanee, P., Puetpaiboon, U., Phukpattaranont, P., Chetpattananondh, K. (2007). *Site selection for large wind turbine using GIS*. In: *Proceedings of the PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment (ICEE 2007), May 10–11, 2007, Phuket, Thailand*. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/313578739_Site_selection_for_large_wind_turbine_using_GIS
- Bertsiou M.M., Theochari A.P., Baltas E. (2020). *Multi-criteria analysis and Geographic Information Systems methods for wind turbine siting in a North Aegean Island*. Energy Science and Engineering 00:1-15. <https://doi.org/10.1002/ese3.809>
- Clean Energy Transition Agenda 2019, Sifnos Island. Διαθέσιμο στο: <https://clean-energy-islands.ec.europa.eu/countries/greece/sifnos>

- Dai K., Bergot A., Liang C., Xiang W.N., Huang Z. (2014). *Environmental issues associated with wind energy – A review*. *Renewable Energy* 75:911-921, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>
- Derdouri A., Murayama Y. (2018). *Onshore Wind Farm Suitability Analysis Using GIS-based Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Fukushima Prefecture, Japan*. *Geoinformatics-Geostatistics: An Overview* S3. <http://dx.doi.org/10.4172/2327-4581.S3-005>
- Feloni E., Karandinaki E. (2021). *GIS-based MCDM Approach for Wind Farm Site Selection-A Case Study*. *Journal of Energy and Power Technology*, 3(3): 039. <http://dx.doi.org/10.21926/jept.2103039>
- Gill, J. (2021). *The Parts of a Wind Turbine: Major Components Explained*. *Energy Follower*. Διαθέσιμο στο: <https://energyfollower.com/parts-of-a-wind-turbine/>
- Hau, E. (2013). *Wind turbines: Fundamentals, technologies, application, economics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-27151-9>.
- Hofer T., Sunak Y., Siddique H., Madlener R. (2016). *Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städtereion Aachen*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.138>
- Ifkirne M., El Bouhi H., Charki S., Pham Q.B., Farah A., Linh N.T.L. (2022). *Multi-Criteria GIS-Based Analysis for Mapping Suitable Sites for Onshore Wind Farms in Southeast France*. *Land* 11(10):1839. <http://dx.doi.org/10.3390/land11101839>
- International Energy Association (2019). *International Energy outlook 2019 with projections to 2050*. Διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>
- Ioannou K., Tsantopoulos G., Arabatzis G. (2019). *A Decision Support System methodology for selecting wind farm installation locations using AHP and TOPSIS: Case study in Eastern Macedonia and Thrace region, Greece*. *Energy Policy*, 132: (232-246). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.020>
- Jianu O., Rosen M.A., Naterer G. (2012). *Noise Pollution Prevention in Wind Turbines: Status and Recent Advances*. *Sustainability* 4(6):1104-1117. <https://doi.org/10.3390/su4061104>

- Katsaprakakis D., Dakanali E., Dimopoulos A., Gyllis Y. (2022). *Energy Transition on Sifnos: An Approach to Economic and Social Transition and Development*. Applied Science 2022, 12, 2680. <https://doi.org/10.3390/app12052680>
- Latinopoulos D., Kechagia K. (2015). *A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece*. Renewable Energy, 78: 550-560. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.041>
- Moradi S., Yousefi H., Noorollahi Y., Rosso D. (2020). *Multi-criteria decision support system for wind farm site selection and sensitivity analysis: Case study of Alborz Province, Iran*. Multi-criteria decision support system for wind farm site selection and sensitivity analysis: Case study of Alborz Province, Iran. Energy Strategy Reviews, 29, 100478. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100478>
- Nazir M.S., Ali N., Bilal M., Iqbal H.M.N. (2020). *Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective*. Current Opinion in Environmental Science & Health 13:85-90, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.002>
- Panagiotidou M., Xydis G., Koroneos C. (2016). *Environmental Siting Framework for Wind Farms: A Case Study in the Dodecanese Islands*. Resources 5(3), 24. <https://doi.org/10.3390/resources5030024>
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, NY, McGraw Hill.
- Saaty, T.L. (1986). *Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process*, Management Science, 32(7): 841-855. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.841>
- Saidur R., Rahim N.A., Islam M.R., Solangi K.H. (2011). *Environmental impact of wind energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15:2423-2430. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.024>
- Sánchez-Lozano J.M., García-Cascales M.S., Lamata M.T. (2014). *GIS-based onshore wind farm site selection using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making methods. Evaluating the case of Southeastern Spain*. Applied Energy 171: 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.030>
- Sotiropoulou K., Vavatsikos A. (2021). *Onshore wind farms GIS-Assisted suitability analysis using PROMETHEE II*. Energy Policy, 158, 112531. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112531>

- Szurek M., Blachowski J., Nowacka A. (2014). *GIS-based method for wind farm location multi-criteria analysis*. Mining Science, 21:65-81. <http://dx.doi.org/10.5277/ms142106>
- Tegou L.I., Polatidis H., Haralambopoulos D.A. (2010). *Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and Case Study*. Journal of Environmental Management, 91(11): 2134-2147. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.010>
- Thayer R.L., Freeman C.M. (1987). *Altamont: public perceptions of a wind energy landscape*. Landscape Urban Plan. 14:379-98, [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(87\)90051-X](https://doi.org/10.1016/0169-2046(87)90051-X)
- Tsoutsos T., Tsitoura I., Kokologos D., Kalaitzakis K. (2015). *Sustainable siting process in large wind farms case study in Crete*. Renewable Energy. 75: 474-480. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.020>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2015. Adoption of the Paris Agreement. Διαθέσιμο στο: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/I09.pdf>
- Vagiona D.G., Alexiou V. (2022). *Wind Farm Deployment in Uninhabited Islets: A Case Study the Region of the South Aegean (Greece)*. Wind, 2(3): 451-465. <https://doi.org/10.3390/wind2030024>
- Villacreses G., Gaona G., Martínez-Gomez J., Juan Jijon D. (2017). *Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador*. Renewable Energy, 109: 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.041>
- Voivondas D., Assimakopoulos D., Mourelatos A. (1998). *Evaluation of Renewable Energy potential using GIS decision support system*. Renewable Energy, 13(3): 333-344. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00006-8)
- Watson J.W, Hudson M.D. (2015). *Regional Scale wind farm and solar farm suitability assessment using GIS-assisted multi-criteria evaluation*. Landscape and Urban Planning, 138: 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.001>
- WindEurope (2021). *Wind energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026*. Διαθέσιμο στο: <https://www.anev.org/wp-content/uploads/2022/02/220222-Stats-Outlook.pdf>

- WWF ΕΛΛΑΣ (2019). *Καθαρή Ενέργεια Τώρα: Κείμενο θέσης για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα*. Διαθέσιμο στο: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_kathari_energeia_stin_ellada.pdf

Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο

- **N.1559/1985** «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 135/Α'/25-7-1985.
- **N.2244/1994** «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 168/Α'/7-10-1994.
- **N.2773/1999** «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις», ΦΕΚ 286/Α'/22-12-1999.
- **N.3017/2002** «Κύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος», ΦΕΚ 117/Α'/30-05-2002
- **N.3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις», ΦΕΚ 129/Α'/27-6-2006.
- **ΚΥΑ 49828/2008**, «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού», ΦΕΚ 2464/Β'/03-12-2008.
- **N.3851/2010** «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής», ΦΕΚ 85/Α'/4-6-2010.
- **N.4062/2012** «Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού - Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ - Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ) - Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/ΕΚ)», ΦΕΚ 70/Α'/30-03-12
- **ΚΥΑ 3791/2013**, «Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που κατατάσσονται στην Β Κατηγορία της 10ης Ομάδας «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» του Παραρτήματος Χ της υπ' αριθμ. 1958/2012 (21/Β) υπουργικής απόφασης, με α/α 1, 2, 8 και 9», ΦΕΚ 104/Β'/2013.
- **N.4414/2016** «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 149/Α'/09-08-2016

- **N.4512/2018** «Ρυθμίσεις για την εφαρμογή των Διαρθρωτικών Μεταρρυθμίσεων του Προγράμματος Οικονομικής Προσαρμογής και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 5/Α' /17-01-2018
- **N.4685/2020** «Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις», ΦΕΚ 92/Α' /07-05-2020
- **N.4951/2022** «Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος», ΦΕΚ 129/Α' /04-07-2022

Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο

- COM (96) 576. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, Green Paper for a Community Strategy. European Commission (1996).
- COM (97) 599. Energy for The Future: Renewable Sources Of Energy, White Paper For A Community Strategy And Action Plan. European Commission (1997).
- COM (2019) 640. The European Green Deal, European Commission (2019)
- Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27.9.2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L-283/01.
- Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17.5.2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L-123/42.
- Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23.4.2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ. Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L-140/16.
- Οδηγία 2018/2001/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21.12.2018 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από Α.Π.Ε (αναδιατύπωση). Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L-32/82.

Διαδικτυακές Πηγές

- ΑΔΜΗΕ. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.admie.gr/>
- Αιολική Γη Α.Ε. [online], διαθέσιμο στο: <http://www.aiolikigi.gr/el/>
- Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής. [online], διαθέσιμο στο: <http://www.ypai.gr/site/home.csp>
- ΔΕΗ Ανανεώσιμες. [online], διαθέσιμο στο: <https://ppcr.gr/el/>
- Διαρκής Κατάλογος των Κηρυγμένων Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων της Ελλάδος. [online], διαθέσιμο στο: <http://listedmonuments.culture.gr/>
- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.ornithologiki.gr/el/>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή – ΕΛΣΤΑΤ. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.statistics.gr/el/statistics/pop>
- Ενημερωτική Πύλη Κατασκευών Κεραιών. [online], διαθέσιμο στο: <https://keraies.eett.gr/>
- Επίσημος Ιστότοπος Ευρωπαϊκής Ένωσης. [online], διαθέσιμο στο: https://european-union.europa.eu/index_el
- Επίσημη Ιστοσελίδα Δήμου Σίφνου. [online], διαθέσιμο στο: <https://sifnos.gr/>
- Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/>
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. [online], διαθέσιμο στο: <http://www.cres.gr/cres/index.html>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αιολική Ενέργεια. [online], διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/aioliki/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. [online], διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/>
- CNWAY. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.cnway.gr/>
- Copernicus Land Monitoring Service. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.copernicus.eu/en>
- Enercon. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.enercon.de/en/home/>
- ESRI. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>
- E-Sifnos. [online], διαθέσιμο στο: <https://e-sifnos.com/>
- Geodata.gov. [online], διαθέσιμο στο: <https://geodata.gov.gr/>

- International Energy Association. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.iea.org/>
- International Renewable Energy Sources Association. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.irena.org/>
- Mare Wind. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.marewind.eu/>
- Meteoblue. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.meteoblue.com>
- Renewablesystems. [online], διαθέσιμο στο: <https://renewablesystems.org/>
- U.S. Energy Information Administration. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/>
- WKC Group. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.wkcgroup.com/>
- Wind turbine models. [online], διαθέσιμο στο: <https://en.wind-turbine-models.com/>
- Wind-Watch. [online], διαθέσιμο στο: <https://www.wind-watch.org/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ελάχιστες αποστάσεις αιολικών εγκαταστάσεων από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής, σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ, για τις ΑΠΕ (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008, Παράρτημα ΙΙ).

1. Αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων	
Κατηγορία	Ελάχιστη Απόσταση
Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης	<ul style="list-style-type: none">- Για εγκατεστημένη ισχύ κάτω των 10 ΜWe: Σε Π.Α.Π. και Αττική: 20 km μήκους όδευσης- Σε άλλες περιοχές (Π.Α.Κ.): 15 km ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ- Σε νησιά: 10 km ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα
Μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης	Όπως ορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ, στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (μέση και χαμηλή τάση)
Ελάχιστη απόσταση (Α) μεταξύ των ανεμογεννητριών	2,5 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ($A=2,5d$)

2. Αποστάσεις από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος	
Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης και προστασίας της φύσης του άρθρου 19 παρ.1, 2 ν.1650/86 (Α'160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη Ε.Π.Μ. ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική Κ.Υ.Α. (ν. 3044/02)

<ul style="list-style-type: none"> • Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης 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 L 259 της 21.9.2006, σ. 1). 	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ
Ακτές κολύμβησης, που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης	1500 m
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ, μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη

3. Αποστάσεις από Περιοχές και Στοιχεία Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Ασύμβατη χρήση	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση
Εγγεγραμμένα στον 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	3.000 m
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	$A=7d$, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 m
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	$A=7d$, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 m

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, τουριστικοί ή αξιόλογοι	1.000 m από το όριο του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση
Παραδοσιακοί οικισμοί	1.500 m από το όριο του οικισμού (Κατά παρέκκλιση από τα παραπάνω είναι δυνατή με απόφαση του Γ.Γ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ύστερα από εισήγηση της αρμόδιας Δ/σης του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. η μείωση της ως άνω απόστασης μέχρι τα 1000 μ εφόσον ο αριθμός των κατοικιών που συνθέτουν τον οικισμό είναι μικρότερος των 20).
Λοιποί οικισμοί	500 m 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	1.000 m από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα.
Ιερές Μονές	500 m από τα όρια της Μονής
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45 dB.

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 οδού ή του σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα.
Γραμμές υψηλής τάσεως	Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια από τα όρια διέλευσης των γραμμών Υ.Τ.
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα.

Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα.
---	---

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	500 m
ΠΟΤΑ και άλλες Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ του αιολικού πάρκου για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση). Τουριστικά καταλύματα και ειδικές τουριστικές υποδομές.	1.000 m από τα όρια της ζώνης / περιοχής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακες Δυαδικών Συγκρίσεων των Κριτηρίων Αξιολόγησης για τα σενάρια της Ανάλυσης Ευαισθησίας:

Σενάριο 2 Ανάλυσης Ευαισθησίας (Μεγαλύτερη βαρύτητα στα Τεχνικά-Οικονομικά κριτήρια) - Πίνακες ανά ζεύγη συγκρίσεων:

Πίνακας Δυαδικών Συγκρίσεων ΑΗΡ (Σενάριο 2-Ανάλυση Ευαισθησίας)					
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	3	2	7	7
K2	1/3	1	1/2	4	4
K3	1/2	2	1	5	5
K4	1/7	1/4	1/5	1	1
K5	1/7	1/4	1/5	1	1
Άθροισμα	2,119	6,500	3,900	18,000	18,000
K1: Αιολικό Δυναμικό, K2: Εδαφικές Κλίσεις, K3: Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, K5: Οπτική Όχληση					

Βάρη κριτηρίων αξιολόγησης (Σενάριο 2 - Ανάλυση Ευαισθησίας)						
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5	Βάρη
K1	0,472	0,462	0,513	0,389	0,389	0,445
K2	0,157	0,154	0,128	0,222	0,222	0,177
K3	0,236	0,308	0,256	0,278	0,278	0,271
K4	0,067	0,038	0,051	0,056	0,056	0,054
K5	0,067	0,038	0,051	0,056	0,056	0,054
K1: Αιολικό Δυναμικό, K2: Εδαφικές Κλίσεις, K3: Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, K5: Οπτική Όχληση						
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων		$\lambda_{max} = 5,080$	CI = 0,020	CR = 0,018		

- $CI=(\lambda_{max}-n)/((n-1)) = (5,080-5)/4 = 0,020$ όπου n ο αριθμός των κριτηρίων που λήφθηκαν υπόψη, δηλαδή 5
- $CR=CI/RI = 0,020/1,12 = 0,018$ όπου σύμφωνα με τον πίνακα τυχαίου δείκτη συνέπειας του Saaty, ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας για 5 κριτήρια είναι ίσος με 1,12.

Σενάριο 3 Ανάλυσης Ευαισθησίας (Μεγαλύτερη βαρύτητα στα Κοινωνικά-Περιβαλλοντικά κριτήρια) - Πίνακες ανά ζεύγη συγκρίσεων:

Πίνακας 1: Ανά ζεύγη συγκρίσεις κριτηρίων αξιολόγησης (Σενάριο 3-Ανάλυση Ευαισθησίας).

Πίνακας Δυαδικών Συγκρίσεων AHP (Σενάριο 3-Ανάλυση Ευαισθησίας)					
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	3	2	1/3	1/3
K2	1/3	1	1/3	1/7	1/7
K3	1/2	3	1	1/5	1/5
K4	3	7	5	1	1
K5	3	7	5	1	1
Άθροισμα	7,833	21,000	13,333	2,676	2,676
K1: Αιολικό Δυναμικό, K2: Εδαφικές Κλίσεις, K3: Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο, K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, K5: Οπτική Όχληση					

Βάρη κριτηρίων αξιολόγησης (Σενάριο 3 - Ανάλυση Ευαισθησίας)						
Κριτήρια Αξιολόγησης	K1	K2	K3	K4	K5	Βάρη
K1	0,128	0,143	0,150	0,125	0,125	0,134
K2	0,043	0,048	0,025	0,053	0,053	0,044
K3	0,064	0,143	0,075	0,075	0,075	0,086
K4	0,383	0,333	0,375	0,374	0,374	0,368
K5	0,383	0,333	0,375	0,374	0,374	0,368

K1: Αιολικό Δυναμικό, **K2:** Εδαφικές Κλίσεις, **K3:** Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο,
K4: Απόσταση από Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος, **K5:** Οπτική Όχληση

Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων

$\lambda_{\max} = 5,099$

CI = 0,025

CR = 0,022

- **CI**=(λ_{\max} -n)/((n-1)) = (5,099-5)/4 = 0,020 όπου n ο αριθμός των κριτηρίων που λήφθηκαν υπόψη, δηλαδή 5
- **CR**=CI/RI = 0,025/1,12 = 0,022 όπου σύμφωνα με τον πίνακα τυχαίου δείκτη συνέπειας του Saaty, ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας για 5 κριτήρια είναι ίσος με 1,12.