



Πολυτεχνείο Κρήτης  
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

# ΒΙΩΣΙΜΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΩΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ  
ΤΣΑΡΚΝΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

*ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2021*

*Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All Rights Reserved.*

*Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.*



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

# ΒΙΩΣΙΜΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΩΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ  
ΤΣΑΡΚΝΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

*ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ*

*ΚΑΘ. ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)*

*ΚΑΘ. ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ*

*ΕΠ. ΚΑΘ. ΑΝΔΡΟΝΙΚΗ ΤΣΟΥΧΛΑΡΑΚΗ*



## Περίληψη

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στην πορεία της απεξάρτησης της ανθρωπότητας από τα ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2020, το 11% της ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης παράγεται από αιολικά σε μια περίοδο που το ενδιαφέρον για επενδύσεις στην πράσινη ενέργεια αυξάνεται συνεχώς. Παρόλα αυτά, το μεγαλύτερο μέρος του αιολικού δυναμικού βρίσκεται στην θάλασσα και κυρίως σε περιοχές με μεγάλο βάθος όπου η εγκατάσταση σταθερών ανεμογεννητριών καθίσταται αδύνατη. Η τεχνολογία των πλωτών αιολικών πάρκων, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν σε μεγάλα βάθη, έρχεται να εκμεταλλευτεί το υψηλό αυτό δυναμικό για την παραγωγή καθαρής ενέργειας.

Στόχος της εργασίας είναι ο καθορισμός των καταλληλότερων περιοχών για την εγκατάσταση πλωτών αιολικών πάρκων στην θαλάσσια περιοχή της Κρήτης και η αξιολόγηση τους βάσει των ενεργειακών τους χαρακτηριστικών. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού αναπτύσσεται μια μεθοδολογία η οποία βασίζεται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ).

Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή, ορίζονται αρχικά οι διαθέσιμες περιοχές για χωροθέτηση. Οι περιοχές αυτές προκύπτουν μετά την εξαίρεση εκτάσεων βάσει κριτηρίων τα οποία προκύπτουν από το ελληνικό νομικό πλαίσιο και τη διεθνή βιβλιογραφία, τα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται η εξαίρεση των περιοχών ονομάζονται κριτήρια αποκλεισμού. Ακολούθως οι διαθέσιμες περιοχές αξιολογούνται βάσει κριτηρίων που σχετίζονται με ενεργειακούς, τεχνοοικονομικούς, περιβαλλοντικούς, παράγοντες ασφαλείας και παράγοντες όχλησης του έργου, με σκοπό τον καθορισμό των καταλληλότερων περιοχών για χωροθέτηση. Ως καταλληλότερες ορίζονται τρεις περιοχές οι οποίες όλες εντοπίζονται στην ΠΕ Λασιθίου, επιβεβαιώνοντας έτσι τον σημαντικό ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει η συγκεκριμένη περιοχή στην παραγωγή καθαρής ενέργειας. Τέλος προσδιορίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των τριών καταλληλότερων περιοχών, με σκοπό την ενεργειακή τους αξιολόγηση.

Η μελέτη βάσει της συγκεκριμένης μεθοδολογίας επιτυγχάνει τον καθορισμό της καταλληλότητας όλων των θαλάσσιων περιοχών της περιφέρειας Κρήτης όσον αφορά την εγκατάσταση πλωτών αιολικών πάρκων. Επιπλέον, τονίζεται ο σημαντικός ενεργειακός ρόλος που μπορούν να διαδραματίσουν τα πλωτά αιολικά στην περίπτωση της Κρήτης, καθώς μόνο με τη χρήση των τριών καταλληλότερων περιοχών μπορεί να καλυφθεί έως και το 56% των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

**Λέξεις κλειδιά:** Πλωτά αιολικά πάρκα, Χωροθέτηση ΑΠΕ, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), Θαλάσσια ενέργεια, Κρήτη

## **Abstract**

Wind energy is a promising renewable energy source, in the way towards human dependence from fossil fuels. According to 2020 data, 11% of EU's electric energy is produced from the wind at a time when interest in investing in green energy is constantly growing. However, most of wind potential is located at the sea and mainly in great depth areas where the installation of fixed wind turbines is unfeasible. Floating wind farms technology, which can be deployed at deep waters, could take advantage of this high potential in order to produce clean energy.

The aim of this study is to define the most suitable areas for the installation of floating wind farms in the sea of Crete and to evaluate them according to their energy characteristics. To achieve this goal a methodology based on Geographic Information Systems (GIS) is developed.

According to the developed methodology, available areas for installation are initially defined. These locations are determined after the exclusion of areas based on criteria that arise from the Greek framework and the state of the art. The criteria used for the elimination of unsuitable locations are called exclusion criteria. Available areas are further evaluated based on criteria related to energy, techno-economic, environmental, safety and project nuisance factors, in order to determine the most suitable areas for the installation of floating wind farms. Three areas are defined as the most suitable, all of which are located in the Lassithi Regional Unit, confirming the important role that this area can play in the production of clean energy. Finally, the energy characteristics of the three most suitable areas are determined for the purpose of energy evaluation.

The study, based on the developed methodology, achieves to determine the suitability of all marine areas of the region of Crete regarding the installation of floating wind farms. In addition, the important energy role that floating wind farms can play in the case of Crete is emphasized, as the use of only the most suitable areas can cover up to 56% of the energy needs of the island.

**Keywords:** Floating wind farms, RES Sitting, Geographic Information Systems (GIS), Marine energy, Crete

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης κατά το έτος 2021.

Η πραγματοποίηση της εργασίας δεν θα ήταν δυνατή δίχως την βοήθεια και την καθοδήγηση του κυρίου Θεοχάρη Τσούτσου, Καθηγητή της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος, και της κυρίας Πανδώρας Γκέκα – Σερπετσιδάκη, Υποψήφιας Διδάκτορα της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος, τους ευχαριστώ ιδιαίτερα για την υποστήριξή τους. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, την κα. Καθηγήτρια Διονυσία Κολοκοτσά και την κα. Επίκουρη Καθηγήτρια Ανδρονίκη Τσουχλαράκη. Θα ήθελα ακόμα να πω ένα ευχαριστώ στον κύριο Κωνσταντίνο Βασιλικό, Μηχανολόγο Μηχανικό, για την πολύτιμη βοήθειά του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου για την συνεχή στήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

*Νίκος Τσαρκνιάς*

## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Ευχαριστίες .....	7
Πίνακας Περιεχομένων .....	8
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Πινάκων .....	13
Συντομογραφίες .....	14
1 Εισαγωγή.....	15
1.1 Πλωτά αιολικά πάρκα.....	16
1.2 Περιοχή Μελέτης.....	21
1.2.1 Ηλεκτρικό δίκτυο Κρήτης.....	21
1.3 Χωροθέτηση ΑΠΕ .....	23
1.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση (State of the art).....	24
1.5 Σκοπός της εργασίας .....	25
2 Μεθοδολογία .....	26
2.1 Κριτήρια Αποκλεισμού.....	27
2.1.1 Περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές .....	27
2.1.2 Περιοχές στρατιωτικών ασκήσεων .....	28
2.1.3 Υποθαλάσσια καλώδια και αγωγοί .....	30
2.1.4 Βάθος.....	31
2.1.5 Δίοδοι ναυσιπλοΐας .....	32
2.1.6 Αεροδρόμια.....	33
2.1.7 Περιοχές δεσμευμένες για εξόρυξη υδρογονανθράκων .....	33
2.1.8 Οικισμοί - Ακτές - Μνημεία .....	34
2.1.9 Μέση ταχύτητα ανέμου.....	36
2.2 Κριτήρια Αξιολόγησης .....	37
2.2.1 Ορατότητα.....	38
2.2.2 Απόσταση από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές .....	39
2.2.3 Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης .....	40
2.2.4 Βάθος.....	41
2.2.5 Απόσταση από λιμάνι .....	42
2.2.6 Απόσταση από την ακτή .....	44
2.2.7 Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας .....	45
2.2.8 Μέση ταχύτητα ανέμου.....	46
2.2.9 Κατηγοριοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης .....	47



2.2.10	Υπολογισμός καταλληλότητας .....	51
2.3	Ενεργειακή Αξιολόγηση Περιοχών.....	52
2.3.1	Τύποι ανεμογεννητριών .....	53
2.3.2	Προγραμματισμός στο WAsP.....	53
3	Αποτελέσματα.....	56
3.1	Αποτελέσματα κριτηρίων αποκλεισμού .....	56
3.2	Αποτελέσματα κριτηρίων αξιολόγησης .....	58
3.2.1	Αποτελέσματα κατηγοριοποίησης κριτηρίων .....	63
3.3	Αποτελέσματα αξιολόγησης περιοχών .....	65
3.4	Αποτελέσματα ενεργειακής αξιολόγησης.....	66
3.4.1	Περιοχή: «Χρυσή».....	68
3.4.2	Περιοχή: «Ελούντα» .....	73
3.4.3	Περιοχή: «Ζάκρος» .....	81
4	Συζήτηση.....	90
5	Συμπεράσματα.....	93
5.1	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	94
	Βιβλιογραφία .....	95
	Παράρτημα.....	98
	Παράρτημα Α – Ανακατάταξη κριτηρίων αξιολόγησης.....	98
	Παράρτημα Β – Καμπύλες ισχύος ανεμογεννητριών .....	103
	Παράρτημα Γ – Ενεργειακά χαρακτηριστικά σημείων εγκατάστασης.....	105
	Παράρτημα Δ – Ψηφιακή απεικόνιση εγκαταστάσεων .....	109

## Κατάλογος Εικόνων

1.1: Εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη (WindEurope) .....	16
1.2: Διαθέσιμο αιολικό δυναμικό (Carbon Trust, MOFA) .....	17
1.3 : Διάγραμμα τεχνολογιών έδρασης πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope) ....	17
1.4 : Τεχνολογίες έδρασης πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope) .....	18
1.5: Ημιβυθισμένη πλατφόρμα (Semi-submersible)( WINDPOWER MONTHLY) ....	18
1.6: Πλατφόρμα τύπου σημαδούρας (Spar buoy) (NBC NEWS).....	19
1.7: Πλατφόρμα TLP (GICON) .....	20
1.8: Πλατφόρμα τύπου φορτιγήδας (Barge) (OE Digital) .....	20
1.9: Τεχνολογική εξέλιξη των πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope, Carbon Trust) .....	21
1.10: Παραγωγή ενέργειας ανά πηγή στην Κρήτη (2020) (ΔΕΔΔΗΕ).....	23
2.1: Διάγραμμα Μεθοδολογίας .....	26
2.2: Κριτήρια Αποκλεισμού: Περιβαλλοντικά Προστατευόμενες Περιοχές [18] .....	28
2.3: Πεδία Βολής, Πηγή: ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΓΓΕΛΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΛΟΜΕΝΟΥΣ 2019 [3].....	29
2.4: Κριτήρια Αποκλεισμού: Περιοχές Στρατιωτικών Ασκήσεων [3] .....	30
2.5: Κριτήρια αποκλεισμού: Υποθαλάσσια καλώδια και αγωγοί [6],[7],[8],[9],[10] ....	31
2.6: Κριτήρια αποκλεισμού: Βάθος [11] (Εξαιρούνται οι πράσινες και κίτρινες περιοχές).....	32
2.7: Κριτήρια αποκλεισμού: Πυκνότητα θαλάσσιων διαδρομών [6].....	32
2.8: Κριτήρια αποκλεισμού: Αεροδρόμια [12].....	33
2.9: Περιοχές για εξόρυξη υδρογονανθράκων, Πηγή: ΕΔΕΥ.....	34
2.10: Κριτήρια αποκλεισμού: Περιοχές δεσμευμένες για εξόρυξη υδρογονανθράκων [13],[14] .....	34
2.11: Κριτήρια αποκλεισμού: Μνημεία - Κολυμβητικές ακτές [5],[6],[15].....	35
2.12: Κριτήρια αποκλεισμού: Οικισμοί - Παραδοσιακοί οικισμοί [5],[15] .....	35
2.13: Κριτήρια αποκλεισμού: Ταχύτητα ανέμου [17] .....	36
2.14: Κριτήρια αξιολόγησης: Ορατότητα [23] .....	38
2.15: Εντολή Viewshed 2 .....	39
2.16: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές [18].....	40
2.17: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης [29] .....	41
2.18: Βαθυμετρικός χάρτης Κρήτης [11] .....	42
2.19: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από λιμάνι [30] .....	43
2.20: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από την ακτή [15] .....	44
2.21: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας [6].....	45
2.22: Κριτήρια αξιολόγησης: Μέση ταχύτητα ανέμου [17] .....	46
2.23: Υπολογισμός κριτηρίων όχλησης .....	48
2.24: Υπολογισμός κριτηρίων προστασίας περιβάλλοντος .....	48
2.25: Υπολογισμός τεχνοοικονομικών κριτηρίων .....	49
2.26: Υπολογισμός κριτηρίων ασφαλείας .....	49
2.27: Υπολογισμός ενεργειακών κριτηρίων .....	50
2.28: Υπολογισμός καταλληλότητας .....	51
2.29: Αξιολόγηση βάσει της καταλληλότητας των περιοχών .....	51
2.30: Καταλληλότερες περιοχές για χωροθέτηση.....	52
2.31: Δημιουργία του προφίλ της Vestas V164 – 8MW στο Wind Turbine Editor .....	54

2.32: Δημιουργία αναγλύφου στο WAsP.....	55
2.33: Τοποθέτηση ανεμογεννητριών στο WAsP .....	55
3.1: Κριτήρια αποκλεισμού (1/2) (ArcMap 10.7).....	56
3.2: Κριτήρια Αποκλεισμού (2/2) (ArcMap 10.7) .....	57
3.3: Περιοχές όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση (ArcMap 10.7).....	57
3.4: Περιοχές εντός των χωρικών υδάτων όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση (ArcMap 10.7).....	58
3.5: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Ορατότητα) (ArcMap 10.7).....	59
3.6: Ορατότητα των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7).....	59
3.7: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από ΠΠΠ (ArcMap 10.7) .....	59
3.8: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από ΠΠΠ) (ArcMap 10.7) .....	59
3.9: : Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από ΔΥΤ) (ArcMap 10.7) .....	60
3.10: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από το ΔΥΤ (ArcMap 10.7).....	60
3.11: Βάθος των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7).....	60
3.12: Βάθος των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7).....	60
3.13: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από λιμάνι) (ArcMap 10.7).....	61
3.14: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από λιμάνι (ArcMap 10.7).....	61
3.15: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από την ακτή) (ArcMap 10.7).....	61
3.16: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από την ακτή (ArcMap 10.7).....	61
3.17: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας) (ArcMap 10.7) .....	62
3.18: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από διόδους ναυσιπλοΐας (ArcMap 10.7) .....	62
3.19: Καταλληλότητα διαθέσιμων περιοχών (Μέση ταχύτητα ανέμου) (ArcMap 10.7) .....	62
3.20: Μέση ταχύτητα ανέμου των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7).....	62
3.21: Καταλληλότητα (Κριτήρια όχλησης) (ArcMap 10.7).....	63
3.22: Καταλληλότητα (Περιβαλλοντικά κριτήρια) (ArcMap 10.7) .....	63
3.23: Καταλληλότητα (Τεχνοοικονομικά κριτήρια) (ArcMap 10.7).....	64
3.24: Καταλληλότητα (Κριτήρια ασφαλείας) (ArcMap 10.7).....	64
3.25: Καταλληλότητα (Ενεργειακά κριτήρια) (ArcMap 10.7) .....	65
3.26: Καταλληλότητα διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7).....	65
3.27: Καταλληλότερες περιοχές (ArcMap 10.7) .....	66
3.28: Καμπύλη ισχύος Vestas V112 - 3 MW (WAsP 12.6.).....	67
3.29: Καμπύλη ισχύος Vestas V164 - 8 MW (WAsP 12.6.).....	67
3.30: Περιοχή "Χρυσή" (Google Earth Pro).....	68
3.31: Ροδόγραμμα περιοχής "Χρυσή" (WAsP 12.6.).....	68
3.32: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6).....	70
3.33: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro) ..	70
3.34: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6).....	71
3.35: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro) ..	71
3.36: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2)(WAsP 12.6).....	73
3.37: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1)(WAsP 12.6).....	73
3.38: Περιοχή "Ελούντα" (Google Earth Pro).....	73
3.39: Ροδόγραμμα ανατολικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» (WAsP 12.6).....	74

3.40: Ροδόγραμμα δυτικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» (WAsP 12.6) .....	74
3.41: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6) .....	77
3.42: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro) .....	77
3.43: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6) .....	78
3.44: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro) .....	78
3.45: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1) (WAsP 12.6).....	80
3.46: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2) (WAsP 12.6).....	80
3.47: Περιοχή "Ζάκρος" (Google Earth Pro) .....	81
3.48: Ροδόγραμμα βόρειου τμήματος περιοχής «Ζάκρος» (WAsP 12.6) .....	82
3.49: Ροδόγραμμα νότιου τμήματος περιοχής «Ζάκρος» (WAsP 12.6).....	82
3.50: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6) .....	84
3.51: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro) .....	84
3.52: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6) .....	85
3.53: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro) .....	86
3.54: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1) (WAsP 12.6).....	88
3.55: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2) (WAsP 12.6).....	88

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Χαρακτηριστικά της ημιβυθισμένης πλατφόρμας .....	18
Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας τύπου σημαδούρας.....	19
Πίνακας 1.3: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας TLP.....	20
Πίνακας 1.4: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας TLP.....	20
Πίνακας 1.5: Εγκατεστημένη ισχύς ανα πηγή ενέργειας στην Κρήτη (MW) (ΔΕΔΔΗΕ) .....	22
Πίνακας 1.6: Παραγόμενη ενέργεια ανά πηγή στην Κρήτη (GWh) (ΔΕΔΔΗΕ).....	22
Πίνακας 1.7: Βιβλιογραφική επισκόπηση των κριτηρίων αξιολόγησης. ....	25
Πίνακας 2.1: : Χαρακτηρισμός Περιοχών.....	27
Πίνακας 2.2: Κριτήρια Αποκλεισμού.....	37
Πίνακας 2.3: Καταλληλότητα βάσει ορατότητας.....	39
Πίνακας 2.4: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από ΠΠΠ.....	40
Πίνακας 2.5: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από το δίκτυο υψηλής τάσης .....	41
Πίνακας 2.6: Καταλληλότητα βάσει βάθους.....	42
Πίνακας 2.7: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από λιμάνι .....	43
Πίνακας 2.8: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από την ακτή .....	44
Πίνακας 2.9: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από διόδους ναυσιπλοΐας.....	45
Πίνακας 2.10: Καταλληλότητα βάσει μέσης ταχύτητας ανέμου.....	46
Πίνακας 2.11: Κριτήρια Αξιολόγησης.....	47
Πίνακας 2.12: Κατηγοριοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης.....	50
Πίνακας 2.13: Περιοχές προς ενεργειακή ανάλυση.....	52
Πίνακας 2.14: Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών .....	53
Πίνακας 3.1: Διαθέσιμες περιοχές ανά περιφερειακή ενότητα.....	58
Πίνακας 3.2: Καταλληλότερες περιοχές .....	66
Πίνακας 3.3: Ανεμολογικά δεδομένα περιοχής «Χρυσή» .....	69
Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Χρυσή» .....	72
Πίνακας 3.5: Ανεμολογικά δεδομένα δυτικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» .....	75
Πίνακας 3.6: Ανεμολογικά δεδομένα ανατολικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» ....	76
Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Ελούντα» .....	79
Πίνακας 3.8: Ανεμολογικά δεδομένα βόρειου τμήματος περιοχής «Ζάκρος» .....	82
Πίνακας 3.9: Ανεμολογικά δεδομένα νότιου τμήματος περιοχής «Ζάκρος».....	83
Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Ζάκρος».....	87
Πίνακας 3.11: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων .....	89

## **Συντομογραφίες**

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΠΕ: Περιφερειακή Ενότητα

ΑΗΣ: Ατμοηλεκτρικός Σταθμός

ΘΜ: Θερμικές Μονάδες

ΦΒ: Φωτοβολταϊκά

ΜΥΗΣ: Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός

ΔΕΔΔΗΕ: Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΕΔΕΥ: Ελληνική Διαχειριστική Εταιρία Υδρογονανθράκων

ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ν.μ: Ναυτικά Μίλια

ΑΟΖ: Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη

ΑΠ: Κριτήρια Αποκλεισμού

ΑΞ: Κριτήρια Αξιολόγησης

ΠΠΠ: Περιβαλλοντικά Προστατευόμενες Περιοχές

ΔΥΤ: Δίκτυο Υψηλής Τάσης

RES: Renewable Energy Sources

GIS: Geographic Information Systems

MW: Mega Watt

GW: Giga Watt

MWh: Mega Watt hour

GWh: Giga Watt hour

kV: Kilo Volt

TLP: Tension Leg Platform

MCDA: Multiple-criteria decision analysis

AHP: Analytic Hierarchy Process

GWC: Generalized Wind Climate

AEP: Annual Energy Production

CF: Capacity Factor

RD: Rotor Diameter

n.m.: Nautical Miles

## 1 Εισαγωγή

Είναι γνωστό πως η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της ανθρωπότητας. Μέρος του προβλήματος οφείλεται στην αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων, όπως άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, μεταξύ άλλων και για την παραγωγή ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η όλο και πιο έντονη εμφάνιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη, κάνει την ανάγκη για καθαρή ενέργεια περισσότερο επιτακτική από ποτέ.

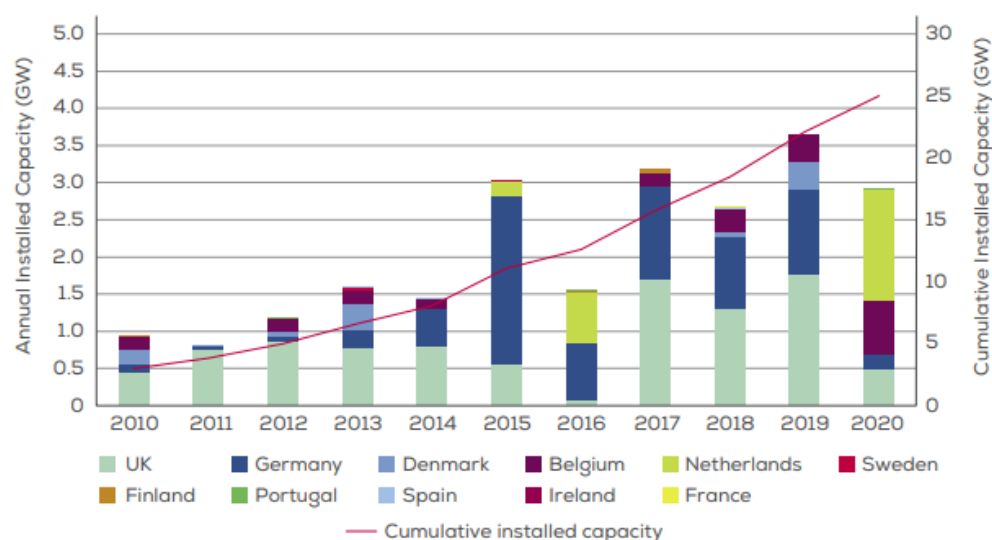
Η αιολική ενέργεια παρουσιάζεται ως μια σημαντική πηγή καθαρής ενέργειας η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο του άνθρακα. Σύμφωνα με τα στατιστικά της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2020 [33] μόλις το 10,5% του συνόλου της παγκόσμιας ενέργειας και το 25,2% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 18,9% συνόλου της ενέργειας παράγεται από ΑΠΕ. Ειδικότερα στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας, το 32,9% παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και βιοκαύσιμα, το 20,8 % παράγεται από στερεά καύσιμα, το 1,9% παράγεται από πετρέλαιο, το 17,8 % παράγεται από φυσικό αέριο, το 25,9% παράγεται από πυρηνικά καύσιμα και το 0,7% παράγεται από απόβλητα (μη – ΑΠΕ). Από το μερίδιο των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας της ΕΕ, το 33,1% αποδίδεται στην αιολική ενέργεια, το 38,3% στα υδροηλεκτρικά, το 11,9% στην ηλιακή ενέργεια, το 5,7% στη βιομάζα και το 0,7% στη γεωθερμική ενέργεια. Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην συνολική κατανάλωση, να φτάσει το 32% έως το 2030. Για να επιτευχθεί αυτό σημαντικό ρόλο αναμένεται να διαδραματίσει η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό.

Το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου, αλλά και του Ευρωπαϊκού αιολικού δυναμικού βρίσκεται στη θάλασσα, όπου η μέση ταχύτητα ανέμου είναι υψηλότερη λόγω της απουσίας εμποδίων. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες εκμετάλλευσης του ισχυρού υπεράκτιου αιολικού δυναμικού, με την ταυτόχρονη τεχνολογική εξέλιξη η οποία έχει πλέον καταστήσει κάτι τέτοιο δυνατό.

Την τελευταία δεκαετία η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει αναπτυχθεί κυρίως στην περιοχή της Ευρώπης, καθώς το 2019 βρίσκονταν εγκατεστημένα αιολικά πάρκα συνολικής ονομαστικής ισχύος 22GW (εικόνα 1.1) από το σύνολο των 29 GW που υπήρχαν εγκατεστημένα παγκοσμίως, δηλαδή περίπου το 75% της παγκόσμιας υπεράκτιας εγκατεστημένης ισχύος. Συνολικά στην Ευρώπη έχουν εγκατασταθεί 116 αιολικά πάρκα σε 12 χώρες και 5402 ανεμογεννήτριες έχουν συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο μέχρι το 2020 [34].

FIGURE A

Annual offshore wind installations by country (left axis) and cumulative capacity (right axis) (GW)



Source: WindEurope

1.1: Εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη (WindEurope)

Σχεδόν ολόκληρη η εγκατεστημένη ισχύς εντοπίζεται στη βόρεια Ευρώπη και συγκεκριμένα στην περιοχή της Βαλτικής θάλασσας. Η θαλάσσια περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ρηχά ύδατα τα οποία επιτρέπουν να ανάπτυξη σταθερών αιολικών πάρκων σε μεγάλες εκτάσεις και σε πολλές περιπτώσεις σε μεγάλη απόσταση από την ακτή όπου το αιολικό δυναμικό είναι ισχυρότερο. Παρόλα αυτά ακόμα και σε ρηχές θαλάσσιες περιοχές όπως της Βαλτικής υπάρχουν περιοχές με υψηλό δυναμικό όπου σταθερά αιολικά πάρκα με μέγιστο βάθος τα 50 m, δεν είναι δυνατό να εγκατασταθούν [36].

## 1.1 Πλωτά αιολικά πάρκα

Η τεχνολογική ανάπτυξη έχει πλέον επιτρέψει την εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε βάθη μεγαλύτερα των 50 m, όπου το αιολικό δυναμικό είναι υψηλότερο, με την χρήση πλωτών πλατφορμών. Οι πλωτές ανεμογεννήτριες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας την εμπειρία των σταθερών αιολικών και των πλωτών πλατφορμών εξόρυξης υδρογονανθράκων [36]. Το πρώτο πλωτό αιολικό πάρκο παγκοσμίως δημιουργήθηκε στην Σκωτία το 2017. Το Hywind Scotland, όπως ονομάστηκε, αποτελείται από 5 πλωτές ανεμογεννήτριες των 6 MW και έχει ως μέγιστη ονομαστική ισχύ τα 30 MW [38].

Μέχρι το 2020 έχουν αναπτυχθεί 62 MW πλωτών αιολικών στην Ευρώπη. Παράλληλα έως το 2023 εκτιμάται ότι θα έχουν εγκατασταθεί επιπλέον 251,5 MW πλωτών αιολικών, ενώ την επόμενη δεκαετία πρόκειται να έχουν εγκατασταθεί πλωτά αιολικά συνολικής ονομαστικής ισχύος 7 GW [34]. Οι πλατφόρμες αυτές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευελιξία ως προς το μέγιστο βάθος τοποθέτησης, καθώς σε αντίθεση με τις σταθερές ανεμογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε βάθος έως και 1000 m. Επιπλέον με την εγκατάσταση πλωτών αιολικών αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της έλλειψης έκτασης για χωροθέτηση που προκύπτει στην περίπτωση των χερσαίων αιολικών λόγω των πολλών χωροταξικών περιορισμών και της περιορισμένης χερσαίας έκτασης και στην περίπτωση των σταθερών υπεράκτιων αιολικών λόγω των περιορισμένων ρηχών υδάτων ιδίως στην περιοχή της Μεσογείου. Στην εικόνα 1.2



παρουσιάζεται το διαθέσιμο υπεράκτιο αιολικό δυναμικό σε περιοχές όπου είναι δυνατή η εγκατάσταση πλωτών αιολικών πάρκων.

#### Potential for FOW

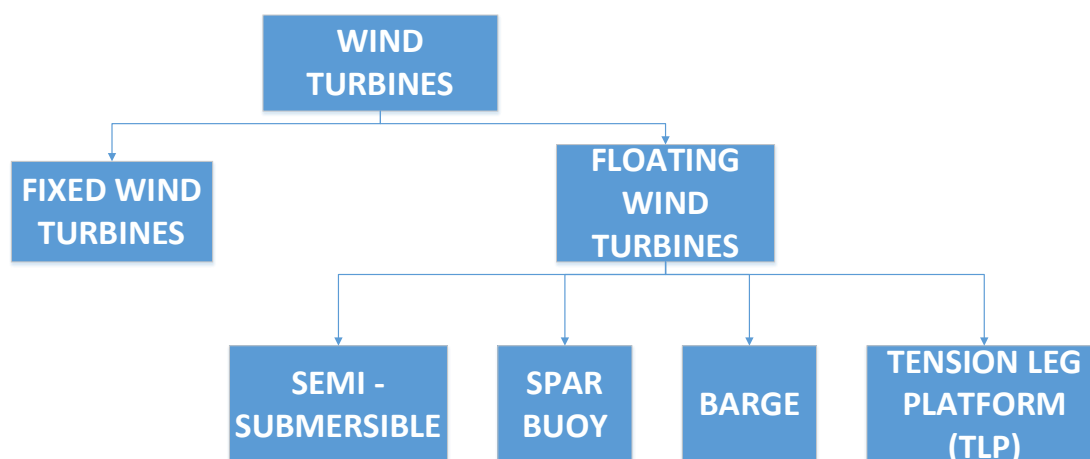
COUNTRY / REGION	SHARE OF OFFSHORE WIND RESOURCE IN +60m DEPTH	POTENTIAL FOR FLOATING WIND CAPACITY
Europe	80%	4,000 GW
USA	60%	2,450 GW
Japan	80%	500 GW
Taiwan	-	90 GW

Sources: MOFA and Carbon Trust<sup>2</sup>

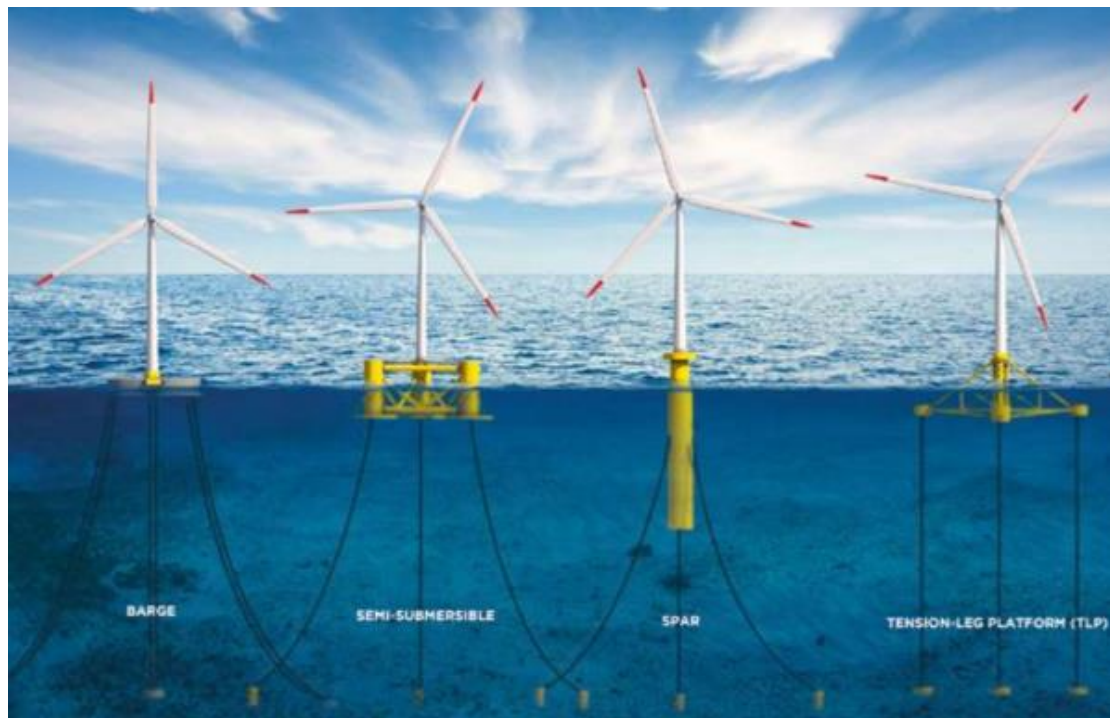
#### 1.2: Διαθέσιμο αιολικό δυναμικό (Carbon Trust, MOFA)

Σύμφωνα με το εργαστήριο ανανεώσιμης ενέργειας των ΗΠΑ (NREL), το 2018 το ανηγμένο κόστος ενέργειας των πλωτών αιολικών ανερχόταν στα 132\$/MWh για μια ανεμογεννήτρια των 5,5 MW, ενώ υπολογίζεται πως το 2030, το ανηγμένο κόστος ενέργειας θα έχει μειωθεί στα 51\$/MWh, λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης, της βελτίωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και του αυξημένου ανταγωνισμού. Την ίδια στιγμή το ανηγμένο κόστος ενέργειας για τα σταθερά υπεράκτια αιολικά πάρκα το 2018 ήταν 89\$/MWh [37].

Στα πλαίσια της εγκατάστασης πλωτών αιολικών πάρκων, έχουν χρησιμοποιηθεί 4 πλωτές πλατφόρμες έδρασης ανεμογεννητριών, οι οποίες είναι οι: Ημιβυθισμένη (Semi – Submersible), η τύπου σημαδούρας (Spar Buoy), η TLP (Tension Leg Platform) και η τύπου φορτηγίδας (Barge) [34]. Τα παραπάνω είδη των πλωτών βάσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί διεθνώς σε πιλοτικά ή εμπορικά έργα παρουσιάζονται στις εικόνες 1.3 και 1.4.



#### 1.3 : Διάγραμμα τεχνολογιών έδρασης πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope)



1.4 : Τεχνολογίες έδρασης πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope)

#### ι. Ημιβυθισμένη (Semi – submersible)

Η ημιβυθισμένη πλατφόρμα (εικόνα 1.5) αποτελείται από τρεις κυλίνδρους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους και είναι μερικώς πληρωμένοι με νερό και σκυρόδεμα, προκειμένου να έχουν τη δυνατότητα να αντισταθμίζουν το βάρος της ανεμογεννήτριας, η οποία εδράζεται πάνω στον έναν από τους τρεις κυλίνδρους. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί το μεγάλο της πλάτος προκειμένου να επιπλέει και παράλληλα σταθεροποιείται με τη χρήση αλυσίδας και αγκυρώσεων στον βυθό της θάλασσας. Δεδομένου πως η αλυσίδα που χρησιμοποιείται δεν είναι τεντωμένη η πλατφόρμα μπορεί να πραγματοποιεί μικρές κινήσεις εντός ενός ελεγχόμενου κύκλου [28]. Η συγκεκριμένη βάση έδρασης λόγω του μικρού της βυθίσματος επιτρέπει την εύκολη ρυμούλκηση, εγκατάσταση και συντήρηση [36]. Η ημιβυθισμένη πλατφόρμα έχει χρησιμοποιηθεί στο έργο WindFloat στα ανοιχτά του Πόρτο της Πορτογαλίας. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1.



1.5: Ημιβυθισμένη πλατφόρμα (Semi-submersible)( WINDPOWER MONTHLY)

Πίνακας 1.1 Χαρακτηριστικά της ημιβυθισμένης πλατφόρμας

Πλατφόρμα	Semi - Submersible
Βάθος εγκατάστασης	50 m – 1000m
Έργο	WindFloat
Βύθισμα	20m
Πηγή	Principle Power [28]

## ii. Τύπου σημαδούρας (Spar buoy)

Η πλατφόρμα τύπου σημαδούρας (εικόνα 1.6) αποτελείται από έναν μονό κύλινδρο ο οποίος είναι μερικώς πληρωμένος με νερό και αδρανή, πάνω στον οποίο εδράζεται η ανεμογεννήτρια. Η πλατφόρμα σταθεροποιείται χρησιμοποιώντας αλυσίδες και αγκυρώσεις. Δεδομένου πως η αλυσίδα που χρησιμοποιείται δεν είναι τεντωμένη η πλατφόρμα μπορεί να πραγματοποιεί μικρές κινήσεις εντός ενός ελεγχόμενου κύκλου [38]. Η απλή δομή της πλατφόρμας μπορεί να προσφέρει εύκολη κατασκευή και παρέχει σταθερότητα. Παρόλα αυτά το μεγάλο βύθισμα που απαιτείται για την ρυμούλκηση και την εγκατάσταση της μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα [36]. Η πλατφόρμα τύπου σημαδούρας μπορεί να τοποθετηθεί σε βάθος μεγαλύτερο των 100 m και στο παρελθόν έχει χρησιμοποιηθεί στο έργο Hywind στα ανοικτά της Σκωτίας, το οποίο και αποτέλεσε το πρώτο πλωτό αιολικό πάρκο παγκοσμίως. Τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2



1.6: Πλατφόρμα τύπου σημαδούρας (Spar buoy) (NBC NEWS)

**Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας τύπου σημαδούρας**

Πλατφόρμα	Spar Buoy
Βάθος εγκατάστασης	100 m – 1000 m
Έργο	WindFloat
Βύθισμα	78 m
Πηγή	Equinor [38]

## iii. TLP (Tension – leg platform)

Οι πλατφόρμες TLP αποτελούν μια δημοφιλή λύση στην βιομηχανία εξόρυξης υδρογονανθράκων και έχουν πλέον κεντρίσει τον ενδιαφέρον του ενεργειακού τομέα. Η πλατφόρμα TLP (εικόνα 1.7) αποτελεί μια ημιβυθισμένη πλατφόρμα, η οποία αγκυρώνεται στον θαλάσσιο πυθμένα και σταθεροποιείται χάρη στις τεντωμένες αλυσίδες που συνδέουν την βάση έδρασης με το σύστημα αγκύρωσης [39]. Η συγκεκριμένη λύση είναι αρκετά οικονομικότερη, λόγω του μικρότερου της μεγέθους και της απλής της κατασκευής, ενώ είναι αρκετά ελαφρύτερη. Παρόλα αυτά ολόκληρη η σταθεροποίηση της πλατφόρμας στηρίζεται στις τεντωμένες αλυσίδες, συνεπώς σε περίπτωση αστοχίας τους δημιουργείται κίνδυνος ανατροπής. Επιπλέον η εγκατάσταση της πλατφόρμας TLP είναι αρκετά δυσκολότερη [36]. Η πλατφόρμα μπορεί να τοποθετηθεί σε βάθος από 35 έως 250 m. Τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.



1.7: Πλατφόρμα TLP (GICON)

Πίνακας 1.3: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας TLP

Πλατφόρμα	TLP
Βάθος εγκατάστασης	45 m – 350m
Έργο	GICON – SOF
Βύθισμα	14 m
Πηγή	GICON – SOF [39]

#### iv. Τύπου φορτηγίδας (Barge)

Η πλατφόρμα τύπου φορτηγίδας (εικόνα 1.8) αποτελείται από μια τετραγωνική πλωτή κατασκευή από σκυρόδεμα ή χάλυβα με ένα κεντρικό άνοιγμα. Το άνοιγμα αυτό χρησιμοποιεί το νερό που βρίσκεται στο εσωτερικό του προκειμένου να ελαχιστοποιεί τις κινήσεις της πλατφόρμας προσδίδοντας σταθερότητα. Η ανεμογεννήτρια εδράζεται σε μία από τις τέσσερις πλευρές του τετραγώνου. Η πλατφόρμα αγκυρώνεται στον θαλάσσιο πυθμένα με τη χρήση αλυσίδων [40]. Τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας παρουσιάζονται στον πίνακα 1.4.

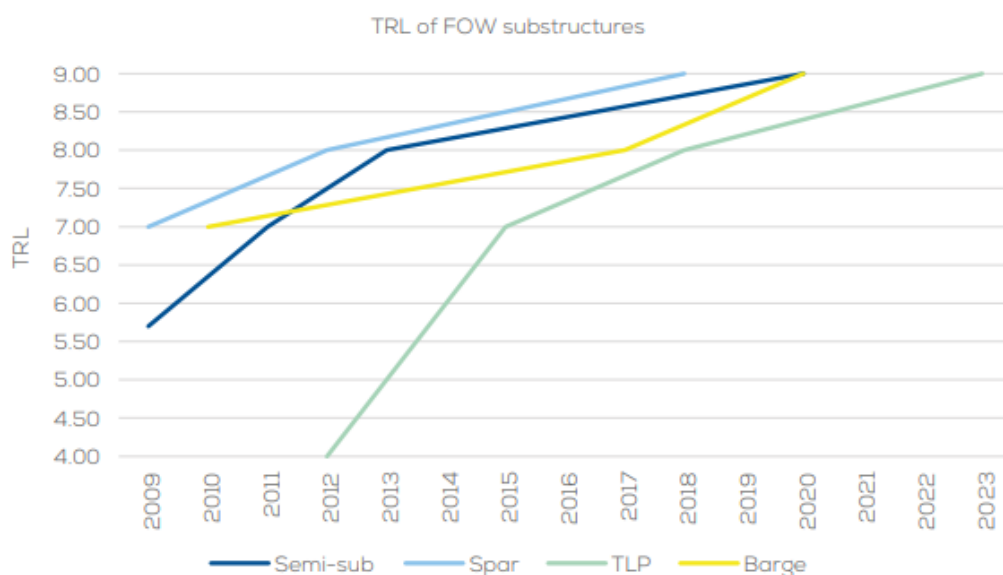


1.8: Πλατφόρμα τύπου φορτηγίδας (Barge) (OE Digital)

Πίνακας 1.4: Χαρακτηριστικά πλατφόρμας TLP

Πλατφόρμα	Barge
Βάθος εγκατάστασης	30 m – 1000 m
Έργο	IDEOL
Βύθισμα	7 m
Πηγή	BW - IDEOL [40]

Στην εικόνα 1.9 παρουσιάζεται η τεχνολογική εξέλιξη των τεσσάρων τύπων πλατφορμών έδρασης πλωτών ανεμογεννητριών.

Source: The Crown Estate<sup>1</sup> and WindEurope

1.9: Τεχνολογική εξέλιξη των πλωτών ανεμογεννητριών (WindEurope, Carbon Trust)

## 1.2 Περιοχή Μελέτης

Η περιφέρεια Κρήτης αποτελεί την περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας. Η περιφέρεια Κρήτης αποτελεί περιφέρεια της Ελλάδας, με πρωτεύουσα το Ηράκλειο και περιλαμβάνει το νησί της Κρήτης και άλλα μικρότερα νησιά όπως η Γαύδος και η Χρυσή. Η Κρήτη είναι το πέμπτο μεγαλύτερο νησί της Μεσογείου και το πολυπληθέστερο νησί της Ελλάδας. Το νησί βρίσκεται στα νότια της χώρας, περιβαλλόμενο από το Βόρειο και το Νότιο Κρητικό πέλαγος. Ο μόνιμος πληθυσμός της περιφέρειας σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 623.065 κάτοικοι, αυξάνεται όμως σημαντικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω του έντονου τουρισμού. Η περιφέρεια διαιρείται διοικητικά σε τέσσερις περιφερειακές ενότητες (ΠΕ) οι οποίες είναι η ΠΕ Χανίων, η ΠΕ Ρεθύμνου, ΠΕ Ηρακλείου και η ΠΕ Λασιθίου με την μεγαλύτερη πληθυσμιακά να είναι η ΠΕ Ηρακλείου [41].

Η Κρήτη παρουσιάζει υψηλό δυναμικό όσον αφορά την ηλιακή και την αιολική ενέργεια λόγω του κλίματός της. Το νησί χαρακτηρίζεται από έντονη ηλιοφάνεια καθ' και έντονη ηλιακή ισχύ όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ ιδιαιτέρως στην περιοχή του Λασιθίου όπου και εντοπίζεται πληθώρα αιολικών πάρκων επικρατούν υψηλές ταχύτητες ανέμου.

### 1.2.1 Ηλεκτρικό δίκτυο Κρήτης

Η Κρήτη διαθέτει ένα μη διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο καλύπτει τις ανάγκες των κατοίκων για ηλεκτροδότηση κυρίως με τη χρήση ορυκτών καυσίμων όπως πετρέλαιο ή μαζούτ. Έως το 2020 στην Κρήτη υπήρχαν εγκατεστημένα 819,42 MW θερμικών μονάδων και 282,88 MW ΑΠΕ [32]. Η μέγιστη αιχμή ζήτησης σημειώθηκε το 2018 και ήταν ίση με 707 MW, ενώ η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2019 ανήλθε στις 3115 GWh [15]. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται κυρίως στους ΑΗΣ Ξυλοκαμάρας (Χανιά), Λινοπερασμάτων (Ηράκλειο) και Αθρινόλακκου (Λασιθί) [15]. Συνολικά το 74,34% της εγκατεστημένης ισχύος της

Κρήτης αποτελείται από θερμικές μονάδες και το 25,66% από ΑΠΕ όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 1.5.

**Πίνακας 1.5: Εγκατεστημένη ισχύς ανα πηγή ενέργειας στην Κρήτη (MW) (ΔΕΔΔΗΕ)**

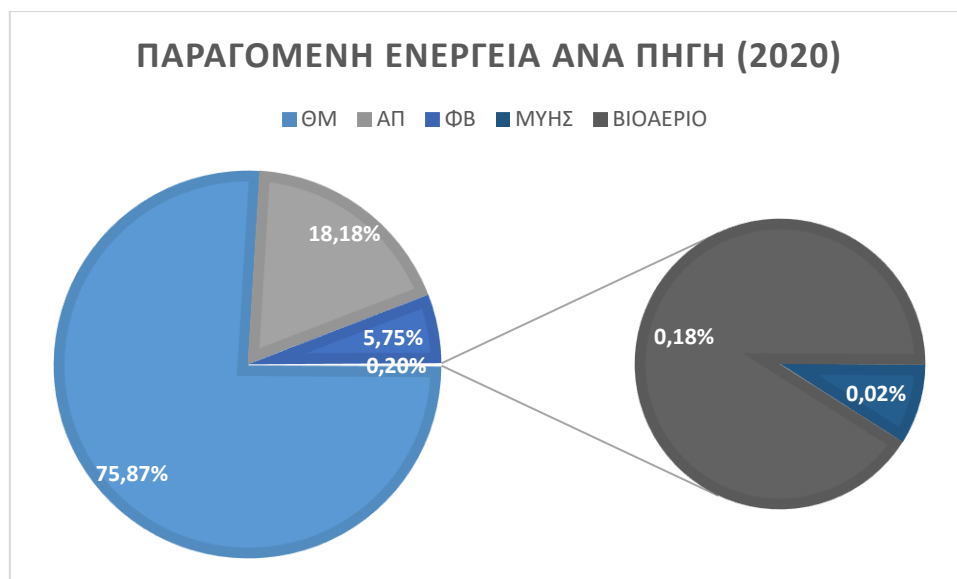
ΘΜ	ΑΠ	ΦΒ	ΜΥΗΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ	ΣΥΝΟΛΟ
819,42	203,29	78,29	0,30	1,00	282,88	1102,30
74,34%	18,44%	7,10%	0,03%	0,09%	25,66%	100,00%

Παρόλα αυτά, η επικείμενη διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική και η υπάρχουσα διασύνδεση της Κρήτης με την Πελοπόννησο πρόκειται να αντικαταστήσουν μεγάλο μέρος των ρυπογόνων θερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον με την ολοκλήρωση της ηλεκτρικής διασύνδεσης το νησί δύναται πλέον να εκμεταλλευτεί το πλούσιο δυναμικό που παρουσιάζει όσον αφορά τις ΑΠΕ και ιδίως στον τομέα της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας, καθώς οι αιχμές στην ζήτηση που παρουσιάζονται κυρίως κατά την θερινή περίοδο, θα καλύπτονται από τη διασύνδεση. Τέλος η ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με την ηπειρωτική Ελλάδα θα αποφέρει μείωση έως και 60% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε σύγκριση με τα υπάρχοντα επίπεδα [42].

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην Κρήτη ήταν 2813,316 GWh κατά το έτος 2020. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας προήλθε από τις τρεις θερμικές μονάδες καθώς αυτές παρήγαγαν 2134,453 GWh ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ΑΠΕ παρήγαγαν το 24,13 % του συνόλου της ενέργειας, κυρίως μέσω αιολικών η πληθώρα των οποίων εντοπίζεται στην ΠΕ Λασιθίου. Στην ηλεκτροπαραγωγή συμπεριλαμβάνονται φωτοβολταϊκοί σταθμοί, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός και σταθμοί παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο [32]. Η παραγωγή ενέργειας στο μη-διασυνδεδεμένο δίκτυο της Κρήτης κατά το 2020, παρουσιάζεται αναλυτικά στον πίνακα 1.6 και το διάγραμμα 1.10

**Πίνακας 1.6: Παραγόμενη ενέργεια ανά πηγή στην Κρήτη (GWh) (ΔΕΔΔΗΕ)**

ΘΜ	ΑΠ	ΦΒ	ΜΥΗΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ	ΣΥΝΟΛΟ
2134,45	511,32	161,89	0,50	5,15	678,86	2813,32
75,87%	18,18%	5,75%	0,02%	0,18%	24,13%	100,00%



1.10: Παραγωγή ενέργειας ανά πηγή στην Κρήτη (2020) (ΔΕΔΔΗΕ)

### 1.3 Χωροθέτηση ΑΠΕ

Σημαντικός παράγοντας του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας αποτελεί η χωροθέτηση της. Ακόμα και στην περίπτωση των ΑΠΕ οι οποίες χαρακτηρίζονται ως μια φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας απαιτείται ένας σωστός χωροταξικός σχεδιασμός για την ομαλή λειτουργία τους. Αυτό συμβαίνει καθώς ακόμα και οι ΑΠΕ μπορεί να επιφέρουν επιπτώσεις τόσο στο φυσικό, όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον, αλλά και σε άλλους παράγοντες της ευρύτερης περιοχής εγκατάστασης όπως η οικονομική ζωή [53]. Την ευθύνη για την ομαλή χωροθέτηση και την άμβλυνση των επιπτώσεων που μπορεί να επιφέρει η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ την φέρει η πολιτεία, η οποία καταρτίζει τον χωροταξικό σχεδιασμό. Στην περίπτωση της Ελλάδας το τελευταίο πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού καταρτίστηκε το 2008 και δημοσιεύθηκε με τίτλο «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» [43]. Στόχος αυτού αποτέλεσε η υιοθέτηση κριτηρίων και κανόνων για την περιβαλλοντική και χωροταξική ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η χωροθέτηση των ΑΠΕ βασίζεται σε κριτήρια που ορίζονται από το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τον καθορισμό περιοχών ασύμβατων προς τη χρήση τους με την παραγωγή ενέργειας, αλλά και αποστάσεων ασφαλείας από περιοχές ενδιαφέροντος. Ειδικότερα στην περίπτωση της χωροθέτησης αιολικών πάρκων ορίζονται αποστάσεις από σημεία όπως οι οικισμοί, οι παραδοσιακοί οικισμοί, οι αρχαιολογικοί χώροι, οι κολυμβητικές ακτές κ.α.



#### 1.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση (State of the art)

Η βιώσιμη χωροθέτηση αιολικών πάρκων αποτελεί ένα θέμα το οποίο έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό από ερευνητές. Αυτό είναι λογικό, καθώς η τοποθεσία εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου αποτελεί ίσως τον βασικότερο παράγοντα που καθορίζει τη βιωσιμότητά του. Η εύρεση των καταλληλότερων περιοχών για χωροθέτηση όμως δεν αποτελεί καθόλου εύκολη διαδικασία, καθώς απαιτεί τη συλλογή πληθώρας δεδομένων σχετικά με διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με το έργο. Στις περισσότερες περιπτώσεις το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος είναι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) [2].

Οι Χριστοφοράκη και Τσούτσος [45] μελέτησαν την περιοχή των Χανίων στην Κρήτη και βασιζόμενοι στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) ανέπτυξαν μια μεθοδολογία αξιολόγησης και προτεραιοποίησης των διαθέσιμων περιοχών για την εγκατάσταση σταθερών υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Κατά την έρευνα προσδιορίστηκαν οι διαθέσιμες περιοχές για χωροθέτηση και εν συνεχεία αξιολογήθηκαν βάσει ορισμένων κριτηρίων. Εν τέλει προέκυψαν τέσσερις περιοχές όπου μελετήθηκε η εγκατάσταση. Παρόμοια μεθοδολογία ακολούθησαν και οι Γκέκα και Τσούτσος [15], οι οποίοι εξέτασαν τα χωρικά ύδατα ολόκληρης της Κρήτης. Στην συγκεκριμένη έρευνα μετά τον προσδιορισμό των διαθέσιμων περιοχών και κατά το στάδιο των κριτηρίων αξιολόγησης εισήχθη και ο παράγοντας των σχετικών βαρών, ο οποίος καθορίστηκε από τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders), μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης (MCDA). Η ανάλυση διενεργήθηκε βάσει της μεθόδου AHP (Analytic Hierarchy Process) και βασίστηκε στην συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Η προσθήκη της συγκεκριμένης παραμέτρου επηρέασε σημαντικά την αξιολόγηση.

Αξίζει να σημειωθεί πως εκτενής διεθνής έρευνα έχει πραγματοποιηθεί και σχετικά με την χωροθέτηση των πλωτών αιολικών πάρκων τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν και σε βαθιά ύδατα μειώνοντας έτσι την όχληση και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν.

Οι Diaz και Guedes Soares [2] μελέτησαν τις ακτές του Ατλαντικού ωκεανού και συγκεκριμένα τις ακτές της Πορτογαλίας, της Ισπανίας και της Γαλλίας. Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε περιελάμβανε ολόκληρη την ΑΟΖ των τριών χωρών και βασίστηκε στην αρχική εξαίρεση των μη-διαθέσιμων περιοχών και εν συνεχεία βάσει 21 κριτηρίων αξιολόγησης, στον καθορισμό των καταλληλότερων περιοχών, οι οποίες εν τέλει αντιστοιχούν στο 0,2% της έκτασης της εξεταζόμενης περιοχής. Με την μελέτη χωροθέτησης πλωτών αιολικών σε συνδυασμό με την παραγωγή κυματικής ενέργειας ασχολήθηκαν και οι Βασιλείου, Λουκογεωργάκη και Βαγιωνά [16]. Κατά την συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκε ολόκληρη η ελληνική ΑΟΖ και επίσης, αρχικά εξαιρέθηκαν οι περιοχές όπου κρίνεται αδύνατη η εγκατάσταση της πλωτής πλατφόρμας, λόγω παραμέτρων όπως προστατευόμενες περιοχές, περιοχές για στρατιωτικές ασκήσεις, μέση ταχύτητα ανέμου κ.α. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των διαθέσιμων περιοχών βάσει οικονομικών, τεχνοοικονομικών και κοινωνικοπολιτικών παραμέτρων. Στην αξιολόγηση λήφθηκαν υπόψιν σχετικά βάρη για τη κριτήρια αξιολόγησης τα οποία καθορίστηκαν με τη χρήση MCDA με όμοιο τρόπο με την έρευνα των Γκέκα και Τσούτσου [15]. Τελικά οι περιοχές διαβαθμίστηκαν με βάση την προτίμησή τους ως προς την χωροθέτηση αιολικού πάρκου με προτιμότερη να κρίνεται η περιοχή που εντοπίζεται μεταξύ Κρήτης και Καρπάθου.

Παρατηρείται πως το μεγαλύτερο μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας βασίζεται στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών για την επίλυση γεωχωρικών προβλημάτων. Η



μεθοδολογία που εφαρμόζεται διεθνώς εμφανίζει μικρές διαφοροποιήσεις, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο κομμάτι των κριτηρίων αξιολόγησης. Στον πίνακα 1.7 παρουσιάζεται η εικόνα της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τα κριτήρια αξιολόγησης.

**Πίνακας 1.7: Βιβλιογραφική επισκόπηση των κριτηρίων αξιολόγησης.**

	<b>H. Díaz C. Guedes Soares, (2020)</b>	<b>Vasileiou, Loukogeorgaki, Vagiona (2017)</b>	<b>Gkeka- Serpetsidaki P, Tsoutsos T. (2021)</b>
<b>Είδος Έδρασης</b>	<b>Πλωτή</b>	<b>Πλωτή</b>	<b>Σταθερή</b>
Ορατότητα	x	x	✓
Απόσταση από Προστατευόμενες Περιβαλλοντικά Περιοχές	✓	x	✓
Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης	✓	✓	✓
Βάθος	✓	✓	✓
Απόσταση από λιμάνι	x	✓	x
Απόσταση από την ακτή	✓	✓	✓
Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας	✓	✓	✓
MCDA	x	✓	✓

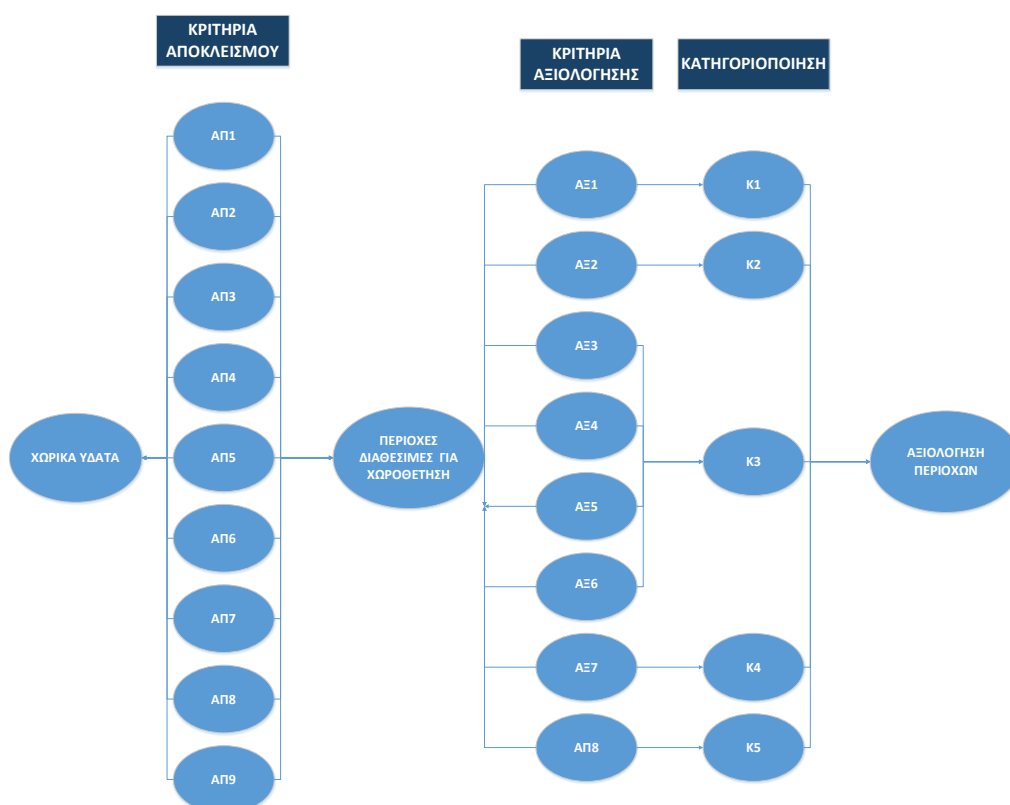
## 1.5 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας σαφούς μεθοδολογίας με αντικείμενο τον καθορισμό των καταλληλότερων περιοχών για την χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων εντός των χωρικών υδάτων της Κρήτης και η ενεργειακή τους αξιολόγηση. Δεδομένης της ταχείας ανάπτυξης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και των πλωτών αιολικών, εντοπίζεται έλλειψη διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την χωροθέτηση ανεμογεννητριών σε μεγάλα βάθη στην περιοχή της Κρήτης, μια περιοχή όπου εντοπίζεται ισχυρό αιολικό δυναμικό. Η συγκεκριμένη εργασία σκοπεύει να καλύψει το κενό αυτό. Για την επίτευξη του σκοπού της εργασίας πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων σχετικών με παράγοντες που μπορούν να καθορίσουν μια περιοχή μη-διαθέσιμη για χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων, καθώς και για παράγοντες συναφείς με την αξιολόγηση των διαθέσιμων περιοχών. Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται στο λογισμικό ArcMap 10.7. Οι περιοχές που αξιολογούνται ως καταλληλότερες εισάγονται στο λογισμικό WAsP 12 με σκοπό την κατάταξη τους βάσει ενεργειακών κριτηρίων.

## 2 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει τον εντοπισμό των περιοχών όπου καθίσταται δυνατή η χωροθέτηση πλωτών ανεμογεννητριών και στη συνέχεια την αξιολόγηση των περιοχών αυτών βάσει της καταλληλότητας τους για την εγκατάσταση πλωτού αιολικού πάρκου. Η πλατφόρμα η οποία επιλέγεται για την χωροθέτηση είναι η ημιβυθισμένη (semi-submersible), καθώς η συγκεκριμένη πλατφόρμα διαθέτει μικρό βύθισμα και συνεπώς μπορεί να εξυπηρετηθεί από τα λιμάνια της Κρήτης, ενώ μπορεί να ρυμουλκηθεί και να εγκατασταθεί με ευκολία. Η πλατφόρμα είναι βυθισμένη κατά τα 2/3 του ύψους της, συνεπώς το βύθισμά της φτάνει τα 20m και το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας τα 10m [28].

Με βάση τα κριτήρια αποκλεισμού προσδιορίζονται οι περιοχές όπου καθίσταται αδύνατη η εγκατάσταση πλωτής πλατφόρμας, οι οποίες εξαιρούνται. Οι περιοχές των χωρικών υδάτων που περιβάλλουν την Κρήτη, οι οποίες απομένουν μετά την εξαίρεση αποτελούν τις θαλάσσιες εκτάσεις που καθίσταται δυνατή η χωροθέτηση. Οι περιοχές αυτές στη συνέχεια κατατάσσονται βάσει ορισμένων κριτηρίων αξιολόγησης σε μια κλίμακα από 1 έως 5 με τις περιοχές που αξιολογούνται με 5 να θεωρούνται καταλληλότερες βάσει του κριτηρίου και τις περιοχές που αξιολογούνται με 1 να θεωρούνται λιγότερο κατάλληλες. Εν συνεχεία τα κριτήρια αυτά ομαδοποιούνται σε 5 κατηγορίες και σύμφωνα με τον μέσο όρο αυτών προκύπτει η καταλληλότητα της κάθε περιοχής ταξινομημένη και πάλι σε μια κλίμακα από 1 έως 5, με τις περιοχές που αξιολογούνται με 5 να θεωρούνται οι καταλληλότερες για χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων και αυτές που αξιολογούνται με 1 λιγότερο κατάλληλες όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 2.1. Η μεθοδολογία παρουσιάζεται συνοπτικά στην εικόνα 2.1.



2.1: Διάγραμμα Μεθοδολογίας

**Πίνακας 2.1: : Χαρακτηρισμός Περιοχών**

Κλίμακα Καταλληλότητας	Χαρακτηρισμός Περιοχής
1	Λιγότερο Κατάλληλη
2	Μέτρια Κατάλληλη
3	Οριακά Κατάλληλη
4	Κατάλληλη
5	Καταλληλότερη

## **2.1 Κριτήρια Αποκλεισμού**

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων αποτελεί η φάση των κριτηρίων αποκλεισμού. Η διαδικασία πραγματοποιείται με χρήση του λογισμικού ArcMap 10.7 [52]. Το συγκεκριμένο στάδιο έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό των περιοχών, εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων (6 ν.μ.) που περιβάλλουν την Κρήτη, όπου καθίσταται μη εφικτή η τοποθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου. Οι περιοχές αυτές αποκλείονται από περαιτέρω αξιολόγηση, ενώ οι περιοχές που απομένουν αποτελούν τις θαλάσσιες εκτάσεις όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση. Ο αποκλεισμός μιας περιοχής μπορεί να οφείλεται σε περιβαλλοντικούς ή τεchnοοικονομικούς παράγοντες, παράγοντες όχλησης και παράγοντες ασφαλείας του έργου. Τα κριτήρια μέσω των οποίων εκφράζονται οι παράγοντες του έργου παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

### **2.1.1 Περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές**

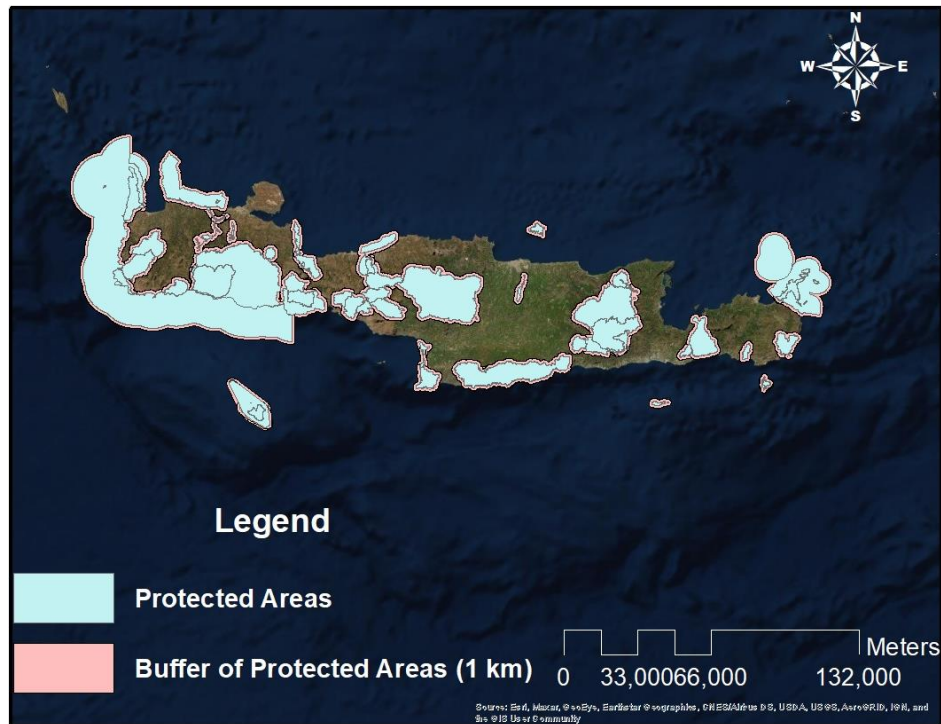
Στις περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές περιλαμβάνονται οι περιοχές του δικτύου Natura 2000 της περιφέρειας Κρήτης, καθώς είναι οι μόνες προστατευόμενες περιοχές οι οποίες τοποθετούνται στη θαλάσσια περιοχή της Κρήτης και σε βάθος μεγαλύτερο των 50 m.

Στο δίκτυο Natura 2000 συμπεριλαμβάνονται οι «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, με βάση την Οδηγία για την διατήρηση των άγριων πτηνών 79/409/EK και οι «Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) με βάση την Οδηγία των οικοτόπων 92/43/ΕΟΚ. Σκοπός των περιοχών Natura 2000 είναι η προστασία και η διατήρηση των πολύτιμων και απειλούμενων ειδών που ορίζονται στις παραπάνω οδηγίες, από ανθρώπινες δραστηριότητες που ενδέχεται να καταστούν επιβλαβείς προς τα είδη αυτά.

Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων εντός περιοχών του δικτύου Natura 2000 μπορεί να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στα προστατευόμενα είδη, καθώς η ηχητική ρύπανση που προκαλεί ένα αιολικό πάρκο ενδέχεται να προκαλέσει απομάκρυνση των πτηνών από την περιοχή, ενώ ενδέχεται να επέλθουν και θάνατοι λόγω σύγκρουσης των πουλιών με τις ανεμογεννήτριες, αν και έχει αποδειχθεί πως οι θάνατοι πουλιών που οφείλονται σε συγκρούσεις με ανεμογεννήτριες είναι σημαντικά λιγότεροι σε σχέση με τους θανάτους που οφείλονται σε άλλες αιτίες [1] [15].

Επιπλέον κυρίως κατά τη φάση της κατασκευής εκτέμπονται ρύποι, λόγω της χρήσης πλοίων για την ρυμούλκηση των ανεμογεννητριών, ενώ κατά τη φάση της κατασκευής παράγεται αυξημένος θόρυβος που μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος αυτός η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου θα πρέπει να αποφεύγεται κατά την περίοδο αναπαραγωγής των θαλασσίων ειδών [51].

Για τους παραπάνω λόγους οι περιοχές του δικτύου Natura 2000 κρίνονται μη-κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου και εξαιρούνται από περαιτέρω αξιολόγηση για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος. Επιπλέον εξαιρούνται από επιπλέον αξιολόγηση οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση έως και ενός χιλιομέτρου από τις ζώνες του δικτύου Natura 2000 (εικόνα 2.2) με σκοπό τον μετριασμό των ενδεχόμενων αρνητικών επιπτώσεων εντός των ζωνών αυτών [2].



2.2: Κριτήρια Αποκλεισμού: Περιβαλλοντικά Προστατευόμενες Περιοχές [18]

### 2.1.2 Περιοχές στρατιωτικών ασκήσεων

Οι περιοχές στρατιωτικών ασκήσεων (πεδία βολής) αποτελούν περιοχές οι οποίες χρησιμοποιούνται από τις ελληνικές ένοπλες δυνάμεις για τη διενέργεια ασκήσεων με πραγματικά πυρά. Οι περιοχές αυτές ορίζονται από την υδρογραφική υπηρεσία του πολεμικού ναυτικού και εκδίδονται μέσω των ετήσιων αγγελιών για τους ναυτιλλομένους [3]. Τα πεδία βολής που έχουν οριστεί και αφορούν την περιφέρεια Κρήτης είναι τα εξής (εικόνα 2.3):

Περιφερειακή Ενότητα Χανίων:

- ΑΚΡΩΤΗΡΙ
- ΑΚΡΩΤΗΡΙ1
- ΆΓΙΟΙ ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ
- Α
- Α1
- Α2
- R1
- R2
- ΜΑΛΕΜΕ

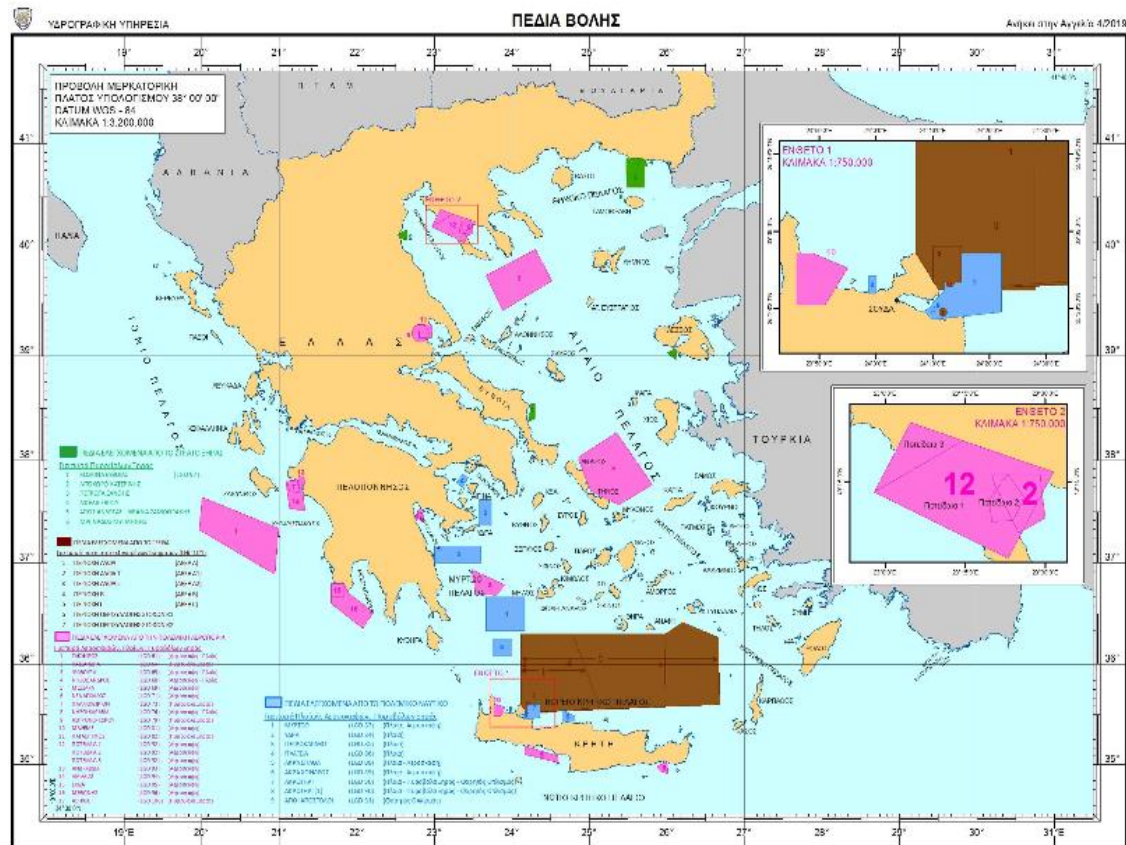
Περιφερειακή Ενότητα Ρεθύμνου:

- ΑΚΡΑ ΧΟΝΔΡΟΣ

- ΜΕΣΣΑΡΑ
- Β

Περιφερειακή Ενότητα Λασιθίου:

- ΑΣΠΡΟΝΕΡΙ ΖΙΡΟΥ
- Γ



2.3: Πεδία Βολής, Πηγή: ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΓΓΕΛΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΛΟΜΕΝΟΥΣ 2019 [3]

Η εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών εντός των περιοχών που αναλύονται παραπάνω καθίσταται αδύνατη για λόγους ασφαλείας (εικόνα 2.4), ως αποτέλεσμα οι παραπάνω περιοχές εξαιρούνται από το στάδιο της αξιολόγησης.

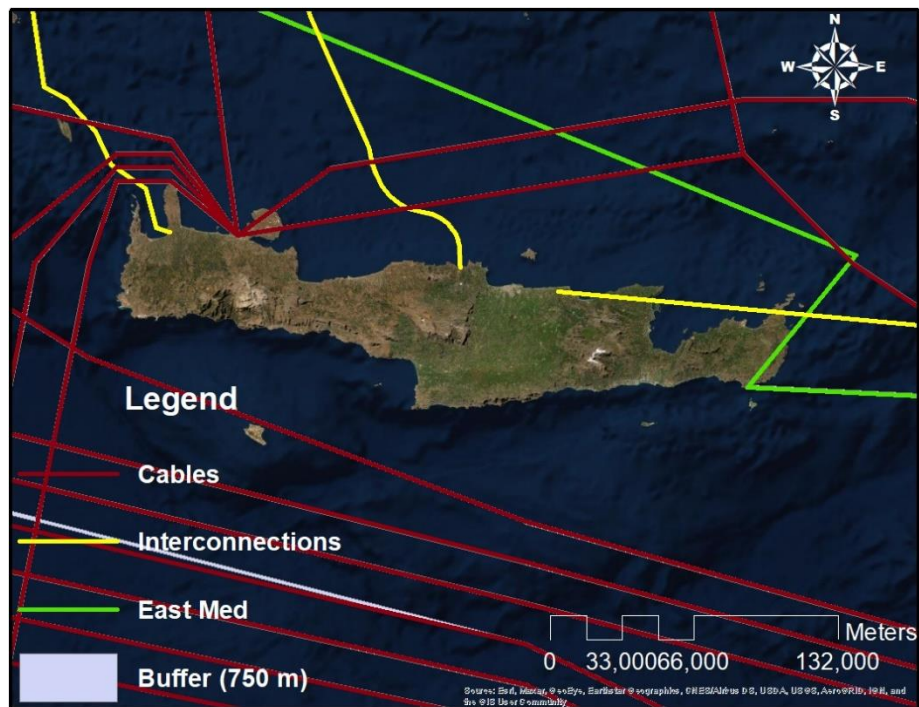


2.4: Κριτήρια Αποκλεισμού: Περιοχές Στρατιωτικών Ασκήσεων [3]

### 2.1.3 Υποθαλάσσια καλώδια και αγωγοί

Στον πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής γύρω από την Κρήτη βρίσκεται πληθώρα καλωδίων τηλεπικοινωνιών. Επιπλέον εντός του 2020 ολοκληρώθηκε η ηλεκτρική διασύνδεση Κρήτης – Πελοποννήσου και εντός των επόμενων ετών αναμένεται να ολοκληρωθεί η ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική, ενώ εξετάζεται και η μελλοντική ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με την Κύπρο. Οι παραπάνω ηλεκτρικές διασυνδέσεις απαιτούν την πόντιση καλωδίων υψηλής τάσης (150 kV) [7] και υπερυψηλής τάσης (400 kV) [8] στον πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής της Κρήτης. Επίσης ο αγωγός μεταφοράς φυσικού αερίου East Med πρόκειται να διασχίσει την θαλάσσια περιοχή του νησιού με σκοπό τη σύνδεσή του με τη Κύπρο και την Πελοπόννησο. Η εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών στις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα καλώδια και αγωγοί που αναφέρθηκαν θα οδηγούσε σε προβλήματα ασφαλείας τόσο των ίδιων των καλωδίων όσο και των ανεμογεννητριών, κυρίως εξαιτίας των απαιτούμενων αγκυρώσεων. Συνεπώς οι περιοχές που βρίσκονται εγκατεστημένα τα καλώδια και οι αγωγοί που αναφέρθηκαν, αλλά και μία ζώνη προστασίας 750 m γύρω από αυτά εξαιρείται από περαιτέρω αξιολόγηση για λόγους ασφαλείας [10] (εικόνα 2.5).





2.5: Κριτήρια αποκλεισμού: Υποθαλάσσια καλώδια και αγωγοί [6],[7],[8],[9],[10]

#### 2.1.4 Βάθος

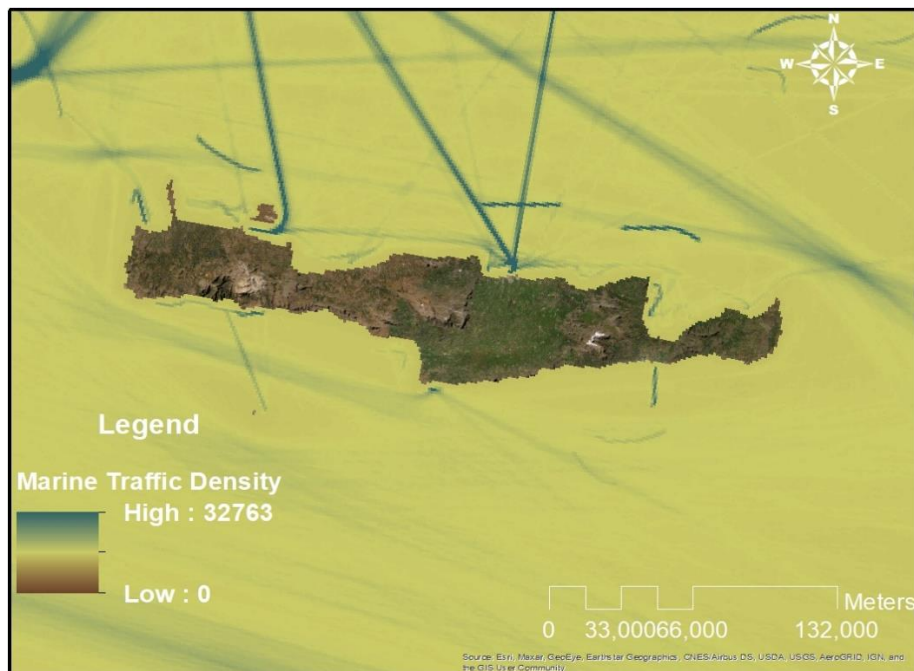
Το ελάχιστο βάθος για την εγκατάσταση πλατφόρμας πλωτής ανεμογεννήτριας ανέρχεται σε 50 m. Αυτό συμβαίνει λόγω του βυθίσματος της πλατφόρμας, αλλά και του γεγονότος πως σε μικρότερα βάθη δύναται η εγκατάσταση πακτωμένων ανεμογεννητριών, πράγμα που καθιστά τις πλωτές πλατφόρμες οικονομικά ασύμφορες. Το μέγιστο βάθος εγκατάστασης ποικίλει ανάλογα με τον τύπο της πλατφόρμας έδρασης. Στην περίπτωση της πλατφόρμας τύπου σημαδούρας (Spar Buoy), της ημιβυθισμένης (Semi-submersible) πλατφόρμας και τη πλατφόρμας τύπου φορτηγίδας (Barge), το μέγιστο βάθος ανέρχεται σε 1000m [28][38][40], ενώ στην περίπτωση της πλατφόρμας TLP (Tension Leg Platform) ανέρχεται σε 350 m [39]. Συνεπώς οι περιοχές με βάθος μικρότερο από 50 m και μεγαλύτερο από 1000 m (<50 m & >1000 m) κρίνονται ακατάλληλες για την χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου [2] (εικόνα 2.6).



2.6: Κριτήρια αποκλεισμού: Βάθος [11] (Εξαιρούνται οι πράσινες και κίτρινες περιοχές)

### 2.1.5 Δίοδοι ναυσιπλοΐας

Η περιοχή της Κρήτης αποτελεί κόμβος για τη ναυσιπλοΐα, ως εκ τούτου παρουσιάζεται έντονη κινητικότητα όσον αφορά τα επιβατικά, εμπορικά ή αλιευτικά πλοία. Προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα συγκρούσεων, αλλά και ενδεχόμενες βλάβες στις αγκυρώσεις των ανεμογεννητριών οι περιοχές που εμφανίζουν έντονη κινητικότητα, καθώς και μια ζώνη ασφαλείας 500 m γύρω από αυτές θα αποκλειστούν για λόγους ασφαλείας [2]. Ως μη-κατάλληλες θεωρούνται οι περιοχές όπου σημειώνεται διέλευση πλοίων μεγαλύτερη των 80 διαδρομών/km<sup>2</sup> ανά έτος, αλλά και οι περιοχές που αποτελούν διόδους επιβατικών πλοίων (εικόνα 2.7).



2.7: Κριτήρια αποκλεισμού: Πυκνότητα θαλάσσιων διαδρομών [6]



### 2.1.6 Αεροδρόμια

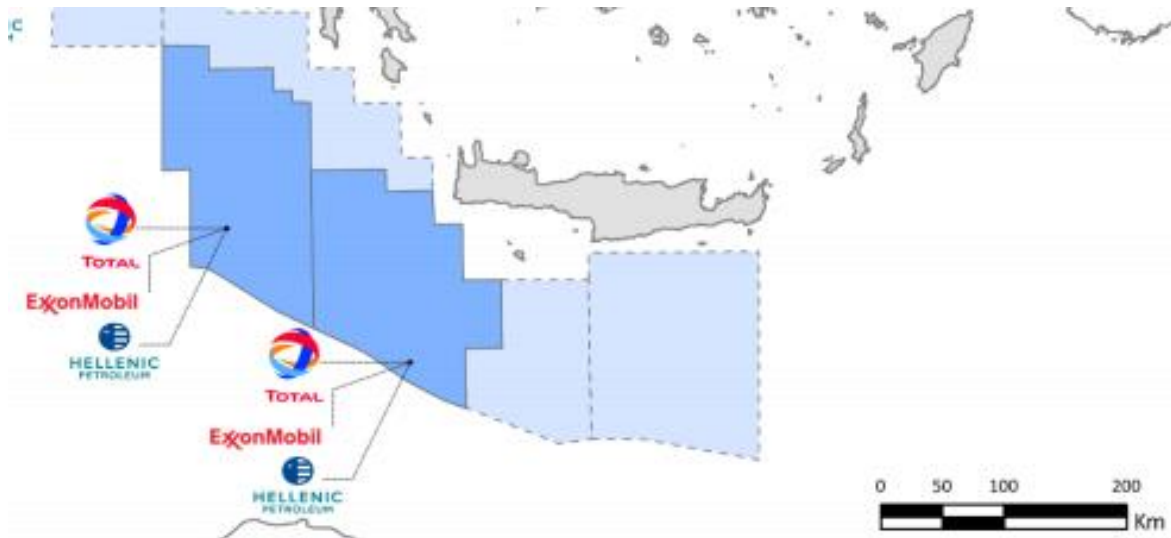
Οι περιοχές γύρω από τα αεροδρόμια της Κρήτης θα πρέπει να εξαιρεθούν από επιπλέον αξιολόγηση για λόγους ασφαλείας. Η τοποθέτηση ανεμογεννητριών πλησίον των αεροδρομίων ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα κατά την προσγείωση και απογείωση των αεροσκαφών, καθώς και παρεμβολές στα ραντάρ λόγω του ύψους ανεμογεννητριών που πολλές φορές υπερβαίνει τα 100 m. Συνεπώς οι περιοχές σε ακτίνα 3 km [12] γύρω από τα αεροδρόμια: Χανίων, Ηρακλείου, Καστελίου Ηρακλείου, Μάλεμε, Τυμπακίου και Σητείας κρίνονται ως μη-κατάλληλες για την εγκατάσταση αιολικών (εικόνα 2.8).



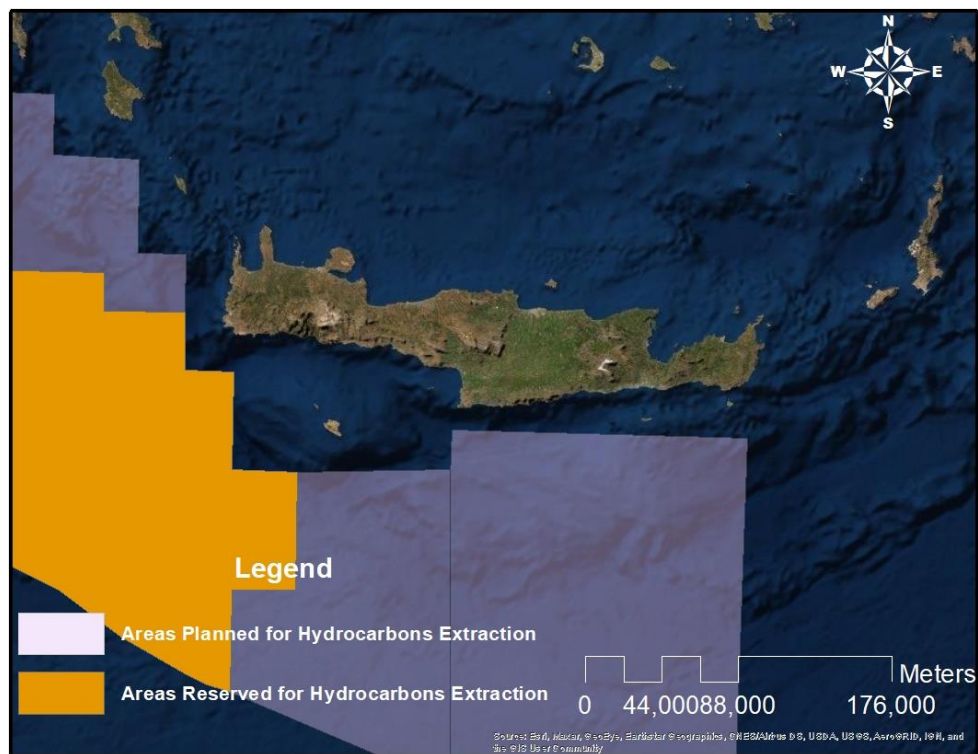
2.8: Κριτήρια αποκλεισμού: Αεροδρόμια [12]

### 2.1.7 Περιοχές δεσμευμένες για εξόρυξη υδρογονανθράκων

Οι θαλάσσιες περιοχές «Νοτιοδυτικά Κρήτης» και «Δυτικά Κρήτης» (ΦΕΚ 2848/Β/2017) [13] (εικόνα 2.9) αποτελούν περιοχές δεσμευμένες με σκοπό την εξόρυξη υδρογονανθράκων οι οποίες έχουν οριστεί και δημοπρατηθεί από την Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων (ΕΔΕΥ). Συνεπώς εξαιρούνται λόγω της ασυμβατότητας της διαδικασίας εξόρυξης με την εγκατάσταση πλωτού αιολικού πάρκου. Επιπλέον η περιοχή νότια της Κρήτης έχει οριστεί ως περιοχή που προορίζεται για εξόρυξη υδρογονανθράκων, παρόλα αυτά η περιοχή δεν θα εξαιρεθεί εφόσον δεν έχει δημοπρατηθεί (εικόνα 2.10). Θα εξεταστεί η πιθανότητα εγκατάστασης πλωτών αιολικών σε σχέση με την χρήση για εξόρυξη υδρογονανθράκων.



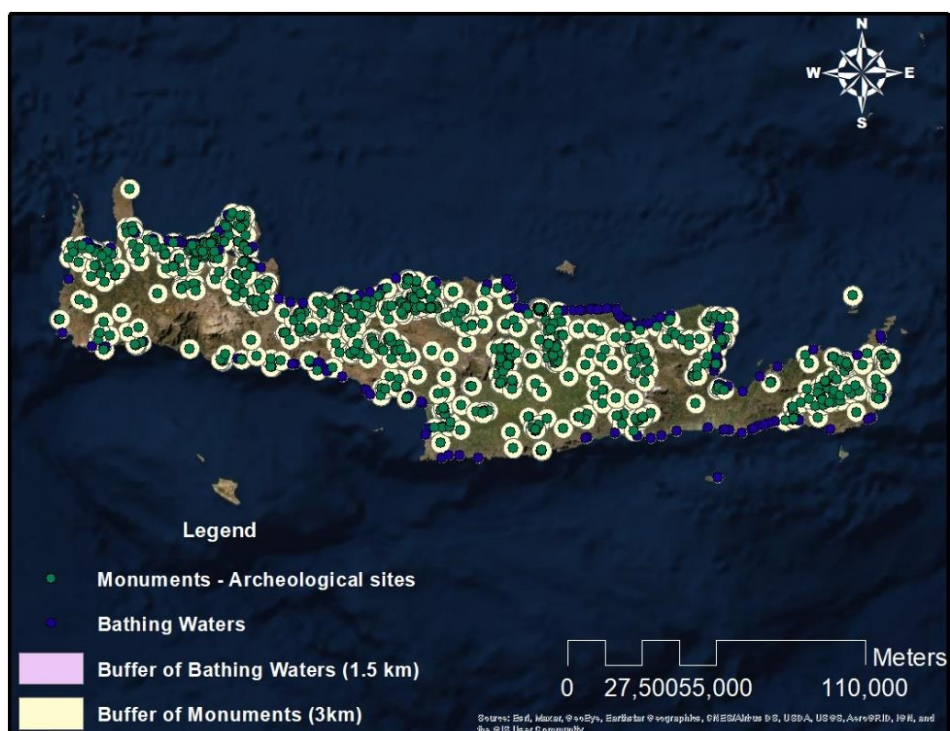
2.9: Περιοχές για εξόρυξη υδρογονανθράκων, Πηγή: ΕΔΕΥ



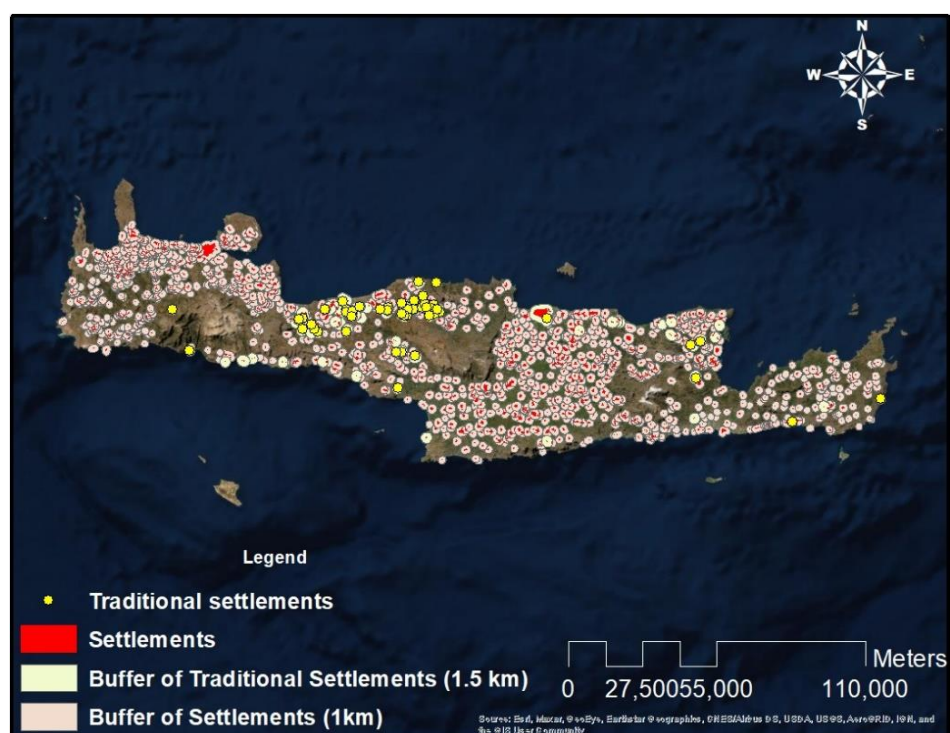
2.10: Κριτήρια αποκλεισμού: Περιοχές δεσμευμένες για εξόρυξη υδρογονανθράκων [13],[14]

### 2.1.8 Οικισμοί - Ακτές - Μνημεία

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ορίζονται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις όσον αφορά την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Η ελάχιστη απόσταση από οικισμούς ορίζεται στα 1000m, η ελάχιστη απόσταση από παραδοσιακούς οικισμούς ορίζεται στα 1500m, η ελάχιστη απόσταση από μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους ορίζεται στα 3000m και η ελάχιστη απόσταση από κολυμβητικές ακτές ορίζεται στα 1500m (ΚΥΑ 49828/2008) [5]. Οι παραπάνω περιορισμοί αποσκοπούν στην μείωση των οπτικοακουστικών οχλήσεων που μπορεί να προκληθούν από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Οι ζώνες που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία εξαιρούνται από επιπλέον αξιολόγηση (εικόνες 2.11 και 2.12).



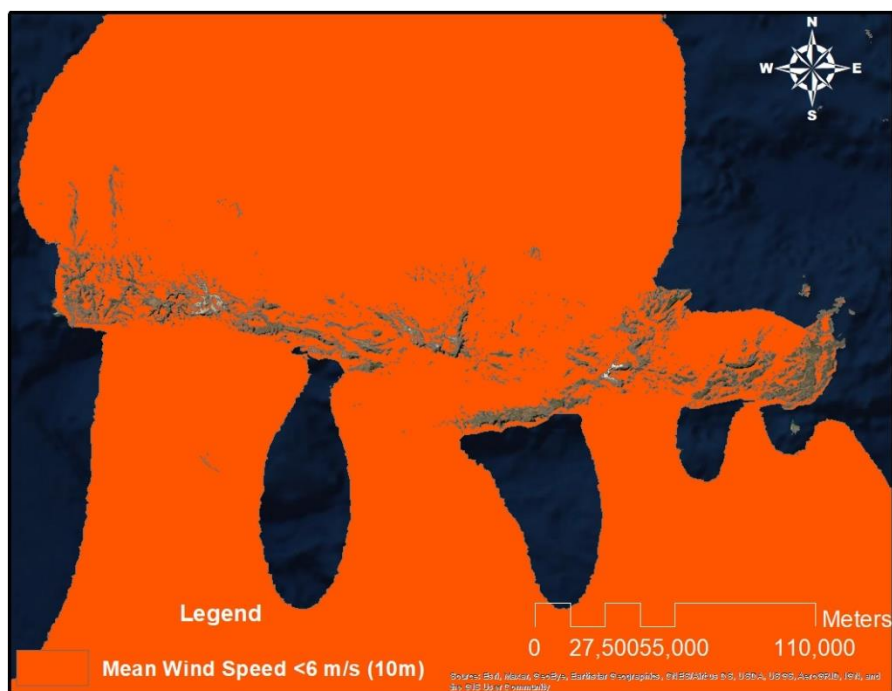
2.11: Κριτήρια αποκλεισμού: Μνημεία - Κολυμβητικές ακτές [5],[6],[15]



2.12: Κριτήρια αποκλεισμού: Οικισμοί - Παραδοσιακοί οικισμοί [5],[15]

### 2.1.9 Μέση ταχύτητα ανέμου

Η μέση ταχύτητα ανέμου σχετίζεται με την ενεργειακή και κατά συνέπεια και την οικονομική απόδοση της εγκατάστασης. Εγκαταστάσεις σε περιοχές με μικρή ταχύτητα ανέμου αδυνατούν να παράγουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία ως κατώτατη τιμή μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου σε ύψος 10 m ορίζονται τα 6 m/s [16], ως αποτέλεσμα οι περιοχές που παρουσιάζουν τιμή μικρότερη από τα 6m/s, κρίνονται μη – κατάλληλες (εικόνα 2.13).



2.13: Κριτήρια αποκλεισμού: Ταχύτητα ανέμου [17]

*Σημείωση: Σύμφωνα με την σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας (United Nations Convention on the Law of the Sea, 1982) [23], κάθε κράτος έχει κυρίαρχα δικαιώματα όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας εντός της ΑΟΖ (Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη) που έχει ορίσει, παρόλα αυτά στην περίπτωση της Ελληνικής Δημοκρατίας δεν έχει προς το παρόν οριστεί ΑΟΖ, συνεπώς η παρούσα έρευνα θα περιοριστεί εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων τα οποία ορίζονται στα 6 ναυτικά μίλια από την ακτή.*

Από τα ελληνικά χωρικά ύδατα που περιβάλλουν την περιφέρεια Κρήτης εξαιρούνται οι περιοχές που παρατίθενται στον πίνακα 2.2. Οι περιοχές που απομένουν μετά την εξαίρεση που σχετίζεται με τα κριτήρια αποκλεισμού ορίζονται ως οι περιοχές που είναι δυνατή η χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων.



**Πίνακας 2.2: Κριτήρια Αποκλεισμού**

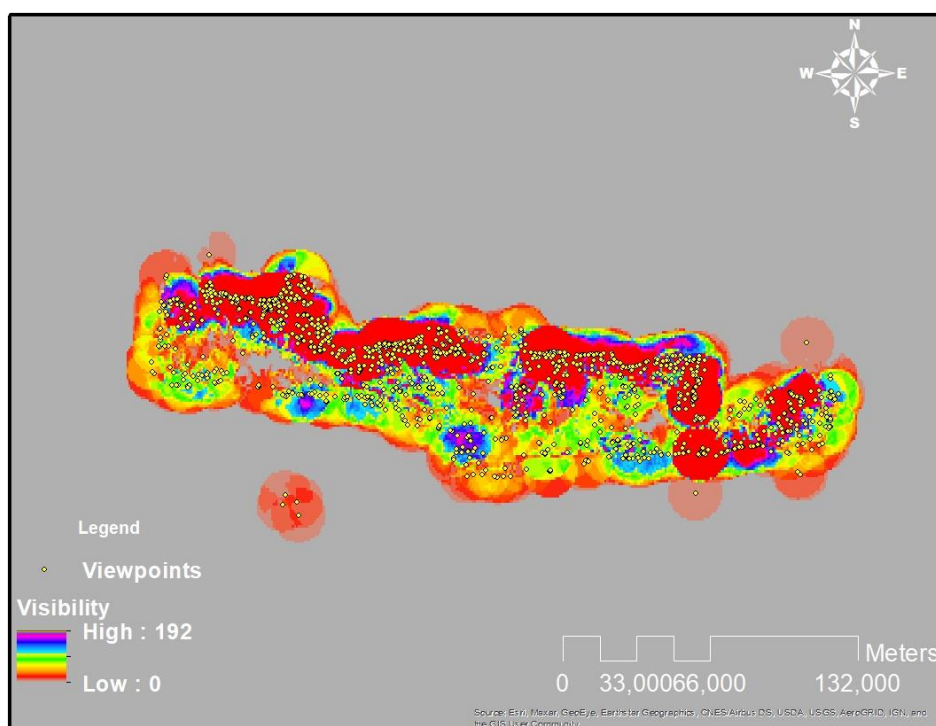
<b>A/A</b>	<b>ΚΡΙΤΗΡΙΟ</b>	<b>ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΠΗΓΗ</b>
<b>ΑΠ1</b>	Περιβαλλοντικά Προστατευόμενες Περιοχές ( <i>Natura 2000</i> )	1000 m	[2] [1][18]
<b>ΑΠ2</b>	Πεδία Βολής Κρήτης ( <i>A,A1,A2,B,Γ,R1,R2 Μεσσαρά, Ακρωτήριο ,Ακρωτήριο1, Ακρα Χονδρος, Μάλεμε ,Αγ. Απόστολοι, Ασπρονέρι Ζιρού</i> )	-	[3]
<b>ΑΠ3</b>	Καλώδια Τηλεπικοινωνιών Ηλεκτρικές Διασυνδέσεις: ( <i>Κρήτης-Αττικής, Κρήτης-Πελοποννήσου, Κρήτης- Κύπρου</i> )	750 m	[6][7][8][9][10]
	Αγωγός Φυσικού Αερίου ( <i>East Med</i> )		
<b>ΑΠ4</b>	Βάθος ( <i>Βάθος: &lt;50 m και &gt;1000 m</i> )	-	[2][11]
<b>ΑΠ5</b>	Δίοδοι Ναυσιπλοΐας 80 διαδρομές/km <sup>2</sup> ανα έτος	500 m	[2][6]
<b>ΑΠ6</b>	Αεροδρόμια: ( <i>Χανίων, Ηρακλείου, Καστελίου Ηρακλείου, Μάλεμε, Τυμπακίου, Σητείας</i> )	3000 m	[12]
<b>ΑΠ7</b>	Περιοχές δεσμευμένες για εξόρυξη υδρογονανθράκων	-	[13][14]
<b>ΑΠ8</b>	Κολυμβητικές ακτές	1500 m	[5][6][15]
	Οικισμοί	1000 m	
	Παραδοσιακοί οικισμοί	1500 m	
	Αρχαιολογικοί χώροι - μνημεία	3000 m	
<b>ΑΠ9</b>	Μέση ταχύτητα ανέμου στα 10m ( <i>&lt;6m/s</i> )		[16][17]

## 2.2 Κριτήρια Αξιολόγησης

Οι περιοχές οι οποίες προέκυψαν βάσει των κριτηρίων αποκλεισμού πρόκειται να αξιολογηθούν περαιτέρω βάσει ορισμένων κριτηρίων τα οποία ονομάζονται κριτήρια αξιολόγησης. Σύμφωνα με αυτά τα κριτήρια αυτά οι διαθέσιμες για χωροθέτηση περιοχές πρόκειται να καταταγούν βάσει της καταλληλότητας τους σε μια κλίμακα από 1 (λιγότερο κατάλληλες) έως 5 (περισσότερο κατάλληλες). Η αξιολόγηση πραγματοποιείται με τη χρήση του λογισμικού ArcMap 10.7 και τη βοήθεια της εντολής reclassify. Τα κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάζονται εκφράζουν παράγοντες του έργου που μπορούν να επηρεάσουν την υλοποίησή του, όπως η όχληση που προκαλεί, περιβαλλοντική προστασία, ενεργειακοί και τεχνοοικονομικοί παράγοντες και παράγοντες ασφάλειας του έργου.

### 2.2.1 Ορατότητα

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν κατασκευές οι οποίες λόγω του ασυνήθιστα μεγάλου μεγέθους τους, καθώς πολλές φορές ξεπερνούν τα 150 m σε ύψος, είναι συνήθως ορατές από πολλαπλά σημεία. Η εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε περιοχές όπου πρόκειται να είναι ευρέως ορατό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα κοινωνικής αποδοχής και εν τέλει μη υλοποίησης του έργου. Επιπλέον η έντονη ορατότητα αιολικού πάρκου από περιοχές με αυξημένη τουριστική δραστηριότητα ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον τουρισμό. Η ορατότητα του πάρκου αποτελεί κριτήριο που αναφέρεται στην οπτική όχληση που δύναται να προκαλέσει. Το σύνολο των διαθέσιμων περιοχών αξιολογείται με βάση τα σημεία θέασης από τα οποία είναι ορατή η κάθε περιοχή. Ως σημεία θέασης λογίζονται οι οικισμοί (1 σημείο θέασης για περίπου 5000 κατοίκους), οι αρχαιολογικοί χώροι - μνημεία και οι κολυμβητικές ακτές (εικόνα 2.14). Οι διαθέσιμες περιοχές πρόκειται να αξιολογηθούν σε μια κλίμακα από 1 έως 5 με βάση την καταλληλότητά τους, βαθμολογώντας με 5 τις πιο κατάλληλες περιοχές. Οι περιοχές που είναι ορατές από μικρό αριθμό σημείων θέασης θεωρούνται περισσότερο κατάλληλες για χωροθέτηση, σε αντίθεση με αυτές που είναι ορατές από μεγάλο αριθμό σημείων θέασης (πίνακας 2.3).



2.14: Κριτήρια αξιολόγησης: Ορατότητα [23]

Η αξιολόγηση των περιοχών ανάλογα με την ορατότητα πραγματοποιήθηκε με χρήση της εντολής Viewshed 2 του λογισμικού ArcMap 10.7 για ύψος παρατηρητή ίσο με 1,75 m, ύψος ανεμογεννητριών ίσο με 105m, απόλυτο υψόμετρο 115 m (λόγω του ύψους 10 m της πλατφόρμας) και για μέγιστη απόσταση 10 km (εικόνα 2.15), καθώς η οπτική όχληση των ανεμογεννητριών ακόμα και σε περιβάλλον με υψηλή αισθητική αξία έχει ελάχιστο αντίκτυπο σε απόσταση 10 km (Wróżyński et al. 2016).

The screenshot shows the 'Viewshed 2' dialog box with the following settings:

- Surface offset (optional):** ☒ Linear unit, value: 115, unit: Meters.
- Observer elevation (optional):** ☒ Linear unit, value: Unknown, unit: Unknown.
- Observer offset (optional):** ☒ Linear unit, value: 175, unit: Centimeters.
- Inner radius (optional):** ☒ Linear unit, value: Unknown, unit: Unknown.
- ☐ Inner radius is 3d distance (optional).
- Outer radius (optional):** ☒ Linear unit, value: 10000, unit: Meters.

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Environments..., Show Help >>

2.15: Εντολή Viewshed 2

**Πίνακας 2.3: Καταλληλότητα βάσει ορατότητας**

Ορατότητα (Αριθμός Σημείων Θέασης)	Κατάταξη Καταλληλότητας
0 - 2	5
2 - 5	4
5 - 10	3
10 - 25	2
25 - 60	1

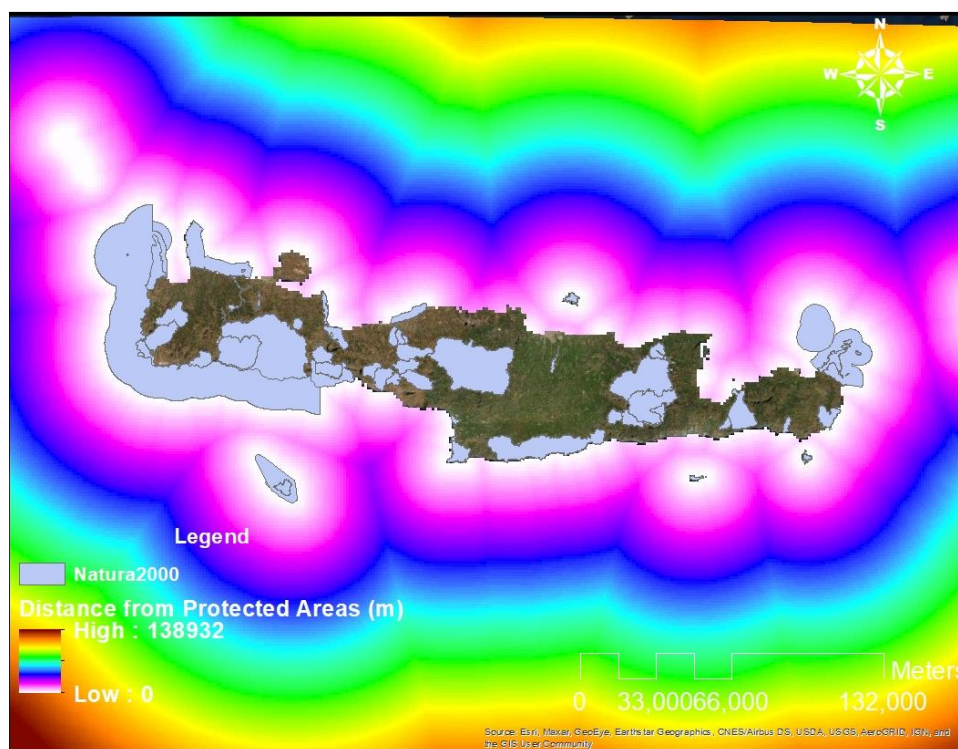
### 2.2.2 Απόσταση από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές

Η αξιολόγηση της απόστασης από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές εφαρμόζεται ως κριτήριο με σκοπό τη στάθμιση ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δύναται να προκαλέσει η εγκατάσταση πλωτού αιολικού πάρκου. Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 2.1.1, οι περιοχές του δικτύου Natura 2000 αποτελούν ευαίσθητα οικοσυστήματα και περιοχές με βαρύνουσα περιβαλλοντική αξία. Η τοποθέτηση ανεμογεννητριών πλησίον των περιοχών αυτών ενδέχεται να επηρεάσει τα ευαίσθητα οικοσυστήματα με αρνητικά αποτελέσματα, για τους παραπάνω λόγους οι διαθέσιμες περιοχές για χωροθέτηση πρόκειται να αξιολογηθούν με βάση την απόστασή τους από τις περιοχές του δικτύου Natura 2000. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία [19] η εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε απόσταση έως και 9500 m από την περιοχή Natura 2000 είναι πιθανό να επηρεάσει το οικοσύστημα. Οι

διαθέσιμες περιοχές πρόκειται να αξιολογηθούν θεωρώντας ως καταλληλότερες τις περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από περιοχές του δικτύου Natura 2000 και βαθμολογώντας τις με 5 και θεωρώντας λιγότερο κατάλληλες τις περιοχές που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από περιοχές του δικτύου Natura 2000. Αναλυτικότερα οι περιοχές που βρίσκονται στο διάστημα από 1000m έως 9500m από τις περιοχές αυτές πρόκειται να αξιολογηθούν από 1 έως 4, ενώ οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 9500m αξιολογούνται με 5 (εικόνα 2.16) (πίνακας 2.4).

**Πίνακας 2.4: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από ΠΠΠ**

Απόσταση από ΠΠΠ (m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
1256 - 3317	1
3317 - 5378	2
5378 - 7439	3
7439 - 9500	4
9500 +	5



2.16: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές [18]

### 2.2.3 Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης

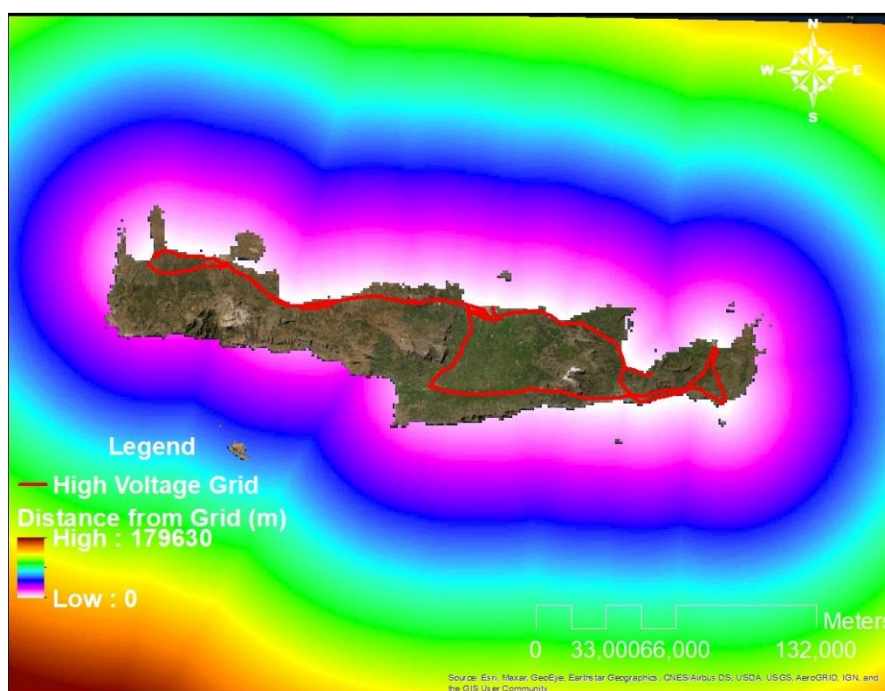
Η ύπαρξη δικτύου υψηλής τάσης και η σύνδεση με αυτό είναι απαραίτητοι παράγοντες για τη λειτουργία ενός πλωτού αιολικού πάρκου. Το δίκτυο υψηλής τάσης της Κρήτης (150 kV) χρησιμοποιείται για την μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος από τα σημεία παραγωγής προς τους καταναλωτές με τις μικρότερες δυνατές απώλειες [29]. Το κόστος της σύνδεσης με το δίκτυο είναι σημαντικός τεχνοοικονομικός παράγοντας του έργου και μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από την απόσταση της περιοχής χωροθέτησης από το δίκτυο υψηλής τάσης. Οι περιοχές που βρίσκονται εγγύτερα στο δίκτυο υψηλής τάσης της Κρήτης παρέχουν σύνδεση σε αυτό με μικρότερο κόστος σε σχέση με αυτές που βρίσκονται μακριά, συνεπώς οι περιοχές που βρίσκονται κοντά



στο ηλεκτρικό δίκτυο υψηλής τάσης αξιολογούνται θετικότερα σε μια κλίμακα από 1 έως 5 με το θετικότερο να αξιολογείται με 5 (εικόνα 2.17) (πίνακας 2.5).

**Πίνακας 2.5: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από το δίκτυο υψηλής τάσης**

Απόσταση από δίκτυο υψηλής τάσης(m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
29227 - 36271	1
22183 - 29227	2
15139 - 22183	3
8095 - 15139	4
1051 - 8095	5



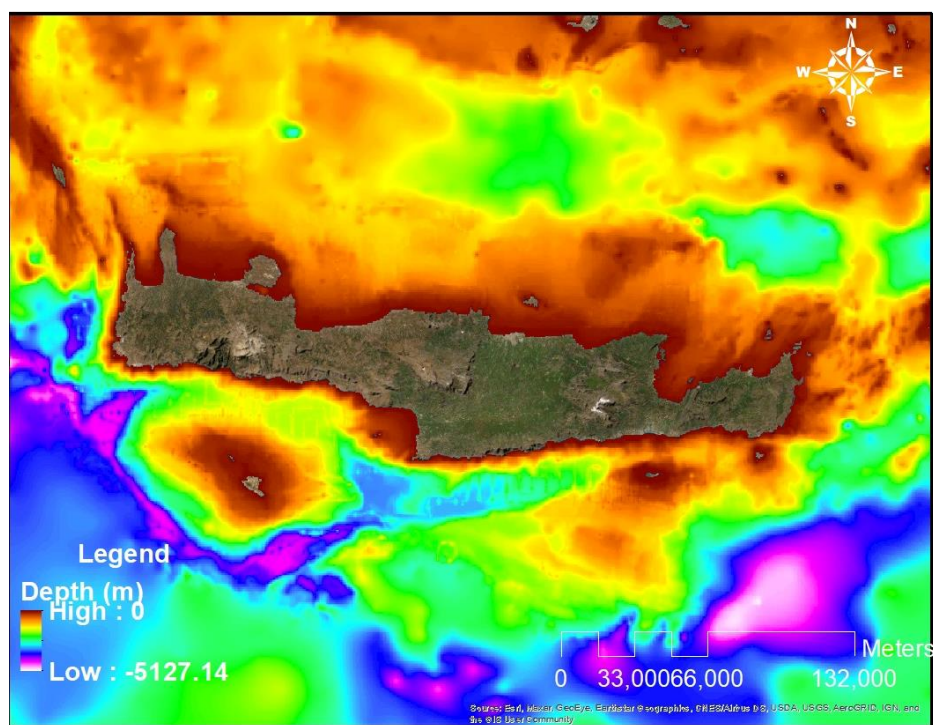
2.17: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης [29]

#### 2.2.4 Βάθος

Το βάθος της τοποθεσίας εγκατάστασης αποτελεί τεχνοοικονομικό παράγοντα που μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος του έργου. Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 2.1.4. το βάθος εγκατάστασης κυμαίνεται από 50 έως και 1000 m ανάλογα και με το είδος της πλωτής πλατφόρμας. Η εγκατάσταση πλωτών αιολικών σε μεγάλο βάθος απαιτεί μεγάλου μήκους σύστημα αγκύρωσης, αλλά και μεγάλου μήκους υποβρύχια καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος [2], αυξάνοντας το συνολικό κόστος του έργου. Για τους παραπάνω λόγους οι περιοχές με μικρό βάθος κρίνονται οικονομικότερες όσον αφορά την παράμετρο του βάθους και συνεπώς καταλληλότερες για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Ως αποτέλεσμα οι περιοχές με το μικρότερο βάθος αξιολογούνται με 5, ενώ οι περιοχές με το μεγαλύτερο βάθος αξιολογείται με 1 (εικόνα 2.18) (πίνακας 2.6).

**Πίνακας 2.6: Καταλληλότητα βάσει βάθους**

Βάθος (m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
1000 - 809	1
809 - 620	2
620 - 430	3
430 - 240	4
240 - 50	5



2.18: Βαθυμετρικός χάρτης Κρήτης [11]

### 2.2.5 Απόσταση από λιμάνι

Η ύπαρξη ενός λιμανιού το οποίο θα χρησιμοποιείται ως «βάση» είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εύρυθμη λειτουργία του πλωτού αιολικού πάρκου. Στο λιμάνι αυτό θα φιλοξενοούνται οι εγκαταστάσεις επίβλεψης, αλλά θα χρησιμοποιείται και ως χώρος για συντήρηση και μικρού μεγέθους επισκευές των ανεμογεννητριών. Επιπλέον στον λιμένα-«βάση» είναι απαραίτητο να υπάρχουν πλοία για μεταφορά προσωπικού από και προς την τοποθεσία εγκατάστασης, καθώς και πλοία για ρυμούλκηση της πλατφόρμας από το λιμάνι προς την τοποθεσία εγκατάστασης [20]. Βάσει των παραπάνω καθίσταται προφανές πως η απόσταση από το λιμάνι είναι τεchnοοικονομικός παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης, συνεπώς οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά σε λιμάνια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λιμάνι-«βάση» θεωρούνται καταλληλότερες για χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου και αξιολογούνται με 5 στην κλίμακα από 1 έως 5. Τα λιμάνια βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση είναι τα εξής:

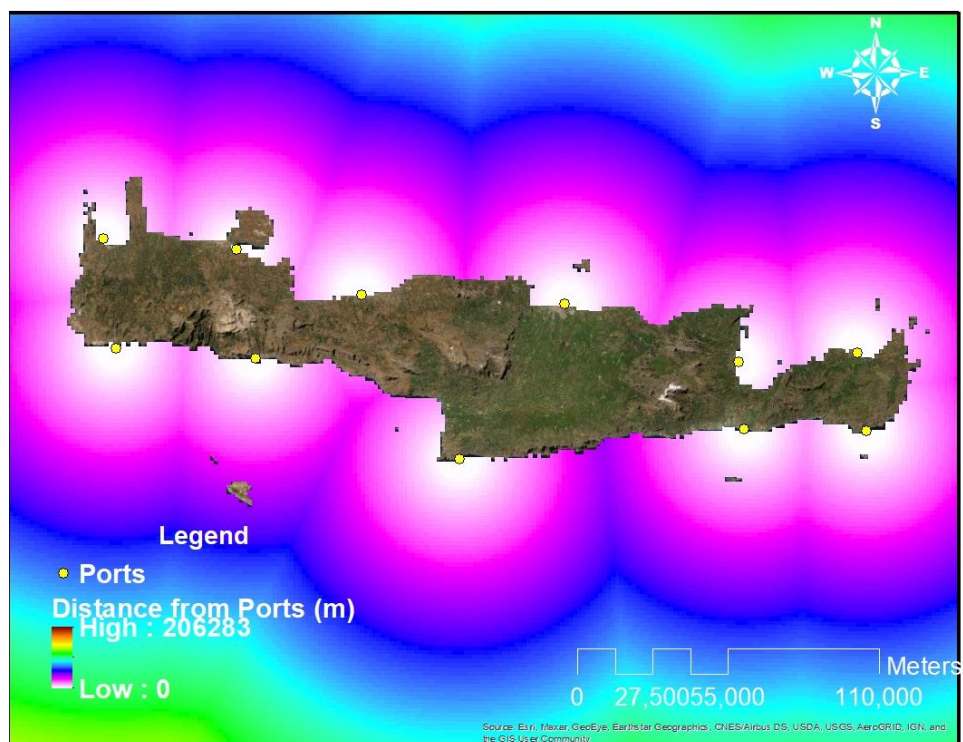
- Λιμάνι Σούδας
- Λιμάνι Ρεθύμνου
- Λιμάνι Ηρακλείου
- Λιμάνι Κισσάμου

- Λιμάνι Αγίου Νικολάου
- Λιμάνι Σητείας
- Λιμάνι Ιεράπετρας
- Λιμάνι Καλών Λιμένων Ηρακλείου
- Λιμάνι Σφακίων
- Λιμάνι Παλαιόχωρας
- Λιμάνι Αθερινόλακκου

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των παραπάνω λιμένων απαιτούνται παρεμβάσεις εκβάθυνσης του λιμένα με σκοπό τη ρυμούλκηση της πλατφόρμας εντός αυτού, καθώς και επεκτάσεις με σκοπό τη δημιουργία χώρου επισκευής και συντήρησης των ανεμογεννητριών (εικόνα 2.19) (πίνακας 2.7).

**Πίνακας 2.7: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από λιμάνι**

Απόσταση από λιμάνι (m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
<b>42879 - 34555</b>	1
<b>34555 - 26230</b>	2
<b>26230 - 17906</b>	3
<b>17906 - 9581</b>	4
<b>9581 - 1256</b>	5



2.19: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από λιμάνι [30]

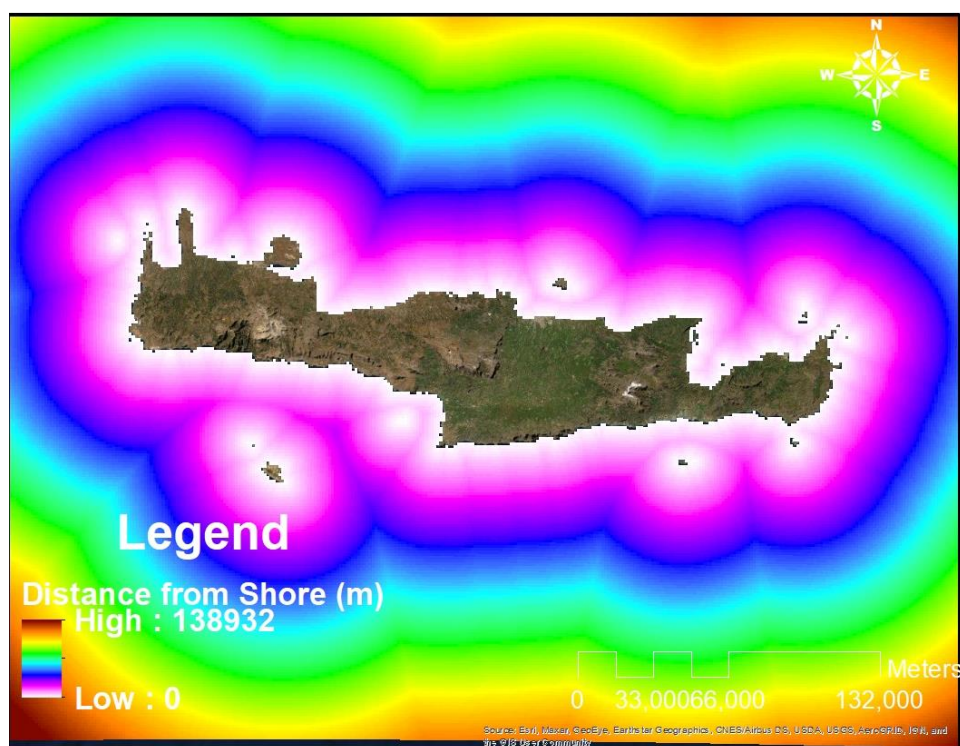


### 2.2.6 Απόσταση από την ακτή

Η απόσταση από την ακτογραμμή αποτελεί σημαντικό τεχνοοικονομικό παράγοντα του έργου καθώς σχετίζεται με το κόστος αυτού. Στην περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων ένα μεγάλο κομμάτι του συνολικού κόστους οφείλεται στη χρήση υποθαλάσσιων καλωδίων με σκοπό την διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί πως σε κομμάτι της διεθνούς βιβλιογραφίας οι περιοχές που τοποθετούνται κοντά στις ακτές εξαιρούνται από επιπλέον αξιολόγηση, καθώς θεωρείται πως πιθανόν να προκαλέσουν οπτική ή ακουστική όχληση [16][21]. Στην συγκεκριμένη εργασία το κριτήριο της όχλησης ερευνάται χωριστά και όχι σε συνάρτηση της απόστασης από την ακτή, συνεπώς η περιοχές κοντά στην ακτογραμμή αξιολογούνται θετικά για λόγους οικονομικής βιωσιμότητας της εγκατάστασης (εικόνα 2.20) (πίνακας 2.8).

**Πίνακας 2.8: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από την ακτή**

Απόσταση από την ακτή (m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
10558 - 8446	1
8446 - 6335	2
6335 - 4223	3
4223 - 2112	4
2112 - 0	5



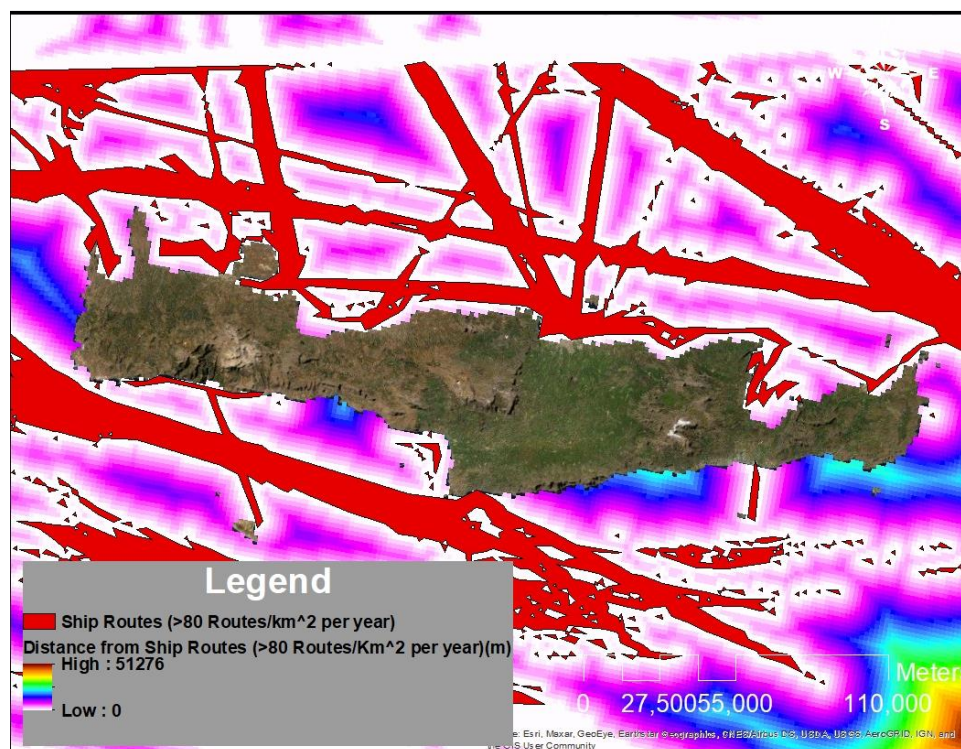
2.20: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από την ακτή [15]

### 2.2.7 Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας

Η απόσταση της περιοχής χωροθέτησης από διόδους ναυσιπλοΐας αποτελεί κριτήριο ασφάλειας της εγκατάστασης. Επιπλέον της εξαιρούμενης ζώνης των 500m όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2.1.5. εφαρμόζεται η αξιολόγηση της περιοχής σε απόσταση έως και 2 ναυτικών μιλίων (3700 m) γύρω από τις διόδους [50] με σκοπό την αποφυγή συγκρούσεων αλλά και βλαβών στις αγκυρώσεις. Αναλυτικότερα οι περιοχές σε απόσταση από 500 m έως και 3700 m από τις διόδους ναυσιπλοΐας αξιολογούνται από 1 έως 4, ενώ οι περιοχές σε απόσταση μεγαλύτερη των 3700 m (2 n.m.) αξιολογούνται με 5 (εικόνα 2.21) (πίνακας 2.9).

**Πίνακας 2.9: Καταλληλότητα βάσει απόστασης από διόδους ναυσιπλοΐας**

Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας (m)	Κατάταξη Καταλληλότητας
1320 - 1915	1
1915 - 2510	2
2510 - 3105	3
3105 - 3700	4
3700 +	5



2.21: Κριτήρια αξιολόγησης: Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας [6]

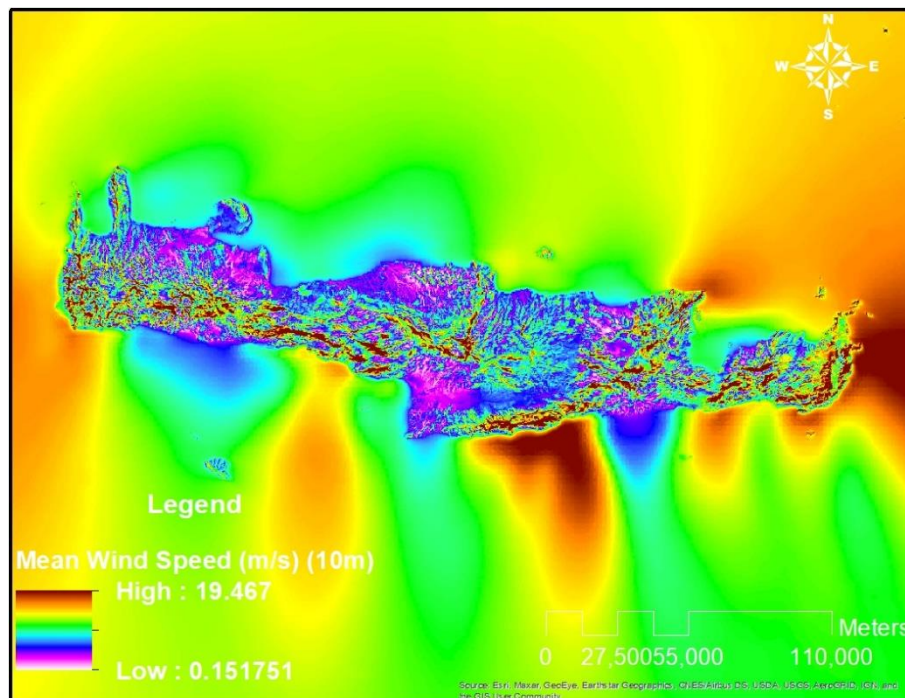
### 2.2.8 Μέση ταχύτητα ανέμου

Η μέση ταχύτητα ανέμου αποτελεί παράγοντα που σχετίζεται με την ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης. Οι περιοχές με υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου είναι στις περισσότερες περιπτώσεις ενεργειακά αποδοτικότερες και συνεπώς καταλληλότερες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10 μέτρων λαμβάνεται σε μορφή raster από την πλατφόρμα globalwindatlas τα στοιχεία της οποίας έχουν προκύψει από επεξεργασία δεδομένων 10 ετών (2008 – 2017) του ERA5 Climate reanalysis [17][26] :

Στις διαθέσιμες περιοχές για χωροθέτηση η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου κυμαίνεται από 6 έως 8,5 m/s σε ύψος 10 m . Οι περιοχές με την υψηλότερη μέση ταχύτητα ανέμου αξιολογούνται με 5, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη με 1 (εικόνα 2.22) (πίνακας 2.10).

Πίνακας 2.10: Καταλληλότητα βάσει μέσης ταχύτητας ανέμου

Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	Κατάταξη Καταλληλότητας
6 - 6,5	1
6,5 - 7	2
7 - 7,5	3
7,5 - 8	4
8 - 8,5	5



2.22: Κριτήρια αξιολόγησης: Μέση ταχύτητα ανέμου [17]

Στον πίνακα 2.11 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κριτήρια αξιολόγησης

**Πίνακας 2.11: Κριτήρια Αξιολόγησης**

A/A	ΚΡΙΤΗΡΙΟ		ΔΙΑΣΤΗΜΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
AΞ1	Ορατότητα	Ελαχιστοποίηση		Κριτήρια όχλησης
AΞ2	Απόσταση από Προστατευόμενες Περιβαλλοντικά Περιοχές	Μεγιστοποίηση	1000m - 9500 m	Κριτήρια περιβαλλοντικής προστασίας
AΞ3	Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης	Ελαχιστοποίηση		Τεχνοοικονομικά κριτήρια
AΞ4	Βάθος	Ελαχιστοποίηση	50m – 1000m	
AΞ5	Απόσταση από λιμάνι	Ελαχιστοποίηση		
AΞ6	Απόσταση από την ακτή	Ελαχιστοποίηση		
AΞ7	Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας	Μεγιστοποίηση	0,27nm (500m) - 2 nm (3700 m)	Κριτήρια ασφάλειας
AΞ8	Μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10 m	Μεγιστοποίηση		Ενεργειακά κριτήρια

### 2.2.9 Κατηγοριοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης

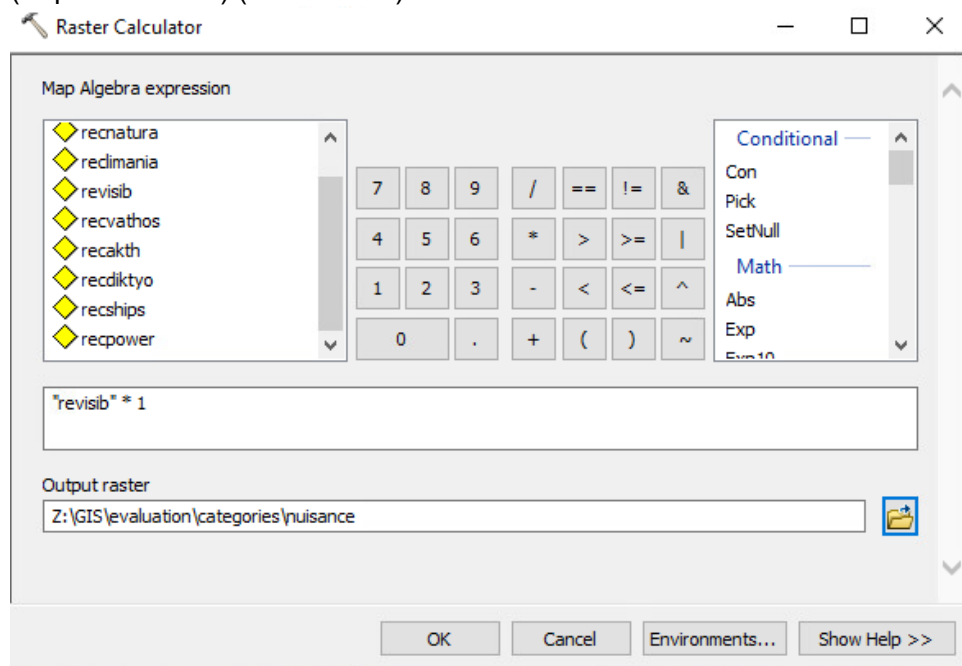
Ακολουθώντας τα κριτήρια αξιολόγησης κατηγοριοποιούνται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με τον παράγοντα που εκφράζουν. Για την κατηγοριοποίηση εξάγεται ο μέσος όρος των κριτηρίων αξιολόγησης της κάθε κατηγορίας για κάθε ψηφίδα του χάρτη με την εντολή raster calculator του λογισμικού ArcMap 10.7. Οι πέντε νέες κατηγορίες είναι οι εξής:

- Κριτήρια όχλησης
- Κριτήρια προστασίας περιβάλλοντος
- Τεχνοοικονομικά κριτήρια
- Κριτήρια ασφαλείας
- Ενεργειακά κριτήρια



i. *Κριτήρια όχλησης*

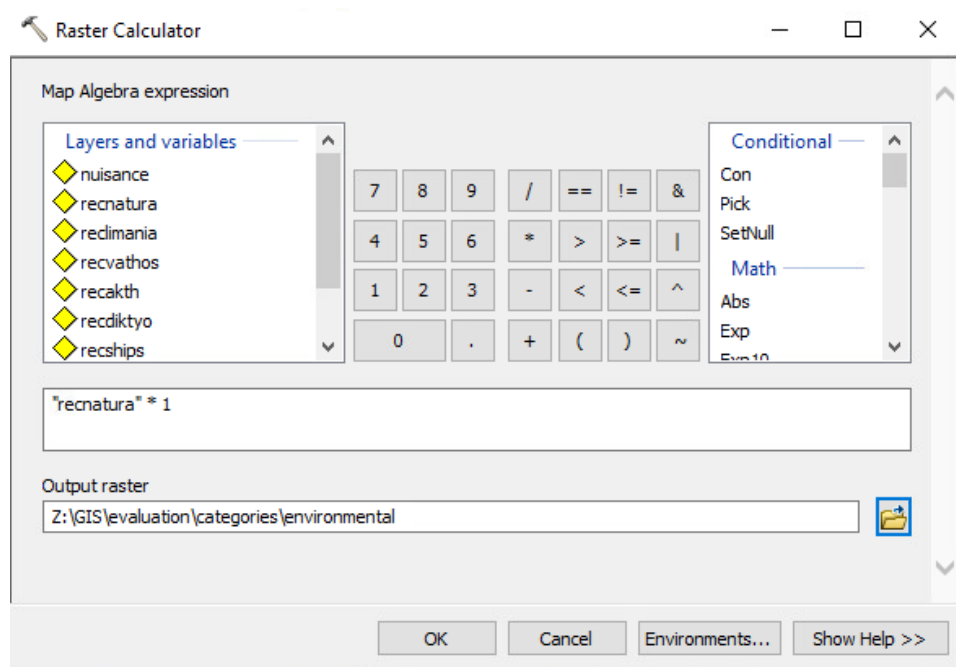
Στα κριτήρια όχλησης συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο της ορατότητας (κεφάλαιο 2.2.1.) (εικόνα 2.23)



2.23: Υπολογισμός κριτηρίων όχλησης

ii. *Κριτήρια προστασίας περιβάλλοντος*

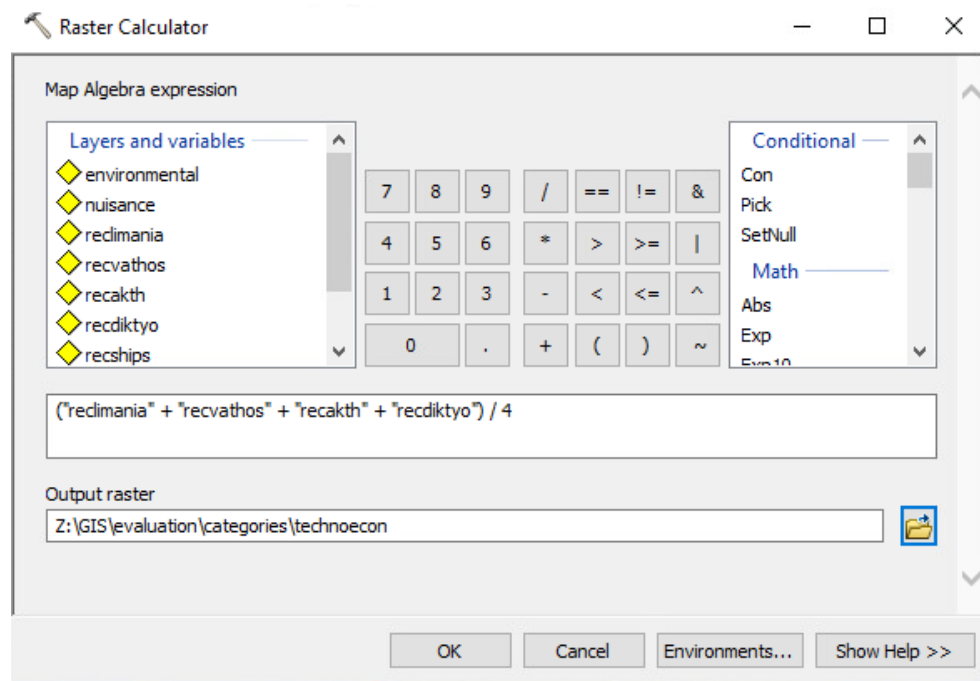
Στα κριτήρια προστασίας περιβάλλοντος συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο της απόστασης από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές (κεφάλαιο 2.2.3.) (εικόνα 2.24)



2.24: Υπολογισμός κριτηρίων προστασίας περιβάλλοντος

iii. *Τεχνοοικονομικά κριτήρια*

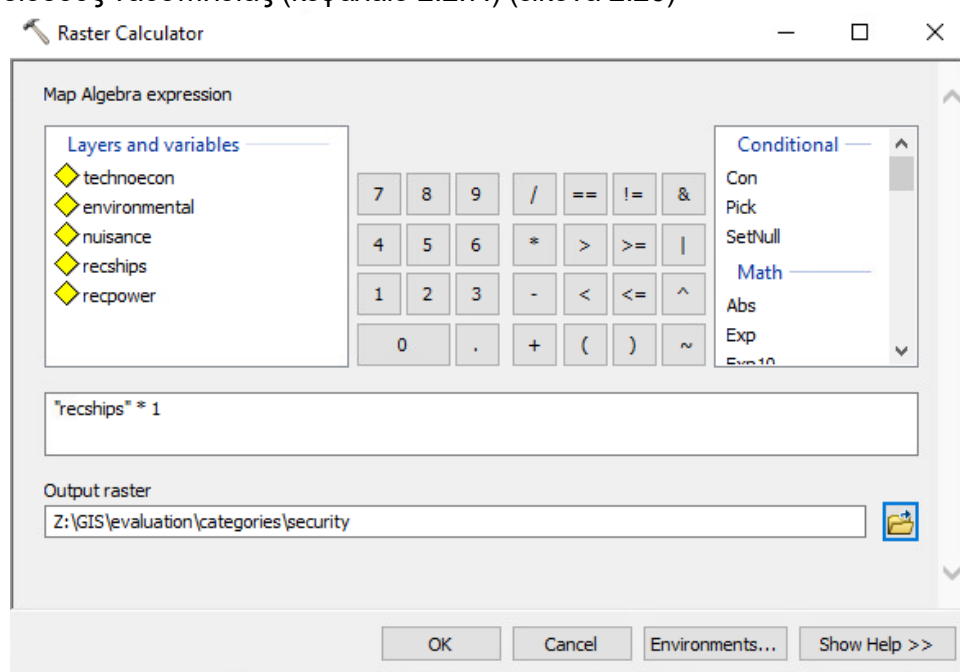
Στα τεχνοοικονομικά κριτήρια συμπεριλαμβάνονται η απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης (κεφάλαιο 2.2.3.), το βάθος (κεφάλαιο 2.2.4.), η απόσταση από λιμάνι (κεφάλαιο 2.2.5.) και η απόσταση από την ακτή (κεφάλαιο 2.2.6.) (εικόνα 2.25).



2.25: Υπολογισμός τεχνοοικονομικών κριτηρίων

iv. *Κριτήρια ασφαλείας*

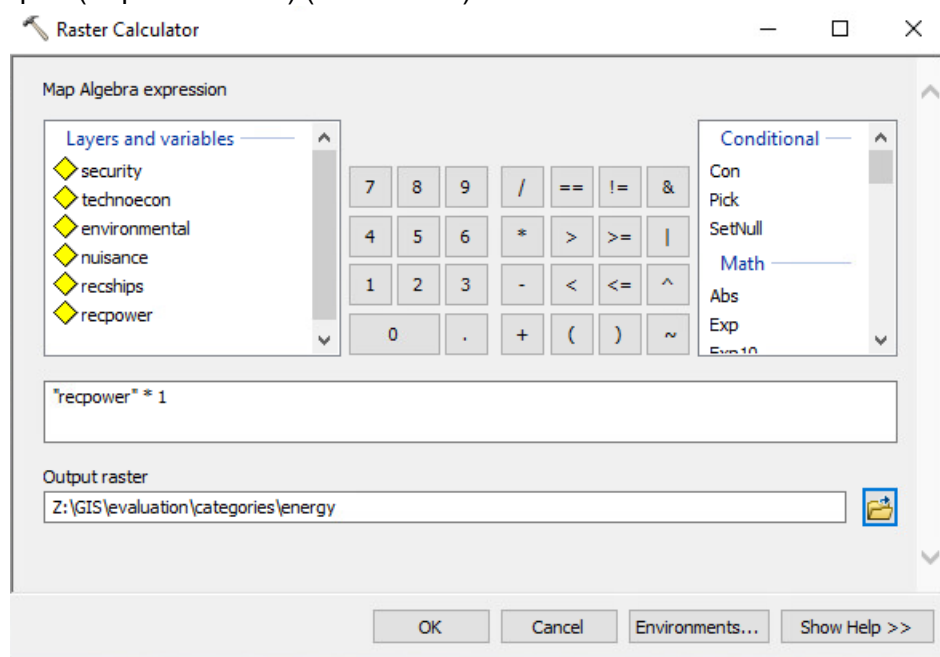
Στα κριτήρια ασφαλείας συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο της απόστασης από διόδους ναυσιπλοΐας (κεφάλαιο 2.2.7.) (εικόνα 2.26)



2.26: Υπολογισμός κριτηρίων ασφαλείας

ν. **Ενεργειακά κριτήρια**

Στα ενεργειακά κριτήρια συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο της μέσης ταχύτητας ανέμου (κεφάλαιο 2.2.8.) (εικόνα 2.27)



2.27: Υπολογισμός ενεργειακών κριτηρίων

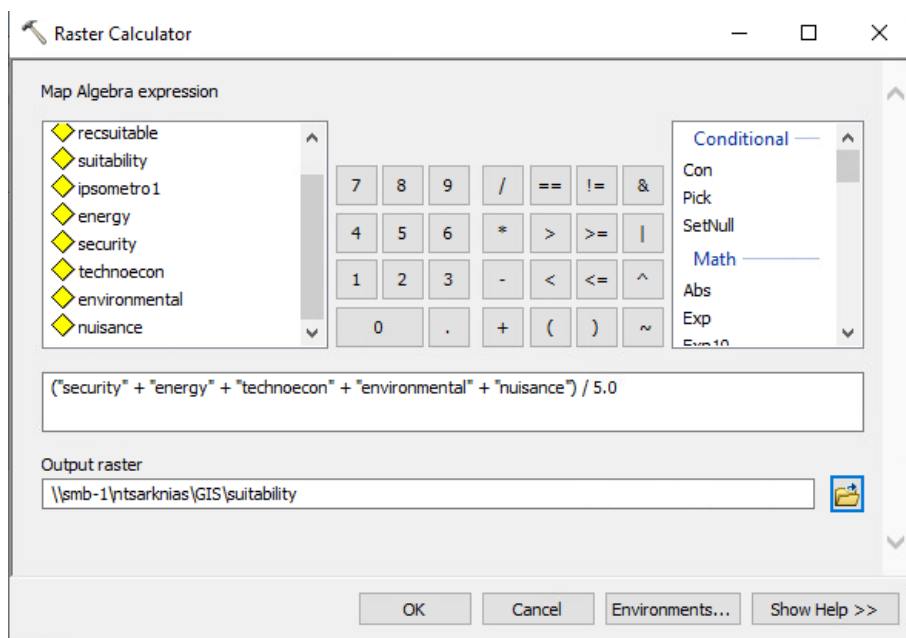
Στον πίνακα 2.12 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης.

**Πίνακας 2.12: Κατηγοριοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης**

A/A	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
AΞ1	Ορατότητα	Κριτήρια όχλησης
AΞ2	Απόσταση από Προστατευόμενες Περιβαλλοντικά Περιοχές	Κριτήρια περιβαλλοντικής προστασίας
AΞ3	Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης	Τεχνοοικονομικά κριτήρια
AΞ4	Βάθος	
AΞ5	Απόσταση από λιμάνι	
AΞ6	Απόσταση από την ακτή	
AΞ7	Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας	Κριτήρια ασφάλειας
AΞ8	Μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10 m	Ενεργειακά κριτήρια

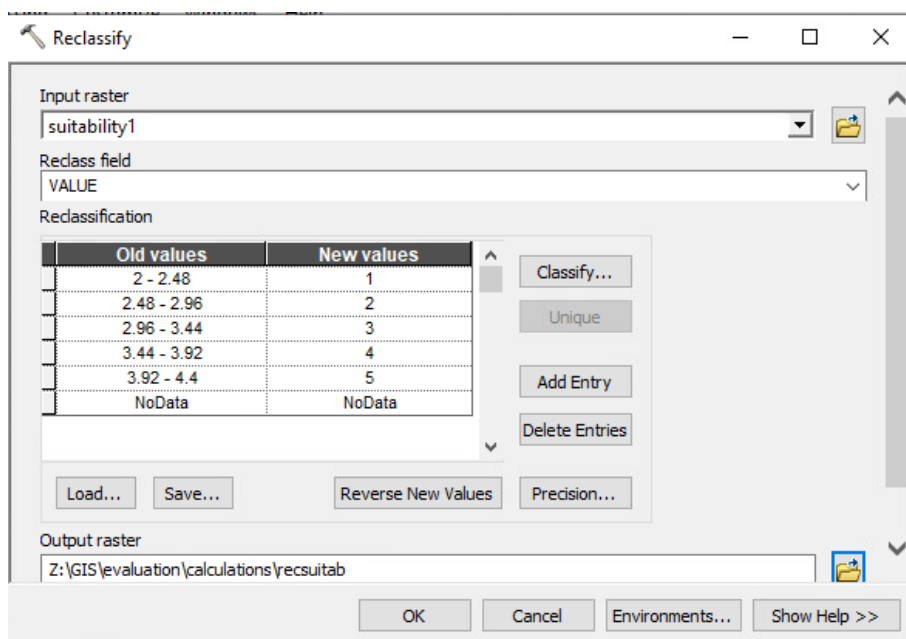
### 2.2.10 Υπολογισμός καταλληλότητας

Μετά την κατηγοριοποίηση των κριτηρίων ακολουθείται παρόμοια μέθοδος με σκοπό τον προσδιορισμό της καταλληλότητας των διαθέσιμων περιοχών. Κάνοντας χρήση της εντολής raster calculator (εικόνα 2.28) πραγματοποιείται ο υπολογισμός του μέσου όρου των τιμών των πέντε κατηγοριών που αναφέρονται στο κεφάλαιο 2.2.9. για κάθε ψηφίδα του χάρτη.



2.28: Υπολογισμός καταλληλότητας

Εν συνεχεία οι περιοχές ανακατατάσσονται, βάσει των τιμών που προκύπτουν από την άθροιση των πέντε κατηγοριών, σε κλίμακα από 1 έως 5 με τις περιοχές που αξιολογούνται με 5 να θεωρούνται οι καταλληλότερες για χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται και πάλι με την εντολή reclassify του λογισμικού ArcMap 10.7 (εικόνα 2.29).



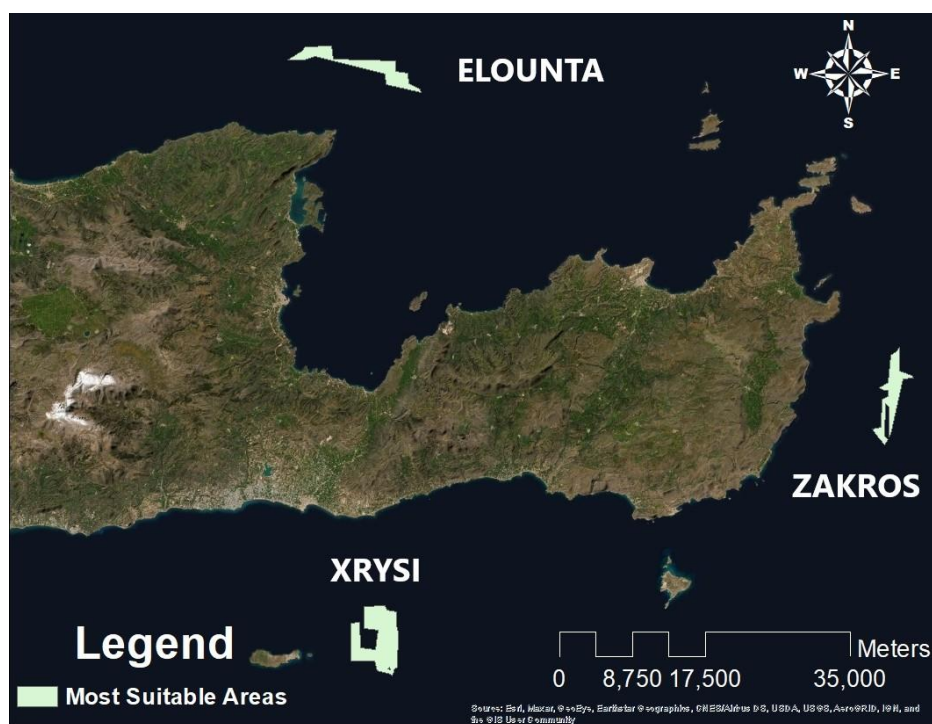
2.29: Αξιολόγηση βάσει της καταλληλότητας των περιοχών

## 2.3 Ενεργειακή Αξιολόγηση Περιοχών

Οι περιοχές οι οποίες έχουν αξιολογηθεί με 5 από τα 5 στο στάδιο του υπολογισμού καταλληλότητας (πίνακας 2.13) (εικόνα 2.30) πρόκειται να αξιολογηθούν περαιτέρω με σκοπό τον προσδιορισμό των ενεργειακών τους χαρακτηριστικών. Η αξιολόγηση πρόκειται να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του λογισμικού WAsP 12.6.

Πίνακας 2.13: Περιοχές προς ενεργειακή ανάλυση

Περιοχή	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Κατάταξη βάσει ενεργειακών κριτηρίων
Ελούντα	12,89	2 - 3
Ζάκρος	10,71	4 - 5
Χρυσή	21,20	2



2.30: Καταλληλότερες περιοχές για χωροθέτηση

Σε κάθε μία από τις τρεις περιοχές που έχουν κριθεί ως καταλληλότερες (Ελούντα, Ζάκρος και Χρυσή) μελετάται η χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου ονομαστικής ισχύος που θα καλύπτει πλήρως την διαθέσιμη έκταση της κάθε περιοχής. Για τον σκοπό αυτό αφαιρούνται περιοχές πολύ μικρής έκτασης (μικρότερης του 1 km<sup>2</sup>) και εξετάζονται δύο τύποι ανεμογεννητριών ονομαστικής ισχύος 8 MW και 3 MW αντίστοιχα. Η διάταξη των ανεμογεννητριών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η ελάχιστη απόσταση μεταξύ αυτών να είναι 9 διάμετροι ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου και 6 διάμετροι ρότορα στην διεύθυνση του ανέμου που είναι κάθετη στην κύρια [27], έτσι ώστε να μετριάσθούν οι απώλειες σκίασης (wake losses) που προκαλούνται μεταξύ των ανεμογεννητριών.

Η πλατφόρμα που επιλέγεται για την ενεργειακή αξιολόγηση είναι η ημιβυθισμένη (semi – submersible), καθώς αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση δεδομένου του σχετικά μικρού βάθους των λιμανιών της Κρήτης, της ευκολίας εγκατάστασης και επιτυχούς εφαρμογής της σε άλλα έργα. Συνεπώς στο ύψος ρότορα της κάθε ανεμογεννήτριας λαμβάνεται υπόψιν και το ύψος της βυθισμένης κατά 2/3 πλωτής πλατφόρμας. Το απόλυτο ύψος της ημιβυθισμένης (semi – submersible) πλατφόρμας είναι ίσο με 30 m εκ των οποίων κατά κανόνα τα 20 m βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Συνεπώς στο ύψος ρότορα των δύο τύπων ανεμογεννητριών προστίθενται 10 m κατά τους ενεργειακούς υπολογισμούς [28].

Κατά την ενεργειακή ανάλυση θα προσδιοριστεί η φέρουσα ικανότητα των τριών περιοχών όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ βάσει της διάταξης που αναφέρθηκε (9RD X 6RD), η ετήσια παραγωγή ενέργειας (ΑΕΡ) και ο συντελεστής απόδοσης (Capacity Factor) της κάθε περιοχής βάσει των ανεμολογικών δεδομένων, και οι απώλειες σκίασης (Wake Losses).

### 2.3.1 Τύποι ανεμογεννητριών

Στα πλαίσια της ενεργειακής ανάλυσης θα εξεταστούν δύο τύποι ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα με διαφορετική μέγιστη παραγόμενη ισχύ με σκοπό την τοποθέτηση τους σε ημιβυθισμένη (semi – submersible) πλωτή πλατφόρμα.

Οι τύποι ανεμογεννητριών που θα εξεταστούν είναι η ανεμογεννήτρια Vestas V164 – 8 MW και η Vestas V112 Offshore – 3MW. Τα χαρακτηριστικά των δύο ανεμογεννητριών παρουσιάζονται στον πίνακα 2.14.

**Πίνακας 2.14: Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών**

Ανεμογεννήτρια	Vestas V164 – 8MW	Vestas V112 – 3MW
Μέγιστη Ισχύς	8 MW	3MW
Ταχύτητα Έναρξης	4 m/s	3 m/s
Ταχύτητα Αποκοπής	25 m/s	25 m/s
Ύψος Πύργου	105 m	84 m
Διάμετρος Ρότορα	164 m	112 m
Σαρωμένη Περιοχή	21124 m <sup>2</sup>	9852 m <sup>2</sup>

### 2.3.2 Προγραμματισμός στο WAsP

Το λογισμικό WAsP αποτελεί μια σύνθεση υποπρογραμμάτων τα οποία έχουν ως αντικείμενο την κατασκευή ενός συγκεκριμένου μέρους του έργου, η σύνθεση των επιμέρους αποτελεσμάτων των διάφορων υποπρογραμμάτων οδηγεί στο τελικό αποτέλεσμα της ενεργειακής προσομοίωσης. Τα υποπρογράμματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα:

- WAsP Map Editor
- WAsP Turbine Editor

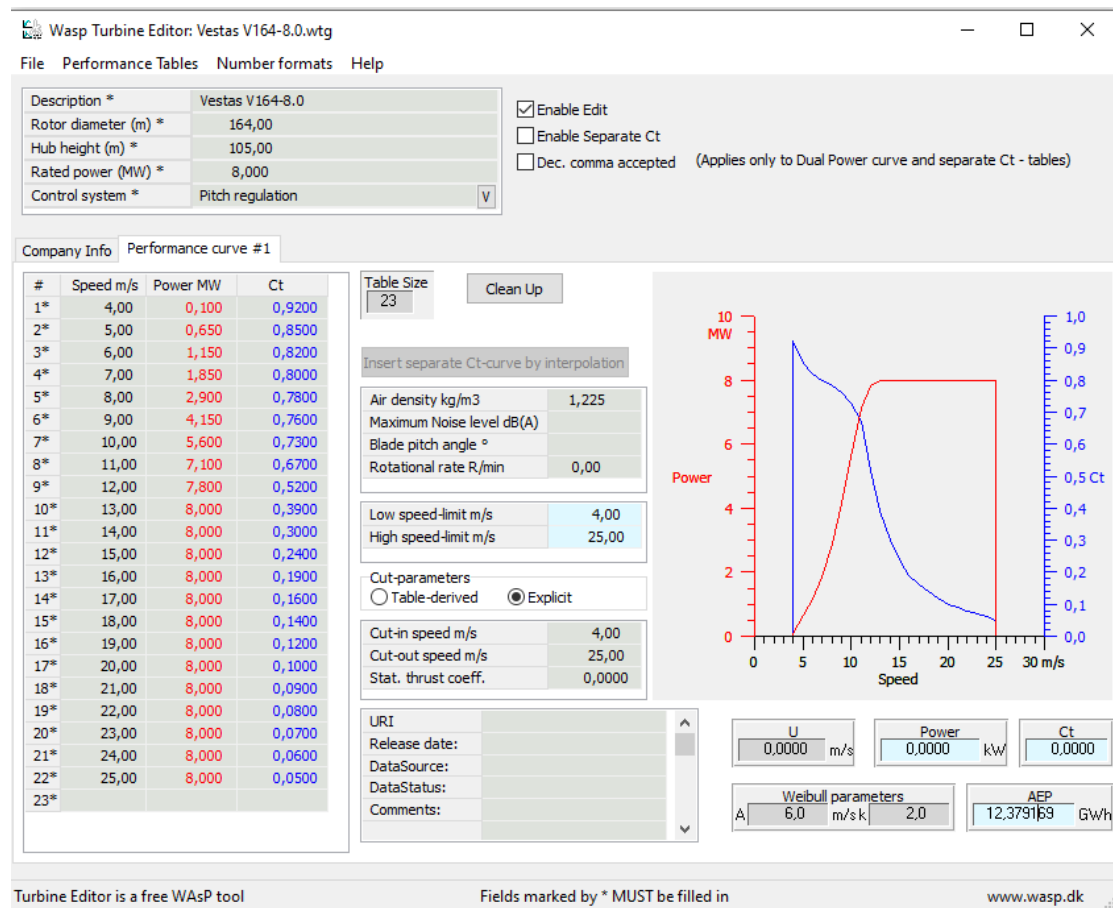
Σημειώνεται πως δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο υποπρόγραμμα για την επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων καθώς αυτά λήφθηκαν από την πλατφόρμα Global Wind Atlas σε μορφή Generalized Wind Climate (GWC) για την εκάστοτε περιοχή. Τα δεδομένα GWC της πλατφόρμας έχουν δημιουργηθεί με εισαγωγή κλιματικών δεδομένων στο λογισμικό WAsP και περιέχουν ανεμολογικά δεδομένα και ροδογράμματα για διάφορα ύψη και μήκη τραχύτητας [17].

### i. WAsP Map Editor

Το υποπρόγραμμα WAsP Map Editor χρησιμοποιείται για την δημιουργία χαρτών και περιέχει δεδομένα που εκφράζουν την τραχύτητα και το ανάγλυφο της εξεταζόμενης περιοχής. Ο χάρτης της περιοχής δημιουργήθηκε εισάγοντας στο υποπρόγραμμα τα δεδομένα των ισούψων της Κρήτης οι οποίες προέκυψαν μετά από επεξεργασία στο λογισμικό ArcGIS. Επιπλέον η τραχύτητα της θαλάσσιας περιοχής ορίστηκε σε 0,0002 m, ενώ η σχετική τραχύτητα των χερσαίων περιοχών ορίστηκε σε 0,1 m [25].

### ii. WAsP Turbine Editor

Το υποπρόγραμμα WAsP Turbine Editor χρησιμοποιείται για την δημιουργία του προφίλ της ανεμογεννήτριας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Στο υποπρόγραμμα εισάγονται χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας όπως ύψος πύργου, διάμετρος ρότορα, ταχύτητα έναρξης και ταχύτητα αποκοπής, επιπλέον εισάγονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος και αντίστασης. Το υποπρόγραμμα WAsP Turbine Editor χρησιμοποιήθηκε μόνο για τη δημιουργία του προφίλ της ανεμογεννήτριας Vestas V164 – 8MW (εικόνα 2.31), καθώς το προφίλ της ανεμογεννήτριας Vestas V112 – 3MW υπήρχε ήδη ενσωματωμένο στη βιβλιοθήκη του λογισμικού WAsP.



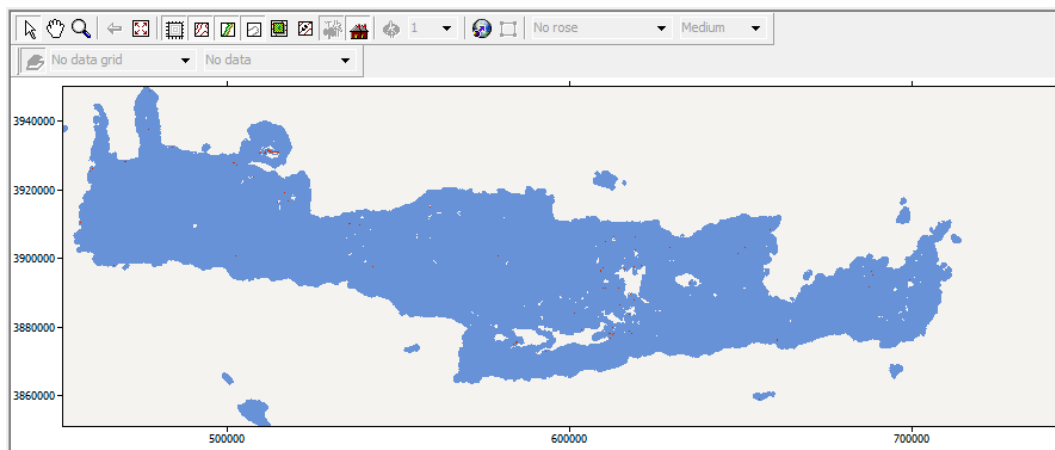
2.31: Δημιουργία του προφίλ της Vestas V164 – 8MW στο Wind Turbine Editor

Τα αποτελέσματα των υποπρογραμμάτων εισάγονται στο WAsP μαζί με τα κλιματικά δεδομένα τα οποία προέρχονται από την πλατφόρμα Global Wind Atlas [17]. Τα δεδομένα αυτά επεξεργάζονται με τα εργαλεία Terrain Analysis και Wind Farm με σκοπό τον υπολογισμό των ενεργειακών χαρακτηριστικών του πλωτού αιολικού πάρκου.



i. Terrain Analysis

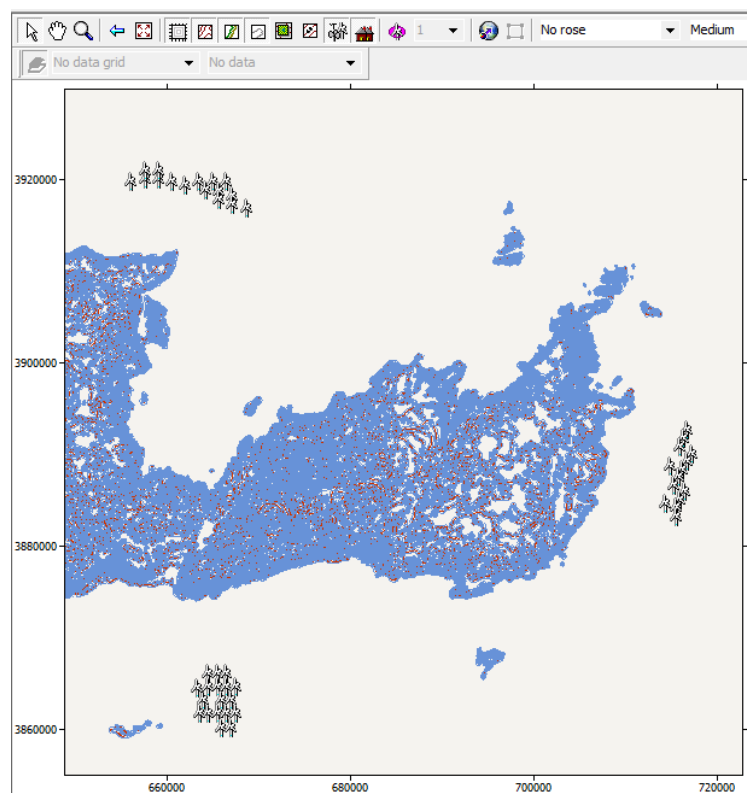
Το εργαλείο Terrain Analysis χρησιμοποιείται για επεξεργασία και ανάλυση του εδάφους, σε αυτό εισάγονται τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από το WAsP Map Editor ώστε να προσδιοριστεί το ανάγλυφο και η σχετική τραχύτητα της περιοχής (εικόνα 2.32).



2.32: Δημιουργία αναγλύφου στο WAsP

ii. Wind Farm

Το εργαλείο Wind Farm χρησιμοποιείται για τους ενεργειακούς υπολογισμούς, σε αυτό εισάγονται το προφίλ της ανεμογεννήτριας και τα κλιματικά δεδομένα. Επιπλέον μέσω αυτού του εργαλείου τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες στον χάρτη (εικόνα 2.33). Μέσω του Wind Farm υπολογίζεται η τελική ετήσια παραγόμενη ενέργεια (AEP), ο συντελεστής απόδοσης (Capacity Factor) και οι απώλειες σκίασης (Wake Losses).



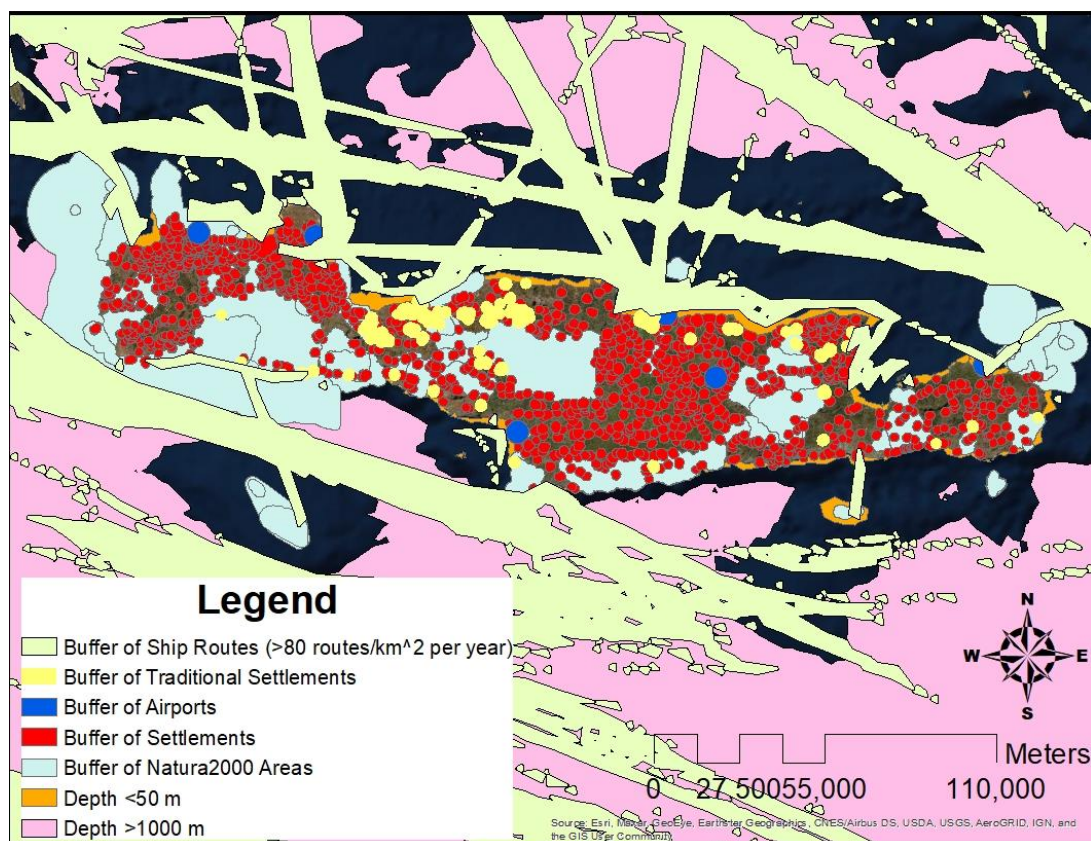
2.33: Τοποθέτηση ανεμογεννητριών στο WAsP

### 3 Αποτελέσματα

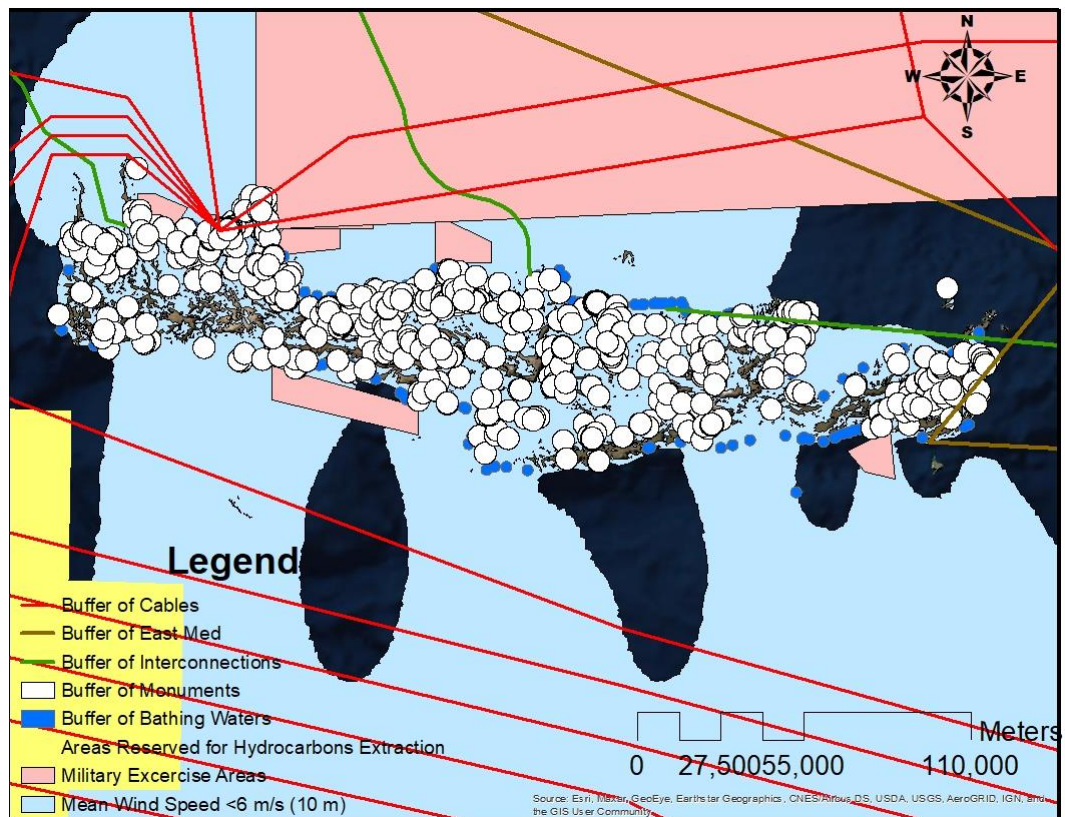
Τα κριτήρια που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2 συνδυάζονται με στόχο τον καθορισμό αρχικά των περιοχών όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση και εν συνεχεία των καταλληλότερων περιοχών για χωροθέτηση στην θαλάσσια περιοχή της Κρήτης. Η κατάταξη των περιοχών γίνεται σε κλίμακα από 1 έως 5 με τις καταλληλότερες περιοχές να αξιολογούνται με 5 και τις λιγότερο κατάλληλες να αξιολογούνται με 1. Τέλος στις περιοχές που έχουν κριθεί ως καταλληλότερες θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση με σκοπό τον προσδιορισμό των ενεργειακών τους χαρακτηριστικών.

#### 3.1 Αποτελέσματα κριτηρίων αποκλεισμού

Οι περιοχές που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2.1 και απεικονίζονται συνδυαστικά στους χάρτες 3.1 και 3.2 αποτελούν περιοχές όπου καθίσταται αδύνατη η χωροθέτηση πλωτών ανεμογεννητριών και συνεπώς εξαιρούνται. Με την εξαίρεση των περιοχών αυτών προκύπτουν οι περιοχές όπου είναι δυνατή η εγκατάσταση πλωτού αιολικού πάρκου, οι περιοχές αυτές παρουσιάζονται στον χάρτη 3.3

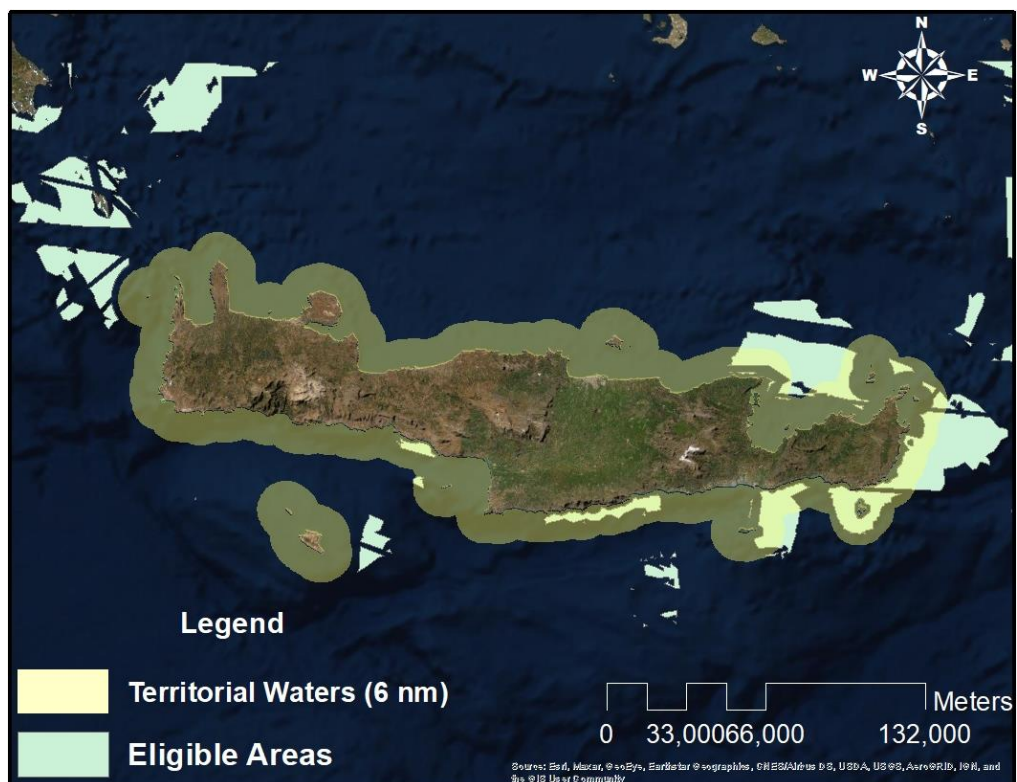


3.1: Κριτήρια αποκλεισμού (1/2) (ArcMap 10.7)



3.2: Κριτήρια Αποκλεισμού (2/2) (ArcMap 10.7)

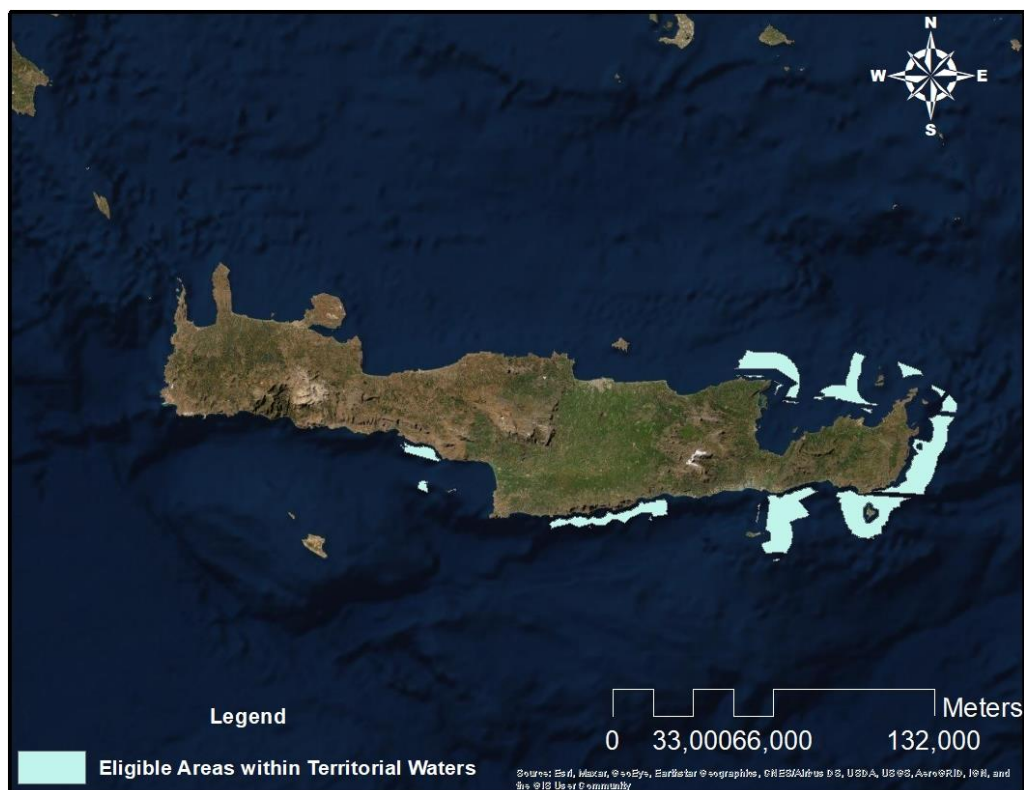
Με την εξαίρεση όλων των περιοχών που παρουσιάζονται στους παραπάνω χάρτες (κριτήρια αποκλεισμού) προκύπτουν οι περιοχές όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου:



3.3: Περιοχές όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση (ArcMap 10.7)



Οι περιοχές όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση πλωτών ανεμογεννητριών εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων (6 n.m.) απεικονίζονται στον χάρτη 3.4:



3.4: Περιοχές εντός των χωρικών υδάτων όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση (ArcMap 10.7)

Οι διαθέσιμες περιοχές ανά περιφερειακή ενότητα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1:

**Πίνακας 3.1: Διαθέσιμες περιοχές ανά περιφερειακή ενότητα**

Περιφερειακή Ενότητα	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Ποσοστό επί του συνόλου
Χανίων	0	0%
Ρεθύμνου	62,54	3,99%
Ηρακλείου	170,95	10,90%
Λασιθίου	1.334,74	85,11%
<b>Σύνολο</b>	<b>1.568,23</b>	

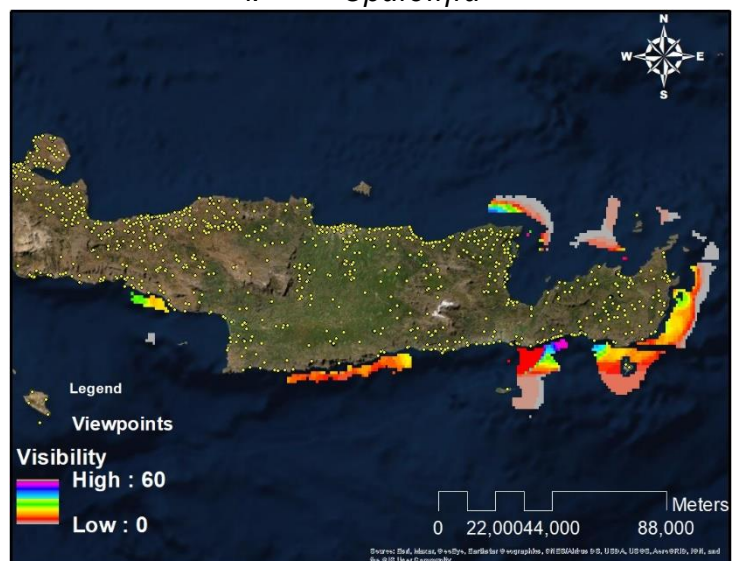
## 3.2 Αποτελέσματα κριτηρίων αξιολόγησης

Οι διαθέσιμες περιοχές οι οποίες έχουν προκύψει από το στάδιο των κριτηρίων αποκλεισμού αξιολογούνται περαιτέρω βάσει των κριτηρίων αξιολόγησης με σκοπό τον καθορισμό των καταλληλότερων περιοχών. Η αξιολόγηση γίνεται σε κλίμακα από 1 (λιγότερο κατάλληλη) έως 5 (καταλληλότερη) για το κάθε κριτήριο και εν συνεχεία γίνεται κατηγοριοποίηση των κριτηρίων ανάλογα με τον παράγοντα που εκφράζουν: Με τον συνδυασμό όλων των κατηγοριοποιημένων κριτηρίων προκύπτει η τελική καταλληλότητα της κάθε περιοχής.

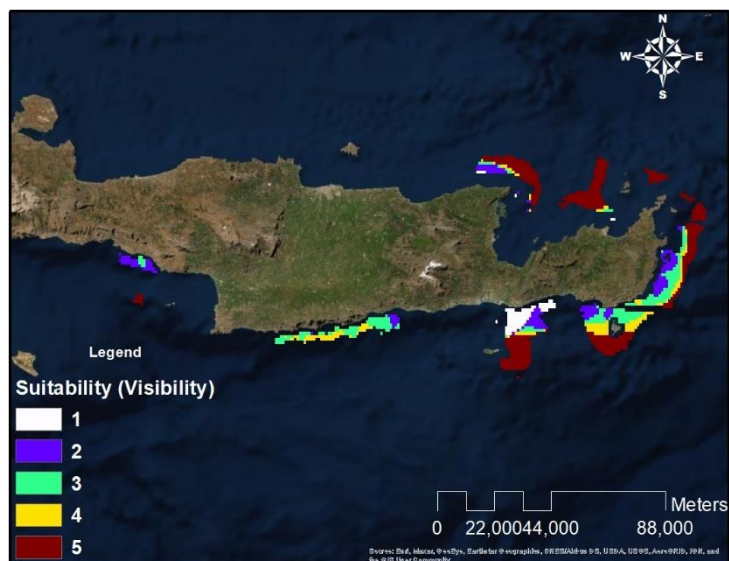
## Κριτήρια αξιολόγησης:

Στους παρακάτω χάρτες παρουσιάζονται τα κριτήρια αξιολόγησης για τις περιοχές όπου είναι δυνατή η χωροθέτηση και η κατάταξη τους ανάλογα με το εκάστοτε κριτήριο.

### i. Ορατότητα

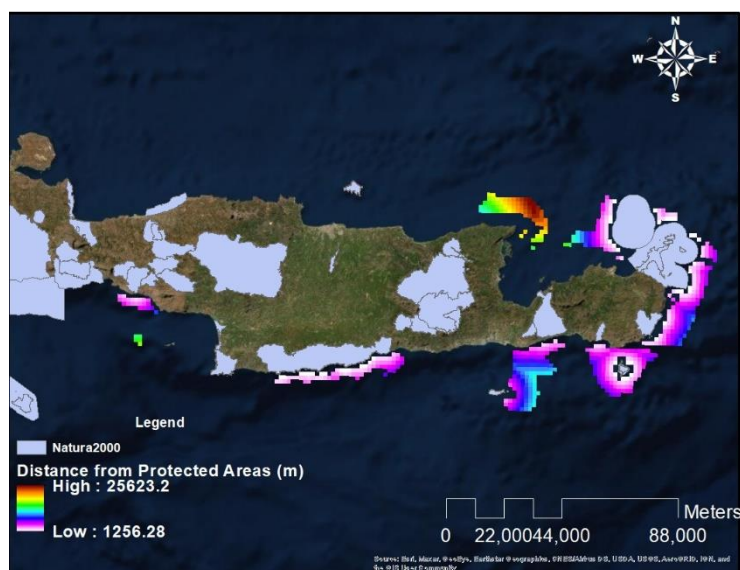


3.6: Ορατότητα των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7)

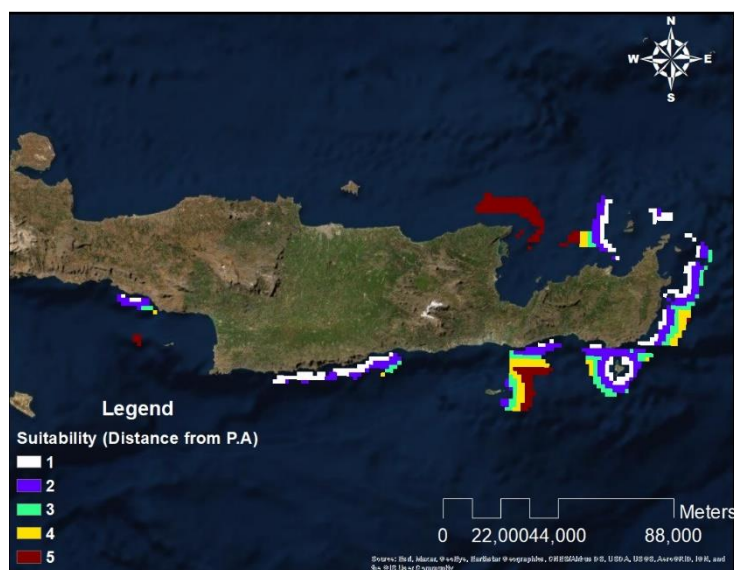


3.5: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Ορατότητα) (ArcMap 10.7)

### ii. Απόσταση από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές (ΠΠΠ)



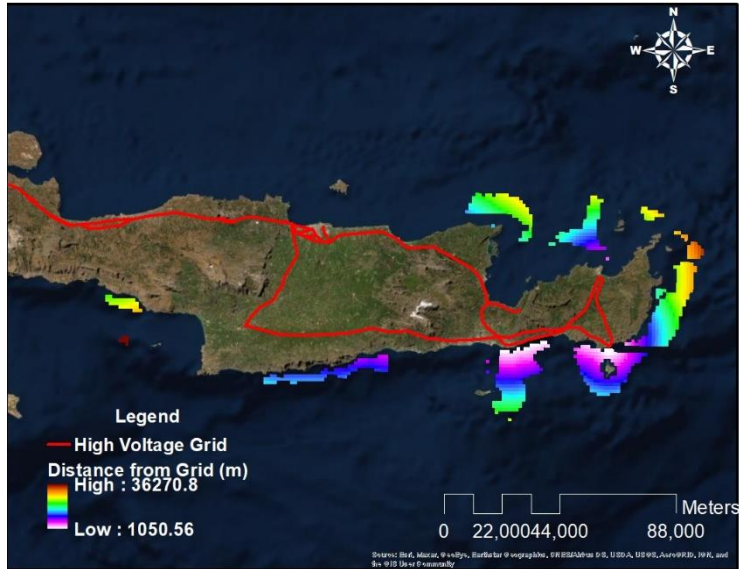
3.7: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από ΠΠΠ (ArcMap 10.7)



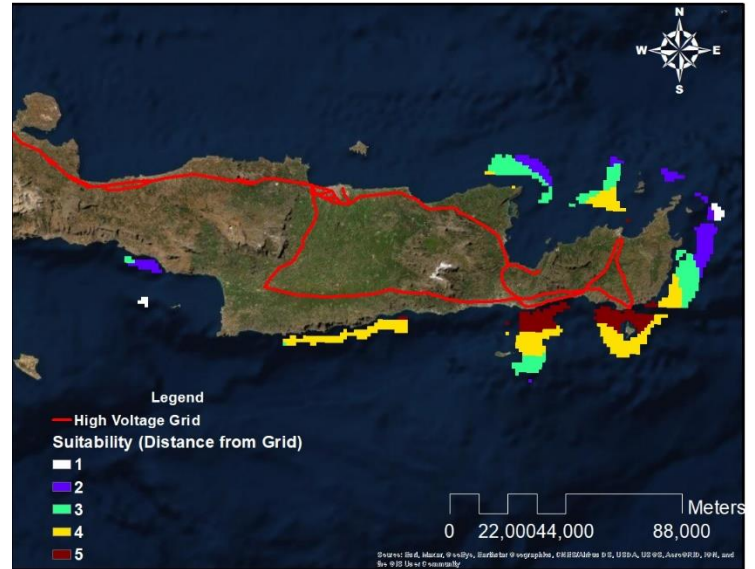
3.8: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από ΠΠΠ) (ArcMap 10.7)



iii. Απόσταση από το δίκτυο υψηλής τάσης (ΔΥΤ)

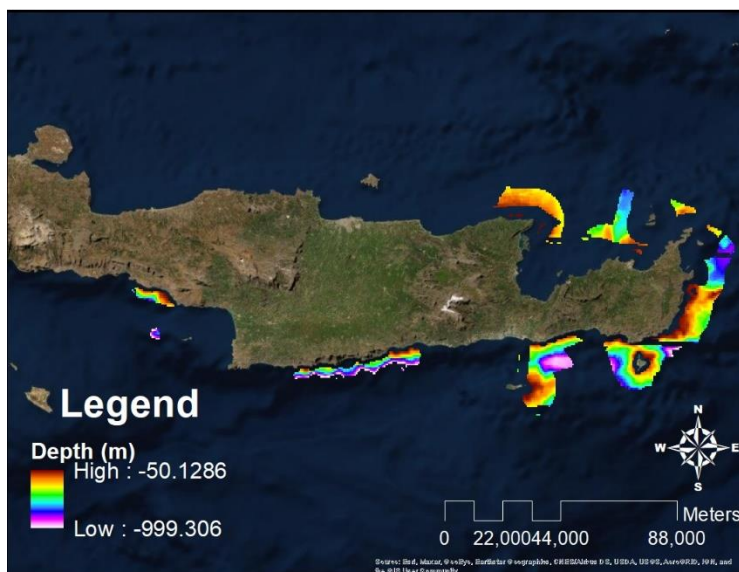


3.10: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από το ΔΥΤ (ArcMap 10.7)

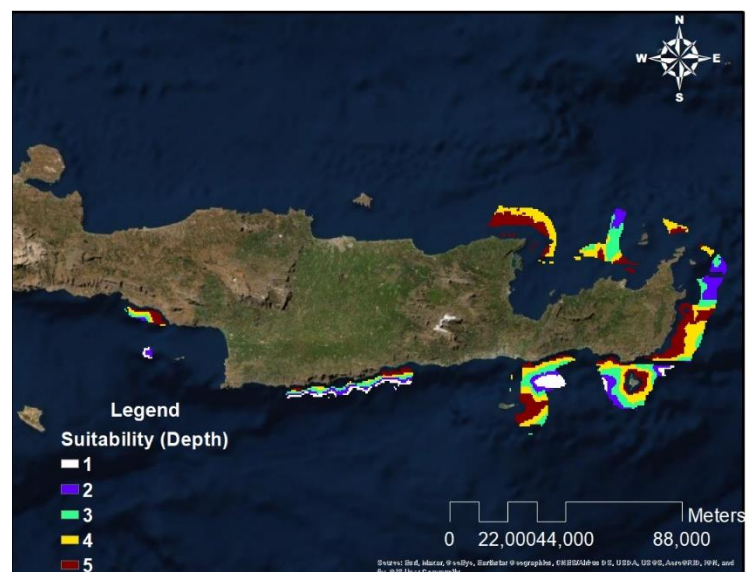


3.9: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από ΔΥΤ) (ArcMap 10.7)

iv. Βάθος

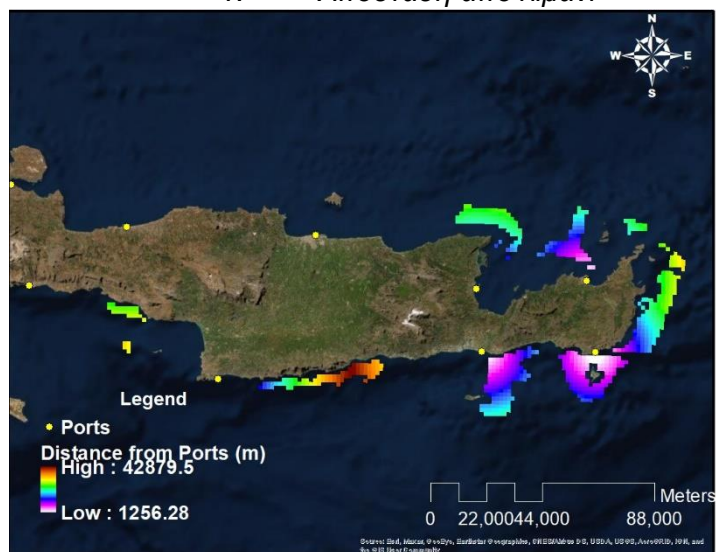


3.12: Βάθος των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7)

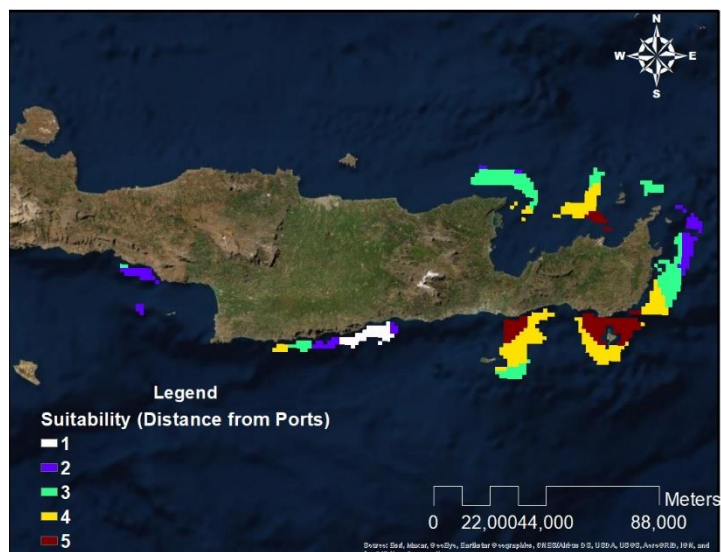


3.11: Βάθος των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7)

ν. Απόσταση από λιμάνι

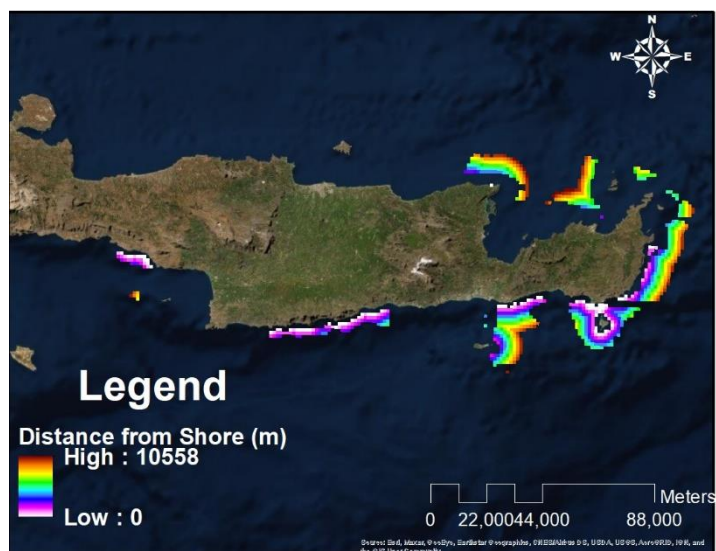


3.14: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από λιμάνι (ArcMap 10.7)

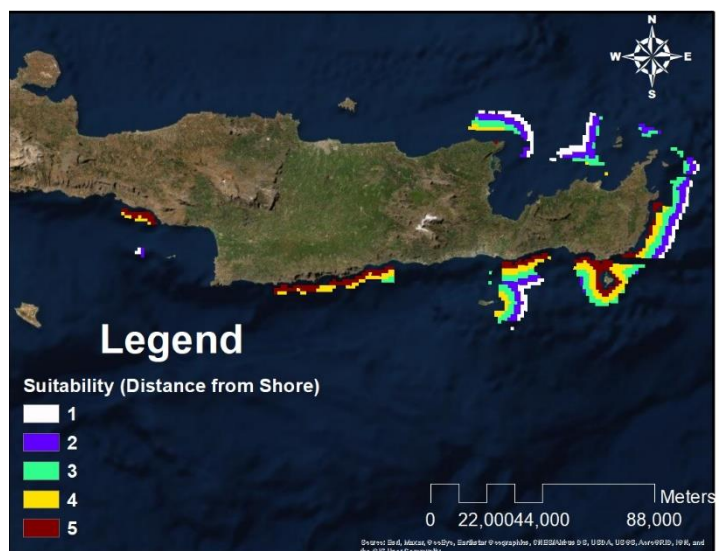


3.13: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από λιμάνι) (ArcMap 10.7)

vi. Απόσταση από την ακτή



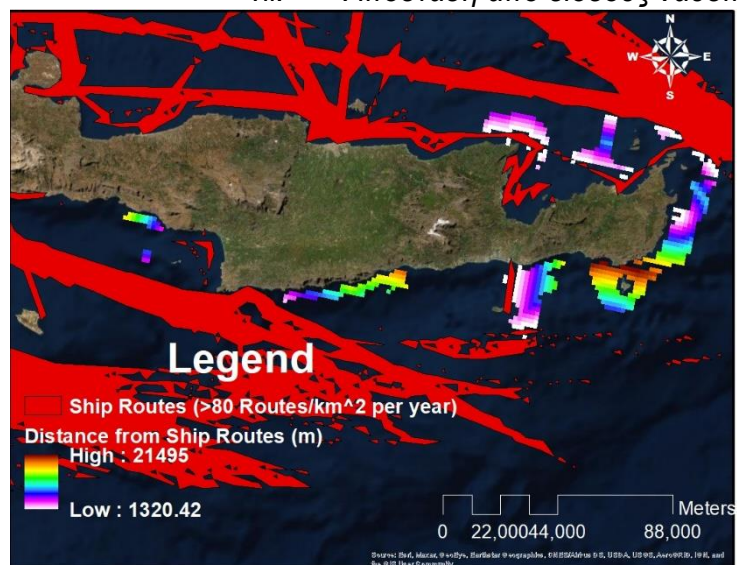
3.16: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από την ακτή (ArcMap 10.7)



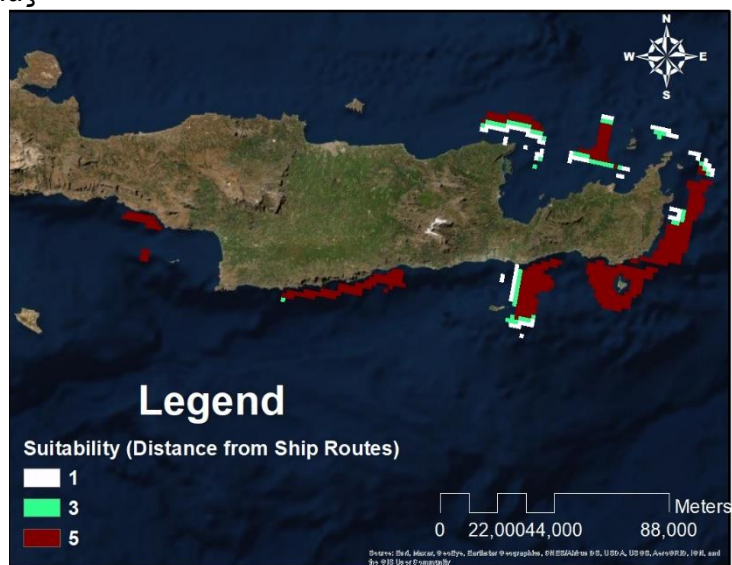
3.15: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από την ακτή) (ArcMap 10.7)



vii. Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας

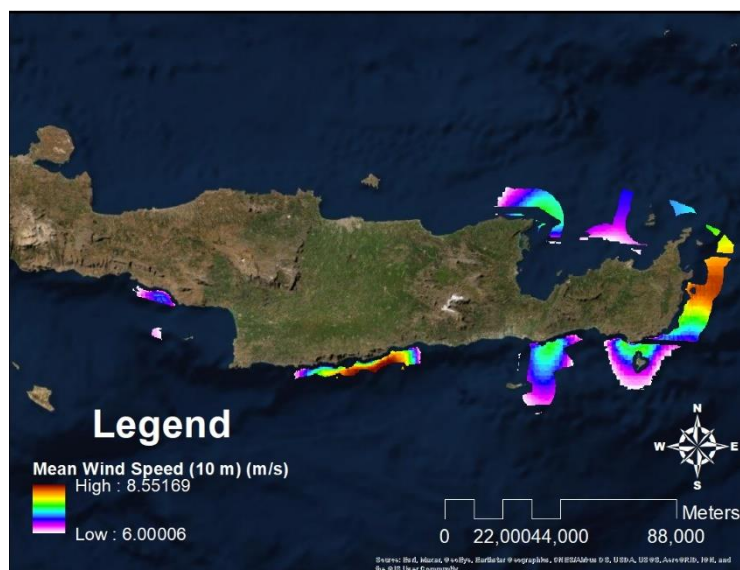


3.18: Απόσταση των διαθέσιμων περιοχών από διόδους ναυσιπλοΐας (ArcMap 10.7)

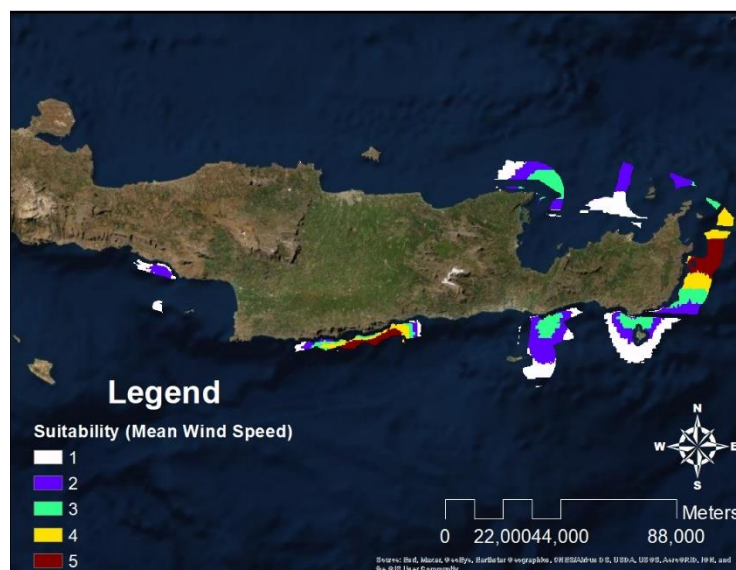


3.17: Καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών (Απόσταση από διόδους ναυσιπλοΐας) (ArcMap 10.7)

viii. Μέση ταχύτητα ανέμου



3.20: Μέση ταχύτητα ανέμου των διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7)



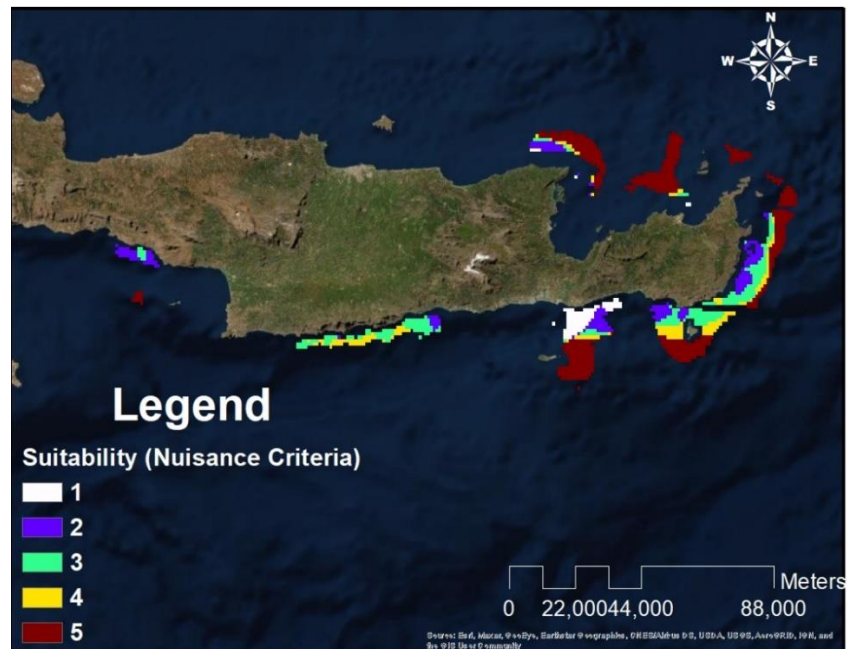
3.19: Καταλληλότητα διαθέσιμων περιοχών (Μέση ταχύτητα ανέμου) (ArcMap 10.7)

### 3.2.1 Αποτελέσματα κατηγοριοποίησης κριτηρίων

Στους παρακάτω χάρτες εμφανίζονται τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης των 8 κριτηρίων αξιολόγησης σε 5 κατηγορίες παραγόντων που επηρεάζουν την καταλληλότητα μιας περιοχής για εγκατάσταση πλωτού αιολικού πάρκου.

#### i. Κριτήρια Όχλησης

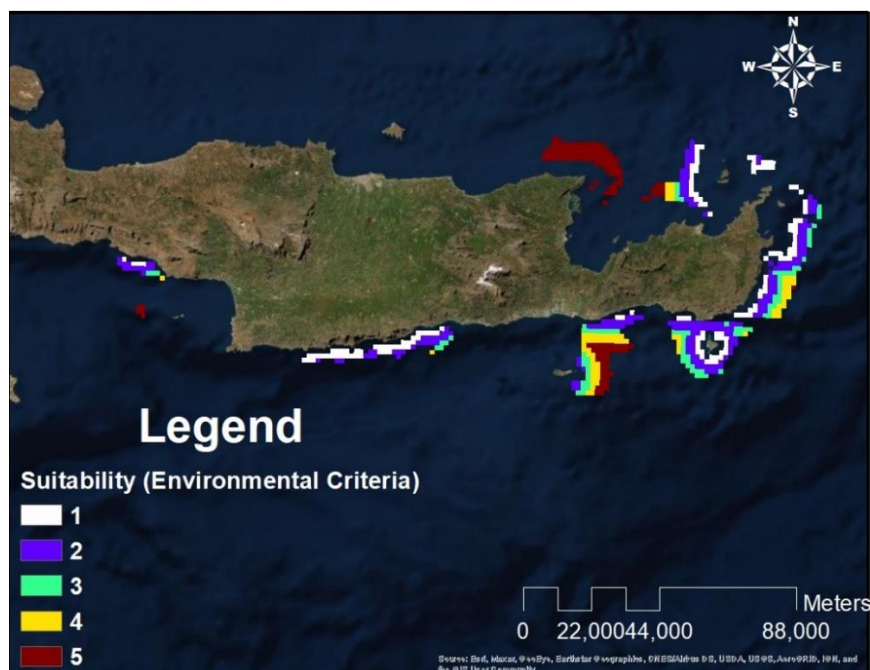
Στα κριτήρια συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο αξιολόγησης της ορατότητας.



3.21: Καταλληλότητα (Κριτήρια όχλησης) (ArcMap 10.7)

#### ii. Περιβαλλοντικά Κριτήρια

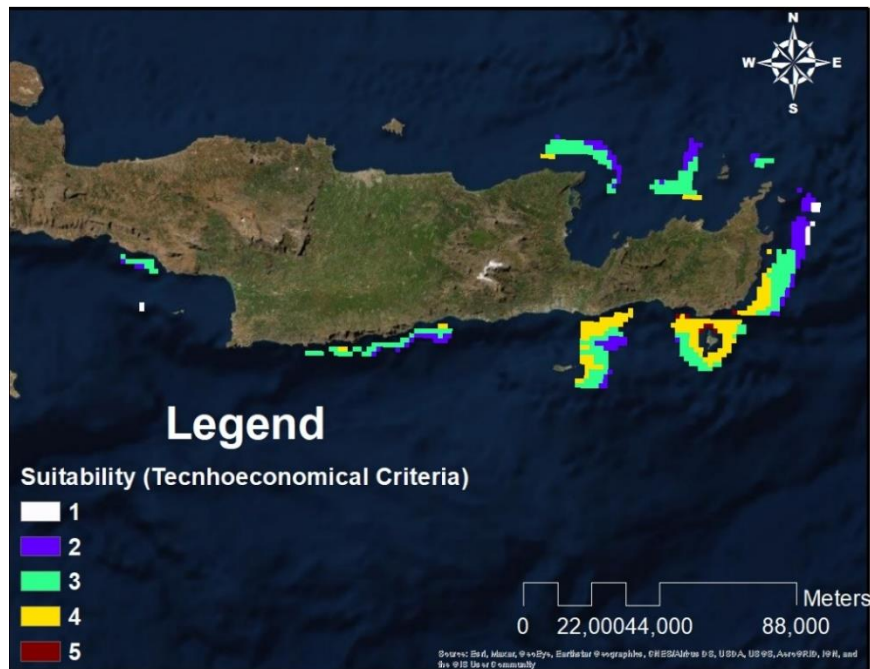
Στα περιβαλλοντικά κριτήρια συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο αξιολόγησης της απόστασης από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές.



3.22: Καταλληλότητα (Περιβαλλοντικά κριτήρια) (ArcMap 10.7)



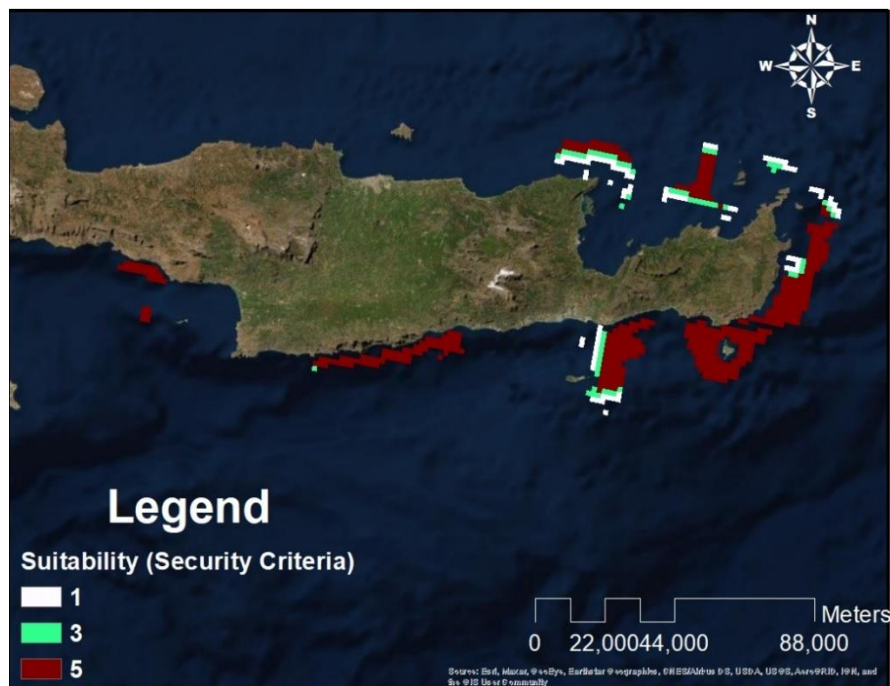
Στα τεχνοοικονομικά κριτήρια συμπεριλαμβάνονται τα κριτήρια αξιολόγησης της απόστασης από το δίκτυο υψηλής τάσης, του βάθους, της απόστασης από λιμάνι και της απόστασης από την ακτή.



### 3.23: Καταλληλότητα (Τεχνοοικονομικά κριτήρια) (ArcMap 10.7)

## iv. Κριτήρια Ασφαλείας

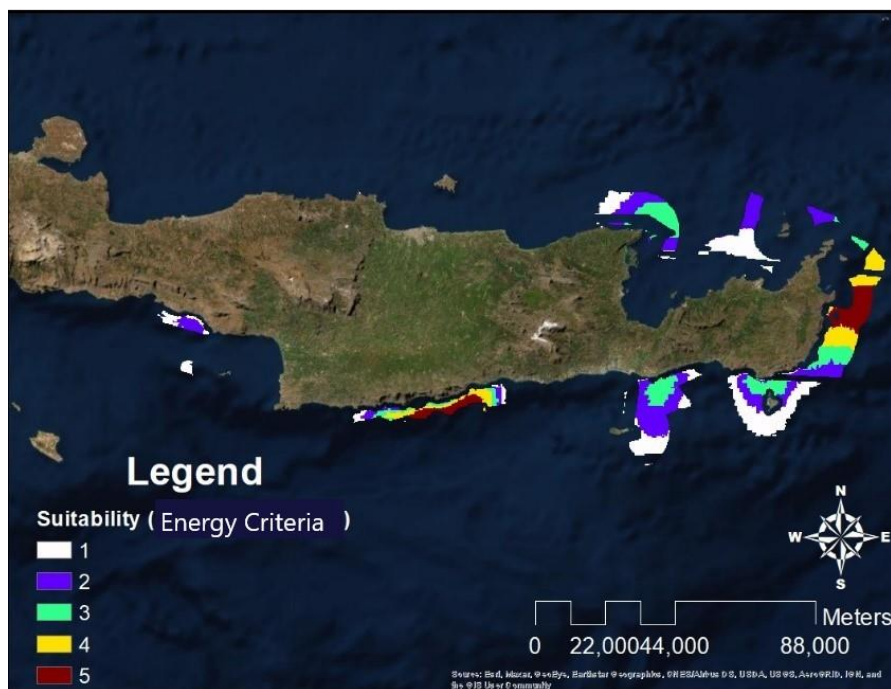
Στα κριτήρια ασφαλείας συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο αξιολόγησης της απόστασης από διόδους ναυσιπλοΐας.



### 3.24: Καταλληλότητα (Κριτήρια ασφαλείας) (ArcMap 10.7)

ν. Ενεργειακά Κριτήρια

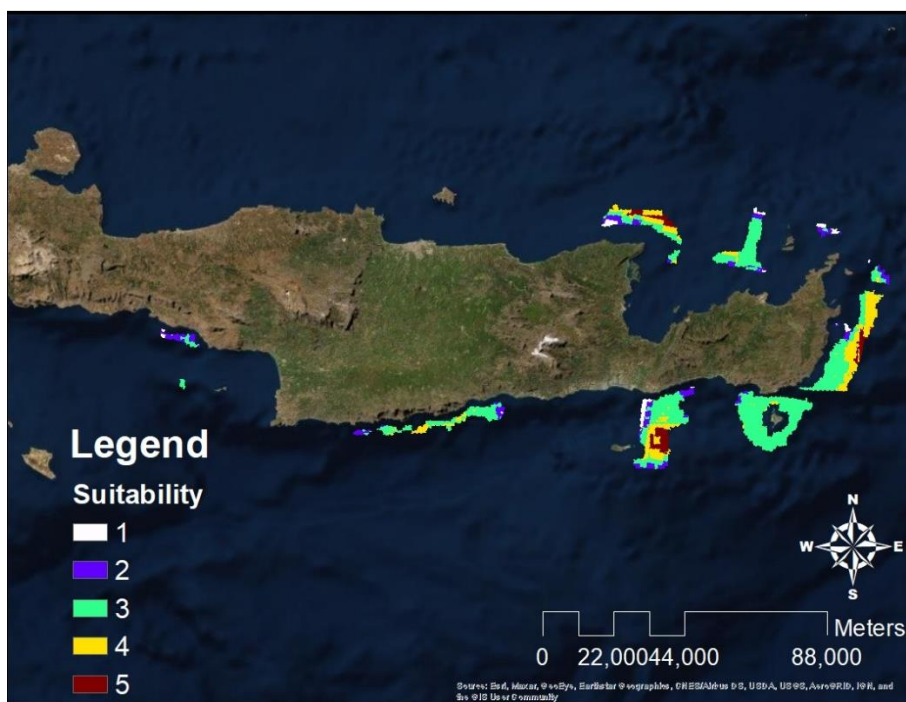
Στα ενεργειακά κριτήρια συμπεριλαμβάνεται το κριτήριο αξιολόγησης της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου σε ύψος 10m.



3.25:Καταλληλότητα (Ενεργειακά κριτήρια) (ArcMap 10.7)

### 3.3 Αποτελέσματα αξιολόγησης περιοχών

Η τελική καταλληλότητα των διαθέσιμων περιοχών για χωροθέτηση πλωτού αιολικού πάρκου υπολογίζεται βάσει των κατηγοριοποιημένων κριτηρίων αξιολόγησης και παρουσιάζεται στον χάρτη 3.26.



3.26: Καταλληλότητα διαθέσιμων περιοχών (ArcMap 10.7)

Οι περιοχές που έχουν αξιολογηθεί με 5 (καταλληλότερες) παρουσιάζονται στον χάρτη 3.27.



3.27: Καταλληλότερες περιοχές (ArcMap 10.7)

Οι περιοχές που έχουν αξιολογηθεί ως καταλληλότερες εντοπίζονται όλες στην Περιφερειακή Ενότητα Λασιθίου.

**Πίνακας 3.2: Καταλληλότερες περιοχές**

Περιοχή	Έκταση (km <sup>2</sup> )
Ελούντα	12,89
Ζάκρος	10,71
Χρυσή	21,20

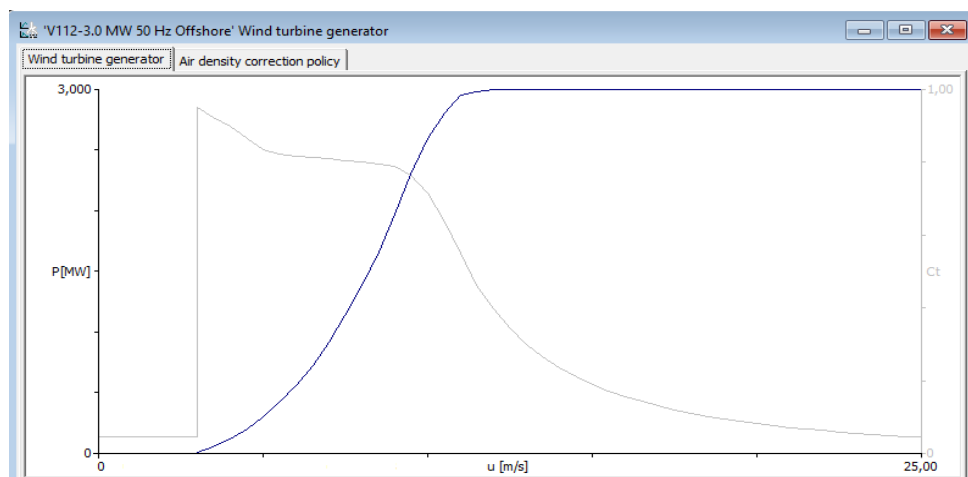
### 3.4 Αποτελέσματα ενεργειακής αξιολόγησης

Στις καταλληλότερες περιοχές (Ζάκρος, Ελούντα και Χρυσή) πραγματοποιείται ενεργειακή αξιολόγηση με σκοπό των προσδιορισμό ορισμένων ενεργειακών χαρακτηριστικών των περιοχών αυτών. Σημειώνεται πως σκοπός της αξιολόγησης αυτής δεν είναι ο ακριβής υπολογισμός των ενεργειακών χαρακτηριστικών, αλλά ο προσδιορισμός της αποδοτικότερης ενεργειακά περιοχής.

Θα εξεταστούν δύο σενάρια αναφορικά με την ισχύ των ανεμογεννητριών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Το πρώτο αφορά την ανεμογεννήτρια Vestas V112 – 3MW και το δεύτερο την ανεμογεννήτρια Vestas V164 – 8MW. Επιλέγεται η διάταξη των 9 διαμέτρων ρότορα προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου και 6 διαμέτρων στην διεύθυνση του ανέμου που είναι κάθετη στην κύρια, για όλες τις περιοχές. Η διάταξη αυτή δεν είναι η βέλτιστη (η οποία μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή), επιλέγεται όμως ως τυπική διάταξη για όλες τις περιοχές που έχουν κριθεί ως καταλληλότερες για τους σκοπούς της εργασίας. Λόγω του σκοπού της ενεργειακής

αξιολόγησης που αναλύθηκε παραπάνω και του γεγονότος ότι μελετάται η χωροθέτηση σε θαλάσσιο περιβάλλον, συνεπώς η τοπογραφία δεν είναι σύνθετη, πρόκειται να εισαχθεί το ίδιο αρχείο GWC για ανεμογεννήτριες που είναι τοποθετημένες σε σημεία που έχουν λάβει την ίδια αξιολόγηση βάσει των ενεργειακών κριτηρίων. Για παράδειγμα σε δυο ανεμογεννήτριες στην περιοχή “Χρυσή” που έχουν τοποθετηθεί αμφότερες σε σημεία που έχουν αξιολογηθεί με 2 από τα 5 βάσει των ενεργειακών κριτηρίων πρόκειται να εισαχθεί το ίδιο αρχείο GWC.

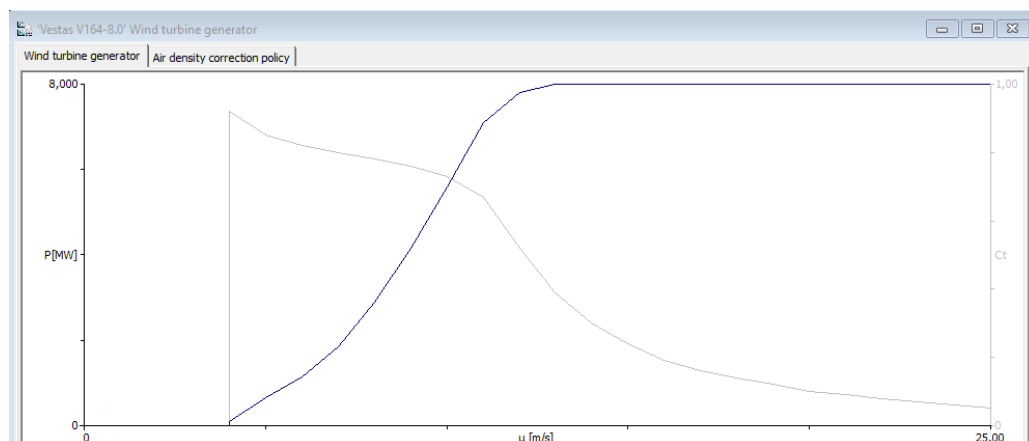
Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η εγκατάσταση αιολικού πάρκου χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 3 MW. Η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας Vestas V112 που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.28 υπάρχει στη βιβλιοθήκη του WAsP 12.6.



3.28: Καμπύλη ισχύος Vestas V112 - 3 MW (WAsP 12.6.)

Η ανεμογεννήτρια Vestas V112 έχει ύψος πύργου ίσο με 84 m και διάμετρο ρότορα ίση με 112 m.

Στο δεύτερο σενάριο εξετάζεται η εγκατάσταση αιολικού πάρκου χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 8 MW. Η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας Vestas V164 παρουσιάζεται στην εικόνα 3.29.



3.29: Καμπύλη ισχύος Vestas V164 - 8 MW (WAsP 12.6.)

Η ανεμογεννήτρια Vestas V164 έχει ύψος πύργου ίσο με 105 m και διάμετρο ρότορα ίση με 164 m.



### 3.4.1 Περιοχή: «Χρυσή»

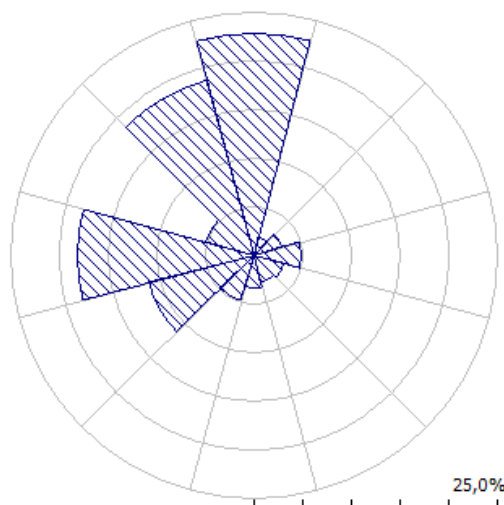
Η περιοχή πλησίον της νήσου Χρυσή που αξιολογήθηκε ως καταλληλότερη πρόκειται να αξιολογηθεί από ενεργειακή άποψη. Η περιοχή εγκατάστασης παρουσιάζεται στην εικόνα 3.30



3.30: Περιοχή "Χρυσή" (Google Earth Pro)

Τα κλιματικά δεδομένα εισάγονται στο λογισμικό μέσω αρχείου GWC (Generalized Wind Climate). Ολόκληρη η περιοχή «Χρυσή» έχει αξιολογηθεί με 2 από τα 5 βάσει των ενεργειακών κριτηρίων συνεπώς πρόκειται να εισαχθεί ένα όμοιο αρχείο GWC για όλες τις ανεμογεννήτριες της περιοχής. Τα κλιματικά δεδομένα που παρουσιάζονται αφορούν υψόμετρο 94 m για το σενάριο 1 και 115 m για το σενάριο 2 καθώς, καθώς το ύψος της ανεμογεννήτριας που εξετάζεται στα δύο σενάρια είναι 84 m και 105 m αντίστοιχα, ενώ το ύψος της πλατφόρμας είναι 10 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η μέση πυκνότητα του αέρα της περιοχής ανέρχεται σε  $1,187 \text{ kg/m}^3$  και κύρια κατεύθυνση του ανέμου είναι η βόρεια, το ροδόγραμμα της περιοχής παρουσιάζεται στην εικόνα 3.31



3.31: Ροδόγραμμα περιοχής "Χρυσή" (WAsP 12.6)



Επιπλέον η συχνότητα και η μέση ταχύτητα ανέμου ανά κατεύθυνση, καθώς και οι παράμετροι A και k της κατανομής Weibull παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3. Τα κλιματικά δεδομένα υπολογίζονται σε υψόμετρο 94 m για τις ανεμογεννήτριες των 3 MW και σε υψόμετρο 115 m για τις ανεμογεννήτριες των 8 MW.

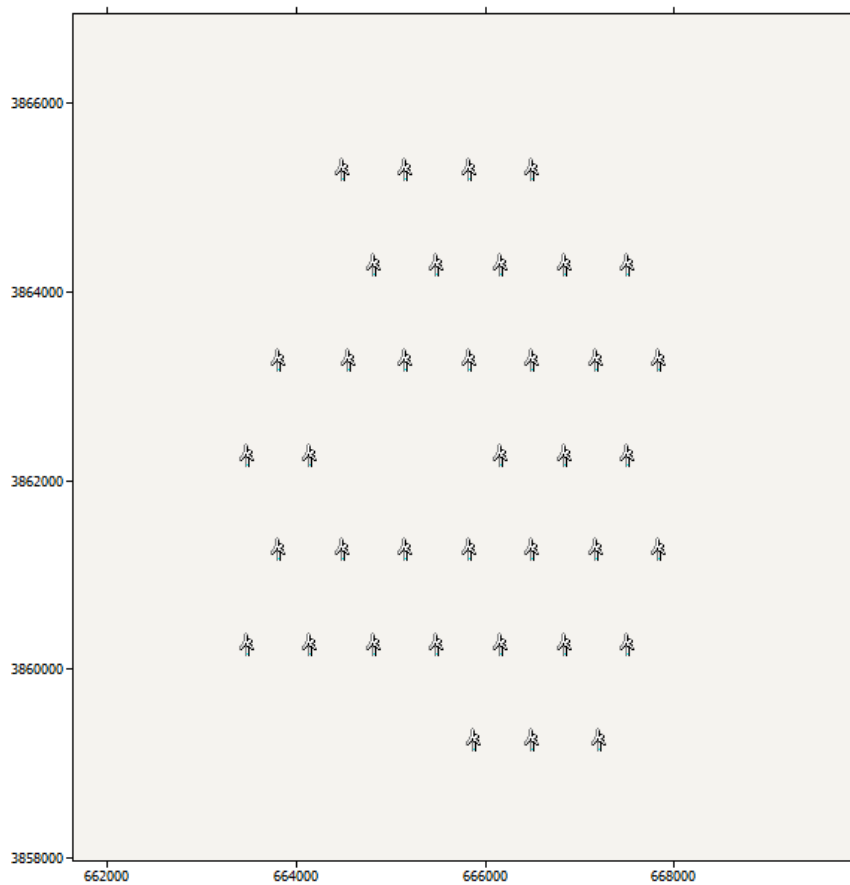
**Πίνακας 3.3: Ανεμολογικά δεδομένα περιοχής «Χρυσή»**

Υψόμετρο:		94 m			115 m		
Γωνία (°)	Συχνότητα (%)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k
0	22,84	12,92	14,6	2,21	12,93	14,6	2,13
30	2,04	2,82	3,0	1,18	2,86	3	1,17
60	2,95	3,05	3,2	1,20	2,97	3,1	1,17
90	4,87	3,97	4,3	1,31	4,07	4,4	1,33
120	3,19	3,00	3,1	1,04	3,07	3,1	1,06
150	2,81	2,88	2,8	0,97	2,89	2,8	0,97
180	3,28	3,53	3,7	1,15	3,54	3,7	1,13
210	4,79	4,52	4,6	1,03	4,58	4,6	1,03
240	11,21	5,72	6,3	1,38	5,77	6,3	1,37
270	18,11	6,26	7,0	1,71	6,44	7,2	1,72
300	5,24	3,82	4,3	1,69	3,79	4,2	1,66
330	18,68	15,25	17,1	2,69	15,48	17,4	2,67
<b>Συνολικά</b>	-	8,62	-	-	8,72		

Σημειώνεται πως στις τιμές της ταχύτητας ανέμου του πίνακα δεν συνυπολογίζονται οι απώλειες σκίασης (Wake Losses).

#### Σενάριο 1: Ανεμογεννήτριες Vestas V112 – 3 MW

Η διάταξη τοποθέτησης είναι τέτοια ώστε οι ανεμογεννήτριες να έχουν μέτωπο προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου, δηλαδή προς τον βορρά. Οι ανεμογεννήτριες έχουν απόσταση 9 διαμέτρων ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου που ισούται με 1008 m και 6 διαμέτρων στην κατεύθυνση που είναι κάθετη στην κύρια δηλαδή 672 m. Βάσει της συγκεκριμένης διάταξης μπορούν να εγκατασταθούν 38 ανεμογεννήτριες των 3 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Χρυσή» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.32 και 3.33.



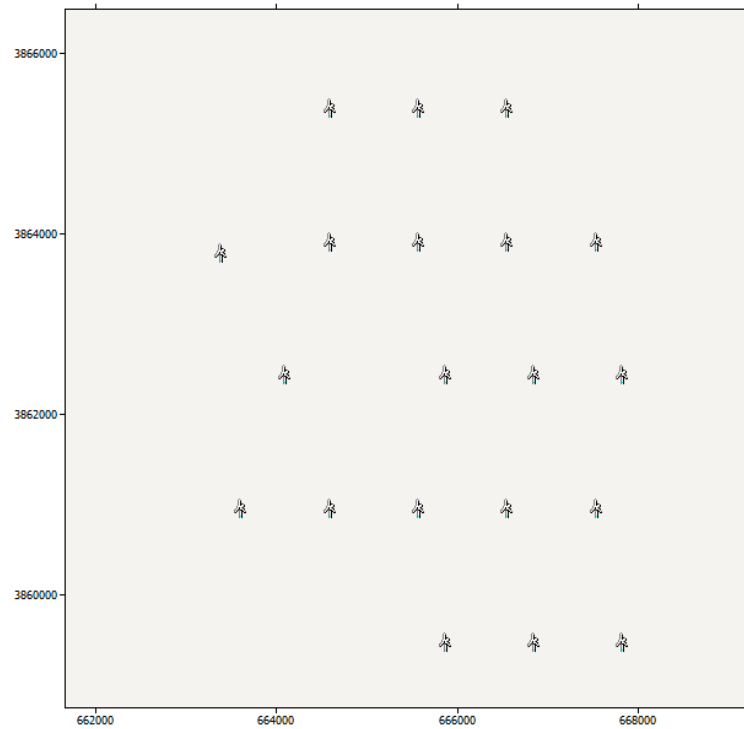
3.32: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6)



3.33: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro)

### Σενάριο 2: Ανεμογεννήτριες Vestas V164 – 8 MW

Οι ανεμογεννήτριες έχουν απόσταση 9 διαμέτρων ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου που ισούται με 1476 m και 6 διαμέτρων στην κατεύθυνση που είναι κάθετη στην κύρια δηλαδή 984 m. Βάσει της συγκεκριμένης διάταξης μπορούν να εγκατασταθούν 20 ανεμογεννήτριες των 8 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Χρυσή» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.34 και 3.35.



3.34: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6)



3.35: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Χρυσή" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro)

Τα τελικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για την περιοχή «Χρυσή» παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα για κάθε ανεμογεννήτρια παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.

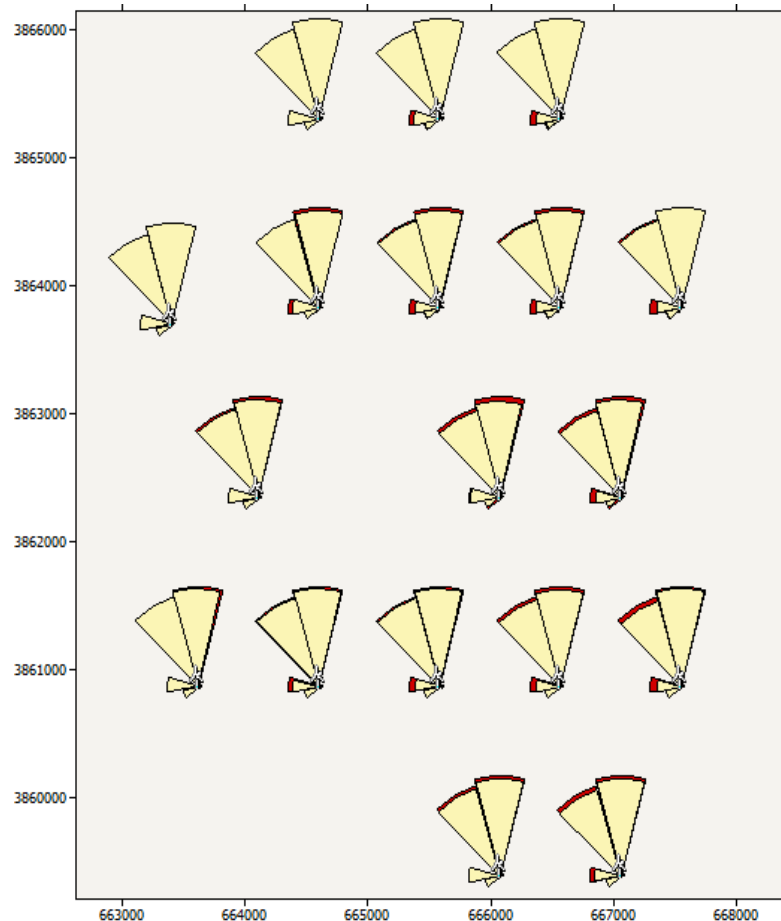
**Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Χρυσή»**

Σενάριο	1	2
Ονομαστική Ισχύς Πάρκου	114 MW	160 MW
Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας	3 MW	8 MW
Αριθμός Ανεμογεννητριών	38	20
Έκταση Περιοχής	21,20 km <sup>2</sup>	21,20 km <sup>2</sup>
Πυκνότητα Ισχύος	5,38 MW/km <sup>2</sup>	7,55 MW/km <sup>2</sup>
Συντελεστής Απόδοσης (Capacity Factor)	43,4%	40,1%
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια ανά Ανεμογεννήτρια	11,415 GWh	28,131 GWh
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Gross AEP)	433,758 GWh	562,611 GWh
Απώλειες Σκίασης (Wake Losses)	4,84%	4,17%
Συντελεστής Διαθεσιμότητας (Availability Factor) (31)	98%	98%
Καθαρή Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Net AEP)	404,519 GWh	528,373 GWh

Στα ροδογράμματα των εικόνων 3.36 και 3.37 παρουσιάζονται η ετήσια παραγόμενη ενέργεια και οι απώλειες σκίασης.



3.37: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1)(WAsP 12.6)



3.36: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2)(WAsP 12.6)

### 3.4.2 Περιοχή: «Ελούντα»

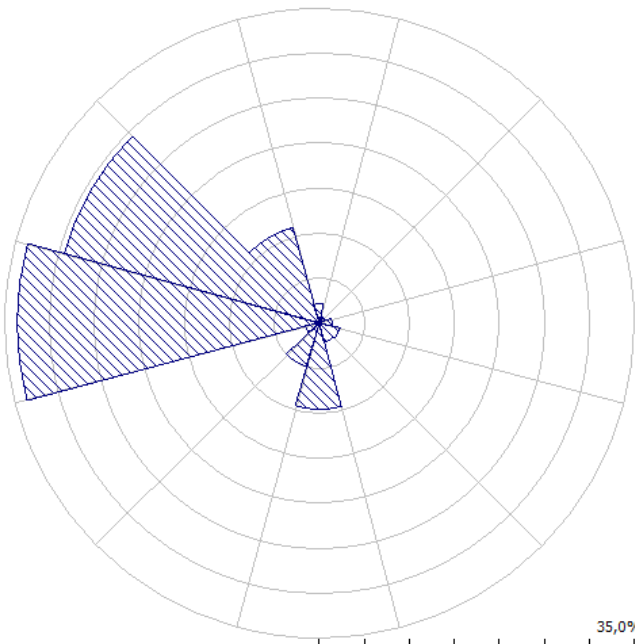
Η περιοχή Ελούντα η οποία έχει κριθεί ως καταλληλότερη πρόκειται να αξιολογηθεί βάσει ενεργειακών κριτηρίων. Η περιοχή παρουσιάζεται στην εικόνα 3.38



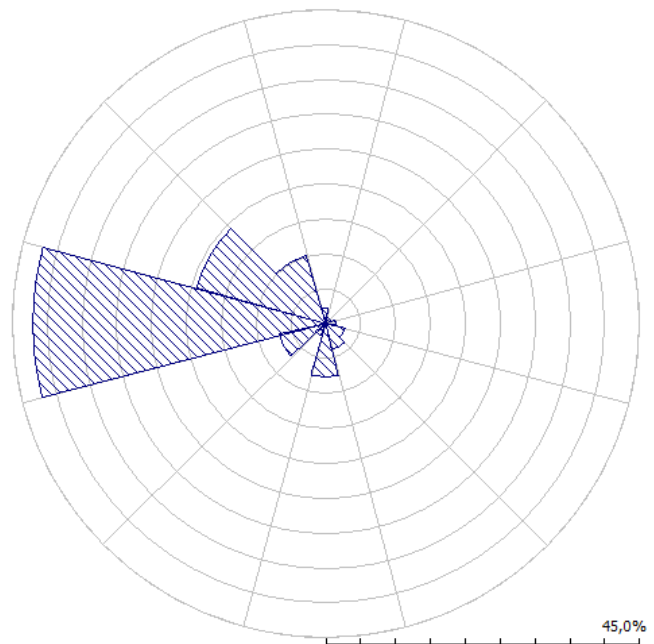
3.38: Περιοχή "Ελούντα" (Google Earth Pro)

Τα κλιματικά δεδομένα εισάγονται στο λογισμικό μέσω αρχείου GWC (Generalized Wind Climate). Το δυτικό μέρος της περιοχής έχει αξιολογηθεί με 2 από τα 5 βάσει των ενεργειακών κριτηρίων, ενώ το ανατολικό τμήμα της περιοχής έχει αξιολογηθεί με 3 από τα 5, συνεπώς εισάγονται δύο διαφορετικά αρχεία GWC για τα δύο κομμάτια (ανατολικό και δυτικό).

Η μέση πυκνότητα του αέρα της περιοχής ανέρχεται σε  $1,190 \text{ kg/m}^3$  και κύρια κατεύθυνση του ανέμου είναι η δυτική και για τα δύο κομμάτια. Τα ροδογράμματα της περιοχής παρουσιάζονται στις εικόνες 3.39 και 3.40.



3.39: Ροδογράμμα ανατολικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» (WASP 12.6)



3.40: Ροδογράμμα δυτικού τμήματος περιοχής «Ελούντα» (WASP 12.6)

Επιπλέον η συχνότητα και η μέση ταχύτητα ανέμου ανά κατεύθυνση, καθώς και οι παράμετροι A και k της κατανομής Weibull παρουσιάζονται στους πίνακες 3.5. και 3.6. Τα κλιματικά δεδομένα υπολογίζονται σε υψόμετρο 94 m για τις ανεμογεννήτριες των 3 MW και σε υψόμετρο 115 m για τις ανεμογεννήτριες των 8 MW.

**Πίνακας 3.5: Ανεμολογικά δεδομένα δυτικού τμήματος περιοχής «Ελούντα»**

Υψόμετρο		94 m			115 m		
Γωνία (°)	Συχνότητα (%)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k
<b>0</b>	2,3	7,45	8,4	1,94	7,49	8,4	1,93
<b>30</b>	0,83	2,89	3,1	1,31	2,89	3,1	1,28
<b>60</b>	0,96	2,71	2,9	1,19	2,71	2,9	1,16
<b>90</b>	1,53	3,68	4	1,35	3,61	3,9	1,31
<b>120</b>	2,85	4,79	5,1	1,21	4,8	5,1	1,2
<b>150</b>	3,84	5,11	5,3	1,12	5,16	5,4	1,12
<b>180</b>	7,61	11,67	13,2	2,15	11,96	13,5	2,15
<b>210</b>	1,77	4,47	4,5	1,03	4,84	5	1,09
<b>240</b>	6,86	7,55	8,5	1,94	7,73	8,7	1,88
<b>270</b>	42,04	9,15	10,2	3,29	9,28	10,4	3,25
<b>300</b>	19,21	8,62	9,7	2,8	8,65	9,7	2,78
<b>330</b>	10,2	8,76	9,9	2,63	8,84	9,9	2,63
<b>Συνολικά</b>	-	8,49	-	-	8,60	-	-



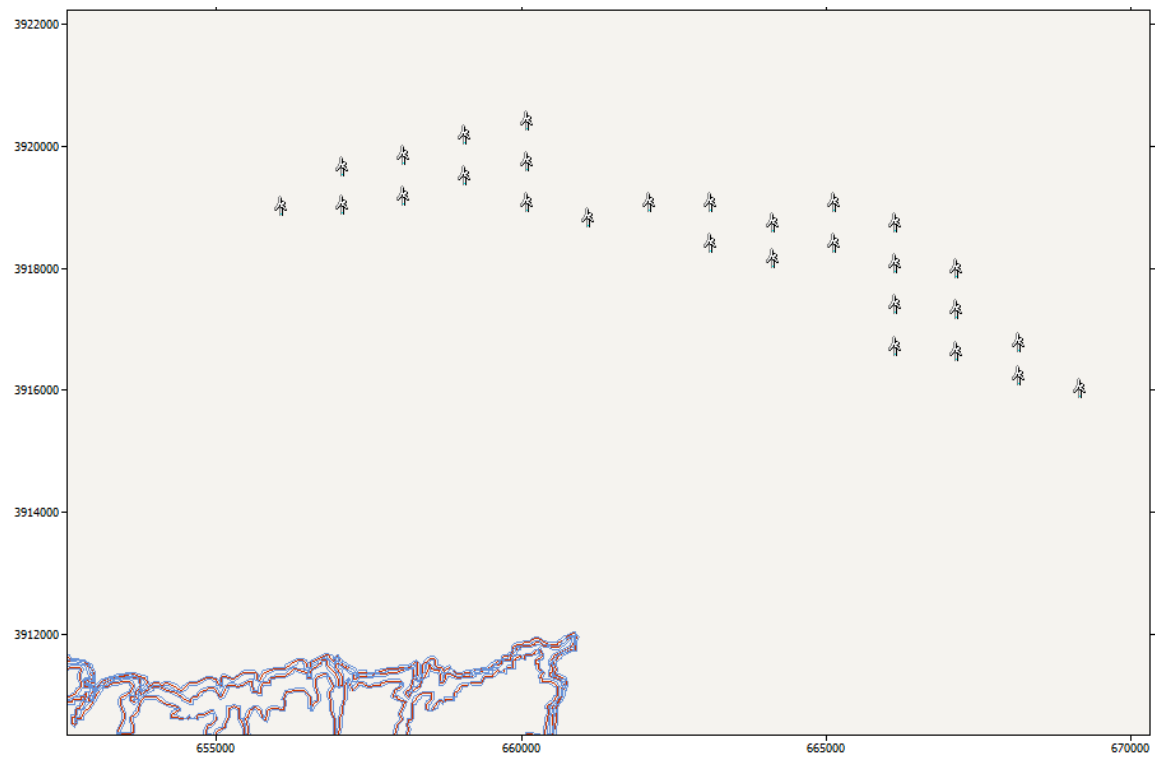
**Πίνακας 3.6: Ανεμολογικά δεδομένα ανατολικού τμήματος περιοχής «Ελούντα»**

Υψόμετρο		94 m			115 m		
Γωνία (°)	Συχνότητα (%)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k
0	2,2	8,05	9,1	2,12	8,09	9,1	2,11
30	0,74	2,63	2,8	1,16	2,65	2,8	1,13
60	0,75	2,85	3	1,15	2,81	2,9	1,12
90	1,39	3,91	4,3	1,4	3,86	4,2	1,38
120	2,34	5,4	5,8	1,23	5,54	6	1,25
150	2,26	3,89	3,9	1,04	3,92	4	1,03
180	9,56	11,35	12,8	2,28	11,24	12,7	2,14
210	5,08	9,68	10,9	2,03	10,05	11,3	2,07
240	1,62	3,97	4	1,02	3,94	3,9	0,99
270	33,53	9,96	11	3,78	10,05	11,2	3,51
300	29,46	9,49	10,6	3,02	9,58	10,7	3,01
330	11,07	9,08	10,2	2,7	9,15	10,3	2,7
<b>Συνολικά</b>	-	9,27	-	-	9,35		

Σημειώνεται πως στις τιμές της ταχύτητας των πινάκων δεν συνυπολογίζονται οι απώλειες σκίασης (Wake Losses).

**Σενάριο 1: Ανεμογεννήτριες Vestas V112 – 3 MW**

Η διάταξη τοποθέτησης είναι τέτοια ώστε οι ανεμογεννήτριες να έχουν μέτωπο προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου, δηλαδή προς τα δυτικά. Οι ανεμογεννήτριες έχουν απόσταση 9 διαμέτρων ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου που ισούται με 1008 m και 6 διαμέτρων στην κατεύθυνση που είναι κάθετη στην κύρια δηλαδή 672 m. Βάσει της συγκεκριμένης διάταξης μπορούν να εγκατασταθούν 28 ανεμογεννήτριες των 3 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Ελούντα» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.41 και 3.42.



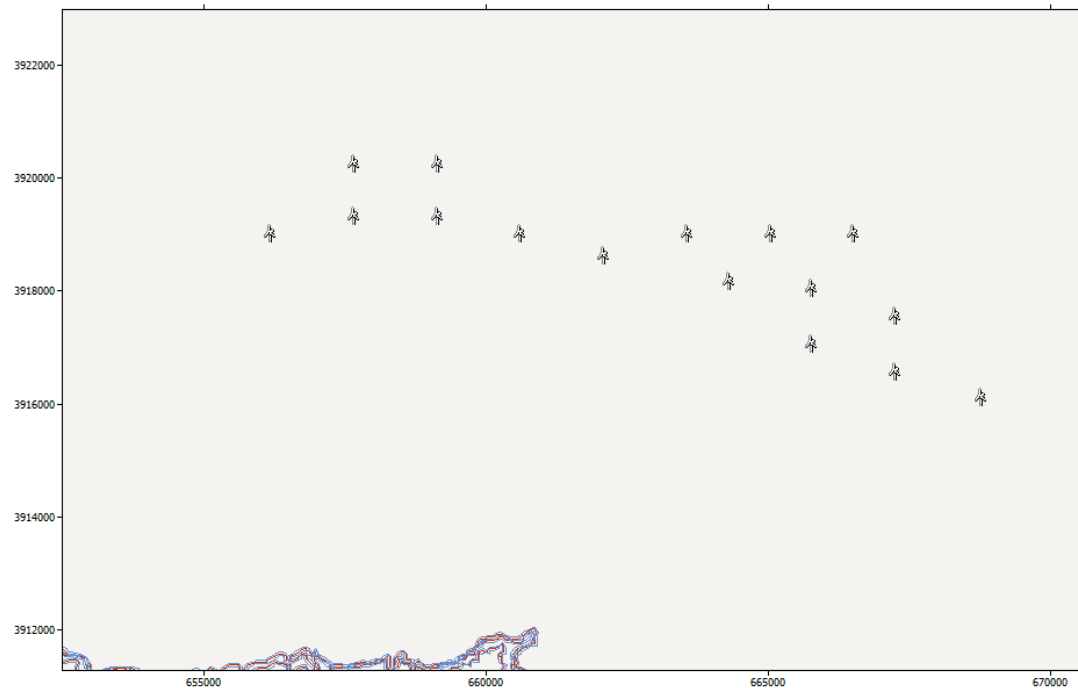
3.41: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6)



3.42: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro)

### Σενάριο 2: Ανεμογεννήτριες Vestas V164 – 8 MW

Οι ανεμογεννήτριες έχουν απόσταση 9 διαμέτρων ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου που ισούται με 1476 m και 6 διαμέτρων στην κατεύθυνση που είναι κάθετη στην κύρια δηλαδή 984 m. Βάσει της συγκεκριμένης διάταξης μπορούν να εγκατασταθούν 16 ανεμογεννήτριες των 8 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Ελούντα» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.43 και 3.44.



3.43: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6)



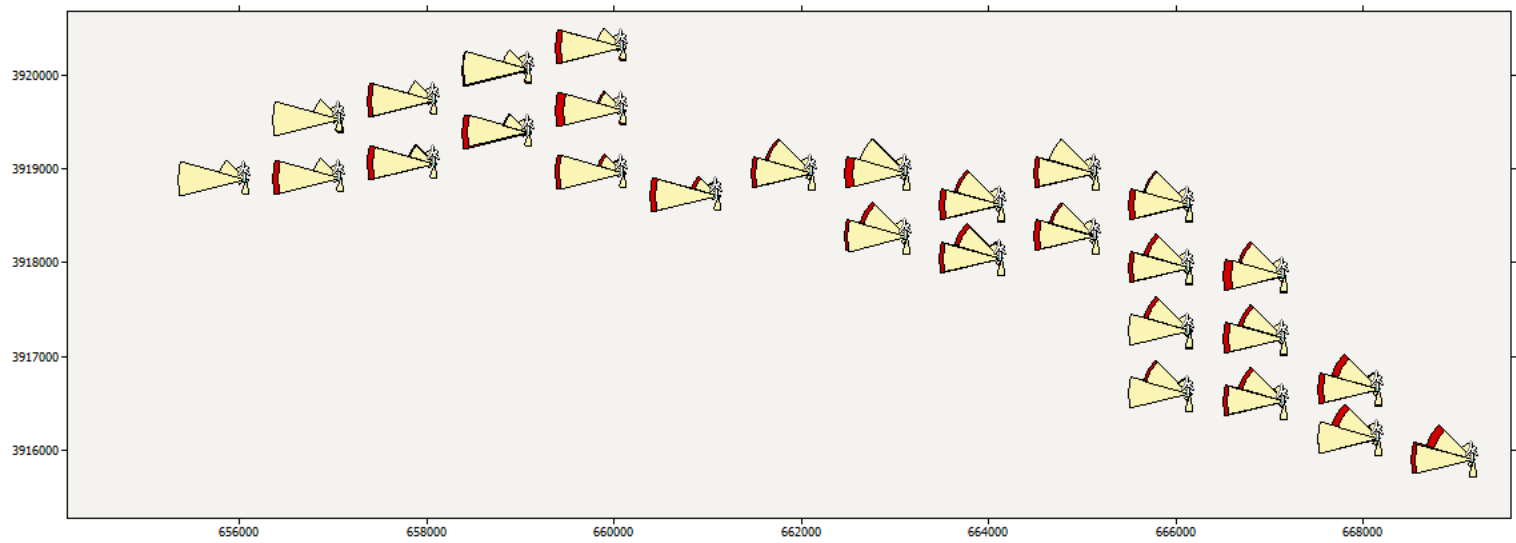
3.44: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχή "Ελούντα" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro)

Τα τελικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για την περιοχή «Ελούντα» παρουσιάζονται στον πίνακα 3.7, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα για κάθε ανεμογεννήτρια παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.

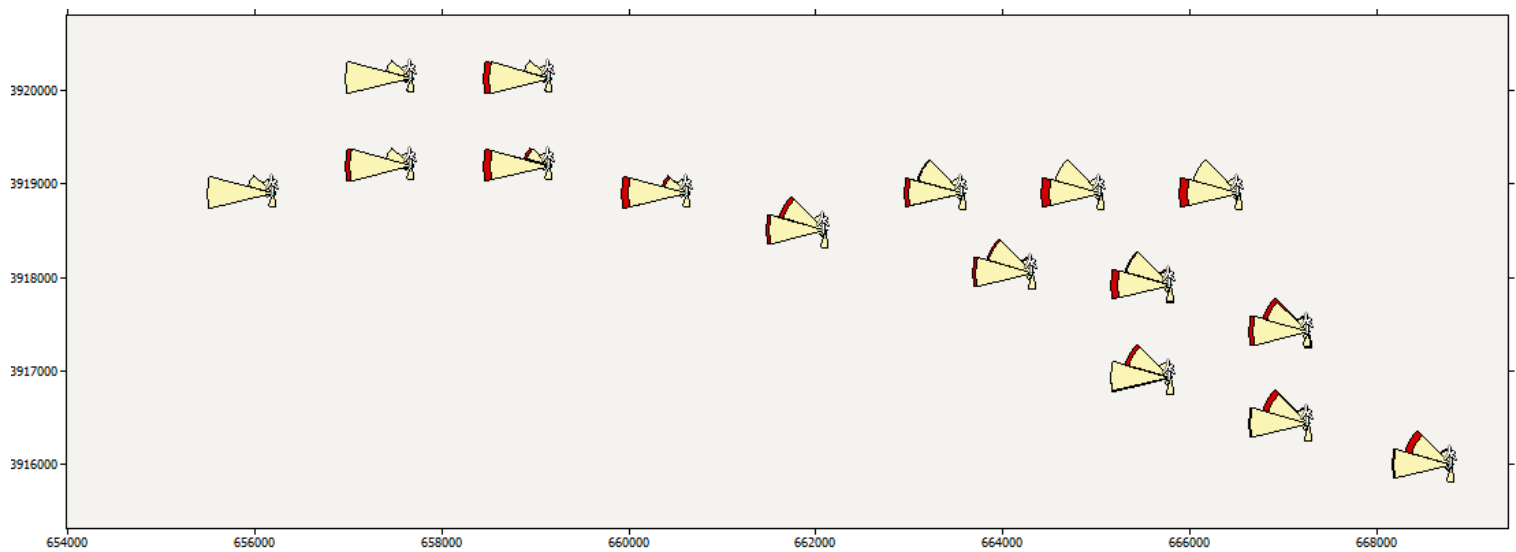
**Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Ελούντα»**

<b>Σενάριο</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Ονομαστική Ισχύς Πάρκου</b>	84 MW	128 MW
<b>Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας</b>	3 MW	8 MW
<b>Αριθμός Ανεμογεννητριών</b>	28	16
<b>Έκταση Περιοχής</b>	12,89 km <sup>2</sup>	12,89 km <sup>2</sup>
<b>Πυκνότητα Ισχύος</b>	6,52 MW/km <sup>2</sup>	9,93 MW/km <sup>2</sup>
<b>Συντελεστής Απόδοσης (Capacity Factor)</b>	57,9%	52,2%
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια ανά Ανεμογεννήτρια</b>	14,000 GWh (Min) – 16,007 GWh (Max)	33,536 GWh (Min) – 38,480 GWh (Max)
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Gross AEP)</b>	426,127 GWh	586,016 GWh
<b>Απώλειες Σκίασης (Wake Losses)</b>	5,41%	4,77 %
<b>Συντελεστής Διαθεσιμότητας (Availability Factor) (31)</b>	98%	98%
<b>Καθαρή Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Net AEP)</b>	395,006 GWh	546,919 GWh

Στα ροδογράμματα των εικόνων 3.45 και 3.46 παρουσιάζονται η ετήσια παραγόμενη ενέργεια και οι απώλειες σκίασης.



3.45: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1) (WAsP 12.6)



3.46: Ροδόγραμμα παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2) (WAsP 12.6)

### 3.4.3 Περιοχή: «Ζάκρος»

Η περιοχή «Ζάκρος» επίσης ως καταλληλότερη πρόκειται να αξιολογηθεί βάσει των ενεργειακών της χαρακτηριστικών. Η περιοχή παρουσιάζεται στην εικόνα 3.47.

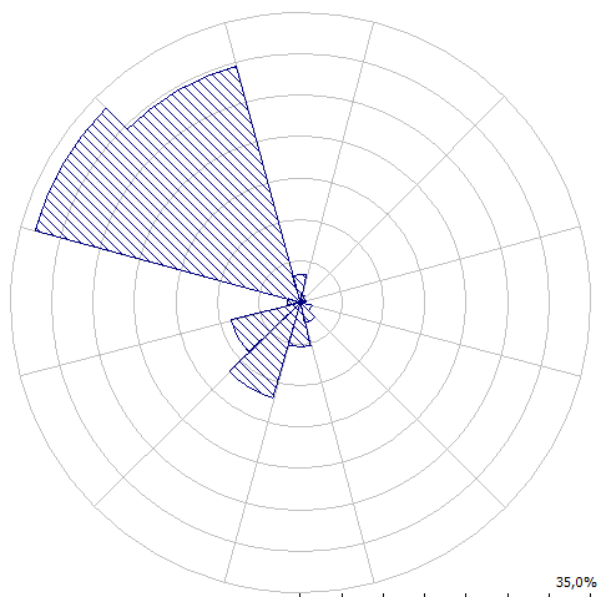


3.47: Περιοχή "Ζάκρος" (Google Earth Pro)

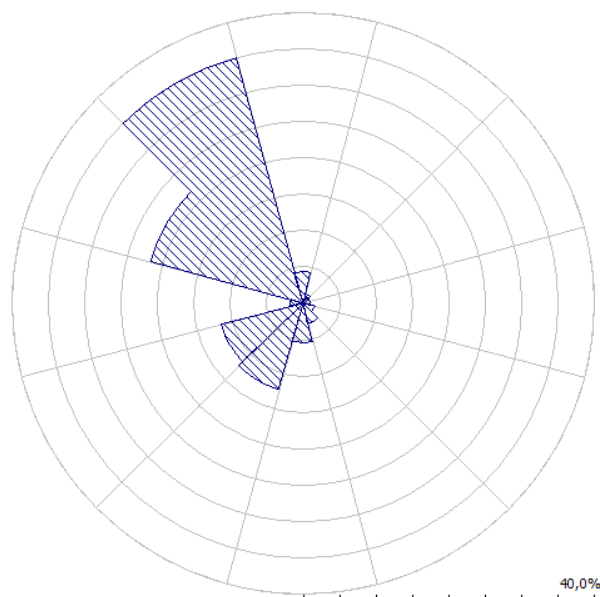
Τα κλιματικά δεδομένα εισάγονται στο λογισμικό μέσω αρχείου GWC (Generalized Wind Climate). Το βόρειο τμήμα της περιοχής έχει αξιολογηθεί με 5 από τα 5 βάσει των ενεργειακών κριτηρίων, ενώ το νότιο τμήμα της περιοχής έχει αξιολογηθεί με 4 από τα 5, συνεπώς εισάγονται δύο διαφορετικά αρχεία GWC για τα δύο τμήματα (βόρειο και νότιο). Τα κλιματικά δεδομένα που παρουσιάζονται αφορούν υψόμετρο 94 μέτρων καθώς το ύψος της ανεμογεννήτριας που εξετάζεται είναι 84 m και το ύψος της πλατφόρμας είναι 10 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η μέση πυκνότητα του αέρα της περιοχής ανέρχεται σε  $1,189 \text{ kg/m}^3$  και κύρια κατεύθυνση του ανέμου είναι η δυτική - βορειοδυτική για το βόρειο τμήμα και η βόρειο-βορειοδυτική για το νότιο τμήμα. Τα ροδογράμματα της περιοχής παρουσιάζονται στις εικόνες 3.48 και 4.49.





3.48: Ροδόγραμμα βόρειου τμήματος περιοχής «Ζάκρος» (WASP 12.6)



3.49: Ροδόγραμμα νότιου τμήματος περιοχής «Ζάκρος» (WASP 12.6)

**Πίνακας 3.8: Ανεμολογικά δεδομένα βόρειου τμήματος περιοχής «Ζάκρος»**

Υψόμετρο		94 m			115 m		
Γωνία (°)	Συχνότητα (%)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k
0	3,44	7,73	8,5	1,46	7,85	8,7	1,47
30	0,98	2,46	2,6	1,16	2,49	2,6	1,17
60	0,66	2,59	2,7	1,11	2,57	2,7	1,1
90	0,75	3,59	3,9	1,27	3,71	4	1,29
120	1,42	5,55	6,2	1,58	5,69	6,3	1,6
150	2,52	6,31	7	1,49	6,44	7,1	1,49
180	5,3	6,92	7,8	1,81	7,09	8	1,82
210	11,98	8,14	9,2	1,92	8,27	9,3	1,92
240	8,7	7,78	8,8	1,94	8,06	9,1	2
270	1,56	3,86	4	1,1	3,91	4,1	1,11
300	33,17	12,78	14,3	2,81	13,01	14,6	2,8
330	29,52	12,37	13,9	2,85	12,55	14,1	2,83
Συνολικά	-	10,54	-	-	10,73	-	-

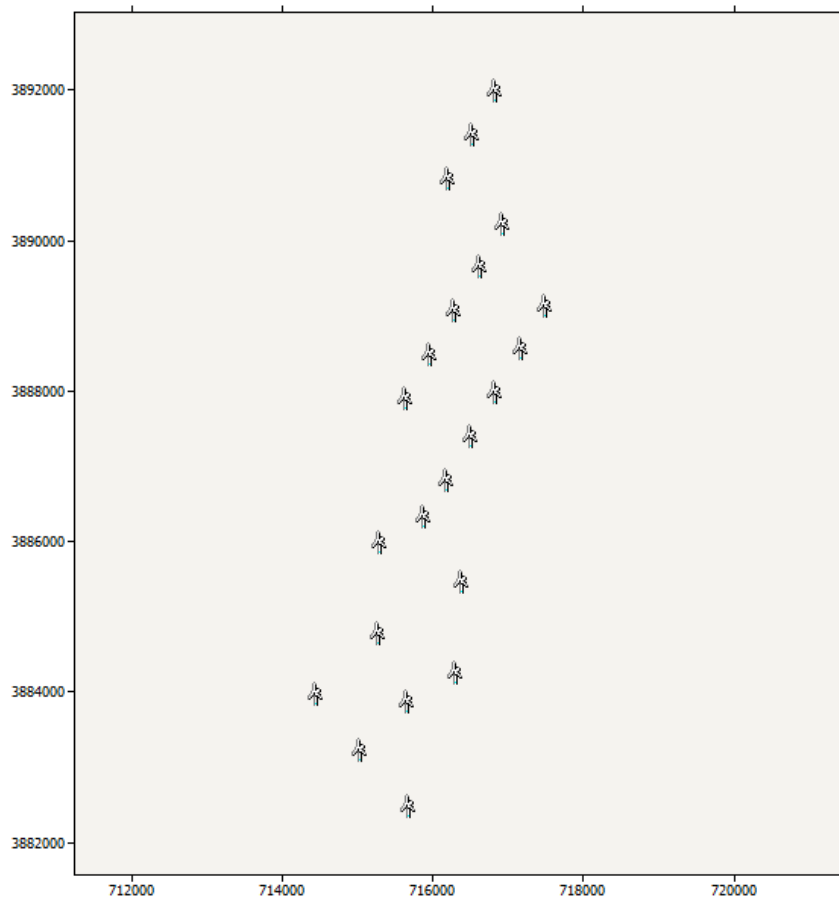
**Πίνακας 3.9: Ανεμολογικά δεδομένα νότιου τμήματος περιοχής «Ζάκρος»**

Υψόμετρο		94 m			115 m		
Γωνία (°)	Συχνότητα (%)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Weibull - A (m/s)	Weibull - k
0	4,35	7,46	8,1	1,34	7,61	8,3	1,36
30	1,37	2,33	2,4	1,12	2,38	2,5	1,13
60	0,87	2,15	2,1	0,99	2,18	2,2	1,01
90	0,99	2,92	3	1,09	3,03	3,2	1,12
120	1,66	4,27	4,6	1,23	4,43	4,8	1,26
150	2,82	4,96	5,3	1,2	5,16	5,5	1,22
180	5,41	5,92	6,6	1,53	6,08	6,8	1,54
210	12,34	7,4	8,3	1,67	7,55	8,5	1,69
240	11,58	7,92	8,9	2,06	8,15	9,2	2,09
270	1,82	3,84	4	1,1	3,98	4,1	1,12
300	21,76	12,1	13,6	2,51	12,2	13,8	2,44
330	35,03	13,11	14,7	2,91	13,4	15	2,92
Συνολικά	-	10,06	-	-	10,26	-	-

Σημειώνεται πως στις τιμές της ταχύτητας των πινάκων δεν συνυπολογίζονται οι απώλειες σκίασης (Wake Losses).

**Σενάριο 1: Ανεμογεννήτριες Vestas V112 – 3 MW**

Η διάταξη τοποθέτησης είναι τέτοια ώστε οι ανεμογεννήτριες να έχουν μέτωπο προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου, δηλαδή προς την δυτική – βορειοδυτική στο βόρειο κομμάτι και προς την βόρεια – βορειοδυτική στο νότιο. Βάσει της διάταξης που χρησιμοποιείται (9RD X 6RD) μπορούν να εγκατασταθούν 22 ανεμογεννήτριες των 3 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Ζάκρος» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.50 και 3.51



3.50: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 1) (WAsP 12.6)

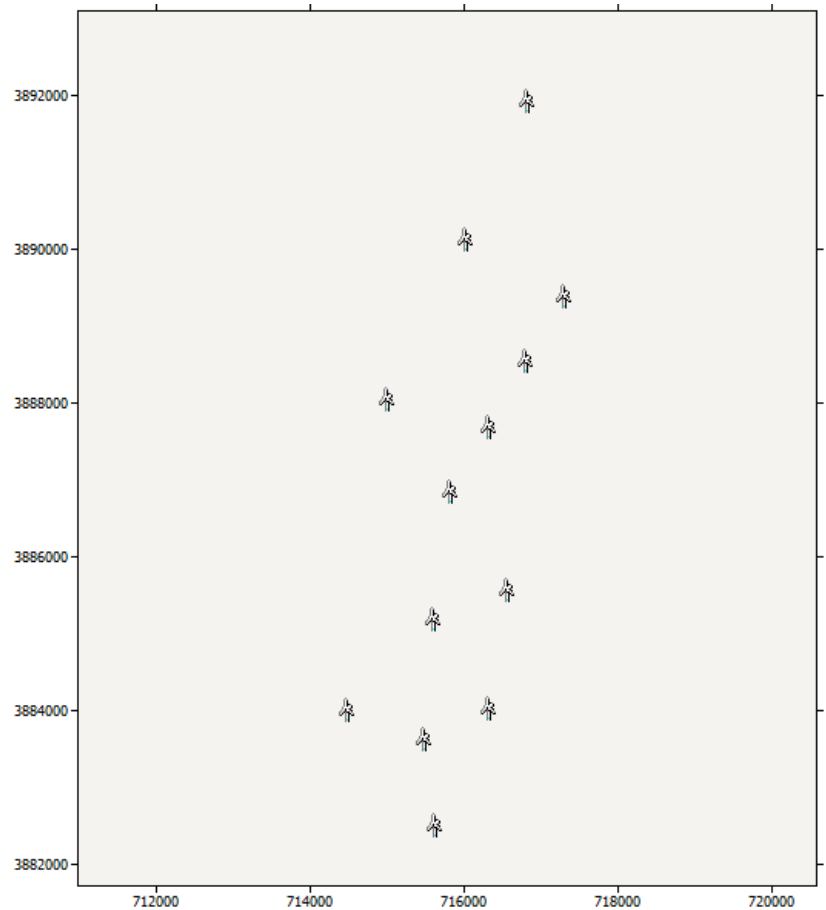


3.51: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 1) (Google Earth Pro)

)

## Σενάριο 2: Ανεμογεννήτριες Vestas V164 – 8 MW

Οι ανεμογεννήτριες έχουν απόσταση 9 διαμέτρων ρότορα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου που ισούται με 1476 m και 6 διαμέτρων στην κατεύθυνση που είναι κάθετη στην κύρια δηλαδή 984 m. Βάσει της συγκεκριμένης διάταξης μπορούν να εγκατασταθούν 14 ανεμογεννήτριες των 8 MW. Η διάταξη εντός της περιοχής «Ζάκρος» παρουσιάζεται στις εικόνες 3.52 και 3.53.



3.52: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 2) (WAsP 12.6)



3.53: Διάταξη ανεμογεννητριών περιοχής "Ζάκρος" (Σενάριο 2) (Google Earth Pro)

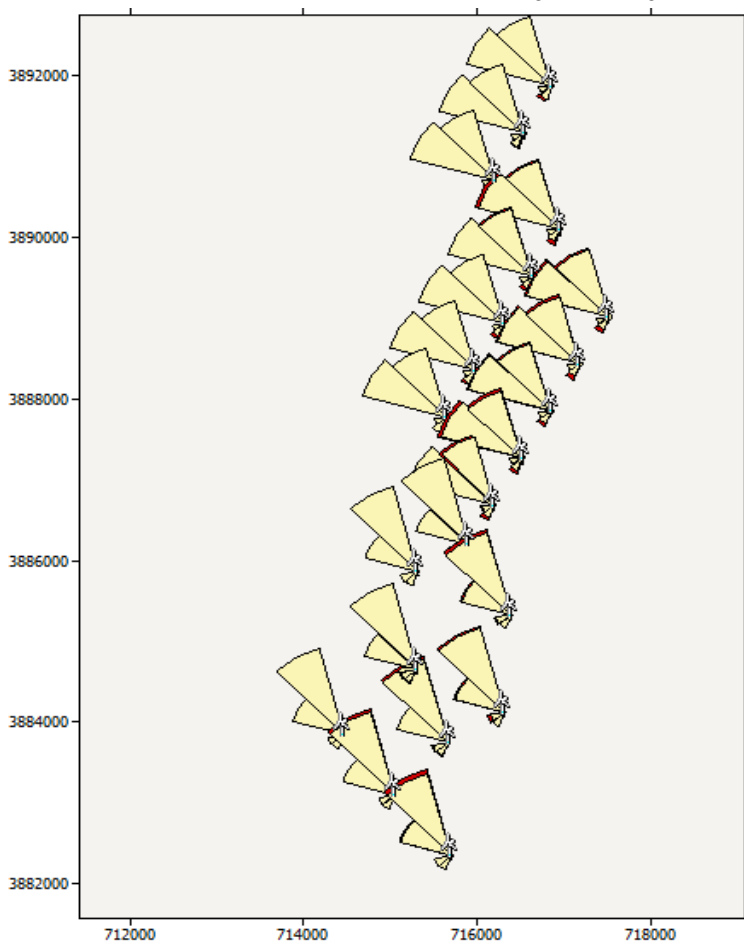
Τα τελικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για την περιοχή «Ζάκρος» παρουσιάζονται στον πίνακα 3.10, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα για κάθε ανεμογεννήτρια παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.



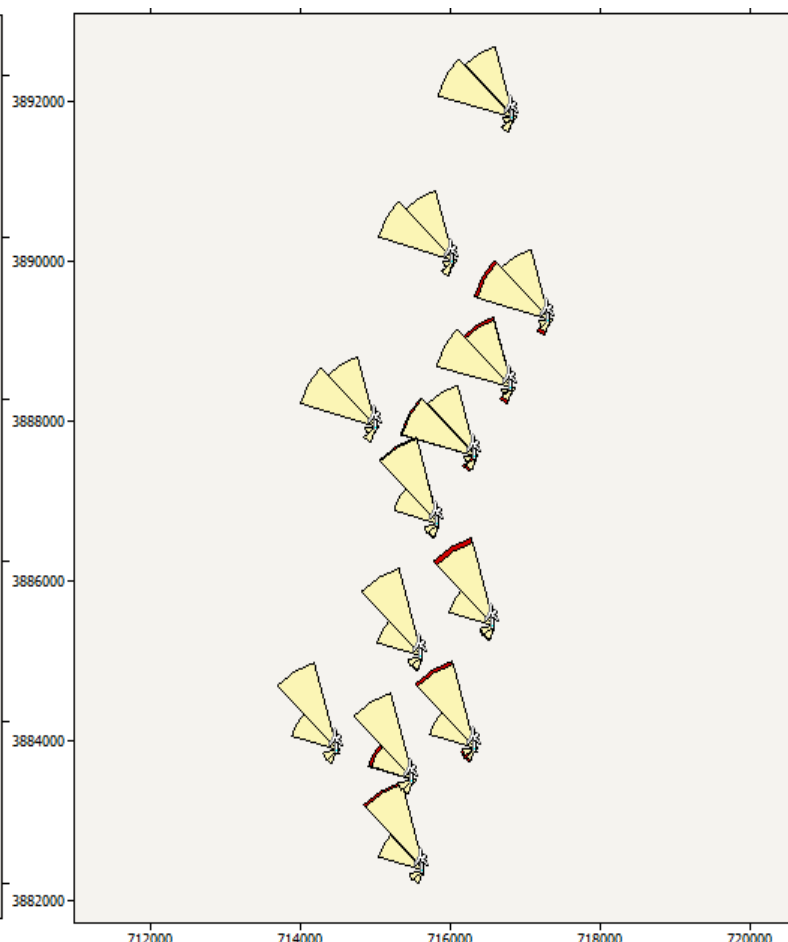
**Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα προσομοίωσης περιοχής «Ζάκρος»**

<b>Σενάριο</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Ονομαστική Ισχύς Πάρκου</b>	66 MW	104 MW
<b>Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας</b>	3 MW	8 MW
<b>Αριθμός Ανεμογεννητριών</b>	22	13
<b>Έκταση Περιοχής</b>	10,71 km <sup>2</sup>	10,71 km <sup>2</sup>
<b>Πυκνότητα Ισχύος</b>	6,16 MW/km <sup>2</sup>	9,71 MW/km <sup>2</sup>
<b>Συντελεστής Απόδοσης (Capacity Factor)</b>	62,3%	58,2 %
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια ανά Ανεμογεννήτρια</b>	15,687 GWh (Min) – 16,887 GWh (Max)	39,402 GWh (Min) – 42,497 GWh (Max)
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Gross AEP)</b>	360,720 GWh	530,795
<b>Απώλειες Σκίασης (Wake Losses)</b>	2,48%	1,97%
<b>Συντελεστής Διαθεσιμότητας (Availability Factor) (31)</b>	98%	98%
<b>Καθαρή Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (Net AEP)</b>	344,746 GWh	509,932 GWh

Στα ροδογράμματα των εικόνων 3.54 και 3.55 παρουσιάζονται η ετήσια παραγόμενη ενέργεια και οι απώλειες σκίασης.



3.54: Ροδογράμμο παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 1) (WAsP 12.6)



3.55: Ροδογράμμο παραγόμενης ενέργειας και απωλειών σκίασης (Σενάριο 2) (WAsP 12.6)

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής αξιολόγησης των τριών περιοχών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.11. Επιπλέον η ψηφιακή απεικόνιση της εγκατάστασης σε κάθε περίπτωση παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ.

**Πίνακας 3.11: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων**

	<b>Σενάριο 1 (Vestas V112 – 3MW)</b>			<b>Σενάριο 2 (Vestas V164 – 8 MW)</b>		
<b>Περιοχή</b>	<b>Χρυσή</b>	<b>Ελούντα</b>	<b>Ζάκρος</b>	<b>Χρυσή</b>	<b>Ελούντα</b>	<b>Ζάκρος</b>
<b>Ονομαστική Ισχύς Πάρκου</b>	114 MW	84 MW	66 MW	160 MW	128 MW	104 MW
<b>Πυκνότητα Ισχύος</b>	5,38 MW/km <sup>2</sup>	6,52 MW/km <sup>2</sup>	6,16 MW/km <sup>2</sup>	7,55 MW/km <sup>2</sup>	9,93 MW/km <sup>2</sup>	9,71 MW/km <sup>2</sup>
<b>Συντελεστής Απόδοσης ( Capacity Factor)</b>	43,4%	57,9%	62,3%	40,1%	52,2 %	58,2 %
<b>Μέση Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια ανά Ανεμογεννήτρια</b>	11,415 GWh	15,219 GWh	16,396 GWh	28,131 GWh	36,626 GWh	40,830 GWh
<b>Καθαρή Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (net AEP)</b>	404,519 GWh	395,006 GWh	344,746 GWh	528,373 GWh	546,919 GWh	509,932 GWh

## 4 Συζήτηση

Αναφορικά με τη βιώσιμη χωροθέτηση προκύπτει πως η πληθώρα των περιοχών όπου είναι δυνατή η εγκατάσταση πλωτών αιολικών πάρκων βρίσκεται στην ΠΕ Λασιθίου, ενώ δεν υπάρχουν διαθέσιμες περιοχές στην ΠΕ Χανίων. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του κριτηρίου αποκλεισμού που αναφέρεται στην μέση ταχύτητα ανέμου. Η εισαγωγή του συγκεκριμένου κριτηρίου στην αξιολόγηση αποκλείει το σύνολο των περιοχών της ΠΕ Χανίων και μεγάλο μέρος των περιοχών των ΠΕ Ρεθύμνου και Ηρακλείου λόγω της χαμηλής μέσης ταχύτητας ανέμου των περιοχών αυτών σε ύψος 10 μέτρων ( $<6$  m/s). Αντιθέτως λίγες περιοχές της ΠΕ Λασιθίου εξαιρέθηκαν, καθώς η μέση ταχύτητα ανέμου στην ευρύτερη περιοχή κινείται σε υψηλά επίπεδα. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η επιλεγόμενη τιμή ελάχιστης μέσης ταχύτητας ανέμου διαφέρει και κυμαίνεται από 4 m/s [2] έως και 6 m/s σε ύψος 10 m [16], ενώ σε άλλες περιπτώσεις η κατώτατη τιμή είναι τα 5 m/s. Στην συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε το όριο των 6 m/s, καθώς δεδομένης της απουσίας σχετικών βαρών (relative weights) κρίθηκε απαραίτητο να εξασφαλιστεί με την επιλογή σχετικά υψηλής ελάχιστης μέσης ταχύτητας ανέμου πως όλες οι διαθέσιμες περιοχές θα μπορούν να ικανοποιητικά αποδοτικές από ενεργειακής και συνεπώς από τεchnοοικονομικής άποψης. Επιπλέον, ως ελάχιστο βάθος χωροθέτησης επιλέγονται τα 50 m, καθώς το βάθος αυτό λογίζεται ως το μέγιστο για τα πακτωμένα υπεράκτια αιολικά και συνεπώς η χωροθέτηση πλωτών σε μικρότερο βάθος δεν θα αποτελούσε συμφέρουσα επένδυση. Ως μέγιστο βάθος ορίζονται τα 1000 m, καθώς είναι το μέγιστο συμπεριλαμβανομένων και των τεσσάρων διαθέσιμων τεχνολογιών πλωτής έδρασης (Semi-submersible, Spar buoy, TLP, Barge).

Στο στάδιο των κριτηρίων αξιολόγησης εισήχθησαν 8 κριτήρια τα οποία εκφράζουν διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το σύνολο του έργου στην εκάστοτε περιοχή. Εν συνεχεία τα κριτήρια αυτά κατηγοριοποιήθηκαν με σκοπό να εκφράζονται ομοιόμορφα όλοι οι παράγοντες του έργου λόγω της απουσίας των σχετικών βαρών. Στην περίπτωση των κριτηρίων όχλησης, ασφάλειας, περιβαλλοντικής προστασίας και των ενεργειακών κριτηρίων εισήχθη μόλις ένα κριτήριο αξιολόγησης, ενώ στην περίπτωση των τεchnοοικονομικών κριτηρίων εισήχθησαν τέσσερα κριτήρια αξιολόγησης. Η εισαγωγή επιπλέον κριτηρίων στην πρώτη περίπτωση θα βελτίωνε την αξιολόγηση, καθώς οι επιμέρους παράγοντες του έργου θα εξετάζονταν από ένα ευρύτερο φάσμα παραμέτρων. Επίσης στην συγκεκριμένη εργασία και συγκεκριμένα στο κριτήριο αξιολόγησης της απόστασης από λιμάνι, όλοι οι λιμένες του νησιού λογίζονται ως το ίδιο κατάλληλοι να φιλοξενήσουν την «βάση» ενός πλωτού αιολικού πάρκου. Αυτό δεν είναι αληθές, καθώς λιμάνια με μεγαλύτερο βάθος ή μεγάλα εμπορικά λιμάνια όπως του Ηρακλείου απαιτούν λιγότερες παρεμβάσεις διαμόρφωσης για να εξυπηρετήσουν τον παραπάνω σκοπό και συνεπώς είναι καταλληλότερα από τεchnοοικονομικής άποψης. Παρόλα αυτά ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο προσδιορισμός των καταλληλότερων περιοχών και όχι η τεchnοοικονομική ανάλυση των λιμένων της Κρήτης και ο προσδιορισμός των παρεμβάσεων που απαιτούνται, για τον λόγο αυτό κατά την αξιολόγηση των περιοχών όλοι οι λιμένες του Περιφέρειας λογίζονται ως το ίδιο κατάλληλοι. Επιπλέον θα μπορούσε να εξεταστεί η εισαγωγή σχετικών βαρών (relative weights) μέσω της συμμετοχής των ενδιαφερόμενων μερών (stakeholders). Αυτό μπορεί να συμβεί χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία AHP (Analytic Hierarchy Process) με σκοπό τον καθορισμό σχετικών βαρών τα οποία θα ορίζονται από τους stakeholders. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας θα

βελτίωνε την ανάλυση, καθώς πλέον θα εκφραζόταν και ο παράγοντας της βαρύτητας του εκάστοτε κριτηρίου αξιολόγησης.

Οι τρεις περιοχές που προέκυψαν από την αξιολόγηση και ορίστηκαν ως καταλληλότερες βρίσκονται όλες στην ανατολική Κρήτη και συγκεκριμένα στην ΠΕ Λασιθίου. Σε παρόμοια έρευνα η οποία όμως εξετάζε ολόκληρη την Ελληνική ΑΟΖ και όχι μόνο τα χωρικά ύδατα της Περιφέρειας Κρήτης [16] η προτιμότερη περιοχή για την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων πλωτών αιολικών και κυματικής ενέργειας εντοπίζεται ανατολικά της Κρήτης, δηλαδή επίσης στα ανοιχτά της ΠΕ Λασιθίου και συγκεκριμένα πολύ κοντά στην περιοχή «Ζάκρος».

Στο κομμάτι της ενεργειακής ανάλυσης εξετάζονται οι περιοχές «Χρυσή», «Ελούντα» και «Ζάκρος» οι οποίες έχουν κριθεί ως καταλληλότερες. Στις περιοχές αυτές η διάταξη που εφαρμόσθηκε (9 RD X 6 RD) [27] επιλέχθηκε ως μια τυπική διάταξη σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία όμως δεν έχει εξετασθεί αν αποτελεί τη βέλτιστη. Επίσης οι δύο ανεμογεννήτριες που εξετάσθηκαν δεν επαρκούν για να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για το ποια είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς από τεchnοοικονομικής άποψης, για τις ανεμογεννήτριες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στις καταλληλότερες περιοχές. Άλλη μια παραδοχή που έγινε κατά την ενεργειακή αξιολόγηση των περιοχών ήταν η εισαγωγή του ίδιου αρχείου κλιματικών δεδομένων (GWC) για σημεία που έχουν λάβει την ίδια αξιολόγηση σύμφωνα με τα ενεργειακά κριτήρια και βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Η παραπάνω παραδοχή βασίστηκε στο επίπεδο ανάγλυφο της θαλάσσιας επιφάνειας και στο γεγονός πως σκοπός της αξιολόγησης δεν είναι ο ακριβής προσδιορισμός της παραγόμενης ενέργειας, αλλά η κατάταξη των καταλληλότερων περιοχών σύμφωνα με ενεργειακά κριτήρια. Βάσει των παραπάνω και συνυπολογιζόμενης της «στοχαστικότητας» των ΑΠΕ και ιδίως των αιολικών πάρκων, τα τελικά αποτελέσματα της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ως απόλυτα νούμερα της μέγιστης παραγόμενης ενέργειας της εκάστοτε περιοχής, αλλά ως τάξη μεγέθους και ως μέσο αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των τριών καταλληλότερων περιοχών.

Η εξεταζόμενη περιοχή με τον μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης (capacity factor) σε αμφότερα τα σενάρια είναι η περιοχή «Ζάκρος» πράγμα που σημαίνει πως ανά μονάδα εγκατεστημένης αιολικής ισχύος παράγει το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Η δεύτερη αποδοτικότερη ενεργειακά περιοχή είναι η «Ελούντα», ενώ η περιοχή «Χρυσή» έχει τον μικρότερο συντελεστή απόδοσης. Όσον αφορά την συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια η περιοχή «Χρυσή» παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας στο σενάριο 1 (3 MW) παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει τον μικρότερο συντελεστή απόδοσης, καθώς λόγω της μεγάλης έκτασής της επιτρέπει την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ονομαστική ισχύ. Στο σενάριο 2 (8 MW) η περιοχή που δύναται να παράγει την περισσότερη ενέργεια ετησίως είναι η «Ελούντα» η οποία παρουσιάζει τον δεύτερο μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης και την δεύτερη μεγαλύτερη ονομαστική ισχύ. Σε αμφότερα τα σενάρια η περιοχή με την μικρότερη ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι η περιοχή «Ζάκρος», η οποία παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει τον μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης, εμφανίζει μικρή εγκατεστημένη ισχύ λόγω της μικρής έκτασής της.

Στην περίπτωση του σεναρίου 1 οι τρεις περιοχές μπορούν να παράγουν συνολικά 1144,271 GWh ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στην περίπτωση του σεναρίου 2 μπορούν να παραχθούν συνολικά 1585,224 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Με δεδομένο πως η απαιτούμενη παραγόμενη ενέργεια της Κρήτης το 2020 ήταν 2813,316 GWh και η μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης ήταν 605,10 MW [32], στο πρώτο σενάριο οι τρεις

καταλληλότερες περιοχές μπορούν να καλύψουν περίπου το 41 % των ετήσιων αναγκών του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ στο δεύτερο σενάριο μπορεί να καλυφθεί περίπου το 56% των αναγκών. Με τον τρόπο αυτό η διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της Κρήτης θα φτάσει το 65 % στην πρώτη περίπτωση και το 80% στην δεύτερη. Τέλος με την επικείμενη διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική δεν θα είναι απαραίτητη η λειτουργία και των τριών ατμοηλεκτρικών σταθμών του νησιού για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αφού το μεγαλύτερο μέρος της απαιτούμενης ενέργειας θα καλύπτεται από ΑΠΕ, ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις όπου λόγω καιρικών συνθηκών δεν υπάρχει παραγωγή από ΑΠΕ η ζήτηση θα καλύπτεται μέσω των διασυνδέσεων Κρήτης – Αττικής και Κρήτης – Πελοποννήσου σε συνδυασμό με έναν ή δύο από τους ΑΗΣ Κρήτης.



## 5 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η βιώσιμη χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή της Περιφέρειας Κρήτης και καθορίστηκαν οι καταλληλότερες περιοχές για τον σκοπό αυτό.

Η εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών μπορεί να είναι η μόνη αποδοτική λύση χωροθέτησης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Κρήτη, λόγω του μεγάλου βάθους της ευρύτερης θαλάσσιας περιοχής. Επιπροσθέτως το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του αιολικού δυναμικού της περιοχής βρίσκεται σε βαθιά ύδατα κάνει την εγκατάσταση πλωτών αιολικών ακόμα πιο επιτακτική.

Το ζήτημα της βιώσιμης χωροθέτησης πλωτών αιολικών αποτελεί ένα αρκετά πολύπλοκο θέμα το οποίο απαιτεί την επεξεργασία πληθώρας δεδομένων και παραμέτρων, ενώ το εξαγόμενο αποτέλεσμα εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων αυτών. Για παράδειγμα, η εισαγωγή ανακριβών δεδομένων από αμφίβολες πηγές θα επηρεάσει την ποιότητα του αποτελέσματος προς το χειρότερο. Για τον λόγο αυτό στην συγκεκριμένη εργασία δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην ποιότητα και την εγκυρότητα των δεδομένων, τα οποία αντλούνται μόνο από επιβεβαιωμένες πηγές. Στην εργασία, χρησιμοποιείται ως βάση αναφοράς η ημιβυθισμένη (semi – submersible) πλατφόρμα. Η πλατφόρμα αυτή κρίθηκε ως η καταλληλότερη για την περιοχή της Κρήτης κυρίως λόγω του μικρού βυθίσματος των λιμένων του νησιού, της ευκολίας εγκατάστασης της πλατφόρμας και της διεθνούς εμπειρίας που έχει αναπτυχθεί σχετικά με την χρήση της.

Αρχικά εισήχθησαν 8 κριτήρια αποκλεισμού σύμφωνα με τα οποία εξαιρέθηκαν οι περιοχές όπου είναι αδύνατη η χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων. Με την εξαίρεση των εκτάσεων αυτών προέκυψαν οι διαθέσιμες περιοχές. Το μεγαλύτερο μέρος των διαθέσιμων περιοχών για χωροθέτηση πλωτών αιολικών πάρκων εντοπίζεται στην ΠΕ Λασιθίου, ενώ ακολουθούν η ΠΕ Ηρακλείου και η ΠΕ Ρεθύμνου, καμιά διαθέσιμη περιοχή δεν εντοπίζεται στην ΠΕ Χανίων. Συγκεκριμένα στην ΠΕ Λασιθίου συγκεντρώνεται το 85,11% των διαθέσιμων περιοχών, ενώ στις ΠΕ Ηρακλείου και Ρεθύμνου συγκεντρώνεται το 10,90% και 3,99% αντίστοιχα. Το παραπάνω αποτέλεσμα οφείλεται κατά κύριο λόγο στο κριτήριο αποκλεισμού της μέσης ταχύτητας ανέμου βάσει του οποίου εξαιρέθηκε ολόκληρη η ΠΕ Χανίων και μεγάλο μέρος της ΠΕ Ρεθύμνου και Ηρακλείου. Σημειώνεται πως η οριοθέτηση της ελληνικής ΑΟΖ θα επέτρεπε την αξιοποίηση περιοχών και εκτός των ελληνικών χωρικών υδάτων. Αυτό θα έδινε την δυνατότητα εκμετάλλευσης πολύ μεγαλύτερων εκτάσεων σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό, μηδενική οπτική όχληση και μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Στην συνέχεια, οι διαθέσιμες περιοχές αξιολογούνται σύμφωνα με 8 κριτήρια που εκφράζουν διάφορους παράγοντες του έργου. Τα κριτήρια αυτά εισάγονται με σκοπό να εξασφαλίσουν την βιωσιμότητα και να βελτιστοποιήσουν την απόδοση του έργου από τεchnοοικονομικής, αλλά και περιβαλλοντικής άποψης. Λόγω της έλλειψης σχετικών βαρών στην αξιολόγηση τα κριτήρια αξιολόγησης κατηγοριοποιούνται με σκοπό να εκφράζονται όλοι οι παράγοντες του έργου ομοιόμορφα. Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία προέκυψαν τρεις περιοχές οι οποίες αξιολογήθηκαν ως καταλληλότερες και εντοπίζονται όλες στην ΠΕ Λασιθίου. Έτσι επιβεβαιώνεται ο σημαντικός ενεργειακός ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η συγκεκριμένη ΠΕ λόγω του υψηλού της αιολικού δυναμικού. Συγκεκριμένα οι τρεις καταλληλότερες περιοχές είναι η «Χρυσή» με έκταση 21,20 km<sup>2</sup>, η οποία εντοπίζεται στα νότια της ΠΕ Λασιθίου, η περιοχή «Ελούντα» με έκταση 12,89 km<sup>2</sup>, η οποία εντοπίζεται στα νότια της ΠΕ

Λασιθίου και η περιοχή «Ζάκρος» με έκταση 10,71 km<sup>2</sup>, η οποία εντοπίζεται στα ανατολικά της ΠΕ Λασιθίου. Παρόλα αυτά η εγκατάσταση πλωτών αιολικών πάρκων στις συγκεκριμένες περιοχές απαιτεί την αναβάθμιση των λιμένων της ΠΕ, με σκοπό να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των εγκαταστάσεων.

Κατά τη διενέργεια της ενεργειακής αξιολόγησης των τριών καταλληλότερων περιοχών εξετάστηκαν δυο σενάρια. Το πρώτο αφορούσε την εγκατάσταση αιολικού πάρκου αποτελούμενο από ανεμογεννήτριες των 3MW, οι οποίες θεωρούνται μικρής ισχύος και το δεύτερο αφορούσε την χρήση ανεμογεννητριών των 8MW, οι οποίες θεωρούνται μεγάλης ισχύος. Σε αμφότερα τα σενάρια η περιοχή «Ζάκρος» παρουσιάζει τον μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης (capacity factor), ακολουθεί η περιοχή «Ελούντα», ενώ ο μικρότερος συντελεστής απόδοσης εμφανίζεται στην περιοχή «Χρυσή». Το παραπάνω αποτέλεσμα εκφράζεται και μέσω του κριτηρίου αξιολόγησης της μέσης ταχύτητας ανέμου, καθώς σύμφωνα με αυτό η περιοχή «Χρυσή» έχει αξιολογηθεί με 2, η περιοχή «Ελούντα» έχει αξιολογηθεί με 2 στο δυτικό μέρος και 3 στο ανατολικό μέρος και η περιοχή «Ζάκρος» έχει αξιολογηθεί με 5 στο βόρειο τμήμα και με 4 στο νότιο τμήμα. Όσον αφορά την παραγόμενη ενέργεια, στο πρώτο σενάριο η περιοχή «Χρυσή» παράγει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας στο σενάριο 1, ενώ υπολείπεται της περιοχής «Ελούντα» στο σενάριο 2, σε αμφότερα τα σενάρια η περιοχή «Ζάκρος» παράγει την λιγότερη ενέργεια, λόγω της μικρής της έκτασης που επιτρέπει μικρή εγκατεστημένη ισχύ.

Η πλήρης αξιοποίηση των τριών καταλληλότερων περιοχών έχει ως αποτέλεσμα την εγκατάσταση 264 MW αιολικής ισχύος στην περίπτωση του σεναρίου 1 και 392 MW αιολικής ισχύος στην περίπτωση του σεναρίου 2. Αυτή η εγκατεστημένη ισχύς έχει τη δυνατότητα να παράγει 1144,271 GWh ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς να καλύπτει περίπου το 41% των αναγκών του νησιού στο πρώτο σενάριο, ενώ στο δεύτερο σενάριο παράγονται 1585,224 GWh ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν περίπου το 56% των αναγκών. Με τον τρόπο αυτό η διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της Κρήτης θα φτάσει το 65% και 80% σε κάθε σενάριο αντίστοιχα.

## **5.1 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Επιπλέον έρευνα μπορεί να πραγματοποιηθεί με σκοπό τον καθορισμό των καταλληλότερων περιοχών για εγκατάσταση πλωτών αιολικών στην περιοχή της Κρήτης. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να εισαχθούν επιπλέον κριτήρια αξιολόγησης και αποκλεισμού στην αξιολόγηση. Επίσης μπορεί να γίνει χρήση της μεθοδολογίας AHP με σκοπό να καθοριστούν σχετικά βάρη για τα κριτήρια αξιολόγησης. Η βαρύτητα των κριτηρίων στην συγκεκριμένη μεθοδολογία καθορίζεται από τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders), μέσω ερωτηματολογίων. Σημαντικός θα ήταν επίσης ο καθορισμός των απαιτούμενων βελτιώσεων στους λιμένες της Κρήτης και της καταλληλότητάς τους για την φιλοξενία τέτοιου είδους εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά το στάδιο της ενεργειακής αξιολόγησης των καταλληλότερων περιοχών, ο προσδιορισμός της πιο αποδοτικής διάταξης για κάθε μια από τις τρεις περιοχές, καθώς και ο προσδιορισμός της βέλτιστης εγκατεστημένης ισχύος από τεχνοοικονομικής άποψης είναι σημαντικές παράμετροι που οδηγούν σε ακριβέστερα αποτελέσματα σχετικά με την παραγόμενη ενέργεια των τριών καταλληλότερων περιοχών. Επίσης μπορούν να μελετηθούν από ενεργειακής άποψης και περιοχές που έχουν αξιολογηθεί ως λιγότερο κατάλληλες κατά το στάδιο της βιώσιμης χωροθέτησης.

## Βιβλιογραφία

- [1] E.T. Sayed, T. Wilberforce, K. Elsaid et al.(2021) *A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal*,
- [2] H. Díaz C. Guedes Soares, (2020) *An integrated GIS approach for site selection of floating offshore wind farms in the Atlantic continental European coastline*,
- [3] Υδρογραφική Υπηρεσία – Πολεμικό Ναυτικό (2019), ΕΤΗΣΙΕΣ (MONIMΕΣ) ΑΓΓΕΛΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΛΟΜΕΝΟΥΣ 2019
- [4] *Impact analysis of wind farms on telecommunication services*,
- [5] KYA 49828/2008 [https://isabel-project.eu/wp-content/uploads/%CE%A5.%CE%91.49828\\_2008.pdf](https://isabel-project.eu/wp-content/uploads/%CE%A5.%CE%91.49828_2008.pdf)
- [6] EMOD- Human Activities <https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php>
- [7] ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΓΡΑΦΕΙΟΥ & ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΗ – ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΒΡΥΧΙΟΥ ΚΑΛΩΔΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΣΗΣ  $\geq \pm 320\text{kV}$  ΣΡ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΑΤΤΙΚΗΣ - ΚΡΗΤΗΣ , ΙΟΥΛΙΟΣ 2018
- [8] Φάκελος Τροποποίησης ΑΕΠΟ (Υ.Α. Α.Π. οικ. 40349/2017) για την περιβαλλοντική αδειοδότηση τροποποιήσεων στο σχεδιασμό του έργου “Διασυνδετική Γραμμή Μεταφοράς 150kV Πελοποννήσου - Κρήτης (Υ/Σ Μολάων - Υ/Σ Χανίων)”, Ιούλιος 2020
- [9] EU Projects of common interest [https://ec.europa.eu/energy/infrastructure/transparency\\_platform/map-viewer/main.html](https://ec.europa.eu/energy/infrastructure/transparency_platform/map-viewer/main.html)
- [10] *White paper on offshore wind energy*, The Ministry of Infrastructure and the Environment (Holland) (2014)
- [11] *Πολεμικό Ναυτικό Υδρογραφική Υπηρεσία* [https://www.hnhs.gr/el/?option=com\\_opencart&Itemid=269&route=product/category&path=82](https://www.hnhs.gr/el/?option=com_opencart&Itemid=269&route=product/category&path=82)
- [12] Latinopoulos, Kechagia (2015), *A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece*,
- [13] ΦΕΚ 2848/Β/2017
- [14] ΣΜΠΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ "ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ" ΚΑΙ "ΔΥΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ" [https://www.greekhydrocarbons.gr/pdfs/SEA/01\\_SEA\\_06\\_2018.pdf](https://www.greekhydrocarbons.gr/pdfs/SEA/01_SEA_06_2018.pdf)
- [15] Gkeka-Serpetsidaki P, Tsoutsos T. Sustainable selection of offshore wind farms using GIS-based multicriteria decision analysis and analytical hierarchy process. Case study: Island of Crete (Greece), Low Carbon Energy Technologies in Sustainable Energy Systems: Kyriakopoulos: Chapter [in press].
- [16] Margarita Vasileiou, Eva Loukogeorgaki, Dimitra G. Vagiona (2017), *GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece*,
- [17] Global wind atlas <https://globalwindatlas.info/>
- [18] Natura 2000 data - the European network of protected sites, European Environmental Agency <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-11>

- [19] Stefanakou, Afrokomi & Nikitakos, Nikitas & Lilas, Theodoros & Pavlogeorgatos, Gerasimos. (2019). *A GIS-based decision support model for offshore floating wind turbine installation*. International Journal of Sustainable Energy. 38. 1-19
- [20] NREL (National Renewable Energy Laboratory ) (2007), *Engineering Challenges for Floating Offshore Wind Turbines*  
<https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/38776.pdf>
- [21] Sourianos, Evangelos & Kyriakou, Kalliopi & Hatiris, Georgios Angelos. (2017). *GIS-based spatial decision support system for the optimum siting of offshore windfarms*. 58. 337-343. United States
- [22] Rafał Wróżyński, Mariusz Sojka, Krzysztof Pyszny (2016), *The application of GIS and 3D graphic software to visual impact assessment of wind turbines*, Renewable Energy, Volume 96, Part A ,Pages 625-635,ISSN 0960-1481  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811630427X>)
- [23] Convention on the Law of the Sea, Dec. 10, 1982, 1833 U.N.T.S. 397.
- [24] Global Wind Atlas, *Validation* (April,2021),  
<https://globalwindatlas.info/about/validation>
- [25] WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation WMO-No. 8 page I.5-13
- [26] Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate . Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), date of access. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>
- [27] Deutsche WindGuard GmbH, *Capacity Densities of European Offshore Wind Farms*, 2018
- [28] WindFloat – Principal Power, (April 2021),  
<https://principlepowerinc.com/en/windfloat>
- [29] Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς, ΑΔΜΗΕ, (April 2021),  
<https://www.admie.gr/systima/perigrafi/hartis-grammon>
- [30] Λιμάνια της Περιφέρειας Κρήτης, Ελληνική Δημοκρατία - Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης, (April 2021) <https://www.apdkritis.gov.gr/en/dataset/>
- [31] Western North Carolina Renewable Energy Initiative,(2007), *Fact Sheet: Utility-Scale Wind Energy*
- [32] ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), (May 2021), *Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 2020*, [https://www.deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiýn/agora-mdn/stoixeia-ekkathariseon-kai-minaion-deltion-mdn/miniaia-deltia-ape-thermikis-paragogis/minaia-pliforiaka-deltia-paragogis-2020/](https://www.deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/agora-mdn/stoixeia-ekkathariseon-kai-minaion-deltion-mdn/miniaia-deltia-ape-thermikis-paragogis/minaia-pliforiaka-deltia-paragogis-2020/)
- [33] European Commission, *EU Energy in Figures: Statistical Pocketbook 2020* (2020), Luxembourg, Publications Office of the European Union
- [34] Wind Europe (2020), *Offshore Wind in Europe Key trends and statistics 2020*
- [35] GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (2020), *GLOBAL OFFSHORE WIND REPORT 2020*
- [36] Carbon Trust (2015): *Floating Offshore Wind: Market and Technology Review, United Kingdom*
- [37] NREL (2018): *2018 Cost of Wind Energy Review*,  
<https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/74598.pdf>
- [38] Equinor, *How Hywind works*, <https://www.equinor.com/en/what-we-do/floating-wind/how-hywind-works.html> [5/2021]

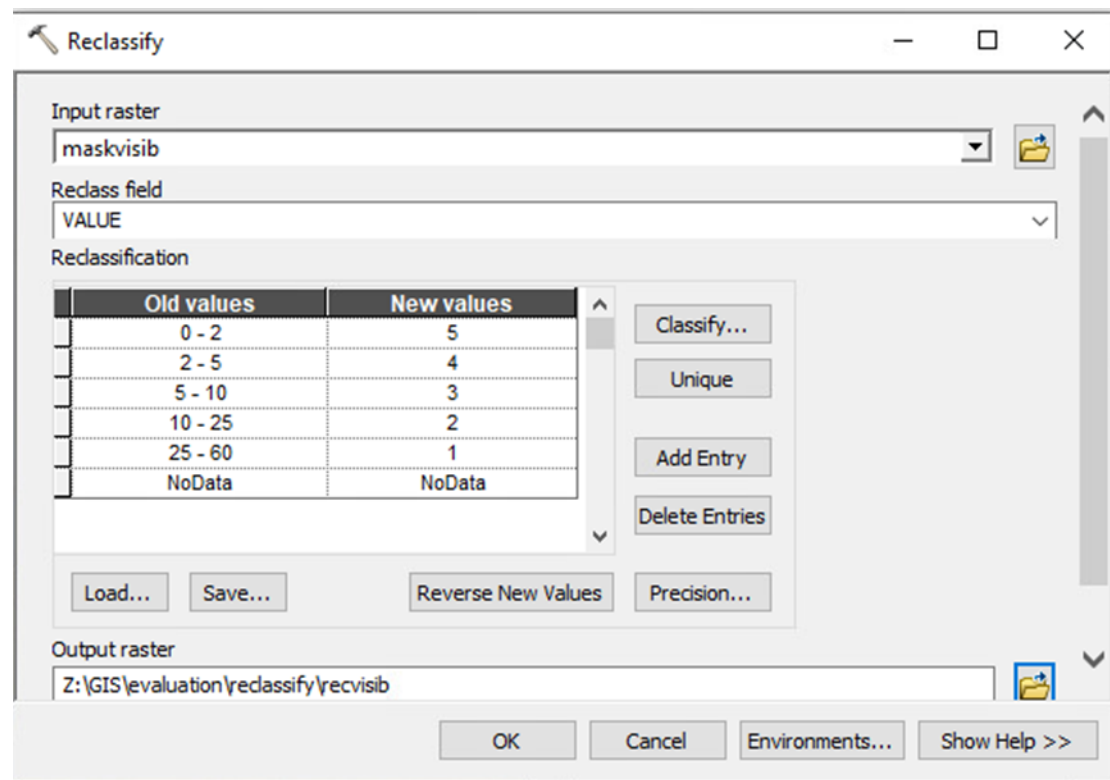
- [39] GICON – SOF, THE GICON – SOF, <http://www.gicon-sof.de/en/sof1.html> [5/2021].
- [40] BW – IDEOL, <https://www.bw-ideol.com/en/floatgen-demonstrator> [5/2021]
- [41] Περιφέρεια Κρήτης, Η περιφέρεια, <https://www.crete.gov.gr/region/i-perifereia/> [5/2021]
- [42] ΑΔΜΗΕ, Διασύνδεση της Κρήτης με την Αττική, <https://www.admie.gr/erga/erga-diasyndeseis/diasyndesi-tis-kritis-me-tin-attiki> [5/2021]
- [43] ΦΕΚ 2464/Β/03.12.2008 [https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/FEK2464B\\_2008\\_RES.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/FEK2464B_2008_RES.pdf)
- [44] Franklin J. (2001) *Geographic Information Science and Ecological Assessment*. In: Jensen M.E., Bourgeron P.S. (eds) *A Guidebook for Integrated Ecological Assessments*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8620-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8620-7_12)
- [45] Mary Christoforaki, Theocharis Tsoutsos, *Sustainable siting of an offshore wind park a case in Chania, Crete*, Renewable Energy, Volume 109,(2017), Pages 624-633, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.063>.
- [46] WINDPOWER MONTHLY, [5/2021], <https://www.windpowermonthly.com/article/1497569/first-power-kincardine-floating-project>
- [47] NBC NEWS, [5/2021], <https://www.nbcnews.com/id/wbna24775419>
- [48] OFFSHORE ENGINEER, [5/2021], <https://www.oedigital.com/news/485273-the-path-to-maturity-for-floating-offshore-wind>
- [49] Policy and Promotion of Offshore Wind Power in Taiwan, [5/2021], <https://www.mofa.gov.tw/Upload/RelFile/2508/111034/25bcd458-67d7-4ed4-994b-128a7ba49d17.pdf>
- [50] Coastguard (2012) *Atlantic Coast Port Access Route Study Interim Report*. USCG-2011-0351.
- [51] WWF-Norway, *Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea* (2014), page 10
- [52] Τσουχλαράκη Α. και Αχιλλέως Γ. (2015), *Μαθαίνοντας το GIS στην πράξη: το ArcGIS 9.3*, Εκδόσεις Δίσιγμα, Αθήνα
- [53] Τσούτσος Θ.Δ. και Κανάκης Ι.Ν. (2013) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας-Τεχνολογίες και Περιβάλλον*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

## Παράρτημα

### Παράρτημα Α – Ανακατάταξη κριτηρίων αξιολόγησης

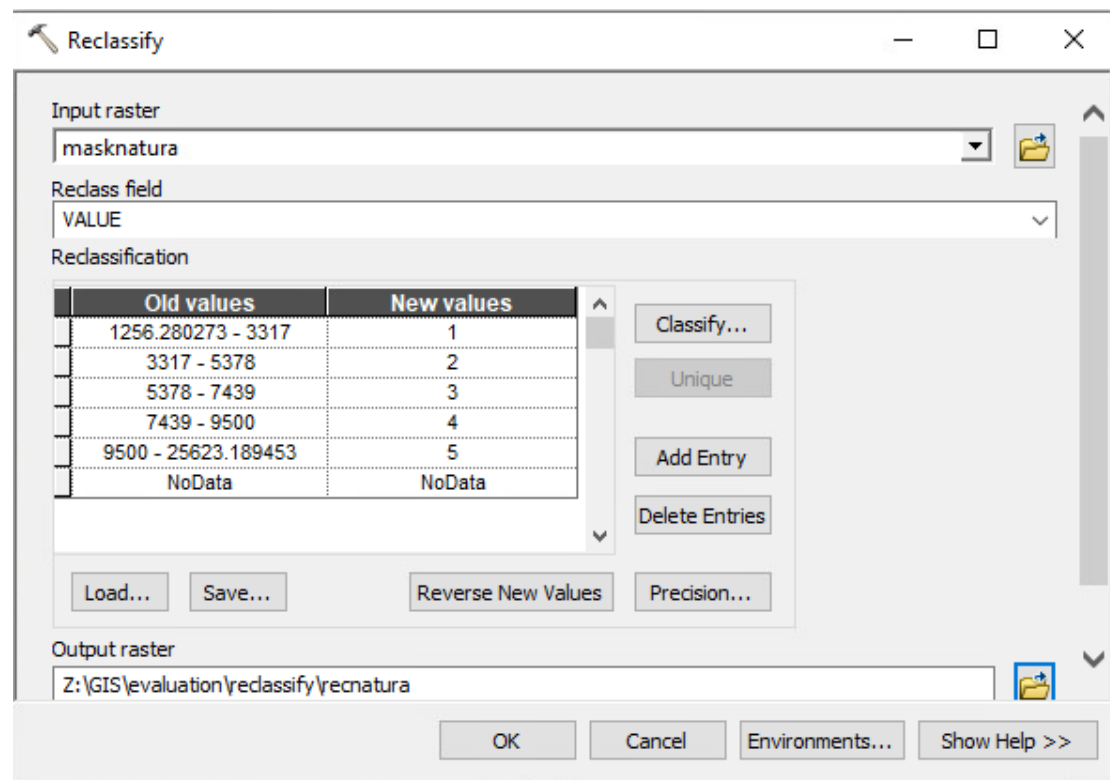
Στο παράρτημα Α παρουσιάζεται η ανακατάταξη των κριτηρίων αξιολόγησης σε κλίμακα από 1 έως 5, με τις καταλληλότερες περιοχές να αξιολογούνται με 5 και τις λιγότερο κατάλληλες με 1. Η ανακατάταξη πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό ArcMap 10.7 με χρήση της εντολής Reclassify.

Εικόνα Α.1: Ανακατάταξη του κριτηρίου της ορατότητας

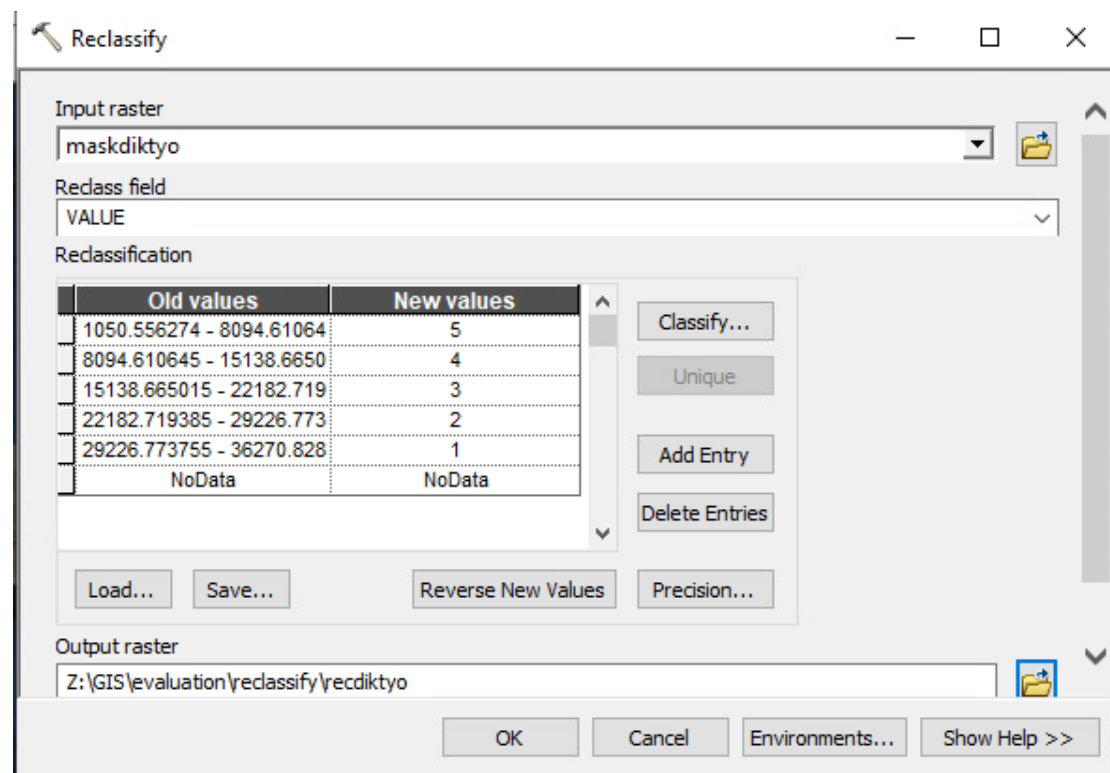




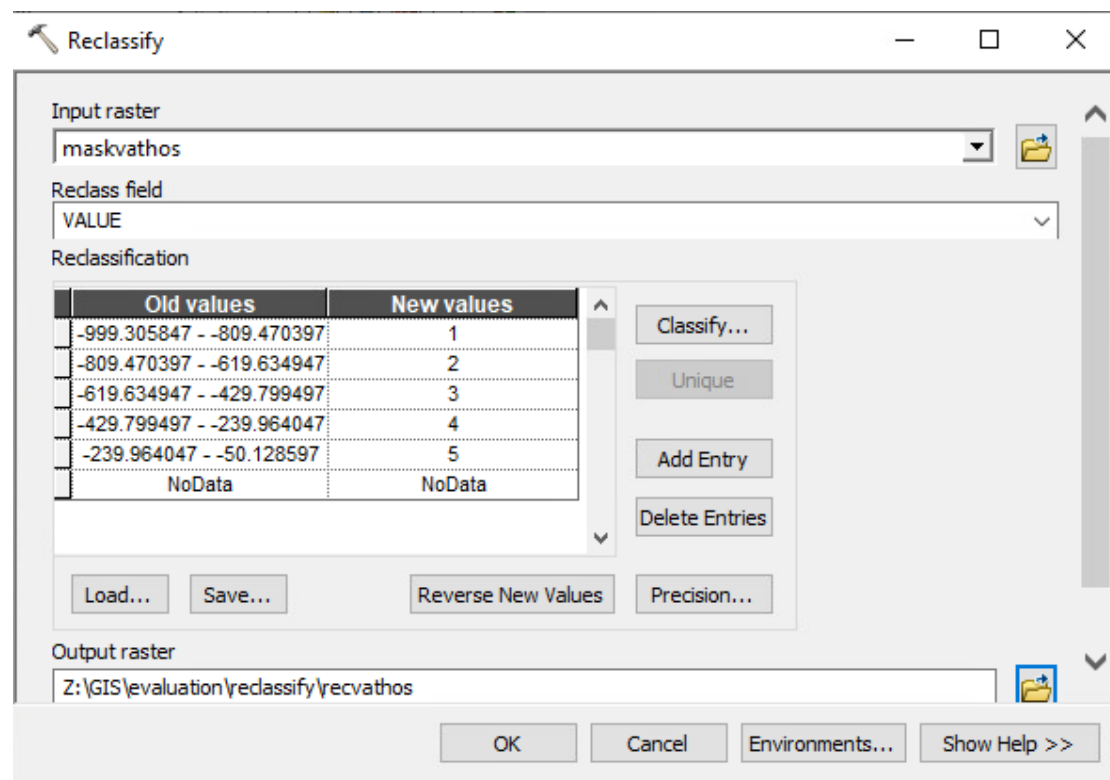
Εικόνα Α.2: Ανακατάταξη της απόστασης από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές



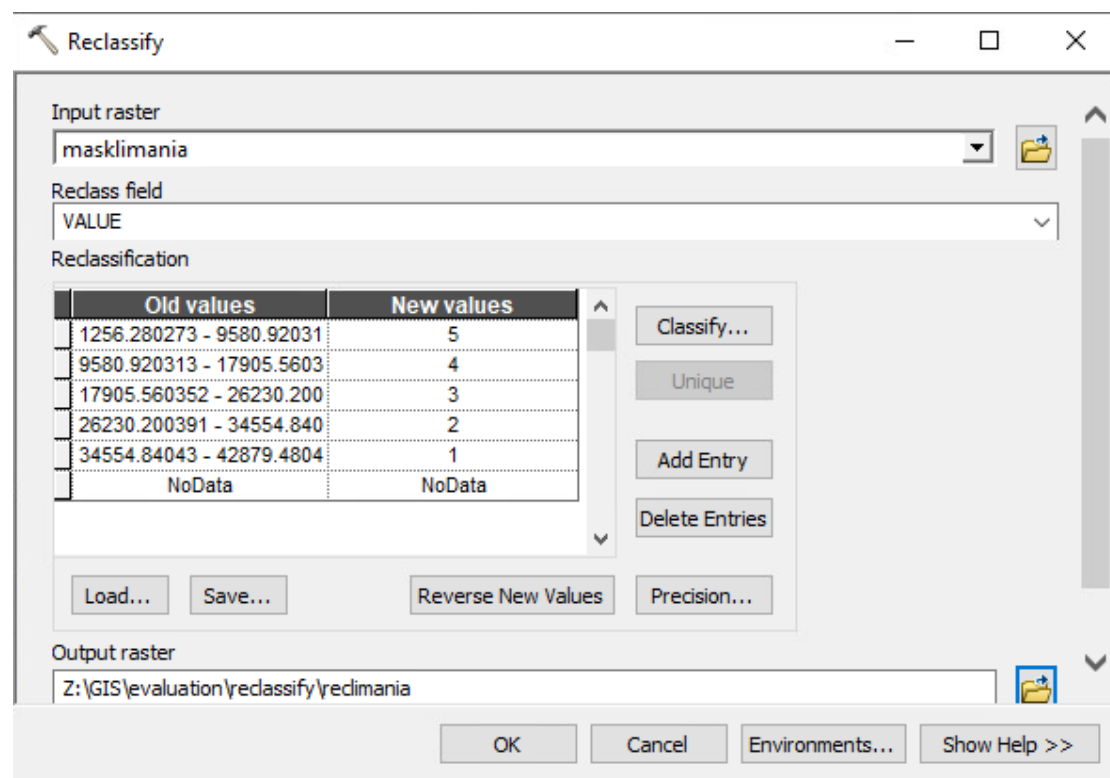
Εικόνα Α.3: Ανακατάταξη της απόστασης από το δίκτυο υψηλής τάσης



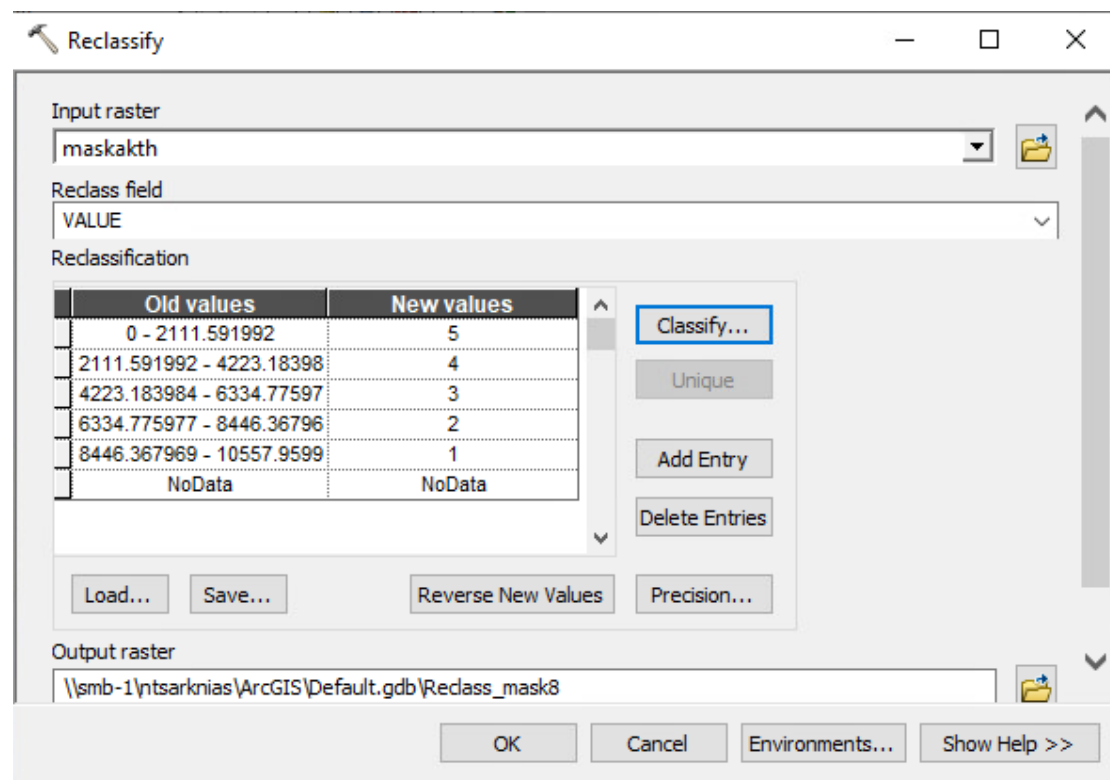
Εικόνα Α.4: Ανακατάταξη του βάθους



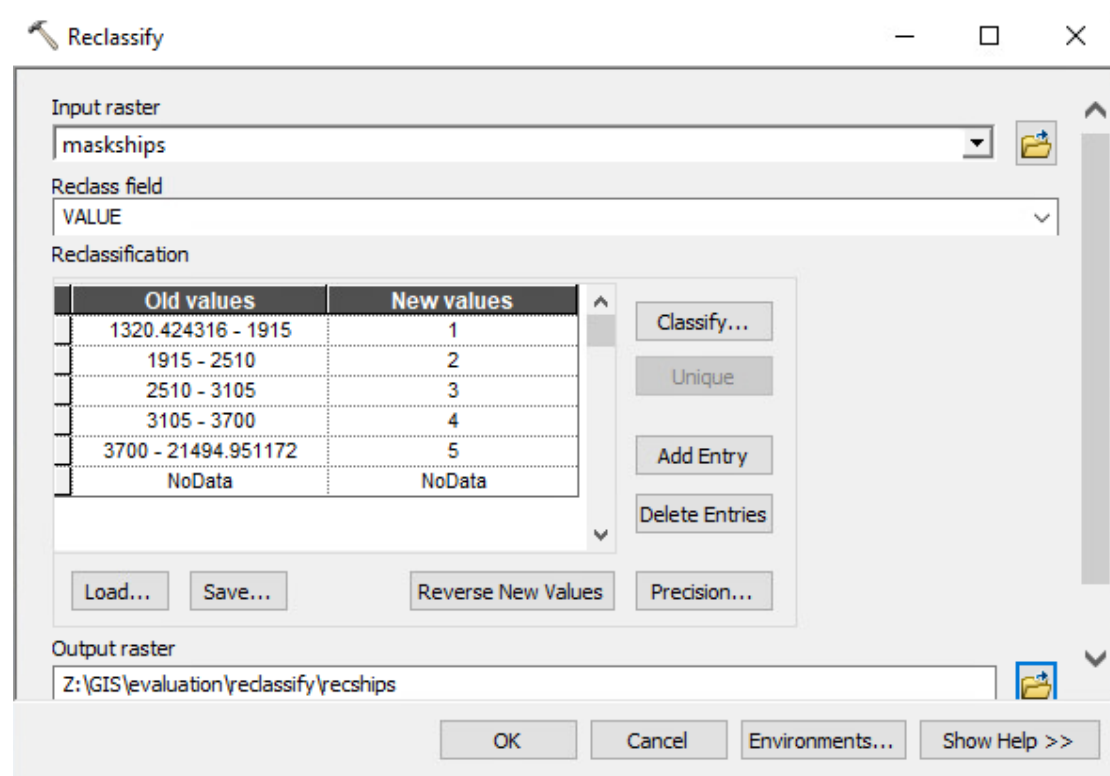
Εικόνα Α.5: Ανακατάταξη της απόστασης από λιμάνι



Εικόνα Α.6: Ανακατάταξη της απόστασης από την ακτή



Εικόνα Α.7: Ανακατάταξη της απόστασης από διόδους ναυσιπλοΐας



Εικόνα Α.8: Ανακατάταξη της μέσης ταχύτητας ανέμου

Reclassify

Input raster  
maskspeed

Reclass field  
VALUE

Reclassification

Old values	New values
6.000057 - 6.510384	1
6.510384 - 7.02071	2
7.02071 - 7.531037	3
7.531037 - 8.041364	4
8.041364 - 8.55169	5
NoData	NoData

Classify...  
Unique  
Add Entry  
Delete Entries

Load... Save... Reverse New Values Precision...

Output raster  
\\smb-1\ntsarknias\ArcGIS\Default.gdb\Reclass\_mask1

☐ Change missing values to NoData (optional)

OK Cancel Environments... Show Help >>

## Παράρτημα Β – Καμπύλες ισχύος ανεμογεννητριών

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται αναλυτικά οι καμπύλες ισχύος των δύο ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται κατά τα δύο σενάρια της ενεργειακής αξιολόγησης των καταλληλότερων περιοχών.

**Πίνακας Β.1: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Vestas V112 – 3 MW**

Speed [m/s]	Power [W]	Thrust coefficient
3,00	11493,71	0,951502
3,50	48990,3	0,923502
4,00	114982,5	0,900
4,50	196483,9	0,864502
5,00	292479,4	0,836502
5,50	405476,8	0,823
6,00	540461,6	0,818
6,50	699463,9	0,814
7,00	884946,8	0,809502
7,50	1096940,0	0,805502
8,00	1339429,0	0,800502
8,50	1610414,0	0,796502
9,00	1910909,0	0,790005
9,50	2232915,0	0,769009
10,00	2532963,0	0,724516
10,50	2761079,0	0,652525
11,00	2930219,0	0,570535
11,50	2977792,0	0,48253
12,00	2993824,0	0,412023
12,50	2999333,0	0,355521
13,00	3000000,0	0,310516
13,50	3000000,0	0,274014
14,00	3000000,0	0,243512
14,50	3000000,0	0,218009
15,00	3000000,0	0,196009
15,50	3000000,0	0,177009
16,00	3000000,0	0,161009
16,50	3000000,0	0,146507
17,00	3000000,0	0,134507
17,50	3000000,0	0,123005
18,00	3000000,0	0,113507
18,50	3000000,0	0,105005
19,00	3000000,0	0,097005
19,50	3000000,0	0,090502
20,00	3000000,0	0,084005
20,50	3000000,0	0,078502
21,00	3000000,0	0,073502
21,50	3000000,0	0,069005
22,00	3000000,0	0,064502
22,50	3000000,0	0,061005
23,00	3000000,0	0,057502
23,50	3000000,0	0,054502
24,00	3000000,0	0,051502
24,50	3000000,0	0,048502
25,00	3000000,0	0,046

**Πίνακας Β.2: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Vestas V164 – 8 MW**

Speed [m/s]	Power [W]	Thrust coefficient
4,00	100000,0	0,920
5,00	650000,0	0,850
6,00	1150000,0	0,820
7,00	1850000,0	0,800
8,00	2900000,0	0,780
9,00	4150000,0	0,760
10,00	5600000,0	0,730
11,00	7100000,0	0,670
12,00	7800000,0	0,520
13,00	8000000,0	0,390
14,00	8000000,0	0,300
15,00	8000000,0	0,240
16,00	8000000,0	0,190
17,00	8000000,0	0,160
18,00	8000000,0	0,140
19,00	8000000,0	0,120
20,00	8000000,0	0,100
21,00	8000000,0	0,090
22,00	8000000,0	0,080
23,00	8000000,0	0,070
24,00	8000000,0	0,060
25,00	8000000,0	0,050



## Παράρτημα Γ – Ενεργειακά χαρακτηριστικά σημείων εγκατάστασης

Στο παράρτημα Γ παρουσιάζονται αναλυτικά τα ενεργειακά χαρακτηριστικά για όλα τα σημεία εγκατάστασης ανεμογεννητριών των καταλληλότερων περιοχών, σε αμφότερα τα σενάρια. Τα ενεργειακά χαρακτηριστικά προσδιορίζονται μέσω του λογισμικού WAsP 12.

**Πίνακας Γ.1: Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Χρυσή» - Σενάριο 1 ( 3MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 001	664500,0	3865200,0	94,0	8,62	8,58	1,187	11,415	11,324	0,79	43,4
Turbine site 002	665172,0	3865200,0	94,0	8,62	8,48	1,187	11,415	11,077	2,95	43,4
Turbine site 003	665844,0	3865200,0	94,0	8,62	8,45	1,187	11,415	10,987	3,75	43,4
Turbine site 004	666516,0	3865200,0	94,0	8,62	8,46	1,187	11,415	10,975	3,85	43,4
Turbine site 005	664836,0	3864192,0	94,0	8,62	8,51	1,187	11,415	11,164	2,20	43,4
Turbine site 006	665508,0	3864192,0	94,0	8,62	8,40	1,187	11,415	10,883	4,65	43,4
Turbine site 007	666180,0	3864192,0	94,0	8,62	8,37	1,187	11,415	10,793	5,44	43,4
Turbine site 008	666852,0	3864192,0	94,0	8,62	8,38	1,187	11,415	10,811	5,29	43,4
Turbine site 009	667524,0	3864192,0	94,0	8,62	8,42	1,187	11,415	10,885	4,64	43,4
Turbine site 010	664570,0	3863184,0	94,0	8,62	8,42	1,187	11,415	10,941	4,15	43,4
Turbine site 011	665172,0	3863184,0	94,0	8,62	8,36	1,187	11,415	10,780	5,56	43,4
Turbine site 012	665844,0	3863184,0	94,0	8,62	8,34	1,187	11,415	10,744	5,88	43,4
Turbine site 013	666516,0	3863184,0	94,0	8,62	8,33	1,187	11,415	10,714	6,14	43,4
Turbine site 014	667188,0	3863184,0	94,0	8,62	8,33	1,187	11,415	10,715	6,13	43,4
Turbine site 015	667860,0	3863184,0	94,0	8,62	8,36	1,187	11,415	10,764	5,70	43,4
Turbine site 018	666180,0	3862176,0	94,0	8,62	8,39	1,187	11,415	10,912	4,41	43,4
Turbine site 019	666852,0	3862176,0	94,0	8,62	8,32	1,187	11,415	10,708	6,19	43,4
Turbine site 020	667524,0	3862176,0	94,0	8,62	8,31	1,187	11,415	10,670	6,53	43,4
Turbine site 021	665844,0	3861168,0	94,0	8,62	8,35	1,187	11,415	10,739	5,92	43,4
Turbine site 022	666516,0	3861168,0	94,0	8,62	8,30	1,187	11,415	10,647	6,73	43,4
Turbine site 023	667188,0	3861168,0	94,0	8,62	8,27	1,187	11,415	10,588	7,24	43,4
Turbine site 024	667860,0	3861168,0	94,0	8,62	8,31	1,187	11,415	10,648	6,72	43,4
Turbine site 025	664836,0	3860160,0	94,0	8,62	8,35	1,187	11,415	10,775	5,61	43,4
Turbine site 026	665508,0	3860160,0	94,0	8,62	8,34	1,187	11,415	10,725	6,04	43,4
Turbine site 027	666180,0	3860160,0	94,0	8,62	8,31	1,187	11,415	10,672	6,50	43,4
Turbine site 028	666852,0	3860160,0	94,0	8,62	8,30	1,187	11,415	10,648	6,72	43,4
Turbine site 029	667524,0	3860160,0	94,0	8,62	8,30	1,187	11,415	10,635	6,83	43,4
Turbine site 030	664164,0	3860160,0	94,0	8,62	8,39	1,187	11,415	10,880	4,68	43,4
Turbine site 031	663492,0	3860160,0	94,0	8,62	8,56	1,187	11,415	11,258	1,37	43,4
Turbine site 032	663492,0	3862176,0	94,0	8,62	8,57	1,187	11,415	11,295	1,05	43,4
Turbine site 033	663828,0	3861168,0	94,0	8,62	8,50	1,187	11,415	11,150	2,32	43,4
Turbine site 034	664500,0	3861168,0	94,0	8,62	8,38	1,187	11,415	10,840	5,04	43,4
Turbine site 035	665172,0	3861168,0	94,0	8,62	8,36	1,187	11,415	10,781	5,55	43,4
Turbine site 036	663828,0	3863184,0	94,0	8,62	8,57	1,187	11,415	11,310	0,92	43,4
Turbine site 037	664164,0	3862176,0	94,0	8,62	8,45	1,187	11,415	11,009	3,55	43,4
Turbine site 038	665900,0	3859152,0	94,0	8,62	8,41	1,187	11,415	10,937	4,19	43,4
Turbine site 039	666516,0	3859152,0	94,0	8,62	8,31	1,187	11,415	10,704	6,23	43,4
Turbine site 040	667220,0	3859152,0	94,0	8,62	8,32	1,187	11,415	10,685	6,39	43,4

**Πίνακας Γ.2:Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Ελούντα» -Σενάριο 1 (3MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m³]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 001	656070	3918880	94	8,49	8,49	1,189	14	13,987	0,1	53,2
Turbine site 002	657078	3918900	94	8,49	8,33	1,189	14	13,461	3,85	53,2
Turbine site 003	663126	3918278	94	9,27	9,05	1,189	16,007	15,346	4,13	60,9
Turbine site 004	663126	3918950	94	9,27	8,97	1,189	16,007	15,083	5,78	60,9
Turbine site 005	664134	3918614	94	9,27	8,94	1,189	16,007	14,998	6,3	60,9
Turbine site 006	657078	3919530	94	8,49	8,43	1,189	14	13,831	1,21	53,2
Turbine site 007	664134	3918042	94	9,27	8,98	1,189	16,007	15,109	5,61	60,9
Turbine site 008	665142	3918950	94	9,27	9,07	1,189	16,007	15,431	3,6	60,9
Turbine site 009	665142	3918278	94	9,27	8,95	1,189	16,007	15,024	6,14	60,9
Turbine site 010	658086	3919050	94	8,49	8,23	1,189	14	13,147	6,09	53,2
Turbine site 011	658086	3919722	94	8,49	8,3	1,189	14	13,413	4,19	53,2
Turbine site 012	659094	3919386	94	8,49	8,23	1,189	14	13,16	6	53,2
Turbine site 013	659094	3920058	94	8,49	8,35	1,189	14	13,588	2,95	53,2
Turbine site 014	660102	3918950	94	8,49	8,26	1,189	14	13,254	5,33	53,2
Turbine site 015	660102	3919622	94	8,49	8,14	1,189	14	12,879	8,01	53,2
Turbine site 016	660102	3920294	94	8,49	8,28	1,189	14	13,338	4,73	53,2
Turbine site 017	661110	3918710	94	8,49	8,23	1,189	14	13,138	6,16	53,2
Turbine site 018	662118	3918950	94	9,27	9,02	1,189	16,007	15,257	4,69	60,9
Turbine site 020	666150	3918614	94	9,27	8,93	1,189	16,007	14,995	6,32	60,9
Turbine site 021	666150	3917942	94	9,27	8,89	1,189	16,007	14,855	7,2	60,9
Turbine site 022	666150	3917270	94	9,27	9	1,189	16,007	15,217	4,94	60,9
Turbine site 023	666150	3916598	94	9,27	9,13	1,189	16,007	15,585	2,64	60,9
Turbine site 025	667158	3917860	94	9,27	8,83	1,189	16,007	14,664	8,39	60,9
Turbine site 026	667158	3917188	94	9,27	8,86	1,189	16,007	14,763	7,77	60,9
Turbine site 027	667158	3916516	94	9,27	8,94	1,189	16,007	14,988	6,37	60,9
Turbine site 029	668166	3916650	94	9,27	8,79	1,189	16,007	14,532	9,22	60,9
Turbine site 030	668166	3916120	94	9,27	8,98	1,189	16,007	15,117	5,56	60,9
Turbine site 031	669174	3915900	94	9,27	8,92	1,189	16,007	14,908	6,87	60,9

**Πίνακας Γ.3: Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Ζάκρος» -Σενάριο 1 (3MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 020	716850,0	3891870,0	94,0	10,54	10,43	1,188	16,887	16,567	1,90	64,2
Turbine site 021	716539,0	3891288,0	94,0	10,54	10,44	1,188	16,887	16,622	1,57	64,2
Turbine site 022	716208,0	3890706,0	94,0	10,54	10,50	1,188	16,887	16,787	0,60	64,2
Turbine site 023	716950,0	3890100,0	94,0	10,54	10,26	1,188	16,887	16,160	4,31	64,2
Turbine site 024	716639,0	3889520,0	94,0	10,54	10,35	1,188	16,887	16,379	3,01	64,2
Turbine site 025	716308,0	3888936,0	94,0	10,54	10,41	1,188	16,887	16,544	2,03	64,2
Turbine site 026	715977,0	3888354,0	94,0	10,54	10,43	1,188	16,887	16,595	1,73	64,2
Turbine site 027	715646,0	3887772,0	94,0	10,54	10,50	1,188	16,887	16,788	0,59	64,2
Turbine site 028	717512,0	3889014,0	94,0	10,54	10,22	1,188	16,887	16,061	4,89	64,2
Turbine site 029	717181,0	3888432,0	94,0	10,54	10,25	1,188	16,887	16,131	4,48	64,2
Turbine site 030	716850,0	3887850,0	94,0	10,54	10,27	1,188	16,887	16,174	4,23	64,2
Turbine site 031	716519,0	3887268,0	94,0	10,54	10,27	1,188	16,887	16,168	4,26	64,2
Turbine site 032	716188,0	3886686,0	94,0	10,54	10,34	1,188	16,887	16,333	3,28	64,2
Turbine site 033	715890,0	3886200,0	94,0	10,06	9,94	1,188	15,687	15,348	2,16	59,7
Turbine site 035	715308,0	3885864,0	94,0	10,06	10,02	1,188	15,687	15,580	0,69	59,7
Turbine site 036	716394,0	3885327,0	94,0	10,06	9,83	1,188	15,687	15,099	3,75	59,7
Turbine site 037	715300,0	3884655,0	94,0	10,06	10,00	1,188	15,687	15,519	1,08	59,7
Turbine site 038	716316,0	3884118,0	94,0	10,06	9,88	1,188	15,687	15,214	3,02	59,7
Turbine site 039	715670,0	3883750,0	94,0	10,06	9,90	1,188	15,687	15,293	2,51	59,7
Turbine site 040	715050,0	3883100,0	94,0	10,06	9,95	1,188	15,687	15,417	1,72	59,7
Turbine site 041	714466,1	3883850,0	94,0	10,06	10,05	1,188	15,687	15,659	0,18	59,7
Turbine site 042	715700,0	3882350,0	94,0	10,06	9,92	1,188	15,687	15,345	2,18	59,7

**Πίνακας Γ.4: Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Χρυσή» - Σενάριο 2 ( 8MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 006	665584,0	3865300,0	115,0	8,72	8,57	1,185	28,131	27,315	2,90	40,1
Turbine site 007	666568,0	3865300,0	115,0	8,72	8,57	1,185	28,131	27,189	3,35	40,1
Turbine site 008	665584,0	3863824,0	115,0	8,72	8,46	1,185	28,131	26,626	5,35	40,1
Turbine site 009	666568,0	3863824,0	115,0	8,72	8,45	1,185	28,131	26,534	5,68	40,1
Turbine site 012	664600,0	3865300,0	115,0	8,72	8,68	1,185	28,131	27,923	0,74	40,1
Turbine site 013	665876,0	3862348,0	115,0	8,72	8,50	1,185	28,131	26,908	4,35	40,1
Turbine site 014	665584,0	3860872,0	115,0	8,72	8,46	1,185	28,131	26,592	5,47	40,1
Turbine site 015	666568,0	3860872,0	115,0	8,72	8,43	1,185	28,131	26,409	6,12	40,1
Turbine site 016	667552,0	3863824,0	115,0	8,72	8,52	1,185	28,131	26,881	4,44	40,1
Turbine site 017	666860,0	3862348,0	115,0	8,72	8,44	1,185	28,131	26,531	5,69	40,1
Turbine site 018	667552,0	3860872,0	115,0	8,72	8,43	1,185	28,131	26,369	6,26	40,1
Turbine site 021	664600,0	3860872,0	115,0	8,72	8,51	1,185	28,131	26,958	4,17	40,1
Turbine site 022	665876,0	3859396,0	115,0	8,72	8,53	1,185	28,131	27,069	3,77	40,1
Turbine site 023	666860,0	3859396,0	115,0	8,72	8,44	1,185	28,131	26,446	5,99	40,1
Turbine site 024	664600,0	3863824,0	115,0	8,72	8,54	1,185	28,131	27,122	3,58	40,1
Turbine site 025	664108,0	3862348,0	115,0	8,72	8,61	1,185	28,131	27,544	2,09	40,1
Turbine site 026	663616,0	3860872,0	115,0	8,72	8,65	1,185	28,131	27,733	1,41	40,1
Turbine site 027	663400,0	3863700,0	115,0	8,72	8,68	1,185	28,131	27,961	0,60	40,1
Turbine site 028	667844,0	3862348,0	115,0	8,72	8,46	1,185	28,131	26,584	5,50	40,1
Turbine site 029	667844,0	3859396,0	115,0	8,72	8,43	1,185	28,131	26,460	5,94	40,1

**Πίνακας Γ.5: Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Ελούντα» -Σενάριο 2 (8MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 001	656200,0	3918900,0	115,0	8,60	8,60	1,187	33,536	33,513	0,07	47,8
Turbine site 002	657676,0	3919192,0	115,0	8,60	8,46	1,187	33,536	32,392	3,41	47,8
Turbine site 003	657676,0	3920126,0	115,0	8,60	8,54	1,187	33,536	33,121	1,24	47,8
Turbine site 004	659152,0	3919192,0	115,0	8,60	8,34	1,187	33,536	31,415	6,32	47,8
Turbine site 005	659152,0	3920126,0	115,0	8,60	8,39	1,187	33,536	31,816	5,13	47,8
Turbine site 006	660628,0	3918900,0	115,0	8,60	8,34	1,187	33,536	31,414	6,33	47,8
Turbine site 008	662104,0	3918500,0	115,0	9,35	9,11	1,187	38,480	36,635	4,79	54,9
Turbine site 009	663580,0	3918900,0	115,0	9,35	9,16	1,187	38,480	37,047	3,72	54,9
Turbine site 010	665056,0	3918900,0	115,0	9,35	9,08	1,187	38,480	36,406	5,39	54,9
Turbine site 011	666532,0	3918900,0	115,0	9,35	9,10	1,187	38,480	36,490	5,17	54,9
Turbine site 012	664318,0	3918050,0	115,0	9,35	9,13	1,187	38,480	36,819	4,32	54,9
Turbine site 013	665794,0	3917916,0	115,0	9,35	8,99	1,187	38,480	35,745	7,11	54,9
Turbine site 014	667270,0	3917424,0	115,0	9,35	9,00	1,187	38,480	35,779	7,02	54,9
Turbine site 015	665794,0	3916932,0	115,0	9,35	9,14	1,187	38,480	36,880	4,16	54,9
Turbine site 016	667270,0	3916440,0	115,0	9,35	9,07	1,187	38,480	36,333	5,58	54,9
Turbine site 017	668800,0	3916000,0	115,0	9,35	9,07	1,187	38,480	36,278	5,72	54,9

**Πίνακας Γ.6: Ενεργειακά χαρακτηριστικά περιοχής «Ζάκρος» -Σενάριο 2 (8MW)**

Site description	X-location [m]	Y-location [m]	Ht [m]	U [m/s]	U(w) [m/s]	p [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	CF [%]
Turbine site 015	716850,0	3891800,0	115,0	10,73	10,69	1,185	42,497	42,172	0,77	60,6
Turbine site 002	716050,0	3890000,0	115,0	10,73	10,68	1,185	42,497	42,158	0,80	60,6
Turbine site 003	717328,3	3889262,0	115,0	10,73	10,53	1,185	42,497	41,114	3,25	60,6
Turbine site 004	716836,3	3888410,0	115,0	10,73	10,55	1,185	42,497	41,244	2,95	60,6
Turbine site 005	716344,3	3887558,0	115,0	10,73	10,58	1,185	42,497	41,465	2,43	60,6
Turbine site 006	715852,3	3886706,0	115,0	10,26	10,12	1,185	39,402	38,526	2,22	56,2
Turbine site 007	716340,0	3883900,0	115,0	10,26	10,03	1,185	39,402	37,848	3,94	56,2
Turbine site 008	715630,0	3885050,0	115,0	10,26	10,19	1,185	39,402	38,924	1,21	56,2
Turbine site 009	716590,3	3885428,0	115,0	10,26	10,01	1,185	39,402	37,757	4,17	56,2
Turbine site 010	715516,0	3883500,0	115,0	10,26	10,14	1,185	39,402	38,606	2,02	56,2
Turbine site 011	715650,0	3882376,0	115,0	10,26	10,17	1,185	39,402	38,837	1,43	56,2
Turbine site 012	714500,0	3883880,0	115,0	10,26	10,25	1,185	39,402	39,324	0,20	56,2
Turbine site 013	715020,0	3887920,0	115,0	10,73	10,71	1,185	42,497	42,364	0,31	60,6

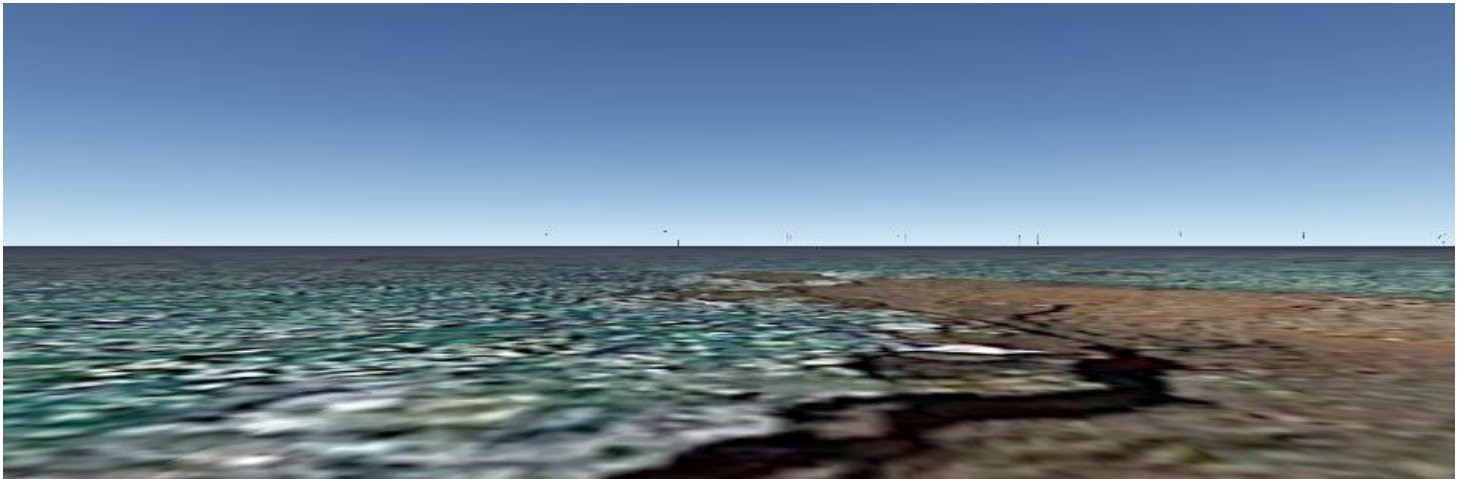
## Παράρτημα Δ – Ψηφιακή απεικόνιση εγκαταστάσεων

Στο παράρτημα Δ παρουσιάζεται η ψηφιακή απεικόνιση των 6 συνολικά πλωτών αιολικών πάρκων που εξετάζονται, σύμφωνα με τα δύο σενάρια του σταδίου της ενεργειακής αξιολόγησης, από την πλησιέστερη ακτή. Η ψηφιακή απεικόνιση πραγματοποιείται με τη βοήθεια του λογισμικού Google Earth Pro.

Εικόνα Δ.1: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Χρυσή» (Σενάριο 1)



Εικόνα Δ.2: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Ελούντα» (Σενάριο 1)



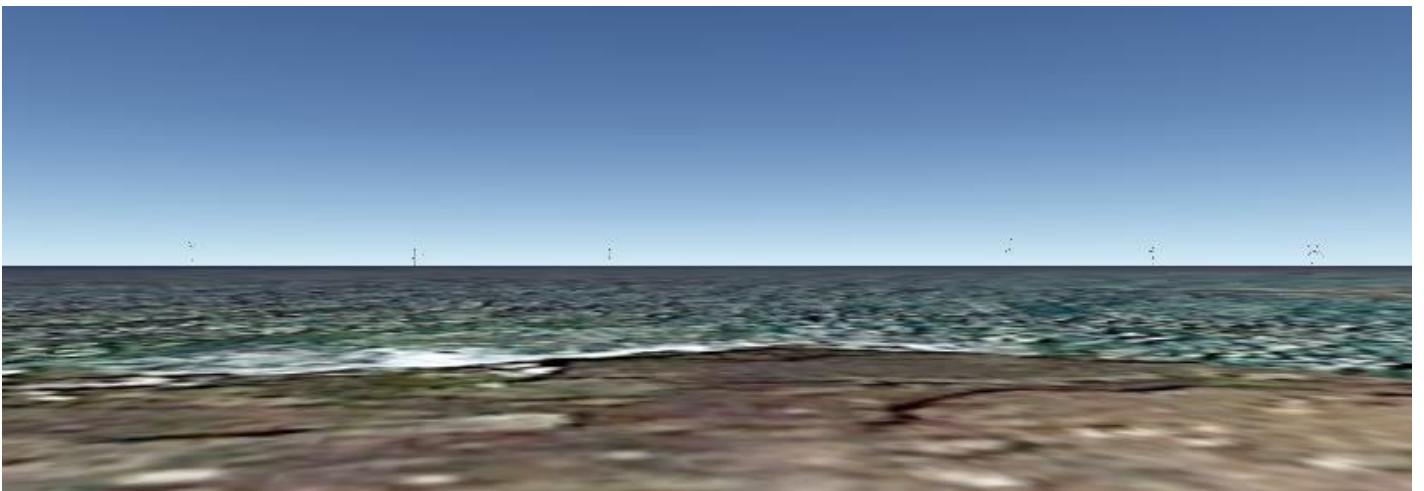
Εικόνα Δ.3: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Ζάκρος» (Σενάριο 1)



Εικόνα Δ.4: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Χρυσή» (Σενάριο 2)



Εικόνα Δ.5: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Ελούντα» (Σενάριο 2)





Εικόνα Δ.6: Ψηφιακή απεικόνιση της περιοχής «Ζάκρος» (Σενάριο 2)

