

# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΤΗΣ 1ης ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΕΚΑ

**Κ. Γκαράκης**

Εργαστήριο ΑΠΕ / Τμήμα Ενεργειακής Τεχνολογίας / ΤΕΙ Αθήνας  
Αγ. Σπυρίδωνος 17, 12210 Αιγάλεω, e-mail: ape@teiath.gr

**Γ. Λαζάρου**

Acciona Ενεργειακή Α.Ε.  
Φραγκοκλησιάς 7, 15125 Μαρούσι, e-mail: jlazarou@accionaenergiaki.com

Η εισήγηση αυτή παρουσιάζει το αιολικό δυναμικό στις περιοχές που έχουν επιλεγεί στα πλαίσια της πρώτης φάσης του προγράμματος θαλάσσιων αιολικών πάρκων (ΘΑΠ) στη χώρα μας, μέσω χαρτών απεικόνισης αιολικού δυναμικού μέσης κλίμακας σε ύψος 60μ και 120μ από την επιφάνεια της θάλασσας. Στόχος είναι να προσδιοριστεί αρχικά το αιολικό δυναμικό στις υπό μελέτη περιοχές και να εξαχθούν συμπεράσματα για τη καταλληλότητα της εγκατάστασης ΘΑΠ. Τέλος προτείνονται λύσεις για τη καλύτερη αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού στις θαλάσσιες περιοχές της χώρας μας.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νέα κοινή Ευρωπαϊκή πολιτική για την ενέργεια επιβάλλει στα Κράτη Μέλη δεσμευτικούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΤΘ), την εξοικονόμηση ενέργειας και τη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό τους σύστημα. Η πολιτική αυτή, γνωστή και ως «Ενεργειακό Πακέτο» ή «τα τρία 20», στοχεύει σε ισόποσες βελτιώσεις στους τρεις παραπάνω ενεργειακούς άξονες μέχρι το 2020. Συγχρόνως τίθεται και ο μακροπρόθεσμος στόχος για μείωση των εκπομπών ΑΤΘ κατά 60-80% μέχρι το 2050 [1].

Οι αναλύσεις δείχνουν ότι οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ μέχρι το 2020 είναι αυτές που είναι ήδη διαθέσιμες στην αγορά, τεχνικά ώριμες και οικονομικά αποδοτικές. Για τη χώρα μας αυτό σημαίνει την αξιοποίηση της αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας κατά κύριο λόγο, αλλά και της ηλιακής και γεωθερμικής. Ειδικά για την αιολική ενέργεια, το σύνολο των μελετών που έχει παρουσιαστεί για την υλοποίηση του «ενεργειακού πακέτου» καταλήγει στο ότι μέχρι το 2020 η χώρα μας θα πρέπει να έχει εγκαταστήσει 7.000 –10.000 MW (από τα 1300 περίπου που έχουμε σήμερα διαθέσιμα).

Ο Νόμος 3851/2010 για τις ΑΠΕ έθεσε μια νέα διαδικασία για την ανάπτυξη των ΘΑΠ, βέβαια μετά από μια δεκαετία αιτήσεων επενδύτων στη ΡΑΕ, οι οποίες δεν αξιολογήθηκαν ποτέ. Ο νέος αυτός νόμος προβλέπει σύμφωνα με τα παραδείγματα της Μ. Βρετανίας και άλλων χωρών της Β. Ευρώπης, κεντρική διαδικασία αδειοδότησης με πρώτο βήμα την εκπόνηση Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ). Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι ο καθορισμός της ακριβής θέσης των ΘΑΠ, της έκτασης τους και της ισχύος τους, έτσι ώστε να επιλεγούν οι επενδυτές μέσω διεθνούς διαγωνισμού.

## 2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Το πρώτο βήμα πριν την εκκίνηση της ΣΜΠΕ ήταν η προκαταρκτική χωροθέτηση των περιοχών ενδιαφέροντος για την ανάπτυξη ΘΑΠ με χρονικό ορίζοντα ως το 2017. Η φάση του προγράμματος αυτού αφορά ανεμογεννήτριες (α/γ) που είναι πακτωμένες στο θαλάσσιο πυθμένα και αποκλείονται οι πλωτές α/γ (β' φάση του προγράμματος, αν υπάρξει η σχετική ανάγκη στα πλαίσια της ενεργειακής πολιτικής της χώρας) [2].

Εφαρμόστηκαν τα παρακάτω κριτήρια για την επιλογή δώδεκα συγκεκριμένων θέσεων:

- Αποκλεισμός θέσεων όπου η ανάπτυξη ΘΑΠ είναι ασύμβατη και φυσικά εντός των 6 ναυτικών μιλίων (στρατιωτικές περιοχές κα.)
- Τεχνική δυνατότητα εγκατάστασης, με κυριότερο παράγοντα το θαλάσσιο βάθος (μέγιστο θαλάσσιο βάθος 50μ)
- Αποφυγή θέσεων με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αποκλεισμός περιοχών Natura 2000 και γνωστών περιοχών προστασίας της φύσης.
- Ελαχιστοποίηση της οπτικής όχλησης μέσω μεθοδολογίας που στηρίζεται στην αρχική εκτίμηση ότι οι α/γ σε ΘΑΠ τοποθετούνται σε ενδεικτικές αποστάσεις 8 x 8 διαμέτρων ρότορα α/γ.
- Κρίσιμη μάζα (ισχύς/ακτογραμμή).

Σε αυτή τη διαδικασία υπήρξε εμπλοκή του ΔΕΣΜΗΕ αλλά και του ΓΕΕΘΑ.

Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν η επιλογή 12 θέσεων που κρίνονται αρχικά κατάλληλες για την περαιτέρω μελέτη τους μέσω της ΣΜΠΕ.

Δεν λήφθηκε υπόψη η ταχύτητα ανέμου αλλά χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο αξιολόγησης.

Επιπλέον, εκτιμήθηκε από το ΥΠΕΚΑ ότι με τη χρήση α/γ ισχύος 5MW (125m διάμετρο) απαιτούνται 100 km<sup>2</sup> για 500MW.

	Θαλάσσιο Αιολικό Πάρκο	Προτεινόμενο Εμβαδό Πολυγώνου (km <sup>2</sup> )	Αέρας	Δίκτυο	Βάθος	Μέγεθος	Βαθμός
		274					
1	Αη Σιράνη	5	☹	☹	☹	☹	-1
2	Αλεξανδρούπολης	55	☺☺	☺	☺	☺	+2
3	Θάσου	35	☺☺	☺	☺	☺	+1
4	Καρπάθου	6	☺	☹	☺	☹	-1
5	Κέρκυρας	8	☺	☺	☺	☺	+1
6	Κρουονερίου		☹	☺	☺	☹	-1
7	Κύμης	9	☺	☺	☺	☹	+1
8	Λευκάδας	8	☹	☺	☺	☹	0
9	Λήμνου	49	☺	☹	☺	☺	+1
10	Πεταλιών	25	☺	☺	☺	☺	+1
11	Σαμοθράκης	33	☺	☺	☹	☺	+1
12	Φαναρίου	41	☺☺	☺	☺	☺	+2

Πίνακας 2.1: Τα αποτελέσματα της επιλογής των περιοχών κατά τη φάση της προκαταρκτικής χωροθέτησης ΘΑΠ.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Για την εκτίμηση της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου στις επιλεχθείσες περιοχές χρησιμοποιήθηκαν οι μεσοκλιματικοί χάρτες (σε ψηφιακή μορφή GIS) της εταιρείας ALPRO (Global Windmapping Service Meso) [3].

Η εταιρεία AL- PRO GmbH Co. KG έχει αναπτύξει το λογισμικό Global Windmapping Service (GWS), για τη μελέτη του αιολικού δυναμικού σε μέσης και μικρής κλίμακας. Οι περιοχικοί χάρτες μέσης κλίμακας έχουν ανάλυση 2km και υπολογίζονται μέσω του μοντέλου ροής mc2-Anemoscope χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εισαγωγής μετρήσεις από το NCAR/NCEP διάρκειας 43 ετών από το 1958-2000. Ο κάθε χάρτης καλύπτει περίπου μια περιοχή εμβαδού 200x300 km και παρέχει πληροφορίες για το αιολικό δυναμικό σε ύψος 60 και 120m agl.

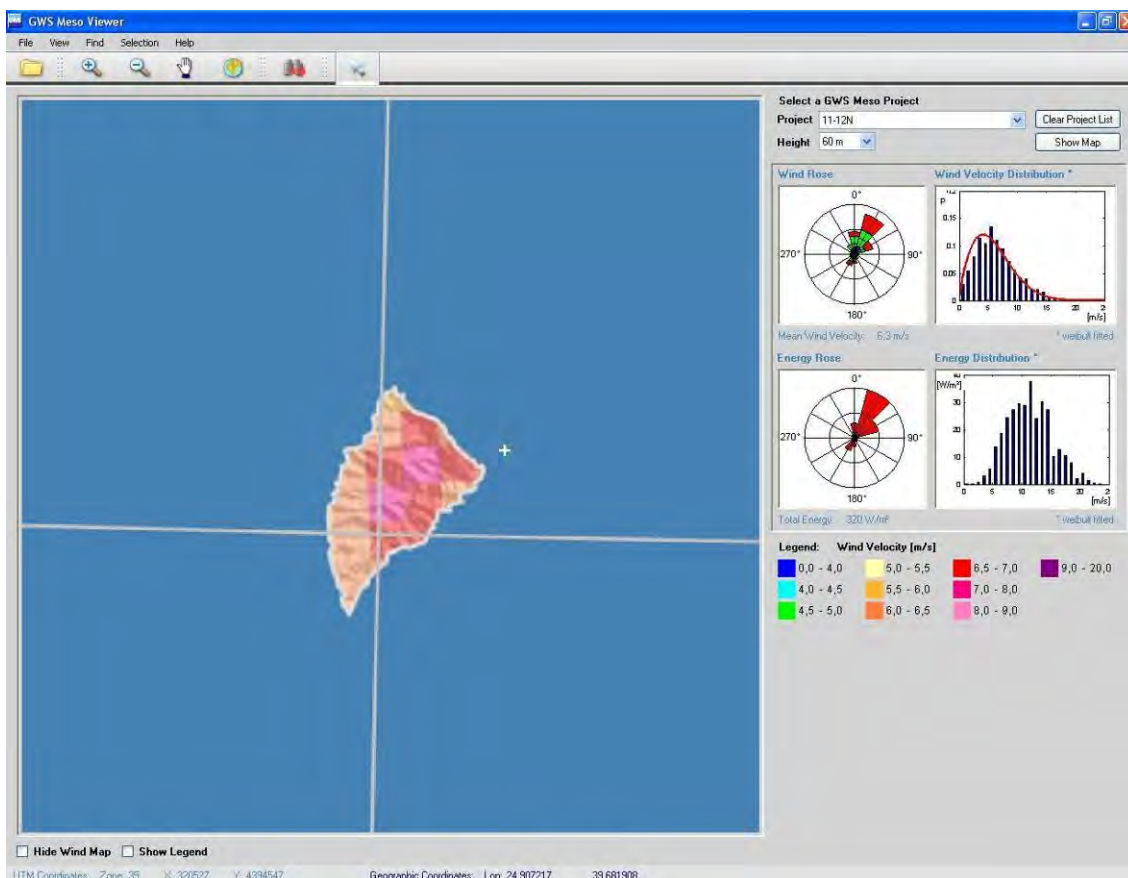
Η ακρίβεια των χαρτών είναι  $\pm 0.5\text{m/s}$  στη πλειονότητα των περιπτώσεων [4].

### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

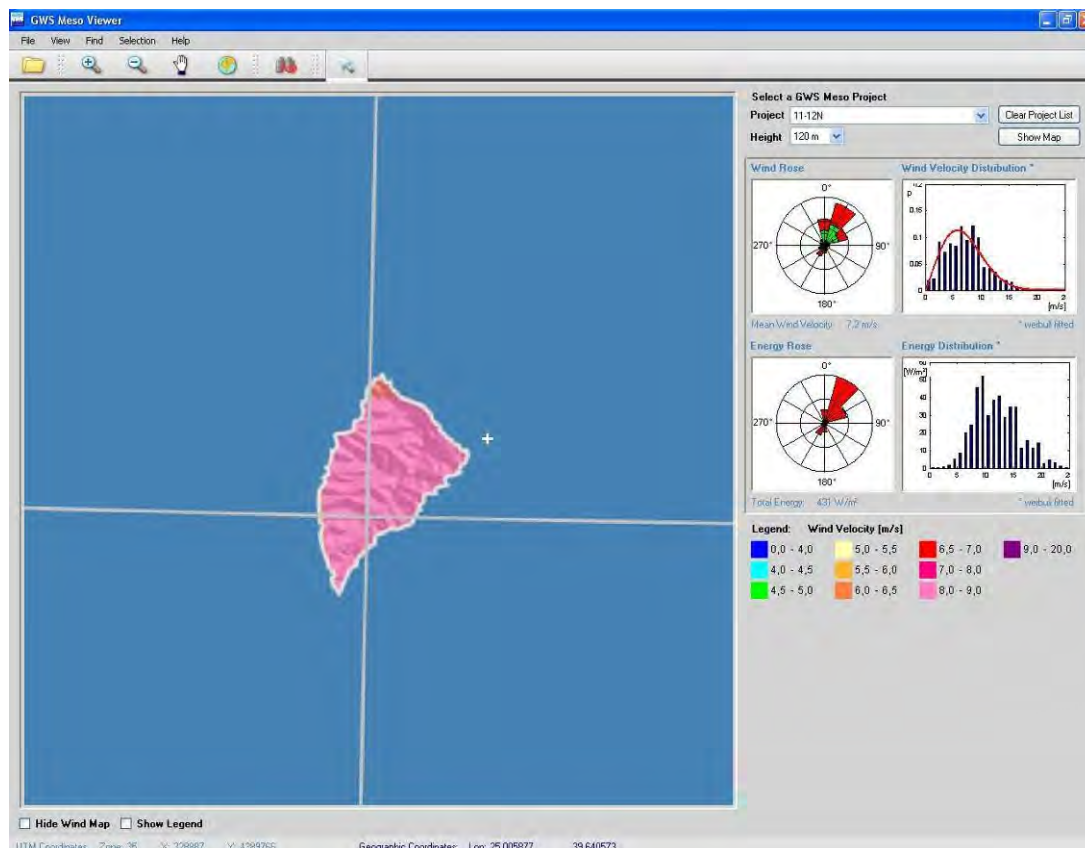
Για κάθε περιοχή ΘΑΠ (στο μέσον του, όπου αυτό ήταν δυνατό) πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού GWS ALPRO (έκδοση 1.10.14) η εκτίμησης της μέσης ταχύτητας, της

ενεργειακής διεύθυνσης του ανέμου, της κατανομής της ταχύτητας του ανέμου και της κατανομής Weibull.

#### 4.1.ΘΑΠ ΑΗ ΣΤΡΑΤΗ

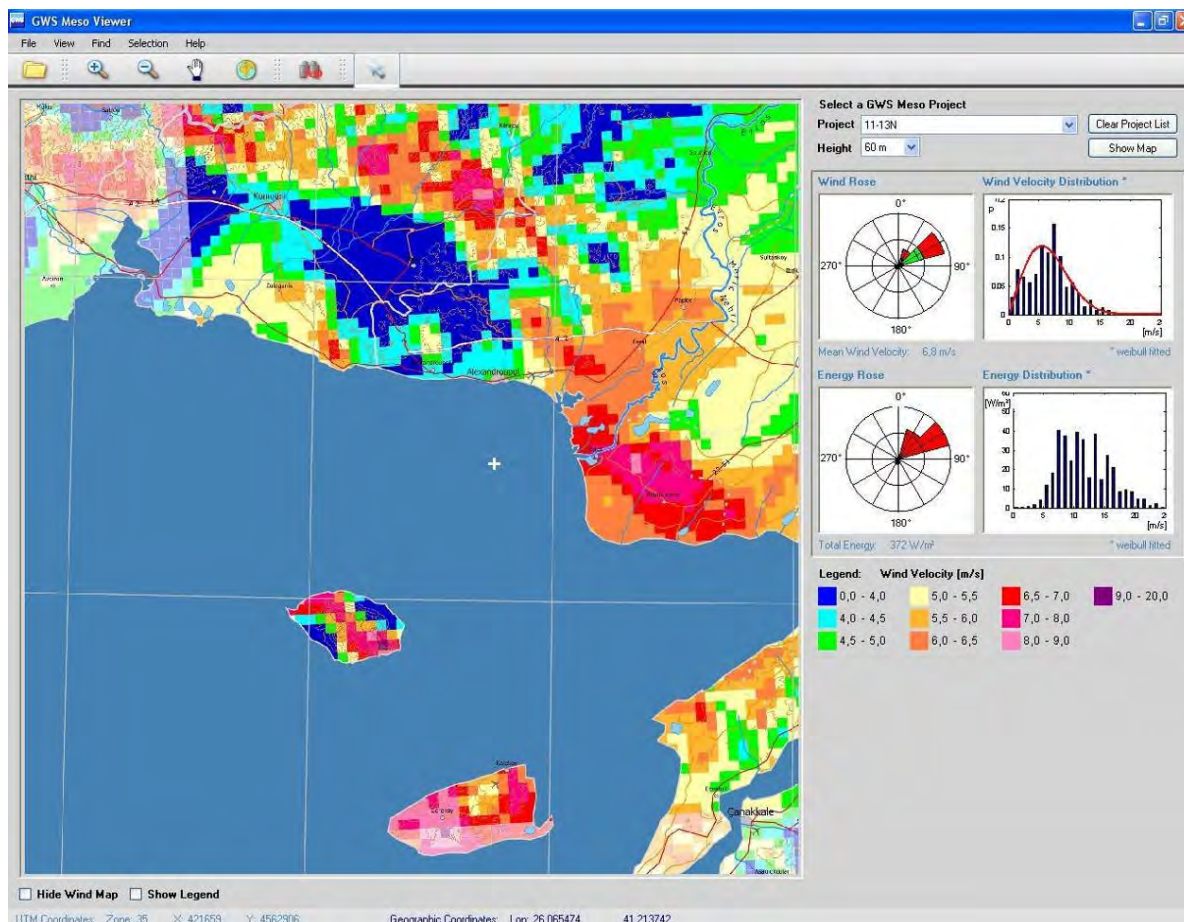


Γράφημα 4.1: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

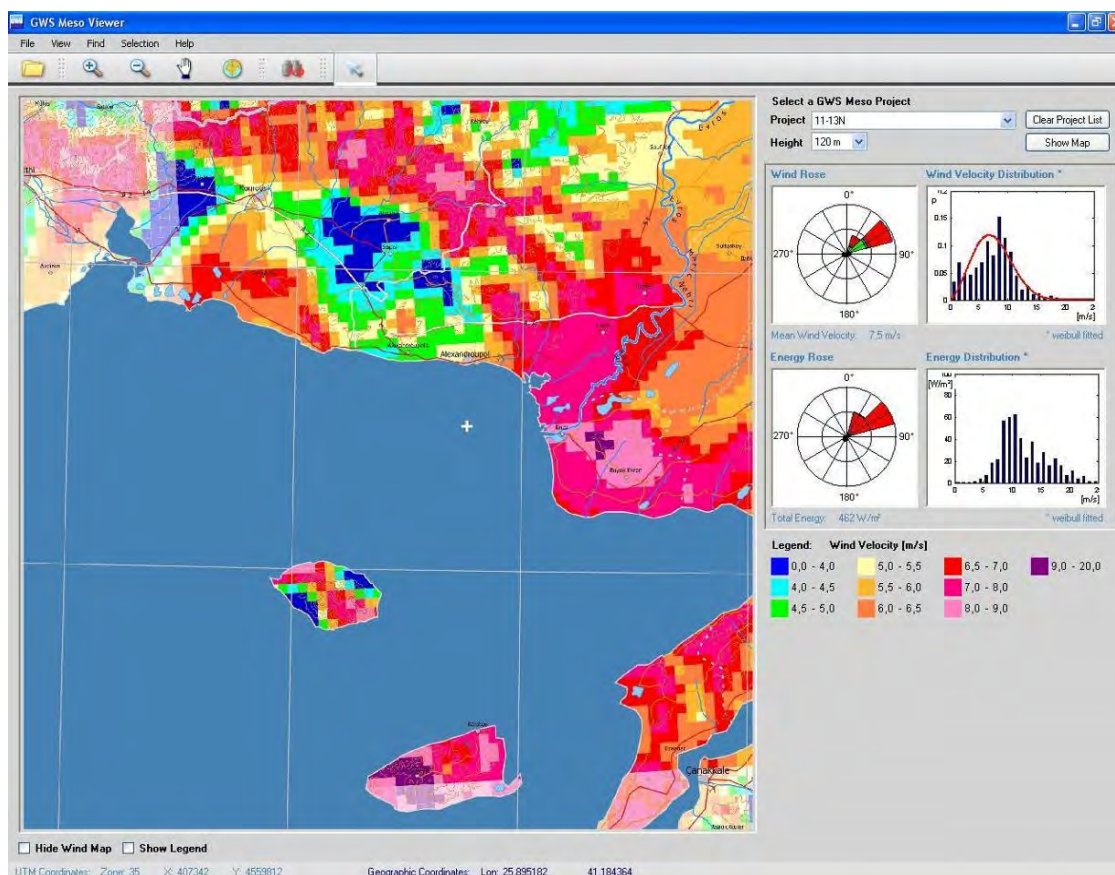


Γράφημα 4.2: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

## 4.2.ΘΑΠ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

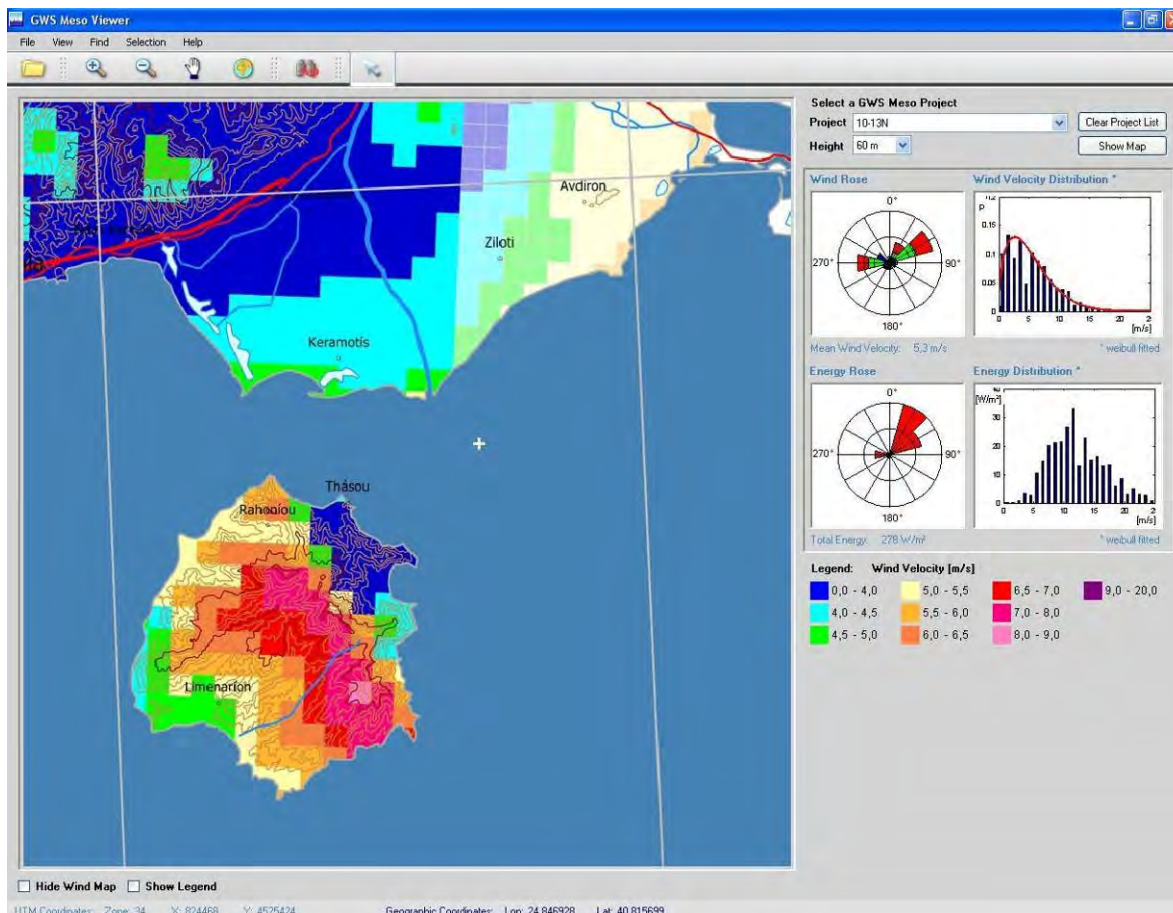


Γράφημα 4.3: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

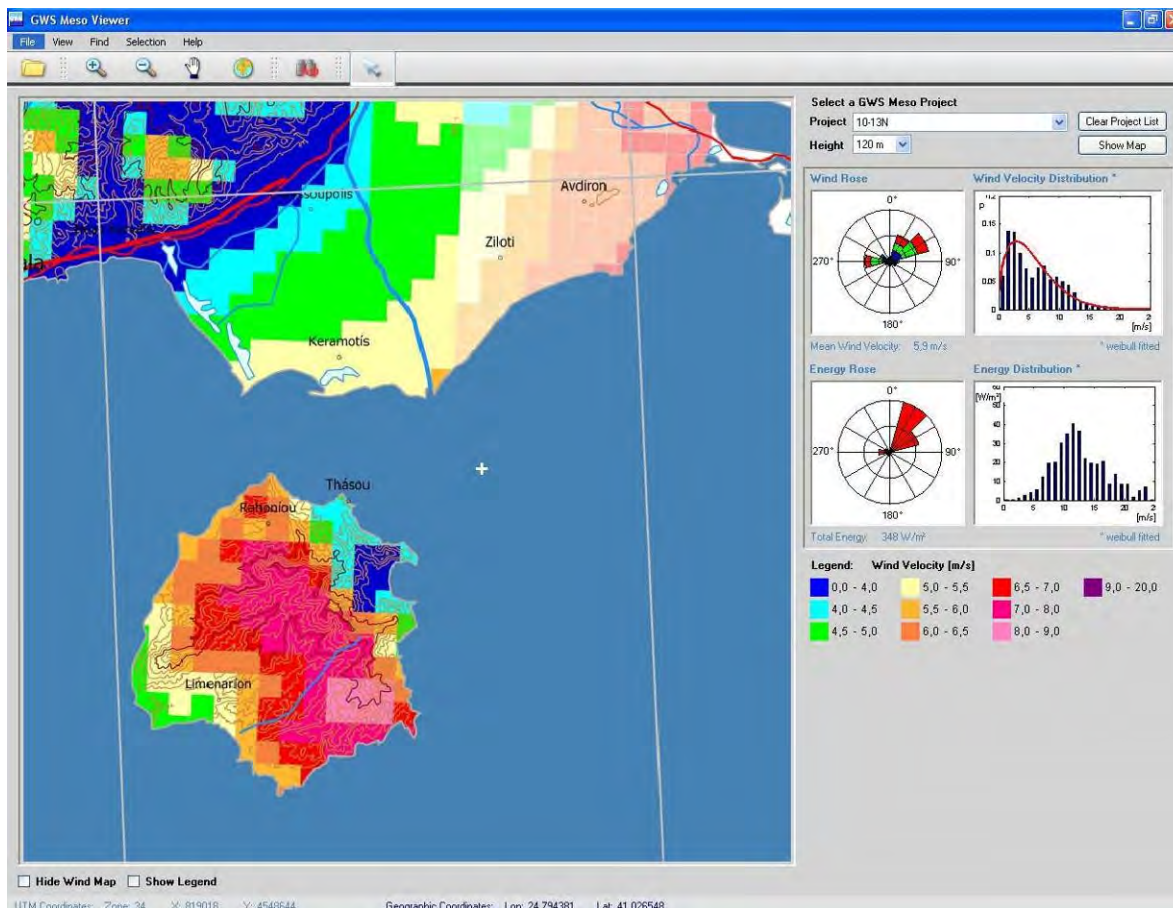


Γράφημα 4.4: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

### 4.3.ΘΑΠ ΘΑΣΟΥ

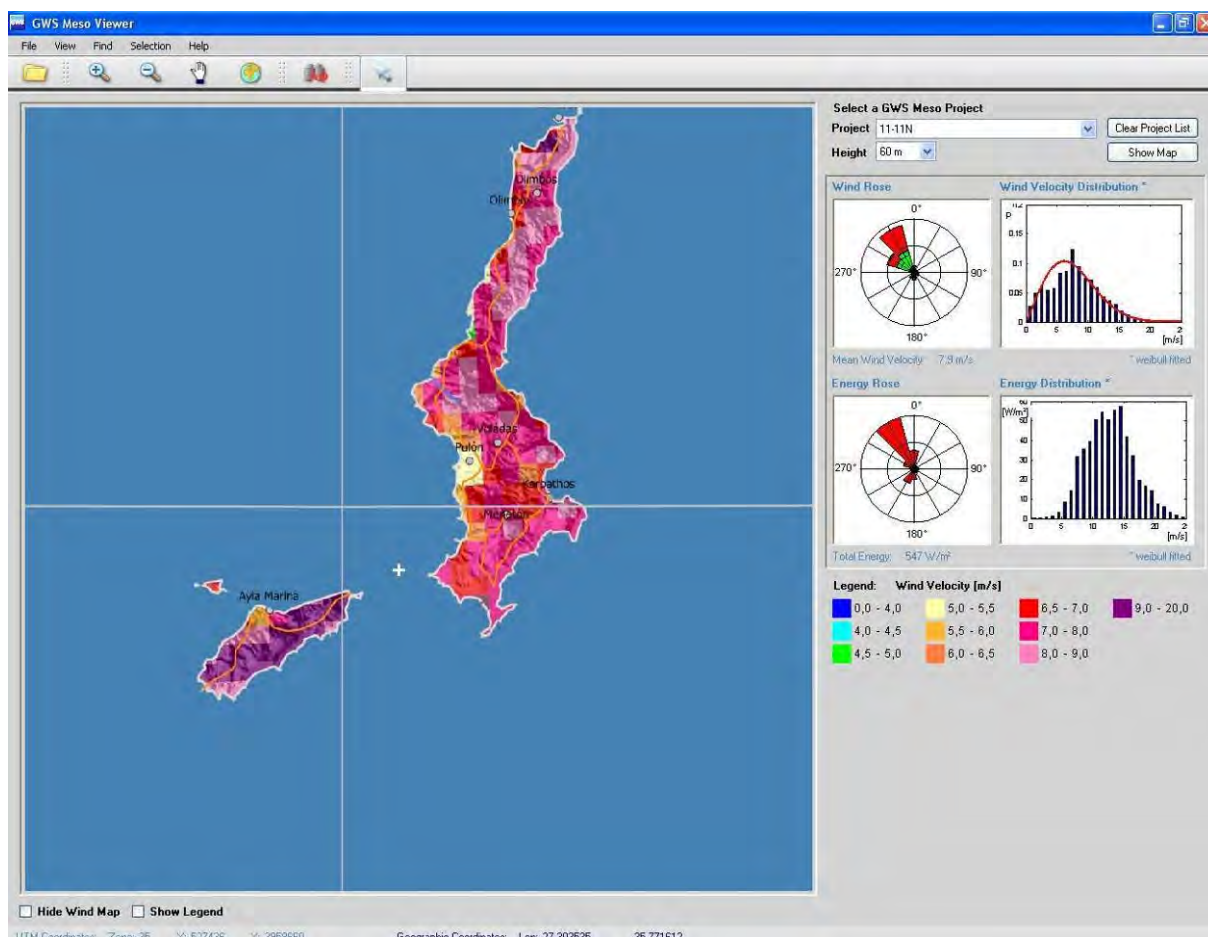


Γράφημα 4.5: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

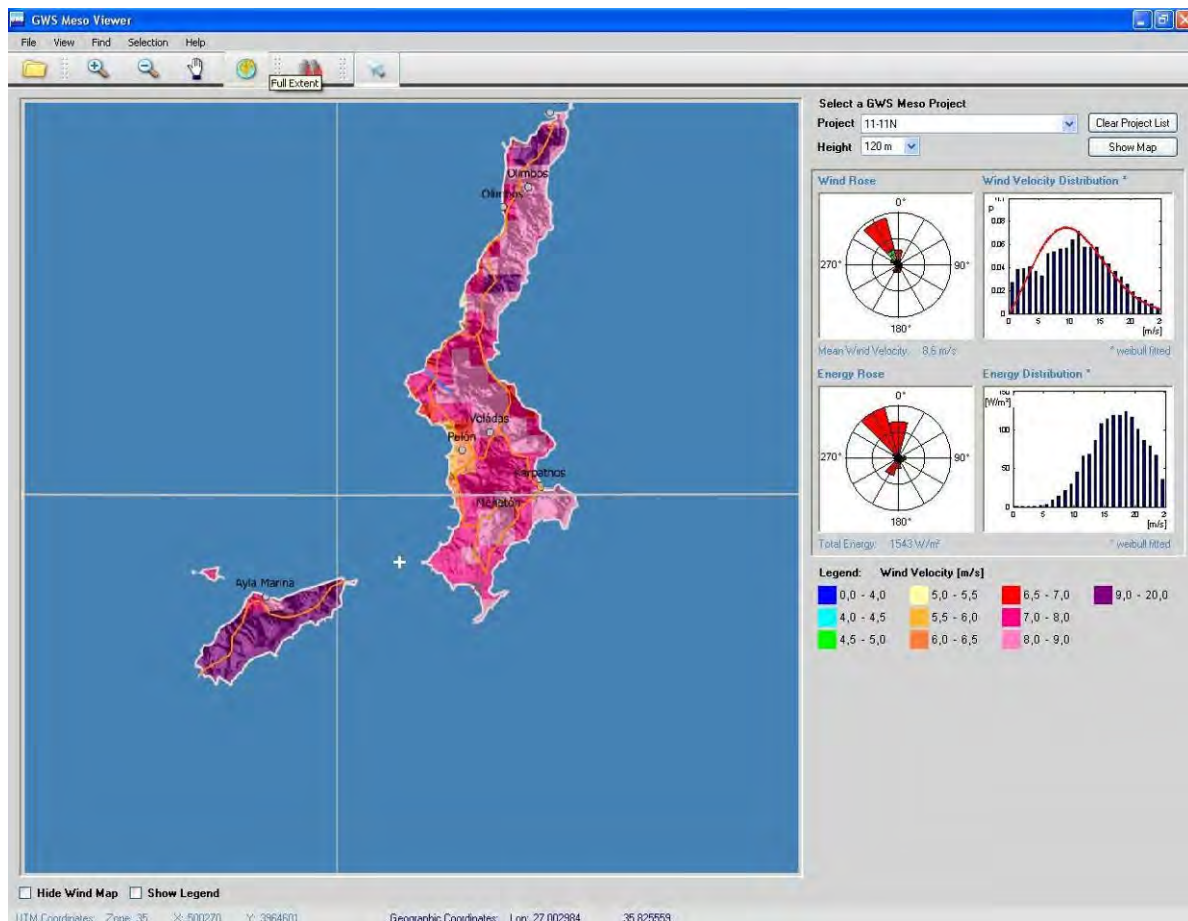


Γράφημα 4.6: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

#### 4.4. ΘΑΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ

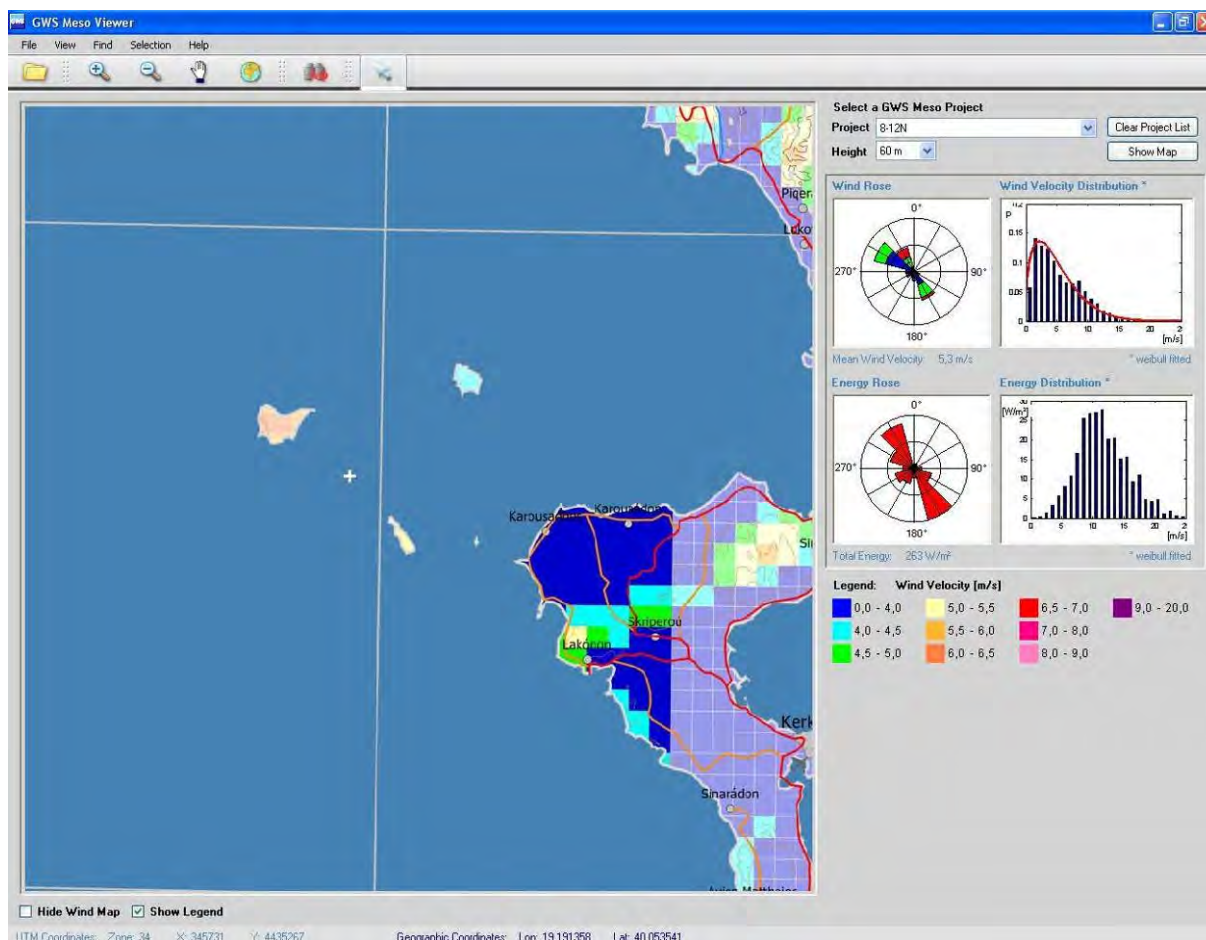


Γράφημα 4.7: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

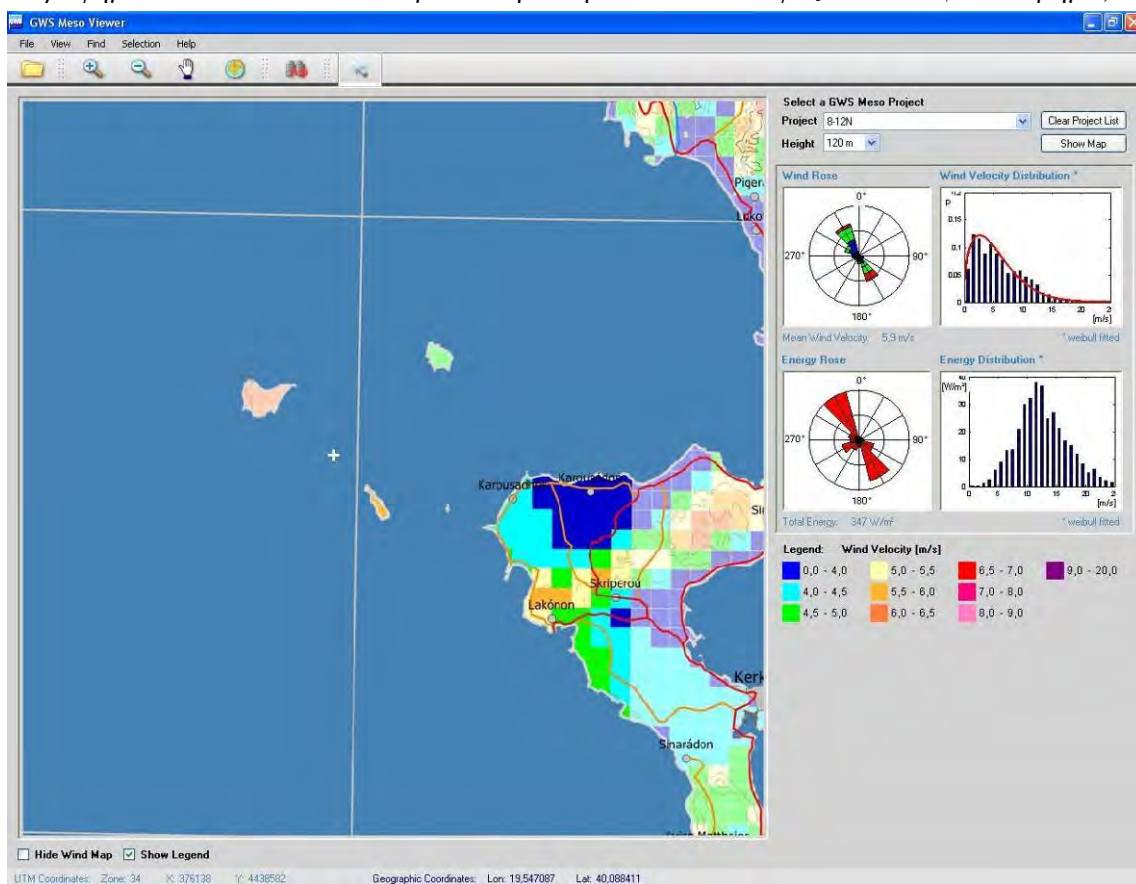


Γράφημα 4.8: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

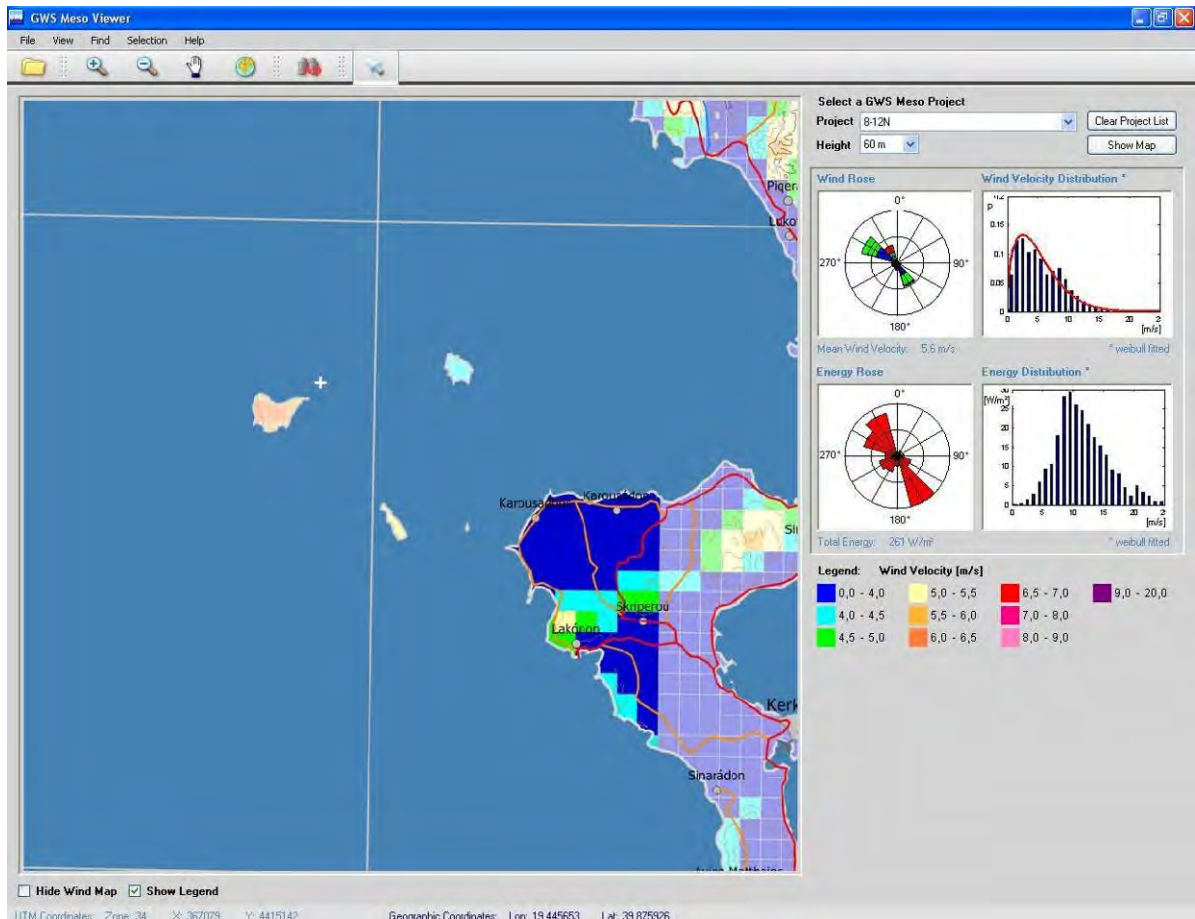
## 4.5. ΘΑΠ ΚΕΡΚΥΡΑΣ



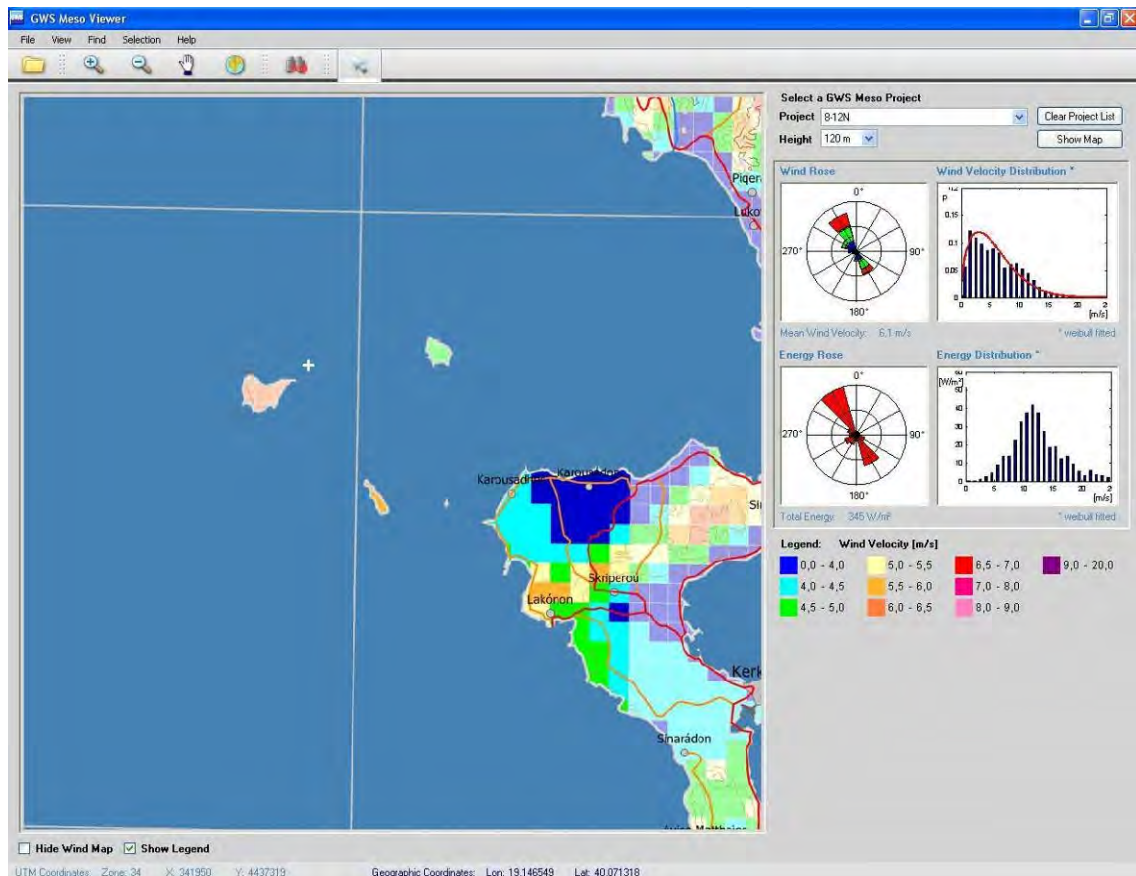
Γράφημα 4.9: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl (νότιο τμήμα).



Γράφημα 4.10: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl (νότιο τμήμα).



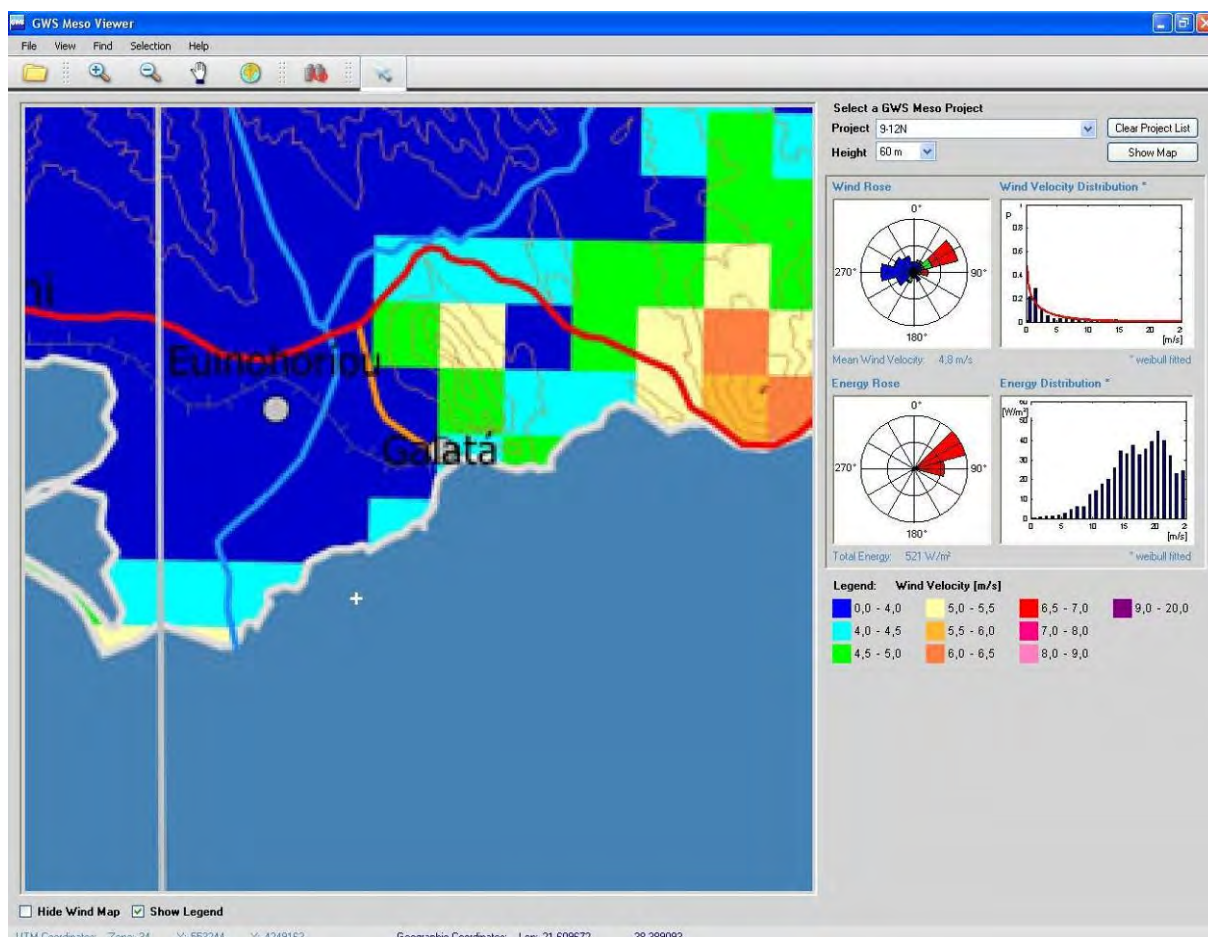
Γράφημα 4.11: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl (βόρειο τμήμα).



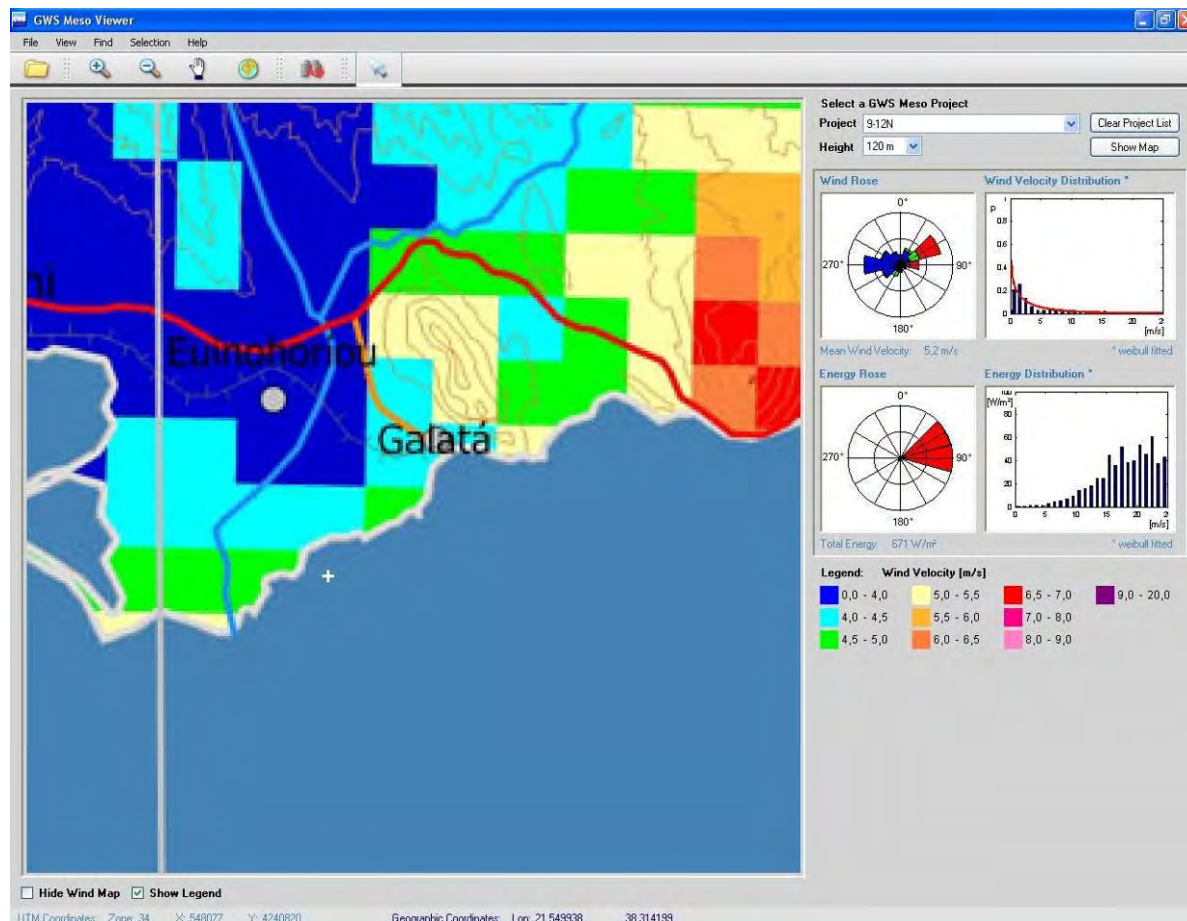
Γράφημα 4.12: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl (βόρειο τμήμα).



#### 4.6. ΘΑΠ ΚΡΥΟΝΕΡΙΟΥ

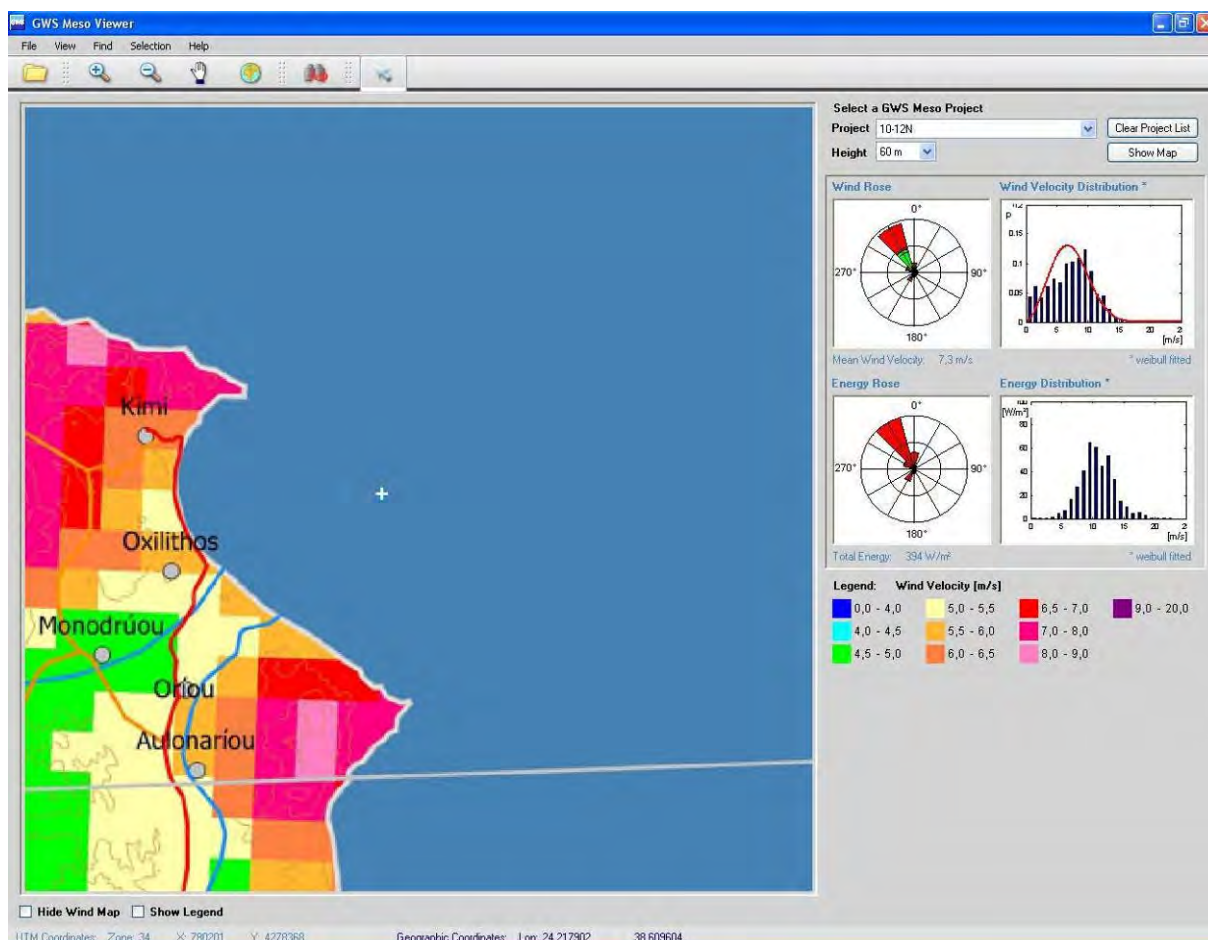


Γράφημα 4.13: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

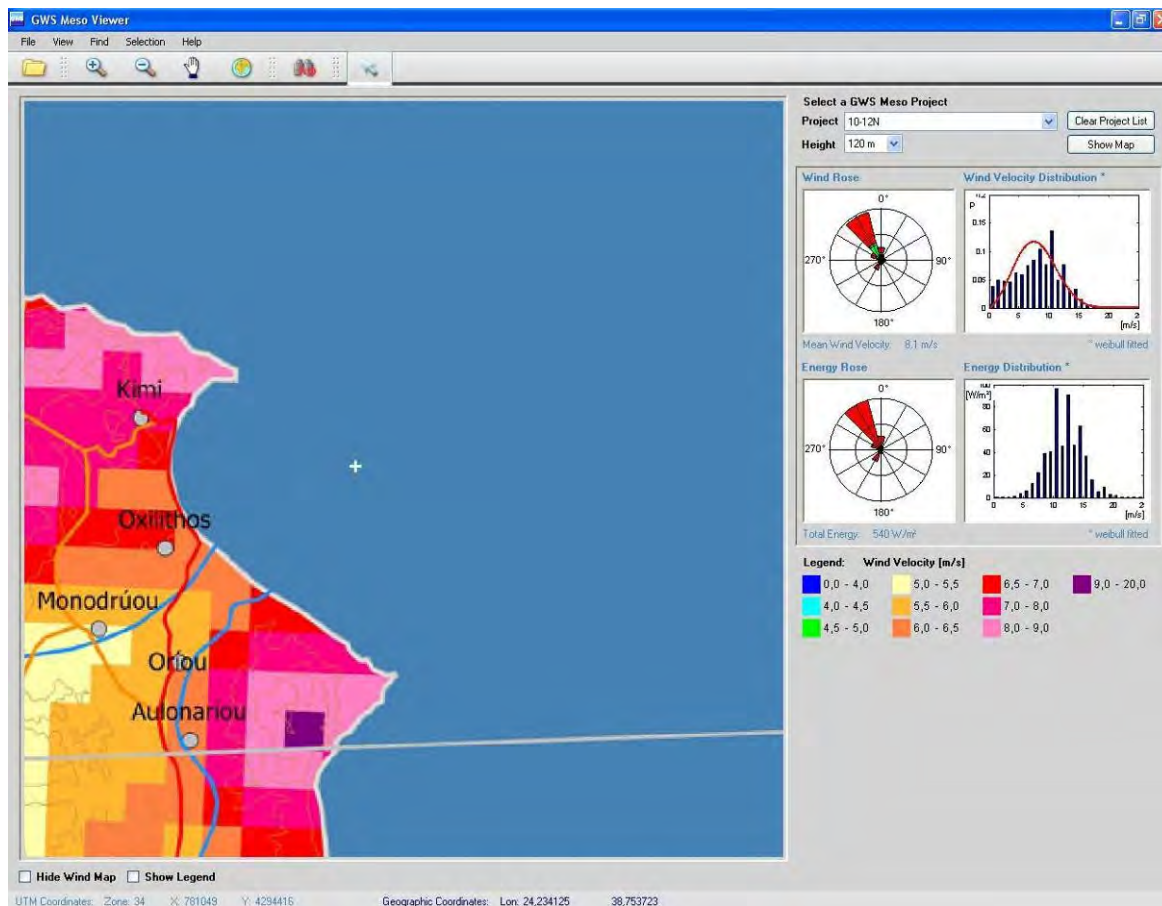


Γράφημα 4.14: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

## 4.7. ΘΑΠ ΚΥΜΗΣ

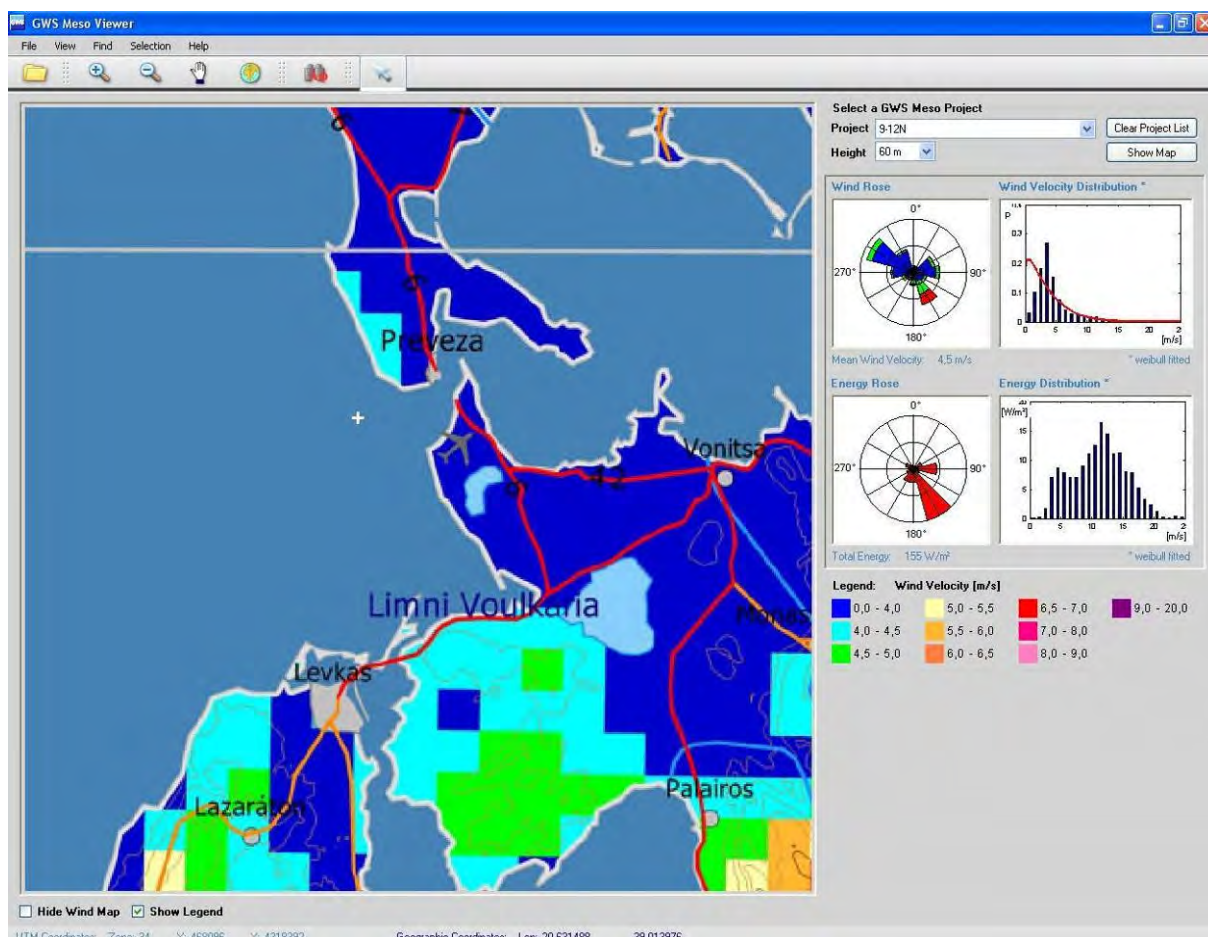


Γράφημα 4.15: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

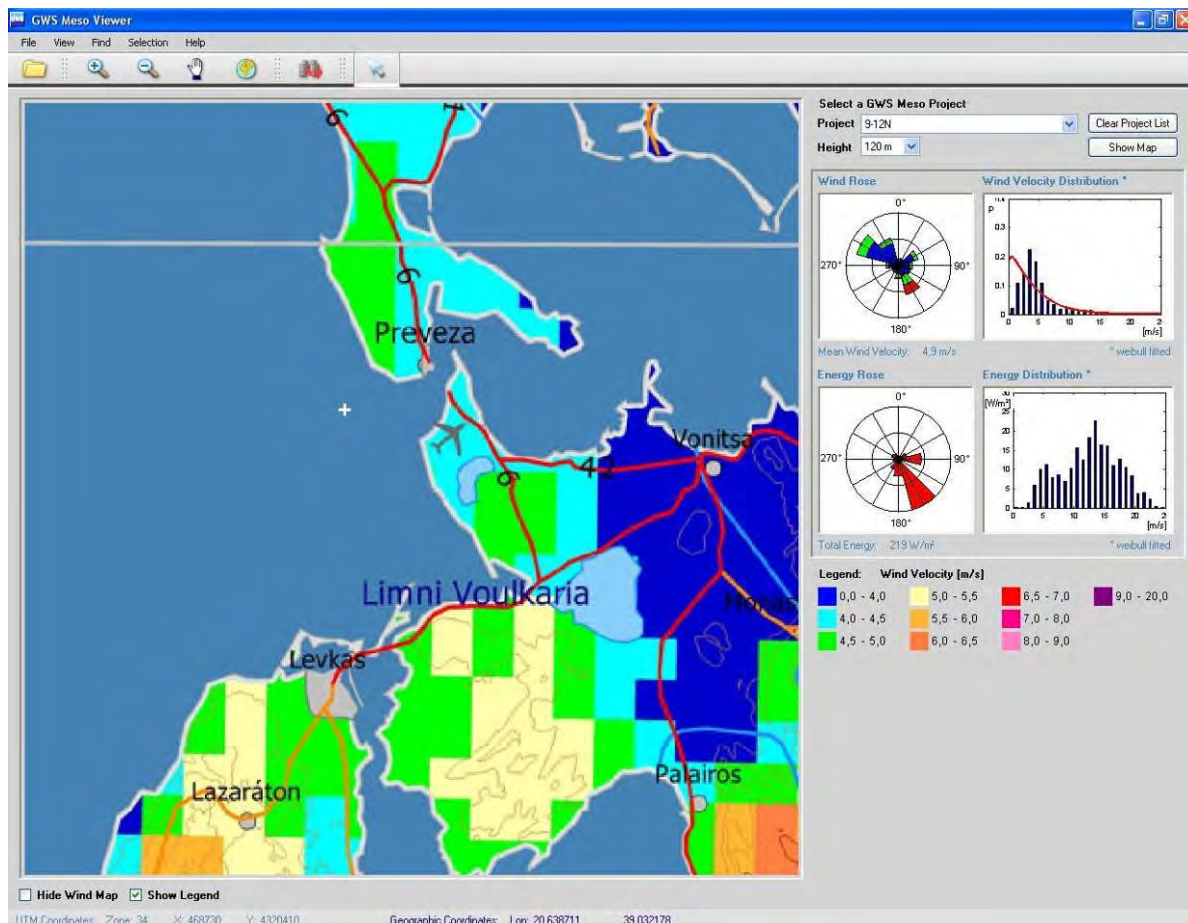


Γράφημα 4.16: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

#### 4.8. ΘΑΠ ΛΕΥΚΑΔΑΣ

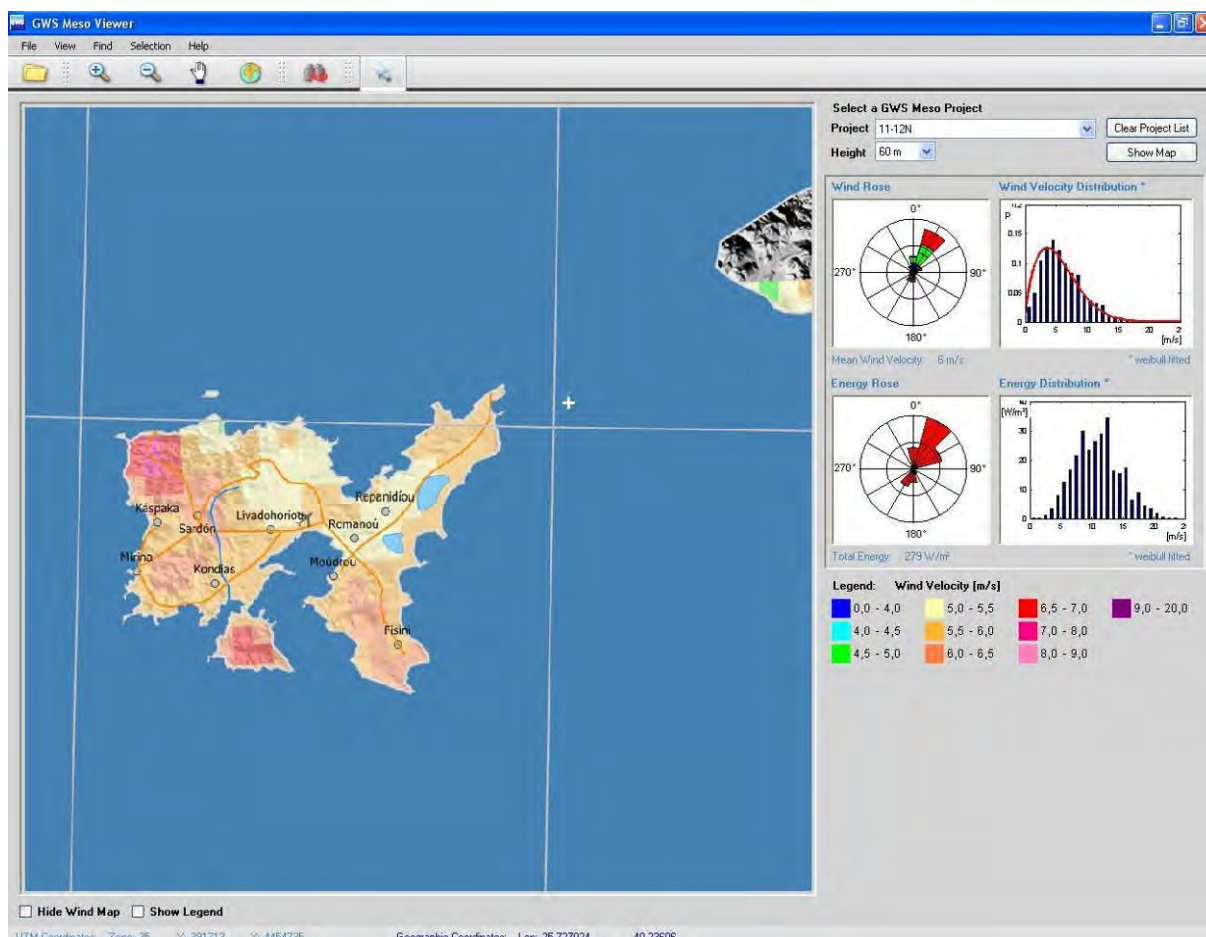


Γράφημα 4.17: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

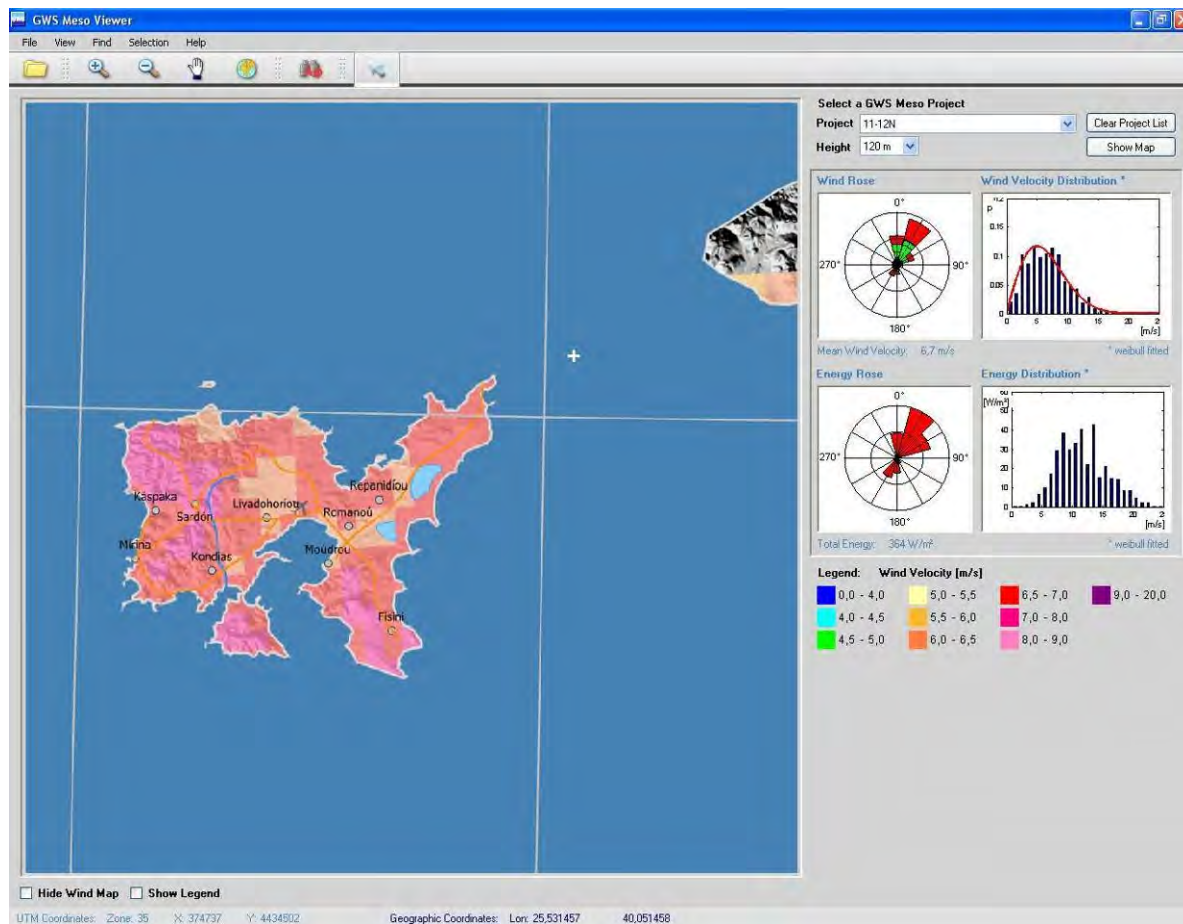


Γράφημα 4.18: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

## 4.9. ΘΑΠ ΛΗΜΝΟΥ

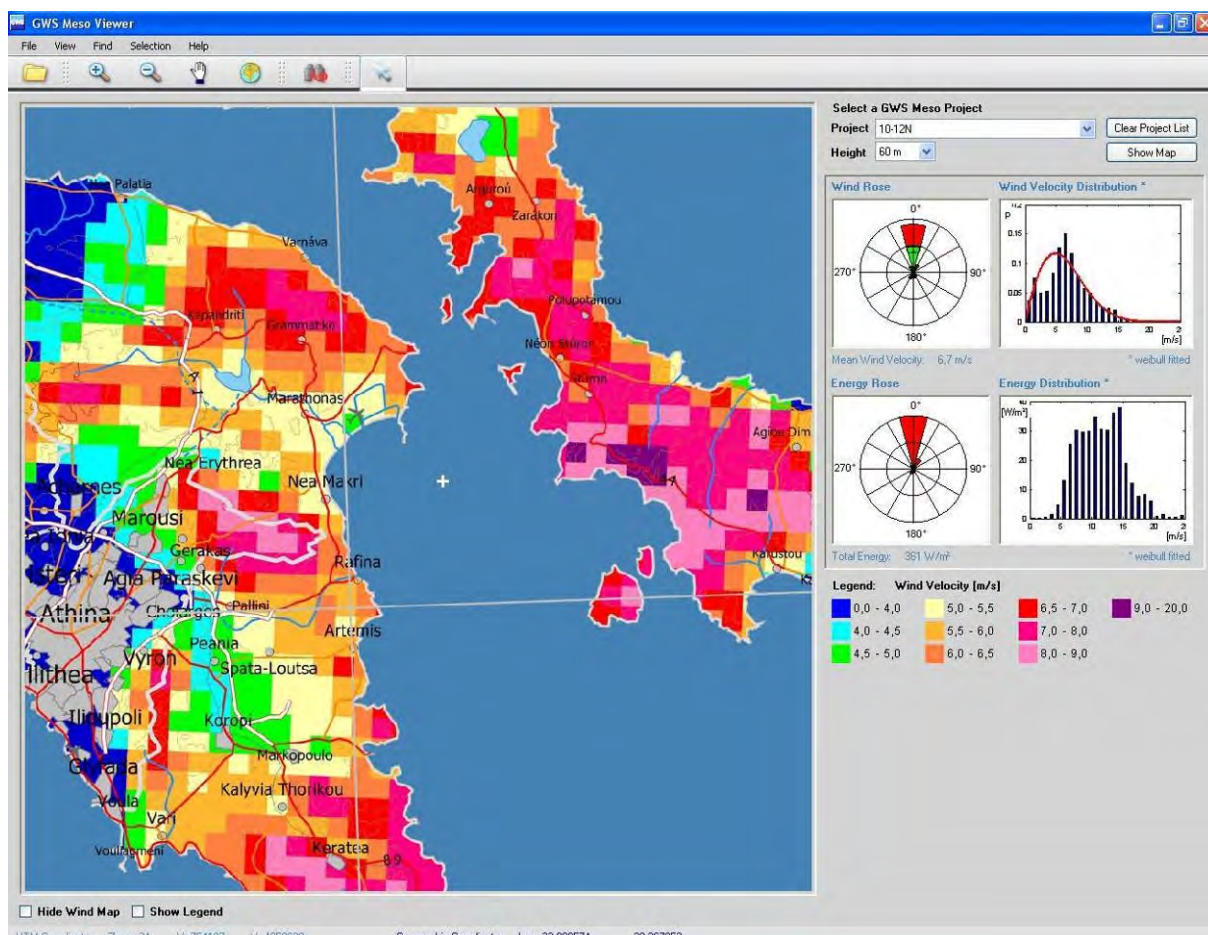


Γράφημα 4.19: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

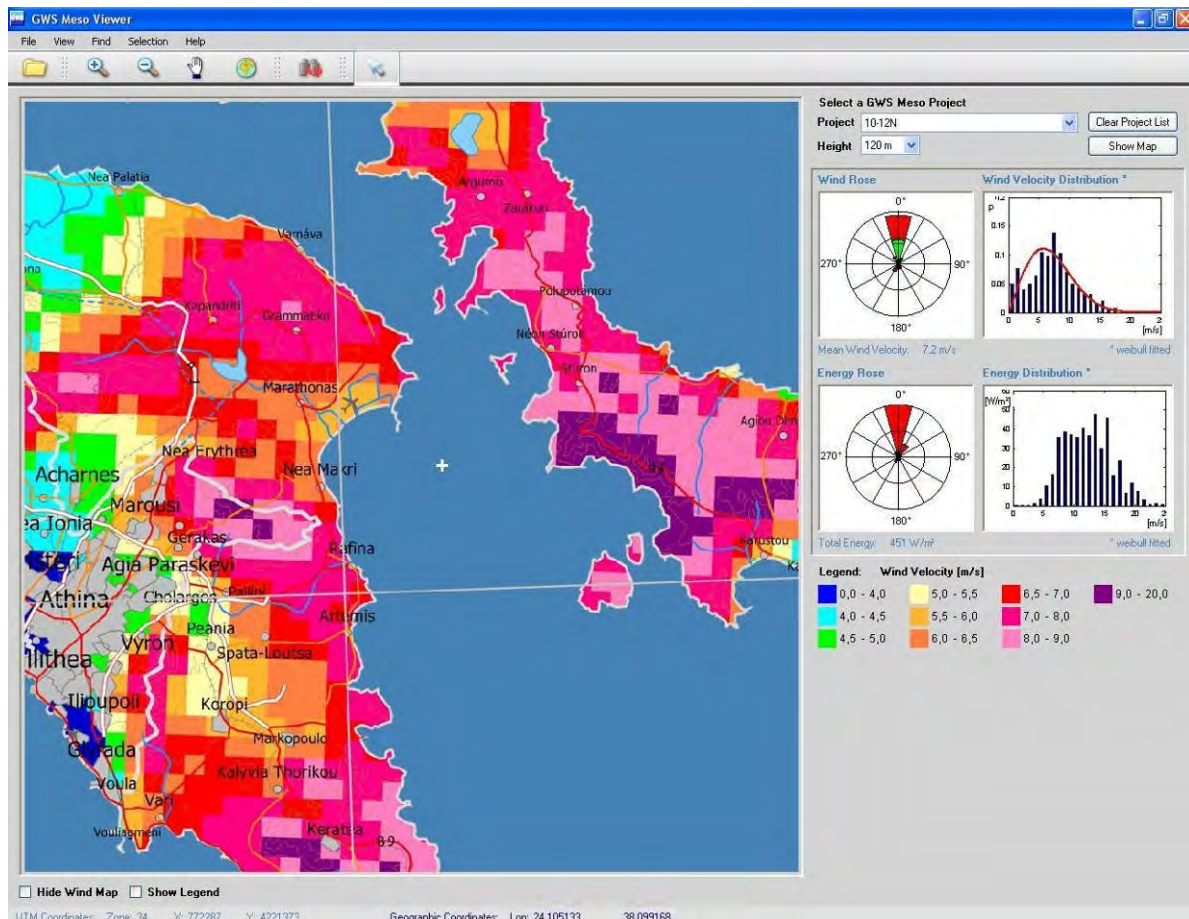


Γράφημα 4.20: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

### 4.10. ΘΑΠ ΠΕΤΑΛΙΩΝ

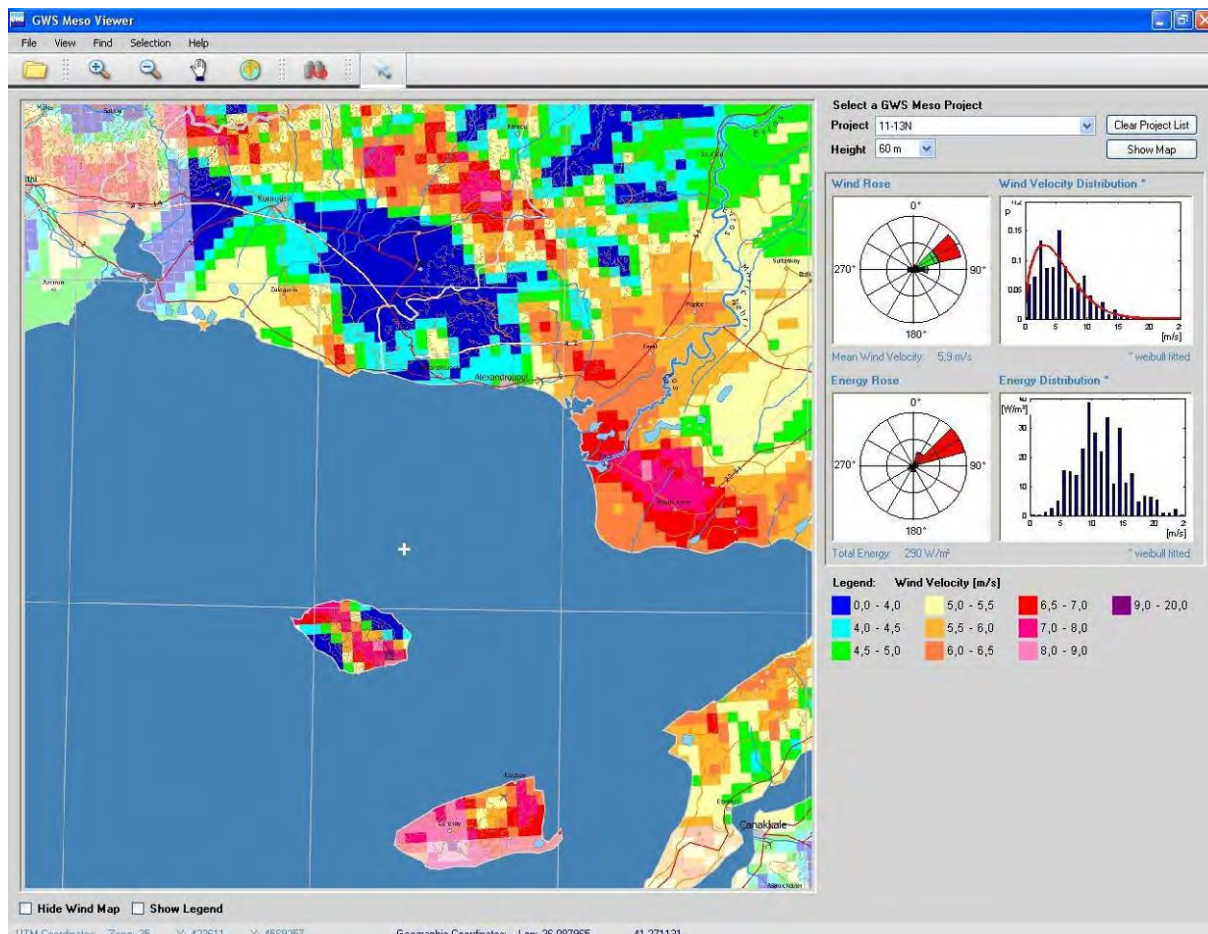


Γράφημα 4.21: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

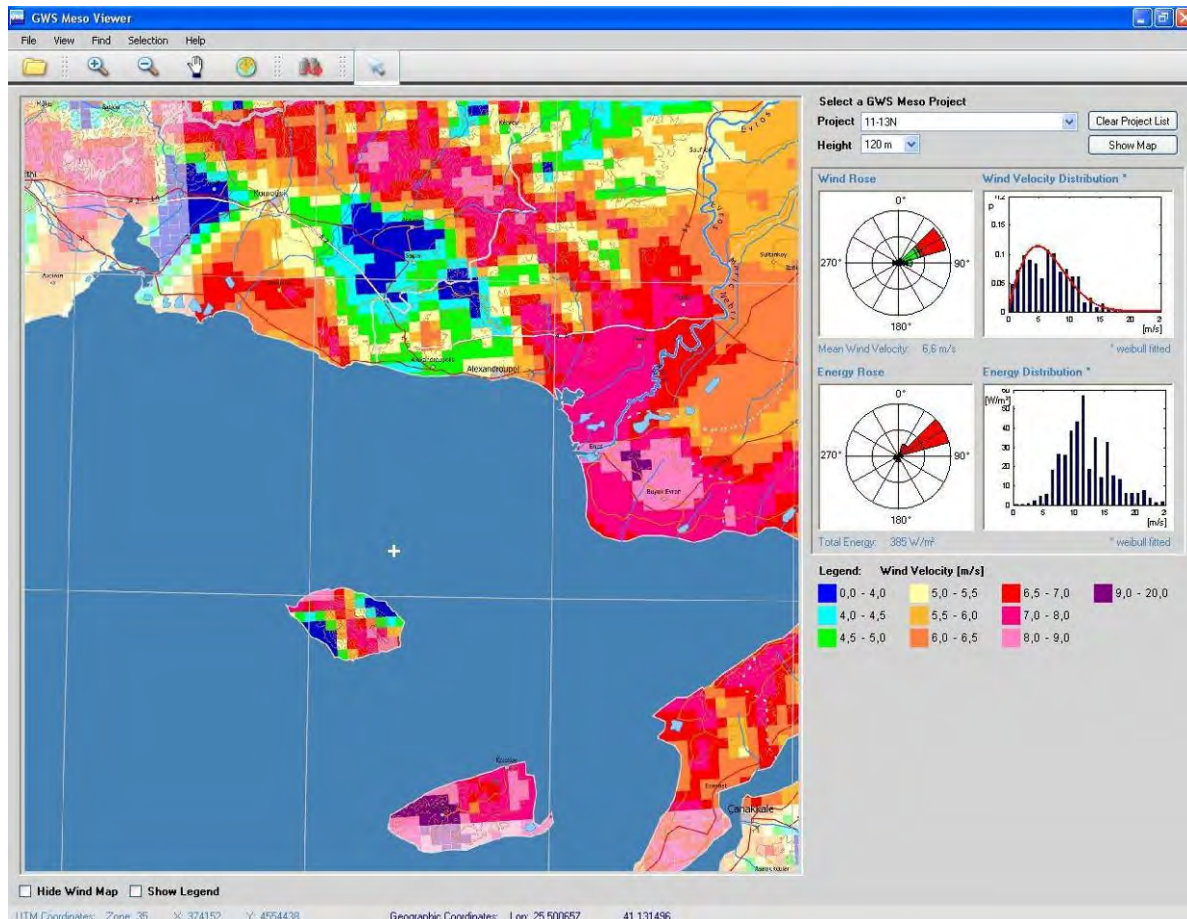


Γράφημα 4.22: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

### 4.11. ΘΑΠ ΣΑΜΟΘΡΑΚΗΣ

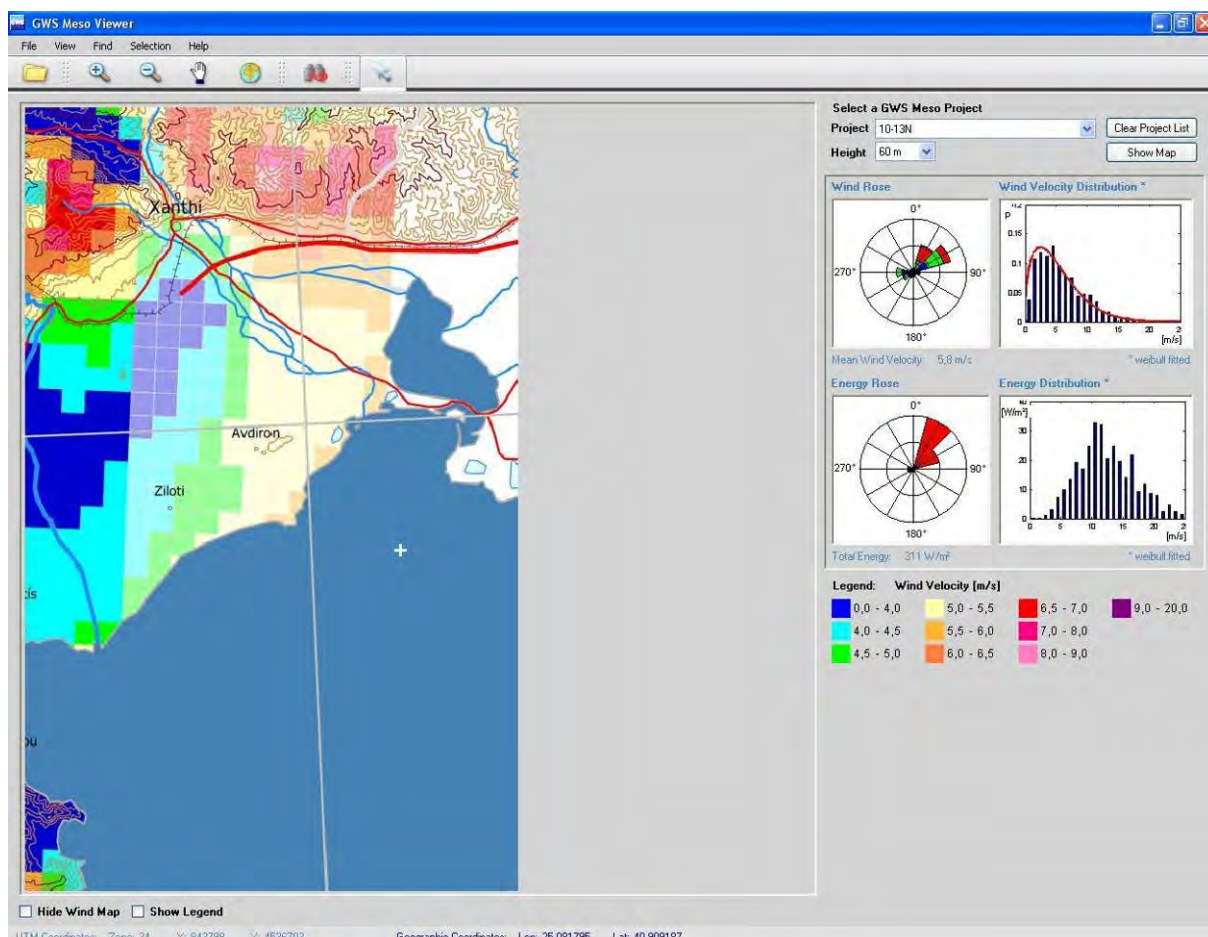


Γράφημα 4.23: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.

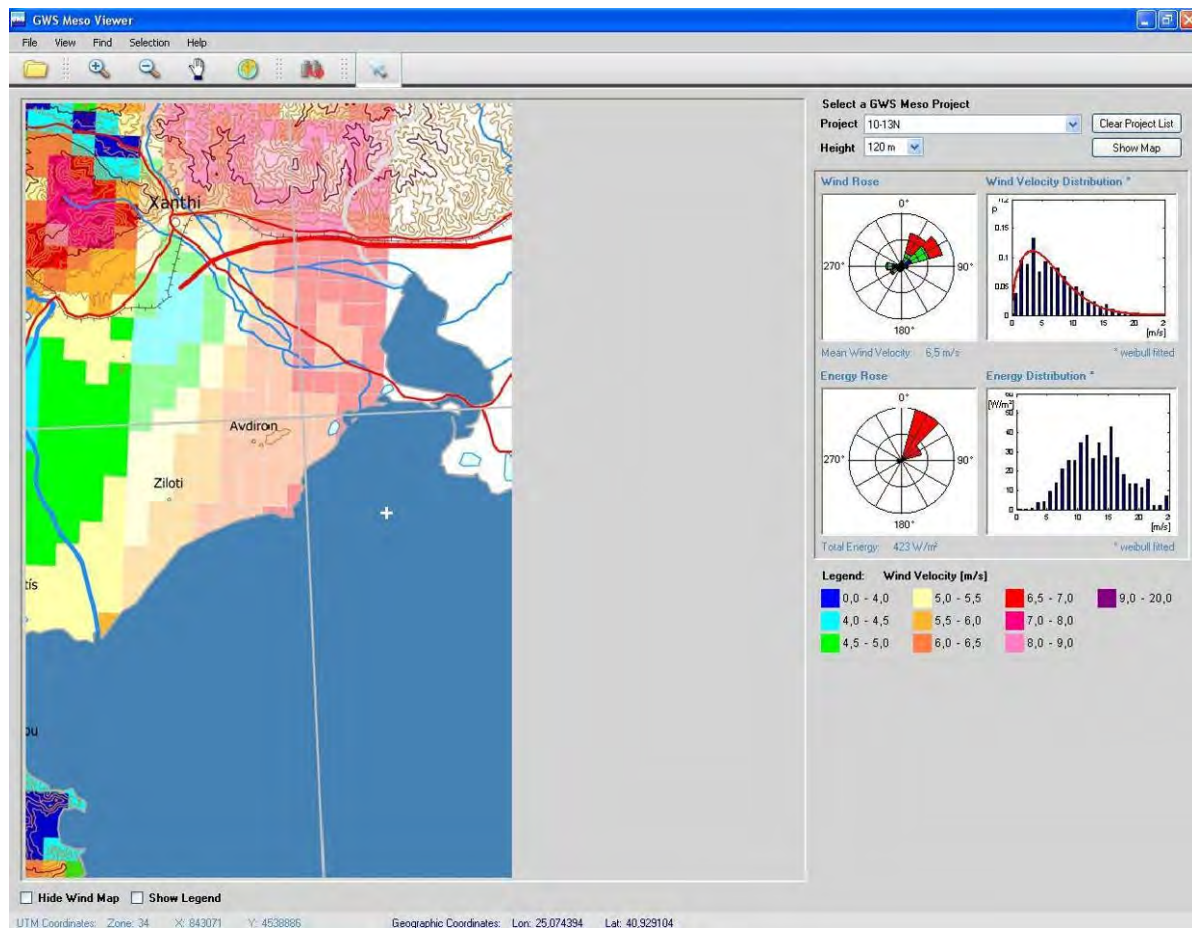


Γράφημα 4.24: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

## 4.12 ΘΑΠ ΦΑΝΑΡΙΟΥ



Γράφημα 4.25: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 60m asl.



Γράφημα 4.26: Το αιολικό δυναμικό στη θέση του ΘΑΠ σε ύψος 120m asl.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

A/A	ΘΑΠ	Προτεινόμενο εμβαδό πολυγώνου (km <sup>2</sup> )	Ισχύς [MW]	Αέρας (επιπεδο) σύμφωνα με ΥΠΕΚΑ	U (60m) (m/s)	U (120m) (m/s)
1	Αη Στράτη	5	25	Καλός	6.3	7.2
2	Αλεξανδρούπολης	55	275	Μέτριος-Κακός	6.8	7.5
3	Θάσου	35	175	Μέτριος-Κακός	5.3	5.9
4	Καρπάθου	6	30	Καλός	7.9	8.6
5	Κέρκυρας	8	40	Μέτριος	5.3-5.9	5.6-6.1
6	Κρυονερίου		0	Κακός	4.8	5.2
7	Κύμης	9	45	Καλός	7.3	8.1
8	Λευκάδας	8	40	Κακός	4.5	4.9
9	Λήμνου	49	245	Καλός	6	6.7
10	Πεταλιών	25	125	Μέτριος	6.7	7.2
11	Σαμοθράκης	33	165	Καλός	5.9	6.5
12	Φαναρίου	41	205	Μέτριος-Κακός	5.8	6.5
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>274</b>	<b>1370</b>			

Πίνακας 4.1: Το αιολικό δυναμικό στις θέσεις των περιοχών για ανάπτυξη ΘΑΠ σε ύψος 60 και 120m asl. (Μέση ταχύτητα ανέμου και ενδεικτική ισχύς σύμφωνα με το κριτήριο της οπτικής όχλησης).

## 5. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις 12 περιοχές της προκαταρκτικής χωροθέτησης ΘΑΠ που ανακοινώθηκαν τον Ιούλιο του 2010 οι έξι από αυτές (Θάσου, Κέρκυρας, Κρυονερίου, Λευκάδας, Σαμοθράκης και Φαναρίου) διαθέτουν χαμηλό (ανεπαρκές ή οριακό) αιολικό δυναμικό.

Οι υπόλοιπες περιοχές διαθέτουν υψηλότερο αιολικό δυναμικό με μέγιστο αυτό της Καρπάθου, ενώ ακολουθούν το ΘΑΠ Κύμης και το ΘΑΠ Αλεξανδρούπολης.

Πιο αναλυτικά τα ΘΑΠ Θάσου, Κρυονερίου και Λευκάδας προτείνεται να απορριφθούν για λόγους χαμηλού διαθέσιμου αιολικού δυναμικού σύμφωνα πάντα με τους μεσοκλιματικούς χάρτες της ALPRO.

Για όλες τις υπόλοιπες περιοχές θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις εντός της θάλασσας με μετεωρολογικούς σταθμούς για την ακριβέστερη μελέτη του αιολικού δυναμικού.

Η χρήση μετρήσεων από τις κοντινότερες παραλίες δεν αποτελεί τεκμηριωμένη λύση αφού η αβεβαιότητα των εκτιμήσεων που πραγματοποιούνται μέσω της χρήση γραμμικών μοντέλων (ουδέτερες ατμοσφαιρικές συνθήκες) είναι υψηλή. Οι ανεμολογικοί σταθμοί σε παραλίες βρίσκονται σε περιοχές μετάβασης από το θαλάσσιο στο ηπειρωτικό οριακό στρώμα και οι μετρήσεις δεν επαρκούν για την αξιόπιστη προσομοίωση του υπεράκτιου αιολικού δυναμικού.

Τέλος, προτείνεται στο ΥΠΕΚΑ, για την καλύτερη αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού των περιοχών για την ανάπτυξη ΘΑΠ η χρήση μοντέλων μέσης κλίμακας και των χαρτών που είναι διαθέσιμοι στη διεθνή αγορά. Επιπλέον, θα ήταν χρήσιμη η παροχή μετρήσεων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς των επενδυτών που είχαν αιτηθεί στη ΡΑΕ για ΘΑΠ, έτσι ώστε να συμβάλλουν στην βέλτιστη αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού των περιοχών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ερευνητική Πρόταση στη ΓΓΕΤ “Δημιουργία Εθνικού Προγράμματος Αξιοποίησης του Υπεράκτιου Αιολικού Δυναμικού του Αιγαίου - ΑΥΡΑ”, σελ.11, Αθήνα Οκτώβριος 2009.
2. ΥΠΕΚΑ «Διαδικασία Προκαταρκτικής Χωροθέτησης ΘΑΠ», Αθήνα, Ιούλιος 2010.
3. www.al-pro.de, ημέρα αναφοράς 19.11.2010.
4. Georg. Jasmin Diers et al., “Global Windmapping Service (GWS)”, EWEC2009.