

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY



Master Thesis

“AN INTEGRATED METHOD FOR WIND POWER
ESTIMATION: APPLICATION FOR WEST CYPRUS
AREAS”

Ioannis Kastanas

Limassol 2013



“We cannot direct the wind, but we can adjust the sails!”

English proverb

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY
DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERS AND GEOMATICS

“AN INTEGRATED METHOD FOR WIND POWER
ESTIMATION: APPLICATION FOR WEST CYPRUS
AREAS”

Ioannis Kastanas

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the
requirements for the degree of
MSc Civil Engineering and Sustainable Design**

Limassol 2013

APPROVAL FORM

Master Thesis

**“An Integrated Method for Wind Power Estimation:
Application for West Cyprus Areas”**

Presented by

Ioannis Kastanas

Dissertation Supervisor: Assistant Professor **Dr. Evangelos Akylas**

Committee Member: Associate Professor **Dr. Diofantos Hatzimitsis**

Committee Member: Lecturer **Dr. Lisandros Pantelidis**

Cyprus University of Technology

September, 2013

Declaration

Copyright © Ioannis Kastanas, 2013

All rights reserved.

The approval of the thesis from the Civil Engineers and Geomatics Department does not necessarily imply acceptance the opinions of the author, on behalf of the Department.

I *Giannis Kastanas*, confirm that this is my work submitted for assessment is my own and is expressed in my own words. Any uses made within it of the works of other authors in any form (e.g. ideas, equations, figures, text, tables, programs) are properly acknowledged at the point of their use. A full list of the references employed has been included.

Signed

Date

PREFACE

Carrying out my Master Thesis is a lengthy and extensive task, which cannot be completed without the involvement and help of a variety of people and institutions. Firstly, I would like to thank my Supervisor Dr. Evangelos Akylas for his continuous support and guidance. His contribution was continuous throughout the course of processing the thesis. I would also like to thank him for his confidence both in the selection of the dissertation topic, and in the award of the subject.

Special thanks for valuable suggestions and instructions and for providing data, deserve to the Director of the Cyprus Meteorology Services Mr. Stelios Passiardis. Without his help, my dissertation couldn't have been complete. I am grateful to Mr. Andreas Georgiou for the unwavering and generous scientific support. Undoubtedly he was always near in my side whenever I asked him.

Finally, I would like to thank my family for unparalleled support throughout the duration of my studies. Without their support this thesis would not have been possible. Also, I would like to express gratitude to Katerina Loukaidou, Floros Papageorgiou, Nicolas Loizou, Eleftheria Tsoukka as well as to all of my friends.

“I am indebted to my father for living, but to my teacher for living well”

Alexander the Great

Ioannis Kastanas

Limassol, September 2013

ABSTRACT

The motivation of this study was to explore the possibility of estimating the wind energy potential at several areas in order to cover the western part of the island with the respective information. The methodology of the analysis was based on a standard application program, WAsP. Monthly wind speed and direction statistics (on a bi – daily basis, every 12 hours) for six stations from 2001 – 2008, show a strong influence of sea – breeze, which is very intense, especially in the southern coast of the island. In the case of the northern coast (Polis station and Kato Pyrgos), the wind speed remains relatively high also during the night, exhibiting much lower daily variation, although still changing its variation. The wind statistics obtained here, served as the basis in order to estimate corrected statistical distributions over the extended areas of application through Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) which modifies the wind flow due to local topographic effects. Aggregation of the data with statistical weighting methods, allowed the extrapolation of the results and the visualization over the western part of the island. It appears that coastal areas are affected by local flows of sea breeze that is dependent by the succession of land and sea. Mean wind speed values at stations of Limassol and Mallia range to 2 – 5m/s, at Pafos about 5m/s, at Prodromos at 3 – 4m/s, at Kato Pyrgos at 2.5m/s – 3m/s, and at Polis at 3m/s. The application indicates that interesting points with higher wind energy potential, suitable for wind resource exploitable exist. The wind potential analysis through WAsP showed that all areas are influenced significantly by the complex orography model and the wind speed easily reaches the value of 10m/s. However, further application and inclusion of all the data available from nearby stations is needed in order to improve the accuracy and complete the coverage of the island. The particular methodological framework applied and the results obtained can be utilized by potential investors and wind energy developers.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή αποτελεί την διερεύνηση και την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού σε έξι περιοχές, καλύπτοντας έτσι το δυτικό κομμάτι του νησιού. Η μεθοδολογία για την ανάλυση του αιολικού δυναμικού βασίστηκε στο πρόγραμμα WAsP. Εξετάστηκαν, στατιστικά στοιχεία του ανέμου που προέκυψαν από την επεξεργασία μετρήσεων της μετεωρολογικής υπηρεσίας από το 2001 – 2008. Η στατιστική περιγραφή έγινε σε μηνιαία ανά δωδεκάωρο βάση (08:00 – 19:00 και 20:00 – 07:00) για τους έξι σταθμούς, όπου παρατηρήθηκε ισχυρή επιρροή προερχόμενη από την θάλασσα προς την ξηρά, η οποία είναι πολύ έντονη στα Νότια παράλια του νησιού. Στην περίπτωση των Βόρειων παραλιακών σταθμών (Πόλις Χρυσοχού και Κάτω Πύργος), παρατηρήθηκε ότι η ταχύτητα του ανέμου παραμένει σχετικά υψηλή κατά την διάρκεια της νύχτας, με μικρότερη διακύμανση και σχετικά χαμηλότερες ταχύτητες κατά την διάρκεια της μέρας. Τα στατιστικά στοιχεία για τους σταθμούς μελέτης χρησιμοποιήθηκαν για διόρθωση των στατιστικών κατανομών πάνω από τις εκτεταμένες περιοχές διαμέσου του προγράμματος WAsP που τροποποιεί την ροή του ανέμου εν σχέση με την τοπογραφία των περιοχών μελέτης. Διορθώσεις και ομαδοποιήσεις των μετεωρολογικών δεδομένων προήλθαν μέσω στατιστικών των μεθόδων της παλινδρόμησης και βαρυτικών μεθόδων, επιτρέποντας έτσι την επέκταση των μετρήσεων που υπολείπονταν για την σωστή απεικόνιση του αιολικού. Από την ανάλυση φαίνεται ότι οι παραλιακές περιοχές είναι επηρεασμένες από θαλάσσιες αύρες λόγω της εναλλαγής θερμοκρασίας θάλασσας και εδάφους. Οι μέσες τιμές των ταχυτήτων που προέκυψαν από την στατιστική περιγραφή δεικνύουν ότι στην Λεμεσό και στα Μαλλιά οι ταχύτητες κυμαίνονται από 2 – 5m/s, στην Πάφο 5m/s, Πρόδρομος 3 – 4m/s, Κάτω Πύργος 2.5 – 3m/s και Πόλις Χρυσοχούς 3m/s. Από την εφαρμογή προέκυψαν σημαντικές περιοχές με υψηλό και αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό. Από την ανάλυση του αιολικού δυναμικού διαμέσου το μοντέλου του WAsP προέκυψε ότι εύκολα το αιολικό δυναμικό μπορεί να φτάσει τα 10m/s λόγω της επίδρασης της έντονης τοπογραφίας του εδάφους. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω εφαρμογές και ενσωμάτωση περισσότερων σταθμών προκειμένου να βελτιωθεί η ακρίβεια της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης αλλά και για να εκτιμηθεί το αιολικό δυναμικό σε όλο το νησί. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την μελέτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν από επενδυτές και κατασκευαστές αιολικών πάρκων.