

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Οικονομοτεχνικό Πλαίσιο Ανάπτυξης Πλωτών Ανεμογεννητριών σε
Απομακρυσμένες Περιοχές**

ΑΦΡΟΚΟΜΗ-ΑΦΡΟΥΛΑ ΣΤΕΦΑΝΑΚΟΥ

*για την απόκτηση διδακτορικού διπλώματος
του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών*

Συμβουλευτική Επιτροπή:

Νικητάκος Νικήτας

Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλίας και

Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Συριόπουλος Θεόδωρος

Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλίας και

Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Γεώργιος Βαλίρης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Επταμελής Επιτροπή:

Νικητάκος Νικήτας

Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών
Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Συριόπουλος Θεόδωρος

Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών
Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Βαλίρης Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Λάμπρου Μαρία

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών
Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Λίλας Θεόδωρος

Επίκουρος Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών
Υπηρεσιών

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Παυλογεωργάτος Γεράσιμος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και
Επικοινωνίας

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τζαννάτος Ερνέστος

Καθηγητής

Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ



**Οικονομοτεχνικό Πλαίσιο Ανάπτυξης Πλωτών Ανεμογεννητριών
σε Απομακρυσμένες Περιοχές**

ΑΦΡΟΚΟΜΗ-ΑΦΡΟΥΛΑ ΣΤΕΦΑΝΑΚΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του
Πανεπιστημίου Αιγαίου

Επιβλέπων Διατριβής.....

Νικήτας Νικητάκος, Καθηγητής

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του υπεράκτιου θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Μελέτη περίπτωσης, είναι η αξιολόγηση της καταλληλότητας του υπεράκτιου θαλάσσιου χώρου του Αιγαίου. Στόχος της μελέτης, είναι η διερεύνηση, όλων των παραμέτρων του *προβλήματος*, η ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά η διαμόρφωση ενός άμεσου, ευέλικτου και αξιόπιστου πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τις αξίες και τις προοπτικές ποικίλων συμμετεχόντων, και θα επιτρέπει τη δημιουργία αφενός βιώσιμων εγκαταστάσεων και αφετέρου αρμονικά ενταγμένων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα διατριβή, βασίζεται στα μεθοδολογικά εργαλεία που προσφέρει η Γεωπληροφορική, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Συνοπτικά, η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση θα μπορούσε να αποδοθεί ως *Μεθοδολογία Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ (Spatial Multi-Criteria Analysis in GIS Environment)*. Αρχικό στάδιο είναι η συλλογή και η οργάνωση των απαραίτητων χωρικών και μη χωρικών δεδομένων. Αρχικά διερευνάται η δυνατότητα χωροθέτησης, βάσει απλών κριτηρίων τα οποία καθορίζονται βάσει της νομοθεσίας. Με την εφαρμογή της Δυαδικής Λογικής προκύπτει ένας δυαδικός (*true/false*) χάρτης των τοποθεσιών που πληρούν ή δεν πληρούν τα συγκεκριμένα κριτήρια (*Χάρτης Αποκλεισμού*). Παράλληλα κατασκευάζεται η ιεραρχική δομή (*δενδρόγραμμα*) του πολυκριτηριακού προβλήματος. Επιλέγεται η ιεραρχική δομή τριών επιπέδων σύμφωνα με την οποία στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται ο τελικός στόχος, στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται τα κριτήρια αξιολόγησης, και στο τρίτο επίπεδο οι εναλλακτικές επιλογές. Ένα σύνολο τεχνοοικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και χωροταξικών κριτηρίων αξιολόγησης, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των βέλτιστων τοποθεσιών, βάση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Το επόμενο βήμα σχετίζεται με την ομογενοποίηση και την ποσοτικοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης. Στο στάδιο αυτό, δεδομένα σε ποσοτικές και ποιοτικές κλίμακες ταξινομήσης μετατρέπονται σε μια ενιαία τακτική κλίμακα. Η μέθοδος της σύγκρισης ανά ζεύγη (*pairwise comparisons*) στο πλαίσιο της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων αξιολόγησης, προκειμένου να καθοριστεί η επιρροή τους στην αξιολόγηση του χώρου. Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι ο μειωμένος βαθμός του υποκειμενικού παράγοντα. Με την εφαρμογή της Σταθμισμένης Χαρτογραφικής Επικάλυψης (*Weighted Overlay*) υπολογίζεται και αξιολογείται η καταλληλότητα κάθε εναλλακτικής επιλογής σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς (*Χάρτης Αξιολόγησης*). Σε τελικό στάδιο, ο *Χάρτης Καταλληλότητας* και κατά συνέπεια ο Συνολικός Δείκτης Καταλληλότητας (*Overall Suitability Index/OSI*) κάθε εναλλακτικής, προκύπτει από τη διενέργεια αριθμητικής πράξης μεταξύ των προαναφερθέντων ψηφιδωτών χαρτογραφικών αποτελεσμάτων. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διαδικασίας ανέδειξε δύο τοποθεσίες ως πλέον βέλτιστες με συνολικό δείκτη καταλληλότητας (Δ.Κ) (7), και είκοσι τοποθεσίες με Δ.Κ. (6) ως εξίσου κατάλληλες, έχοντας εντούτοις περισσότερα μειονεκτήματα αλλά εντός των αποδεκτών επιπέδων. Επόμενο στάδιο

είναι η οικονομική αξιολόγηση των τοποθεσιών με τον μεγαλύτερο συνολικό Δ.Κ. Η Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), ο Εσωτερικός Βαθμός απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*), η Απλή περίοδος αποπληρωμής (*Payback period*) και το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Livellised Cost of Energy*), υπολογίζονται και διαφοροποιούνται σε κάθε τοποθεσία μέσω των χωρικά εξαρτώμενων μεταβλητών. Αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η κατάταξη των βέλτιστων τοποθεσιών και κατ' επέκταση η χωρική αποτύπωση και απεικόνιση της οικονομικής πληροφορίας, βάσει Καθαράς Παρούσας Αξίας. Τέλος, εκτελείται Ανάλυση Ευαισθησίας στα σχετικά βάρη των κριτηρίων αξιολόγησης δείχνοντας ότι κάθε κριτήριο ασκεί σημαντική επιρροή στην αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας τοποθεσίας. Συνεπώς η επιλογή των κριτηρίων και η στάθμισή τους, αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο σε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο χωροθέτησης.

Λέξεις Κλειδιά: Χωροθέτηση Υπεράκτιας Ανεμογεννήτριας, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης, Γεωπληροφορική, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Χαρτογραφική Μοντελοποίηση, Χωρική Ανάλυση, Δυαδική Λογική, Σταθμισμένη Επικάλυψη, Οικονομική Αξιολόγηση, Ανάλυση Ευαισθησίας.

Abstract

The present Ph.D dissertation deals with the offshore suitability evaluation for floating wind turbine siting. The case study was the suitability evaluation of the Aegean Sea. The aim of this study is the investigation of all aspects of the *problem*, by analyzing their interactions and finally developing a direct, flexible and reliable Multi-Criteria Decision Support Framework, which will take into account the values and perspectives of various participants, and will allow the creation of sustainable units harmoniously integrated into natural and man-made environment. The methodological approach in this dissertation is based on the methodological tools that Geoinformatics offers through Geographic Information Systems (GIS). In summary, the methodology could be described as a Spatial Multi-Criteria Analysis in GIS Environment. At the first stage, the spatial and non-spatial data are collected and organized. Initially, the possibility of siting is investigated based on simple criteria defined by the Law. With implementation of Binary Logic, a binary (*true/false*) map of sites that meet or not the specific criteria is created (*Exclusion Map*). In the same time, the hierarchical structure of the multi criteria problem is determined. A three levels hierarchical structure is chosen as the suitable approach, in which the first level is the final goal, the second level is the evaluation criteria, and the third level is the alternatives. A set of economic, technical, social, environmental and spatial evaluation criteria are used in order to identify the optimal locations based on international literature. The next step is based on homogenization and quantification of the evaluation criteria. At this stage, data on quantitative and qualitative classification scales are transformed into a common ordinal scale. The pair-wise comparison method in the context of the Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to estimate the criteria weights in order to establish their relative importance in site evaluation. The main feature of this method is the reduced level of subjective factor. With the implementation of Weighted Overlay, the suitability of each alternative option, in spatial reference unit level is calculated and evaluated (*Evaluation Map*). At the final stage, the *Suitability Map*, and consequently the Overall Suitability Index (OSI) results from arithmetic operation between the aforementioned cartographic results. The specific process revealed two sites as optimum, with Overall Suitability Index (7), and twenty sites with OSI (6) as equally suitable, having however more drawbacks but within acceptable levels. Next stage, is the economic evaluation of the sites with the higher Overall Suitability Index. Net Present Value, Internal Rate of Return, Payback Period, and Livelised Cost of Energy are calculated and differentiated at each site through spatially dependent variables. Result of this process, is the rating of optimal sites, and consequently the spatial display of economic information, based on Net Present Value. Finally, a Sensitivity Analysis on the weights of the criteria is also carried out, revealing that each evaluation criterion has important influence in a site suitability assessment. Consequently, the choice of the evaluation criteria and their weighting is a very important step in a siting methodological framework.

Keywords: Offshore Wind Turbine Siting; Multi Criteria Analysis; Analytic Hierarchy Process; Geoinformatics; Geographic Information Systems; Cartographic Modeling;

Spatial Analysis; Binary Logic; Weighted Overlay; Economic Evaluation; Sensitivity Analysis.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αποτελεί την ολοκλήρωση μιας πορείας, η οποία ξεκίνησε με τις μεταπτυχιακές σπουδές μου στο Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Κατά τη διάρκεια όλων αυτών των χρόνων ήρθα σε επαφή με ιδιαίτερα σημαντικούς ανθρώπους, οι οποίοι με βοήθησαν τόσο στο να αποκτήσω γνώσεις, όσο και στο να διαμορφώσω την προσωπικότητά μου. Στις επόμενες παραγράφους, θα ήθελα να αναφερθώ ξεχωριστά σε κάποιους ανθρώπους, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα.

Δεν θα μπορούσα να μην αρχίσω από τον αγαπητό Δάσκαλο, τον Καθηγητή του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών και επιβλέποντα της διατριβής μου, τον κύριο Νικήτα Νικητάκο και να τον ευχαριστήσω για την επιστημονική του καθοδήγηση, τις εκτενείς συζητήσεις μαζί του, καθώς μέσα από αυτές διαμορφώθηκαν οι βασικές ιδέες και οι υποθέσεις της παρούσας διδακτορικής διατριβής, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και για την αμέριστη πολύπλευρη υποστήριξη του όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην συμβολή του στην συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, όπου χωρίς αυτή θα ήταν πολύ δυσκολότερη η διεκπεραίωση αυτής της διατριβής. Περισσότερο όμως τον ευχαριστώ για την ευκαιρία που μου έδωσε να μαθητεύσω δίπλα του.

Οφείλω ξεχωριστές ευχαριστίες στον Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος κύριο Θεόδωρο Λίλα, ο οποίος με τη χαρακτηριστική ευγένεια και ευρύτητα σκέψης και ιδεών αποτελεί πάντα πηγή γνώσης για μένα.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, Γεράσιμο Παυλογεωργάτο, όπου μέσα από τη συνεργασία μας στο Πρόγραμμα «Διασυννοριακή Συνεργασία για Ανάπτυξη Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού» και τις συζητήσεις μας, συνέβαλε ουσιαστικά και πολυποίκιλα στην επίτευξη αυτού του αποτελέσματος.

Φυσικά μέρος των ευχαριστιών ανήκει στα σεβαστά μέλη της επταμελούς επιτροπής κρίσης της Διατριβής, για την τιμή που μου έκαναν να παραβρεθούν στην εξέταση υποστήριξης της Διατριβής.

Κλείνοντας, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, και ιδιαίτερα στην γιαγιά μου Αργυρώ και στον παππού μου Θεοδώρη, για την αγάπη και την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, καθώς χωρίς την υπομονή, την ουσιαστική στήριξη και εμπύχωση τους σε ότι και αν κάνω, δεν θα είχα πετύχει πολλούς από τους στόχους μου.

Πίνακας Περιεχομένων

<i>Περιεχόμενα Εικόνων</i>	15
<i>Περιεχόμενα Πινάκων</i>	16
<i>Περιεχόμενα Χαρτών</i>	18
<i>Περιεχόμενα Διαγραμμάτων</i>	19
<i>Συντομογραφίες</i>	20
<i>Ενότητα I Εισαγωγή</i>	23
1.1 Περιγραφή του Προβλήματος	23
1.1.1. Η Πολυκριτηριακή Φύση του Προβλήματος	25
1.1.2 Η Χωρική Φύση του Προβλήματος	26
1.2 Αντικείμενο και Στόχος Διατριβής	27
1.3 Συνεισφορά	28
1.4 Δομή.....	31
1.5 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός (ΘΧΣ)	35
1.5.1 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στο Υφιστάμενο Νομικό Πλαίσιο του Χωροταξικού Σχεδιασμού στην Ελλάδα & ΑΠΕ	36
1.6 Νομικό Πλαίσιο Ανάπτυξης ΑΠΕ	38
1.7 Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια	39
<i>Ενότητα II Βιβλιογραφική Επισκόπηση</i>	44
2.1 Εισαγωγή	44
2.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική	45
2.3 Πολυκριτηριακές Μεθοδολογίες Λήψης Αποφάσεων	48
2.3.1 Γενικά	48
2.3.2 Μέθοδοι Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)	50
2.4 Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση στο Σχεδιασμό Αιολικών Συστημάτων σε Περιβάλλον ΓΣΠ	55
2.5 Κατηγοριοποίηση Μεθόδων Χωροθέτησης	59
2.6 Συμπεράσματα	61
<i>Ενότητα III Μέθοδοι & Εργαλεία</i>	64
3.1 Εισαγωγή	64

3.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (<i>Βασικές Αρχές</i>)	65
3.3 Μέρη ενός Γ.Σ.Π	67
3.4 Στάδια & Διαδικασίες Γ.Σ.Π	68
3.4.1 Καθορισμός του Προβλήματος	68
3.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία	68
3.4.3 Συμπεράσματα	70
3.5 Γ.Σ.Π. ως Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση (Ο.Χ.Π)	71
3.6 Χωρική Ανάλυση	72
3.6.1 Ανάλυση Εγγύτητας (Proximity Analysis)	72
3.6.2 Ανάλυση Επικάλυψης (Overlay Analysis)(Μοντελοποίηση με Χαρτογραφική Επικάλυψη)	73
3.6.2.1. Δυαδική Επικάλυψη (Boolean Overlay)	74
3.6.2.2 Διαδικασία Χωρικής Ανάλυσης με Σταθμισμένη Χαρτογραφική Επικάλυψη (Weighted Overlay)	76
3.7 Μέθοδος της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης– Analytic Hierarchy Process (AHP)	78
3.7.1 Εισαγωγή	78
3.7.2 Μεθοδολογία	80
3.7.3 Η Χρήση της AHP ως Εργαλείο Γεωγραφικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης	82
3.8 Συμπεράσματα	84
<i>Ενότητα IV Ανάπτυξη του Μοντέλου Πολυκριτηριακής Ανάλυσης</i>	86
4.1 Εισαγωγή	86
4.2 Προσδιορισμός των Ανασταλτικών Κριτηρίων & Παραγωγή του Χάρτη Αποκλεισμού (1ο Στάδιο)	87
4.2.1 Κριτήρια Αποκλεισμού (<i>Exclusion Criteria</i>)	87
4.2.2 Ανάλυση Δεδομένων	89
4.2.3 Χωρική Ανάλυση	89
4.2.3.1 Δυαδική Επικάλυψη (<i>Boolean Overlay</i>)	89
4.3 Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης & Παραγωγή του Χάρτη Αξιολόγησης (2 ^ο Στάδιο)	91
4.3.1 Κριτήρια Αξιολόγησης (<i>Evaluation Criteria</i>)	91
4.3.2 Ανάλυση Δεδομένων	94

4.3.3 Χωρική Ανάλυση	94
4.3.3.1 Σταθμισμένη Επικάλυψη (<i>Weighted Overlay</i>)	95
4.4. Οικονομική Αξιολόγηση (<i>3^ο Στάδιο</i>)	98
4.4.1 Παράμετροι Αξιολόγησης Επιχειρηματικού Μοντέλου	101
4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας (<i>4^ο Στάδιο</i>)	105
4.6 Συμπεράσματα	105
<i>Ενότητα V(I) Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του</i>	
<i>Μοντέλου (Χωροθέτηση).....</i>	108
5.1 Εισαγωγή	108
5.2 Ανάλυση Περιοχής Μελέτης	108
5.2.1 Χωροταξική Θεώρηση Περιοχής Μελέτης Αιγαίου	108
5.2.1.1 Διοικητική Διαίρεση	108
5.2.1.2 Δημογραφικά Δεδομένα	109
5.2.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά-Υποθαλάσσιο Ανάγλυφο	111
5.2.3 Ανεμολογία-Κυματολογία	112
5.2.4 Χωροταξικός Σχεδιασμός	117
5.2.4.1 Φυσικό Περιβάλλον-Προστατευόμενες Περιοχές	117
5.2.4.2 Υποδομές	118
5.2.4.3 Ακτοπλοΐα	119
5.2.4.4 Εμπορευματικές Μεταφορές	120
5.2.4.5 Δίκτυα	120
5.2.4.5.1 Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης	120
5.2.4.5.2 Υποθαλάσσια Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα	126
5.2.5 Υφιστάμενη Ενεργειακή Κατάσταση	126
5.3 Εφαρμογή του Μοντέλου	126
5.3.1 Δεδομένα	126
5.3.2 Προετοιμασία Δεδομένων	127
5.4 Δυαδική Επικάλυψη (<i>Boolean Overlay</i>)	129
5.5 Σταθμισμένη Επικάλυψη (<i>Weighted Overlay</i>)	134
5.5.1 Καθορισμός Βαθμών Καταλληλότητας	134
5.5.2 Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Καθορισμός Βαρών στα Κριτήρια)	149
5.5.3 Συνδυασμός σταθμισμένων μεταβλητών	153
5.6 Αποτελέσματα (Χάρτης Καταλληλότητας)	155

<i>Ενότητα V(II) Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του Μοντέλου (Οικονομική Αξιολόγηση)</i>	160
5.7 Εισαγωγή	160
5.8 Εκτίμηση Κόστους	160
5.8.1 Χρηματοδοτικό Σχήμα	160
5.8.2 Μακροπρόθεσμο Τραπεζικό Δάνειο	161
5.8.3 Ειδικό Τέλος επί των Ακαθάριστων Εσόδων	161
5.8.4 Φορολογικός Συντελεστής	161
5.8.5 Συντελεστής Χρησιμοποίησης	161
5.8.6 Επιτόκιο Προεξόφλησης	162
5.8.7 Αποσβέσεις	162
5.9 Χρηματοοικονομική ανάλυση	163
5.9.1 Ορισμοί	163
5.9.2 Παραδοχές	165
5.9.3 Αποτελέσματα Ανάλυσης	168
<i>Ενότητα V(III) Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του Μοντέλου (Ανάλυση Ευαισθησίας)</i>	171
5.10 Εισαγωγή	171
5.11 Πρώτο Σενάριο (Ιση Κατανομή Βαρών)	171
5.12 Δεύτερο Σενάριο (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Απόστασης)	174
5.13 Αποτελέσματα Ανάλυσης	176
<i>Ενότητα VI Συμπεράσματα & Προτάσεις για Περαιτέρω Διερεύνηση</i>	181
<i>Παράρτημα I</i>	187
1. Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process-AHP) ..	187
2. Μέθοδος Συνάθροισης	188
2.1 Διατεταγμένος Σταθμισμένος Μέσος όρος (Ordered Weighted Averaging-OWA)	188
<i>Παράρτημα II</i>	192
2.1 Νησιά Αιγαίου Πελάγους	192
2.2 Κατοικημένα και Ακατοίκητα Νησιά, Βραχονησίδες	

της περιοχής μελέτης ανά Περιφέρεια	193
2.3 Τοποθεσίες εντός του Εθνικού Δικτύου NATURA 2000.....	196
2.4 Λιμένες περιοχής μελέτης	200
2.5 Δίκτυο Ακτοπλοϊκών Συγκοινωνιών	202
2.6 Υφιστάμενες Υποβρύχιες Καλωδιακές Διασυνδέσεις Ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΝΑ και ΒΑ	206
2.7 Υποθαλάσσια Τηλεπικοινωνιακά Καλώδια	207
2.8 Τα 28 Ηλεκτρικά Συστήματα των ΜΔΣ της περιοχής μελέτης, το παραγωγικό δυναμικό τους και η αιχμή ζήτησης τους	208
2.9 Συστήματα Αναφοράς	210
2.9.1. ΕΓΣΑ 87	211
2.9.2. Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989-ETRS 89 (European Terrestrial Reference System)	212
2.9.3 Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS 84-World Geodetic System 84	212
Παράρτημα III	213
3.1 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Α))	213
3.2 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Α))	214
3.3 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Β))	215
3.4 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Β))	216
3.5 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Α))	217
3.6 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων:	218
Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Α))	
3.7 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Β))	219
3.8 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Β))	220
3.9 Κατάταξη τοποθεσιών με τον μεγαλύτερο συνολικό SI βάσει της Καθαρής Παρούσας Αξίας τους.	221
Παράρτημα IV	222

4.1 Χάρτης Αξιολόγησης (Ίση Κατανομή Βαρών)	222
4.2 Χάρτης Αξιολόγησης (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας)	223
Βιβλιογραφία	224
Ξενόγλωσση	224
Ελληνόγλωσση	235

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1: Monopile, Tripod, Jacket, Gravity base	41
Εικόνα 1.2. Φυσική εξέλιξη των υποστηρικτικών υποδομών ανάλογα με το βάθος εγκατάστασης	41
Εικόνα 1.3. Μηχανισμοί επίτευξης ευστάθειας	42
Εικόνα 2.1: Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει της Δυαδικής Λογικής	51
Εικόνα 2.2: (α) Χωρική Τομή και (β) Χωρική Ένωση	51
Εικόνα 2.3: Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει της Ντετερμινιστικής Λογικής ..	52
Εικόνα 2.4: (α) Κανόνας Ελάχιστης Τιμής, (β) Κανόνας Μέγιστης Τιμής	53
Εικόνα 2.5: Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει Ασαφούς Λογικής	54
Εικόνα 2.6. (α) Κανόνας Ασαφούς Ένωσης, (β) Κανόνας Ασαφούς Τομής.....	55
Εικόνα 3.1: Δυαδική (<i>Boolean</i>) Επικάλυψη δύο επιπέδων (<i>Layers</i>)	75
Εικόνα 4.1: Μεθοδολογικό πλαίσιο διαδικασίας ΠΑ 1 ^ο Σταδίου	91
Εικόνα 4.2: Ιεραρχική δομή του <i>προβλήματος</i> χωροθέτησης	95
Εικόνα 4.3: Μεθοδολογικό πλαίσιο διαδικασίας ΠΑ 2 ^ο Σταδίου	98
Εικόνα 4.4: Ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης απόφασης	107
Εικόνα 5.1: Βασικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου Πελάγους	111
Εικόνα 5.2: Περιοχές έντονου κυματισμού και ανεμολογικού καθεστώτος	113

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 4.1: Πίνακας ταμειακών ροών επενδυτικού σχεδίου	99
Πίνακας 5.1: Δημογραφικά στοιχεία	109
Πίνακας 5.2: Προέλευση και αρχική μορφή δεδομένων	126
Πίνακας 5.3: Πίνακας καταλληλότητας αιολικού δυναμικού	135
Πίνακας 5.4: Πίνακας καταλληλότητας κυματικού δυναμικού	135
Πίνακας 5.5: Πίνακας καταλληλότητας διαύλων ναυσιπλοΐας	136
Πίνακας 5.6: Πίνακας καταλληλότητας υποθαλάσσιων καλωδίων	136
Πίνακας 5.7: Πίνακας καταλληλότητας οδικού δικτύου	136
Πίνακας 5.8: Πίνακας καταλληλότητας λιμενικών εγκαταστάσεων	137
Πίνακας 5.9: Πίνακας καταλληλότητας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.....	138
Πίνακας 5.10: Πίνακας καταλληλότητας αστικών περιοχών & οικισμών	138
Πίνακας 5.11: Πίνακας καταλληλότητας δικτύου NATURA 2000 & προστατευόμενων περιοχών	139
Πίνακας 5.12: Σύγκριση κατά ζεύγη αξιολόγησης κριτηρίων	149
Πίνακας 5.13: Άθροισμα των τιμών κάθε στήλης του πίνακα σύγκρισης κατά ζεύγη	150
Πίνακας 5.14: Πίνακας κανονικοποιημένων συγκρίσεων	151
Πίνακας 5.15: Καθορισμός του διανύσματος του σταθμισμένου αθροίσματος	151
Πίνακας 5.16: Διάνυσμα Συνέπειας	152
Πίνακας 5.17: Δεδομένα εισόδου στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst	153
Πίνακας 5.18: Επιμέρους βαθμοί καταλληλότητας των θεματικών επιπέδων των τοποθεσιών με τον μεγαλύτερο συνολικό βαθμό καταλληλότητας.....	157
Πίνακας 5.19: Παραδοχές οικονομικής ανάλυσης	162
Πίνακας 5.20: Παράμετροι διαμόρφωσης κόστους παραγόμενης ενέργειας	163
Πίνακας 5.21: Παραδοχές Μελέτης Περίπτωσης: Κάρπαθος	165
Πίνακας 5.22: Παραδοχές Μελέτης Περίπτωσης: Κρήτη	166
Πίνακας 5.23: Ανάλυση κόστους (Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου)	167
Πίνακας 5.24: Ανάλυση κόστους (Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης)	167
Πίνακας 5.25: Σύνοψη Χρηματοοικονομικής Ανάλυσης	170
Πίνακας 5.26: Δεδομένα εισόδου στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst (Ίση Κατανομή Βαρών)	172

Πίνακας 5.27: Δεδομένα εισόδου στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας) 174

Περιεχόμενα Χαρτών

Χάρτης 5.1: Μέση Ταχύτητα Ανέμου ΠΙΜΑ (Ετήσια)	115
Χάρτης 5.2: Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος ΠΙΜΑ (Ετήσιο)	116
Χάρτης 5.3: Δυαδικός χάρτης χωρικών υδάτων 6 νμ. μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	130
Χάρτης 5.4: Δυαδικός χάρτης Δικτύου NATURA 2000 & προστατευόμενων περιοχών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	131
Χάρτης 5.5: Δυαδικός χάρτης βαθυμετρίας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	132
Χάρτης 5.6: Χάρτης Αποκλεισμού (<i>Exclusion Map</i>)	133
Χάρτης 5.7: Βαθμοί καταλληλότητας αιολικού δυναμικού μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	140
Χάρτης 5.8: Βαθμοί καταλληλότητας κυματικού δυναμικού μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	141
Χάρτης 5.9: Βαθμοί καταλληλότητας γραμμών ναυσιπλοΐας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	142
Χάρτης 5.10: Βαθμοί καταλληλότητας υποθαλάσσιων καλωδιώσεων ενέργειας & επικοινωνιών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	143
Χάρτης 5.11: Βαθμοί καταλληλότητας οδικού δικτύου μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	144
Χάρτης 5.12: Βαθμοί καταλληλότητας λιμενικών εγκαταστάσεων μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	145
Χάρτης 5.13: Βαθμοί καταλληλότητας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	146
Χάρτης 5.14: Βαθμοί καταλληλότητας αστικών περιοχών & οικισμών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	147
Χάρτης 5.15: Βαθμοί καταλληλότητας δικτύου NATURA 2000 & προστατευόμενων περιοχών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify)	148
Χάρτης 5.16: Χάρτης Αξιολόγησης (<i>Evaluation Map</i>)	158
Χάρτης 5.17: Τελικός Χάρτης Καταλληλότητας (<i>Suitability Map</i>)	159
Χάρτης 5.18 Α: 1 ⁰ Σενάριο (Ίση Κατανομή Βαρών)	178
Χάρτης 5.18 Β: 20 Σενάριο (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας)	179
Χάρτης 5.18 Γ: Αρχικός Χάρτης Καταλληλότητας	180

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.1:Ποσοστιαία κατανομή Α) Δείκτη καταλληλότητας και Β) Αιολικού δυναμικού περιοχής μελέτης.....	156
Διάγραμμα 5.2:Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης για κάθε κριτήριο αποκλεισμού	156
Διάγραμμα 5.3:Αριθμός κελιών για κάθε Δείκτη Καταλληλότητας των δύο σεναρίων και της αρχικής μελέτης.....	176

Συντομογραφίες (αλφαβητικά)

- ΑΔΜΗΕ: Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΗΣ: Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί
Α/Π: Αιολικά Πάρκα
Α.Π.Ε: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Α.Σ.Π: Αυτόνομοι Σταθμοί Παραγωγής
Γ.Μ: Γραμμή Μεταφοράς
Γ.Σ.Π: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
Γ.Υ.Σ: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
ΔΕΔΔΗΕ: Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε: Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
Δ.Σ: Διασυνδεδεμένα Νησιά
Ε.Β.Α: Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης
Ε.Ε: Ευρωπαϊκή Ένωση
Ε.Ζ.Δ: Ειδικές Ζώνες Διατήρησης
Ε.Κ: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
Ε.Λ.Σ.Τ.Α.Τ: Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΠΧΣΑΑ: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
Ε.Ρ: Εναλλασσόμενο Ρεύμα
Ε.Σ: Ευρωπαϊκό Συμβούλιο
ΕΣΜΗΕ: Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
Ζ.Ε.Π: Ζώνες Ειδικής Προστασίας
Η.Σ: Ηλεκτρικά Συστήματα
ΘΧΣ: Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός
Κ.Π.Α: Καθαρά Παρούσα Αξία
ΚΠΣ: Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
ΚΤΡ: Καθαρή Ταμειακή Ροή
ΚΥΤ: Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης
ΜΔΝ: Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Ο.Τ.Α: Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Ο.Χ.Π: Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση

Π.Α: Πολυκριτηριακή Ανάλυση
Π.Α.Π: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας
Π.Β.Α: Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου
Π.Ν.Α: Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
Ρ.Α.Ε: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΗΘ: Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
Σ.Ρ: Συνεχές Ρεύμα
ΤΣΠ: Τοπικοί Σταθμοί Παραγωγής
ΥΒΚ: Υποβρύχια Καλωδίωση
Υ.Π.Ε.Κ.Α: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής
ΦΒ: Φωτοβολταϊκά
Χ.Σ.Υ.Λ.Α: Χωρικό Σύστημα Υποστήριξης Λήψης Απόφασης

AHP: Analytic Hierarchy Process
ASCII: American Standard Code for Information Interchange
CAPEX: Capital Expenditure
CF: Capacity Factor
CI: Consistency Index
CR: Consistency Ratio
DBMS: Database Management System
D.C: Direct Current
DECEX: Decommissioning Expenditures
DXF: Drawing eXchange Format
FID: Final Investment Decision
FiT: Feed-in-Tariff
G.I.S: Geographic Information System
I.R.R: Internal Rate of Return
LCOE: Livelised Cost of Energy
N.P.V: Net Present Value
OPEX: Operational Expenditures
OWA: Ordered Weighted Averaging
P.P: Payback period
SI: Suitability Index
SPV: Special Purpose Vehicle

SQL: Structured Query Language

TIFF: Tagged Image File Format

WLC: Weighted Linear Combination

WCD: Works Completion Date

Ενότητα I

Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή του Προβλήματος

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του υπεράκτιου χώρου για τη χωροθέτηση ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Με τον όρο χωροθέτηση νοείται η διαδικασία της ανεύρεσης κατάλληλου χώρου για τη εγκατάσταση κάποιας δραστηριότητας και βασίζεται σε κριτήρια που καθορίζονται από την υφιστάμενη νομοθεσία κάθε χώρας είτε/και από επιστημονικές μελέτες, με σκοπό να εντοπίσει εκείνες τις τοποθεσίες που εμφανίζουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Ως επιθυμητά χαρακτηριστικά των τοποθεσιών νοούνται εκείνα τα οποία είναι δυνατόν να μεγιστοποιούν τα οφέλη που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιούν τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει σε μια σειρά παραμέτρων (Κοντός, 2007).

Οι υπεράκτιες πλωτές ανεμογεννήτριες αξιοποιούν την ενέργεια του ανέμου στη θάλασσα, και ως εκ τούτου θεωρούνται μια ιδιαίτερα καινοτομική εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η ανάγκη της περαιτέρω αξιοποίησης και διεξόδου των ΑΠΕ στην παγκόσμια αλλά και στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρείται σήμερα περισσότερο επιτακτική από ποτέ, δεδομένων των δυσμενών αποτελεσμάτων του φαινομένου του Θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Η αιολική ενέργεια σαν μια «καθαρή» μορφή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων τεχνολογιών πράσινης ενέργειας (Αντωνοπούλου, 2011).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της έλλειψης των διαθέσιμων εκτάσεων προς εγκατάσταση αιολικών συστημάτων στη στεριά, της μείωσης της οπτικής και ηχητικής ρύπανσης, των πιθανών επιπτώσεων τους σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, της αύξησης του βαθμού κοινωνικής αποδοχής τους, αλλά και για να αξιοποιηθεί το πλούσιο αιολικό δυναμικό που συναντάται στις θαλάσσιες περιοχές, τα τελευταία χρόνια επιχειρείται διεθνώς και κυρίως σε ευρωπαϊκό επίπεδο η αξιοποίηση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και η εκμετάλλευση της-κυρίως σε πιλοτικές εφαρμογές ακόμη-μέσω των υπεράκτιων κατασκευών αιολικής ενέργειας με πλωτές δομές έδρασης.

Θεωρείται γνωστό ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στην προμήθεια καθαρής ενέργειας σε μεγάλα τμήματα του πληθυσμού τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο (IEA, 2002). Όμως, παρόλο που πολλές εφαρμογές τεχνολογιών πράσινης ενέργειας, θεωρούνται πλέον οικονομικά βιώσιμες, όπως η αιολική ενέργεια, δεν έχουν αναπτυχθεί σε ιδιαίτερα σημαντικό βαθμό, λόγω διαφόρων περιοριστικών παραγόντων

που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση τους. Όσον αφορά τον τομέα της (υπεράκτιας) αιολικής ενέργειας, οι περιοριστικοί παράγοντες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν τεχνολογικές δυσκολίες, θεσμικούς, ρυθμιστικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς (Kaltschmitt, 2007). Χαρακτηριστικό είναι ότι ενώ οι αιολικές εγκαταστάσεις συνοδεύονται από εθνικά οφέλη, συνήθως επιφέρουν σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με συνέπειες που καλείται να αναλάβει η εκάστοτε τοπική κοινωνία (Polatidis and Haralambopoulos, 2006).

Η αντιμετώπιση των ανωτέρω περιοριστικών παραγόντων αξιοποίησης και περεταίρω ανάπτυξης των ΑΠΕ, και κατ' επέκταση της αιολικής ενέργειας και η μετάβαση σε ένα περιβαλλοντικά φιλικότερο ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά ενός «πολύπλοκου κοινωνικού προβλήματος». Τέτοιου είδους ζητήματα επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις σε πολλαπλά επίπεδα, ενώ παράλληλα περιλαμβάνουν μια πληθώρα εμπλεκόμενων φορέων (τοπικές κυβερνήσεις, πολυεθνικές εταιρείες, κτλ.). Σε αυτήν την περίπτωση ο κάθε φορέας διατηρεί την δική του άποψη για το θέμα, ενώ δύναται να εισέρχονται νέοι καθώς αποχωρούν κάποιοι άλλοι. Επίσης, τέτοιου είδους προβλήματα χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα *ευάλωτα* από πολιτική σκοπιά, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η επιρροή της επιστημονικής κοινότητας σε αυτά. Στην περίπτωση αυτή, ο ρόλος των επιστημόνων περιορίζεται στο να προτείνει συγκεκριμένους τρόπους χειρισμού, λήψης απόφασης, αντιμετώπισης της αβεβαιότητας και δόμησης του θέματος. Η τελική όμως απόφαση εξαρτάται από τους πολιτικούς, και από το είδος και το μέγεθος των παρεμβάσεων που είναι διατεθειμένοι να δεχτούν (Πολατίδης, 2003). Για τους λόγους αυτούς, οι μεθοδολογίες της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι δυνατό να αποτελέσουν ένα σημαντικό *εργαλείο* για τη λήψη των αποφάσεων (Pohekar and Ramachandran, 2004; Lee et al., 2009; Mardani et al., 2015).

Συνεπώς, και πέραν των άλλων (*βελτίωση της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας, ανάπτυξη νέας, κτλ.*) απαραίτητη προϋπόθεση για την περεταίρω αξιοποίηση και ανάπτυξη των ΑΠΕ θεωρείται η ανάπτυξη μεθοδολογιών όπου θα περιλαμβάνουν πολλαπλά κριτήρια απόφασης και αξιολόγησης σε τεχνοοικονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και χωροταξικό επίπεδο (Polatidis et al., 2003).

Στις μέρες μας, σε ιδιαίτερα ανταγωνιστικές συνθήκες και σε ένα ενοποιημένο πλαίσιο ενεργειακής αγοράς, ένα πλήθος σημαντικών παραγόντων είναι δυνατό να ασκεί σημαντική επιρροή και να επιδρά στο μέγεθος των ενεργειακών επιλογών και στον τρόπο που αξιοποιούνται οι διαφορετικές τεχνολογίες πράσινης ενέργειας (Gross et al., 2003). Έτσι, προκύπτει ένα πλήθος κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να συνυπολογίζονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων του ενεργειακού και κατ' επέκταση του αιολικού σχεδιασμού. Τα κριτήρια αυτά δύναται να περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση της χρήσης των διαθέσιμων πόρων, την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ενεργειακών συστημάτων, τη μείωση του συνολικού κόστους τους, την ενίσχυση της λειτουργικής ασφάλειας και φυσικά την πλήρωση των ενεργειακών αναγκών (Mills et al., 1996; Mamlook et al., 2001; Ramanathan 2001; Πολατίδης, 2003). Συνεπώς, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης όπου θα λαμβάνει υπόψη τα ανωτέρω κριτήρια.

Σήμερα, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες των Ληπτών Απόφασης (*Decision Makers*) έχει αναπτυχθεί ένα ευρύ φάσμα μεθοδολογικών προσεγγίσεων, όπως π.χ. *Μοντέλα Πρόβλεψης, Ανάλυση Σεναρίων, Ανάλυση Κόστους-Οφέλους, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, κτλ.*

Το ευρύ φάσμα των διαφόρων προσεγγίσεων της ΠΑ δύναται να παρέχει στους λήπτες απόφασης τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης πολυκριτηριακής μεθόδου μεταξύ των ποικίλων μεθόδων που παρέχονται από τις συγκεκριμένες προσεγγίσεις και συνεπώς της επεξεργασίας των δεδομένων τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Ehr Gott, 2002). Συνολικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης αποτελούν μια αξιόπιστη προσέγγιση αξιολόγησης ενεργειακών έργων.

Εφαρμογές των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης σε θέματα αιολικού σχεδιασμού αποτελούν η χωροθέτηση νέων συστημάτων αιολικής ενέργειας, η βελτιστοποίηση κόστους-εσόδων, η αξιολόγηση και η αποδόμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων, η επιλογή μεταξύ υποψήφιων αιολικών επενδύσεων, η αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού, η συστηματική αξιολόγηση του σχεδιασμού των ανεμογεννητριών και των διαφόρων υποστηρικτικών υποδομών τους. Κοινός στόχος όλων των μεθοδολογικών προσεγγίσεων της πολυκριτηριακής ανάλυσης θεωρείται η ενίσχυση της ποιότητας τέτοιου είδους αποφάσεων, μέσω της ενίσχυσης της αποδοτικότητας, αποτελεσματικότητας και διαφάνειας της διαδικασίας, προσφέροντας κατ' αυτόν τον τρόπο ένα είδος δομικού πλαισίου σε μια προσπάθεια μοντελοποίησης του αιολικού σχεδιασμού (Wenstop and Seip, 2001).

Το αρχικό συμπέρασμα που απορρέει από αυτό το πρωταρχικό στάδιο της έρευνας θεωρείται η έλλειψη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας σε βαθύτερα ύδατα και η απουσία ενός καθολικού πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης χωροθέτησης αιολικών συστημάτων και αξιοποίησης του υπεράκτιου αιολικού δυναμικού με πλωτές δομές έδρασης, λόγω της καινοτομικότητας που παρουσιάζει το συγκεκριμένο αντικείμενο.

1.1.1 Η Πολυκριτηριακή Φύση του Προβλήματος

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του υπεράκτιου θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης.

Λόγω της πολυδιάστατης φύσης του συγκεκριμένου προβλήματος, αυτό αντιμετωπίζεται και τελικά επιλύεται με τη χρήση της ΠΑ. Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση μπορεί να οριστεί ως εκείνος ο κλάδος της επιστήμης, που καταπιάνεται με το είδος των προβλημάτων, στα οποία για να προκύψει κάποιο συμπέρασμα θα πρέπει να συνυπολογιστεί ένα εύρος παραγόντων (Polatidis et al., 2006).

Σε αρχικό στάδιο προκειμένου να γίνει η διάρθρωση του πολυκριτηριακού προβλήματος της αξιολόγησης της καταλληλότητας του υπεράκτιου χώρου, λαμβάνονται υπόψη όλες οι πιθανές πτυχές της χωροθέτησης, προκειμένου να αποσαφηνιστούν και να καταχωρηθούν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που υπαγορεύουν την καταλληλότητα ή μη μιας τοποθεσίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά δύναται να σχετίζονται με περιβαλλοντικές, κοινωνικές, χωροταξικές και

τεχνοοικονομικές μεταβλητές. Η ανάλυση των ανωτέρω καταλήγει στην ανάπτυξη των κριτηρίων. Τα κριτήρια είναι δυνατό να αποτελούνται τόσο από ποσοτικά όσο και από ποιοτικά δεδομένα, τα οποία στοχεύουν στην μεταβολή των πιθανών επιδράσεων που δύναται να προκαλεί ένας ή περισσότεροι παράγοντες σε κάποια από τις μεταβλητές του υπό εξέταση *προβλήματος*. Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά (*κριτήρια*) δύναται να αναπτύσσονται και αναλύονται περαιτέρω σε επιμέρους μεμονωμένους παράγοντες (υπό-κριτήρια), και τα οποία μεταφράζονται με τα οφέλη ή τις συνέπειες που δύναται να επιφέρει μια συγκεκριμένη δραστηριότητα σε μια τοποθεσία. Η ανάλυση των χαρακτηριστικών του υπό αξιολόγηση κάθε φορά *προβλήματος* καθώς και των μεμονωμένων παραγόντων τους θεωρείται ίδια, και είναι να δυνατό να λαμβάνει χώρα σε πολλαπλά επίπεδα, ούτως ώστε να κατασκευαστεί ένα *δενδρόγραμμα*. Το *δενδρόγραμμα* αυτό, ονομάζεται *διάγραμμα ιεραρχικής δομής* του πολυκριτηριακού *προβλήματος*, όπου μέσω αυτού, το πρόβλημα οδηγείται στη λύση του (Belton and Stewart, 2002).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη του *δενδρογράμματος* καθώς θεωρείται πιθανό να υφίστανται και διαφορετικές προσεγγίσεις (*διαγράμματα ιεραρχικής δομής*) που να συνυπολογίζουν διαφορετικά κριτήρια και υπό-κριτήρια. Το *διάγραμμα ιεραρχικής δομής* του υπό εξέταση κάθε φορά *προβλήματος* θεωρείται πιθανό ότι θα πρέπει να μεταβληθεί όταν η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση εφαρμοστεί σε κάποια άλλη τοποθεσία. Συνεπώς, από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι το εκάστοτε πολυκριτηριακό *πρόβλημα*, η ανάλυση και τελικά η επίλυση του σχετίζεται άμεσα με την υπό εξέταση κάθε φορά περιοχή ενδιαφέροντος. Σε κάθε όμως περίπτωση, η υιοθέτηση και εφαρμογή της μεθοδολογικής προσέγγισης του *δενδρογράμματος*, όσον αφορά την ανάλυση και τελικά την λύση του *προβλήματος*, παρέχει στους λήπτες απόφασης ιδιαίτερα μεγάλη ευελιξία και προσαρμοστικότητα καθώς:

- Είναι ιδιαίτερα απλό να μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά/κριτήρια, τα οποία αποτελούν το *διάγραμμα ιεραρχικής δομής*.
- Με την υιοθέτηση και την εφαρμογή της προσέγγισης του *διαγράμματος ιεραρχικής δομής* και της προτεινόμενης μεθόδου, δύναται να αξιολογηθεί η καταλληλότητα του υπεράκτιου χώρου για τη χωροθέτηση οποιοδήποτε συστημάτων θαλάσσιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.1.2 Η Χωρική Φύση του Προβλήματος

Το πολυκριτηριακό *πρόβλημα* της αξιολόγησης της καταλληλότητας του υπεράκτιου χώρου για την τοποθέτηση ανεμογεννήτριας/ων θεωρείται επίσης χωρικό. Τέτοιου είδους *προβλήματα* αποσκοπούν στη χωροθέτηση κάποιας μονάδας/ων, δηλαδή στην ανεύρεση της πλέον βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση της παρούσας δραστηριότητας.

Στην περίπτωση αυτή, όλα τα κριτήρια και υπό-κριτήρια που λαμβάνουν μέρος στο πολυκριτηριακό *πρόβλημα* θα πρέπει να αποτυπωθούν χωρικά. Ακόμα, και οι παράμετροι οι οποίες δεν έχουν χωρική υπόσταση, θα πρέπει άμεσα ή έμμεσα να αποτυπωθούν χωρικά. Για παράδειγμα, η αντίδραση της τοπικής κοινωνίας, η οποία θεωρείται ένα από τα σπουδαιότερα *προβλήματα* που συναντώνται στη χωροθέτηση

εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, και η οποία είναι δυνατόν να επηρεάσει την τελική απόφαση, δύσκολα αποτυπώνεται χωρικά. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζονται χωρικής φύσεως κριτήρια, όπου είναι δυνατό να προσομοιώνουν και να ελαχιστοποιούν τις αντιδράσεις και συνεπώς να διευκολύνουν την αποδοχή τέτοιων δραστηριοτήτων από τις τοπικές κοινωνίες. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η εξασφάλιση επαρκών αποστάσεων από κατοικημένες περιοχές και οικισμούς, θέαση από οικισμούς και δρόμους κτλ. (Κοντός, 2007).

Όπως απορρέει από τις παραγράφους που προηγήθηκαν, λόγω της πολυκριτηριακής και της χωρικής φύσης του *προβλήματος* της συγκεκριμένης δραστηριότητας, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής επιλέγεται η χρήση και η εφαρμογή των μεθόδων της Γεωπληροφορικής. Σύμφωνα με τον Goodchild (2004), «Γεωπληροφορική (Geoinformatics) ή Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας (Geographic Information Science) θεωρείται η επιστήμη η οποία είναι αφιερωμένη στην κατανόηση των γεωγραφικών διαδικασιών και των χωρικών σχέσεων με τη βοήθεια εξελιγμένων θεωριών, μεθόδων, τεχνολογιών και δεδομένων». Εφαρμογές της Επιστήμης της Γεωγραφικής Πληροφορίας σε πολυκριτηριακής φύσεως προβλήματα, μπορούν να αναζητηθούν στον Malczewski (2006).

1.2 Αντικείμενο και Στόχος Διατριβής

Η ανάγκη της αξιοποίησης και διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην παγκόσμια αλλά και στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρείται σήμερα περισσότερο επιτακτική από ποτέ, δεδομένων των δυσμενών αποτελεσμάτων του φαινομένου του Θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, των σοβαρών κοινωνικών προβλημάτων, και των ζητημάτων ενεργειακής επάρκειας που εκδηλώνονται από τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. Οι ήπιες μορφές ενέργειας δύναται να αποτελέσουν σήμερα μια ιδιαίτερα καλή εναλλακτική επιλογή έναντι των συμβατικών καυσίμων, ενώ ήδη η ανάπτυξη και αξιοποίηση τους αποτελεί προτεραιότητα πρωταρχικής σημασίας στην πολιτική ατζέντα πολλών χωρών. Επίσης, ως *καθαρές* μορφές ενέργειας χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα, ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι παραδοσιακές πηγές ενέργειας, παράλληλα προωθούν την ενεργειακή ανεξαρτησία ενώ σε αρκετές των περιπτώσεων συμβάλλουν σημαντικά στη δημιουργία θέσεων εργασίας για τις τοπικές κοινωνίες.

Ωστόσο, παρόλο που πολλές εφαρμογές τεχνολογιών πράσινης ενέργειας, θεωρούνται πλέον οικονομικά βιώσιμες, όπως η αιολική ενέργεια, δεν έχουν αναπτυχθεί σε ιδιαίτερα σημαντικό βαθμό, λόγω διαφόρων περιοριστικών παραγόντων που δυσχεραίνουν την περαιτέρω αξιοποίησή τους, περιλαμβάνοντας τεχνολογικές δυσκολίες, θεσμικούς, ρυθμιστικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς (Kaltschmitt, 2007).

Υπό το πλαίσιο αυτό, προϋπόθεση για τη διάχυση τους αποτελεί η δημιουργία διαφορετικών μεθοδολογικών εργαλείων που θα περιλαμβάνουν πολλαπλά κριτήρια απόφασης και αξιολόγησης σε τεχνοοικονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και χωροταξικό επίπεδο.

Η απουσία μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης σε θέματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη και διάχυση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας σε βαθύτερα ύδατα, οδηγεί στην ανάπτυξη ενός ικανού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης για την χωροθέτηση υπεράκτιων αιολικών συστημάτων, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τις αξίες και τις προοπτικές ποικίλων συμμετεχόντων, ενώ παράλληλα θα συνάδει με τους στόχους που θέτονται για κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική αιεφόρο ανάπτυξη.

Αντικείμενο της διατριβής θεωρείται η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιου αιολικού συστήματος. Στόχος της διατριβής στην οποία βασίζεται η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση, είναι η συμβολή στη διερεύνηση όλων των παραμέτρων του *προβλήματος* (οικονομοτεχνικών, χωροταξικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών) στην ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά στη διαμόρφωση ενός άμεσου, ευέλικτου και αξιόπιστου πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης, όπου θα μεγιστοποιεί τη σημασία του κόστους και θα ελαχιστοποιεί τις πιθανές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

1.3 Συνεισφορά

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, βασίζεται στην ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης σε βαθύτερα ύδατα, καθώς αυτή έχει αποδειχτεί ότι συγκεντρώνει μια σειρά από πλεονεκτήματα έναντι των υπεράκτιων ανεμογεννητριών με σταθερές υποδομές.

Αναλυτικότερα η διατριβή συμβάλει:

- Στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας με γενικότερο στόχο την περεταίρω διάχυση και ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.
- Στην ανάπτυξη σύγχρονων μεθοδολογικών εργαλείων που έγκεινται στο επιστημονικό πεδίο της πολυκριτηριακής υποστήριξης λήψης αποφάσεων και της Γεωπληροφορικής προσαρμοσμένα κατάλληλα στο τρέχον πρόβλημα.
- Στη διεξοδική ανάλυση του *προβλήματος*.
- Στη συλλογή και καταχώρηση όλων των σχετικών παραμέτρων που λαμβάνουν μέρος στο *πρόβλημα*, καθιστώντας τη συνολική διαδικασία λήψης απόφασης ανιχνεύσιμη και διαφανή.
- Στη χρήση κατάλληλων εργαλείων και μεθοδολογιών, για την αντιμετώπιση του υποκειμενικού παράγοντα και κατά συνέπεια ενίσχυση της αξιοπιστίας της συνολικής προσπάθειας.
- Στη συμμετοχή μεθοδολογίας (Οικονομική Αξιολόγηση) που προέρχεται από άλλα επιστημονικά πεδία (Οικονομικών Επιστημών) στη διαδικασία της χωροθέτησης, με συνέπεια τη χωρική αποτύπωση της οικονομικής πληροφορίας, βάσει οικονομικών δεικτών σε ένα ενιαίο περιβάλλον χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης.
- Στην οπτική αναπαράσταση της οικονομικής πληροφορίας με έναν σαφή τρόπο, ο οποίος διευκολύνει την άμεση αναγνώριση των βέλτιστων επιλογών και κατά συνέπεια των βέλτιστων επενδυτικών αποφάσεων.

- Στην προκαταρκτική εκτίμηση της καταλληλότητας του θαλάσσιου χώρου του Αιγαίου και της παράκτιας ζώνης των νησιών των Περιφερειών Βορείου Αιγαίου (ΠΙΒΑ), Νοτίου Αιγαίου (ΠΙΝΑ) και Κρήτης για τη χωροθέτηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας.
- Στην περεταίρω εξέλιξη των υφιστάμενων πολυκριτηριακών μεθόδων μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε ζητήματα χωροθέτησης αιολικών συστημάτων.

Η διδακτορική διατριβή έχει οδηγήσει μέχρι στιγμής στις ακόλουθες επιστημονικές δημοσιεύσεις:

Παρουσιάσεις σε Διεθνή Επιστημονικά Συνέδρια:

- Stefanakou, A., Lilas, T., and Nikitakos, N. «*Offshore Wind Energy Supply to Ships at Port and Local Communities*», In: Proceedings of 22nd International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics (MHCL), Belgrade, Servia, 4-6 October, 2017.
- Stefanakou, A., Dagkinis, I., Antoniou, E., Lilas, T., Nikitakos, N., Maglara, A., and Vatisstas, A. «*Energy Regulation of Offshore Floating Wind Turbine through Variable Production of Desalinated Water & Compressed Air Storage*». In: Proceedings of 4rd Annual Offshore Energy & Storage Symposium, OSES, Cape Cod, Massachusetts, USA, 12-14 July, 2017.
- Stefanakou, A., Dagkinis, I., Lilas, T., Maglara, A., and Vatisstas A., «*Development of a Floating Wind-Desalination Multi-Use Platform (MUP) in the Context of Optimal Use of Maritime Space*», In: Proceedings of 3rd Annual Offshore Energy & Storage Symposium, OSES, Valetta, Malta, 13-15 July, 2016.
- Stefanakou, A. and Nikitakos, N., «*A Decision Support Model for Site Selection of Offshore Wind Farms*», In: Proceedings of 9th International Scientific Conference Energy and Climate Change, Athens, Greece, 12-14 October, 2016.
- Stefanakou, A. and Nikitakos, N., «*Blue Economy: Offshore Wind Energy as a Means of Development in Greece & the Need for Maritime Spatial Planning*», In: Proceedings of Econship Conference, Chios, Greece, 24-27 June, 2015.
- Stefanakou, A., and Nikitakos, N., «*A Decision Support Model for Economic Evaluation of Offshore Wind Farms*». In: Proceedings of 8th International Scientific Conference Energy and Climate Change, Athens, Greece, 7-9 October, 2015.
- Stefanakou, A., Lilas, T., Nikitakos, N., «*Combination of Hybrid Wave & Wind Energy Conversion Applied to an Offshore Platform*». In: Proceedings of 6th International Scientific Conference Energy and Climate Change, Athens, Greece, 9-11 October, 2013.
- Nikitakos, N., Stefanakou, A., (2013). «*The Impacts on Human Health of Wind Turbine Noise Emissions & the Installation Prospective of Floating Wind Parks in Remoted Areas as a Solution*». In: Proceedings of EchoPolis Conference Sound, Noise, Music in Re-thinking the City, Athens, Greece, 29 September-2 October, 2013.

- Nikitakos, N., Stefanakou, A., (2012). «*Electrification of North Aegean's Islands Using Floating Wind Turbines*». In: Proceedings of 5th International Scientific Conference Energy and Climate Change, Athens, Greece, 11-12 October, 2012.

Δημοσιεύσεις σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά:

- Pavlogeorgatos, G., Stefanakou, A., Lilas, T., and Nikitakos, N. (2015) «*Impact Assessment of Offshore Wind Farm Installations: A Review*», International Journal of Oceans and Oceanography, Vol. 9, Number 2, pp 183-201.
- Nikitakos, N., & Stefanakou, A., (2014) «*Design and Economics of a Hybrid Desalination System Applied to an Offshore Platform*», Review of Business and Economics Studies, Financial University, Moscow, Vol. 2, Number 1, pp 100-110.
- Dagkinis, I., Lilas, T., Nikitakos, N., Stefanakou, A., (2014). «*Evaluating the Combination of Wind and Wave Renewable Sources in an Offshore Platform Using TOPSIS Multicriteria Method*». Journal of Polish Safety and Reliability Association Summer Safety and Reliability Seminars, Vol. 5.

Επίσης, στο πλαίσιο της Διατριβής υπήρξε συμμετοχή στα ακόλουθα ερευνητικά προγράμματα:

- «*Διασυνοριακή Συνεργασία για Ανάπτυξη Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού*». Το έργο με ακρωνύμιο ΘΑΛ-ΧΩΡ ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2014 και ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2015. Συγχρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας Ελλάδα-Κύπρος 2007-2013 και από εθνικούς πόρους, ενώ συμμετείχαν σε αυτό έξι (6) εταίροι από Ελλάδα και Κύπρο, περιλαμβάνοντας από πλευράς Κύπρου, το Τμήμα Εμπορικής Ναυτιλίας (Επικεφαλής Εταίρος), το Τμήμα Κτηματολογίου & Χωρομετρίας, το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, και το Ωκεανογραφικό Κέντρο, και από την πλευρά της Ελλάδας το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου και το Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- «*MARIBE Project*». Το MARIBE Project ένα πρόγραμμα του Horizon 2020, στοχεύει στην αξιοποίηση της πολλαπλής χρήσης του χώρου στην υπεράκτια οικονομία (ή *Μπλε Οικονομία*), μέσω της διερεύνησης των καλύτερων δυνατών συνδυασμών που προκύπτουν μεταξύ των διαφορετικών τομέων της. Στο πλαίσιο αυτό, η ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου ΕΠΙΛΗNET για την πλωτή μονάδα αφαλάτωσης πολλαπλών χρήσεων συμμετείχε στο ερευνητικό πρόγραμμα, σαν μια μελέτη περίπτωσης (*case study*) συνδυασμού αφαλάτωσης και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, και συνεργάστηκε στενά με τους έντεκα (11) εταίρους του προγράμματος (από την Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Βέλγιο, Ισπανία, Ιταλία, Μάλτα, και Ολλανδία, με επικεφαλή το University College Cork (MaREI)), προκειμένου να παρουσιάσει το έργο, να διερευνήσει την πιθανότητα περαιτέρω ανάπτυξης του (*scale up*) και να αναπτύξει ένα βιώσιμο οικονομικό και επιχειρηματικό μοντέλο πίσω από την ιδέα. Το πρόγραμμα χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ, ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2015 και ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2016.

1.4 Δομή

Σκοπός της παρούσας διατριβής θεωρείται η ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης.

Η διατριβή περιλαμβάνει ερευνητική προσπάθεια που οριοθετείται από τα εξής ερευνητικά πεδία:

- Πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
- Οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται ζητήματα, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το αντικείμενο της διατριβής όπως είναι:

- Ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στο υφιστάμενο νομικό πλαίσιο του χωροταξικού σχεδιασμού στην Ελλάδα σε συνάρτηση με τις ΑΠΕ, καθώς μέσα από το ΕΠΧΣΑΑ καθορίζονται οι κανόνες και τα κριτήρια χωροθέτησης.
- Το Νομικό πλαίσιο ανάπτυξης των ΑΠΕ, καθώς η ανάπτυξη τους καθορίζεται και προσδιορίζεται από την ισχύουσα κάθε φορά νομοθεσία.
- Η υπεράκτια αιολική ενέργεια.

Στην **ενότητα II** παρουσιάζεται η βιβλιογραφική επισκόπηση σε ζητήματα που σχετίζονται άμεσα με το θέμα, εντός των οποίων θα κινηθεί η παρούσα διδακτορική διατριβή, και συμπεριλαμβάνουν τα εξής:

- Την Ενεργειακή & Περιβαλλοντική Πολιτική για τις ΑΠΕ και κατ' επέκταση για την Αιολική Ενέργεια.
- Τις Μεθόδους Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ).
- Τις εφαρμογές της ΠΑ στο σχεδιασμό αιολικών συστημάτων μέσω ΓΣΠ.
- Την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των γενικότερων μεθόδων χωροθέτησης.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, προσδιορίζονται τα σημαντικότερα πεδία, όπου κινείται η σύγχρονη έρευνα, παρουσιάζονται τα ζητήματα τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν μελλοντικά, και οι ελλείψεις από τη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ παράλληλα οριοθετείται η περιοχή ενδιαφέροντος της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Στην **ενότητα III** γίνεται μια περιγραφή των ΓΣΠ και των εργαλείων χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από αυτά, καθώς και της μεθόδου ΠΑ που επιλέγεται να εφαρμοστεί. Όπως ήδη έχει αναφερθεί (Παράγραφοι 1.1.1, & 1.1.2. σελ. 25,26) η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση συνδυάζει τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από τα ΓΣΠ με μεθόδους ΠΑ και έχει ως σκοπό την αξιολόγηση της περιοχής μελέτης ως προς την καταλληλότητα της, για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης.

Μέσα από την καταγραφή αυτή:

- Περιγράφεται το περιβάλλον στο οποίο θα δομηθεί το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση της πλωτής διάταξης.

- Κατανοούνται οι βασικές αρχές του.
- Αναγνωρίζονται τα βασικά εργαλεία χωρικής ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθούν
- Σκιαγραφείται η μέθοδος ΠΑ όπου βελτιστοποιεί την δυνατότητα επίλυσης του συγκεκριμένου πολυκριτηριακού *προβλήματος*.
- Οριοθετείτε το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης στο οποίο θα κινηθεί η παρούσα διατριβή.

Στην *ενότητα IV* αναπτύσσεται σε θεωρητικό υπόβαθρο το μοντέλο πολυκριτηριακής ανάλυσης και λήψης αποφάσεων. Το προτεινόμενο πλαίσιο αποτελείται από τα εξής τέσσερα διακριτά επίπεδα:

- Το στάδιο του Αποκλεισμού
- Το στάδιο της Αξιολόγησης
- Το στάδιο της Οικονομικής Αξιολόγησης
- Ανάλυση Ευαισθησίας

Αρχικά, γίνεται η αναγνώριση, και ο σαφής προσδιορισμός του *προβλήματος*. Ουσιαστικά, στο αρχικό στάδιο του *Αποκλεισμού*, διερευνάται η δυνατότητα χωροθέτησης, όπου πραγματοποιείται ο σαφής διαχωρισμός της περιοχής ενδιαφέροντος σε κατάλληλες και ακατάλληλες τοποθεσίες, βάσει *απλών* κριτηρίων τα οποία καθορίζονται βάσει της υφιστάμενης νομοθεσίας κάθε χώρας και τους σκοπού που εξυπηρετεί η μελέτη. Με την εφαρμογή της Δυαδικής Λογικής (*Binary Logic*) προκύπτει ένας δυαδικός (*true/false*) χάρτης των τοποθεσιών που πληρούν ή δεν πληρούν τα συγκεκριμένα κριτήρια (*Χάρτης Αποκλεισμού*). Επιγραμματικά τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτό το στάδιο είναι τα εξής:

- Καθορισμός κύριου ερωτήματος (*προσδιορισμός του προβλήματος*).
- Συλλογή και επεξεργασία των απαιτούμενων χωρικών δεδομένων (π.χ. μετατροπές δεδομένων από διανυσματική σε ψηφιδωτή μορφή, αλλαγή μεγέθους ψηφίδων, αλλαγή συστήματος αναφοράς, συγχωνεύσεις θεματικών επιπέδων, κτλ.). Το βήμα αυτό, θεωρείται κοινό και για το στάδιο της Αξιολόγησης.
- Επιλογή παραμέτρων περιορισμού (*κριτήρια αποκλεισμού*) και δημιουργία αντίστοιχων θεματικών επιπέδων (*layers*).
- Εφαρμογή της Δυαδικής Λογικής.
- Παραγωγή αποτελεσμάτων (*Χάρτης Αποκλεισμού*)

Στο δεύτερο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου, στο στάδιο της Αξιολόγησης, δημιουργείται ένα διάγραμμα ιεραρχικής δομής (*δενδρόγραμμα*) τριών επιπέδων, σύμφωνα με το οποίο στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται ο τελικός στόχος, στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται τα κριτήρια αξιολόγησης, και στο τρίτο επίπεδο οι εναλλακτικές επιλογές, δηλαδή οι τοποθεσίες που έχουν προέλθει από το πρώτο στάδιο του Αποκλεισμού. Ένα σύνολο τεχνοοικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και χωροταξικών κριτηρίων αξιολόγησης, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των βέλτιστων τοποθεσιών, βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας. Το επόμενο βήμα αναφέρεται στην ομογενοποίηση και στην ποσοτικοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης. Ένα από τα πλέον σημαντικά χαρακτηριστικά της χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης, θεωρείται η δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης χωρικών παραμέτρων, τόσο με ποσοτικά, όσο και με ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στο βήμα αυτό, τα δεδομένα (*κριτήρια αξιολόγησης*) σε ποσοτικές και ποιοτικές κλίμακες ταξινομήσης

μετατρέπονται σε μια ενιαία τακτική κλίμακα. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαμόρφωση της στάθμισης (*καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας*). Η μέθοδος της σύγκρισης ανά ζεύγη (*pairwise comparisons*) στο πλαίσιο της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης εφαρμόζεται για την εκτίμηση των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων, προκειμένου να καθοριστεί η επιρροή τους στην αξιολόγηση του χώρου. Σε αυτό το βήμα δηλαδή, οι προτιμήσεις των αναλυτών, αναφορικά με τα κριτήρια ενσωματώνονται στην διαδικασία της μοντελοποίησης. Με την εφαρμογή της Σταθμισμένης Επικάλυψης υπολογίζεται τελικά και αξιολογείται η καταλληλότητα κάθε εναλλακτικής επιλογής του πρώτου σταδίου σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς (*Χάρτης Αξιολόγησης*). Σε τελικό στάδιο, ο *Χάρτης Καταλληλότητας* και κατά συνέπεια ο Συνολικός Δείκτης Καταλληλότητας (*Overall Suitability Index/OSI*) κάθε εναλλακτικής, θα προκύπτει από τη διενέργεια αριθμητικής λειτουργίας (*πράξης*) μεταξύ των προαναφερθέντων ψηφιδωτών χαρτογραφικών αποτελεσμάτων. Επιγραμματικά τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτό το στάδιο είναι τα εξής:

- Επιλογή παραμέτρων αξιολόγησης (*κριτήρια αξιολόγησης*) και δημιουργία αντίστοιχων θεματικών επιπέδων (*layers*).
- Επαναταξινόμησεις
- Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας (*Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης*)
- Συνδυασμός σταθμισμένων μεταβλητών (*Σταθμισμένη Επικάλυψη*)
- Παραγωγή αποτελεσμάτων (*Χάρτης Αξιολόγησης*)
- Διενέργεια αριθμητικής λειτουργίας μεταξύ των ανωτέρω ψηφιδωτών χαρτογραφικών αποτελεσμάτων.
- Παραγωγή τελικών αποτελεσμάτων (*Χάρτης Καταλληλότητας*)

Πολύ μεγάλη βαρύτητα δίνεται στο τρίτο στάδιο της *οικονομικής αξιολόγησης* των προτεινόμενων τοποθεσιών που θα συγκεντρώσουν τον υψηλότερο *Συνολικό Δείκτη Καταλληλότητας*. Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των οικονομικών δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν, και οι οποίοι είναι: η Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*) και η Απλή περίοδος αποπληρωμής (*Payback period*). Πέραν των ανωτέρω κλασικών μεθόδων αξιολόγησης επενδύσεων, χρησιμοποιείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή και ο Δείκτης Ανηγμένου Κόστους Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Levelised Cost of Energy-LCOE*), όπου χρησιμοποιείται ειδικά για έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συγκεκριμένος δείκτης αντιπροσωπεύει την τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας που απαιτείται ώστε να αποσβένονται όλα τα επιμέρους κόστη της επένδυσης σε όλη τη διάρκεια ζωής της (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης ολοκληρώνεται με την *Ανάλυση Ευαισθησίας* (*Sensitivity Analysis*), που αποτελεί ένα μέσο ελέγχου της σταθερότητας των αποτελεσμάτων κατά την υποκειμενικότητα των αποφάσεων των εμπειρογνομώνων. Η πιο κοινή μέθοδος θεωρείται η τροποποίηση των βαρών που λαμβάνονται από τους ειδικούς, όπου μέσω αυτής, είναι πιθανή η μεταβολή του τελικού χάρτη καταλληλότητας (*Suitability Map*).

Στην *ενότητα V(I)* παρουσιάζεται η εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου ΠΑ για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, σε τρία επίπεδα.

- Ανάλυση περιοχής μελέτης (*Case study*)
- Παρουσίαση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης της περιοχής
- Εφαρμογή του μοντέλου (*χωροθέτηση*)

Με αυτόν τον τρόπο περιγράφεται η περιοχή μελέτης της διατριβής και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση των τομέων δραστηριοτήτων της που σχετίζονται και επηρεάζουν τη διαδικασία της χωροθέτησης, καταγράφονται και κατανοούνται οι ενεργειακές της ανάγκες και απαιτήσεις, και συλλέγονται /οργανώνονται/επεξεργάζονται τα δεδομένα. Σε αυτή την ενότητα το πρώτο και το δεύτερο στάδιο που παρουσιάστηκαν ανωτέρω, του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου εφαρμόζονται.

Στην **ενότητα V (II)** εφαρμόζεται το τρίτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου, δηλαδή η οικονομική αξιολόγηση των τοποθεσιών που συγκεντρώνουν τον υψηλότερο Συνολικό Δείκτη Καταλληλότητας. Αρχικά παρουσιάζονται και αναλύονται οι παράμετροι και οι παραδοχές που εφαρμόζονται στην οικονομική αξιολόγηση του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου σε δύο διακριτά επίπεδα:

- Εκτίμηση Κόστους
- Χρηματοοικονομική ανάλυση

Για την εκτίμηση της απόδοσης της επένδυσης θεωρείται απαραίτητο να συνυπολογίζονται, εκτός από το κόστος εγκατάστασης, και κάποιες επιπρόσθετες παράμετροι και χαρακτηριστικά που είναι δυνατόν να καθορίζουν τη βιωσιμότητα της επένδυσης και εφαρμόζονται στο πλαίσιο αξιολόγησης του προτεινόμενου μεθοδολογικού μοντέλου. Αυτές είναι: το χρηματοδοτικό σχήμα, οι αποσβέσεις, το επιτόκιο προεξόφλησης, ο συντελεστής χρησιμοποίησης το επιτόκιο δανεισμού, ο φορολογικός συντελεστής, και το ειδικό τέλος επί των ακαθάριστων εσόδων.

Για την χρηματοοικονομική ανάλυση οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται είναι: το τυπικό μέγεθος της μονάδας, η μέση ταχύτητα ανέμου, η εγγύτητα (*απόσταση*) από τις πλησιέστερες λιμενικές εγκαταστάσεις και από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, η ενεργειακή απόδοση και η διαθεσιμότητα της μονάδας, η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, οι απώλειες, το συνολικό κόστος εγκατάστασης, και η διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Τέλος, η Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), ο Εσωτερικός Βαθμός απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*), η Απλή περίοδος αποπληρωμής (*Payback period*) και το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Livellised Cost of Energy*), υπολογίζονται και διαφοροποιούνται σε κάθε τοποθεσία μέσω των χωρικά εξαρτώμενων μεταβλητών. Αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η κατάταξη των βέλτιστων τοποθεσιών και κατ' επέκταση η χωρική αποτύπωση και απεικόνιση της οικονομικής πληροφορίας, βάσει Καθαρής Παρούσας Αξίας.

Στην **ενότητα (VIII)** εφαρμόζεται και το τελευταίο στάδιο του μεθοδολογικού πολυκριτηριακού πλαισίου, η ανάλυση ευαισθησίας, όπου εξετάζει την επιρροή των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης στον συνολικό δείκτη καταλληλότητας, μέσω δύο (2) σεναρίων:

- Το πρώτο σενάριο που ακολουθείται θεωρεί ότι όλα τα κριτήρια αξιολόγησης έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή.
- Το δεύτερο σενάριο θεωρεί ότι οι συντελεστές βαρύτητας των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας (απόστασης) από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικοί.

Η διατριβή ολοκληρώνεται με την **ενότητα VI** όπου παραθέτονται τα συμπεράσματα από το σύνολο της διατριβής και προτείνονται συγκεκριμένα πεδία για περαιτέρω έρευνα.

Η διατριβή ολοκληρώνεται με την παράθεση των Παραρτημάτων I, II, III, IV, και την παρουσίαση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε.

1.5 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός (ΘΧΣ)

Θεωρείται κοινός αποδεκτό ότι η «*διάσταση του χώρου*» αποτελεί ένα άρρηκτα συνδεδεμένο κομμάτι των πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος, την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή (Στεφανή et al., 2016). Ο υπεράκτιος και θαλάσσιος χώρος χρήζει ιδιαίτερης σπουδαιότητας, αφού σε αυτόν εμπεριέχονται σημαντικοί πόροι, όπου πλέον λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων καθίστανται διαθέσιμοι (EEK,2012;Theophilou, 2014). Στις μέρες μας, θεωρείται χαρακτηριστική η ραγδαία αύξηση της ζήτησης τόσο του παράκτιου όσο και του θαλάσσιου χώρου από ένα εύρος δραστηριοτήτων με συχνά ανταγωνιστικό χαρακτήρα (π.χ. υπεράκτια αιολικά πάρκα, αλιευτικές και υδατοκαλλιεργητικές δραστηριότητες, ναυτιλία, αγωγοί καλωδίων ενέργειας και επικοινωνιών, εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου, θαλάσσιος τουρισμός) (Stefanakou & Nikitakos, 2015a). Επιπλέον, σε αυτή την ήδη ιδιαίτερα ανταγωνιστική κατάσταση, έρχονται να προστεθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις των αποτελεσμάτων του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, και οι κίνδυνοι των φυσικών καταστροφών και της διάβρωσης όπου εξίσου ασκούν σημαντική πίεση στους παράκτιους και στους θαλάσσιους πόρους. Συνεπώς, και για τους ανωτέρω λόγους θεωρείται αναγκαία η θέσπιση κανόνων σε ευρωπαϊκό επίπεδο για έναν ολοκληρωμένο Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό, όπου επικουρικά με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης (Οδηγία, Πρόταση 2013/133), η οποία στη Μεσόγειο θεσμοθετείται βάσει του ισχύοντος Πρωτοκόλλου (UNEP/MAP/PAP, 2008), προσδιορίζουν το πλαίσιο για τη λήψη αποφάσεων για μια Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική. Πιο συγκεκριμένα, η ανάγκη για μια Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Περιοχών και η πρόβλεψη χωρικού σχεδιασμού για την χερσαία και για την παράκτια ζώνη, αποτυπώνεται στο 8^ο Πρωτόκολλο της Σύμβασης της Βαρκελώνης (2008), όπου αποτελεί τμήμα του κοινοτικού κεκτημένου (Στεφανή et al., 2016).

Η Οδηγία του ΕΚ και του ΕΣ «*περί θεσπίσεως πλαισίου για το Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό*» που εκδόθηκε το 2014 (Οδηγία 2014/89/ΕΕ) στοχεύει στην ανάπτυξη και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης των υπεράκτιων και θαλάσσιων περιοχών και συνάμα στην αειφόρο χρήση και αξιοποίηση των πόρων εντός τους. Αν και αντικείμενο του ΘΧΣ είναι ο θαλάσσιος χώρος, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τον χερσαίο, και ιδιαίτερα με τις παράκτιες τοποθεσίες, λόγω των έντονων αλληλεπιδράσεων που δύναται να δημιουργούνται. Στο πλαίσιο αυτό, η απαραίτητη «*διασφάλιση της συνοχής*» μεταξύ Θαλάσσιου και Χερσαίου Χωροταξικού Σχεδιασμού παρουσιάζεται στα βασικότερα θεσμικά και πολιτικά κείμενα σε

ευρωπαϊκό επίπεδο. Χαρακτηριστικό είναι ότι στον «*Οδικό χάρτη για τον ΘΧΣ και την επίτευξη κοινών αρχών στην ΕΕ*» η «*διασφάλιση συνοχής*» καθορίζεται ως προτεραιότητα πρωταρχικής σημασίας μεταξύ των συστημάτων σχεδιασμού των παράκτιων ζωνών και του ΘΧΣ (Στεφανή et al., 2016).

Ο παράκτιος χώρος συχνά χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερους «*χωρο-κοινωνικούς σχηματισμούς*» με έντονο ανταγωνιστικό χαρακτήρα και λεπτές ισορροπίες, ενώ στα θαλάσσια οικοσυστήματα ασκούνται επίσης σημαντικές πιέσεις, με αποτέλεσμα την διαταραχή της ισορροπίας τους και συνεπώς της υποβάθμιση τους. Η πολυπλοκότητα των συχνά ανταγωνιστικών χρήσεων όπου χαρακτηρίζουν τις παράκτιες ζώνες προϋποθέτουν μια σφαιρική και πολυδιάστατη διαχείριση μακροπρόθεσμου ορίζοντα και ενέργειες ικανές να απαντήσουν στις τοπικές ιδιαιτερότητες και χαρακτηριστικά με άμεσο και αποτελεσματικό τρόπο (EEK, 2008; Spilanis et al., 2009). Σκοπός τόσο του θαλάσσιου όσο και του χερσαίου χωροταξικού σχεδιασμού θεωρείται η πρόληψη των πιθανών προβλημάτων, η ύφεση των ανταγωνιστικών σχέσεων, η αντιμετώπιση των πιθανών συγκρούσεων των ποικίλων δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται μεταξύ των θαλάσσιων χρηστών, και η δημιουργία συνεργειών μεταξύ τους, όπου αυτό θεωρείται εφικτό σε αντιστοιχία με τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Γαλάζια Ανάπτυξη (*Blue Growth*) (EEK, 2012).

1.5.1 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στο Υφιστάμενο Νομικό Πλαίσιο του Χωροταξικού Σχεδιασμού στην Ελλάδα & ΑΠΕ

Η διαχείριση του θαλάσσιου χώρου τέθηκε στη χωροταξική νομοθεσία το 2011 με την τροποποίηση του ν.2742/99 (ΦΕΚ Α' 207) «*Χωροταξικός Σχεδιασμός και Αειφόρος Ανάπτυξη και άλλες Διατάξεις*». Ιδιαίτερα «*η ολοκληρωμένη διαχείριση του θαλάσσιου χώρου σε συνάρτηση με τις παράκτιες περιοχές, με το συντονισμό και την εναρμόνιση των επί μέρους πολιτικών, προγραμμάτων, και επενδυτικών σχεδίων για την ανάπτυξη παραγωγικών δραστηριοτήτων, καθώς και δραστηριοτήτων αναψυχής που ασκούνται από διάφορους φορείς στην ίδια περιοχή, με στόχο την προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος και την προώθηση της ολοκληρωμένης και αειφόρου ανάπτυξης*» συμπληρώθηκε ως μια από τις βασικές αρχές όπου θα πρέπει να συνυπολογίζεται κατά τη διαδικασία σύνταξης των χωροταξικών σχεδίων (εδάφιο ιγ' παρ.2 άρθρου 2 ν.2742/1999, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 41 παρ.1 ν.4030/2011, ΦΕΚ Α'249).

Στο άρθρο 7 (*Ειδικά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού*) επίσης γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη και την διαίρεση του Εθνικού χώρου, σε ειδικές περιοχές, όπως ο θαλάσσιος χώρος, οι παράκτιες και οι νησιωτικές περιοχές (*τέταρτο εδάφιο της παρ. 1 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 41 παρ. 2 του ν. 4030/2011, ΦΕΚ Α' 249*).

Επισημαίνεται ότι στο πεδίο των μηχανισμών εφαρμογής, ελέγχου και υποστήριξης του χωροταξικού σχεδιασμού, οι Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων πρωτογενούς, δευτερογενούς ή τριτογενούς τομέα, καθώς και δραστηριοτήτων ή επιχειρηματικών πρωτοβουλιών πειραματικού χαρακτήρα, αφορούν θαλάσσιες εκτάσεις και χερσαίες περιοχές (Κοκκώσης & Μπεριάτος, 2016). «*Οι περιοχές αυτές μπορεί να εξειδικεύονται κατά κλάδο δραστηριότητας ή τομέα παραγωγής ή είδος και προορισμό λειτουργίας και να διακρίνονται σε περιοχές αποκλειστικής χρήσης, στις οποίες απαγορεύεται κάθε άλλη δραστηριότητα εκτός από εκείνη στην οποία αποβλέπει ο χαρακτηρισμός τους και σε περιοχές κύριας χρήσης, όπου*

επιτρέπονται και άλλες δραστηριότητες υπό όρους» (άρθρο 10 ν. 2742/99 που αποτελεί αρχική αναφορά με τροποποιήσεις στο άρθρο 24 του ν. 1650/1986).

Και στον ν. 4269/2014 «*Χωροταξική και Πολεοδομική Μεταρρύθμιση-Βιώσιμη Ανάπτυξη*» ακολουθείται (σε μικρότερη κλίμακα) αντίστοιχη λογική. Στην ενότητα του Στρατηγικού Χωρικού Σχεδιασμού σημειώνεται η χωρική ανάπτυξη και οργάνωση περιοχών του εθνικού χώρου που έχουν ιδιαίτερη σημασία από χωροταξική, περιβαλλοντική, αναπτυξιακή ή κοινωνική άποψη, όπως είναι οι παράκτιες, θαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές (Κοκκώσης & Μπεριάτος, 2016).

Συνοψίζοντας, και με βάση τα ανωτέρω, ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός αποτελεί ήδη τμήμα του χωροταξικού σχεδιασμού, ο οποίος και ασκείται μέσω των πλαισίων Εθνικού (*Γενικό Πλαίσιο και Ειδικά Πλαίσινα (ΕΠΧΣΑΑ) Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Υδατοκαλλιέργειών και Τουρισμού*) και Περιφερειακού επιπέδου.

Στο Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης συμπεριλαμβάνεται τόσο η βιώσιμη αξιοποίηση και διαχείριση του θαλάσσιου χώρου, όσο και η χωρική οργάνωση και ανάπτυξη του παράκτιου και νησιωτικού. Ιδιαίτερα, «*στοιχεία θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού ενσωματώνονται στις βασικές προτεραιότητες και στρατηγικές κατευθύνσεις για την ολοκληρωμένη χωρική ανάπτυξη και οργάνωση του εθνικού χώρου, όπως: α) ορισμού των πόλεων-λιμένων ως πόλων χωρικής ανάπτυξης, β) καθορισμού συγκεκριμένου ρόλου των λιμένων και απόδοσης της σημασίας των στρατηγικών δικτύων θαλάσσιων μεταφορών, των λιμενικών υποδομών και υπηρεσιών, γ) την στήριξη της υδατοκαλλιεργητικής δραστηριότητας και της παράκτιας αλιείας στο πλαίσιο των αρχών της αειφορίας, δ) τις ειδικές κατευθύνσεις ανάπτυξης του παράκτιου και νησιωτικού χώρου, ε) τη βιώσιμη διαχείριση των θαλάσσιων φυσικών πόρων, την προστασία και αναβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με την οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης, λήψης όλων των κατάλληλων μέτρων για την πρόληψη της ρύπανσης των θαλασσών και την οργάνωση κατάλληλου συστήματος αντιμετώπισης της ρύπανσης*» (Στεφανή et al., 2016).

Πιο συγκεκριμένα, το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ (ΦΕΚ Β' 2464/2008) και ειδικότερα για την αιολική ενέργεια, θεσπίζει τους κανόνες χωροθέτησης, με σκοπό τον εντοπισμό των βέλτιστων τοποθεσιών, με σημαντικότερο κριτήριο δεδομένα του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού της χώρας, που θα πετυχαίνουν την μεγαλύτερη χωρική συγκέντρωση των αιολικών συστημάτων, την επίτευξη οικονομικών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα, καθώς και τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων, αρμονικά ενταγμένων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και τοπίο. Επίσης, εξαιρεί τοποθεσίες από τη διαδικασία της χωροθέτησης αιολικών συστημάτων, ορίζει τις ελάχιστες απαιτούμενες αποστάσεις από συγκεκριμένες δραστηριότητες και περιοχές, προσδιορίζει τις μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες αιολικών εγκαταστάσεων (*εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των ΠΑΠ*), περιλαμβάνει έλεγχο της ένταξης των αιολικών συστημάτων στο τοπίο και ορίζει ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των ανεμογεννητριών προκειμένου να διασφαλίζεται η λειτουργικότητά τους. Ιδιαίτερη αναφορά επίσης γίνεται στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο, στις ακατοίκητες νησίδες και τα κατοικημένα νησιά.

Το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ καταρτίστηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ ως σχέδιο Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ), σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία.

Το σχέδιο ΚΥΑ συνοδεύεται από συγκεκριμένο πρόγραμμα δράσης, εγκρίνεται με απόφαση της Επιτροπής Συντονισμού της Κυβερνητικής Πολιτικής στον τομέα Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της κυβέρνησης.

1.6 Νομικό Πλαίσιο Ανάπτυξης ΑΠΕ

Ο ν. 1599/1985 «*Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*», αποτελεί την πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη χώρα μας. Μέσω αυτού, δόθηκε πλέον η δυνατότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε δήμους και σε άλλους δημόσιους οργανισμούς, πέραν την ΔΕΗ με υποχρέωση την πώληση της στην ΔΕΗ ή την ιδιοκατανάλωση από τον παραγωγό. Η πρωταρχική αυτή προσπάθεια δεν θεωρήθηκε ιδιαίτερα αποδοτική, διότι εκτός των άλλων, η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς την ΔΕΗ θεωρήθηκε ιδιαίτερα χαμηλή.

Αργότερα ο ν. 2244/94, «*Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α 168/94), αποτέλεσε και το ουσιαστικότερο μέχρι εκείνη τη στιγμή μέτρο για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Με την εφαρμογή του επιτράπηκε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και από ιδιώτες πλέον, ορίστηκαν ιδιαίτερα ικανοποιητικές τιμές πώλησης, ενώ παράλληλα τέθηκε σε εφαρμογή και η υποχρέωση της αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ. Παράλληλα, το κράτος, εφαρμόζοντας αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης προχώρησε στην επιδότηση του κόστους εγκατάστασης έργων ΑΠΕ, ώστε να καθίστανται οικονομικά βιώσιμα. Το ζήτημα της βιωσιμότητας των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται και να αξιολογείται σε βάθος χρόνου και συνυπολογίζοντας την ολοένα αυξητική πορεία των τιμών των καυσίμων, αλλά και το εξωτερικό κόστος των εξαιρετικά δυσμενών επιπτώσεων τους στο περιβάλλον. Όμως, παρόλο την στάση της Ευρωπαϊκής Ένωσης προς αυτή την κατεύθυνση, υφίστανται μεγάλα εμπόδια από τις επιπτώσεις που έχει η εφαρμογή τους στον διεθνή ανταγωνισμό.

Η Οδηγία 2001/77/ΕΕ, σήμανε την ανάληψη και συμβατικών υποχρεώσεων στην προώθηση των ΑΠΕ. Σύμφωνα με αυτήν, τα κράτη-μέλη καλούνταν να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα προώθησης (τιμολογιακή πολιτική, διοικητικές διαδικασίες, διευκόλυνση σύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο, κ.α.), ούτως ώστε μέχρι το έτος 2010 το 12% της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα κράτη-μέλη συμπεριλαμβανομένης και αυτής που παράγεται από μεγάλα υδροηλεκτρικά, να προέρχεται από ήπιες μορφές ενέργειας. Με στόχο την επίτευξη του ανωτέρω ποσοστού, η Οδηγία επίσης θέσπιζε για κάθε χώρα ξεχωριστά και ανάλογα των δυνατοτήτων των πρωτογενών πηγών της, έναν ενδεικτικό στόχο, όπου για την περίπτωση της Ελλάδας ορίστηκε σε 20.1%.

Οι ιδιαίτερα ικανοποιητικές ρυθμίσεις του ν. 2244/94 διατηρήθηκαν στον ν. 2773/99 (ΦΕΚ 286/99). Ο συγκεκριμένος νόμος αναφέρεται στην απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή τη λειτουργία της σχετικής αγοράς βάσει κανόνων ελεύθερης αγοράς και ανταγωνισμού. Οι ρυθμίσεις που διέπουν τον

συγκεκριμένο νόμο σχετίζονται κυρίως στο ότι α) η τιμή αγοράς της ενέργειας από ήπιες μορφές ενέργειας θεωρείται ρυθμιζόμενη, δηλαδή δεν τίθεται σε αντιδιαστολή με την προερχόμενη από συμβατικές πηγές, καθώς και στο ότι β) η διάθεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές γίνεται κατά προτεραιότητα. Ενώ για πρώτη φορά έγινε αναφορά στην επιβολή τέλους υπέρ των ΟΤΑ, το οποίο ορίστηκε στο 2% των ακαθάριστων εσόδων της εγκατάστασης.

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας φέρει την ευθύνη για τη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς τον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος και κρίνει περί της χορήγησης της άδειας παραγωγής. Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης των αιτήσεων από την ΡΑΕ, συνυπολογίζονται τα κριτήρια του άρθρου 9 του *Κανονισμού αδειών παραγωγής και προμήθειας*», όπως εξειδικεύονται στον *«Οδηγό αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μικρή ΣΗΘ»*, που εξέδωσε η ΡΑΕ. Υπό αυτό το πρίσμα, αξιολογείται η σκοπιμότητα υλοποίησης κάθε μεμονωμένου ενεργειακού έργου και η δυνατότητα ένταξης του στο γενικότερο προγραμματισμό ανάπτυξης. Τα κριτήρια επιλογής θεωρούνται η οικονομική βιωσιμότητα της εκάστοτε επένδυσης, η τεχνικοοικονομική κατάσταση και δυνατότητα του αιτούντος ως προς την υλοποίηση και ολοκλήρωση του έργου, η ασφάλεια του Συστήματος/Δικτύου, κ.α. Έπειτα από τη χορήγηση της άδειας παραγωγής απαιτείται η χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, και εν συνεχεία, η άδεια λειτουργίας, οι οποίες και λαμβάνονται από την Περιφέρεια μετά από ένα πλήθος γνωμοδοτήσεων και εγκρίσεων υπηρεσιών.

Επιχορηγήσεις για έργα ΑΠΕ ήταν διαθέσιμες από Γ' ΚΠΣ 2000-06 και τον Αναπτυξιακό Νόμο (ν. 2601/98 και εν συνεχεία ν. 3299/2004) συμπεριλαμβανομένων ειδικών επιχορηγήσεων για τα δίκτυα σύνδεσης. Πέραν της προτεραιότητας ένταξης των σταθμών ανανεώσιμων πηγών στο Σύστημα και στο Δίκτυο, ιδιαίτερα σημαντικό μέτρο προώθησης τους θεωρείτε και η εξαίρεση τους από την υποχρέωση πληρωμής τελών χρήσης τους (ν. 2773/99).

Εν συνεχεία θεσπίζεται ο ν. 2941/2001 (ΦΕΚ 201/01), *«Απλοποίηση διαδικασιών αδειοδότησης εταιρειών, αδειοδότησης ΑΠΕ, ρύθμιση της ΑΕ «Ελληνικά Ναυπηγεία» και άλλες διατάξεις»* και έπεται ο ν. 3468/2006 (ΦΕΚ 129/06), *«Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις»*

Τέλος με το *«Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ»* (ΦΕΚ Β' 2464/2008), καθορίστηκαν οι βασικές κατευθυντήριες γραμμές και οι γενικοί κανόνες και κριτήρια για τη χωροθέτηση των έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου (βλ. Παράγραφο 1.5.1).

1.7 Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια

Ο άνθρακας, ο λιγνίτης, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και η πυρηνική ενέργεια θεωρούνται ως βασικές μορφές ενέργειας για πολλές χώρες. Ωστόσο, η κατανάλωση τους ενισχύει το περιβαλλοντικό πρόβλημα, ενώ η εξάντληση των αποθεμάτων τους οδηγεί σε αστάθεια της τιμής της ενέργειας. Επιπλέον, η χρήση της πυρηνικής ενέργειας δεν θεωρείται σε καμία περίπτωση ακίνδυνη, λόγω των πιθανών διαφυγών ραδιενέργειας από τα πυρηνικά εργοστάσια, αλλά και της μη ασφαλούς εναπόθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων της. Στον αντίποδα, οι ΑΠΕ, ή ήπιες μορφές ενέργειας, όπως

η αιολική, χαρακτηρίζονται ως ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, όπου η εκμετάλλευση τους δεν επιφέρει σοβαρούς κινδύνους στο περιβάλλον, και μπορεί να έχει αποκεντρωμένη φύση σε μικρές και σχετικά απλές εγκαταστάσεις. Ειδικότερα, η αιολική ενέργεια, αποτελεί μια μορφή πράσινης ενέργειας, ιδιαίτερα προσφιλή και γνωστή στην Ελλάδα και στους Έλληνες, λόγω της αρχικής χρήσης της για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων της, αλλά και στους ανεμόμυλους.

Στις μέρες μας η χερσαία αιολική ενέργεια, αποτελεί ίσως την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή πράσινης ενέργειας σε ποσοστιαία βάση (World Energy Council, 2016). Τα αιολικά πάρκα τοποθετούνται σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό και συχνά αραιοκατοικημένες. Αν και το μειονέκτημα τους σε αυτή την περίπτωση θεωρείται η ανεπάρκεια στις γραμμές μεταφοράς προς τα μεγάλα αστικά κέντρα και πλησίον των παράκτιων περιοχών. Λύση στο παραπάνω πρόβλημα αποτελεί η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών στον υπεράκτιο και θαλάσσιο χώρο (Jonkman, 2007). Ήδη σε πολλές χώρες της Ευρώπης, ιδιαίτερα στη Β. Ευρώπη, λόγω της περιορισμένης έκτασης διαθέσιμης γης, σε αντίθεση με τις αχανείς εκτάσεις αβαθών υδάτων, υπάρχουν εγκαταστημένες υπεράκτιες ανεμογεννήτριες πολλών MW.

Η χωροθέτηση αιολικών πάρκων στον υπεράκτιο και θαλάσσιο χώρο παρουσιάζει εμφανή πλεονεκτήματα έναντι της χωροθέτησης τους στην ξηρά, μερικά από τα οποία συνοψίζονται ως ακολούθως (EWEA,2015):

- Ο άνεμος στη θάλασσα είναι ισχυρότερος, χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη σταθερότητα και μικρότερη ένταση τύρβης.
- Μείωση της οπτικής και ηχητικής ρύπανσης, όταν αυτά τοποθετούνται σε επαρκείς αποστάσεις από τις ακτές, και έναντι αραιοκατοικημένων περιοχών.
- Αποδέσμευση των εκτάσεων γης για άλλες χρήσεις.

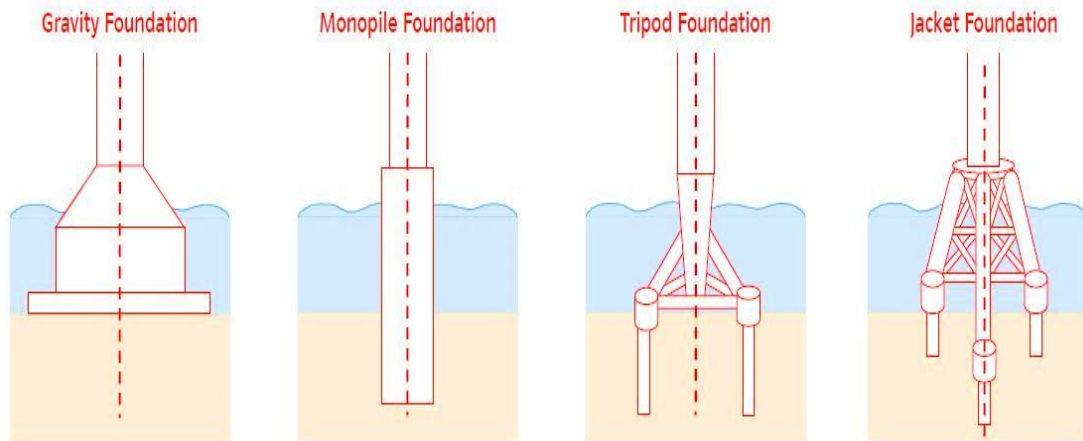
Στον αντίποδα αυτών, τα μειονεκτήματα συνοψίζονται ως εξής (EWEA,2015):

- Υψηλότερο επενδυτικό κεφάλαιο, λόγω της πολύπλοκης φύσης της κατασκευής τους.
- Αύξηση του λειτουργικού κόστους και κόστους συντήρησης, λόγω της δυσκολότερης πρόσβασης σε αυτά.
- Αύξηση πολυπλοκότητας των κατασκευών λόγω των έντονων φορτίσεων που δέχονται από τον άνεμο και το κύμα.

Μέχρι σήμερα η χωροθέτηση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη πραγματοποιείται σε σχετικά αβαθή ύδατα, έως το βάθος των 20 μέτρων. Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες που προορίζονται για εγκατάσταση σε άβαθή τέτοια ύδατα χρησιμοποιούν ως υποστηρικτικές υποδομές είτε μια μονή κάθετη στήλη (*monopile foundation*), απευθείας πακτωμένη στον πυθμένα, είτε μια βάση βαρύτητας (*gravity foundation*) από σκυρόδεμα που επίσης εδράζεται στο θαλάσσιο πυθμένα (εικόνα 1.1).

Σε πολλά όμως μέρη ανά τον κόσμο (π.χ. Ηνωμένες Πολιτείες, Κίνα, Ιαπωνία, Νορβηγία, κ.τ.λ.), το υψηλότερο αιολικό δυναμικό συναντάται σε βαθύτερα ύδατα, άνω των 30 μέτρων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, αντί των ανωτέρω υποστηρικτικών υποδομών, χρησιμοποιούνται υποδομές τύπου χωρικού πλαισίου (*space-frame substructures*) συμπεριλαμβανομένου τρίποδα (*tripods*), τετράποδα (*quadpods*) και

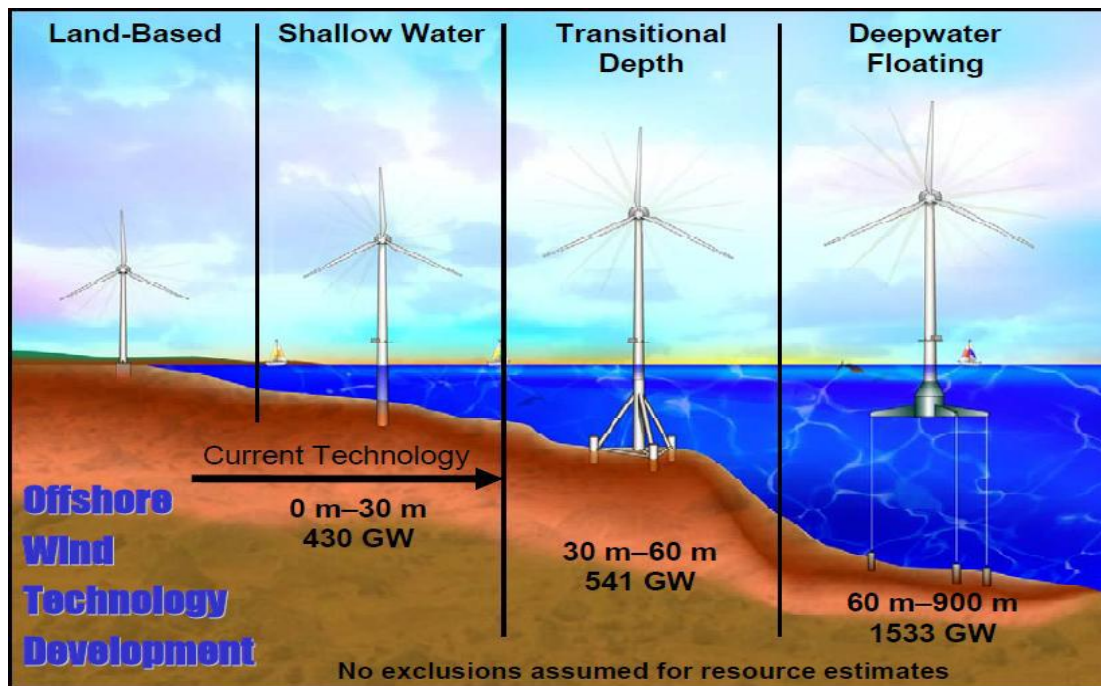
πλαίσια τύπου *jacket* που πετυχαίνουν την απαιτούμενη αντοχή και στιβαρότητα με το μικρότερο δυνατό κόστος (εικόνα 1.1)



Εικόνα 1.1. Υποστηρικτικές Υποδομές Υπεράκτιων Ανεμογεννητριών.
 Πηγή: Wind Farms Construction, 2017

Τέλος, για την περίπτωση της χωροθέτησης ανεμογεννητριών σε βαθύτερα ύδατα, άνω των 45 μέτρων, όπως στην περίπτωση της Ελλάδας, και κατ' επέκταση της Μεσογείου, όπου λόγω της μορφολογίας του θαλάσσιου πυθμένα, τα βάθη ακόμη και πλησίον των ακτών συνήθως υπερβαίνουν τα 50 μέτρα, η λύση των πλωτών υποστηρικτικών υποδομών θεωρείται η πλέον αποδοτικότερη (Bilgili, 2011; Stefanakou et al., 2017).

Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζεται η εξέλιξη των υποστηρικτικών υποδομών των ανεμογεννητριών.

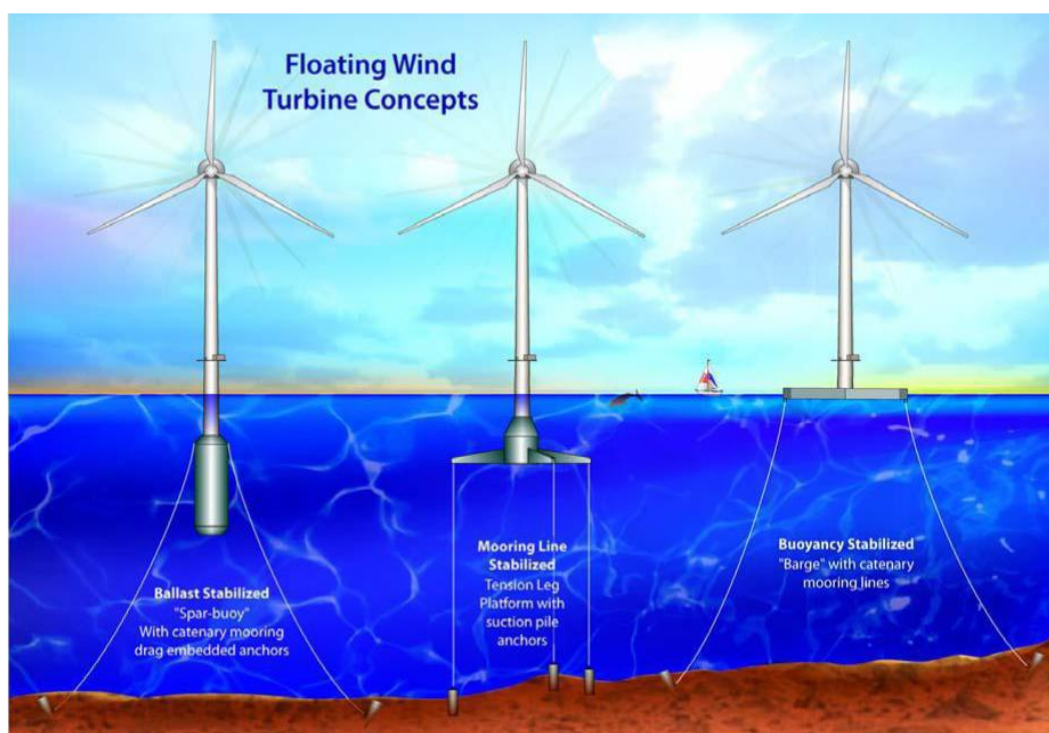


Εικόνα 1.2. Εξέλιξη Υποστηρικτικών Υποδομών Ανεμογεννητριών
 Πηγή: Jonkman, 2007

Τα πλεονεκτήματα των πλωτών ανεμογεννητριών έναντι των υπεράκτιων ανεμογεννητριών με σταθερές υποδομές έδρασης, συνοψίζονται ως ακολούθως (Stefanakou & Nikitakos, 2012, 2013; WindEurope, 2017):

- Μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου, η οποία αυξάνεται όσο απομακρυνόμαστε από τις ακτές.
- Δυνατότητα χρήσης μεγαλύτερων ανεμογεννητριών.
- Δυνατότητα επιλογής καταλληλότερης πλωτής διάταξης.
- Μεγαλύτερο εύρος τοποθεσιών εγκατάστασης.
- Μικρότερο κόστος εγκατάστασης, καθώς συναρμολογούνται στη στεριά και μεταφέρονται στην εκάστοτε τοποθεσία σαν μια ενιαία κατασκευή.
- Δεν απαιτείται εξειδικευμένο σκάφος για την μεταφορά τους (σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες αβαθών υδάτων).
- Τα φορτία αναλαμβάνονται από το νερό, αντί να μεταφέρονται εξ' ολοκλήρου στη θεμελίωση.
- Μείωση της οπτικής και ηχητικής όχλησης και κατ' επέκταση των πιθανών επιπτώσεων τους σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο (καθώς δύναται να τοποθετούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τις ακτές).
- Μεγαλύτερη ευελιξία κατά την διαδικασία εγκατάστασης λόγω της ανοιχτής θάλασσας που διευκολύνει την εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών.

Στην εικόνα 1.3 απεικονίζονται οι διαφορετικοί τύποι υποστηρικτικών υποδομών των πλωτών διατάξεων, οι οποίοι διαφέρουν ως προς τον μηχανισμό επίτευξης ευστάθειας.



Εικόνα 1.3. Μηχανισμοί επίτευξης ευστάθειας.
Πηγή: Jonkman, 2007

Στον πρώτο τύπο υποστηρικτικής υποδομής (*spar-buoy*), η ευστάθεια επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης έρματος, όπου χρησιμοποιείται για τον υποβιβασμό του κέντρου

βάρους κάτω από το κέντρο άνωσης, και εδράζεται είτε με αλυσοειδή καμπυλωτά σχοινιά, είτε με τεντωμένα συρματόσχοινα. Στον δεύτερο τύπο (*TLP-Tension Leg Platform*) χρησιμοποιούνται ως αγκυροβόλιο ρύματα, τα οποία παραμένουν τεντωμένα λόγω της πρόσθετης πλευστότητας που δημιουργείται από το κοίλωμα στην πλατφόρμα. Στην τρίτη και τελευταία υποστηρικτική υποδομή (*barge*) η απαιτούμενη ευστάθεια επιτυγχάνεται μέσω της πλευστότητας της πλατφόρμας στο επίπεδο της θάλασσας, και η οποία εδράζεται με καμπυλωτά συρματόσχοινα (Butterfield et al., 2005).

Ενότητα II

Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η βιβλιογραφική επισκόπηση σε ζητήματα που σχετίζονται άμεσα με το θέμα, εντός των οποίων θα κινηθεί η διδακτορική διατριβή, και συμπεριλαμβάνουν τα εξής:

- Την Ενεργειακή & Περιβαλλοντική Πολιτική
- Τις Μεθόδους Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ).
- Τις εφαρμογές της ΠΑ στο σχεδιασμό αιολικών συστημάτων μέσω ΓΣΠ.
- Την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των γενικότερων μεθόδων χωροθέτησης.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, προσδιορίζονται τα σημαντικότερα πεδία, όπου κινείται η σύγχρονη έρευνα, παρουσιάζονται τα ζητήματα τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν μελλοντικά, και οι ελλείψεις από τη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ παράλληλα οριοθετείται η περιοχή ενδιαφέροντος της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Η ενότητα ξεκινά με την παρουσίαση της ευρωπαϊκής ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής που ακολουθήθηκε κατά τα τελευταία έτη. Το αρχικό συμπέρασμα που απορρέει από αυτό το πρωταρχικό στάδιο της μελέτης είναι ότι αν και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σημαντικά στην παγκόσμια αλλά και στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο, δεν έχουν αναπτυχθεί σε ιδιαίτερα σημαντικό βαθμό, παρόλο που πολλές εφαρμογές τεχνολογιών πράσινης ενέργειας, θεωρούνται πλέον οικονομικά βιώσιμες, όπως της αιολικής ενέργειας, λόγω διαφόρων περιοριστικών παραγόντων που δυσχεραίνουν την περαιτέρω αξιοποίηση τους, περιλαμβάνοντας τεχνολογικές δυσκολίες, θεσμικούς, ρυθμιστικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς (Kaltschmitt, 2007).

Η αντιμετώπιση των ανωτέρω περιοριστικών παραγόντων αξιοποίησης και περαιτέρω ανάπτυξης των ΑΠΕ, και κατ' επέκταση της αιολικής ενέργειας παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά ενός «πολύπλοκου κοινωνικού προβλήματος». Τέτοιου είδους προβλήματα χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα *ευάλωτα* από πολιτική σκοπιά, περιλαμβάνουν μια πληθώρα εμπλεκόμενων φορέων (*stakeholder/actor*) ενώ παράλληλα επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις σε πολλαπλά επίπεδα (Πολατίδης, 2003). Για τους λόγους αυτούς, τέτοιου είδους *προβλήματα* θα πρέπει να αντιμετωπίζονται και να επιλύονται εντός ενός δομημένου και διαφανούς πλαισίου υποστήριξης λήψης αποφάσεων.

Η παρούσα διατριβή επιχειρεί να αναπτύξει ένα κατάλληλο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης αποφάσεων χωροθέτησης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης, διερεύνησης όλων των παραμέτρων του *προβλήματος*, και των μεταξύ

τους ενδεχόμενων αλληλεπιδράσεων και εφαρμόζει την μεθοδολογική προσέγγιση της ΠΑ για τη μοντελοποίηση και την επίλυση του.

Εν συνεχεία παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της ΠΑ και αναλύονται οι μέθοδοι που εφαρμόζονται μέσω των εργαλείων της Γεωπληροφορικής.

Η ενότητα 2 συνεχίζεται με την παράθεση συγκεκριμένων εφαρμογών ΠΑ σε ΓΣΠ, σε *προβλήματα* χωροθέτησης αιολικών συστημάτων, όπως αυτές εμφανίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία, και ολοκληρώνεται με την παρουσίαση και καταγραφή των γενικότερων μεθόδων χωροθέτησης.

2.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική

Από τα πρώτα στάδια δημιουργίας της η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνώρισε ότι η ενέργεια αποτελεί ένα τομέα στρατηγικής σημασίας της οικονομικής δραστηριότητας και της κοινωνικής ζωής των χωρών της (European Commission, 2014).

Ο άνθρακας αρχικά, αποτελούσε την κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας κατά την πρώτη μεταπολεμική περίοδο. Η ατομική ενέργεια αποτελούσε την αναδυόμενη τεχνολογία, ή οποία υπόσχονταν να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και προς την οποία αναμενόταν να στραφεί το ερευνητικό και επενδυτικό ενδιαφέρον. Η δεκαετία του '60 χαρακτηρίστηκε από την επικράτηση του πετρελαίου, καθώς αποτελούσε την βασικότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Αυτή η καθολική επικράτηση του, βασιζόνταν κατά κύριο λόγο στις πετρελαϊκές ανακαλύψεις που είχαν λάβει χώρα εκείνη την εποχή στην Μέση Ανατολή από εταιρείες δυτικών συμφερόντων, και στο νομικό καθεστώς εκμετάλλευσης των πετρελαϊκών πόρων, όπου χαρακτηρίζονταν από το μονοπώλιο εξερεύνησης και εκμετάλλευσης που παρέχονταν από την παραγωγό χώρα σε μια ή περισσότερες ξένες εταιρείες (Europedia, 2011)

Όμως λόγω του ότι η Ευρώπη δεν διέθετε αποθέματα πετρελαίου εκείνη την εποχή, από ενεργειακά ανεξάρτητη την προηγούμενη δεκαετία, έμεινε να εξαρτάται από ενεργειακούς πόρους, οι οποίοι βρίσκονταν εκτός των συνόρων της. Συνέπεια αυτού, ήταν η αδυναμία των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς το σύνολο τους να αποτρέψουν την οικονομική ύφεση της δεκαετίας του '70, συνέπεια των επάλληλων πετρελαϊκών κρίσεων. Η ήδη διαμορφωμένη Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα δεν ήταν σε θέση να ελέγξει τις τιμές του πετρελαίου, αυτές διαμορφώθηκαν σε υψηλά επίπεδα, επιβαρύνθηκε τόσο το κόστος παραγωγής αλλά και το κόστος ζωής και εμβλήθει σημαντικά η ανταγωνιστικότητα των ευρωπαϊκών προϊόντων σε σύγκριση με τα αμερικανικά (Πολατίδης, 2003; Μούσης, 2011).

Προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος μιας νέας κρίσης η Ευρωπαϊκή Κοινότητα και αργότερα η Ευρωπαϊκή Ένωση ασχολήθηκε με την εξασφάλιση των ενεργειακών αποθεμάτων της, μέρος της οποίας αποτελεί και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια τέτοια πηγή.

Τα προβλήματα αυτά (*ενεργειακή εξάρτηση με τεράστιες επιπτώσεις στην οικονομία, αύξηση κόστους ενέργειας*) σε συνδυασμό με την αύξηση της ανησυχίας για το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτέλεσαν σημαντική κίνητρα για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Από τη άλλη η πεποίθηση που κυριαρχούσε ότι η

πυρηνική ενέργεια θα αποτελούσε μια λύση στο ενεργειακό πρόβλημα δεν φαίνεται να ευδοκιμεί πλέον λόγω των μεγάλων περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων που την συνοδεύουν, με γνωστότερα τα πυρηνικά ατυχήματα των σταθμών στις ΗΠΑ, Three Mile Island (1979), στην Ουκρανία, Chernobyl (1986) και στον σταθμό Fukushima στην Ιαπωνία (2011) (Σιμόπουλος, 2013). Σήμερα, πλέον το ενδιαφέρον για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένο, λόγω των σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων που ανέκυψαν και της κλιματικής αλλαγής, και των δυνατοτήτων ανάπτυξης και άλλων τομέων που η εξάπλωση τους προσφέρει.

Κύρια κατεύθυνση της νέας Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Στρατηγικής είναι η μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η δέσμευση για μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020 συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990 (Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, 2014). Αναγνωρίζοντας την συμβολή των ΑΠΕ προς την επίτευξη αυτού του στόχου, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθορίσει δράσεις προκειμένου να διευκολυνθεί η ενσωμάτωση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στο υφιστάμενο σύστημα παραγωγής ενέργειας. Υπό το πλαίσιο αυτό, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EC το ποσοστό συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην συνολική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ έχει προσδιοριστεί στο 20% μέχρι το έτος 2020. Μέσα από την Οδηγία αυτή, ουσιαστικά θέτονται οι δεσμευτικοί στόχοι για κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ ως προς το ποσοστό συμμετοχής των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στην συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε χώρα. Για την Ελλάδα το ποσοστό αυτό ορίζεται στο 18%. Στο πλαίσιο αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών με τον Ν. 3851/2010 η Ελληνική κυβέρνηση προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης ψύξης και 10% στις μεταφορές (ΥΠΕΚΑ, 2010)

Ωστόσο, οι οικονομικός παράγοντας αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο φραγμό που έχουν να αντιμετωπίσουν οι ΑΠΕ. Η εξόρυξη των ορυκτών καυσίμων από το υπέδαφος θεωρείται μια ανταγωνιστικά φθηνή επιλογή για την παραγωγή ενέργειας, ενώ παράλληλα αυτά λαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος της πολιτικής και οικονομικής υποστήριξης (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2010). Κατά συνέπεια, από οικονομικής πλευράς οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας δεν θεωρούνται ιδιαίτερα ανταγωνιστικές σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Η ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού κόστους της εκμετάλλευσής τους, καθώς και η απομάκρυνση των επιχορηγήσεων που αυτά λαμβάνουν, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πρώτο βήμα για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των ΑΠΕ (Alvarez-Farizo and Hanley 2002; Koroneos et al., 2003). Συχνά όμως, ακόμη και όταν το κόστος είναι μικρότερο από αυτό των συμβατικών πηγών η διαφορά δεν είναι αρκετή προκειμένου να ενθαρρύνει τους επενδυτές στο να αναλάβουν το επιχειρηματικό ρίσκο.

Σε επίπεδο ενεργειακών δικτύων, ο τομέας της ενέργειας υφίσταται σημαντικές δομικές αλλαγές. Το μονοπωλιακό καθεστώς της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αντικαθίσταται από συνθήκες ανταγωνισμού, που παρουσιάζεται διαφορετικά από χώρα σε χώρα. Έτσι, πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει μηχανισμούς υποστήριξης των ΑΠΕ, συνήθως για τη μείωση του κόστους τους.

Λόγω της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας η δημόσια υποστήριξη των ΑΠΕ αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Καθώς οι αγορές ανοίγουν και εισάγεται ο ανταγωνισμός, θεωρείται αμφίβολο το κατά πόσο τα μέτρα για την υποστήριξη των ΑΠΕ θα προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες.

Ωστόσο οι ΑΠΕ είναι δυνατό να επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις σε πολλαπλά επίπεδα. Οι ανεμογεννήτριες επηρεάζουν αρνητικά την αισθητική του τοπίου και προκαλούν θόρυβο, ενώ δύναται να έχουν επιπτώσεις στις χρήσεις γης και στα τοπικά οικοσυστήματα (Vezmar et al., 2014). Οι τοπικές αυτές αρνητικές επιπτώσεις αποτελούν ίσως έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που περιορίζουν την αξιοποίηση και εξάπλωση τους, και προκαλούν τον δημόσιο διάλογο (Bergmann et al., 2007). Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ωστόσο επισημαίνουν ότι η αειφορία δεν σημαίνει τη διατήρηση των τοπικών οικοσυστημάτων στην τωρινή τους κατάσταση, αλλά τη συντήρησή τους με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να παρέχουν σε μακροχρόνια βάση οικοσυστημικές υπηρεσίες διατήρησης της ζωής αλλά και των κοινωνιών στον πλανήτη (Owusu & Sarkodie, 2016). Το αποτέλεσμα αυτής της δημόσιας συζήτησης θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για το μέλλον των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η αντιμετώπιση των ανωτέρω περιοριστικών παραγόντων αξιοποίησης και περαιτέρω ανάπτυξης των ΑΠΕ, και κατ' επέκταση της αιολικής ενέργειας παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά ενός «πολύπλοκου κοινωνικού προβλήματος». Τέτοιου είδους προβλήματα περιλαμβάνουν μια πληθώρα εμπλεκόμενων φορέων (*stakeholder/actor*) και επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις σε πολλαπλά επίπεδα, οι οποίες θεωρείται αδύνατο να προβλεφθούν όλες, ενώ συχνά περιλαμβάνουν επίσης ηθικά διλήμματα.

Επίσης, τέτοιου είδους προβλήματα χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα *ευάλωτα* από πολιτική σκοπιά, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η επιρροή της επιστημονικής κοινότητας σε αυτά. Στην περίπτωση αυτή, ο ρόλος των επιστημόνων περιορίζεται στο να προτείνει συγκεκριμένους τρόπους χειρισμού, λήψης απόφασης, αντιμετώπισης της αβεβαιότητας και δόμησης του θέματος. Η τελική όμως απόφαση εξαρτάται από τους πολιτικούς, και από το είδος και το μέγεθος των παρεμβάσεων που είναι διατεθειμένοι να δεχτούν (Πολατίδης, 2003).

Για τους λόγους αυτούς, τέτοιου είδους *προβλήματα* θα πρέπει να αντιμετωπίζονται και να επιλύονται εντός ενός δομημένου και διαφανούς πλαισίου υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Οι μεθοδολογίες της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι δυνατό να αποτελέσουν ένα σημαντικό *εργαλείο* για τη λήψη των αποφάσεων (Pohekar and Ramachandran, 2004; Lee et al., 2009; Mardani et al., 2015).

Η εφαρμογή της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης στον ενεργειακό σχεδιασμό, και κατ' επέκταση στο σχεδιασμό αιολικών συστημάτων, πρέπει εκτός από την ελαχιστοποίηση του κόστους να ικανοποιεί χωροταξικούς, κοινωνικούς, και περιβαλλοντικούς παράγοντες και να ενσωματώνει πολλαπλά κριτήρια και διαφορετικούς λήπτες απόφασης.

2.3 Πολυκριτηριακές Μεθοδολογίες Λήψης Αποφάσεων

2.3.1 Γενικά

Αποφάσεις λαμβάνονται συνεχώς και σε πολλαπλά επίπεδα, παγκόσμιο, εθνικό, τοπικό, κοινωνικό, πολιτικό και κοινωνικό. Σε καθημερινή βάση ο λήπτης απόφασης (*decision maker*) καλείται να επιλέξει μεταξύ δύο ή και περισσότερων εναλλακτικών επιλογών και να επιλέξει τους στόχους τους οποίους προτίθεται να βελτιστοποιήσει και εκείνους για τους οποίους είναι διατεθειμένος να δεχτεί απόκλιση από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Λήψη απόφασης (*decision making*) «ονομάζεται η επιλογή μεταξύ δύο ή περισσότερων αντικρουόμενων ενεργειών σύμφωνα με ορισμένους κανόνες και μέσα από μια σχηματοποιημένη υπολογιστική διαδικασία» (Καμινάρης, 2012), η οποία θεωρείται ιδιαίτερος δύσκολη και περίπλοκη όταν σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται μια πληθώρα παραμέτρων και κριτηρίων που επηρεάζουν άμεσα το πρόβλημα.

Αν και οι επενδυτικές αποφάσεις δύναται να παρθούν μέσω των μεθοδολογιών Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους (*Cost Benefit Analysis-CBA*), η προσέγγιση θεμάτων αιεφορίας προϋποθέτει διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις όπου συνυπολογίζουν ένα εύρος κριτηρίων και παραμέτρων (Berg et al., 1997). Πλέον έχει αναπτυχθεί ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα μεθόδων αποτίμησης, όπου θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως μια απόπειρα διεύρυνσης της μεθόδου Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους (Annema et al., 2015). Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις αυτές δύναται να συμπεριλαμβάνουν και να συνυπολογίζουν στη διαδικασία λήψης απόφασης όχι μόνο ποσοτικά αλλά και ποιοτικά κριτήρια και παραμέτρους, και ονομάζονται Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Ανάλυσης και Λήψης Αποφάσεων (*Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA, Mutli-Criteria Decision Making-MCDM*).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σκοπός της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι η διερεύνηση των προβλημάτων απόφασης στα οποία συμπεριλαμβάνονται πολλά και διαφορετικής φύσεως κριτήρια και προτιμήσεις (*preferences*) (Αραβώσης et al., 2003). Οι προσεγγίσεις της ΠΑ είναι δυνατό να βασίζονται τόσο σε μαθηματικές σχέσεις και υποθέσεις όσο και σε πληροφορίες, οι οποίες συγκεντρώνονται από τους λήπτες απόφασης. Πλέον, τέτοιου είδους προβλήματα δεν επιλύονται με την αντικατάσταση του λήπτη απόφασης με μια μαθηματική σχέση, αλλά βοηθώντας τον να παράγει τη λύση (Ehrgott, 2002).

Ένας λήπτης απόφασης επιθυμεί να επιλέξει μεταξύ ενός εύρους επιλογών με τη χρήση δύο ή και περισσότερων κριτηρίων που θέτει. Στις περισσότερες των περιπτώσεων θεωρείται ότι δεν υπάρχει μια και μοναδική επιλογή που να αποφέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα από όλες στο σύνολο των κριτηρίων που θέτονται. Στην πραγματικότητα το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τις προτιμήσεις των ληπτών απόφασης και αποτελεί μια λύση συμβιβασμού (*compromise solution*) μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων που συμμετέχουν στη διαδικασία, ενώ είναι ανάλογο με την επιρροή (*βάρος*) που έχει ο κάθε ένας τους στη τελική λήψη της απόφασης (Weistroffer & Sarin, 2017).

Το πρώτο στάδιο ανάπτυξης της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης χαρακτηρίστηκε από τις μεθοδολογικές αρχές της Πολυκριτηριακής Λήψης Απόφασης. Σκοπός θεωρούνταν η εκμείωση της προτίμησης του λήπτη απόφασης και εν συνεχεία η επεξεργασία της με

τη βοήθεια ενός *αλγορίθμου απόφασης (decision algorithm)*. Κατά αυτόν τον τρόπο κάθε είδος πολυκριτηριακού προβλήματος θεωρούνταν εφικτό να επιλυθεί με την κλασική μορφή ενός προβλήματος βελτιστοποίησης (Πολατίδης, 2003).

Με τον όρο λοιπόν Πολυκριτηριακά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων νοείται μια συλλογή από ένα εύρος μεθοδολογιών αντιμετώπισης, που στοχεύει στην καταγραφή και επεξεργασία των πολλαπλών κριτηρίων τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών, με τελικό σκοπό την διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων από μεμονωμένους λήπτες ή ομάδες. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι όλες οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις της ΠΑ αυξάνουν την αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και διαφάνεια της διαδικασίας, καταλήγοντας στην εξοικείωση των εμπλεκόμενων φορέων με τα σπουδαιότερα σημεία του υπό εξέταση προβλήματος (Wenstop and Seip, 2001; Communities & Local Government, 2009).

Μέσω των Πολυκριτηριακών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων, προσδιορίζεται το σύνολο των εναλλακτικών ενεργειών, καθορίζονται οι εμπλεκόμενοι φορείς (*stakeholder/actor*) που συμμετέχουν στη διαδικασία και τα κριτήρια επιλογής (*decision criteria*), αξιολογείται η κάθε εναλλακτική, εκμαιεύεται η προτίμηση (*preference*) των εμπλεκόμενων φορέων άμεσα με την εισαγωγή των βαρών των κριτηρίων (*criteria weights*) και έμμεσα με τη συνολική δόμηση του προβλήματος, με τελικό αποτέλεσμα την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου λήψης απόφασης (Ishizaka & Nemery, 2013).

Πέραν ότι η Πολυκριτηριακή Ανάλυση αποτελεί ένα σημαντικό ποσοτικό και ποιοτικό εργαλείο αξιολόγησης ενεργειακών επενδύσεων, καταφέρνει παράλληλα να συγκεντρώνει σε ένα συμμετοχικό και διαφανές πλαίσιο όλους τους εμπλεκόμενους φορείς που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης απόφασης, ένα γεγονός ιδιαίτερα κρίσιμο στην περίπτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας λόγω του αποκεντρωμένου χαρακτήρα τους, και της αναγκαιότητας της συμμετοχής των τοπικών κοινωνιών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Wimmler et al., 2015).

Συνοψίζοντας, η Πολυκριτηριακή Ανάλυση παρέχει ένα άριστο οργανωτικό πλαίσιο για την ανάλυση των ενεργειακών συστημάτων, ενσωματώνοντας παράλληλα την έρευνα από ποικίλους επιστημονικούς τομείς και τις απόψεις των τοπικών κοινωνιών. Παράλληλα, ενισχύει τη διαφάνεια της διαδικασίας της λήψης αποφάσεων, καθώς τα κριτήρια απόφασης παρουσιάζονται στην αρχική τους μορφή χωρίς να είναι απαραίτητη η μετατροπή τους σε χρηματικές μονάδες (Polatidis et al., 2003).

Συνεπώς, η ανάπτυξη μεθοδολογικών εργαλείων υποστήριξης απόφασης θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς όπως αποδεικνύεται «οι λήπτες απόφασης εστιάζουν σε έναν ανεπαρκή αριθμό κριτηρίων επιλογής, βασίζονται σε ανεπαρκείς πληροφορίες και αδυνατούν να εκτιμήσουν την αβεβαιότητα (*uncertainty*) των μελλοντικών γεγονότων» (Πολατίδης, 2003)

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται και αναλύονται οι κυριότερες μεθοδολογίες χωρικής ΠΑ που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε ΓΣΠ και καταγράφονται οι ερευνητικές προσπάθειες που έχουν λάβει χώρα σε παραδείγματα αολικών συστημάτων.

2.3.2 Μέθοδοι Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε ΓΣΠ

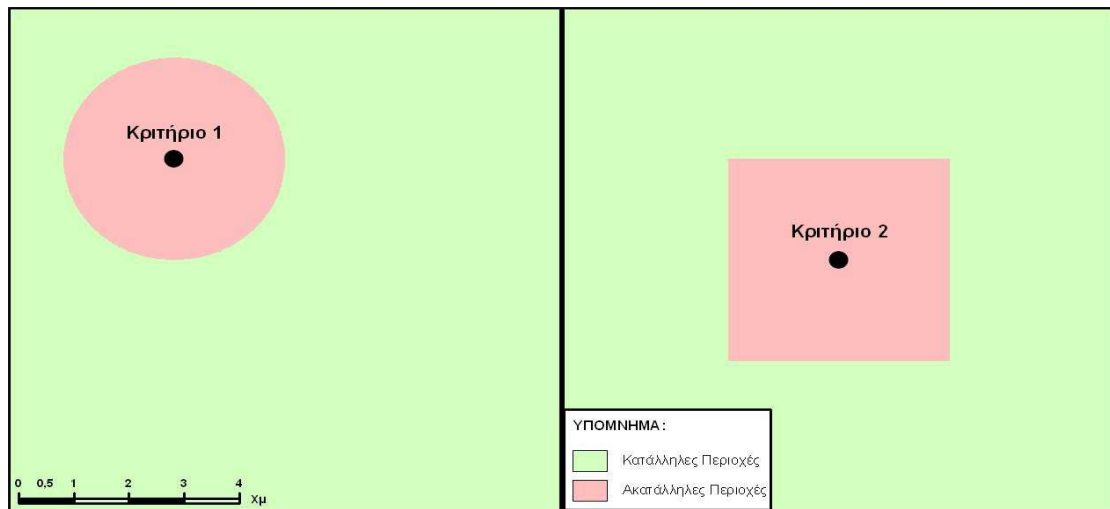
Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, βασίζεται στα μεθοδολογικά εργαλεία που προσφέρει η Γεωπληροφορική, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Επιγραμματικά, η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση θα μπορούσε να αποδοθεί ως Μεθοδολογία Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ (*Spatial Multi-Criteria Analysis in GIS Environment*).

Το ζήτημα της χωροθέτησης αιολικών συστημάτων συγκεντρώνει το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας, καθώς είναι δυνατό να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις σε πολλαπλά επίπεδα. Λανθασμένες επιλογές χωροθέτησης δύναται να οδηγήσουν σε δυσάρεστες επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στις τοπικές κοινωνίες, με άμεση συνέπεια τις έντονες αντιδράσεις αυτών σε μια πιθανή εγκατάσταση κάθε δραστηριότητας την οποία θεωρούν ότι δύναται να τους επηρεάσει αρνητικά.

Στόχος όλων των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία θεωρείται η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων όπου δύναται να επιφέρει μια τέτοιου είδους δραστηριότητα στα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής χωροθέτησης, στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Ενώ παράλληλα όλες οι μεθοδολογίες αποσκοπούν στην επιλογή της βέλτιστης θέσης, όπου θα παρέχει επίσης μείωση του συνολικού κόστους της επένδυσης και φυσικά πλήρωση των ενεργειακών αναγκών.

Ο Malczewski (2004, 2006) παρέχει μια συνοπτική επισκόπηση των μεθόδων αυτών οι οποίες περιλαμβάνουν τη Σχολή της Δυαδικής Λογικής, της Ντετερμινιστικής Λογικής και της Ασαφούς Λογικής.

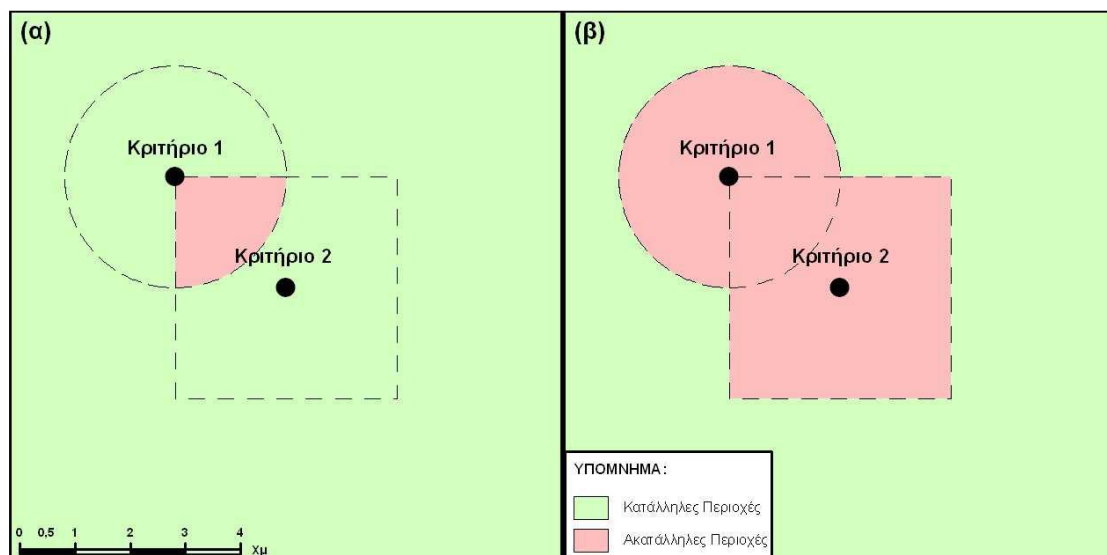
Η Σχολή της Δυαδικής Λογικής (Binary/Boolean Logic): Η μεθοδολογική προσέγγιση της Δυαδικής Λογικής, θεωρείται η πρώτη προσπάθεια που καταγράφηκε για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ειδικών χρήσεων γης. Η παρούσα μέθοδος θεωρείται απλή και για αυτό ιδιαίτερα εύκολη στην εφαρμογή της. Σύμφωνα με αυτή, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούνται για τη σάρωση της περιοχής ενδιαφέροντος με στόχο την ανεύρεση κατάλληλων τοποθεσιών. Αποτέλεσμα της ανωτέρω διαδικασίας θεωρείται ο διαχωρισμός της περιοχής μελέτης σε κατάλληλες και ακατάλληλες τοποθεσίες για την εγκατάσταση μιας δραστηριότητας. Η μέθοδος της Δυαδικής Λογικής στηρίζεται στη λογική των αλγεβρικών συνόλων και απεικονίζεται στην εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1. Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει της Δυαδικής Λογικής
 Πηγή: Κοντός, 2007

Η μοναδική δυνατότητα χωρικής ανάλυσης που προσφέρεται από την συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση είναι η χωρική τομή και η χωρική ένωση (Εικόνα 2.2.). Η χωρική τομή θα μπορούσε να ειπωθεί ότι λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την αλγεβρική τομή δύο συνόλων ($A \cap B$). Σύμφωνα με αυτήν μια τοποθεσία χαρακτηρίζεται ως κατάλληλη, όταν σε όλα τα κριτήρια που λαμβάνουν μέρος στο πρόβλημα της χωροθέτησης, η συγκεκριμένη τοποθεσία εμφανίζεται ως κατάλληλη.

Από την άλλη πλευρά, η χωρική ένωση, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την αλγεβρική ένωση δύο συνόλων ($A \cup B$). Σύμφωνα με αυτήν οι κατάλληλες τοποθεσίες προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους κατάλληλων τοποθεσιών.

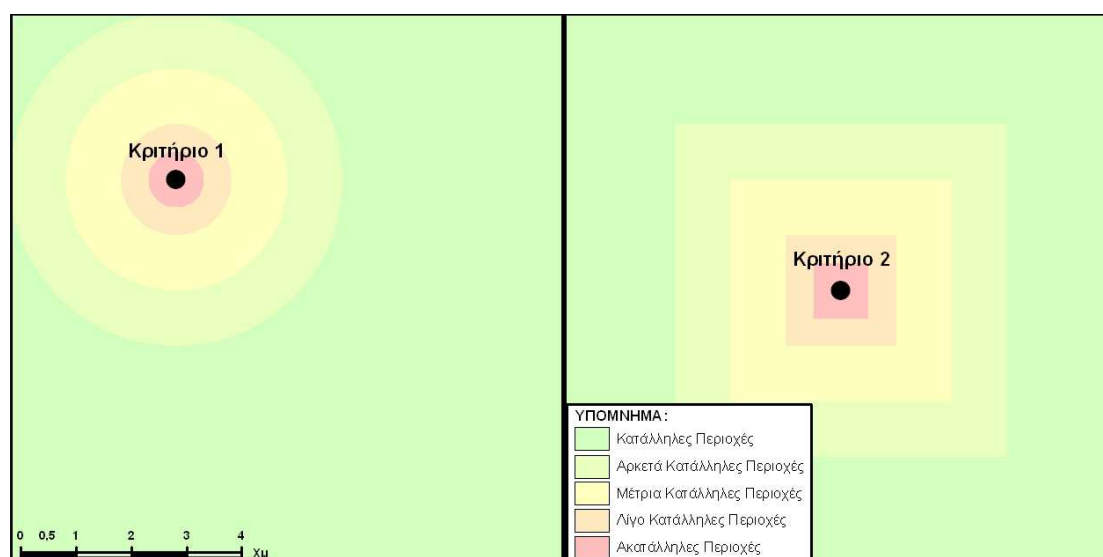


Εικόνα 2.2. (α) Χωρική Τομή και (β) Χωρική Ένωση
 Πηγή: Κοντός, 2007

Η μεθοδολογική προσέγγιση της δυαδικής λογικής προτείνεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει ανάγκη για εύκολη και γρήγορη ανεύρεση των ευρύτερα κατάλληλων τοποθεσιών. Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη σε *προβλήματα χωροθέτησης* που εφαρμόζουν την συγκεκριμένη μεθοδολογία θεωρούνται απλοϊκά σε ότι αφορά το χωρικό τους καθορισμό και αντλούνται συνηθέστερα από τους περιορισμούς που προέρχονται από την υφιστάμενη νομοθεσία κάθε χώρας και τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης.

Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι οι τοποθεσίες που προκύπτουν από αυτή, χαρακτηρίζονται όλες τις ίδιες καταλληλότητας, όπου ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι η έρευνα πεδίου θα πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις τοποθεσίες. Η μη συνδυαστική χρήση της μεθόδου αυτής με κάποια άλλη θα μπορούσε να ειπωθεί ότι πλέον θεωρείται ξεπερασμένη τεχνική.

Η Σχολή της Ντετερμινιστικής Λογικής (Deterministic Logic): Η μεθοδολογική προσέγγιση της Ντετερμινιστικής Λογικής θεωρείται ίσως η συχνότερα εφαρμοζόμενη μεθοδολογική προσέγγιση εκ των τριών που παρουσιάζονται, ενώ αποτελεί την εξελιγμένη μορφή της Δυαδικής Λογικής. Η μεθοδολογία της Ντετερμινιστικής Λογικής δέχεται ότι υπάρχουν διαβαθμίσεις στην καταλληλότητα των τοποθεσιών, και οι οποίες προκύπτουν από την αξιολόγηση των τοποθεσιών σε μια σειρά από παραμέτρους. Μέσω της Ντετερμινιστικής Λογικής συνδυάζονται άριστα οι δυνατότητες και τα εργαλεία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τις αναλυτικές ικανότητες της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Σύμφωνα με αυτή, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της περιοχής ενδιαφέροντος, βάσει κριτηρίων που θέτονται από τον λήπτη απόφασης, με τελικό στόχο τον υπολογισμό του Δείκτη Καταλληλότητας (*Suitability Index*) των τοποθεσιών. Η μέθοδος της Ντετερμινιστικής Λογικής απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 2.3

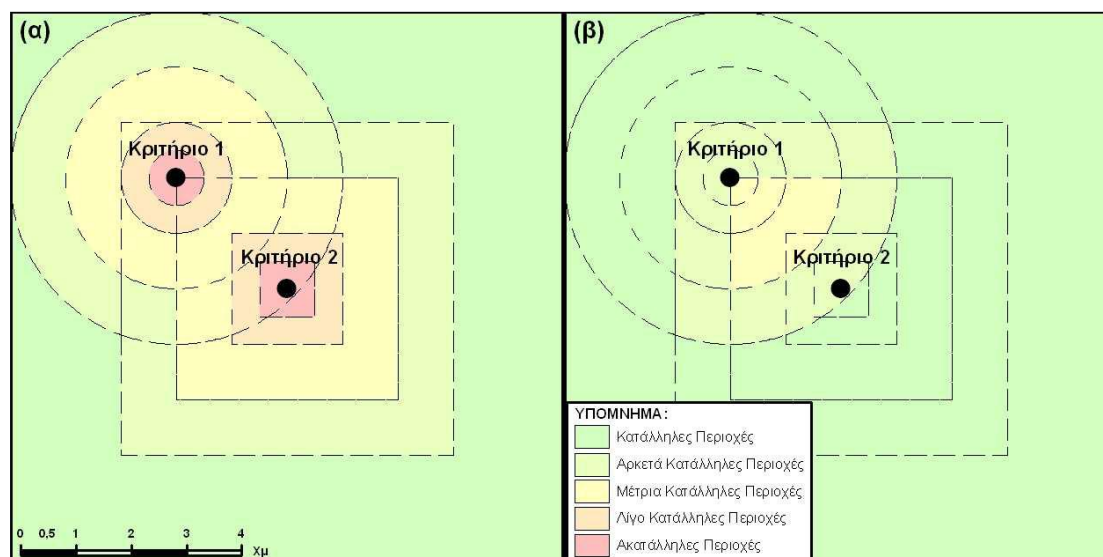


Εικόνα 2.3. Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει της Ντετερμινιστικής Λογικής
Πηγή: Κοντός, 2007

Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των τοποθεσιών χρησιμοποιούνται κάποιοι κανόνες και κριτήρια, τα οποία προέρχονται συνήθως από το νομοθετικό πλαίσιο κάθε

χώρας και κυρίως από την εμπειρία και τη γνώση των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία της χωροθέτησης. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται προσδιορίζουν διάφορες ζώνες καταλληλότητας στην περιοχή ενδιαφέροντος, οι οποίες συνηθέστερα βρίσκονται σε ποσοτική ή ποιοτική κλίμακα. Με τη χρήση μιας ποσοτικής κλίμακας κάθε ζώνη καταλληλότητας χαρακτηρίζεται με τη βοήθεια μιας αριθμητικής κλίμακας π.χ. από 0 έως 1, από 0 έως 10. Αντιθέτως, με τη χρήση μιας ποιοτικής κλίμακας κάθε ζώνη καταλληλότητας χαρακτηρίζεται με τη βοήθεια κάποιου λεκτικού χαρακτηριστικού της καταλληλότητας, όπως π.χ. ακατάλληλη περιοχή, μέτρια κατάλληλη περιοχή, κατάλληλη περιοχή κλπ.

Οι δυνατότητες χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από τη συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση θεωρούνται περισσότερες συγκριτικά με αυτές που προσφέρονται από τη Δυαδική Λογική. Σύμφωνα με αυτή, προκειμένου να συνδυαστούν δύο ή περισσότερα κριτήρια ούτως ώστε να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα θα πρέπει να εφαρμοστεί ένας λογικός ή μαθηματικός κανόνας. Στην εικόνα 2.4 (α) εφαρμόζεται ο κανόνας της ελάχιστης τιμής, δηλαδή στο τελικό αποτέλεσμα αποδίδεται η ελάχιστη τιμή των επιμέρους παραμέτρων και 2.4 (β) εφαρμόζεται ο κανόνας της μέγιστης τιμής, δηλαδή στο τελικό αποτέλεσμα αποδίδεται η μέγιστη τιμή των επιμέρους παραμέτρων.

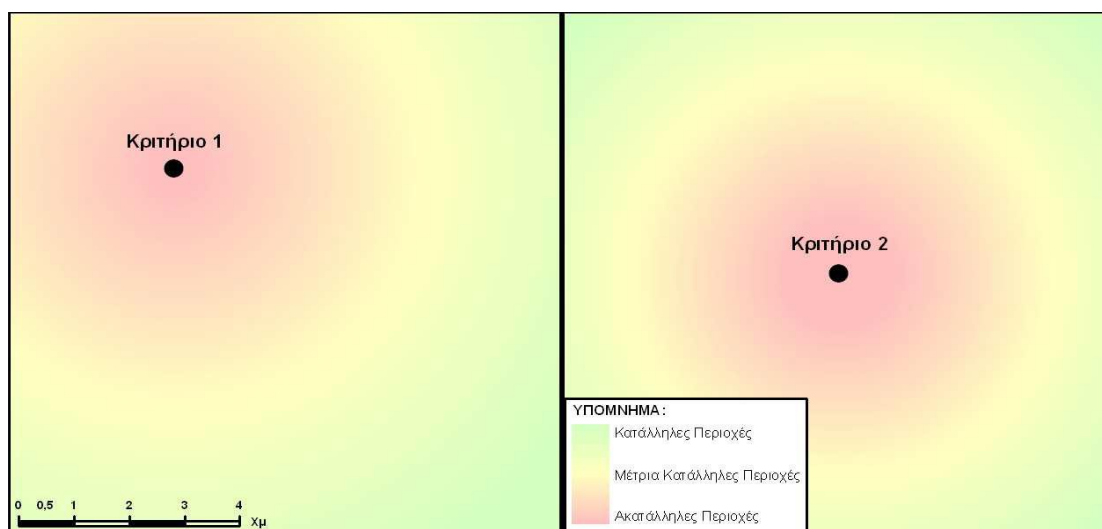


Εικόνα 2.4. (α) Κανόνας Ελάχιστης Τιμής, (β) Κανόνας Μέγιστης Τιμής.
Πηγή: Κοντός, 2007

Η μεθοδολογική προσέγγιση της Ντετερμινιστικής Λογικής θεωρείται ιδιαίτερα αποδοτική και αποτελεσματική προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητα του υπεράκτιου και του θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνετε στους κανόνες που υιοθετούνται στην συγκεκριμένη προσέγγιση, ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο η υποκειμενικότητα της. Ενώ ο βαθμός δυσκολίας της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την μέθοδο της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης που θα ακολουθηθεί, από τα κριτήρια αξιολόγησης (*Evaluation Criteria*) που θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία και από τον τρόπο ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

Συνοψίζοντας, η μεθοδολογία της Ντετερμινιστικής Λογικής θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα αποτελεσματική όσον αφορά τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ειδικών χρήσεων γης, ενώ έγκειται στην εμπειρία και στη γνώση των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία, ούτως ώστε να είναι και όσο το δυνατόν μικρότερης υποκειμενικότητας.

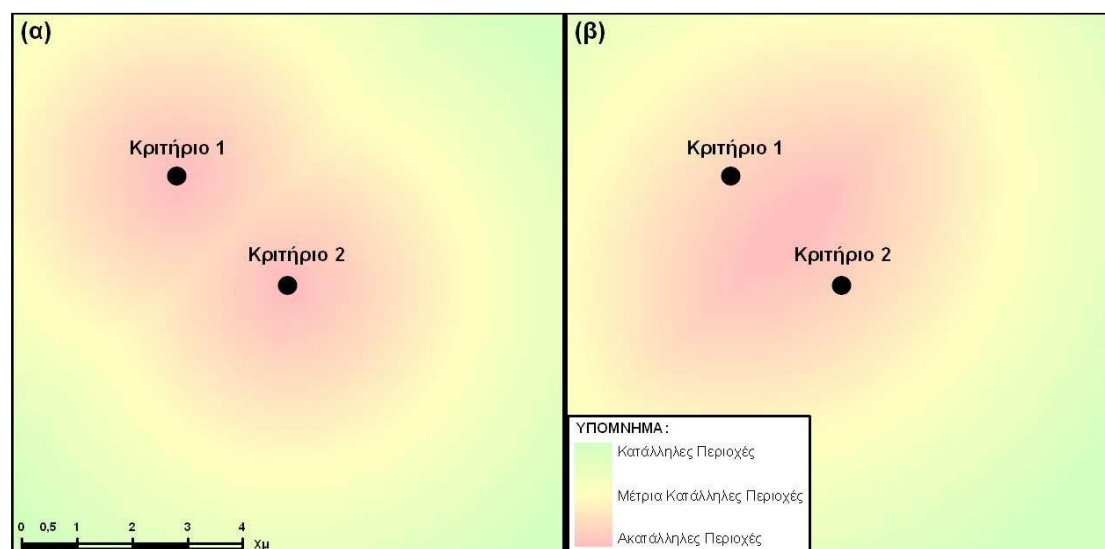
Η Σχολή της Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic): Η μεθοδολογική προσέγγιση της Ασαφούς Λογικής αποτελεί με τη σειρά της την εξελιγμένη μορφή της Ντετερμινιστικής Λογικής. Η μεθοδολογία της Ασαφούς Λογικής δέχεται ότι υπάρχουν όλες οι διαθέσιμες διαβαθμίσεις στην καταλληλότητα των τοποθεσιών, οι οποίες προκύπτουν από την αξιολόγηση τους σε μια σειρά από παραμέτρους, και πηγάζουν από κάποιες συναρτήσεις οι οποίες προσομοιώνουν την καταλληλότητα των τοποθεσιών με έναν τρόπο ο οποίος είναι κατά το δυνατόν μειωμένης υποκειμενικότητας. Μέσω της Ασαφούς Λογικής συνδυάζονται άριστα όλες οι δυνατότητες και τα εργαλεία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τις αναλυτικές ικανότητες της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και τη θεωρία της Ασαφούς Λογικής. Σύμφωνα με αυτή, τα εργαλεία που προσφέρονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της περιοχής ενδιαφέροντος, βάσει κριτηρίων τα οποία δημιουργούνται με τη χρήση των Ασαφών Συνόλων, με τελικό στόχο τον υπολογισμό του Δείκτη Καταλληλότητας (*Suitability Index*) των τοποθεσιών. Η μέθοδος της Ασαφούς Λογικής απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 2.5



Εικόνα 2.5. Παραδείγματα καταλληλότητας βάσει Ασαφούς Λογικής.
Πηγή: Κοντός, 2007

Οι δυνατότητες χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από τη συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση θεωρούνται περισσότερες και από τις δύο προαναφερθείσες μεθοδολογίες. Σύμφωνα με αυτή, προκειμένου να συνδυαστούν δύο ή περισσότερα κριτήρια ούτως ώστε να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα θα πρέπει να εφαρμοστεί ένας λογικός και μαθηματικός κανόνας ή κάποιος κανόνας της Ασαφούς Λογικής. Στην εικόνα 2.6 (α) και (β) εφαρμόζονται δύο παραδείγματα της παρούσας μεθοδολογίας για τον συνδυασμό των κριτηρίων της εικόνας 2.5. Στην εικόνα 2.6 (α) εφαρμόζεται ο

κανόνας της Ασαφούς Ένωσης (*Fuzzy Union*), και στην 2.6 (β) εφαρμόζεται ο κανόνας της Ασαφούς Τομής (*Fuzzy Intersection*).



Εικόνα 2.6. (α) Κανόνας Ασαφούς Ένωσης, (β) Κανόνας Ασαφούς Τομής
Πηγή: Κοντός 2007.

Η μεθοδολογία της Ασαφούς Λογικής παρέχει στο λήπτη απόφασης πολλές δυνατότητες για την επίλυση του πολυδιάστατου προβλήματος της χωροθέτησης εγκαταστάσεων ειδικών χρήσεων γης, αν και δεν συναντάται τόσο συχνά στη βιβλιογραφία συγκριτικά με την μεθοδολογία της Ντετερμινιστικής Λογικής, καθώς θεωρείται πολύπλοκη και δύσκολη στην εφαρμογή της. Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα αυτής της μεθόδου, πέραν του υψηλού βαθμού δυσκολία της είναι ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στον καθορισμό των απαραίτητων παραμέτρων.

2.4 Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση στο Σχεδιασμό Αιολικών Συστημάτων σε Περιβάλλον ΓΣΠ.

Λόγω της υψηλής αρχικής επένδυσης, των ιδιαίτερα ανταγωνιστικών χρήσεων όπου χαρακτηρίζουν τον παράκτιο και τον θαλάσσιο χώρο, των πιθανών δυσμενών επιπτώσεων σε πολλαπλά επίπεδα, και της φύσης του ανέμου, η χωροθέτηση αιολικών συστημάτων αποτελεί ένα περίπλοκο και ευαίσθητο ζήτημα, και θεωρείται μια διαδικασία λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Gregg, 2015).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα λόγω της χωρικής και πολυκριτηριακής φύσης του συγκεκριμένου *προβλήματος* συναντάται αρκετά συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία η χρήση των μεθοδολογικών εργαλείων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών επικουρικά με μια εφαρμογή της ΠΑ. Έτσι, πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να αναπτύξουν ένα Χωρικό Σύστημα Υποστήριξης Λήψης Απόφασης (ΧΣΥΛΑ) αιολικών συστημάτων με τη χρήση των ΓΣΠ (Howes and Gatrell, 1993; Kidner et al., 1999; Baban and Parry, 2001; Hurtado et al., 2004; Hansen, 2005; Yue and Wang, 2006; Moller, 2006; Ramirez-Rozado et al., 2008; Haaren and Fthenakis, 2011; Djamai and Kasbadji Merzouk, 2011, κ.α.).

Η μεθοδολογική προσέγγιση της Δυαδικής Λογικής (*Boolean Logic*) συναντάται αρκετά στη διεθνή βιβλιογραφία (Hillring and Krieg, 1998; Xu, 2007; Higgs et al., 2008). Οι ανωτέρω ερευνητές παρουσίασαν μια προσπάθεια ΠΑ σε ΓΣΠ προκειμένου να αποσαφηνιστεί η καταλληλότητα ή μη των υποψήφιων τοποθεσιών προς εγκατάσταση αιολικών συστημάτων με κριτήριο το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό αυτών.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η αδυναμία της Δυαδικής Λογικής, χωρίς τη συνδυαστική χρήση της με κάποια άλλη μεθοδολογία, έχει αναγνωριστεί καθώς με την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι δυνατός μόνο ο διαχωρισμός και συνεπώς ο χαρακτηρισμός των πιθανών τοποθεσιών σε κατάλληλες και ακατάλληλες για την εγκατάσταση μιας δραστηριότητας, με αποτέλεσμα την επικράτηση άλλων πιο σύγχρονων μεθοδολογιών.

Μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους ΠΑ σε ΓΣΠ αποτελεί η μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου όρου (*Ordered Weighted Averaging-OWA*). Η Μέθοδος (*OWA*), παρέχει μια συνέχεια ασαφών τελεστών (*fussy operators*) μεταξύ του λογικού AND (*ασαφής τομή*) και του λογικού OR (*ασαφής ένωση*). Ο *OWA*, είναι ένα σταθμισμένο άθροισμα των διατεταγμένων κριτηρίων αξιολόγησης. Τα διατεταγμένα βάρη (*order weights*) επιτρέπουν τον έλεγχο του βαθμού του συνδυασμού (*trade-off*) μεταξύ των κριτηρίων παρέχοντας κατά συνέπεια τον έλεγχο του βαθμού αισιοδοξίας (*στάση αντιμετώπισης του κινδύνου*), που επιτρέπεται στη διαδικασία προγραμματισμού (Malczewski, 1999). Η μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου Όρου συναντάται αρκετά συχνά στη βιβλιογραφία στη χωροθέτηση αιολικών συστημάτων (Yanar, 2006 and Akyurek; Bell et al., 2007; Aydin et al., 2010) κ.α. (Περισσότερες πληροφορίες για τη μέθοδο του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου όρου μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα Ι).

Οι τελευταίοι αναπτύσσουν ένα εργαλείο υποστήριξης απόφασης για την εκτίμηση και αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας τοποθεσίας στην Δ. Τουρκία, προς εγκατάσταση αιολικών συστημάτων, με τη χρήση περιβαλλοντικών κριτηρίων και αιολικού δυναμικού. Η περιοχή ενδιαφέροντος διαιρείται σε τετράγωνα, όπου κάθε τετράγωνο αποτελεί και μια εναλλακτική τοποθεσία εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι ασαφείς περιβαλλοντικοί στόχοι (*fuzzy environmental objectives*), ενώ κάθε στόχος από αυτούς αντιπροσωπεύεται από ένα ασαφές σύνολο (*fuzzy sets*). Εν συνεχεία, για κάθε τετράγωνο υπολογίζεται ένας βαθμός ικανοποίησης καθενός από τους περιβαλλοντικούς στόχους που θέτονται. Οι ατομικές αυτές ικανοποιήσεις συγκεντρώνονται σε ένα συνολικό βαθμό ικανοποίησης και με τη χρήση των συνολικών βαθμών ικανοποίησης προκύπτει ένας χάρτης περιβαλλοντικής καταλληλότητας. Τέλος ο συγκεκριμένος χάρτης παρατίθεται με το χάρτη του αιολικού δυναμικού της υποψήφιας τοποθεσίας για τον εντοπισμό των βέλτιστων τοποθεσιών χωροθέτησης.

Η μελέτη που παρουσιάζεται από τον Hansen (2005) στοχεύει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής μεθόδου αξιολόγησης μεταξύ εναλλακτικών τοποθεσιών προς αναζήτηση της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης αιολικού πάρκου, με τη χρήση κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Οι περιορισμοί που χρησιμοποιούνται βασίζονται στη Δυαδική λογική, όπου με αυτό τον τρόπο η ανάλυση

περιορίζεται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, ενώ τα κριτήρια προσδιορίζουν το βαθμό καταλληλότητας των τοποθεσιών (*Ασαφής Λογική*). Με τη βοήθεια του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού (*Weighted Linear Combination-WLC*) αξιολογούνται και προκύπτουν οι χάρτες καταλληλότητας. Η μέθοδος του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους λήψης απόφασης σε περιβάλλον ΓΣΠ (Tomlin, 1990; Carver, 1991; Heywood et al., 1995; Malczewski, 1999; Hopkins, 2007).

Μια προσέγγιση συνδυασμού της Μεθόδου της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης (*Analytic Hierarchy Process-AHP*) και του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου Όρου παρουσιάζεται από τους Yager and Kelman, 1999; Al-Yahyai et al., 2012. Οι τελευταίοι παρουσιάζουν ένα συνδυαστικό μεθοδολογικό πλαίσιο AHP-OWA προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητα της γης προς εγκατάσταση αιολικών πάρκων με μελέτη περίπτωσης μια τοποθεσία στο Ομάν. Ένα εύρος διαφορετικών κριτηρίων χρησιμοποιούνται, μεταξύ αυτών περιβαλλοντικά, κοινωνικά και τεχνοοικονομικά.

Επίσης, ένας συνδυασμός της μεθόδου της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης και της Ασαφής Λογικής (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process- FAHP*) χρησιμοποιείται από τους Talinli et al., (2011).

Οι Baban και Parry (2001) παρουσίασαν ένα συνδυασμό ΠΑ και ερωτηματολογίου όπου το διαμοίρασαν στα τοπικά όργανα του συμβουλίου και στις εταιρείες ανάπτυξης αιολικών πάρκων στο Ην. Βασίλειο, προκειμένου να προσδιοριστούν τα σχετικά κριτήρια για την αξιολόγηση των πιθανών τοποθεσιών χωροθέτησης τους. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν σχετίζονταν με την κλήση του εδάφους, αποστάσεις από τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, αστικών περιοχών, δρόμων, σιδηροδρόμων και προστατευόμενων περιοχών, όπου στη συνέχεια εφαρμόζονται σε περιβάλλον ΓΣΠ μέσω δύο διαφορετικών προσεγγίσεων των εισερχόμενων επιπέδων (*layers*). Στην πρώτη προσέγγιση όλα τα εισερχόμενα επίπεδα θεωρούνται ίσης επιρροής και συνεπώς όλα τα κριτήρια έχουν τα ίδια βάρη στην ανάλυση επικάλυψης. Στην δεύτερη προσέγγιση τα επίπεδα σταθμίζονται ανάλογα με σημαντικότητα τους στο συγκεκριμένο πρόβλημα (*weighted overlay analysis*). Οι τελικές τιμές των εξερχόμενων επιπέδων (*output layers*) προσδιορίζονται με κλάσεις των 0-1, όπου η τιμή 1 αντιπροσώπευε τις πιο κατάλληλες τοποθεσίες και η τιμή 0 τις πλέον ακατάλληλες.

Η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε από τους Roadman και Meentemeyer (2006) ακολουθεί παρόμοια προσέγγιση με τους Baban και Parry (2001) βάσει της κλασικής Σταθμισμένης Επικάλυψης (*weighted overlay analysis*).

Οι Tegou et al., (2010) συνδύασαν επίσης μια μεθοδολογία της ΠΑ και εφαρμογής σε ΓΣΠ με μελέτη περίπτωσης το νησί της Λέσβου. Ένα σύνολο περιβαλλοντικών, κοινωνικών και τεχνοοικονομικών περιορισμών εφαρμόστηκε προς αναζήτηση των βέλτιστων τοποθεσιών εγκατάστασης αιολικών συστημάτων. Η Ντετερμινιστική Λογική ακολουθείται και η μέθοδος της σύγκρισης ανά ζεύγη στο πλαίσιο της διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης εφαρμόζεται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, προκειμένου να διαπιστωθεί η σημασία τους στην αξιολόγηση των πιθανών τοποθεσιών.

Ίδια λογική ακολουθείται και από τους Aras et al., (2004), Bennui et al. (2007), Hofer et al., (2014); Vagiona και Karanikola (2012), και της εφαρμογής της μεθόδου της σύγκρισης ανά ζεύγη στο πλαίσιο της διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης. Οι τελευταίοι εφαρμόζουν την προαναφερθείσα μεθοδολογία προς αναζήτηση των βέλτιστων τοποθεσιών για εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στον χώρο του Αιγαίου Πελάγους. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν σχετίζονταν με τη μέση ταχύτητα του ανέμου, τις αποστάσεις από τις προστατευόμενες περιοχές, τις γραμμές ναυσιπλοΐας, τις ακτές και αποστάσεις από τα πιθανά σημεία σύνδεσης του αιολικού πάρκου με τα υφιστάμενα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Η διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Akash et al., 1999; Chatzimouratidis, Pilavachi, 2007, 2008; Kablan, 2004; Ercanoglu et al., 2008) όπως και η μέθοδος της σύγκρισης ανά ζεύγη (Mamlook et al., 2001; Wang et al., 2008) θεωρούνται ως οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι στάθμισης στη λήψη αποφάσεων στον ενεργειακό τομέα, και δη στον αιολικό σχεδιασμό. Η ευρεία χρήση της AHP στην επίλυση προβλημάτων πολλαπλών κριτηρίων μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι λαμβάνει υπόψη τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά κριτήρια. Τα δύο σημαντικότερα χαρακτηριστικά της, που την καθιστούν ως την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο ΠΑ είναι η ανάπτυξη μιας ιεραρχικής δόμησης του *προβλήματος* και η σύγκριση ανά ζεύγη μεταξύ διαφόρων κριτηρίων, προκειμένου να αποσαφηνιστεί η βαρύτητα τους ως προς την επίλυση του προβλήματος (Nekhay et al., 2009). Επίσης, είναι δυνατό να αναγνωρίζεται τυχόν ασυνέπειες στην κρίση των ληπτών απόφασης, καθώς σπάνια η κρίση τους είναι απόλυτα συνεπής όταν πρόκειται για ποιοτικά κριτήρια (Kablan, 2004).

Σε άλλη έρευνα ο Γραμματικογιάννης και Στρατηγέα (2010) προτείνουν μια μεθοδολογία αξιολόγησης εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης αιολικού πάρκου στον Νομό Βοιωτίας. Στο πλαίσιο αυτό, αξιοποιούν μεθόδους και εργαλεία σχετικά με τον εντοπισμό/επιλογή εναλλακτικών λύσεων, την αξιολόγηση τους, και τη φωτορεαλιστική απεικόνιση της επιλεγείσας λύσης. Έμφαση δίνεται στις μεθόδους αξιολόγησης που μπορούν να διαχειριστούν ποσοτική και ποιοτική πληροφορία (*πολυκριτηριακή αξιολόγηση*) με την εφαρμογή της μεθόδου Regime, καθώς και στη φωτορεαλιστική απεικόνιση της πληροφορίας ως εργαλείο ρεαλιστικής απόδοσης της εικόνας της όποιας σχεδιαστικής παρέμβασης.

Μια εναλλακτική μεθοδολογία παρουσιάστηκε από τους Haaren και Fthenakis (2011), βασισμένη σε ΠΑ και εφαρμογή σε ΓΣΠ προς αναζήτηση των καταλληλότερων τοποθεσιών για χωροθέτηση αιολικών συστημάτων στην Νέα Υόρκη αποτελούμενη από τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο εξαιρούσε όλες τις ακατάλληλες τοποθεσίες, βασιζόμενο στις χρήσεις γης και σε γεωλογικούς περιορισμούς (*Boolean Logic*). Το δεύτερο στάδιο προσδιόριζε τις βέλτιστες τοποθεσίες με βάση την αναμενόμενη Καθαρά Παρούσα Αξία (*KΠΑ*) όπως αυτή προκύπτει από τις τέσσερις σημαντικές κατηγορίες εσόδων και εξόδων τέτοιων επενδύσεων και οι οποίες είναι χωρικά εξαρτώμενες όπως: τα έσοδα από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, και τα εν δυνάμει κόστη που προκύπτουν από την κατασκευή δρόμων πρόσβασης, γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και από τις εκκερνώσεις.

2.5 Κατηγοριοποίηση Μεθόδων Χωροθέτησης

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται διάφορες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς όσον αφορά τη χωροθέτηση ειδικών χρήσεων γης και κατ' επέκταση αιολικών συστημάτων. Όλες οι μεθοδολογίες αυτές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το βαθμό δυσκολίας, ακρίβειας και γενίκευσης τους, και αναλύονται ως ακολούθως:

Μέθοδοι Καταλόγων (Checklist Methods): Η συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση στοχεύει στην εκτίμηση, αξιολόγηση και σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών τοποθεσιών, χρησιμοποιώντας κριτήρια, χωρίς όμως ουσιαστικά να υφίσταται η δυνατότητα της αντιστάθμισης. Οι μέθοδοι των καταλόγων διαφοροποιούνται ως προς το βαθμό δυσκολίας της εφαρμογής τους, και χωρίζονται σε (2) κύριες κατηγορίες, οι οποίες είναι οι Κατάλογοι Αξιολόγησης, και οι Κατάλογοι Προσδιορισμού Επιπτώσεων.

Κατάλογοι Αξιολόγησης

Μη Σταθμισμένοι Κατάλογοι Κριτηρίων/Επιπτώσεων: Στην συγκεκριμένη προσέγγιση τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη θεωρούνται όλα ίδιας επιρροής και η αξιολόγηση επιτυγχάνεται μέσω της *υπερέχουσας εναλλακτικής περιοχής*. Σύμφωνα με αυτή, η τοποθεσία Α θεωρείται καταλληλότερη από την τοποθεσία Β, στην περίπτωση που η τοποθεσία Α θεωρείται καλύτερη σε τουλάχιστον ένα κριτήριο από την τοποθεσία Β, ενώ παράλληλα δεν χαρακτηρίζεται ως χειρότερη σε κανένα από τα υπόλοιπα. Εν συνεχεία, η τοποθεσία Β εξαιρείται από τον κατάλογο, και η αξιολόγηση συνεχίζεται για τις υπόλοιπες εναλλακτικές.

Σταθμισμένοι Κατάλογοι: Στην πραγματικότητα η μέθοδος των σταθμισμένων καταλόγων αποτελεί την εξέλιξη των Καταλόγων Αξιολόγησης. Η συγκεκριμένη προσέγγιση δέχεται ότι τα κριτήρια που συμμετέχουν θεωρούνται διαφορετικής επιρροής, και αυτό αποδεικνύεται από την διαφοροποίηση του συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου. Σύμφωνα με αυτή, κάθε εναλλακτική τοποθεσία βαθμολογείται σε κάθε κριτήριο. Οι κλίμακες των συντελεστών βαρύτητας και της βαθμονόμησης διαφοροποιούνται, και οι τιμές τους δύναται να προκύπτουν στοχαστικά ή ντετερμινιστικά. Μέσω του Δείκτη Καταλληλότητας (*Suitability Index*) προκύπτει η υπεροχή κάποιων τοποθεσιών συγκριτικά με τις υπόλοιπες.

Κατάλογοι Προϋποθέσεων: Μέσω της προσέγγισης αυτής κάθε εναλλακτική τοποθεσία θεωρείται αποδεκτή μόνο όταν ικανοποιούνται κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες που καθορίζονται. Η συγκεκριμένη προσέγγιση θεωρείται ιδιαίτερα αποδοτική για την εξαίρεση των ακατάλληλων τοποθεσιών.

Κατάλογοι Προσδιορισμού Επιπτώσεων

Απλοί Κατάλογοι: Αποτελούνται από μια σειρά κριτηρίων, π.χ. περιβαλλοντικών, οικονομικών, κοινωνικών και τεχνικών, που θεωρούνται της ίδιας επιρροής, και δύναται να ανιχνεύουν τις πιθανές συνέπειες, ούτως ώστε να μην αγνοηθούν από την περαιτέρω αξιολόγηση.

Ερωματολογία: Αποτελούνται από ερωτήματα που σχετίζονται με τις πιθανές επιπτώσεις μιας δραστηριότητας σε μια τοποθεσία (Κοντός, 2007)

Μέθοδοι Οικονομικής Αξιολόγησης (Economic Evaluation Method): Η προσέγγιση της οικονομικής αξιολόγησης δύναται να παρουσιάζει με οικονομικούς όρους και έννοιες, όλες τις πτυχές της χωροθέτησης κάποιας δραστηριότητας. Τα κόστη και τα οφέλη, μεταφράζονται σε όρους «πρόθεση πληρωμής-willingness to pay» και «πρόθεση αποδοχής-willingness to accept». Η συγκεκριμένη προσέγγιση χαρακτηρίζεται ως αρκετά πολύπλοκη και δύσκολη, καθώς οι συνέπειες που δύναται να επιφέρει μια οχλούσα δραστηριότητα είναι δύσκολο να εκφραστούν με οικονομικούς όρους και εν συνεχεία τα αποτελέσματα της μεθόδου να παρουσιαστούν στο ευρύ κοινό (Κnaap & Ladenburg, 2015).

Χαρτογραφικές Μέθοδοι: Με τη βοήθεια των χαρτογραφικών μεθόδων και κατ' επέκταση των θεματικών χαρτών επιτυγχάνεται η αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών. Οι μεθοδολογίες αυτές συναντώνται κυρίως στα αρχικά στάδια της διαδικασίας της χωροθέτησης, δηλαδή στο στάδιο της ανεύρεσης των εναλλακτικών τοποθεσιών, και χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, ως ακολούθως:

Η Χαρτογράφηση Περιορισμών (Constraint Mapping): Στην συγκεκριμένη προσέγγιση προσδιορίζονται τα *χαρακτηριστικά* των τοποθεσιών όπου δεν θεωρούνται αποδεκτά βάσει κριτηρίων που θέτονται, και εξαιρούνται από την περιοχή ενδιαφέροντος. Σε αρχικό στάδιο, καθορίζονται τα επιθυμητά χωρικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να φέρουν οι κατάλληλες τοποθεσίες. Εν συνεχεία, κατασκευάζονται οι θεματικοί χάρτες, όπου σε εκείνους αποτυπώνεται η γεωγραφική θέση εκείνων των τοποθεσιών που φέρουν μη επιθυμητά χαρακτηριστικά. Με την βοήθεια της αλληλοεπικάλυψης οι ανωτέρω χάρτες συνενώνονται και τελικά αναδεικνύονται οι τοποθεσίες που πληρούν τα επιθυμητά μόνο χαρακτηριστικά που ορίστηκαν.

Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι οι τοποθεσίες που προκύπτουν από αυτή, χαρακτηρίζονται όλες τις ίδιες καταλληλότητας, όπου ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι η έρευνα πεδίου θα πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις τοποθεσίες.

Η αλληλοεπικάλυψη Χαρτών (Overlay Mapping): Θεωρείται παρεμφερή με την ανωτέρω, με τη διαφορά ότι σε αυτή συμπληρώνεται μια στάθμη σημαντικότητας των παραμέτρων που εξετάζονται. Μέσω του Δείκτη Καταλληλότητας (*Suitability Index*) τελικά οι εναλλακτικές τοποθεσίες αξιολογούνται και ιεραρχούνται (Κοντός, 2007; Χαλκιάς, 2015).

Μέθοδος Συγκρίσεων ανά Ζεύγη (Pairwise Comparison Method): Στην συγκεκριμένη προσέγγιση κατασκευάζονται όλα τα πιθανά ζεύγη των εναλλακτικών τοποθεσιών και στη συνέχεια συγκρίνονται αναμεταξύ τους, οπότε προκύπτει και η σημαντικότητα τους. Αναλυτικότερα, κάθε ζεύγος τοποθεσιών εξετάζεται σε μια σειρά κριτηρίων που θέτονται, και υπολογίζεται η συχνότητα που μια τοποθεσία χαρακτηρίζεται ως καλύτερη σε σχέση με μια άλλη. Τα κριτήρια συνηθέστερα σχετίζονται με τις πιθανές συνέπειες που δύναται να επιφέρει μια δραστηριότητα στη περιοχή χωροθέτησης. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός κριτηρίων και εναλλακτικών τοποθεσιών, η διαδικασία των συγκρίσεων ανά ζεύγη ενδέχεται να γίνει ιδιαίτερα

πολύπλοκη και δύσκολη λόγω του χρόνου που χρειάζεται για να εκτελεστεί (Καραμανώλης, 2012).

Μέθοδος της Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic): Η συγκεκριμένη προσέγγιση λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της παρουσιάζεται αυτόνομα, αν και θα μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί ως μια μέθοδος της Σύγκρισης ανά Ζεύγη. Η θεωρία της Ασαφούς Λογικής στηρίζεται ως ένα βαθμό στις υποκειμενικές προτιμήσεις των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία της χωροθέτησης, και προσπαθεί να ανιχνεύσει τις τοποθεσίες που χαρακτηρίζονται ως μη αποδεκτές. Με τη Θεωρία της Ασαφούς Λογικής αξιολογούνται οι εναλλακτικές σε μια σειρά κριτηρίων, και συνεπώς αποκαλύπτεται οι τοποθεσίες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως μη ικανοποιητικές. Η καλύτερη εναλλακτική που προκύπτει επιλέγεται από την έκταση επικράτησης της (*dominance extent*) συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό δυσκολίας όσον αφορά την κατανόηση της, ενώ απαιτείται ομάδα εμπειρογνομόνων για την εκτίμηση της σημαντικότητας των κριτηρίων και τη δημιουργία των *συναρτήσεων συμμετοχής* (*membership functions*).

Μέθοδος Πινάκων (Matrix Methods): Η δημοφιλής μέθοδος των πινάκων χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα απλή τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή της. Σύμφωνα με αυτή, κατασκευάζεται ένας πίνακας αποφάσεων (*decision matrix*), όπου σε κάθε στήλη του καταγράφονται τα κριτήρια αξιολόγησης, και σε κάθε γραμμή οι εναλλακτικές τοποθεσίες. Εν συνεχεία, οι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αξιολογούν κάθε εναλλακτική μέσω των κριτηρίων που θέτονται, βαθμολογώντας τις σε μια κλίμακα που είναι δυνατό να διαφοροποιείται ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Παράλληλα με τη βοήθεια στοχαστικών ή ντετερμινιστικών μεθόδων υπολογίζεται η σημαντικότητα (*επιρροή*) κάθε επιμέρους κριτηρίου, εισάγοντας έναν συντελεστή βαρύτητας. Οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων κανονικοποιούνται, έτσι ώστε το άθροισμα τους να είναι η μονάδα. Τέλος με την εφαρμογή μαθηματικών σχέσεων, συνήθως αθροιστικών, προκύπτει ο Δείκτης Καταλληλότητας (*Suitability Index*) της κάθε εναλλακτικής. Μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας κατατάσσονται οι εναλλακτικές τοποθεσίες εντός της περιοχής ενδιαφέροντος σε μια κλίμακα χείριστο-βέλτιστο, συνεπώς γίνονται ορατά τα πλεονεκτήματα κάποιων τοποθεσιών έναντι των υπολοίπων (Κοντός, 2007).

2.6 Συμπεράσματα

Θεωρείται κοινώς αποδεκτό πλέον, πως ιδιαίτερα σοβαρά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα καθώς και θέματα ασφάλειας και ενεργειακής επάρκειας εκδηλώνονται από την εκμετάλλευση των συμβατικών καυσίμων. Οι ήπιες μορφές ενέργειας δύναται να αποτελέσουν σήμερα μια ιδιαίτερα καλή εναλλακτική επιλογή έναντι των συμβατικών καυσίμων, ενώ ήδη η ανάπτυξη και αξιοποίηση τους αποτελεί προτεραιότητα πρωταρχικής σημασίας στην πολιτική ατζέντα πολλών χωρών. Επίσης, ως *καθαρές* μορφές ενέργειας χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα, ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι παραδοσιακές πηγές ενέργειας, παράλληλα προωθούν την ενεργειακή ανεξαρτησία ενώ σε αρκετές των περιπτώσεων συμβάλλουν σημαντικά στη δημιουργία θέσεων εργασίας για τις τοπικές κοινωνίες. Ωστόσο, επιβάλλεται να ξεπεράσουν κάποιους τεχνολογικούς, θεσμικούς, κοινωνικούς και

οικονομικούς περιορισμούς, καθώς επιδεικνύουν σημαντικές τοπικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, οι επιπτώσεις ενδέχεται να συμπεριλαμβάνουν τη δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης ή θαλάσσιου χώρου όσον αφορά τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες, την αλλοίωση του τοπίου, τη μεταβολή των παραδοσιακών χρήσεων που λαμβάνουν μέρος στο θαλάσσιο χώρο και του παραδοσιακού τρόπου ζωής των τοπικών κοινωνιών, κτλ. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, αυτή η πολυδιάστατη φύση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας καθιστά ιδιαίτερος δύσκολη την επιλογή μεταξύ των ποικίλων ενεργειακών προτάσεων.

Συνεπώς, οποιαδήποτε απόπειρα μοντελοποίησης του ενεργειακού σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός ικανού μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης, θα πρέπει να συνυπολογίζει όλα τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και να εφαρμόζει τις κατάλληλες μεθόδους και εργαλεία, ούτως ώστε να ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις και να αναδεικνύει τα θετικά χαρακτηριστικά αυτών.

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν εκτενώς οι σπουδαιότερες μεθοδολογικές προσεγγίσεις Πολυκριτηριακής Ανάλυσης που βρίσκουν εφαρμογή σε περιβάλλον ΓΣΠ για τη λήψη αποφάσεων σε *προβλήματα* χωροθέτησης αιολικών συστημάτων, καθώς επίσης και η αναγκαιότητα για την ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση τέτοιων *προβλημάτων*.

Είναι ξεκάθαρο ότι οι μέθοδοι της Ντετερμινιστικής και της Ασαφούς Λογικής, επικουρικά σε πολλές περιπτώσεις και με την μέθοδο της Δυαδικής Λογικής, έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερος αποδοτικές και αποτελεσματικές στην αξιολόγηση τέτοιων έργων.

Ωστόσο, παρά το σχετικά μεγάλο αριθμό μεθόδων ΠΑ μέσω της Γεωπληροφορικής και εφαρμογής τους σε ζητήματα χωροθέτησης αιολικών συστημάτων, και ένα εξαιρετικά περιορισμένο έως μηδαμινό αριθμό εφαρμογών αυτών σε υπεράκτια αιολικά συστήματα, η βιβλιογραφία παρουσιάζεται ελλιπείς όσο αφορά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο λήψης απόφασης χωροθέτησης πλωτών υπεράκτιων συστημάτων, που παράλληλα να λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα καινοτομικά χαρακτηριστικά της συγκριμένης εφαρμογής και να χρησιμοποιεί τα απαραίτητα κριτήρια σε τεχνοοικονομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό και χωροταξικό επίπεδο. Η λύση στο παραπάνω ζήτημα πιστεύεται πως θα δοθεί με την ανάπτυξη ενός ικανού μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης χωροθέτησης υπεράκτιων πλωτών κατασκευών και την κατηγοριοποίηση και αξιολόγηση των διαφορετικών (*χωροταξικών, οικονομοτεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών*) περιορισμών και κριτηρίων και στη συνέχεια εφαρμογή εκείνης της μεθόδου ΠΑ που ανταποκρίνεται καλύτερα στην αξιολόγηση αυτών των χαρακτηριστικών, και βελτιστοποιεί τη δυνατότητα επίλυσης του *προβλήματος*. Επίσης, η εισαγωγή κατάλληλων εργαλείων και μεθοδολογιών για την αντιμετώπιση του υποκειμενικού παράγοντα θα ενισχύσει την αξιοπιστία της συνολικής προσπάθειας, συνθέτοντας ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης.

Εν κατακλείδι, το ζητούμενο στα πολύπλευρα προβλήματα χωροθέτησης κάποιας ενεργειακής διάταξης θεωρείται ο συνδυασμός διαφορετικών ειδών πληροφοριών και

δεδομένων (περιορισμών/κριτηρίων), όπου θα οδηγήσει τελικά στη βέλτιστη επιλογή. Οι πολυκριτηριακές μέθοδοι παρέχουν το περιβάλλον αυτό για τη συλλογή, καταχώρηση και ανάλυση όλων των σχετικών πληροφοριών, καθιστώντας τη συνολική διαδικασία λήψης απόφασης ανιχνεύσιμη και καθαρή.

Ενότητα III

Μέθοδοι & Εργαλεία

3.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια εκτενή περιγραφή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των μεθοδολογικών εργαλείων χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από αυτά, καθώς και της μεθόδου Πολυκριτηριακής Ανάλυσης που επιλέγεται να εφαρμοστεί. Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενες παραγράφους η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση συνδυάζει τα μεθοδολογικά εργαλεία χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών με μεθόδους Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, και στοχεύει στην αξιολόγηση της καταλληλότητας του θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Κατά την Πολυκριτηριακή Ανάλυση είναι δυνατός ο καθορισμός βαρών στα κριτήρια αξιολόγησης της περιοχής μελέτης ανάλογα με τη σημαντικότητα (*επιρροή*) που έχουν στο *πρόβλημα* που αντιμετωπίζεται. Μιας από τις συνηθέστερες μεθόδους που συναντάται βιβλιογραφικά για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων είναι η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (*Analytic Hierarchy Process-AHP*).

Μέσα από την καταγραφή αυτή:

- Περιγράφεται το περιβάλλον στο οποίο θα δομηθεί το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση της πλωτής διάταξης.
- Κατανοούνται οι βασικές αρχές του.
- Αναγνωρίζονται τα βασικά εργαλεία χωρικής ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθούν
- Σκιαγραφείται η μέθοδος ΠΑ όπου βελτιστοποιεί την δυνατότητα επίλυσης του συγκεκριμένου πολυκριτηριακού *προβλήματος*.
- Οριοθετείτε το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης στο οποίο θα κινηθεί η παρούσα διατριβή.

Η ενότητα ξεκινά με την παρουσίαση των ορισμών που κατά καιρούς έχουν αποδοθεί στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εν συνεχεία, αναφέρονται τα μέρη, τα οποία απαρτίζουν ένα ΓΣΠ, τα στάδια και οι διαδικασίες του. Κατ' αυτό τον τρόπο συνεπώς παρουσιάζεται το περιβάλλον στο οποίο θα δομηθεί το παρόν μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης και κατανοούνται οι βασικές αρχές και λειτουργίες του.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των δυνατοτήτων της χωρικής ανάλυσης που προσφέρονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ενώ παράλληλα αναγνωρίζεται η συνεισφορά της προς την επίτευξη μιας Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης (ΟΧΠ). Μέσω των μεθοδολογικών εργαλείων και διαδικασιών

που προσφέρονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, επιτυγχάνεται ο στόχος, σχετικά με την καταλληλότητα της περιοχής μελέτης για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, και κατ' επέκταση η Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση (ΟΧΠ).

Ως πολυκριτηριακή μέθοδο που βελτιστοποιεί τη δυνατότητα επίλυσης του συγκεκριμένου *προβλήματος* επιλέγεται η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (*Analytic Hierarchy Process-AHP*), όπως αυτή αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty.

Με τη χρήση της *AHP* επιτυγχάνεται η διατύπωση των κριτηρίων που σχετίζονται με τη λήψη απόφασης με ποσοτικούς όρους και η ενσωμάτωση τους σε μια ενιαία αριθμητική κλίμακα. Επιπλέον, κατά την εφαρμογή της πραγματοποιείται ο καθορισμός βαρών στα κριτήρια αξιολόγησης που θέτονται, ανάλογα με την επιρροή που έχει κάθε ένα στο πρόβλημα που εξετάζεται.

Η παρούσα διατριβή επιχειρεί να αναπτύξει ένα κατάλληλο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για την χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Μέσα από την ενότητα αυτή ουσιαστικά οριοθετείτε το μεθοδολογικό πλαίσιο, περιγράφεται το περιβάλλον στο οποίο θα δομηθεί και αναγνωρίζονται και κατανοούνται οι μέθοδοι και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.

3.2. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Βασικές Αρχές)

Σύμφωνα με τον ορισμό της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Γεωμετρών (Federation Internationale des Geometres-F.I.G, 1983) «*ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ή Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μια Βάση Δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η βάση ενός ΓΣΠ είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη*».

Σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό (Μανιάτης, 1996) «*ένα ΓΣΠ δεν είναι απλά ένα μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες, διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών αλλά μια νέα ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και μελέτη του χώρου καθώς και τη λήψη αποφάσεων (decision making) που αφορούν τη γη, το περιβάλλον και τον άνθρωπο*».

Από πολλούς ερευνητές κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφοροι ορισμοί για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθοι:

«.....είναι κάθε συμβατικό ή βασισμένο σε υπολογιστές, σύνολο διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και διαχείριση γεωγραφικά αναφερόμενης πληροφορίας» (Aronoff, 1989).

«.....είναι μια τεχνολογία πληροφορικής που αποθηκεύει, αναλύει και εμφανίζει χωρικά και μη χωρικά δεδομένα» (Parker, 1988).

«...μία ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος όπου η βάση δεδομένων αποτελείται από παρατηρήσεις χωρικά κατανεμημένων στοιχείων, διαδικασιών ή γεγονότων που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Ένα ΓΣΠ διαχειρίζεται δεδομένα σχετικά με αυτά τα σημεία, γραμμές και επιφάνειες με σκοπό την ανάληψη, έπειτα από τη διατύπωση ειδικών ερωτημάτων, καθώς και την ανάλυση τους» (Dueker, 1979).

«...ένα σύστημα λήψης αποφάσεων στο οποίο συμμετέχει η ενοποίηση χωρικά αναφερόμενων δεδομένων σε ένα περιβάλλον προβλήματος-λύσης» (Cowen, 1988).

«...ένα αυτοματοποιημένο σύνολο λειτουργιών που παρέχει στους επαγγελματίες προχωρημένες δυνατότητες για την αποθήκευση, ανάκτηση, διαχείριση και παρουσίαση χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο» (Ozemoj et al., 1981).

«... ένα σύστημα με εξελιγμένες δυνατότητες γεωεξομοίωσης» (Koshkariou et al., 1989).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται εντός των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών οργανώνονται σε θεματικά επίπεδα (*layers*), τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Το κάθε ένα από αυτά δύναται να περιλαμβάνει είτε δεδομένα στην αρχική τους μορφή (π.χ. τοπογραφικές μετρήσεις, δορυφορικά, κ.τ.λ.), είτε επεξεργασμένες θεματικές πληροφορίες (π.χ. διακυμάνσεις αιολικού/κυματικού δυναμικού, κ.α.) (Χαλκιάς, 2015).

Προκειμένου όμως να καταστεί δυνατή και ορθή η συνδυαστική αξιοποίηση των διαφόρων θεματικών επιπέδων που χρησιμοποιούνται, θεωρείται απαραίτητη η χρήση ενός κοινού συστήματος αναφοράς¹ (Spring, 2015). Περισσότερες πληροφορίες για τα Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα II.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα δεδομένα θεωρείται απαραίτητο να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή, ενώ η επεξεργασία τους επιτυγχάνεται μέσω λογισμικού, ούτως ώστε να αξιοποιούνται πλήρως όλες οι δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η πληροφορική, τα οποία συνοψίζονται ως ακολούθως (Χαλκιάς, 2011):

- Ταχύτητα επεξεργασίας,
- Δυνατότητες εκτέλεσης πολύπλοκων λειτουργιών,
- Ευκολία ανάκτησης και αναθεώρησης των δεδομένων,
- Δυνατότητες αποθήκευσης και αρχειοθέτησης τεράστιου όγκου δεδομένων,
- Ευκολία διάχυσης των δεδομένων,
- Εξελιγμένες δυνατότητες παρουσίασης,
- κτλ.

Τελευταία, ο όρος GIS αποδίδεται και ως Geographical Information Science (*Επιστήμη των Γεωγραφικών Πληροφοριών*), προκειμένου να δοθεί έμφαση στην επιστημονική

¹ Σύστημα Αναφοράς στη Γεωδαισία, καλείται εκείνο το πλαίσιο παραμέτρων και συστημάτων συντεταγμένων που συνδέεται με μια συγκεκριμένη περιοχή ή με ένα συγκεκριμένο χώρο ή και με ολόκληρη τη γη και ως προς το οποίο καθορίζονται οι θέσεις σημείων και αντικειμένων της γήινης επιφάνειας ή/και μελετάται η κίνηση ή και η δυναμική συμπεριφορά τους με το χρόνο.

μελέτη των ζητημάτων που σχετίζονται με τη δημιουργία, διαχείριση, αποθήκευση και χρήση των γεωγραφικών πληροφοριών (Χαλκιάς, 2011).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο για τη δημιουργία ενός μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση (*υπεράκτιων*) αιολικών συστημάτων. Διευκολύνουν τη χωρική ανάλυση χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές γεωεπεξεργασίες ή χαρτογραφικά συναρτησιακά μοντέλα, όπως επικάλυψη χάρτη, επιλογή SQL (*Structured Query Language*) και θεματική ανάλυση (Muselli et al., 1999).

3.3. Μέρη ενός Γ.Σ.Π

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από τρία βασικά μέρη, τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση, και τα οποία είναι: τα μηχανήματα (*hardware*), οι αλγόριθμοι (*software*), και τα διαθέσιμα (*resources*). Τα δύο πρώτα χαρακτηρίζονται από καθορισμένη διάρκεια ζωής, ενώ επηρεάζονται άμεσα από τις τεχνολογικές εξελίξεις, και συχνά αντικαθίστανται από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα. Επιγραμματικά τα μέρη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι τα εξής (Κουτσόπουλος, 2002):

- Τα μηχανήματα (*Hardware*):
 - Κεντρική μονάδα (CPU)
 - Περιφερειακά (Εισόδου, Εξόδου, Διαχείρισης, Παρουσίασης)
 - Τερματικό (VDU)
- Οι αλγόριθμοι (*Software*), οι οποίοι κατηγοριοποιούνται στις εξής πέντε (5) βασικές ομάδες (Burrrough, McDonnell, 1998):
 - Λογισμικό Εισαγωγής και Επαλήθευσης Στοιχείων
 - Λογισμικό Αποθήκευσης και Διαχείρισης Στοιχείων
 - Λογισμικό Μετασχηματισμού Στοιχείων
 - Λογισμικό Παρουσίασης
 - Λογισμικό Αναζητήσεων
 - Λογισμικό Ανάλυσης Χώρου
- Τα διαθέσιμα (*Resources*). Για την επίτευξη των ανωτέρω, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα διαθέσιμα με την μορφή:
 - Στοιχείων
 - Ανθρώπων
 - Οργανωτικής Δομής

Είναι χαρακτηριστικό ότι χωρίς την οργάνωση και τους ανθρώπους τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δεν θα ήταν δυνατό να λειτουργήσουν, όπως επίσης και

χωρίς την ύπαρξη δεδομένων, καθώς αυτά θεωρούνται πρωταρχικής σημασίας και θεμέλιος λίθος των εφαρμογών τους.

Η δημιουργία ή η συλλογή των δεδομένων και κατά συνέπεια η συγκρότηση μιας πληροφοριακής βάσης δεδομένων (*Data Base*) αποτελεί μια ιδιαίτερα χρονοβόρα και αρκετά συχνά πολυδάπανη διαδικασία. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι ότι χαρακτηρίζονται ως *δυναμικά*, αφού απαιτούν συνεχείς ενημερώσεις.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, «ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (*Hardware*), λογισμικών συστημάτων (*Software*), χωρικών δεδομένων, και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον» (Ανδρουλακάκης & Κουτσόπουλος, 2005).

3.4 Στάδια & Διαδικασίες Γ.Σ.Π

Οι διαδικασίες που απαιτούνται για την εφαρμογή και ολοκλήρωση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι οι εξής: α) ο καθορισμός του προβλήματος, β) η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία, και γ) τα συμπεράσματα, και αναλύονται ως ακολούθως (Καιμάρης & Καρανικόλας, 2014):

3.4.1 Καθορισμός του Προβλήματος

Πρωταρχικό βήμα του καθορισμού του προβλήματος θεωρείται η οριοθέτηση του γενικού στόχου της έρευνας, καθώς συμπεριλαμβάνει τον σκοπό στον οποίο αποσκοπεί, ενώ παράλληλα οριοθετεί το πρόβλημα προς επίλυση (Καιμάρης, 2014).

Ο καθορισμός του προβλήματος στα επιμέρους τμήματα του, αλλά και στις διασυνδέσεις του θεωρείται λογικό να διαφοροποιείται από έρευνα σε έρευνα. Όμως σε κάθε πρόβλημα θα πρέπει να αποσαφηνίζεται και να προσδιορίζεται επαρκώς ο συνολικός στόχος (*goal*), τα αντικείμενα (*objectives*) της ανάπτυξης και χρήσης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, και μια σειρά προκαταρκτικών διαδικασιών, οι οποίες θεωρούνται απαραίτητες προκειμένου να οργανωθεί η πληροφοριακή βάση δεδομένων και να εξασφαλιστεί η πληρότητα και η διαθεσιμότητα των γεωγραφικών δεδομένων και των περιγραφικών χαρακτηριστικών τους, καθώς τα τελευταία θεωρούνται απαραίτητα για την ανάλυση και τις υπόλοιπες διαδικασίες σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

3.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία

Το δεύτερο στάδιο της Διαδικασίας από Στοιχεία σε Πληροφορία αποτελεί το κέντρο κάθε Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών και αποτελείται από τα εξής: α) το στάδιο εισόδου όπου τα χωρικά και μη χωρικά δεδομένα κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, β) το στάδιο της διαχείρισης όπου τα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα διαμορφώνονται κατάλληλα και συγκροτούν τη Πληροφοριακή Βάση Δεδομένων για το στάδιο της ανάλυσης και γ) την παρουσίαση της χωρικής πληροφορίας που προέκυψε από την ανωτέρω ανάλυση.

- **Είσοδος (Αποτύπωση / Αποθήκευση):**

Το στάδιο εισόδου σχετίζεται με την αναγνώριση και συλλογή των δεδομένων από συγκεκριμένες εφαρμογές, όμως κυρίως από την οπτική των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών αφορά την αποτύπωση και αποθήκευση τους. Τα δεδομένα που δέχεται ένα ΓΣΠ ενδέχεται να προέρχονται μέσα από πρωτογενείς διαδικασίες (π.χ. άμεση παρατήρηση, ή θεωρητική έρευνα), από την επεξεργασία πρωτόγονων δεδομένων (π.χ. ψηφιοποίηση) ή τέλος με την άμεση εισαγωγή δεδομένων από διάφορες τράπεζες δεδομένων (π.χ. ΓΥΣ).

Οι περιπτώσεις που τα δεδομένα υπό τη μορφή αρχείου (π.χ. *DXF*, *TIFF*, *ASCII*) δύναται να χρησιμοποιηθούν από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών θεωρούνται περιορισμένες. Εν αντιθέσει, στις περισσότερες των περιπτώσεων υπάρχει η ανάγκη για μετατροπή της διαθέσιμης πληροφορίας (π.χ. *χάρτες*, *παρατηρήσεις πεδίου*) προκειμένου να καταστεί αξιοποιήσιμη και να *διαβαστεί* από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

▪ Διαχείριση

Βασικός σκοπός του δεύτερου σταδίου, δηλαδή της *Διαδικασίας από Στοιχεία σε Πληροφορία*, θεωρείται η συγκρότηση μιας πληροφοριακής βάσης δεδομένων, όπου αποτελεί και τον θεμέλιο λίθο της διαδικασίας της ανάλυσης. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η πληροφοριακή βάση δεδομένων αποτελεί ένα είδος συνδέσμου μιας αλυσίδας ενεργειών, που ξεκινά από τον λήπτη της απόφασης και καταλήγει στη διαμόρφωση των συμπερασμάτων, όπου προέρχονται από την ανάλυση των δεδομένων εντός ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Η διαχείριση στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχει να κάνει με τον τρόπο με τον οποίο δεδομένα θέσης, τοπολογίας και χαρακτηριστικών των γεωγραφικών οντοτήτων οργανώνονται και συνεπώς, μπορεί να ειπωθεί ότι αντιστοιχεί στον όρο σύστημα διαχείρισης δεδομένων (*Database Management System-DBMS*) και αναφέρεται σε ένα λογισμικό σύστημα για τη διαχείριση (*ενημέρωση, συντήρηση και ανάκτηση*) των στοιχείων της βάσης δεδομένων. Συνεπώς, το σύστημα διαχείρισης δεδομένων θεωρείται ένα αναπόσπαστο κομμάτι και ίσως το σπουδαιότερο ενός ΓΣΠ (Νάκος, 2014).

Ιστορικά υπήρξαν δύο μορφές βάσης δεδομένων σε σχέση με τα χωρικά φαινόμενα και διαδικασίες. Η πρώτη έχει να κάνει με την αποθήκευση της πληροφορίας για κάθε ένα χαρακτηριστικό που θεωρείται αναγκαίο (*single factor*). Η δεύτερη θεωρείται λιγότερο εξειδικευμένη και αναφέρεται στο τελικό αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που ορίζει ομογενείς χωρικές μονάδες (*unit approach*).

Σήμερα, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της πληροφορικής, έχουν αναπτυχθεί τέσσερα μοντέλα βάσης δεδομένων, το ιεραρχικό, το δικτυακό, το σχεσιακό και το αντικειμενοστραφές.

▪ Ανάλυση

Οι τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών θεωρείται δύσκολο να προσδιοριστούν εξαρχής, καθώς ο στόχος τους, η ιδιαιτερότητα και η μορφή των δεδομένων, καθώς και συνδυασμός *software* – *hardware* που χρησιμοποιούνται από κάθε σύστημα, έχουν διαφορετικές απαιτήσεις.

Κατά τη διάρκεια της χωρικής ανάλυσης οι ερωτήσεις που μπορεί να απαντηθούν από ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, διαιρούνται σε πέντε βασικές κατηγορίες και παρουσιάζονται ως ακολούθως:

Γεωγραφία: « Τι υπάρχει στη χωρική ενότητα...»

Αναζήτηση βάσει κριτηρίων: «Που βρίσκεται...»

Τάσεις: «Ποια η μεταβολή.....»

Πρότυπα: «Από ποια χωρικά πρότυπα χαρακτηρίζεται...»

Διαδικασίες: «Τι θα συνέβαινε εάν.....»

▪ **Εξόδος**

Το στάδιο της εξόδου από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και συνεπώς ο τρόπος που θα επιλεγεί να παρουσιαστεί η πληροφορία όπου προήλθε από το στάδιο της ανάλυσης θεωρείται καθοριστικός για την αποτελεσματικότητά του, και ιδιαίτερης σημασίας για κάθε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Οι βασικές μορφές εξόδου της πληροφορίας είναι οι ακόλουθες:

- Σχεδιαστικές αποδόσεις (π.χ. πίνακες, μαθηματικές συναρτήσεις, μέσοι όροι)

-Μορφές γραφημάτων, (π.χ. ιστογράμματα, πολύγωνα συχνότητας)

-Χάρτες

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, μπορούν να παρουσιαστούν στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, να αποθηκευτούν σε cd, να εκτυπωθούν στον εκτυπωτή ή να σχεδιαστούν στον σχεδιαστή (*plotter*).

Η σημαντικότερη όμως μορφή εξόδου ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών παραμένει ο χάρτης, καθώς σε όλες τις διαστάσεις του και τις μορφές του παρέχει στον χρήστη άμεση εποπτεία στα χωρικά φαινόμενα, υψηλή ακρίβεια και πληρότητα, και αποτελεί ένα άριστο τρόπο επικοινωνίας.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δύναται να απεικονίζουν όλα τα στοιχεία τα οποία συνθέτουν ένα χάρτη, όπως π.χ. υπομνήματα, κλίμακες, ιδιότητες γεωγραφικού χώρου, και διαθέτουν ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θεματικού συμβολισμού, δηλαδή την παραγωγή χαρτογραφικών συνθέσεων.

3.4.3 Συμπεράσματα

Στόχος του δεύτερου σταδίου, δηλαδή της Διαδικασίας από Στοιχεία σε Πληροφορία θεωρείται η δημιουργία και η ανάλυση των απαραίτητων πληροφοριών, προκειμένου να επιλυθεί το πρόβλημα που έχει καθοριστεί. Συνεπώς, στα συμπεράσματα που προκύπτουν θα πρέπει να αποτυπώνεται η επίτευξη του στόχου και κατ' επέκταση η Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση (ΟΧΠ) και οι εναλλακτικές που προκύπτουν για την επίλυση του προβλήματος. Τα συμπεράσματα θα πρέπει να είναι προσεκτικά τεκμηριωμένα και να βασίζονται στην ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν εντός των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επίσης, κατά

την εφαρμογή αυτού του σταδίου θεωρείται απαραίτητο να διατυπώνονται σαφώς οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Τα συμπεράσματα αποτελούν ένα είδους συνδέσμου της Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης με τη διαδικασία παρέμβασης στο χώρο, και γι' αυτό το λόγο δεν επαρκεί απλά η παράθεση τους αλλά χρειάζονται επιπλέον η αξιολόγηση και ο διαχωρισμός τους από τον ερευνητή. Η παρέμβαση στο χώρο θεωρείται μια δυναμική, συνεχή και κυκλική διαδικασία, και γι' αυτό ακριβώς τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών υποχρεούνται αφενός να συλλέγουν το κατάλληλο υλικό, με το οποίο πρέπει να τροφοδοτείται η παρέμβαση αυτή, και αφετέρου να βρίσκουν τον καταλληλότερο τρόπο γι' αυτή τη τροφοδότηση, ούτως ώστε να μην δημιουργούνται ασυνέχειες.

3.5 Γ.Σ.Π. ως Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση (ΟΧΠ)

Αν και οι διαδικασίες της Διαχείρισης, Ανάλυσης και Σχεδιασμού των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών από πολλούς θεωρούνται αντιφατικές, στην πραγματικότητα μπορούν να θεωρηθούν ως επιστημονικά πεδία που έχουν κοινό τόπο, τη χωρική διάσταση, και συνεπώς θεωρούνται αλληλένδετα και αποτελούν μέρη της Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό πως εάν και για το χωρικό σχεδιασμό δεν θεωρείται απαραίτητη η εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης, με τον ίδιο τρόπο που για τη χωρική ανάλυση δεν θεωρείται απαραίτητη η χρήση ενός εργαλείου διαχείρισης, π.χ. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ωστόσο, παρουσιάζονται σημαντικά πλεονεκτήματα και για τις δύο προαναφερθείσες διασυνδέσεις (Ghosh and Rushton, 1987). Αν και στις μέρες μας πλέον η σχέση μεταξύ τους θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «*αναπόφευκτα συμβιωτική*». Απλούστερα, η χωρική ανάλυση αποτελεί την ικανή αλλά όχι υποχρεωτική συνθήκη για την εφαρμογή του χωρικού σχεδιασμού, ενώ για την ίδια η ικανή συνθήκη θεωρείται η αποδοτική διαχείριση

Αρκετά χρόνια τώρα, η επιστήμη της Γεωγραφίας έχει αναγνωρίσει των ύπαρξη ορισμένων αρχών που συνδέονται με το χώρο. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών θεωρείται ότι οι ίδιες χωρικές διαδικασίες δύναται να δημιουργούν διαφορετικά χωρικά πρότυπα, ενώ αντίθετα διαφορετικές χωρικές διαδικασίες φέρουν ως αποτέλεσμα ίδια χωρικά πρότυπα (Goodchild, 1990). Συνεπώς, τα χωρικά πρότυπα μεμονωμένα δεν ενδείκνυνται για την αντιμετώπιση των χωρικών διαδικασιών.

Με τη διαπίστωση ότι μέσα από την απλή χρήση των ΓΣΠ το καλύτερο που μπορούμε να επιτύχουμε είναι η περιγραφή των χωρικών προτύπων, θεωρείται πλέον ορατή η αναγκαιότητα της χωρικής ανάλυσης η οποία θα πρέπει να συνδέεται με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και να δίνει έμφαση στο χωρικό σχεδιασμό, για την εφαρμογή του οποίου η παρουσία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών θεωρείται ιδιαίτερος σημαντική.

Συνεπώς, η χωρική ανάλυση θα πρέπει να θεωρείται σαν ένα μέρος ενός συστήματος στο οποίο συμπεριλαμβάνονται η διαχείριση των δεδομένων και ο σχεδιασμός, για τα οποία η παρουσία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών θεωρείται επιβεβλημένη, και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις ανατροφοδότησης. Αναλυτικότερα, στην ΟΧΠ κάθε σχεδιαστική παρέμβαση προϋποθέτει μια χωρική ανάλυση για το κάθε πρόβλημα που ο σχεδιασμός θεωρείται ο στόχος. Όμως κάθε

παρέμβαση στο χώρο συναίνει στη ανάπτυξη νέων ή στη μεταβολή των προηγούμενων χωρικών προτύπων, όπου μέσω της ανάλυσης τους τελικά οδηγούμαστε σε νέες σχεδιαστικές απόπειρες.

Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η χωρική ανάλυση συνδέεται άμεσα τόσο με τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων που την προσδιορίζουν, όσο και με το χωρικό σχεδιασμό που τα αποτελέσματα της το διαμορφώνουν, και όπου η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών θεωρείται ιδιαίτερος πολύτιμη.

3.6 Χωρική Ανάλυση

Σύμφωνα με τον Unwin (1981) «*χωρική ανάλυση είναι η μελέτη της κατανομής των σημείων, γραμμών, περιοχών και επιφανειών ενός χάρτη*» (Johnston et al. 2000), ή με απλούστερα λόγια η επιστήμη που βγάζει νόημα από τα χωρικά στοιχεία ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, αν και αυτή η ερμηνεία θα μπορούσε να θεωρηθεί πολύ γενική. Οι Bailey και Gatrell (1995) ορίζουν τη χωρική ανάλυση «*ως την ποσοτική ανάλυση/μελέτη των χωρικών φαινομένων που βρίσκονται στον γεωγραφικό χώρο*». Αναγνωρίζοντας και αυτοί, την ευρύτητα του όρου *χωρική ανάλυση* εξειδικεύουν τη συζήτηση τους στην *ανάλυση χωρικών δεδομένων*. Η τελευταία αφορά τις «*καταστάσεις στις οποίες είναι διαθέσιμα δεδομένα παρατήρησης για κάποιο φαινόμενο που συμβαίνει στο γεωγραφικό χώρο και εξετάζει μοντέλα, μεθόδους και τεχνικές για να περιγράψει ή να ερμηνεύσει τη συμπεριφορά αυτού του φαινομένου και της πιθανής του σχέσης με άλλα χωρικά φαινόμενα*» (Bailey and Gatrell 1995, Fischer and Wang 2011).

Μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών παρέχεται η δυνατότητα χωρικής ανάλυσης των δεδομένων που είναι διαθέσιμα τόσο σε διανυσματική μορφή (*vector*), όσο και σε ψηφιδωτή μορφή (*raster*), και διαχωρίζεται σε δύο βασικές ομάδες, ως εξής:

A) Ανάλυση Εγγύτητας (*Proximity Analysis*)

B) Ανάλυση Επικάλυψης (*Overlay Analysis*)

3.6.1 Ανάλυση Εγγύτητας (*Proximity Analysis*)

Η ερώτηση «*που βρίσκεται κάποια οντότητα*» εντός της εφαρμογής των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, θεωρείται ιδιαίτερος σημαντική, και συνεπώς οι αναλύσεις που αναφέρονται στη θέση και το παράγωγο της την απόσταση, αποτελούν μια από τις βασικότερες διαδικασίες σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Οι αναλύσεις αυτού του είδους ονομάζονται Αναλύσεις Εγγύτητας και ουσιαστικά έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός πολυγώνου, το οποίο ορίζεται βάση της εγγύτητας του σε μια ήδη υπάρχουσα γεωγραφική οντότητα, π.χ. σημείο, γραμμή, πολύγωνο. Οι αναλύσεις εγγύτητας απαιτούν τέσσερις παραμέτρους. Η πρώτη θεωρείται η θέση της γεωγραφικής οντότητας (*σημείο, γραμμή, πολύγωνο*), η δεύτερη θεωρείται η μονάδα μέτρησης, π.χ. (*μέτρα, χιλιόμετρα, κτλ.*), η τρίτη, η συνάρτηση για τον υπολογισμό της εγγύτητας, π.χ. (*ευκλείδεια απόσταση, κτλ.*) και η τελευταία, η περιοχή ανάλυσης, όπως για παράδειγμα ολόκληρο το θεματικό επίπεδο ή μόνο ένα κομμάτι αυτού, ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης.

Η Ευκλείδεια Απόσταση (*Euclidean Distance*) συναντάται αρκετά συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία προκειμένου να κατασκευαστούν οι χάρτες καταλληλότητας (όπως στην παρούσα διατριβή), και όπου ως ένα από τα κριτήρια καταλληλότητας εμφανίζεται και η ευθεία απόσταση από συγκεκριμένες γεωγραφικές οντότητες (ArcGis for Desktop, 2016).

Μιας από τις σημαντικότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση ερωτημάτων εγγύτητας στο πλαίσιο ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι η δημιουργία περιμετρικών ζωνών (*Buffer zones*) (Longley et al., 2005). Η συγκεκριμένη τεχνική περιλαμβάνει την ανάπτυξη περιοχών γύρω από σημεία, γραμμές ή πολύγωνα με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων πολυγώνων (που αντιστοιχούν στις περιμετρικές ζώνες), τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται σε ερωτήματα καθορισμού των γεωγραφικών οντοτήτων που βρίσκονται εντός ή εκτός αυτών των ζωνών (Χαλκιάς, 2015).

3.6.2 Ανάλυση Επικάλυψης (*Overlay Analysis*)(Μοντελοποίηση με Χαρτογραφική Επικάλυψη)

Η τεχνική της εξέτασης και μοντελοποίησης των προβλημάτων που σχετίζονται με το χώρο μέσω της επικάλυψης (*υπέρθεσης*) των θεματικών χαρτών (*Cartographic Overlay*), θεωρείται αρκετά παλιά, πριν ακόμη την ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης της πληροφορικής. Τότε οι σχεδιαστές και οι διαχειριστές του χώρου χρησιμοποιούσαν αντίγραφα χαρτών σε αδιάστατες διαφάνειες (*Mylar*), όπου σε κάθε διαφάνεια αποτυπώνονταν ένα χαρακτηριστικό ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, μια διαφάνεια θα μπορούσε να απεικονίζει τη ζώνη εντός των έξι (6) ναυτικών μιλίων (*χωρικά ύδατα*), μια άλλη τις ζώνες προστασίας (π.χ. *προστατευόμενες περιοχές*), και μια τρίτη τη βαθυμετρία της περιοχής ενδιαφέροντος. Ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος προκειμένου οι διαφάνειες αυτές να αξιοποιηθούν ορθά και συνεπώς αποτελεσματικά, είναι η χωρική τους ταύτιση (*γεωαναφορά*)². Με τα συμβατικά μέσα που ήταν διαθέσιμα εκείνη την εποχή, αυτό πραγματοποιούνταν με το τρύπημα των διαφανειών σε κοινά σημεία (*τουλάχιστον δύο*) και τη στερέωση τους σε σταθερά στελέχη ίσου αριθμού. Μέσω αυτής της διαδικασίας επιτυγχάνονταν τελικά ο εντοπισμός των τοποθεσιών που συγκέντρωναν μια σειρά από επιθυμητά (*ή ανεπιθύμητα*) χαρακτηριστικά που θέτονταν. Έτσι, στην περίπτωση του προηγούμενου παραδείγματος, μετά τη διαδικασία που περιγράφηκε ανωτέρω, θεωρείται εύκολος ο εντοπισμός των περιοχών εντός των έξι (6) ναυτικών μιλίων, εκτός προστατευόμενων περιοχών και εντός των ορίων της βαθυμετρίας που κάθε φορά επιλέγονται.

Ο McHarg (1969), στο βιβλίο του με τίτλο «*Design with Nature*» περιγράφει εκτενώς αυτή την ανάλυση, η οποία συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία και ως «*ανάλυση McHarg*».

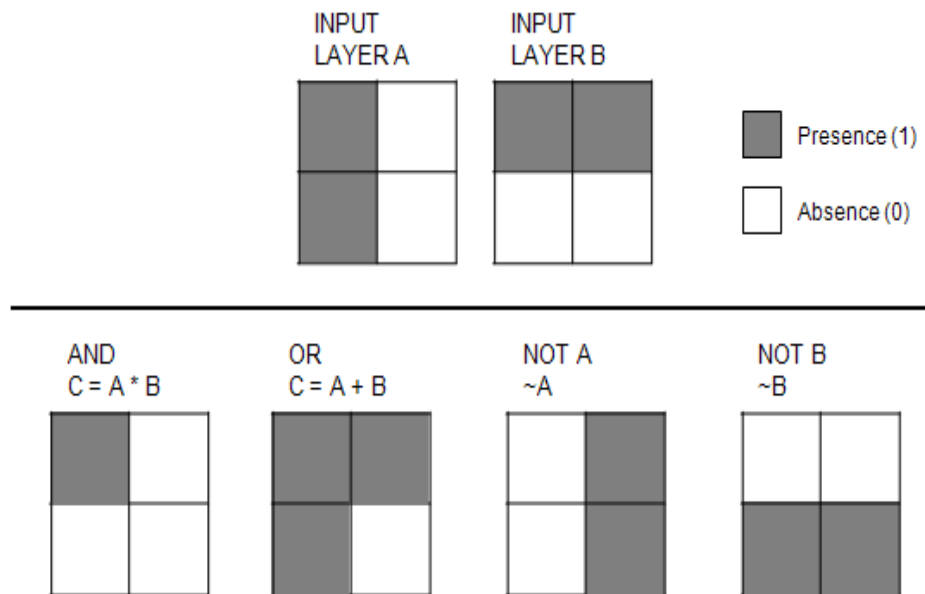
² Γεωαναφορά (Georeference) ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία προσδίδονται πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες επιθυμητού συστήματος αναφοράς συντεταγμένων σε μια ψηφιακή εικόνα που έχει προέλθει από σάρωση ενός αναλογικού χάρτη ή μιας αεροφωτογραφίας σε συσκευή σαρωτή (scanner). Η εικόνα που θα προκύψει από αυτή τη διαδικασία ονομάζεται γεωαναφερόμενη και μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χαρτογραφικών πληροφοριών.

Από τα ανωτέρω γίνεται αντιληπτό ότι η χωρική ταύτιση των επιπέδων η οποία εξασφαλίζεται με τη χρήση κοινής κλίμακας και χαρτογραφικής προβολής, αποτελεί μια ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρο, όσον αφορά την αποδοτικότητα της συγκεκριμένης τεχνικής (βλ. Παράρτημα II, Συστήματα Αναφοράς). Επίσης, εξίσου σημαντική παράμετρος αποτελεί και η χρήση των σημείων αναφοράς στα επίπεδα και η ταύτιση τους με τα σταθερά στελέχη.

Αργότερα, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της πληροφορικής, η τεχνική αυτή άρχισε να υλοποιείται στο πλαίσιο ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, συνδυάζοντας τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα (*layers*) τα οποία υπήρχαν στην πληροφοριακή βάση δεδομένων του. Σε τέτοιου είδους εφαρμογές και αφού προσδιοριστεί το πρόβλημα, έπεται η αποδόμηση του, και η ανάλυση του στα επιμέρους στοιχεία που το απαρτίζουν. Εν συνεχεία ακολουθεί η συλλογή και η οργάνωση των δεδομένων, τα οποία και θεωρούνται απαραίτητα για την αντιμετώπιση του *προβλήματος*. Το στάδιο αυτό μπορεί να περιλαμβάνει είτε απλές επεξεργασίες εισαγωγής δεδομένων (π.χ. *ψηφιοποιήσεις*) είτε πιο σύνθετες επεξεργασίες (*χωρικοί μετασχηματισμοί, αλλαγή συστήματος αναφοράς κ.α.*). Μετά την ολοκλήρωση των ανωτέρω προεπεξεργασιών, ακολουθεί η ανάπτυξη του λογικού διαγράμματος των λειτουργιών που απαιτούνται για την εφαρμογή του μοντέλου, η οποία θεωρείται ιδιαίτερος καθοριστική για την αποδοτικότητα του. Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζονται με κάθε λεπτομέρεια όλες οι επεξεργασίες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν στα αρχικά δεδομένα με σκοπό τη δημιουργία των δευτερογενών επιπέδων, τα οποία είναι εκείνα που τελικά θα λάβουν μέρος στη χαρτογραφική επικάλυψη. Η όλη η διαδικασία ολοκληρώνεται με την εφαρμογή του μοντέλου εντός του διαθέσιμου υπολογιστικού συστήματος και την παραγωγή των τελικών αποτελεσμάτων των διαφόρων σεναρίων που λαμβάνουν μέρος στην ανάλυση. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν τη μορφή χάρτη (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, 2015(α)).

3.6.2.1. Δυαδική Επικάλυψη (Boolean Overlay)

Τα παραγόμενα αποτελέσματα, δηλαδή οι χάρτες που προκύπτουν, στην απλούστερη μορφή τους χαρακτηρίζονται ως δυαδικοί (*binary maps*), καθώς παρουσιάζουν τις τοποθεσίες που ικανοποιούν (*ή όχι*) συνδυαστικά μια σειρά από επιθυμητά κριτήρια που ορίζονται από το λήπτη της απόφασης. Η παρουσία ενός περιορισμού μπορεί να συμβολίζεται με 1, ενώ η απουσία του με 0. Βιβλιογραφικά αυτοί οι χάρτες αναφέρονται συνήθως και ως «*χάρτες ικανότητας*» (*capability maps*) ή «*χάρτες αποκλεισμού*» (*exclusion maps*), καθώς παρουσιάζουν με έναν απόλυτο τρόπο (*ναι/όχι*) τη δυνατότητα τοποθεσιών να φιλοξενήσουν ορισμένες χρήσεις (Chakhar & Mousseau, 2010). Ουσιαστικά ένας δυαδικός-δίτιμος χάρτης προκύπτει ως αποτέλεσμα της συνδυαστικής αξιοποίησης των διαθέσιμων θεματικών επιπέδων, μέσω απλοϊκών κανόνων οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν διάφορους τελεστές και λογικούς ή αριθμητικούς ελέγχους (π.χ. +,-,AND, OR,<,>,κτλ.) (Malczewski,1999). Όταν η ανωτέρω μεθοδολογία λαμβάνει χώρα σε ψηφιδωτά δεδομένα (*raster*) τότε θεωρείται μια απλή τοπική λειτουργία χαρτογραφικής άλγεβρας (*Boolean Overlay*).



Εικόνα 3.1. Δυαδική (*Boolean*) Επικάλυψη δύο επιπέδων (*Layers*)
 Πηγή: Malczewski, 1999

Η Δυαδική Επικάλυψη θεωρείται μια χρήσιμη μεθοδολογία ως προς την αξιολόγηση καταλληλότητας τοποθεσιών για την χωροθέτηση αιολικών συστημάτων (Griffiths and Dushenko, 2011). Διαφορετικά θεματικά επίπεδα σε ψηφιδωτή μορφή χρησιμοποιούνται στην Δυαδική Επικάλυψη, με σκοπό την ανεύρεση των κατάλληλων τοποθεσιών εντός της περιοχής μελέτης. Το νέο θεματικό επίπεδο που προκύπτει από τη Δυαδική Επικάλυψη περιλαμβάνει μόνο κατάλληλες τοποθεσίες, που σημαίνει ότι περιλαμβάνει περιοχές που δεν διαθέτουν το αντίστοιχο κριτήριο ακαταλληλότητας και συγκεντρώνουν συνδυαστικά το σύνολο των επιθυμητών χαρακτηριστικών (Moller, 2006).

Η μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου ότι δεν παρέχει κανενός είδους πληροφορίες για τη διαβάθμιση του εξεταζόμενου φαινομένου. Αυτό ουσιαστικά εμπεριέχει την περίπτωση να μην υπάρχει καμία τοποθεσία, η οποία να συγκεντρώνει συνδυαστικά το σύνολο των κανόνων που θέτονται. Για αυτό ακριβώς τον λόγο, χρησιμοποιείται η Σταθμισμένη Χαρτογραφική Επικάλυψη, όπου οδηγεί στην παραγωγή των Χαρτών Καταλληλότητας (*Suitability Maps*). Για την παραγωγή των χαρτών καταλληλότητας κάθε επίπεδο μετατρέπεται σε ένα δίτιμο χάρτη με ένα αυστηρό κριτήριο, αλλά βαθμονομείται με βάση το βαθμό κατά τον οποίο συνδέεται με το φαινόμενο που μελετάται. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταλληλότητας παρουσιάζονται σε χάρτη ο οποίος περιλαμβάνει τοποθεσίες οι οποίες κυμαίνονται από υψηλή σε χαμηλή καταλληλότητα (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, 2015(α)).

Αναλυτικά η διαδικασία της Σταθμισμένης Χαρτογραφικής Επικάλυψης παρουσιάζεται ακολούθως.

3.6.2.2 Διαδικασία Χωρικής Ανάλυσης με Σταθμισμένη Χαρτογραφική Επικάλυψη (*weighted overlay*)

Σε ένα γενικότερο πλαίσιο η διαδικασία της χωρικής ανάλυσης με σταθμισμένη χαρτογραφική επικάλυψη εντός των ΓΣΠ περιλαμβάνει τα εξής στάδια (Χαλκιάς, 2015):

1. Καθορισμός *προβλήματος* και αρχικών συνθηκών ανάλυσης
2. Επιλογή μεταβλητών
3. Επαναταξινομήσεις
4. Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας
5. Συνδυασμός σταθμισμένων μεταβλητών (*παραγωγή αποτελεσμάτων*)
6. Ανάλυση ευαισθησίας
7. Πιστοποίηση-έλεγχος αποτελεσμάτων

Αρχικά αναγνωρίζεται και προσδιορίζεται το *πρόβλημα*, το οποίο συνηθέστερα σχετίζεται με κάποιες επιθυμητές ιδιότητες του χώρου. Σε αυτό το πρωταρχικό στάδιο καθορίζονται επίσης οι βασικές συνθήκες ανάλυσης, όπως π.χ. οι επιμέρους στόχοι, οι εναλλακτικές επιλογές, και οι λήπτες απόφασης. Αν και το μοντέλο συνήθως αναπτύσσεται από ένα λήπτη-εμπειρογνώμονα, ωστόσο δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις στις οποίες ομάδα εμπειρογνομώνων διαμορφώνει τους κανόνες λήψης απόφασης.

Εν συνεχεία προσδιορίζονται και κατασκευάζονται τα κριτήρια ανάλυσης ή χωρικές μεταβλητές, τα οποία συνδέονται άμεσα με τους επιμέρους στόχους που θέτονται, και αντιστοιχούν στα θεματικά επίπεδα (*layers*) ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Η επιλογή των κριτηρίων βασίζεται ως επί το πλείστον στην εμπειρία του ερευνητή που αναπτύσσει το μοντέλο και στη σχετική βιβλιογραφία. Οι επιθυμητές προδιαγραφές των γεωγραφικών δεδομένων, π.χ. η κλίμακα και η μορφή των πρωτογενών στοιχείων καθορίζονται επίσης σε αυτό το στάδιο. Αφού επιλεγούν οι μεταβλητές που συμμετέχουν στο *πρόβλημα* και καθοριστούν τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία εισάγονται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, σειρά έχουν οι αρχικές επεξεργασίες ή προεπεξεργασίες των δεδομένων αυτών και η δημιουργία των θεματικών επιπέδων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών των αρχικών προεπεξεργασιών των δεδομένων είναι π.χ. η αλλαγή του συστήματος αναφοράς, του μεγέθους των ψηφίδων των θεματικών επιπέδων ή οι συγχωνεύσεις αυτών κ.α.

Επόμενο βήμα είναι η ομογενοποίηση και η ποσοτικοποίηση των κριτηρίων. Όπως ήδη έχει επισημανθεί ένα από τα σημαντικότερα ίσως πλεονεκτήματα της χωρικής ανάλυσης είναι η δυνατότητα συνδυαστικής αξιοποίησης χωρικών μεταβλητών με ποσοτικά, αλλά και με ποιοτικά χαρακτηριστικά. Θεωρείται αρκετά συχνή η περίπτωση όπου οι λήπτες απόφασης καλούνται να αξιολογήσουν θεματικά επίπεδα, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές κλίμακες ταξινόμησης. Οι τιμές/χαρακτηριστικά που αποδίδονται στις γεωγραφικές οντότητες ταξινομούνται στις παρακάτω κλίμακες:

- Ονομαστική (*Nominal*): Η κλίμακα αυτή δεν ακολουθεί μια αριθμητική κλίμακα ταξινόμησης, καθώς περιγράφει μη ποσοτικά, μη-γραμμικά χαρακτηριστικά, και αποτελεί τον απλούστερο θεματικό τύπο γεωγραφικών

οντοτήτων. Ακόμα και όταν οι τιμές που αποδίδονται στα δεδομένα αυτού του τύπου είναι αριθμοί, δεν έχει νόημα η διεξαγωγή πράξεων μεταξύ τους, καθώς πρόκειται για μια κλίμακα ποιοτικού χαρακτήρα.

- Τακτική ή Ταξινομική (*Ordinal*): Η οποία ακολουθεί μια κλίμακα σε σειρά, όπου λαμβάνει χώρα η ταξινόμηση των οντοτήτων μετά από σύγκριση τους ανά ζεύγη. Ως παράδειγμα αναφέρεται η καταλληλότητα του θαλάσσιου χώρου για εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, η οποία παίρνει τις τιμές 3:μεγάλη, 2:μέτρια και 1:μικρή. Οι αριθμητικές πράξεις μεταξύ τέτοιων τιμών δεν έχουν νόημα. Συνεπώς, δε σημαίνει ότι η κλάση «2» έχει διπλάσια καταλληλότητα από την κλάση «1». Χαρακτηρίζεται ως υβριδική κλίμακα και δύναται να συγκεντρώνει και ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- Διαστημική (*Interval*): Στην οποία κάθε γεωγραφική οντότητα τοποθετείται σε μια αριθμητική τακτική κλίμακα, με αυθαίρετο μέγεθος μέτρησης, όπως για παράδειγμα η μέση θερμοκρασία σε κάποιο μετεωρολογικό σταθμό. Η πρόσθεση και η αφαίρεση μεταξύ των τιμών είναι επιτρεπτές, σε αντίθεση με τον πολλαπλασιασμό και τη διαίρεση. Επιπρόσθετα, η μηδενική τιμή δε δείχνει απουσία του φαινομένου (*0 βαθμοί κελσίου δεν σημαίνουν απουσία θερμοκρασίας*).
- Αναλογική (*Ratio*): Η οποία αναφέρεται σε αριθμητική κλίμακα με απόλυτο μηδενικό σημείο εκκίνησης. Σε αυτό το επίπεδο, αν μια τιμή είναι πολλαπλάσια μιας άλλης αυτή αναπαριστά και πολλαπλάσια ποσότητα (*π.χ. μήκος οδικού άξονα 1000 km είναι διπλάσιο από τα 2000 km*).

Σε αυτό το στάδιο, συνήθως δεδομένα σε ποιοτικές και ποσοτικές κλίμακες ταξινόμησης μετασχηματίζονται σε ενιαία τακτική κλίμακα. Έτσι για παράδειγμα ένα επίπεδο το οποίο περιγράφει την απόσταση από τους διαύλους ναυσιπλοΐας (*αναλογική κλίμακα ταξινόμησης*) μετασχηματίζεται στο επίπεδο καταλληλότητας λόγω απόστασης από τους διαύλους ναυσιπλοΐας με τακτική κλίμακα ταξινόμησης.

Η διαδικασία της ομογενοποίησης των γεωγραφικών δεδομένων εκτός από την επαναταξινόμηση σε τακτική κλίμακα, περιλαμβάνει και τη διαμόρφωση των παραγόντων μεταβλητών σε ενιαία κλίμακα και με ενιαία μονάδα αναφοράς.

Επόμενο βήμα και ιδιαίτερα καθοριστικό για τη μοντελοποίηση είναι η στάθμιση, δηλαδή ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας και η διαμόρφωση των κανόνων σύνθεσης των μεταβλητών από τους λήπτες απόφασης. Μέσω της στάθμισης των κριτηρίων οι προτιμήσεις (*preferences*) των αναλυτών που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης απόφασης ενσωματώνονται στη μοντελοποίηση. Οι προτιμήσεις αυτές αποκωδικοποιούνται ή αλλιώς ποσοτικοποιούνται μέσω των συντελεστών βαρύτητας ή απλούστερα βαρών (*weights*), και εκφράζουν τη σχετική σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου. Συνηθέστερα οι συντελεστές βαρύτητας αποδίδονται με δεκαδικούς αριθμούς στο διάστημα 0-1 και αθροίζονται στο 1. Μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους καθορισμού συντελεστών βαρύτητας στα κριτήρια θεωρείται η Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (*Analytic Hierarchy Process-AHP*) όπου αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

Σε επόμενη φάση, τα παράγωγα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων, δηλαδή οι απόψεις των εμπειρογνομόνων και τα ομογενοποιημένα πλέον κριτήρια αξιοποιούνται

προκειμένου να γίνει η συνολική αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών. Σε αυτό το σημείο της διαδικασίας θέτονται οι κανόνες επιλογής των εναλλακτικών επιλογών με βάση τα κριτήρια και τους συντελεστές βαρύτητας. Οι κανόνες αυτοί δύναται να οδηγούν στην επιλογή της εναλλακτικής επιλογής (ή εναλλακτικών επιλογών) που ικανοποιεί κάποια ή κάποιες συνθήκες ή στη βαθμονόμηση των εναλλακτικών επιλογών. Τελικό αποτέλεσμα της ανωτέρω διαδικασίας είναι είτε η χαρτογράφηση των τοποθεσιών που ικανοποιούν μια σειρά από κανόνες, είτε η χαρτογράφηση της καταλληλότητας σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς. Από τους πλέον συνηθέστερους τρόπους διαμόρφωσης της τελικής καταλληλότητας των χωρικών μονάδων αναφοράς θεωρείται η σταθμισμένη άθροιση των ομογενοποιημένων τιμών τους με χαρτογραφική υπέρθεση.

Η ανάλυση ευαισθησίας (*Sensitivity Analysis*) και οι τελικοί έλεγχοι των αποτελεσμάτων του μοντέλου, αποτελούν και τα τελικά στάδια εφαρμογής του. Παρότι το στάδιο αυτό θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό για την εγκυρότητα και επικύρωση του μοντέλου συχνά παραλείπεται, και τα αποτελέσματα του υιοθετούνται αυτούσια, χωρίς περαιτέρω ελέγχους. Προκειμένου να αποσαφηνιστεί λοιπόν η αξιοπιστία του, εφαρμόζεται η ανάλυση ευαισθησίας, η οποία αποφαίνεται για τη σταθερότητα του, μέσω μικρών αλλαγών στη βαθμονόμηση των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα.

Τελικό βήμα στη διαδικασία μοντελοποίησης αποτελεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου σε σχέση με την πραγματική κατάσταση, η οποία συνήθως πραγματοποιείται σε επιλεγμένες τοποθεσίες της περιοχής ενδιαφέροντος μέσω μετρήσεων του υπό εξέταση φαινομένου στο πεδίο ή μέσω Τηλεπισκόπησης.

3.7 Μέθοδος της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης – Analytic Hierarchy Process (AHP)

3.7.1 Εισαγωγή

Πρωταρχικός στόχος όλων των εφαρμογών γεωγραφικής χωρικής ανάλυσης θεωρείται η λήψη αποφάσεων μέσω της ανάλυσης των μεταβλητών που λαμβάνουν μέρος στο υπό μελέτη πρόβλημα. Η αξιοποίηση των μεταβλητών αυτών εφαρμόζεται συνδυαστικά, ούτως ώστε μετά τη σύνθεση τους να προσδιορίζονται οι βέλτιστες επιλογές μεταξύ των υπολοίπων. Αποτελεί πλέον ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η ανάπτυξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών συνέβαλε ουσιαστικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη γενικότερη διαχείριση του χώρου, αφού προσφέρουν τη δυνατότητα της συνδυαστικής αξιοποίησης μεγάλου όγκου γεωγραφικών πληροφοριών. Όπως παρουσιάστηκε ήδη στην δεύτερη ενότητα της παρούσας διατριβής, μια από τις πλέον πολυχρησιμοποιούμενες και δημοφιλείς μεθόδους αυτού του είδους είναι η ΠΑ, η οποία όταν συνδυάζεται με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών συνήθως αποδίδεται ως Πολυκριτηριακή Χαρτογραφική Επικάλυψη (αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο), εκ των οποίων η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (*Analytical Hierarchy Process-AHP*), αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εκπροσώπους των μεθοδολογιών αυτού του είδους.

Η AHP προτάθηκε από τον T.L Saaty και βασική της αρχή είναι ότι για τη λήψη μιας απόφασης, η εμπειρία και η γνώση των ανθρώπων θεωρείται εξίσου σημαντική με τα

διαθέσιμα δεδομένα. Στα ελληνικά έχει προταθεί η απόδοση της μεθόδου με τον όρο *Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης* ή *Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης*. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χαρακτηρίζεται από τις εξής τρεις σημαντικές ιδιότητες (Saaty 1980, 1982):

1. Είναι αναλυτική, εμπεριέχοντας μαθηματική και λογική αιτιολόγηση για τη λήψη αποφάσεων. Κατ' αυτό τον τρόπο συμβάλει στη δόμηση και στην ανάλυση του υπό εξέταση *προβλήματος* σε μια λογική βάση και στον μετασχηματισμό των σκέψεων και απόψεων του λήπτη απόφασης σε αριθμητικές αξιολογήσεις.
2. Δομεί το πρόβλημα σε μια ιεραρχική βάση, στοχεύοντας στη μείωση της πολυπλοκότητας μέσα από την διάσπαση του σε υπό-προβλήματα.
3. Μέσω της εφαρμογής της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης, η εμπειρία και η γνώση του εμπειρογνομόνων ενσωματώνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, οι οποίες αναπτύσσονται σε επιστημονική βάση, κάνοντας ευκολότερη τη συλλογική λήψη αποφάσεων.

Η ΑΗΡ χαρακτηρίζεται γενικότερα ως μια υπολογιστική θεωρία, η οποία χρησιμοποιεί τόσο παραγωγική όσο και επαγωγική λογική, συνυπολογίζοντας ένα πλήθος διαφορετικών παραμέτρων ταυτόχρονα, και εφαρμόζεται με ιδιαίτερη επιτυχία τόσο στις θετικές όσο και στις κοινωνικές επιστήμες. Τα πλεονεκτήματα της μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Απλή τεκμηρίωση
- Εύκολη επαναληψιμότητα
- Πολυκριτηριακός χαρακτήρας
- Βαθιά κατανόηση του υπό μελέτη *προβλήματος*, με την αποδόμηση του μέσω της ιεραρχικής δομής.
- Δυνατότητα συνδυασμού ποιοτικών και ποσοτικών μεταβλητών.
- Αξιοποίηση εμπειρίας ειδικών
- Δυνατότητα προσδιορισμού τυχών ασυνεπειών στις κρίσεις των εμπειρογνομόνων.

Τα πλεονεκτήματα αυτά θεωρούνται ιδιαίτερος σημαντικά σε εφαρμογές χωρικής ανάλυσης. Τα στάδια εφαρμογής της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης είναι τα ακόλουθα (Saaty, 1987,1996):

- Διάσπαση του υπό μελέτη *προβλήματος* σε μια ιεραρχική δομή, η οποία αποτελείται από τις βασικότερες παραμέτρους του, επιτρέποντας τις συγκρίσεις ανά ζεύγη.
- Συγκριτική αξιολόγηση κάθε παραμέτρου-κριτηρίου/υπό-κριτηρίου.
- Σύνθεση των αξιολογημένων κριτηρίων με στόχο την παραγωγή των τελικών αποτελεσμάτων.
- Εύρεση βέλτιστης επιλογής.

Έτσι, η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης ξεκινά με την ιεράρχηση του *προβλήματος* και τον προσδιορισμό των σημαντικότερων παραμέτρων (*κριτηρίων*) του, βάσει των οποίων θα γίνει η ανάλυση, έπεται η κατάταξη των κριτηρίων, η οποία συνήθως προκύπτει από την εμπειρία και τη γνώση των εμπειρογνομόνων και από τη

διεθνή βιβλιογραφία, και τέλος πραγματοποιείται η σύνθεση των ανωτέρω, προκειμένου να παραχθεί το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα σύμφωνα με τις προτιμήσεις και τους στόχους που τέθηκαν από τον ερευνητή (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, 2015[β]).

3.7.2 Μεθοδολογία

Μέσω της AHP παρέχεται το απαραίτητο εκείνο πλαίσιο προκειμένου να δομηθεί και να οργανωθεί το πρόβλημα λήψης αποφάσεων, να αναπαρασταθούν και να ποσοτικοποιηθούν οι παράμετροι (κριτήρια) που το αποτελούν, με σκοπό τη σύνθεση τους με τον τελικό στόχο που ορίζεται και την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών που υφίστανται προκειμένου να εκπληρωθεί ο στόχος αυτός.

Κάθε πρόβλημα μέσω της συγκεκριμένης προσέγγισης μοντελοποιείται και παρουσιάζεται με τη μορφή μιας ιεραρχίας κριτηρίων, η οποία έχει τη μορφή δέντρου (δενδρογράμμα), όπου στην κορυφή του βρίσκεται ο τελικός στόχος του υπό εξέταση προβλήματος, ή διαφορετικά η βέλτιστη επιλογή. Επειδή όμως ο τελικός στόχος θεωρείται γενικός, διασπάται σε κριτήρια, τα οποία με τη σειρά τους αναλύονται σε υποκριτήρια κτλ. έως ότου καταλήξει κάποιος στα κατώτερα δομικά επίπεδα της ιεραρχικής δομής, δηλαδή στη βάση του δενδρογράμματος. Εν συνεχεία, μέσω της διεξαγωγής συγκρίσεων ανά ζεύγη, αποδίδονται οι βαρύτητες σε κάθε κριτήριο και οι βαθμοί προτίμησης σε κάθε διαφορετική κατηγορία κριτηρίων, συνυπολογίζοντας την γνώμη του λήπτη απόφασης ή των εμπειρογνομόνων πάνω στο συγκεκριμένο πρόβλημα (Lootsma and Schuijt, 1997; Ramanathan, 2001).

Η μεθοδολογία αποτελείται από δύο γενικότερα στάδια, όπου είναι α) η δόμηση της ιεραρχικής δομής και β) το στάδιο της αξιολόγησης των κριτηρίων και υποκριτηρίων. Η αξιολόγηση του δεύτερου σταδίου της συγκεκριμένης μεθοδολογίας πραγματοποιείται μέσω των συγκρίσεων ανά ζεύγη (*pairwise comparisons*), των διαφόρων κριτηρίων και επιλογών. Τα ερωτήματα που θέτονται σε αυτό το στάδιο είναι του τύπου: «με δεδομένα ένα κριτήριο και δύο υπό-κριτήρια, ποιο υπό-κριτήριο συμβάλει περισσότερο στη διαμόρφωση του κριτηρίου και σε ποιον βαθμό». Το αποτέλεσμα που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία είναι η δημιουργία ενός πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη (*Comparison Matrix*). Από κάθε πίνακα τέτοιων συγκρίσεων, προκύπτει ένα ιδιοδιάνυσμα, το οποίο φανερώνει τη μονοδιάστατη κλίμακα, στην οποία ποσοτικοποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων και υπό-κριτηρίων σε κάθε ιεραρχικό επίπεδο. Συνεπώς, όλα τα στοιχεία κάθε ιεραρχικού επιπέδου συγκρίνονται μεταξύ τους ανά ζεύγη, με κριτήριο τη σημαντικότητά τους (ή *επιρροή τους*) στην εκπλήρωση ενός καθορισμένου στόχου, ο οποίος αποτελεί στοιχείο του αμέσως ανωτέρου ιεραρχικού επιπέδου. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μιας σχετικής κλίμακας της βαρύτητας κάθε στοιχείου σε σχέση με το κριτήριο/α που βρίσκονται σε ανώτερο ιεραρχικό επίπεδο και συνδέονται με αυτό. Τα επιμέρους στάδια που απαρτίζουν τη συγκεκριμένη διαδικασία είναι τα ακόλουθα:

- Ανάπτυξη του συγκριτικού πίνακα για κάθε ιεραρχικό επίπεδο, ξεκινώντας από την κορυφή προς τα κάτω.
- Υπολογισμός των συντελεστών βαρύτητας για κάθε στοιχείο της ιεραρχίας, και
- Εκτίμηση του Δείκτη Συνέπειας (*Consistency Index*).

Και τα τρία στάδια αυτά εφαρμόζονται διαδοχικά για όλα τα ιεραρχικά επίπεδα. Ο τελικός συντελεστής βαρύτητας που αποδίδεται σε κάθε στοιχείο του χαμηλότερου ιεραρχικού επιπέδου προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη όλες τις επιμέρους βαρύτητες των στοιχείων των ανωτέρων ιεραρχικών επιπέδων, που συνδέονται με κάθε εναλλακτική επιλογή. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως *Προσθετικός Συσσωρευτικός Κανόνας* και έχει το πλεονέκτημα της εύκολης κατανόησης της κατανομής της συνολικής βαρύτητας στα επιμέρους τμήματα της. Τα σύνθετα βάρη αποδίδουν τη σημαντικότητα των κριτηρίων, βάσει των οποίων δημιουργούνται τα εναλλακτικά σενάρια για την αξιολόγηση των τελικών επιλογών και την υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων (Malczewski, 1999). Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την εφαρμογή της AHP, μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα Ι.

Όπως όλες οι θεωρίες, έτσι και η AHP βασίζεται σε αξιώματα. Όσο λιγότερα είναι τα αξιώματα στα οποία βασίζεται μια θεωρία, τόσο περισσότερο γενική και εφαρμόσιμη είναι. Η AHP βασίζεται σε τρία σχετικά απλά αξιώματα (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, 2015[β]):

Το πρώτο αξίωμα, το οποίο χαρακτηρίζεται ως *Αντίστροφο Αξίωμα* δηλώνει ότι εάν υπάρχει ένα συγκριτικό ζεύγος στοιχείων P_c (E_a, E_b) όπου C αναπαριστά την αριθμητική σχέση μεταξύ των a και b , τότε $P_c(E_a, E_b) = 1/P_c(E_b, E_a)$. Για παράδειγμα, εάν το a είναι 5 φορές μεγαλύτερο από το b , τότε το b είναι το $1/5$ του a .

Το δεύτερο αξίωμα ονομάζεται *Αξίωμα Ομοιογένειας* και δηλώνει ότι τα συγκρινόμενα στοιχεία οφείλουν να μην παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές, διαφορετικά το αποτέλεσμα τείνει να παρουσιάζει σημαντικό σφάλμα. Η ομοιογένεια έχει να κάνει με τις τιμές των μεταβλητών, αλλά ως ένα βαθμό και με τους συντελεστές βαρύτητας. Ο λεκτικός προσδιορισμός σύγκρισης ανά ζεύγη στην AHP κυμαίνεται σε αριθμητική κλίμακα από το 1 έως 9 σε σειρά σπουδαιότητας. Η αριθμητική ή η γραφική μέθοδος επιλογής από τους ειδικούς (*Expert choice*), αποδίδει συντελεστές βαρύτητας στα επιμέρους κριτήρια επιτρέποντας τη *χαλάρωση* του αξιώματος. Επισημαίνεται, ότι κατ' αυτό τον τρόπο αποδίδονται συντελεστές βαρύτητας στο διάστημα 0-1 οι οποίοι έχουν άθροισμα ίσο με 1.

Το τρίτο αξίωμα, το καλούμενο ως *Αξίωμα Ανεξαρτησίας* υποδηλώνει ότι οι προτεραιότητες των στοιχείων δεν εξαρτώνται από στοιχεία τα οποία βρίσκονται σε κατώτερο ιεραρχικό επίπεδο. Το αξίωμα αυτό υλοποιείται μόνο εντός του πλαισίου μιας ιεραρχικής δομής, ενώ τα δύο πρώτα είναι από την εμπειρία απολύτως συνεπή με τις εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ιεραρχική δόμηση διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην μελέτη των επιπτώσεων των εναλλακτικών επιλογών και στους στόχους που θέτονται εντός ενός μεθοδολογικού πλαισίου. Μέσω της ανάπτυξης του *προβλήματος* σε μια ιεραρχική δομή (*δενδρόγραμμα*), αναγνωρίζονται και κατανοούνται οι σημαντικότεροι παράμετροι του *προβλήματος* και τα ιεραρχικά επίπεδα στα οποία ανήκουν, και υπολογίζεται η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των επιπέδων. Η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης αποτελεί ένα ιδανικό περιβάλλον ανάπτυξης οποιαδήποτε πολυδιάστατου προβλήματος για το οποίο απαιτείται συγκρότηση, μέτρηση και σύνθεση κριτηρίων (Forman & Gass, 2001).

3.7.3 Η Χρήση της AHP ως Εργαλείο Γεωγραφικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η πολυκριτηριακή ανάλυση σε εφαρμογές μοντελοποίησης του χώρου «είναι η μεθοδολογία με την οποία παράμετροι που σχετίζονται με το υπό μελέτη φαινόμενο αξιολογούνται και συσχετίζονται» (Χαλκιάς, 2015). Η μεθοδολογία αυτή, παρότι αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την αποτίμηση της καταλληλότητας της γης (Mendoza, 1997), σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως για την αποτίμηση διαφόρων χωρικών φαινομένων. Το βασικό σκεπτικό της μεθόδου σχετίζεται με την ανάμειξη των παραμέτρων εισαγωγής με στόχο την αξιολόγηση του χώρου. Ένα γενικό μοντέλο αυτού του τύπου περιγράφεται από τη σχέση $S=f(z_1, z_2, \dots, z_n)$, όπου το S αντιστοιχεί στην τιμή της καταλληλότητας και τα (z_1, z_2, \dots, z_n) είναι οι παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν/συνδέονται με το υπό μελέτη φαινόμενο στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το βασικό ζητούμενο σε ένα τέτοιο μοντέλο είναι η ποσοτικοποίηση του βαθμού επιρροής (μεμονωμένα αλλά και συνδυαστικά) των παραμέτρων (z_1, z_2, \dots, z_n) στη διαμόρφωση και ποσοτικοποίηση της καταλληλότητας (S). Έτσι το μοντέλο θα πρέπει να περιλαμβάνει αποτελεσματικές μεθοδολογίες για το συνδυασμό των παραμέτρων εισόδου. Συχνά σε χωρικής φύσεως προβλήματα τα κριτήρια που λαμβάνουν μέρος στο πρόβλημα χωρίζονται σε υπό-κριτήρια κατά αντίστοιχο τρόπο με αυτόν του υπολογισμού της Συνολική Καταλληλότητας (*Overall Suitability*). Από το ανωτέρω συμπεραίνεται ότι η μέθοδος της AHP βρίσκει εφαρμογή σε προβλήματα ΠΑ, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον συνδυασμό των κριτηρίων και υπό-κριτηρίων με σκοπό την αποτίμηση και τη χαρτογράφηση της καταλληλότητας του χώρου. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της σε χωρικής φύσεως προβλήματα μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Παρέχει βαθιά ανάλυση των κριτηρίων και κατανόηση του υπό μελέτη προβλήματος, λόγω της ιεραρχικής δομής που ακολουθεί για την ποσοτικοποίηση της καταλληλότητας, με την αποδόμηση του προβλήματος σε ιεραρχικά επίπεδα και μονάδες.
- Ως επί το πλείστον βασίζεται στις κρίσεις των ειδικών αναφορικά με τη σχετική σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου και όχι τόσο στην πληρότητα και αρτιότητα των δεδομένων.
- Η διαδικασία που ακολουθείται χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα απλή και εύκολα επαναεκτελέσιμη. Επίσης η διαφάνεια που τη χαρακτηρίζει στο σύνολο της κάνει τα αποτελέσματα που προκύπτουν να γίνονται εύκολα αποδεκτά, μια παράμετρος ιδιαίτερα κρίσιμη σε εφαρμογές χωροθετήσεων ειδικών χρήσεων γης.
- Η στάθμιση των παραμέτρων (κριτηρίων) μέσα από τις συγκρίσεις ανά ζεύγη αποτελεί μια απλή στην εφαρμογή της διαδικασία, η οποία επιτρέπει ταυτόχρονα τον έλεγχο πιθανών ασυνεπειών στις συγκρίσεις των κριτηρίων.
- Καθιστά δυνατή τη συμμετοχή τόσο των ειδικών/επιστημόνων όσο και των διαχειριστών του χώρου στη διαδικασία στάθμισης των κριτηρίων.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, η επιστημονική κοινότητα έχει αποφανθεί όσον αφορά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη συνδυαστική χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με μεθοδολογίες ΠΑ στη λήψη αποφάσεων. (Janssen, 1992; Jankowski et al., 1997; Malczewski, 1999).

Η δυνατότητα χρήσης μιας ευρείας γκάμας δεδομένων, συχνά διαφόρων κλιμάκων ταξινόμησης και από διαφορετικές πηγές, συνδυαστικής αξιοποίησης ποικίλων θεματικών επιπέδων (*layers*), ανάπτυξης μοντέλων χωρικής ανάλυσης και ιδιαίτερα προηγμένων δυνατοτήτων τεκμηρίωσης και οπτικοποίησης της ανάλυσης και των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από αυτή θεωρούνται μόνο μερικά από τα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από τη συνδυαστική χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.

Στη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης, ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα στάδια της διαμόρφωσης και ποσοτικοποίησης των κριτηρίων και της ποσοτικοποίησης του βαθμού επιρροής κάθε κριτηρίου με το φαινόμενο που μελετάται μέσα από την απόδοση των συντελεστών βαρύτητας. Επιπλέον, ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται και η εννοιολογική οργάνωση και δόμηση του *προβλήματος* με τον καθορισμό του τρόπου συνδυασμού κριτηρίων και υποκριτηρίων. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, τα οποία παρουσιάστηκαν ανωτέρω, επιτρέπουν την άριστη εφαρμογή των σταδίων αυτών. Αρχικά προσδιορίζεται το *πρόβλημα* και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Στο στάδιο αυτό, καθορίζεται η περιοχή ενδιαφέροντος, περιγράφεται το υπό μελέτη πρόβλημα και ορίζεται η κλίμακα εργασίας, όπως επίσης και η χωρική μονάδα αναφοράς, η οποία καθορίζεται σε συνάρτηση με την κλίμακα και τα διαθέσιμα δεδομένα. Συνηθέστερα, η χωρική μονάδα αναφοράς είναι μια τετραγωνική ψηφίδα όταν η μοντελοποίηση που ακολουθείται υποστηρίζεται από raster δεδομένα, ή πολύγωνα όταν είναι διανυσματικού τύπου (*vector*).

Συνοψίζοντας, προκειμένου να διαμορφωθεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ΠΑ συνδυαστικά με τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης και τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ακολουθούνται τα εξής στάδια (Χαλκιάς, 2015):

1. Καθορισμός του προβλήματος και της ιεραρχικής δομής του. Σε αυτό το αρχικό στάδιο ορίζονται τα κριτήρια και υπό-κριτήρια τα οποία συμμετέχουν στο πρόβλημα, και οι εναλλακτικές επιλογές (*alternatives*). Επίσης, σε αυτό το στάδιο καθορίζεται και ο τρόπος συνδυασμού των επιμέρους στοιχείων των ιεραρχικών επιπέδων.
2. Προσδιορισμός θεματικών επιπέδων (*layers*) σε αντιστοιχία με τα κριτήρια/υπό-κριτήρια των ιεραρχικών επιπέδων.
3. Α) Δημιουργία πινάκων σύγκρισης ανά ζεύγη, Β) Υπολογισμός Δείκτη Συνέπειας (*Consistency Index*) και Γ) Υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας κριτηρίων/υπό-κριτηρίων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό το στάδιο ιδιαίτερα καθοριστική κρίνεται η αξιολόγηση των κριτηρίων από τους ειδικούς είτε/και μέσω της διεθνούς βιβλιογραφίας.
4. Δημιουργία και οργάνωση της χωρικής βάσης δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο αναπτύσσονται και οργανώνονται τα θεματικά επίπεδα τα οποία προσδιορίστηκαν σε προηγούμενο βήμα. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί ούτως ώστε όλα τα επίπεδα να διαθέτουν ενιαία κλίμακα και χρονική αναφορά, όπως επίσης και ομοιογένεια στις τιμές τους, η οποία συνήθως επιτυγχάνεται μέσω των επαναταξινομήσεων σε ενιαία κλίμακα.
5. Στάθμιση κριτηρίων και υπό-κριτηρίων. Σε αυτό το στάδιο αξιοποιούνται τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων σταδίων (*συντελεστές βαρύτητας*,

επαναταξινομημένα κριτήρια), και προκύπτουν τα σταθμισμένα κριτήρια/υπό-κριτήρια.

6. Σύνθεση των σταθμισμένων κριτηρίων σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα με αποτέλεσμα την αξιολόγηση του φαινομένου για κάθε χωρική μονάδα αναφοράς της περιοχής ενδιαφέροντος. Αυτό μπορεί να οδηγήσει είτε στην επιλογή της περιοχής με τη μεγαλύτερη καταλληλότητα, είτε στη χαρτογράφηση της χωρικής κατανομής της καταλληλότητας στην περιοχή μελέτης.
7. Έλεγχος των αποτελεσμάτων-*Ανάλυση Ευαισθησίας*. Προκειμένου να αποσαφηνιστεί η αξιοπιστία του μοντέλου, εφαρμόζεται η ανάλυση ευαισθησίας, η οποία αποφαίνεται για τη σταθερότητα του, μέσω μικρών αλλαγών στη βαθμονόμηση των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα (Malczewski, J. 1999, 2004). Τέλος, ο έλεγχος των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων του μοντέλου σε σχέση με την πραγματική κατάσταση, μέσω μετρήσεων πεδίου ή Τηλεπισκόπησης.

3.8 Συμπεράσματα

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του παράκτιου και θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκαν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, είναι γιατί αποτελούν ένα ιδανικό εργαλείο συλλογής, καταχώρησης, ενημέρωσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης, κάθε μορφής πληροφορίας που σχετίζεται με το γεωγραφικό χώρο, ενώ σαν εργαλεία χωρικής ανάλυσης στοχεύουν στην αντιμετώπιση τέτοιου είδους προβλημάτων και υποστηρίζουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Για την επίτευξη του σκοπού της διατριβής, χρησιμοποιείται η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, στην οποία εκτός από τεχνοοικονομικούς, λαμβάνονται εξίσου υπόψη χωροταξικοί, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράγοντες. Με τη βοήθεια των μεθοδολογικών εργαλείων και διαδικασιών που περιγράφηκαν ανωτέρω, επιτυγχάνεται τελικά η υλοποίηση του στόχου και κατ' επέκταση η Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση (ΟΧΠ). Μέσω της ΟΧΠ επιτρέπεται η ανάπτυξη βιώσιμων εγκαταστάσεων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τεχνικά και οικονομικά και η αρμονική ένταξη τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των πιθανών τοποθεσιών για τη χωροθέτηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας επιτυγχάνεται με την εφαρμογή δυναμικών κριτηρίων, τα οποία μετατρέπονται σε μια κοινή κλίμακα καταλληλότητας. Εν συνεχεία, προσδιορίζεται ο βαθμός επιρροής (*βάρος*) που έχει το κάθε ένα από αυτά στο πρόβλημα μέσω της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης και υπολογίζεται ο Λόγος Συνέπειας.

Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο χαρακτηρίζονται ως *δυναμικά*, καθώς η επιρροή που φέρουν στην καταλληλότητα μιας τοποθεσίας, μεταβάλλεται συγκριτικά με άλλα κριτήρια, αναλόγως της επιρροής κάθε κριτηρίου.

Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης μέσω της συνδυαστικής χρήσης των μεθοδολογικών εργαλείων χωρικής ανάλυσης που

προσφέρονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών με μεθόδους Πολυκριτηριακής Ανάλυσης στοχεύει στην εφαρμογή μιας Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας όπου θα λαμβάνει υπόψη τις αξίες και τις προοπτικές ποικίλων συμμετεχόντων, ενώ παράλληλα θα συνάδει με τους στόχους που θέτονται για κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική αειφόρο ανάπτυξη.

Ενότητα IV

Ανάπτυξη του Μοντέλου

Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

4.1 Εισαγωγή

Από την βιβλιογραφική επισκόπηση που προηγήθηκε προκύπτει η ανάγκη για τη δημιουργία ενός μοντέλου υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας σε βαθύτερα ύδατα με πλωτή δομή έδρασης, το οποίο στη βάση του θα έχει ένα πολυκριτηριακό εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Αυτό θα επιτρέψει την περαιτέρω διάδοση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (βλ. Ενότητα I), καθώς θα εμπλέκει σε μια ενιαία δομή μια ισορροπημένη τεχνοοικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική προσέγγιση. Το μεθοδολογικό πλαίσιο παρουσιάζεται σε αυτή την ενότητα.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης που ακολουθείται στη παρούσα διατριβή περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

-Το στάδιο του Αποκλεισμού (1^ο Στάδιο). Δυνητικά όλες οι τοποθεσίες εντός του παράκτιου και του θαλάσσιου χώρου θα μπορούσαν να θεωρηθούν υποψήφιες προς χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας. Συνεπώς, πριν απαντηθεί το ερώτημα για το ποιες είναι οι καταλληλότερες τοποθεσίες για τη χωροθέτηση τέτοιων συστημάτων, θεωρείται λογικότερο να διερευνηθούν ποιες από αυτές αποκλείονται από τη διαδικασία της χωροθέτησης λόγω κάποιων περιοριστικών παραγόντων. Στο πρωταρχικό στάδιο αυτό επιτυγχάνεται ο καθορισμός των απλών κριτηρίων τα οποία καθορίζονται βάσει του υφιστάμενου νομοθετικού πλαισίου κάθε χώρας και του σκοπού που εξυπηρετεί η εκάστοτε μελέτη, ούτως ώστε να εξευρεθούν οι τοποθεσίες στις οποίες επιτρέπεται η χωροθέτηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας.

Το στάδιο του αποκλεισμού υλοποιείται μέσω της μεθόδου της Δυαδικής Λογικής (*Binary Logic*) όπου πραγματοποιείται ο σαφής διαχωρισμός της περιοχής μελέτης σε κατάλληλες και ακατάλληλες τοποθεσίες προς εγκατάσταση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας. Προϊόν της εφαρμογής της μεθόδου της Δυαδικής Λογικής είναι ο *Χάρτης Αποκλεισμού (Exclusion Map)*.

-Το στάδιο της Αξιολόγησης (2^ο Στάδιο). Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αξιολόγηση των τοποθεσιών που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου, βάση των *δυναμικών* κριτηρίων που ορίζονται, και επιλέγονται κυρίως για να εξυπηρετήσουν τεχνοοικονομικούς, χωροταξικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Όπως ήδη αναφέρθηκε τα κριτήρια αυτού του δεύτερου σταδίου χαρακτηρίζονται ως *δυναμικά*, καθώς η επιρροή (*βάρος*) που φέρουν στην καταλληλότητα μιας τοποθεσίας,

μεταβάλλεται συγκριτικά με άλλα κριτήρια, αναλόγως της επιρροής κάθε κριτηρίου. Αρχικά αφού οριστεί μια ενιαία κλίμακα καταλληλότητας για κάθε δυναμικό κριτήριο (θεματικό επίπεδο/layer), μπορεί να γίνει η επικάλυψη μέσω του εργαλείου της Σταθμισμένης Επικάλυψης (*Weighted Overlay*), ενώ τα βάρη τοποθετούνται σε αυτή έτσι όπως εξάγονται από την Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης. Οι τιμές των κελιών κάθε θεματικού επιπέδου πολλαπλασιάζονται με το αντίστοιχο βάρος του επιπέδου και τα αποτελέσματα αθροίζονται ούτως ώστε να δημιουργήσουν ένα συνολικό δείκτη καταλληλότητας για κάθε κελί (*Χάρτης Αξιολόγησης-Evaluation Map*).

Με την εκτέλεση της λειτουργίας της Σταθμισμένης Επικάλυψης αξιολογούνται τελικά οι τοποθεσίες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου. Για το λόγο ότι οι ενδιαφερόμενες τοποθεσίες θεωρούνται μόνο εκείνες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο, το στάδιο του Αποκλεισμού, χρησιμοποιείται το εργαλείο της χωρικής ανάλυσης Raster Calculator για τον πολλαπλασιασμό του *Χάρτη Αποκλεισμού* με το *Χάρτη Αξιολόγησης*. Από τη διαδικασία αυτή προκύπτει ο *Χάρτης Καταλληλότητας (Suitability Map)*.

Το στάδιο Οικονομικής Αξιολόγησης (3^ο στάδιο). Στο στάδιο αυτό, οι τοποθεσίες με τον υψηλότερο δείκτη καταλληλότητας του *Χάρτη Καταλληλότητας* θα αξιολογηθούν με βάση τις αναμενόμενες ταμειακές ροές τους. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση είναι η αναμενόμενη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και τα χωρικά και μη εξαρτώμενα έσοδα και κόστη της επένδυσης. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνουν το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Livellised Cost of Energy*), τη Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), τον Εσωτερικό Βαθμό απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*) και την Απλή περίοδο αποπληρωμής (*Payback period*).

Το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης ολοκληρώνεται με την **Ανάλυση Ευαισθησίας (Sensitivity Analysis) (4^ο Στάδιο)** που αποτελεί ένα μέσο ελέγχου της σταθερότητας των αποτελεσμάτων κατά την υποκειμενικότητα των αποφάσεων των εμπειρογνομόνων. Η πιο κοινή μέθοδος θεωρείται η τροποποίηση των βαρών που λαμβάνονται από τους ειδικούς, όπου μέσω αυτής, είναι πιθανή η μεταβολή του τελικού χάρτη καταλληλότητας (*Suitability Map*).

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται αναλυτικά το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης όπως αυτό διαμορφώνεται, με την εισαγωγή τεχνοοικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και χωροταξικών κριτηρίων, και από την πολυπλοκότητα της διαδικασίας η οποία ενισχύεται από την παρουσία πολλών εμπλεκόμενων φορέων με αντικρουόμενες αντιλήψεις και απόψεις.

4.2 Προσδιορισμός των Ανασταλτικών Κριτηρίων & Παραγωγή του Χάρτη Αποκλεισμού (1^ο Στάδιο)

4.2.1 Κριτήρια Αποκλεισμού (Exclusion Criteria)

Η σωστή επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας, αποτελεί το προκαταρκτικό στάδιο στη διαδικασία της χωροθέτησης μιας (*υπεράκτιας*) ανεμογεννήτριας. Σε αυτό το αρχικό

στάδιο καθορίζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται, οδηγώντας στον αποκλεισμό των ακατάλληλων και παράλληλα στον προσδιορισμό των κατάλληλων τοποθεσιών (Stefanakou & Nikitakos, 2016). Τα κριτήρια αυτά χαρακτηρίζονται ως απλά αφού καθορίζουν το κατά πόσο επιτρέπεται ή όχι η χωροθέτηση μιας δραστηριότητας εντός μιας τοποθεσίας ή όχι και καθορίζονται βάσει του υφιστάμενου νομοθετικού πλαισίου κάθε χώρας και του σκοπού που εξυπηρετεί η μελέτη.

Κατά τη διάρκεια της προκαταρκτικής διαδικασίας χωροθέτησης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής καθόρισε τέσσερα βασικά κριτήρια αποκλεισμού για τον χωροθέτηση υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Τα κριτήρια αυτά καθορίστηκαν και αναλύθηκαν από το Υπουργείο ως εξής (ΥΠΕΚΑ, 2010):

Κριτήριο 1: «Στον αποκλεισμό προφανών περιοχών όπου η ανάπτυξη θαλάσσιων πάρκων είναι ασύμβατη με άλλες χρήσεις παραμένοντας, φυσικά, εντός των 6 ναυτικών μιλίων».

Κριτήριο 2: «Στην εξασφάλιση της τεχνικής δυνατότητας εγκατάστασης ανεμογεννητριών στις συγκεκριμένες θέσεις (κριτήριο που αφορά κυρίως το θαλάσσιο βάθος)».

Κριτήριο 3: «Στην, καταρχήν, αποφυγή θέσεων με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (με βάση τα διαθέσιμα σε πρώτο χρόνο στοιχεία)».

Κριτήριο 4: «Στην ελαχιστοποίηση της οπτικής όχλησης». Το κριτήριο αυτό εφαρμόζεται μόνο για θέσεις παρατήρησης όπου υπάρχουν ή αναμένεται να υπάρχουν σημαντικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το μέγιστο ορατό ύψος και η μέγιστη ορατή επιφάνεια των ανεμογεννητριών.

Όσον αφορά το κριτήριο που αφορά το θαλάσσιο βάθος, η περίπτωση του περιορισμού των εγκαταστάσεων σε μικρά έως μεσαία μόνο βάθη (<50 μέτρων) θεωρήθηκε ότι περιορίζει σημαντικά τις περιοχές στις οποίες είναι δυνατή η χωροθέτηση, δεδομένης της μορφολογίας του ελληνικού εδάφους και κατ' επέκταση του θαλάσσιου πυθμένα, καθώς στις περισσότερες περιοχές υπάρχει απότομη αύξηση του βάθους και συνεπώς η επιφάνεια των αξιοποιήσιμων περιοχών θεωρείται μικρή. Συνεπώς ως μέγιστο επιτρεπτό βάθος και εφόσον υπάρχει ήδη η τεχνολογία των πλωτών συστημάτων θεωρούνται τα 100 μέτρα.

Το κριτήριο της οπτικής όχλησης με βάση τη διεθνή πρακτική επιτρέπει την κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, και όχι εντός των έξι (6) ναυτικών μιλίων.

Ο περιορισμός αυτός, στον Ελλαδικό χώρο, οδηγεί σε τοποθεσίες σε κοντινότερες αποστάσεις από την ακτογραμμή, συγκριτικά με τις αποστάσεις χωροθέτησης των αιολικών πάρκων που ισχύουν για το εξωτερικό.

Αναμένεται, επομένως ότι στην Ελλάδα σχεδόν καμία τοποθεσία δεν είναι δυνατό να πληροί ταυτόχρονα αυτά τα δύο κριτήρια. Επιπλέον, στην Ελλάδα υπάρχουν ελάχιστες εκτάσεις με σχετικά αβαθή ύδατα σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ παράλληλα και ο περιορισμός των έξι (6) ναυτικών μιλίων μειώνει ακόμα περισσότερο τις διαθέσιμες τοποθεσίες.

Συνεπώς, το κριτήριο τέσσερα (4), για την οπτική όχληση δεν θεωρείται ότι αποτελεί κριτήριο αποκλεισμού των πιθανών τοποθεσιών χωροθέτησης, οι οποίες αξιολογούνται στις επόμενες παραγράφους, χρησιμοποιώντας πολλαπλά κριτήρια ανάλυσης αποφάσεων.

4.2.2 & Ανάλυση Δεδομένων

Αφού καθοριστούν τα κριτήρια, αμέσως επόμενο στάδιο είναι η μετατροπή τους σε συγκεκριμένα θεματικά επίπεδα (*Layers*) που περιλαμβάνουν την αντίστοιχη γεωμετρία και την περιγραφική πληροφορία. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από την ανάλυση που είναι αναγκαία στην εκάστοτε μελέτη και τα τελικά προϊόντα που πρέπει να δημιουργηθούν (Κουτσόπουλος, και Ανδρουλακάκης, 2005). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτούνται δεδομένα για τις τοποθεσίες που εντάσσονται ως τόποι κοινοτικής σημασίας και ζώνες ειδικής προστασίας στο δίκτυο Natura 2000, χωρικών υδάτων και βαθυμετρίας.

Μετά τον προσδιορισμό του *προβλήματος*, της δημιουργίας βάσης δεδομένων, τον καθορισμό των κριτηρίων και την μετατροπή τους στα αντίστοιχα επίπεδα ανάλυσης, το επόμενο βήμα είναι η χωρική ανάλυση των δεδομένων. Για τον προσδιορισμό των χωρικών στοιχείων σε επίπεδα, δύο είναι οι βασικές συνιστώσες: η μορφή των στοιχείων (*σημείο, γραμμή, πολύγωνο*) και η θεματολογία τους (Στεφανάκης, 2010).

4.2.3 Χωρική Ανάλυση

4.2.3.1 Δυαδική Επικάλυψη (*Boolean Overlay*)

Η χωρική ανάλυση σε αυτό το αρχικό στάδιο υλοποιείται με τη βοήθεια της Δυαδικής Επικάλυψης (*Boolean Overlay*). Η Δυαδική Επικάλυψη χρησιμοποιείται για τη σάρωση της περιοχής μελέτης με σκοπό την ανεύρεση κατάλληλων τοποθεσιών σύμφωνα με τα κριτήρια που προσδιορίστηκαν σε προηγούμενο στάδιο. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι ο σαφής διαχωρισμός των τοποθεσιών σε κατάλληλες και ακατάλληλες για την εγκατάσταση μιας δραστηριότητας. Το βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης μεθοδολογικής προσέγγισης είναι ότι το τελικό αποτέλεσμα θα αποδίδει περιοχές οι οποίες θεωρούνται όλες της ίδιας καταλληλότητας, με αποτέλεσμα η διαπίστωση αυτή πρακτικά να σημαίνει ότι η έρευνα πεδίου εκτελείται σε όλες τις περιοχές.

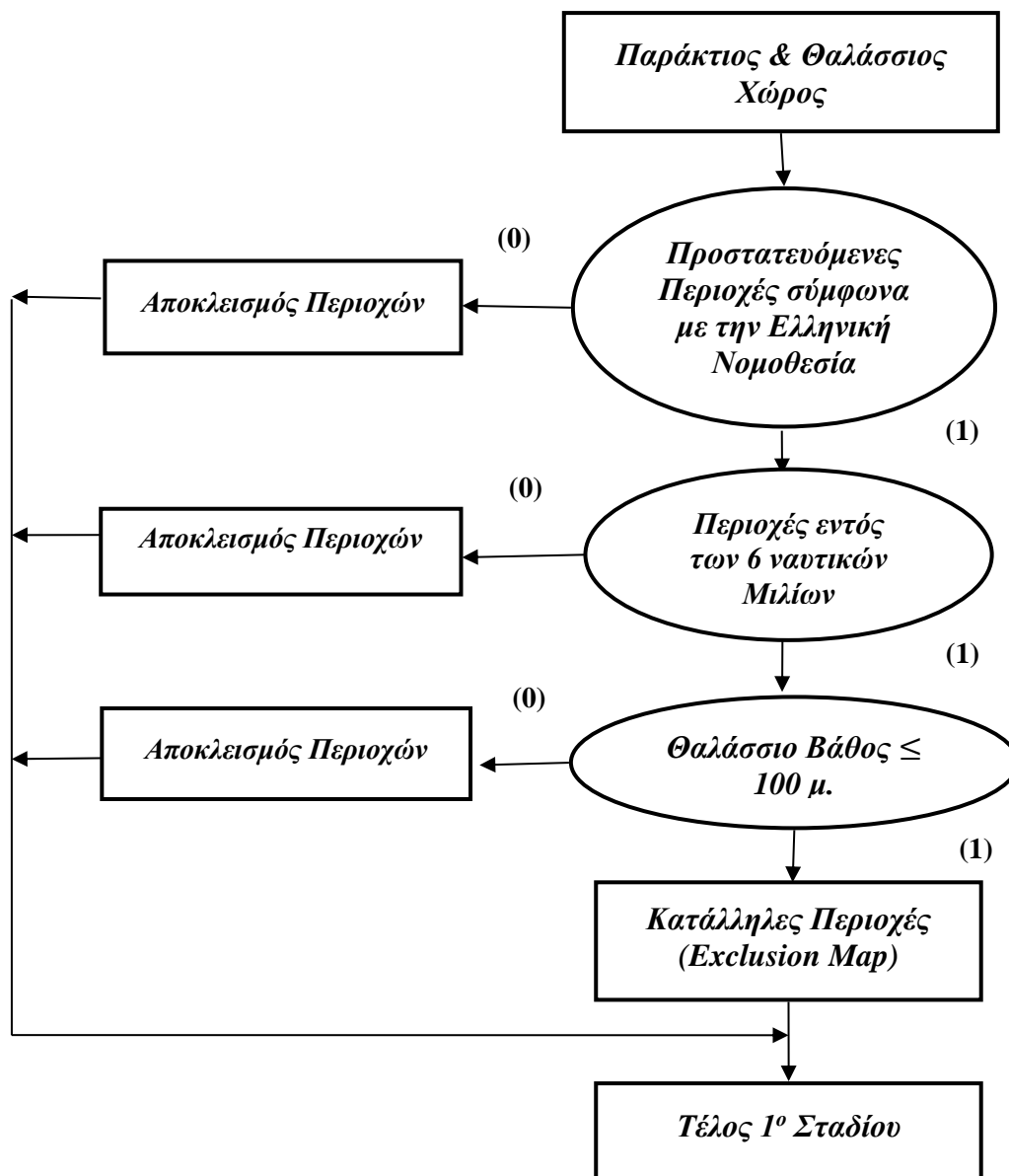
Σε αυτό το στάδιο τα τρία (3) διαφορετικά κριτήρια που καθορίστηκαν σε προγενέστερο στάδιο και μετά την μετατροπή τους σε τρία (3) διαφορετικά θεματικά επίπεδα (*Layers*) χρησιμοποιούνται με σκοπό τον διαχωρισμό των τοποθεσιών σε κατάλληλες και ακατάλληλες.

Ένα δυαδικό πλέγμα δημιουργείται για κάθε ένα από τα τρία (3) θεματικά επίπεδα, με κελιά που περιέχουν τις τιμές μηδέν (0) ή ένα (1). Η παρουσία ενός περιοριστικού κριτηρίου σε κάθε κελί του αντίστοιχου θεματικού επιπέδου, θα περιγράφεται με την τιμή μηδέν (0), ενώ η απουσία του με ένα (1). Το τελευταίο βήμα της Δυαδικής Επικάλυψης είναι ο πολλαπλασιασμός και των τριών (3) θεματικών επιπέδων. Το νέο θεματικό επίπεδο που θα προκύψει από αυτή τη διαδικασία θα περιλαμβάνει μόνο τα κελιά με την τιμή ένα (1) των τριών (3) θεματικών επιπέδων, δηλαδή μόνο κατάλληλες τοποθεσίες, που σημαίνει ότι θα περιλαμβάνει τοποθεσίες που δεν διαθέτουν το

αντίστοιχο κριτήριο ακαταλληλότητας μηδέν (0). Το τελικό προϊόν της συγκεκριμένης μεθοδολογικής προσέγγισης είναι ο *Χάρτης Αποκλεισμού (Exclusion Map)*.

Η μεθοδολογική προσέγγιση της δυαδικής λογικής προτείνεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει ανάγκη για εύκολη και γρήγορη ανεύρεση των ευρύτερα κατάλληλων τοποθεσιών. Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη σε *προβλήματα χωροθέτησης* που εφαρμόζουν την συγκεκριμένη μεθοδολογία θεωρούνται απλοϊκά σε ότι αφορά το χωρικό τους καθορισμό και αντλούνται συνηθέστερα από τους περιορισμούς που προέρχονται από την υφιστάμενη νομοθεσία κάθε χώρας και τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης.

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθείται σε αυτό το πρώτο στάδιο του Αποκλεισμού, που υποδεικνύει τις κατάλληλες τοποθεσίες προς χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, με τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται, τις λειτουργίες ανάλυσης και το νέο επίπεδο που παράγεται.



Εικόνα 4.1. Μεθοδολογικό πλαίσιο διαδικασίας ΠΑ 1^ο Σταδίου

4.3 Προσδιορισμός των Κριτηρίων Αξιολόγησης & Παραγωγή του Χάρτη Αξιολόγησης (2^ο Στάδιο)

4.3.1 Κριτήρια Αξιολόγησης (Evaluation Criteria)

Στο δεύτερο στάδιο αξιολογούνται οι τοποθεσίες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο βάσει *δυναμικών* κριτηρίων, που προσδιορίζουν τις βέλτιστες τοποθεσίες προς χωροθέτηση, με βάση κυρίως τεχνοοικονομικά κριτήρια.

Αυτό, επιτυγχάνεται με την εισαγωγή κριτηρίων που αφορούν τα τρία σημαντικά χωρικά εξαρτώμενα έσοδα και κόστη, όπου είναι: α) τα έσοδα από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που είναι συνάρτηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού, β) των δαπανών σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο μέχρι τις πλησιέστερες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας, όπου υπολογίζονται ως συνάρτηση της απόστασης και γ) των δαπανών

εγκατάστασης, εργασιών συντήρησης και παροπλισμού ενός αιολικού πάρκου, μέχρι τις πλησιέστερες λιμενικές εγκαταστάσεις, εξίσου ως συνάρτηση της απόστασης (Stefanakou & Nikitakos, 2016).

Για λόγους πληρότητας, φυσικά δεν θα μπορούσαν να μην συμπεριληφθούν κοινωνικά, περιβαλλοντικά και χωροταξικά κριτήρια, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων που δύναται να προκαλεί ένα αιολικό πάρκο στις τοπικές κοινωνίες, στο περιβάλλον, και στους άλλους θαλάσσιους χρήστες. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται βασίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία και είναι τα εξής:

1. Αιολικό δυναμικό
2. Κυματικό δυναμικό
3. Προσβασιμότητα στο δίκτυο ηλεκτροδότησης
4. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας
5. Γειτνίαση με λιμενικές εγκαταστάσεις
6. Απόσταση από οικισμούς και αστικά κέντρα
7. Απόσταση από διαύλους ναυσιπλοΐας
8. Απόσταση από γνωστά υποθαλάσσια καλώδια
9. Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές

Κριτήριο 1: Αναμφίβολα το αιολικό δυναμικό αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης, καθώς προσδιορίζει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας σε κάθε περιοχή. Η βέλτιστες τοποθεσίες θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από υψηλό αιολικό δυναμικό, προκειμένου να διασφαλίζεται η όσο το δυνατόν υψηλότερη συγκέντρωση ισχύος και συνεπώς η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης (Tegou et al., 2010).

Κριτήριο 2: Ένας ιδιαίτερα κρίσιμος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, λόγω των φορτίσεων που ασκούνται στον πλωτήρα και στην ανεμογεννήτρια (Jonkman, 2007; Matha, 2009). Επίσης, μια περιοχή με έντονο κυματισμό αποτελεί και μια σαφή ένδειξη δυσκολότερης πρόσβασης σε αυτή.

Κριτήριο 3: Η προσβασιμότητα στο δίκτυο ηλεκτροδότησης αποτελεί ένα εξίσου σημαντικό κριτήριο, κυρίως για οικονομοτεχνικούς λόγους. Η τοποθέτηση ανεμογεννήτριας/ων μακριά από υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο θα σήμαινε υψηλότερο κόστος, λόγω του ότι νέες γραμμές και υποσταθμοί θα χρειάζονταν να κατασκευαστούν, αλλά και μεγαλύτερες απώλειες ισχύος. Το κόστος σύνδεσης ενός αιολικού πάρκου σε ένα υπάρχον υποσταθμό περιγράφεται από τη σχέση (Haaren and Fthenakis, 2011):

$$C_S = C_{upgrade} + (C_{line} x_{w \rightarrow s})$$

Σε διαφορετική περίπτωση το κόστος ενός νέου υποσταθμού και η σύνδεση του σε υπάρχον γραμμές μεταφοράς υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_I = C_{new} + (C_{line} x_{w \rightarrow I})$$

Όπου $C_{upgrade}$ και C_{new} είναι το κόστος για την αναβάθμιση ενός ήδη υπάρχον υποσταθμού και αντίστοιχα το κόστος ενός νέου υποσταθμού και η απόσταση προς τις υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς ($x_{w \rightarrow l}$) ή υποσταθμούς ($x_{w \rightarrow s}$) σε χιλιόμετρα.

Στην παρούσα διατριβή το ελάχιστο C_S και C_I ενσωματώνονται. Οι δαπάνες σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο υπολογίζονται ως συνάρτηση της απόστασης μέχρι τις πλησιέστερες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας ή υποσταθμού.

Επιπρόσθετα, η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως μια *διακοπτόμενη* πηγή ενέργειας, η οποία χρειάζεται ειδικούς ενεργειακούς χειρισμούς, αποθήκευση και εγκαταστάσεις μετάδοσης για το χειρισμό των ενεργειακών διακυμάνσεων (Ibrahim et al., 2011). Συνεπώς, η εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στις υφιστάμενες υποδομές αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα, αφού θα αντισταθμίσει ή θα περιορίζει τις δαπάνες που προαναφέρθηκαν όσο το δυνατόν καλύτερα.

Κριτήριο 4: Αναμφίβολα ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας, καθώς η αναγκαιότητα της ύπαρξης ή μη ενός αιολικού πάρκου αλλά και το μέγεθος του εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κάθε υποψήφιας τοποθεσίας (Tegou et al., 2010).

Κριτήριο 5: Η γεινίαση με λιμενικές εγκαταστάσεις αποτελεί και αυτή ένα εξίσου σημαντικό κριτήριο. Η εύκολη προσβασιμότητα σε λιμενικές εγκαταστάσεις υποδεικνύει λιγότερες δαπάνες εγκατάστασης, εργασιών συντήρησης και παροπλισμού ενός αιολικού πάρκου (Crown Estate, 2013; Stefanakou et al., 2016). Και σε αυτό το κριτήριο, οι δαπάνες εγκατάστασης, εργασιών συντήρησης και παροπλισμού υπολογίζονται ως συνάρτηση της απόστασης μέχρι τις πλησιέστερες λιμενικές εγκαταστάσεις.

Μετά την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου οι κυριότεροι οικονομικοί κίνδυνοι που μπορούν να παρουσιαστούν είναι οι χαμηλότερες ενεργειακές αποδόσεις από τις αναμενόμενες και το υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Αν και το κύριο συστατικό του κόστους της αιολικής ενέργειας (*ανεμογεννήτριες*) δεν είναι χωρικά εξαρτώμενο, άλλα συστατικά όπως το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, οι δαπάνες ηλεκτρικής διασύνδεσης και η εύκολη προσβασιμότητα από τις λιμενικές εγκαταστάσεις διαφέρουν σημαντικά από τοποθεσία σε τοποθεσία. Συνεπώς, η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει να περιλαμβάνει αυτά τα κριτήρια και να στοχεύει στην όσο το δυνατόν ικανοποίηση τους (Haaren and Fthenakis, 2011).

Κριτήριο 6: Η απόσταση ενός αιολικού πάρκου από μεγάλους οικισμούς και αστικά κέντρα θεωρείται από τους πιο επιδραστικούς παράγοντες που είναι δυνατό να επηρεάζουν την κοινή γνώμη (Wolsink, 1989; Kempton et al., 2005; Ladenburg, 2008; Pavlogeorgatos et al., 2015). Η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αποστάσεων από μεγάλους οικισμούς και αστικά κέντρα διασφαλίζει την μειωμένη οπτική και ηχητική όχληση που προκύπτει από τη χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου πλησίον αυτών και συνεπώς ελαχιστοποιεί τις πιθανές αντιδράσεις από τις τοπικές κοινωνίες.

Με την απόσταση μειώνονται οι αντιθέσεις και γι' αυτό δεν γίνονται εύκολα αντιληπτές οι ανεμογεννήτριες. Αν και ο βαθμός της οπτικής όχλησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: τον τοπογραφικό χαρακτήρα της κάθε περιοχής, τον καιρό, το μοντέλο της ανεμογεννήτριας, κτλ. (Bishop and Miller, 2007 ;Nadai and Horst,

2010; Pavlogeorgatos et al., 2015). Σε κάθε περίπτωση ένα αιολικό πάρκο δεν πρέπει να επιφέρει δυσμενή επίδραση στην αισθητική του τοπίου και θα πρέπει να διασφαλίζει ένα ελάχιστο επίπεδο θορύβου που θα καταλήγει στις ακτές, στα όρια των οικιστικών δραστηριοτήτων μικρότερο των 45dB (Φ.Ε.Κ/Β.3.12.2008).

Αν και ο περιορισμός των 6 ναυτικών μιλίων στον Ελλαδικό χώρο, οδηγεί τη χωροθέτηση υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε κοντινές αποστάσεις από την ακτογραμμή, η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγάλων αποστάσεων (εντός των 6 ναυτικών μιλίων) από οικισμούς και αστικά κέντρα διασφαλίζει την περιορισμένη οπτική και ηχητική όχληση.

Κριτήριο 7: Η εξασφάλιση επαρκών αποστάσεων από διαύλους ναυσιπλοΐας είναι ζωτικής σημασίας για ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, λόγω του κινδύνου συγκρούσεων που μπορεί να προκύψουν (Koller et al., 2006; Biehl and Lehmann, 2006; Bela et al., 2017).

Κριτήριο 8: Ένα εξίσου σημαντικό κριτήριο είναι η διασφάλιση επαρκών αποστάσεων από γνωστά υποθαλάσσια καλώδια (από διαθέσιμους ναυτικούς χάρτες). Μια πιθανή ενδεχόμενη αλληλεπίδραση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στις υφιστάμενες καλωδιώσεις θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικά δυσμενείς επιπτώσεις στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (Crown Estate, 2012; Power & Renewable Sub-Group, 2013).

Κριτήριο 9: Η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αποστάσεων από θεσμοθετημένες περιοχές NATURA 2000 θεωρείται επίσης ένα σημαντικό κριτήριο. Καθώς η ανάπτυξη αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο θεωρείται ακριβότερη από την ανάπτυξη στη στεριά, έχει νόημα μόνο όταν εξασφαλίζονται πρόσθετα οφέλη, κυρίως περιβαλλοντικά. Υπό αυτή την έννοια, δεν υπάρχει κανένας λόγος ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο να χωροθετηθεί πλησίον μιας έκτασης NATURA 2000 (ΥΠΕΚΑ, 2010). Η διατήρηση επαρκών αποστάσεων λοιπόν από θεσμοθετημένες προστατευόμενες περιοχές εξασφαλίζει την διατήρησή τους (Bailey et al., 2014; Spiropoulou et al., 2015).

4.3.2 Ανάλυση Δεδομένων

Σε αυτό το στάδιο, ομοίως όπως και στο πρώτο στάδιο του Αποκλεισμού, κάθε κριτήριο από τα ανωτέρω θα μετατραπεί στο αντίστοιχο θεματικό επίπεδο (*Layer*) που θα περιλαμβάνει την γεωμετρία και την αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία.

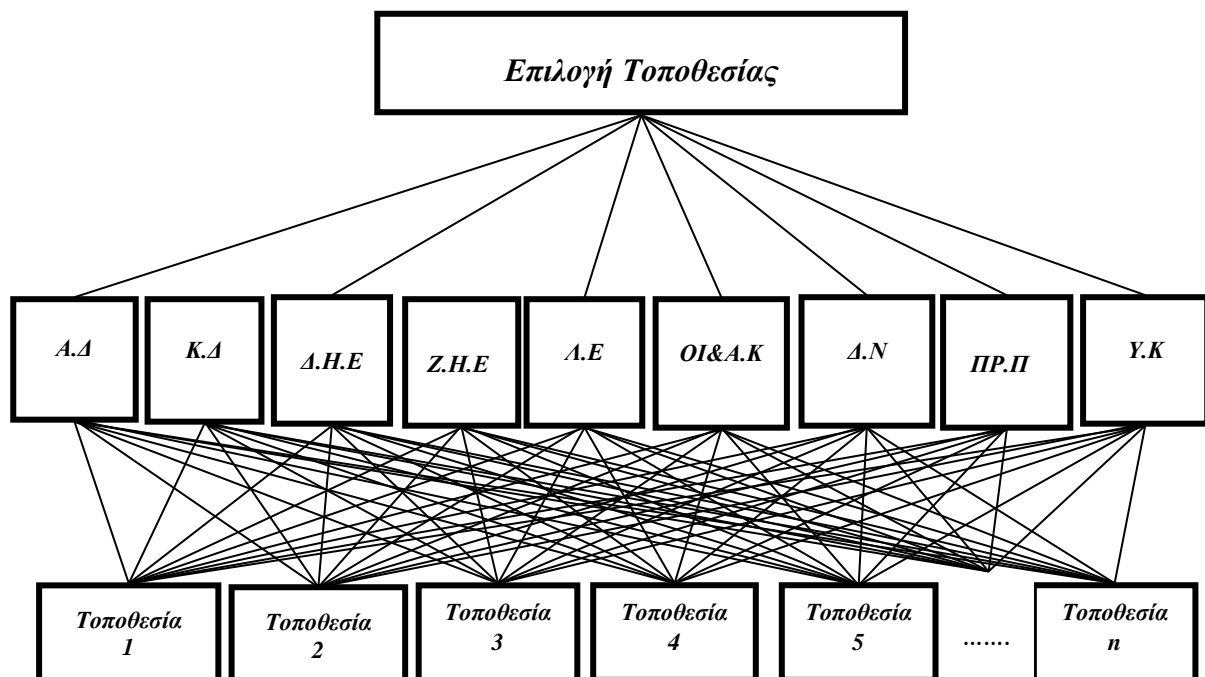
Σε αυτό το στάδιο απαιτούνται πληροφορίες που αφορούν το διαθέσιμο αιολικό και κυματικό δυναμικό της περιοχής μελέτης, στοιχεία των ηλεκτρικών δικτύων, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, των λιμενικών εγκαταστάσεων, των οικισμών και αστικών κέντρων, των γραμμών ναυσιπλοΐας, των υποθαλάσσιων καλωδίων και των τοποθεσιών που εντάσσονται ως τόποι κοινοτικής σημασίας και ζωνών ειδικής προστασίας στο δίκτυο Natura 2000.

Το επόμενο βήμα, της μετατροπής των στοιχείων στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα και της δημιουργίας της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στη διατριβή είναι η χωρική ανάλυση αυτών.

4.3.3 Χωρική Ανάλυση

4.3.3.1 Σταθμισμένη Επικάλυψη (Weighted Overlay)

Η διαδικασία της Σταθμισμένης Επικάλυψης θεωρείται μια από δημοφιλέστερες και πιο πολύ-εφαρμοσμένες προσεγγίσεις της Ανάλυσης Επικάλυψης (*Overlay Analysis*) για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων. Σύμφωνα με αυτή, αρχικά καθορίζεται το γενικό πρόβλημα, διασπάται σε επιμέρους στόχους και καθορίζονται τα εισερχόμενα θεματικά επίπεδα (*layers*). Ακολούθως, παρουσιάζεται η Ιεραρχική δομή του *προβλήματος*, που υποδεικνύει τα εισερχόμενα θεματικά επίπεδα, το πλήθος των εναλλακτικών τοποθεσιών που προκρίθηκε από το πρώτο στάδιο του Αποκλεισμού, τα κριτήρια αξιολόγησης και τον τελικό στόχο.



Α.Δ: Αιολικό Δυναμικό

Κ.Δ: Κυματικό Δυναμικό

Δ.Η.Ε: Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ζ.Η.Ε: Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Λ.Ε: Λιμενικές Εγκαταστάσεις

ΟΙ & Α.Κ: Οικισμοί & Αστικά Κέντρα

Δ.Ν: Δίαυλοι Ναυσιπλοΐας

ΠΡ. Π: Προστατευόμενες Περιοχές

Υ.Κ: Υποθαλάσσια Καλώδια

Εικόνα 4.2. Ιεραρχική δομή του *προβλήματος* χωροθέτησης

Δεδομένου όμως, ότι τα εννιά (9) εισερχόμενα θεματικά επίπεδα αντιστοιχούν σε διαφορετικά συστήματα αρίθμησης με διαφορετικές κλίμακες, για να μπορέσουν να

συνδυαστούν σε ένα κοινό περιβάλλον ανάλυσης θα πρέπει να αναταξινομηθούν σε μια κοινή κλίμακα που ονομάζεται *Κλίμακα Τιμών Καταλληλότητας* της λειτουργίας της Σταθμισμένης Επικάλυψης (*Weighted Overlay*) (ArcGis for Desktop, 2016).

Στην παρούσα διατριβή όλα τα θεματικά επίπεδα εκτός από το διαθέσιμο αιολικό και κυματικό δυναμικό αφορούν σειρές αποστάσεων, ενώ του αιολικού και κυματικού δυναμικού αφορούν τάξεις. Για το λόγο αυτό, τα εννιά (9) αρχικά θεματικά επίπεδα θα πρέπει να αναταξινομηθούν σε μια κοινή κλίμακα καταλληλότητας, ούτως ώστε στη συνέχεια να μεταβούν στη Σταθμισμένη Επικάλυψη.

Τα κριτήρια τα οποία έχουν γεωγραφική εξάρτηση λόγω της εγγύτητας τους στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, όπως τα κριτήρια της προσβασιμότητας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, της γειτνίασης με λιμενικές εγκαταστάσεις και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας θα έχουν βαθμούς καταλληλότητας οι οποίοι θα μειώνονται όσο απομακρύνονται από αυτά.

Αντίστροφα, για τα υπόλοιπα τέσσερα κριτήρια (*Απόσταση από οικισμούς και αστικά κέντρα, από διαύλους ναυσιπλοΐας, από υποθαλάσσια καλώδια και προστατευόμενες περιοχές*), οι βαθμοί καταλληλότητας θα αυξάνονται όσο απομακρύνονται από αυτά.

Για το κριτήριο του αιολικού δυναμικού, οι τάξεις με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας θα είναι εκείνες που αντιστοιχούν στη μεγαλύτερη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, ενώ αντίστροφα για το κυματικό δυναμικό, οι τάξεις με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας θα είναι εκείνες που αντιστοιχούν στο μικρότερο μέσο σημαντικό ύψος κύματος.

Ακολούθως, κάθε ένα από τα εννιά (9) κριτήρια αξιολόγησης είναι δυνατό να μην είναι της ίδιας σημαντικότητας. Έτσι τα σημαντικότερα κριτήρια θα πρέπει να σταθμιστούν με μεγαλύτερο βάρος από τα υπόλοιπα. Σε αυτό το στάδιο, αυτό επιτυγχάνεται με τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης και τη δημιουργία του πίνακα συγκρίσεων των κριτηρίων ανά ζεύγη.

Συνεπώς, τα εννιά (9) κριτήρια που έχουν τεθεί, θα συγκριθούν, ανά ζεύγη με βάση τη κλίμακα του Saaty. Η κλίμακα καταλληλότητας για κάθε κριτήριο θα παραμείνει ως έχει, όπως περιγράφηκε ανωτέρω. Η λογική πίσω από τη στάθμιση των κριτηρίων βασίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία και στις απόψεις των εμπειρογνομόνων και αναλύεται ως εξής:

1. Το αιολικό δυναμικό θεωρείται το πιο σημαντικό κριτήριο, δεδομένου ότι καθορίζει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας σε κάθε περιοχή και συνεπώς την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.
2. Το κυματικό δυναμικό θεωρείται κυρίως ένα τεχνικό κριτήριο. Τεχνικές δυσκολίες θα μπορούσαν να προκύψουν ωστόσο, με άμεση συνέπεια στο προϋπολογισμό του έργου. Μια τοποθεσία με ιδιαίτερα έντονο κυματισμό θα οδηγούσε σε ένα υψηλότερο επίπεδο κόστους εγκατάστασης/παροπλισμού, συντήρησης, και λειτουργίας, λόγω των πιθανών συχνότερων βλαβών που θα μπορούσαν να προκύψουν στην κατασκευή από τις έντονες υδροδυναμικές φορτίσεις των κυμάτων. Επίσης, ο κυματισμός συνδέεται και με το κόστος κατασκευής των πλωτήρων και των συστημάτων αγκυροβόλησης. Μια τοποθεσία με μέτριας δυναμικότητας κυματισμό θα οδηγούσε στην κατασκευή

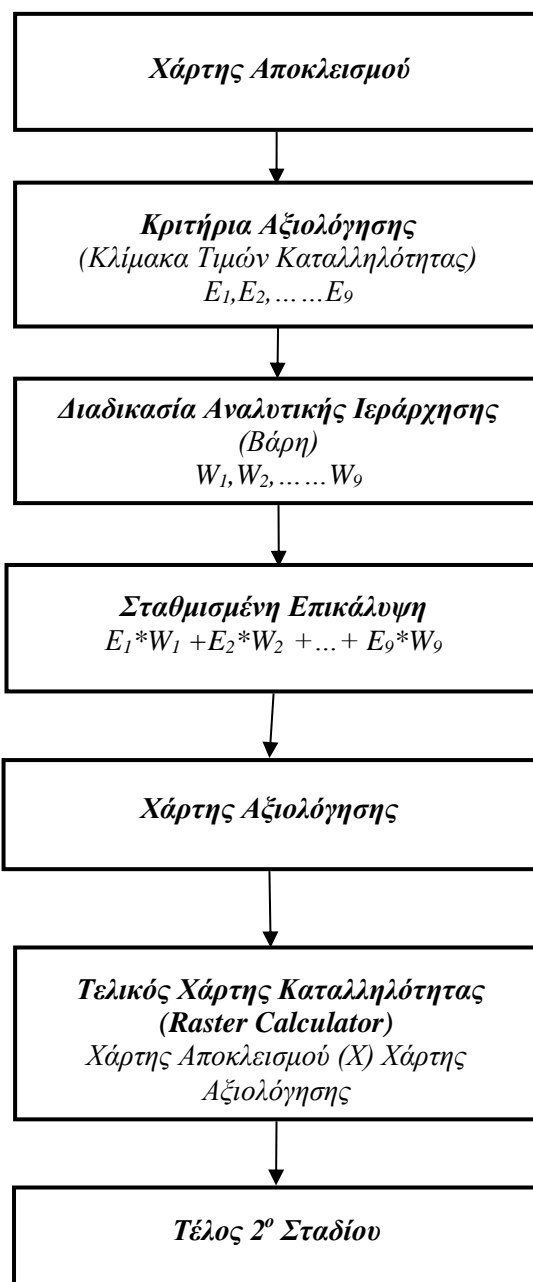
πιο απλών και φθηνών πλωτήρων και συστημάτων σταθερότητας (αγκυροβόλησης) (Fulton et al., 2007; Butterfield et al., 2005; Σκλαβούνος, 2009).

3. Οι γραμμές ναυσιπλοΐας και η ύπαρξη υποθαλάσσιων καλωδίων αποτελούν τα επόμενα κριτήρια, καθώς η ήδη χρήση του θαλάσσιου χώρου από άλλους χρήστες είναι δυνατό να εμποδίσει την αδειοδότηση και την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου.
4. Τα οικονομικά κριτήρια εγγύτητας (απόστασης) από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μικρότερης βαρύτητας κριτήρια, δεδομένου ότι επηρεάζουν το τελικό κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και παροπλισμού ενός αιολικού πάρκου και τις απώλειες δικτύου.
5. Έβδομο στη σειρά προτεραιοτήτων είναι το κριτήριο της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο συνδέεται στενά με τις απώλειες του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.
6. Όγδοο στη σειρά προτεραιοτήτων αποτελεί η εξασφάλιση επαρκών αποστάσεων από κατοικημένες περιοχές, όπου είναι δυνατό να ελαχιστοποιεί τις πιθανές αντιδράσεις και να διευκολύνει την αποδοχή των αιολικών πάρκων από τις τοπικές κοινωνίες, ένα ζήτημα ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη χωροθέτηση τους. (Wolsink, 1989; 2007; Papadopoulos et al., 2008; Tsoutsos et al., 2009; Dimitropoulos and Kontoleon, 2009). Όπως προκύπτει από τα συμπεράσματα του τελευταίου διαθέσιμου ευρωβαρόμετρου το (ελληνικό) κοινό φαίνεται να ευνοεί έντονα την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας (EC, 2007).
7. Τελευταίο κατά σειρά σπουδαιότητας τοποθετείται η εξασφάλιση επαρκών αποστάσεων από προστατευόμενες περιοχές, δεδομένου ότι οι προστατευόμενες περιοχές έχουν ήδη αποκλειστεί από το πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου (Στάδιο Αποκλεισμού).

Στη συνέχεια επόμενο στάδιο, είναι η επαναφορά στη διαδικασία της Σταθμισμένης Επικάλυψης και η εισαγωγή των υπολογιζόμενων βαρών από τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης σε αυτή. Ακολούθως, οι τιμές των κελιών κάθε επιπέδου πολλαπλασιάζονται με τα αντίστοιχο βάρος του επιπέδου και τα αποτελέσματα αθροίζονται ούτως ώστε να δημιουργήσουν ένα συνολικό δείκτη καταλληλότητας για κάθε κελί (*Χάρτης Αξιολόγησης-Evaluation Map*).

Με την εκτέλεση της λειτουργίας της Σταθμισμένης Επικάλυψης αξιολογούνται οι τοποθεσίες του Σταδίου Αξιολόγησης. Για το λόγο ότι οι ενδιαφερόμενες περιοχές θεωρούνται μόνο αυτές που προήλθαν από το πρώτο στάδιο, το στάδιο του Αποκλεισμού, χρησιμοποιείται το εργαλείο της χωρικής ανάλυσης Raster Calculator για τον πολλαπλασιασμό του *Χάρτη Αποκλεισμού* με το *Χάρτη Αξιολόγησης*. Από τη διαδικασία αυτή προκύπτει ο *Χάρτης Καταλληλότητας (Suitability Map)*.

Ακολούθως, παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθείται στο δεύτερο στάδιο, αυτό της Αξιολόγησης, που αξιολογεί τις τοποθεσίες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο του Αποκλεισμού, βάσει *δυναμικών* κριτηρίων. Παρουσιάζονται οι λειτουργίες της χωρικής ανάλυσης και το τελικό προϊόν που προκύπτει (*Χάρτης Καταλληλότητας/Suitability Map*).



Εικόνα 4.3. Μεθοδολογικό πλαίσιο διαδικασίας ΠΑ 2^ο Σταδίου.

4.4. Οικονομική Αξιολόγηση (3^ο Στάδιο)

Η μεθοδολογική προσέγγιση που αναπτύσσεται στη παρούσα διατριβή περιλαμβάνει την οικονομική αξιολόγηση των τοποθεσιών με τον υψηλότερο δείκτη καταλληλότητας του Χάρτη Καταλληλότητας, μέσω της ανάπτυξης μιας γρήγορης,

ειδικά εστιασμένης σε έργα ΑΠΕ μεθοδολογίας με βάση της διαδικασία της αυτοχρηματοδότησης (*Project finance*)³.

Η οικονομική αξιολόγηση χαρακτηρίζεται ίσως ως το σημαντικότερο στοιχείο το οποίο λαμβάνει υπόψη ένας επενδυτής, προκειμένου να λάβει μια επενδυτική απόφαση, αλλά και ένα χρηματοπιστωτικό ίδρυμα κατά την εξέταση ενός αιτήματος χρηματοδότησης.

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται και αναλύονται οι βασικότεροι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται τόσο από ένα χρηματοπιστωτικό φορέα, όσο και από ένα επενδυτικό για την οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων.

Κατάσταση Ταμειακών Ροών

Οι περισσότερες χρηματοοικονομικές μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων βασίζονται στον υπολογισμό των ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση του υπό εξέταση επενδυτικού σχεδίου.

Η ταμειακή ροή ορίζεται ως η διαφορά της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής ενός έργου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, συνήθως ενός έτους και μπορεί να είναι είτε θετική, είτε αρνητική.

Προκειμένου ένα επενδυτικό σχέδιο να αξιολογηθεί χρηματοοικονομικά, καταστρώνεται η προβλεπόμενη κατάσταση των ετήσιων ταμειακών ροών του για την οικονομική διάρκεια της επένδυσης και απαιτείται η γνώση των παρακάτω βασικών μεγεθών:

- Του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης
- Των ετήσιων εσόδων
- Των ετήσιων εξόδων (*λειτουργικά έξοδα, τόκοι, χρεολύσια, φόρος εισοδήματος*), και
- Των ετήσιων αποσβέσεων

Ο πίνακας ταμειακών ροών του επενδυτικού σχεδίου που ακολουθείτε στην παρούσα διατριβή έχει την ακόλουθη μορφή:

	0	1	2	...v
[1] Έσοδα				
[2] Έξοδα				
[3] Μικτά Κέρδη [1]-[2]				
[4] Αποσβέσεις				
[5] Τόκοι				
[6] Φορολογητέο Εισόδημα [3]-[4]-[5]				
[7] Φόροι=[6]*Συντελεστή Φορολόγησης				

³ Ο όρος «Αυτοχρηματοδότηση Έργου» (*Project Finance*) αναφέρεται στις πιστοδοτήσεις έργων (*projects*) η εξυπηρέτηση των οποίων εξαρτάται άμεσα και σχεδόν αποκλειστικά από τις παραγόμενες ταμειακές ροές (*cash-flow*) που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των περιουσιακών στοιχείων, τα οποία δημιουργούνται, κατασκευάζονται και σχετίζονται με το συγκεκριμένο έργο. Κατά καιρούς έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί, οι οποίοι όμως συγκλίνουν στην αναγνώριση της ύπαρξης μιας ανεξάρτητης νομικά και οικονομικά επιχειρηματικής οντότητας (*Project company, Special Purpose Vehicle*) που χρηματοδοτείται για την κατασκευή ενός έργου, βάσει των αναμενόμενων χρηματοροών του.

[8] Καθαρά Κέρδη μετά από Φόρους [5]-[6]

[9] Χρεολύσια

[10] Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά από Φόρους [8]+[4]-[9]

Πίνακας 4.1 Πίνακας ταμειακών ροών επενδυτικού σχεδίου
Πηγή: Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008.

Εν συνεχεία, παρουσιάζονται συνοπτικά τα μεγέθη που περιλαμβάνει μια κατάσταση ταμειακών ροών όταν αυτή αναφέρεται σε μια επένδυση (*υπεράκτιου*) αιολικού πάρκου (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008; ΥΠΕΚΑ, 2012; Stefanakou & Nikitakos, 2015b).

Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης

Το συνολικό κεφάλαιο μιας επένδυσης (*υπεράκτιου*) αιολικού πάρκου χωρίζεται σε:

- Κεφάλαιο για την προπαρασκευή της επένδυσης
- Κεφάλαιο για την εγκατάσταση της μονάδας
- Κεφάλαιο κίνησης

Το κεφάλαιο για την προπαρασκευή της επένδυσης σχετίζεται κυρίως με δαπάνες που απαιτούνται για την υλοποίηση κάποιων διαδικασιών που θεωρούνται προαπαιτούμενες, πριν την κατασκευή, και περιλαμβάνουν ερευνητικά κόστη, κόστη μελετών, χορήγηση αδειών, κτλ.

Το κεφάλαιο για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου σχετίζεται με δαπάνες που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού, τη μεταφορά και την τοποθέτηση του, την κατασκευή βοηθητικών εγκαταστάσεων, π.χ. μετασχηματιστές, συστήματα παρακολούθησης (*monitoring*), κ.α.

Τέλος, το κεφάλαιο κίνησης έχει να κάνει με τη κάλυψη τακτικών και έκτακτων λειτουργικών δαπανών του έργου για μια αρχική περίοδο λειτουργίας (*πριν αρχίσουν οι εισπράξεις*) και τη συνέχιση της λειτουργίας του σε περίπτωση καθυστέρησης εισπράξης οφειλόμενων εσόδων.

Το συνολικό κεφάλαιο μιας επένδυσης είναι δυνατό να προέρχεται από:

- Ίδια κεφάλαια
- Τραπεζικό δανεισμό
- Επιχορήγηση (*δεν εξετάζεται στην παρούσα διατριβή*)

Ετήσια Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα επενδύσεων σε αιολικά συστήματα, εξαρτώνται από την καθορισμένη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh) και την ετήσια παραγωγή αυτής.

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός αιολικού πάρκου εξαρτάται από την εγκαταστημένη ισχύ του και τον συντελεστή χρησιμοποίησης (*capacity factor*) που αντιστοιχεί σε αυτόν, και είναι συνάρτηση κυρίως του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού και των τεχνολογικών παραμέτρων εκμετάλλευσής του.

Ετήσια Έξοδα

Οι λειτουργικές δαπάνες σε έργα αιολικής ενέργειας, περιλαμβάνουν κυρίως έξοδα συντήρησης και επισκευής του εξοπλισμού, ασφαλιστικά, διοικητικά και μισθολογικά κόστη, τόκους, χρεολύσια και φορολογικά έξοδα.

Στην περίπτωση όπου επιλεγεί η σύναψη δανείου προκειμένου να καλυφθεί ένα μέρος του κόστους κατασκευής της επένδυσης (όπως στην περίπτωση που εξετάζεται στην παρούσα διατριβή), στις ετήσιες λειτουργικές δαπάνες συμπεριλαμβάνεται και η καταβολή τοκοχρεολυσίων, το ύψος των οποίων καθορίζεται από το δανειακό κεφάλαιο (*loan capital*), το επιτόκιο δανεισμού, το χρόνο εξόφλησης του δανείου, τον τρόπο αποπληρωμής (*σταθερές ή μεταβλητές δόσεις*) και την αρχική περίοδο χάριτος (εάν υπάρχει).

Το επιτόκιο δανεισμού δύναται να διαφοροποιείται και διαμορφώνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του επενδυτή, το είδος της επένδυσης, το ύψος του δανείου, την περίοδο αποπληρωμής και το γενικότερο οικονομικό περιβάλλον.

Τέλος, η φορολογία, αναφέρεται στον ετήσιο φόρο εισοδήματος. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο φόρος εισοδήματος χαρακτηρίζεται ως εκροή για μια επένδυση, η οποία υφίσταται μόνο σε περίπτωση κερδοφορίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις το φορολογητέο εισόδημα προκύπτει εάν από τα μεικτά κέρδη αφαιρεθούν οι τόκοι και οι αποσβέσεις.

Ετήσιες Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις είναι «η λογιστική διαπίστωση της ζημιάς που προκαλείται στην αξία των πάγιων περιουσιακών στοιχείων της επένδυσης με τη χρήση (λειτουργική φθορά), τη πάροδο του χρόνου (χρονική φθορά) ή την εξέλιξη της τεχνολογίας (τεχνολογική απαξίωση)» (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008)». Η πρακτική των αποσβέσεων αφορά την αφαίρεση ενός συγκεκριμένου ποσού από τα ακαθάριστα κέρδη σε ετήσια βάση, μέχρις ότου το άθροισμα των ετησίων αποσβέσεων να γίνει ίσο με την αξία αγοράς των πάγιων στοιχείων. Η απόσβεση δεν αποτελεί ταμιακή ροή και για τον λόγο αυτό κατά την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών δεν συμπεριλαμβάνεται στις δαπάνες λειτουργίας.

Ο τρόπος που υπολογίζονται οι αποσβέσεις επηρεάζει άμεσα τα καθαρά κέρδη και συνεπώς την απόδοση της επένδυσης. Για το λόγο αυτό, κατά τη διαδικασία αξιολόγησης θεωρείται σκόπιμο να ακολουθείται η μέθοδος απόσβεσης που προβλέπεται από το ισχύον φορολογικό καθεστώς.

Η Μέθοδος της σταθερής απόσβεσης (*Straight-line Method*) χρησιμοποιείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, όπου υποθέτει ότι η αξία των πάγιων περιουσιακών στοιχείων μειώνεται κατά ίσο ποσό κάθε χρόνο μέχρι να φτάσει την υπολειμματική τους αξία.

4.4.1 Παράμετροι Αξιολόγησης Επιχειρηματικού Μοντέλου

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της επένδυσης η Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value-NPV*) που αποτελεί μια από τις μεθόδους Προεξόφλησης.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των μεθόδων προεξόφλησης είναι η δημιουργία πρόβλεψης για τις αναμενόμενες μελλοντικές ταμειακές ροές που θα προκύψουν από την υλοποίηση της επένδυσης και ο καθορισμός ενός ποσοστού αναμενόμενης απόδοσης για την ανάληψη του επενδυτικού κινδύνου (*προεξοφλητικό επιτόκιο*). Η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας, όπως και γενικότερα όλοι οι μέθοδοι προεξόφλησης προϋποθέτουν την άθροιση των ταμειακών ροών. Όμως, λόγω του ότι οι ταμειακές ροές λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικά έτη, θα πρέπει να αναχθούν σε ένα κοινό έτος προκειμένου να γίνει η ορθή άθροιση τους. Η επικρατέστερη μέθοδος για την αναγωγή αυτή, επιδιώκει τον υπολογισμό της αξίας κάθε ταμειακής ροής κατά το έτος 0, τον υπολογισμό δηλαδή, της Παρούσας Αξίας-ΠΑ (*Present Value-PV*) κάθε ταμειακής ροής κατά το έτος που αρχίζει η επένδυση.

Ο υπολογισμός της Παρούσας Αξίας ενός ποσού C που προκύπτει το έτος t γίνεται μέσω του εξής τύπου:

$$PV = C(1 + k)^{-t} \quad [4.1]$$

$k =$ το επιτόκιο προεξόφλησης

$(1 + k)^{-t} =$ ο συντελεστής προεξόφλησης

Το επιτόκιο προεξόφλησης αποτελεί μια επενδυτική παράμετρο που φανερώνει την ελάχιστη αποδεκτή απόδοση μιας επένδυσης. Το θέμα της επιλογής του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης έχει απασχολήσει έντονα τόσο την επιστημονική όσο και την επιχειρηματική κοινότητα. Προκειμένου να καθοριστεί, λαμβάνονται υπόψη ο πληθωρισμός, όταν αυτός συνυπολογίζεται στη διαδικασία αξιολόγησης της επένδυσης, το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου, και ο επιχειρηματικός κίνδυνος που ενέχει η εκάστοτε επένδυση. Έτσι το απαιτούμενο επιτόκιο προεξόφλησης αντανακλά το κόστος μιας ασφαλούς επένδυσης προσαυξημένο κατά έναν αποδεκτό συντελεστή ασφάλειας, ο οποίος επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων.

Για την επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης έχουν αναπτυχθεί ποσοτικές μέθοδοι οι οποίες βασίζονται στη θεωρία χαρτοφυλακίου. Ωστόσο, συχνά η επιλογή του επιτοκίου γίνεται από τον επενδυτή, χωρίς την εφαρμογή κάποιας ποσοτικής μεθόδου και στηρίζεται στην υποκειμενική κρίση και την εμπειρία του (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008).

Καθαρά Παρούσα Αξία (Net Present Value)

Στην μέθοδο της ΚΠΑ οι μελλοντικές ταμειακές ροές προεξοφλούνται με το επιτόκιο αναγωγής που επιλέγεται και η ΚΠΑ προκύπτει ως το άθροισμα των προεξοφλημένων αυτών ταμειακών ροών. Πιο συγκεκριμένα, η ΚΠΑ ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Ο υπολογισμός της ΚΠΑ γίνεται μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$NPV = -k_0 + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1+k)^t} + \frac{YAN}{(1+k)^N} + \quad [4.2]$$

Όπου:

k_0 = το αρχικό κόστος της επένδυσης (ή Ίδια κεφάλαια)

KTP_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή του έτους t

k = το επιτόκιο αναγωγής (προεξόφλησης)

N = η διάρκεια της επένδυσης σε έτη

YA_N = η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο N – οστό έτος

Θα πρέπει να τονιστεί ότι, στην περίπτωση που γίνεται ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας ως προς τα Ίδια Κεφάλαια, το k_0 αντιστοιχεί αποκλειστικά στα Ίδια Κεφάλαια που καταβάλλονται από τον επενδυτή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη δανειακά κεφάλαια, και η Καθαρή Ταμειακή Ροή συμπεριλαμβάνει τοκοχρεολύσια, όπως στην περίπτωση που εξετάζεται στην παρούσα διατριβή (Παπαθανασίου, 2012).

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return)

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) εκφράζει την απόδοση κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της. Ορίζεται ως η τιμή του επιτοκίου αναγωγής, που κάνει την ΚΠΑ της επένδυσης ίση με το μηδέν (0) για τη διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης, και υπολογίζεται από τη λύση της εξίσωσης:

$$KPA = 0 \quad [4.3]$$

Με άγνωστο το επιτόκιο k .

Πολλές φορές για απλούστευση της συνολικής διαδικασίας θεωρείται ότι η υπολειμματική αξία της επένδυσης είναι μηδενική κατά το χρόνο όπου γίνεται η αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου. Συνεπώς, η λύση της ανωτέρω εξίσωσης ανάγεται στη λύση ως προς IRR της:

$$-K_0 + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad [4.4]$$

Προκειμένου μια επένδυση να χαρακτηριστεί ως συμφέρουσα από τον επενδυτή, θα πρέπει ο IRR της να είναι μεγαλύτερος από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης ($IRR \geq k$). Αν η παραδοχή αυτή δεν ισχύει, η επένδυση απορρίπτεται από τον επενδυτή (Παπαθανασίου, 2012).

Η Περίοδος Αποπληρωμής (Payback Period) μιας επένδυσης παρέχει ακριβείς πληροφορίες για το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να ανακτηθεί το αρχικό κόστος της, χωρίς να συνυπολογίζεται το κόστος του χρήματος. Για να μπορέσουν δηλαδή τα έσοδα της επένδυσης να αντισταθμίσουν το αρχικό κόστος της. Δίνετε από τον εξής τύπο [4.5]:

$$\text{Περίοδος αποπληρωμής (έτη)} = \frac{\text{Αρχικό κόστος επένδυσης}}{\text{Ετήσια καθαρά κέρδη}}$$

Η συγκεκριμένη μέθοδος θεωρείται ως μια από τις πλέον πολύ-εφαρμοζόμενες λόγω της απλότητας της εφαρμογής της και εκφράζει κατά μια έννοια το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το επενδύμενο κεφάλαιο «βρίσκεται σε κίνδυνο». Προφανώς όσο

μικρότερη είναι η περίοδος αποπληρωμής τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση (Παπαθανασίου, 2012).

Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (Levelised Cost of Energy-LCOE)

Πέραν των κλασικών μεθόδων αξιολόγησης επενδύσεων που περιγράφηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, ειδικά για έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται και ο Δείκτης του Ανηγμένου Κόστους Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Levelised Cost of Energy-LCOE*).

Ο δείκτης αυτός αφορά συνηθέστερα το σύνολο της επένδυσης και υπολογίζει το ανηγμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh) κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, ενσωματώνοντας όλα τα επί μέρους κόστη (*επένδυσης, λειτουργίας, ασφάλισης, παροπλισμού, κτλ.*) εκφρασμένα σε παρούσα αξία.

Ειδικότερα ως Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας ορίζεται η τιμή που θα πρέπει να αποζημιωθεί η παραγόμενη από το σταθμό ενέργεια, ώστε να αποπληρώσει τον επενδυτή για το συνολικό του κόστος (*κεφαλαίου, συντήρησης και λειτουργίας, κτλ.*) και υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους καθ' όλη την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης (*total lifetime expenses*) προς τη συνολική παραγωγή του σταθμού, εκφρασμένα σε όρους παρούσας αξίας :

$$LCOE = \text{total lifetime expenses} / \text{total expected output} \quad (4.6)$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής του συγκεκριμένου δείκτη χρησιμοποιείται η απλούστερη μορφή του (*τύπος 4.6*) όπου λαμβάνονται υπόψη το συνολικό επενδυτικό κόστος, τα ετήσια λειτουργικά έξοδα και η τελική υπολειμματική αξία της επένδυσης. Ωστόσο, στην αναλυτική αποτύπωση του θα πρέπει να περιλαμβάνονται και παράμετροι όπως, αποσβέσεις, όροι δανεισμού, και η φορολογική επιβάρυνση της επένδυσης. Κατά συνέπεια, η αναλυτική εκτίμηση του Ανηγμένου Κόστους Ηλεκτρικής Ενέργειας υπολογίζεται ως εξής (4.7) (ΥΠΕΚΑ, 2012):

$$LCOE = \frac{IK - \sum_{n=1}^N \frac{(AP_n + TK_n)}{(1+r)^n} \times \Sigma\Phi + \sum_{v=1}^N \frac{(XP_n + TK_n)}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{AK_n}{(1+r)^n} \times (1 - \Sigma\Phi) - \frac{YA}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{H\Lambda_n}{(1+r)^n} \times (1 - \Sigma\Phi)}$$

Όπου:

IK = τα ίδια κεφάλαια που απαιτήθηκαν για την υλοποίηση της επένδυσης

ΑΠ = το ετήσιο κόστος επανάκτησης κεφαλαίου της επένδυσης (αποσβέσεις)

TK = Οι τόκοι του δανείου

XP = το χρεολύσιο του δανείου

απαιτήθηκε

AK = το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος

YA = η υπολειμματική αξία της επένδυσης

$H\Lambda$ = η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

$\Sigma\Phi$ = ο συντελεστής φορολόγησης των εσόδων

r = το επιτόκιο προεξόφλησης

n = το έτος λειτουργίας της μονάδας

με N ο συνολικός αριθμός των ετών που λαμβάνεται η ενίσχυση

4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας (4^ο Στάδιο)

Στα περισσότερα πολυκριτηριακά προβλήματα η ανάλυση ευαισθησίας (*Sensitivity Analysis*) εφαρμόζεται ως μέσο ελέγχου της σταθερότητας των αποτελεσμάτων κατά την υποκειμενικότητα των αποφάσεων των ληπτών απόφασης (Meszaros and Rarcsak, 1996). Η πιο κοινή μέθοδος που επιτυγχάνεται είναι η τροποποίηση των βαρών των κριτηρίων που λαμβάνονται από τους ειδικούς (Baban and Parry 2001 ;Nekhay et al., 2009; Tegou et. al., 2010), όπου μέσω αυτής, είναι πιθανή η μεταβολή του *Χάρτη Καταλληλότητας (Suitability Map)*.

Στο τελευταίο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης απόφασης της παρούσας διατριβής, η ανάλυση ευαισθησίας εφαρμόζεται, και εξετάζονται τα ακόλουθα σενάρια:

1^ο Σενάριο: Όλα τα κριτήρια έχουν τα ίδια βάρη

2^ο Σενάριο: Τα βάρη των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας (*απόστασης*) από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικά.

4.6 Συμπεράσματα

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάστηκε το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης, με βάση τεχνοοικονομικά κυρίως κριτήρια, αλλά εξίσου κοινωνικά, περιβαλλοντικά και χωροταξικά, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Αρχικά, οι προτεινόμενες θέσεις επιλέγονται, βάσει των *απλών* κριτηρίων τα οποία καθορίζονται βάσει του υφιστάμενου νομοθετικού πλαισίου κάθε χώρας και του σκοπού που εξυπηρετεί η μελέτη, ώστε να εξευρεθούν οι τοποθεσίες στις οποίες επιτρέπεται η χωροθέτηση τέτοιων συστημάτων (*Χάρτης Αποκλεισμού*).

Ακολούθως, γίνεται η αξιολόγηση της καταλληλότητας των εναλλακτικών τοποθεσιών του *Χάρτη Αποκλεισμού*, λαμβάνοντας υπόψη εννιά (9) *δυναμικά* κριτήρια που εξυπηρετούν τεχνοοικονομικούς, κοινωνικούς, χωροταξικούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Η επιρροή (*βάρος*) που φέρουν στην καταλληλότητα μιας τοποθεσίας, μεταβάλλεται συγκριτικά με άλλα κριτήρια, αναλόγως της επιρροής κάθε κριτηρίου.

Αρχικά αφού οριστεί μια ενιαία κλίμακα καταλληλότητας για κάθε δυναμικό κριτήριο (*θεματικό επίπεδο/layer*), μπορεί να γίνει η επικάλυψη μέσω του εργαλείου της Σταθμισμένης Επικάλυψης (*Weighted Overlay*), ενώ τα βάρη τοποθετούνται σε αυτή έτσι όπως εξάγονται από την Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης. Οι τιμές των

κελιών κάθε θεματικού επιπέδου πολλαπλασιάζονται με το αντίστοιχο βάρος του επιπέδου και τα αποτελέσματα αθροίζονται ούτως ώστε να δημιουργήσουν ένα συνολικό δείκτη καταλληλότητας για κάθε κελί (*Χάρτης Αξιολόγησης-Evaluation Map*).

Με την εκτέλεση της λειτουργίας της Σταθμισμένης Επικάλυψης αξιολογούνται τελικά οι τοποθεσίες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου. Για το λόγο ότι οι ενδιαφερόμενες τοποθεσίες θεωρούνται μόνο εκείνες που προκρίθηκαν από το πρώτο στάδιο, το στάδιο του Αποκλεισμού, χρησιμοποιείται το εργαλείο της χωρικής ανάλυσης Raster Calculator για τον πολλαπλασιασμό του *Χάρτη Αποκλεισμού* με το *Χάρτη Αξιολόγησης*. Από τη διαδικασία αυτή προκύπτει ο *Χάρτης Καταλληλότητας (Suitability Map)*.

Εν συνεχεία, οι τοποθεσίες με τον υψηλότερο δείκτη καταλληλότητας του *Χάρτη Καταλληλότητας* θα αξιολογηθούν με βάση τις αναμενόμενες ταμειακές ροές τους. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση είναι η αναμενόμενη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και τα χωρικά και μη εξαρτώμενα έσοδα και κόστη της επένδυσης. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνουν το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Livellised Cost of Energy*), τη Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*) και την Απλή περίοδο αποπληρωμής (*Payback period*).

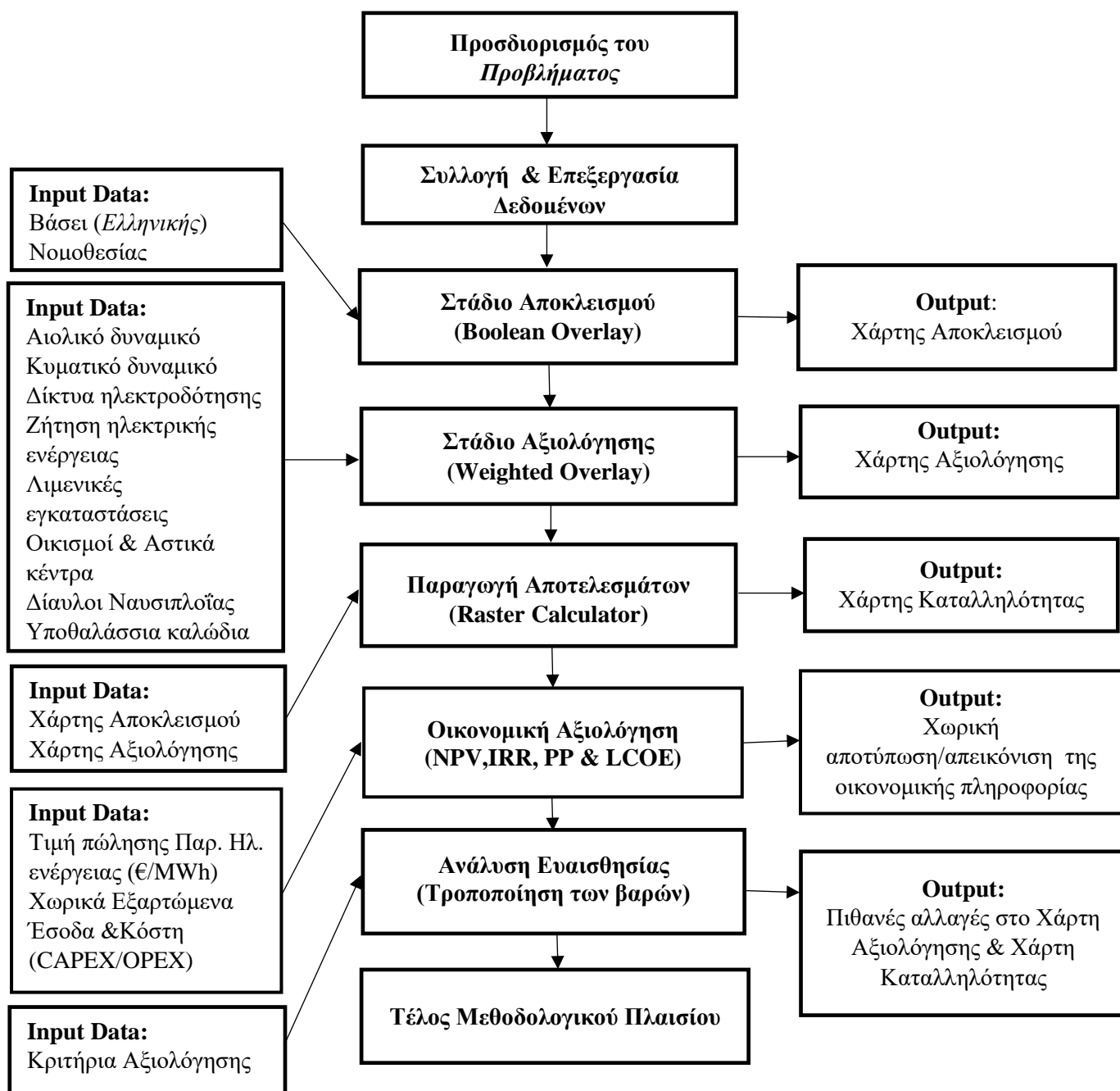
Το μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης ολοκληρώνεται με την Ανάλυση Ευαισθησίας των δεδομένων εισαγωγής, ως μέσου σταθερότητας των αποτελεσμάτων κατά την υποκειμενικότητα των αποφάσεων των ληπτών απόφασης. Κομβικό σημείο της διεργασίας αυτής αποτελεί η ανάλυση ευαισθησίας των βαθμών βαρύτητας των κριτηρίων.

Προτείνεται λοιπόν, η τροποποίηση των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης που λαμβάνονται από τους ειδικούς (Baban and Parry 2001; Nekhay et al., 2009; Tegou et al., 2010), όπου μέσω αυτής, είναι πιθανή η μεταβολή του *Χάρτη Αξιολόγησης (Evaluation Map)* και κατά συνέπεια του τελικού *Χάρτη Καταλληλότητας (Suitability Map)*. Έτσι, εξετάζονται δύο (2) σενάρια όπου:

1^ο Σενάριο: Όλα τα κριτήρια έχουν τα ίδια βάρη

2^ο Σενάριο: Τα βάρη των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας (*απόστασης*) από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικά.

Ακολούθως, παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής του μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης.



Εικόνα 4.4. Ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης.

Ενότητα V(I)

Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του Μοντέλου (Χωροθέτηση)

5.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα εφαρμόζεται το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο ΠΑ για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης, σε τρία διακριτά επίπεδα.

- Ανάλυση περιοχής μελέτης (*Case study*)
- Παρουσίαση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης της περιοχής
- Εφαρμογή του μοντέλου (*χωροθέτηση*)

5.2 Ανάλυση Περιοχής Μελέτης

5.2.1 Χωροταξική Θεώρηση Περιοχής Μελέτης Αιγαίου

5.2.1.1 Διοικητική Διαίρεση

Στο Αιγαίο Πέλαγος, με βάση το πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν.3852, ΦΕΚ 87/Α/07.06.2010) συγκροτήθηκαν οι εξής νησιωτικές περιφέρειες:

- Βορείου Αιγαίου, με έδρα τη Μυτιλήνη (*Λέσβος*), η οποία αποτελείται από τρεις νομούς, πέντε περιφερειακές ενότητες και εννιά νησιά-δήμους.
- Νοτίου Αιγαίου: με έδρα την Ερμούπολη (*Σύρος*), η οποία αποτελείται από δύο νομούς, δεκατρείς περιφερειακές ενότητες και τριάντα τέσσερα νησιά-δήμους.
- Κρήτης: με έδρα το Ηράκλειο, η οποία αποτελείται από τέσσερις νομούς, που αποτελούν τις ομώνυμες περιφερειακές ενότητες.

Τα κατοικημένα νησιά του Αιγαίου Πελάγους που ανήκουν στις ανωτέρω νησιωτικές περιφέρειες παρατίθενται στο παράρτημα II, πίνακας 2.1

Περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής θεωρείται ο θαλάσσιος χώρος του Αιγαίου και η παράκτια ζώνη των νησιών των Περιφερειών Βορείου Αιγαίου (ΠΒΑ), Νοτίου Αιγαίου (ΠΝΑ) και Κρήτης.

Στο Παράρτημα II και στον πίνακα 2.2 παρατίθεται το σύνολο των κατοικημένων και ακατοίκητων νησιών, μικρού και μεγάλου μεγέθους, καθώς και οι βραχονησίδες της περιοχής μελέτης ανά Περιφέρεια.

5.2.1.2 Δημογραφικά Δεδομένα

Σύμφωνα με τα στοιχεία των απογραφών πληθυσμού τα έτη 2001 και 2011, η εξέλιξη του μόνιμου πληθυσμού ανά νησί της περιοχής μελέτης, εμφανίζει την εικόνα που περιγράφεται στον επόμενο πίνακα.

Περιφέρεια	Νησί	Μόνιμος Πληθυσμός		Μεταβολή
		2011	2001	
Βορείου Αιγαίου	Λέσβος	86.436	90.436	-4.40%
	Ικαρία	8.423	8.353	0.80%
	Φούρνοι	1.459	1.487	-1.90%
	Λήμνος	16.992	17.545	-3.20%
	Άγιος Ευστράτιος	270	307	-12.10%
	Χίος	51.390	51.773	-0.70%
	Ψαρά	458	478	-4.20%
	Οινούσες	826	855	-3.40%
	Σάμος	32.977	34.000	-3.00%
Νότιου Αιγαίου (Δωδεκάνησα)	Ρόδος	115.490	115.334	0.10%
	Μεγίστη	492	403	22.10%
	Σύμη	2.590	2.594	-0.20%
	Τήλος	780	521	49.70%
	Χάλκη	478	295	62.00%
	Κάλυμνος	16.179	16.576	-2.40%
	Αγαθονήσι	185	152	21.70%
	Αστυπάλαια	1.334	1.385	-3.70%
	Λειψοί	790	687	15.00%
	Λέρος	7.917	8.172	-3.10%
	Πάτμος	3.047	3.053	-0.20%
	Κάρπαθος	6.226	6.565	-5.20%
	Κάσος	1.084	1.013	7.00%
	Κως	33.388	30.828	8.30%
	Νίσυρος	1.008	928	8.60%
Νότιου Αιγαίου (Κυκλάδες)	Άνδρος	9.128	10.009	-8.80%
	Θήρα	17.752	13.670	29.86%
	Ανάφη	294	273	7.69%
	Τος	2.084	1.838	13.38%
	Σίκινος	270	238	13.45%
	Φολέγανδρος	787	667	17.99%
	Κέα	2.480	2.417	2.61%
	Κύθνος	1.436	1.608	-10.70%
	Μήλος	4.966	4.771	4.09%
	Κίμωλος	901	769	17.17%
	Σέριφος	1.378	1.414	-2.55%
	Σίφνος	2.543	2.442	4.14%
	Μύκονος	14.189	9.320	52.24%
	Νάξος	21.295	20.933	1.73%

	<i>Αμοργός</i>	<i>1.950</i>	<i>1.859</i>	<i>4.90%</i>
	<i>Δονούσα</i>	<i>176</i>	<i>163</i>	<i>7.98%</i>
	<i>Ηρακλεία</i>	<i>150</i>	<i>151</i>	<i>-0.66%</i>
	<i>Κουφονήσια</i>	<i>412</i>	<i>366</i>	<i>12.57%</i>
	<i>Κέρος</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Σχοινούσα</i>	<i>225</i>	<i>206</i>	<i>9.22%</i>
	<i>Πάρος</i>	<i>13.694</i>	<i>12.853</i>	<i>6.54%</i>
	<i>Αντίπαρος</i>	<i>1.196</i>	<i>1.037</i>	<i>15.33%</i>
	<i>Σύρος</i>	<i>21.475</i>	<i>19.782</i>	<i>8.56%</i>
	<i>Τήνος</i>	<i>8.699</i>	<i>8.574</i>	<i>1.46%</i>
<i>Κρήτη</i>	<i>Κρήτη</i>	<i>623.065</i>	<i>594.368</i>	<i>4.80%</i>

Πίνακας. 5.1 Δημογραφικά στοιχεία.

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή πληθυσμού-κατοικιών 2011. Μόνιμος πληθυσμός.

Από την επεξεργασία των πληθυσμιακών στοιχείων προκύπτει μια αντιφατική εικόνα, όσον αφορά την πληθυσμιακή δυναμική των νησιών της περιοχής μελέτης.

Στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου η γενική τάση μεταβολής του μόνιμου πληθυσμού είναι αρνητική, αφού:

- Η Λέσβος, το μεγαλύτερο νησί της περιφέρειας, εμφανίζει πληθυσμιακή μείωση ίση με 4.4%.
- Από τα υπόλοιπα μεγάλα νησιά, η Χίος εμφανίζει σχετική πληθυσμιακή σταθερότητα (-0.7%), ενώ η Σάμος και η Λήμνος εμφανίζουν ποσοστά πληθυσμιακής μείωσης της τάξεως του 3%.
- Όλα τα μικρά νησιά εμφανίζουν πληθυσμιακή μείωση, με τη μεγαλύτερη τιμή να συναντάται στον Άγιο Ευστράτιο.

Η πληθυσμιακή μείωση, η οποία παρατηρείται μπορεί να αποδοθεί στην συνδυαστική επίδραση πολλών παραμέτρων, μεταξύ των οποίων η απομόνωση λόγω του νησιωτικού χαρακτήρα της περιφέρειας. Η παράμετρος αυτή διαδραμάτιζε ανέκαθεν έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην πληθυσμιακή ερήμωση των μικρότερων και πιο απομονωμένων νησιών.

Στα Δωδεκάνησα οι τάσεις της πληθυσμιακής μεταβολής είναι αντιφατικές, αφού:

- Η Ρόδος εμφανίζει πληθυσμιακή σταθερότητα (+0.1%), ενώ η Κως εμφανίζει αξιοπρόσεκτο πληθυσμιακό δυναμισμό (8.3%), σημειώνοντας την υψηλότερη αυξητική πληθυσμιακή τάση στο σύνολο της περιοχής μελέτης.
- Ορισμένα από τα μικρά νησιά του νησιωτικού συμπλέγματος εμφανίζουν πολύ υψηλά ποσοστά πληθυσμιακής αύξησης (Χάλκη 62%, Τήλος 49.7%, Μεγίστη 22.1%, Αγαθονήσι 21.7%, Λειψοί 15%, κτλ.). Σε απόλυτους αριθμούς η πληθυσμιακή αυτή αύξηση είναι μικρή, ωστόσο, η τάση που παρατηρείται αποτελεί εξαιρετικά ελπιδοφόρο γεγονός, όσον αφορά την αναπτυξιακή προοπτική και τη βιωσιμότητα των τοπικών κοινωνιών.

Οι Κυκλάδες χαρακτηρίζονται από σημαντική πληθυσμιακή αύξηση συγκριτικά με την υπόλοιπη περιοχή μελέτης, λόγω κυρίως της τουριστικής ανάπτυξης που παρουσιάζουν, με κάποιες μικρές ίσως εξαιρέσεις που παρατηρούνται για τα νησιά της Κύθνου, Άνδρου, Σερίφου και Ηρακλείας. Αξιοσημείωτο θεωρείται ότι η μεγαλύτερη πληθυσμιακή αύξηση

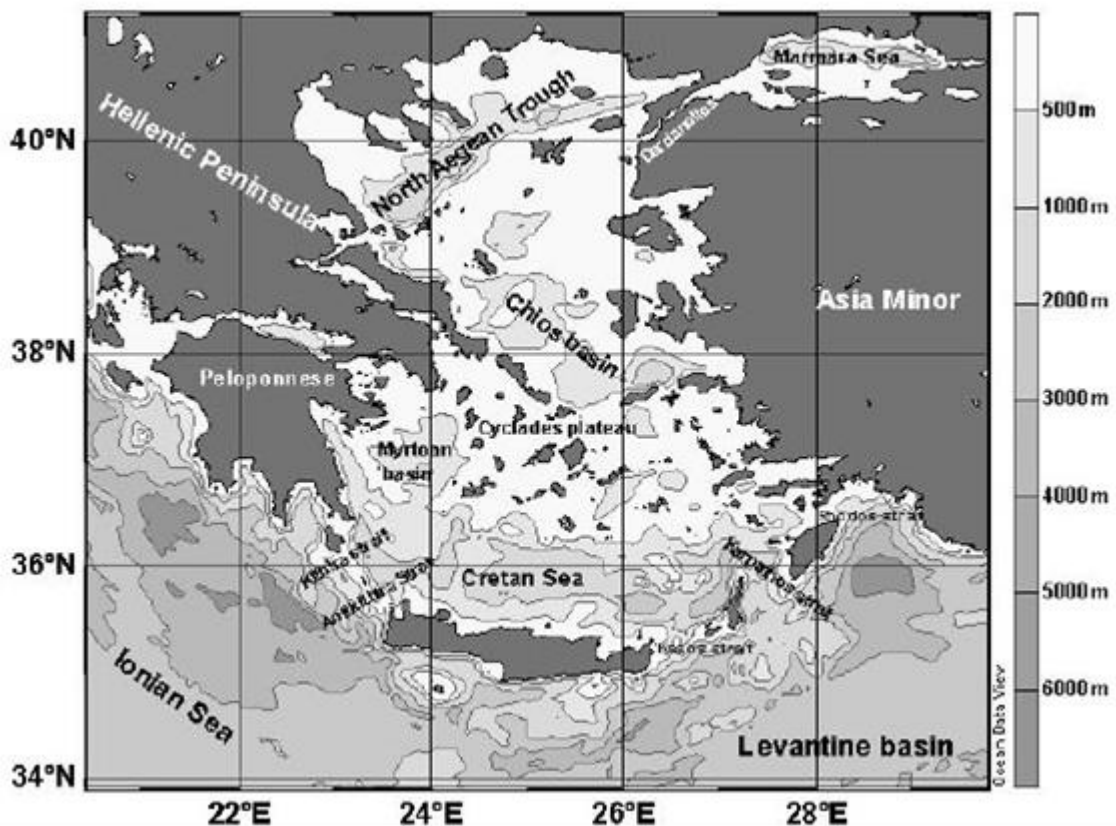
παρατηρείται στο νησί της Μυκόνου (52.24%), ενώ η μεγαλύτερη πληθυσμιακή μείωση παρατηρείται στο νησί της Κύθνου (-10.70%).

Η περιφέρεια Κρήτης εμφανίζει σημαντική θετική πληθυσμιακή τάση της τάξεως του 4.8%, αν και στο εσωτερικό της περιφέρειας παρατηρούνται αντιφατικές εξελίξεις. Σε κάθε περίπτωση, όλες οι τουριστικές και παραγωγικές (αγροτικές) περιοχές του νησιού χαρακτηρίζονται ως *υψηλής ελκτικότητας*, όσον αφορά την προσέλκυση νέων επενδύσεων και πληθυσμιακού δυναμικού.

5.2.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά-Υποθαλάσσιο Ανάγλυφο

Ο θαλάσσιος χώρος του Αιγαίου Πελάγους, μεταξύ της ηπειρωτικής Ελλάδας και της Μ. Ασίας, φιλοξενεί την ενεργή ηφαιστειακή περιοχή και έχει διαμορφωθεί ως μια ρηχή λεκάνη ανατολικά του νότιου τμήματος του αλπικού ορογενετικού τόξου που αποτελεί τον ορεινό όγκο της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Τα νησιά των Κυθήρων, Κρήτης, Καρπάθου και Ρόδου, αποτελούν το νότιο άκρο του Αιγαίου Πελάγους, νοτιότερα του οποίου απλώνεται μια εκτεταμένη ζώνη καταβύθισης, γνωστή ως Ελληνικό Τόξο. Το Ελληνικό τόξο ξεκινώντας από την Κεφαλλονιά, διασχίζει το Νότιο Ιόνιο δυτικά της Πελοποννήσου και περνώντας νότια της Κρήτης, καταλήγει στη Ρόδο. Στην περιοχή αυτή συναντώνται τα μεγαλύτερα βάθη τόσο του Ελληνικού όσο και του Μεσογειακού χώρου.



Εικόνα 5.1. Βασικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου Πελάγους.

Πηγή: Αργυρόπουλος et.al., 2012.

Το Αιγαίο Πέλαγος αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα (εικόνα 5.1): α) το Μυρτώο Πέλαγος το οποίο εκτείνεται μεταξύ Σουνίου και Κυθήρων, β) το Θρακικό Πέλαγος μεταξύ Θάσου, Σαμοθράκης και θρακικών ακτών, γ) το Ικάριο Πέλαγος μεταξύ Χίου και Κω, δ) το Κρητικός Πέλαγος στο βόρειο τμήμα της Κρήτης, ε) το Καρπάθιο Πέλαγος μεταξύ Καρπάθου και μικρασιατικών ακτών, στ) την Ευβοϊκή Θάλασσα, όπου περιλαμβάνει την Εύβοια και ζ) την Δωδεκανησιακή Θάλασσα που περιλαμβάνει τα Δωδεκάνησα.

Η ακτογραμμή του Αιγαίου Πελάγους χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα ανώμαλη και εξαιρετικά πολύπλοκης δομής. Πάνω από 2.000 νησιά ποικίλων μεγεθών εντοπίζονται σε ολόκληρη τη λεκάνη, ενώ η μορφολογική σύνθεση του θαλάσσιου πυθμένα του χαρακτηρίζεται από έντονες μεταπτώσεις. Συνολικά εντοπίζονται τρεις βαθιές λεκάνες:

- Η λεκάνη του Βόρειου Αιγαίου με διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΝΑ. Η λεκάνη αυτή περιλαμβάνει και τις λεκάνες των Βόρειων Σποράδων, του Άθου και της Λήμνου, με μέγιστο βάθος 1.500 μέτρα.
- Η λεκάνη της Χίου στο κεντρικό Αιγαίο, με μέγιστο βάθος 1.100 μέτρα. Η λεκάνη της Χίου συνορεύει στα νότια με το εκτενές πλατό των Κυκλάδων με βάθη τα οποία δεν υπερβαίνουν τα 350 μέτρα. Το πλατό αυτό προσδιορίζεται στη βιβλιογραφία ως το όριο μεταξύ Βορείου και Νοτίου Αιγαίου.
- Η κρητική λεκάνη στο Νότιο Αιγαίο, που εμφανίζει και το μέγιστο βάθος στα 2.500 μέτρα.

Η υφαλοκρηπίδα του Αιγαίου, εκεί δηλαδή όπου τα βάθη δεν ξεπερνούν τα 200 μέτρα, θεωρείται περιορισμένης έκτασης, αφού καλύπτει περίπου 15.000 Km².

Ο θαλάσσιος πυθμένας αποτελείται ως επί το πλείστον από ασβεστολιθικής φύσεως πετρώματα, αν και παρατηρούνται και μεταμορφωμένα σε αρκετά τμήματα του Βόρειου και Κεντρικού Αιγαίου. Σχεδόν παντού υπάρχει ένα ιζηματογενές κάλυμμα, σε ποικίλο πάχος, από χερσαία ή οργανικά ιζήματα. Πιο περιορισμένα είναι τα ηφαιστειακά υλικά. Ο βυθός του αποτελείται από αρκετές τάφρους, μερικές εκ των οποίων αρκετά μεγάλου βάθους.

Το Αιγαίο Πέλαγος παρουσιάζει έντονο θαλάσσιο διαμελισμό με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλοί μικροί και μεγάλοι κόλποι, ακρωτήρια και φυσικά λιμάνια. Τα νησιά που το αποτελούν ανέρχονται σε χιλιάδες (περίπου 3.000) εάν σε αυτά συμπεριληφθούν και οι βραχονησίδες, και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε επτά (7) ομάδες: τα νησιά του Θρακικού Πελάγους, του Ανατολικού Αιγαίου, τις Β. Σποράδες, τις Κυκλάδες, τα νησιά του Αργοσαρωνικού, τα Δωδεκάνησα και την Κρήτη. Πολλά από τα νησιά του Αιγαίου αποτελούν στην ουσία προέκταση των ορέων της ηπειρωτικής Ελλάδας, όπως για παράδειγμα οι Κυκλάδες που καταλαμβάνουν συνολική έκταση 2.528 Km² και αποτελούν ουσιαστικά τις κορυφές από βουνά όπου έχουν υποβυθιστεί (Αργυρόπουλος, 2012).

5.2.3 Ανεμολογία-Κυματολογία

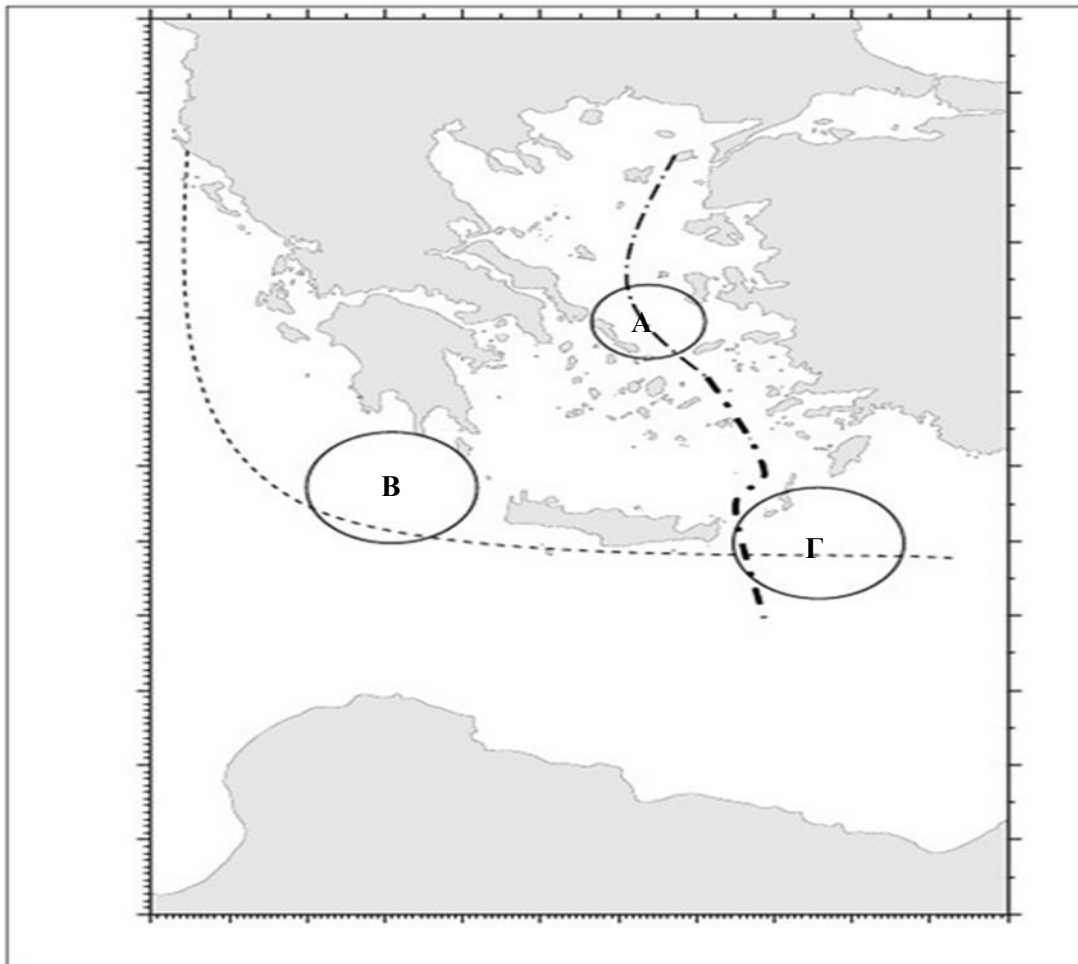
Το Αιγαίο Πέλαγος χαρακτηρίζεται ως μια ημίκλειστη θάλασσα με πολλά νησιωτικά συμπλέγματα. Τα μήκη πνοής είναι σχετικά μικρής έντασης στους νοητούς άξονες από βορρά προς νότο και από ανατολικά προς δυτικά και αντιστρόφως. Αντιθέτως, υψηλά μήκη πνοής συναντώνται στον νοητό άξονα νότου-βορρά αλλά επηρεάζουν μόνο το

νοτιοανατολικό τμήμα των ελληνικών θαλασσών, και ιδιαίτερα τα στενά μεταξύ Κυθήρων-Κρήτης, Κάσου-Κρήτης, και Καρπάθου-Ρόδου.

Τα ανωτέρω, συνδυαστικά με τα σχετικά μικρής έντασης μήκη πνοής και τις χαμηλές αποθάλασσες, έχουν σαν αποτέλεσμα το κυματικό δυναμικό να εμφανίζεται αρκετά ήπιο σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Παρόλα αυτά, ακραία καιρικά και κυματικά φαινόμενα παρατηρούνται, όχι και τόσο σπάνια, σε ορισμένες τοποθεσίες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλό αιολικό και κυματικό δυναμικό, μικρής όμως διάρκειας. Οι τοποθεσίες που εμφανίζουν τα ανωτέρω χαρακτηριστικά, συνηθέστερα είναι στενά, όπου το αιολικό και κυματικό δυναμικό τους ενισχύεται σημαντικά λόγω του φαινομένου του καναλισμού (*channeling effect*).

Κυματισμοί αποθάλασσας παρατηρούνται σε πολύ συγκεκριμένες τοποθεσίες και είναι σχετικά μικρού ύψους. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από μεγάλα ελεύθερα μήκη πνοής και βρίσκονται περιμετρικά του νοητού άξονα του Αιγαίου (βλ. διακεκομμένη γραμμή στην εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2. Περιοχές έντονου κυματισμού και ανεμολογικού καθεστώτος
Πηγή: Άτλαντας Ανέμου και Κύματος Ελληνικών Θαλασσών, 2007.

Οι σχηματισμοί της κυματικής διάδοσης και της πνοής του ανέμου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε τρεις καθορισμένες θαλάσσιες περιοχές (Σουκισιάν et al., 2007):

- Την περιοχή βόρεια των Κυκλάδων (περιοχή Α στο χάρτη)
- Τα στενά μεταξύ Κυθήρων-Κρήτης (περιοχή Β) και
- Τα στενά μεταξύ Κάσου-Κρήτης και Καρπάθου-Ρόδου (περιοχή Γ)

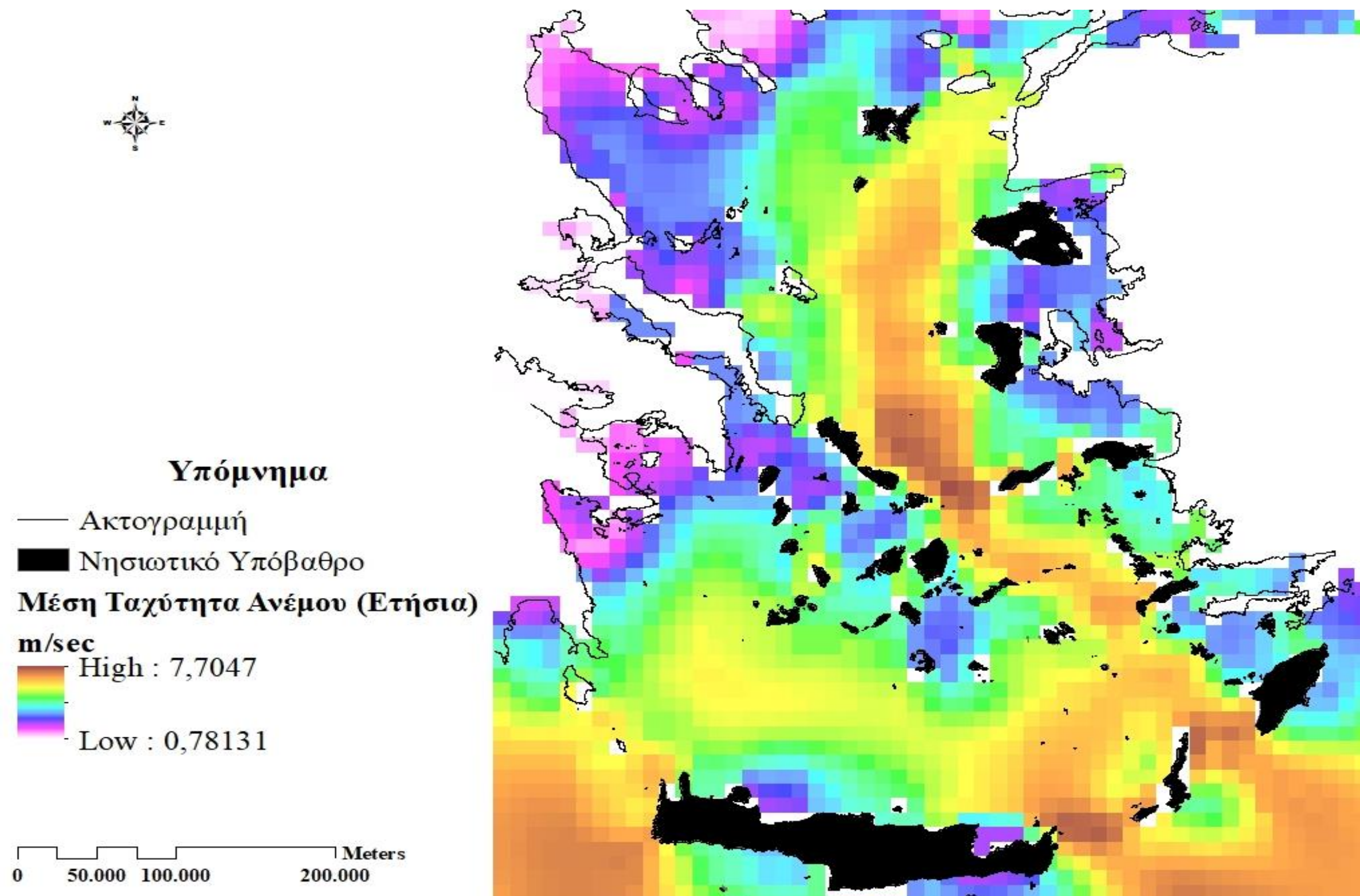
Οι εντονότερα ανεμολογικές και κυματικές συνθήκες σε ετήσια βάση εντοπίζονται νοτιότερα του στενού μεταξύ Κάσου και Κρήτης. Επιπλέον, οι τοποθεσίες μεταξύ των στενών Κρήτης και Κυθήρων καθώς και Ρόδου και Καρπάθου χαρακτηρίζονται από εξίσου σημαντικό αιολικό και κυματικό δυναμικό.

Το ανεμολογικό και κυματικό δυναμικό που δημιουργείται στο άκρο των στενών των Δαρδανελίων και διαδίδεται από το Βόρειο Αιγαίο προς το νότο, εκτονώνεται στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων, καθιστώντας το στο εσωτερικό του, σε μέση ετήσια βάση, περιοχή με ηπιότερες ανεμολογικές και κυματικές συνθήκες.

Αντιθέτως, ενώ οι βορειοανατολικές Κυκλάδες, αποτελούν εμπόδιο στη διάδοση των κυματισμών και τη ροή του ανέμου από το βορειότερο τμήμα του Αιγαίου πελάγους, ταυτόχρονα, μέσω του φαινομένου του καναλισμού καθοδηγούν και ενισχύουν τα ανεμολογικά και κυματικά πεδία κυρίως προς τα νοτιοανατολικά. Συνέπεια αυτού, είναι ότι σε συγκεκριμένα στενά του νησιωτικού συμπλέγματος των Κυκλάδων, να εντοπίζονται υψηλές εντάσεις ανέμου και κύματος, συγκριτικά πολύ μεγαλύτερες από τις επικρατούσες σε γειτονικές περιοχές. Επιπλέον στη διάδοση αυτή υπάρχει μια χαρακτηριστική περιοχή στο Κεντρικό Αιγαίο βορείως των Κυκλάδων, όπου το δυναμικό γίνεται μέγιστο (*η περιοχή αυτή εκτείνεται υπό τοξοειδή μορφή από το ύψος περίπου του στενού Ικαρίας-Μυκόνου προς τα βορειοανατολικά*). Η συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή χαρακτηρίζεται ως μια από τις *δυσμενέστερες* κατά μέσο όρο ολόκληρου του Αιγαίου Πελάγους.

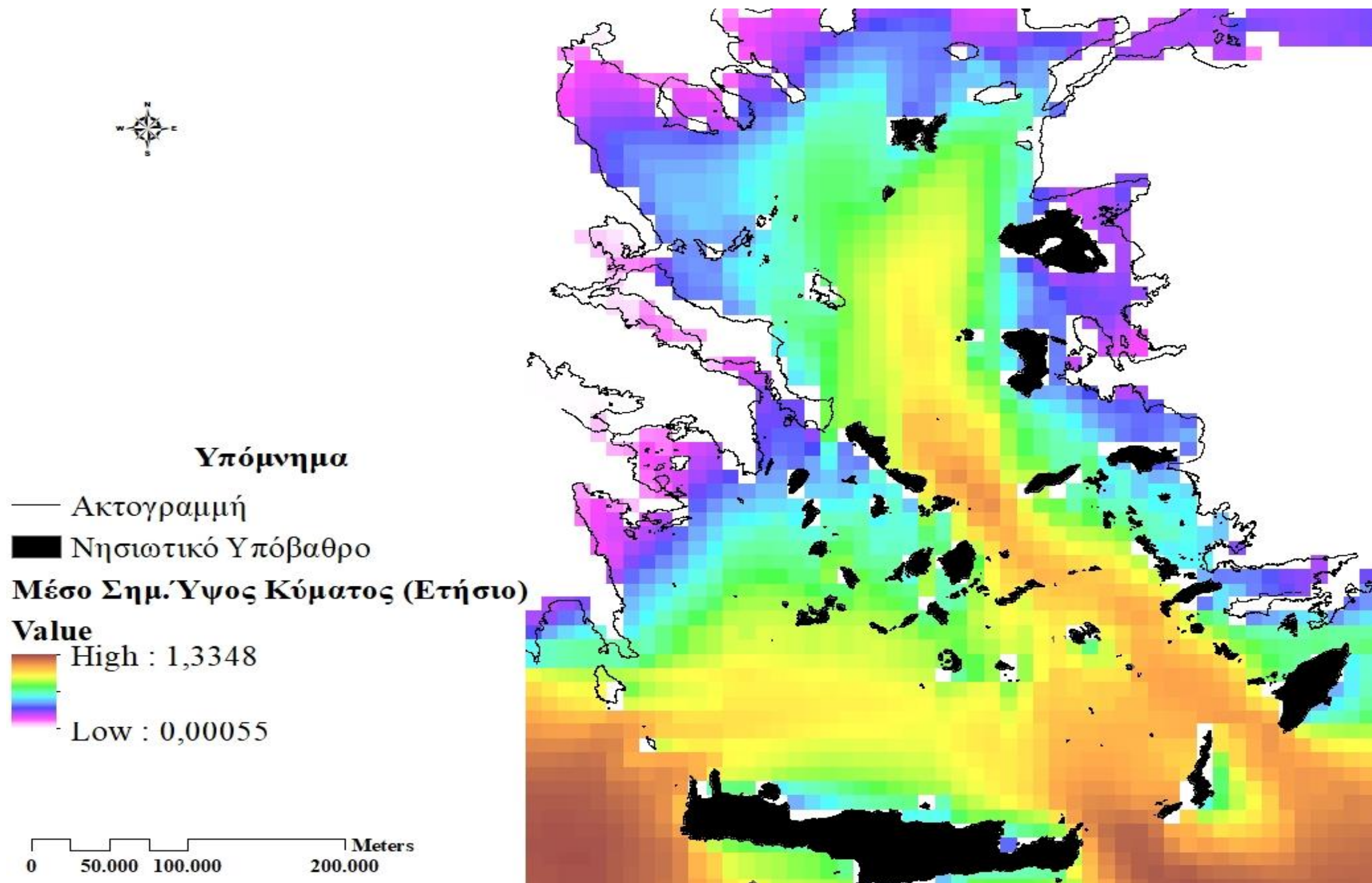
Καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή του Αιγαίου προέρχονται από τον βόρειο τομέα με μέτριες γενικά εντάσεις και είναι αυτοί που διαμορφώνουν τα σχήματα της κυματικής διάδοσης (Σουκισιάν et al., 2007).

Ακολουθούν οι χάρτες μέσου αιολικού δυναμικού και σημαντικού ύψους κύματος (*ετήσιοι*).



Χάρτης 5.1. Μέση Ταχύτητα Ανέμου ΠΜΑ (Ετήσια)

Πηγή Δεδομένων: Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016.



Χάρτης 5.2. Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος ΠΜΑ (Ετήσιο)

Πηγή Δεδομένων: Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016.

Σε εποχική βάση, τον χειμώνα οι υψηλότερες τιμές της μέσης ταχύτητας του ανέμου εντοπίζονται στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, και στις τοποθεσίες που εκτείνονται μεταξύ των στενών Κρήτης-Κάσου, Ρόδου-Καρπάθου, και Κρήτης-Κυθήρων. Ιδιαίτερα για την περιοχή του Βόρειου και Κεντρικού Αιγαίου, ισχυρό ανεμολογικό καθεστώς της τάξης των 8m/sec εντοπίζεται κατά μήκος του νοητού άξονα που εκτείνεται από την Ίμβρο μέχρι την Άνδρο, ενώ εξίσου ισχυρές ανεμολογικές συνθήκες συναντώνται ανοικτά των δυτικών και ανατολικών ακτών της Κρήτης, και μεταξύ του στενού Ρόδου και Καρπάθου.

Αντίστοιχα, όσον αφορά τον κυματισμό οι υψηλότερες τιμές σημαντικού ύψους κύματος αγγίζουν τα 1.5-1.6 μέτρα και εντοπίζονται στα στενά μεταξύ Κρήτης-Κυθήρων και Κρήτης-Κάσου.

Την Άνοιξη, γενικότερα παρατηρείται μια μείωση στη μέση ταχύτητα του ανέμου. Το ισχυρότερο αιολικό δυναμικό (6 m/sec) εντοπίζεται στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, και στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ των Ρόδου-Καρπάθου, Κάσου-Κρήτης και Κρήτης-Κυθήρων.

Αντίστοιχα, το ύψος κύματος εμφανίζεται μειωμένο την εποχή αυτή. Η υψηλότερη τιμή σημαντικού ύψους κύματος είναι 1.1 μέτρα και εντοπίζεται στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κάσου-Κρήτης και Κυθήρων-Κρήτης.

Τη θερινή περίοδο σημειώνεται μια μικρή ενίσχυση της μέσης ταχύτητας ανέμου σε σχέση με την άνοιξη. Ιδιαίτερα, οι θαλάσσια περιοχή μεταξύ Μυκόνου-Ικαρίας, Ρόδου-Καρπάθου και Κάσου-Κρήτης χαρακτηρίζεται από έντονους ανέμους (8 m/sec), όπου προφανώς η ενίσχυση τους οφείλεται στα μελτέμια που αποτελούν το κυρίαρχο ανεμολογικό χαρακτηριστικό του Αιγαίου κατά τη θερινή περίοδο.

Ομοίως, η μέγιστη τιμή σημαντικού ύψους κύματος συναντάται στην περιοχή Μυκόνου-Ικαρίας με 1.3 μέτρα και ακολουθούν οι θαλάσσιες περιοχές των στενών Κάσου-Κρήτης και Ρόδου-Καρπάθου με 1.2 και 1.1 μέτρα αντίστοιχα.

Τέλος, όσον αφορά την Φθινοπωρινή περίοδο, οι υψηλότερες ταχύτητες ανέμου (7 m/sec) εντοπίζονται στην περιοχή των Β. Κυκλάδων, καθώς και σε μια περιορισμένη έκταση στα στενά μεταξύ Κάσου-Κρήτης. Άνεμοι μικρότερης εντάσεως (6 m/sec) πνέουν στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο και στις ευρύτερες περιοχές των στενών μεταξύ Κρήτης-Κυθήρων και Ρόδου-Καρπάθου-Κάσου-Κρήτης.

Ομοίως, η μέγιστη τιμή (1.1 μέτρα) σημαντικού ύψους κύματος εντοπίζεται στην περιοχή Κάσου-Κρήτης και Κρήτης-Κυθήρων και ακολουθούν οι θαλάσσιες περιοχές Μυκόνου-Ικαρίας και Ρόδου-Καρπάθου με ύψος κύματος της τάξεως του 1 μέτρου (Τζώρτζη, 2007).

5.2.4 Χωροταξικός Σχεδιασμός

5.2.4.1 Φυσικό Περιβάλλον-Προστατευόμενες Περιοχές

Το δίκτυο NATURA 2000 αποτελεί ένα ευρωπαϊκό δίκτυο περιοχών (*Τόπων Κοινοτικής Σημασίας-Ειδικών Ζωνών Διατήρησης και Ζωνών Ειδικής Προστασίας*), το οποίο λειτουργεί με κοινούς ευρωπαϊκούς κανόνες. Στις περιοχές αυτές εφαρμόζονται μέτρα διαχείρισης, ούτως ώστε να αποφεύγεται η υποβάθμιση και η σημαντική όχληση, και να εφαρμόζεται η δέουσα εκτίμηση των επιπτώσεων, σχεδίων, έργων και δραστηριοτήτων. Το

δίκτυο NATURA 2000 αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο εφαρμογής της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη φύση και την βιοποικιλότητα.

Από τον Εθνικό κατάλογο προστατευόμενων περιοχών ΕΖΔ⁴ (Ειδικές Ζώνες Διατήρησης) και ΖΕΠ⁵ (Ζώνες Ειδικής Προστασίας) που αποτελούν το Εθνικό Δίκτυο NATURA 2000 (Παράρτημα Ν. 3937/2011, ΦΕΚ 60/Α/31/03/2011) και στις οποίες περιλαμβάνονται και κάποιοι μεγάλοι υγρότοποι του καταλόγου ΕΚΒΥ, προκύπτει ότι:

- **Στα νησιά της περιφέρειας Β. Αιγαίου**, ο αριθμός των ενταγμένων χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών είναι 27 με συνολική έκταση 2.793,43Κm². Από τις περιοχές αυτές 13 βρίσκονται στη Λέσβο και έχουν έκταση 1.120.03Κm², 5 στη Χίο και τις γύρω βραχονησίδες έκτασης 691,90Κm², 5 στη Σάμο έκτασης 210.14 Κm², 2 στην Ικαρία έκτασης 203.14 Κm², και άλλες 2 έκτασης 158.86 Κm², στον Άγιο Ευστράτιο και τα λοιπά νησιά.
- **Στα νησιά της Δωδεκανήσου περιφέρειας Ν. Αιγαίου**, ο αριθμός των ενταγμένων χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών είναι 30, με συνολική έκταση 1.605,14Κm². Από τις περιοχές αυτές 5 βρίσκονται στη Ρόδο και έχουν έκταση 685.79Κm², ενώ οι υπόλοιπες είναι μοιρασμένες στα υπόλοιπα νησιά των Δωδεκανήσων.
- **Στις Κυκλάδες**, ο αριθμός των ενταγμένων χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών είναι 32 με συνολική έκταση 1.835,22 Κm². Από τη συνολική έκταση αυτή το μεγαλύτερο τμήμα καταλαμβάνει η νήσος Γιάρος και η παρακείμενη θαλάσσια ζώνη με έκταση να αγγίζει τα 261.14Κm²
- **Στην Κρήτη και τα γύρω μικρά νησιά**, ο αριθμός των ενταγμένων χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών είναι 52 με συνολική έκταση 3.781,67Κm².

Περισσότερες πληροφορίες για τις περιοχές παρατίθενται στο παράρτημα ΙΙ, πίνακας 2.3.

5.2.4.2 Υποδομές

Στη περιοχή μελέτης βρίσκονται σε λειτουργία εξήντα δύο (62) λιμένες, από τους οποίους οι δεκαεπτά (17) βρίσκονται στην περιφέρεια ΒΑ (Βόρειου Αιγαίου), οι τριάντα εννιά (39) βρίσκονται στην περιφέρεια ΝΑ (Νότιου Αιγαίου: Δωδεκανήσων-Κυκλάδων) και οι υπόλοιποι έξι (6) βρίσκονται στη περιφέρεια Κρήτης.

Δεδομένης της διαφορετικής σημασίας και της επίδρασης κάθε λιμένα στο δίκτυο των εθνικών και διεθνών μεταφορών, σε συνδυασμό με τη γεωστρατηγική τους θέση και τις διαφορετικές προοπτικές ανάπτυξης στο πλαίσιο των θαλάσσιων διαδρόμων των διευρωπαϊκών και εθνικών δικτύων μεταφορών, οι λιμένες κατατάσσονται στις κατηγορίες: Διεθνούς Ενδιαφέροντος, Εθνικής Σημασίας, Μείζονος Ενδιαφέροντος και Τοπικής Σημασίας. Στη περιοχή μελέτης εντοπίζονται (ΦΕΚ 202/Β/16.02.2007):

- Διεθνούς Ενδιαφέροντος Λιμένες: Ηρακλείου, Σούδας, Χανίων, Ρόδου, Μυτιλήνης και Μυκόνου.

⁴ Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) [Sites for Community Importance (SCI)], βάσει της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων, καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας» όπως τροποποιήθηκε και ισχύει.

⁵ Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) [Special Protected Areas (SPA)], για την ορνιθοπανίδα, βάσει της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 2009/147/ΕΚ και ισχύει.

- Εθνικού Ενδιαφέροντος Λιμένες: Κω, Ρεθύμνου, Βαθέως Σάμου, Χίου, Θήρας, Σύρου, Πάρου
- Μείζονος Ενδιαφέροντος Λιμένες: Αγίου Κήρυκου Ικαρίας, Αγίου Νικολάου Λασιθίου, Μύρινας Λήμνου, Σητείας, Πάτμου, Νάξου και Τήνου.
- Τοπικής σημασίας λιμένες

Αναλυτικά οι λιμένες της περιοχής μελέτης παρατίθενται στο παράρτημα ΙΙ, πίνακας 2.4.

Μελλοντικοί σχεδιασμοί που αφορούν σε λιμενικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν για τα νησιά της Χίου και της Μυτιλήνης προτάσεις κατασκευής νέων λιμένων, οι οποίες βασίζονται στις ανάγκες αποσυμφόρησης των παράκτιων ζωνών από τις κυκλοφοριακές οχλήσεις των εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα:

- Με βάση τη συγκεκριμένη Αναθεώρηση-Επέκταση του ΓΠΣ Μυτιλήνης έχει προταθεί η κατασκευή νέου επιβατικού-εμπορευματικού λιμένα στη θέση Όρμος Παναγιούδας, Μαυροβούνι.
- Με βάση το νέο ΓΣΠ του Δήμου Χίου (2010) έχει προταθεί η κατασκευή νέου λιμένα στη περιοχή Κοντάρι.
- Για την Περιφέρεια Κρήτης, την τελευταία δεκαετία έχουν εκπονηθεί μελέτες Προγραμματικού Σχεδίου για τους λιμένες Ηρακλείου, Σούδας, Ρεθύμνου, Κισσάμου, Τυμπακίου, Χώρας Σφακίων και Αγίου Νικολάου (προς έγκριση).

Επιπλέον, λοιπές χωροθετημένες λιμενικές εγκαταστάσεις, δηλαδή αγκυροβόλια, καταφύγια, μαρίνες και τουριστικοί λιμένες, βρίσκονται κατανεμημένες σε όλη τη περιοχή μελέτης.

5.2.4.3 Ακτοπλοΐα

Όλα τα νησιά της περιφέρειας ΒΑ συνδέονται με την Αθήνα μέσω του λιμένα Πειραιά ή του λιμένα Λαυρίου, με μοναδική εξαίρεση τις Οινούσες οι οποίες εξυπηρετούνται μέσω Χίου. Συνδέονται επίσης με την Βόρεια Ελλάδα μέσω του λιμένα Καβάλας (*εκτός Φούρνων και Οινουσσών*). Η Σάμος η Ικαρία και οι Φούρνοι συνδέονται με τα νησιά των Κυκλάδων. Με τα Δωδεκάνησα συνδέεται μόνο η Σάμος.

Εκτός από τις συνδέσεις με λιμένες της ηπειρωτικής χώρας και τις ενδοπεριφερειακές συνδέσεις που εξυπηρετούνται με τις λειτουργούσες ακτοπλοϊκές γραμμές, τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου συνδέονται με τακτικούς πλόες με την Τουρκία (*εποχικές συνδέσεις Μυτιλήνη-Αϊβαλί/Δικέλι, Σάμος-Κουσάντασι και ολοχρονική σύνδεση Χίος-Τσεσμέ*).

Η κύρια επικοινωνία των Δωδεκανήσων με την ηπειρωτική χώρα γίνεται μέσω του λιμένα Πειραιά. Επίσης, σημαντικό ρόλο στην ενδονησιωτική επικοινωνία παίζουν οι συνδέσεις των μικρότερων νησιών των Δωδεκανήσων με τη Ρόδο.

Ομοίως, η επικοινωνία των Κυκλάδων με την ηπειρωτική χώρα γίνεται μέσω των λιμένων Πειραιά, Ραφήνας και Λαυρίου. Η Σύρος, η Μύκονος, η Νάξος, η Ίος, η Πάρος και η Θήρα συνδέονται με κάποια από τα νησιά της περιφέρειας ΒΑ, ΝΑ (*Δωδεκανήσων*) και Κρήτης. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ενδονησιωτική επικοινωνία διαδραματίζουν οι συνδέσεις των μικρότερων νησιών των Κυκλάδων με τη Σύρο.

Τέλος, για την περιφέρεια Κρήτης, η πλειονότητα των διαπεριφερειακών δρομολογίων αφορούν τη σύνδεση του Πειραιά με το Ηράκλειο και τα Χανιά. Τον βασικό αυτό κορμό

δρομολογιών πλαισιώνουν συνδέσεις με νησιά των Κυκλάδων (*Μύκονος, Πάρος, Σαντορίνη, Μήλος, Ανάφη*), των Δωδεκανήσων (*Ρόδος, Χάλκη, Κάρπαθος, Κάσος*), του Νομού Πειραιά (*Κύθηρα, Αντικύθηρα*) αλλά και με άλλα λιμάνια της Πελοποννήσου (*Καλαμάτα, Γύθειο, Μονεμβασιά*). Στο επίπεδο των ενδοπεριφερειακών δρομολογιών, βασικοί θαλάσσιοι άξονες είναι οι Ηράκλειο-Σητεία/Παλαιοχώρα-Σούγια-Αγία Ρούμελη-Λουτρό-Χώρα Σφακίων/Παλαιοχώρα-Γαύδος και Χώρα Σφακίων-Γαύδος.

Το δίκτυο ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών των περιφερειών ΒΑ, ΝΑ και Κρήτης παρουσιάζεται στο παράρτημα ΙΙ, πίνακας 2.5 (Ομάδα Εργασίας για την Ακτοπλοΐα Ε.Ε.ΣΥ.Μ-Σ.Ε.Ε.Ν-Ε.ΔΙ.ΝΑ.Λ.Ε, 2014).

5.2.4.4 Εμπορευματικές Μεταφορές

Για την περιφέρεια ΒΑ, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (2015), ο λιμένας της Μυτιλήνης επικρατεί με διαφορά στη συνολική εμπορευματική κίνηση (*Υγρό φορτίο, Ξηρό φορτίο, Φορτίο σε εμπορευματοκιβώτια, Φορτίο σε Ro/Ro, άλλα γενικά φορτία*) της περιφέρειας, στον τομέα των εγχώριων και διεθνών μεταφορών και ακολουθούν οι λιμένες της Μύρινας και της Σάμου. Στο σύνολο των λιμένων της, η περιφέρεια ΒΑ έχει κυρίως εισαγωγικό ρόλο, καθώς κυριαρχούν τα εκφορτωθέντα φορτία έναντι των φορτωθέντων.

Για την περιφέρεια ΝΑ (*Δωδεκανήσων*), ο λιμένας της Ρόδου επικρατεί με διαφορά στη συνολική εμπορευματική κίνηση της περιφέρειας, στον τομέα των εγχώριων και διεθνών μεταφορών, και ακολουθούν οι λιμένες της Κω, Λέρου, Καλύμνου και Νισύρου. Με εξαίρεση τους λιμένες της Λέρου και της Νισύρου, οι λοιποί λιμένες των Δωδεκανήσων έχουν κυρίως εισαγωγικό ρόλο, καθώς κυριαρχούν τα εκφορτωθέντα φορτία έναντι των φορτωθέντων. Στα Δωδεκάνησα μόνο οι λιμένες της Ρόδου και της Νισύρου παρουσιάζουν διακίνηση φορτίων από/προς το εξωτερικό.

Για την περιφέρεια ΝΑ (*Κυκλάδων*) η Θύρα, η Μύκονος, η Σύρος, η Αμοργός, η Πάρος και η Κίμωλος επικρατούν με διαφορά έχοντας κυρίως εισαγωγικό ρόλο. Με μοναδική εξαίρεση τον λιμένα της Μήλου, οι λοιποί λιμένες των Κυκλάδων έχουν κυρίως εισαγωγικό ρόλο, καθώς κυριαρχούν τα εκφορτωθέντα φορτία έναντι των φορτωθέντων. Για την περιφέρεια των Κυκλάδων διακίνηση φορτίων από/προς το εξωτερικό παρουσιάζει μόνο ο λιμένας της Μήλου.

Για την περιφέρεια Κρήτης ο λιμένας Ηρακλείου επικρατεί με διαφορά στον τομέα των εγχώριων και διεθνών μεταφορών και ακολουθούν οι λιμένες των Χανίων, της Σητείας και του Ρεθύμνου. Οι μεγαλύτεροι λιμένες εξυπηρετούν συγχρόνως διεθνείς και εγχώριες μεταφορές, ενώ οι μικρότεροι (*εκτός του Κισάμου και της Αγίας Γαλήνης*) έχουν εξειδικευμένο ρόλο. Ο λιμένας Σητείας έχει κυρίως εξαγωγικό ρόλο, καθώς σε αυτόν μόνο κυριαρχούν τα φορτωθέντα φορτία έναντι των εκφορτωθέντων.

Στην περιφέρεια Κρήτης διακίνηση φορτίων από/προς το εξωτερικό παρουσιάζουν κυρίως οι μεγάλοι λιμένες του Ηρακλείου, της Σητείας, του Ρεθύμνου και των Χανίων.

5.2.4.5 Δίκτυα

5.2.4.5.1 Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης

Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (ΜΑΝ) της περιοχής μελέτης υφίστανται 28 Ηλεκτρικά Συστήματα (ΗΣ), εκ' των οποίων τα 17 ΗΣ είναι αυτόνομα νησιά, τα οποία διαθέτουν

Θερμικούς Σταθμούς Παραγωγής και δε διασυνδέονται με παρακείμενα νησιά. Αυτά είναι: η Κρήτη, το Αγαθονήσι, ο Άγιος Ευστράτιος, η Αμοργός, η Ανάφη, η Αστυπάλαια, η Γαύδος, η Δονούσα, η Ικαρία, η Κύθνος, η Λήμνος, η Μεγίστη, η Πάτμος, η Σέριφος, η Σίφνος, η Σύμη και η Σύρος.

Τα 6 ΗΣ αφορούν σε δύο μόνο μεταξύ τους διασυνδεδεμένων νησιών, όπου στο ένα εξ' αυτών υφίσταται Θερμικός Σταθμός Παραγωγής. Τα ΗΣ αυτά είναι τα εξής: Ρόδος (με Χάλκη), Αρκιοί (με Μαράθι), Θήρα (με Θηρασιά), Κάρπαθος (με Κάσο), Λέσβος (με Μεγαλονήσι) και Μήλος (με Κίμωλο).

Τα 3 ΗΣ αφορούν σε τρία μεταξύ τους διασυνδεδεμένα νησιά, όπου στο ένα εξ' αυτών υφίσταται Θερμικός Σταθμός Παραγωγής. Τα ΗΣ αυτά είναι τα εξής: η Μύκονος (με τη Δήλο και τη Ρήνεια), η Σάμος (με τους Φούρνους και τη Θύμαινα) και η Χίος (με τις Οινούσσες και τα Ψαρά).

Το ΗΣ Πάρου αφορά σε εννιά μεταξύ τους διασυνδεδεμένα νησιά, όπου υφίστανται μόνο ένας Θερμικός Σταθμός Παραγωγής επί της Πάρου. Μεταξύ των εννέα (9) νησιών υπάρχουν οι εξής Υ/Β (υποβρύχιες) διασυνδέσεις:

- Πάρος-Νάξος
- Πάρος-Αντίπαρος
- Πάρος-Ίος
- Ίος-Σίκινος
- Σίκινος-Φολέγανδρος
- Νάξος-Ηρακλειά
- Ηρακλειά-Σχοινούσα
- Σχοινούσα-Κουφονήσι
- Νάξος-Κουφονήσι

Το ΗΣ Κω-Καλύμνου αφορά σε εννιά μεταξύ τους διασυνδεδεμένα νησιά, όπου υφίστανται δύο Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής, ο ένας επί της Κω και ο άλλος επί της Καλύμνου και οι οποίοι βρίσκονται σε παράλληλη λειτουργία. Μεταξύ των εννέα νησιών υπάρχουν οι εξής Υ/Β διασυνδέσεις:

- Κως-Κάλυμνος
- Κως-Ψέριμος
- Κάλυμνος-Τέλενδος
- Κάλυμνος-Λέρος
- Λέρος-Λειψοί
- Κως-Γυαλί
- Γυαλί-Νίσυρος
- Νίσυρος-Τήλος

Για τα διασυνδεδεμένα νησιά (ΔΝ) της περιοχής μελέτης Άνδρος και Τήνος, υφίστανται ηλεκτρική διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο (Εύβοια) μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου ενέργειας 150 KV.

Επίσης, για το νησί της Κέας, υφίσταται διασύνδεση με την ηπειρωτική Ελλάδα (Λαύριο) με υποθαλάσσιο καλώδιο ενέργειας 20 KV, μέσω της Μακρονήσου.

Στο παράρτημα II, πίνακας 2.6 παρατίθενται, αναλυτικά οι υφιστάμενες υποβρύχιες καλωδιακές διασυνδέσεις ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΒΑ και ΝΑ (ΔΕΔΔΗΕ, 2015).

Παρόλο που κατά καιρούς έχουν λάβει χώρα διάφορες συζητήσεις και έχουν εκπονηθεί Στρατηγικές Μελέτες από διάφορους οργανισμούς (ΔΕΗ, ΔΕΣΜΗΕ, ΡΑΕ) αναφορικά με την ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα, μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων ενέργειας, οι εν λόγω προτάσεις δεν έχουν προχωρήσει μέχρι σήμερα, με μοναδική ίσως εξαίρεση την Α' φάση της ηλεκτρικής διασύνδεσης των Κυκλάδων, όπου προχωράει μετ' εμποδίων, ενώ παράλληλα καθυστερήσεις αναμένονται και για την ολοκλήρωση της Β' φάσης, έχοντας ως αποτέλεσμα περίπου το 10% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα να παράγεται στα νησιά μέσω των Αυτόνομων Σταθμών Παραγωγής, οι οποίοι καλύπτουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των νησιών έχοντας χαμηλή απόδοση και υψηλό κόστος παραγωγής.

Ωστόσο την επίσπευση της ηλεκτρικής διασύνδεσης της Κρήτης, και εφόσον κριθεί σκόπιμο και των Κυκλάδων, με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας ανακοίνωσε η ΡΑΕ κατόπιν της έγκρισης του 10 ετούς σχεδίου ανάπτυξης του ΑΔΜΗΕ. Ο *Διαχειριστής* για την περίπτωση της ηλεκτρικής διασύνδεσης της Κρήτης καλείται «να προβεί άμεσα και σε κάθε περίπτωση εντός του έτους 2016, στις αναγκαίες ενέργειες για την έναρξη μελετών και αδειοδοτήσεων».

Προκειμένου να επιτευχθεί α) η βελτίωση του ηλεκτρικού συστήματος των νησιών του Αιγαίου και κατά συνέπεια της χώρας, και β) η ένταξη του εθνικού ηλεκτρικού συστήματος στο Διεθνές Ευρωπαϊκό Διασυνδεδεμένο Σύστημα έχουν εκπονηθεί διάφορες μελέτες κατά καιρούς σε προκαταρκτικό στάδιο αναφορικά με την ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα μέσω υποβρύχιων καλωδιώσεων με χρήση τεχνολογιών ΕΡ ή και ΣΡ.

Οι εν λόγω στρατηγικές μελέτες αναφορικά με τη ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών της περιοχής μελέτης με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα μέσω υποβρύχιων καλωδίων ενέργειας αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους

5.2.4.5.1 Α) Προτεινόμενα Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης της Κρήτης με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΕΔΣ)

Η μελέτη για την ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα εκπονήθηκε από τις ΔΕΗ, ΔΕΣΜΗΕ και ΡΑΕ, τον Απρίλιο του 2011 εξετάζοντας τρία (3) διαφορετικά σενάρια διασύνδεσης της Κρήτης για τη χρονική περίοδο 2017-2040 (Ομάδα Εργασίας ΔΕΗ, ΔΕΣΜΗΕ και ΡΑΕ, 2011):

- Σενάριο Α

Προβλέπει τη διασύνδεση της Κρήτης με την Πελοπόννησο με έναν υβριδικό σύνδεσμο DC ικανότητας $2 \times 350 \text{ MW} = 700 \text{ MW}$ μήκους 370 Km, ο οποίος θα ξεκινά από την Κορακιά, θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 250 Km ως τη Μονεμβασιά και θα συνεχίζει με εναέρια γραμμή μήκους 120 Km μέχρι τον μελλοντικό υποσταθμό Μεγαλόπολης. Η εξέλιξη της διείσδυσης ΑΠΕ για το εν λόγω σενάριο εκτιμάται ότι θα φτάνει συνολικά τα 1000 MW. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι στο σενάριο

αυτό αναμένεται να διατηρηθεί σημαντική συμβατική παραγωγή στο νησί σε ψυχρή εφεδρεία, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η τροφοδότηση του, σε όλες τις περιπτώσεις βλαβών που ενδέχεται να προκύψουν, συμπεριλαμβανομένης και της απώλειας του συνδέσμου DC, δεδομένου ότι τα καλωδιακά του τμήματα έχουν κοινή όδευση, ενώ τα εναέρια αναρτώνται επί κοινού φορέα.

- Σενάριο Β: περιλαμβάνει δύο εναλλακτικές περιπτώσεις, τις Β1 και Β2.
- Σενάριο Β1

Περιλαμβάνει τη διασύνδεση της Κρήτης με υποσταθμό της Αττικής με έναν υβριδικό σύνδεσμο DC ικανότητας $2 \times 500 \text{ MW} = 1000 \text{ MW}$, ο οποίος θα ξεκινά από την Κορακιά και θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 380 Km στην Αττική, όπου θα συνδέεται με κατάλληλο υπόγειο καλώδιο ή εναέρια γραμμή με υποσταθμό της Αττικής. Για το συγκεκριμένο σενάριο προέκυψε ότι η εξέλιξη της διείσδυσης ΑΠΕ φτάνει συνολικά τα 1535 MW, ενώ για τους ίδιους λόγους που παρουσιάστηκαν ανωτέρω αναμένεται να διατηρηθεί σημαντική συμβατική παραγωγή στο νησί σε ψυχρή εφεδρεία.

- Σενάριο Β2

Προβλέπεται η διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική και την Πελοπόννησο σε δύο στάδια, με δύο απλούς συνδέσμους DC ικανότητας $2 \times 500 \text{ MW} = 1000 \text{ MW}$. Ο πρώτος σύνδεσμος θα ξεκινά από την Κορακιά και θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 380 Km στην Αττική, όπου θα συνδέεται με κατάλληλο υπόγειο καλώδιο ή εναέρια γραμμή μεταφοράς με ΚΥΤ της Αττικής.

Ο δεύτερος σύνδεσμος, ο οποίος προβλέπεται να εγκατασταθεί σε δεύτερο στάδιο, το οποίο θα εξαρτηθεί από την εξέλιξη της ζήτησης και την πορεία των επενδυτικών σχεδίων ΑΠΕ, θα ξεκινά από το ΒΔ σημείο της Κρήτης και συγκεκριμένα κοντά στα Χανιά, θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 250 Km έως τη Μονεμβασιά και θα συνεχίζει με εναέρια γραμμή μεταφοράς μήκους 120 Km μέχρι το μελλοντικό ΚΥΤ Μεγαλόπολης. Η εξέλιξη διείσδυσης των ΑΠΕ για το εν λόγω σενάριο προβλέπεται ότι θα φτάνει τις ίδιες τιμές με αυτές του σεναρίου Β1, ενώ διευκρινίζεται ότι στο σενάριο αυτό αναμένεται μέχρι την εγκατάσταση του 2^ο συνδέσμου να διατηρηθεί σημαντική συμβατική παραγωγή στο νησί σε ψυχρή εφεδρεία. Μετά την εγκατάσταση του 2^ο συνδέσμου DC προβλέπεται ότι θα είναι δυνατή η σταδιακή απομάκρυνση των συμβατικών μονάδων και η διατήρηση για λόγους εφεδρείας τοπικής παραγωγής σε ποσοστό 50% της ετήσιας αιχμής φορτίου.

- Σενάριο Γ

Προβλέπεται η διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική και την Πελοπόννησο σε δύο στάδια με δύο απλούς συνδέσμους DC ικανότητας $2 \times 1000 = 2000 \text{ MW}$. Ο πρώτος σύνδεσμος θα ξεκινά από τη Κορακιά και θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 380 Km στην Αττική, όπου θα συνδέεται με κατάλληλο υπόγειο καλώδιο ή εναέρια γραμμή μεταφοράς με ΚΥΤ της Αττικής. Ο δεύτερος σύνδεσμος που προβλέπεται να εγκατασταθεί σε δεύτερο στάδιο, το οποίο θα εξαρτηθεί από την εξέλιξη της ζήτησης και την πορεία των επενδυτικών σχεδίων ΑΠΕ, θα ξεκινά από το ΒΔ σημείο της Κρήτης, κοντά στα Χανιά, θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 250 Km έως τη Μονεμβασιά και θα συνεχίζει με εναέρια γραμμή μεταφοράς μήκους 120 Km μέχρι τον μελλοντικό ΚΥΤ Μεγαλόπολης. Η εξέλιξη της διείσδυσης των ΑΠΕ για το εν λόγω σενάριο προβλέπεται ότι θα φτάνει συνολικά τα

2135 MW ενώ διευκρινίζεται ότι προβλέπεται έως την εγκατάσταση του 2^ο συνδέσμου να διατηρηθεί σημαντική συμβατική παραγωγή στο νησί σε ψυχρή εφεδρεία. Μετά την εγκατάσταση του 2ο συνδέσμου DC προβλέπεται ότι θα είναι δυνατή η σταδιακή απομάκρυνση έως και του συνόλου της τοπικής συμβατικής παραγωγής.

5.2.4.5.1 Β) Προτεινόμενα Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης Νήσων Περιφέρειας ΒΑ με το ΕΔΣ

Η ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών της περιφέρειας ΒΑ, αφορά τη διασύνδεση των νησιών Λήμνου, Λέσβου, και Χίου με το ΕΔΣ σε πρώτο στάδιο και σε δεύτερο στάδιο την επέκταση προς Σάμο, Ικαρία, Δωδεκάνησα, εξετάζοντας δύο σενάρια. Οι ανωτέρω προτάσεις διασύνδεσης των νήσων ΠΒΑ με το ΕΔΣ περιγράφονται ως εξής (ΔΕΣΜΗΕ, 2010).

- Στάδιο 1: Διασύνδεση των νησιών Λέσβου, Λήμνου και Χίου με το ΕΔΣ.

Η διασύνδεση θα έχει το ένα άκρο στη πλευρά 400 KV του Κέντρου Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) Φιλίππων, θα διέρχεται από τη Λήμνο, τη Λέσβο και η Χίος θα καταλήγει στη πλευρά 400 KV του ΚΥΤ Λάρυμνας. Προβλέπεται κατ' αρχήν ότι ο βρόχος θα κατασκευαστεί με τεχνολογία ΣΡ και θα έχει ικανότητα μεταφοράς 500 MW προς κάθε κατεύθυνση. Σε επόμενο στάδιο θα υπάρχει δυνατότητα επέκτασης της προς τα Δωδεκάνησα. Με τη διασύνδεση αυτή δίνεται η δυνατότητα απορρόφησης αιολικής ισχύος μέχρι τα όρια φόρτισης των ΥΒΚ, αλλά οριακά και υπό προϋποθέσεις.

- Στάδιο 2: Επέκταση προς Σάμο, Ικαρία, Δωδεκάνησα
- ✓ *Σενάριο 1: Επέκταση ΕΡ προς Σάμο, Ικαρία*

Η διασύνδεση των υπολοίπων δύο μεγάλων νησιών του ΒΑ Αιγαίου, μπορεί να γίνει είτε ως επέκταση της παραπάνω διασύνδεσης με ΥΒΚ ΕΡ, είτε να αποτελέσει τμήμα της επέκτασης του βρόχου ΣΡ από Χίο προς Κω.

Στην πρώτη περίπτωση, η οποία αφορά και το σενάριο 1, γίνεται διασύνδεση από Χίο προς Σάμο και Ικαρία με ΥΒΚ ΕΡ συνολικού μήκους 160 Km, ενώ η δεύτερη περίπτωση αφορά το σενάριο 2 που περιγράφεται ακολούθως.

- ✓ *Σενάριο 2: Επέκταση ΣΡ Χίου-Κω και σύνδεση με Κρήτη-Δωδεκάνησα*

Προβλέπεται η επέκταση του βρόχου ΣΡ του ΒΑ Αιγαίου από Χίο μέχρι την Κω, όπου και εγκαθίσταται σταθμός μετατροπής ΣΡ/ΕΡ. Από το σταθμό μετατροπής στη Κω αφενός τροφοδοτείται η Κως και τα γύρω νησιά μέσω ΥΒΚ ΕΡ, αφετέρου γίνεται σύνδεση με Ρόδο μέσω Νισύρου και ακολούθως μέσω Καρπάθου με την Κρήτη.

5.2.4.5.1 Γ) Προτεινόμενα Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης Νήσων Περιφέρειας ΝΑ (Δωδεκανήσων) με το ΕΔΣ

Η εν λόγω πρόταση περιλαμβάνει δύο σενάρια, α) τη διασύνδεση των Δωδεκανήσων με το ΕΔΣ μέσω Κρήτης, κατόπιν της σύνδεσης της (Κρήτης) με το ΕΔΣ και β) την απευθείας διασύνδεση των Δωδεκανήσων με το ΕΔΣ. Τα δύο (2) σενάρια αναλύονται ως εξής (ΔΕΣΜΗΕ, 2010):

- Σενάριο 1: Διασύνδεση των Δωδεκανήσων με το ΕΔΣ μέσω Κρήτης

Προβλέπει τη διασύνδεση της Κρήτης και των Δωδεκανήσων μέσω των νήσων Κάσου και Καρπάθου, η οποία θα καταλήγει στη Ρόδο. Εν συνεχεία προβλέπεται η διασύνδεση των Δωδεκανήσων μεταξύ τους με την επέκταση της ανωτέρου διασύνδεσης μέσω Νισύρου προς Κω και ακολούθως προς Αστυπάλαια, Κάλυμνο και Λέρο. Η διασύνδεση προτείνεται να γίνει με ΥΒΚ ΕΡ συνολικού μήκους 450 Km. Η συγκεκριμένη διασύνδεση δίνει τη δυνατότητα απορρόφησης συνολικής ισχύος από Α/Π έως 700 MW.

- Σενάριο 2: Απευθείας διασύνδεση των Δωδεκανήσων με το ΕΔΣ

Λόγω του μεγάλου επενδυτικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζεται στην περιοχή Κω-Καλύμνου-Αστυπάλαιας για την ανάπτυξη Α/Π επί των νησιών και βραχονησίδων, εξετάζεται η απευθείας διασύνδεση της Κω με την Αττική, εφόσον κριθεί δικαιολογημένη.

5.2.4.5.1 Δ) Προτεινόμενα Υποθαλάσσια Δίκτυα Ηλεκτρικής Διασύνδεσης Νήσων Περιφέρειας ΝΑ (Κυκλάδων) με το ΕΔΣ

Η εν λόγω πρόταση ολοκληρώνεται στην πλήρη έκταση του σε τρία στάδια.

- Στάδιο 1: Περιλαμβάνει της σύνδεση της Σύρου με το Λαύριο καθώς και με τις νήσους Πάρο, Μύκονο και Τήνο.

Με το πέρας της ολοκλήρωσης του πρώτου σταδίου, οι Αυτόνομοι Σταθμοί Παραγωγής θα τεθούν σε ψυχρή εφεδρεία, και τα φορτία των νησιών θα τροφοδοτούνται πλέον από το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα νησιά της Άνδρου και της Τήνου τροφοδοτούνται ήδη από το ΕΣΜΗΕ μέσω της ΓΜ που συνδέει την Εύβοια με την Άνδρο. Το στάδιο αυτό εκτιμάται ότι ολοκληρώνεται το αργότερο μέχρι το 2016.

Από το πρώτο αυτό στάδιο της διασύνδεσης μέχρι σήμερα (02/2016) έχουν ποντιστεί τα καλώδια από τη Σύρο στη Μύκονο και από τη Σύρο στην Τήνο, ενώ ποντισμένο είναι και το μεγαλύτερο τμήμα του καλωδίου Σύρου-Λαυρίου. Επίσης έχουν ξεκινήσει τα χωματουργικά έργα στο Λαύριο και στην Πάρο. Ο υποσταθμός στη Σύρο θεωρείται κομβικής σημασίας για το συνολικό έργο και η όποια καθυστέρηση των εργασιών επηρεάζει αρνητικά την ολοκλήρωση της διασύνδεσης.

- Στάδιο 2: Περιλαμβάνει τη σύνδεση Πάρου-Νάξου με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 KV ονομαστικής ικανότητας 140 MV A, μήκους 7.6 Km και τη σύνδεση Νάξου-Μυκόνου με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 KV ονομαστικής ικανότητας 140 MV A, μήκους 40 Km.

Επίσης, προωθείται και η αναβάθμιση της υφιστάμενης καλωδιακής σύνδεσης Άνδρος-Λιβιάδι (Ν. Εύβοια) μήκους 14.5 Km και Άνδρος-Τήνος μήκους 4 Km με την εγκατάσταση νέων υποβρύχιων καλωδίων 150 KV ονομαστικής ικανότητας 200 MV A.

Το δεύτερο αυτό στάδιο της ηλεκτρικής διασύνδεσης των Κυκλάδων εκτιμάται ότι ολοκληρώνεται με μικρή χρονική ολίσθηση σε σχέση με το πρώτο στάδιο. Στόχος του ΑΔΜΗΕ είναι να τεθεί σε λειτουργία εντός του 2017 ή το αργότερο το 2018.

- Στάδιο 3: Περιλαμβάνει την ολοκλήρωση της διασύνδεσης με την πόντιση και του δεύτερου καλωδίου Λαυρίου-Σύρου και την πιθανή εγκατάσταση δεύτερου ΑΜ/Σ στο Λαύριο. Ο ΑΔΜΗΕ έχει προτείνει την ολοκλήρωση του 3^ο σταδίου μετά το 2020 και συγκεκριμένα μετά το 2022.

5.2.4.5.2 Υποθαλάσσια Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα

Τα υφιστάμενα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα που διαπερνούν την περιοχή μελέτης και κατέστη δυνατό να εντοπιστούν παρουσιάζονται στο παράρτημα ΙΙ, πίνακας 2.7 (Greg's Cable Map, 2016).

5.2.5 Υφιστάμενη Ενεργειακή Κατάσταση

Όλα τα ΜΔΝ της περιοχής μελέτης ανήκουν σε 28 ΗΛ. Κάθε ΗΣ τροφοδοτείται από έναν ή περισσότερους Θερμικούς Σταθμούς Παραγωγής και αποτελείται από ένα ή περισσότερα συνδεδεμένα μεταξύ τους με υποβρύχια καλώδια νησιά.

Η ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε ηλεκτρικό σύστημα ενδέχεται να παράγεται από:

- Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ)
- Τοπικούς Σταθμούς Παραγωγής (ΤΣΠ)
- Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς (ΑΗΣ)
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Στο παράρτημα ΙΙ και στον πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα 28 ΗΣ των ΜΔΝ της περιοχής μελέτης, τα νησιά από τα οποία αποτελούνται τα ΗΣ, οι Θερμικοί Σταθμοί και η εγκατεστημένη ισχύς των θερμικών μονάδων, των σταθμών ΑΠΕ, καθώς και οι αιχμές ζήτησης των ΗΣ των ετών 2015 και 2020 (*απολογιστική και εκτιμώμενη αντίστοιχα*) (ΔΕΔΔΗΕ, 2015).

Αναφέρεται ότι με την ολοκλήρωση της Α' φάσης της διασύνδεσης των Κυκλάδων με το ηπειρωτικό σύστημα, τα ΗΣ Μυκόνου, Πάρου και Σύρου δεν θα ανήκουν πλέον στο ΜΔΣ.

Τέλος, τα ΗΣ των νησιών της Άνδρου, Τήνου και Κέας δεν ανήκουν στο ΜΔΣ καθώς συνδέονται μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων με το ηπειρωτικό δίκτυο.

5.3 Εφαρμογή του Μοντέλου

5.3.1 Δεδομένα

Για την επίλυση του συγκεκριμένου πολυκριτηριακού προβλήματος χωροθέτησης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης στην περιοχή μελέτης, χρειάστηκε να εισαχθούν στον ArcMap 10.5 τα εξής δεδομένα:

Θεματικό Επίπεδο (Layer)	Αρχική Μορφή Αρχείου	Πηγή Δεδομένων
Χωρικά ύδατα	Vector	EuroGeographics, EuroGlobal Map, 2016.
Δίκτυο NATURA 2000 & προστατευόμενες περιοχές	Vector	Geodata.gov.gr-Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα.
Βαθυμετρία	Tif	Υπουργείο Εθνικής Άμυνας-ΓΕΕΘΑ, Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2016; ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015.
Μέση Ταχύτητα Ανέμου (Ετήσια)	Raster	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών-ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016;ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015.

Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος (Ετήσιο)	Raster	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών-ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016; ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015.
Υποθαλάσσια Τηλεπικοινωνιακά Καλώδια	Vector	Greg's Cable Map, 2016.
Υποθαλάσσια Καλώδια Ενέργειας	Vector	Υπουργείο Εθνικής Άμυνας-ΓΕΕΘΑ, Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2016; ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015.
Δίαυλοι Ναυσιπλοΐας (Διαδρομές Επιβατικών Πλοίων)	Vector	EuroGeographics, EuroGlobal Map, 2016
Δίαυλοι Ναυσιπλοΐας (Διαδρομές Εμπορικών Πλοίων)	Vector	ESRI, Michael Horner, Story Maps Team.
Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Αγκυροβόλια)	Vector	Υπουργείο Εθνικής Άμυνας-ΓΕΕΘΑ, Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2016; ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015.
Αστικές περιοχές & Οικισμοί	Vector	Geodata.gov.gr-Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα.
Οδικό Δίκτυο	Vector	Geodata.gov.gr-Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα.
Αιχμή Ζήτησης (Ετήσια)	Vector	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας-ΔΕΔΔΗΕ, Διεύθυνση Παραγωγής Νησιών, 2016. Το σετ δεδομένων «Όρια Δήμων Καλλικράτης» ανακτήθηκε από το Geodata.gov.gr-Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα.

Πίνακας 5.2 Προέλευση και αρχική μορφή δεδομένων

Τα δεδομένα των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας για τον παράκτιο και θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου έχουν αντικατασταθεί από τα δεδομένα των οδικών δικτύων. Σύμφωνα με πληροφορίες από τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), τα υφιστάμενα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας για την περιοχή μελέτης δεν έχουν χαρτογραφηθεί ακόμη. Έως τώρα υφίστανται κάποιες ασαφείς, μεμονωμένες και πολύ περιορισμένες περιπτώσεις καταγραφής των βασικών δικτύων σε κάποια νησιά της και σε μορφές που δεν υποστηρίζονται από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Ως εκ τούτου κρίθηκε σκόπιμο να αντικατασταθούν από ένα εξίσου ίδιας σημαντικότητας (οικονομικό) κριτήριο, αυτό των οδικών δικτύων.

Το οδικό δίκτυο θεωρήθηκε ίδιας επιρροής καθώς διασφαλίζει την μεγαλύτερη πιθανότητα ύπαρξης ηλεκτρικού δικτύου και υποσταθμού, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει και μεγαλύτερη προσβασιμότητα και οικονομία κόστους σε περίπτωση που χρειάζεται να κατασκευαστούν.

5.3.2. Προετοιμασία Δεδομένων

1. Προβολή (Projection)

Το πρωταρχικό βήμα για την μετέπειτα χωρική ανάλυση των δεδομένων, είναι να τοποθετήσουμε όλα τα επιμέρους επίπεδα πληροφορίας (*layers*) σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων, ούτως ώστε τα στοιχεία κάθε επιπέδου να εγγράφονται στη βάση δεδομένων με απόλυτη αντιστοιχία μεταξύ τους. Το κοινό προβολικό σύστημα που

επιλέγεται στην παρούσα διατριβή θεωρείται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ87 (GGRS87). Ακολούθως παρουσιάζεται αναλυτικά το κάθε επίπεδο πληροφορίας και το αρχικό του σύστημα αναφοράς:

- Θεματικό επίπεδο χωρικών υδάτων: GCS_ETRS_1989 (*Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989-European Terrestrial Reference System 1989*)
- Θεματικό επίπεδο δικτύου NATURA 2000 & προστατευόμενων περιοχών: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο βαθυμετρίας: GCS_WGS_1984 (*Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984-World Geodetic System 1984*)
- Θεματικό επίπεδο αιολικού δυναμικού: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο κυματικού δυναμικού: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο γραμμών ναυσιπλοΐας: GCS_ETRS_1989
- Θεματικό επίπεδο υποθαλάσσιων καλωδίων: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο λιμενικών εγκαταστάσεων: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο οδικού δικτύου: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο αστικών περιοχών & οικισμών: GGRS87
- Θεματικό επίπεδο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας: GGRS87

Περισσότερες πληροφορίες για τα Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς, ΕΓΣΑ87, GCS_ETRS_1989 και GCS_WGS_1984 μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα II

2. Αποκοπή (Clip) των δεδομένων

Η λειτουργία της αποκοπής θεωρείται ιδιαίτερος χρήσιμη στη συγκεκριμένη εφαρμογή, καθώς επιθυμούμε τη δημιουργία βάσης χωρικών δεδομένων στα όρια της περιοχής μελέτης (*ή περιοχή ενδιαφέροντος*), ενώ παράλληλα έχουμε διαθέσιμα δεδομένα από την ευρύτερη περιοχή. Για τα vector δεδομένα θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο Clip από το μενού του ArcGis Geoprocessing, ενώ για τα raster δεδομένα το Clip από το Data Management.

3. Μετατροπή από vector σε raster

Προκειμένου να εφαρμόσουμε την δυαδική και τη σταθμισμένη επικάλυψη θα πρέπει όλα τα δεδομένα τα οποία βρίσκονται σε μορφή vector να μετατραπούν στην αντίστοιχη μορφή raster. Ο ευκολότερος τρόπος για να το επιτύχουμε είναι να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο Feature to Raster από την εργαλειοθήκη Conversion tools>To raster>Feature to Raster.

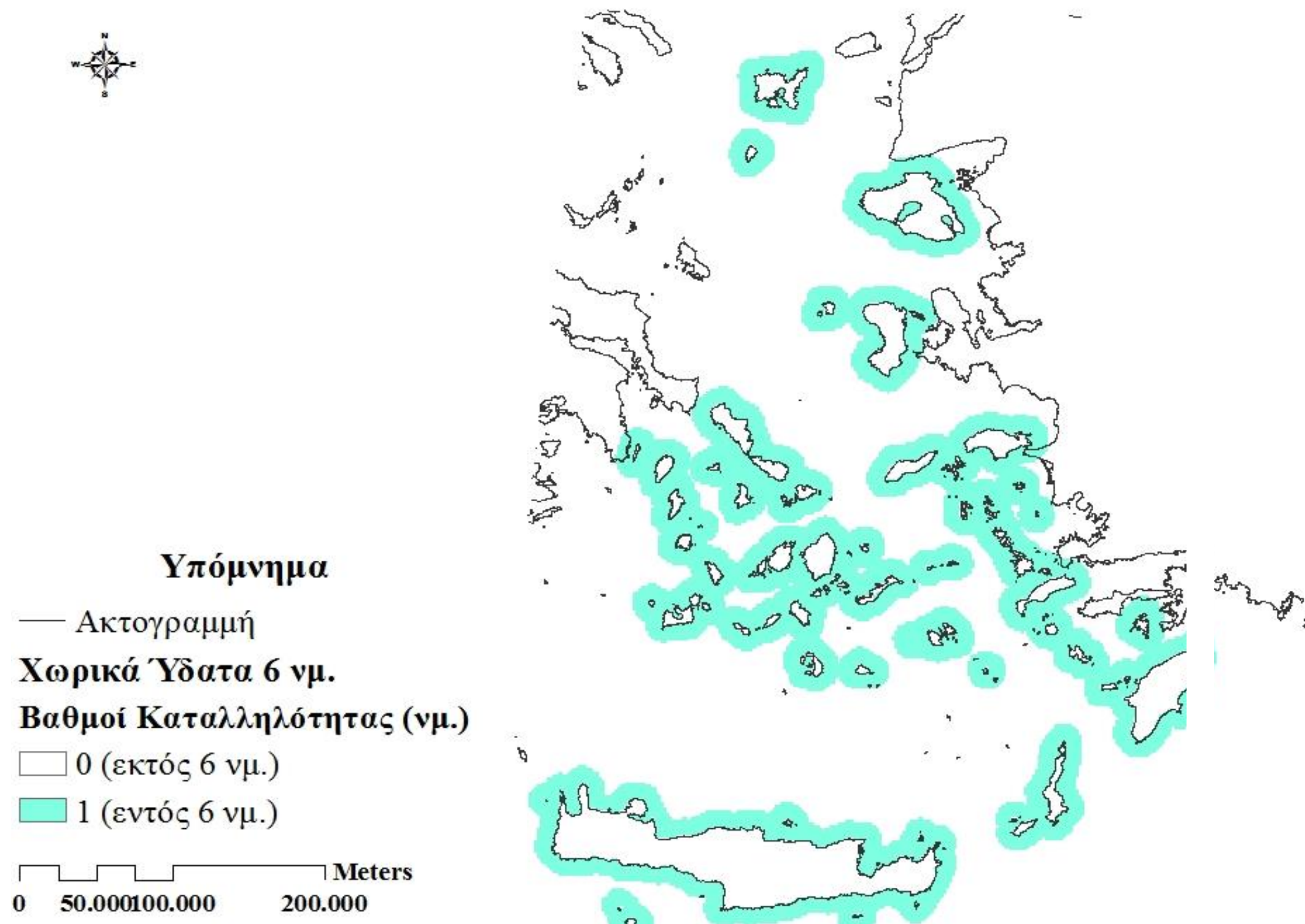
Καθορισμός μεγέθους ψηφίδας

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα του προαναφερθέντος εργαλείου είναι ότι απαιτεί ο χρήστης να εισάγει το μέγεθος που θα έχει η κάθε ψηφίδα για το κάθε raster. Στην παρούσα διατριβή όλα τα raster δεδομένα θα έχουν το ίδιο μέγεθος ψηφίδας. Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης στρατηγικής είναι μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανάλυση επικάλυψης στη συνέχεια. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το κοινό μέγεθος των ψηφίδων υπολογίζεται με βάση τα δεδομένα εισόδου. Περισσότερες πληροφορίες στο ανωτέρω θέμα του καθορισμού του μεγέθους των ψηφίδων μπορεί να αναζητηθεί στη σχετική βιβλιογραφία (Hengl, 2006).

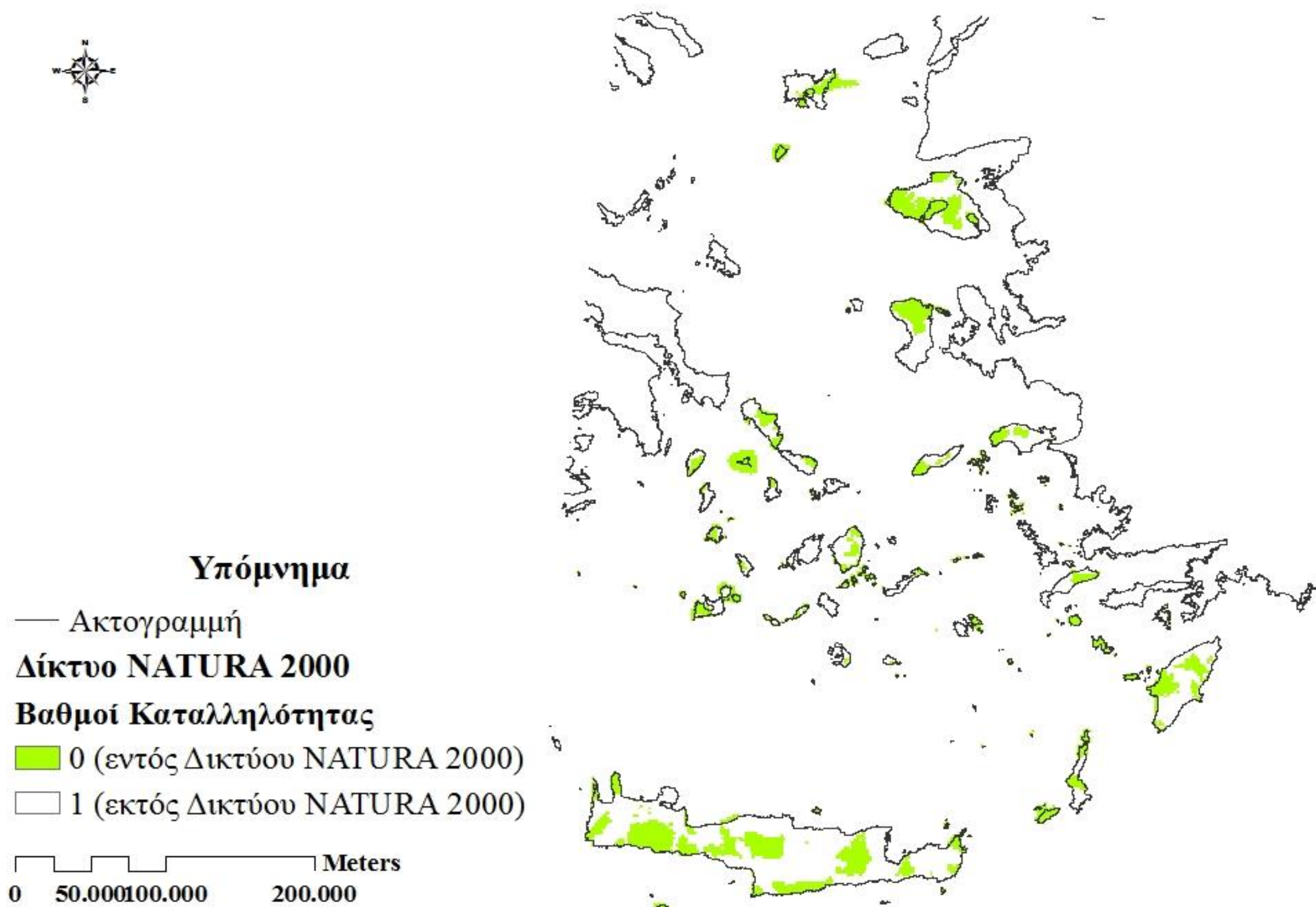
5.4 Δυαδική Επικάλυψη

Δεδομένου ότι τα τρία βασικά βήματα (Παράγραφος 5.3.2) για την περαιτέρω ανάλυση των θεματικών επιπέδων έχουν ήδη εφαρμοστεί, προχωράμε στο αμέσως επόμενο βήμα όπου είναι η δημιουργία ενός πλέγματος (*grid*) για το κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά θεματικά επίπεδα των κριτηρίων αποκλεισμού (Παράγραφος 4.2.1), όπου περιέχει τις τιμές μηδέν (0) και ένα (1). Το δυαδικό πλέγμα και για τα τρία θεματικά επίπεδα κατασκευάζεται με το εργαλείο Reclassify tool του Spatial Analyst. Η παρουσία ενός κριτηρίου αποκλεισμού σε κάθε θεματικό επίπεδο συμβολίζεται με μηδέν (0), ενώ η απουσία του με ένα (1). Το αποτέλεσμα και για τα τρία θεματικά επίπεδα θα είναι αντίστοιχα ένας δυαδικός (*true/false*) χάρτης των τοποθεσιών που πληρούν ή δεν πληρούν τα συγκεκριμένα κριτήρια (Χάρτες 5.3, 5.4 και 5.5).

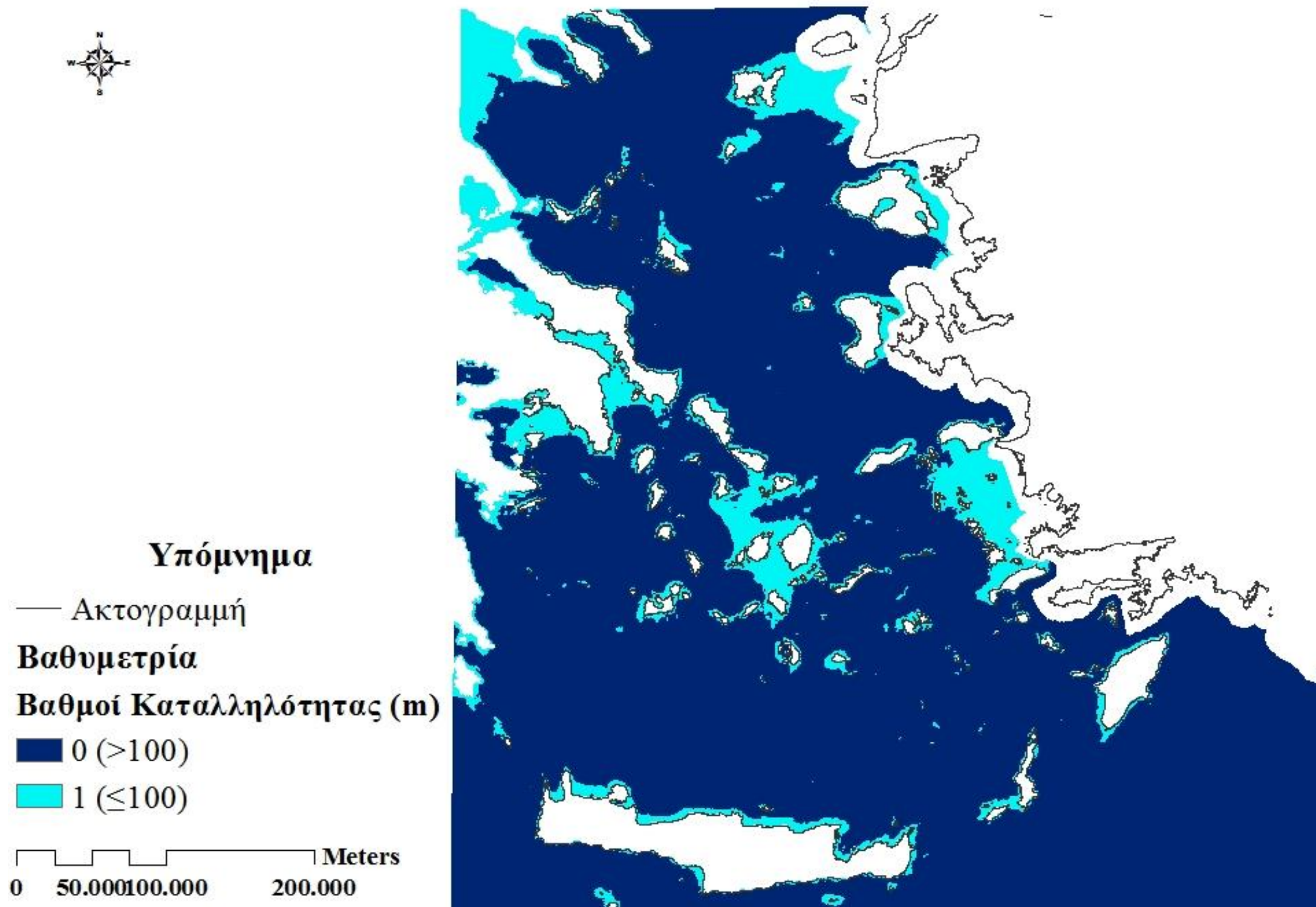
Το τελευταίο βήμα της Δυαδικής Επικάλυψης είναι ο πολλαπλασιασμός και των τριών (3) δυαδικών χαρτών των κριτηρίων αποκλεισμού. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του Raster Calculator του Spatial Analyst όπου επιτρέπει τη διενέργεια πράξεων μεταξύ ψηφιδωτών θεματικών επιπέδων. Το νέο θεματικό επίπεδο που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία περιλαμβάνει μόνο τα κελιά με την τιμή ένα (1) των τριών (3) θεματικών επιπέδων, δηλαδή μόνο κατάλληλες τοποθεσίες, που σημαίνει ότι περιλαμβάνει τοποθεσίες που δεν διαθέτουν το αντίστοιχο κριτήριο ακαταλληλότητας, μηδέν (0). Το τελικό προϊόν είναι ο Χάρτης Αποκλεισμού (Χάρτης 5.6).



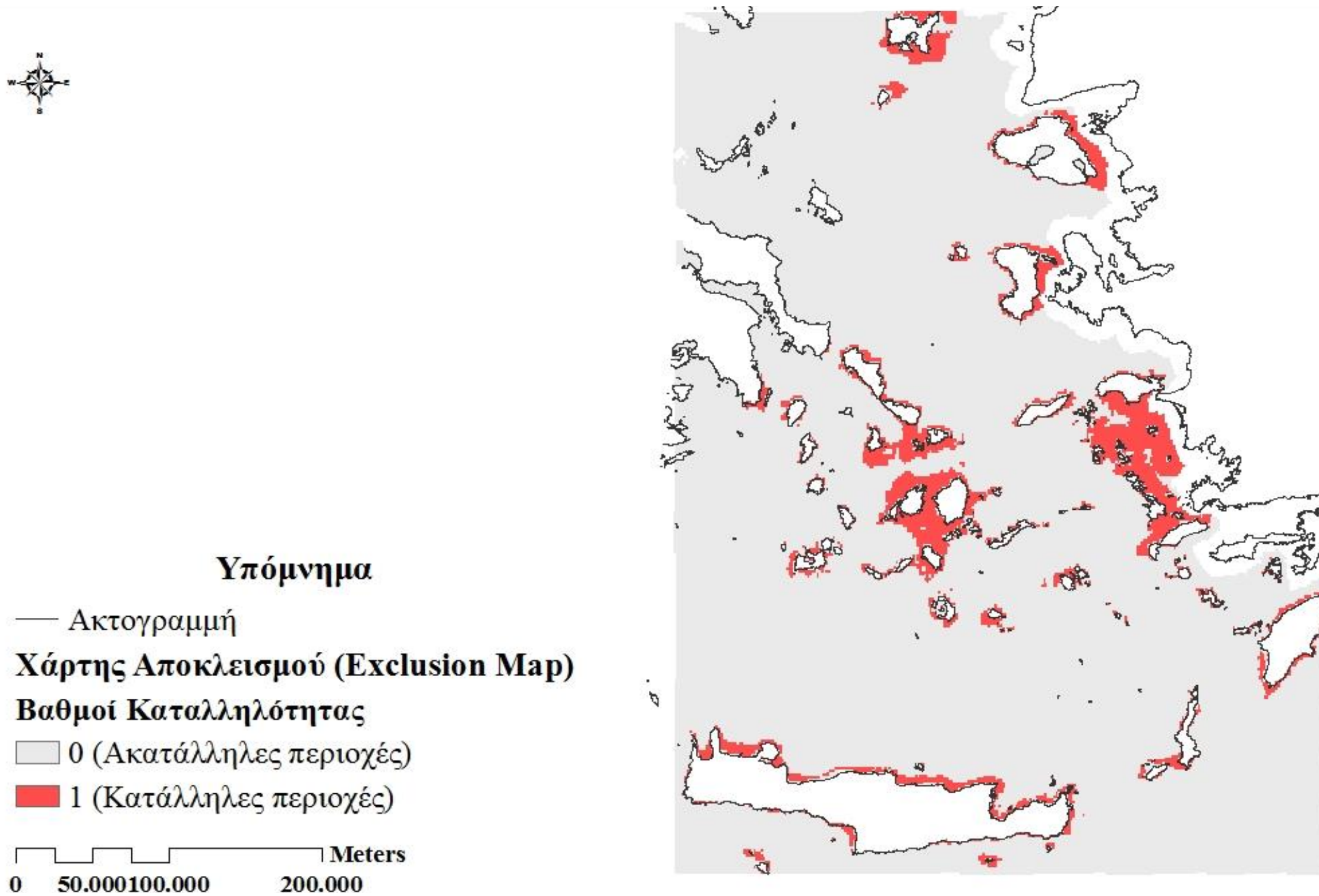
Χάρτης 5.3. Δυαδικός χάρτης χωρικών υδάτων 6 νμ. μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.4. Δυναδικός Χάρτης Δικτύου NATURA 2000 & Προστατευόμενων Περιοχών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.5. Δυαδικός Χάρτης Βαθυμετρίας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.6. Χάρτης Αποκλεισμού (Exclusion Map).

5.5 Σταθμισμένη Επικάλυψη

Τα δύο πρώτα βήματα της σταθμισμένης επικάλυψης έχουν αναλυθεί (Παράγραφος 3.6.2.2) και εφαρμοστεί ήδη (Παράγραφοι 4.3.3.1 και 5.3.2). Επομένως, προχωράμε στα αμέσως επόμενα βήματα που είναι τα εξής:

5.5.1 Καθορισμός Βαθμών Καταλληλότητας

Στο παρόν στάδιο επιτυγχάνεται ο καθορισμός των βαθμών καταλληλότητας για κάθε επιμέρους κριτήριο αξιολόγησης (Παράγραφος 4.3.1). Όλα τα επίπεδα καθορίζονται βάσει μιας κοινής κλίμακας από το 1 μέχρι το 9, με διαστήματα του 1, που ονομάζεται κλίμακα τιμών καταλληλότητας της λειτουργίας της Σταθμισμένης Επικάλυψης (*Weighted Overlay*), με το βαθμό 9 να αποτελεί τον υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας και τον αριθμό 1 τον χαμηλότερο, ενώ οι μηδενικές τιμές απορρίπτονται (*ακατάλληλες τοποθεσίες-restricted areas*). Όλα τα θεματικά επίπεδα εκτός από το διαθέσιμο αιολικό και κυματικό δυναμικό αφορούν σειρές αποστάσεων, ενώ του αιολικού και κυματικού δυναμικού αφορούν τάξεις. Για το λόγο αυτό τα εννιά (9) αρχικά θεματικά επίπεδα αναταξινομούνται σε μια κοινή κλίμακα καταλληλότητας, ούτως ώστε στη συνέχεια να μεταβούν στη Σταθμισμένη Επικάλυψη.

Τα κριτήρια τα οποία έχουν γεωγραφική εξάρτηση λόγω της εγγύτητας τους στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, όπως τα κριτήρια της προσβασιμότητας στο οδικό δίκτυο, της γειτνίασης με λιμενικές εγκαταστάσεις και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας έχουν βαθμούς καταλληλότητας οι οποίοι μειώνονται όσο απομακρύνονται από αυτά.

Αντίστροφα, για τα υπόλοιπα τέσσερα κριτήρια (*Απόσταση από οικισμούς και αστικά κέντρα, από διαύλους ναυσιπλοΐας, από υποθαλάσσια καλώδια και προστατευόμενες περιοχές*), οι βαθμοί καταλληλότητας αυξάνονται όσο απομακρύνονται από αυτά.

Για το κριτήριο του αιολικού δυναμικού, οι τάξεις με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας είναι εκείνες που αντιστοιχούν στη μεγαλύτερη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, ενώ αντίστροφα για το κυματικό δυναμικό, οι τάξεις με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας είναι εκείνες που αντιστοιχούν στο μικρότερο μέσο σημαντικό ύψος κύματος.

Για τα επτά (7) κριτήρια αξιολόγησης τα οποία σχετίζονται με την απόσταση (*εγγύτητα*) πριν από τη χρήση του εργαλείου Reclassify tool (*Αναταξινόμηση*) χρησιμοποιείται το εργαλείο Euclidean Distance tool του Spatial Analyst. Το Euclidean Distance tool θεωρείται ένα εργαλείο παρόμοιο με το Buffer tool, με τη διαφοροποίηση ότι παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού των ζωνών αποστάσεων περιμετρικά συγκεκριμένων γεωγραφικών οντοτήτων. Ακολούθως αναλύεται κάθε δυναμικό κριτήριο ως εξής:

1. **Αιολικό Δυναμικό:** Αποτελεί αναμφισβήτητα τον πιο κρίσιμο παράγοντα για τη βιωσιμότητα ενός (*υπεράκτιου*) αιολικού πάρκου. Ο περιορισμός σε αυτό το κριτήριο είναι οι επιλεγμένες τιμές να αντιστοιχούν σε ταχύτητα μεγαλύτερη των 4m/sec. Η κλίμακα καταλληλότητας αντιστοιχεί σε 5 τάξεις, με τον μεγαλύτερο βαθμό να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες όπου η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη ή ίση των 7,000001 m/sec, ενώ ο μικρότερος βαθμός καταλληλότητας τοποθετείται σε περιοχές όπου η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι 4,000001-

5 m/sec. Τέλος, οι τιμές με μέση ταχύτητα ανέμου κάτω των 4 m/sec απορρίπτονται (ακατάλληλες περιοχές/restricted).

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i> (m/sec)	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
≥ 7,000001	9
6,000001-7	7
5,000001-6	4
4,000001-5	2
<4	0 (restricted)

Πίνακας 5.3. Πίνακας καταλληλότητας αιολικού δυναμικού

2. **Κυματικό Δυναμικό:** Ένας ιδιαίτερα κρίσιμος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, λόγω των φορτίσεων που ασκούνται στον πλωτήρα και στην ανεμογεννήτρια. Επίσης, μια τοποθεσία με έντονο κυματισμό αποτελεί και μια σαφή ένδειξη δυσκολότερης πρόσβασης στο αιολικό πάρκο. Δεδομένου ότι στον Ελλαδικό χώρο δεν συναντάται ιδιαίτερα υψηλό κυματικό δυναμικό ούτως ώστε να αποκλείσει κάποιες πιθανές τοποθεσίες, μηδενική τιμή δεν τοποθετείται στον πίνακα. Η κλίμακα καταλληλότητας αντιστοιχεί σε 9 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες με μέσο σημαντικό ύψος κύματος 0,07723-0,251702 μέτρων και τον μικρότερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες με μέσο σημαντικό ύψος κύματος από 1,183062-1,3348 μέτρα.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i> (m)	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
0,07723-0,251702	9
0,251703-0,398208	8
0,398209-0,523785	7
0,523786-0,654594	6
0,654595-0,785402	5
0,785403-0,910979	4
0,910980-1,041788	3
1,041789-1,183061	2
1,183062-1,3348	1

Πίνακας 5.4. Πίνακας καταλληλότητας κυματικού δυναμικού

3. **Διάυλοι Ναυσιπλοΐας:** Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828), η ελάχιστη απόσταση από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα ορίζεται στα 1.000 μ. από τα όρια της ζώνης/περιοχής. Η κλίμακα καταλληλότητας αντιστοιχεί σε 2 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεγαλύτερων ή ίσων των 1.000,000001 μέτρων, ενώ οι τοποθεσίες που βρίσκονται εντός 1.000 μέτρων από βεβαιωμένες γραμμές ναυσιπλοΐας απορρίπτονται όπως υπαγορεύει η νομοθεσία. Στον παρόν κριτήριο δεν εφαρμόζονται περεταίρω τάξεις, καθώς θεωρείται ότι όλες οι τοποθεσίες πέραν των 1.000,000001 μέτρων θεωρούνται ίδιας καταλληλότητας.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(m)	
≤ 1.000	0 (restricted)
≥1.000,000001	9

Πίνακας 5.5. Πίνακας καταλληλότητας διαύλων ναυσιπλοΐας

4. **Υποθαλάσσια Καλώδια:** Ομοίως, για το κριτήριο των υποθαλάσσιων καλωδίων, όπως ορίζει η νομοθεσία Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (*Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828*), η ελάχιστη απόσταση από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα ορίζεται στα 1.000 μ. από τα όρια της ζώνης/περιοχής. Η κλίμακα καταλληλότητας και εδώ αντιστοιχεί σε 2 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεγαλύτερων ή ίσων των 1.000,000001 μέτρων, ενώ οι τοποθεσίες που βρίσκονται εντός 1.000 μέτρων από υποθαλάσσια καλώδια μηδενίζονται. Στον παρόν κριτήριο δεν εφαρμόζονται περαιτέρω τάξεις, καθώς θεωρείται ότι όλες οι τοποθεσίες πέραν των 1.000,000001 μέτρων θεωρούνται ίδιας καταλληλότητας.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(m)	
≤ 1.000	0 (restricted)
≥1.000,000001	9

Πίνακας 5.6. Πίνακας καταλληλότητας υποθαλάσσιων καλωδίων

5. **Οδικό Δίκτυο:** Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (*Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828*) η μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιαδήποτε κατηγορίας για την περιοχή των νησιών ορίζονται τα 10 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα. Η κλίμακα καταλληλότητας για το συγκεκριμένο κριτήριο αντιστοιχεί σε 10 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεταξύ 0-1.000 μέτρων, ενώ ο μικρότερος βαθμός καταλληλότητας αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων 8.000,000001-10.000 μέτρων. Όπως υπαγορεύει η νομοθεσία τοποθεσίες άνω των 10.000,000001 μέτρων απορρίπτονται.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(m)	
0-1.000	9
1.000,000001-2.000	8
2.000,000001-3.000	7
3.000,000001-4.000	6
4.000,000001-5.000	5
5.000,000001-6.000	4
6.000,000001-7.000	3
7.000,000001-8.000	2
8.000,000001-10.000	1
≥ 10.000,000001	0 (restricted)

Πίνακας 5.7. Πίνακας καταλληλότητας οδικού δικτύου

- 6. Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Αγκυροβόλια):** Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828) η ελάχιστη απόσταση από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα ορίζεται στα 1.000 μ. από τα όρια της ζώνης/περιοχής. Η κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο των λιμενικών εγκαταστάσεων αντιστοιχεί σε 10 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεταξύ 1.000,000001-2.000 μέτρων, ενώ ο μικρότερος βαθμός καταλληλότητας αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων $\geq 9.000,000001$ μέτρων. Όπως υπαγορεύει ο νομοθέτης τοποθεσίες εντός 1.000 μέτρων από λιμενικές εγκαταστάσεις απορρίπτονται. Όπως έχει αναλυθεί ήδη (Παράγραφος 4.3.1) η εύκολη προσβασιμότητα σε λιμενικές εγκαταστάσεις υποδεικνύει λιγότερες δαπάνες εγκατάστασης, εργασιών συντήρησης και παροπλισμού ενός αιολικού πάρκου.

<i>Πεδίο Τιμών (Field) (m)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
≤ 1.000	0 (restricted)
1.000,000001-2.000	9
2.000,000001-3.000	8
3.000,000001-4.000	7
4.000,000001-5.000	6
5.000,000001-6.000	5
6.000,000001-7.000	4
7.000,000001-8.000	3
8.000,000001-9.000	2
$\geq 9.000,000001$	1

Πίνακας 5.8. Πίνακας καταλληλότητας λιμενικών εγκαταστάσεων

- 7. Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας:** Αναμφίβολα ένα ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο, καθώς, η αναγκαιότητα ύπαρξης ή μη ενός αιολικού πάρκου αλλά και το μέγεθος του εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κάθε υποψήφιας τοποθεσίας. Η κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο αυτό αντιστοιχεί σε 9 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες με ετήσια ζήτηση ενέργειας από 198.500,000001 έως 601.700 Kw, ενώ ο μικρότερος βαθμός καταλληλότητας συναντάται σε τοποθεσίες με ετήσια ζήτηση ενέργειας από 179 έως 542 Kw.

Για την χωρική αποτύπωση του συγκεκριμένου κριτηρίου αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο buffer tool για τη δημιουργία περιμετρικών ζωνών της τάξης των 11 km γύρω από τα πολυγωνικά δεδομένα (νησιωτικό υπόβαθρο) στα οποία υφίσταντο οι πληροφορίες για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτός ο τρόπος αποτύπωσης της ζήτησης θεωρήθηκε πιο συνεπής, καθώς μας ενδιαφέρει ο προσδιορισμός των εκτάσεων που βρίσκονται εξωτερικά των πολυγωνικών γεωγραφικών οντοτήτων (θαλάσσιος χώρος) και όχι εντός αυτών (νησιωτικό υπόβαθρο), καθώς πρόκειται για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας και όχι

χερσαίας. Ο περιορισμός των 11 km βρίσκεται σε ακολουθία με τον περιορισμό των 6 ν.μ., (χωρικά ύδατα) καθώς οι τοποθεσίες πέραν αυτού δεν μας ενδιαφέρουν.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(Kw)	
179-542	1
542,000001-4.110	2
4.110,000001-7.500	3
7.500,000001-15.500	4
15.500,000001-29.950	5
29.950,000001-58.040	6
58.040,000001-95.300	7
95.300,000001-198.500	8
198.500,000001-601.700	9

Πίνακας 5.9. Πίνακας καταλληλότητας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

- 8. Αστικές Περιοχές & Οικισμοί:** Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (*Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828*) η ελάχιστη απόσταση από πόλεις και οικισμούς > 2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό < 2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, τουριστικοί ή αξιόλογοι κατά την έννοια του άρθρου 2 του π.δ. 24.4/3.5.1985 ορίζονται τα 1.000 μέτρα από το όριο του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση. Ως ελάχιστη απόσταση από παραδοσιακούς οικισμούς ορίζονται τα 1.500 μέτρα από το όριο του οικισμού. Ενώ για περιπτώσεις οργανωμένης δόμησης Α ή Β κατοικίας ή και διαμορφωμένες περιοχές Β κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της Μ.Π.Ε (*Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων*) κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου ορίζονται τα 1.000 μέτρα από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα. Τέλος, για λοιπούς οικισμούς ορίζεται ως ελάχιστη απόσταση τα 500 μέτρα από το όριο του οικισμού. Υπό το πλαίσιο αυτό, η κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο αυτό αντιστοιχεί σε 10 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεγαλύτερων ή ίσων των 9.500,000001 μέτρων ενώ ο μικρότερος βαθμός σε τοποθεσίες αποστάσεων μεταξύ 1.500,000001-2.500 μέτρων. Όπως υπαγορεύει ο νομοθέτης σε ένα γενικευμένο πλαίσιο διατήρησης της μέγιστης ελάχιστης απόστασης από οικισμούς, τοποθεσίες εντός 1.500 μέτρων απορρίπτονται.

<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(m)	
≤ 1.500	0 (restricted)
1.500,000001-2.500	1
2.500,000001-3.500	2
3.500,000001-4.500	3
4.500,000001-5.500	4
5.600,000001-6.500	5
6.500,000001-7.500	6
7.500,000001-8.500	7

8.500,000001-9.500	8
≥ 9.500,000001	9

Πίνακας 5.10. Πίνακας καταλληλότητας αστικών περιοχών & οικισμών

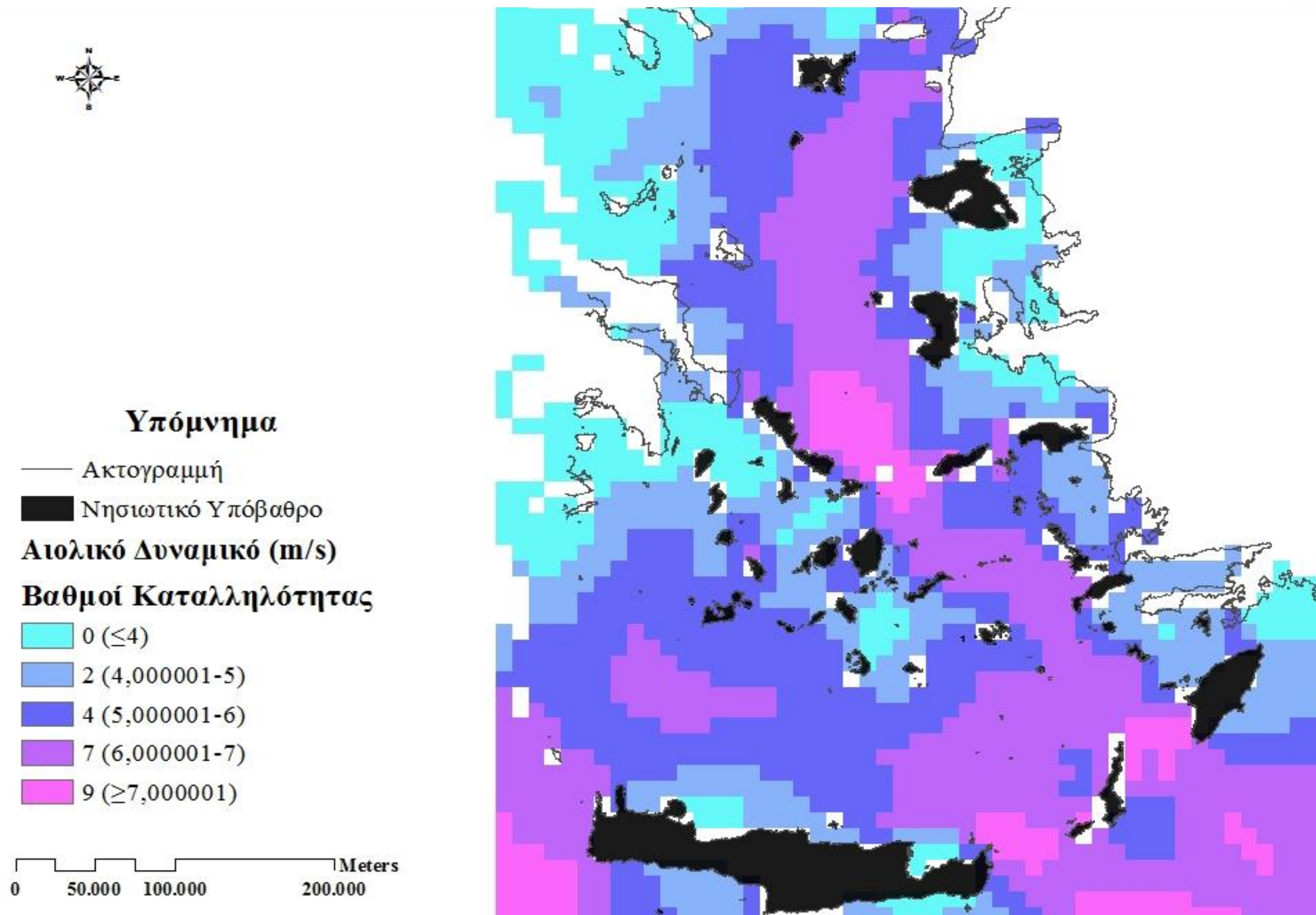
- 9. Δίκτυο NATURA 2000 & προστατευόμενες περιοχές:** Αν και σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 (Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμ. 49828), η ελάχιστη απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ (Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων), η εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αποστάσεων από θεσμοθετημένες περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος θεωρείται πολύ σημαντική. Καθώς η ανάπτυξη αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο θεωρείται ακριβότερη από την ανάπτυξη στη στεριά, έχει νόημα μόνο όταν εξασφαλίζονται πρόσθετα οφέλη, κυρίως περιβαλλοντικά. Υπό αυτή την έννοια, δεν υπάρχει κανένας λόγος ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο να χωροθετηθεί πλησίον μιας έκτασης NATURA 2000 (ΥΠΕΚΑ, 2010). Η διατήρηση επαρκών αποστάσεων από θεσμοθετημένες προστατευόμενες περιοχές εξασφαλίζει την διατήρησή τους.

Υπό το πλαίσιο αυτό, η κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο αυτό αντιστοιχεί σε 10 τάξεις, με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας να αντιστοιχεί σε τοποθεσίες αποστάσεων μεγαλύτερων ή ίσων των 9.500,000001 μέτρων ενώ ο μικρότερος βαθμός σε τοποθεσίες αποστάσεων μεταξύ 1.500,000001-2.500 μέτρων. Τοποθεσίες εντός 1.500 μέτρων από σημεία περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος απορρίπτονται.

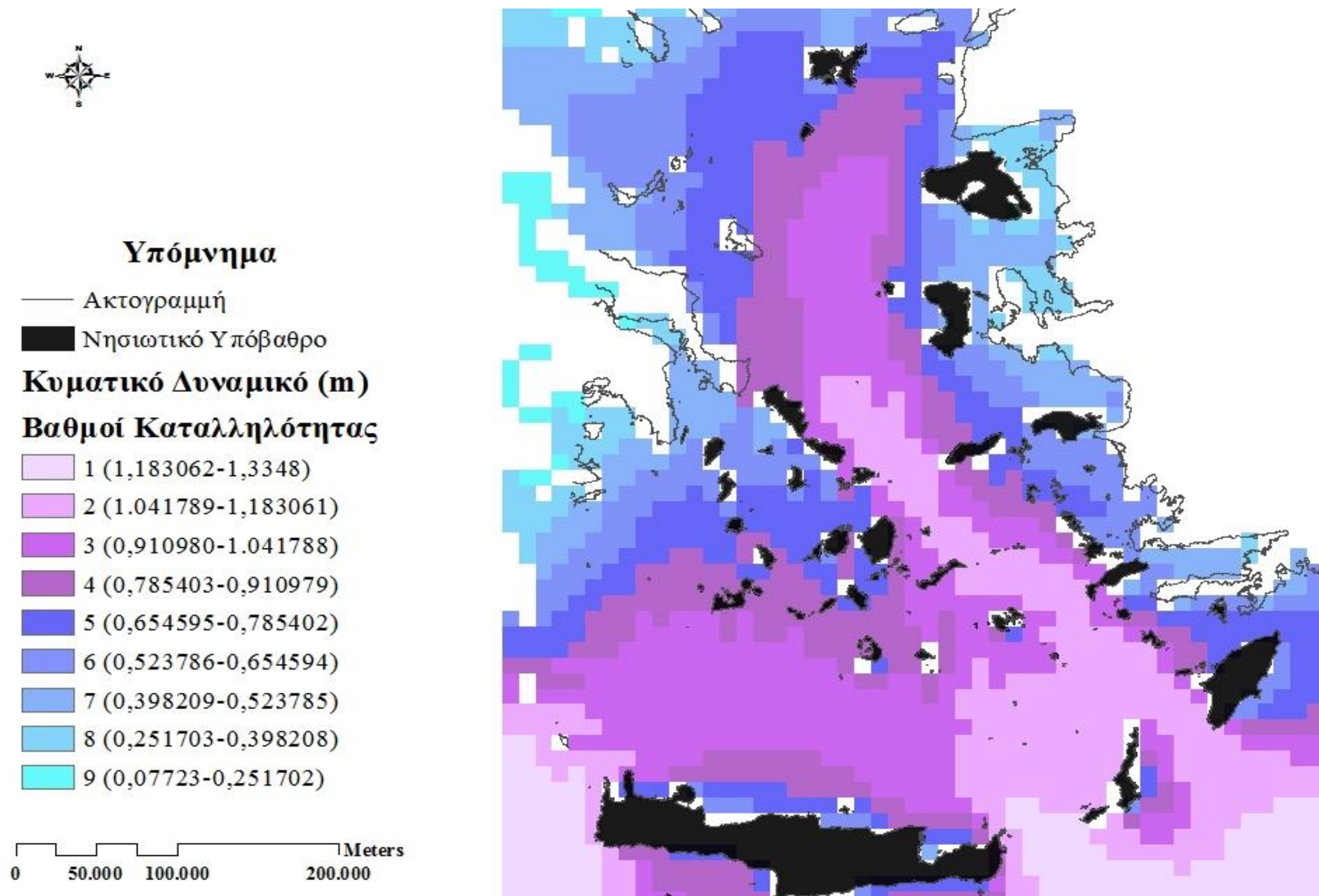
<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
(m)	
≤ 1.500	0 (restricted)
1.500,000001-2.500	1
2.500,000001-3.500	2
3.500,000001-4.500	3
4.500,000001-5.500	4
5.500,000001-6.500	5
6.500,000001-7.500	6
7.500,000001-8.500	7
8.500,000001-9.500	8
≥ 9.500,000001	9

Πίνακας 5.11. Πίνακας καταλληλότητας δικτύου NATURA 2000 & προστατευόμενων περιοχών

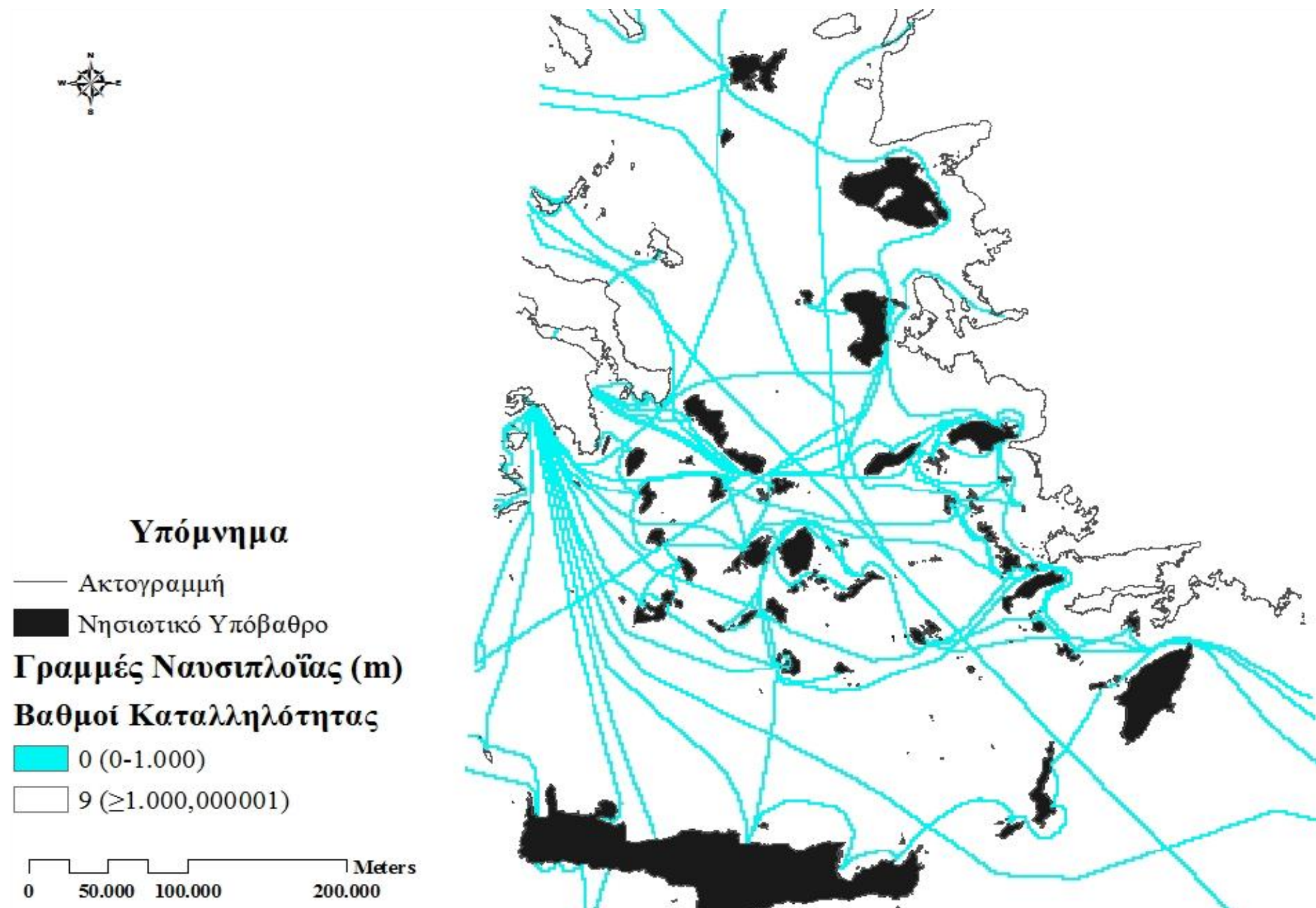
Ακολουθούν οι χάρτες με τους βαθμούς καταλληλότητας και των εννέα (9) κριτηρίων αξιολόγησης μετά την Αναταξινόμηση (*Reclassify*).



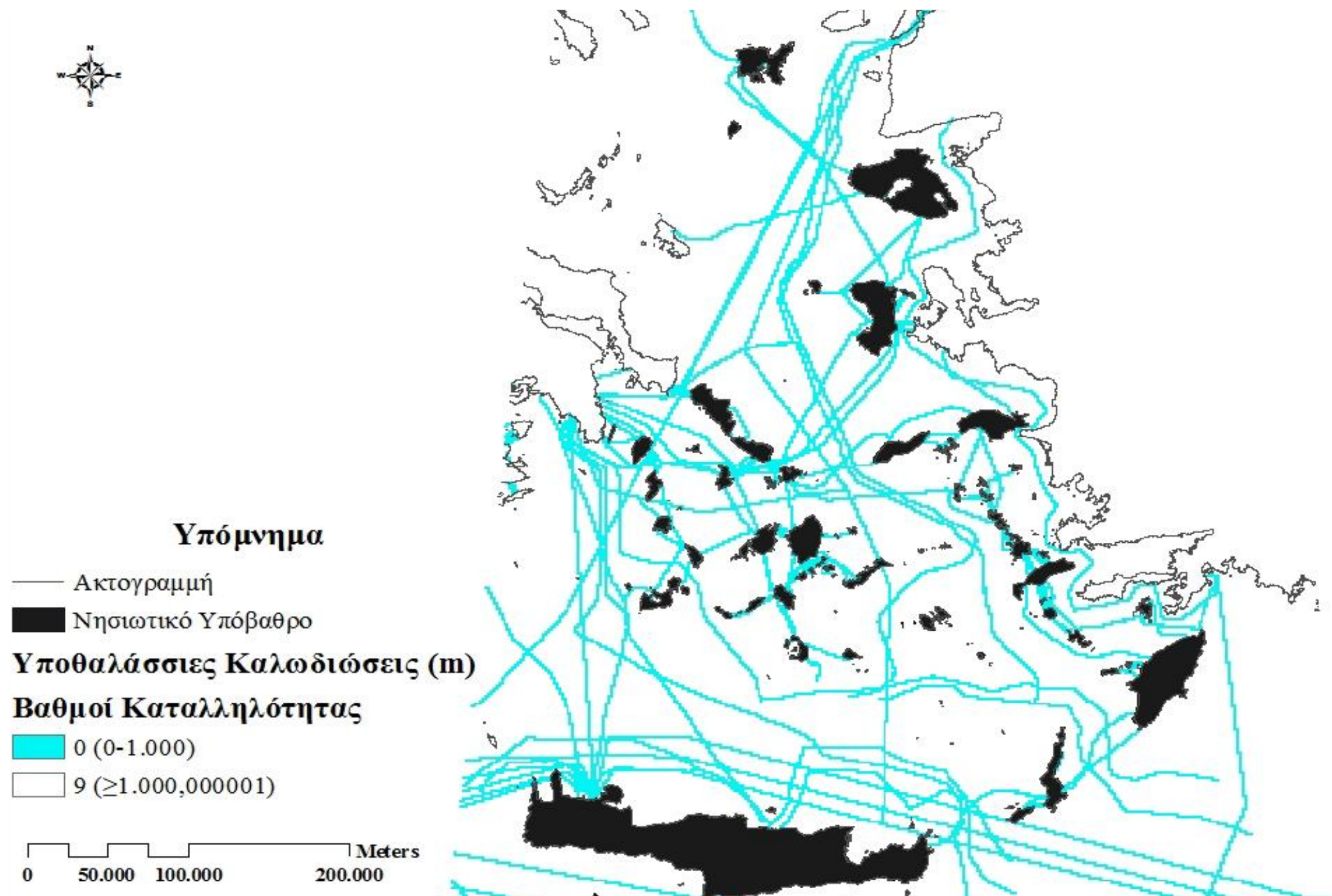
Χάρτης 5.7. Βαθμοί Καταλληλότητας Αιολικού Δυναμικού μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



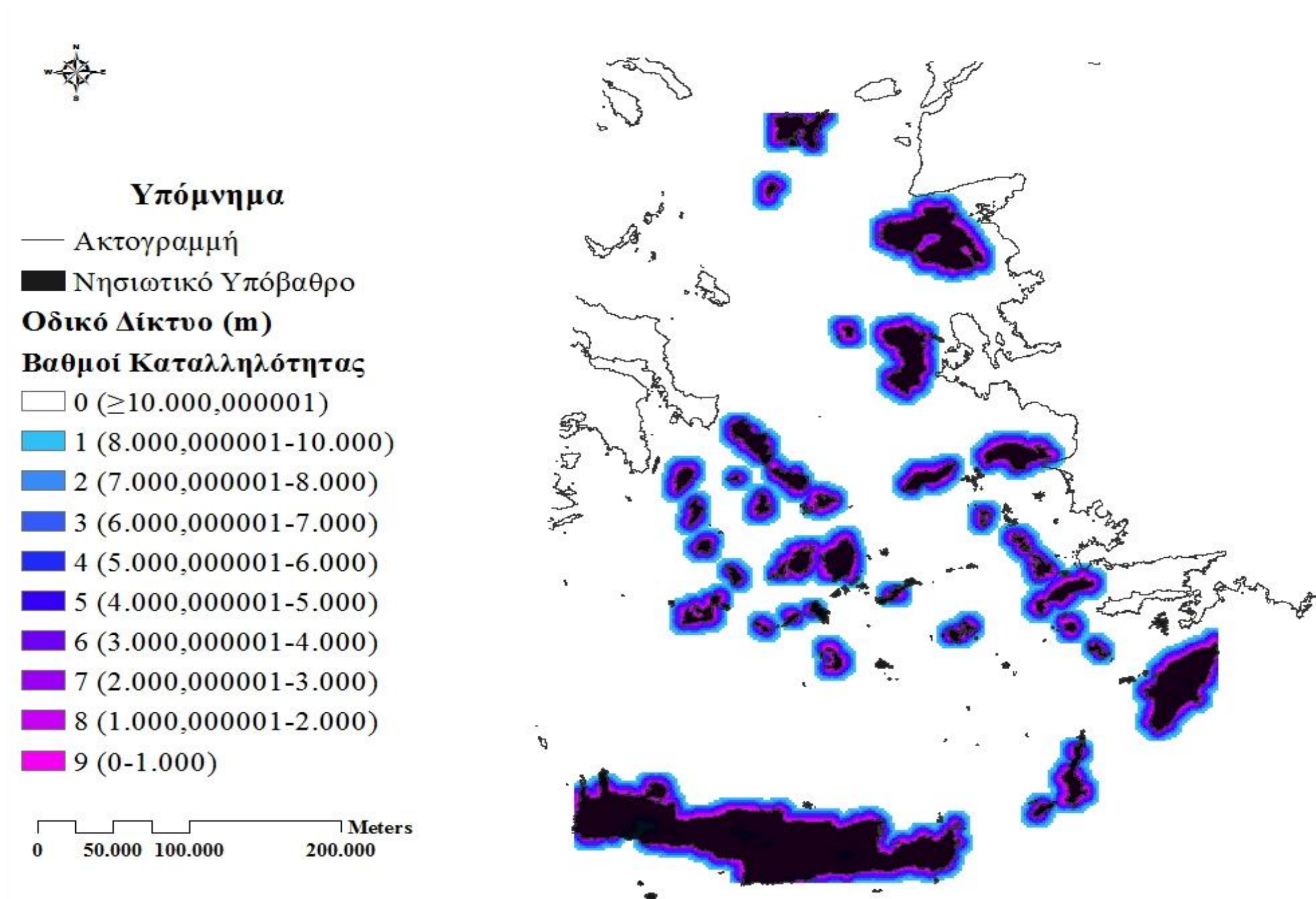
Χάρτης 5.8 Βαθμοί Καταλληλότητας Κυματικού Δυναμικού μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



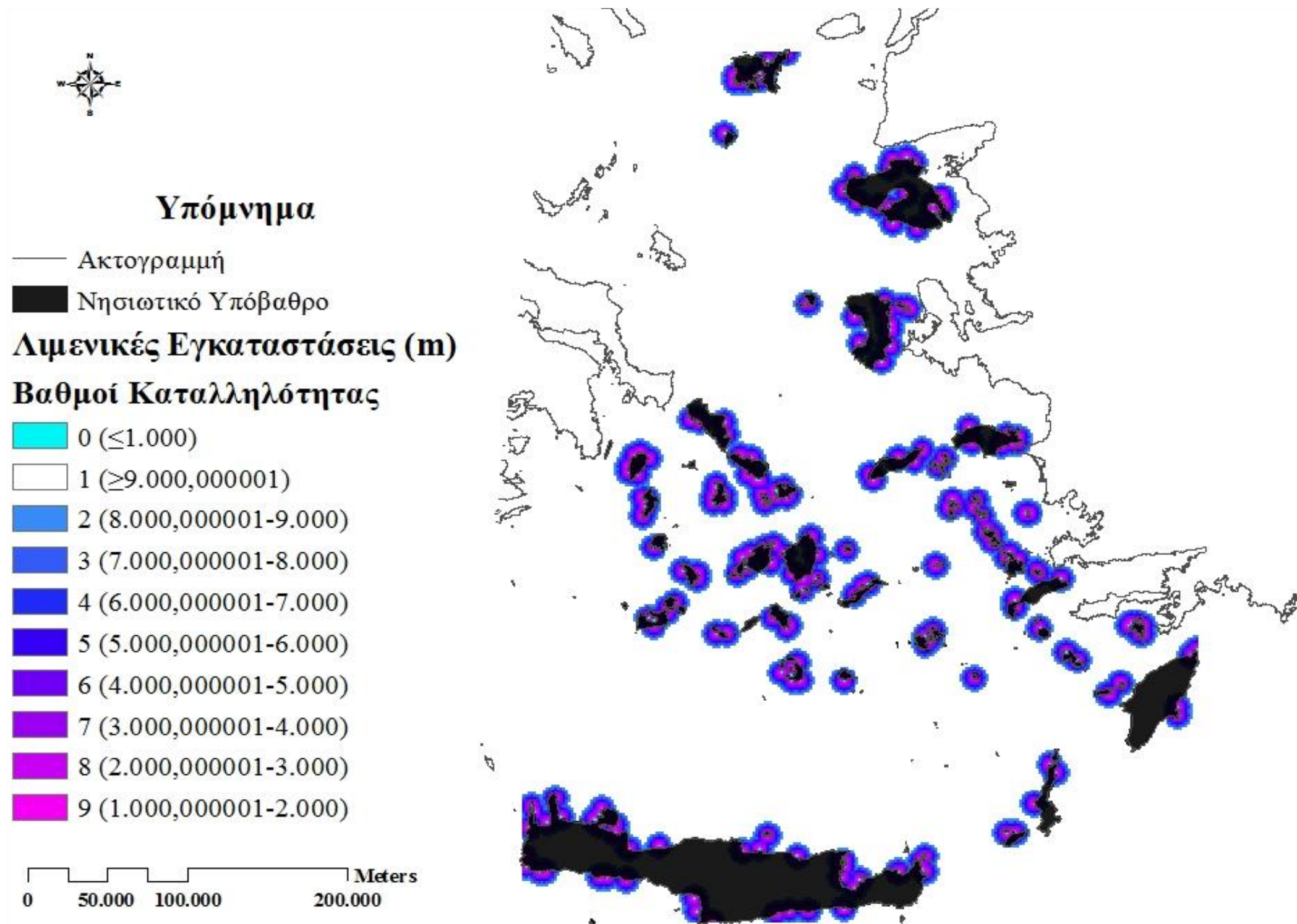
Χάρτης 5.9. Βαθμοί Καταλληλότητας Γραμμών Ναυσιπλοΐας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



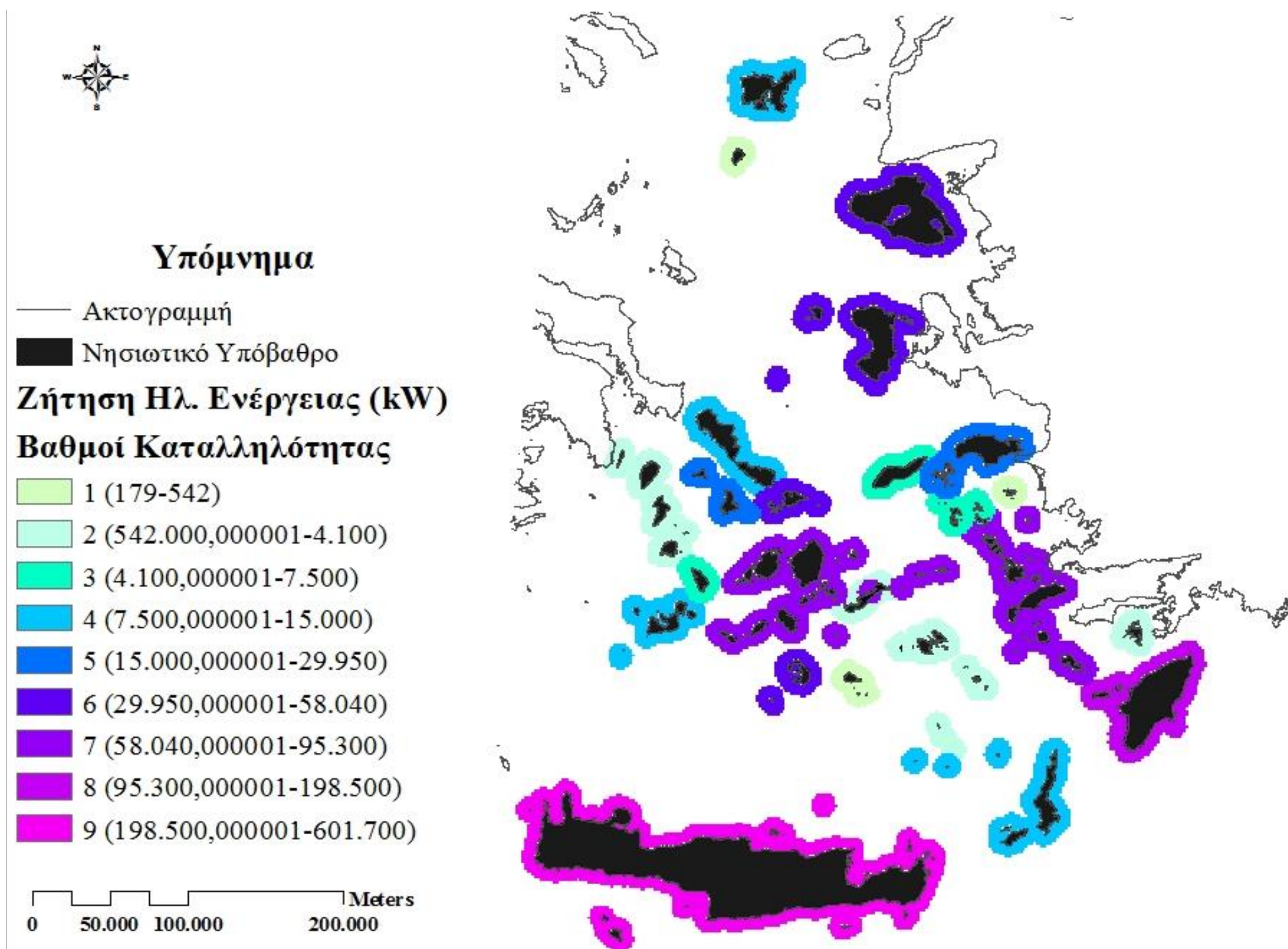
Χάρτης 5.10. Βαθμοί Καταλληλότητας Υποθαλάσσιων Καλωδιώσεων Ενέργειας & Επικοινωνιών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



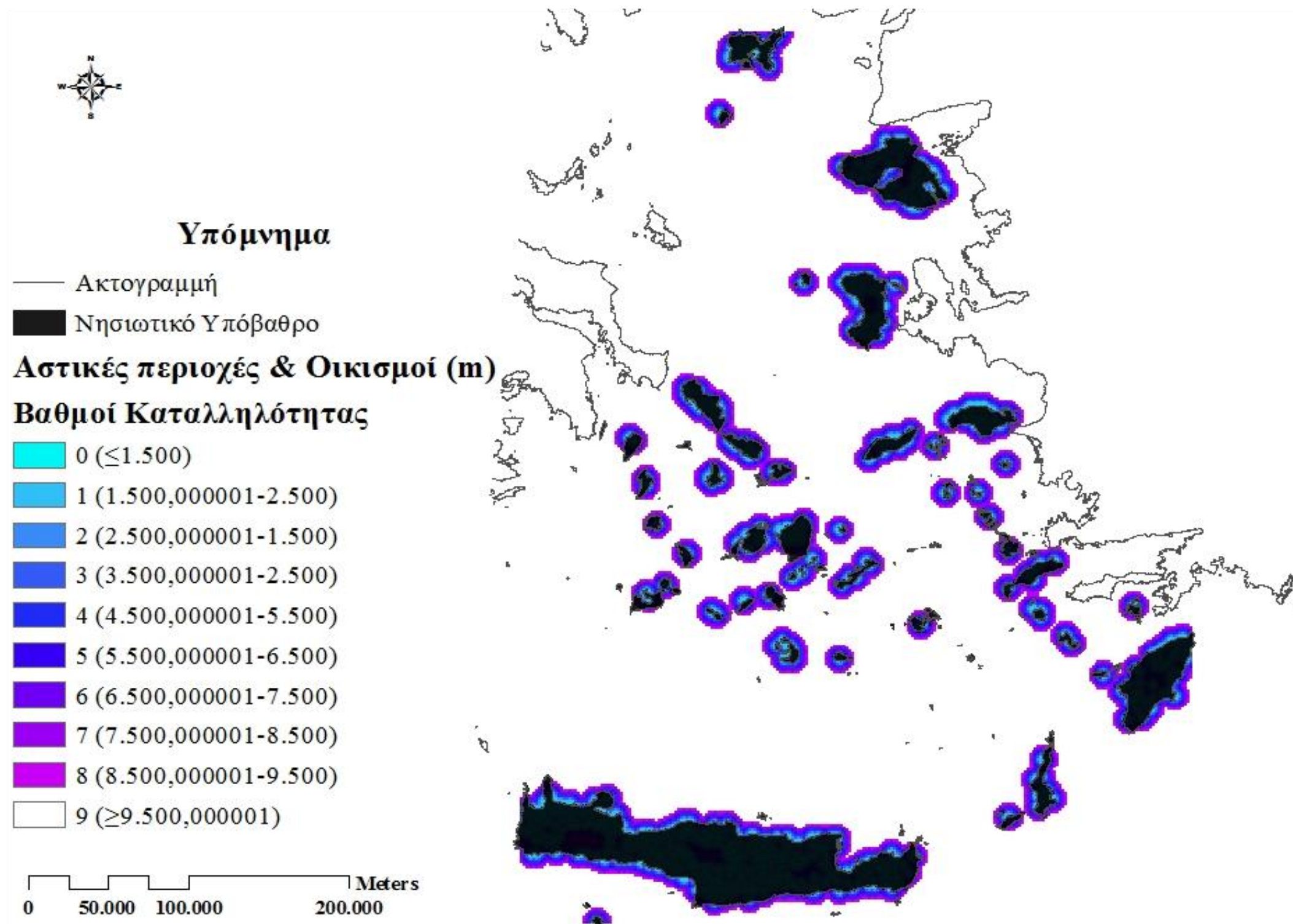
Χάρτης 5.11. Βαθμοί Καταλληλότητας Οδικού Δικτύου μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



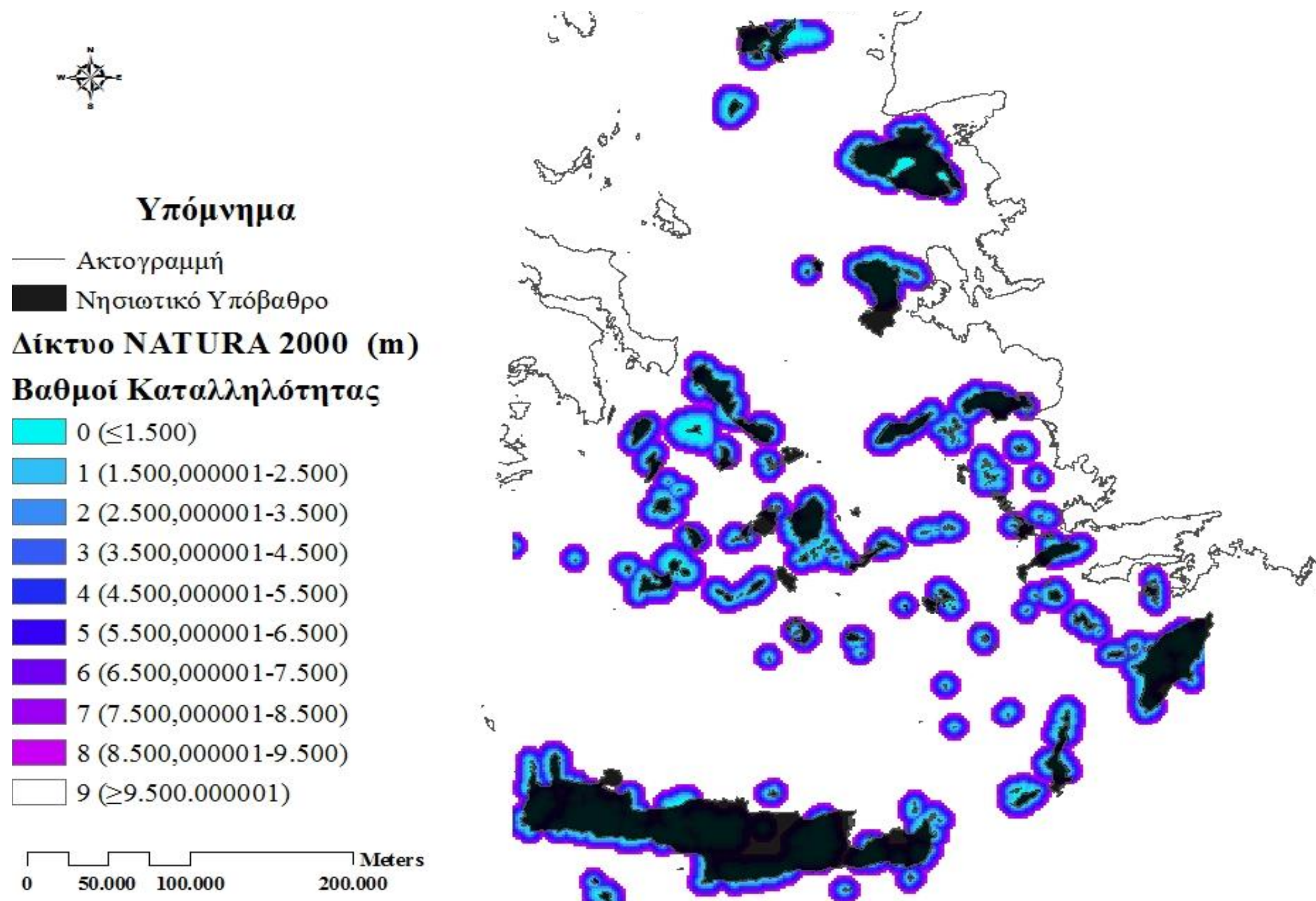
Χάρτης 5.12. Βαθμοί Καταλληλότητας Λιμενικών Εγκαταστάσεων μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.13. Βαθμοί Καταλληλότητας Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.14. Βαθμοί Καταλληλότητας Αστικών Περιοχών & Οικισμών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).



Χάρτης 5.15. Βαθμοί Καταλληλότητας Δικτύου NATURA 2000 & Προστατευόμενων Περιοχών μετά την Αναταξινόμηση (Reclassify).

5.5.2 Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Καθορισμός Βαρών στα Κριτήρια)

Στο στάδιο αυτό εξετάζεται η λειτουργία της επικάλυψης (*Weighted Overlay*), βάσει της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης. Τα εννιά (9) κριτήρια αξιολόγησης που έχουν τεθεί συγκρίνονται ανά ζεύγη βάσει της κλίμακας του Saaty. Τα βήματα που ακολουθούμε είναι τα εξής (Καραμανώλης, 2012):

1. Ανάπτυξη του πίνακα συγκρίσεων κατά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων.

Η λογική πίσω από τη στάθμιση των κριτηρίων βασίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Λεπτομέρειες μπορούν να αναζητηθούν στην Ενότητα IV, Παράγραφος 4.3.3.1 Σταθμισμένη Επικάλυψη (*Weighted Overlay*).

Κριτήρια	Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	Κοματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	Διάυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)
Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	1	2	3	3	5	5	6	9	
Κοματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	1/2	1	2	2	4	4	5	8	
Διάυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	1/3	1/2	1	1	4	4	5	7	
Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	1/3	1/2	1	1	4	4	5	7	
Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	1/5	1/4	1/4	1/4	1	1	4	6	
Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	1/5	1/4	1/4	1/4	1	1	4	6	
Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	1/6	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1	5	
Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	1/9	1/6	1/6	1/6	1/5	1/5	1/4	5	
Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)	1/9	1/8	1/7	1/7	1/6	1/6	1/5	1	

Πίνακας 5.12. Σύγκριση κατά ζεύγη αξιολόγησης κριτηρίων

- Υπολογισμός βαρών των κριτηρίων.** Ο υπολογισμός των βαρών των εννέα (9) κριτηρίων αξιολόγησης που συμμετέχουν στο παρών πολυκριτηριακό πρόβλημα περιλαμβάνει την εξής διαδικασία: (α) Άθροισμα των τιμών κάθε στήλης του πίνακα σύγκρισης κατά ζεύγη (πίνακας 5.13), (β) Διάρθρωση κάθε στοιχείου του πίνακα με το συνολικό άθροισμα της στήλης στην οποία ανήκει το στοιχείο (ο πίνακας που προκύπτει αναφέρεται ως *πίνακας των κανονικοποιημένων συγκρίσεων κατά*

ζεύγη) (πίνακας 5.14), και (γ) υπολογίζεται ο μέσος όρος των στοιχείων σε κάθε σειρά του κανονικοποιημένου πίνακα, δηλαδή το άθροισμα των τιμών κάθε σειράς διαιρείται με το εννιά (9), όπου είναι ο αριθμός των κριτηρίων (πίνακας 5.14). Ο μέσος όρος αυτός προβλέπει μια εκτίμηση των σχετικών βαρών των κριτηρίων που συγκρίθηκαν. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή, τα βάρη ερμηνεύονται ως ο μέσος όρος όλων των πιθανών τρόπων σύγκρισης των κριτηρίων.

Κριτήρια	Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	Κοματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	Δίαυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)
Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	1	2	3	3	5	5	6	7	9
Κοματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	0.5	1	2	2	4	4	5	6	8
Δίαυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	0.33	0.5	1	1	4	4	5	6	7
Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	0.33	0.5	1	1	4	4	5	6	7
Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	0.2	0.25	0.25	0.25	1	1	4	5	6
Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	0.2	0.25	0.25	0.25	1	1	4	5	6
Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	0.166	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	1	4	5
Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	0.11	0.16	0.166	0.166	0.2	0.20	0.25	1	5
Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)	0.11	0.125	0.142	0.142	0.166	0.166	0.2	0.2	1
Άθροισμα	2.946	4.985	8.008	8.008	19.616	19.616	30.45	40.2	54

Πίνακας 5.13. Άθροισμα των τιμών κάθε στήλης του πίνακα σύγκρισης κατά ζεύγη

Κριτήρια	Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	Κυματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	Διάλυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)	Μέσος όρος	Βάρη
Αιολικό Δυναμικό (Α.Δ)	0.34	0.40	0.375	0.375	0.255	0.255	0.197	0.174	0.166	0.28	28%
Κυματικό Δυναμικό (Κ.Δ)	0.17	0.2	0.25	0.25	0.20	0.20	0.164	0.149	0.148	0.19	19%
Διάλυλοι Ναυσιπλοΐας (Δ.Ν)	0.11	0.1	0.125	0.125	0.20	0.20	0.164	0.149	0.129	0.145	14.5%
Υποθαλάσσια Καλώδια (Υ.Κ)	0.11	0.1	0.125	0.125	0.20	0.20	0.164	0.149	0.129	0.145	14.5%
Οδικό Δίκτυο (Ο.Δ)	0.067	0.05	0.031	0.031	0.051	0.051	0.131	0.124	0.111	0.075	7.5%
Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Λ.Ε)	0.067	0.05	0.031	0.031	0.051	0.051	0.131	0.124	0.111	0.075	7.5%
Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ζ.Η.Ε)	0.056	0.04	0.025	0.025	0.013	0.013	0.033	0.099	0.092	0.045	4.5%
Απόσταση από Οικισμούς & Αστικά Κέντρα (ΟΙ&Α.Κ)	0.037	0.032	0.02	0.02	0.01	0.01	0.008	0.025	0.092	0.03	3%
Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΡ.Π)	0.037	0.025	0.017	0.017	0.008	0.008	0.006	0.005	0.018	0.015	1.5%

Πίνακας 5.14. Πίνακας κανονικοποιημένων συγκρίσεων

- 3. Υπολογισμός του λόγου συνέπειας:** Στο σημείο αυτό διαπιστώνουμε εάν οι συγκρίσεις μας είναι συνεπείς, δηλαδή εάν εμπεριέχουν το στοιχείο της αντικειμενικότητας. Αυτό περιλαμβάνει την εξής διαδικασία: (α) καθορισμός του διάνυσματος του σταθμισμένου αθροίσματος πολλαπλασιάζοντας το βάρος του πρώτου κριτηρίου με την πρώτη στήλη του αρχικού πίνακα συγκρίσεων κατά ζεύγη, κατόπιν το δεύτερο βάρος με τη δεύτερη στήλη, το τρίτο βάρος με την τρίτη στήλη και ούτω καθεξής (πίνακας 5.15).

Στη συνέχεια αθροίζονται τα γινόμενα κατά σειρές και καθορίζεται το διάνυσμα συνέπειας διαιρώντας το διάνυσμα του σταθμισμένου αθροίσματος με τα βάρη των κριτηρίων (πίνακας 5.16).

Α.Δ	$1*0.28+2*0.19+3*0.145+3*0.145+5*0.075+5*0.075+6*0.045+7*0.03+9*0.015=2.87$
Κ.Δ	$0.5*0.28+1*0.19+2*0.145+2*0.145+4*0.075+4*0.075+5*0.045+6*0.03+8*0.015=2.03$

<i>Δ.Ν</i>	$0.33*0.28+0.5*0.19+1*0.145+1*0.145+4*0.075+4*0.075+5*0.045+6*0.03+7*0.015=1.57$
<i>Υ.Κ</i>	$0.33*0.28+0.5*0.19+1*0.145+1*0.145+4*0.075+4*0.075+5*0.045+6*0.03+7*0.015=1.57$
<i>Ο.Δ</i>	$0.2*0.28+0.25*0.19+0.25*0.145+0.25*0.145+1*0.075+1*0.075+4*0.045+5*0.03+6*0.015=0.71$
<i>Λ.Ε</i>	$0.2*0.28+0.25*0.19+0.25*0.145+0.25*0.145+1*0.075+1*0.075+4*0.045+5*0.03+6*0.015=0.71$
<i>Ζ.Η.Ε</i>	$0.166*0.28+0.20*0.19+0.20*0.145+0.20*0.145+0.25*0.075+0.25*0.075+1*0.045+4*0.03+5*0.015=0.36$
<i>ΟΙ&Α.Κ</i>	$0.11*0.28+0.16*0.19+0.166*0.145+0.166*0.145+0.2*0.075+0.20*0.075+0.25*0.045+1*0.03+5*0.015=0.23$
<i>ΠΡ.Π</i>	$0.11*0.28+0.125*0.19+0.142*0.145+0.142*0.145+0.166*0.075+0.166*0.075+0.2*0.045+0.2*0.03+1*0.015=0.13$

Πίνακας 5.15. Καθορισμός του διανύσματος του σταθμισμένου αθροίσματος

$2.87/0.28=$	10.25
$2.03/0.19=$	10.68
$1.57/0.145=$	10.82
$1.57/0.145=$	10.82
$0.71/0.075=$	9.46
$0.71/0.075=$	9.46
$0.36/0.045=$	8
$0.23/0.03=$	7.6
$0.13/0.015=$	8.6

Πίνακας 5.16. Διάνυσμα Συνέπειας

Στον πίνακα 5.16 τα στοιχεία του διανύσματος συνέπειας είναι οι εννιά (9) ιδιοτιμές (λ_i) του αρχικού πίνακα. Με βάση τη μέση τιμή λάμδα (λ) των ιδιοτιμών εκτιμούμε τον

$$\lambda = \frac{10.25 + 10.68 + 10.82 + 10.82 + 9.46 + 9.46 + 8 + 7.6 + 8.6}{9} = 9.521$$

Δείκτη Συνέπειας CI, η εκτίμηση του οποίου βασίζεται στην παρατήρηση ότι το λ είναι πάντοτε μεγαλύτερο ή ίσο με των αριθμό των κριτηρίων με την προϋπόθεση ότι το n είναι θετικό και έχουμε πίνακα αντιστρόφων λόγων, είναι δε $\lambda=n$ αν ο πίνακας συγκρίσεων είναι συνεπής. Συνεπώς, $\lambda-n$ μπορεί να θεωρηθεί ως το μέτρο του βαθμού ασυνέπειας και μπορεί να κανονικοποιηθεί όπως εξής:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{9.521 - 9}{9 - 1} = 0.065$$

Ο δείκτης αυτός παρέχει το μέτρο απόκλισης από τη συνέπεια και ακολούθως μπορούμε να υπολογίσουμε τον λόγο συνέπειας (CR), ο οποίος καθορίζεται ως εξής:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.065}{1.45} = 0.045$$

Όπου RI είναι ο τυχαίος δείκτης συνέπειας που έχει εκτιμηθεί από τον πίνακα 1.2 (Παράρτημα I), κατά τέτοιο τρόπο ώστε αν $CR < 0.10$, τότε είμαστε στο πλαίσιο της αντικειμενικότητας, όπως ισχύει αφού $0.045 < 0.10$.

5.5.3 Συνδυασμός σταθμισμένων μεταβλητών

Με τη χρήση του εργαλείου Weighted Overlay του Spatial Analyst τα προηγούμενα βήματα της σταθμισμένης επικάλυψης εφαρμόζονται. Τα δεδομένα που είναι δυνατό να δεχθεί ο πίνακας του συγκεκριμένου εργαλείου είναι:

- Το θεματικό επίπεδο σε μορφή raster (**Raster**). Ήδη όλα τα θεματικά επίπεδα έχουν μετατραπεί σε raster σε προηγούμενο βήμα. (Παράγραφος 5.3.2).
- Την επιρροή (**βάρος**) που αντιστοιχεί σε κάθε κριτήριο (**Influence**). Τα βάρη όλων των θεματικών επιπέδων προκύπτουν από τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Παράγραφος 5.5.2).
- Το πεδίο τιμών (**Field**), δηλαδή οι τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε βαθμό καταλληλότητας (Παράγραφος 5.5.1).
- Η κλίμακα καταλληλότητας για κάθε πεδίο τιμών (**Scale Value**) (Παράγραφος 5.5.1).

Τα εισερχόμενα δεδομένα που δέχεται το εργαλείο, πρέπει να είναι ακέραιοι αριθμοί. Συνεπώς τα βάρη που προήλθαν από τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης κρίθηκε απαραίτητο να στρογγυλοποιηθούν για τα θεματικά επίπεδα των γραμμών ναυσιπλοΐας και των υποθαλάσσιων καλωδιώσεων στο 14%, για τα θεματικά επίπεδα των οδικών δικτύων και των λιμενικών εγκαταστάσεων στο 7%, για το θεματικό επίπεδο της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο 5% και για το θεματικό επίπεδο των προστατευμένων περιοχών στο 2%. Ενώ δόθηκε μια επιπλέον μονάδα στο θεματικό επίπεδο του αιολικού δυναμικού που θεωρείτε και το σημαντικότερο.

Θεματικό Επίπεδο (Raster)	Επιρροή/Βάρος (Influence)	Πεδίο Τιμών (Field)	Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)
Αιολικό Δυναμικό	29%	(m/sec)	
		≥ 7,000001	9
		6,000001-7	7
		5,000001-6	4
		4,000001-5	2
		<4	0 (restricted)
Κυματικό Δυναμικό	19%	(m)	
		0,07723-0,251702	9
		0,251703-0,398208	8
		0,398209-0,523785	7
		0,523786-0,654594	6
		0,654595-0,785402	5
		0,785403-0,910979	4
		0,910980-1,041788	3
		1,041789-1,183061	2
		1,183062-1,3348	1
Γραμμές Ναυσιπλοΐας	14%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		≥ 1.000,000001	9
Υποθαλάσσια Καλώδια	14%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)

		$\geq 1.000,000001$	9
<i>Οδικό Δίκτυο</i>	7%	(m)	
		0-1.000	9
		1.000,000001-2.000	8
		2.000,000001-3.000	7
		3.000,000001-4.000	6
		4.000,000001-5.000	5
		5.000,000001-6.000	4
		6.000,000001-7.000	3
		7.000,000001-8.000	2
		8.000,000001-10.000	1
		$\geq 10.000,000001$	0 (restricted)
<i>Λιμενικές Εγκαταστάσεις</i>	7%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		1.000,000001-2.000	9
		2.000,000001-3.000	8
		3.000,000001-4.000	7
		4.000,000001-5.000	6
		5.000,000001-6.000	5
		6.000,000001-7.000	4
		7.000,000001-8.000	3
		8.000,000001-9.000	2
$\geq 9.000,000001$	1		
<i>Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας</i>	5%	179-542	1
		542,000001-4.110	2
		4.110,000001-7.500	3
		7.500,000001-15.500	4
		15.500,000001-29.950	5
		29.950,000001-58.040	6
		58.040,000001-95.300	7
		95.300,000001-198.500	8
		198.500,000001-601.700	9
<i>Απόσταση από Οικισμούς</i>	3%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3
		4.500,000001-5.500	4
		5.600,000001-6.500	5
		6.500,000001-7.500	6
		7.500,000001-8.500	7
		8.500,000001-9.500	8
$\geq 9.500,000001$	9		
<i>Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές</i>	2%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3

	4.500,000001-5.500	4
	5.500,000001-6.500	5
	6.500,000001-7.500	6
	7.500,000001-8.500	7
	8.500,000001-9.500	8
	≥ 9.500,000001	9

Πίνακας 5.17. Δεδομένα εισόδου (Input Data) στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst.

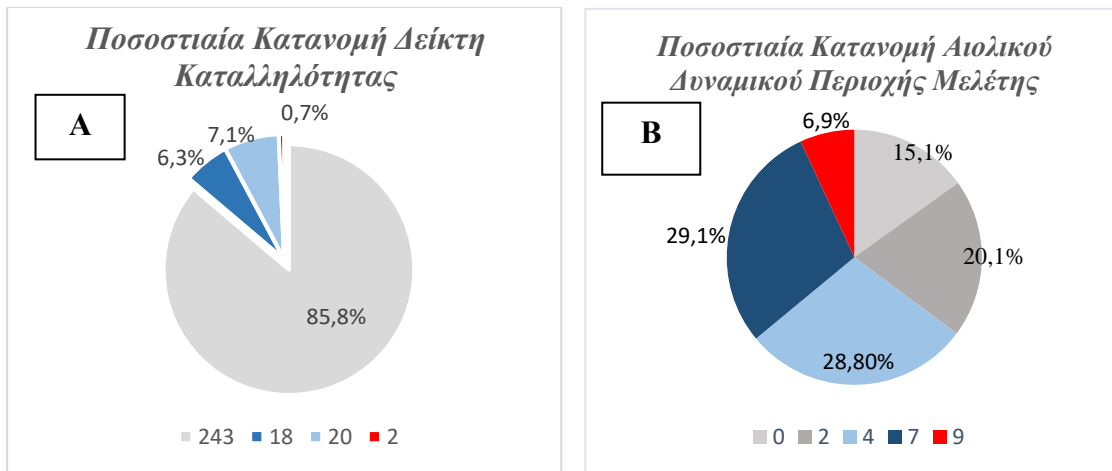
Το συγκεκριμένο εργαλείο πολλαπλασιάζει τις τιμές κάθε χωρικής μονάδας αναφοράς (*Scale value*) κάθε εισερχόμενου επιπέδου (*Raster*) με τα βάρη (*Influence*) που καθορίστηκαν και στη συνέχεια προσθέτει τις τιμές των χωρικών μονάδων αναφοράς κάθε επιπέδου δημιουργώντας ένα νέο ενιαίο επίπεδο. Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου εργαλείου είναι η χαρτογράφηση και η τελική βαθμονόμηση της καταλληλότητας κάθε εναλλακτικής επιλογής σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς (*Χάρτης Αξιολόγησης*). Όπως είναι προφανές, τροποποιώντας την κλίμακα αξιολόγησης ή τα ποσοστά των βαρών, τότε αλλάζει και το αποτέλεσμα της επικάλυψης (Χαλκιάς, 2015).

Στο χάρτη 5.16 (*Χάρτης Αξιολόγησης*) απεικονίζονται οι προτεινόμενες τοποθεσίες με τους αντίστοιχους βαθμούς καταλληλότητας και το πλήθος τους, μετά την επικάλυψη. Οι τοποθεσίες με τον υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας επτά (7), απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, ενώ εκείνες με τον χαμηλότερο βαθμό καταλληλότητας τέσσερα (4), απεικονίζονται με ανοικτό μωβ χρώμα. Οι τοποθεσίες που απεικονίζονται με γκρι χρώμα μηδενίζονται, καθώς στο εργαλείο της σταθμισμένης επικάλυψης εμφανίζονται ως *restricted areas* και συνεπώς αποκλείονται.

5.6 Αποτελέσματα (Χάρτης Καταλληλότητας)

Με το πέρας της Σταθμισμένης Επικάλυψης, προκειμένου να απεικονιστούν τα τελικά πλέον αποτελέσματα, θα πρέπει από το *Χάρτη Αξιολόγησης* να εξαιρεθούν οι τοποθεσίες οι οποίες δεν προκρίθηκαν στο πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου (*Χάρτης Αποκλεισμού*). Για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα χρησιμοποιούμε το εργαλείο Raster Calculator του Spatial Analyst (ArcGis for Desktop, 2016). Με τον πολλαπλασιασμό του *Χάρτη Αποκλεισμού* με το *Χάρτη Αξιολόγησης* προκύπτει ο *Χάρτης Καταλληλότητας* της περιοχής μελέτης (5.17). Η διαδικασία αυτή ισοδυναμεί με την *αφαίρεση* των τοποθεσιών που αποκλείονται από το πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου (*Χάρτης Αποκλεισμού*) από τον *Χάρτη Αξιολόγησης*.

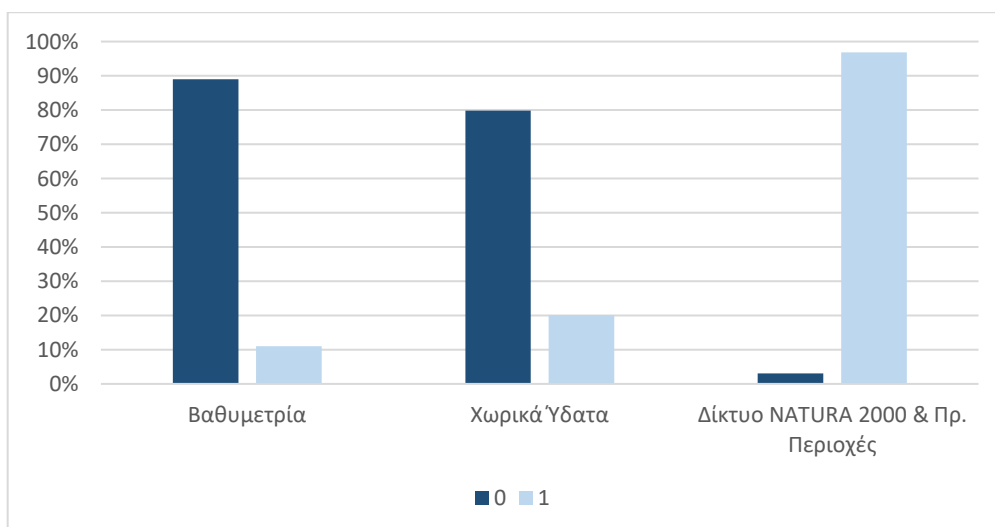
Οι πλέον καταλληλότερες τοποθεσίες που προκύπτουν για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας είναι εκείνες που απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, με δείκτη καταλληλότητας επτά (7). Οι τοποθεσίες με δείκτη καταλληλότητας έξι (6) θεωρούνται εξίσου κατάλληλες, έχοντας εντούτοις περισσότερα μειονεκτήματα, π.χ. χαμηλότερο αιολικό δυναμικό, υψηλότερο κόστος, τεχνικές δυσκολίες, υψηλότερο οπτικό αντίκτυπο κ.τ.λ. αλλά εντός των αποδεκτών επιπέδων. Είναι αξιοσημείωτο ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής περιοχής μελέτης (85,8%) αποκλείεται από την εγκατάσταση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτής (0,7%) εμφανίζει τον βέλτιστο δείκτη καταλληλότητας (διάγραμμα 5.1.A) παρόλο που το αιολικό δυναμικό θεωρείται ευνοϊκό σε περισσότερες τοποθεσίες (διάγραμμα 5.1.B).



Διάγραμμα 5.1. Ποσοστιαία κατανομή Α) Δείκτη καταλληλότητας και Β) Αιολικού δυναμικού περιοχής μελέτης.

Παρόλα αυτά, οι τοποθεσίες με τον υψηλότερο δείκτη καταλληλότητας επτά (7), συμπίπτουν με εκείνες που παρουσιάζουν και το υψηλότερο αιολικό δυναμικό (χάρτης 5.7 και 5.17), ένα αποτέλεσμα αναμενόμενο, όπου αποδίδεται στο μεγαλύτερο βάρος του κριτηρίου του αιολικού δυναμικού συγκριτικά με τα υπόλοιπα βάρη.

Το διάγραμμα 5.2 απεικονίζει την ποσοστιαία κατανομή της περιοχής μελέτης όπου αποκλείεται από τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας λόγω της ύπαρξης κάποιου κριτηρίου αποκλεισμού. Έχοντας υπόψη αυτό, το σημαντικότερο κριτήριο αποκλεισμού θεωρείται ο περιορισμός του βάθους στα 100 μέτρα, όπου απέκλεισε το 89% της περιοχής μελέτης, ακολουθείται από τον περιορισμό της χωροθέτησης εντός των 6 ναυτικών μιλίων όπου απέκλεισε το 79,8% και τέλος από το δίκτυο NATURA 2000 όπου αντίστροφα απέκλεισε μόλις το 3,1% της περιοχής μελέτης.



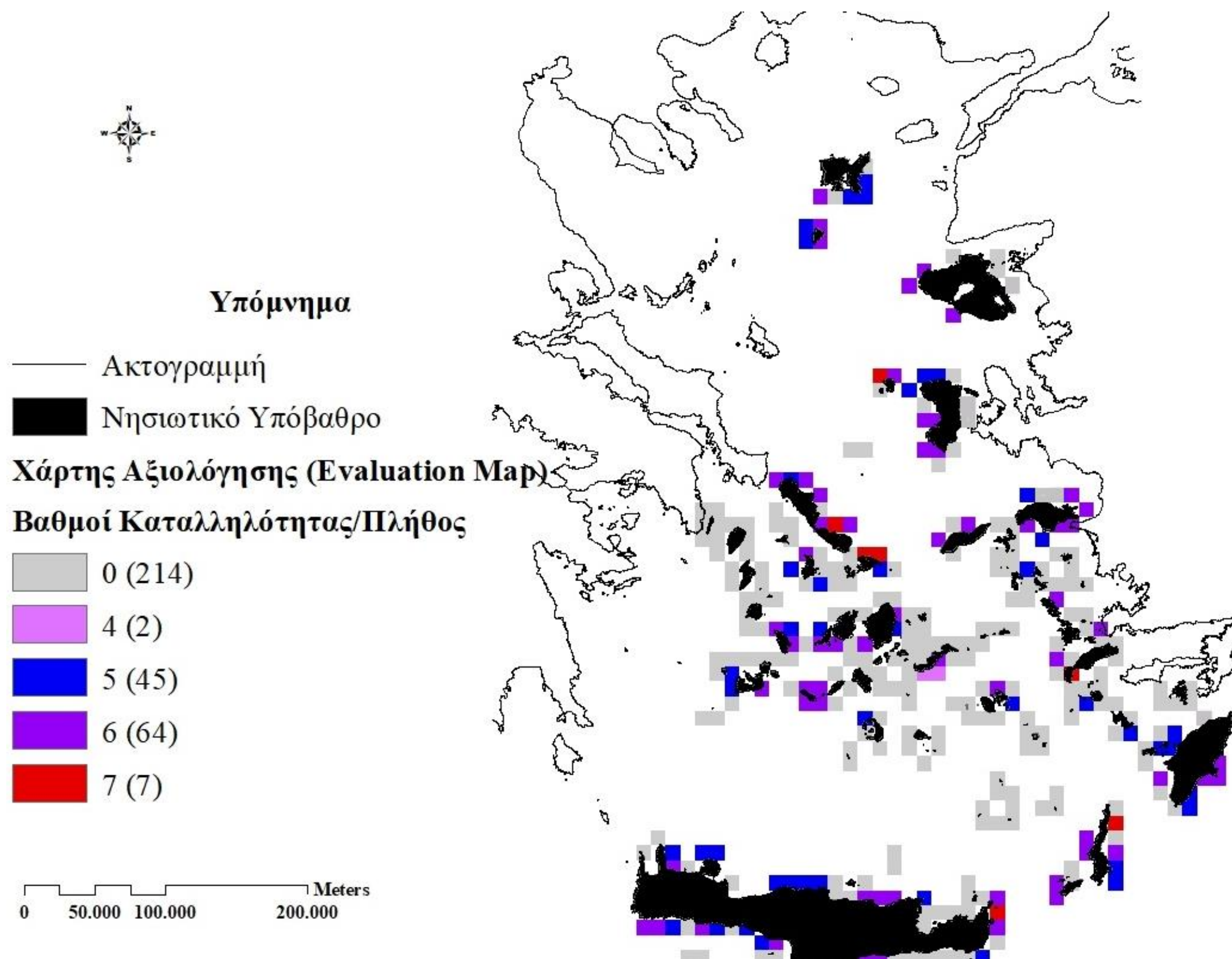
Διάγραμμα 5.2. Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης για κάθε κριτήριο αποκλεισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται αναλυτικά οι βαθμοί καταλληλότητας για κάθε θεματικό επίπεδο των δύο (2) τοποθεσιών που συγκέντρωσαν τον μεγαλύτερο συνολικό

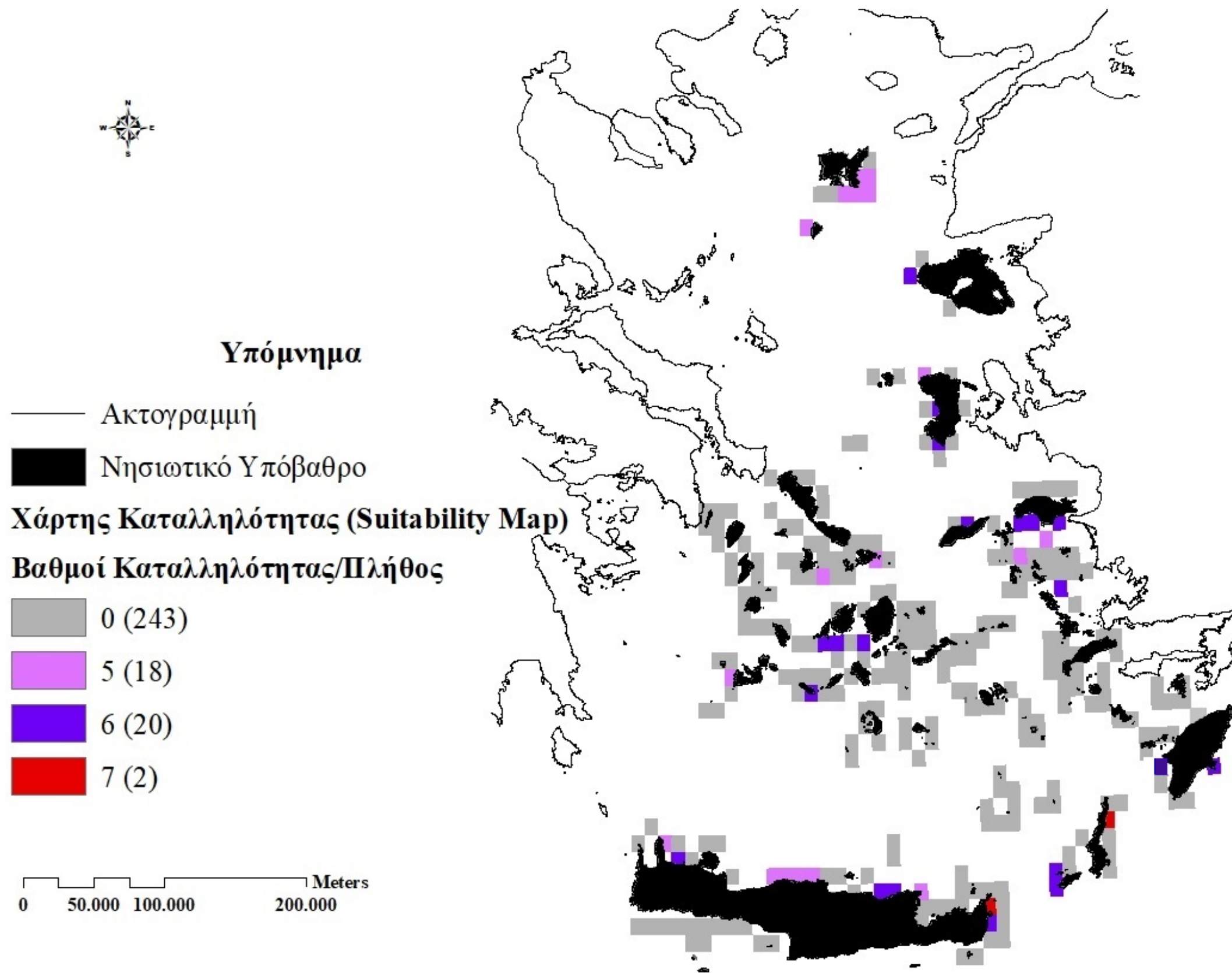
βαθμό καταλληλότητας (με κόκκινο χρώμα) όπως προκύπτει από το Χάρτη Καταλληλότητας (χάρτης 5.17). Η αναγνώριση και η καταγραφή των επιμέρους βαθμών καταλληλότητας επιτεύχθηκε με το εργαλείο Identify (ArcGis for Desktop, 2016).

<i>Περιοχή</i>	<i>Βαθμοί Καταλληλότητας</i>								
	<i>Α.Δ</i>	<i>Κ.Δ</i>	<i>Δ.Ν</i>	<i>Υ.Κ</i>	<i>Ο.Δ</i>	<i>Λ.Ε</i>	<i>Ζ.Η.Ε</i>	<i>ΟΙ & Α.Κ</i>	<i>ΠΡ.Π</i>
<i>Κάρπαθος</i>	9	3	9	9	6	7	4	9	4
<i>Κρήτη</i>	9	2	9	9	7	7	9	9	2

Πίνακας 5.18. Επιμέρους βαθμοί καταλληλότητας των θεματικών επιπέδων των τοποθεσιών με τον μεγαλύτερο συνολικό βαθμό καταλληλότητας.



Χάρτης 5.16. Χάρτης Αξιολόγησης (*Evaluation Map*)



Χάρτης 5.17. Τελικός Χάρτης Καταλληλότητας (*Suitability Map*)

Ενότητα V(II)

Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του Μοντέλου (Οικονομική Αξιολόγηση)

5.7 Εισαγωγή

Η οικονομική αξιολόγηση αποτελεί το αρχικό και κρισιμότερο στάδιο προκειμένου να εκτιμηθεί μια επένδυση, τόσο από τη σκοπιά ενός επενδυτικού φορέα, όσο και ενός χρηματοπιστωτικού ιδρύματος. Στην περίπτωση που κατά την εκτέλεση της, μια επένδυση κριθεί ως μη βιώσιμη, τότε απορρίπτεται, και προφανώς δεν συνεχίζεται η περαιτέρω αξιολόγηση της.

Προκειμένου να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός των οικονομικών δεικτών που απαιτούνται για την οικονομική αξιολόγηση, θα πρέπει αρχικά να καταγραφεί η κατάσταση ταμειακών ροών της επιχειρηματικής οντότητας.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι παράμετροι και οι παραδοχές που εφαρμόζονται στην αξιολόγηση του επιχειρηματικού μοντέλου σε δύο διακριτά επίπεδα:

- Εκτίμηση Κόστους
- Χρηματοοικονομική ανάλυση

5.8. Εκτίμηση Κόστους

Προκειμένου εκτιμηθεί και να αξιολογηθεί η επένδυση θα πρέπει να συνυπολογιστούν κάποιες παράμετροι και χαρακτηριστικά, τα οποία καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την βιωσιμότητα της και εφαρμόζονται στο πλαίσιο αξιολόγησης της.

Ακολούθως, παρουσιάζονται και αναλύονται οι παράμετροι και οι γενικές παραδοχές που εφαρμόζονται στην παρούσα διατριβή (ΥΠΕΚΑ, 2012).

5.8.1. Χρηματοδοτικό Σχήμα

Το χρηματοδοτικό σχήμα που προτείνεται για την υλοποίηση της περιλαμβάνει εισροές από τις ακόλουθες πηγές:

- Ίδια κεφάλαια
- Μακροπρόθεσμος τραπεζικός δανεισμός

Τα συνηθέστερα χρηματοδοτικά σχήματα για έργα ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μέχρι τις αρχές του 2010 ήταν 25% επενδυτικός φορέας και 75% τραπεζικός δανεισμός. Βαθμιαία το ποσοστό του τραπεζικού δανεισμού μειώθηκε στα επίπεδα του 60%. Συνεπώς το χρηματοδοτικό σχήμα που ακολουθείται στην παρούσα διατριβή είναι:

- Ίδια Κεφάλαια:40%
- Τραπεζικός Δανεισμός:60%

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι για περιπτώσεις έργων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εφόσον αυτά δεν επιχορηγηθούν (όπως στην παρούσα περίπτωση) ισχύει μια επιπρόσθετη προσαύξηση στην τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (ΦΕΚ 85/Α/04.06.2010) (Παράγραφος 2 του άρθρου 5 του ν. 3851). Στην περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών μονάδων εφαρμόζεται προσαύξηση κατά 30% (ΛΑΓΗΕ, 2015).

5.8.2 Μακροπρόθεσμο Τραπεζικό Δάνειο

Στην περίπτωση που επιλεγεί η σύναψη δανείου για την κάλυψη ενός ποσοστού της χρηματοδότησης της επένδυσης, τότε προβλέπεται κάθε έτος η καταβολή τοκοχρεολυσίων. Οι χαρακτηριστικότεροι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά τη σύναψη δανείου είναι το δανειακό κεφάλαιο, το επιτόκιο δανεισμού, ο χρόνος εξόφλησης του, ο τρόπος αποπληρωμής (σταθερό ή μεταβλητό τοκοχρεολύσιο) και η πιθανή περίοδος χάριτος, κατά την οποία δεν υφίσταται η υποχρέωση καταβολής χρεολυτικών δόσεων. Για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής το επιτόκιο δανεισμού ορίζεται στο 3.5 %.

Θεωρείται ότι εκταμίευση του δανείου υλοποιείται στο αρχικό στάδιο, δηλαδή στο στάδιο της κατασκευής. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τόκοι του χρονικού διαστήματος μέχρι το σημείο που θα υπάρξουν έσοδα από τη λειτουργία του έργου προκειμένου να εξυπηρετηθεί το δάνειο. Η περίπτωση αυτή, ρυθμίζεται μέσω περιόδου χάριτος, οι τόκοι της οποίας κεφαλαιοποιούνται και αυξάνουν το αρχικό ποσό του δανείου.

Λόγω της χρηματοπιστωτικής στενότητας και των στενών περιθωρίων και υποχρεώσεων που έχουν οι Ελληνικές Τράπεζες στο πλαίσιο των εποπτικών μηχανισμών της Βασιλείας II, η περίοδος αποπληρωμής ορίζεται στα 10 χρόνια, και συνεπώς αυτό υιοθετείται και στην παρούσα διατριβή.

5.8.3 Ειδικό Τέλος επί των Ακαθάριστων Εσόδων

Η λειτουργία σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας επιβαρύνεται με ειδικό τέλος όπου παρακρατείται από τα έσοδα του έργου, καθώς αποδίδεται στους οικιακούς καταναλωτές και στους Ο.Τ.Α της περιοχής που θα εγκατασταθεί. Όμως για την περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων το ειδικό τέλος θεωρείται μηδενικό (όπως και στην περίπτωση των Φ/Β και των μικρών ανεμογεννητριών <50 KW).

5.8.4 Φορολογικός Συντελεστής

Λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες φορολογικές παρεμβάσεις, χρησιμοποιείται σταθμισμένος μέσος φορολογικός συντελεστής ίσος με 29%.

5.8.5 Συντελεστής Χρησιμοποίησης

Τα ετήσια έσοδα έργων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, και κατ' επέκταση της παρούσας επένδυσης καθορίζονται από την τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh) και την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτια αιολικά πάρκα καθορίζεται από το ν. 3851/2010 ΦΕΚ. Α 85 και ορίζεται στα 108.30 €/MWh⁶

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού Α.Π.Ε και τον συντελεστή χρησιμοποίησης (*capacity factor*). Ο συντελεστής χρησιμοποίησης εξαρτάται ως επί το πλείστον από το διαθέσιμο δυναμικό και από τις τεχνολογικές παραμέτρους εκμετάλλευσης του.

Στην παρούσα περίπτωση, ο μέσος ετήσιος συντελεστής χρησιμοποίησης για υπεράκτια αιολικά πάρκα ορίζεται στο 38%.

5.8.6 Επιτόκιο Προεξόφλησης

Το επιτόκιο προεξόφλησης, αποτελεί μια καθαρά επενδυτική παράμετρο που αντανακλά την ελάχιστη αποδεκτή απόδοση μιας επένδυσης. Συγκεκριμένα, το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει το επιθυμητό επενδυτικό επιτόκιο μιας ασφαλούς επένδυσης (*κόστος ευκαιρίας*) προσαυξημένο με έναν αποδεκτό συντελεστή ασφαλείας (*κόστος ρίσκου*).

Η αβεβαιότητα που υπάρχει στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών σε σχέση με το βαθμό τεχνολογικής ωριμότητας της τεχνολογίας αλλά και άλλες παραμέτρους όπως π.χ. τη διαμόρφωση του κόστους πρώτων υλών, το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον, κ.α. σχετίζονται άμεσα με το ρίσκο της κάθε επένδυσης.

Οι ανωτέρω παράμετροι συνυπολογίζονται στο επιτόκιο προεξόφλησης και για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής λαμβάνεται ίσο με 0.6% (*επιτόκιο προθεσμιακών καταθέσεων*).

5.8.7 Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων της επένδυσης (*δηλαδή του κόστους κατασκευής*) και πραγματοποιούνται για την επανάκτηση του αρχικού κεφαλαίου και την τυχόν αντικατάσταση του εξοπλισμού μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του. Για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής ορίζεται τυπικός ετήσιος συντελεστής απόσβεσης ίσος με 5%.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται στην οικονομική ανάλυση καθώς και οι παράμετροι διαμόρφωσης του κόστους αναλύονται στους ακόλουθους πίνακες (Πίνακας 5.19 και 5.20).

Επιτόκιο Δανεισμού (%)	3.5%
Ποσοστό Επιχορήγησης (%)	0%
Ποσοστό Ιδίων Κεφαλαίων (%)	40%

⁶ Πρόκειται για Τιμή Βάσης που μπορεί να προσαυξάνεται και να αναπροσαρμόζεται. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατόπιν γνώμης της ΡΑΕ, η οποία εκδίδεται πριν την υπογραφή της οικείας σύμβασης πώλησης, είναι δυνατόν η ανωτέρω τιμή να προσαυξάνεται, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, έως και 30% της τιμής βάσης. Η γνώμη της ΡΑΕ λαμβάνει υπόψη ιδίως τα στοιχεία κόστους επένδυσης, τα οποία παρατίθενται αναλυτικά σε τεχνοοικονομική μελέτη που υποβάλλει ο κάτοχος της άδειας παραγωγής του σταθμού για την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας του απαιτούμενου ποσοστού προσαύξησης.

Ποσοστό Δανειακών Κεφαλαίων (%)	60%
Διάρκεια Αποπληρωμής Δανείου (έτη)	10
Φορολογία	29%
Διάρκεια Ζωής (έτη)	20
% Προσαύξηση Τιμής Πώλησης (FiT)	30%
Ειδικό Τέλος ΟΤΑ (%)	0%

Πίνακας 5.19 Παραδοχές οικονομικής ανάλυσης

Τυπικό Μέγεθος Μονάδας (MW)	2
Κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας (% CAPEX)	3.2 %
Ενεργειακή Απόδοση-cf (%)	38%
Ποσοστό Απορρόφησης της Ενέργειας (%)	98%
Τιμή Πώλησης Ενέργειας (€/MWh)	108.3
Ετήσια Μείωση Παραγόμενης Ενέργειας (%)	-
Επιτόκιο Δανεισμού (%)	3.5%
Ποσοστό Επιχορήγησης (%)	0%
Ποσοστό Δανειακών Κεφαλαίων (%)	60%
Ποσοστό Ιδίων Κεφαλαίων (%)	40%
Διάρκεια Αποπληρωμής Δανείου (έτη)	10
Φορολογία	29%
Διάρκεια Ζωής (έτη)	20
Υπολειμματική Αξία (%)	0%
Αποσβέσεις (%)	5%
% Προσαύξηση Τιμής Πώλησης (FiT)	30%
Ειδικό Τέλος ΟΤΑ (%)	0%

Πίνακας 5.20. Παράμετροι διαμόρφωσης κόστους παραγόμενης ενέργειας

5.9 Χρηματοοικονομική ανάλυση

5.9.1 Ορισμοί

Πριν την χρηματοοικονομική ανάλυση θεωρείται σημαντικό να συμπεριληφθούν οι σαφείς ορισμοί των κατηγοριών δαπανών που λαμβάνουν μέρος σε αυτή. Αυτές είναι οι εξής (Dalton et al., 2015):

Κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX-Capital Expenditures):

[1] Ανάπτυξη του έργου ως την Τελική Επενδυτική Απόφαση (*Final Investment Decision-FID*): Περιλαμβάνει περιβαλλοντικές μελέτες, μελέτες πιθανών επιπτώσεων στο παράκτιο και ανθρωπογενές περιβάλλον, βυθομετρικές μελέτες, σταθμούς παρακολούθησης και καταγραφής μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών συνθηκών των προτεινόμενων τοποθεσιών. Ανάθεση υπηρεσιών προς τρίτους.

[2] Λεπτομερής σχεδιασμός της υπεράκτιας εγκατάστασης αιολικής ενέργειας (*Front-End Engineering Design-FEED*).

[3] Διαχείριση του έργου από το στάδιο της Τελικής Επενδυτικής Απόφασης (FID) στην ολοκλήρωση του (*Works Completion Date-WCD*): Περιλαμβάνει προμήθεια/κατασκευή κρίσιμων στοιχείων, σύζευξη των εξαρτημάτων, διεξαγωγή δοκιμής της τελικής κατασκευής, πιστοποίηση/έλεγχος (Νηογνώμονας).

[4] Ασφάλιση κατά την κατασκευή του έργου: Κατά παντός κινδύνου συναρμολόγησης, Κατά παντός κινδύνου μηχανολογικού εξοπλισμού.

[5] Ανεμογεννήτρια (άτρακτος, ρότορας, πύργος): Καταβολή στην κατασκευάστρια εταιρεία για την παροχή της ατράκτου, του ρότορα, των πτερυγίων και του πύργου της ανεμογεννήτριας.

[6] Πλατφόρμα: Παρέχει την υποδομή στήριξης της ανεμογεννήτριας. Προμήθεια και κατασκευή πλατφόρμας.

[7] Σύστημα Αγκύρωσης: Προμήθεια και κατασκευή του συστήματος αγκύρωσης (συρματόσχοινα/αγκυρώσεις)

[8] Καλωδίωση εξαγωγής: Για την σύνδεση της πλωτής εγκατάστασης με τον χερσαίο υποσταθμό. Στην προκειμένη περίπτωση ο τύπος καλωδίωσης N2XSEY χρησιμοποιείται. Περιλαμβάνει μόνωση της καλωδίωσης, μηχανική και χημική προστασία.

[9] Εγκατάσταση καλωδίωσης: Εγκατάσταση και πόντιση της καλωδίωσης. Περιλαμβάνει Σκάφος/μηχάνημα εκσκαφής και πόντισης.

[10] Υποσταθμός ξηράς: Για τον μετασχηματισμό της τάσης ανάλογα με την τάση του δικτύου. Περιλαμβάνει απαιτήσεις γης, μεταφορά και εγκατάσταση.

[11] Μεταφορά και εγκατάσταση: Μεταφορά και εγκατάσταση της τελικής κατασκευής από το λιμένα συναρμολόγησης στην τοποθεσία εγκατάστασης. Περιλαμβάνει το σκάφος ρυμούλκησης, το πλήρωμα και τις απαιτούμενες καταδυτικές εργασίες.

[12] Απρόβλεπτο (*Construction Contingency*): Εφαρμόζεται ένα 10% του συνολικού CAPEX.

Λειτουργικές (ετήσιες) Δαπάνες (Operational Expenditures-OPEX):

[1] Λειτουργία και Συντήρηση: Περιλαμβάνει παρακολούθηση λειτουργίας, συντήρηση ρουτίνας και αποκατάσταση βλαβών.

[2] Ασφάλιση κατά τη διάρκεια λειτουργίας

[3] Επιπλέον στις ετήσιες δαπάνες περιλαμβάνονται:

- Το κόστος εξυπηρέτησης των τόκων και χρεολυσίων του έργου (*εξυπηρέτηση δανεισμού του έργου*).
- Το κόστος επανάκτησης του κεφαλαίου της επένδυσης (*αποσβέσεις*).
- Η φορολόγηση των εσόδων.

Δαπάνες Παροπλισμού (Decommissioning Expenditures-DECEX):

[1] Στην παρούσα περίπτωση θεωρείται μηδενικό. Η κατασκευή ανακυκλώνεται και πωλείται για scrap. Λόγω του βάρους της συνολικής κατασκευής (*μόνο το βάρος του χάλυβα αγγίζει τους 2.000 τόνους*) υποθέτουμε ότι η τιμή του scrap θα αντισταθμίσει το κόστος μεταφοράς της.

5.9.2 Παραδοχές

Υποθέτουμε υπεράκτια ανεμογεννήτρια με πλωτή δομή έδρασης ισχύος 2 MW προς σύνδεση στο ΜΔΣ. Οι προτεινόμενες τοποθεσίες εγκατάστασης θεωρούνται εκείνες που συγκέντρωσαν τον μεγαλύτερο συνολικό βαθμό καταλληλότητας (με κόκκινο χρώμα) όπως προκύπτει από το Χάρτη Καταλληλότητας (χάρτης 5.17).

Για την ανάλυση της βιωσιμότητας της επένδυσης στις ανωτέρω τοποθεσίες (*case studies*) θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες παραδοχές:

Παραδοχές		Επεξήγηση
Τυπικό Μέγεθος Μονάδας (MW)	2 MW	
Τοποθεσία	Κάρπαθος	
Βάθος	100 μ.	Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα. Υπουργείο Εθνικής Άμυνας-ΓΕΘΑ, Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2016.
Μέση Ταχύτητα Ανέμου (Ετήσια)	7.5 m/sec	Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών-ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016).
Απόσταση πλησιέστερου λιμένα	A)3.000,000001- B)4.000 μ.	Πεδίο Τιμών (<i>Field</i>): 3.000,000001-4.000 μ. (βλ. πίνακα 5.17). Βαθμός καταλληλότητας :7 (βλ. Πίνακα 5.18).
Απόσταση πλησιέστερου οδικού δικτύου	A)3.000,000001- B)4.000 μ.	Πεδίο Τιμών (<i>Field</i>): 3.000,000001-4.000 μ. (βλ. πίνακα 5.17). Βαθμός καταλληλότητας :6 (βλ. Πίνακα 5.18).
Ενεργειακή Απόδοση-Capacity Factor	38%	Συνάρτηση κυρίως του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού και των τεχνολογικών παραμέτρων εκμετάλλευσης του διαθέσιμου δυναμικού.
Διαθεσιμότητα μονάδας	95.5%	Λόγω προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας (εργασίες συντήρησης).
Ηλεκτρικές απώλειες	1%	
Αεροδυναμικές απώλειες	0%	
Άλλες απώλειες	4.6%	Cut-in/cut-out hysteresis, υποβιβασμός καμπύλης ισχύος.
Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	140 €/MWh	Η Τιμή Βάσης διαμορφώνεται στα 108.30 €/MWh. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατόπιν γνώμης της ΡΑΕ, η οποία εκδίδεται πριν την υπογραφή της οικείας σύμβασης πώλησης, είναι δυνατόν η ανωτέρω τιμή να προσαυξάνεται, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, έως και 30% της τιμής βάσης. Συνεπώς η παρούσα τιμή διαμορφώνεται στα 140 €/MWh.
Επιτόκιο Δανεισμού	3.5%	
Συνολικό κόστος επένδυσης	Βλ. πίνακα 5.23	

Διάρκεια ζωής έργου	20 έτη	Η τεχνική διάρκεια ζωής των έργων υπεράκτιας αιολικής ενέργειας υπολογίζεται σε 20 έτη (EWEA, 2015 ;Bulder and Roermund,2016; DNV.GL, 2016)
----------------------------	--------	---

Πίνακας 5.21. Παραδοχές Μελέτης Περίπτωσης: Κάρπαθος

Παραδοχές		Επεξήγηση
Τυπικό Μέγεθος Μονάδας (MW)	2 MW	
Τοποθεσία	Κρήτη	
Βάθος	90 μ	Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα. Υπουργείο Εθνικής Άμυνας-ΓΕΘΑ, Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2016.
Μέση Ταχύτητα Ανέμου (Ετήσια)	7.4 m/sec	Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών-ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, 2016).
Απόσταση πλησιέστερου λιμένα	A)3.000,000001- B)4.000 μ.	Πεδίο Τιμών (<i>Field</i>): 3.000,000001-4.000 μ. (βλ. πίνακα 5.17). Βαθμός καταλληλότητας :7 (βλ. Πίνακα 5.18).
Απόσταση πλησιέστερου οδικού δικτύου	A)2.000,000001- B)3.000 μ.	Πεδίο Τιμών (<i>Field</i>): 2.000,000001-3.000 μ. (βλ. πίνακα 5.17). Βαθμός καταλληλότητας : 7 (βλ. Πίνακα 5.18).
Ενεργειακή Απόδοση-Capacity Factor	38%	Συνάρτηση κυρίως του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού και των τεχνολογικών παραμέτρων εκμετάλλευσης του διαθέσιμου δυναμικού.
Διαθεσιμότητα μονάδας	95.5%	Λόγω προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας (εργασίες συντήρησης).
Ηλεκτρικές απώλειες	1%	
Αεροδυναμικές απώλειες	0%	
Άλλες απώλειες	4.6%	Cut-in/cut-out hysteresis, υποβιβασμός καμπύλης ισχύος.
Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	140 €/MWh	Η Τιμή Βάσης διαμορφώνεται στα 108.30€/MWh. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατόπιν γνώμης της ΡΑΕ, η οποία εκδίδεται πριν την υπογραφή της οικείας σύμβασης πώλησης, είναι δυνατόν η ανωτέρω τιμή να προσαυξάνεται, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, έως και 30% της τιμής βάσης. Συνεπώς η παρούσα τιμή διαμορφώνεται στα 140 €/MWh.
Επιτόκιο Δανεισμού	3.5%	
Συνολικό κόστος επένδυσης	Βλ. πίνακα 5.24	
Διάρκεια ζωής έργου	20 έτη	Η τεχνική διάρκεια ζωής των έργων υπεράκτιας αιολικής ενέργειας υπολογίζεται σε 20 έτη

(EWEA, 2015 ;Bulder and Roermund,2016;
DNV.GL, 2016).

Πίνακας 5.22. Παραδοχές Μελέτης Περίπτωσης: Κρήτη

<i>Ανάλυση Κόστους *</i>		
<i>Δαπάνη</i>	A)	B)
Ανάπτυξη έργου ως την Τελική Επενδυτική Απόφαση (Final Investment Decision-FID)	135.000	135.000
Σχεδιασμός της υπεράκτιας εγκατάστασης (Front-End Engineering Design-FEED)	310.000	310.000
Διαχείριση του έργου από το στάδιο της Τελικής Επενδυτικής Απόφασης (FID) στην ολοκλήρωση του (from FIT to WCD).	441.792	441.792
Ασφάλιση κατά την κατασκευή του έργου	424.800	424.800
Ανεμογεννήτρια	2.500.000	2.500.00
Πλατφόρμα	1.500.000	1.500.000
Σύστημα αγκύρωσης	150.000	150.000
Καλωδίωση	78.240	104.320
Εγκατάσταση καλωδίωσης	195.000	260.000
Υποσταθμός	325.000	325.000
Μεταφορά και εγκατάσταση	140.000	140.000
	619.983	629.091
Απρόβλεπτο (Construction Contingency):	(10% του συνολικού CAPEX).	(10% του συνολικού CAPEX).
CAPEX	6.819.815	6.920.003
Λειτουργία και Συντήρηση	218.234 €/έτος (3.2 % CAPEX)	221.440 €/έτος (3.2 % CAPEX)
Ασφάλιση κατά τη διάρκεια λειτουργίας	80.240 €/έτος	80.240 €/έτος
OPEX	298.474 €/έτος	301.680 €/έτος
DECEX	0.00	0.00

Πίνακας 5.23. Ανάλυση κόστους (Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου)

<i>Ανάλυση Κόστους*</i>		
<i>Δαπάνη</i>	A)	B)
Ανάπτυξη έργου ως την Τελική Επενδυτική Απόφαση (Final Investment Decision-FID)	135.000	135.000

Σχεδιασμός της υπεράκτιας εγκατάστασης (Front-End Engineering Design-FEED)	310.000	310.000
Διαχείριση του έργου από το στάδιο της Τελικής Επενδυτικής Απόφασης (FID) στην ολοκλήρωση του (from FIT to WCD).	441.792	441.792
Ασφάλιση κατά την κατασκευή του έργου	424.800	424.800
Ανεμογεννήτρια	2.500.000	2.500.000
Πλατφόρμα	1.500.000	1.500.000
Σύστημα αγκύρωσης	150.000	150.000
Καλωδίωση	52.160	78.240
Εγκατάσταση καλωδίωσης	130.000	195.000
Υποσταθμός	325.000	325.000
Μεταφορά και εγκατάσταση	140.000	140.000
	610.875	619.983
Απρόβλεπτο (Construction Contingency):	(10% του συνολικού CAPEX).	(10% του συνολικού CAPEX).
CAPEX	6.719.627	6.819.815
Λειτουργία και Συντήρηση	215.028 €/έτος (3.2 % CAPEX)	218.234 €/έτος (3.2 % CAPEX)
Ασφάλιση κατά τη διάρκεια λειτουργίας	80.240 €/έτος	80.240 €/έτος
OPEX	295.268 €/έτος	298.474 €/έτος
DECEX	0.00	0.00

Πίνακας 5.24. Ανάλυση κόστους (Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης)

*Τα επιμέρους κόστη βασίζονται στις κατηγορίες δαπανών που αναπτύχθηκαν στην Παράγραφο 5.9.1, σελ. 163). Οι τιμές των εμπορευμάτων καθορίζονται στον (ετήσιο) μέσο όρο για το 2016 (International Monetary Fund, 2016; Maribe Project, 2016).

5.9.3 Αποτελέσματα Ανάλυσης

Για την οικονομική αξιολόγηση ελήφθησαν υπόψη όλα τα τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά της επένδυσης (πίνακες 5.19, 5.20 και 5.23, 5.24), και υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος *Excel*. Οι δείκτες αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάστηκαν στην Ενότητα IV.

Αρχικά υπολογίστηκε η Καθαρά Παρούσα Αξία (Ενότητα IV, τύπος 4.2). Ο υπολογισμός της ΚΠΑ πραγματοποιήθηκε ως προς τα Ίδια Κεφάλαια, ούτως ώστε να υπολογίζεται η πραγματική απόδοση της επένδυσης. Σύμφωνα με αυτήν η ΚΤΡ κάθε έτους προέρχεται

απευθείας από την κατάσταση ταμειακών ροών και συμπεριλαμβάνει και τα τοκοχρεολύσια. Στην περίπτωση αυτή ως αρχικό κεφάλαιο θεωρείται μόνο εκείνο που αντιστοιχεί στα Ίδια Κεφάλαια. Το επιτόκιο προεξόφλησης λαμβάνεται ίσο με 0.6% (*επιτόκιο προθεσμιακών καταθέσεων*). Αναλυτικά οι πίνακες ταμειακών ροών των επενδύσεων και τα χρονοδιαγράμματα αποπληρωμής δανείων παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

Όπως διαπιστώνεται από τον ακόλουθο πίνακα και για τα δύο case studies η ΚΠΑ προκύπτει θετική. Οι θετικές τιμές της ΚΠΑ φανερώνουν ότι τα αναμενόμενα κέρδη από τις δύο επενδύσεις υπερβαίνουν το αναμενόμενο κόστος που σημαίνει ότι και οι δύο επενδύσεις είναι κερδοφόρες. Φυσικά η πρώτη μελέτη περίπτωσης (*Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου*) αξιολογείται θετικότερα λόγω μεγαλύτερης ΚΠΑ (*Πίνακας 5.25*).

Σε αντίθετη περίπτωση μια αρνητική ΚΠΑ δεν θα παρουσίαζε κανένα όφελος και θα σήμαινε ότι η επένδυση θα κατέληγε σε ζημιά.

Εν συνεχεία υπολογίστηκε ο ΕΒΑ των έργων (*Ενότητα IV, τύπος 4.4*), δηλαδή το προεξοφλητικό εκείνο επιτόκιο το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ των επενδύσεων και αναφέρεται στο βαθμό απόδοσης που αναμένουμε από τις δύο επενδύσεις. Ο μεγαλύτερος ΕΒΑ της πρώτης μελέτης περίπτωσης συγκριτικά με την δεύτερη οδηγεί σε θετικότερη αξιολόγηση.

Ο αριθμός των ετών που απαιτούνται για την επανείσπραξη των αρχικών δαπανών των επενδύσεων υπολογίστηκε από τη σχέση 4.5 (*Ενότητα IV*). Για την πρώτη μελέτη περίπτωσης κυμαίνεται από 13.3 έως 13.5 έτη, ενώ για την δεύτερη μελέτη περίπτωσης από 13.5 έως 13.7 έτη. Το αρχικό κόστος των επενδύσεων και για τα δύο case studies δεν καλύπτεται εντός των 10 αρχικών ετών για τον λόγο ότι εντός του διαστήματος αυτού πραγματοποιείται η αποπληρωμή του δανείου (βλ. Παράρτημα ΙΙΙ). Μετά την ολοκλήρωση της περιόδου αποπληρωμής και οι δύο επενδύσεις παράγουν ιδιαίτερα υψηλές χρηματοροές. Φυσικά, οι υψηλότερες ετήσιες χρηματοροές της πρώτης μελέτης περίπτωσης επιστρέφουν γρηγορότερα το αρχικό κόστος της επένδυσης, με συνέπεια η επένδυση να αξιολογείται θετικότερα.

Από τη σχέση 4.7 (*Ενότητα IV*) προέκυψε ότι το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (LCOE) ως προς τα Ίδια Κεφάλαια για την πρώτη μελέτη περίπτωσης κυμαίνεται από 97,73 €/MWh έως 99,01 €/MWh και για τη δεύτερη μελέτη περίπτωσης από 99,37 €/MWh έως 100,68 100,68. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στην ελάχιστη αποδεκτή τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας προκειμένου οι επενδύσεις να είναι βιώσιμες. Σε αντίθεση με τους ανωτέρω δείκτες το χαμηλότερο Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας της πρώτης μελέτης περίπτωσης καθιστά την επένδυση περισσότερο κερδοφόρα συγκριτικά με την δεύτερη.

Μελέτη Περίπτωσης: Κάρπαθος	A)	B)
Μέγεθος Μονάδας (MW)	2	2
CAPEX (€)	6.819.815	6.920.003
OPEX (€/έτος)	298.474	301.680
DECEX (€)	0.0	0.0
Ίδια Κεφάλαια	2.727.926	2.768.001
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (MWh)	7280	7280
Τιμή πώλησης €/MWh	140	140
Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/MWh)	97,73	99,01
Περίοδος Αποπληρωμής (Payback Period)(έτη)	13.3	13.5
Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV)(€)	4.040.388,37	3.917.873,68
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)(%)	8	7
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (έτη)	20	20
Μελέτη Περίπτωσης: Κρήτη	A)	B)
Μέγεθος Μονάδας (MW)	2	2
CAPEX (€)	6.719.627	6.819.815
OPEX (€/έτος)	295.268	298.474
DECEX(€)	0.0	0.0
Ίδια Κεφάλαια	2.687.850,8	2.727.926
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (MWh)	7067	7067
Τιμή πώλησης €/MWh	140	140
Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας(€/MWh)	99,37	100,68
Περίοδος Αποπληρωμής (Payback Period)	13.5	13.7
Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV)(€)	3.769.733,14	3.647.219,10
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)(%)	7	7
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (έτη)	20	20

Πίνακας 5.25 Σύνοψη Χρηματοοικονομικής Ανάλυσης

Στο Παράρτημα ΙΙΙ παρατίθεται ο χάρτης κατάταξης των δύο (2) τοποθεσιών με το μεγαλύτερο συνολικό Δείκτη Καταλληλότητας (*Suitability Index/SI*) βάσει της Καθαρής Παρούσας Αξίας τους.

Ενότητα V(III)

Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή του Μοντέλου

(Ανάλυση Ευαισθησίας)

5.10 Εισαγωγή

Η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί και το τελικό στάδιο του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιείται στην παρούσα μελέτη εξετάζει την επίδραση των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης στον συνολικό δείκτη καταλληλότητας, όπου ουσιαστικά αυτό εφαρμόζεται υπολογιστικά με διαδοχικές επανεκτελέσεις του προτεινόμενου μοντέλου. Για αυτό το σκοπό εξετάζονται δύο σενάρια:

- Το πρώτο σενάριο που ακολουθείται θεωρεί ότι και τα εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή.
- Το δεύτερο σενάριο θεωρεί ότι οι συντελεστές βαρύτητας των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας (*απόστασης*) από τα οδικά δίκτυα και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικοί.

Ακολούθως, παρουσιάζονται αναλυτικά τα δύο σενάρια.

5.11 Πρώτο Σενάριο (Ιση Κατανομή Βαρών)

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το πρώτο σενάριο που ακολουθείται θεωρεί ότι και τα εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή. Ίδια επιρροή σημαίνει ότι και τα εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης που θέτονται συμβάλλουν στον ίδιο βαθμό σε ότι αφορά την εκτίμηση της καταλληλότητας των τοποθεσιών για την χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας. Το πεδίο τιμών (*Field*), δηλαδή οι τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε βαθμό καταλληλότητας (Παράγραφος 5.5.1), καθώς και η κλίμακα καταλληλότητας για κάθε πεδίο τιμών (*Scale Value*) (Παράγραφος 5.5.1) παραμένουν ως έχουν. Ουσιαστικά, στο πρώτο αυτό σενάριο επανεκτελείται η λειτουργία της επικάλυψης χωρίς να εφαρμόζεται η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης, αφού πλέον και τα εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης θεωρείται ότι έχουν την ίδια επιρροή/βάρος (*Influence*).

Ο πίνακας (5.26) παρουσιάζει τα δεδομένα εισόδου (Input data) στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst.

<i>Θεματικό Επίπεδο (Raster)</i>	<i>Επιρροή/Βάρος (Influence)</i>	<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
<i>Αιολικό Δυναμικό</i>	12%	(m/sec)	
		$\geq 7,000001$	9
		6,000001-7	7
		5,000001-6	4
		4,000001-5	2
		<4	0 (restricted)
<i>Κοματικό Δυναμικό</i>	11%	(m)	
		0,07723-0,251702	9
		0,251703-0,398208	8
		0,398209-0,523785	7
		0,523786-0,654594	6
		0,654595-0,785402	5
		0,785403-0,910979	4
		0,910980-1,041788	3
		1,041789-1,183061	2
		1,183062-1,3348	1
<i>Γραμμές Ναυσιπλοΐας</i>	11%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		$\geq 1.000,000001$	9
<i>Υποθαλάσσια Καλώδια</i>	11%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		$\geq 1.000,000001$	9
<i>Οδικό Δίκτυο</i>	11%	(m)	
		0-1.000	9
		1.000,000001-2.000	8
		2.000,000001-3.000	7
		3.000,000001-4.000	6
		4.000,000001-5.000	5
		5.000,000001-6.000	4
		6.000,000001-7.000	3
		7.000,000001-8.000	2
		8.000,000001-10.000	1
$\geq 10.000,000001$	0 (restricted)		
<i>Λιμενικές Εγκαταστάσεις</i>	11%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		1.000,000001-2.000	9
		2.000,000001-3.000	8
		3.000,000001-4.000	7
		4.000,000001-5.000	6
		5.000,000001-6.000	5
		6.000,000001-7.000	4
		7.000,000001-8.000	3
		8.000,000001-9.000	2
		$\geq 9.000,000001$	1
11%	179-542	1	

<i>Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας</i>		542,000001-4.110	2
		4.110,000001-7.500	3
		7.500,000001-15.500	4
		15.500,000001-29.950	5
		29.950,000001-58.040	6
		58.040,000001-95.300	7
		95.300,000001-198.500	8
		198.500,000001-601.700	9
<i>Απόσταση από Οικισμούς</i>	11%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3
		4.500,000001-5.500	4
		5.600,000001-6.500	5
		6.500,000001-7.500	6
		7.500,000001-8.500	7
		8.500,000001-9.500	8
		≥ 9.500,000001	9
<i>Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές</i>	11%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3
		4.500,000001-5.500	4
		5.500,000001-6.500	5
		6.500,000001-7.500	6
		7.500,000001-8.500	7
		8.500,000001-9.500	8
		≥ 9.500,000001	9

Πίνακας 5.26. Δεδομένα εισόδου (Input Data) στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst (Ίση Κατανομή Βαρών)

Λόγω του ότι τα δεδομένα που δέχεται το εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης πρέπει να είναι ακέραιοι αριθμοί και το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης είναι εννέα (9) το ποσοστό των βαρών κατανέμεται ισόποσα (*Set Equal Influence*) σε 11% για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης και 12% για το κριτήριο του Αιολικού Δυναμικού. Κρίθηκε σκόπιμο ο υψηλότερος συντελεστής βαρύτητας 12%, εφόσον δεν είναι δυνατό όλα τα κριτήρια να δεχτούν το συντελεστή 11% να δοθεί στον κριτήριο του αιολικού δυναμικού, εφόσον αποτελεί και το κριτήριο μεγαλύτερης βαρύτητας/επιρροής.

Στο Παράρτημα IV παρατίθεται ο Χάρτης Αξιολόγησης με τους αντίστοιχους βαθμούς καταλληλότητας και το πλήθος τους μετά την επικάλυψη. Ο χάρτης Αποκλεισμού του 1^ο Σταδίου του μεθοδολογικού πλαισίου παραμένει ως έχει.

5.12 Δεύτερο Σενάριο (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Απόστασης)

Το δεύτερο σενάριο που ακολουθείται θεωρεί ότι οι συντελεστές βαρύτητας των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας (απόστασης) από τα οδικά δίκτυα και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικοί. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη των επτά (7) υπολειπόμενων μη μηδενικών κριτηρίων έτσι όπως προέκυψαν από τη Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Παράγραφος 5.5.2) παραμένουν ως έχουν.

Σε αυτή την περίπτωση, το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των δύο (2) οικονομικών κριτηρίων αξιολόγησης κατανέμεται αναλογικά στα υπόλοιπα επτά (7) κριτήρια, ούτως ώστε το συνολικό άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας και των εννέα (9) κριτηρίων να παραμένει 100%.

Ουσιαστικά, επανεκτελείται η λειτουργία της επικάλυψης χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η οικονομική διάσταση της χωροθέτησης, αφού πλέον τα οικονομικά κριτήρια εγγύτητας θεωρούνται μηδενικής επιρροής.

Το πεδίο τιμών (*Field*), η κλίμακα καταλληλότητας για κάθε πεδίο τιμών (*Scale Value*), καθώς και ο χάρτης Αποκλεισμού έτσι όπως προήλθε από το 1^ο Στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου παραμένουν ως έχουν.

Ο πίνακας (5.27) παρουσιάζει τα δεδομένα εισόδου (Input data) στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst.

<i>Θεματικό Επίπεδο (Raster)</i>	<i>Επιρροή/Βάρος (Influence)</i>	<i>Πεδίο Τιμών (Field)</i>	<i>Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value)</i>
<i>Αιολικό Δυναμικό</i>	33%	(m/sec)	
		≥ 7,000001	9
		6,000001-7	7
		5,000001-6	4
		4,000001-5	2
		<4	0 (restricted)
<i>Κομματικό Δυναμικό</i>	23%	(m)	
		0,07723-0,251702	9
		0,251703-0,398208	8
		0,398209-0,523785	7
		0,523786-0,654594	6
		0,654595-0,785402	5
		0,785403-0,910979	4
		0,910980-1,041788	3
		1,041789-1,183061	2
1,183062-1,3348	1		
<i>Γραμμές Ναυσιπλοΐας</i>	16%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		≥ 1.000,000001	9
<i>Υποθαλάσσια Καλώδια</i>	16%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		≥ 1.000,000001	9

<i>Οδικό Δίκτυο</i>	0%	(m)	
		0-1.000	9
		1.000,000001-2.000	8
		2.000,000001-3.000	7
		3.000,000001-4.000	6
		4.000,000001-5.000	5
		5.000,000001-6.000	4
		6.000,000001-7.000	3
		7.000,000001-8.000	2
		8.000,000001-10.000	1
		≥ 10.000,000001	0 (restricted)
<i>Λιμενικές Εγκαταστάσεις</i>	0%	(m)	
		≤ 1.000	0 (restricted)
		1.000,000001-2.000	9
		2.000,000001-3.000	8
		3.000,000001-4.000	7
		4.000,000001-5.000	6
		5.000,000001-6.000	5
		6.000,000001-7.000	4
		7.000,000001-8.000	3
		8.000,000001-9.000	2
		≥9.000,000001	1
<i>Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας</i>	6%	179-542	1
		542,000001-4.110	2
		4.110,000001-7.500	3
		7.500,000001-15.500	4
		15.500,000001-29.950	5
		29.950,000001-58.040	6
		58.040,000001-95.300	7
		95.300,000001-198.500	8
		198.500,000001-601.700	9
<i>Απόσταση από Οικισμούς</i>	4%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3
		4.500,000001-5.500	4
		5.600,000001-6.500	5
		6.500,000001-7.500	6
		7.500,000001-8.500	7
		8.500,000001-9.500	8
≥ 9.500,000001	9		
<i>Απόσταση από Προστατευόμενες Περιοχές</i>	2%	(m)	
		≤ 1.500	0 (restricted)
		1.500,000001-2.500	1
		2.500,000001-3.500	2
		3.500,000001-4.500	3
4.500,000001-5.500	4		

	5.500,000001-6.500	5
	6.500,000001-7.500	6
	7.500,000001-8.500	7
	8.500,000001-9.500	8
	≥ 9.500,000001	9

Πίνακας 5.27. Δεδομένα εισόδου (Input Data) στο εργαλείο της Σταθμισμένης Επικάλυψης του Spatial Analyst (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας)

Στο Παράρτημα IV παρατίθεται ο Χάρτης Αξιολόγησης με τους αντίστοιχους βαθμούς καταλληλότητας και το πλήθος τους μετά την επικάλυψη.

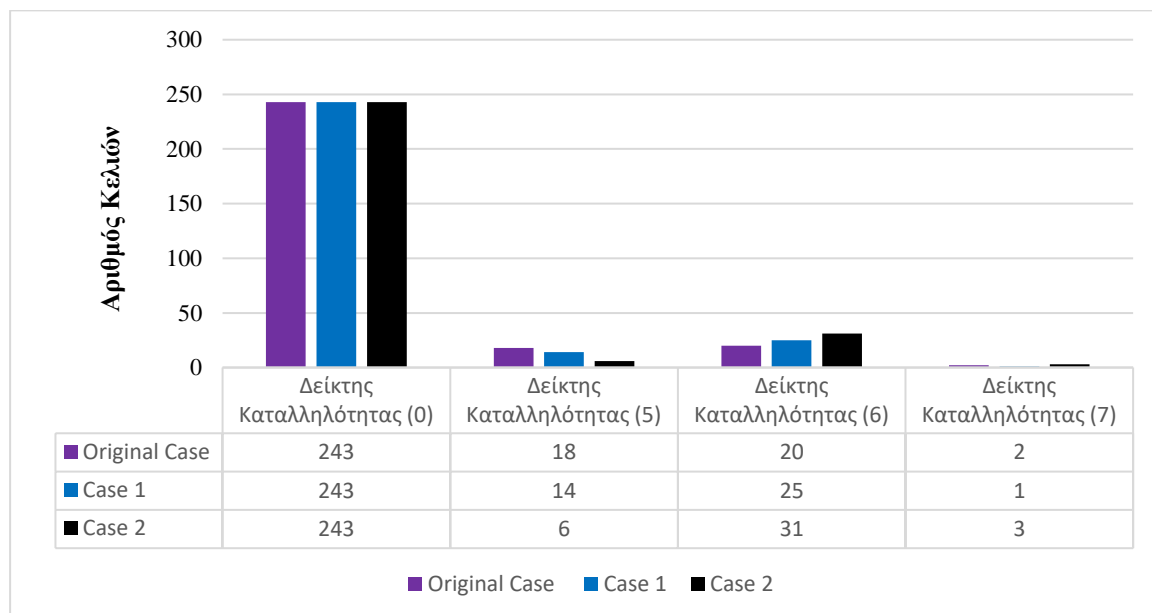
5.13 Αποτελέσματα Ανάλυσης

Οι Χάρτες Καταλληλότητας και των δύο σεναρίων που ακολουθήθηκαν (5.18Α και 5.18Β) προκύπτουν με τη βοήθεια του Raster Calculator (Παράγραφος 5.6).

Όπως διαπιστώνεται το πολυκριτηριακό μεθοδολογικό πλαίσιο χαρακτηρίζεται ευαίσθητο στις μεταβολές των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων αξιολόγησης. Ένα αποτέλεσμα ιδιαίτερα προβλέψιμο, καθώς όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα κριτήρια αξιολόγησης επιλέγονται σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της περιοχής ενδιαφέροντος.

Η διαφοροποίηση των τελικών Χαρτών Καταλληλότητας που εξετάστηκαν στα δύο σεναρία (5.18Α και 5.18Β) συγκριτικά με τον αρχικό Χάρτη Καταλληλότητας (5.18 Γ) οφείλεται στην αλλαγή των συντελεστών στάθμισης, που σημαίνει ότι κάθε κριτήριο ασκεί ιδιαίτερη επιρροή στην αξιολόγηση της περιοχής μελέτης.

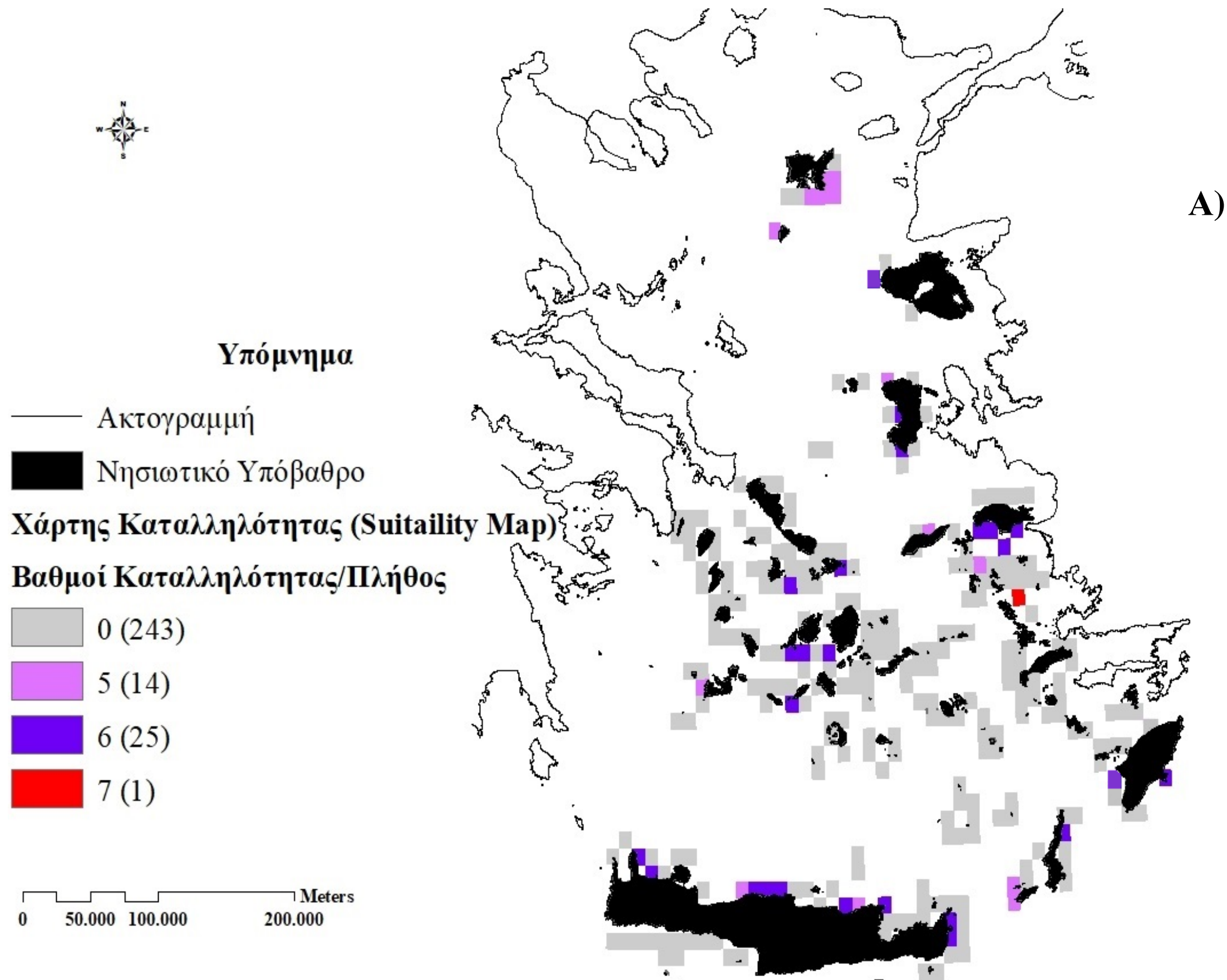
Θεωρείται αξιοσημείωτο ότι, αν και οι χάρτες που προκύπτουν από τα σεναρία που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας δείχνουν σημαντικές τροποποιήσεις στους δείκτες (βαθμούς) καταλληλότητας, το διάγραμμα 5.3 φανερώνει ότι ο αριθμός των βέλτιστων τοποθεσιών (Δείκτης Καταλληλότητας/Suitability Index 7) για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας παραμένει χαμηλός και για τα δύο σεναρία που εξετάστηκαν.



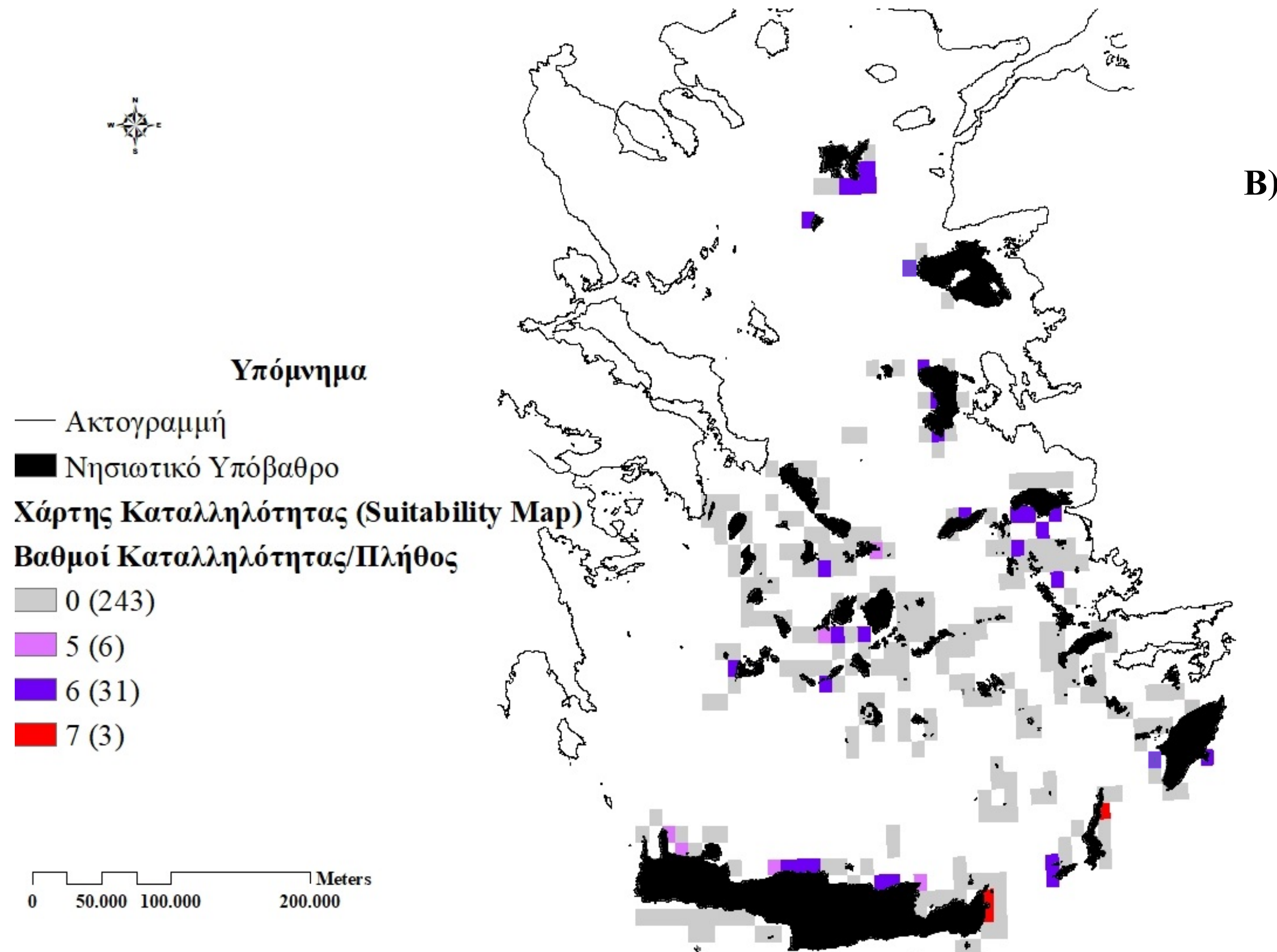
Διάγραμμα 5.3 Αριθμός κελιών για κάθε Δείκτη Καταλληλότητας των δύο σεναρίων και της αρχικής μελέτης περίπτωσης.

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα παραλλαγή παρατηρείται στο δεύτερο σενάριο όπου οι συντελεστές στάθμισης των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας θεωρούνται μηδενικής επιρροής. Η πλειοψηφία των πιθανών τοποθεσιών ανήκουν στον Δείκτη Καταλληλότητας 6, ενώ μόλις έξι (6) τοποθεσίες ανήκουν στον Δείκτη Καταλληλότητας 5 (χάρτης 5.18B). Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην *κατάργηση* των κριτηρίων εγγύτητας από το οδικό δίκτυο και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις.

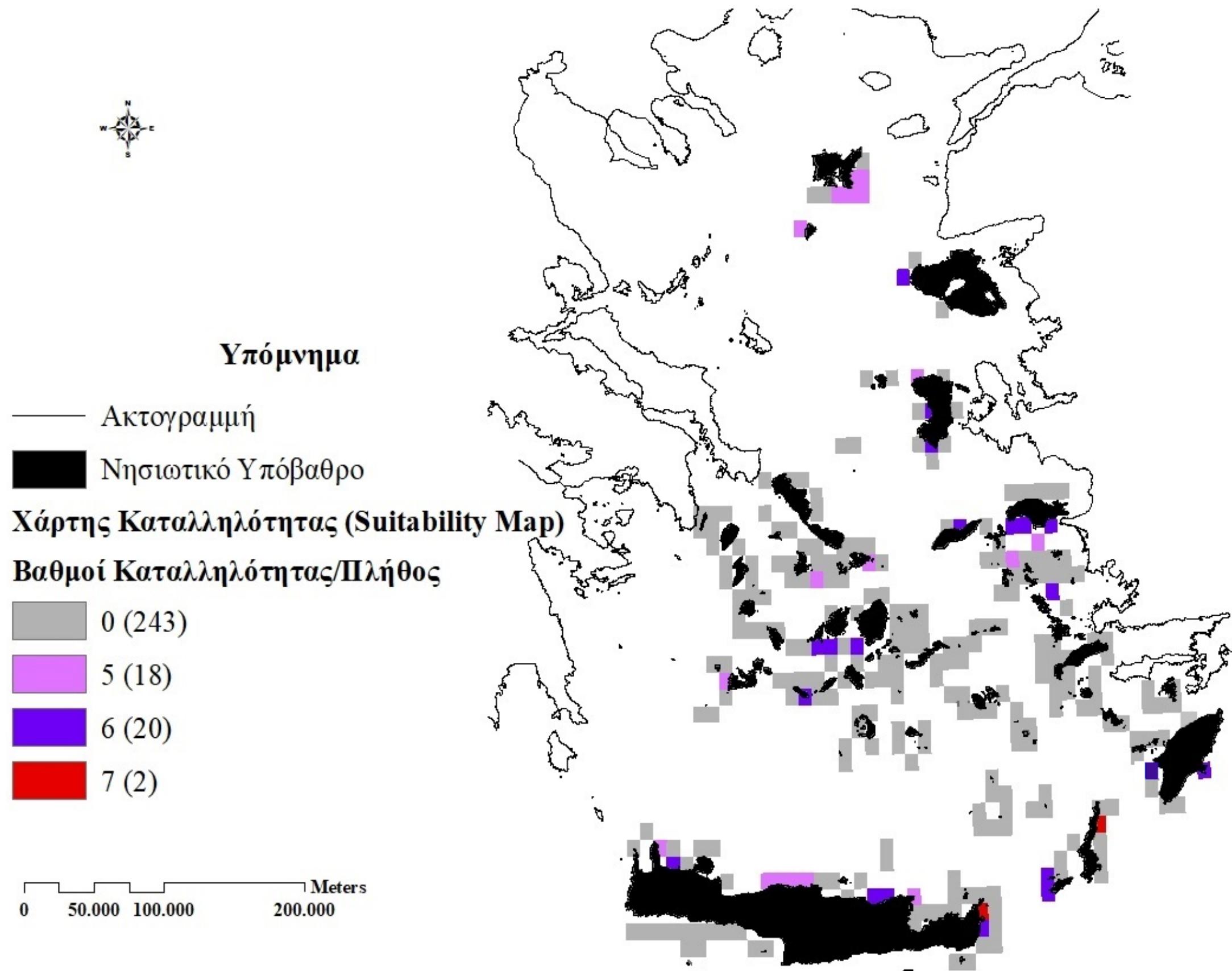
Όταν λαμβάνονται υπόψη τα δύο αυτά κριτήρια οδηγούν στην χαμηλότερη βαθμονόμηση ορισμένων τοποθεσιών. Σε αντίθεση περίπτωση, όπου πλέον τα κριτήρια αυτά θεωρούνται μηδενικής βαρύτητας, έχουν σαν αποτέλεσμα να ευνοούνται περισσότερες τοποθεσίες, κάτι που δεν ισχύει όταν λαμβάνονται υπόψη.



Χάρτης 5.18 A: 1⁰ Σενάριο (Ίση Κατανομή Βαρών)



Χάρτης 5.18 Β: 2⁰ Σενάριο (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας)



Γ)

Χάρτης 5.18 Γ: Αρχικός Χάρτης Καταλληλότητας

Ενότητα VI

Συμπεράσματα & Προτάσεις για Περαιτέρω Διερεύνηση

Η παρούσα διδακτορική διατριβή ασχολείται με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του παράκτιου και του θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Η προσέγγιση που ακολουθείται βασίζεται στα μεθοδολογικά εργαλεία που προσφέρει η Γεωπληροφορική, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Επιγραμματικά, η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση θα μπορούσε να αποδοθεί ως Μεθοδολογία Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της, υποδεικνύουν ότι το 0.7% της περιοχής μελέτης θεωρείται ως το πλέον βέλτιστο για τη χωροθέτηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας, παρόλο που το αιολικό δυναμικό θεωρείται ευνοϊκό σε περισσότερες τοποθεσίες.

Είναι χαρακτηριστικό ότι παρόλο που προκύπτει ένα συγκριτικά αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό από το ανωτέρω, βέλτιστων τοποθεσιών (*Χάρτης Αξιολόγησης*) για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, τελικά αυτές, αποκλείονται από τη διαδικασία λόγω της ύπαρξης κάποιου κριτηρίου αποκλεισμού. Έχοντας υπόψη αυτό, το σημαντικότερο κριτήριο αποκλεισμού θεωρήθηκε ο περιορισμός του βάθους στα 100 μέτρα, όπου απέκλεισε το 89% της περιοχής μελέτης και ακολουθείται από τον περιορισμό της χωροθέτησης εντός των 6 ναυτικών μιλίων όπου απέκλεισε το 79,8% της περιοχής μελέτης.

Ωστόσο, η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση επιτρέπει στο λήπτη απόφασης να εξετάσει και να λάβει υπόψη και τις τοποθεσίες που προέκυψαν στην κατάταξη ως αμέσως επόμενες, μειώνοντας το αποδεκτό όριο του *Δείκτη Καταλληλότητας*. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα τον χαρακτηρισμό περισσότερων τοποθεσιών ως κατάλληλες για την χωροθέτηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Πράγματι, όπως αποδεικνύεται, μειώνοντας τον *Δείκτη Καταλληλότητας*, το 7.1% της περιοχής μελέτης προκύπτει ως εξίσου κατάλληλο, έχοντας εντούτοις περισσότερα μειονεκτήματα, π.χ. χαμηλότερο αιολικό δυναμικό, υψηλότερο κόστος, τεχνικές δυσκολίες, υψηλότερο οπτικό αντίκτυπο κ.τ.λ. αλλά εντός των αποδεκτών ορίων.

Σε κάθε περίπτωση η επικύρωση του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης προκύπτει μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων του με την πραγματική κατάσταση. Συνεπώς, η μεμονωμένη αξιολόγηση των αναδυόμενων τοποθεσιών σε συνδυασμό με την έρευνα πεδίου και εξέταση όλων των επιμέρους παραμέτρων σε τοπική κλίμακα θεωρείται σημαντική προκειμένου να γίνει η τελική επιλογή των τοποθεσιών για την εγκατάσταση υπεράκτιου αιολικού συστήματος.

Σε αυτή τη λογική, η παρούσα διατριβή θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για την προκαταρκτική χωροθέτηση στην περιοχή ενδιαφέροντος, επί της οποίας πραγματοποιούνται στη συνέχεια οι αναλυτικές μελέτες και η μεμονωμένη αξιολόγηση των προκρινόμενων τοποθεσιών, καθώς δεν αξιολογεί την καταλληλότητα της σημειακής χωροθέτησης της συγκεκριμένης δραστηριότητας μέσα σε κάθε αναδυόμενη τοποθεσία, αλλά αξιολογεί το σύνολο της έκτασης κάθε τοποθεσίας σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς.

Οι στόχοι που τέθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής είναι σαφείς και θεωρείται ότι τελικά επιτεύχθηκαν. Σε αρχικό στάδιο πραγματοποιείται η διερεύνηση των ήδη καταγεγραμμένων μεθοδολογικών προσεγγίσεων με σκοπό την εύρεση πιθανών κενών ή παραλείψεων τους. Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτει ότι το ζήτημα της χωροθέτησης αιολικών συστημάτων συγκεντρώνει το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας, για την ανάπτυξη σύγχρονων μεθοδολογιών. Αυτό οφείλεται στο ότι η αιολική ενέργεια θεωρείται σήμερα μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή. Έχοντας αναγνωρίσει το παγκόσμιο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, είναι πλέον προφανές ότι επιβάλλεται η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και η άμεση στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ενώ παράλληλα από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή καθαρής ενέργειας θεωρείται σήμερα η αιολική, η οποία συμβάλει στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής, προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

Ωστόσο, παρά το σχετικά μεγάλο αριθμό μεθόδων ΠΑ μέσω της Γεωπληροφορικής και εφαρμογής τους σε ζητήματα χωροθέτησης αιολικών συστημάτων, και ένα εξαιρετικά περιορισμένο έως μηδαμινό αριθμό εφαρμογών αυτών σε υπεράκτια αιολικά συστήματα, η βιβλιογραφία παρουσιάζεται ελλιπείς όσο αφορά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση πλωτών υπεράκτιων συστημάτων, που παράλληλα να λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα καινοτομικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης εφαρμογής και να χρησιμοποιεί τα απαραίτητα κριτήρια (*αποκλεισμού/αξιολόγησης*) σε τεχνοοικονομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό και χωροταξικό επίπεδο, κάτι που δυσχεραίνει την ανάπτυξη τους, παρόλο που το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων συνεχώς αυξάνει.

Όπως αναφέρθηκε ήδη η μεθοδολογία που προτείνεται βασίζεται στα εργαλεία και τις μεθόδους που προσφέρονται μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, όπου μέσω αυτών αναλύεται και τελικά επιλύεται το πολυσύνθετο πρόβλημα της αξιολόγησης της καταλληλότητας του παράκτιου και θαλάσσιου χώρου για τη χωροθέτηση αιολικού συστήματος.

Αρχικά διερευνάται η δυνατότητα χωροθέτησης της συγκεκριμένης δραστηριότητας, όπου ουσιαστικά πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της περιοχής ενδιαφέροντος σε κατάλληλες και ακατάλληλες τοποθεσίες, βάσει απλών κριτηρίων τα οποία καθορίζονται βάσει της υφιστάμενης νομοθεσίας κάθε χώρας και τους σκοπού που εξυπηρετεί η μελέτη. Με την εφαρμογή της Δυναδικής Λογικής (*Binary Logic*) προκύπτει ένας δυναδικός (*true/false*) χάρτης των τοποθεσιών που πληρούν ή δεν πληρούν τα συγκεκριμένα κριτήρια (*Χάρτης Αποκλεισμού*).

Στη συνέχεια δημιουργείται ένα διάγραμμα ιεραρχικής δομής τριών επιπέδων (*δενδρόγραμμα*), σύμφωνα με το οποίο στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται ο τελικός στόχος, στο

δεύτερο επίπεδο βρίσκονται τα κριτήρια αξιολόγησης, και στο τρίτο επίπεδο οι εναλλακτικές επιλογές, δηλαδή οι τοποθεσίες που έχουν προέλθει από το πρώτο στάδιο του *Αποκλεισμού*. Ένα σύνολο τεχνοοικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και χωροταξικών κριτηρίων αξιολόγησης, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των βέλτιστων τοποθεσιών, βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας. Το επόμενο βήμα αναφέρεται στην ομογενοποίηση και στην ποσοτικοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης. Ένα από τα πλέον σημαντικά χαρακτηριστικά της χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης, θεωρείται η δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης χωρικών παραμέτρων, τόσο με ποσοτικά, όσο και με ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στο βήμα αυτό, τα δεδομένα (*κριτήρια αξιολόγησης*) σε ποσοτικές και ποιοτικές κλίμακες ταξινομήσης μετατρέπονται σε μια ενιαία τακτική κλίμακα.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην εφαρμογή της μεθόδου της σύγκρισης ανά ζεύγη (*pairwise comparisons*) στο πλαίσιο της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης, όπου χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων, προκειμένου να καθοριστεί η επιρροή τους στην αξιολόγηση του χώρου, με σκοπό την κατά το δυνατόν μικρότερη υποκειμενικότητα των αποφάσεων και κατά συνέπεια ενίσχυση της αξιοπιστίας της συγκεκριμένης προσέγγισης και σύνθεση ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης. Στο πλαίσιο αυτό, με την εφαρμογή του Λόγου Συνέπειας (*Consistency Ratio*) υπολογίζεται το μέτρο απόκλισης από τη συνέπεια, κατά τέτοιο τρόπο ώστε αν $CR < 0.10$, τότε είμαστε στο πλαίσιο της αντικειμενικότητας, όπως ισχύει στην παρούσα περίπτωση αφού $0.045 < 0.10$.

Τέλος, με την εφαρμογή της Σταθμισμένης Επικάλυψης υπολογίζεται τελικά και αξιολογείται η καταλληλότητα κάθε εναλλακτικής επιλογής του πρώτου σταδίου σε επίπεδο χωρικής μονάδας αναφοράς (*Χάρτης Αξιολόγησης*). Σε τελικό στάδιο, ο *Χάρτης Καταλληλότητας* και κατά συνέπεια ο Συνολικός Δείκτης Καταλληλότητας (*Overall Suitability Index/OSI*) κάθε εναλλακτικής, προκύπτει από τη διενέργεια αριθμητικής λειτουργίας (*πράξης*) μεταξύ των προαναφερθέντων ψηφιδωτών χαρτογραφικών αποτελεσμάτων.

Συγκρίνοντας το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης με *αντίστοιχα* παραδείγματα που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία, μπορούν να διεξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

Όσον αφορά την ιεραρχική δομή που αναπτύσσεται το πολυκριτηριακό πρόβλημα, βιβλιογραφικά συναντάται ξανά η ανάπτυξη του προβλήματος σε τρία (3) επίπεδα, όπως στο προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο. Η διαφοροποίηση έγκειται στην ποιότητα (*είδος*) των κριτηρίων (*αποκλεισμού/αξιολόγησης*) που λαμβάνουν μέρος στη δόμηση του *προβλήματος*, όπου αποτελεί μια από τις καινοτόμες διαστάσεις της μελέτης. Αν και όπως έχει ήδη αναφερθεί, η βιβλιογραφία εμφανίζεται ελλιπείς, όσον αφορά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο λήψης απόφασης χωροθέτησης υπεράκτιων αιολικών συστημάτων, οπότε δεν δύναται να υπάρξει κάποιο μέτρο σύγκρισης, ωστόσο υπάρχουν κάποιες γενικότερες κατευθύνσεις. Η προσέγγιση που ακολουθείται στην προτεινόμενη μεθοδολογία διερευνά και λαμβάνει υπόψη τις κατάλληλες παραμέτρους του *προβλήματος* της χωροθέτησης της συγκεκριμένης δραστηριότητας (*οικονομοτεχνικές, χωροταξικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές*), τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, και τις αξίες και τις προοπτικές ποικίλων συμμετεχόντων, όπου αυτό τελικά οδηγεί στη διαμόρφωση ενός άμεσου,

ευέλικτου και αξιόπιστου πλαισίου υποστήριξης του λήπτη απόφασης, όπου μεγιστοποιεί τη σημασία του κόστους και ελαχιστοποιεί τις πιθανές επιπτώσεις.

Επίσης, η προτεινόμενη δόμηση του *προβλήματος* και εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης συνδυαστικά με τους υφιστάμενους νομοθετικούς περιορισμούς υπό ένα ενιαίο πλαίσιο χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελεί εξίσου μια από τις ιδιαιτερότητες της διατριβής.

Επιπλέον, πολύ μεγάλη βαρύτητα δίνεται στην οικονομική αξιολόγηση των τελικών προτεινόμενων τοποθεσιών που συγκέντρωσαν τον υψηλότερο *Συνολικό Δείκτη Καταλληλότητας*. Η Καθαρά Παρούσα Αξία (*Net Present Value*), ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης του έργου (*Internal Rate of Return*), η Απλή περίοδος αποπληρωμής (*Payback period*) και το Ανηγμένο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (*Livellised Cost of Energy*), υπολογίζονται και διαφοροποιούνται σε κάθε τοποθεσία μέσω των χωρικά εξαρτώμενων α) αιολικού δυναμικού, και β) εγγύτητας από τα πλησιέστερα οδικά δίκτυα και τις λιμενικές εγκαταστάσεις, εξίσου ως συνάρτηση της απόστασης. Η σχετική σπουδαιότητα αυτών των μεμονωμένων κατηγοριών κόστους και εσόδων εξετάστηκαν εκτενώς στην ενότητα IV.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία σε συνδυασμό με την οικονομική ανάλυση, αξιολόγηση και κατάταξη των αναδυόμενων τοποθεσιών και κατά συνέπεια χωρική αποτύπωση και απεικόνιση της οικονομικής πληροφορίας, βάσει Καθαρής Παρούσας Αξίας σε ένα ενιαίο περιβάλλον χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελεί επίσης μια από τις καινοτόμες διαστάσεις της παρούσας διατριβής.

Η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί και το τελικό στάδιο του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης λήψης απόφασης για τη χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας με πλωτή δομή έδρασης. Η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιείται στην παρούσα μελέτη εξετάζει την επίδραση των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης στον συνολικό δείκτη καταλληλότητας, όπου ουσιαστικά αυτό εφαρμόζεται υπολογιστικά με διαδοχικές επανεκτελέσεις του προτεινόμενου μοντέλου. Για αυτό το σκοπό εξετάστηκαν δύο σενάρια:

- Το πρώτο σενάριο που ακολουθείται θεωρεί ότι και τα εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή.
- Το δεύτερο σενάριο θεωρεί ότι οι συντελεστές βαρύτητας των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας από τα οδικά δίκτυα και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις θεωρούνται μηδενικοί.

Παρόλο που το στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα σημαντικό και θα πρέπει να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε πρόβλημα πολυκριτηριακής φύσεως, σε αρκετές, ένα όχι πολλές, περιπτώσεις παραλείπεται, καθώς ένα μικρό ποσοστό μελετών την έχουν εφαρμόσει στο τελικό στάδιο του Δείκτη Καταλληλότητας.

Όπως διαπιστώνεται το πολυκριτηριακό μεθοδολογικό πλαίσιο χαρακτηρίζεται ευαίσθητο στις μεταβολές των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων αξιολόγησης. Ένα αποτέλεσμα ιδιαίτερα προβλέψιμο, καθώς όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα κριτήρια αξιολόγησης επιλέγονται σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά της περιοχής ενδιαφέροντος.

Η διαφοροποίηση του τελικού Χάρτη Καταλληλότητας, και κατά συνέπεια του Συνολικού Δείκτη Καταλληλότητας κάθε εναλλακτικής προκύπτει από την αλλαγή των συντελεστών στάθμισης, που σημαίνει ότι κάθε κριτήριο ασκεί ιδιαίτερη επιρροή στην αξιολόγηση της περιοχής μελέτης. Συνεπώς η επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης και η στάθμιση τους, αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο σε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο χωροθέτησης.

Θεωρείται αξιοσημείωτο ότι, αν και οι χάρτες που προκύπτουν από τα σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας δείχνουν σημαντικές τροποποιήσεις στους δείκτες (βαθμούς) καταλληλότητας, προκύπτει ότι ο αριθμός των βέλτιστων τοποθεσιών (*Δείκτης Καταλληλότητας/Suitability Index 7*) για χωροθέτηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας παραμένει χαμηλός και για τις δύο περιπτώσεις.

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα παραλλαγή παρατηρείται στο δεύτερο σενάριο όπου οι συντελεστές στάθμισης των οικονομικών κριτηρίων εγγύτητας θεωρούνται μηδενικής επιρροής. Η πλειοψηφία των πιθανών τοποθεσιών ανήκουν στον Δείκτη Καταλληλότητας 6, ενώ μόλις έξι (6) τοποθεσίες ανήκουν στον Δείκτη Καταλληλότητας 5. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην *κατάργηση* των κριτηρίων εγγύτητας από τα οδικά δίκτυα και από τις λιμενικές εγκαταστάσεις. Όταν λαμβάνονται υπόψη τα δύο αυτά κριτήρια οδηγούν στην χαμηλότερη βαθμονόμηση ορισμένων τοποθεσιών. Σε αντίθεση περίπτωση, όπου πλέον τα κριτήρια αυτά θεωρούνται μηδενικής βαρύτητας, έχουν σαν αποτέλεσμα να ευνοούνται περισσότερες τοποθεσίες, κάτι που δεν ισχύει όταν λαμβάνονται υπόψη.

Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τους φορείς ενεργειακού σχεδιασμού και δυνητικούς επενδυτές για τον προσδιορισμό των βέλτιστων τοποθεσιών για εγκατάσταση αιολικών διατάξεων στον παράκτιο και θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου.

Ωστόσο η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε άλλα είδη έργων χωροθέτησης, καθώς, λόγω του γενικού χαρακτήρα της δύναται να συμπεριλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος κριτηρίων αξιολόγησης και περιορισμών.

Φυσικά με την ολοκλήρωση της συγγραφής της διδακτορικής διατριβής, δεν μπορεί να υιοθετηθεί η άποψη ότι η έρευνα τελειώνει. Για το λόγο αυτό, στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται κάποια σχόλια που αφορούν τη μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε και κάποιες προτάσεις για την εξέλιξη της.

Επιπλέον χωροταξικά κριτήρια (π.χ. *αποστάσεις εγγύτητας από εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας, από θαλάσσιους αρχαιολογικούς χώρους*) θα μπορούσαν να εισαχθούν στο παρόν μοντέλο χωρίς κάποιο περιορισμό, και να διερευνηθούν αναλυτικά κατά τη φάση της στρατηγικής περιβαλλοντικής εκτίμησης.

Στην παρούσα μεθοδολογική προσέγγιση, τα δεδομένα των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας αντικαταστάθηκαν από τα δεδομένα των οδικών δικτύων, καθώς τα ανωτέρω δεν κατέστη δυνατό να εντοπιστούν για το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. Παράγραφος 5.3.1). Το οδικό δίκτυο θεωρήθηκε ίδιας επιρροής οικονομικό κριτήριο, καθώς διασφαλίζει την μεγαλύτερη πιθανότητα ύπαρξης ηλεκτρικών δικτύων και υποσταθμών, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει και μεγαλύτερη προσβασιμότητα και οικονομία κόστους σε περίπτωση που χρειάζεται να κατασκευαστούν. Σε κάθε περίπτωση, ο χωρικός καθορισμός των δεδομένων των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, διασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στη προσομοίωση συνθηκών και αποτελεσμάτων.

Επιπλέον θα μπορούσε να διερευνηθεί η εφαρμογή της Λογικής της Ασάφειας (*Fuzzy Logic*) με την ασαφοποίηση των κριτηρίων (*fuzzy membership*) και τη λειτουργία της επικάλυψης με τη λογική της ασάφειας (*fuzzy overlay*).

Τέλος, σε ένα γενικότερο πλαίσιο, στην Ανάλυση Ευαισθησίας θα μπορούσαν να διερευνηθούν επιπλέον, τα σενάρια μηδενισμού των κριτηρίων εγγύτητας από τους οικισμούς και τις προστατευόμενες περιοχές, προκειμένου να διερευνηθεί το πραγματικό αιολικό δυναμικό, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση της αιολικής ενέργειας. Το παρόν μεθοδολογικό πλαίσιο, για το λόγο του ότι χαρακτηρίζεται κυρίως ως τεχνοοικονομικό, θεωρήθηκε μεγαλύτερης βαρύτητας να εξεταστεί και το αντίστοιχο σενάριο.

Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί ότι το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης απόφασης αποτελεί ένα *εργαλείο* στη διάθεση των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία της χωροθέτησης υπεράκτιων αιολικών συστημάτων. Η επιστημονική κοινότητα δύναται μόνο να προτείνει συγκεκριμένους τρόπους χειρισμού, λήψης απόφασης, και δόμησης του *προβλήματος*. Όμως, η τελική απόφαση για την ανάπτυξη και εν τέλει εφαρμογή τους, έγκειται στις πολιτικές προτεραιότητες και επιδιώξεις, και κατ' επέκταση στην νομοθεσία κάθε χώρας.

Παράρτημα I

1. Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process-AHP)

Μέσω της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης, είναι δυνατό ο λήπτης απόφασης να συγκρίνει τα κριτήρια ανά ζεύγη τα οποία μετέχουν στο πρόβλημα και να αποτυπώνει την επιρροή που φέρουν με τη βοήθεια μιας κλίμακας εννέα (9) σημείων, όπως παρουσιάζεται ως ακολούθως:

<i>Εάν το κριτήριο A είναι ...σε σχέση με το B:</i>	<i>Τότε ο αντίστοιχος αριθμός προτίμησης είναι:</i>
Το ίδιο σημαντικό	1
Μετριοπαθώς πιο σημαντικό	3
Πολύ πιο σημαντικό	5
Πάρα πολύ πιο σημαντικό	7
Εξαιρετικά πιο σημαντικό	9

Πίνακας 1.1. Η Κλίμακα (9) εννέα σημείων της AHP

Πηγή: Saaty, 1980.

Οι αριθμοί 2,4,6,8, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης, εκφράζοντας ένα είδος συμβιβασμού μεταξύ των εκατέρωθεν κατηγοριών. Αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η κατασκευή ενός πίνακα $[m \times m]$ (m ο αριθμός των κριτηρίων αξιολόγησης) που έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad [1.1]$$

Όπου $a_{ij}=1/a_{ji}, \forall i, j$ με $i \neq j$

Τα στοιχεία της διαγωνίου του πίνακα είναι μονάδες, ενώ αυτά που είναι συμμετρικά ως προς τη διαγώνιο είναι αντίστροφα.

Οι βαθμοί βαρύτητας των κριτηρίων υπολογίζονται ως ο κανονικοποιημένος γεωμετρικός μέσος της κάθε σειράς του πίνακα:

$$\begin{bmatrix} \sqrt[m]{1 \cdot a_{12} \cdot a_{13} \cdot x \dots \dots \cdot a_{1m}} = M1 \\ \sqrt[m]{a_{21} \cdot 1 \cdot a_{23} \cdot x \dots \dots \cdot a_{2m}} = M2 \\ \vdots \\ \sqrt[m]{a_{m1} \cdot a_{m2} \cdot a_{m3} \cdot x \dots \dots \cdot 1} = Mm \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M1 / \Sigma M1 + M2 + \dots + Mm \\ M2 / \Sigma M1 + M2 + \dots + Mm \\ \vdots \\ Mm / \Sigma M1 + M2 \dots + Mm \end{bmatrix} \quad [1.2]$$

Εν συνεχεία, ο λήπτης απόφασης συγκρίνει τις εναλλακτικές δράσεις ανά δύο σύμφωνα με κάθε κριτήριο. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία m Πινάκων $[n \times n]$ (n ο αριθμός των εναλλακτικών δράσεων, με μορφή όπως του πίνακα [1.1]). Με παρόμοια διαδικασία όπως

προηγουμένως υπολογίζεται η σχετική σημασία των εναλλακτικών δράσεων για κάθε κριτήριο.

Τέλος, υπολογίζεται η απόδοση της κάθε εναλλακτικής δράσης πολλαπλασιάζοντας την απόδοση της σε κάθε κριτήριο με το βαθμό βαρύτητας του κριτηρίου και αθροίζοντας τα αποτελέσματα. Σε προβλήματα μεγιστοποίησης, η εναλλακτική δράση που επιδεικνύει την υψηλότερη απόδοση, είναι η προτιμητέα.

Συνέπεια

Μια από τις σημαντικότερες δυνατότητες που προσφέρονται μέσω της εφαρμογής της Διαδικασίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης είναι ο υπολογισμός του Δείκτη Συνέπειας (*Consistency Ratio*). Η δυνατότητα αυτή αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη για το λήπτη απόφασης καθώς μέσω αυτής βεβαιώνεται ότι οι κρίσεις που ελήφθησαν υπόψη στο πρόβλημα ήταν συνεπείς, και ότι η τελική απόφαση που λαμβάνεται είναι ορθή. Η συνολική διαδικασία εφαρμογής ελέγχου της Συνέπειας παρουσιάζεται ως ακολούθως:

Αρχικά υπολογίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (*Consistency Index-CI*), από τον ακόλουθο τύπο (Saaty, 1980):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad [1.3]$$

Όπου n είναι ο αριθμός των στοιχείων και λ_{max} είναι η μέγιστη ιδιοτιμή.

Λαμβάνεται ο Δείκτης Τυχαίας Συνέπειας (*Random Consistency Index-RI*) που θα είχε ένας τυχαίος πίνακας ιδίων διαστάσεων από τον ακόλουθο πίνακα (Triantaphyllou and Mann, 1995):

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RCI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Πίνακας 1.2. Τιμές Δείκτη Τυχαίας Συνέπειας

Τέλος υπολογίζεται ο Λόγος Συνέπειας (*Consistency Ratio-CR*) ως ο λόγος του δείκτη CI προς το δείκτη RI:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad [1.4]$$

Τιμές του δείκτη CR ίσες ή μικρότερες του 0.10 θεωρούνται αποδεκτές.

2. Μέθοδος Συνάθροισης

Οι μέθοδοι συνάθροισης χρησιμοποιούνται στο τελικό στάδιο ενός πολυκριτηριακού προβλήματος, προκειμένου να κατατάξουν τις εναλλακτικές επιλογές και συνεπώς να αποτυπώσουν την βέλτιστη λύση.

2.1 Διατεταγμένος Σταθμισμένος Μέσος όρος (Ordered Weighted Averaging-OWA)

Η μέθοδος του Διατεταγμένου Μέσου Όρου παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Yager (1988) ως ομάδα (*οικογένεια*) τελεστών συνάθροισης, προκειμένου να εφαρμοστεί σε προβλήματα πολυκριτηριακής φύσεως (Malczewski, 2006).

Ένας τελεστής OWA διάστασης n απεικονίζεται ως: $f \rightarrow R^n \rightarrow R$ και έχει σταθερό σταθμισμένο διάνυσμα $w=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ τέτοιων ώστε $w_i \in [0,1]$ για $i=1,2,\dots,n$ και

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Έστω a_i , με $i=1,\dots,n$ τότε η παραπάνω συνάρτηση f προσδιορίζεται ως εξής:

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i b_i = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n \quad [1.5]$$

Όπου:

b_i : να αποτελεί το μεγαλύτερο στοιχείο του συνόλου των δεδομένων (a_i),

n : το πλήθος των δεδομένων, και

w_i : το διατεταγμένο βάρος

Συνεπώς το βάρος w_i δεν σχετίζεται με μια τιμή a_i αλλά με i -στο μεγαλύτερο στοιχείο. Η συνάρτηση f αντιπροσωπεύει την συνδυασμένη άριστη εκτίμηση μιας εναλλακτικής απόφασης εφόσον τα δεδομένα έχουν αξιολογηθεί με σεβασμό στο πλήθος των κριτηρίων n . Οποιαδήποτε εναλλακτική με μεγαλύτερη τιμή από την συνάρτηση f μεταφράζεται ως η πλέον προτιμώμενη απόφαση. Επισημαίνεται ότι τα επιμέρους στοιχεία του διανύσματος εισαγωγής έχουν διαταχτεί πριν τον πολλαπλασιασμό τους με τα διατεταγμένα βάρη (Zarghami and Szidarovszky, 2008).

Η μέθοδος του Διατεταγμένου Μέσου Όρου ενσωματώνει δύο (2) είδη βαρών: τα σχετικά βάρη μεταβλητών (*variable weights*) και τα διατεταγμένα βάρη (*order weights*). Τα βάρη των μεταβλητών (U_i) εκφράζουν την σπουδαιότητα ανάμεσα στις μεταβλητές σε όλες τις θέσεις, ενώ τα διατεταγμένα βάρη (w_i) εκφράζουν τις τιμές των μεταβλητών σε κάθε θέση (Malczewski, 2006).

Οι τελεστές του Διατεταγμένου Μέσου Όρου είναι μια ολόκληρη ομάδα (*set-operator*) καθοριζόμενων από την επιλογή του σταθμισμένου διανύσματος W . Αυτό σημαίνει ότι επιλέγοντας διαφορετικά βάρη, είναι δυνατό να εφαρμόζουμε και διαφορετικούς τελεστές συνάθροισης (*aggregation*). Στην περίπτωση όπου το μεγαλύτερο μέρος των βαρών τοποθετείται κοντά στην κορυφή του διανύσματος W , τότε αποδίδεται μεγαλύτερη αξία στις υψηλές βαθμολογίες, ενώ στην αντίθετη περίπτωση, αποδίδεται μεγαλύτερη αξία στις χαμηλότερες βαθμολογίες της συνάθροισης. Ουσιαστικά, οι τελεστές αυτοί (*max*) & (*min*) της συνάθροισης αποτελούν την αποτύπωση των τελεστών OR και AND, με τον OR να αντιστοιχεί στον (*max*) και τον AND στον (*min*) (Yager, 1999), και οι οποίοι μπορούν να εκφραστούν με μαθηματικό τρόπο ως ακολούθως:

$$\text{MIN}_i [a_i] \leq F(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq \text{MAX}_i [a_i] \quad [1.6]$$

Στην περίπτωση που τοποθετούνται ίσα βάρη σε όλες τις μεταβλητές που συμμετέχουν στο πρόβλημα, τότε δημιουργείται η εξής σχέση:

$$U_1=U_2=\dots=U_n, \text{ ισχύει δηλαδή για κάθε μεταβλητή } U=1/n. \quad [1.7]$$

Μέσα από την ανωτέρω κατάσταση προκύπτει τελικά μια *συμβιβαστική σχέση* η οποία τοποθετείται στη μέση της κλίμακας από το \min στο \max . Η περίπτωση αυτή αναφέρεται και ως μέσος (*Average*).

Η μέθοδος του Διατεταγμένου Μέσου Όρου ως μια ομάδα τελεστών συνάθροισης, βρίσκουν σημαντικό πεδίο εφαρμογής στην πολυκριτηριακή ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων. Χαρακτηριστικός παράγοντας σε αυτό είναι η δυνατότητα συσχέτισης των τελεστών OWA με τους γλωσσικούς ποσοδείκτες ή ποσοτικοποιητές (*Linguistic quantifiers*), όπως *some, as most, many*. Κατά συνέπεια με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η χρήση των τελεστών OWA στη διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης, και συχνά αποδίδεται με την ορολογία ως *Quantifier Guided Aggregation*. Μέσω αυτής της διαδικασίας μπορούμε να αποκωδικοποιήσουμε τους κανόνες απόφασης που θέτουμε σε κάθε είδος πολυκριτηριακού προβλήματος σε όρους της φυσικής γλώσσας.

Συνεπώς, με τη χρήση των τελεστών OWA επιτυγχάνεται η μετατροπή των γλωσσικών ποσοδεικτών σε μαθηματική σχέση, μέσα από την οποία θεωρείται δυνατή η σύγκριση των εναλλακτικών επιλογών που λαμβάνουν μέρος σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα.

Ένας γλωσσικός ποσοδείκτης (*Linguistic quantifier*) Q , έχει τη μορφή ενός ασαφούς συνόλου $Q(r)$ πάνω στο σύνολο $I=[0,1]$, όπου I δηλώνει το μέρος (ποσοστό) των αντικειμένων και για κάθε r στο I , $Q(r)$ είναι ο βαθμός κατά τον οποίο το μέρος r των αντικειμένων ικανοποιεί την έννοια που δηλώνει ο quantifier Q . Ο βαθμός ικανοποίησης αποδίδεται ως μια τιμή που κυμαίνεται στο διάστημα $[0,1]$, όπου 0 σημαίνει ότι η έννοια του Q δεν ικανοποιεί καθόλου και 1 σημαίνει ότι ικανοποιείται πλήρως. Τιμές του $Q(r)$ μεταξύ 0 και 1 δηλώνουν ότι η έννοια του Q ικανοποιείται μερικώς (Βρεττός, 2007).

Η παράμετρος $ORness$, την οποία πρωτοπαρουσίασε ο Yager χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό των τελεστών OWA όπου βρίσκονται στην ακόλουθη μορφή:

$$ORness = \sum_{i=0}^n \frac{n-i}{n-1} w_i \quad [1.8]$$

Υπό το πλαίσιο αυτό το $ORness$ του τελεστή \max (or) θεωρείται 1, το $ORness$ του τελεστή \min (and) 0, ενώ του αριθμητικού μέσου ισούται με 0.5. Οι υπόλοιποι τελεστές ανάλογα με την εγγύτητα τους στον or ή στον and δύναται να παίρνουν τιμές μεταξύ του αριθμητικού διαστήματος 0 και 1. Επίσης δύναται να οριστεί ο συμπληρωματικός τύπος $ANDness$ βάσει του ακόλουθου τύπου:

$$ANDness(w) = 1 - ORness(w) \quad [1.9]$$

Προκειμένου να επιτευχθεί η διαφοροποίηση των βαρών με δεδομένο $ORness$, ο Yager εισήγαγε την έννοια του *dispersion*, όπου υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$Disp(w) = - \sum_{i=0}^n w_i \ln(w_i), \text{ όπου } 0 \leq Disp(w) \leq \ln(w) \quad [1.10]$$

Η παράμετρος αυτή παρέχει ένα βαθμό χρησιμοποίησης της πληροφορίας των βαρών. Έτσι όταν $ORness=0$ ή 1 η *dispersion* είναι μηδέν, ενώ όταν έχουμε ομοιόμορφη κατανομή η *dispersion* είναι μέγιστη.

Όπως αναφέρεται στον Malczewski (2006), η συνδυαστική χρήση της μεθόδου του Διατεταγμένου Μέσου Όρου και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών προσφέρει μια ευρεία γκάμα στρατηγικών απόφασης με τη θέση των τελεστών να μεταβάλλεται από το γλωσσικό ποσοδείκτη *all* στον ποσοδείκτη *at least*. Σύμφωνα με αυτόν, υφίστανται δύο (2) συνήθως τύποι, όσον αφορά τη θέση του τελεστή OWA που ακολουθείται κάθε φορά, το TRADEOFF και το $ORness$. Η παράμετρος TRADEOFF φανερώνει το βαθμό διασποράς των βαρών των μεταβλητών, και θα μπορούσε να ειπωθεί ότι έχει παρεμφερή

σημασία με αυτή του Dispersion. Όσο περισσότερο κατανεμημένα είναι τα διατεταγμένα βάρη τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος πληροφορίας που χρησιμοποιείται στη διαδικασία εξαγωγής των συνδυασμών των κριτηρίων.

Μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος προκειμένου να ληφθεί η οποιαδήποτε απόφαση θεωρείται η διάθεση του λήπτη απόφασης έναντι του κινδύνου. Όταν ο λήπτης της απόφασης διαθέτει χαμηλή προδιάθεση (*risk-averse*), τότε σταθμίζει αρνητικά αποτελέσματα και αντιστρόφως, ένας λήπτης που διαθέτει υψηλή προδιάθεση (*risk-taking*) είναι πιθανόν να σταθμίζει θετικά αποτελέσματα. Η παράμετρος ORness αναφέρεται και ως μια εκτίμηση του βαθμού αισιοδοξίας του λήπτη απόφασης (Malczewski, 2006).

Υπό το πλαίσιο αυτό, τα διατεταγμένα βάρη μπορεί να θεωρηθεί ότι ελέγχουν τον τρόπο με τον οποίο τα σταθμισμένα κριτήρια συναθροίζονται, ενώ συνδέονται με τις τιμές κριτηρίου, θέσης προς θέση, και προσδιορίζονται για τις τιμές τις ιδιότητας μιας θέσης κατά φθίνουσα σειρά χωρίς να εξετάζουν από ποια ιδιότητα προέρχεται η τιμή.

Αντιθέτως, τα βάρη σημασίας συνδέονται με τη σημασία κάθε επιμέρους κριτηρίου ως προς το σύνολο της απόφασης, ελέγχοντας τη θέση του τελεστή συνάθροισης σε μια συνέχεια μεταξύ των *and* (*risk-averse*) και *or* (*risk-taking*), καθώς επίσης και του βαθμού ανταλλαγής (*tradeoff*) (Valente and Vettorazzi, 2008).

Παράρτημα II

Πίνακας 2.1 Νησιά Αιγαίου Πελάγους

Περιφέρεια	Περιφερειακή Ενότητα	Νησί	Πρωτεύουσα	
Βόρειου Αιγαίου (Έδρα: Μυτιλήνη)	Λέσβου	Λέσβος	Μυτιλήνη	
	Ικαρίας	Ικαρία	Άγιος Κήρυκος	
		Φούρνοι	Φούρνοι	
	Λήμνου	Λήμνος	Μύρινα	
		Άγιος Ευστράτιος	Άγιος Ευστράτιος	
	Σάμου	Σάμος	Σάμος	
	Χίου	Χίος	Χίος	
		Ψαρά	Ψαρά	
		Οινούσσεσ	Οινούσσεσ	
	Νότιου Αιγαίου (Έδρα: Ερμούπολη)	Δωδεκάνησα	Ρόδου	Ρόδος
Μεγίστη				Μεγίστη
Σύμη				Σύμη
Τήλος				Μεγάλο Χωριό
Χάλκη				Χάλκη
Καλύμνου			Κάλυμνος	Κάλυμνος
			Αγαθονήσι	Μεγάλο Χωριό
			Αστυπάλαια	Αστυπάλαια
			Λειψοί	Λειψοί
			Λέρος	Αγία Μαρίνα
Καρπάθου		Κάρπαθος	Κάρπαθος	
		Κάσος	Φρύ	
Κω		Κως	Κως	
		Νίσυρος	Μανδράκι	
Νότιου Αιγαίου (Έδρα: Ερμούπολη)		Κυκλάδες	Άνδρου	Άνδρος
			Θήρας	Θήρα
	Ανάφη			Ανάφη
	Ίος			Ίος
	Σίκινος			Σίκινος
	Φολέγανδρος			Φολέγανδρος
	Κέας-Κύθνου		Κέα	Ιουλίδα
			Κύθνος	Κύθνος
	Μήλου		Μήλος	Πλάκα
			Κίμωλος	Κίμωλος
			Σέριφος	Σέριφος
			Σίφνος	Απολλωνία
	Μυκόνου		Μύκονος	Μύκονος
	Νάξου		Νάξος	Νάξος
			Αμοργός	Αμοργός
			Δονούσα	Δονούσα
			Ηρακλειά	Ηρακλειά
Κουφονήσια		Κουφονήσι		
Πάρου	Κέρος	Κέρος		
	Σχοινούσα	Σχοινούσα		
	Πάρος	Παροικιά		

		Αντίπαρος	Αντίπαρος
	Σύρου	Σύρος	Ερμούπολη
	Τήνου	Τήνος	Τήνος
Κρήτης (<i>Έδρα: Ηράκλειο</i>)	Ηρακλείου	Κρήτη	Ηράκλειο
	Λασιθίου		Άγιος Νικόλαος
	Ρεθύμνου		Ρέθυμνο
	Χανίων		Χανιά

Πηγή: Πρόγραμμα Καλλικράτης

Πίνακας 2.2 Κατοικημένα και Ακατοίκητα Νησιά, Βραχονησίδες της περιοχής μελέτης ανά Περιφέρεια

Νησιά Περιφέρειας ΒΑ					
<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>
1	Άγιο Νικολάκι	26	Ικαρία	51	Οινούσες
2	Άγιοι Απόστολοι	27	Καλόγερος	52	Παναγιά
3	Άγιος Βασίλειος	28	Κασονήσι	53	Παπαποντικάδικο
4	Άγιος Γεώργιος	29	Καστριά	54	Πατερόνησο
5	Άγιος Ευστράτιος	30	Κάτω Νησί	55	Πελαγόνησος
6	Άγιος Μηνάς	31	Κέρτης	56	Πετροκάραβο
7	Άγιος Νικόλαος	32	Κισηριά	57	Πλάκα
8	Άγιος Παντελεήμων	33	Κόμπιον	58	Πλακάκι
9	Άγιος Στέφανος	34	Κουκονήσιο	59	Ποντικονήσι
10	Αλατονήσι	35	Λέσβος	60	Πόχης
11	Αλογονήσιο	36	Λήμνος	61	Πρασονήσι
12	Ανθρωποφάς	37	Μακρονήσι	62	Πρασονήσια
13	Αντίψαρα	38	Μακρόνησο	63	Πρασονήσιο
14	Αρχοντόνησο	39	Μαλλιαρόπετρα	64	Ρούμπος
15	Άσπρη Πλακούδα	40	Μαργαρίτι	65	Σαμιοπούλα
16	Άσπρονήσια	41	Μαστρογιώργη	66	Σάμος
17	Βάτος	42	Μαύρη Πλακούδα	67	Σάντα Παναγιά
18	Βενέτικο	43	Μεγαλονήσιον	68	Σαρακηνόπετρα
19	Γάδρος	44	Μικρός Ανρωποφάς	69	Σεργίτσι
20	Γαιδουρόνησος	45	Μονάφτης	70	Στροβίλι
21	Γλαστριά	46	Μπαρμπαλιάς	71	Στρογγυλό
22	Δακαλιό	47	Νησάκι	72	Τσουκαλάς
23	Διαπόρτι	48	Νησί Παναγιάς	73	Φούρνοι
24	Θύμαινα	49	Νησί Πίττας	74	Χίος
25	Θυμινάκι	50	Οινούσσαι	75	Ψαρά

Νησιά Περιφέρειας ΝΑ					
<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>
1	Αβάπτιστος	44	Βελόνα	87	Καλόλιμνος
2	Αβολαδονήσιο	45	Βενέτικο	88	Κάλυμνος
3	Αγαθονήσι	46	Βιόκαστρο Μεγάλο	89	Κανδελιούσα
4	Αγία Θέκλα	47	Βιόκαστρο Μικρό	90	Κάραβος

5	Αγία Καλή	48	Βούλγαρη	91	Καρδιώτισσα
6	Αγία Κυριακή	49	Βους	92	Καροφύλλα
7	Αγία Παρασκευή	50	Γάιδaros	93	Κάρπαθος
8	Άγιος Ανδρέας	51	Γαιδουρονήσι	94	Κάσος
9	Άγιος Αντώνιος	52	Γαλιάτσος	95	Κατσαγρέλλι
10	Άγιος Αρτέμιος	53	Γιαλεσίνο	96	Κάτω Αντικέρι
11	Άγιος Γεώργιος	54	Γλαρόμπουτα	97	Κάτω Κουφονήσιον
12	Άγιος Ευστάθιος	55	Γλαρονήσια	98	Κάτω Πρασούα
13	Άγιος Θεόδωρος	56	Γλαρονήσιο	99	Κέα
14	Άγιος Ιωάννης	57	Γλάρος	100	Κέρος
15	Άγιος Σπυρίδων	58	Γλυνό	101	Κίμωλος
16	Αγρελούσσα	59	Γραμβούσα	102	Κίναρος
17	Αδελφοί	60	Γραμπονήσιο	103	Κισίρι
18	Ακαμάτης	61	Γυαλί	104	Κιτριανή
19	Ακράθιον	62	Γυάρος	105	Κλιδούρα
20	Αλιμιά	63	Δασκαλιό	106	Κολόφονας
21	Αμοργός	64	Δεσποτικό	107	Κόμαρος
22	Ανάνες	65	Δήλος	108	Κουλούνδρος
23	Ανάφη	66	Διαβάτες	109	Κουνέλι
24	Άνδρος	67	Διακόφτης	110	Κουνούπι
25	Αντίμηλος	68	Διβούνια	111	Κούρικα
26	Αντίπαρος	69	Διδύμη	112	Κουτσομούτι
27	Αντίτηλος	70	Διπλό	113	Κουφονήσι
28	Άνυδρο	71	Δονούσα	114	Κουφονήσιον
29	Άνυδρος	72	Δρακονήσιο	115	Κρεβάτια
30	Άνω Αντικέρι	73	Δρυονήσι	116	Κρομμύδι
31	Άγριλος	74	Δύσβατον	117	Κταπόδια
32	Αρκοί	75	Εβριόκαστρο	118	Κύθνος
33	Αρμάθια	76	Εσχάτη	119	Κως
34	Αρχάγγελος	77	Ζαφοράς	120	Λάζαρος
35	Ασκανιά	78	Ηρακλειά	121	Λέβιθα
36	Άσπρο	79	Θήρα	122	Λειψοί
37	Ασπρονήσι	80	Ίμια-Λιμνιά ένα	123	Λέρος
38	Αστακίδα	81	Ίμια-Λιμνιά δύο	124	Λιαδί
39	Αστυπάλαια	82	Ίος	125	Λίτρα
40	Ατσακιδόπουλο	83	Κάβουρας	126	Μαελονήσι
41	Αυγό	84	Καλαβρός	127	Μάκαρες
42	Άφωτη	85	Καλόβολος	128	Μακρά
43	Βαρβαρούσα	86	Καλόγερος	129	Μακρή
Νησιά Περιφέρειας ΝΑ (συνέχεια)					
<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>
130	Μακρονήσι	171	Πεταλίδι	212	Σύρος
131	Μακρόνησος	172	Πετροκάραβο	213	Σφοντήλι
132	Μακρύ	173	Πηγανούσσα	214	Σφύρα
133	Μάραθος	174	Πηλονήσιο	215	Σχινονήσιο

134	Μαρμαράς	175	Πιπέρι	216	Σχοινούσα
135	Μαρμαρονήσιο	176	Πλάκα	217	Σώκαστρο
136	Μαύρα	177	Πλάκα Λιαδιού	218	Τέλενδος
137	Μαύρο Ποινί	178	Πλακή	219	Τεταρτονήσι
138	Μαύρο Ποινί Μεγάλο	179	Πλακίδα	220	Τηγάνι
139	Μαυρονήσι	180	Πλάτη	221	Τήλος
140	Μαχαίρες	181	Πλατύ	222	Τήνος
141	Μεγάλη Πλάκα	182	Πολύαιγος	223	Τουρλίτης
142	Μεγάλο	183	Πολύφαδος Ένα	224	Τούρλος
143	Μεγάλο Λιβάδι	184	Ποντικονήσια	225	Τραγονήσι
144	Μεγάλος Αβελάς	185	Ποντικούσα	226	Τραγονήσιο
145	Μεγίστη	186	Ποριονήσι	227	Τραγούσα
146	Μεσονήσι	187	Πρασονήσι	228	Τρία Αδέλφια
147	Μήλος	188	Πρασούρα	229	Τρυπητή
148	Μικρονήσι	189	Πράσσο	230	Τσιμηντήρι
149	Μικρός Αβελάς	190	Ρευματονήσι	231	Τσούκα
150	Μοίρα	191	Ρήνεια	232	Τσουκάκι
151	Μύκονος	192	Ρόδος	233	Τσαλούφι
152	Νάξος	193	Ρω	234	Φαρμακονήσιον
153	Νάτα	194	Σαριά	235	Φελούκα
154	Νερά	195	Σαφονήδι	236	Φιλίδι
155	Νήπουρι	196	Σεριφοπούλα	237	Φοίνισσες
156	Νησί	197	Σέριφος	238	Φολέγανδρος
157	Νικούρια	198	Σεσκλίον	239	Φράγκος
158	Νίμος	199	Σίκινος	240	Φτενά
159	Νισιερός	200	Σίφνος	241	Φωκιονήσια
160	Νίσυρος	201	Σκλάβες	242	Χάλκη
161	Οφειδούσσα	202	Σκυλονήσιο	243	Χαμηλή
162	Οφιδούσσα	203	Σμυνερωνήσι	244	Χαρκιάς
163	Παναγία	204	Σπαλαθρονήσι	245	Χήνα
164	Παντερονήσι	205	Στεφάνια	246	Χιλιομόδι
165	Πάνω Πρασούα	206	Στρογγυλή	247	Χονδρό
166	Παξιμάδι	207	Στρογγύλη	248	Χονδρονήσι
167	Πάρος	208	Στρογγυλή (Δ.Κ. Δονούσης)	249	Χονδρός
168	Πατελίδι	209	Στρογγυλό	250	Χριστιανά
169	Πάτμος	210	Σύμη	251	Ψαθονήσι
170	Παχειά	211	Σύρνα	252	Ψαθονήσιο
Νησιά Περιφέρειας ΝΑ (συνέχεια)					
a/a	Νησί	a/a	Νησί		
253	Ψαλίδα	255	Ψωμί		
254	Ψέριμος	256	Ψωραδιά		

Νησιά Περιφέρειας Κρήτης

<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>	<i>a/a</i>	<i>Νησί</i>
1	Άγιοι Θεόδωροι	9	Δραγονάδα	17	Παξιμάδα
2	Άγιοι Πάντες	10	Ήμερη Γραμβούσα	18	Παξιμάδια Ένα
3	Άγρια Γραμβούσα	11	Καλυδών	19	Παξιμάδια Δύο
4	Αυγό	12	Κουφονήσιον	20	Σούδα
5	Βρυονήσι	13	Κρήτη	21	Τράφος
6	Γαυδοπούλα	14	Μακρονήσι	22	Χρυσή
7	Γιανυσάδα	15	Μικρονήσι		
8	Δία	16	Μικρονήσιον		

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ (Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011 για το Μόνιμο Πληθυσμό της Χώρας).

Πίνακας 2.3 Τοποθεσίες εντός του Εθνικού Δικτύου NATURA 2000 για την περιοχή μελέτης

<i>Κωδικός Περιοχής</i>	<i>Ονομασία Περιοχής</i>	<i>EZA</i>	<i>ZEΠ</i>	<i>Έκταση (ha)</i>
<i>Δωδεκάνησα</i>				
GR4210001	Κάσος & Κασονήσια-Ευρύτερη θαλάσσια περιοχή	X		13.453,70
GR4210002	Κεντρική Κάρπαθος: Καλή Λίμνη-Λάστος-Κυρά Παναγιά-Παράκτια θαλάσσια ζώνη	X		9.321,90
GR4210003	Β. Κάρπαθος & Σαρία-Παράκτια θαλάσσια ζώνη	X	X	11.297,98
GR4210004	Καστελόριζο-Νησίδες Ρώ & Στρογγυλή- Παράκτια θαλάσσια ζώνη	X		1.769,64
GR4210005	Ρόδος: Ακραμύτης-Αρμενιστής-Αττάβυρος-Ρέματα & Θαλάσσια ζώνη	X		27.696,22
GR4210006	Πρ. Ηλείας-Επτά πηγές-Πεταλούδες-Ρέματα	X		11.414,26
GR4210007	Νύσιρος & Στρογγυλή & Παράκτια θαλάσσια ζώνη	X		4.045,82
GR4210008	Κώς: Ακρ. Λούρος-Λίμνη Ψαλίδι-Όρος Δίκαιος-Αλυκή-Παράκτια ζώνη	X		10.138,28
GR4210009	Αστυπάλαια: Αν. τμήμα-Γυρωνησίδες & Οφιδούσα & Θαλάσσια ζώνη	X		7.027,22
GR4210010	Αρκοί-Λειψοί-Αγαθονήσι-Βραχονησίδες	X		12.407,54
GR4210011	Βραχονησιά Ν. Αιγαίου: Βελοπούλα-Φαλκονέρα-Ανάες-Χριστιάνα-Παχειά-Φτενό-Μακρά-Αστακιδονήσια-Σύρνα-Γύρω νησιά & Θαλάσσια ζώνη	X		4.568,43
GR4210014	Νησίδες Πάτμου: Πετροκάραβο-Ανυδρος		X	61,97
GR4210015	Νήσος Αγαθονησίου & Νησίδες: Πίτα-Κατσαγάνι-Νερονήσι-Στρογγυλή		X	1.419,20
GR4210016	Νήσος Λειψοί & Νησίδες: Φράγκος-Μακρονήσι-Πιλάφι-Κάππαρι-Καλαπόδια-Μεγ. Ασπρονήσι-Μακρύ Ασπρονήσι-Κουλούρα-Ν. Άσπρα-Σαρακίνα-Πιάτο-Ψωμός-Σταυρί-Λίρα-Αρεθούσα-Μανώλι		X	870,27
GR4210017	ΒΔ Τμήμα Αρκιών & Νησίδες: Αγρελούσα-Στρογγυλή-Σπαλάθι-Σμίμερο-Τσούκα-Τσουκάκι-Ψαθονήσι-Καλόβολος-Μακρονήσι-Αβάπτιστος-Κόμαρος		X	458,48
GR4210018	Νησίδες Λέρου: Πιγανούσα-Μεγ. Γλαρονήσι-Μικρό Γλαρονήσι-Λερικό		X	62,11
GR4210019	Νησίδες Καλύμνου: Επάνω-Νερά-Σάρι-Τέλενδος		X	528,26

GR4210020	Νήσος Κίναρος & Λέβιθα, Νησίδες Λιάδα-Πλάκα-Γλάρος-Μαβρία		X	1.456,97
GR4210021	Αν. τμήμα Αστυπάλαιας & Νησίδες Κουνούποι-Φτένο-Χονδρόπουλο-Κουτσομύτης-Αγ. Κυριακή-Τηγάνι-Χονδρή-Λιγνό-Φωκιονήσια-Κατσαγρέλι-Ποντικούσσα-Οφιδούσα-Κτένια		X	1.459,07
GR4210022	Σύρνα & Νησίδες Μεγ. Αδελφός-Μικρ. Αδελφός-Κάτσικας-Μεσονήσι-Πλακίδα-Στεφανία-Ναυάγιο		X	941,84
GR4210023	Νησίδες Καρπάθιου Πελάγους: Μεγ. Σοφράνο-Σόχας-Μικρ. Σοφράνο-Αυγό-Διβούνια-Χαμηλή-Αστακιδονήσια		X	351,32
GR4210024	Νήσος Τήλος & Νησίδες: Αντίτηλος-Πελεκούσα-Γαιδουρονήσι-Γιακουμής-Αγ. Ανδρέας-Πρασούδα-Νησί		X	6.334,71
GR4210025	Αν. Σύμη & Νησίδες Κούλουνδρος-Σέσκλι-Τρουμπέτο-Μαρμαράς-Μεγαλονήσι-Γιαλέσινο-Οξειά-Χονδρός-Πλατύ-Νίμος		X	2.303,10
GR4210026	Χάλκη & Νησίδες: Κολοφώνα-Πάνω Πρασούδα-Τραγούσα-Στρογγυλή-Αγ. Θεόδωρος-Αλίμια-Κρεβάτι-Νησάκι		X	3.622,88
GR4210027	Κως: Λίμνη Ψαλίδι-Αλυκή		X	435,59
GR4210028	Κάσος & Σύμπλεγμα Κασονησίων		X	5.971,16
GR4210029	Αν. Ρόδος: Πρ. Ηλείας-Επτά Πηγές-Εκβολή Λουτάνη-Κάτεργο-Ρέμα Γάδουρα/Χερσόνησος Λίνδου-Νησίδες Πεντάνησα & Τετράπολις-Λόφος-Ψαλίδι		X	13.441,91
GR4210030	Δυτ. Ρόδος: Όρη Αττάβυρος & Ακραμύτης-Τεχνητή Λίμνη Απολακκιάς & Νησίδες Γεωργίου-Στρογγυλή-Χτένιες & Καράβολας		X	13.103,17
GR4210031	Νότιο άκρο Ρόδου-Πρασονήσι-Υγρότοπος-Λιβάδι Καταβιάς		X	2.923,39
GR4210032	Νήσος Νίσυρος & Νησίδες		X	4.730,82
Κυκλάδες				
GR4220001	Άνδρος: Όρμος Βιτάλι & Κεντρικός Ορεινός Όγκος	X		7.315,31
GR4220002	Ανάφη: Χερσόνησος Κάλαμος-Ρούκουνας	X		1.144,38
GR4220003	Σαντορίνη: Νέα & Παλιά Καμμένη-Πρ. Ηλείας	X		1.264,25
GR4220004	Φολέγανδρος Ανατολική μέχρι Δυτική Σίκινο & Θαλάσσια Ζώνη	X	X	7.011,23
GR4220005	Παράκτια ζώνη Δυτικής Μήλου	X		5.328,25
GR4220006	Νήσος Πολύαιγος-Κίμωλος	X		13.897,73
GR4220007	Νήσος Αντίμηλος-Θαλάσσια Παράκτια Ζώνη	X		1.260,76
GR4220008	Σίφνος: Πρ. Ηλείας μέχρι Δυτικές Ακτές & Θαλάσσια Περιοχή	X		2.067,35
GR4220009	Νότια Σέριφος	X		4.530,84
GR4220010	ΒΔ Κύθνος: Όρος Αθήρας & Ακρ. Κέφαλος & Παράκτια Ζώνη	X		2.855,19
GR4220011	Αν. Κέα	X		7.155,10
GR4220012	Β. Αμοργός & Κύναρος-Λέβιθα-Μαυρία-Γλάρος & Θαλάσσια Ζώνη	X		6.062,45
GR4220013	Μικρές Κυκλάδες: Ηρακλεία-Σχοινούσα-Κουφονήσια-Κέρος-Αντίκερι & Θαλάσσια Ζώνη	X		12.580,72

GR4220014	Κεντρική & Νότια Νάξος: Ζεύς & Βίγλα έως Μαυροβούνι & Θαλάσσια Ζώνη	X		8.721,71
GR4220016	Πάρος: Πεταλούδες	X		97,69
GR4220017	Νήσοι Δεσποτικό & Στρογγυλό & Θαλάσσια Ζώνη	X		1.858,34
GR4220018	Σύρος: Όρος Συρρίγγας έως Παραλία	X		783,52
GR4220019	Τήνος: Μυρσίνη-Ακρ. Λιβάδα	X		1.949,10
GR4220020	Μήλος: Πρ. Ηλείας-Ευρύτερη Περιοχή	X		5.271,34
GR4220021	Νήσος Ηρακλειά, Νήσοι Μακαρες-Μικρός & Μεγάλος Αβέλας-Νησίδα Βενέτικο Ηρακλειάς		X	1.986,44
GR4220022	Νήσοι Χριστιάνα		X	148,79
GR4220023	Ανάφη: Ανατολικό & Βόρειο τμήμα & γύρω νησίδες		X	584,62
GR4220024	Αμοργός: ΒΑ τμήμα & Νησίδες: Ψαλίδα-Γραμβούσα-Νικουρία-Μικρό & Μεγάλο Βιόκαστρο-Κραμβονήσι-Πεταλίδι		X	3.038,35
GR4220025	Νησίδες Πάρου & Ν. Αντίπαρος		X	2.414,31
GR4220026	Νάξος: Όρη Αναθεματήστρα-Κόρωνος-Μαυροβούνι-Ζεύς-Βιγλατούρι		X	11.948,81
GR4220027	Νησίδες Μυκόνου (Ρήνεια-Κταπόδια-Τραγονήσι)		X	1.598,41
GR4220028	Άνδρος: Κεντρικό & Β. Τμήμα-Γύρω Νησίδες & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη		X	22.036,80
GR4220029	Σέριφος: Παράκτια Ζώνη & Νησίδες Σεριοπούλα-Πιπέρι & Βούζ		X	5.330,89
GR4220030	Δυτ. Μήλος-Αντίμηλος-Πολύαιγος & Νησίδες		X	9.253,52
GR4220031	ΒΑ Τήνος & Νησίδες		X	5.055,95
GR4220032	Β. Σύρος & Νησίδες		X	2.906,00
GR4220033	Νήσος Γιάρος & Θαλάσσια Ζώνη	X		26.114,31
B. Αιγαίο				
GR4110003	Δ. Λέσβος-Απολιθωμένο Δάσος	X		20.817,04
GR4110004	Κόλπος Καλλονής & Χερσαία Παράκτια Ζώνη	X		18.311,04
GR4110005	Κόλπος Γέρας-Έλος Ντίτι & Όρος Όλυμπος	X		11.200,41
GR4110007	Παράκτιοι Υγρότοποι Κόλπου Καλλονής		X	3.513,05
GR4110009	Νησίδες Λέσβου (Σύμπλεγμα Τομαρονήσιων-Κύδωνας-Αγ. Γεώργιος-Γλαρονήσι-κτλ)		X	103,15
GR4110010	ΝΔ Χερσόνησος-Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου		X	28.819,44
GR4110011	Όρος Όλυμπος Λέσβου		X	14.787,89
GR4110012	Βόρεια Λέσβος		X	9.347,95
GR4110013	Κόλπος Γέρας-Έλη Ντίτι & Χαραμίδα		X	5.104,87
GR4110001	Χορταρολίμνη-Λίμνη Αλυκή & Θαλάσσια Περιοχή	X		18.231,66
GR4110006	Λίμνες Χορταρολίμνη & Αλυκή-Κόλπος Μούδρου-Έλος Διαπόρι & Χερσόνησος Φακός		X	16.292,81
GR4110008	Νησίδες & Βραχονησίδες Λήμνου: Νήσος Σεργίτσι & Νησίδες Διαβάτες-Κόμπιο-Καστριά-Τηγάνι-Καρκαλάς-Πρασονήσι		X	125,25
GR4110002	Άγιος Ευστράτιος & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη	X		6.283,75
GR4110014	Νήσος Άγιος Ευστράτιος & Θαλάσσια Ζώνη		X	11.299,12
GR4130001	Β. Χίος & Νήσοι Οινούσες & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη	X		34.409,93
GR4130005	Βραχονησίδες Καλόγεροι & Θαλάσσια Ζώνη	X		1.739,1
GR4130002	Νησιά Αντίπαρα & Νησίδες Δασκαλιό-Μαστρογώργη-Πρασονήσι-Κάτω Νησί-Μεσιακό-Κουτσούλια		X	469,76

GR4130003	Β. Χίος		X	32.568,76
GR4130004	Νησίδα Βενέτικο		X	2,88
GR4120001	Παραλία Αλυκή	X		301,34
GR4120002	Όρος Άμπελος (Καρβούνης)	X		4.850,12
GR4120003	Όρος Κερκετεύς-Μικρό & Μεγάλο Σειτάνι-Δάσος Καστανιάς & Λέκκας-Ακρ. Κατάβασης-Λιμένας	X		6.683,42
GR4120007	Αλυκή Ψιλής Άμμου		X	42,88
GR4120008	Όρος Κέρκης		X	9.136,84
GR4120004	Ικαρία-Φούρνοι & Παράκτια Ζώνη	X		12.909
GR4120005	Νήσος Ικαρία (ΝΔ Τμήμα)		X	7.404,62
GR4120006	Νήσος Φούρνοι & Νησίδες Θύμαινα-Αλατσονήσι-Θυμινάκι-Πλάκα-Μακρονήσι-Μικρός & Μεγάλος Ανθρωποφάγος-Άγιος Μηνάς		X	4.587,16
Κρήτη				
GR4310002	Γιούχτας-Φαράγγι Αγ. Ειρήνης	X		716,05
GR4310003	Νήσος Δία	X	X	1337,16
GR4310004	Δ.Αστερούσια	X		2992,24
GR4310005	Αστερούσια (Κοφινάς)	X		16174,27
GR4310006	Δίκτη: Ομαλός Βιαννού (Σύμη-Ομαλός)	X		3939,70
GR4310007	Δυτικά Αστερούσια		X	3403,00
GR4310008	Ανατολικά Αστερούσια		X	25074,00
GR4310009	Κρούσωνας-Βρωμόνερο Ίδης		X	7876,00
GR4310010	Όρος Γίουχτας		X	420,00
GR4310011	Κορυφή Κουπά (Δυτική Κρήτη)		X	1992,00
GR4310012	Εκβολή Γεροπόταμου Μεσσαράς		X	687,00
GR4320002	Δίκτη: Οροπέδιο Λασιθίου-Καθαρό-Σελένα-Κράσι-Σελεκάνος-Χαλασμένη Κορυφή	X		34007,17
GR4320003	Νήσος Χρυσή	X		630,65
GR4320004	Μονή Καπά (Φαράγγι Καπά & Γύρω Περιοχή)	X		986,23
GR4320005	Όρος Θρύπτης & Γύρω Περιοχή	X		8587,66
GR4320006	ΒΑ Άκρο Κρήτης & Θαλάσσια Ζώνη	X		13066,57
GR4320008	Νήσος Κουφονήσι & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη	X		804,68
GR4320009	ΒΑ Άκρο Κρήτης		X	3746,00
GR4320010	Λάζαρος Κορυφή-Μαδάρα Δίκτης		X	13266,00
GR4320011	Διονυσάδες Νήσοι		X	506,00
GR4320013	Φαράγγι Σεληνάρι-Βραχάσι		X	2313,00
GR4320014	ΝΔ Θρύπη (Κουφωτό)		X	1613,00
GR4320015	Νησίδες Καβαλλοί		X	4,63
GR4320016	Όροι Ζάκρου		X	3883,00
GR4330002	Όρος Κέδρος	X		4700,24
GR4330003	Κουρταλιώτικο Φαράγγι-Μονή Πρεβέλη-Ευρύτερη Περιοχή	X		3642,09
GR4330004	Πρασιανό Φαράγγι-Πατσός-Σφακορνακό Ρέμα-Παραλία Ρεθύμνου & Εκβολή Γεροπόταμου-Ακρ. Λιανός Κάβος-Περιβόλια	X		13121,48
GR4330005	Όρος Ίδη	X		39913,08
GR4330006	Ζορός-Αγάθη-Κέδρος		X	8270,00
GR4330007	Κουρταλιώτικο Φαράγγι-Φαράγγι Πρέβελι		X	7598,00
GR4330008	Πρασιανό Φαράγγι		X	1102,00

GR4330009	Όρος Ψηλορείτης (ΝΔ Τμήμα)		X	10538,00
GR4340001	Ήμερη & Άγρια Γραμβούσα-Τιγάνι-Φαλάσαρνα-Ποντικονήσι-Όρμος Λιβάδι-Βίγλια	X		5781,30
GR4340002	Νήσος Ελαφώνησος-Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη	X		271,79
GR4340003	Χερσόνησος Ροδοπού-Παραλία Μάλεμε	X		8753,27
GR4340004	Έλος-Τοπολιά-Σάσαλος-Άγιος Δίκαιος	X		7351,92
GR4340005	Όρμος Σούγιας-Βαρδιά-Φαράγγι Λισσού μέχρι Άνυδρους & Παράκτια Ζώνη	X		3039,84
GR4340006	Λίμνη Αγιάς-Πλατανιάς-Ρέμα & Εκβολή Κερίτη-Κοιλάδα Φασάς	X		1211,58
GR4340007	Φαράγγι Θερίσσου	X		497,73
GR4340008	Λευκά όρη & Παράκτια Ζώνη	X		53363,68
GR4340010	Δράπανο (ΒΑ Ακτές)-Παραλία Γεωργιούπολις-Λίμνη Κουρνά	X		4430,51
GR4340011	Φρέ-Τζιτζιφές-Νίπος	X		1217,60
GR4340013	Ασφένδου-Καλλικράτης & Παράκτια Ζώνη	X		14022,51
GR4340013	Νήσος Γαύδος & Γαυδοπούλα	X		6290,59
GR4340014	Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς-Φαράγγι Τρυπιτής-Ψιλάφι-Κουστογέρακο		X	13949,00
GR4340015	Παραλία από Χρυσοσκαλίτισσα μέχρι Ακρ. Κριός	X		2202,49
GR4340016	Μετερίζια Άγ. Δίκαιος-Τσουναρά-Βιτσιλία Λευκών Ορέων		X	6874,00
GR4340017	Χερσόνησος Γραμβούσας & Νησίδες Ήμερη & Άγρια Γραμβούσα-Ποντικονήσι		X	2806,00
GR4340018	Νησίδα Άγιοι Θεόδωροι		X	81,00
GR4340019	Φαράγγι Καλλικράτης-Αργουλιανό Φαράγγι-Οροπέδιο Μανίκα		X	4209,00
GR4340019				
GR4340020	Λίμνη Αγιάς (Χανιά)		X	67,00
GR4340021	Χερσόνησος Ροδοπού		X	2920,00
GR4340022	Λίμνη Κουρνά & Εκβολή Αλμυρού		X	200,00
GR4340023	ΝΔ Γαύδος & Γαυδοπούλα		X	1564,00

Πηγή: ΥΠΕΚΑ, Κατάλογος περιοχών NATURA 2000.

Πίνακας 2.4 Λιμένες περιοχής μελέτης

Περιφέρεια	Νησί	Θέση	Κατάταξη
Βόρειου Αιγαίου	Άγιος Ευστράτιος	Άγιος Ευστράτιος	4
	Λέσβος	Μυτιλήνη	1
	Λέσβος	Σιγρί	4
	Λέσβος	Καλλονή	4
	Λέσβος	Πλωμάρι	4
	Λέσβος	Πέτρας	4
	Λήμνος	Μούδρος	4
	Λήμνος	Μύρινα	3
	Σάμος	Βαθύ	2
	Σάμος	Καρλόβασι	4
	Σάμος	Πυθαγόρειο	4
	Ικαρία	Άγιος Κήρυκος	3

	Ικαρία	Εύδηλος	4
	Χίος	Μεστά	4
	Χίος	Χίος	2
	Οινούσες	Οινούσες	4
	Φούρνοι	Φούρνοι	4
	Ψαρά	Ψαρά	4
<i>Νοτίου Αιγαίου (Δωδεκάνησα)</i>	Ρόδος	Ρόδος	1
	Μεγίστη	Καστελόριζο	4
	Σύμη	Σύμη	4
	Τήλος	Τήλος	4
	Χάλκη	Χάλκη	4
	Κάλυμνος	Πόθια	4
	Αγαθονήσι	Αγαθονήσι	4
	Αστυπάλαια	Αστυπάλαια	4
	Λειψοί	Λειψοί	4
	Λέρος	Λακκί	4
	Πάτμος	Σκάλα	3
	Κάρπαθος	Κάρπαθος	4
	Κάσος	Κάσος	4
	Κως	Κως	2
	Νίσυρος	Νίσυρος	4
	<i>Νότιου Αιγαίου (Κυκλάδες)</i>	Μύκονος	Τούρλος
Θήρας		Αθηνιός	2
Αναφη		Αναφη	4
Πάρος		Παροικιά	2
Πάρος		Νάουσα	4
Σύρος		Σύρος	2
Νάξος		Νάξος	3
Δονούσα		Δονούσα	4
Ηρακλειά		Ηρακλειά	4
Κουφονήσι		Κουφονήσι	4
Τήνος		Τήνος	3
Κέας		Κέα	4
Κύθνος		Κύθνος	4
Αμοργός		Κατάπολα	4
Αμοργός		Αιγιάλη	4
Μήλος		Μήλος	4
Φολέγανδρος		Φολέγανδρος	4
Σέριφος		Σέριφος	4
Ίος		Ίος	4
Κίμωλος		Κίμωλος	4
Αντίπαρος		Αντίπαρος	4
Άνδρος		Γαύριο	4
Σίφνος		Σίφνος	4
Σίκινος	Σίκινος	4	
<i>Κρήτης</i>	Κρήτη	Ηράκλειο	1
		Άγιος Νικόλαος	3
		Σητεία	3

		Ιεράπετρα	4
		Ρέθυμνο	2
		Χανιά	1

Κατάταξη

Λιμένας Διεθνούς Ενδιαφέροντος	1
Λιμένας Εθνικής Σημασίας	2
Λιμένας Μείζονος Ενδιαφέροντος	3
Λιμένας Τοπικής Σημασίας	4

Πηγή: ΦΕΚ 202/Β.16.02.2007 και ΕΛΣΤΑΤ, Επιβατική και Εμπορευματική Κίνηση στη Ναυτιλία.

Πίνακας 2.5 Δίκτυο Ακτοπλοϊκών Συγκοινωνιών

Γραμμές Ελεύθερης Δρομολόγησης Περιφέρειας ΒΑ

	Λιμένας Απόπλου	Άγιος Ευστράτιος	Ικαρία	Λέσβος	Λήμνος	Σάμος	Φούρνοι	Χίος	Ψαρά	Λιμένας Κατάπλου
1.	Πειραιάς		X			X				Χίος
2.	Πειραιάς			X				X		Χίος
3.	Πειραιάς		X			X	X			Βαθύ (Σάμος)
4.	Ψαρά							X		Βολισσός ή Μεστά (Χίος)
5.								X		Χίος
6.	Λαύριο	X			X					Καβάλα

Επιδοτούμενες Γραμμές Δημόσιας Υπηρεσίας Περιφέρειας ΒΑ

	Αγ. Κήρυκος Ικαρίας	Άγιος Ευστράτιος	Θύμαινα	Ικαρία	Λέσβος	Λήμνος	Οινούσσει	Σάμος	Φούρνοι	Χίος	Ψαρά	Καβάλα
1.	Αγ. Κήρυκος Ικαρίας			X	X	X		X		X		Καβάλα
2.	Πειραιάς			X				X	X			Βαθύ (Σάμος)
3.	Λαύριο									X	X	Μεστά (Χίος)
4.	Αγ. Ευστράτιος	X				X						Μύρινα (Λήμνος)
5.	Θύμαινα		X						X			Φούρνοι
6.	Καρκινάγρι Ικαρίας			X								Αγ. Κήρυκος (Ικαρία)
7.	Φούρνοι		X	X				X				Βαθύ (Σάμος)
8.	Οινούσσει						X		X	X		Χίος
9.	Θεσσαλονίκη				X	X		X				Σάμος

10.	Κάλυμνος								X				Πυθαγόρειο (Σάμος)
-----	----------	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	-----------------------

Γραμμές Ελεύθερης Δρομολόγησης Περιφέρειας ΝΑ (Δωδεκάνησα)

	Λιμένας Απόπλου	Κάλυμνος	Κως	Λέρος	Πάτμος	Ρόδος	Λιμένας Κατάπλου
1.	Πειραιάς	X	X			X	Ρόδος
2.	Πειραιάς		X			X	Ρόδος
3.	Πειραιάς		X	X	X	X	Ρόδος

Επιδοτούμενες Γραμμές Δημόσιας Υπηρεσίας

	Λιμένας Απόπλου	Αγαθονήσι	Αρκοί	Αστυπάλαια	Κάλυμνος	Κάρπαθος	Κάσος	Κίναρος	Κως	Λέβιθα	Λειψοί	Λέρος	Μαράθι	Μεγίστη	Νίσυρος	Πάτμος	Ρόδος	Σύμη	Τήλος	Φαρμακονήσι	Χάλκη	Λιμένας Κατάπλου	
1.	Διαφάνι (Κάρπαθος)					X																	Πηγάδια (Κάρπαθος)
2.	Κάλυμνος			X	X																		Αστυπάλαια
3.	Κάλυμνος				X																		Ψέριμος
4.	Κάσος					X	X																Πηγάδια (Κάρπαθος)
5.	Λέβιθα									X						X							Πάτμος
6.	Λειψοί	X	X								X	X									X		Φαρμακονήσι
7.	Νίσυρος							X							X								Κως (Καρδάμαινα)
8.	Νίσυρος							X							X								Κως
9.	Λέρος				X							X											Μορτιές (Κάλυμνος)
10	Πάτμος		X								X		X			X							Λειψοί
11	Πάτμος									X	X					X							Λέρος
12	Ρόδος													X			X						Καστελόριζο
13	Ρόδος	X			X			X	X	X	X				X	X							Πάτμος ή Αγαθονήσι
14	Ρόδος							X							X	X		X		X			Κως

15	Τήλος															X	X			<i>Ρόδος</i>
16	Χάλκη															X			X	<i>Σκάλα Καμείρου (Ρόδος)</i>
17	Κάλυμνος	X	X		X					X	X					X				<i>Πυθαγόρειο (Σάμος)</i>
18	Πειραιάς			X	X			X						X	X	X				<i>Ρόδος</i>
19	Πειραιάς						X	X						X	X	X				<i>Ρόδος</i>
20	Πειραιάς			X																<i>Αστυπάλαια</i>
21	Πειραιάς				X			X	X	X				X	X	X				<i>Ρόδος</i>
22	Ηράκλειο					X									X				X	<i>Ρόδος</i>
23	Αργιάλη							X												<i>Κίναρος</i>
24	Θήρα					X	X								X				X	<i>Ρόδος</i>
25	Νάξος			X																<i>Αστυπάλαια</i>

Γραμμές Ελεύθερης Δρομολόγησης Περιφέρειας ΝΑ (Κυκλάδες)

	Λιμάνι Απόπλου	Αμοργός	Ανάφη	Άνδρος	Αντίπαρος	Δήλος	Δονούσα	Ηρακλεία	Θήρα	Θηρασιά	Τος	Κέα	Κίμωλος	Κουφονήσι	Κύθνος	Μήλος	Μύκονος	Νάξος	Πάρος	Σέριφος	Σίκινος	Σίφνος	Σύρος	Σχοινούσα	Τήνος	Φολέγανδρος	Λιμάνι Κατάπλου	
1	Λαύριο											X																Κέα
2	Λαύριο											X			X													Κύθνος
3	Λαύριο												X	X	X				X	X								Μήλος
4	Πειραιάς							X	X																			Θήρα
5	Πειραιάς												X	X	X				X									Μήλος
6	Πειραιάς																X	X										Νάξος
7	Πειραιάς							X									X	X										Θήρα
8	Πειραιάς							X	X								X	X										Θήρα
9	Πειραιάς															X							X	X				Μύκονος
10	Πειραιάς																						X					Ρόδος
11	Ραφήνα		X																									Άνδρος
12	Ραφήνα															X								X				Μύκονος
13	Ραφήνα									X						X	X											Τος
14	Ηράκλειο							X																				Θήρα
15	Ηράκλειο							X	X								X	X										Μύκονος
16	Ηράκλειο							X									X	X										Μύκονος
17	Πειραιάς																X											Βαθύ (Σάμος)

Πίνακας 2.6 Υφιστάμενες Υποβρύχιες Καλωδιακές Διασυνδέσεις Ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΝΑ και ΒΑ

Θερμικός Σταθμός	Έτος Πόντισης	Διασυνδεδεμένα Νησιά	Πλήθος & Τύπος Υποβρυχίων Καλωδίων Διασύνδεσης	Μήκος Καλωδίου (Km)	Πλήθος Ευθέων Συνδέσεων
Υφιστάμενες Υποβρύχιες Καλωδιακές Διασυνδέσεις Καλωδίων Ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΒΑ					
ΑΣΠ Σάμου	1984	Σάμος-Φούρνοι	2X (3X35 Al)	8.5	6
	1980	Φούρνοι-Θύμαινα	2X (3X35 Al)	2.3	0
ΑΣΠ Χίου	1973	Χίος-Οινούσσεις	4X (1X50 Al)	3.7	8
	1992	Χίος-Ψαρά	2X (3X35 Cu)	20.6	8
Υφιστάμενες Υποβρύχιες Καλωδιακές Διασυνδέσεις Καλωδίων Ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΝΑ (Δωδεκανήσων)					
ΑΣΠ Κω ΑΣΠ Κάλυμνος	1973 2008	Κως-Κάλυμνος	2X (3 X150 Al) 2X (3X95 Cu)	12.7 15.3	0 0
	1980	Κως-Ψέριμος	2 X (3X35 Al)	4.3	13
	1980	Κάλυμνος-Τέλενδος	2 X (3X35 Al)	1.1	5
	1974	Κάλυμνος-Λέρος	2X (3X150 Al)	4	7
	1990	Λέρος-Λειψοί	2X (3X35 Al)	9.7	29
	1988	Κως-Γυαλί	2 X (3X35 Cu)	10.4	11
	1988	Γυαλί-Νίσυρος	2 X (3X35 Cu)	7.2	16
	1989	Νίσυρος-Τήλος	2 X (3X35 Cu)	16	14
ΑΣΠ Καρπάθου	1984	Κάρπαθος-Κάσος	2X (3X35 Cu)	15.2	14
ΑΗΣ Ρόδου	1989	Ρόδος-Χάλκη	2X(3X35 Cu)	14.7	15
ΤΣΠ Αρκιών	2007	Αρκιοί-Μαράθι	1X(3X35 Al)	1.1	1
Υφιστάμενες Υποβρύχιες Καλωδιακές Διασυνδέσεις Καλωδίων Ενέργειας στα νησιά της περιφέρειας ΝΑ (Κυκλάδων)					
ΑΣΠ Πάρου	1973 1992 2006	Πάρος-Νάξος	2X (3X150 Al) 1X (3X150 Al) 2X (3X95 Cu)	7.5 7.11 7.47	2 0 2
	1973	Πάρος-Αντίπαρος	4X (1X50Al)	1.9	2
	2000	Πάρος-Ίος	2X (3X95 Cu)	27.84	0
	1989	Ίος-Σίκινος	2X (3X35 Al)	10.34	8
	1989	Σίκινος-Φολέγανδρος	2X (3X35 Al)	18.5	0
	1997	Νάξος-Ηρακλεία	1X (3X35 Cu)	8.92	6
	1983	Σχοινούσα-Ηρακλεία	1X (3X35 Cu)	4.6	0
	1983	Κουφονήσι-Σχοινούσα	1X (3X35 Cu)	9.2	6
	1983	Νάξος-Κουφονήσι	1X (3X35 Cu)	6.25	3
	ΑΣΠ Μήλου	1973	Μήλος-Κίμωλος	4X (1X50 Al)	1.9
ΑΣΠ Θήρας	1980	Θήρα-Θηρασιά	2X (3X35 Cu)	2.8	4

Πηγή: Σχέδια Αντιμετώπισης Έκτακτων Καταστάσεων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. ΔΕΔΔΗΕ, 2015.

Πίνακας 2.7 Υποθαλάσσια Τηλεπικοινωνιακά Καλώδια

Όνομασία Καλωδίου	Μήκος (Km)	Σημείο/α Προσαγιάλωσης	Εν Ενεργεία από	Πληροφορίες
ITUR	3482	Κωνσταντινούπολη (Τουρκία) Νοβοροσίσκ (Ρωσία) Οδησσός (Ουκρανία) Παλέρμιο (Ιταλία)	1996	http://en.wikipedia.org/wiki/ITUR
MedNautilus	5729	Κατάνια (Ιταλία) Χανιά (Ελλάδα) Χάιφα (Ισραήλ) Κωνσταντινούπολη (Τουρκία) Κορωπί (Ελλάδα) Πεντάσχοινος (Κύπρος) Τελ Αβίβ (Ισραήλ)	2001	http://en.wikipedia.org/wiki/MedNautilus_(cable_system)
MINERVA		Κατάνια (Ιταλία) Μαζάρα Ντελ Βάλλο (Ιταλία) Πεντάσχοινος (Κύπρος) Γεροσκήπου (Κύπρος)	2007	http://en.wikipedia.org/wiki/MINERVA_(cable_system)
AFRODITE-2	868	Χανιά (Ελλάδα) Γεροσκήπου (Κύπρος)	1994	http://en.wikipedia.org/wiki/AFRODITE-2_(cable_system)
SEA-ME-WE 3	39000	Φουτζάιρα (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα) Αλεξάνδρεια (Αίγυπτος) Μπατάνγκας (Φιλιππίνες) Ντα Νάνγκ (Βιετνάμ) Χανιά (Ελλάδα) Deep Water Bay (Χόνγκ Κόνγκ) Τζιμπουτί (Τζιμπουτί) Fangshan (Ταϊβάν) Goonhilly (Ηνωμένο Βασίλειο) Τζακάρτα (Ινδονησία) Τζέντα (Σαουδική Αραβία) Καράτσι (Πακιστάν) Τζεότζ (Νότια Κορέα) Κοτσί (Ινδία) Μαζάρα Ντελ Βάλλο (Ιταλία) Μεντάν (Ινδονησία)	1999	http://en.wikipedia.org/wiki/SEA-ME-WE_3
SLIPHUM	425	Χανιά (Ελλάδα) Ντέρνα (Λιβύη)	2013	http://www.lightwaveonline.com/articles/2013/01/libyan-undersea-fiber-optic-cable-system-silphium-launches.html
ARIANE 2	2370	Χανιά (Ελλάδα) Μασσαλία (Γαλλία)	1995	http://www.orange.com/sirius/reseau/cartes_cable/
JONAH	2297	Μπάρι (Ιταλία) Τέλ Αβίβ (Ισραήλ)	2012	https://www.bezeqint.net/english/carrier-wholesale-services/jonah-cable-system

Πηγή: Greg's Cable Map (<http://cablemap.info/>)

Πίνακας 2.8 Τα 28 Ηλεκτρικά Συστήματα των ΜΔΣ της περιοχής μελέτης, το παραγωγικό δυναμικό τους και η αιχμή ζήτησης τους.

Ηλεκτρικό Σύστημα	Νησιά ΗΣ	Θερμικοί Σταθμοί		Σταθμοί ΑΠΕ			Ζήτηση	
		Σταθμός	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠ (MW)	Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ (MW)	Σύνολο (MW)	Αιχμή Έτους 2015 (MW)	Αιχμή Έτους 2020 (MW)
Κρήτη	Κρήτη	ΑΗΣ Αθρινόλακκου	195.240	187.160	78.300	265.460	601.700	670.682
		ΑΗΣ Λινοπεραμάτων	272.590					
		ΑΗΣ Χανίων	315.950					
Ρόδος	Ρόδος	ΑΗΣ Σορωνής	232.930	49.150	18.170	67.320	198.500	223.474
	Χάλκη							
Άγ. Ευστράτιος	Άγ. Ευστράτιος	ΤΣΠ Αγ. Ευστρατίου	0.840				0.301	0.403
Αγαθονήσι	Αγαθονήσι	ΤΣΠ Αγαθονησίου	0.579				0.179	0.229
Αμοργός	Αμοργός	ΤΣΠ Αμοργού	4.925		0.290	0.290	2.970	3.285
Ανάφη	Ανάφη	ΤΣΠ Ανάφης	0.872				0.542	0.630
Αρκιοί	Αρκιοί	ΤΣΠ Αρκιοί	0.405				0.143	0.205
	Μαράθι							
Αστυπάλαια	Αστυπάλαια	ΤΣΠ Αστυπάλαιας	4.241		0.320	0.320	2.280	2.667
Γαύδος	Γαύδος	ΤΣΠ Γαύδου	0.370				0.113	0.180
Δονούσα	Δονούσα	ΤΣΠ Δονούσας	0.568				0.360	0.473
Θήρα	Θήρα	ΑΣΠ Θήρας	80.187		0.250	0.250	40.300	45.689
	Θηρασιά							
Ικαρία	Ικαρία	ΤΣΠ Ικαρίας	15.574	0.600	0.400	1.000	7.500	8.097
Κάρπαθος	Κάρπαθος	ΑΣΠ Καρπάθου	19.404	1.230	1.040	2.270	11.300	12.884
	Κάσος				0.120	0.120		
Κύθνος	Κύθνος	ΤΣΠ Κύθνου	5.920		0.240	0.240	3.140	3.436
Κως-Κάλυμνος	Κως	ΑΣΠ Κω-ΑΣΠ Καλύμνου	108.895 21.970	11.200	7.000	18.200	95.300	108.395
	Κάλυμνος				1.180	1.180		
	Λειψοί							
	Λέρος			4.000	0.500	4.500		
	Τέλενδος							
	Ψέριμος							
	Γυαλί							
	Νίσυρος							
Τήλος								
Λέσβος	Λέσβος	ΑΣΠ Λέσβου	104.199	13.950	8.840	22.790	58.040	67.736
	Μεγαλονήσι							
Λήμνος	Λήμνος	ΑΣΠ Λήμνου	23.603	2.440	1.830	4.270	14.000	14.673
Μεγίστη	Μεγίστη	ΤΣΠ Μεγίστης	2.100				0.895	1.151
Μήλος	Μήλος	ΑΣΠ Μήλου	22.975	2.650	0.620	3.270	12.000	14.841

	Κίμωλος							
Μύκονος	Μύκονος	ΑΣΠ Μυκόνου	59.585	1.200	1.040	2.240	42.000	49.025
	Δήλος							
	Ρήγεια							
Πάρος	Πάρος	ΑΣΠ Πάρου	79.384	3.000	2.390	5.390	70.000	75.968
	Νάξος			8.760	1.550	10.310		
	Αντίπα- ρος				0.100	0.100		
	Κουφονή- σι							
	Σχοινού- σα				0.050	0.050		
	Ηρακλειά							
	Σίκινος							
	Φολέγα- δρος							
	Ίος			1.200	0.120	1.320		
Πάτμος	Πάτμος	ΤΣΠ Πάτμου	7.650	1.200	0.150	1.350	5.480	6.324
Σάμος	Σάμος	ΑΣΠ Σάμου	49.630	7.980	4.370	12.350	29.950	31.885
	Φούρνοι							
	Θύμαινα							
Σέριφος	Σέριφος	ΤΣΠ Σερίφου	6.690		0.100	0.100	3.580	3.917
Σίφνος	Σίφνος	ΤΣΠ Σίφνου	10.200		0.200	0.200	6.350	7.151
Σύμη	Σύμη	ΤΣΠ Σύμης	9.800		0.190	0.190	4.110	5.119
Σύρος	Σύρος	ΑΣΠ Σύρου	45.100	2.840	0.990	3.830	20.600	23.001
Χίος	Χίος	ΑΣΠ Χίου	77.782	7.050	5.170	12.220	43.300	49.536
	Οινούσσεσ							
	Ψαρά			2.030		2.030		

Πηγή: Σχέδια Αντιμετώπισης Έκτακτων Καταστάσεων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.
ΔΕΔΔΗΕ, 2015.

2.9 Συστήματα Αναφοράς

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η δυνατότητα απεικόνισης των γεωγραφικών δεδομένων στην σωστή τους θέση στο χώρο. Προκειμένου όμως να επιτευχθεί η ορθή αποτύπωση αυτή, απαιτείται ο καθορισμός του συστήματος συντεταγμένων στο οποίο βρίσκονται τα δεδομένα αυτά. Αρχικά, η αποτύπωση των στοιχείων μιας θέσης, προϋποθέτει ένα σύστημα αναφοράς, στα πλαίσια του οποίου, σε κάθε σημείο του χώρου αντιστοιχεί ένα μοναδικό ζεύγος πραγματικών αριθμών. «Το σύστημα αναφοράς (*reference system*) ορίζεται από ένα σημείο, που είναι η αρχή του συστήματος, από έναν ή περισσότερους άξονες, οι οποίοι διέρχονται από το σημείο της αρχής και από την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης κατά μήκος κάθε άξονα» (Χαλκιάς, 2006).

Τα συστήματα αναφοράς κατηγοριοποιούνται σε μονοδιάστατα ή πολυδιάστατα, ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου που εκπροσωπούν, όπως επίσης χωρίζονται σε ορθογώνια ή καρτεσιανά, πλαγιογώνια και πολικά και είναι δυνατόν να προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες επιφάνειες όπως το επίπεδο, η σφαίρα, το ελλειψοειδές, ο κύλινδρος, κ.α.

Τα συστήματα αναφοράς ομαδοποιούνται στις εξής δύο (2) μεγάλες κατηγορίες: α) στα γεωγραφικά συστήματα, όπου ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε ένα σφαιρικό ή σφαιροειδές μοντέλο της γης, χρησιμοποιώντας ως συντεταγμένες το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος (*Longitude/Latitude*), και β) στα προβολικά, τα οποία ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε μια επιφάνεια (*επίπεδο, κύλινδρο ή κώνο*) χρησιμοποιώντας ως συντεταγμένες μονάδες απόστασης (Μπιλλήρης, 2007).

Τα γεωγραφικά συστήματα αναφοράς χρησιμοποιούν τις ακόλουθες γραμμές χωρικής αναφοράς στη γη (Ευελπίδου, 2002):

- Τον Ισημερινό που αποτελεί τη νοητή γραμμή διεύθυνσης A-Δ γύρω από την περιφέρεια τη γης.
- Τον Πρώτο Μεσημβρινό, που αποτελεί τη νοητή γραμμή διεύθυνσης B-N που διέρχεται από το αστεροσκοπείο του Greenwich στο Λονδίνο.
- Τους Παράλληλους, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης A-Δ που είναι παράλληλες στον Ισημερινό.
- Τους Μεσημβρινούς, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης B-N που συναντώνται στους πόλους.

Για το λόγο του ότι το πραγματικό σχήμα της γης θεωρείται αρκετά σύνθετο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί, έχουν δημιουργηθεί διάφορα είδη σφαιροειδών μοντέλων τα οποία περιλαμβάνουν μονάδες μέτρησης γωνίας, τον πρώτο μεσημβρινό (*Greenwich*), και ένα ελλειψοειδές αναφοράς (*Datum*). Το ελλειψοειδές αναφοράς αποτελεί μια θεωρητική επιφάνεια, που υπολογίζεται με βάση μαθηματικές σχέσεις, είναι γνωστό ως «ελλειψοειδές εκ' περιστροφής» και προσομοιώνει το σχήμα της γης που ορίζεται από το γεωειδές, δηλαδή από την κλειστή ομαλή επιφάνεια που περιβάλλει τη γη, εφάπτεται στη μέση στάθμη της επιφάνειας των θαλασσών και η διεύθυνση της βαρύτητας είναι παντού κάθετη σε αυτή. Επισημαίνεται, ότι το γεωειδές και το ελλειψοειδές δεν ταυτίζονται.

Προκειμένου να απεικονιστεί η γη ή το τμήμα της στο επίπεδο, αρχικά θα πρέπει να απεικονιστούν οι γραμμές που θα αντιπροσωπεύουν τους μεσημβρινούς και τους

παράλληλους, οι οποίες στη συνέχεια αποτελούν το δίκτυο του χάρτη, που ονομάζεται κάρναβος.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται χαρτογραφική απεικόνιση ή **προβολή** (*map projection*). Τα προβολικά συστήματα αναφοράς βασίζονται στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, στο οποίο η θέση του σημείου ορίζεται από σταθερές μονάδες απόστασης x (μέτρηση ανατολικά ή δυτικά από το μηδέν (0) που θεωρείται η αρχή των αξόνων) και y (μέτρηση βόρεια ή νότια από το μηδέν (0) και αποτελούνται από τα εξής (Ευελπίδου, 2002):

- Την Αρχή συστήματος (0,0)
- Την Προβολή (επίπεδη, κωνική, κυλινδρική)
- Το Υποκείμενο Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς

Τα προβολικά συστήματα επιτρέπουν τη χαρτογραφική απεικόνιση σημείων του ελλειψοειδούς ή της σφαίρας στο επίπεδο, έτσι ώστε να υπάρχει αντιστοιχία. Η διαδικασία μετασχηματισμού των ϕ, λ (πλάτος, μήκος) σε x, y (καρτεσιανές συντεταγμένες) περιγράφεται από μαθηματικές σχέσεις. Η επιλογή του κατάλληλου προβολικού συστήματος εξαρτάται από το σκοπό που θα εξυπηρετήσει, την περιοχή στην οποία αναφέρεται και την έκταση που θα καλύψει. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε προβολή προκαλεί χωρική παραμόρφωση σε κάποιο γεωμετρικό χαρακτηριστικό, όπως στο σχήμα, στο εμβαδόν, στην απόσταση ή στην διεύθυνση.

Οι κύριες παράμετροι που ορίζουν ένα προβολικό σύστημα είναι (Ευελπίδου, 2002):

- Ο Κεντρικός μεσημβρινός (*central meridian, λ₀*): όπου καθορίζει την αρχή των x συντεταγμένων.
- Ο Κεντρικός παράλληλος (*central parallel, φ₀*): όπου καθορίζει την αρχή των y συντεταγμένων.
- False Easting (E₀): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες (σημεία δυτικά του κεντρικού μεσημβρινού) συνήθίζεται να προστίθεται μια ποσότητα η οποία υπερβαίνει τη μέγιστη αρνητική τετμημένη (500.000 m για ζώνες εύρους 60 - 200.000 m για ζώνες εύρους 30).
- False Northing (N₀): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τεταγμένες (10.000.000 m για το νότιο ημισφαίριο - 0 m για το βόρειο ημισφαίριο)
- Συντελεστής κλίμακας σημείου (*Point scale factor*) ή μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης (m) του στοιχειώδους μήκους (s) στο προβολικό σύστημα, προς το αντίστοιχο στοιχειώδες μήκος (S) στο ελλειψοειδές εκ' περιστροφής. Είναι καθαρός αριθμός με τιμή λίγο μικρότερη της μονάδας. Μειώνει τη συνολική παραμόρφωση της προβολής στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Στην παρούσα διατριβή τα ακόλουθα συστήματα αναφοράς συναντώνται:

2.9.1. ΕΓΣΑ 87

Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87) δημιουργήθηκε όπως προκύπτει και από την ονομασία του, το 1987, βάσει επίγειων και δορυφορικών μετρήσεων (Βέης, 1987). Τα δεδομένα όσον αφορά τις επίγειες μετρήσεις προήλθαν από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), ενώ τα δεδομένα των δορυφορικών μετρήσεων από το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), θέση που εξάλλου αποτελεί και την αφετηρία του συστήματος αναφοράς.

Το σύστημα ΕΓΣΑ '87 δημιουργήθηκε από τον καθηγητή της σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ Γεώργιο Βέη.

Ως επιφάνεια αναφοράς επιλέχθηκε το γεωκεντρικό ελλειψοειδές GRS-80 (Moritz, 1988) ο προσανατολισμός του οποίου προσαρμόστηκε στο γεωειδές του ελληνικού χώρου με τη βοήθεια δορυφορικών παρατηρήσεων. Αναφορικά με το προβολικό σύστημα επιλέχθηκε η επικρατούσα διεθνώς σύμμορφη προβολή, δηλαδή, η εγκάρσια μερκατορική προβολή.

Η προβολή εφαρμόστηκε σε ολόκληρη την έκταση της χώρας, δηλαδή χωρίς να ορίζονται πλέον τοπικά συστήματα συντεταγμένων, με συντελεστή κλίμακας (k) 0,9996 και κεντρικό μεσημβρινό το μεσημβρινό με γεωγραφικό πλάτος 24° ανατολικά του Αστεροσκοπείου του Greenwich. Για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες X προστίθεται η σταθερά 500.000. με αυτόν τον τρόπο η παραμόρφωση των μηκών δεν υπερβαίνει τα 670 ppm σε ολόκληρη την έκταση της χώρας, δηλαδή παραμόρφωση εξήντα-επτά εκατοστών σε απόσταση ενός χιλιομέτρου (Βέης, 1987).

2.9.2. Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989-ETRS 89 (European Terrestrial Reference System).

Το Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989-ETRS 89 είναι ένα γεωκεντρικό γεωδαιτικό Καρτεσιανό σύστημα αναφοράς, κατά το οποίο η Ευρασιατική Πλάκα θεωρείται ως στατική στο σύνολο της, συνεπώς οι συντεταγμένες των γεωδαιτικών σημείων ελέγχου, καθώς και οι χάρτες της Ευρώπης που βασίζονται στο ETRS 89, δεν υπόκεινται σε αλλαγές και μετακινήσεις, λόγω διηπειρωτικής ολίσθησης. Το Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς (ETRS 89) συνδέεται με το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς ITRS (International Terrestrial Reference System), στο οποίο όμως η διηπειρωτική ολίσθηση είναι εξισορροπημένη κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η συνολική φαινομενικά γωνιακά ορμή των ηπειρωτικών πλακών να είναι μηδενική.

Το ETRS 89 θεσπίστηκε επίσημα το 1990, από την Ευρωπαϊκή Υποεπιτροπή της Διεθνούς Ένωσης Γεωδαισίας (IAG) EUREF (European Reference Frame) στη σύνοδο που έλαβε χώρα στη Φλωρεντία, βασικός στόχος της οποίας ήταν η ενοποίηση των (Εθνικών) γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς της Ευρώπης για χαρτογράφηση, GIS, και πλοήγηση. Σύμφωνα με το γενικό ψήφισμα το σύστημα ονομάστηκε Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς του 1989 (ETRS 89). Από τότε ETRS 89 και ITRS αποκλίνουν λόγω της ηπειρωτικής ολίσθησης με μια ταχύτητα περίπου 2.5 cm ετησίως. Μέχρι το 2000 τα δύο ισότιμα συστήματα διέφεραν περίπου 25 cm. Το 89 στην ονομασία του συστήματος αναφοράς, δεν συμβολίζει το έτος πραγματοποίησης αλλά ένα έτος αρχικού καθορισμού, όταν το ETRS 89 ήταν πλήρως ισοδύναμο με το ITRS (Ευελπίδου, 2002).

2.9.3 Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS 84-World Geodetic System 84

Το WGS 84 χρησιμοποιείται από το δορυφορικό σύστημα GPS. Κάνει χρήση του ελλειψοειδούς του WGS 84 και δύο ειδών συστημάτων συντεταγμένων: (α) γεωγραφικές (φ,λ) και (β) καρτεσιανό τρισδιάστατο σύστημα, με αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς και άξονες x, y επί του ισημερινού, με θετικό άξονα y προς το βόρειο πόλο και θετικό άξονα x προς την κατεύθυνση του μεσημβρινού του Greenwich. Ως τρίτη παράμετρος μπορεί να ληφθεί το γεωδαιτικό υψόμετρο του σημείου (h) που αντιπροσωπεύει την απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς (Ευελπίδου, 2002).

Παράρτημα III

Πίνακας 3.1 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Α))]

	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	Έτος 7	Έτος 8	Έτος 9	Έτος 10	Έτος 11	Έτος 12	Έτος 13	Έτος 14	Έτος 15	Έτος 16	Έτος 17	Έτος 18	Έτος 19	Έτος 20	Έτος 21	
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)			7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280
Τιμή Πώλησης (€/MWh)			140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Έσοδα			1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200
Έξοδα			298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474	298474
Μεικτά Κέρδη			720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726	720.726
Αποσβέσεις (Συντ. Αποσβ. 5%)			340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991	340.991
Τόκοι			148.229	131.759	115.289	98.819	82.349	65.879	49.410	32.940	16.470	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο Εισόδημα			231.506	247.976	264.446	280.916	297.386	313.856	330.325	346.795	363.265	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735	379.735
Φόροι			67.136	71.913	76.689	81.465	86.241	91.018	95.794	100.571	105.347	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123	110.123
Καθαρά Κέρδη Μετά από Φόρους			164.369	176.063	187.757	199.450	211.144	222.838	234.531	246.224	257.918	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612	269.612
Χρεολύσια			470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά από Φόρους			34.793	46.487	58.180	69.874	81.568	93.261	104.955	116.648	128.342	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603	610.603
--	--	--	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Πίνακας 3.2 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμων Δανείων με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (Α))]

Χρονοδιάγραμμα Αποπληρωμής Δανείου	Έτος										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	618.796	602.326	585.856	569.386	552.917	536.447	519.977	503.507	487.037
Χρεολύσιο		0	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567
Τόκοι		0	148.229	131.759	115.289	98.819	82.349	65.979	49.410	32.940	16.470
Υπόλοιπο Δανείου	4.091.889	4.235.105	3.764.538	3.293.971	2.823.403	2.352.836	1.882.269	1.411.702	941.134	470.567	0

Πίνακας 3.3 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (B))]

	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	Έτος 7	Έτος 8	Έτος 9	Έτος 10	Έτος 11	Έτος 12	Έτος 13	Έτος 14	Έτος 15	Έτος 16	Έτος 17	Έτος 18	Έτος 19	Έτος 20	Έτος 21
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)			7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280	7280
Τιμή Πώλησης (€/MWh)			140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Έσοδα			1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200	1.019.200
Έξοδα			301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680	301.680
Μεικτά Κέρδη			717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520	717.520
Αποσβέσεις (Συντ. Αποσβ. 5%)			346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2	346.000,2
Τόκοι			150.406	133.694	116.983	100.271	83.559	66.847	50.135	33.424	16.712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο Εισόδημα			221.113,9	237.825,8	254.536,8	271.248,8	287.960,8	304.672,8	321.384,8	338.095,8	354.807,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8	371.519,8
Φόροι			64.123,02	68.969,48	73.815,67	78.662,15	83.508,63	88.355,11	93.201,59	98.047,78	102.894,3	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7	107.740,7
Καθαρά Κέρδη Μετά από Φόρους			156.990,8	168.856,3	180.721,1	192.586,6	204.452,2	216.317,7	228.183,2	240.048	251.913,5	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1	263.779,1
Χρεολύσια			477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά από Φόρους			25.510,98	37.376,52	49.241,33	61.106,85	72.972,37	84.837,89	96.703,41	108.568,2	120.433,7	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3	609.779,3
--	--	--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Πίνακας 3.4 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Καρπάθου (B))]

Χρονοδιάγραμμα Αποπληρωμής Δανείου	Έτος										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	627.886	611.175	594.463	577.751	561.039	544.327	527.616	510.904	494.192
Χρεολύσιο		0	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480	477.480
Τόκοι		0	150.406	133.694	116.983	100.271	83.559	66.847	50.135	33.424	16.712
Υπόλοιπο Δανείου	4.152.002	4.297.322	3.819.842	3.342.361	2.864.881	2.387.401	1.909.921	1.432.441	954.960	477.480	0

Πίνακας 3.5 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Α))]

	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	Έτος 7	Έτος 8	Έτος 9	Έτος 10	Έτος 11	Έτος 12	Έτος 13	Έτος 14	Έτος 15	Έτος 16	Έτος 17	Έτος 18	Έτος 19	Έτος 20	Έτος 21
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)			7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067
Τιμή Πώλησης (€/MWh)			140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Έσοδα			989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380
Εξοδα			295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268	295.268
Μεικτά Κέρδη			694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112	694.112
Αποσβέσεις (Συντ. Αποσβ. 5%)			335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4	335.981,4
Τόκοι			146.051	129.823	113.595	97.367	81.139	64.912	48.684	32.456	16.228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο Εισόδημα			212.079,7	228.307,6	244.535,6	260.763,6	276.991,6	293.218,6	309.446,6	325.674,6	341.902,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6	358.130,6
Φόροι			61.503,1	66.209,2	70.915,32	75.621,44	80.327,56	85.033,39	89.739,51	94.445,63	99.151,75	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9	103.857,9
Καθαρά Κέρδη Μετά από Φόρους			150.576,6	162.098,4	173.620,3	185.142,2	196.664	208.185,2	219.707,1	231.229	242.750,8	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7	254.272,7
Χρεολύσια			463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά από Φόρους			22.903,9	34.425,8	45.947,68	57.469,56	68.991,44	80.512,61	92.034,49	103.556,4	115.078,2	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1	590.254,1
--	--	--	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Πίνακας 3.6 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (Α))]

Χρονοδιάγραμμα Αποπληρωμής Δανείου	Έτος										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	609.705	593.477	577.250	561.022	544.794	528.566	512.338	496.110	479.882
Χρεολύσιο		0	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654	463.654
Τόκοι		0	146.051	129.823	113.595	97.367	81.139	64.912	48.684	32.456	16.228
Υπόλοιπο Δανείου	4.031.776	4.172.888	3.709.234	3.245.580	2.781.926	2.318.271	1.854.617	1.390.963	927.309	463.654	0

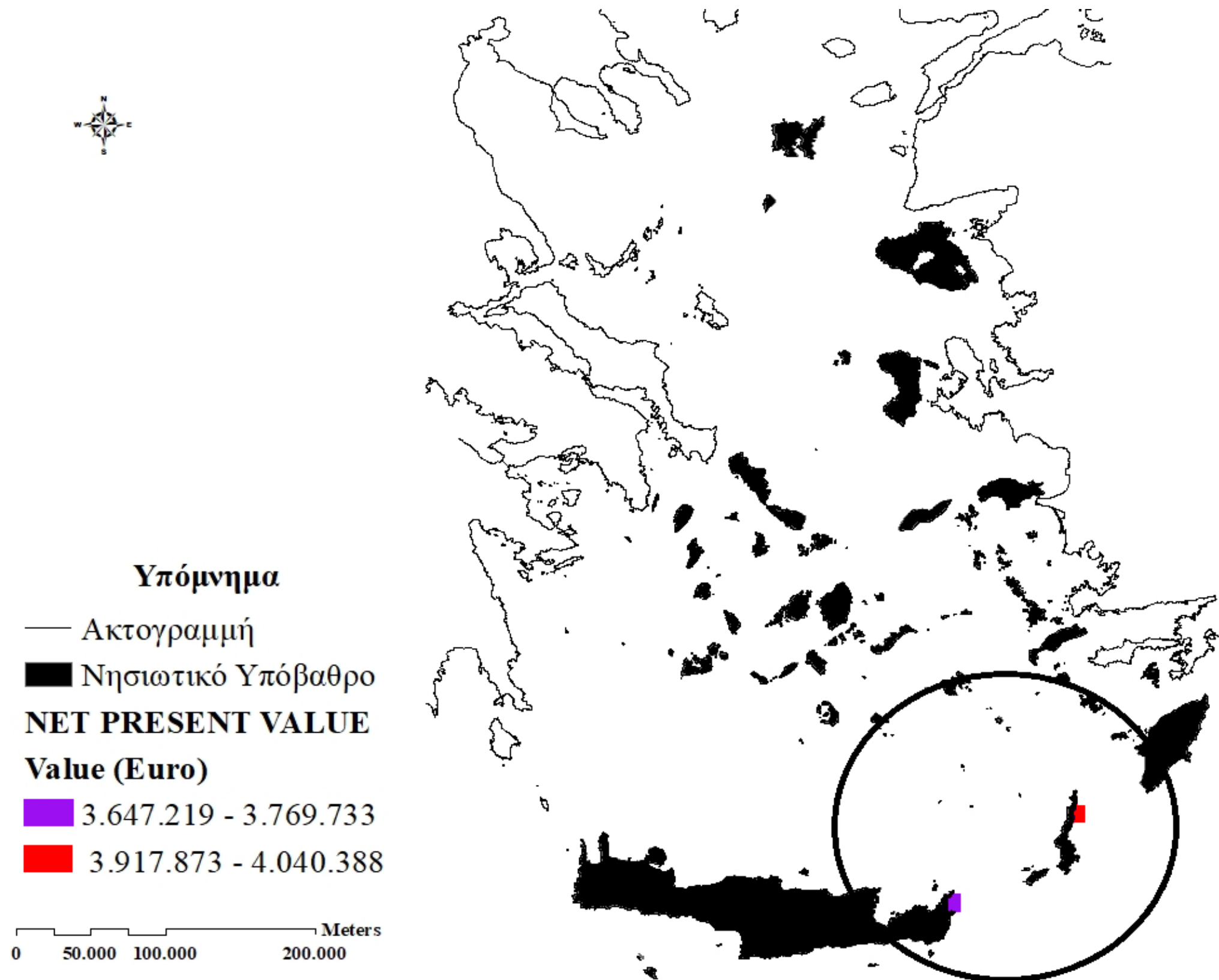
Πίνακας 3.7 Πίνακας Ταμειακών Ροών [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (B))]

	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	Έτος 7	Έτος 8	Έτος 9	Έτος 10	Έτος 11	Έτος 12	Έτος 13	Έτος 14	Έτος 15	Έτος 16	Έτος 17	Έτος 18	Έτος 19	Έτος 20	Έτος 21	
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)			7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067	7067
Τιμή Πώλησης (€/MWh)			140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Έσοδα			989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380	989.380
Εξοδα			298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474	298.474
Μικτά Κέρδη			690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906	690.906
Αποσβέσεις (Συντ. Αποσβ. 5%)			340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8	340.990,8
Τόκοι			148.229	131.759	115.289	98.819	82.349	65.879	49.410	32.940	16.470	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο Εισόδημα			201.686,3	218.156	234.626	251.096	267.566	284.036	300.505	316.975	333.445	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915	349.915
Φόροι			58.489,01	63.265,24	68.041,54	72.817,84	77.594,14	82.370,44	87.146,45	91.922,75	96.699,05	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4	101.475,4
Καθαρά Κέρδη Μετά από Φόρους			143.197,2	154.890,8	166.584,5	178.278,2	189.971,9	201.665,6	213.358,6	225.052,3	236.746	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7	248.439,7
Χρεολύσια			470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά από Φόρους			13.620,99	25.314,76	37.008,46	48.702,16	60.395,86	72.089,56	83.782,55	95.476,25	107.170	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7	589.430,7
--	--	--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

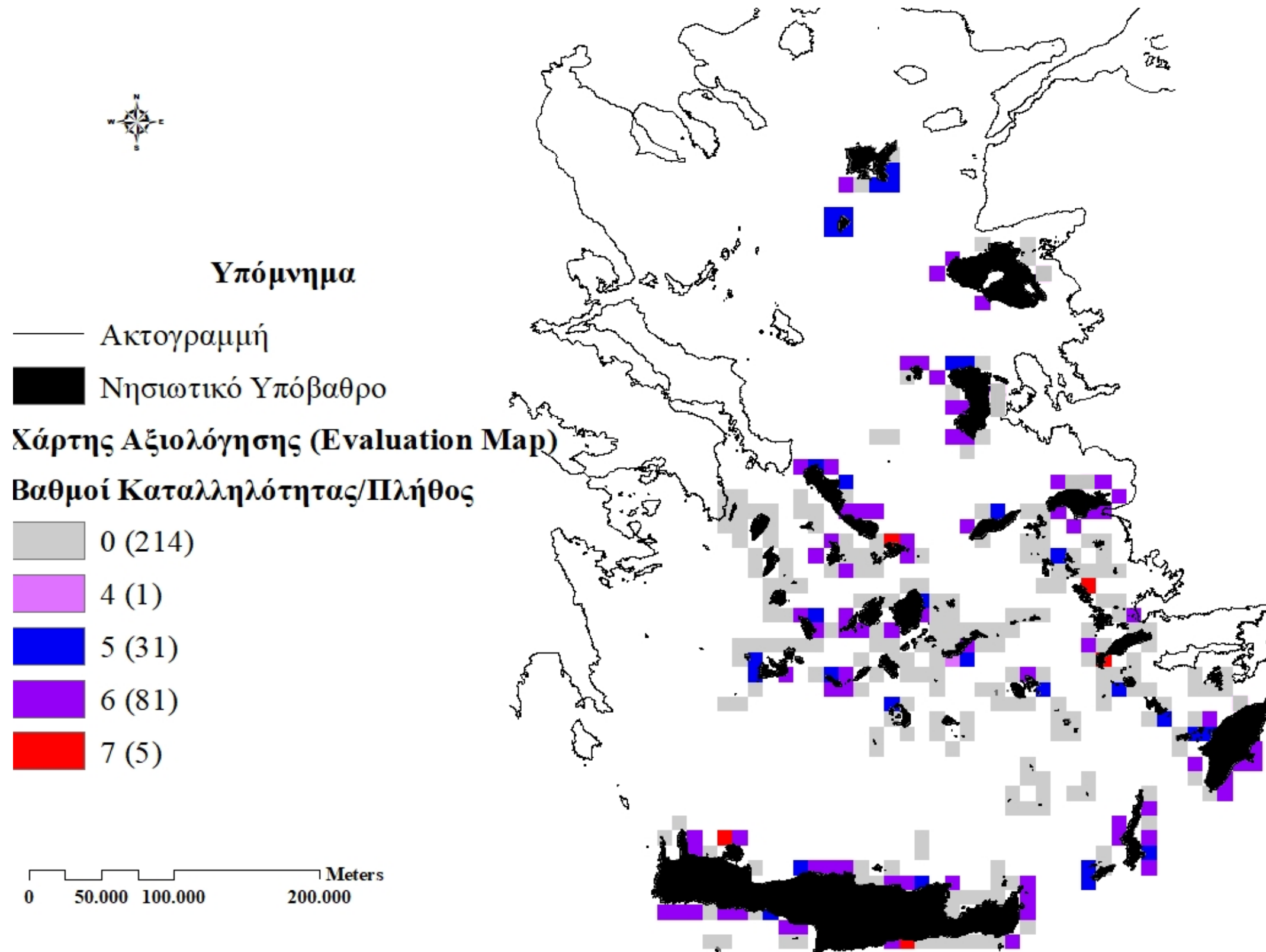
Πίνακας 3.8 Μέθοδος Ισόποσων Χρεολυτικών Δόσεων: Αποπληρωμή Μακροπρόθεσμου Δανείου με Περίοδο Χάριτος & Κεφαλαιοποίηση των Τόκων. [(Μελέτη Περίπτωσης Κρήτης (B))]

Χρονοδιάγραμμα Αποπληρωμής Δανείου	Έτος										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	618.796	602.326	585.856	569.386	552.917	536.447	519.977	503.507	487.037
Χρεολύσιο		0	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567	470.567
Τόκοι		0	148.229	131.759	115.289	98.819	82.349	65.879	49.410	32.940	16.470
Υπόλοιπο Δανείου	4.091.889	4.235.105	3.764.538	3.293.971	2.823.403	2.352.836	1.882.269	1.411.702	941.134	470.567	0

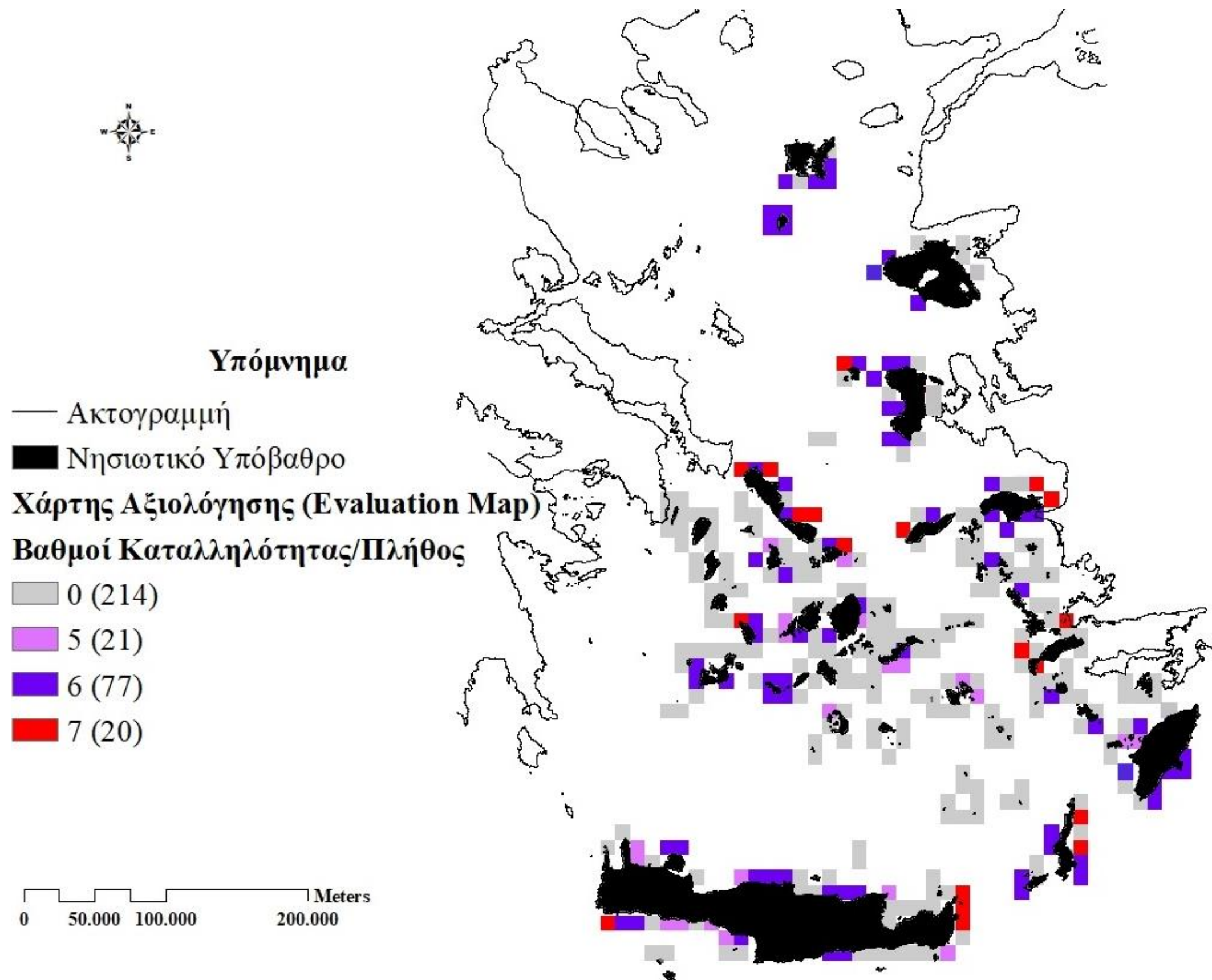


3.9 Κατάταξη Τοποθεσιών με τον μεγαλύτερο συνολικό ΣΙ βάσει της Καθαρής Παρούσας Αξίας τους.

Παράρτημα IV



Χάρτης 4.1 Χάρτης Αξιολόγησης (Ιση Κατανομή Βαρών).



Χάρτης 4.2 Χάρτης Αξιολόγησης (Μηδενισμός Συντελεστών Βαρύτητας Οικονομικών Κριτηρίων Εγγύτητας).

Βιβλιογραφία

(Ξενόγλωσση)

- Akash B.A, Mamlook R, Mohsen M. Multi-criteria selection of electric power plants using Analytical Hierarchy Process. *J. Electr. Pow.Syst. Res.* 1999; 52:29-35.
- Alvarez-Farizo B, Hanley N. Using conjoint analysis to quantify public preferences over the environmental impacts of wind farms. An example from Spain. *J. Energ. Pol.* 2002; 30 (2):107-116.
- Al-Yahyai S, Charabi Y, Castli A, Al-Badi A. Wind farm land suitability indexing using multi-criteria analysis. *J. Ren. Energ.* 2012; 44:80-87.
- Annema J.A, Mouter N, Razaei J. Cost-Benefit Analysis (CBA) or Multi-Criteria Decision Making (MCDM) or both: Politicians' perspectives in transport policy appraisal. *J. Transport. Res. Proced.* 2015; 10:788-797.
- Aras H, Erdogmus S, Koc E. Multi-criteria selection for a wind observation station location using Analytic Hierarchy Process. *J. Ren. Energ.* 2004; 29 (8): 1383-1392.
- ArcGis for Desktop. Euclidean Distance. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/euclidean-distance.htm> ;2016.
- ArcGis for Desktop. How Weighted Overlay Works. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm> ;2016.
- ArcGis for Desktop. Raster Calculator. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm> ;2016.
- ArcGis for Desktop. Identifying Features. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/map/working-with-layers/identifying-features.htm> ;2016.
- Aronoff S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Wdl Publications, Ottawa, Canada:1989.
- Aydin N.Y, Kentel E, Duzgun S. GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. *J. Ren. Sust.Energ. Rev.* 2010; 14: 364-373.
- Baban S, Parry T. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *J. Ren. Energ.* 2001; 24 (1): 59-71.
- Bailey T.C, Gatrell A.C. *Interactive Spatial Data Analysis*. Harlow, Longman/New York, John Wiley & Sons Inc.:1995.

- Bailey H, Brookes K, Thompson P.M. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: Lessons learned and recommendations for the future. *J. Aquat. Biosyst.* 2014; 10 (8).
- Bela A, Soume H, Buldgen L, Rigo P. Ship collision analysis on offshore wind turbine monopile foundations. *J. Mar. Struct.* 2017; 51:220-241.
- Bell N, Schuurman N, Hayes V. Using GIS-based methods of multi-criteria analysis to construct socio-economic deprivation indices. *Intern. J. Health.Geogr.* 2007; 6 (17).
- Belton V, Steward T. *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach.* Springer Science & Business Media: 2002.
- Bennui A, Rattanamanee P, Puetpaiboon U, Phukpattaranont, P, Chetpattananondh, K. Site selection for large wind turbines using GIS. *Proceedings of the PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment-ICEE, Phuket, Thailand, 10-11 May 2007, 561-566.*
- Berg J.C.J.M, Button K.J, Nijkamp P, Pepping G.C. *Meta-Analysis in Environmental Economics.* Springer Netherlands: 1997.
- Bergmann E.A, Colombo S. Hanley N. *Proceedings of the 81st Agricultural Economics Society Annual Conference, University of Reading, UK, 2-4 April 2007.*
- Biehl F, Lehmann E. *Collisions of Ships with Offshore Wind Turbines: Calculation and Risk Evaluation.* Springer, Berlin, Heidelberg: 2006.
- Bilgili M, Yasar A, Simsek E. Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart, *J. Ren. Sustain. Energ. Rev.* 2011; 15:905-915.
- Bishop I, Miller D. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *J. Ren. Energ.* 2007; 32 (5): 814-831.
- Brans J. P. *Ethics and Decision.* *Eur. J. Operat. Res.* 2002; 136 (2): 340-352.
- Bulder B, Roermund M. *Lifecycle and De-Commissioning Offshore Wind.* <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--16-009> ; 2016.
- Burrough P.A, McDonnell R.A. *Principles of Geographical Information Systems.* Oxford University Press, USA:1998.
- Butterfield S, Musial W, Jonkman J, Sclavounos P, Wayman L. *Engineering challenges for floating offshore wind turbines. Proceedings of the Copenhagen Offshore Wind Conference and Exhibition, Copenhagen, Denmark, 26-28 October 2005.*
- Carver S.J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *Intern. J. Geogr. Inform. Syst.* 1991; 5 (3): 321-339.
- Chakhar S. Mousseau V. GIS-based multi-criteria spatial modeling generic framework. *Inter. J. Geogr. Inform. Scie.* 2008; 22 (11): 1159-1196.

- Chatzimouratidis A.I, Pilavachi P.A. Objective and subjective evaluation of power plants and their non-radioactive emissions using the Analytic Hierarchy Process. *J. Energ. Pol.* 2007; 35 (8):4027-4038.
- Chatzimouratidis A.I, Pilavachi P.A. Multi-criteria evaluation of power plants impact on the living standards using the Analytic Hierarchy Process. *J. Energ. Pol.* 2008; 36:1074-1089.
- Communities and Local Government. Multi-Criteria Analysis: A manual. http://eprints.lse.ac.uk/12761/1/Multi-criteria_Analysis.pdf ;2009.
- Cowen D.J. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences; *J. Photogr. Engineer. Rem. Sens.* 1988; 54: 1551-1554.
- Crown Estate. Submarine Cables and Offshore Renewable Energy Installations. <https://www.thecrownestate.co.uk/media/5708/submarine-cables-and-offshore-renewable-energy-installations-proximity-study.pdf> ;2012.
- Crown Estate. A Guide to UK Offshore Wind Operations and Maintenance. <https://www.thecrownestate.co.uk/media/5419/ei-km-in-om-om-062013-guide-to-uk-offshore-wind-operations-and-maintenance.pdf> ;2013.
- Dalton G.J, Grant A, Beaumont A, Georgakaki A, Hacking N, Hooper T, Kerr S, O' Hagan A.M, Reilly K, Ricci P, Sheng W, Stallard T. Economic and socio-economic assessment methods of ocean renewable energy: Public and private perspectives. *J. Ren. Sustain. Energ. Rev.* 2015; 45:850-878.
- Dimitropoulos A, Kontoleon A. Assessing the determinants of local acceptability of wind-farm investment: A choice experiment in the Greek Aegean islands. *J. Energ. Pol.* 2009; 37 (5):1842-1854.
- Djamai M, Kasbadji Merzouk N. Wind farm feasibility study and site selection in Adrar, Algeria. *J. Energ. Proced.* 2011; 6: 136-142.
- DNV GL. Lifetime Extension of Wind Turbines. <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/ST/2016-03/DNVGL-ST-0262.pdf> ;2016.
- Dueker K.J. Land resource information systems: A review of fifteen years' experience. *J. Geo. Process.* 1979; 1: 105-128.
- Ehrgott M. The balance space approach to multi-criteria decision making-involving the decision maker. *J. Comput. Math. Appl.* 2002; 44 (7): 909-923.
- Erkanoglu M, Kasmer O, Temiz N. Adaptation and comparison of expert opinion to Analytical Hierarchy Process for landslide susceptibility mapping. *J. Bullet. Engineer. Geol. Envir.* 2008; 67 (4): 565-578.
- European Commission (EC). Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_262_en.pdf ;2007.

- European Commission (EC). Sustainable, Secure and Affordable Energy for Europeans. file:///C:/Users/PC-User/Downloads/664e7979-229e-4326-b7e5-cbf4c51545ed.en.pdf ;2014.
- Europedia. The Importance of Energy for Europe. http://www.europedia.moussis.eu/books/Book_2/6/19/01/?lang=en&all=1&s=1&e=10 ;2011.
- EWEA. The European Offshore Wind Industry-Key Trends and Statistics 2015. <https://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-European-Offshore-Statistics-2015.pdf> ; 2015.
- Federation Internationale des Geometres-F.I.G. XVII Congres de la Federation Internationale des Geometres. Fédération Internationale des Géomètres: 1983.
- Fischer M.M, Wang J. Spatial Data Analysis: Models, Methods and Techniques. Springer, Berlin:2011.
- Forman E. Gass S. The Analytic Hierarchy Process-An exposition. J. Operat. Res. 2001; 49 (4):469-486.
- Fulton G.R, Malcolm D.J, Elwany H, Stewart W, Moroz E, Dempster H. Semi-Submersible Platform and Anchor Foundation Systems for Wind Turbine Support. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/40282.pdf> ;2007.
- Ghosh A, Rushton G. Spatial Analysis and Location-Allocation Models. Van Nostrand Reinhold, New York:1987.
- Goodchild M.F. Spatial Information Science. Proceedings of the 4th International Spatial Data Handling Symposium, Ohio, United States, 1990, 3-14.
- Goodchild M.F. Geographical Information Science. Inter. J. Geogr. Inf. Syst. 1992; 6:31-45.
- Goodchild MF. GIScience, Geography, Form and Process. Ann. Assoc. Americ. Geogr.2004; 94 (4): 709-714.
- Gregg K.L. Multi-Criteria Analysis of Offshore Wind Energy Site Suitability in North Carolina. Master Thesis. Department of Geography, 2015.
- Greg's Cable Map, <http://cablemap.info/> ;2016.
- Griffiths J.C, Dushenko W.T. Effectiveness of GIS suitability mapping in predicting ecological impacts of proposed wind farm development on Aristazabal Island, BC. J. Envir.Develop. Sustain. 2011; 13 (6): 957-991.
- Gross R, Leach M, Bauen A. Progress in renewable energy. J. Envir. Intern. 2003; 29 (1):105-122.
- Haaren R.V, Fthenakis V. GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State. J. Ren. Sust. Energ. Rev. 2011; 15 (7):3332-3340.

- Hansen S. GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. Proceedings of the 10th Scandinavian Research conference on Geographical Information Science, Stockholm, Sweden, 13-15 June 2005, 75-87.
- Heiwood B.F, Oliver J, Tomlinson S. Building an exploratory multi-criteria modeling environment for spatial decision support. Bristol: Taylor and Francis;1995.
- Henderson A.R, Morgan C.S, Smith B, Sorensen H.C, Barthelmie R.J, Boesmans B. Offshore Wind energy in Europe- A review of the state-of-the-art. J. Wind. Energ. 2003; 6 (1): 33-52.
- Henderson A.R, Witcher D, Morgan K. Floating Support Structures Enabling New Markets for Offshore Wind Energy. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Marseille, France, 2009.
- Hengl T. Finding the right pixel size. J. Comput. Geosci. 2006; 32 (9):1283-1298.
- Higgs G, Berry R, Kidner D, Langford M. Using IT approaches to promote public participation in renewable energy planning: Prospects and challenges. J. Land. Us. Pol. 2008; 25: 596-607.
- Hillring B, Krieg R. Wind energy potential in Southern Sweden-Example of planning methodology. J. Ren. Energ. 1998; 13 (4):471-479.
- Hofer T.M, Sunak Y, Siddique H, Madlener R. Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städtereion Aachen, https://www.fcen.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaalewqp ;2014.
- Hopkins L.D. Methods for generating land suitability maps; A comparative evaluation. J. Americ. Inst. Planner.2007; 43 (4): 386-400.
- Howes D, Catrell A. Visibility analysis in GIS: Issues in the environmental impact assessment of windfarm developments. Proceedings of the EGIS '93 Conference, Genoa (Italy), 29 March-1 April, Vol.2, 861-870.
- Hurtado JP, Fernandez J, Parrondo JL, Blanco E. Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. J. Ren. Sust. Energ. Rev. 2004; 8:483-491.
- Ibrahim H, Ghandour M, Dimitrova M, Ilinca A, Perron J. Integration of wind energy into electricity systems: technical challenges and actual solutions. J. Energ. Proced. 2011; 6, 815-824.
- International Monetary Fund. IMF Primary Commodity Prices. <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>; 2016.
- Ishizaka A, Nemery P. Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software. John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- Jankowski P, Nyerges T.L, Smith A, Moore T.J, Horvath E. Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decision making. J. Int. Geo. Inform. Sys. 1997; 11 (6):566-602.

- Janssen R. *Multi-Objective Decision Support for Environmental Management*. Springer, Netherlands: 1992.
- Johnston R.J, Gregory D, Pratt G, Watts M. *The Dictionary of Human Geography*. 4th Edition, Blackwell Publishers Ltd; United States: 2000.
- Jonkman J.M. *Dynamic Modeling and Loads Analysis of an Offshore Floating Wind Turbine*. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/41958.pdf> ; 2007.
- Kablan MM. Decision support for energy conservation promotion: An Analytic Hierarchy Process approach. *J. Energ. Pol.* 2004; 32 (7):1151-1158.
- Kaltschmitt M, Streicher M, Wiese A. *Renewable Energy: Technology, Economics and Environment*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 2007.
- Kempton W, Firestone J, Lilley J, Rouleau T, Whitaker P. The offshore wind power debate: views from Cape Cod. *J. Coast. Manag.* 2005; 33:119-149.
- Kidner D, Dorey M, Sparkes A. GIS and wind farm planning. In *Geographical Information and Planning, Part of the Advances in Spatial Science book series*, Springer, Berlin; Heidelberg; 1999.
- Knapp L, Ladenburg J. How spatial relationships influence economic preferences for wind power-A review. *J. Energ.* 2015; 8(6): 6177-6201.
- Koller J, Koppel J, Wolfgang P. *Offshore Wind Energy. Research on Environmental Impacts*, <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Koller-Koppel-Peters-2006.pdf> ;2006.
- Koroneos C, Moussiopoulos N, Spachos T. Exergy analysis of renewable energy sources. *J. Ren. Energ.* 2003; 28 (2):295-310.
- Koshkariou A.V, Tikunov V.S, Trofimov A.M. The Current State and the Main Trends in the Development of Geographical Information Systems in the USSR. *Intern. J. Geogr.Inf. Syst.* 1989; 3(3):257-272.
- Ladenburg J. Attitudes towards on-land and offshore wind power development in Denmark; choice of development strategy. *J. Ren. Energ.* 2008; 33 (1): 111-118.
- Lahdelma R, Salminen P, Hokkanen J. Using multi-criteria methods in environmental planning and management. *J. Envir. Manag.* 2000; 26 (6): 595-605.
- Lee A, Chen H.H, Kang H.Y. Multi-criteria decision making on strategic selection of wind farms. *J. Ren. Energ.* 2009; 34:120-126.
- Longley P.A, Goodchild M, Maguire D.J, Rhind D. *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons:2005.
- Lootsma F.A, Schuijt H. The multiplicative AHP, SMART and Electre in a common context. *J. Mult. Criter. Dec. Anal.* 1997; 6 (4):185-196.
- Malczewski J. *GIS and multi-criteria decision analysis*. Wiley, New York: 1999.

- Malczewski J. GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *J. Progr. Plann.* 2004; 62 (1): 3-65.
- Malczewski J. GIS-based multi-criteria decision analysis: A survey of the literature. *Intern. J. Geogr. Inf. Scie.* 2006; 20 (7):703-726.
- Malczewski J. Integrating multi-criteria analysis and geographic information systems: The ordered weighted averaging (OWA) approach. *J. Environ. Tech. Manag.* 2006; 6:7-19.
- Malczewski J. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS multi-criteria evaluation for land-use suitability analysis. *Intern. J. Appl. Earth. Observ. Geoinform.* 2006; 8:270-277.
- Mamlook R, Akash BA, Nijmesh S. Fussy sets programming to perform evaluation of solar systems in Jordan. *J. Energ. Conv. Manag.* 2001; 42 (14): 1717- 1726.
- Mardani A, Jusoh A, Nor K.M, Khalifah Z, Zakwan N, Valipour A. Multi-criteria decision making techniques and their applications-A review of the literature from 2000-2014. *J. Econ. Res.* 2015; 28(1): 516-571.
- Maribe Project, 2016. «Marine Investment for the Blue Economy-MARIBE», URL: <https://maribe.eu/> . This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 652629.
- Matha D. Model Development and Loads Analysis of an Offshore Wind Turbine on a Tension Leg Platform, with a Comparison to Other Floating Turbine Concepts. <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/45891.pdf> ;2009.
- McHarg I.L. Design with Nature. Natural History Press. New York:1969.
- Mendoza G.A. A GIS-Based Multi-Criteria Approach to Land Use Suitability Assessment and Allocation. Proceedings of the 7th Symposium on Systems Analysis in Forest Resources. Traverse City, 28-31 May 1997.
- Meszaros Cs, Rapcsak T. On sensitivity analysis for a class of decision systems. *J. Dec. Sup. Syst.* 1996; 16: 231-240.
- Mills D, Vlacic L, Lowe I. Improved electricity planning: Use of multi-criteria decision making model. *J. Int. Trans. Oper. Res.* 1996; 3: 293-304.
- Moller B. Changing wind-power landscapes: Regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark. *J. Appl. Energ.* 2006; 83 (5): 477-494.
- Moritz H. Geodetic Reference System. *J. Geodes.* 1988; 62 (3): 348-358.
- Muselli M, Notton G, Poggi P, Louche A. Computer-aided analysis of the integration of renewable-energy systems in remote areas using a geographical information system. *J. Appl. Energ.* 1999; 63 (3):141-160.

- Nadai A, Horst D. Wind power planning, landscapes and publics. *J. Land. Use. Pol.* 2010; 27:181-184.
- Nekhay O, Arriaza M, Guzman-Alvarez R. Spatial analysis of the suitability of olive plantations for wildlife habitat restoration. *J. Compu. Electr. Agricul.* 2009; 65 (1):49-64.
- Nikitakos N, Stefanakou A. Electrification of North Aegean's Islands Using Floating Wind Turbines. Proceedings of the 5th International Scientific Conference Energy and Climate Change. Athens, Greece, 11-12 October, 2012.
- Owusu P.A, Sarkodie S.A. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *J. Cogent. Engineer.* 2016;3:1-14.
- Ozemoy V.M, Smith D.R, Sicherman A. Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis. *J. Interf.* 1981;11: 92-98.
- Papadopoulos A.M, Glinou G.L, Papachristos D.A. Developments in the utilization of wind energy in Greece. *J. Ren. Energ.* 2008; 33:105-110.
- Parker H.D. The unique qualities of a Geographic Information System: A commentary. *J. Photogr. Engineer. Rem. Sens.* 1988; 55:1589-1591.
- Pavlogeorgatos G, Stefanakou A, Lilas T, Nikitakos N. Impact Assessment of Offshore Wind Farm Installations: A Review. *Inter. J. Ocean. Oceanogr.* 2015; 9:183-201.
- Pohekar S.D, Ramachandran M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning-A review. *J. Ren. Sustain. Energ.* 2004; 8:365-381.
- Polatidis H, Haralambopoulos D, Kemp R, Rothman D. Creating an energy system that we want but don't know yet using Integrated Assessment, Transition Management, and Multi-Criteria analysis. *J. Integr. Assessm.* 2003; 4 (3): 205-213.
- Polatidis H, Haralambopoulos D, Munda G, Vreeker R. Selecting an appropriate multi-criteria decision analysis technique for renewable energy planning. *J. Energ. Sourc. Part B.* 2006; 181-193.
- Power & Renewable Sub-Group. The Proximity of Offshore Renewable Energy (Wind) Installations & Submarine Cable Infrastructure in UK Waters. http://www.suboptic.org/wp-content/uploads/2014/10/TH2B-3_Oral_50.pdf ;2013.
- Proops J. The (non-) economics of the nuclear fuel cycle: An historical and discourse analysis. *J. Ecol. Econ.* 2001; 39: 13-19.
- Ramanathan R. Comparative risk assessment of energy supply technologies: A data envelopment analysis approach. *J. Energ.* 2001; 26 (2): 197-203.
- Ramanathan R. A note of the use of the Analytic Hierarchy Process for environmental impact assessment. *J. Envir. Manag.* 2001; 63, 27-35.
- Ramirez-Rosado I.J, Garcia-Carrido E, Fernandez-Jimenez L.A, Zorzano-Santamaria P.J, Monteiro C, Miranda V. Promotion of new wind farms based on a decision support system. *J. Ren. Energ.* 2008; 33 (4): 558-566.

- Rodman L, Meentemeyer R. A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California. *J. Energ. Pol.* 2006; 34: 2137-2149.
- Roy B. Multi-Criteria methodology for decision aiding. Springer US: 1996.
- Saaty T.L. The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, London, England: 1980.
- Saaty T.L. Decision Making for Leaders. Lifetime Learning Publications, Belmont, C.A.:1982.
- Saaty T.L Rank generation, preservation, and reversal in the Analytic Hierarchy decision Process. *J. Dec. Scie. Inst.* 1987; 18 (2):157-177.
- Saaty T.L Decision Making in Complex Environments, The Analytical Hierarchy Process for Decision Making with Dependence and Dependence and Feedback. RWS Publications, USA:1996.
- Spilanis I, Kizos T, Koulouri M, Vakoufaris H, Gatsis I. Monitoring sustainability in insular areas. *J. Ecol. Indicat.* 2009; 9 (1):179-187.
- Spiropoulou I, Karamanis D, Kehayias G. Offshore wind farms development in relation to environmental protected areas. *J. Sustain. Cit. Societ.* 2015; 14: 305-312.
- Spring, Map Projections & Coordinate System in GIS. http://daisy.ccny.cuny.edu/~michael/Courses/CE_G0800/Lecture_04_MapProj.pdf;2015.
- Stefanakou A, Nikitakos N. The Impacts on Human Health of Wind Turbine Noise Emissions & the Installation Prospective of Floating Wind Parks in Remoted Areas as a Solution. Proceedings of the EchoPolis Conference Sound, Noise, Music in Rethinking the City. Athens, Greece, 29 September-2 October, 2013.
- Stefanakou A, Nikitakos N. Blue Economy: Offshore Wind Energy as a Means of Development in Greece & the Need for Marine Spatial Planning. Proceedings of the Econship Conference. Chios, Greece, 24-27 June 2015a.
- Stefanakou A, Nikitakos N. A Decision Support Model for Economic Evaluation of Offshore Wind Farms. Proceedings of the 8th International Scientific Conference Energy and Climate Change. Athens, Greece, 7-9 October, 2015b.
- Stefanakou A, Dagkinis I, Lilas T, Maglara A, Vatistas A. Development of a Floating Wind-Desalination Multi-Use Platform (MUP) in the Context of Optimal Use of Maritime Space. Proceedings of the 3rd Annual Offshore Energy & Storage Symposium, OSES. Valetta, Malta, 13-15 July 2016.
- Stefanakou A, Nikitakos N. A Decision Support Model for Site Selection of Offshore Wind Farms. Proceedings of the 9th International Scientific Conference Energy and Climate Change. Athens, Greece, 12-14 October, 2016.
- Stefanakou A, Lilas T, Nikitakos N. Offshore Wind Energy Supply to Ships at Port and Local Communities. Proceedings of the 22nd International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics (MHCL). Belgrade, Servia, 4-6 October, 2017.

- Talinli I, Topuz E, Aydin E, Kabakci S. A Holistic Approach for Wind Farm Site Selection by using FAHP. In: Service, G.O., E.d., Wind Farm-Technical Regulations, Potential Estimation and Siting Assessment, In Tech, 213-234.
- Tegou L, Polatidis H, Haralambopoulos D.A. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *J. Environ.Manag.* 2010; 91(11):2134-2147.
- Theophilou C. EU Maritime Policy and Blue Growth. Proceedings of the ESPON Open Seminar, Opportunities and Threats for Territorial Cohesion: Blue Growth and Urban Poverty. Nafplion, Greece, 4-5 June 2014.
- Tomlin C.D. Geographical Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice-Hall Publishers; 1990.
- Triantaphyllou E, Mann S. Using the Analytic Hierarchy Process for decision making in engineering applications: Some challenges. *Inter. J. Ind. Engineer: Appl. Practic.* 1995; 2 (1): 35-44.
- Tsoutsos T, Tsouchlaraki A, Tsiropoulos M, Serpetsidakis M. Visual impact evaluation of a wind park in a Greek island. *J. Appl. Energ.* 2009; 86:546-553.
- UNEP. Protocol on Integrated Coastal Zone Management in the Mediterranean Action Plan: Priority Actions Programme. Regional Activity Centre (PAP/RAC). http://www.pap-thecoastcentre.org/pdfs/Protocol_publikacija_May09.pdf ; 2008.
- Unwin D.J. Introductory Spatial Analysis. Methuen, London: 1981.
- Vagiona D.G, Karanikolas N.M. A multi-criteria approach to evaluate offshore wind farms siting in Greece. *Glob. Nest J.* 2012;14 (2):235-243.
- Valente R.O.A, Vettorazzi C.A. Definition of priority areas for forest conservation through the Ordered Weighted Averaging method. *J. Forest. Ecol. Manag.* 2008; 256:1408-1417.
- Vežmar S, Spajic A, Topic D, Sljivac D, Jozsa L. Positive and negative impacts of renewable energy sources. *Inter. J. Electr. Comp. Engineer. Syst.* 2014;5:47-55.
- Wang YM, Parkan C, Luo Y. A linear programming method for generating the most favorable weights from a pairwise comparison matrix. *J. Comput. Oper. Res.* 2008; 35 (12):3918-3930.
- Watson G, Hill B, Courtney F, Goldman P, Calvert S, Thresher R, Assimakopoulos E, Lyons J, Bell B. A Framework for Offshore Wind Energy Development in the United States. http://www.usowc.org/pdfs/final_09_20.pdf ;2005.
- Weistroffer H.R. Sarin R. Introduction to Minitrack: Multi-Criteria Decision Analysis and Support Systems. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences. 2017.
- Wenstop F, Seip K. Legitimacy and quality of multi-criteria environmental policy analysis: A meta-analysis of five MCE studies in Norway. *J. Mult.Criter. Decis. Anal.* 2001; 10 (2): 53-64.

- Wimmler C, Hejazi G, Fernandes O, Moreira C, Connors S. Multi-Criteria decision support methods for renewable energy systems on islands. *J. Clean. Energ. Techn.* 2015; 3 (3): 185-195.
- WindEurope. Floating Offshore Wind Vision Statement, <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Floating-offshore-statement.pdf> ;2017.
- Wind Farms Construction. Offshore Wind Turbines Foundation Types, <http://www.windfarmbop.com/offshore-wind-turbines-foundation-types/> ;2017.
- Wolsink M. Attitudes and expectancies about wind turbines and wind farms. *J. Wind. Engineer.* 1989; 13: 196-206.
- Wolsink M. Wind power implementations: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of “backyard motives”. *J. Ren. Sustain. Energ. Rev.* 2007; 11 (6):1188-1207.
- World Energy Council. World Energy Resources: Wind 2016, https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Wind_2016.pdf ;2016.
- Xu X.M. Developing a GIS-based decision support tool for evaluating potential wind farm sites. Thesis, Master of Social Sciences, University of Waikato, Hamilton, New Zealand. 2007.
- Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *J. Transac. Syst. Man. Cyber.* 1988; 18 (1):183-190.
- Yager R.R, Kelman A. An extension of the Analytical Hierarchy Process using OWA operators. *J. Intell. Fuzzy Syst.*1999; 7 (4): 401-417.
- Yager R.R. Non monotonic OWA operators. *J. Soft. Comp.* 1999;3:187-196.
- Yanar T.A, Akyurek Z. The enhancement of the cell-based GIS analyses with fuzzy processing capabilities. *J. Inform. Scie.* 2006; 176:1067-1085.
- Yue C.D, Wang S.S. GIS based evaluation of multifarious local renewable energy sources: A case study of the Chigu area of the southwestern Taiwan. *J. Energ. Pol.* 2006; 34: 730-742.
- Zarghami M, Szidarovszky F. Fuzzy quantifiers in sensitivity analysis of OWA operator. *J. Comp. Ind. Engineer.* 2008;54:1006-1018.

(Ελληνόγλωσση)

- Ανδρουλάκης Ν. Κουτσόπουλος Κ. Εφαρμογές του Λογισμικού με Απλά Λόγια. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου; 2005.
- Αντωνοπούλου, Μ. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου στη Θάλασσα. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα. 2011.
- Αραβώσης Κ, Κούγκολος Α, Λέγκας Κ, Μάκκας Α, Πατσής Κ. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αξιολόγηση εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης. Σειρά Ερευνητικών Εργασιών. 2003; 9 (19): 417-446.
- Αργυρόπουλος Δ. Υπόεργο Υποθαλάσσιας Διασύνδεσης,
http://www.crete.gov.gr/attachments/article/8418/Kef_8.2_Yfistamenh_Ypothalasia.pdf ;2012.
- Βέης Γ. Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς. Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεως Ελλάδας, Αθήνα:1987.
- Βρεττός Σ. Ανάπτυξη Ευφών Τεχνικών Αναζήτησης και Ανάλυσης Πληροφορίας σε Διαδραστικά Περιβάλλοντα. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα. 2007.
- Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας. Τομέας Εθνικού Ενδιαφέροντος: Ενέργεια.
<http://www.gsrt.gr/Financing/Files/ProPeFiles43/TOMEIS%20PROTERAIOTHTA%20ESPEK%20ENERGY%20%20draft%20v.9-10-13.pdf> ;2013.
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση με Χαρτογραφική Υπέρθυση. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα & Βοηθήματα, 2015 (α).
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Μεθοδολογία Αναλυτικής Ιεράρχησης. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα & Βοηθήματα, 2015 (β).
- Γραμματικογιάννης Η, Στρατηγέα Α. Μεθοδολογία αξιολόγησης εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης αιολικού πάρκου. Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, 2010; 3:77-86.
- ΔΕΔΔΗΕ. Σχέδια Αντιμετώπισης Εκτάκτων Καταστάσεων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, <http://www.rae.gr/site/file/system/docs/consultations/04092015/121115> ;2015.
- ΔΕΣΜΗΕ. Μελέτη Διασυνδέσεων των Νησιών του Αιγαίου στο Ηπειρωτικό Σύστημα. Φάση Α Γενικός Σχεδιασμός.
http://www.admie.gr/fileadmin/user_upload/Files/study/AIGAIA_DIASYNDESI_FASI_A_PERILIPSI.pdf ;2010.
- ΕΕΚ (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων).Ένας Οδικός Χάρτης για τον Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό Επίτευξη Κοινών Αρχών στην ΕΕ. COM (2008) 791.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0791&from=EL>

ΕΕΚ (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων). Γαλάζια Ανάπτυξη: Ευκαιρίες για Βιώσιμη Ανάπτυξη στους Τομείς της Θάλασσας και της Ναυτιλίας. 13.9 COM (2012) 494.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0494&from=EL>

ΕΛΣΤΑΤ.>Βιομηχανία, Εμπόριο, Υπηρεσίες, Μεταφορές>Μεταφορές>Ναυτιλία>Επιβατική και Εμπορευματική Κίνηση στη Ναυτιλία (αρ. επιβατών/οχημάτων, εμπορεύματα). 2015.

Ευελπίδου Ν.Η. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: Κεφ. 1 Θεωρητική Προσέγγιση, http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/INFS130/1_9638_Evelpidou.pdf ;2002.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ενεργειακή Επανάσταση, <http://www.greenpeace.org/greece/PageFiles/98261/energy-revolution.pdf> ;2010.

ΘΑΛ-ΧΩΡ, 2015. Ερευνητικό Έργο με Τίτλο «Διασυνοριακή Συνεργασία για Ανάπτυξη Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού» και Ακρωνύμιο «ΘΑΛ-ΧΩΡ», URL: <http://www.msprcygr.info>. Το Στρατηγικό Έργο με Ακρωνύμιο «ΘΑΛ-ΧΩΡ» υλοποιήθηκε στο Πλαίσιο του Προγράμματος Διασυνοριακής Συνεργασίας «Ελλάδα-Κύπρος 2007-2013». Επιστημονικός Υπεύθυνος του έργου για το Παν. Αιγαίου: Γεράσιμος Παυλογεωργάτος.

Καιμάρης Ε.Δ. Καρανικόλας Ν. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Εκδόσεις Ζήτη; 2014.

Καλιαμπάκος Δ, Δαμίγος Δ. Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδάτινων Πόρων. Χρηματοοικονομική και Κοινωνικοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων, http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1094/document/Investment_analysis_notes.pdf ; 2008.

Καμινάρης Σ. Συστήματα Αποφάσεων. Πειραιάς, 2012.

Καραμανώλης Δ. Αξιολόγηση Κριτηρίων και Αντικειμένων. <https://ediaxiristiki.files.wordpress.com/2013/11/methodos-sygykrishs-kritiriwn.pdf> ;2012.

Κοκκώσης Χ, Μπεριάτος Η. Χωρική ανάπτυξη και σχεδιασμός, θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός και ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιων περιοχών. Επιστημονικό Περιοδικό Αειχώρος. 2016; 23: 4-11.

Κοντός, Θ. Δημιουργία Χωρικού Συστήματος Λήψης Αποφάσεων για τη Χωροθέτηση Μονάδων Εδαφικής Διάθεσης Αποβλήτων. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη. 2007.

Κουτσόπουλος Κ. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου;2002.

Κουτσόπουλος Κ, Ανδρουλακάκης Ν. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών με ArcGis 10. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου; 2005.

- ΛΑΓΗΕ. Τιμές Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (πλην Φ/Β). <http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikoroiisi-nomothesias-ape/periexomena/times-energeias-ape-ape-sithya-plin-fb/> ;2016.
- Μανιάτης Γ. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης-Κτηματολογίου. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη;1996.
- Μούσης Ν. Ευρωπαϊκή Ένωση: Δίκαιο, Οικονομία, Πολιτική. 13^η Έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση; 2011.
- Μπιλλήρης Χ. Εισαγωγή στη Γεωδαισία. [file:///C:/Users/PC-User/Downloads/Eisagvgi%20sthn%20Gevdaisia%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/PC-User/Downloads/Eisagvgi%20sthn%20Gevdaisia%20(9).pdf) ;2007.
- Νάκος Β. Ολοκληρωμένο Σύστημα Απεικόνισης Κινδύνων Πλημμυρών. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών. 2010.
- Οδηγία 2013/133 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12^{ης} Μαρτίου 2013 (Πρόταση) «Για τη Θέσπιση Πλαισίου για τον Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό και την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών». <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/EL/1-2013-133-EL-F1-1.Pdf> ; 2013.
- Οδηγία 2014/89/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Ιουλίου 2014 «Περί Θεσπίσεως Πλαισίου για τον Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό». <https://www.yen.gr/documents/20182/116069/%CE%9F%CE%94%CE%97%CE%93%CE%99%CE%91+2014+89+%CE%98%CE%A7%CE%A3.pdf/236ff3e1-1240-4253-9e35-06136c5ee462> ; 2014.
- Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Απριλίου 2009 «Σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές και την Τροποποίηση και την Συνακόλουθη Κατάργηση των Οδηγιών 2001/77ΕΚ και 2003/30/ΕΚ». <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028> ;2009.
- Ομάδα Εργασίας για την Ακτοπλοΐα Ε.Ε.ΣΥ.Μ-Σ.Ε.Ε.Ν-Ε.ΔΙ.ΝΑ.Λ.Ε. Κρίσιμες Ωρες για την Ακτοπλοΐα και τις Συγκοινωνίες των Ελληνικών Νησιών. Το Πρόβλημα και οι Πιθανές Λύσεις. <http://docplayer.gr/1287922-Omada-ergasias-gia-tin-aktoploia-e-e-sy-m-s-e-e-n-e-di-na-l-e-peiraias-fevroyarios-2014.html> ;2014.
- Ομάδα Εργασίας ΔΕΗ. ΔΕΣΜΗΕ και ΡΑΕ. Μελέτη Ανάπτυξης του Ηλεκτρικού Συστήματος της Κρήτης. Διασύνδεση με το Ηπειρωτικό Σύστημα. http://www.admie.gr/fileadmin/user_upload/Files/study/MELETI_DIASYNDESIS_TIS_KRITIS_EKTENIS_PERILIPSI.pdf ; 2011.
- Παπαθανασίου Σ. Σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, [file:///C:/Users/PC-User/Downloads/Shmeivseis%20Oikonomikvn%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/PC-User/Downloads/Shmeivseis%20Oikonomikvn%20(4).pdf) ;2012.
- Πολατίδης, Η. Ενεργειακή Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων: Ένα Πολυκριτηριακό Μεθοδολογικό Πλαίσιο. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, 2003.

- Σιμόπουλος Σ.Ε. Πυρηνικά Ατυχήματα και Επιπτώσεις.
<http://arcas.nuclear.ntua.gr/arcas/publications/files/pyrinika-atyehmata-edem-190520.pdf> ; 2013.
- Σκλαβούνος Π. Συνέντευξη του Καθ. Παύλου Σκλαβούνου στην Καθημερινή.
<http://www.kathimerini.gr/348724/article/epikairothta/ellada/lysh-me-plwtes-anemogennhtries> ;2009.
- Σουκισιάν Τ, Χατζηνάκη Μ, Κορρές Γ, Παπαδόπουλος Α. Άτλαντας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε; 2007.
- Στεφανάκης Ε. Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Εκδόσεις Παπασωτηρίου; 2010.
- Στεφανή Φ, Τσιλιμίγκας Γ, Γουργιώτης Α. Ζητήματα σύνταξης ενός ολοκληρωμένου πλαισίου για το θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό. Επιστημονικό Περιοδικό Αειχώρος, 2016; 23:135-150.
- ΥΠΕΚΑ. Διαδικασία Προκαταρκτικής Χωροθέτησης Θαλάσσιων Αιολικών Πάρκων,
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=KULgqguBtqA%3D&tabid=367> ;2010.
- ΥΠΕΚΑ. Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3D&> ;2010.
- ΥΠΕΚΑ. Έκθεση για τον Τομέα Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο Πλαίσιο του Σχεδιασμού Αναμόρφωσης του Μηχανισμού Στήριξης,
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ayq57aIx1P4%3D&tabid=37&> ; 2012.
- ΦΕΚ 160/Α/16/10/86. «Για την Προστασία του Περιβάλλοντος».
<http://politics.wwf.gr/images/stories/political/nomothesia/n1650-1986.pdf>
- ΦΕΚ Α 168/94/07.10. 1994. «Ρύθμιση Θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και από Συμβατικά Καύσιμα και άλλες Διατάξεις».
[http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168\(7-10-94\)_2244.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168(7-10-94)_2244.pdf)
- ΦΕΚ 286/99/22.12.1999. «Απελευθέρωσης της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας-Ρύθμιση Θεμάτων Ενεργειακής Πολιτικής και λοιπές Διατάξεις».
[http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/286\(22-12-99\)_2773.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/286(22-12-99)_2773.pdf)
- ΦΕΚ Α. 2742/07.10.1999. «Χωροταξικός Σχεδιασμός και Αειφόρος Ανάπτυξη & άλλες Διατάξεις».
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=S%2Fiw8LI060s%3D&tabid=323>
- ΦΕΚ 201/01/12.09.2001. «Απλοποίηση Διαδικασιών Ίδρυσης Εταιρειών, Αδειοδότησης ΑΠΕ, Ρύθμιση Θεμάτων της Α.Ε. «Ελληνικά Ναυπηγεία» και άλλες Διατάξεις».
[http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/201\(12-9-01\)_2941.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/201(12-9-01)_2941.pdf)
- ΦΕΚ 129/06.27.06.2006. «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές Διατάξεις».
[http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129\(27-6-06\)_3468.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129(27-6-06)_3468.pdf)

- ΦΕΚ 202/Β/16.02.2007. http://www.eyath.gr/misc/FEK202B_2007.pdf
- Φ.Ε.Κ.Β. 2464/03.12.2008 «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων». <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=zkmN5DrZKKo%3D&tabid=513>
- ΦΕΚ 87/Α/07.06.2010. Νόμος 3852/2010 «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης-Πρόγραμμα Καλλικράτης». 2010.
- ΦΕΚ 85/Α/04.06.2010. Νόμος 3851/2010 «Επιτάχυνση της Ανάπτυξης των ΑΠΕ για την Αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής και άλλες Διατάξεις σε Θέματα Αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=rnhppGnURds%3D>
- ΦΕΚ. 249/Α/25/11/2011. Νόμος 4030/2011 «Νέος Τρόπος Έκδοσης Αδειών Δόμησης, Ελέγχου Κατασκευών και λοιπές Διατάξεις». <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ebAR65AW4B8%3D&tabid=229&language=el-GR>
- ΦΕΚ 60/Α/31/03/2011. Νόμος 3937/2011 «Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες Διατάξεις», http://www.karagilanis.gr/images/site/1010/6999_nomos_3937.pdf .
- ΦΕΚ 142/Α/28/06/2014. Νόμος 4269/2014 «Χωροταξική και Πολεοδομική Μεταρρύθμιση-Βιώσιμη Ανάπτυξη», http://www.pde.gov.gr/ppxsaa/content/files/nomothesia/FEK_142_A_2014.pdf
- Χαλκιάς Χ. Γεωγραφική Ανάλυση με την Αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής. https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/4546/1/13052_00_master_document_final.pdf ; 2015.
- Χαλκιάς Χ. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Συμπληρωματικές Σημειώσεις), Αθήνα: 2011.
- Χαλκιάς Χ. Όρια και Έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα: 2006.