

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ : ΒΛΑΧΟΣ Τ.
ΚΑΛΔΕΡΑΛΗΣ Ι.
ΦΙΛΙΟΣ Α.

ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΟΣ ΒΕΛΤΥΤΟΥ ΥΡΟΥΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Υπεύθυνος Σπουδαστής : ΜΙΟΥΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής : ΚΑΛΔΕΡΑΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 1995

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ : ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ : ΒΛΑΧΟΣ Γ.
ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ Ι.
ΦΙΛΙΟΣ Α.

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ**

Υπεύθυνος Σπουδαστής : ΜΠΟΥΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής : ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 1995

2-2-85

Ο. Καδιντζής



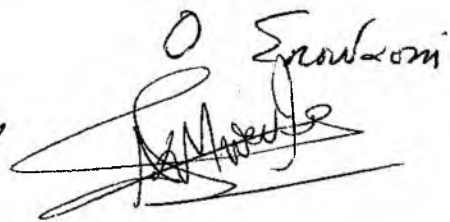
Ι.Κ.Κ.Σ.Ε.Π.

Γ.Θ.Β.Σ.Σ.



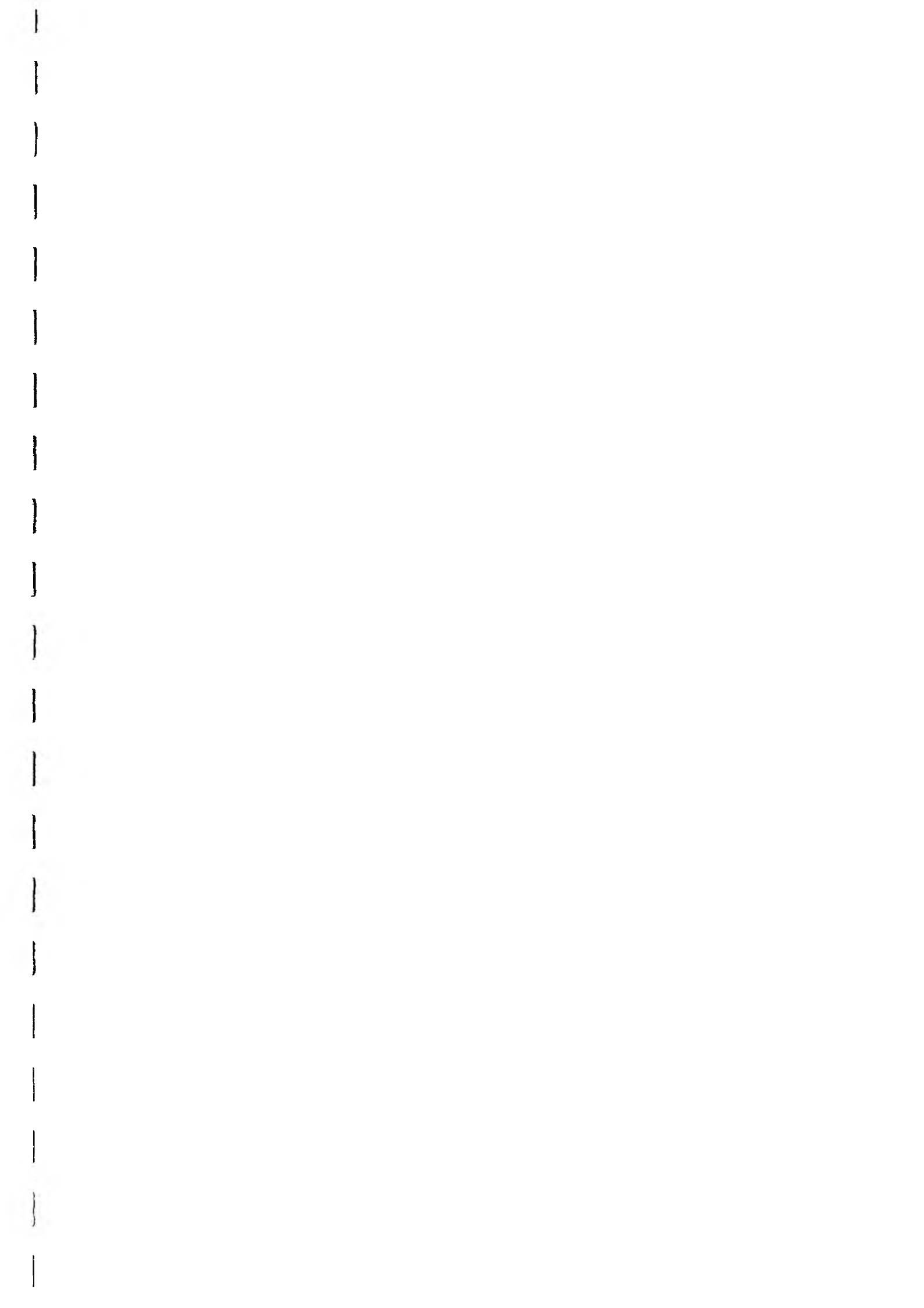
A.Ε. Φυλάκης

Ο Στραβόσι



Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσης εργασίας θα ήταν αδύνατον να ολοκληρωθεί χωρίς την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση των κ.κ. Κωνσταντίνου Παναγιώτη και Σκανδάλη Στυλιανού τους οποίους και ευχαριστώ θερμά για αυτή τους την ευγενική προσφορά.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	σελ. 1
Σύμβολα	σελ. 3
Περίληψη στα Ελληνικά	σελ. 5
Περίληψη στα Αγγλικά	σελ. 6
Εισαγωγή	σελ. 7
Κεφάλαιο 1 Παρουσίαση ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος	σελ. 8
1.1 Χαρακτηριστικά του ανέμου	σελ. 8
1.2 Κατατομή του ανέμου	σελ. 9
Κεφάλαιο 2 Μεταβολή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας με τη μεταβολή του ύψους	σελ. 13
2.1 Στατιστική μελέτη του ανέμου	σελ. 13
2.1.1 Ετήσια καμπύλη διάρκειας	σελ. 13
2.1.2 Ετήσια καμπύλη συχνότητας	σελ. 13
2.1.3 Ανηγμένη πιθανότητα	σελ. 14
2.1.4 Πεδίο πιθανότητας	σελ. 14
2.2 Μεταβολή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας	σελ. 14
2.2.1 Διαδικασία εύρεσης διανομής πυκνότητας πιθανότητας	σελ. 15
Κεφάλαιο 3 Υπολογισμός μέσου συντελεστή ισχύος	σελ. 27
3.1 Μέσος συντελεστής ισχύος	σελ. 27
3.2 Υπολογισμός μέσου συντελεστή ισχύος	σελ. 28
Κεφάλαιο 4 Εκτίμηση του κόστους με το ύψος εγκατάστασης	σελ. 73
4.1 Υπολογισμός όγκου υλικού πύργου	σελ. 73

Κεφάλαιο 5	
Συμπεράσματα	σελ. 75
Βιβλιογραφία	σελ. 80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
Παρουσίαση προγράμματος	σελ. 81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	
Παρουσίαση υπολογισμών για την εύρεση της διανομής πυκνότητας πιθανότητας	σελ. 100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	
Παρουσίαση υπολογισμών για την εύρεση του ω	σελ. 104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	
Παρουσίαση υπολογισμών για εύρεση του όγκου του υλικού πύργου	σελ. 107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	
Παρουσίαση στοιχείων κατασκευαστών των εξεταζόμενων Α/Γ	σελ. 115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ	
Παρουσίαση διανομών πυκνότητας πιθανότητας	σελ. 130

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

a	εκθετικός συντελεστής του power law model []
d	διαμέριση ταχύτητας [m/sec]
exp	πειραματική διανομή
f	ανηγμένη πιθανότητα [%/m/sec]
h	ύψος [m]
l	λόγος μεταβολής μεγεθών με το power law model []
p	πάχος ελάσματος [mm]
r	απόσταση κέντρου-πλευράς κανονικού πολυγώνου [m]
s	πλάτος πλευράς κανονικού πολυγώνου [m]
A	επιφάνεια [m ²]
C _p	αεροδυναμικός συντελεστής απόδοσης []
E	ετήσια παραγωγή ενέργειας [kWh]
F	ολική πιθανότητα [%]
N	ισχύς A/Γ [kW]
N/No	ανηγμένη ισχύς A/Γ []
R	ακτίνα κύκλου [m]
SV	όγκος υλικού πύργου [m ³]
SVh/SV20	αύξηση του όγκου υλικού πύργου []
Th	θεωρητική διανομή
V	ταχύτητα [m/sec]
VC	ταχύτητα έναρξης λειτουργίας A/Γ [m/sec]
VF	ταχύτητα λήξης λειτουργίας A/Γ [m/sec]
V _{hmax}	μέγιστη ταχύτητα πεδίου πιθανότητας [m/sec]
V _{hmin}	ελάχιστη ταχύτητα πεδίου πιθανότητας [m/sec]

VR	ταχύτητα μέγιστης απόδοσης A/Γ [m/sec]
α	κεντρική γωνία κανονικού πολυγώνου [°]
β	γωνία κανονικού πολυγώνου [°]
δ	πάχος οριακού στρώματος [m]
η	ηλεκτρομηχανολογικός βαθμός απόδοσης A/Γ []
ρ	πυκνότητα αέρα [Kg/m ³]
ω	μέσος συντελεστής ισχύος []
Δ	διαθεσιμότητα εγκαταστάσεων []
Nπ	αριθμός πλευρών κανονικού πολυγώνου []
Φ_x	πεδίο πιθανότητας x
β	δείκτης σε μεγέθη που αναφέρονται σε βάση πύργου
κ	δείκτης σε μεγέθη που αναφέρονται σε κορυφή πύργου
σ	δείκτης σε μεγέθη αναφοράς

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να υπολογιστεί το βέλτιστο ύψος τοποθέτησης Α/Γ με οικονομοτεχνικά κριτήρια. Η λύση του προβλήματος προϋποθέτει έναν υπολογισμό της μέσης ετήσιας παραγωγής ενέργειας από μία Α/Γ εντός του οριακού στρώματος της ατμόσφαιρας. Ξεκινώντας από την εύρεση της διανομής πυκνότητας πιθανότητας ως προς το ύψος στο κεφάλαιο 2, καταλήγουμε στο να υπολογίσουμε τη μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας στο κεφάλαιο 3, για αντιπροσωπευτικές περιοχές και Α/Γ όσον αφορά το αιολικό δυναμικό και την ενεργειακή τους συμπεριφορά αντίστοιχα. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης της σχέσης κόστους ως προς το ύψος εγκατάστασης και ακολουθούν τα συμπεράσματα στο κεφάλαιο 5.

Summary

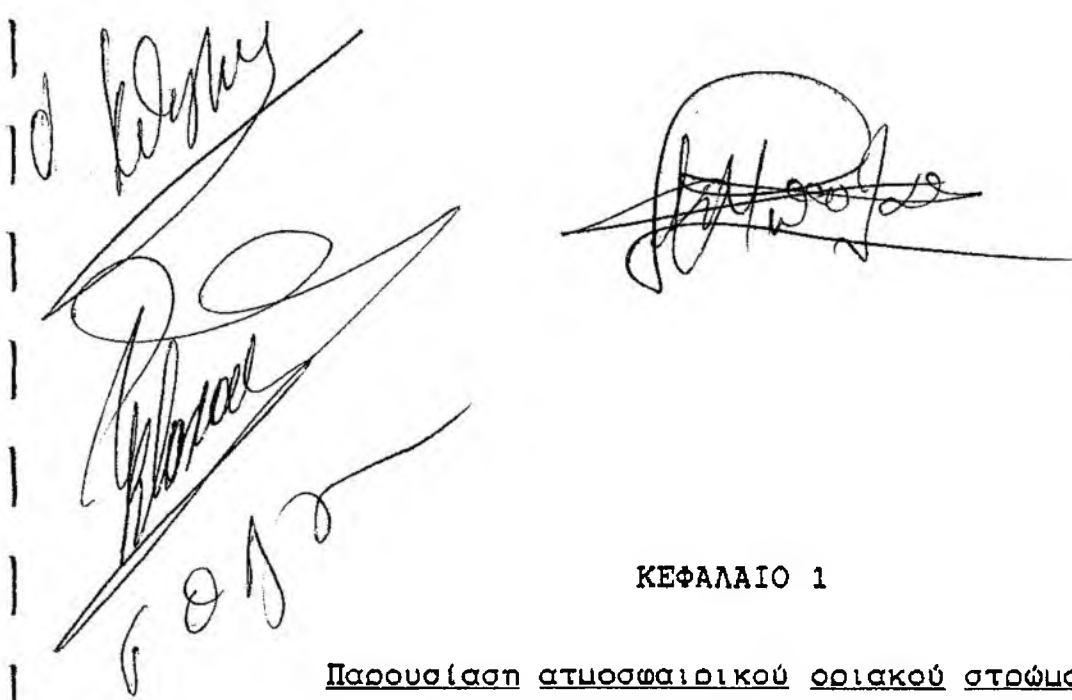
In this present work it is done a try to calculate the optimum height of setting wind turbine with economotechnical standards. The solution of the problem presuppose a calculation of the midst annual production of energy from a wind turbine in to the limited layer of the atmospere. Beginning from the finding of the distribution of the density possibilities refering to the height on chapter 2 , we ending to calculate the midst annual production of energy on chapter 3 , for the representatives regions and wind turbines as refering the aeolic dynamic and the energy behavior correlatively. On chapter 4 it is done a try of estimation of the cost in relation of the height of installation and follow the deductions on chapter 5.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μπορούμε να πούμε ότι αυξανόμενου του ύψους τοποθέτησης μιας Α/Γ αυξάνει και το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής , που βλέπουν τα πτερύγια μιας αιολικής μηχανής , ανάλογα βέβαια και με τον τύπο του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος της περιοχής. Δεν συμβαίνει όμως πάντα το ίδιο και με το εκμεταλεύσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής του οποίου η τιμή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αιολικής μηχανής. Αυτό οφείλεται καθαρά σε λόγους αντοχής των υλικών κατασκευής της Α/Γ . Ταυτόχρονα έχουμε αύξηση του κόστους εγκατάστασης της μηχανής , αύξηση που συχνά απορροφά το επιπλέον κέρδος της κινητικής ενέργειας.

Το να υπολογίσει κάποιος το βέλτιστο ύψος τοποθέτησης μιας Α/Γ με οικονομοτεχνικά κριτήρια αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα του οποίου η λύση θα επιχειρηθεί να βρεθεί στην παρούσα εργασία κάνοντας κάποιες όσο το δυνατόν λιγότερες απλοποιήσεις του πραγματικού προβλήματος. Η λύση που θα βρεθεί θα πρέπει να είναι περισσότερο ρεαλιστική από λύσεις που έχουν βρεθεί σε ασκήσεις του εργαστηρίου Ηπίων Μορφών Ενέργειας του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ μιας και η παρούσα γίνεται στα πλαίσια του μαθήματος "Σεμινάριο".



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Παρουσίαση ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος

Η προσπίπτουσα στη γή ηλιακή ενέργεια κατά ένα ποσοστό της τάξης του 2% μετατρέπεται σε αυτό που ονομάζουμε αιολική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία συνδυαζόμενη πάντα με την ανομοιομορφία του του γήινου ανάγλυφου (εναλλαγή ξηράς-θάλασσας) καθώς και την περιστροφή της γής γύρω από τον άξονα της, που θέτει σε διαρκή κίνηση μάζες της ατμόσφαιρας. Αυτές οι κινήσεις του αέρα έχουν διάφορες διευθύνσεις συνέπεια του διαφορετικού τρόπου δημιουργίας τους. Στη μελέτη του αιολικού δυναμικού σπουδαιότερη είναι η οριζόντια συνιστώσα, αυτή που ονομάζεται άνεμος.

1.1 Χαρακτηριστικά του ανέμου

Το φαινόμενο της κίνησης του ανέμου είναι φαινόμενο ροής και ως τέτοιο υπόκειται στους νόμους της μηχανικής των ρευστών. Οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση του ανέμου είναι:

1. Η δύναμη βαροβαθμίδας
2. Η οριζόντια εκτρεπτική δύναμη
3. Η κυκλοστροφική δύναμη
4. Η δύναμη τριβής

Στις μελέτες εκτίμησης του αιολικού δυναμικού απαραίτητη είναι η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου που τελικά θα μας οδηγήσει σε επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας. Αυτή η θέση πρέπει να είναι περιοχή με αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή αρκετά υψηλών τιμών μέσης ταχύτητας και όσο το δυνατόν μεγαλύτερης διάρκειας. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο άνεμος είναι εξαιρετικά ευμετάβλητο μέγεθος τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Έτσι καταφεύγουμε σε μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ανέμου και σε στατιστική επεξεργασία αυτών.

Ειδικά για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων θα πρέπει να γνωρίζουμε :

- την ταχύτητα του ανέμου
- την διεύθυνση του ανέμου

- την επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη
- τον στροβιλισμό του ανέμου
- την μεταβολή με το ύψος της ταχύτητας του ανέμου (κατατομή του ανέμου)

1.2 Κατατομή του ανέμου

Κατατομή του ανέμου είναι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος. Αυτή είναι υπεύθυνη για την μεταβολή με το ύψος της τοπικής δυναμικής αιολικής ισχύος μιας και η απορροφούμενη αιολική ισχύς συνδέεται με την ταχύτητα του ανέμου με την σχέση :

$$N=0.5 \cdot C_p \cdot \eta \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Χρησιμοποιώντας αναλυτικές σχέσεις ή αριθμητικές μεθόδους της μηχανικής των ρευστών μπορούμε να μελετήσουμε την διανομή της ταχύτητας του ανέμου σε διάφορες ελεγχόμενες θέσεις. Η κατακόρυφη διανομή της ταχύτητας του ανέμου ακολουθεί την συμπεριφορά τυρβώδους οριακού στρώματος και μάλιστα θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η επίδραση της τραχύτητας του εδάφους κατά την γενική έννοια , δηλαδή κτίρια βράχοι , δένδρα κλπ.

Βασιζόμενοι στη θεωρία των οριακών στρωμάτων πολλοί ερευνητές πρότειναν σχέσεις για την περιγραφή της κατακόρυφης διανομής της ταχύτητας του ανέμου. Αυτές οι σχέσεις είναι λογαριθμικές , εκθετικές κλπ. Γενικά μπορούμε να λάβουμε υπόψιν μας ότι η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει σημαντικά από το ύψος αναφοράς δηλαδή το ύψος που συλλέγονται οι μετρήσεις.

Η μεταβολή της ταχύτητας με το ύψος είναι αξιοσημείωτη μέχρι το συνηθισμένο πάχος του οριακού στρώματος , περίπου 100 m από το έδαφος. Η πλέον χρησιμοποιούμενη σχέση για την περιγραφή της κατανομής της ταχύτητας με το ύψος είναι η εκθετική διανομή της ταχύτητας του ανέμου (Prandtl power law model) και είναι η ακόλουθη :

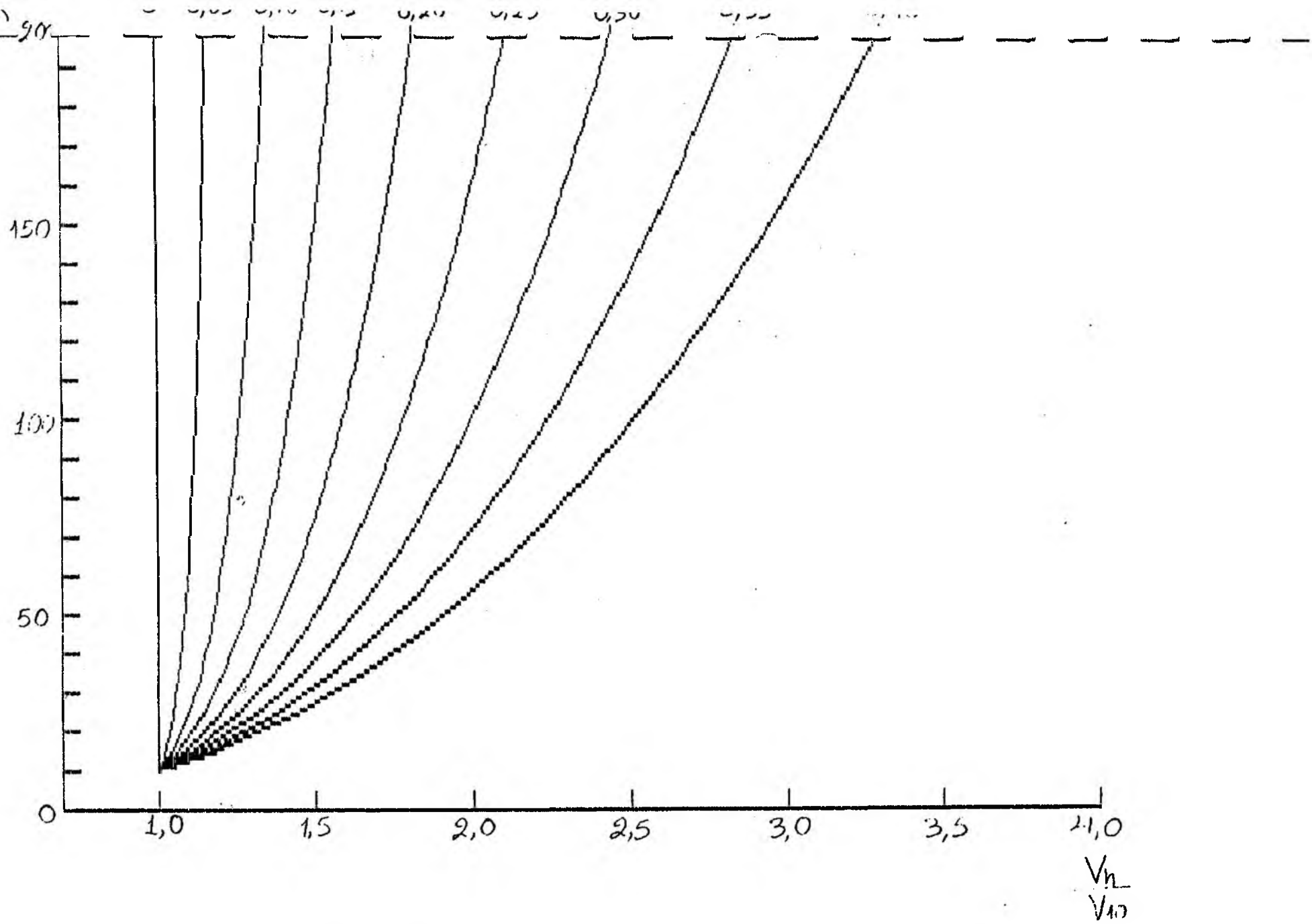
$$V/V_o=(h/h_o)^a$$

Ο συντελεστής "a" λαμβάνει τιμές από 0.10 έως 0.45 για παγωμένες επιφάνειες και αστικές περιοχές αντίστοιχα ενώ άλλοι ερευνητές χρησιμοποιούν μία τυπική τιμή 0.20. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι σχεδόν πάντα είναι απαραίτητη η αναγωγή των μετρήσεων των χαρακτηριστικών του ανέμου στο υπό μελέτη ύψος λειτουργίας της Α/Γ δεδομένου ότι οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου παρουσιάζονται ανηγμένες σε ύψος 10 ή σπανιότερα σε ύψος 30 m.

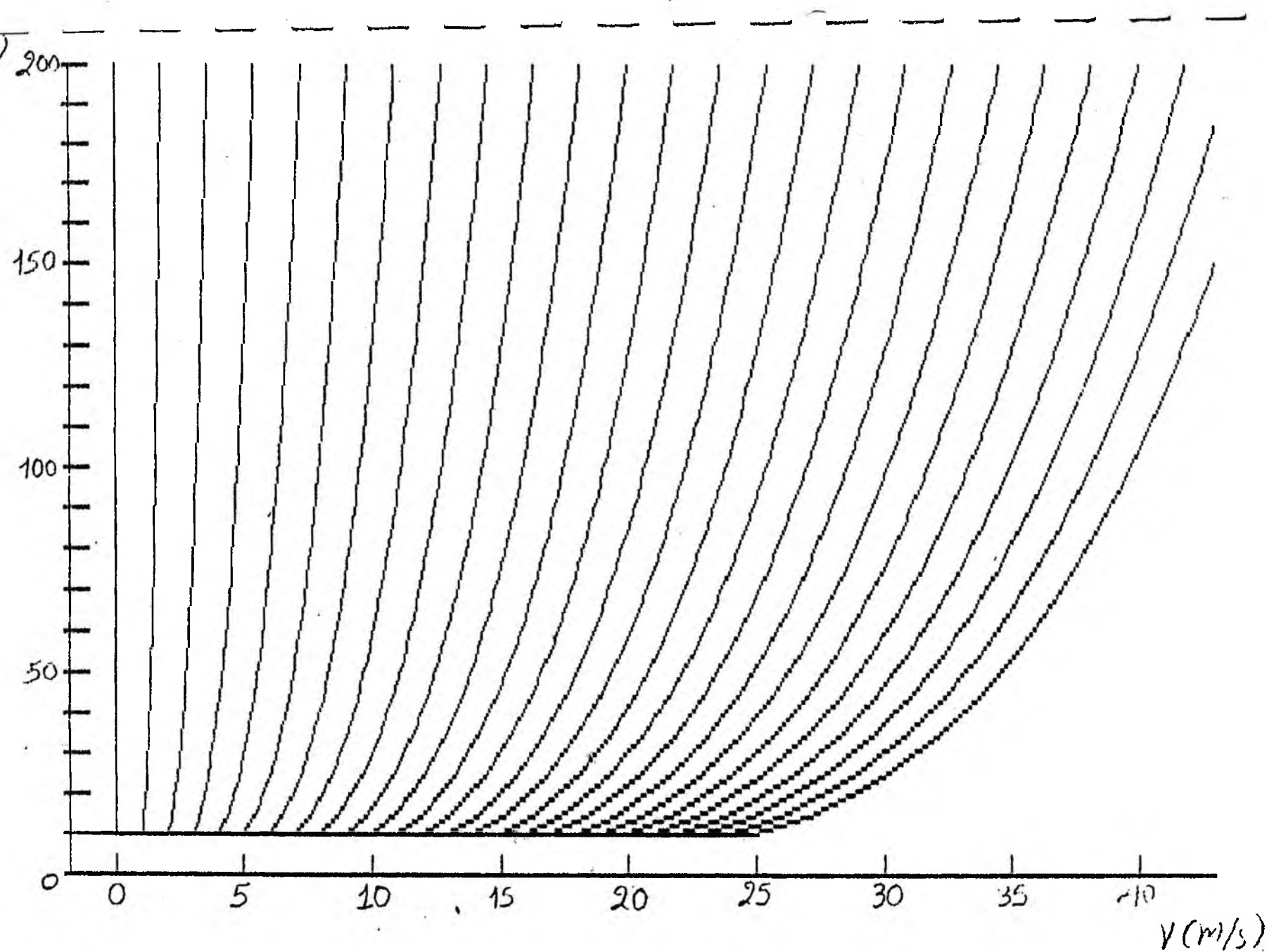
Στο Σχ.1.1 παρουσιάζεται η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για πάχος οριακού στρώματος $\delta=200$ m ως συνάρτηση των διαφορών a. Στον οριζόντιο άξονα δίδεται το πηλίκο της

ταχύτητας σε ύψος h ως προς αυτή σε ύψος 10 m. Στο Σχ.1.2 παρουσιάζεται η διανομή της ταχύτητας για $a = 0.2$ και για ταχύτητες σε $h=10$ m από 0 έως 25 m/sec .

Στήν πραγματικότητα όμως η συνολική διανομή της ταχύτητας του ανέμου δεν ακολουθεί αυτήν τη θεωρητική προσέγγιση . Η επιφανειακή τοπογραφία και που σαν τέτοια παρουσιάζεται με την μορφή οποιουδήποτε επιφανιακού εμποδίου αλλοιώνει τα αιολικά χαρακτηριστικά της περιοχής . Υπάρχουν αρκετές αναλυτικές ημιεμπειρικές σχέσεις που προτείνουν διορθώσεις της ταχύτητας του ανέμου αλλά ακριβείς υπολογισμούς μπορούμε να κάνουμε μόνο με αριθμητική προσομοίωση της υπό εξέταση περιοχής με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή . Σαν γενικός κανόνας αναφέρεται η αρχή ότι ή πτερωτή της ανεμογεννήτριας πρέπει να βρίσκεται εκτός ομόρρου περιοχής .

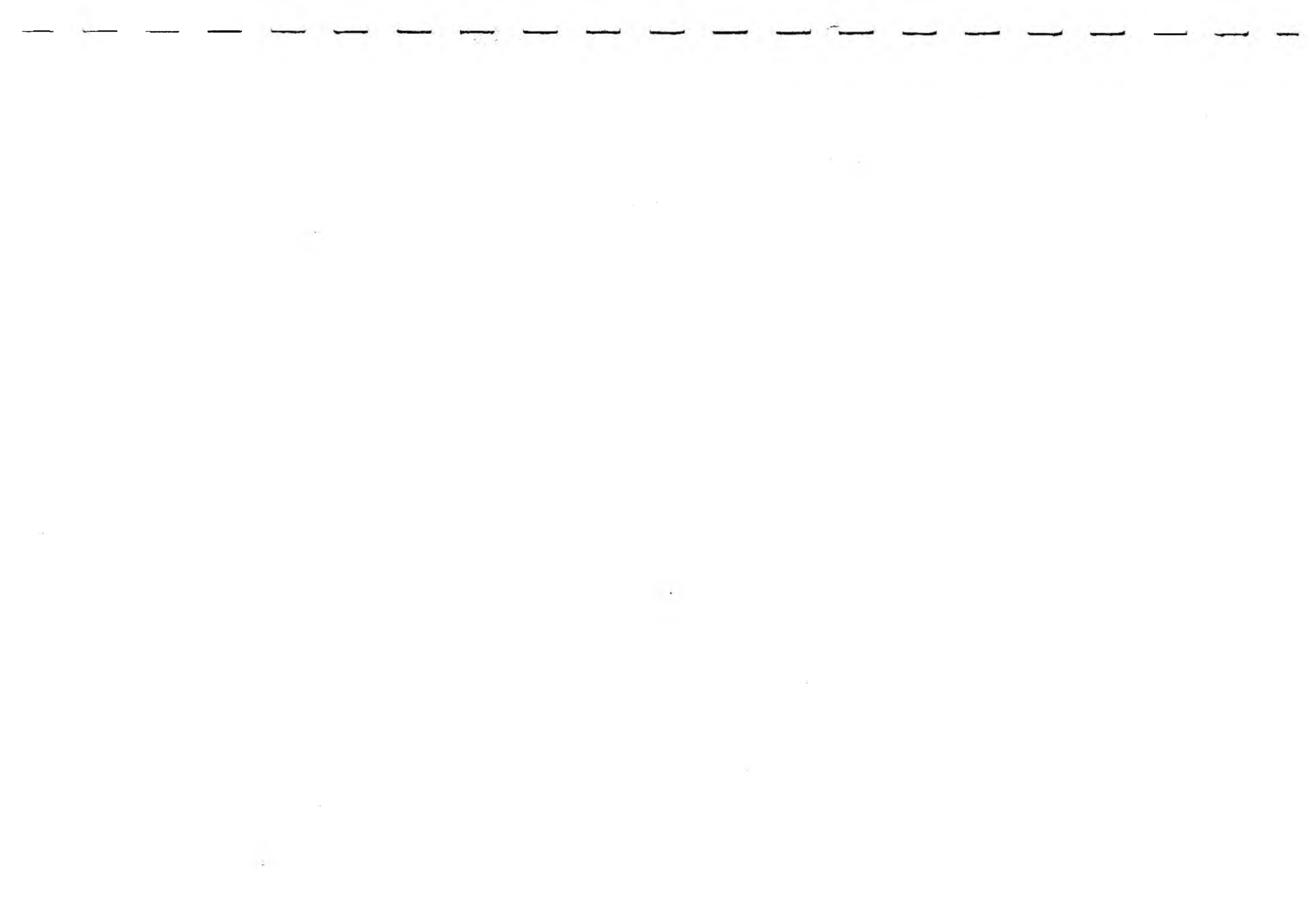


$\Sigma\chi.1.1$



$d=0,2$

$\Sigma \chi.12$



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεταβολή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας με την μεταβολή του ύψους

Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο έχουμε μεταβολή καθ' ύψος της ταχύτητας του ανέμου. Αυτό συνεπάγεται παράλληλη μεταβολή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας. Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετασθεί αυτή η μεταβολή.

2.1 Στατιστική μελέτη του ανέμου

Η γνώση της μέσης ταχύτητας του ανέμου μίας περιοχής κρίνεται ανεπαρκής για την εκτίμηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού αυτής. Χρειαζόμαστε αναλυτικά δεδομένα της κατανομής συχνοτήτων των διαφόρων ταχυτήτων του ανέμου καθώς και των διευθύνσεων αυτού ώστε να προσδιορίσουμε και τις κύριες διευθύνσεις του ανέμου. Για τον σκοπό αυτό από τους πειραματικούς πίνακες της κατανομής συχνοτήτων των διαφόρων ταχυτήτων τού ανέμου κατασκευάζουμε καμπύλες τόσο διάρκειας της ταχύτητας τού ανέμου όσο και καμπύλες μέσης συχνότητας.

2.1.1 Ετήσια καμπύλη διάρκειας των διαφόρων ταχυτήτων τού ανέμου

Θεωρώντας τις 8760 ώρες του χρόνου σε μία θέση και στο ύψος των μετρήσεων μπορούμε να ορίσουμε μία σχέση της οποίας κάθε σημείο δείχνει τον αριθμό των ωρών του χρόνου που θα έχουμε υπέρβαση μίας ωριαίας ταχύτητας (αθροιστική καμπύλη). Εάν αντί για τον αριθμό των ωρών έχουμε το ποσοστό αυτό στις ώρες του χρόνου τότε η παραγόμενη καμπύλη είναι καμπύλη ταχύτητας-συχνότητας. Η τελευταία είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη ως βάση για την στατιστική ανάλυση του αιολικού δυναμικού της υπό έλεγχο θέσης.

2.1.2 Ετήσια καμπύλη συχνότητας

Η καμπύλη αυτή προκύπτει από την προηγούμενη και δίνει την διάρκεια των ωρών τού χρόνου που η μέση ωριαία ταχύτητα του ανέμου βρίσκεται μέσα σε ορισμένα όρια (π.χ. 4 -5 m/sec). Αυτή η διάρκεια προκύπτει από την διαφορά των ωρών που αντιστοιχούν στα 4 m/sec και 5 m/sec. Την διάρκεια αυτή την αντιστοιχούμε στα 4.5 m/sec. Σε γενικές γραμμές αυτή η καμπύλη παρουσιάζει ένα ή δύο μέγιστα. Η χρησιμοποιούμενη συνήθως διαμέριση δίδει διαφορά ορίων 1 m/sec.

2.1.3 Ανηγμένη πιθανότητα

Η καμπύλη αυτή προκύπτει από την προηγούμενη και ορίζει την τιμή της πιθανότητας που φέρει το μοναδιαίο μέγεθος μέτρησης της ταχύτητας εντός ορισμένων ορίων. Προκύπτει με διαίρεση της πιθανότητας που έχουν να εμφανισθούν ταχύτητες εντός ορισμένων ορίων ταχύτητας ως προς την διαφορά των ορίων αυτών.

2.1.4 Πεδίο πιθανότητας

Είναι το σύνολο των ταχυτήτων που περικλείονται εντός ορισμένων ορίων σε διάφορα ύψη αναφοράς και έχουν ίση πιθανότητα εμφάνισης, τα όρια αυτά συνδέονται δε με τον εκθετικό νόμο κατανομής ταχύτητας καθ' ύψος το Prandtl.

2.2 Μεταβολή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας

Γιά τον υπολογισμό της μεταβολής αυτής χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις :

$$V_{hmax} = V_{h0max} \left(\frac{h}{h_0} \right)^d \quad 2.2.1$$

$$V_{hmin} = V_{h0min} \left(\frac{h}{h_0} \right)^d \quad 2.2.2$$

$$\int_{V_{h0min}}^{V_{h0max}} f_{h0} dV = \int_{V_{hmin}}^{V_{hmax}} f_h dV \quad 2.2.3$$

$$F_{Vh} = \int_{V-d/2}^{V+d/2} f_h dV. \quad 2.2.4$$

Για πεδία πιθανότητας ισχύει:

$$f_{h0} (V_{h0max} - V_{h0min}) = f_h (V_{hmax} - V_{hmin}) \quad 2.2.5$$

$$l = \left(\frac{h}{h_0} \right)^d \quad 2.2.6$$

$$f_h = \frac{f_{h0}}{l} \quad 2.2.7 \quad 14$$

Οι σχέσεις από (2.2.1) έως (2.2.4) αποτελούν τις γενικές εκφράσεις με τη βοήθεια των οποίων μπορούμε να επιλύσουμε οποιαδήποτε διανομή πυκνότητας πιθανότητας. Οι σχέσεις από (2.2.5) έως (2.2.7) αποτελούν ειδικές περιπτώσεις των (2.2.3) και (2.2.4) και τυγχάνουν εφαρμογής σε πεδία πιθανότητας όπως αυτά περιγράφονται στην Παρ.2.1.4. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται αυτή η περίπτωση, δηλαδή του να εκφράζεται η διανομή πυκνότητας πιθανότητας με σταθερή την συνάρτηση ανηγμένης κατανομής της πιθανότητας, όπου οι εντός του πεδίου ταχύτητες είναι ισοπίθανες.

2.2.1 Διαδικασία εύρεσης της διανομής πυκνότητας πιθανότητας

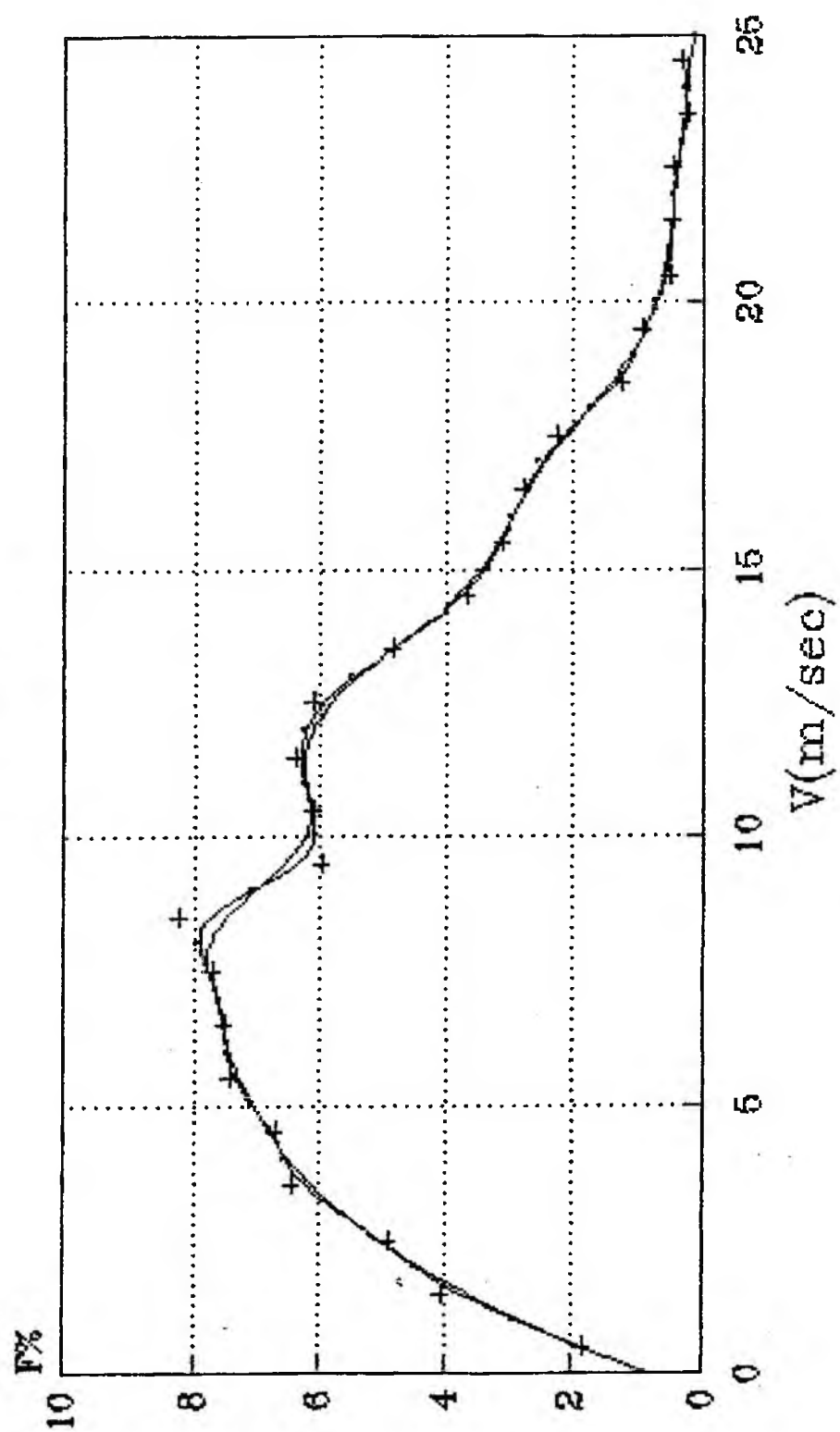
Στην παρούσα εργασία ζητείται να υπολογισθεί η διανομή πυκνότητας πιθανότητας σε ύψος h έχοντας γνωστή την αντίστοιχη διανομή στο ύψος αναφοράς συνήθως αυτό των 10 m. Για να υπολογισθεί το ζητούμενο θα πρέπει να θεωρήσουμε έναν εκθετικό συντελεστή που να περιγράφει την κατά το ύψος διανομή της ταχύτητας. Η θεώρηση του ισοπίθανου πεδίου είναι αναγκαστική μιας και από τα πειραματικά δεδομένα δεν μπορούμε να συνάγουμε συμπέρασμα για το αν η διανομή της ανηγμένης πιθανότητας είναι άλλου τύπου π.χ. Gauss ή Poisson. Η διανομή που ζητείται βρίσκεται ως ακολούθως :

Από τις πειραματικές μετρήσεις σε ύψος 10 m παίρνουμε την ετήσια καμπύλη συχνότητας. Μια τέτοια καμπύλη παρουσιάζεται στο Σχ.2.1. Από αυτήν και με θεωρούμενη διαμέριση $d=1$ m/sec (εύρος διαστημάτων ταχύτητας) βρίσκουμε το άνω και κάτω όριο του πεδίου πιθανότητας δηλαδή το $V_{h\max}$ και $V_{h\min}$. Ακολούθως υπολογίζουμε την ανηγμένη πιθανότητα εμφάνισης του πεδίου. Εδώ επειδή τυγχάνει η διαμέριση να ισούται με την μονάδα μέτρησης της ταχύτητας να έχουμε το φαινόμενο ταύτισης αριθμητικά της ολικής πιθανότητας με την ανηγμένη. Βεβαίως τα δύο μεγέθη έχουν διαφορετικές μονάδες. Αντιστοιχίζουμε την τιμή αυτή με τον αριθμητικό μέσο του άνω και κάτω ορίου ταχύτητας του πεδίου.

Με την βοήθεια των (2.2.1) και (2.2.2) υπολογίζουμε το άνω και κάτω όριο του πεδίου σε ύψος h . Προκύπτει έτσι ένα νέο διάστημα ταχυτήτων σε ύψος h το οποίο έχει την ίδια ολική πιθανότητα εμφάνισης με αυτό σε ύψος 10 m. Ακολούθως με τις (2.2.6) και (2.2.7) υπολογίζεται η ανηγμένη πιθανότητα του πεδίου. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα πεδία της διανομής. Τώρα αν διατηρήσουμε την διαμέριση σταθερή και σε συνδυασμό με την (2.2.4) έχουμε ότι η ολική πιθανότητα να εμφανιστεί μια ταχύτητα ισούται με :

$$F_v = \int_{v-0,5}^{v+0,5} f_h dv$$

$$F=f(v)$$

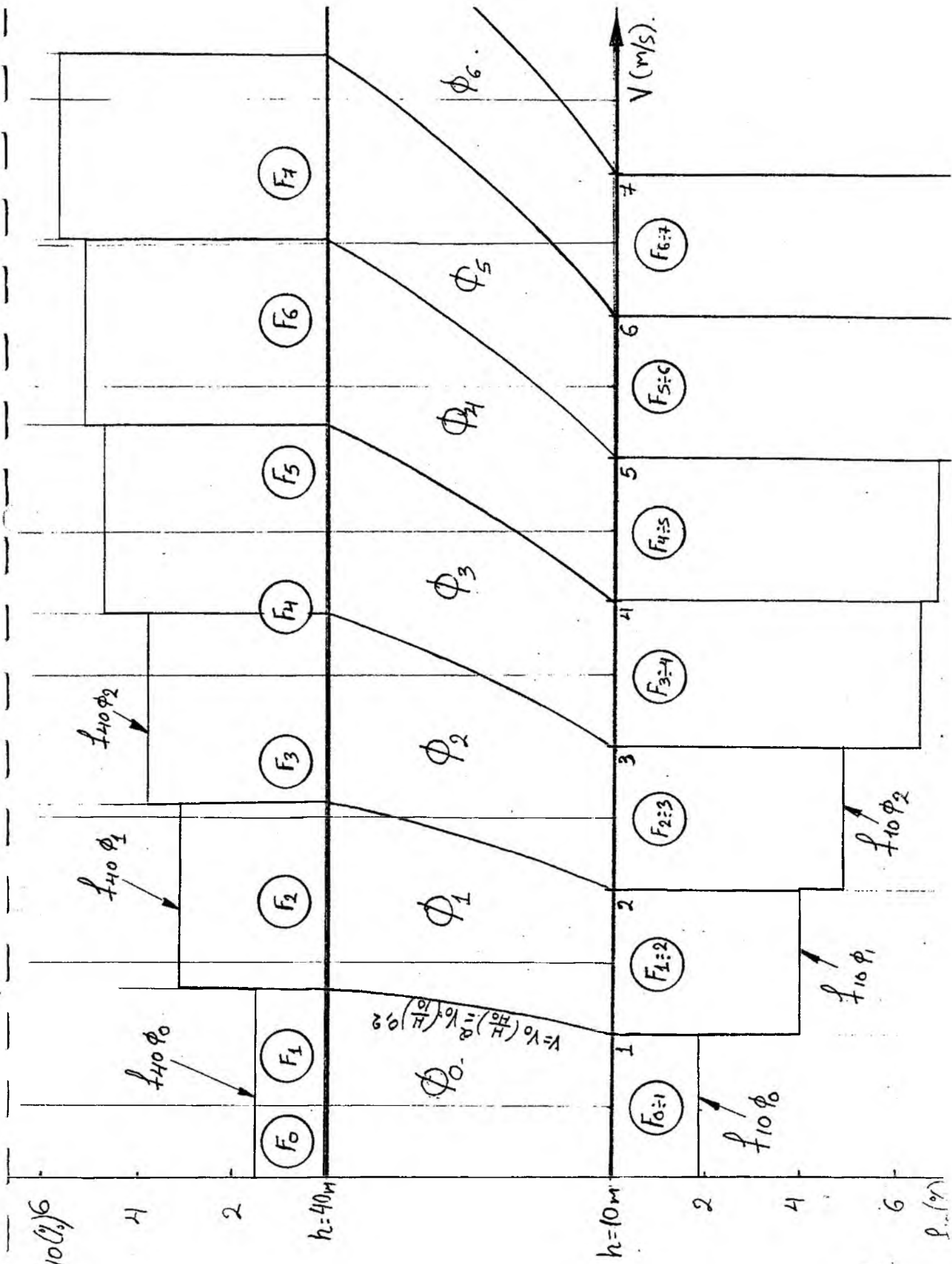


— $h=10T_h$ —+— $h=10 \exp$

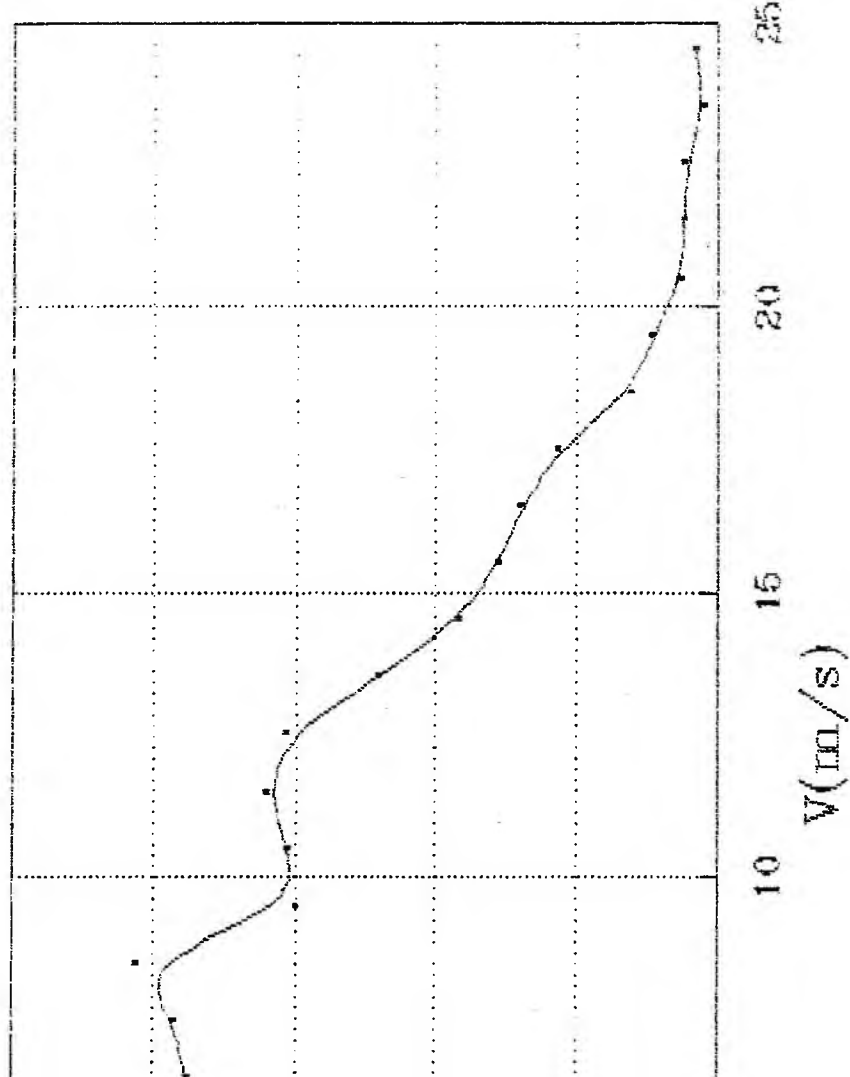
KALIVARI ANDROY $h=10m$

$\Sigma \chi^2$

Πρακτικά αυτή η σχέση λέει ότι η ολική πιθανότητα να εμφανιστεί μια ταχύτητα V ισούται με την επιφάνεια που περιορίζεται από τις κατακόρυφες $V_1=V-0.5$ m/sec , $V_2=V+0.5$ m/sec την $f_h=f_h(V)$ και την $f_h=0$. Εάν υπολογισθεί αυτή η επιφάνεια για όλες τις ταχύτητες που εμφανίζονται σε ύψος h τότε έχει υπολογισθεί η ζητούμενη διανομή πυκνότητας πιθανότητας. Σχηματικά η εργασία παρουσιάζεται στο Σχ.2.2. Επειδή όλη αυτή η εργασία είναι επίπονος και κουραστική γράφθηκε το πρόγραμμα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α το οποίο αντιμετωπίζει αυτό το θέμα στην υπορουτίνα *dianomh*. Για έλεγχο της ορθότητας της διαδικασίας υπολογίσθηκε η ετήσια καμπύλη συχνότητας για ύψος 10 m του Σχ.2.1 όπου και φαίνεται το αποτέλεσμα του υπολογισμού αυτού. Στα σχήματα 2.3 , 2.4 , 2.5 φαίνονται οι ετήσιες καμπύλες συχνότητων των περιοχών που μελετήθηκαν και οι οποίες θεωρούνται σαν υψηλού , μέσου και χαμηλού αιολικού δυναμικού. Τέλος τα σχήματα 2.6 έως 2.10 παρουσιάζουν διάφορες διανομές που μας βοηθούν να κατανοήσουμε το τρόπο μεταβολής της διανομής πυκνότητας πιθανότητας με το ύψος και τον εκθετικό συντελεστή.

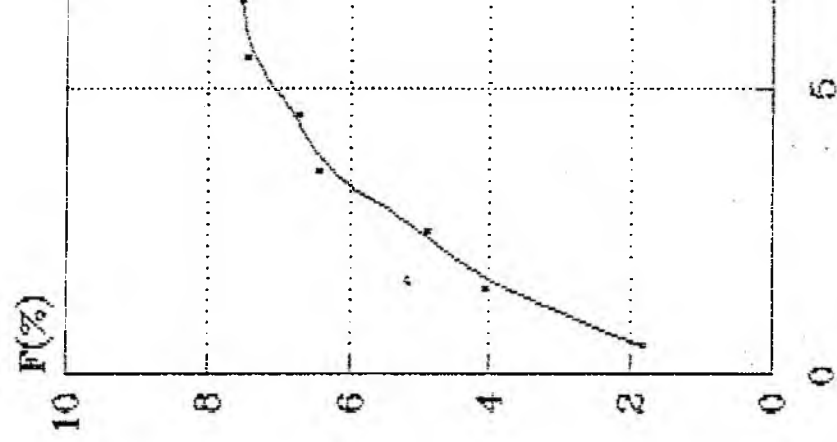


$$F=f(v)$$



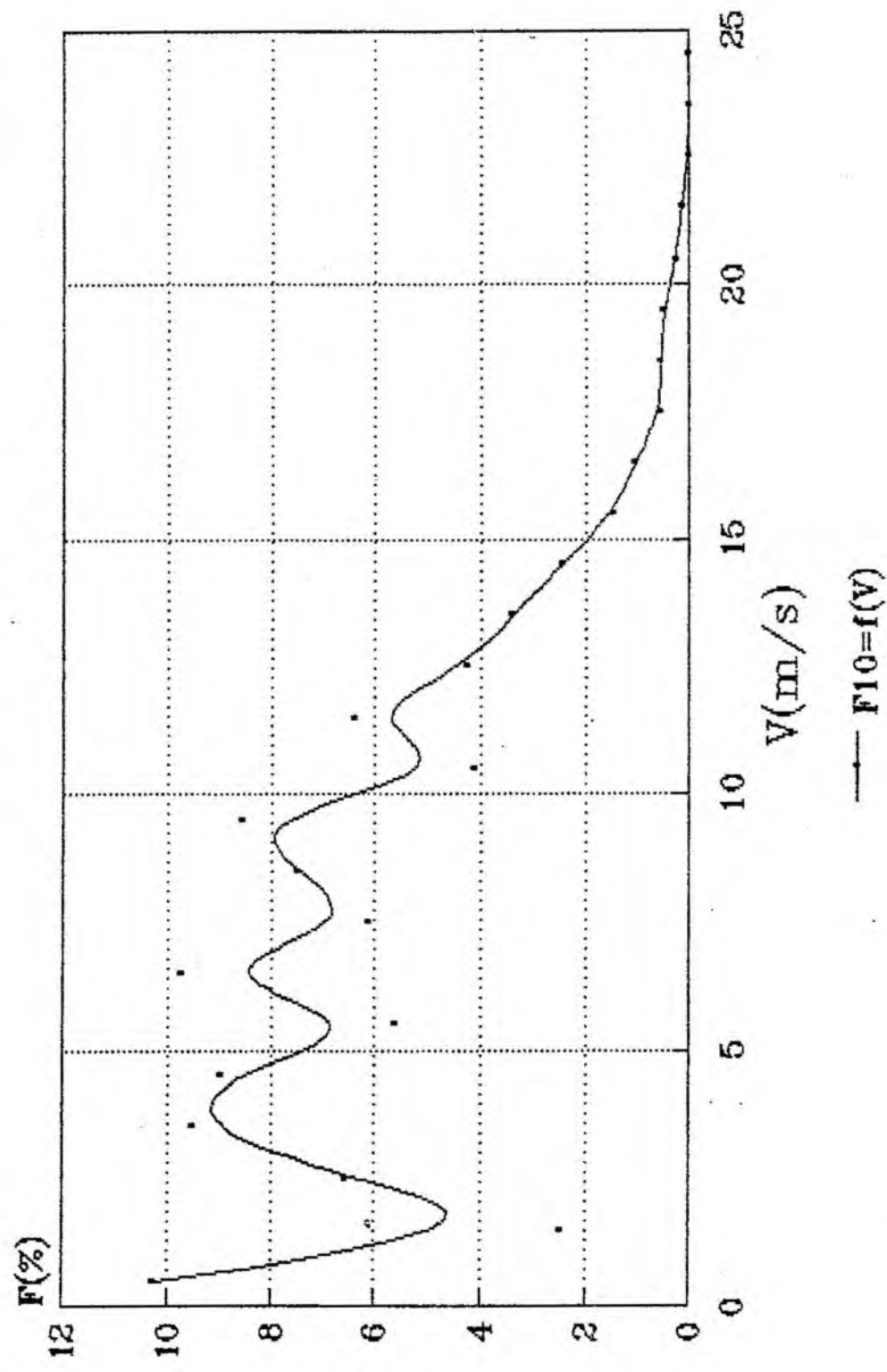
$$F10=f(v)$$

ΣX.23



KALIVARI ANDROY

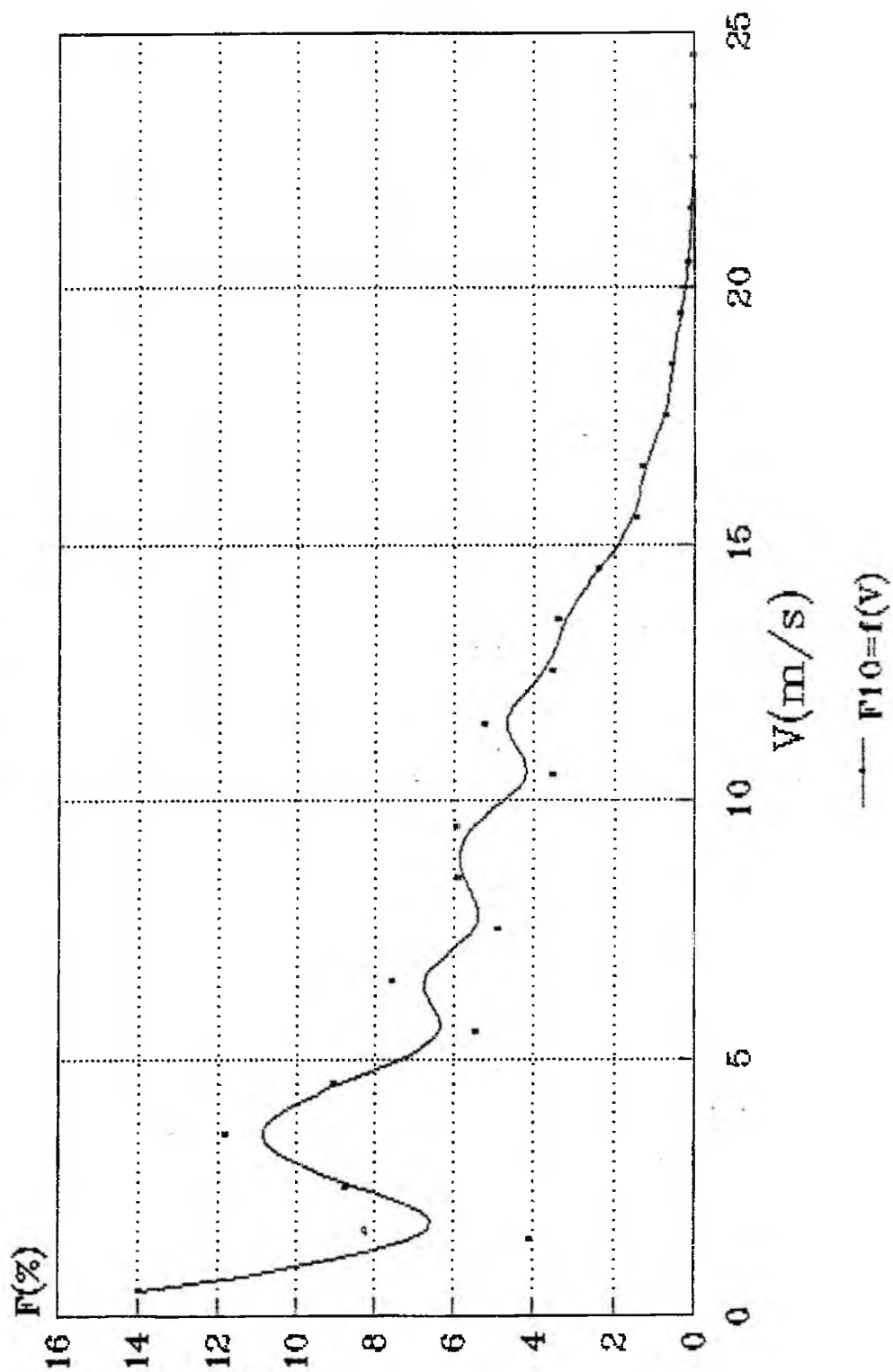
$$F=f(v)$$



STELIDA NAXOY

ΣΧ.24

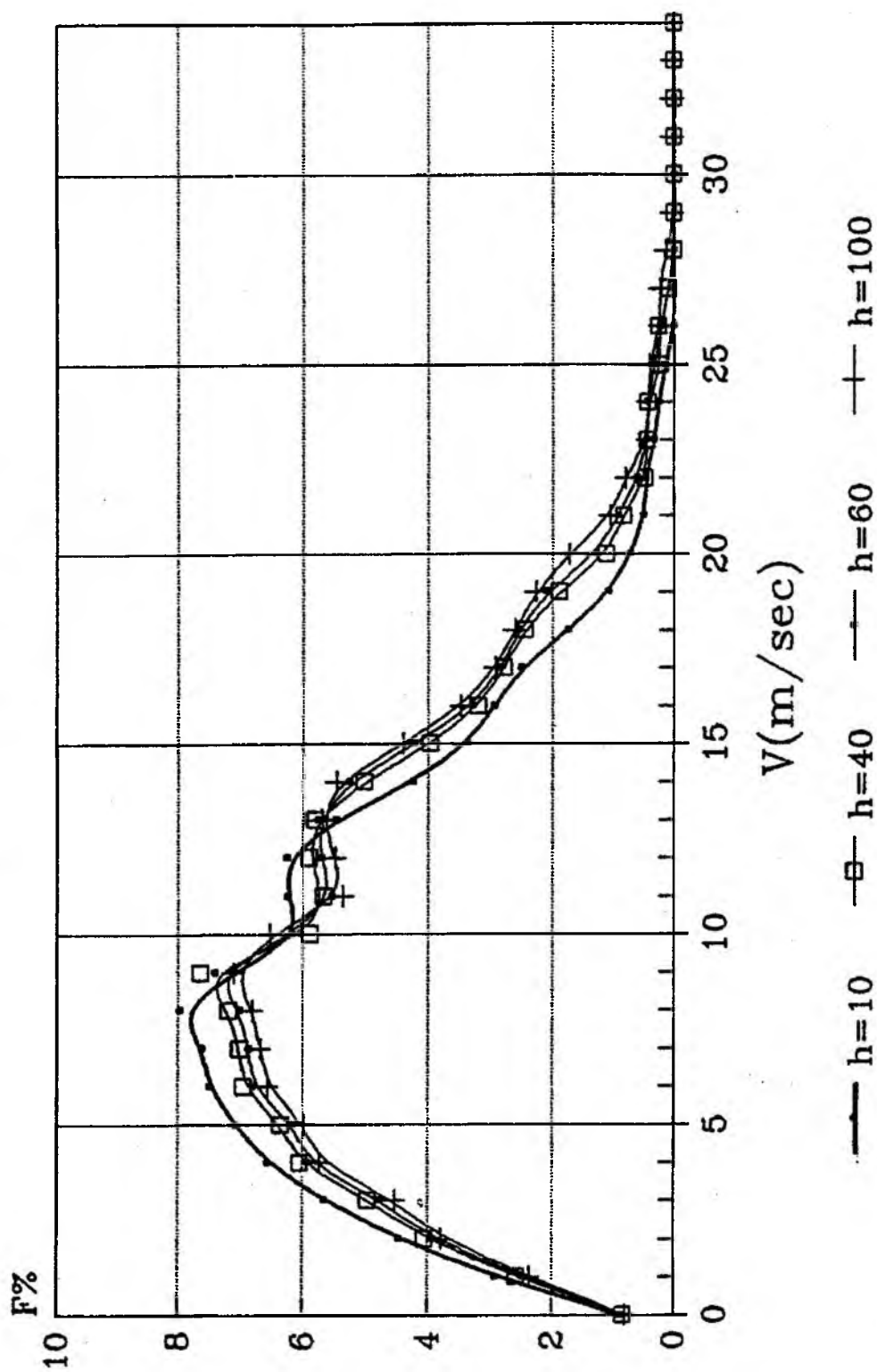
$$F=f(V)$$



KYTHNOS

$\Sigma X.2.5$

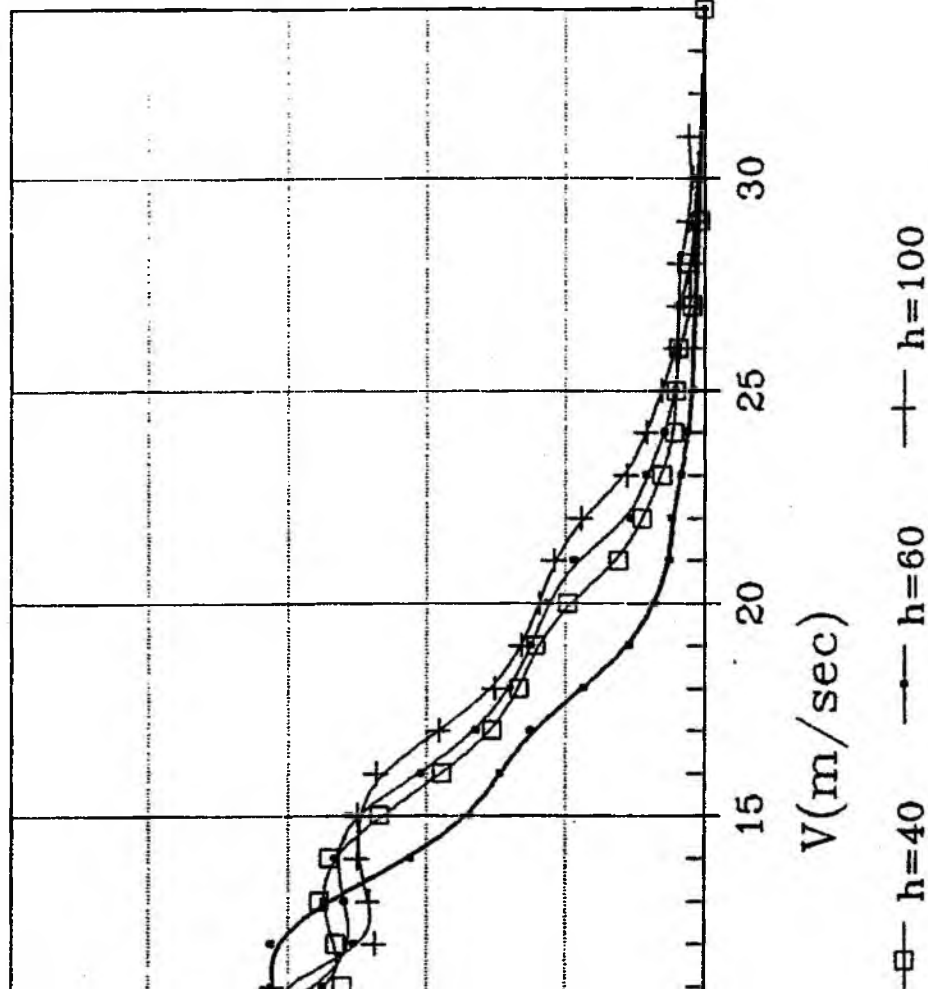
$$F=f(v,h)$$

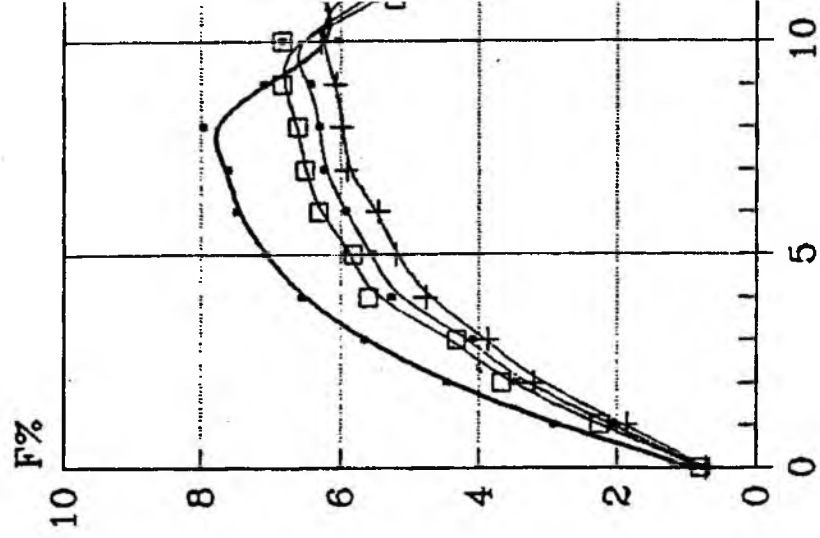


KALIVARI ANDROY $a=0.05$

$\Sigma \chi^2.6$

$$F=f(v,h)$$

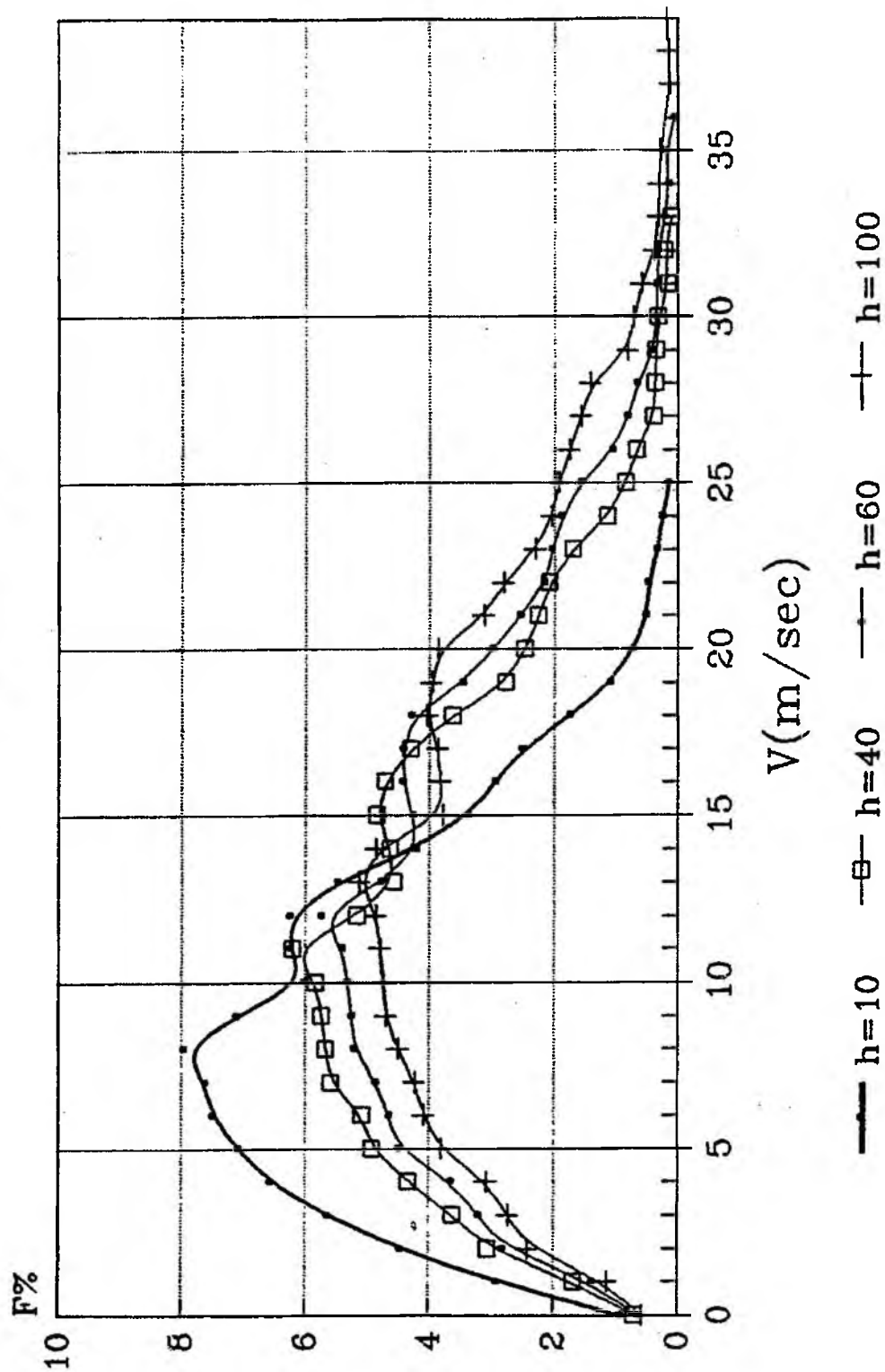




— $h=10$

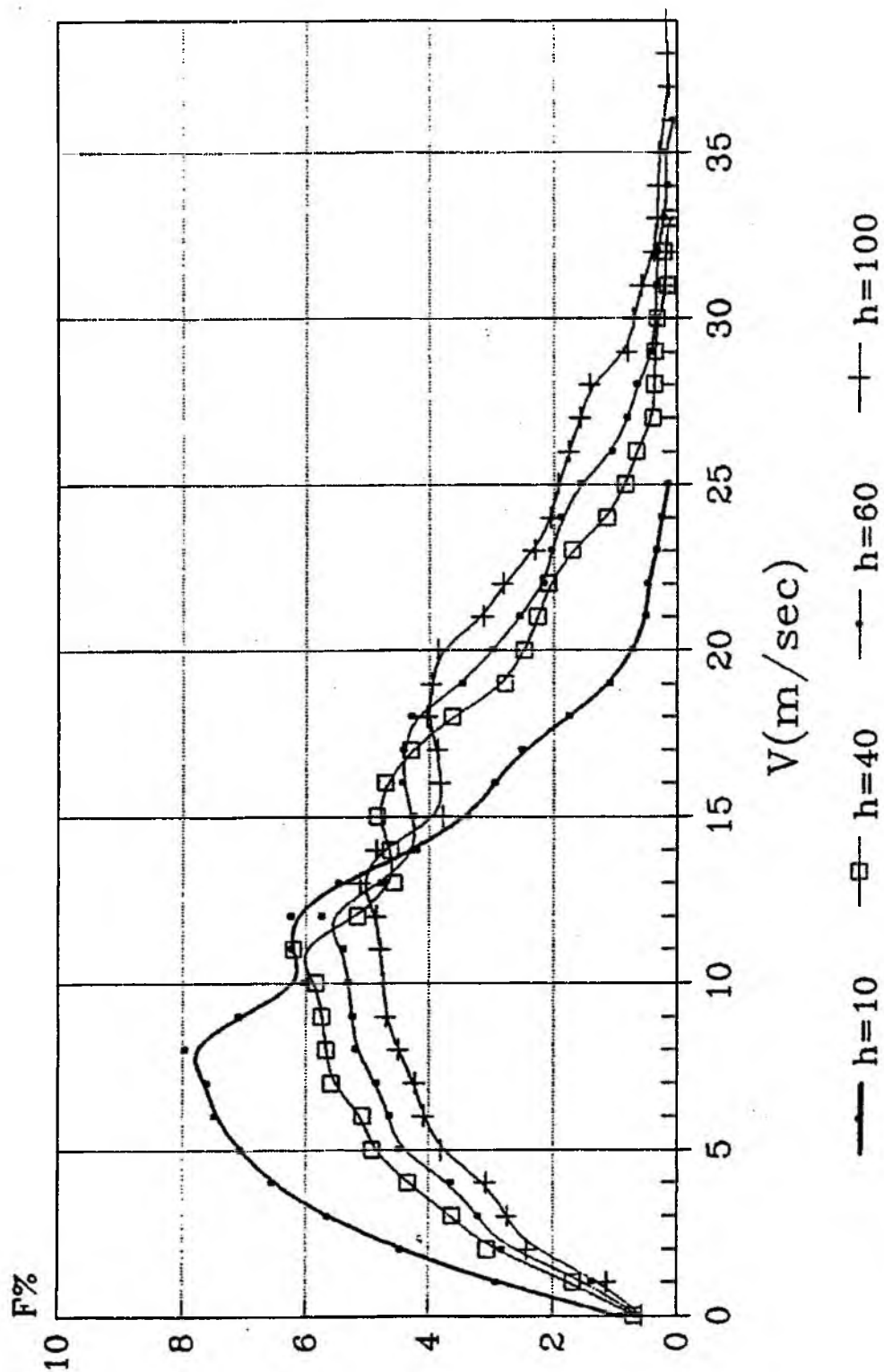
KALIVARI ANDROY $a=0.10$

$$F=f(v, h)$$



KALIVARI ANDROY $a=0.20$

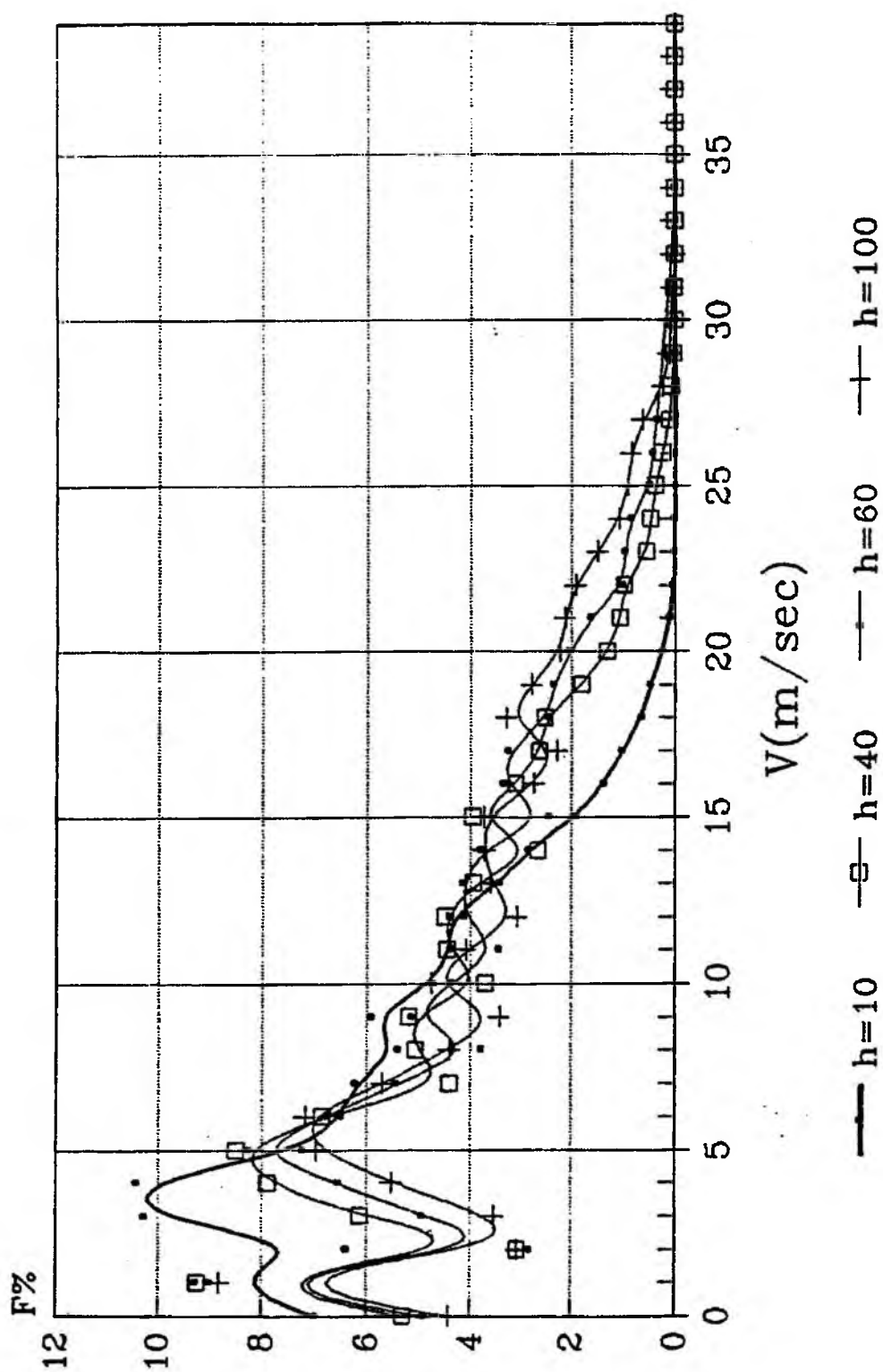
$$F=f(v,h)$$



KALIVARI ANDROY $a=0.30$

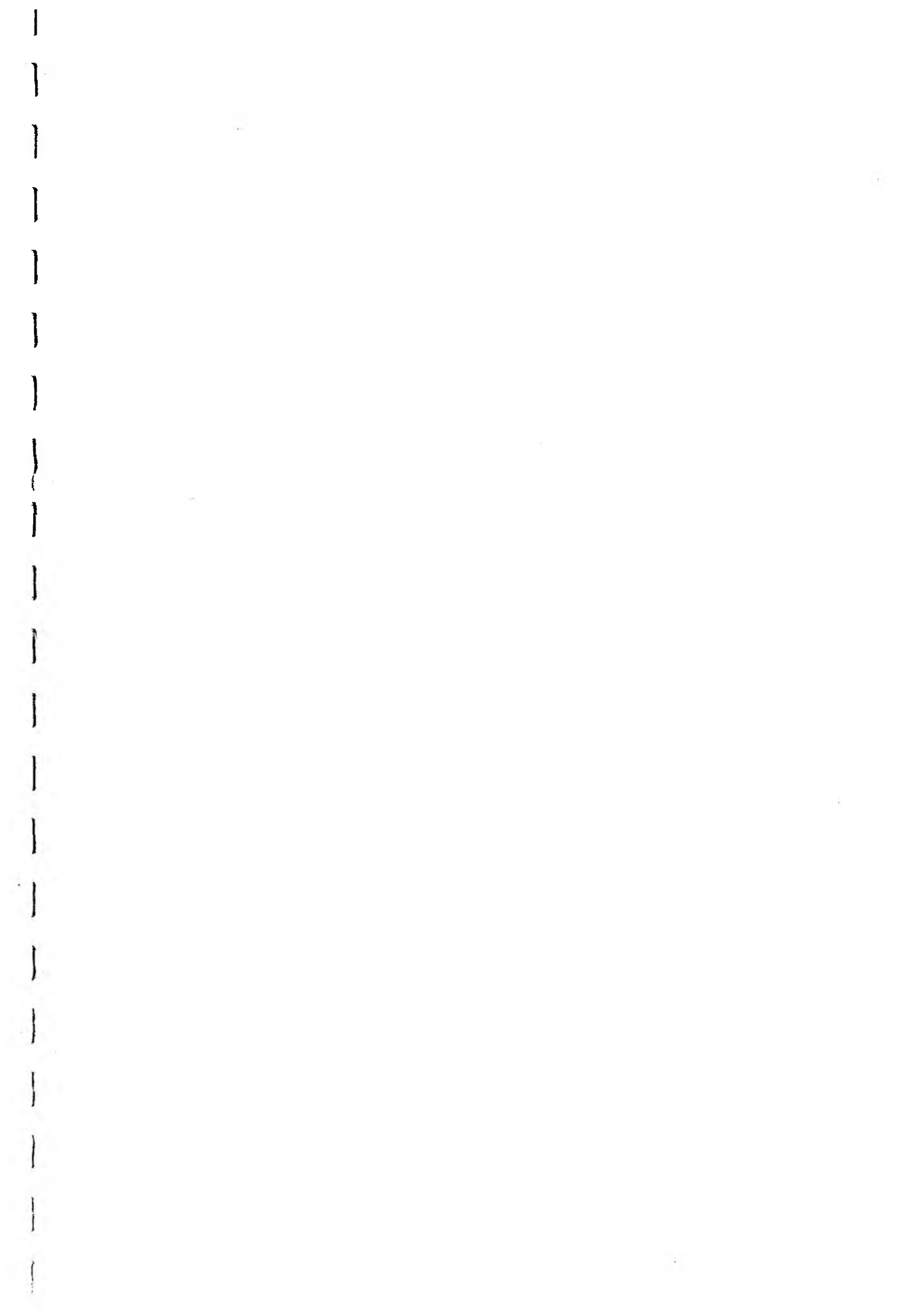
$\Sigma \chi^2.9$

$$F=f(v,h)$$



KYTHNOS $a=0.30$

$\Sigma \dot{X} 2.10$



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υπολογισμός μέσου συντελεστή ισχύος

Παρά το γεγονός ότι ο άνεμος είναι ένα εξαιρετικά μεταβλητό μέγεθος, εν τούτοις η ετήσια παραγωγή ισχύος από ένα ζεύγος αιολικού δυναμικού - ανεμογεννήτριας είναι σχεδόν σταθερή. Έτσι εισήχθηκε η έννοια του μέσου συντελεστή ισχύος " ω " για να γίνει κατορθωτή αφενός μεν η εκτίμηση μίας αιολικής εγκατάστασης, αφετέρου δε να υπολογισθεί η μέση ετησίως παραγόμενη ενέργεια.

3.1 Μέσος συντελεστής ισχύος

Σκοπός στο παρών τμήμα της εργασίας είναι ο αξιόπιστος υπολογισμός του μέσου συντελεστή ισχύος μίας αιολικής εγκατάστασης. Μία Α/Γ ονομαστικής ισχύος N_0 είναι σίγουρο ότι δεν έχει συμπεριφορά μηχανής συνεχούς λειτουργίας π.χ. μηχανής Diesel, ιδίας ονομαστικής ισχύος αλλά συμπεριφέρεται σαν μηχανή συνεχούς λειτουργίας ονομαστικής ισχύος $\omega \cdot N_0$ σε ετήσια βάση. Τότε η ετήσια παραγωγή ενέργειας θα δίνεται από την :

$$E = 8760 \cdot \omega \cdot N_0 \cdot \Delta \quad 3.1.1$$

όπου 8760 είναι οι ώρες του χρόνου και Δ η διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητή η μεγάλη σημασία του μέσου συντελεστή ισχύος του οποίου η ακριβής τιμή είναι συνάρτηση του τοπικού αιολικού δυναμικού και των λειτουργικών χαρακτηριστικών της εξεταζόμενης Α/Γ. Η τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\omega = \int_{v_c}^{v_F} \frac{N}{N_0}(v) \cdot F(v) dv \quad 3.2.2$$

Ο αξιόπιστος υπολογισμός του μέσου συντελεστή ισχύος είναι καθοριστικής σημασίας για την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Πάραυτα οι προτεινόμενες από τη βιβλιογραφία τιμές κυμαίνονται από 0.20 έως 0.60 γεγονός που φανερώνει το πόσο μεταβλητός είναι αυτός ο συντελεστής αλλά και τη δυνατότητα για βελτίωση των τιμών που λαμβάνει με

κατάλληλη επιλογή ανεμογεννήτριας για την περιοχή εγκατάστασης.

3.2 Υπολογισμός μέσου συντελεστή ισχύος

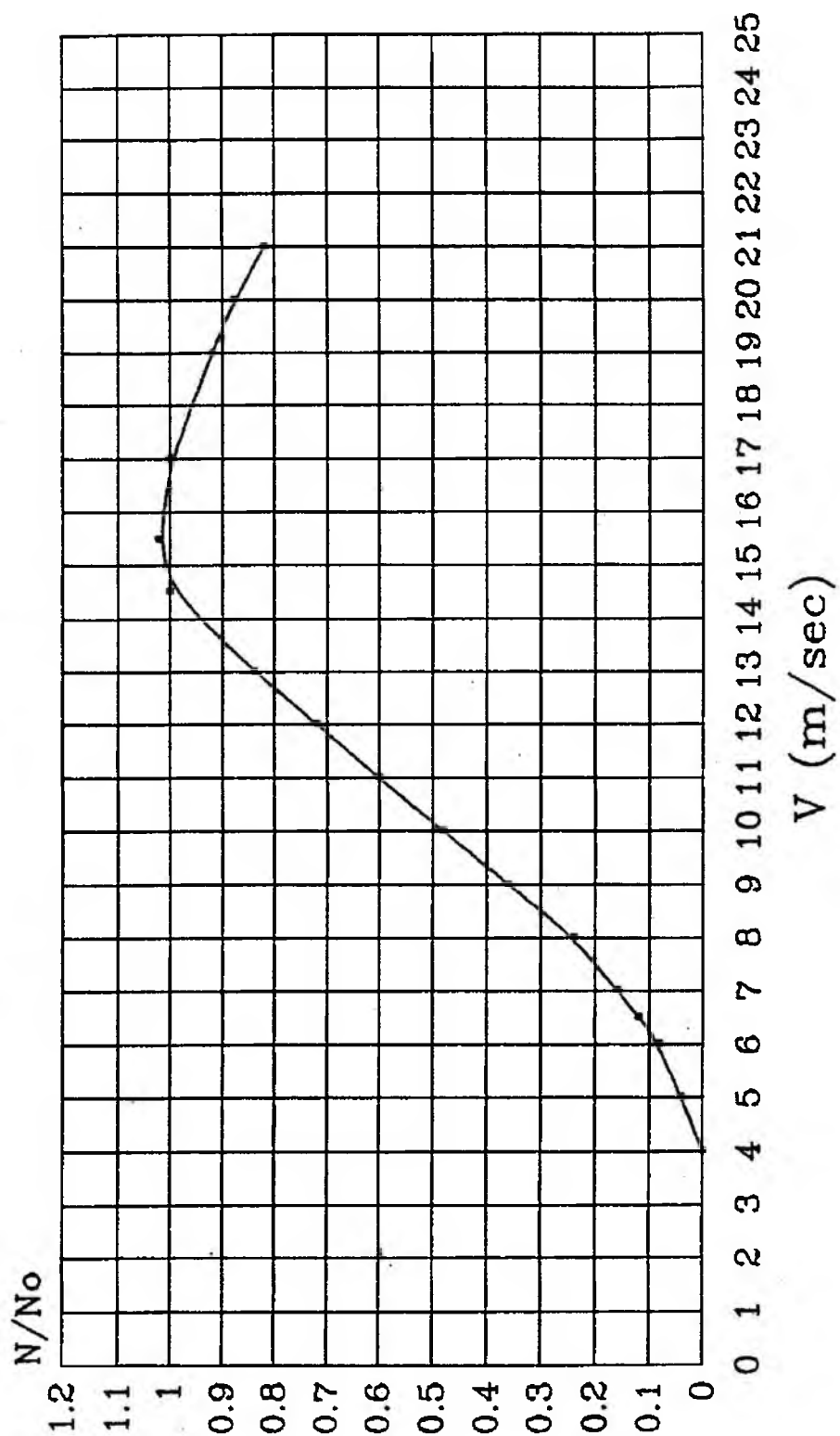
Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή ισχύος δεν έχουμε να κάνουμε τίποτα περισσότερο από το να επιλύσουμε τη σχέση (3.2.2). Έτσι παίρνουμε τις χαρακτηριστικές των ανεμογεννητριών όπως εικονίζονται στα σχήματα 3.1 έως 3.4 και για τις ταχύτητες μεταξύ της ταχύτητας έναρξης και της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας της μηχανής φτιάχνουμε τα γινόμενα ($N/N_o(V) \cdot F(V)$). Η αριθμητική ολοκλήρωση π.χ. με τη μέθοδο SIMPSON των γινομένων θα δώσει την τιμή του ω . Η τιμές των $F(V)$ υπολογίζονται με βάση το κεφάλαιο 2 και τις τιμές των πινάκων 3.1 έως 3.3. Συνεπώς μπορούμε να έχουμε την τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος για όποιο ζεύγος αιολικού δυναμικού και ανεμογεννήτριας θέλουμε σε οποιοδήποτε ύψος με όποιο εκθετικό συντελεστή εμείς θέλουμε.

Στο Σχ.3.5 βλέπουμε τη μεταβολή της πιθανότητας που εμφανίζει το διάστημα ταχυτήτων μεταξύ V_c και V_z για διάφορα ύψη τοποθέτησης μεταβολή που θα επηρεάσει και την τιμή του συντελεστή ισχύος.

Ο υπολογισμός του συντελεστή ισχύος γίνεται από την υπορουτίνα ωs του προγράμματος του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α. Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα που έδωσε το πρόγραμμα για τους συνδυασμούς που αναγράφονται στους πίνακες 3.4 έως 3.15 ενώ οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις φαίνονται στα σχήματα 3.6 έως 3.29.

Εδώ θα πρέπει να πούμε λίγα πράγματα για το κριτήριο επιλογής Α/Γ και περιοχών. Η σημερινή τάση της αγοράς είναι για μηχανές της τάξης των 250 kW. Άρα έχουμε μία τιμή προσανατολισμού για το μέγεθος των μηχανών που θα πρέπει να εξετάσουμε. Ακόμη για λόγους σφαιρικής κάλυψης του θέματος θα πρέπει να μελετήσουμε κάποιες μηχανές που να έχουν κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των οποίων η μορφή απορρέει από τον τρόπο ελέγχου των στροφών. Οι παρακάτω μηχανές ικανοποιούν αυτές τις προϋποθέσεις : η WINDMASTER μηχανή με pitch control , η MICON M250 μηχανή με stall control , η DANMARK 25 παρουσιάζεται με χαρακτηριστικά και των δύο τύπων ενώ η NEDWIND 25 παρουσιάζει μεταβατική μόνον περιοχή αν και ξεπερνά για $V=V_F$ την ονομαστική της ισχύ κατά 20%. Περισσότερα στοιχεία μπορεί κάποιος να πάρει από το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε. Τέλος θα πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι οι περιοχές που επιλέχθηκαν είναι αντιπροσωπευτικές υψηλού , μέσου και χαμηλού αιολικού δυναμικού και σαν τέτοιες καλύπτουν τη σφαιρική κάλυψη του αντικειμένου.

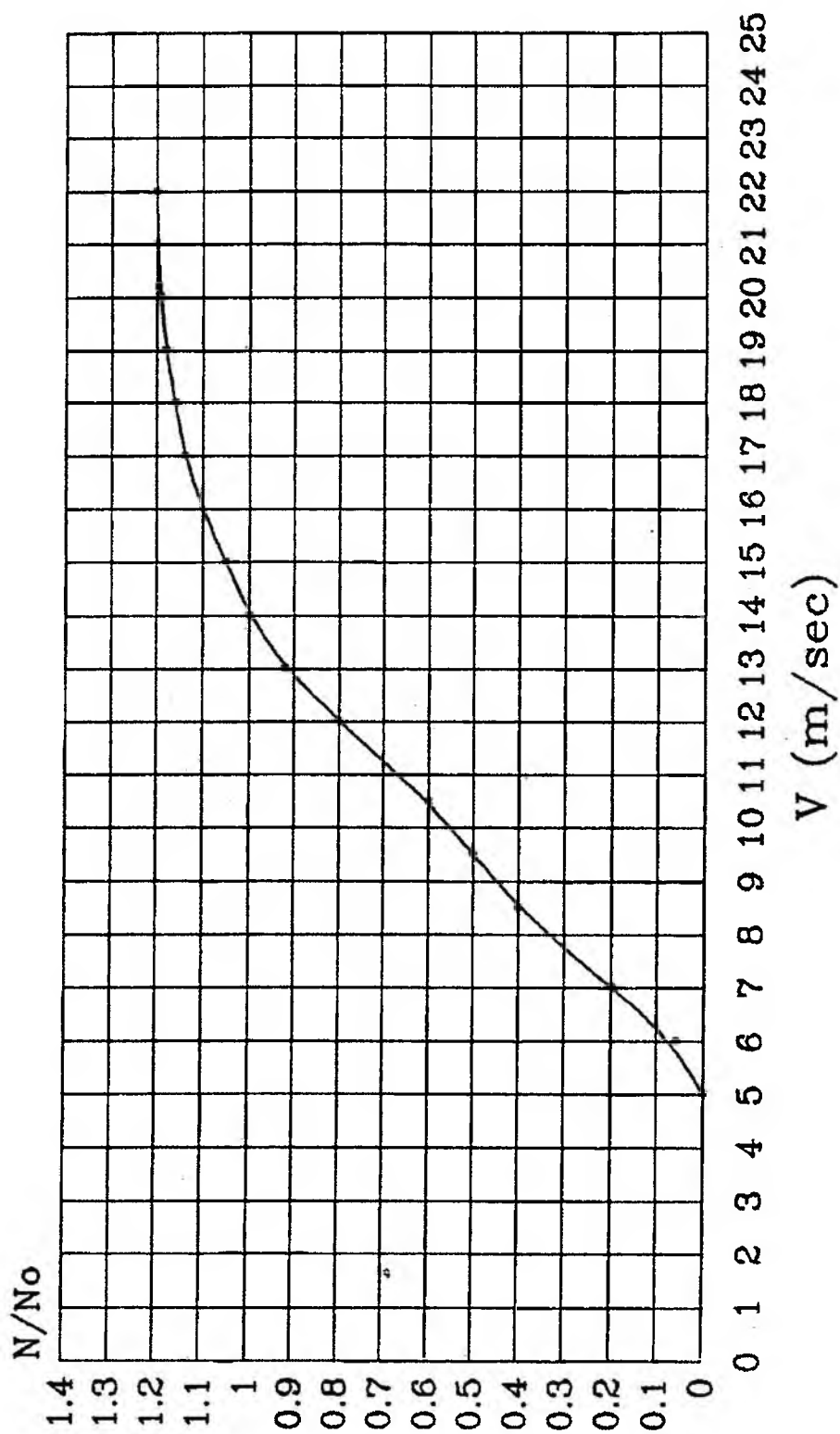
MICON M250



— $N/N_o = f(V)$

$\Sigma \chi.3.1$

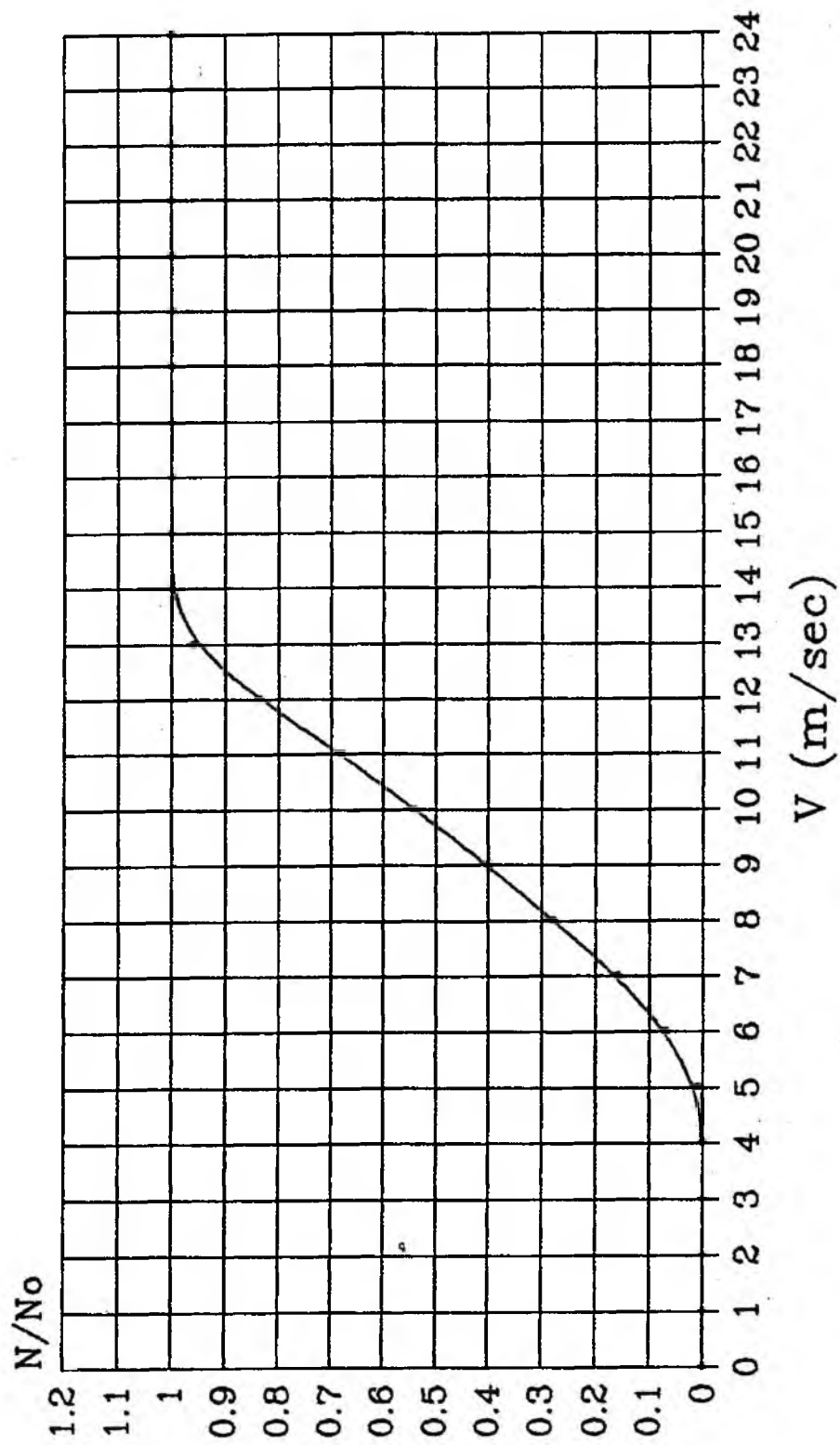
NEDWIND 25



— $N/N_o = f(V)$

$\Sigma X.32$

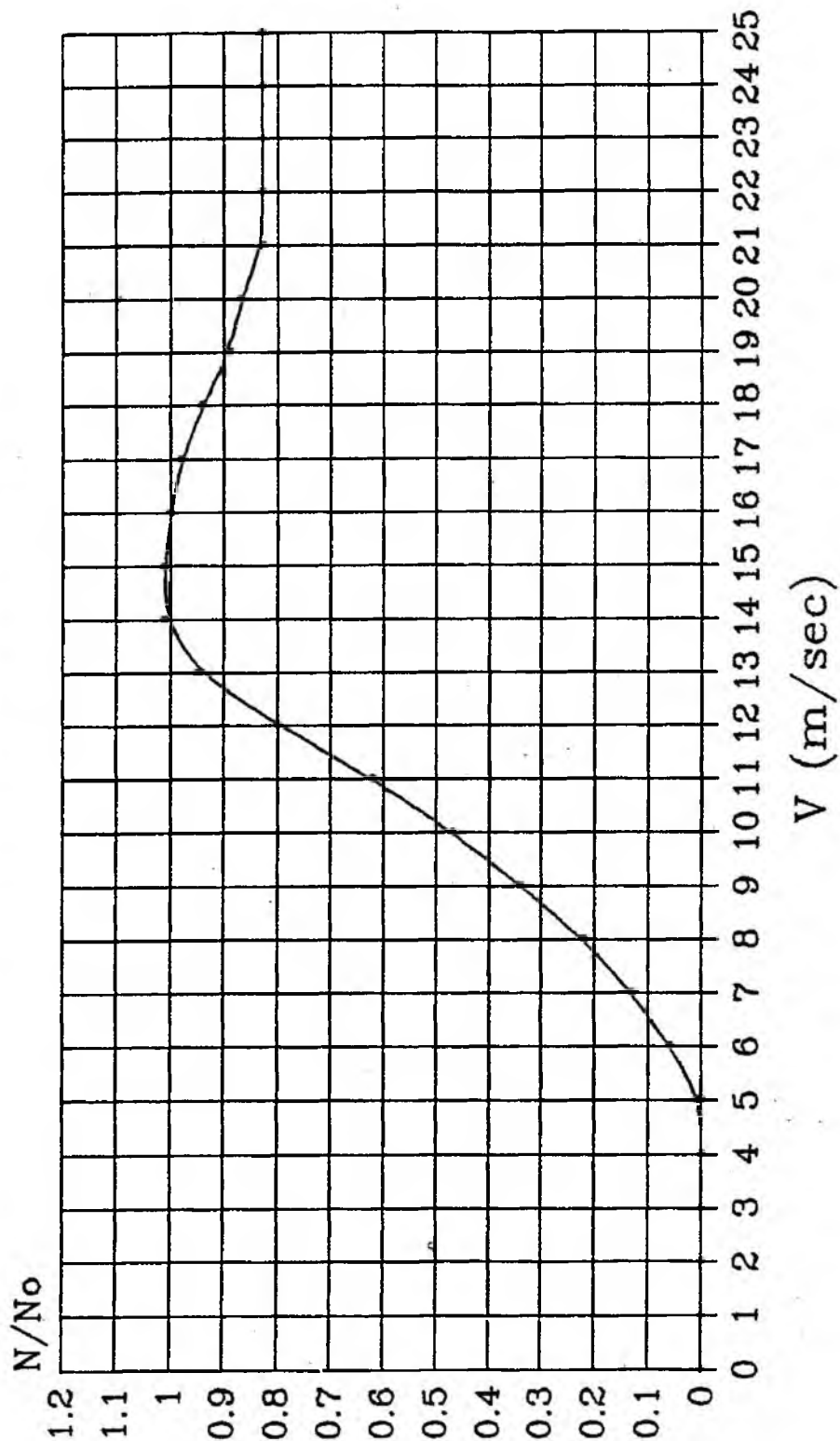
WINDMASTER



— $N/No=f(V)$

$\Sigma X.33$

DANMARK 25



— $N/N_o = f(V)$

$\Sigma X.34$

ΚΑΛΥΒΑΡΙ ΑΝΔΡΟΥ

V(m/sec)	1981	1982	1983	1984	1985	f(%)
<=1	2.4	2.5	1.9	1.3	0.9	1.80
1-2	4.0	3.5	4.4	4.2	4.1	4.04
2-3	4.3	4.0	4.8	5.6	5.7	4.88
3-4	5.8	5.6	6.5	7.1	7.1	6.42
4-5	6.6	5.4	7.1	7.6	6.8	6.70
5-6	8.3	7.1	7.4	7.0	7.4	7.44
6-7	8.1	6.9	6.9	8.2	7.5	7.52
7-8	7.5	8.0	7.3	7.9	7.8	7.70
8-9	10.4	7.0	6.9	9.2	7.6	8.22
9-10	4.2	6.0	5.9	7.6	6.2	5.98
10-11	6.4	6.1	5.7	6.2	6.1	6.10
11-12	6.4	5.9	6.6	6.6	6.5	6.40
12-13	5.8	6.0	6.9	6.0	5.9	6.12
13-14	4.8	5.0	5.2	4.3	4.8	4.82
14-15	3.9	4.0	3.4	3.5	3.5	3.66
15-16	3.1	3.6	3.2	2.4	3.2	3.10
16-17	2.6	3.4	3.0	2.1	2.8	2.78
17-18	1.8	3.2	2.0	1.5	2.7	2.24
18-19	1.0	1.9	1.1	0.9	1.3	1.24
19-20	1.0	1.4	1.0	0.3	0.9	0.92
20-21	0.4	0.9	0.7	0.2	0.4	0.52
21-22	0.4	1.0	0.6	0.1	0.3	0.48
22-23	0.5	0.8	0.6	0.1	0.3	0.46
23-24	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0.20
>=24	0.4	0.4	0.6	0.0	0.1	0.30

Πίν. 31 :

ΣΤΕΛΙΑ ΝΑΞΟΥ

V(m/sec)	1981	1982	1983	1984	1985	f(%)
<=1	8.6	11.7	11.0	11.4	8.6	10.26
1-2	3.5	2.6	1.7	1.1	3.5	2.48
2-3	7.3	5.7	6.2	6.3	7.2	6.54
3-4	9.4	9.0	10.0	9.8	9.4	9.52
4-5	8.9	9.0	8.8	9.4	8.9	9.00
5-6	6.3	5.2	4.6	5.6	6.3	5.60
6-7	10.0	9.7	9.7	9.3	10.0	9.74
7-8	5.9	6.6	5.8	6.4	5.9	6.12
8-9	8.3	6.9	6.8	7.2	8.3	7.50
9-10	8.4	8.3	8.6	9.1	8.4	8.56
10-11	5.2	3.2	3.7	3.3	5.2	4.12
11-12	6.6	5.6	6.5	6.6	6.6	6.38
12-13	3.8	4.3	4.8	4.8	3.8	4.26
13-14	3.1	3.5	3.6	3.8	3.1	3.42
14-15	2.1	2.5	3.0	2.5	2.1	2.44
15-16	1.3	1.9	1.5	1.4	1.3	1.48
16-17	0.7	1.9	1.0	1.0	0.7	1.06
17-18	0.3	1.0	0.7	0.5	0.3	0.56
18-19	0.3	0.6	0.9	0.5	0.2	0.50
19-20	0.1	0.4	0.5	0.2	0.1	0.26
20-21	0.1	0.2	0.4	0.0	0.1	0.16
21-22	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.06
22-23	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.02
23-24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
>=24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

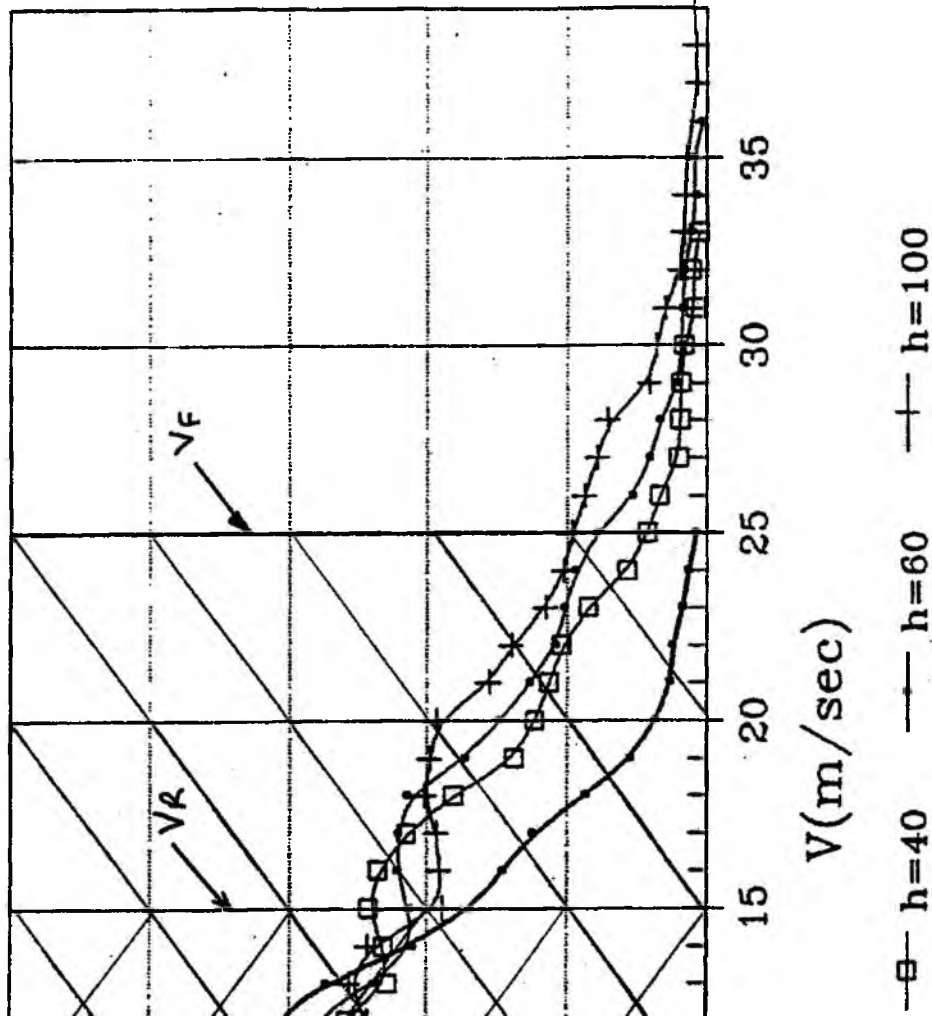
Πίν. 32

ΧΩΡΑ ΚΥΘΝΟΥ

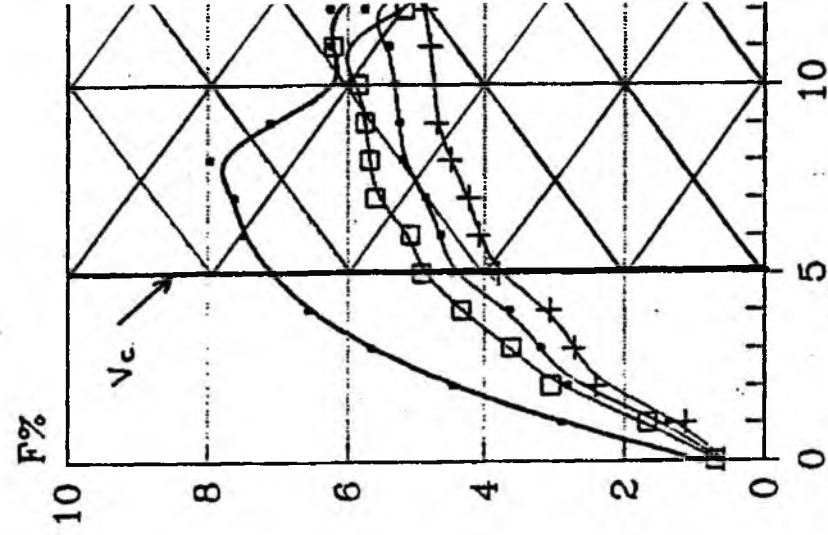
V(m/sec)	1981	1982	1983	1984	1985	f(%)
<=1	14.3	14.7	14.3	11.3	15.2	13.96
1-2	3.3	4.1	5.8	3.6	3.5	4.06
2-3	6.8	8.0	9.7	9.1	10.1	8.74
3-4	11.4	9.7	11.5	13.2	13.3	11.82
4-5	9.3	8.2	7.8	10.3	9.6	9.04
5-6	6.5	5.1	5.4	5.4	4.8	5.44
6-7	8.6	6.7	6.3	8.4	7.7	7.54
7-8	5.5	4.9	4.2	5.2	4.7	4.90
8-9	6.4	6.3	6.2	6.1	4.5	5.90
9-10	5.7	6.3	5.0	6.4	6.2	5.92
10-11	4.0	3.9	3.2	3.2	3.3	3.52
11-12	4.9	5.5	5.1	5.1	5.6	5.24
12-13	3.1	2.9	3.5	3.9	4.3	3.54
13-14	3.1	3.6	3.5	3.5	3.1	3.36
14-15	2.5	2.8	3.0	2.0	1.6	2.38
15-16	1.3	2.1	1.5	1.4	1.0	1.46
16-17	1.2	2.2	1.6	0.9	0.7	1.32
17-18	0.8	1.1	0.9	0.4	0.3	0.70
18-19	0.7	0.8	0.8	0.4	0.2	0.58
19-20	0.3	0.7	0.4	0.2	0.1	0.34
20-21	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.14
21-22	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.08
22-23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
23-24	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.02
>=24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Πλ.3.3 :

$$F=f(v,h)$$



$\Sigma \chi^2 3.5$



—•— $h=10$

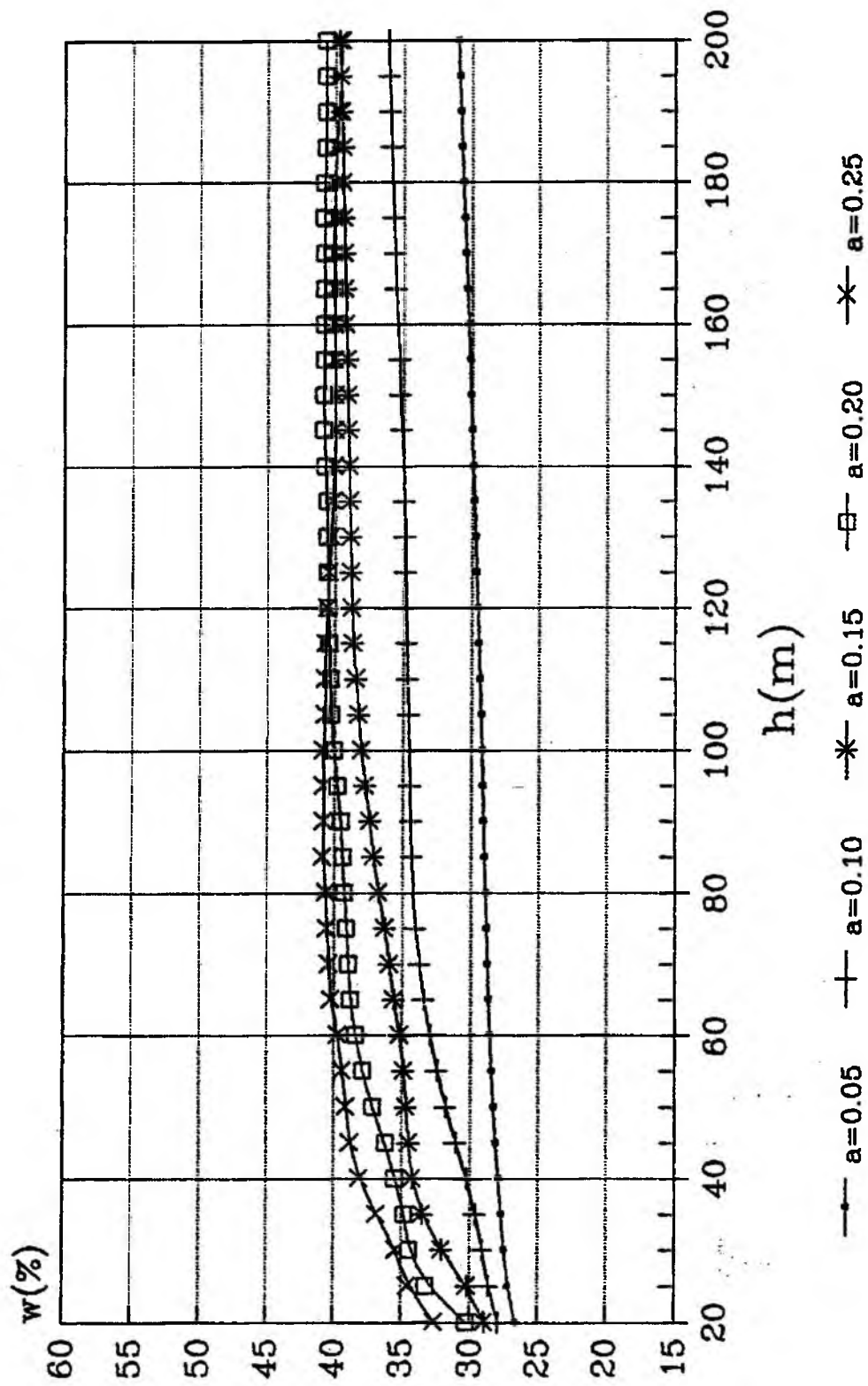
KALIVARI ANDROY $a=0.30$

Küevos - DANMARK 25

h\а	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	26.6	27.9	28.9	30.2	32.6	34.2	34.7	35.5	36.7
25	27.2	28.6	30.2	33.2	34.5	35.4	37.1	38.7	39.2
30	27.5	29.1	32.0	34.4	35.4	37.4	38.9	39.5	40.4
35	27.7	29.6	33.5	34.8	36.8	38.8	39.5	40.5	40.8
40	27.9	30.2	34.2	35.5	38.1	39.2	40.3	40.8	40.5
45	28.1	31.0	34.5	36.2	38.8	39.8	40.7	40.7	40.0
50	28.3	31.8	34.7	37.1	39.1	40.3	40.8	40.2	40.0
55	28.5	32.4	34.9	37.9	39.4	40.5	40.7	40.0	39.0
60	28.6	32.9	35.2	38.4	39.7	40.8	40.5	40.1	38.1
65	28.7	33.4	35.6	38.8	40.2	40.8	40.1	39.5	37.5
70	28.8	33.8	35.9	38.9	40.3	40.7	40.0	38.7	37.6
75	28.9	34.0	36.3	39.1	40.5	40.7	40.1	38.1	37.7
80	28.9	34.2	36.7	39.2	40.6	40.5	39.9	37.6	37.4
85	29.0	34.3	37.1	39.4	40.8	40.2	39.5	37.5	36.9
90	29.1	34.4	37.4	39.5	40.8	40.0	38.9	37.6	36.2
95	29.2	34.5	37.7	39.7	40.8	40.0	38.4	37.7	35.5
100	29.2	34.6	38.0	40.1	40.8	40.0	38.1	37.5	35.3
105	29.3	34.6	38.3	40.2	40.7	40.1	37.8	37.3	35.3
110	29.4	34.7	38.4	40.3	40.7	40.1	37.5	37.0	35.1
115	29.5	34.7	38.7	40.4	40.6	39.8	37.5	36.6	34.6
120	29.6	34.8	38.8	40.5	40.5	39.6	37.6	36.0	34.0
125	29.7	34.8	38.8	40.5	40.4	39.3	37.7	35.6	33.9
130	29.7	34.9	38.9	40.5	40.3	38.9	37.8	35.3	34.0
135	29.8	35.0	38.9	40.6	40.2	38.6	37.6	35.3	34.0
140	29.9	35.0	39.0	40.7	40.0	38.3	37.5	35.3	33.9
145	30.0	35.1	39.0	40.8	40.0	38.1	37.4	35.3	33.5
150	30.1	35.2	39.1	40.8	40.0	38.1	37.2	35.0	33.2
155	30.2	35.4	39.2	40.8	40.0	37.8	37.0	34.6	33.2
160	30.2	35.5	39.2	40.8	40.0	37.6	36.8	34.3	33.2
165	30.3	35.6	39.3	40.8	40.1	37.5	36.4	34.0	33.2
170	30.4	35.7	39.3	40.8	40.1	37.5	36.0	33.9	33.1
175	30.5	35.8	39.4	40.8	40.1	37.6	35.8	34.0	33.0
180	30.6	35.8	39.5	40.8	40.0	37.6	35.5	34.0	32.8
185	30.7	35.9	39.5	40.7	39.9	37.6	35.4	34.1	32.5
190	30.8	36.0	39.5	40.7	39.8	37.6	35.3	34.0	32.1
195	30.9	36.1	39.6	40.7	39.6	37.7	35.3	33.9	31.8
200	31.0	36.1	39.7	40.7	39.5	37.8	35.3	33.7	31.4

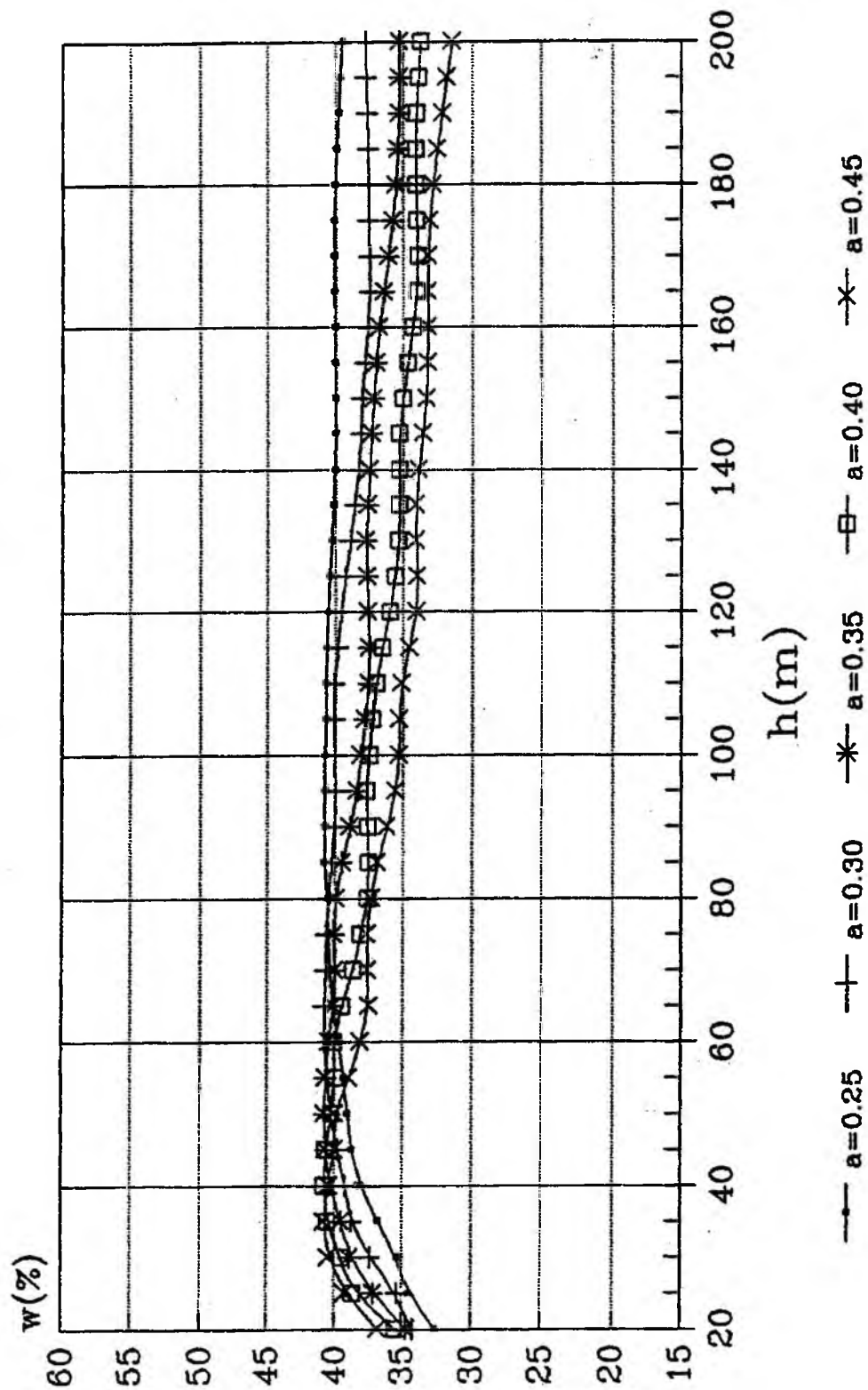
Пл.3.4

$$w=f(h,a)$$



KYENOS - DANMARK 25

$$w=f(h,a)$$



KYØNOS - DANMARK 25

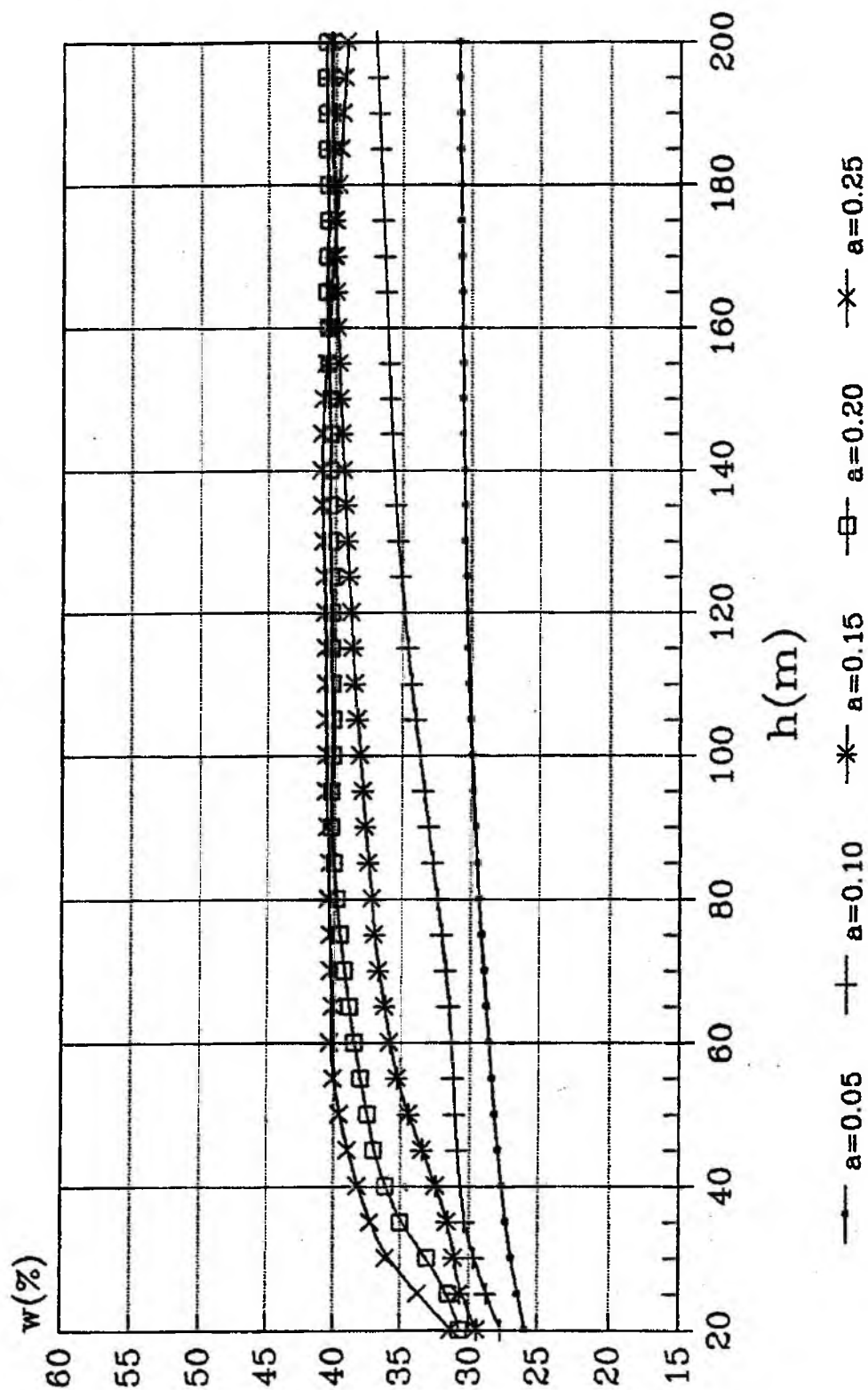
$\Sigma \chi^2 3.7$

Kúevos - WINDMASTER 250

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	25.9	27.6	29.4	30.7	31.3	32.4	34.5	36.1	37.2
25	26.4	28.7	30.6	31.5	33.7	36.1	37.5	38.7	39.8
30	26.9	29.7	31.1	33.1	36.1	37.8	39.1	40.2	40.2
35	27.3	30.3	31.5	35.0	37.2	38.9	40.2	40.2	40.6
40	27.6	30.7	32.4	36.1	38.2	39.8	40.3	40.6	40.7
45	27.9	30.9	33.4	37.0	38.9	40.3	40.4	40.7	40.9
50	28.2	31.1	34.4	37.5	39.6	40.2	40.6	40.9	39.7
55	28.4	31.2	35.3	38.0	40.0	40.4	40.7	40.8	38.8
60	28.6	31.4	35.8	38.5	40.3	40.4	40.7	39.9	38.0
65	28.8	31.5	36.2	38.9	40.1	40.6	41.0	39.1	38.1
70	29.0	31.8	36.7	39.2	40.3	40.7	40.8	38.6	37.8
75	29.2	32.1	37.0	39.6	40.3	40.7	40.2	38.1	37.2
80	29.4	32.4	37.2	39.8	40.5	40.7	39.6	38.0	36.6
85	29.5	32.7	37.5	40.1	40.4	40.9	39.1	38.0	36.0
90	29.7	33.1	37.8	40.2	40.5	41.0	38.8	37.7	35.7
95	29.8	33.4	37.9	40.3	40.6	40.9	38.4	37.3	35.5
100	29.9	33.7	38.1	40.1	40.6	40.6	38.1	36.9	34.9
105	30.0	34.1	38.4	40.1	40.7	40.2	38.0	36.5	34.1
110	30.1	34.3	38.6	40.2	40.7	39.9	38.0	36.1	33.7
115	30.2	34.6	38.7	40.3	40.7	39.5	38.1	35.8	33.8
120	30.3	34.9	38.8	40.2	40.7	39.2	37.9	35.7	33.8
125	30.4	35.1	39.0	40.3	40.8	38.9	37.7	35.6	33.7
130	30.4	35.3	39.1	40.4	40.9	38.8	37.4	35.3	33.3
135	30.5	35.5	39.3	40.5	41.0	38.5	37.1	34.8	33.1
140	30.5	35.7	39.4	40.4	41.0	38.4	36.8	34.2	33.1
145	30.6	35.8	39.5	40.4	41.0	38.1	36.6	33.7	33.3
150	30.6	35.9	39.6	40.4	40.9	38.0	36.3	33.7	33.4
155	30.6	36.0	39.7	40.5	40.7	38.0	36.0	33.7	33.2
160	30.7	36.1	39.8	40.6	40.5	38.0	35.9	33.8	33.0
165	30.7	36.2	39.9	40.7	40.3	38.1	35.8	33.9	32.6
170	30.7	36.3	40.0	40.6	40.2	38.1	35.7	33.7	32.1
175	30.8	36.5	40.1	40.6	40.0	38.0	35.7	33.5	31.7
180	30.8	36.6	40.1	40.6	39.8	37.9	35.6	33.3	31.5
185	30.8	36.7	40.2	40.7	39.6	37.8	35.4	33.1	31.3
190	30.8	36.8	40.3	40.7	39.5	37.7	35.1	33.1	31.2
195	30.9	36.9	40.3	40.7	39.3	37.5	34.8	33.1	31.1
200	30.9	37.0	40.3	40.7	39.1	37.4	34.5	33.2	30.9

Пл.3.5

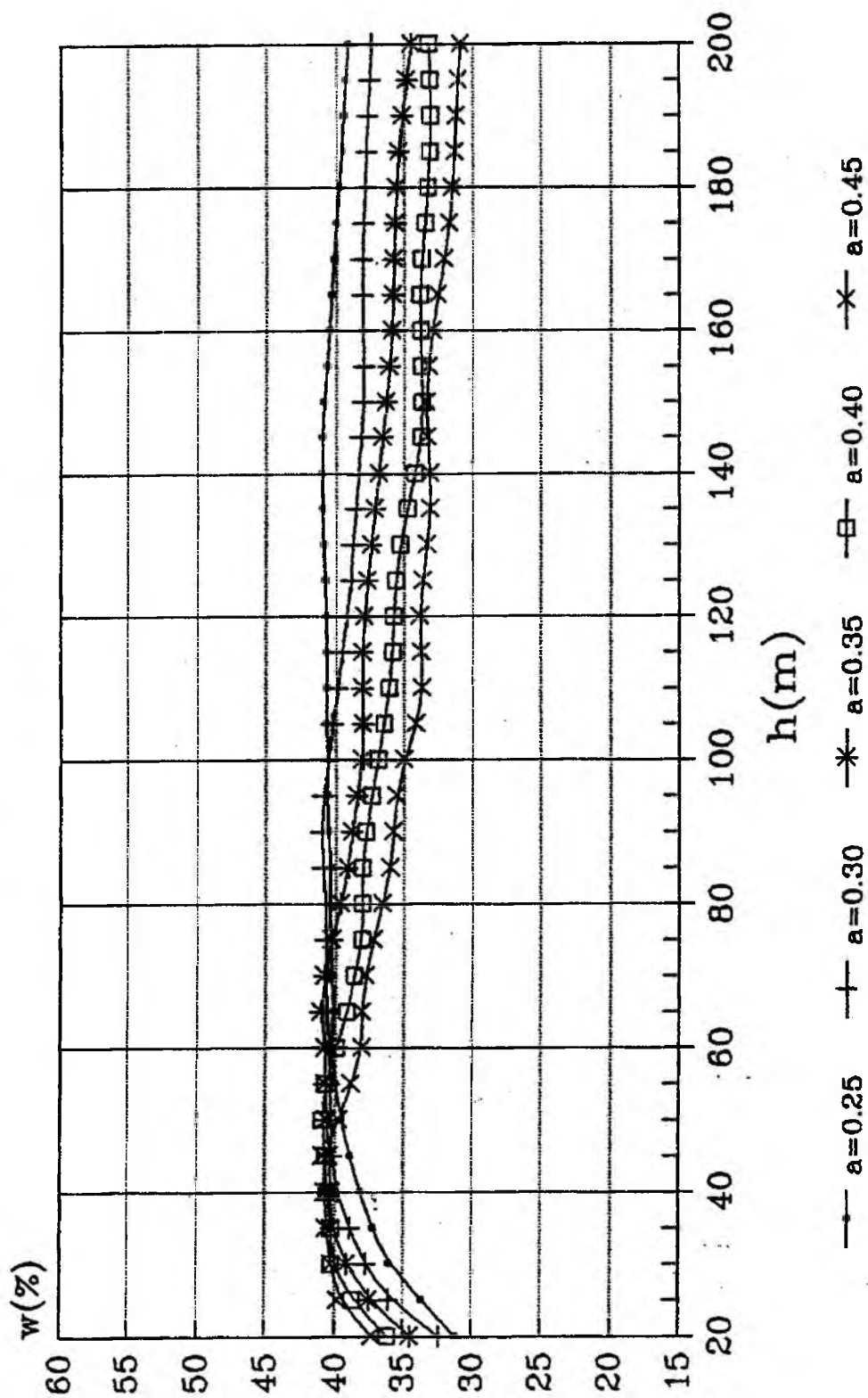
$$w=f(h,a)$$



KYENOS - WINDMASTER 250

$\Sigma x.38$

$$w=f(h,a)$$



KYΘNOS - WINDMASTER 250

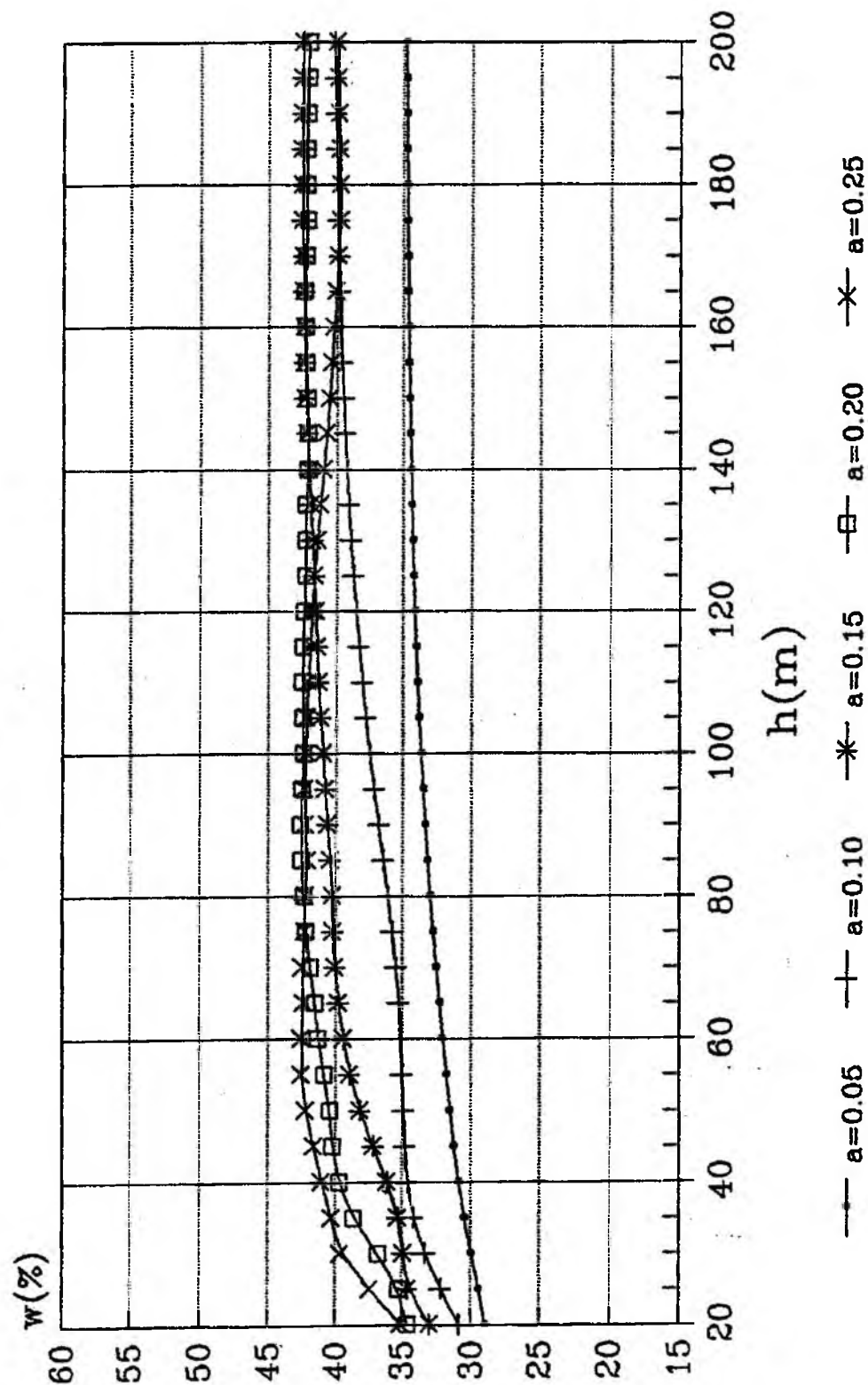
Σχ.3.9

Kúavos - NEDWIND 25

h\λ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	28.9	30.9	33.0	34.6	35.1	36.1	38.2	39.7	40.2
25	29.4	32.1	34.6	35.2	37.4	39.6	40.4	41.4	42.4
30	29.9	33.3	34.9	36.8	39.6	40.6	41.8	42.6	42.4
35	30.4	34.2	35.3	38.6	40.3	41.6	42.6	42.3	42.3
40	30.9	34.6	36.1	39.7	41.0	42.4	42.5	42.3	41.8
45	31.2	34.8	37.1	40.2	41.6	42.5	42.2	42.0	40.5
50	31.5	34.9	38.1	40.4	42.2	42.5	42.3	41.4	39.8
55	31.8	35.0	38.9	40.9	42.5	42.3	42.1	40.4	40.2
60	32.0	35.2	39.4	41.3	42.5	42.1	41.7	39.7	39.8
65	32.3	35.2	39.8	41.5	42.4	42.3	41.1	40.0	39.0
70	32.5	35.5	40.0	41.9	42.5	42.2	40.4	40.1	38.1
75	32.7	35.8	40.2	42.2	42.3	41.9	39.9	39.8	37.4
80	33.0	36.1	40.2	42.4	42.3	41.8	39.8	39.3	36.8
85	33.1	36.4	40.4	42.5	42.1	41.4	40.0	38.5	36.1
90	33.3	36.8	40.6	42.6	42.2	41.0	40.2	38.1	36.0
95	33.5	37.1	40.8	42.5	42.3	40.6	40.0	37.5	36.1
100	33.6	37.5	41.0	42.4	42.2	40.2	39.8	37.1	35.7
105	33.8	37.8	41.1	42.4	42.2	39.9	39.5	36.6	35.2
110	33.9	38.0	41.3	42.5	42.0	39.7	39.1	36.2	34.9
115	34.0	38.3	41.4	42.4	41.8	39.8	38.6	36.0	35.1
120	34.1	38.5	41.5	42.3	41.8	39.9	38.3	36.1	35.3
125	34.2	38.7	41.6	42.3	41.6	40.1	38.0	36.1	35.0
130	34.3	38.9	41.8	42.3	41.4	40.2	37.6	35.9	34.5
135	34.4	39.1	41.9	42.2	41.2	40.1	37.3	35.6	34.1
140	34.4	39.3	42.0	42.1	41.0	40.0	37.0	35.2	33.7
145	34.5	39.4	42.2	42.1	40.7	39.9	36.7	34.9	33.4
150	34.5	39.5	42.3	42.2	40.5	39.7	36.4	35.0	33.3
155	34.6	39.6	42.3	42.2	40.4	39.5	36.2	35.1	33.0
160	34.6	39.7	42.4	42.3	40.2	39.3	36.0	35.2	32.7
165	34.6	39.8	42.4	42.3	40.0	39.0	36.0	35.3	32.2
170	34.7	39.8	42.5	42.3	39.9	38.7	36.0	35.1	31.6
175	34.7	39.9	42.5	42.2	39.7	38.5	36.1	34.8	31.3
180	34.7	40.0	42.5	42.2	39.7	38.3	36.1	34.5	31.1
185	34.7	40.0	42.6	42.2	39.8	38.1	36.0	34.2	30.9
190	34.7	40.1	42.5	42.2	39.8	38.0	35.8	33.9	30.9
195	34.8	40.1	42.5	42.1	39.9	37.7	35.6	33.6	30.9
200	34.8	40.2	42.5	42.0	40.0	37.6	35.4	33.5	31.0

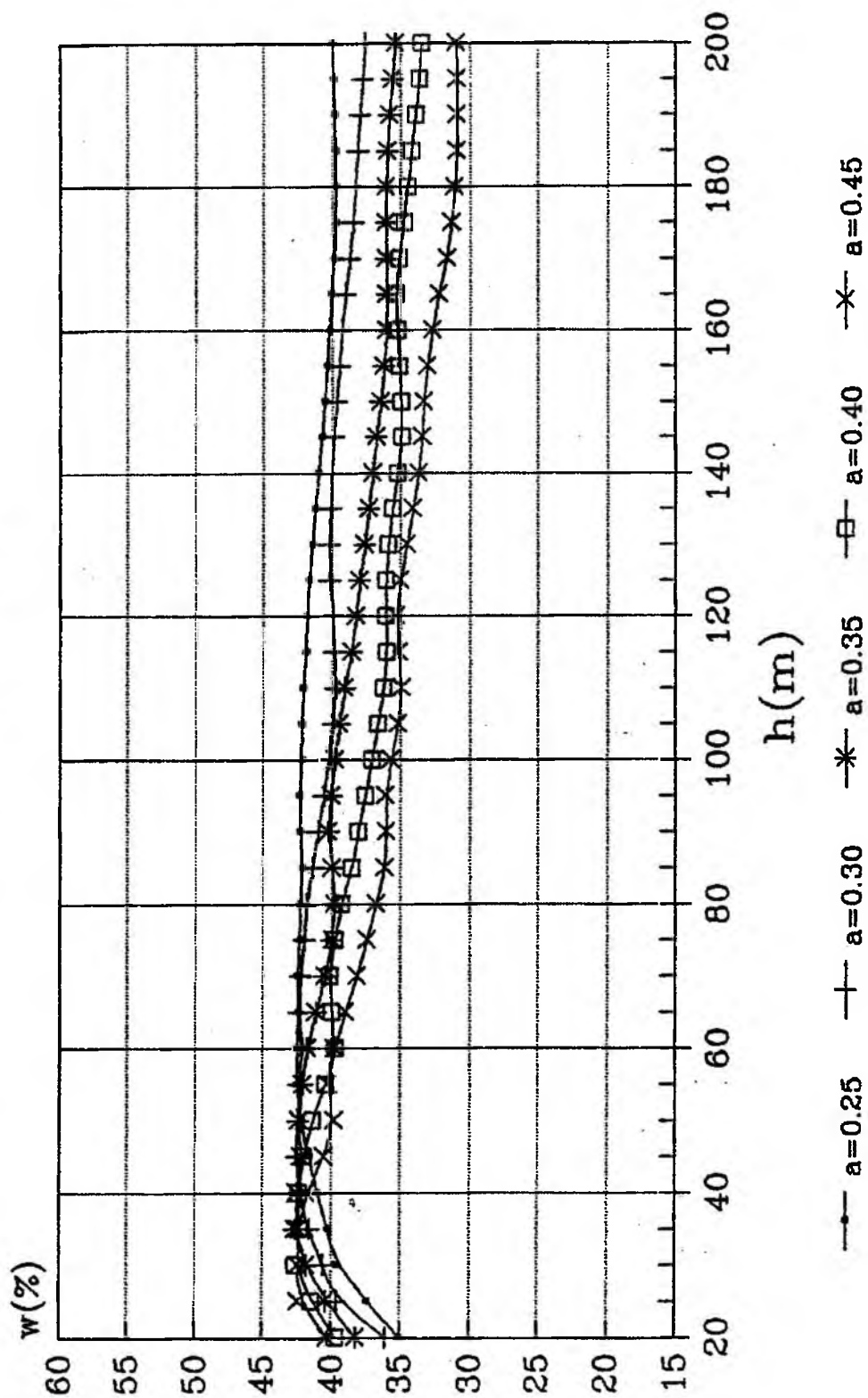
Plv.3.6

$$w=f(h,a)$$



KYENOS -- NEDWIND 25

$$w=f(h,a)$$



KYΘNOS - NEDWIND 25

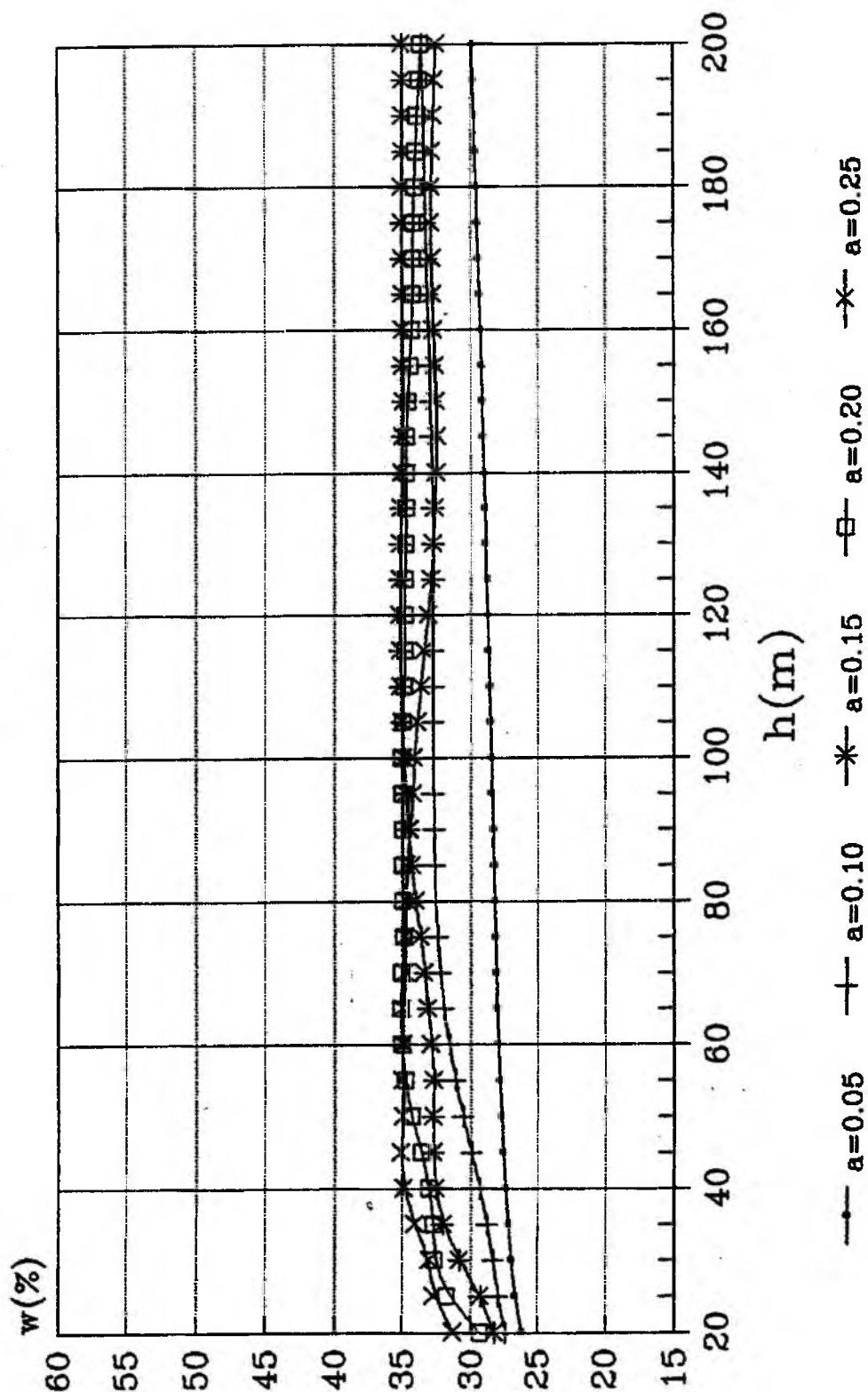
Σχ.3.11

Kúevos - MICON M250

h\λ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	26.2	27.4	28.2	29.3	31.3	32.6	32.7	33.0	34.0
25	26.7	28.0	29.2	31.8	32.7	33.0	34.3	35.1	34.9
30	27.0	28.3	30.8	32.7	33.0	34.5	35.0	34.9	34.7
35	27.2	28.7	32.0	32.7	34.1	35.1	34.9	34.8	34.2
40	27.4	29.3	32.6	33.0	34.9	34.9	34.7	34.3	33.0
45	27.6	29.9	32.7	33.6	35.1	34.9	34.6	33.6	32.5
50	27.7	30.6	32.7	34.3	34.9	34.8	34.2	32.7	32.8
55	27.8	31.1	32.7	34.8	34.9	34.7	33.7	32.6	32.2
60	27.9	31.6	32.9	35.0	34.9	34.6	32.9	32.9	31.3
65	28.0	32.0	33.1	35.1	34.9	34.2	32.5	32.5	30.6
70	28.1	32.2	33.4	35.0	34.7	34.0	32.5	31.9	30.2
75	28.1	32.4	33.6	34.9	34.7	33.5	32.8	31.3	29.8
80	28.2	32.6	34.0	34.9	34.6	33.0	32.8	30.7	29.5
85	28.2	32.6	34.3	35.0	34.6	32.7	32.5	30.5	29.3
90	28.3	32.7	34.5	34.9	34.4	32.5	32.1	30.1	28.7
95	28.4	32.7	34.7	34.9	34.2	32.5	31.7	29.9	28.4
100	28.4	32.7	34.8	35.0	34.1	32.6	31.3	29.6	28.5
105	28.5	32.7	34.9	34.9	33.9	32.8	30.9	29.5	28.7
110	28.6	32.7	35.0	34.8	33.6	32.9	30.6	29.3	28.7
115	28.6	32.7	35.1	34.7	33.4	32.7	30.5	29.0	28.3
120	28.7	32.7	35.1	34.7	33.1	32.5	30.3	28.6	27.9
125	28.8	32.7	35.1	34.7	32.8	32.3	30.1	28.5	27.7
130	28.8	32.7	35.0	34.7	32.7	32.1	29.9	28.4	27.5
135	28.9	32.7	35.0	34.6	32.6	31.8	29.8	28.5	27.3
140	29.0	32.8	34.9	34.6	32.5	31.6	29.6	28.7	27.1
145	29.1	32.8	34.9	34.6	32.4	31.4	29.5	28.8	26.7
150	29.1	32.9	34.9	34.5	32.5	31.2	29.4	28.6	26.2
155	29.2	33.0	34.9	34.4	32.6	31.0	29.3	28.4	26.0
160	29.3	33.0	34.9	34.3	32.7	30.7	29.2	28.1	25.8
165	29.3	33.1	34.9	34.2	32.7	30.6	28.9	27.9	25.8
170	29.4	33.2	34.9	34.1	32.8	30.5	28.7	27.7	25.8
175	29.5	33.2	35.0	34.1	32.9	30.5	28.5	27.6	25.9
180	29.6	33.3	34.9	34.1	32.8	30.3	28.4	27.5	25.9
185	29.7	33.4	34.9	34.0	32.8	30.2	28.4	27.4	25.8
190	29.8	33.4	34.9	33.8	32.7	30.1	28.5	27.2	25.7
195	29.8	33.5	34.9	33.7	32.6	30.0	28.5	27.1	25.5
200	29.9	33.5	34.9	33.6	32.5	29.9	28.6	26.8	25.4

Plv. 3.7

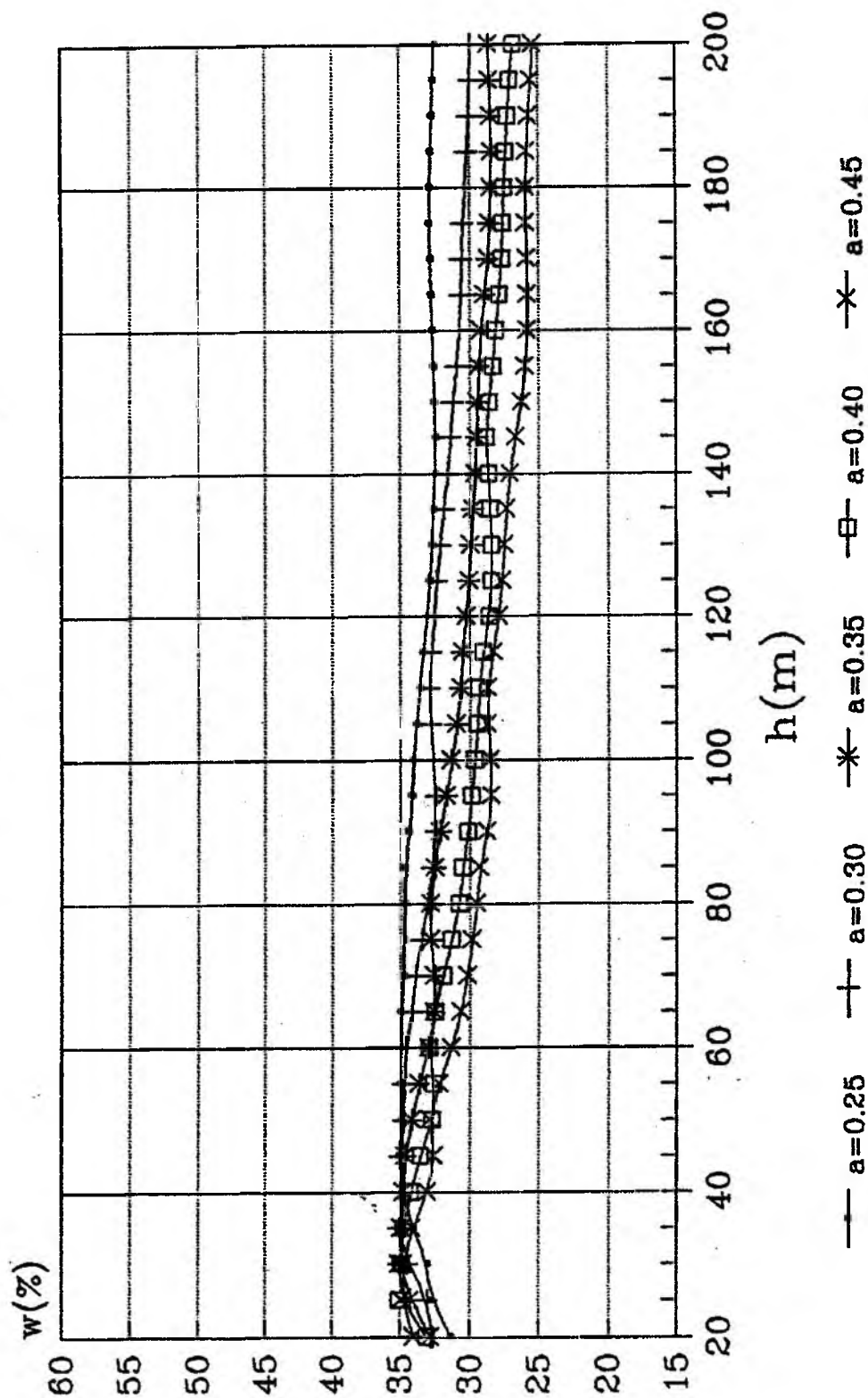
$$w=f(h,a)$$



KYΘNOS - MICON M250

Σχ. 312

$$w=f(h,a)$$



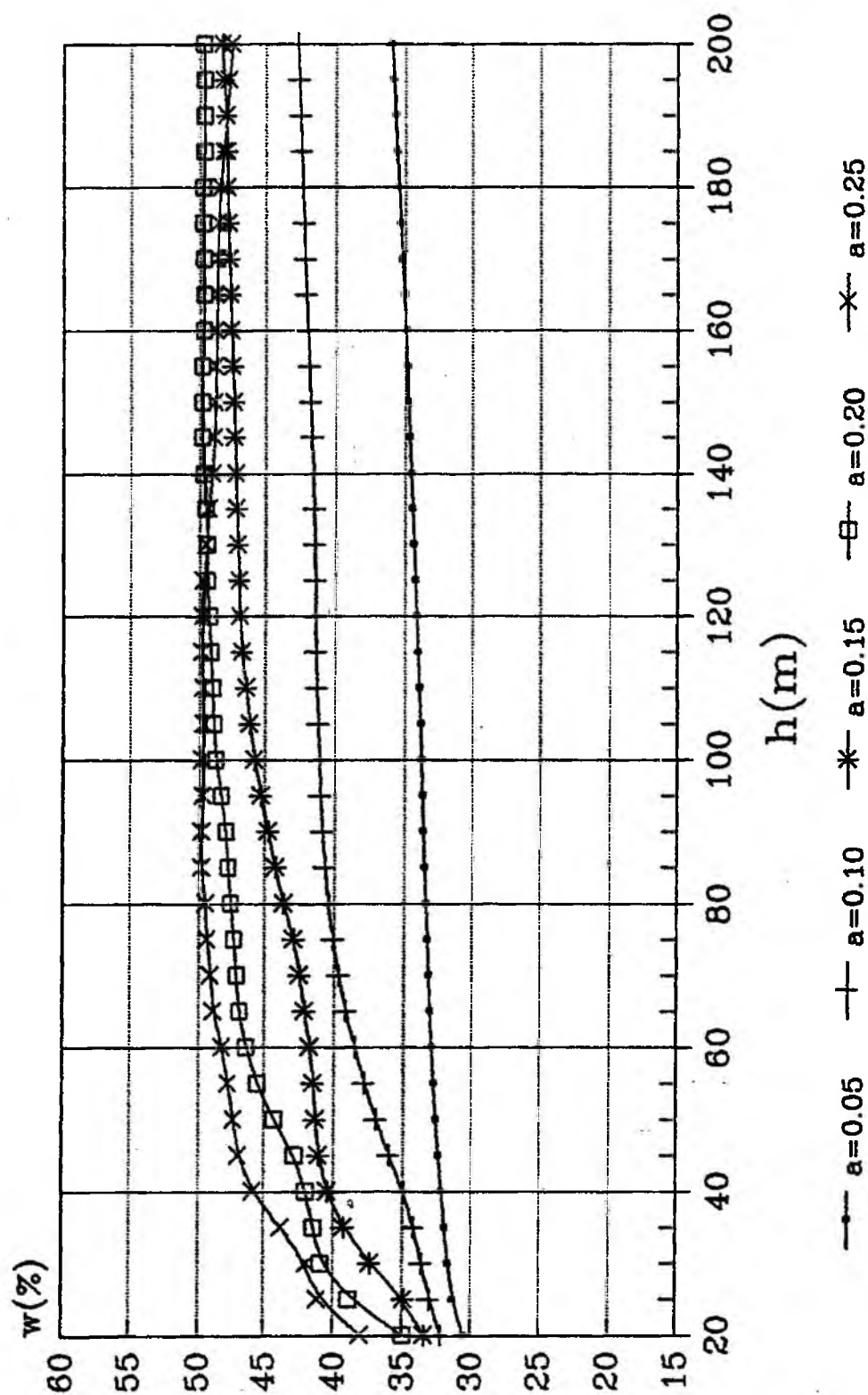
KYΘNOS - MICON M250

Στελίδα Νάξου - DANMARK 25

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	30.5	32.2	33.4	35.0	38.0	40.4	41.3	42.0	43.6
25	31.3	33.0	34.9	38.8	41.1	41.9	44.2	46.7	47.5
30	31.7	33.6	37.3	40.9	41.9	44.7	47.0	47.9	49.2
35	31.9	34.2	39.2	41.4	43.7	46.9	47.9	49.4	49.7
40	32.2	35.0	40.4	42.0	45.8	47.5	49.0	49.7	49.7
45	32.4	36.0	41.0	42.8	46.9	48.3	49.6	49.7	48.8
50	32.6	37.0	41.3	44.3	47.3	49.0	49.7	49.4	48.3
55	32.8	37.8	41.4	45.5	47.7	49.4	49.6	48.8	46.7
60	33.0	38.5	41.7	46.3	48.2	49.8	49.7	48.5	45.5
65	33.1	39.2	42.1	46.9	48.9	49.6	49.1	47.5	44.4
70	33.2	39.7	42.5	47.1	49.1	49.6	48.8	46.3	44.1
75	33.3	40.1	42.9	47.3	49.4	49.7	48.7	45.5	43.7
80	33.4	40.4	43.6	47.5	49.5	49.7	48.2	44.6	42.9
85	33.5	40.7	44.2	47.8	49.8	49.4	47.5	44.2	41.8
90	33.6	40.9	44.7	47.9	49.8	49.0	46.6	44.1	40.2
95	33.7	41.0	45.3	48.3	49.7	48.8	46.0	43.9	38.9
100	33.8	41.1	45.7	48.7	49.7	48.7	45.5	43.2	38.2
105	33.9	41.2	46.1	48.9	49.6	48.7	45.0	42.7	38.0
110	34.0	41.3	46.4	49.0	49.7	48.5	44.4	42.0	37.5
115	34.1	41.4	46.7	49.1	49.8	48.0	44.2	41.0	36.4
120	34.2	41.4	46.9	49.3	49.7	47.6	44.2	39.9	35.3
125	34.3	41.4	46.9	49.4	49.7	47.2	44.0	39.0	34.9
130	34.4	41.5	47.0	49.4	49.4	46.6	44.0	38.4	34.9
135	34.5	41.5	47.1	49.5	49.3	46.3	43.5	38.2	34.7
140	34.6	41.6	47.2	49.7	49.0	45.8	43.2	38.0	34.3
145	34.7	41.7	47.3	49.8	48.9	45.5	42.9	37.9	33.7
150	34.8	41.8	47.4	49.8	48.8	45.4	42.5	37.2	33.2
155	34.9	41.9	47.4	49.8	48.8	45.0	42.0	36.5	32.9
160	35.0	42.0	47.5	49.7	48.7	44.6	41.4	35.8	32.7
165	35.1	42.1	47.6	49.6	48.7	44.4	40.7	35.2	32.5
170	35.2	42.2	47.7	49.7	48.6	44.2	40.0	34.9	32.2
175	35.4	42.3	47.8	49.7	48.6	44.2	39.4	34.9	31.8
180	35.5	42.4	47.9	49.7	48.4	44.2	38.9	34.9	31.3
185	35.6	42.5	47.9	49.6	48.2	44.1	38.6	34.8	30.8
190	35.7	42.5	48.0	49.6	47.9	44.0	38.3	34.6	30.2
195	35.8	42.6	48.1	49.6	47.7	44.1	38.2	34.3	29.8
200	35.9	42.7	48.3	49.7	47.5	44.0	38.1	33.9	29.3

Plv.3.8

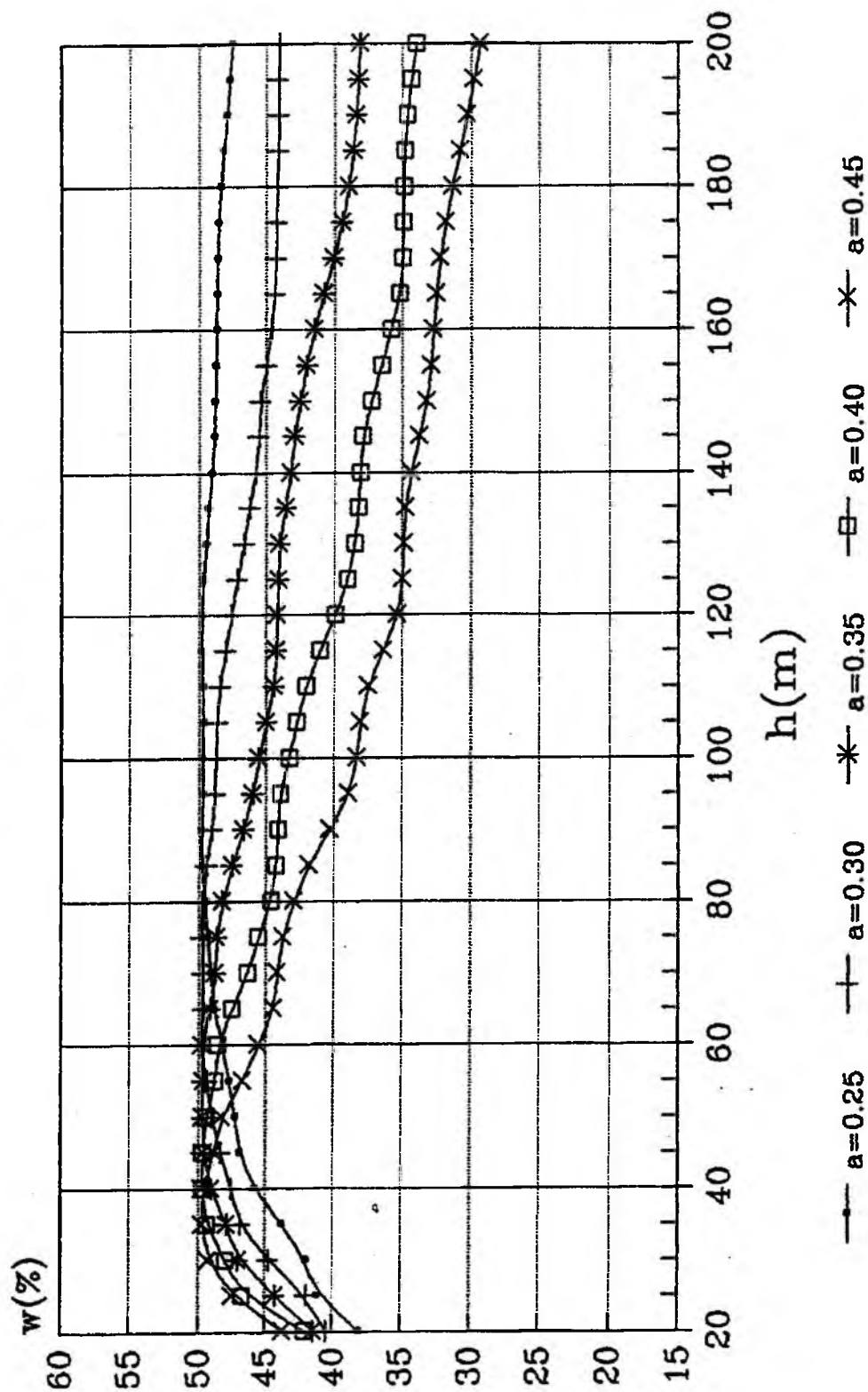
$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - DANMARK 25

Σχ.3.14

$$w=f(h,a)$$



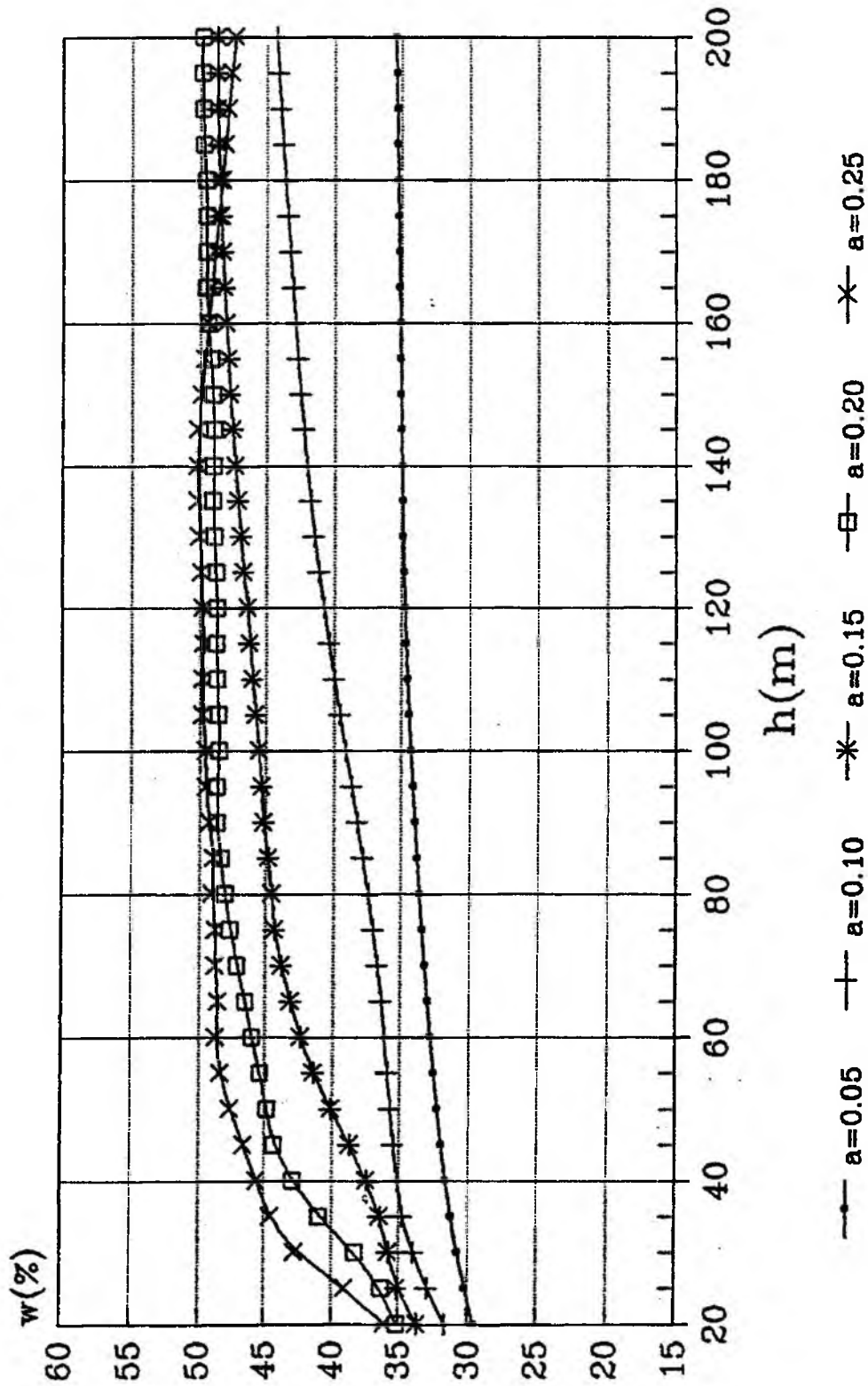
STELIDA NAXOY - DANMARK 25

Στελίδα Νάξου - WINDMASTER 250

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	29.5	31.6	33.6	35.1	36.0	37.4	40.2	42.9	44.5
25	30.2	32.9	35.1	36.3	39.0	42.8	44.8	46.3	48.0
30	30.7	34.0	35.8	38.2	42.8	45.2	47.0	48.7	48.7
35	31.2	34.8	36.4	41.0	44.6	46.6	48.7	48.7	49.5
40	31.6	35.1	37.4	42.9	45.6	48.1	48.8	49.4	49.8
45	31.9	35.4	38.7	44.3	46.6	48.7	49.0	49.8	49.9
50	32.3	35.7	40.1	44.9	47.7	48.8	49.5	50.0	48.3
55	32.5	35.9	41.4	45.4	48.4	48.9	49.8	49.7	46.8
60	32.8	36.2	42.4	46.0	48.7	49.0	49.8	48.6	45.3
65	33.0	36.4	43.1	46.5	48.6	49.5	50.2	47.4	45.2
70	33.2	36.7	43.8	47.2	48.8	49.7	49.8	46.4	44.5
75	33.4	37.0	44.3	47.7	48.8	49.8	49.0	45.3	43.3
80	33.6	37.4	44.5	48.1	49.0	49.8	48.2	45.2	41.7
85	33.8	37.8	44.8	48.4	49.0	50.0	47.4	45.1	40.2
90	34.0	38.2	45.2	48.7	49.2	50.1	46.8	44.4	39.6
95	34.1	38.6	45.3	48.7	49.5	50.0	46.0	43.6	39.1
100	34.3	39.1	45.5	48.6	49.5	49.5	45.3	42.5	38.1
105	34.4	39.6	45.8	48.6	49.8	49.0	45.2	41.4	36.7
110	34.5	40.0	46.1	48.7	49.8	48.5	45.2	40.4	35.9
115	34.6	40.4	46.3	48.8	49.7	48.0	45.1	39.8	35.8
120	34.7	40.8	46.4	48.7	49.8	47.5	44.6	39.5	35.7
125	34.8	41.1	46.7	48.8	49.9	47.1	44.2	39.2	35.3
130	34.9	41.5	47.0	48.9	50.0	46.7	43.7	38.6	34.5
135	34.9	41.8	47.2	49.0	50.1	46.3	43.1	37.8	33.9
140	35.0	42.0	47.4	49.0	50.1	45.9	42.4	36.9	33.7
145	35.0	42.3	47.6	49.0	50.1	45.5	41.7	36.1	33.7
150	35.1	42.5	47.8	49.1	49.9	45.2	40.9	35.9	33.5
155	35.1	42.7	47.9	49.2	49.6	45.2	40.4	35.8	33.1
160	35.1	42.9	48.1	49.4	49.4	45.2	40.0	35.8	32.6
165	35.2	43.1	48.2	49.5	49.1	45.2	39.7	35.7	31.9
170	35.2	43.3	48.3	49.5	48.9	45.2	39.5	35.4	31.1
175	35.2	43.5	48.5	49.5	48.6	45.0	39.3	34.9	30.6
180	35.3	43.6	48.5	49.6	48.4	44.7	39.1	34.4	30.1
185	35.3	43.8	48.7	49.7	48.1	44.5	38.8	34.0	29.7
190	35.3	44.0	48.7	49.8	47.9	44.3	38.4	33.8	29.3
195	35.4	44.1	48.7	49.8	47.7	43.9	37.9	33.7	28.8
200	35.4	44.3	48.7	49.8	47.4	43.6	37.3	33.6	28.4

Πλ.3.9

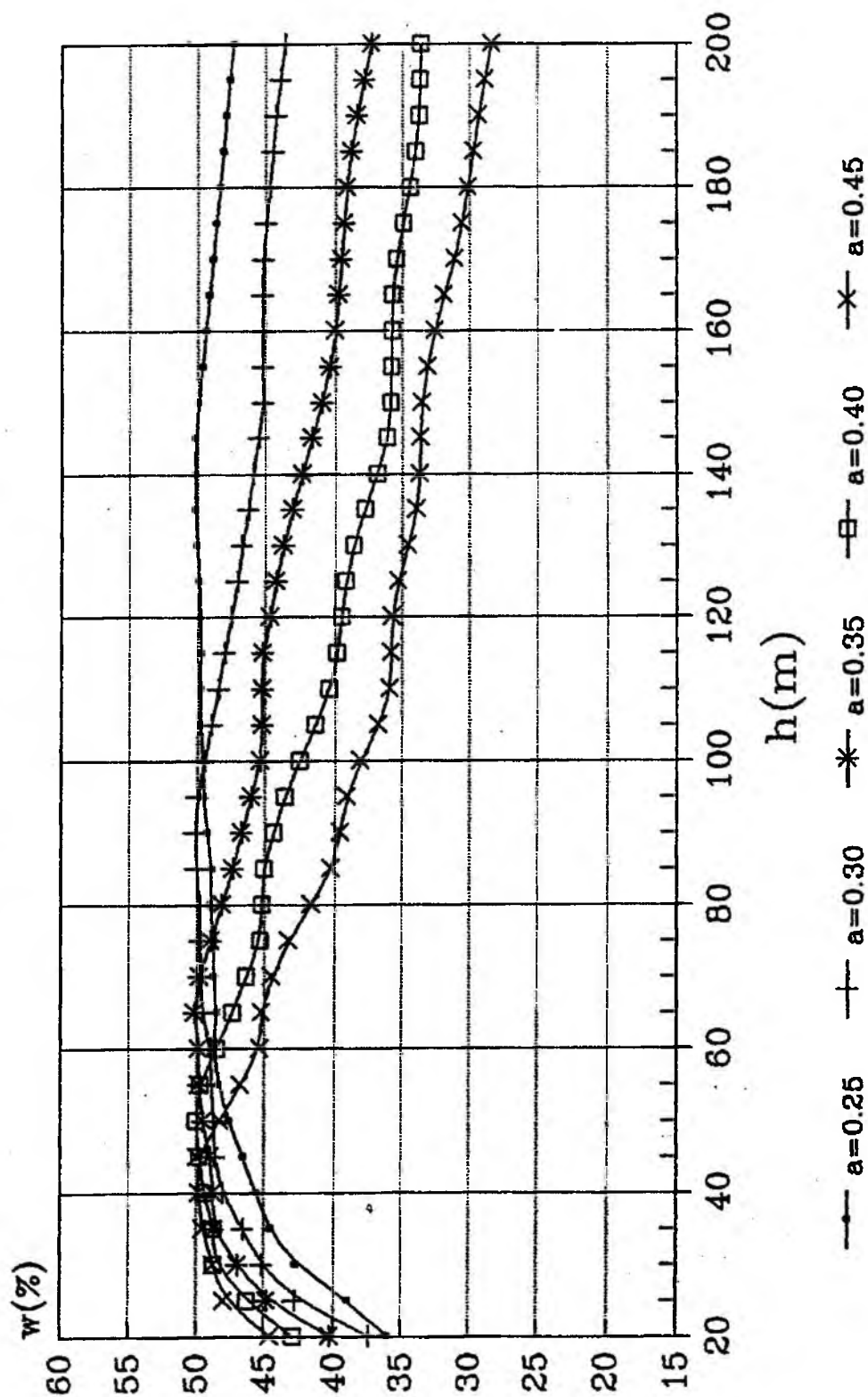
$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - WINDMASTER 250

ΣX. 316

$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - WINDMASTER 250

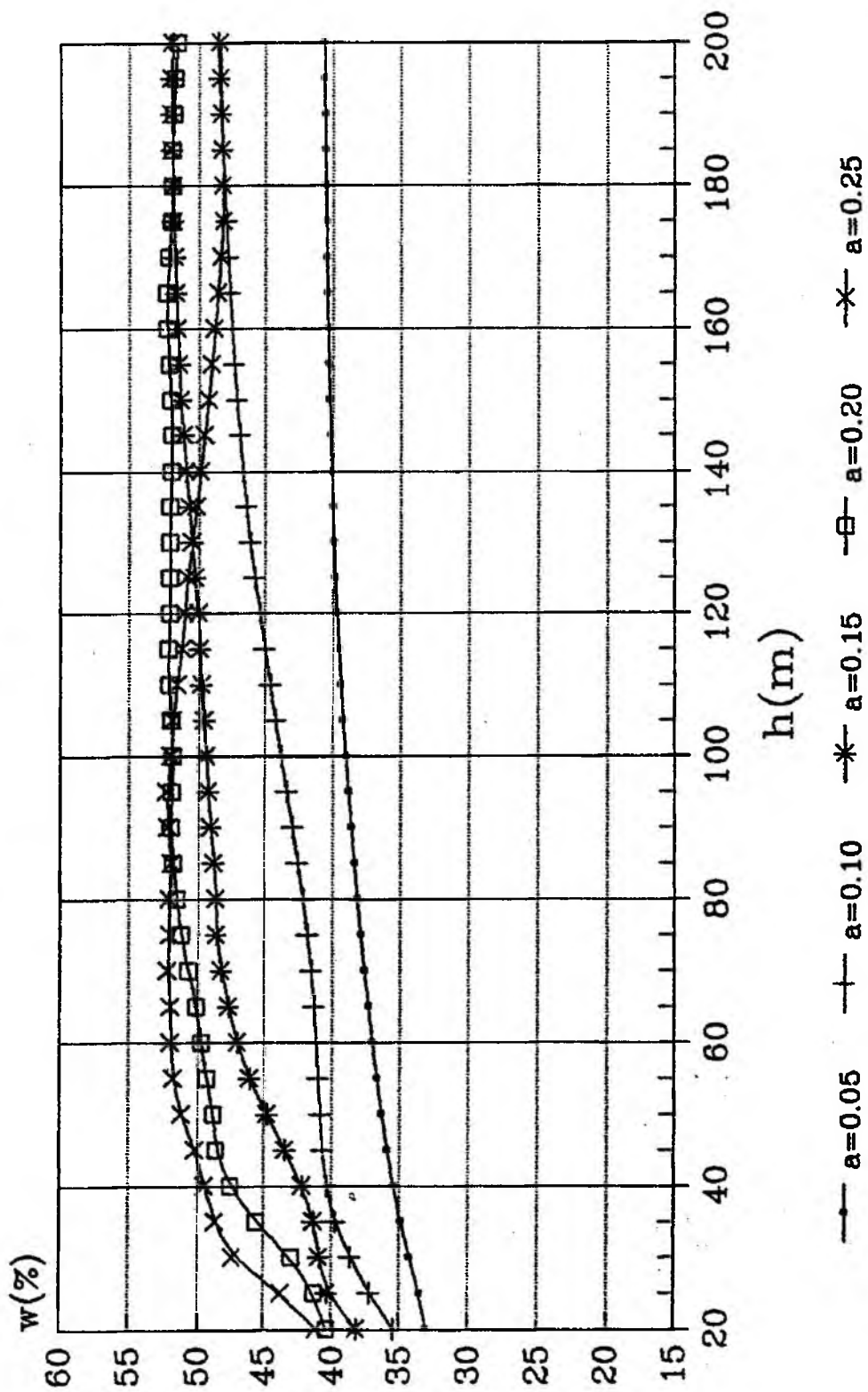
$\Sigma x \cdot 317$

Στελίδα Νέξου - NEDWIND 25

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	33.0	35.4	38.1	40.4	41.1	42.2	44.8	47.5	48.6
25	33.5	37.2	40.3	41.2	43.7	47.4	48.8	49.9	51.4
30	34.2	38.6	40.9	43.0	47.4	49.1	50.5	52.0	52.1
35	34.9	39.7	41.3	45.6	48.7	50.2	52.0	52.0	52.2
40	35.4	40.4	42.2	47.5	49.4	51.5	52.2	52.2	51.0
45	35.9	40.7	43.4	48.6	50.2	51.9	52.0	51.5	49.3
50	36.3	40.8	44.7	48.8	51.2	52.2	52.2	50.4	48.2
55	36.7	41.0	46.0	49.3	51.8	52.0	51.6	49.1	48.5
60	37.0	41.2	47.0	49.7	51.9	51.9	50.9	48.1	47.1
65	37.3	41.3	47.7	50.1	51.9	52.3	50.0	48.4	45.2
70	37.6	41.5	48.2	50.7	52.2	51.9	49.2	48.1	43.4
75	37.9	41.9	48.6	51.2	52.0	51.4	48.5	47.1	42.0
80	38.1	42.2	48.6	51.5	52.1	51.0	48.2	45.9	40.7
85	38.4	42.6	48.8	51.8	51.9	50.4	48.4	44.3	39.6
90	38.6	43.0	49.1	52.0	52.2	49.9	48.5	43.3	39.0
95	38.8	43.4	49.2	51.9	52.2	49.3	47.8	42.3	38.8
100	39.0	43.8	49.4	51.8	51.9	48.9	47.1	41.4	37.9
105	39.2	44.2	49.6	52.0	51.8	48.4	46.4	40.5	36.8
110	39.4	44.6	49.8	52.1	51.5	48.1	45.4	39.7	36.3
115	39.5	45.0	49.9	52.2	51.2	48.3	44.4	39.2	36.4
120	39.7	45.4	50.0	52.1	51.0	48.4	43.6	39.0	36.4
125	39.8	45.7	50.3	52.0	50.8	48.5	43.1	38.8	35.8
130	39.9	46.1	50.5	52.0	50.5	48.4	42.4	38.4	34.8
135	40.0	46.4	50.7	52.1	50.1	48.0	41.8	37.6	33.9
140	40.1	46.6	50.9	52.0	49.9	47.7	41.3	37.0	33.1
145	40.2	46.9	51.1	51.9	49.6	47.3	40.7	36.3	32.5
150	40.2	47.1	51.3	52.0	49.3	46.8	40.1	36.3	32.1
155	40.3	47.3	51.4	52.1	49.0	46.4	39.7	36.3	31.5
160	40.4	47.5	51.5	52.2	48.8	45.9	39.3	36.4	30.8
165	40.4	47.7	51.6	52.3	48.6	45.3	39.1	36.5	30.0
170	40.5	47.8	51.7	52.1	48.4	44.7	39.0	36.0	29.1
175	40.5	47.9	51.8	52.0	48.2	44.1	38.9	35.3	28.7
180	40.5	48.1	51.9	51.9	48.2	43.8	38.8	34.7	28.2
185	40.5	48.2	52.0	51.9	48.2	43.4	38.5	34.2	27.9
190	40.6	48.4	52.0	51.8	48.3	43.1	38.1	33.5	27.7
195	40.6	48.5	51.9	51.7	48.3	42.7	37.7	33.1	27.6
200	40.7	48.6	51.9	51.5	48.4	42.4	37.3	32.7	27.6

Πίλ. 310

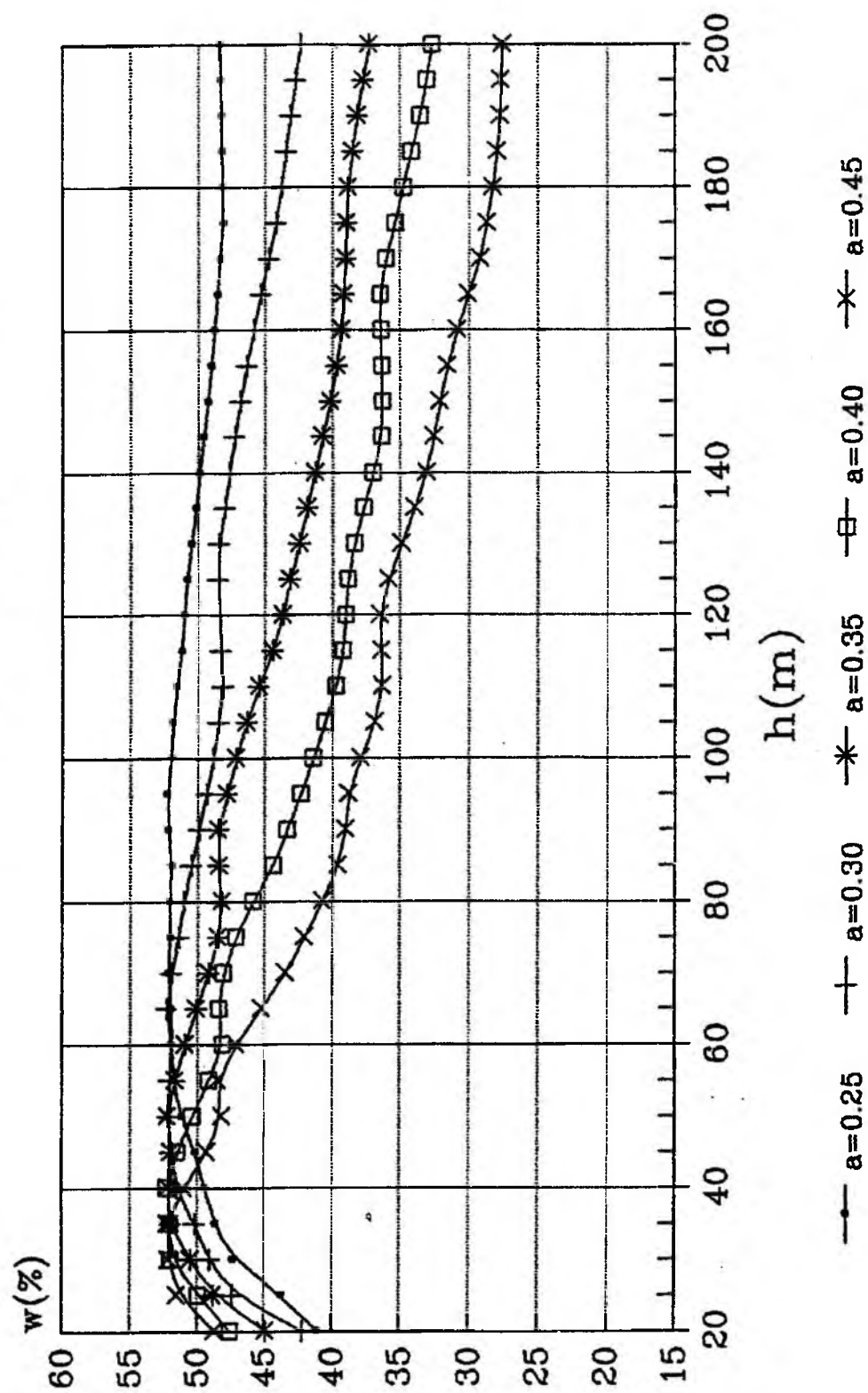
$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - NEDWIND 25

Σ 318

$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - NEDWIND 25

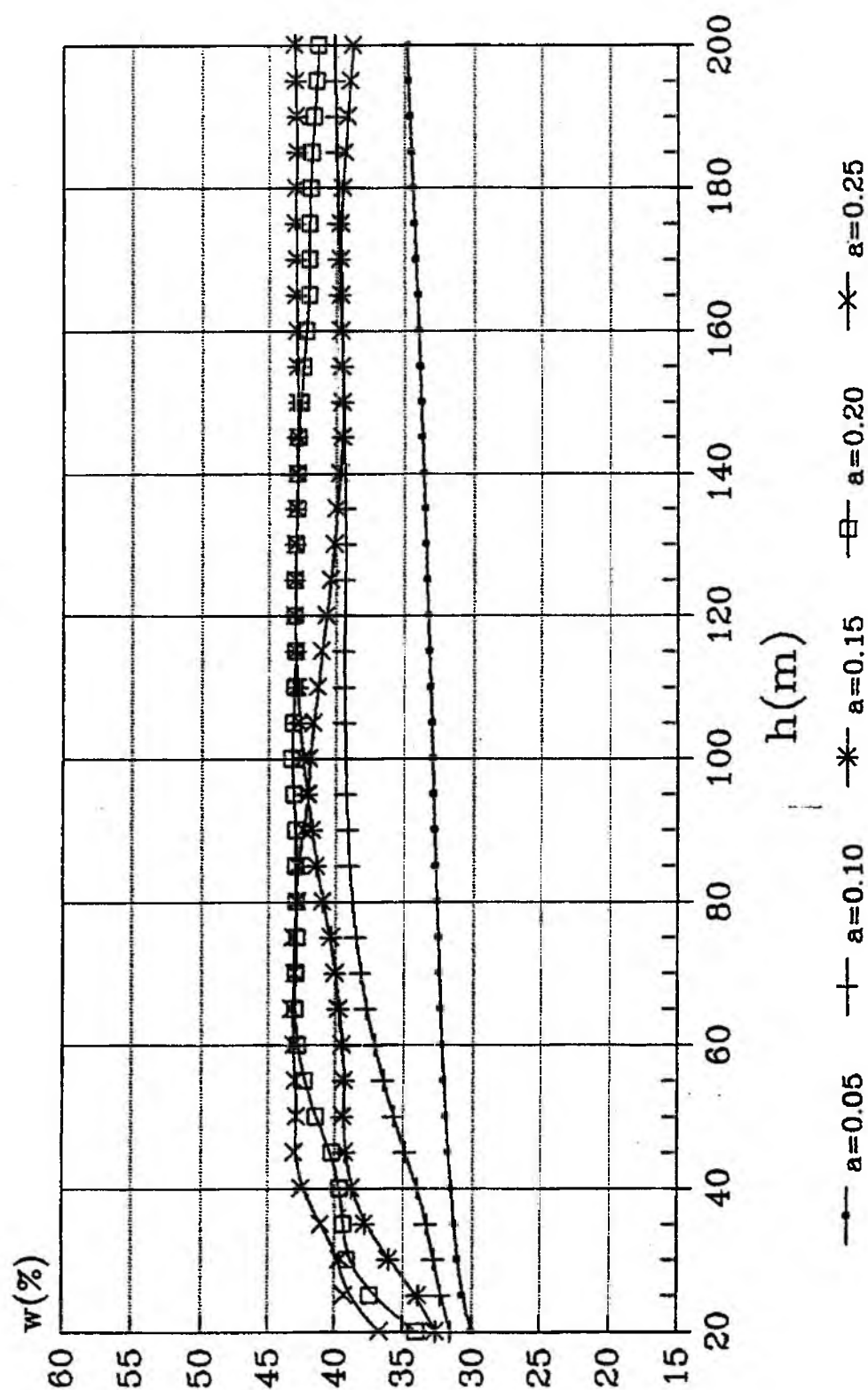
Σ 319

Στελίδα Νάξου - MICON M250

h\λ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	30.0	31.5	32.6	34.0	36.7	38.8	39.4	39.6	40.9
25	30.7	32.3	33.9	37.4	39.3	39.6	41.4	43.0	42.9
30	31.1	32.8	36.0	39.1	39.6	41.7	43.0	42.9	43.0
35	31.3	33.3	37.7	39.3	41.0	43.0	42.9	43.1	42.0
40	31.5	34.0	38.8	39.6	42.5	42.9	43.0	42.2	40.6
45	31.8	34.9	39.2	40.2	43.0	43.1	42.9	41.2	39.5
50	31.9	35.7	39.4	41.4	42.9	43.0	42.0	40.1	39.5
55	32.1	36.5	39.3	42.3	43.0	43.0	41.4	39.5	38.2
60	32.2	37.1	39.5	42.8	43.1	42.7	40.5	39.7	36.4
65	32.3	37.7	39.7	43.0	43.2	42.0	39.8	38.8	34.9
70	32.4	38.1	40.0	43.0	43.0	41.8	39.5	37.7	33.8
75	32.5	38.5	40.3	42.8	43.1	41.2	39.6	36.4	32.9
80	32.6	38.8	40.9	42.9	42.9	40.6	39.4	35.3	32.2
85	32.7	39.0	41.4	43.0	42.8	40.1	38.8	34.6	31.6
90	32.8	39.1	41.7	42.9	42.4	39.7	38.1	33.7	30.6
95	32.9	39.2	42.1	43.1	42.0	39.5	37.2	33.1	29.9
100	32.9	39.3	42.4	43.3	41.9	39.6	36.5	32.5	29.7
105	33.0	39.3	42.7	43.2	41.6	39.6	35.6	32.1	29.8
110	33.1	39.4	42.8	43.0	41.3	39.6	35.0	31.7	29.5
115	33.2	39.4	43.0	43.0	41.0	39.2	34.6	31.1	28.6
120	33.3	39.4	43.0	43.1	40.7	38.9	34.0	30.4	27.8
125	33.4	39.3	43.0	43.1	40.4	38.5	33.5	29.9	27.2
130	33.5	39.3	43.0	43.0	40.1	38.1	33.1	29.7	26.8
135	33.5	39.3	42.9	42.9	39.9	37.6	32.8	29.7	26.4
140	33.6	39.4	42.9	42.9	39.7	37.0	32.4	29.8	25.9
145	33.7	39.4	42.9	42.8	39.5	36.6	32.2	29.8	25.2
150	33.8	39.5	42.8	42.6	39.5	36.2	32.0	29.3	24.4
155	33.9	39.5	42.9	42.4	39.6	35.7	31.7	28.7	23.9
160	34.0	39.6	42.9	42.2	39.6	35.3	31.4	28.2	23.5
165	34.1	39.7	42.9	42.0	39.6	35.0	30.9	27.7	23.3
170	34.2	39.8	43.0	42.0	39.7	34.7	30.5	27.2	23.2
175	34.3	39.8	43.0	42.0	39.7	34.5	30.2	27.0	23.1
180	34.4	39.9	43.0	41.9	39.5	34.1	29.9	26.7	23.1
185	34.5	40.0	42.9	41.8	39.4	33.8	29.8	26.5	23.0
190	34.6	40.0	43.0	41.6	39.1	33.5	29.7	26.2	22.8
195	34.7	40.1	43.0	41.4	39.0	33.3	29.7	25.8	22.6
200	34.8	40.2	43.1	41.3	38.8	33.1	29.8	25.4	22.4

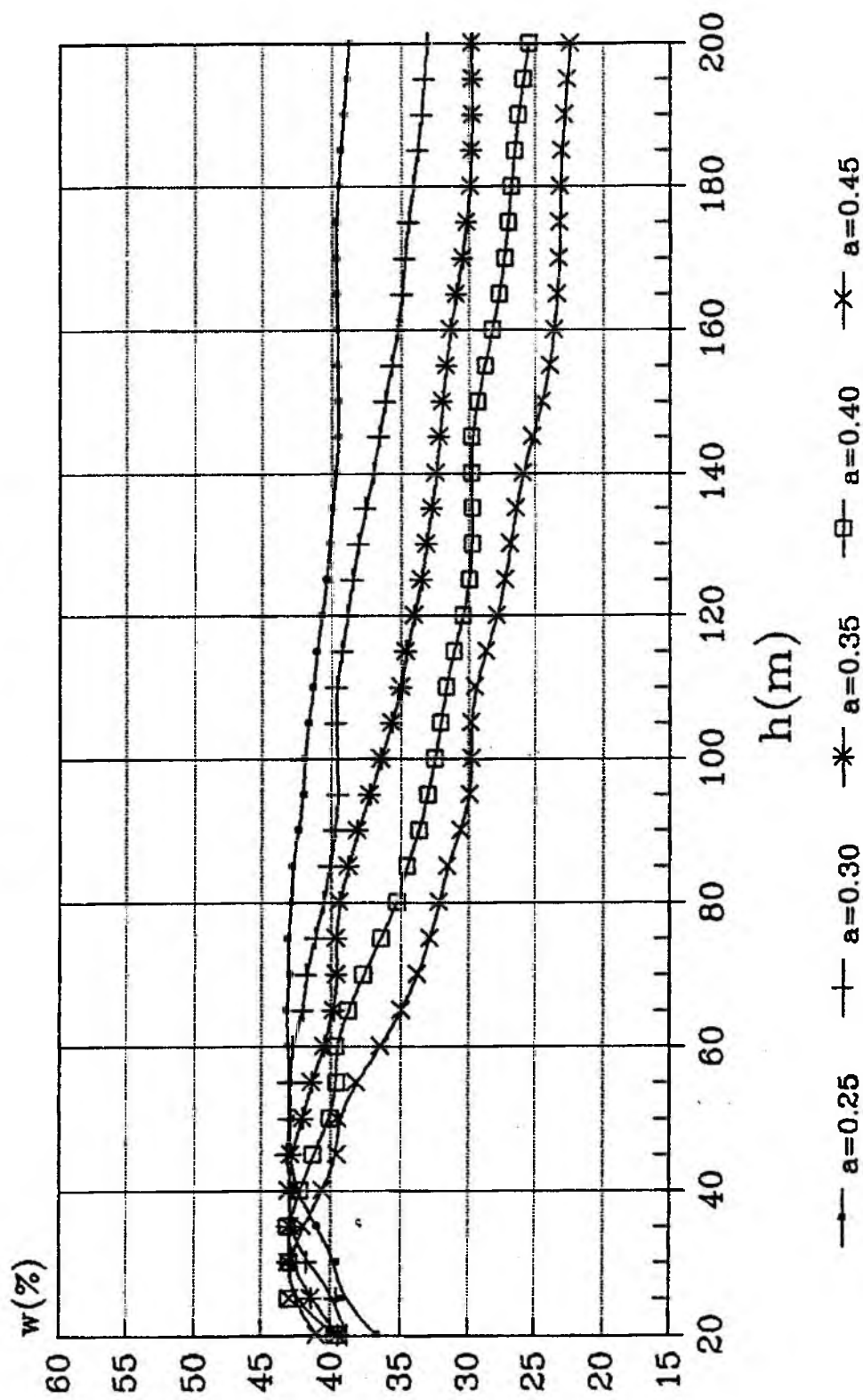
Πλ. 311

$$w=f(h,a)$$



STELIDA NAXOY - MICON M250

$$w=f(h,a)$$



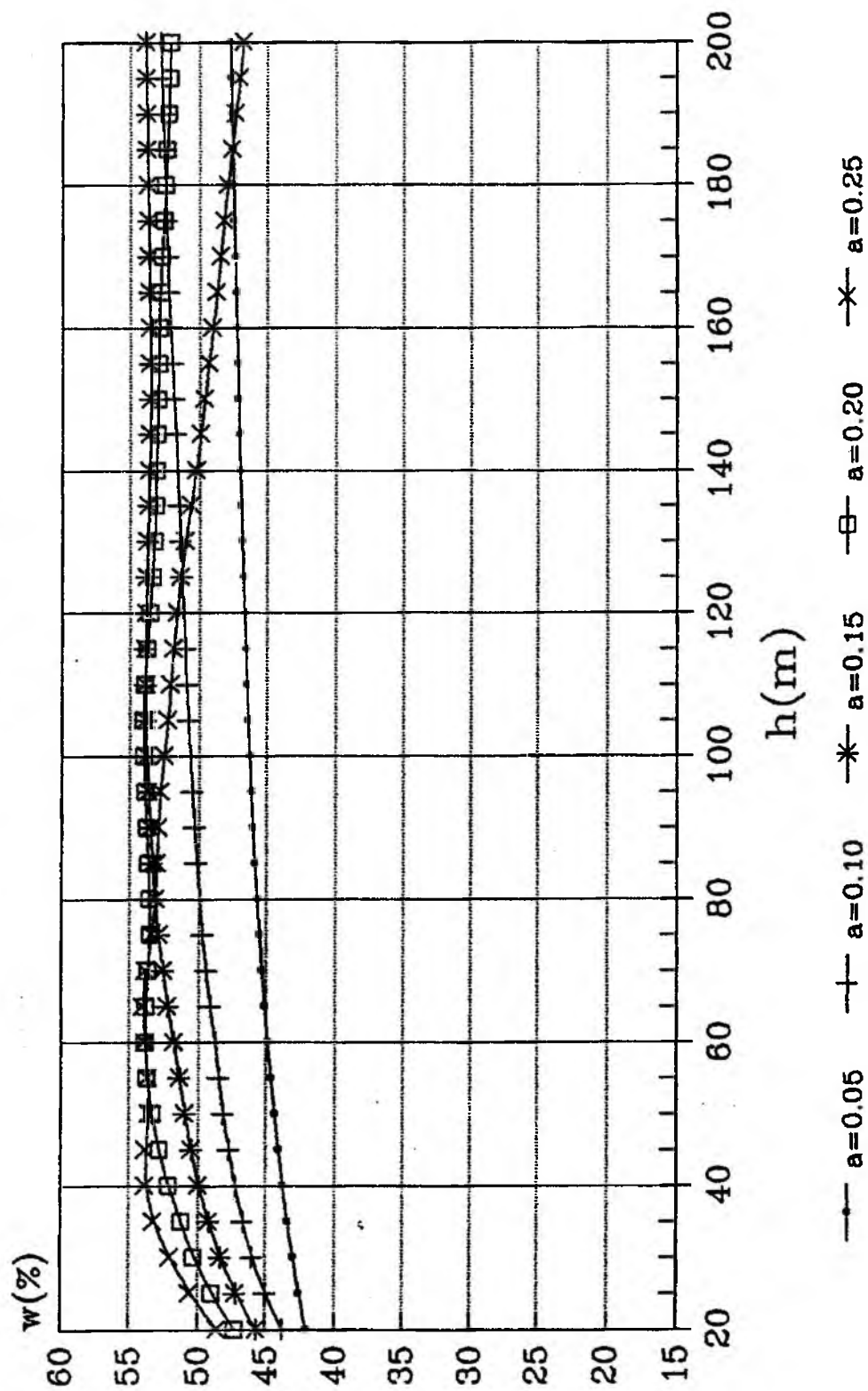
STELIDA NAXOY - MICON M250

ΣX 321

Καλυβάρι Ανδρου - DANMARK 25

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	42.0	43.8	45.7	47.3	48.6	50.0	51.0	52.1	53.2
25	42.6	45.0	47.2	49.0	50.6	52.0	53.3	53.8	53.5
30	43.0	46.0	48.3	50.3	52.0	53.5	53.7	53.8	53.6
35	43.4	46.7	49.2	51.2	53.2	53.8	53.7	53.4	52.7
40	43.8	47.3	50.0	52.1	53.8	53.6	53.8	52.9	51.5
45	44.1	47.8	50.5	52.8	53.8	53.9	53.1	52.0	49.6
50	44.4	48.2	50.9	53.3	53.5	53.9	52.8	50.9	47.9
55	44.6	48.5	51.3	53.7	53.6	53.2	52.1	49.4	46.0
60	44.9	48.8	51.7	53.8	53.8	53.0	51.4	48.2	44.6
65	45.1	49.2	52.2	53.8	54.0	52.8	50.4	46.8	43.2
70	45.3	49.5	52.5	53.7	53.8	52.3	49.4	45.5	41.8
75	45.5	49.7	52.9	53.5	53.4	52.0	48.6	44.6	40.9
80	45.7	50.0	53.2	53.6	53.1	51.5	47.7	43.6	39.8
85	45.8	50.1	53.3	53.6	53.0	50.9	46.8	42.6	38.9
90	46.0	50.3	53.5	53.8	52.9	50.2	45.9	41.8	38.2
95	46.1	50.5	53.6	53.9	52.8	49.7	45.2	41.1	37.4
100	46.3	50.6	53.8	54.0	52.5	49.1	44.6	40.4	36.3
105	46.4	50.7	53.8	54.0	52.2	48.6	44.0	39.7	35.3
110	46.5	50.9	53.8	53.9	52.1	48.1	43.3	39.0	34.4
115	46.6	51.0	53.8	53.7	51.8	47.5	42.7	38.5	33.5
120	46.7	51.1	53.8	53.5	51.6	46.9	42.0	38.1	32.7
125	46.8	51.2	53.8	53.3	51.3	46.4	41.6	37.5	31.9
130	46.9	51.3	53.7	53.2	51.0	45.9	41.2	36.8	31.2
135	47.0	51.5	53.6	53.1	50.6	45.5	40.8	36.1	30.5
140	47.0	51.6	53.6	53.1	50.2	45.1	40.3	35.5	29.8
145	47.1	51.7	53.5	53.0	49.9	44.7	39.8	34.8	29.2
150	47.2	51.8	53.5	52.9	49.6	44.4	39.4	34.2	28.7
155	47.2	52.0	53.5	52.9	49.3	44.1	39.0	33.6	28.1
160	47.3	52.1	53.6	52.9	49.0	43.6	38.7	33.1	27.6
165	47.4	52.2	53.6	52.8	48.7	43.2	38.4	32.5	27.1
170	47.4	52.3	53.6	52.7	48.5	42.9	38.2	32.1	26.6
175	47.5	52.4	53.6	52.6	48.2	42.5	37.9	31.6	26.2
180	47.5	52.5	53.7	52.4	47.9	42.1	37.4	31.1	25.7
185	47.6	52.5	53.7	52.3	47.6	41.9	37.0	30.7	25.3
190	47.6	52.6	53.8	52.2	47.3	41.6	36.6	30.2	25.0
195	47.7	52.7	53.8	52.1	47.0	41.4	36.2	29.8	24.6
200	47.7	52.8	53.8	52.1	46.8	41.2	35.8	29.4	24.3

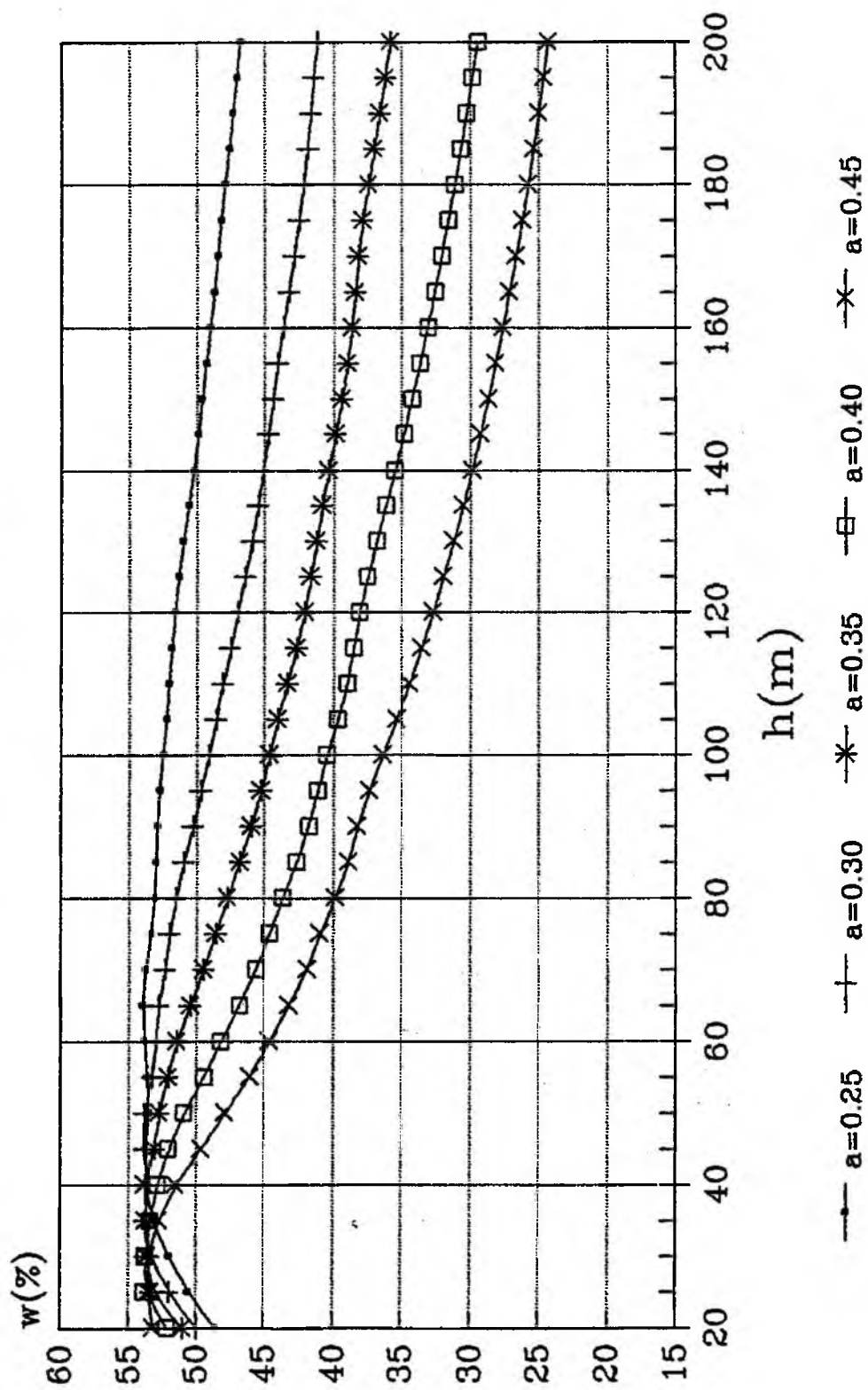
$$w=f(h,a)$$



KALIVARI ANDROY - DANMARK 25

$\Sigma 322$

$$w=f(h,a)$$



KALIVARI ANDROY - DANMARK 25

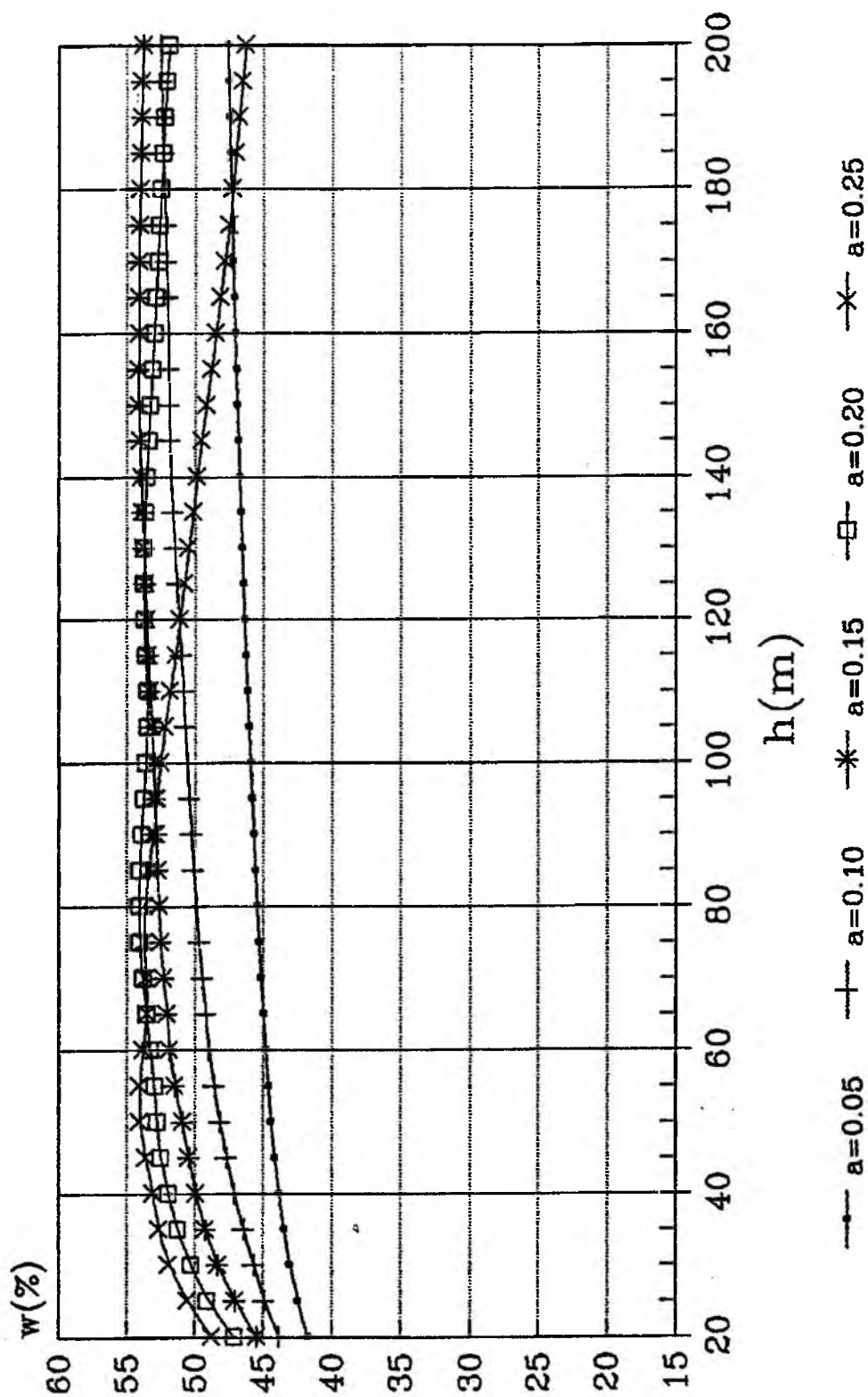
$\Sigma X 323$

Καλυβάρι Ανδρου - WINDMASTER 250

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	41.7	43.8	45.4	47.1	48.7	49.9	50.9	52.0	52.6
25	42.5	44.9	47.0	49.1	50.5	51.9	52.8	53.4	54.1
30	43.0	45.7	48.3	50.3	51.9	52.8	53.7	53.9	53.7
35	43.5	46.4	49.2	51.2	52.7	53.6	53.9	53.7	52.8
40	43.8	47.1	49.9	52.0	53.0	54.1	53.6	53.0	51.0
45	44.1	47.7	50.4	52.5	53.6	53.7	53.5	51.7	49.1
50	44.4	48.1	50.9	52.8	54.0	53.5	52.8	50.4	47.2
55	44.6	48.6	51.5	53.0	54.1	53.7	51.9	48.9	45.7
60	44.8	49.0	51.9	53.3	53.8	53.3	50.9	47.5	44.1
65	45.0	49.2	52.0	53.6	53.5	52.8	50.0	46.3	43.0
70	45.1	49.4	52.3	53.8	53.6	52.3	49.0	45.3	42.0
75	45.3	49.7	52.5	54.1	53.8	51.6	47.9	44.1	40.8
80	45.4	49.9	52.6	54.1	53.7	51.0	47.0	43.2	40.0
85	45.6	50.1	52.8	54.0	53.4	50.4	46.3	42.6	39.3
90	45.7	50.3	52.8	53.9	53.1	49.8	45.6	41.9	38.1
95	45.8	50.4	52.9	53.8	52.8	49.2	44.9	41.0	37.0
100	45.9	50.6	53.0	53.6	52.5	48.5	44.1	40.4	36.0
105	46.0	50.7	53.1	53.5	52.2	47.9	43.5	39.9	35.0
110	46.1	50.8	53.3	53.5	51.8	47.3	43.1	39.4	33.9
115	46.3	51.0	53.4	53.6	51.4	46.9	42.6	38.6	33.0
120	46.4	51.2	53.5	53.7	51.1	46.4	42.2	37.9	32.2
125	46.4	51.3	53.6	53.7	50.8	46.0	41.7	37.2	31.4
130	46.5	51.5	53.7	53.7	50.4	45.6	41.1	36.5	30.8
135	46.6	51.6	53.8	53.7	50.1	45.2	40.7	35.8	30.1
140	46.7	51.8	53.9	53.5	49.8	44.7	40.3	35.1	29.5
145	46.8	51.9	54.0	53.4	49.5	44.3	40.0	34.4	28.9
150	46.9	51.9	54.1	53.3	49.1	43.9	39.7	33.8	28.3
155	47.0	51.9	54.1	53.1	48.8	43.5	39.4	33.2	27.8
160	47.1	52.0	54.1	53.0	48.4	43.2	38.9	32.6	27.3
165	47.1	52.0	54.1	52.8	48.1	43.0	38.4	32.1	26.8
170	47.2	52.1	54.1	52.7	47.8	42.8	38.0	31.6	26.3
175	47.3	52.2	54.0	52.6	47.5	42.5	37.6	31.1	25.9
180	47.4	52.3	54.0	52.5	47.2	42.3	37.1	30.7	25.5
185	47.4	52.3	53.9	52.3	47.0	42.0	36.7	30.3	25.1
190	47.5	52.4	53.9	52.2	46.7	41.7	36.3	29.9	24.7
195	47.6	52.5	53.8	52.1	46.5	41.4	35.8	29.5	24.3
200	47.6	52.5	53.8	51.8	46.3	41.1	35.4	29.1	23.9

Πλ. 313

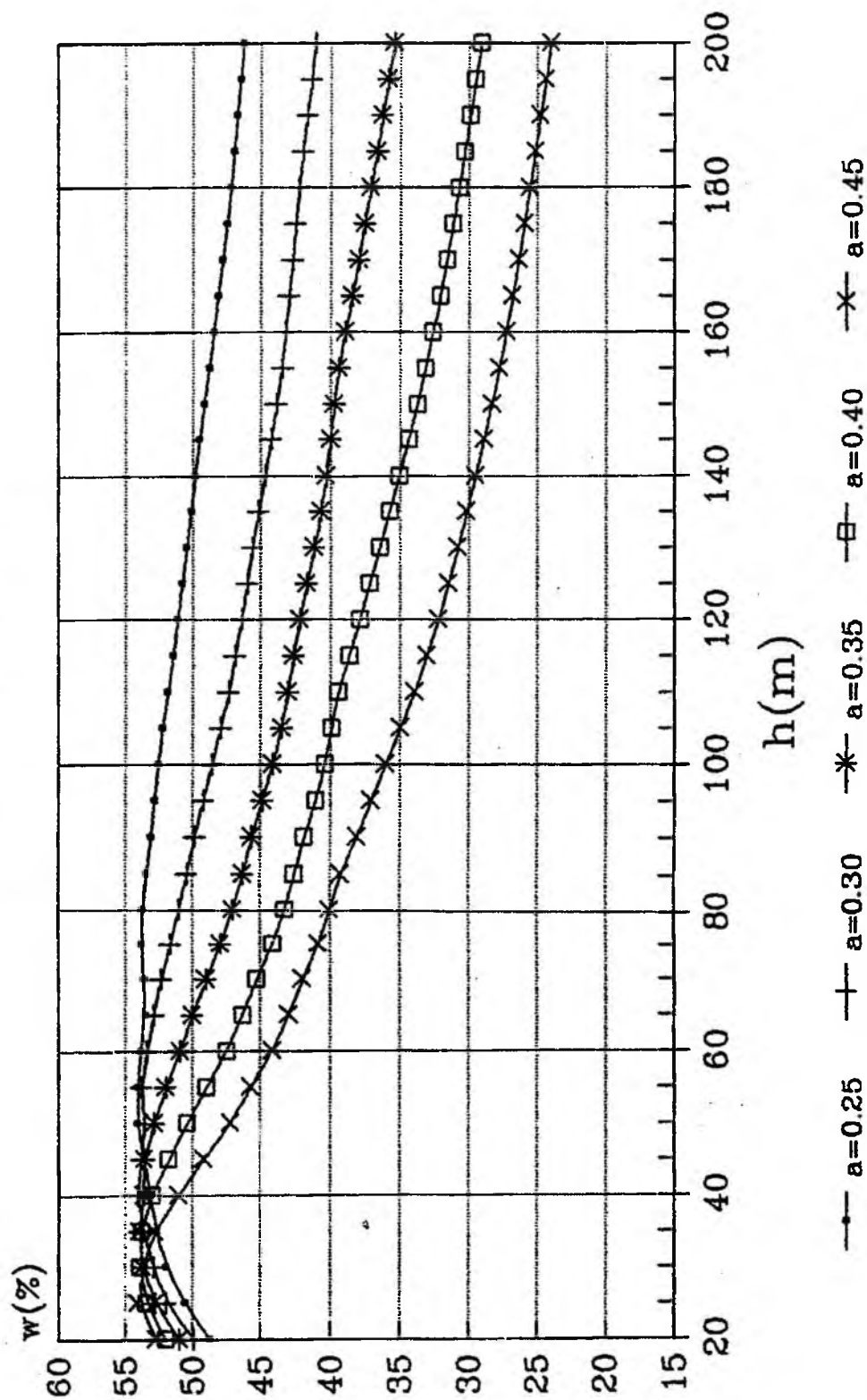
$$w = f(h, a)$$



KALIVARI ANDROY - WINDMASTER 250

$\Sigma x = 324$

$$w=f(h,a)$$



KALIVARI ANDROY - WINDMASTER 250

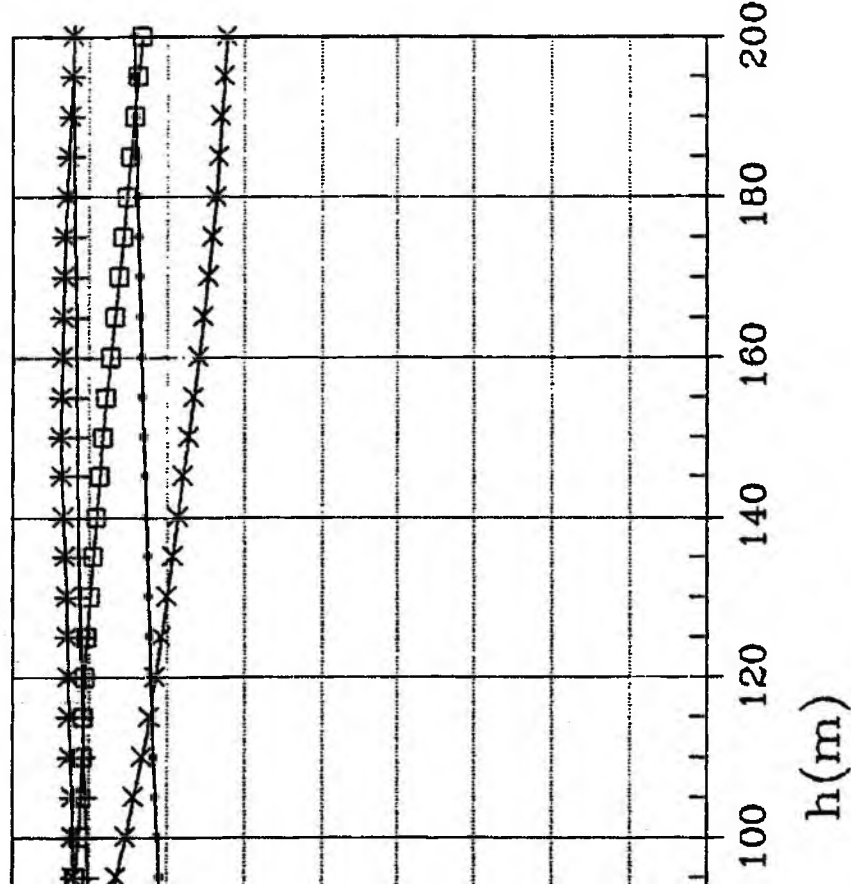
ΣX.325

Καλυβάρι Ανδρου - NEDWIND 25

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	46.3	48.5	50.1	51.6	53.3	54.5	55.4	55.8	55.9
25	47.1	49.6	51.6	53.7	55.2	55.8	55.9	56.3	56.8
30	47.7	50.3	52.8	54.9	55.8	56.0	56.5	56.2	55.3
35	48.1	51.0	53.8	55.5	55.9	56.4	56.3	55.3	53.2
40	48.5	51.6	54.5	55.8	56.1	56.7	55.4	53.6	50.6
45	48.8	52.1	55.1	56.0	56.4	55.9	54.6	51.4	48.6
50	49.1	52.6	55.4	55.9	56.8	55.4	53.2	49.9	46.8
55	49.3	53.2	55.6	56.1	56.6	55.0	51.7	48.4	45.6
60	49.5	53.6	55.8	56.2	56.0	54.2	50.5	47.0	44.1
65	49.7	53.8	55.8	56.4	55.6	53.3	49.5	46.1	43.1
70	49.8	54.1	56.0	56.5	55.4	52.3	48.5	45.2	42.2
75	50.0	54.3	56.0	56.8	55.2	51.3	47.5	44.1	40.8
80	50.1	54.5	55.9	56.7	54.8	50.6	46.7	43.3	39.4
85	50.2	54.7	55.9	56.6	54.3	50.0	46.1	42.7	38.0
90	50.3	54.9	56.0	56.2	53.8	49.3	45.5	42.0	36.6
95	50.5	55.1	56.0	55.9	53.2	48.7	44.8	41.1	35.6
100	50.6	55.2	56.1	55.7	52.6	48.1	44.1	40.2	34.6
105	50.7	55.3	56.1	55.5	52.1	47.5	43.5	39.2	33.6
110	50.8	55.3	56.2	55.4	51.6	46.9	43.1	38.2	32.7
115	50.9	55.4	56.3	55.4	51.1	46.6	42.8	37.3	31.9
120	51.0	55.5	56.3	55.3	50.7	46.2	42.4	36.4	31.1
125	51.1	55.6	56.4	55.2	50.3	45.9	41.8	35.7	30.3
130	51.2	55.6	56.5	55.0	50.0	45.5	41.2	35.0	29.7
135	51.2	55.7	56.6	54.7	49.6	45.1	40.6	34.4	29.0
140	51.3	55.7	56.7	54.5	49.3	44.7	40.0	33.7	28.5
145	51.4	55.7	56.8	54.3	49.0	44.2	39.4	33.2	27.9
150	51.5	55.8	56.8	54.1	48.6	43.9	38.8	32.6	27.3
155	51.6	55.8	56.8	53.9	48.3	43.5	38.2	32.0	26.8
160	51.6	55.8	56.7	53.6	48.0	43.3	37.6	31.5	26.3
165	51.7	55.8	56.7	53.3	47.7	43.1	37.0	30.9	25.8
170	51.7	55.9	56.6	53.0	47.4	42.9	36.5	30.5	25.3
175	51.8	55.9	56.5	52.8	47.1	42.7	36.1	30.0	24.9
180	51.9	55.9	56.4	52.5	46.8	42.5	35.6	29.6	24.5
185	51.9	56.0	56.3	52.3	46.7	42.2	35.2	29.2	24.0
190	52.0	56.0	56.2	52.1	46.5	41.8	34.8	28.8	23.6
195	52.0	56.0	56.1	51.8	46.3	41.5	34.4	28.4	23.2
200	52.1	56.0	56.0	51.6	46.1	41.1	34.0	28.1	22.8

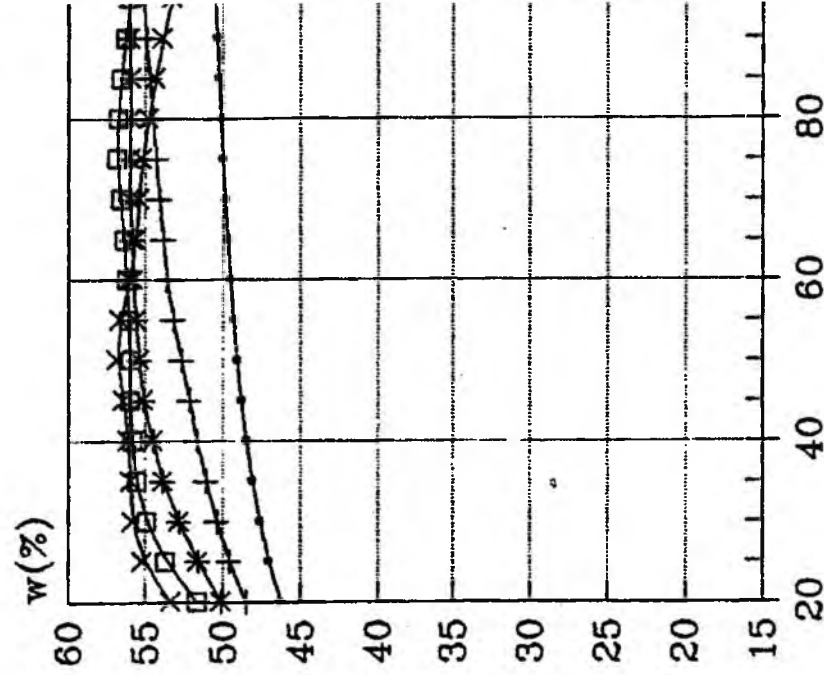
Πλ.314

$\bar{z} = f(h, a)$



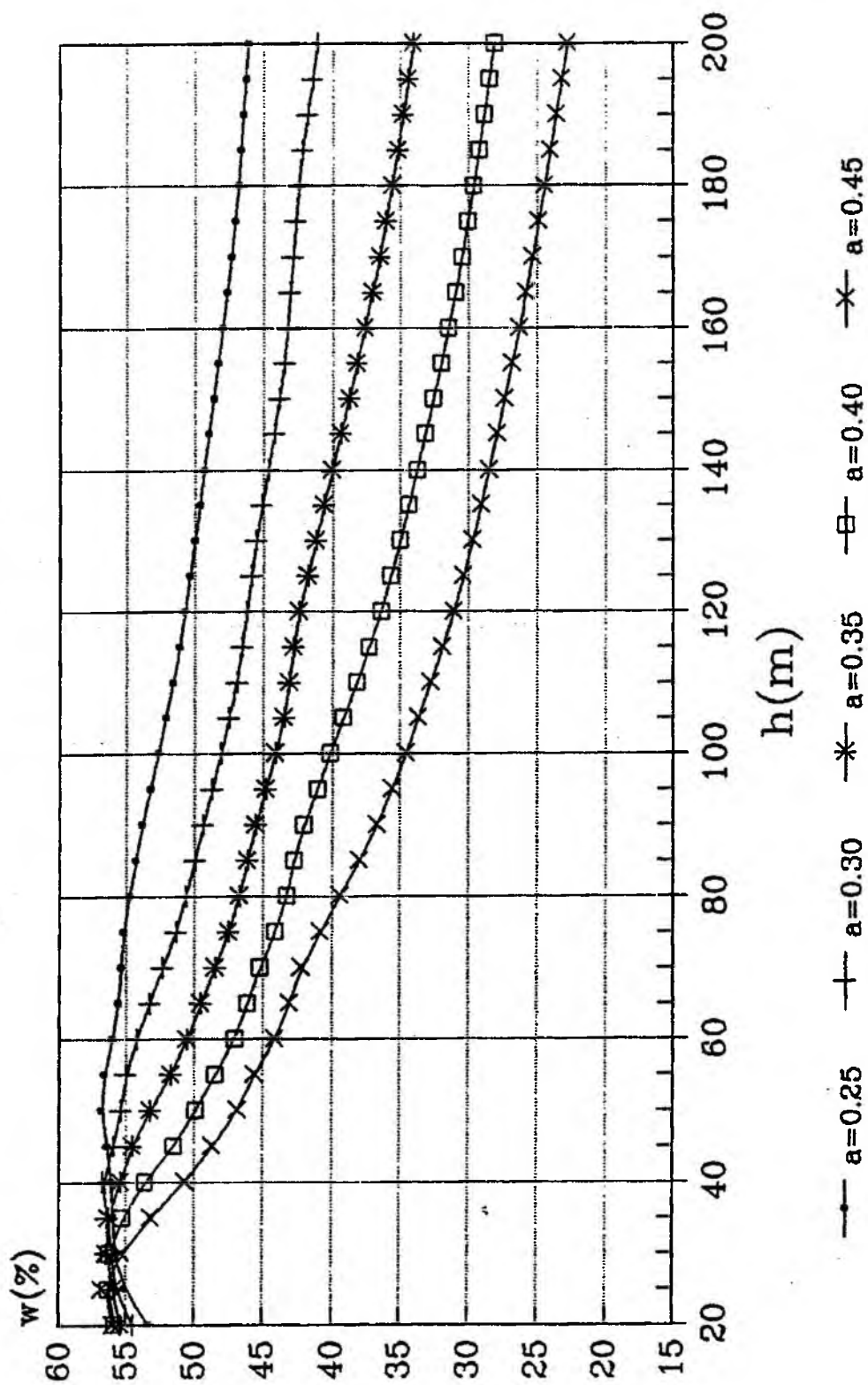
* $a=0.15$ □ $a=0.20$ x $a=0.25$

W:



KALIVARI ANDROY - NEDWIND 25

$$w=f(h,a)$$



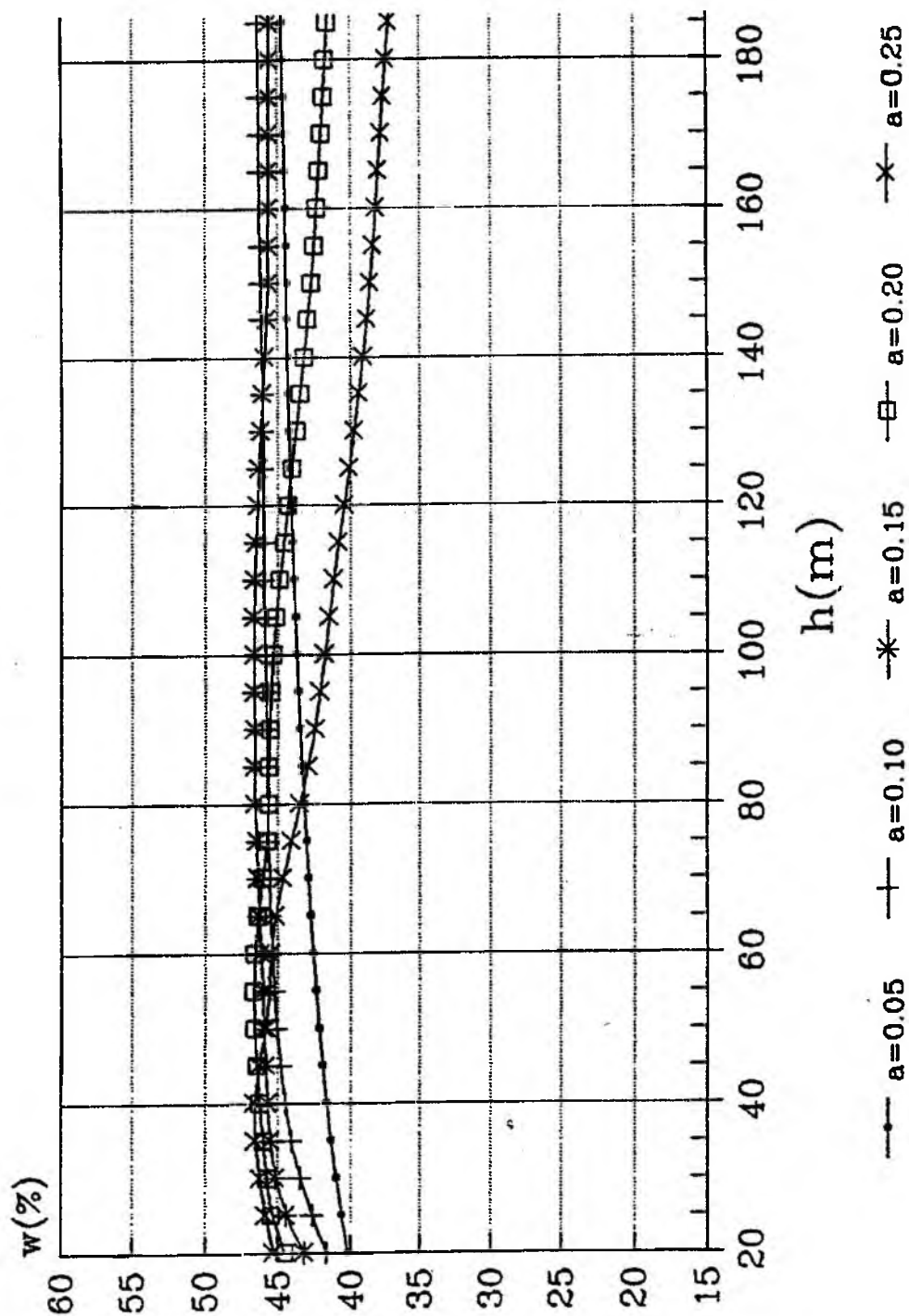
KALIVARI ANDROY - NEDWIND 25

Καλυβάρι Ανδρού - MICON M250

h\α	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
20	40.2	41.7	43.2	44.5	45.3	45.7	46.0	46.3	46.6
25	40.6	42.6	44.5	45.5	45.9	46.3	46.6	46.5	45.6
30	41.0	43.5	45.2	45.8	46.3	46.6	46.2	45.6	44.4
35	41.3	44.1	45.5	46.0	46.6	46.4	45.6	44.1	42.1
40	41.7	44.5	45.7	46.3	46.7	45.6	44.7	42.3	40.3
45	41.9	44.8	45.8	46.4	46.4	45.5	43.2	41.1	38.6
50	42.1	45.1	46.0	46.6	45.7	44.8	42.1	39.7	37.4
55	42.4	45.2	46.0	46.6	45.6	43.8	41.2	38.5	36.1
60	42.6	45.4	46.2	46.6	45.5	42.8	40.2	37.6	35.2
65	42.7	45.5	46.3	46.4	45.2	42.1	39.3	36.6	34.1
70	42.9	45.6	46.4	46.1	44.6	41.6	38.5	35.8	32.9
75	43.0	45.7	46.5	45.7	44.1	41.0	37.9	35.2	31.5
80	43.2	45.7	46.6	45.6	43.5	40.3	37.3	34.5	30.3
85	43.3	45.8	46.6	45.6	42.9	39.7	36.6	33.6	29.3
90	43.5	45.8	46.6	45.6	42.4	39.1	36.0	32.7	28.4
95	43.6	45.8	46.6	45.5	42.1	38.6	35.6	31.8	27.5
100	43.7	45.9	46.7	45.3	41.8	38.3	35.2	30.9	26.7
105	43.8	45.9	46.7	45.1	41.4	37.9	34.9	30.1	25.9
110	43.9	46.0	46.6	44.9	41.1	37.6	34.2	29.4	25.2
115	44.0	46.0	46.5	44.6	40.8	37.1	33.6	28.8	24.6
120	44.0	46.0	46.4	44.3	40.4	36.7	33.1	28.2	24.1
125	44.1	46.0	46.3	44.0	40.1	36.3	32.5	27.6	23.5
130	44.2	46.0	46.2	43.7	39.7	36.0	31.9	27.1	23.0
135	44.3	46.1	46.0	43.4	39.4	35.7	31.4	26.5	22.4
140	44.3	46.1	45.9	43.2	39.1	35.5	30.8	26.0	21.9
145	44.4	46.2	45.8	42.9	38.8	35.3	30.3	25.5	21.4
150	44.4	46.2	45.7	42.7	38.6	35.1	29.9	25.1	21.0
155	44.4	46.2	45.7	42.5	38.4	34.9	29.4	24.7	20.6
160	44.5	46.3	45.6	42.3	38.2	34.5	29.0	24.3	20.2
165	44.5	46.3	45.6	42.2	38.0	34.2	28.6	24.0	19.8
170	44.6	46.3	45.6	42.0	37.8	33.8	28.3	23.6	19.4
175	44.6	46.3	45.6	41.9	37.7	33.5	27.9	23.2	19.1
180	44.7	46.4	45.6	41.7	37.5	33.2	27.6	22.9	18.8
185	44.7	46.4	45.6	41.6	37.2	32.9	27.2	22.6	18.4
190	44.7	46.4	45.5	41.4	37.0	32.5	26.9	22.2	18.2
195	44.8	46.4	45.5	41.3	36.8	32.2	26.6	21.9	17.9
200	44.8	46.4	45.5	41.2	36.6	31.9	26.3	21.6	17.6

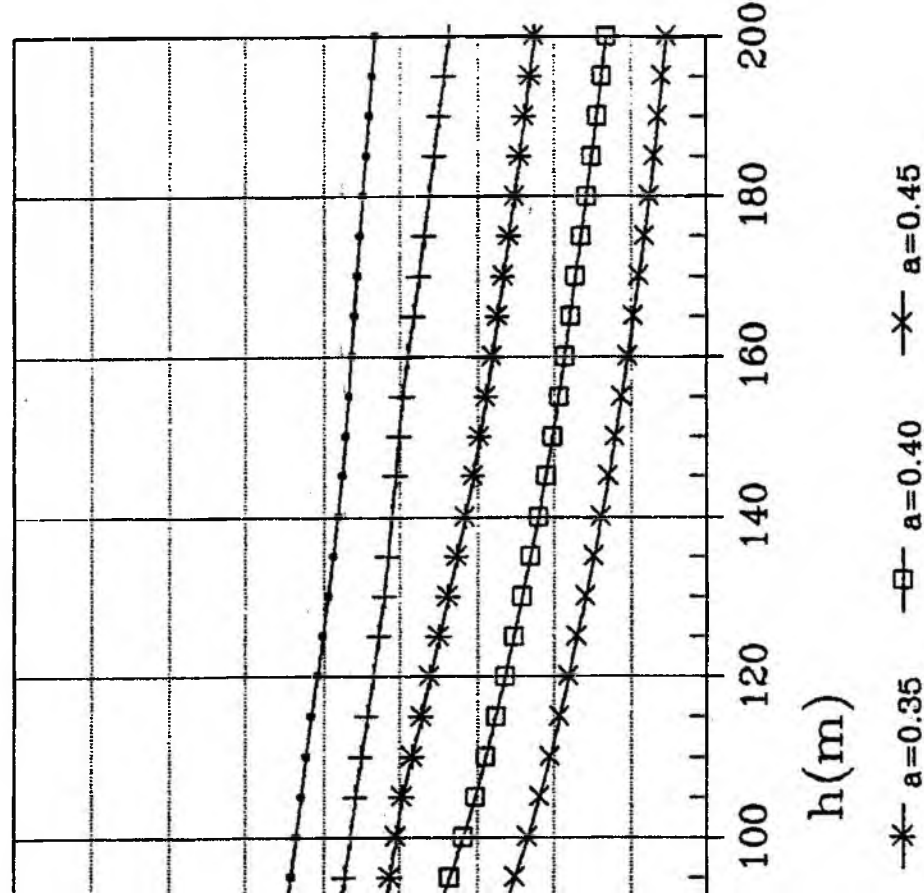
Πίλ. 315

$$w=f(h,a)$$

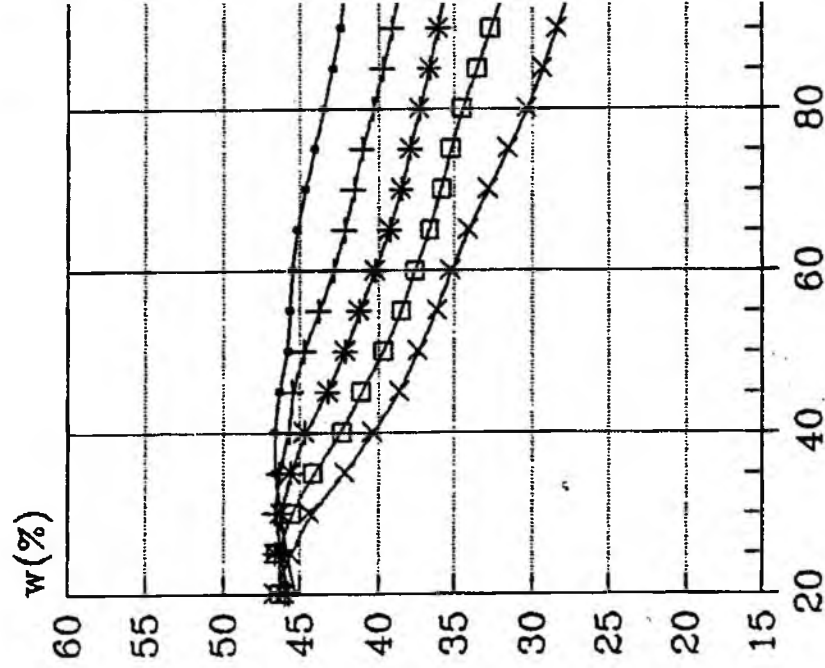


KALIVARI ANDROY - MICON M250

$\bar{z} = f(h, a)$

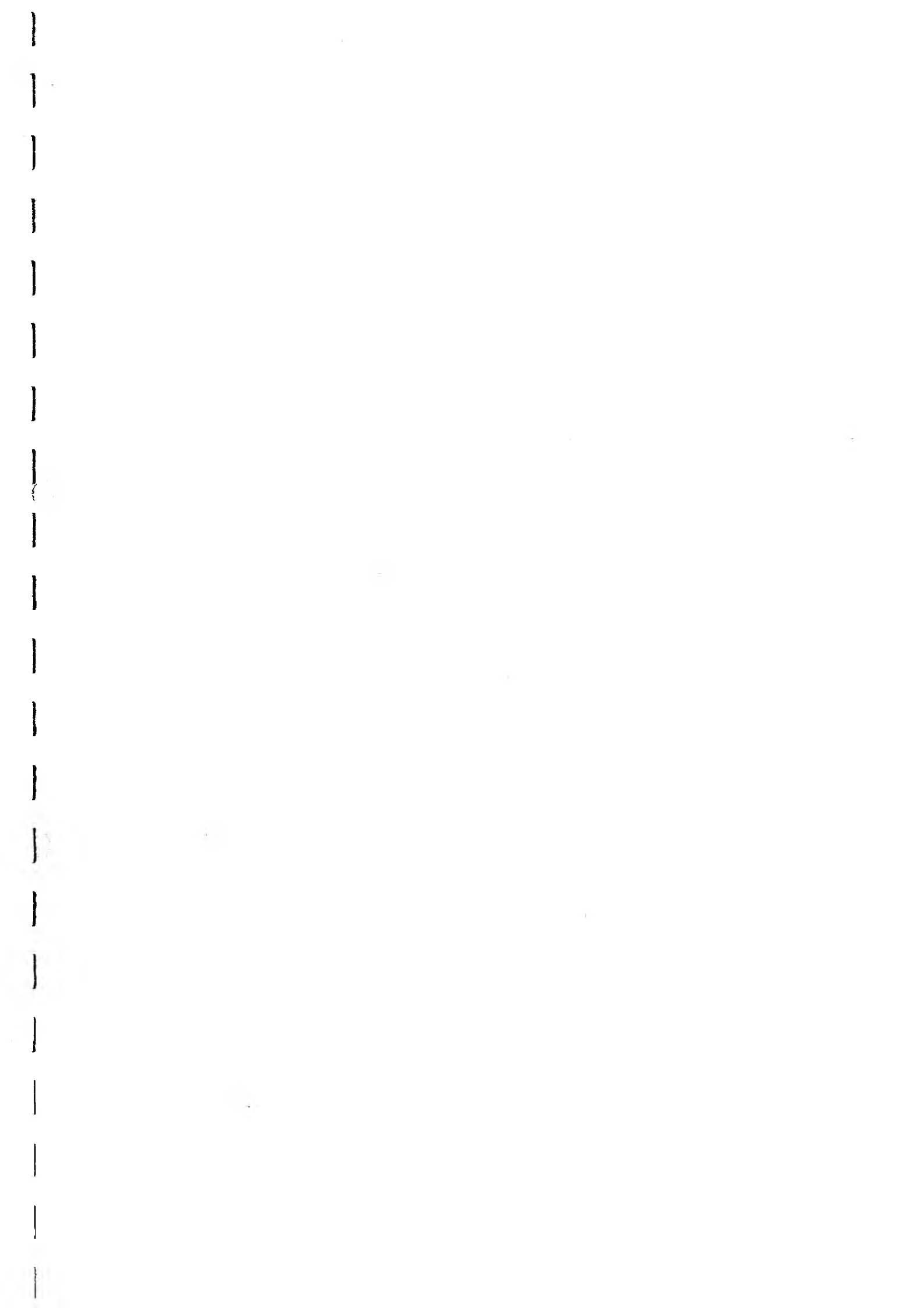


W:



—+— $a=0.25$ —*— $a=0.30$

KALIVARI ANDROY - MICON M250



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εκτίμηση του κόστους με το ύψος εγκατάστασης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο λόγος του γιατί είναι σημαντική η γνώση της τιμής του μέσου συντελεστή ισχύος για την οικονομική βιωσιμότητα μιας εγκατάστασης. Δεν είναι όμως ο μόνος παράγοντας που επιδρά στο αν μία εγκατάσταση θα αποδώσει ή όχι. Κι αυτό γιατί υπάρχει και το κόστος που δαπανούμε για να επιτύχουμε αυτήν τη τιμή του ω . Ετσι συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η οικονομική βιωσιμότητα μίας αιολικής εγκατάστασης έχει να κάνει με τη σχέση κόστους και τιμής διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας.

4.1 Υπολογισμός όγκου υλικού πύργου

Από τα διαγράμματα του προηγούμενου κεφαλαίου βλέπουμε ότι για δεδομένο εκθετικό συντελεστή a , υπάρχουν περιοχές ύψους όπου έχουμε υψηλή ενεργειακή απόδοση της μηχανής. Συνεπώς σε μια εγκατάσταση πρωταρχικός μας στόχος είναι η τοποθέτηση της μηχανής σε τέτοια τιμή ύψους όπου το ω λαμβάνει υψηλές τιμές. Αυτό όμως ενδέχεται να συνεπάγεται υψηλό κόστος. Ετσι για να αποφασίσουμε σε ποιο ύψος θα τοποθετήσουμε την μηχανή θα πρέπει να δούμε :

- α) τις ενεργειακές απολαβές
- β) το κόστος εγκατάστασης.

Εάν γνωρίζουμε τα παραπάνω μεγέθη τότε μπορούμε να εξάγουμε την τιμή κόστους της μονάδος ενέργειας π.χ. kWh.

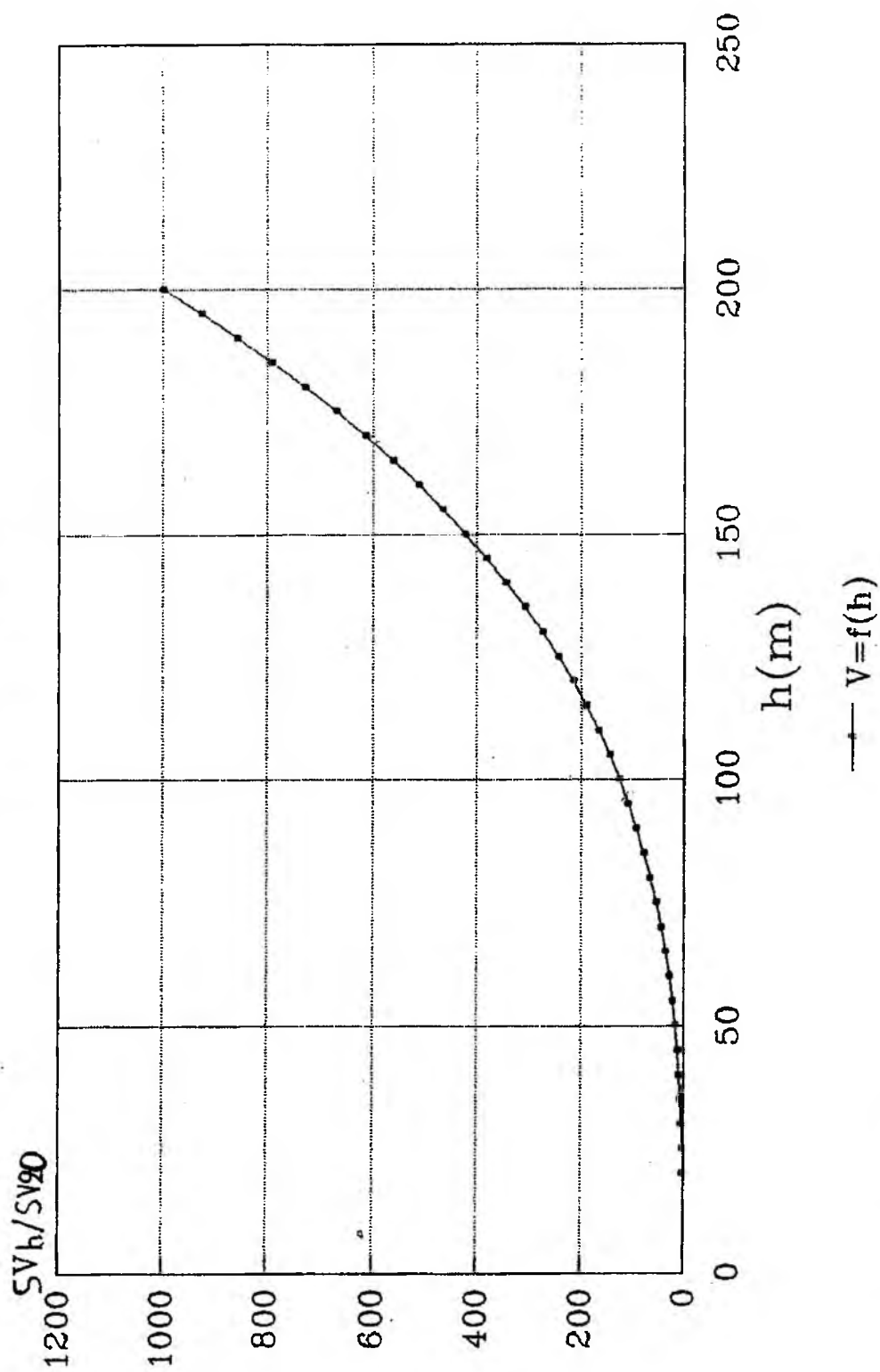
Το πρώτο σκέλος αντιμετωπίσθηκε στο κεφάλαιο 3. Για το δεύτερο θα πρέπει να βρούμε το κόστος της εγκατάστασης για δεδομένο ύψος τοποθέτησης. Ζητούμε δηλαδή τη μεταβολή του κόστους με το ύψος. Έχει βρεθεί σχέση που δίνει το κόστος εγκατάστασης μίας Α/Γ με βάση το βάρος του πύργου αυτής. Άρα στην παρούσα εργασία που γίνεται εκτίμηση αρκεί να βρούμε την συνάρτηση αύξησης του όγκου του υλικού του πύργου ως προς το ύψος σε σχέση με τον όγκο του υλικού του πύργου σε ύψος 20 m. Ο όγκος του υλικού του πύργου μπορεί να υπολογιστεί από την :

$$SV = N\pi \cdot h \cdot p \cdot \sin(180/N\pi) \cdot (R_k + R_b - p)$$

4.1.1

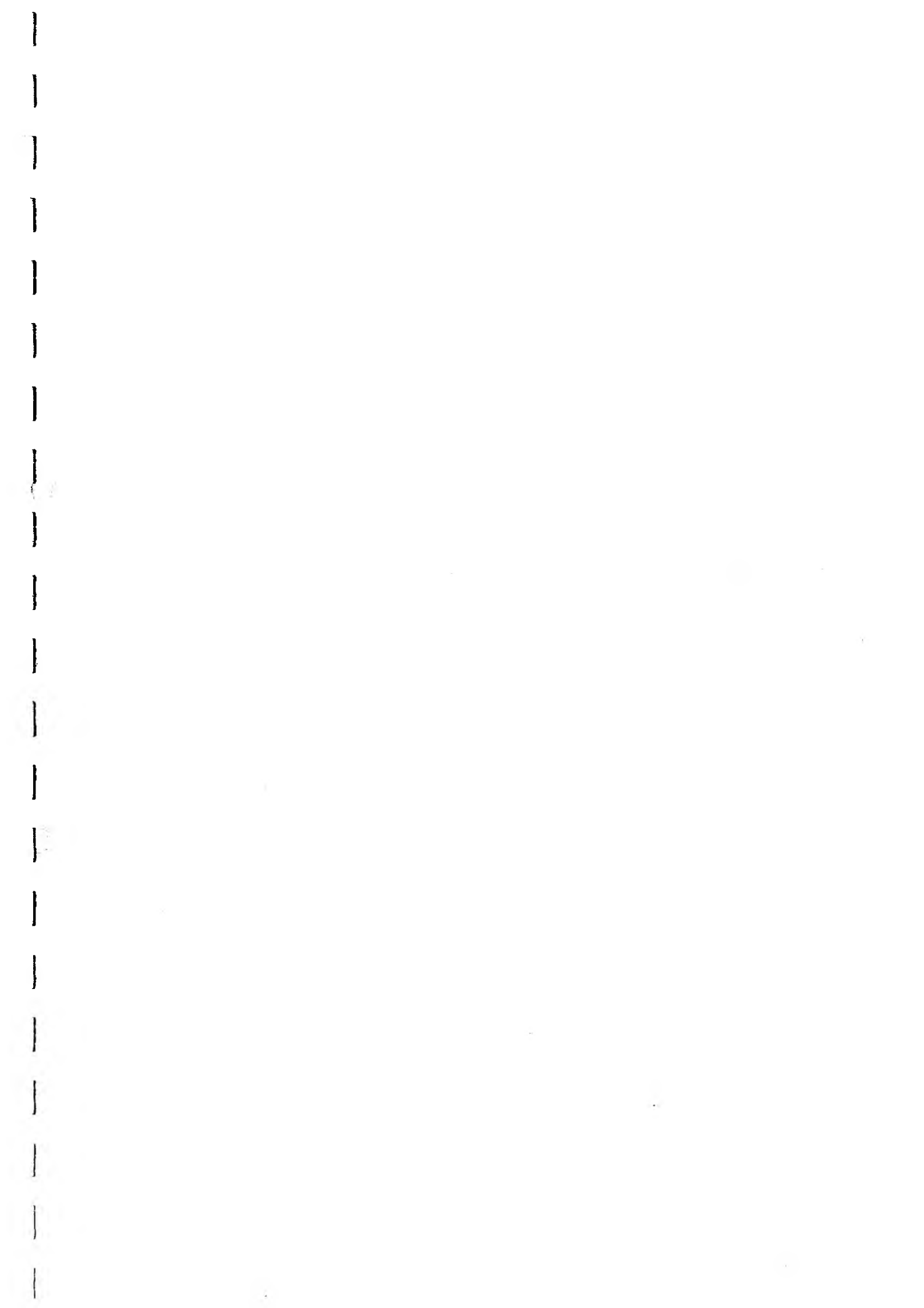
Η τελευταία προέκυψε όπως παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ και το αποτέλεσμα της το βλέπουμε στο Σχ.4.1

$$V=f(h)$$



SOLID VOLUME OF TOWER

ΣX.4.1



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο το να δώσει εκτός από μία μέθοδο υπολογισμού κάποιων μεγεθών αλλά και ταυτόχρονα το να παρουσιάσει μία εφαρμογή αυτών των μεθόδων δίνοντας σαν τελικά αποτελέσματα τις τιμές του μέσου συντελεστή ισχύος με ελεγχόμενες παραμέτρους το ύψος και τον τύπο του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος. Αποφασίστηκε μία σφαιρική κάλυψη του θέματος που συνεπάγοταν μία εξέταση όλων των δυνατών συνδυασμών. Αυτό σημαίνει ότι ο εκθετικός συντελεστής a λαμβάνει τιμές από 0.05 έως 0.45 ανά 0.05 και το ύψος τοποθέτησης από 20 έως 200 m ανά 5 m. Λάβαμε ότι το πάχος του οριακού στρώματος είναι $\delta=200$ m για να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις. Εάν ο αναγνώστης μελετά πάχος οριακού στρώματος μικρότερο των 200 m και ύψος τοποθέτησης μεγαλύτερο του δ δηλαδή η Α/Γ βρίσκεται εκτός οριακού στρώματος τότε θα πρέπει να πάρει ως τιμή του ω για το ύψος που μελετά την τιμή που λαμβάνει αυτό σε ύψος ίσο με το πάχος του οριακού στρώματος. Έτσι εάν π.χ. ζητάμε το ω για $h=75$ m και ισχύει $\delta=50$ m τότε η τιμή του ω για 75 m είναι ίση με την τιμή του ω για 50 m.

Αμέσως μετά ερχόμαστε στα ανεμολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν. Επιζητώντας και πάλι να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα για το τι συμβαίνει αποφασίσαμε να εξετάσουμε τρεις περιοχές αντιπροσωπευτικές υψηλού, μέσου και χαμηλού αιολικού δυναμικού. Έτσι επιλέχθηκαν οι περιοχές Καλυβάρι Ανδρου, Στελίδα Ναξου και Χώρα Κύθνου αντίστοιχα. Τα στοιχεία πάρθηκαν για την πενταετία 1981-1985 από μετρήσεις που έκανε η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού και τις οποίες έχει παρουσιάσει σε ετήσιες εκδόσεις. Από τις τελευταίες πήραμε την ετήσια καμπύλη διάρκειας των διαφόρων ταχυτήτων του ανέμου και βγάλαμε την ετήσια καμπύλη συχνότητας. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς αναφέρονται στις σελίδες 33 έως 35. Για τους παραπέρα υπολογισμούς χρησιμοποιήσαμε τη στήλη f που είναι ο αριθμητικός μέσος των πέντε προηγούμενων στηλών για δεδομένο διάστημα ταχύτητας. Από τη λογική της μόλις αναφερθείσας διαδικασίας γίνεται φανερό ότι η εργασία στοχεύει στο να υπολογίσει τις μέσες ετήσιες τιμές του ω που θα παρουσιάζονται επαναλαμβανόμενες με μικρές αποκλίσεις και για ικανό χρονικό διάστημα π.χ. το χρόνο ζωής μίας Α/Γ και όχι για πρόβλεψη της ενέργειας που θα παραχθεί σε μία δεδομένη

χρονιά. Επιπλέον τέθηκε και σαν άνω όριο τιμών ταχυτήτων τα 24 m/sec μιας και μεγαλύτερες ταχύτητες έχουν ουσιαστικά μηδενική πιθανότητα εμφάνισης αλλά και οι περισσότερες Α/Γ τίθενται εκτός λειτουργίας σε τέτοιες τιμές ταχύτητας.

Με το ίδιο σκεπτικό της ολοκληρωμένης εξέτασης επιλέχθηκαν και οι υπό εξέταση Α/Γ. Μας ενδιέφερε να εργασθούμε με αντιπροσωπευτικούς τύπους μηχανών ως προς τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας και της τάξης μεγέθους ονομαστικής ισχύος γύρω στα 250 kW. Κάνοντας έναν έλεγχο σε διάφορες μηχανές ομαδοποιήθηκαν οι χαρακτηριστικές σε τέσσερις κατηγορίες και πάρθηκαν σαν έχοντας τυπική χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας στην κατηγορία όπου ανήκαν οι μηχανές MICON M250 , NEDWIND 25 , WINDMASTER 250 , DANMARK 25 και των οποίων οι χαρακτηριστικές εικονίζονται στις σελίδες 29 έως 33. Γενικά αυτές οι μηχανές παρουσιάζουν περίπου τα ίδια όρια λειτουργίας ενώ όσον αφορά το ύψος τοποθέτησης , ο πύργος που τις συνοδεύει έχει ύψος 30 m περίπου. Συνεπώς οι τιμές των πινάκων 3.4 έως 3.15 δεν είναι ρεαλιστικές για ύψη διάφορα των 30 ή 35 m και ειδικά για ύψη για ύψη τοποθέτησης 20 και 25 m οι τιμές έχουν θεωρητική και μόνον βάση.

Για τις τιμές του συντελεστή α με βάση κάποιες έρευνες που έχουν γίνει μπορούμε να πούμε ότι οι τιμές πάνω από 0.2 δεν είναι ρεαλιστικές. Επειδή όμως οι περιοχές που μελετούνται βρίσκονται στο αρχιπέλαγος του Αιγαίου και επειδή υπάρχει η δυνατότητα θεμελίωσης των Α/Γ ακόμη και υποθαλάσσια εξετάζουμε τιμές α μεγαλύτερες του 0.2 που φανερώνουν ομαλώς ανεπτυγμένο οριακό στρώμα όπως συμβαίνει πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Στην παρούσα εργασία ο ενεργειακός υπολογισμός έγινε με βάση τις παραπάνω παραμέτρους ύψους , εκθετικού συντελεστή α , αιολικού δυναμικού και χαρακτηριστικής λειτουργίας μηχανής. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α παρουσιάζεται ο πηγαίος κώδικας προγράμματος γραμμένου σε γλώσσα προγραμματισμού QBASIC 4.50 , που υπολογίζει τις διανομές πυκνότητας πιθανότητας και τις τιμές του μέσου συντελεστή ισχύος για οιαδήποτε τιμή λάβουν οι ως άνω παράμετροι.

Στο κεφάλαιο του υπολογισμού του κόστους με βάση το ύψος εγκατάστασης δυστυχώς δεν υπάρχει κάποια σχετική αναφορά στη βιβλιογραφία που να βρήκε ο γράφων. Υπάρχει δυσκολία στην πρόσβαση κατασκευαστικών στοιχείων των πύργων που οδηγεί σε δυσκολία ακόμη και για εκτίμηση του κόστους με βάση το ύψος εγκατάστασης. Έτσι για να γίνει κάποια εκτίμηση θεωρήθηκε σαν αντιπροσωπευτικός ο πύργος W200 της WINCON του οποίου σχέδιο βλέπουμε στη σελίδα 112. Επειδή το αυθεντικό σχέδιο δεν είχε τα πάχη των ελασμάτων αυτά εκτιμήθηκαν με βάση τον πύργο της WINDMASTER 250.

Με τα ως άνωθεν στοιχεία έγιναν οι απαιτούμενοι υπολογισμοί συνάχθηκαν τα αποτελέσματα μας και έτσι μπορούμε

να συμπεράνουμε κάποια πράγματα από όλη την εργασία.

Από το σχήμα 1.1 βλέπουμε το πόσο μεταβάλλεται η ταχύτητα του ανέμου ως προς το ύψος και τον εκθετικό συντελεστή. Εδώ θα πρέπει να πούμε ότι στο παρών σχήμα το V_h/V_{10} μπορεί να αντικατασταθεί από την τιμή του λόγου l σύμφωνα με τη βασική σχέση του power law model. Η μεταβολή αυτή του l είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί από αυτή εξαρτώνται όλες οι άλλες αλλαγές των μεγεθών. Από το σχήμα βλέπουμε ότι για μεγάλα ύψη και εκθετικούς συντελεστές μπορούμε να έχουμε ακόμη και υπερτριπλασιασμό της ταχύτητας. Ακόμη βλέπουμε ότι για μικρά ύψη (και σαν τέτοια είναι αυτά που συνήθως τοποθετούνται οι Α/Γ) έχουμε μικρές μεταβολές της ταχύτητας.

Στο σχήμα 1.2 βλέπουμε το πως μεταβάλλεται για $a=0.2$ ως προς το ύψος η ταχύτητα που έχει τιμές από 0 έως 25 m/sec σε $h=10$ m. Παρατηρείται αύξηση του μήκους των διαστημάτων της ταχύτητας ως προς το ύψος η οποία είναι ίση για δεδομένο ύψος. Ακόμη βλέπουμε ότι η τιμή της ταχύτητας σε ύψος h εξαρτάται από την τιμή που έχει η ταχύτητα σε ύψος 10 m συνέπεια της σχέσης : $V_h=V_0 \cdot l$.

Από το σχήμα 2.1 βλέπουμε ότι υπάρχει σχεδόν απόλυτη ταύτιση της πειραματικής με τη θεωρητική καμπύλη. Λέγοντας θεωρητική εννοούμε αυτή που προκύπτει με τη μέθοδο υπολογισμού της διανομής πυκνότητας πιθανότητας και μάλιστα στο παρών σχήμα ο υπολογισμός έγινε για ύψος $h=10$ m. Επιπλέον πρέπει να πούμε ότι η τιμή της πιθανότητας να έρθει μία ταχύτητα εξαρτάται από τη διαμερίση ενώ η πιθανότητα να έρθει ένα διαστημα ταχυτήτων είναι ανεξάρτητο από αυτή.

Απο τα σχήματα 2.6 έως 2.10 των οποίων τις τιμές βλέπουμε στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ μπορούμε να συνάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα : Η μεταβολή της διανομής πυκνότητας πιθανότητας είναι ανάλογη του λόγου l , συνεπώς του h και του a . Η μορφή των καμπυλών διατηρείται , αλλά ελλατώνεται η τιμή των μεγίστων ενώ παράλληλα αυξάνει η μεταξύ τους απόσταση με ρυθμό ανάλογο της αύξησης του l . Το εμβαδό κάτω από τις καμπύλες που παριστάνει την αθροιστική πιθανότητα παραμένει σταθερό και ίσο με αυτό κάτω από από τις καμπύλες για $h=10$ m. Συνεπώς πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι η διανομή σμικρύνεται κατά l ως προς τον άξονα των F ενώ αντίθετα μεγενθύνεται με λόγο l ως προς τον άξονα των V . Ετσι εξηγείται το γεγονός του ότι με την αύξηση του l παρατηρείται μείωση της συχνότητας της άπνοιας χωρίς να μηδενίζεται ενώ παραλληλα έχουμε αύξηση της πιθανότητας να έλθουν ταχύτητες μεγαλύτερες από την μέγιστη ταχύτητα σε ύψος 10 m. Πέραν όμως της μεταβολής των ακραίων καταστάσεων έχουμε και μεταβολές στις ενδιάμεσες ταχύτητες που έχουν σαν αποτέλεσμα την "μετάπτωση" των συχνοτήτων από περιοχές χαμηλής ταχύτητας σε περιοχές υψηλής. Έχουμε δηλαδή ένα φαινόμενο παρόμοιο με το φαινόμενο Doppler. Θα ήταν μάλιστα περισσότερο ορατό εάν η διαμερίση έπαιρνε πολύ μικρές τιμές οπότε θα είχαμε την δημιουργία ενός

γραμμικού φάσματος συχνοτήτων οπότε τα φαινόμενα μετάπτωσης θα ήταν περισσότερο εμφανή.

Σε σχέση με το μέσο συντελεστή ισχύος έχουμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω : Τα διαγράμματα 3.6 έως 3.29 έχουν κατασκευαστεί με κοινές κλίμακες για να είναι εύκολη μία γρήγορη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Μία πρώτη ματιά σε αυτά τα διαγράμματα θα μας πείσει ότι δεν υπάρχει καλή περιοχή αιολικού δυναμικού ως προς το θέμα παραγωγής ενέργειας αλλά για να μιλήσουμε γι αυτό το θέμα θα πρέπει να καθορίσουμε πλήρως τις παράμετρους ύψος τοποθέτησης, εκθετικό συντελεστή, αιολική μηχανή και περιοχή εξέτασης. Τότε μόνον μπορούμε να αποφανθούμε για το αιολικό δυναμικό με βάση την τιμή του ω . Μία πλήρης ανάλυση όλων των παρατηρήσεων που συνάγονται από τη μελέτη των περιπτώσεων θα ήταν κουραστική. Πριν προχωρήσουμε σε μια πολύ γενική ανάλυση των διαγραμμάτων του μέσου συντελεστή ισχύος θα πρέπει να έχουμε κατά νου κάποια στοιχεία με βάση τις χαρακτηριστικές των μηχανών.

Για τις χαρακτηριστικές τιμές ταχύτητας των μηχανών έχουμε τον ακόλουθο πίνακα :

	V_R m/sec	V_F m/sec	V_C m/sec
MICON M250	15	21	4
NEDWIND 25	14	22	5
WINDMASTER 250	14	24	4
DANMARK 25	14	25	4

από τον οποίο έχουμε να παρατηρήσουμε ότι οι μηχανές έχουν κοινή μεταβατική περιοχή λειτουργίας ενώ και με βάση τις χαρακτηριστικές τους καμπύλες έχουμε ότι η ενεργειακή συμπεριφορά των μηχανών διαφοροποιείται για ταχύτητες υψηλότερες από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας. Με βάση αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η μεταβολή του ω στην σχέση $\omega=f(l)$ έχει να κάνει με τη V_F . Ετσι εάν συγκρίνουμε την DANMARK 25 με την MICON M250 θα δούμε ότι ενώ έχουν κοινή χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας εν τούτοις η μεγαλύτερη ταχύτητα διακοπής της DANMARK 25 οδηγεί στο αυτή να παρουσιάζεται με σταθερά υψηλότερο ω έως και 30%. Αντίθετα μία σύγκριση της WINDMASTER 250 με την NEDWIND 25 δίδει ότι η τιμή του ω εξαρτάται από την περιοχή των ταχυτήτων που παρουσιάζεται με υψηλότερη πιθανότητα να έρθει. Ετσι στο Καλυβάρι Ανδρου η NEDWIND 25 υπερέχει σαφώς από τις άλλες μηχανές ενώ για την Χώρα Κύθνου η διαφορά είναι ασήμαντη ή π.χ. για ύψος 20 m και $a=0.45$ για το Καλυβάρι Ανδρου η WINDMASTER δίδει $\omega=52.5\%$ ενώ η NEDWIND 55.9% αλλά για ύψος 200 m έχουμε αντίστοιχες τιμές 23.9% και 22.8%.

Γενικά όμως μπορούμε να πούμε :

- α) υπάρχει μέγιστη παραγωγή ενέργειας
- β) σε μικρά ύψη παίζει ρόλο η V_F και η V_C
- γ) για υψηλούς λόγους l μετά την τιμή του ύψους που έχουμε

μέγιστη παραγωγή ενέργειας η μηχανή δίδει σημαντικά χαμηλούς μέσους συντελεστές ισχύος.

δ) η μορφή της καμπύλης της διανομής πυκνότητας πιθανότητας είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή ενέργειας. Συγκεκριμένα αν έχουμε συσσώρευση της πιθανότητας γύρω από την τιμή της V_R έχουμε υψηλή τιμή του ω .

ε) η τιμή του λόγου l επηρεάζει την αύξηση ή την μείωση της παραγωγής ενέργειας με το ύψος.

στ) υπάρχουν λίγες τιμές του l για τις οποίες η τιμή του ω αυξάνει ως προς το ύψος ενώ άλλες τιμές του l διατηρούν την τιμή του ω σχεδόν σταθερή.

ζ) μεγάλοι λόγοι του l κάνουν εμφανές το γεγονός ότι οι μορφές των χαρακτηριστικών καμπύλων λειτουργίας αλλά και των διανομών επηρεάζουν τη μορφή της $\omega=f(h,a)$.

η) γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι μέγιστες τιμές του ω παρατηρούνται σε ύψος 60-70 m.

θ) οι τιμές του ω κυμαίνονται στο διάστημα από 0.2 έως 0.6 πράγμα που συμφωνεί με την βιβλιογραφία.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να εξηγηθούν έχοντας σαν οδηγό το Σχήμα 3.5 αλλά η εξήγηση είναι κάθε φορά ειδική. Σημαντική βοήθεια μπορούμε να πάρουμε από το πρόγραμμα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α ζητώντας στις επιλογές παρουσίασης της διανομής πυκνότητας πιθανότητας αυτή του ιστογράμματος για τις εξεταζόμενες παραμέτρους.

Για την αύξηση του όγκου του υλικού πύργου που συνεπάγεται αύξηση του κόστους εγκατάστασης έχουμε να πούμε ότι αυτή είναι σχέση 3ου βαθμού που στην προκειμένη περίπτωση είναι η :

$$SV_h/SV_{20}=0.00012h^3+0.00029h^2+0.002585h+0.13832$$

Η σχέση φαίνεται στο Σχήμα 4.1 με τιμές από τον Πίνακα Δ.1. Αυτή η σχέση μας λέει ότι είναι απαγορευτική η κατασκευή πύργων μεγάλου ύψους. Κι αυτό γιατί π.χ. στα 50 m έχουμε 15 φορές μεγαλύτερο όγκο υλικού σύμφωνα πάντα με το μοντέλλο μας ενώ για τα 60 m όπου οι τιμές του ω είναι οι μεγαλύτερες έχουμε 30 φορές περισσότερο υλικό πύργου. Αυτό όμως οδηγεί σε απαγορευτικό κόστος ενέργειας. Με δεδομένο ότι η διαφορά του μέγιστου ω από αυτό των 20 m είναι της τάξης του 20% γίνεται φανερό ότι δεν πρέπει να πηγαίνουμε σε τόσο μεγάλα ύψη τοποθέτησης τουλάχιστον με αυτή τη μορφή πύργου. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι βέλτιστο ύψος τοποθέτησης είναι αυτό που δίνει ο κατασκευαστής της Α/Γ και εμείς θα πρέπει να βρούμε την κατάλληλη τοποθεσία εγκατάστασης.

Τελειώνοντας θα πρέπει να αναφέρουμε τα αδύνατα σημεία της θεώρησης μας και τα οποία αποτελούν παραδοχές. Αυτά τα σημεία αποτελούν και τις προτάσεις για παραπέρα έρευνα του τι συμβαίνει.

α) Λάβαμε ότι σε πεδίο πιθανότητας η ανηγμένη πιθανότητα είναι σταθερή για όλο το πεδίο. Πρέπει να ελεγχθεί αν μήπως

κάποια άλλη σχέση π.χ. Gauss δίδει την τιμή της ανηγμένης πιθανότητας.

β) θεωρήσαμε ότι ο κατασκευαστής της Α/Γ εδώσε την χαρακτηριστική καμπύλη αυτής έχοντας μετρήσει την παραγωγή ενέργειας αυτής εντός του οριακού στρώματος. Σίγουρα όμως δεν γνωρίζουμε την κατανομή της ταχύτητας κατά το ύψος εντός του οριακού στρώματος που έγινε ο έλεγχος και επιπλέον ο έλεγχος έγινε για μια τιμή του a ενώ θα πρέπει να γνωρίζουμε την μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας σε σχέση με την μεταβολή της τιμής του a .

γ) Υποθέσαμε ότι το a είναι σταθερό για μία περιοχή ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα μιας και κάθε διεύθυνση παρουσιάζει μία δική της επιφανειακή τοπογραφία. Έτσι π.χ. για Α/Γ εγκατεστημένες σε παραθαλάσσιες τοποθεσίες την ημέρα έχουμε κίνηση του ανέμου από τη θάλασσα προς την ξηρά με τιμές του a υψηλές ενώ τη νύχτα που παρουσιάζεται το φαινόμενο της απόγειας αύρας δηλαδή μετακίνηση αερίων μαζών από την ξηρά προς τη θάλασσα οι τιμές του a αναμένονται χαμηλές.

δ) Για τον υπολογισμό του όγκου του υλικού του πύργου θεωρήσαμε ένα μοντέλλο και κάναμε γενίκευση. Αυτό όμως το μοντέλλο παρουσιάζει ατέλειες. Έτσι π.χ. ενώ θα έπρεπε το σημείο σύζευξης πύργου-μηχανής να παρουσιάζεται κοινό για όλα τα ύψη εν τούτοις παρουσιάζεται γεωμετρικά όμοιο πράγμα όμως που σημαίνει ότι δεν μπορούμε να έχουμε απευθείας σύζευξη μηχανής-πύργου.

ε) Κάνοντας μία θεωρητική ανάλυση της οποίας όμως τα αποτελέσματα χρήζουν πρακτικής εφαρμογής υπολογίσαμε τιμές ω για ύψη μικρότερα του ελάχιστου ύψους τοποθέτησης και πάχη οριακού στρώματος $\delta=200$ m ενώ η βιβλιογραφία δίνει συνήθως $\delta=100$ m.

Παρακάτω αναφέρουμε κάποιες συνιστώσες του προβλήματος που αξίζει τον κόπο να ερευνηθούν :

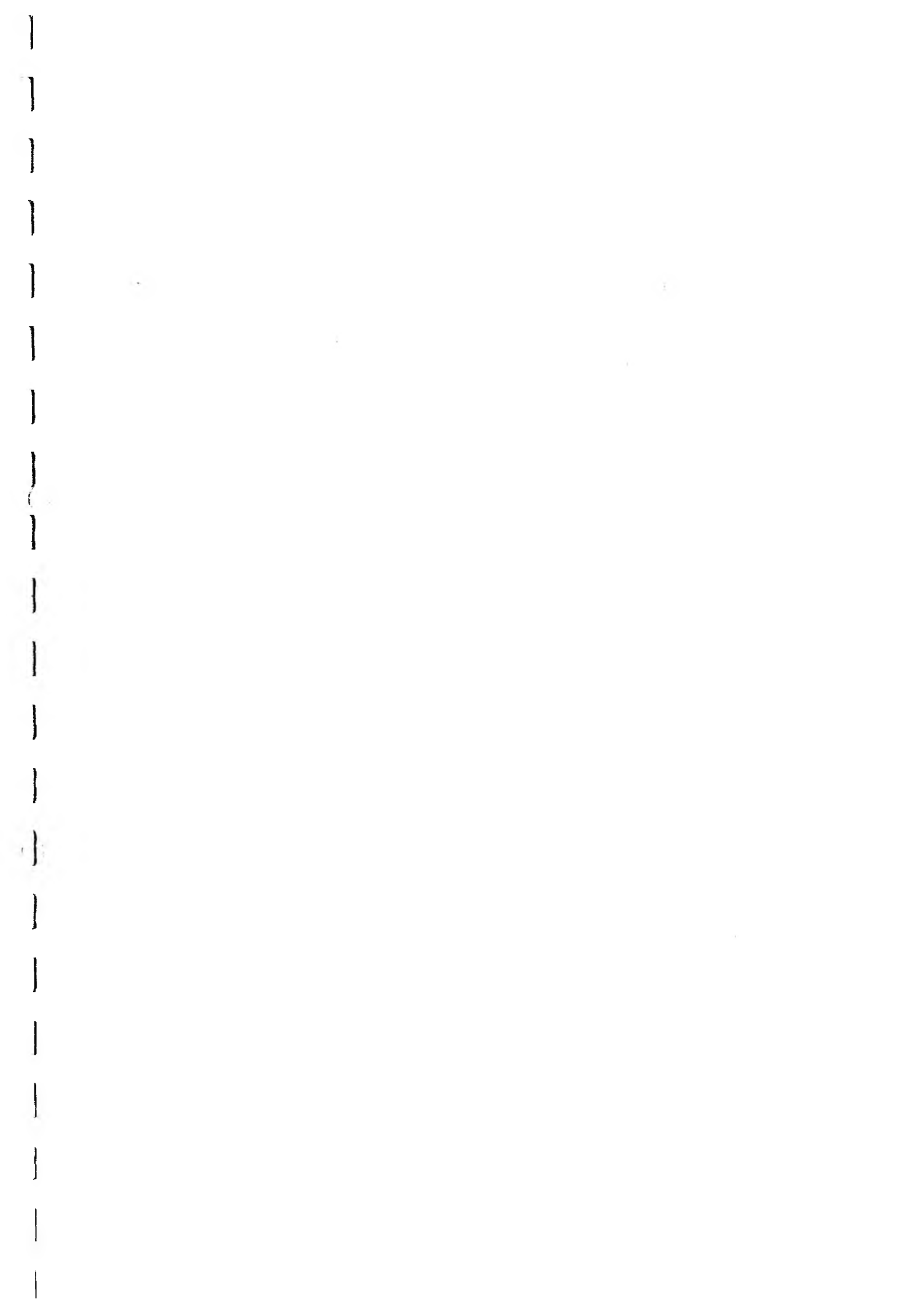
α) να βγούν αναλυτικές σχέσεις που να δίνουν τη διανομή πυκνότητας πιθανότητας.

β) να κατασκευαστεί ένα περισσότερο αξιόπιστο μοντέλλο υπολογισμού του κόστους μίας Α/Γ.

γ) να γίνει ένας οικονομοτεχνικός έλεγχος για μία εγκατάσταση με παράμετρο το ύψος τοποθέτησης.

δ) να βρέθει το αν είναι εφικτό με βάση τα υλικά κατασκευής να αυξηθεί η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας Α/Γ εξασφαλίζοντας μας σημαντικά ενεργειακά οφέλη.

ε) να γίνει έρευνα για τις τιμές του a πάνω από τη θάλασσα, εξαιτίας της επιφανειακής τοπογραφίας ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, το τι γίνεται με το οριακό στρώμα σε αιολικό πάρκο και με τη βοήθεια του προγράμματος του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α να γίνει προσπάθεια σχεδιασμού μηχανής που να εκμεταλεύεται πλήρως το αιολικό δυναμικό μίας περιοχής.



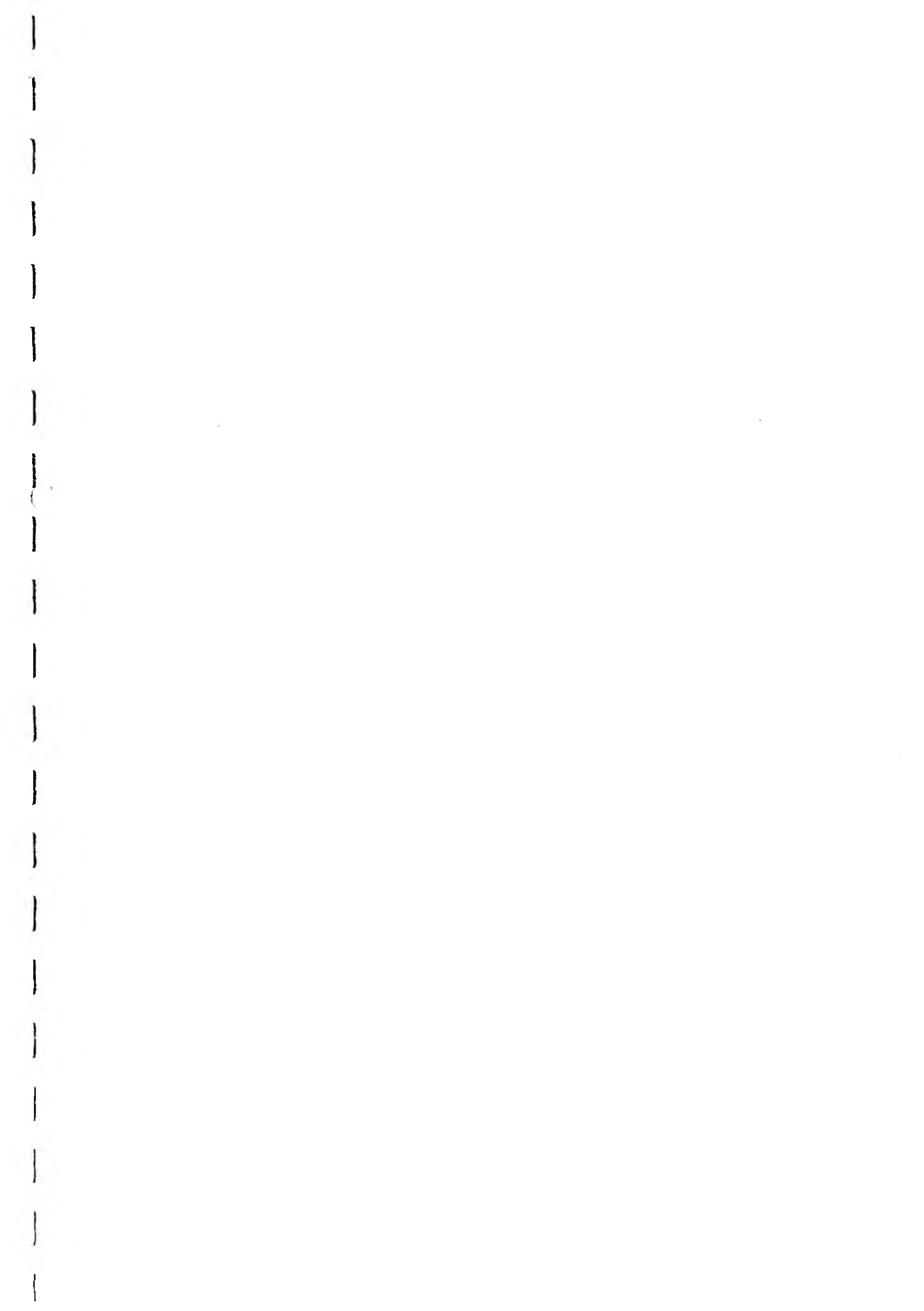
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσσον

1. Delauney D., 1986, "Wind energy assessment of the Brittany region"
2. Delauney D., Flori J.P., Ph Duchene Marullaz, 1987, "Effect of turbulence on the dynamic response of wind turbine"
3. Glinou G.L., Foussekis D., Zorlos P.N., Panourgias J.E., 1994, "Wind measurements in complex terrain. The case of Crete"
4. Gourieres D., 1988, "Wind power plants"
5. Grespo A., Hernandez J., Fraga E., Andreu C., 1987, "Analysis of wind turbine wakes"
6. Jensen N.O., Frandsen S., 1978, "Atmospheric turbulence structure in relation to wind generators design"
7. Meroney R.N., 1978, "Wind-tunnel simulation of the flow over hills and complex terrain"
8. Mikhail A.S., Justus C.G., 1981, "Comparison of height Extrapolation models and sensitivity analysis."
9. Milborrow D.J., 1978, "The performances of arrays of wind turbine"
10. Milborrow D.j., 1987, "Wake measurements on the nibe wind turbines in Denmark"
11. Pencil, Barchet, Elliott, Wendell, Hiester, 1978, "Meteorological aspects of wind energy"
12. Petersen E.L., 1990, "Wind Resources in complex terrain. Measurements and models"
13. Sacre C., Ph Duchene Marullaz, 1987, "Preliminary study of turbulence in complex terrain for wind turbine setting"
14. Smedman A.S., Hogstrom C., 1978, "Measurement of wind speed around a wind power plant in Sweden"
15. Vanleuven J., Stevens D., 1987, "Wake and cluster effects of the Zeebrugge wind farm"
16. Williams G.J., 1988, "A survey of the wind energy resource of Cornwall to examine the influence of settlement patterns and topography on optimum wind turbine size and disposition"

Ελληνόγλωσσον

17. Γαρουνιάτης, 1994, "Εργασία Σεμιναρίου Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ"
18. Καλδέλλης Ι., 1991, "Βασικά στοιχεία διαχείρισης της ατομικής ενέργειας"
19. Μπεργελές Γ., 1986, "Πρόχειρες σημειώσεις για τους ανεμοκινήτες"



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των διανομών πυκνότητας πιθανότητας των τριών περιοχών και του συντελεστή ισχύος των συνδυασμών μηχανών και περιοχών. Οι παραπάνω υπολογισμοί γίνονται για όποια περιοχή ύψους και εκθετικού συντελεστή ζητήσει ο χρήστης του προγράμματος.

```

DECLARE SUB anakthshi ()
DECLARE SUB anakthshp ()
DECLARE SUB pinakas ()
DECLARE SUB istogramma (m, v(), h, a)
DECLARE SUB dianomh ()
DECLARE SUB epejergasia ()
DECLARE SUB eisagvgh ()
DECLARE SUB isxys ()
DECLARE SUB piuanothta ()
DECLARE SUB anakthsh (pl!, f!())
DECLARE SUB ektypwsh ()
DECLARE SUB check (num!, f!())
DECLARE SUB sosimo (num!, f!())
DECLARE FUNCTION ws! (h!, a!)
DECLARE FUNCTION olok1! (f!(), n!, b!)
DIM f(100), n(100)
COMMON SHARED f(), n(), nof, non
CALL pinakas

```

```

SUB anakthshi
CLS
PRINT " ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΔΕΙΤΕ ΤΟΝ ΔΙΣΚΟ Υ "
dsak$ = INPUT$(1)
IF dsak$ = "y" OR dsak$ = "Y" THEN
SHELL
SHELL "dir *.* /p"
END IF
112 INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ: ", d$
IF d$ = "" THEN 721
PRINT "ΑΝ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΕΙΝΑΙ ΣΩΣΤΟ ΠΙΕΣΤΕ Υ"
a$ = INPUT$(1)
IF NOT (a$ = "Y" OR a$ = "y") THEN 112
OPEN d$ FOR INPUT AS #2
INPUT #2, non
FOR i = 0 TO non
INPUT #2, n(i)
NEXT i
721
CLOSE
END SUB

```

```

SUB anakthshp
CLS
PRINT " ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΔΕΙΤΕ ΤΟ ΔΙΣΚΟ Y "
dsak$ = INPUT$(1)
IF dsak$ = "y" OR dsak$ = "Y" THEN
SHELL
SHELL "dir *.* /p"
END IF
9112 INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ: ", d$
IF d$ = "" THEN 9721
PRINT "ΑΝ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΕΙΝΑΙ ΣΩΣΤΟ ΠΙΕΣΤΕ Y"
a$ = INPUT$(1)
IF NOT (a$ = "Y" OR a$ = "y") THEN 9112
OPEN d$ FOR INPUT AS #2
INPUT #2, nof
FOR i = 0 TO nof
INPUT #2, f(i)
NEXT i
9721
CLOSE
END SUB

```



```

SUB check (num, c())
4 CLS
FOR i = 0 TO num
PRINT i, c(i)
IF i = 5 OR i = 10 OR i = 15 OR i = 20 OR i = 25 OR i = 30 THEN PRINT
IF i = 15 THEN
1 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN 1
END IF
NEXT i
PRINT : PRINT
PRINT "ΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΛΑΘΟΣ ΠΙΕΣΤΕ Υ"
a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "y" OR a$ = "Y" THEN
INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΟ ΝΟΥΜΕΡΟ ΛΑΘΟΥΣ: "; tax
6 PRINT "ΛΑΘΟΣ ΤΙΜΗ: "; c(tax)
INPUT "ΣΩΣΤΗ ΤΙΜΗ: ", c(tax)
GOTO 4
END IF
PRINT "ok"
END SUB

```

```

SUB dianomh
CLS
PRINT "ΔΩΣΤΕ ΤΟ ΥΨΟΣ (h) ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ (a)"
INPUT "h=", h
INPUT "a=", a
DIM v10min(nof), v10max(nof), vhmin(nof), vhmax(nof), fh(nof + 1)
l = (h / 10) ^ a
jordan = 1
DIM p(150 * jordan), z(nof)
FOR i = 0 TO nof
    v10min(i) = i
    v10max(i) = i + 1
    vhmin(i) = v10min(i) * l
    vhmax(i) = v10max(i) * l
    fh(i) = f(i) / l
NEXT i
fh(nof + 1) = .0001
speed = 0
vb = 0
WHILE speed < vhmax(nof) - 1.5
    speed = speed + 1
    min = speed - .5
    max = speed + .5
    b = vb
    jak = 0
    WHILE jak = 0 AND b <> nof + 1
        IF min > vhmin(b) AND min > vhmax(b) THEN
            b = b + 1
            jak = 0
        ELSEIF min > vhmin(b) AND max < vhmax(b) THEN
            m1 = fh(b) * (max - min)
            jak = 4
        ELSEIF min > vhmin(b) AND max > vhmax(b) AND max < vhmax(b + 1) THEN
            gh = vhmax(b) - min
            m1 = fh(b) * gh + fh(b + 1) * (1 - gh)
            jak = 4
        ELSE
            b = b + 1
            jak = 0
        END IF
    p(speed) = m1
    IF b > 2 THEN vb = b - 1
WEND
WEND
p(0) = .5 * fh(0)
p(speed + 1) = fh(nof) * (vhmax(nof) - (speed + .5))
sp = speed + 1
112 END

```

1112 CLS

```
LOCATE 10, 20: PRINT "ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΞΟΔΟΥ"
LOCATE 11, 20: PRINT "_____ "
LOCATE 14, 10: PRINT "1. ΟΘΟΝΗ"
LOCATE 15, 10: PRINT "2. ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ"
LOCATE 16, 10: PRINT "3. ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ"
LOCATE 22, 1: PRINT "ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΑΠΟΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ"
s$ = INPUT$(1)
SELECT CASE VAL(s$)
CASE 1
CLS
PRINT TAB(10); "ΤΑΧΥΤΗΤΑ"; TAB(30); "ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ"
PRINT TAB(11); "m/sec"; TAB(35); "%"
VIEW PRINT 3 TO 21
FOR i = 0 TO sp
PRINT USING "###"; TAB(13); i;
PRINT USING "##.#####"; TAB(32); p(i)
dsa = dsa + 1
IF dsa \ 5 = dsa / 5 THEN PRINT
i / 15 = i \ 15 THEN
1111 IF INKEY$ = "" THEN 1111
ND IF
NEXT i
VIEW PRINT
1130 IF INKEY$ = "" THEN 1130
CASE 2
INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ", DS$
LPRINT DS$
PRINT "h="; h
LPRINT "a="; a
PRINT
PRINT TAB(10); "ΤΑΧΥΤΗΤΑ"; TAB(30); "ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ"
LPRINT TAB(11); "m/sec"; TAB(35); "%"
FOR i = 0 TO sp
LPRINT USING "###"; TAB(13); i;
LPRINT USING "##.#####"; TAB(32); p(i)
REM dsa = dsa + 1
IF dsa \ 5 = dsa / 5 THEN LPRINT
NEXT i
CASE 3
CALL istogramma(sp, p(), h, a)
CLS
CASE ELSE
GOTO 1112
ND SELECT
END SUB
```

```

SUB eisagvgh
712 CLS
LOCATE 10, 20: PRINT "ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ"
LOCATE 11, 20: PRINT " "
LOCATE 14, 10: PRINT "1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ Α/Γ ΑΠΟ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ"
LOCATE 15, 10: PRINT "2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ Α/Γ ΑΠΟ ΑΡΧΕΙΟ"
LOCATE 16, 10: PRINT "3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΠΟ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ"
LOCATE 17, 10: PRINT "4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΠΟ ΑΡΧΕΙΟ"
LOCATE 18, 10: PRINT "5. ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΟ ΚΥΡΙΩΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ"
LOCATE 22, 1: PRINT "ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΑΠΟΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ"
s$ = INPUT$(1)
SELECT CASE VAL(s$)
CASE 1
CALL isxys
CASE 2
CALL anakthshi
CASE 3
CALL piuanothta
CASE 4
CALL anakthshp
CASE 5
GOTO 711
CASE ELSE
GOTO 712
END SELECT
GOTO 712
711
END SUB

```

```

SUB ektypwsh
INPUT "ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ : ", qwer$
OPEN qwer$ FOR OUTPUT AS #2
120 CLS
INPUT "ΩΡΙΣΤΕ α ΩΣ:ΑΡΧΗ,ΒΗΜΑ,ΤΕΛΟΣ: ", aarx, abhm, atel
INPUT "ΩΡΙΣΤΕ η ΩΣ:ΑΡΧΗ,ΒΗΜΑ,ΤΕΛΟΣ: ", harx, hbhm, htel
WRITE #2, aarx, abhm, atel
WRITE #2, harx, hbhm, htel
DIM wss(htel, aarx / abhm TO atel / abhm)
FOR h = harx TO htel STEP hbhm
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
gmn = gmn + 1
NEXT a, h
FOR h = harx TO htel STEP hbhm
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
lmn = lmn + 1
ss(h, a / abhm) = ws(h, a)
WRITE #2, wss(h, a / abhm)
LOCATE 10, 10: PRINT INT(100 * (lmn / gmn))
NEXT a, h
CLOSE
13 CLS
LOCATE 10, 20: PRINT "ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΞΟΔΟΥ"
LOCATE 11, 20: PRINT "_____ "
LOCATE 14, 10: PRINT "1. ΘΘΟΝΗ"
LOCATE 15, 10: PRINT "2. ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ"
LOCATE 16, 10: PRINT "3. ΑΡΧΕΙΟ"
LOCATE 17, 10: PRINT "4. ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ"
LOCATE 22, 1: PRINT "ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΑΠΟΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ ."
s = INPUT$(1)
SELECT CASE VAL(s$)
CASE 1
CLS
PRINT "h\α";
fgr = 0
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
fgr = fgr + 6
PRINT USING "#.##"; TAB(fgr); a;
fgr = fgr + 1
NEXT a
PRINT
VIEW PRINT 3 TO 23
FOR h = harx TO htel STEP hbhm
PRINT USING "### "; h;
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
PRINT USING "##.# "; wss(h, a / abhm);
NEXT a
PRINT
jfk = jfk + 1
IF INT(jfk / 5) = jfk / 5 THEN PRINT
IF jfk \ 10 = jfk / 10 THEN
115 IF INKEY$ = "" THEN 1115
END IF
NEXT h
VIEW PRINT
116 IF INKEY$ = "" THEN 1116
CASE 2
INPUT "ΩΡΕΣΤΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ : "; DS$

```

```

LPRINT DS$
LPRINT
LPRINT "h\a";
fgr = 0
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
fgr = fgr + 6
LPRINT USING "#.##"; TAB(fgr); a;
fgr = fgr + 1
NEXT a
LPRINT : LPRINT
FOR h = harx TO htel STEP hbhm
LPRINT USING "### "; h;
FOR a = aarx TO atel STEP abhm

LPRINT USING "##.## "; wss(h, a / abhm);
NEXT a
LPRINT
jfk = jfk + 1
IF INT(jfk / 5) = jfk / 5 THEN LPRINT
NEXT h
CASE 3
CLS
INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ: "; r$
OPEN r$ FOR OUTPUT AS #1
FOR h = harx TO htel STEP hbhm
PRINT #1, h,
FOR a = aarx TO atel STEP abhm
PRINT #1, wss(h, a / abhm),
NEXT a
PRINT #1, ""
NEXT h
CLOSE
CASE 4
GOTO 1117
CASE ELSE
GOTO 1113
END SELECT
GOTO 1113
17
END SUB

```

```

SUB epejergasia
DIM v(nof), v10min(nof), v10max(nof), vhmin(nof), vhmax(nof), fh(nof + 1)
DIM z(non)

741 CLS
LOCATE 10, 20: PRINT "ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ"
LOCATE 11, 20: PRINT " "
LOCATE 14, 20: PRINT "1. ΔΙΑΝΟΜΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ"
LOCATE 15, 20: PRINT "2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ"
LOCATE 16, 20: PRINT "3. ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΟ ΚΥΡΙΩΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ"
LOCATE 22, 1: PRINT "ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΑΠΟΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ"
s$ = INPUT$(1)
SELECT CASE VAL(s$)
CASE 1
CALL dianomh
CASE 2
CALL ektypwsh
CASE 3
GOTO 742
CASE ELSE
GOTO 741
END SELECT
GOTO 741
742
END SUB

```

```

SUB istogramma (m, v(), h, a)
CLS
INPUT "ΔΩΣΤΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ : ", a$
CLS
db = v(0)
FOR i = 1 TO m
IF db < v(i) THEN db = v(i)
NEXT i
SCREEN 2
WINDOW (0, 0)-(m + .5, CINT(db + (db / 5)))
VIEW (48, 10)-(580, 145), , 1
FOR i = 0 TO (db - (.2 * db)) STEP .2 * db
LINE (0, i)-(m + .5, i), 1, , &0100001
fd = PMAP(i, 1)
gf = fd / 8
LOCATE gf + 2, 2: PRINT USING "##.##"; i
NEXT i
LOCATE 2, 1: PRINT "f(%)"
LINE (0, v(0))-(.5, 0), , B
FOR v = 1 TO m
f = v(v)
LINE (v - .5, f)-(v + .5, 0), , B
NEXT v
k = m \ 10
IF k * 10 + 5 < m THEN k = k + .5
FOR i = 0 TO k * 10 STEP 5
LINE (i, 0)-(i, db / 20)
IF i \ 10 = i / 10 AND i <> 0 THEN
fd = PMAP(i, 0)
fg = fd / 8
LOCATE 20, fg + 5: PRINT i
END IF
NEXT i
LOCATE 22, 60: PRINT "V(m/s)"
LOCATE 23, 10: PRINT "ΠΕΡΙΟΧΗ "; a$
LOCATE 24, 10: PRINT "h="; h;
LOCATE 24, 30: PRINT "a="; a;
511 IF INKEY$ = "" THEN 511
VIEW PRINT
VIEW
CLS
SCREEN 2
END SUB

```



```

SUB isxys
CLS
LOCATE 10, 4: PRINT "ΔΩΣΤΕ ΤΗΝ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ: "; : INPUT "", non
FOR i = 0 TO non
LOCATE 10, 2: PRINT "ΔΩΣΤΕ ΤΗΝ ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΙΣΧΥ ΓΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ "; i; "m/sec"
LOCATE 12, 2: PRINT "
LOCATE 12, 2: INPUT "ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ =", n(i)
NEXT i
CLS
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT : PRINT : PRINT "ΠΙΕΣΤΕ Υ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ"
a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "Y" OR a$ = "y" THEN CALL check(non, n())
PRINT "ΑΝ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΣΩΣΕΤΕ ΠΙΕΣΤΕ Υ"
a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "Y" OR a$ = "y" THEN CALL sosimo(non, n())
END SUB

```

```

FUNCTION alokl (f(), n, b)
DIM fm(30)
n = n
n = n - 1
a = 0!
b = b
d = (b - a) / n
FOR i = 0 TO n
fm(i) = f(i)
NEXT i
i1 = 0: j = 1
IF INT(n / 2) * 2 = n THEN GOTO 311
i1 = 3 * d * (fm(0) + 3 * fm(1) + 3 * fm(2) + fm(3)) / 8
IF n = 3 THEN GOTO 361
j = 4
311 i1 = i1 + (d / 3) * (fm(j - 1) + 4 * fm(n - 1) + fm(n))
IF n = 2 OR n = 5 THEN GOTO 361
FOR i = j TO n - 2 STEP 2
i1 = i1 + d * (4 * fm(i) + 2 * fm(i + 1)) / 3
NEXT i
361 alokl = i1
END FUNCTION

```

```

SUB pinakas
731 CLS
LOCATE 10, 20: PRINT "ΚΥΡΙΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ"
LOCATE 11, 20: PRINT " _____"
LOCATE 14, 10: PRINT "1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ"
LOCATE 15, 10: PRINT "2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ"
LOCATE 16, 10: PRINT "3. ΕΞΟΔΟΣ"
LOCATE 22, 1: PRINT "ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΑΠΟΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ"
LOCATE 25, 1: PRINT " (C) ΜΠΟΥΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ"
s$ = INPUT$(1)
SELECT CASE VAL(s$)
CASE 1
CALL eisagvgh
CASE 2
CALL epejergasia
CASE 3
GOTO 732
CASE ELSE
GOTO 731
END SELECT
GOTO 731
732
END SUB

```

```

SUB piuanothta
CLS
LOCATE 10, 4: PRINT "ΔΩΣΤΕ ΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ : "; : INPUT "", nof
FOR i = 0 TO nof
LOCATE 10, 2: PRINT "ΔΩΣΤΕ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ "; i; "m/sec"
LOCATE 12, 2: PRINT "
LOCATE 12, 2: INPUT "ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ (%)=", f(i)
sum = sum + f(i)
NEXT i
CLS
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "ΤΟ ΑΒΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΔΩΣΑΤΕ ΕΙΝΑΙ "; sum; " %"
PRINT : PRINT : PRINT "ΠΙΕΣΤΕ Υ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ"
a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "Y" OR a$ = "y" THEN CALL check(nof, f())
PRINT "ΑΝ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΣΩΣΕΤΕ ΠΙΕΣΤΕ Υ"
a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "Y" OR a$ = "y" THEN CALL sosimo(nof, f())
END SUB

```

```

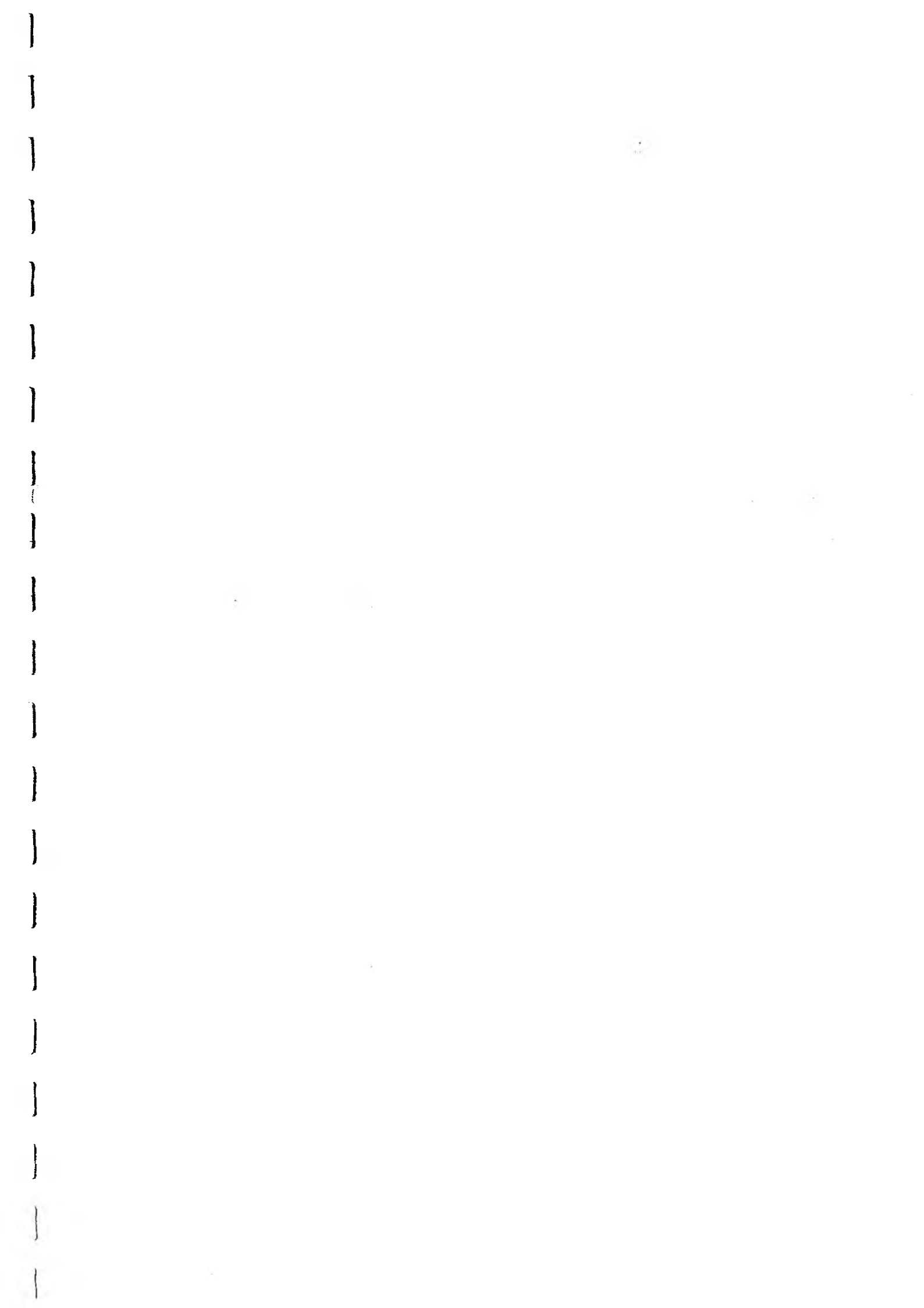
SUB sosimo (num, f())
CLS
111 INPUT "ΟΡΩΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ:", d$
PRINT "ΑΝ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΕΙΝΑΙ ΣΩΣΤΟ ΠΙΕΣΤΕ Y"
a$ = INPUT$(1)
IF NOT (a$ = "Y" OR a$ = "y") THEN 111
OPEN d$ FOR OUTPUT AS #1
WRITE #1, num
FOR i = 0 TO num
WRITE #1, f(i)
NEXT i
CLOSE
END SUB

```

```

FUNCTION ws (h, a)
DIM v10min(nof), v10max(nof), vhmin(nof), vhmax(nof), fh(nof + 1)
l1 = (h / 10) ^ a
jordan = 1
DIM p(150 * jordan), z(non)
FOR i = 0 TO nof
v10min(i) = i
v10max(i) = i + 1
vhmin(i) = v10min(i) * l1
vhmax(i) = v10max(i) * l1
fh(i) = f(i) / l1
NEXT i
fh(nof + 1) = .0001
speed = 0
yb = 0
WHILE speed < vhmax(nof) - 1.5
speed = speed + 1
min = speed - .5
max = speed + .5
b = vb
jak = 0
WHILE jak = 0 AND b <> nof + 1
IF min > vhmin(b) AND min > vhmax(b) THEN
b = b + 1
jak = 0
LSEIF min > vhmin(b) AND max < vhmax(b) THEN
m1 = fh(b) * (max - min)
jak = 4
LSEIF min > vhmin(b) AND max > vhmax(b) AND max < vhmax(b + 1) THEN
gh = vhmax(b) - min
m1 = fh(b) * gh + fh(b + 1) * (1 - gh)
jak = 4
LSE
b = b + 1
jak = 0
ND IF
p(speed) = m1
IF b > 2 THEN vb = b - 1
END
WEND
p(0) = .5 * fh(0)
f(speed + 1) = fh(nof) * (vhmax(nof) - (speed + .5))
FOR i = 0 TO non
z(i) = n(i) * p(i)
NEXT i
w1 = olol(z(), non + 1, non)
END FUNCTION

```



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της διανομής πυκνότητας πιθανότητας ως προς το ύψος. Παρουσιάζονται δύο πίνακες που περιέχουν τα ενδιάμεσα στάδια υπολογισμών για την εύρεση της διανομής.

Παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό του Καλυβαρίου Άνδρου και βρίσκεται η διανομή για ύψος $h=50$ m και εκθετικό συντελεστή $a=0.20$.

Στον Πίν.Β1 παρουσιάζεται η εργασία που έχει να κάνει με τα πεδία πιθανότητας. Εξηγείται η εργασία που έγινε για το πεδίο $\Phi=5$ για το οποίο ισχύει :

$$\begin{aligned} V_{10min} &= 5 \text{ m/sec} \\ V_{10max} &= 6 \text{ m/sec} \\ f_{10} &= 7.44 \%/\text{m/sec} \\ l &= 1 \end{aligned}$$

Σε ύψος $h=50$ m οι αντίστοιχες τιμές είναι με τη βοήθεια των Σχ. (2.2.1) , (2.2.2) , (2.2.6) , (2.2.7) οι ακόλουθες :

$$\begin{aligned} V_{hmin} &= 6.90 \text{ m/sec} \\ V_{hmax} &= 8.28 \text{ m/sec} \\ f_h &= 5.39 \%/\text{m/sec} \\ l &= 1.38 \end{aligned}$$

Στον Πίν.Β2 παρουσιάζεται η αντίστοιχη διανομή της πυκνότητας πιθανότητας όπως αυτή βγαίνει με χρήση του Πίν.Β1. Για το πεδίο $\Phi=5$ θα έχουμε εντός αυτού σε ύψος h τις ταχύτητες 7 και 8 m/sec.

Η $V=7$ m/sec θεωρείται ότι λαμβάνει τις πιθανότητες από τα 6.5 m/sec έως τα 7.5 m/sec. Η τιμή της πιθανότητας να έρθει η ταχύτητα 7 m/sec (F_7) δίδεται από τη Σχ. (2.2.4). Η τελευταία επιλύεται εδώ ως :

$$F_7 = f_h(\Phi_4) * (V_{hmax}(\Phi_4) - (V - 0.5)) + f_h(\Phi_5) * ((V + 0.5) - V_{hmin}(\Phi_5))$$

ή

$$F_7 = 4.86 * (6.90 - 6.5) + 5.39 * (7.5 - 6.90) = \underline{5.17855\%}$$

Ομοια με τα προηγούμενα υπολογίζονται και τα υπόλοιπα στοιχεία των πινάκων.

ΚΑΛΥΒΑΡΙ ΑΝΔΡΟΥ

h=50 m

a=0.2

φ	V10min m/sec	V10max m/sec	f10 %	Vhmin m/sec	Vhmax m/sec	fh %
0	0	1	1.80	0.00	1.38	1.30
1	1	2	4.04	1.38	2.76	2.93
2	2	3	4.88	2.76	4.14	3.54
3	3	4	6.42	4.14	5.52	4.65
4	4	5	6.70	5.52	6.90	4.86
5	5	6	7.44	6.90	8.28	5.39
6	6	7	7.52	8.28	9.66	5.45
7	7	8	7.70	9.66	11.04	5.58
8	8	9	8.22	11.04	12.42	5.96
9	9	10	5.98	12.42	13.80	4.33
10	10	11	6.10	13.80	15.18	4.42
11	11	12	6.40	15.18	16.56	4.64
12	12	13	6.12	16.56	17.94	4.44
13	13	14	4.82	17.94	19.32	3.49
14	14	15	3.66	19.32	20.70	2.65
15	15	16	3.10	20.70	22.08	2.25
16	16	17	2.78	22.08	23.46	2.01
17	17	18	2.24	23.46	24.84	1.62
18	18	19	1.24	24.84	26.21	0.90
19	19	20	0.92	26.21	27.59	0.67
20	20	21	0.52	27.59	28.97	0.38
21	21	22	0.48	28.97	30.35	0.35
22	22	23	0.46	30.35	31.73	0.33
23	23	24	0.20	31.73	33.11	0.14
24	24	25	0.30	33.11	34.49	0.22

Πίλ.Β1

ΚΑΛΥΒΑΡΙ ΑΝΔΡΟΥ

h= 50

a= .2

TAXYTHTA
m/sec

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ
%

0	0.65230
1	1.49986
2	2.92811
3	3.37896
4	3.93965
5	4.65309
6	4.85218
7	5.17855
8	5.40521
9	5.45034
10	5.56018
11	5.75499
12	5.82386
13	4.33418
14	4.39530
15	4.49138
16	4.63859
17	4.44717
18	3.90470
19	3.33892
20	2.65269
21	2.32635
22	2.14840
23	1.99743
24	1.62351
25	1.14162
26	0.83260
27	0.66680
28	0.40431
29	0.36165
30	0.34578
31	0.33340
32	0.18901
33	0.17297
34	0.21596

Πίλ. Β2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στον Πίν.Γ1 της επόμενης σελίδας παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του μέσου συντελεστή ισχύος για τα χαρακτηριστικά του αιολικού δυναμικού που αναγράφονται στην επικεφαλίδα του πίνακα. Κρατήθηκαν τα ίδια στοιχεία με αυτά του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Β , ενώ η υπό εξέταση Α/Γ είναι η WINDMASTER 250.

Η εργασία για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή ισχύος είναι η ακόλουθη :

Από το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β παίρνουμε την διανομή πυκνότητας πιθανότητας για τις ταχύτητες από V_c έως V_F και τις παρουσιάζουμε στη στήλη του F. Η στήλη του N είναι ουσιαστικά η χαρακτηριστική της υπό εξέταση Α/Γ που εκφράζεται με την $N_o/N=N_o/N(V)$. Το γινόμενο των δύο προηγούμενων στηλών καταχωρείται στη στήλη $F*N$. Η τελευταία θα ολοκληρωθεί σύμφωνα με την (3.2.2). Το αποτέλεσμα καταχωρείται ως η τιμή του ω . Το ολοκλήρωμα υπολογίσθηκε με τη μέθοδο αριθμητικής ολοκλήρωσης SIMPSON με τον κανόνα των 3/8. Έτσι π.χ. για την ταχύτητα των 10 m/sec θα έχουμε :

$$\begin{aligned} F &= 5.560177\% \\ N/N_o &= 0.54 \\ F*N &= 3.002496 \\ V_c &= 5 \text{ m/sec} \\ V_F &= 24 \text{ m/sec} \\ \omega &= 52.771\% \text{ ή } \omega = 0.52771 \end{aligned}$$

Την τιμή αυτή του ω την βρίσκουμε και στον πίνακα 3.13 ως $\omega=52.8$

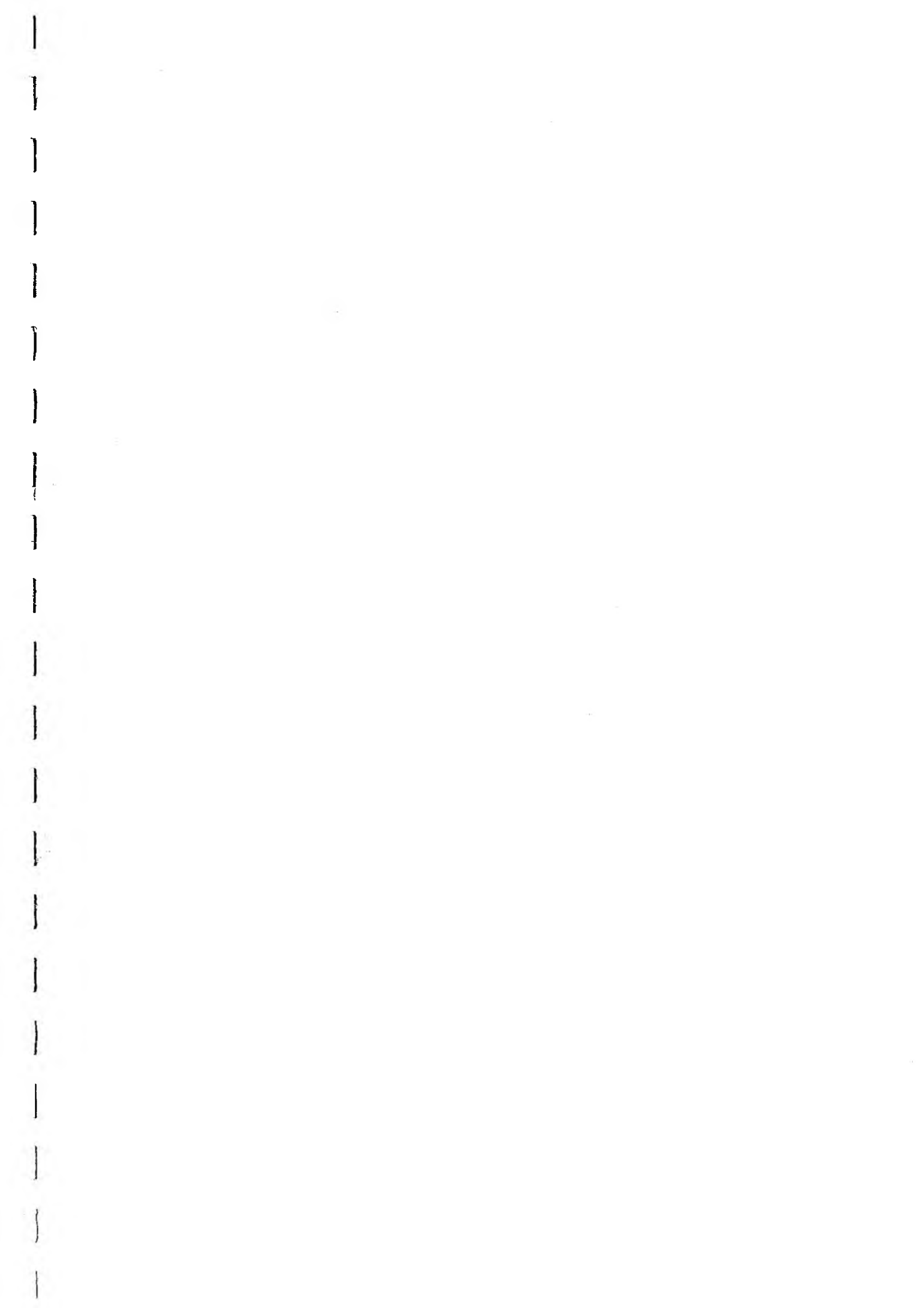
ΠΕΡΙΟΧΗ : ΚΑΛΥΒΑΡΙ ΑΝΑΡΟΥ
ANEMOGENNHTPIA : WINDMASTER

h=50 m
a=0.2

V m/sec	F %	N	F*N
0	.6523017	0	0
1	1.499863	0	0
2	2.92811	0	0
3	3.378962	0	0
4	3.939648	0	0
5	4.653086	.01	4.653086E-02
6	4.852184	.07	.3396529
7	5.178551	.16	.8285681
8	5.405211	.28	1.513459
9	5.450343	.4	2.180137
10	5.560177	.54	3.002496
11	5.754986	.28	1.611396
12	5.823858	.84	4.89204
13	4.334183	.96	4.160815
14	4.395299	1	4.395299
15	4.491382	1	4.491382
16	4.63859	1	4.63859
17	4.44717	1	4.44717
18	3.904701	1	3.904701
19	3.338923	1	3.338923
20	2.652694	1	2.652694
21	2.326346	1	2.326346
22	2.148403	1	2.148403
23	1.997434	1	1.997434
24	1.623507	1	1.623507

$\omega = 52.771$

Πίνακ. 1



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Στο παρών τμήμα της εργασίας παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της σχέσης που συνδέει την αύξηση του όγκου του υλικού κατασκευής πύργου Α/Γ ως προς την αύξηση του ύψους αυτού. Η παρούσα εργασία δεν αποσκοπεί σε έναν ακριβή υπολογισμό του όγκου του πύργου που καταλαμβάνει το υλικό κατασκευής. Στοχεύει στην εκτίμηση της μορφής της συνάρτησης της αύξησης του υλικού κατασκευής ως προς την αύξηση του ύψους του πύργου. Συνεπώς δεν έχουμε ιδιαίτερες απαιτήσεις ακριβείας.

Ετσι για τον υπολογισμό του όγκου πάρθηκε ως αντιπροσωπευτικός τύπος πύργου ο τύπος W200 της WINCON. Μπορούμε να δούμε στο Σχ.Δ.1 το σχέδιο αυτού. Γι αυτόν τον πύργο μπορούμε να πούμε τα ακόλουθα : Τομή επιπέδου κάθετο στον άξονα του δίδει σχήμα κανοννικού πολυγώνου με 24 πλευρές. Ο πύργος αποτελείται από 4 τμήματα με πάχη ελασμάτων εν θερμώ γαλβανισμένου χάλυβα 8,8,10 και 12 mm αντίστοιχα. Συνεπώς ο ολικός όγκος μετάλλου που απαιτείται για την κατασκευή είναι το άθροισμα των επι μέρους όγκων. Εδώ θα πρέπει να ειπωθεί ότι τα πάχη των ελασμάτων εκτιμήθηκαν απο πύργο της WINDMASTER.

Για την προσέγγιση της ζητούμενης συνάρτησης θεωρήθηκε ότι οι πύργοι είναι γεωμετρικά όμοιοι μεταξύ τους με λόγο ομοιότητας στις μεταξύ τους διαστάσεις ίσο με $h/28.7$. Με βάση όλα αυτά έγινε ένας έλεγχος για τον πύργο W60 ύψους 22 m και το σφάλμα βρέθηκε μικρότερο από 1.4%.

Για τον υπολογισμό του όγκου του μετάλλου του πύργου θεωρούμε την πλευρά του κάθε τμήματος ως τραπέζιο. Αυτό το τραπέζιο είναι ισοσκελές με ύψος το ύψος του τμήματος και μικρή και μεγάλη πλευρά στην κορυφή και τη βάση του τμήματος αντίστοιχα. Βρίσκοντας την επιφάνεια αυτού του τραπεζίου και πολλαπλασιάζοντας τη με το πάχος βρίσκουμε τον όγκο του τομέα. Αυτός επί τον αριθμό των τομέων δίδει τον όγκο του τμήματος. Άθροισμα των όγκων των τμημάτων δίδει τον όγκο του πύργου. Σε επόμενες σελίδες θα αποδειχθεί η σχέση που δίδει τον όγκο τμήματος.

Αν τώρα διαιρέσουμε τον όγκο σε ύψος h προς αυτόν σε 20 m τότε έχουμε τη ζητούμενη σχέση. Όλα αυτά γίνονται με το πρόγραμμα που υπάρχει σε επόμενη σελίδα και δίδει σαν έξοδο τον Πίν.Δ.1.

Υπολογισμός όγκου υλικού πύργου Α/Γ καθώς και αύξηση αυτού ως προς το ύψος του πύργου . Οι πύργοι θεωρούνται γεωμετρικά όμοιοι με τον πύργο W200 της WINCON

h m	SV m ³	SVh/SV20
20	.7446426	1
25	1.45438	1
30	2.513168	3
35	3.990819	5
40	5.957141	8
45	8.481944	11
50	11.63504	15
55	15.48624	20
60	20.10535	26
65	25.56218	34
70	31.92655	42
75	39.26826	52
80	47.65713	64
85	57.16295	76
90	67.85555	91
95	79.80473	107
100	93.08031	124
105	107.7521	144
110	123.8899	166
115	141.5635	190
120	160.8428	215
125	181.7975	244
130	204.4975	274
135	229.0125	307
140	255.4124	343
145	283.767	381
150	314.1461	421
155	346.6195	465
160	381.257	512
165	418.1284	561
170	457.3036	614
175	498.8524	669
180	542.8444	728
185	589.3497	791
190	638.4378	857
195	690.1789	926
200	744.6425	999

Πίν. Δ1

ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΟΓΚΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΠΥΡΓΟΥ Α/Γ

ΠΡΕΣΡΟΥΜΕ ότι τομή επιπέδου κάθετο στον άξονα του πύργου δίδει γεωμετρικό σχήμα ισοπλευρού πολυγώνου:

Ο πύργος αποτελείται από τομές. Κάθε τομή έχει σχήμα ισοπλευρού τραπεζίου. Όλοι οι τομείς έχουν ύψος h . Εάν p το πλάτος του τομεία, A το εμβαδό του τότε ο όγκος κάθε τομεία θα είναι:

$$SV = A \cdot p. \quad \Delta.1.1$$

$$A = \frac{(S_k + S_b)}{2} h. \quad \Delta.1.2$$

$$\text{όπου } S_k = \sqrt{4 \left[R^2 - \left(\cos \frac{\alpha}{2} \cdot R \right)^2 \right]} \quad \Delta.1.3$$

$$\alpha = \frac{360}{N} \quad \Delta.1.4$$

όπου N ο αριθμός των πλευρών του ισοπλευρού πολυγώνου

R : η αυτίρα που δίδεται στο κατασκευαστικό σχέδιο της Α/Γ. (εξωτερική)

Ο όγκος μεταλλού ισούται με στο γινόμενο του όγκου του ενός τομεία επί τον αριθμό των τομείων. Έτσι από τις (Δ.1.1) έως (Δ.1.4) προκύπτει η:

$$SV = N_h p \cdot \frac{180}{N} (R_k + R_b). \quad \Delta.1.5$$

Εάν θεωρήσουμε ότι ο όγκος του πύργου δίδεται από τους τύπους όγκου υδραυρικού υψους δηλ. τομή επιπέδου υψόμετρου των δύο συμμετρίας με τον πύργο δίδει γεωμετρικό σχήμα κύβου τότε η αντίστοιχη της (Δ.1.5) θα είναι:

$$SV = h p \pi (R_k + R_b - p) \quad \Delta.1.6.$$

Βλέπουμε ότι αυτή διαφέρει από την Δ.1.5 κατά τον παράγοντα $-p$ εξτός των παρενθέσεων. Αυτό οφείλεται στο ότι για να γίνει η συκώληση των ελασμάτων αφαιρείται τμήμα μετάλλου από το έλασμα. Αυτό φαίνεται στην λεπτομέρεια χ του Σχ.Δ.2. Για ένα έλασμα ο όγκος αυτού του υλικού δίνεται σαν $p^2 \cdot h$ και συνεπώς ο ολικός όγκος δίνεται σαν $N p^2 \cdot h$. Μετά αυτή τη διόρθωση η (Δ.1.5) γράφεται ως:

$$SV = N p h \cdot \frac{180}{N \pi} (R_k + R_b - p) \quad \Delta.1.7$$

η οποία είναι η (4.1.1)

Κάτω από έναν έλεγχο βλέπουμε ότι η (Δ.1.6) είναι μερική περίπτωση της Δ.1.7 για $N = \infty$. Πρώτιστα

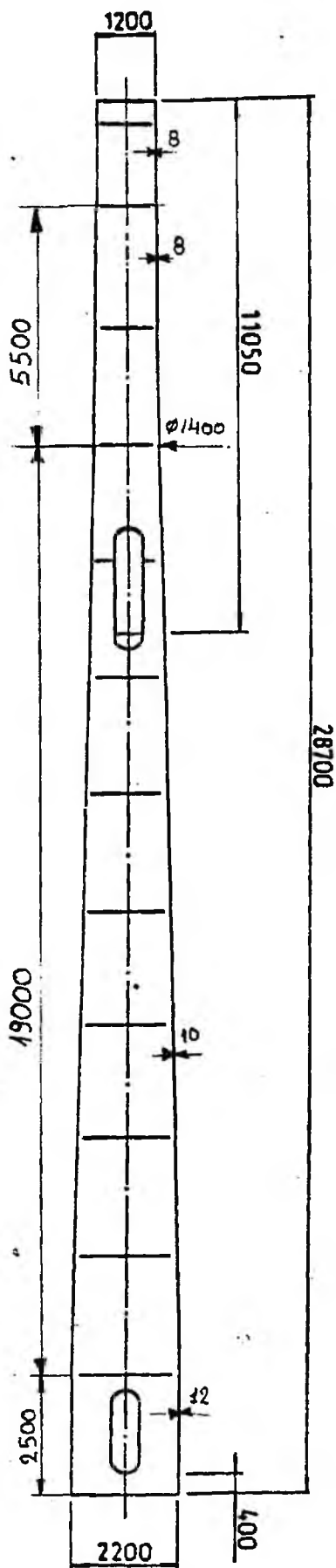
$$\lim_{N \rightarrow \infty} N p h \cdot \frac{180}{N \pi} = \pi = 3,14159 \dots$$

Για την Δ.1.3 έχουμε να πούμε ότι προκύπτει από το Σχ.Δ.2 και τις ακόλουθες σχέσεις:

$$S^2 = 4(R^2 - r^2)$$

$$r = \cos \frac{\alpha}{2} \cdot R$$

A/S Wincon West Wind
 (A/S Vestfrost)
 Hagenstrupvej 38
 DK-8860 Ulstrup - Denmark
 Phone 45 86 46 33 22
 Telefax 45 86 46 44 34
 A/S reg.nr. 34166



IVXΣ

Name		Description		Order no.		Material		Weight	
Form no.		Drawing no.		Specification		Material		Weight	
Not dimensioned		2-17		Specification		Material		Weight	
Wincon		Wincon		Wincon		Wincon		Wincon	
MINCON W 200		MINCON W 200		MINCON W 200		MINCON W 200		MINCON W 200	
Substituted by		Substituted by		Substituted by		Substituted by		Substituted by	
Scale		Scale		Scale		Scale		Scale	
Date		Date		Date		Date		Date	
Sign		Sign		Sign		Sign		Sign	

—



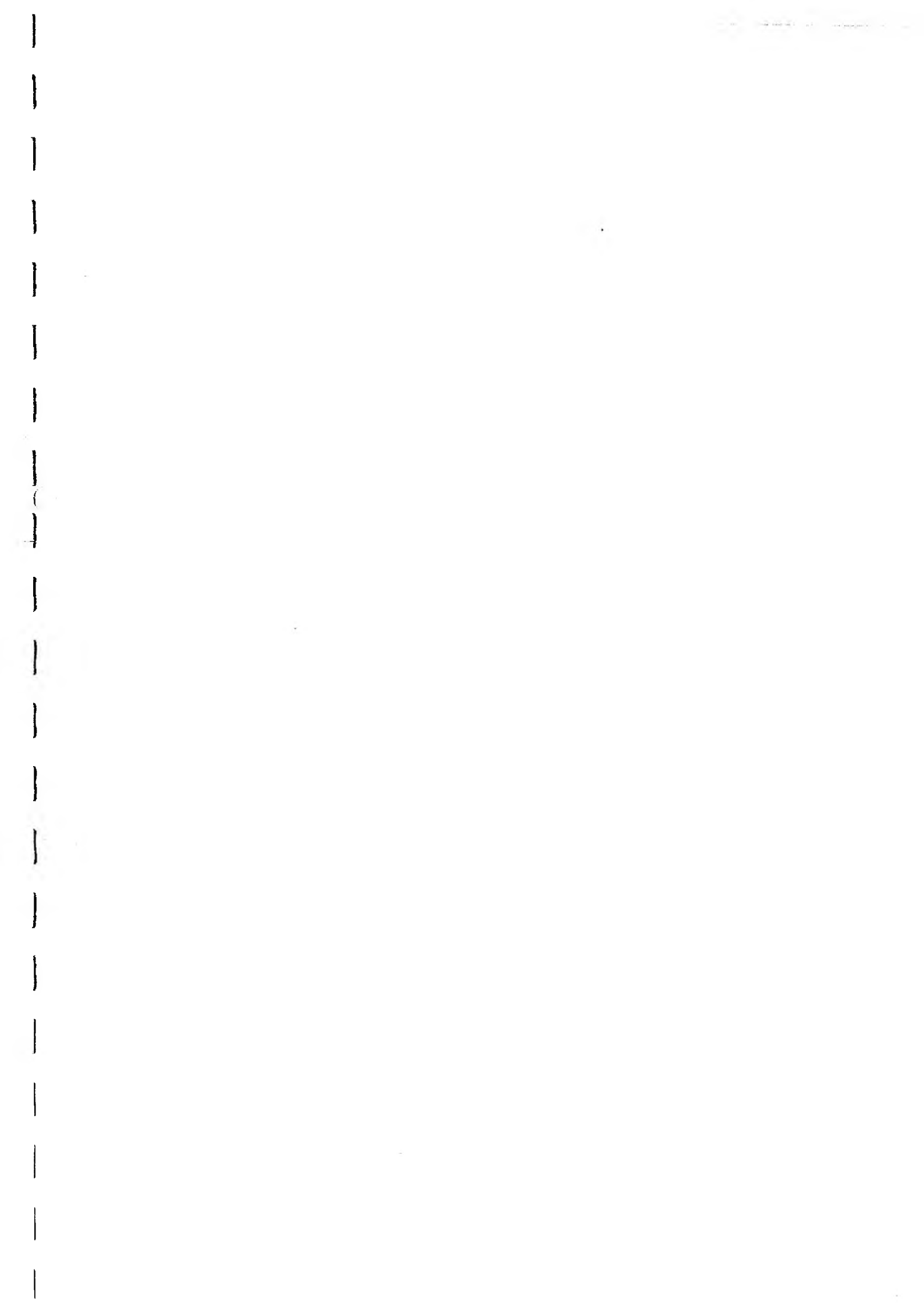
```

CLS
LPRINT " Υπολογισμός όγκου υλικού πύργου Α/Γ καθώς και αύξηση αυτού ως προς
LPRINT " το ύψος του πύργου . Οι πύργοι θεωρούνται γεωμετρικά όμοιοι με τον
LPRINT " πύργο W200 της WINCON"
LPRINT
LPRINT

DEF fnv (h, p, rk, rb) = 3.1326286# * h * p * (rk + rb - p)
LPRINT " h",
LPRINT " SV",
LPRINT "SVh/SV20"
LPRINT " m",
LPRINT " m"
LPRINT

FOR m = 20 TO 200 STEP 5
har = m / 28.6
h1 = 2.2 * har
p1 = .0125 * har
rk1 = .6 * har
rb1 = .6 * har
v1 = fnv(h1, p1, rk1, rb1)
h2 = 5 * har
p2 = .0125 * har
rk2 = .6 * har
rb2 = .7 * har
v2 = fnv(h2, p2, rk2, rb2)
h3 = 19 * har
p3 = .0145 * har
rk3 = .7 * har
rb3 = 1.1 * har
v3 = fnv(h3, p3, rk3, rb3)
h4 = 2.5 * har
p4 = .0165 * har
rk4 = 1.1 * har
rb4 = 1.1 * har
v4 = fnv(h4, p4, rk4, rb4)
vt = v1 + v2 + v3 + v4
LPRINT m, vt, , INT(vt / .7446426#)
NEXT m

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα στοιχεία που δίνουν οι κατασκευαστές των Α/Γ που εξετάσθηκαν στην παρούσα εργασία. Αυτή η παρουσίαση γίνεται για να έχει ο αναγνώστης μία ολοκληρωμένη εικόνα των μηχανών. Τα στοιχεία αυτά περιέχονται στη βάση δεδομένων WINDBASE όπως αυτή ενημερώθηκε από τον κ. Κωνσταντίνου Παναγιώτη το 1994.

Α/Γ : NEDWIND 25

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ : NEDWIND

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ : RAVENSWADE 54

ΤΗΛΕΦΩΝΟ : 3130889300

FAX : 3130884240

ΧΩΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : ΟΛΛΑΝΔΙΑ

NedWind

25

Design features

General

The NedWind 25 is a stall regulated wind turbine with an upwind rotor.

Rotor

The three-bladed rotor is fitted with glass-fibre reinforced polyester blades ensuring high efficiency across a wide range of the windspeed spectrum. The hub construction is encased in an aerodynamically shaped nose cone, flush with the main nacelle cover. The rotor bearing and gearbox are integrated. The rotor blades have actively controlled tips. For maintenance purposes the rotor in rest can be locked by inserting a blocking pin in the rotor hub.

Nacelle

Fully enclosed box construction, hot-dip galvanized, with accessible interior and fitted with a polyester sliding cover.

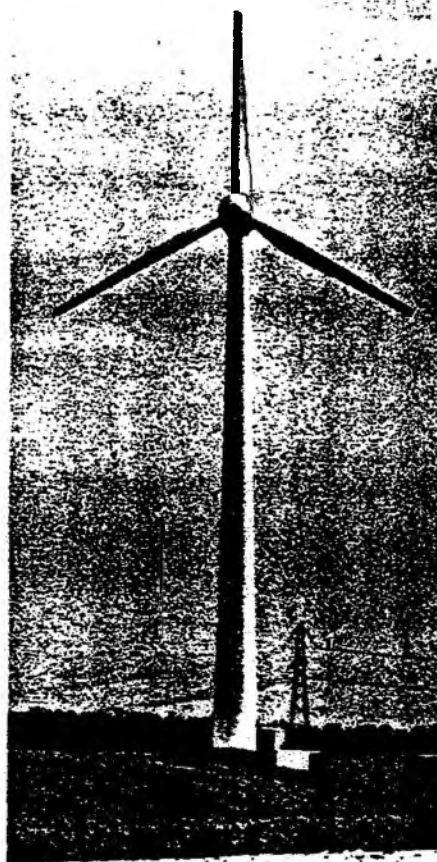
Transmission

consisting of:

- 3-stage gearbox, integrated with rotor
- flexible coupling between gearbox and generator
- integral emergency and parking brake on the high speed shaft
- induction type generator.

Yaw mechanism

The nacelle rests on the tower by means of a rim bearing with internal toothing which can be inspected and maintained from the nacelle interior. The yaw motion is initiated by two vanes, attached to the rear end of the nacelle. Damping is effected by an elastomere damper. A yaw brake is optional.



Safety systems

The turbine has two independent safety systems, each capable of stopping the turbine from full-load operation:

- an aerodynamic brake effected by actively controlled blade-tips.
- a disc brake on the high speed shaft.

Primary safety control is provided by continuous monitoring of the rotor speed by means of the central PLC / microprocessor, which also monitors a number of other turbine functions.

Power regulation

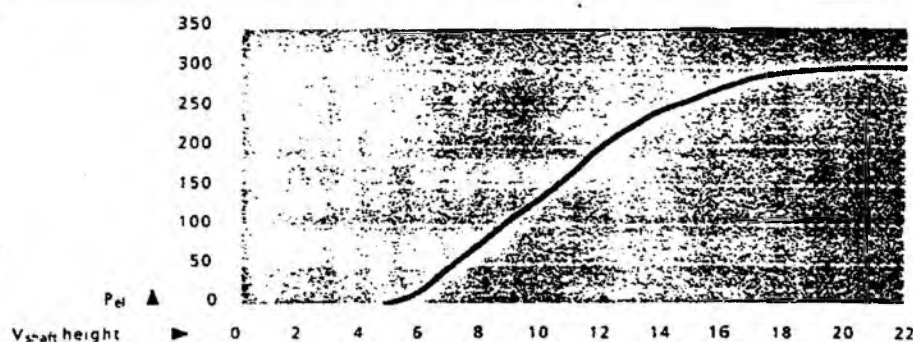
By means of stalling of the blades.

Tower

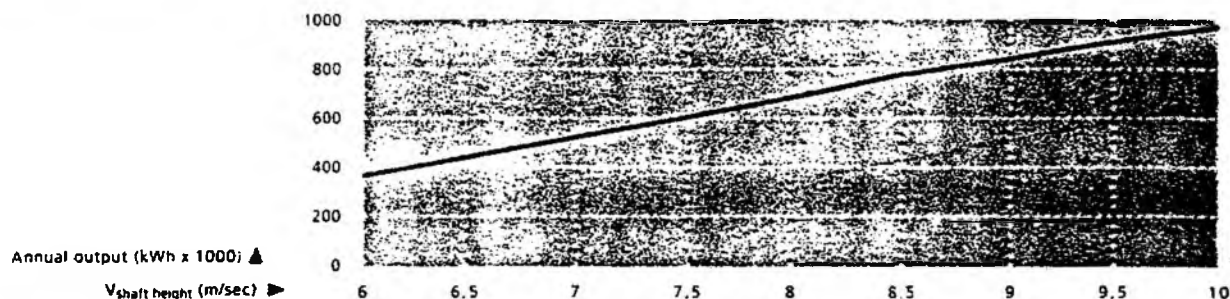
The tower is of the freestanding -conical or tubular staged- type, fitted with a safety ladder and intermediate platforms.

Both the inside and outside are protected with a durable all weather coating.

PV-curve NedWind 25



Production curve NedWind 25



Standard specification NedWind 25

Dimensions

- Rotordiameter 25.3 m
- Hubheight 30 m
- Specific application grid connected

Design data

- Operation field 5-21 m/s (10-min average)
- Operation field for rated power 14-21 m/s
- Design max. windspeed 50 m/s
- Tip speed ratio (λ) 6.6
- Rotational speed 42 rpm
- Solidity 0.07
- Rated power 250 kW

Rotor

- Number of blades 3
- Material glass-fibre reinforced polyester
- Airfoil NACA 44 series
- Twist angle 9.5°
- Power regulation stall
- Axis tilt angle 5°

Brake systems

- a) aerodynamical • hydro-mechanical tipbrake
- b) mechanical • spring-loaded, hydraulically controlled disc-brake on high speed shaft
- Both systems • automatic, failsafe construction

Transmission

- Gearbox parallel, 3 stages
- Transmission ratio approx. 1:35.5
- Rated power 474 kW
- Rotor coupling direct
- Generator coupling flexible

Electrical system

- Generator induction type, single speed, 3-phase
- Grid connection direct coupling, inrush by means of thyristors

Yaw system

- System vane / sensor controlled electro-mechanical yawing-system with damping unit
- Optional yaw-brake
- Nacelle bearing bearing with toothed rim inside

Safety system

- micro-processor / PLC controlled
- over- and under voltage
- overload generator (thermistors)
- frequency deviations
- phase sequence, -unbalance or -interruption
- cable failures
- overspeed protection (triple redundant)
- auto cable retwist

Construction

- Nacelle box construction, reinforced polyester cover, inside accessible
- Rotor glass-fibre reinforced polyester blades, steel hub, polyester nosecone
- Tower steel, tubular staged or conical type
- Foundation reinforced concrete (on piles where applicable)
- Coating tower epoxy-coating and upper layer on polyurethan basis
- Coating nacelle hot-dip galvanized

Weights

- Rotor 3400 kg
- Nacelle 10500 kg
- Tower 30 m - 17500 kg

Subject to changes, related to local circumstances.

Α/Γ : WINDMASTER 250

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ : ΗΛΙΟΔΥΝΑΜΗ Ε.Π.Ε.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ : ΣΥΓΓΡΟΥ 224

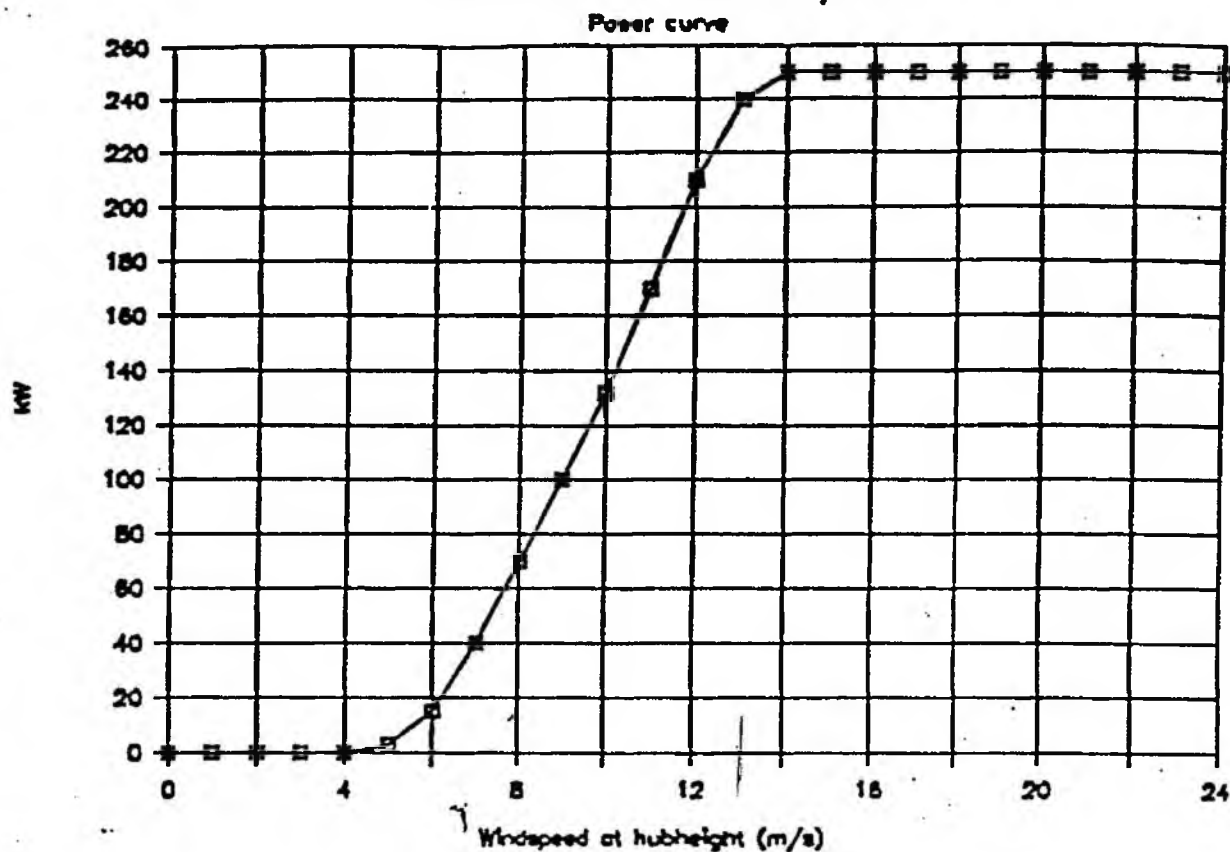
ΤΗΛΕΦΩΝΟ : 9592323

FAX : 9592323

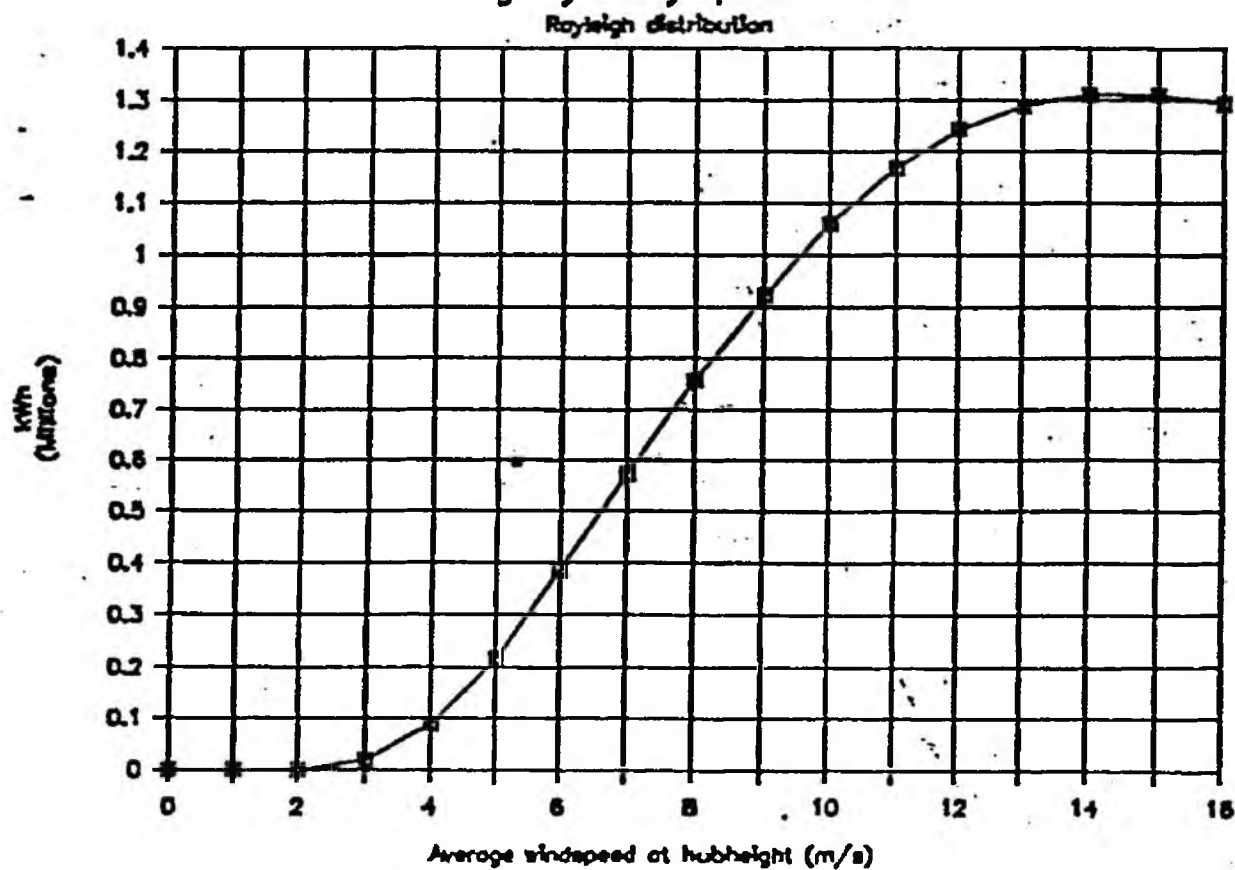
ΧΩΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : ΒΕΛΓΙΟ



WindMaster 250kW/25



Average yearly production



250 kW turbine

Dimensions, m	
Box	3.35Dx2Wx1.52H
Blade rotor	5.025Dx2Wx1.52H
Finish	hot dip galvanised
MADES	
Number	3
Length, m	12.1
Material:	reinforced fiberglass
Airfoil	NACA 4418 till 4437
Twist, degr	12
Tip speed, m/s	60
Pitch, m	1.56
Pitch, m	0.4
Frequency, Hz	1.7 till 2.8
Allowable strain, N/mm2	30
Inertia (rotor), Nm	29425
11 R	
Axis	Horizontal
Rotation direction	clockwise
Operation mode	upwind
Height above tower, m	0.85
Diameter with blades	25
Rotation, rpm	52
Power coefficient	0.43
Tilt angle, degr	4
Yaw angle, degr	2
Shaft material	42 CrMo 4
Strength	
Tensile, N/mm2	700
Yield, N/mm2	560
Impact, joule	15
Solidity, %	7.4
swept area, m2	490
Inertia, Nm	273
TRANSBOX	
Type	helical, 3 stage
Clear ratio	30
Service factor	2.4
Power rating, kW	700
Efficiency at 100/75/50/25 %	
in %	97.3/97.96.4/94.4
Torque low speed, Nm	55000
high speed, N	1900
Tooth material	17 CrNiMo 6
Lubrication	splash
Oil temperature, degr C	80
Lubricating	double row spherical
Front/rear bearing capacity	
dynamic, kN	1290/1270
Static, kN	2080/1900
LT	
Type	elastic coupling
Nominal torque, Nm	1900
Maximum torque, Nm	7500
Maximum speed, rpm	2500
Diameter, mm	265
AW SYSTEM	
Normal operation	free
Correction	hydraulic
Turntable	ballbearings
Bearing ratio	6
Yaw speed, degr/s	3
rpm	0.5
Error deadzone, degr	7
Correction time, s	5
Moment, Nm	4000
IN VANE	
Material	steel
Angle accuracy, degr	5
Tilt angle, degr	2
Finish, gr/m2	500

BRAKE SYSTEMS

Operation	
full span blade pitch	
optional disc brake	
activation	hydraulic
release	spring
calipers	1
torque, Nm	4700
maximum time, s	15
Maintenance	
drum brake	
activation	electric spindle
release	electric spindle
calipers	2
torque, Nm	1000
maximum time, s	5

GENERATOR

Type	asynchronous
Rating, kW	250
Peak power, kW	
Voltage	380/460
Frequency, Hz	50/60
Phases	3
Rated current, Amps	450/360
Start-up current, Amps	700
Start-up power, kW	2
Current at zero load, Amps	354
Rated speed, rpm	1500/1800
Slip at 100% load, %	1
Service factor, %	1.25
Power factor at 100/75/50/25%	
cos phi	.85/.83/.76/.55
correction capacitors, kVar	81
Protection	IP 55
Insulation class	F(VDE 0530)
Ambient temp, degr C	65
Efficiency at 100/75/50/25 %	
in %	94.7/94.7/94.7/93.8
Safety device	3 PTC's
Switch off time, s	120
Cooling	fan
Stand-by heater, W	120
Cable transfer	twisting cables
Grid connection	yes
Inertia, Nm	17

HYDRAULIC SYSTEM

Function	pitching + yawing
	+ yaw damping
Motor	
type	asynchronous
power, Kw	3
voltage, V	380/460
speed, rpm	1500/1800
protection	IP 55
insulation class	F(VDE 0530)
Valves, Vac	110
Pipes	
material	steel
diameter, "	3/8
Filters	pressure/return
Pressure, bar	150
cylinder force, kN	

LIGHTNING PROTECTION

varistors	
ELECTRICAL SUBSYSTEMS	
Power, VAC	460/380/220/110/24
kW	2
Rated power, KVA	3.6
Yearly consumption, kWh	500

PERFORMANCE

Self starting, s	60
Cut-in windspeed, m/s	3
Rated 250 kw at m/s	14
Cut-out windspeed, m	24
Shutdown, s	6
emergency, s	4
Survival windspeed, m/s	65
Powercurve	overleaf
Availability	> 90%
Design life	23 years

NOISE at 6 m/s, dB(A)

0/1000/2500 m	103/42/30
---------------	-----------

COMPUTER

Processor 16 bit	Intell 8088
Interface (multi drop)	RS232
Input: 8 analog: 10 bit/0-20mA	
48 digital:opto-isolated	
8 counters (16 bit):idem	
Output: 4 analog: 8 bit/0-10V	
48 digital:opto-isolated	
Datacom cable	twisted pair
Battery backup	2 months

TURBINE CONTROLS

Power control: full blade pitch	
Overspeed control criteria	
Software	
Voltage, +-%	15
Generator temperature, +-%	2
Wind speed, m/s	25
Frequency, +-Hz	1
Hardware	
Speed, rpm	1500/2100
Switch on control criteria	
Current, A	800
Phase angle, degr	7
during, s	0.1

WEIGHTS, kg

Blade	820
Hub-blades	4500
Gearbox	2500
Generator	1600
Yaw motor	80
Nacelle+hub-blades	12000

PACKAGING open top 40 ft container

nacelles	up to 3
blades(extended)	up to 12

LAND REQUIREMENT

Hubheight, m2	500
Lay down, m2	200

Access roads	
maximum width, m	3
minimum radius, m	27
minimum grade, degr	15

ERECTION per turbine, days

Crane, tons	50
Local electricians, nr	2
Local erection people, nr	2

SUPERVISION* per turbine, weeks

NMT engineer, nr	1
ANNUAL MAINTENANCE, manhours	80
Frequency, hours	2000

PATENTS 891.429/Fo3D

CUSTOM NUMBERS

turbine	85 02 3099000 OT
spares	85 03 0090090 OU

UNITS IN OPERATION

first	1965
-------	------

QUALITY CERTIFICATE

DET Norske Veritas	ISO 9000
--------------------	----------

* training included

1: above specifications may be changed without notice

air density 1.225 kg/m3, atmospheric pressure 1013.3 mbar, air temperature 15°C

Α/Γ : MICON M250

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ : MICON A/S

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ :

ΤΗΛΕΦΩΝΟ :

FAX :

ΧΩΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : ΔΑΝΙΑ

Type M250



Micon

TEKNISKE DATA

Hoveddata:

Start vindhastighed:
ca. 4 meter pr. sekund
Stop vindhastighed: 28 meter
pr. sekund
Tiphastighed: 55 meter
pr. sekund
Rotor omdrejningstal: 44

Gear:

Fabrikat: Flender/Hansen
Udveksling: 1:34
Effekt: 500 kW
Type: Parallele aksler
Antal trin: 2

Hovedlejer:

Fabrikat: 1 stk. FAG

Generator:

Fabrikat: BBC / Ein
Effekt: 250 kW
Type: Asynkron, trefaset 380 V -
50 Hz
Omdr.: 1500/omn.

Tårn:

Højde: 28,7 meter
Navhøjde: 30,0 meter
Vægt: ca. 12.000 kg
Materiale: Varmgalvaniseret stål-
plade

Sikkerhed: Indvendig opstigning
til møllekabinen. Sikkerhedsline og
sikkerhedssele.
Aflåselig dør forhindrer uvedkom-
mende adgang.

Styringsvis:

Placering: Indvendig i tårnet be-
skyttet mod vejrlig og uvedkom-
mende.
Funktion: Sikrer automatisk ind-
kobling af generatoren. Tryk-
knapper med test giver let betje-
ning af møllen. Display med fejlindi-
kation sikrer hurtig fejlfinding i tilfæl-
de af driftstop. Automatisk opstart
efter netfejl. Som standardudstyr er
Micon vindmøllen forsynet med
kondensatorer, der forbedrer cos.
Ø til 0,91.

Overspændingsbeskyttelse mod
lynnedslag. Elektronisk indkoblings-
udstyr der begrænser indkoblings-
strømstødene til mindre end 1,3 x
generatorens fuldlaststrøm.

Møllehat:

Hovedrammen er fremstillet af kraf-
tige profiler som bærer fundam-
ent for hovedaksel, gear, generator
m.v. vægt ca. 9000 kg.

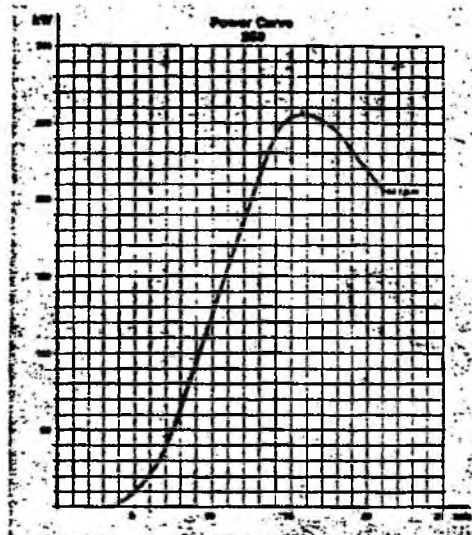
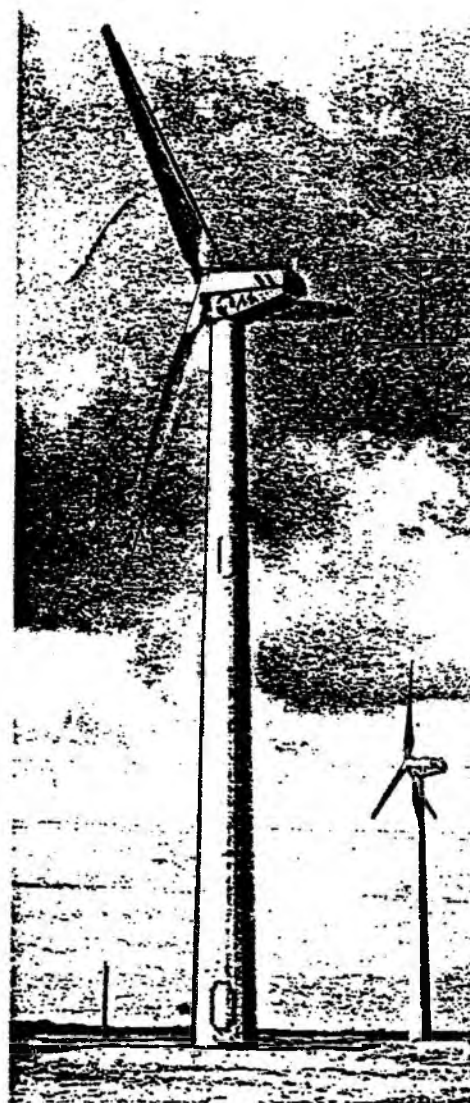
Krøjearrangement: Drejekranslejer
med bremse og gearmotor.

Vinger:

Antal: 3 stk.
Fabrikat: LM glasfiber
Diameter: 24 m
Bestrøget areal: 452 m²
Materiale: Glasfiberarmeret
polyester.

Micon M250 er en videreudvikling af
type M95 og af samme enkle og robu-
ste konstruktion, hvor det elegante de-
sign er bibeholdt. Mange års erfaringer
fra produktion, drift og vedligeholdelse
af over 1.500 vindmøller er inddraget i
udviklingsarbejdet. De strengeste krav
til styrke, levetid og lave vedligeholdel-
sesomkostninger er kompromisløst re-
spekteret under udviklingsarbejdet, og

har resulteret i et kvalitetsprodukt af
højeste standard. Det lukkede ståltårn
og den derfra direkte adgang til ma-
skinkabinen sikrer mulighed for under
alle vejrforhold at udføre service- eller
tilsynsarbejder.



ARSPRODUKTION (KWh)

Ruhedsklasse 0		686.450
Ruhedsklasse 1		480.000
Ruhedsklasse 2		366.600
Ruhedsklasse 3		212.400
Navhøjde		30 m

Sikkerhedsautomatik:

- | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1. Centrifugalaktiverede vingetipbremser. | 4. Hastighedsvagt på rotor. | 8. 90° udkrøjning ved fejl. | 11. Automatisk opstart efter netfejl. |
| 2. "Fail safe" skivebremse. | 5. Termoføler i generator. | 9. Rysteføler i møllekabinen. | 12. Automatisk fejlfinding. |
| 3. Netkontrol af:
a. Spænding 380 V ± 10%
b. Frekvens 50 Hz ± 1 Hz | 6. Automatisk retursnoring af kabler. | 10. Automatisk stop for slidte bremseklo-
ser. | 13. Automatisk bremse-
kontrol. |
| | 7. Termorelæ for krøje-
motor. | | |

Computer Management system: (ekstra udstyr)

Dette system binder alle Micon-maskinerne i en vindmøllepark sammen og forbinder dem til en central computer. Her er det muligt at få konstant information om hver enkelt maskines tilstand og ydeevne. Samtidig bliver al lagring af produktionsdata og garantimæssig bogføring udført elektronisk med direkte adgang for central administration.

A/Γ : DANMARK 25

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ : FOLKECENTER

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ : KAMMERSGARDSVEJ 16

ΤΗΛΕΦΩΝΟ : 97956555

FAX : 97956565

ΧΩΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : ΔΑΝΙΑ

DANmark 25 270 kW

DANmark 25 er en del af DANmark-serien, som er udviklet af Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi.

DANmark-serien er et resultat af mere end 10 års udvikling og idag er disse vindmøller blandt de mest avancerede og pålidelige i verden.

I et tæt samarbejde med underleverandører har Folkecenteret udviklet integrerede gearkasser, vinger, hydrauliske bremsere, kræjeværk, generatorer etc. Ved at inddrage store specialfirmaer indenfor eksempelvis gear- og generatorproduktion er det lykkedes at nyttiggøre deres erfaringer bl.a. til at udvikle enkle og billige specialkomponenter til vindmøller.

Møllerne i DANmark-serien er beskrevet i byggehåndbøger med komplette tegninger, styldiagrammer og leverandøversigter. De enkelte møller er systemgodkendt af Prøvestationen for Vindmøller, Fåslø.

Adskillige producenter fremstiller DANmark møller på basis af en samarbejdsaftale med Folkecenteret, som ud over byggehåndbøgerne stiller instruktion og træningsprogrammer til rådighed. Folkecenteret kan der-

udover tilbyde fabrikanten forundersøgelser, målinger af vind- og produktionsforhold og tilpasning af vindmølle-design til de lokale betingelser - f.eks. til lavvindsområder.

Producenterne er underlagt en kvalitetskontrol i overensstemmelse med internationale standarder.

DANmark 25/270 kW med glasfibervinger er bygget op med følgende hovedkomponenter:

Vinger:
LM 12 m.

Nav:
Stålstøbt

Møllekabine:

- Pænt gearkasse med hovedaksel, bundplade og generatorlængse. Sikkerhedsfaktor 2.

- Enkelt- eller dobbeltvillet generator med 2 hastigheder - 270 kW og 54 kW.

- Flammesikret kraftig krøjlkrans med snækkegear og en godstykkelse på 80 mm, tandmodul 14.

- Krøjlning er elektrisk styret med en hastighed på 10 minut pr. omgang.



Tårn:
Boltet gittertårn eller svejst rørtårn.

Styring:
Elektronisk relæstyring eller avanceret mikroprocesstyring.

Hoveddata:

Nominal effekt: 270 kW
Rotor diameter: 25,50 m
Tårnhøjde: 31 m
Gearudveksling: 1:24,80
Omdrejningstal: 30/40 o/m

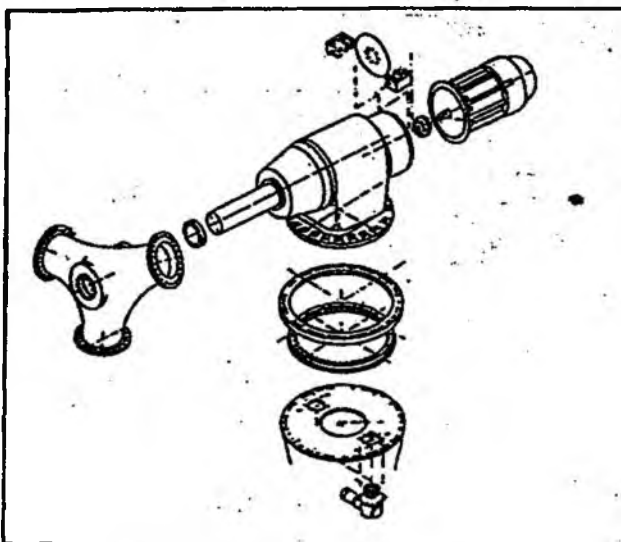
Ruheds-klasse: Årlig produktion:

0	738.000 kWh
1	514.000
2	387.000

Udregnet efter beregnet effektkurve, se bagside.

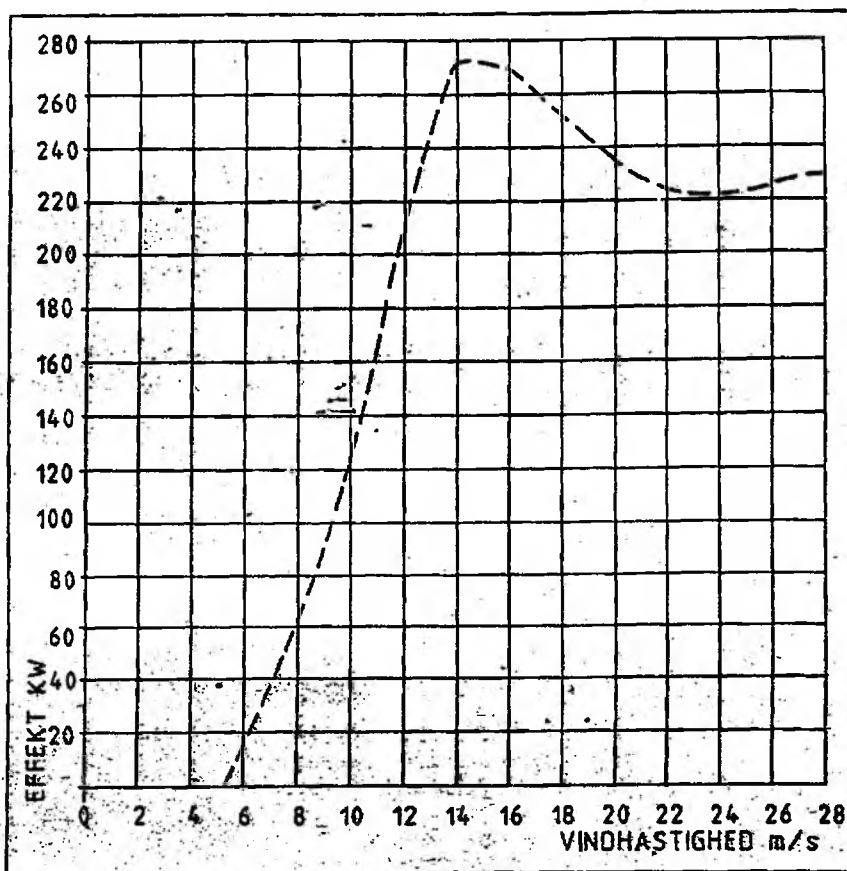
Vindhastigheder:

Indkobling: 3 m/s
Nominal effekt nås: 13 m/s
Udkobling: 25 m/s



Effektkurve DANmark 25 270 kW

LM 12m Glasfiber Vinger

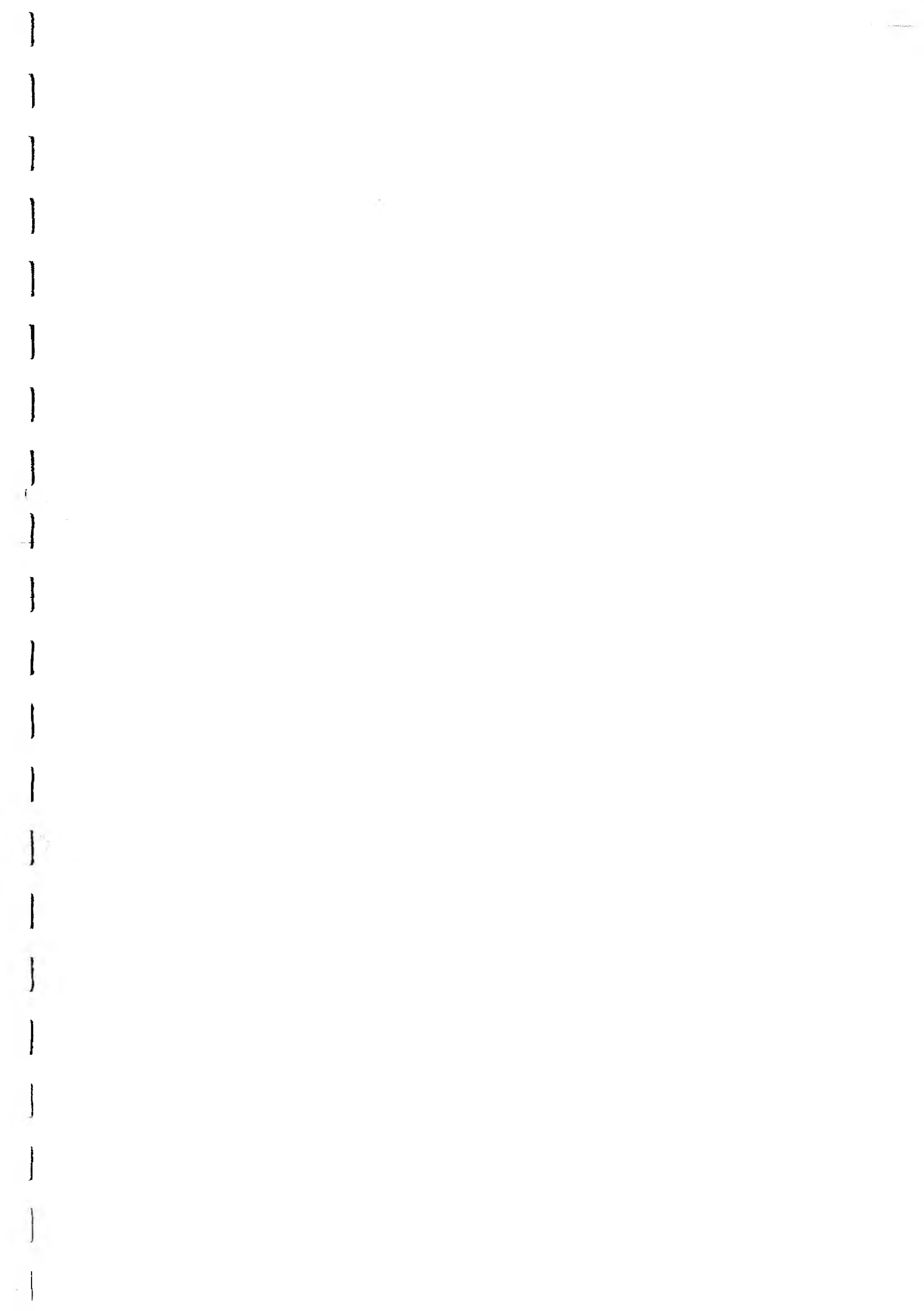


målt

beregnet

EFFEKT TABEL

m/s	kw	m/s	kw
5,0	0,00	14,0	272,64
6,0	16,38	15,0	272,66
7,0	35,69	16,0	269,22
8,0	60,25	17,0	263,33
9,0	90,53	18,0	252,76
10,0	126,33	19,0	239,76
11,0	167,47	20,0	234,56
12,0	215,16	21,0	223,60
13,0	257,10	22,0	223,31
		25,0	224,03



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται πίνακες με διανομές πυκνότητας πιθανότητας ως προς a και h για το Καλυβάρι Ανδρου και τη Χώρα Κύθνου. Με τις τιμές αυτών των πινάκων κατασκευάσθηκαν τα διαγράμματα των Σχημάτων 2.6 έως 2.10 αντίστοιχα.

Διανομή πυκνότητας πιθανότητας για το Καλυβάρι Ανδρου με $a=0.05$
 ως προς το ύψος h .

$V(m/sec)$	$F(\%)$ $h=10m$	$F(\%)$ $h=40m$	$F(\%)$ $h=60m$	$F(\%)$ $h=100m$
0	.9	.8397297	.822877	.8021258
1	2.92	2.57445	2.477829	2.358855
2	4.46	4.048823	3.93385	3.792281
3	5.65	4.962249	4.769942	4.533147
4	6.56	6.045694	5.901884	5.724807
5	7.07	6.348766	6.147095	5.971381
6	7.48	6.946943	6.80245	6.558299
7	7.61	7.016408	6.871035	6.685658
8	7.96	7.183949	7.014486	6.805821
9	7.1	7.633538	7.396851	7.105412
10	6.04	5.884594	6.17109	6.523861
11	6.25	5.667123	5.529305	5.359607
12	6.26	5.890376	5.705932	5.478822
13	5.47	5.804546	5.755486	5.695078
14	4.24	5.022489	5.260861	5.454456
15	3.38	3.961285	4.207709	4.39575
16	2.94	3.193676	3.298162	3.477287
17	2.51	2.787417	2.83423	2.927719
18	1.74	2.452832	2.541776	2.606672
19	1.08	1.89585	2.094114	2.272805
20	.72	1.116264	1.304738	1.725759
21	.5	.8343064	.9233036	1.053344
22	.47	.4851772	.6123923	.7986923
23	.33	.4481261	.4559907	.4634505
24	.25	.4306697	.4308569	.4300246
25	.15	.2231864	.3387207	.4132625
26	0	.2591442	.2057773	.2492566
27	0	0.082387	.2312526	.2291902
28	0	0	0	.1471796
29	0	0	0	0

Διανομή πυκνότητας πιθανότητας για το Καλυβάρι Ανδρου με $a=0.10$
 ως προς το ύψος h .

$V(m/sec)$	$F(\%)$ $h=10m$	$F(\%)$ $h=40m$	$F(\%)$ $h=60m$	$F(\%)$ $h=100m$
0	.9	.7834955	.7523628	.7148954
1	2.92	2.252041	2.073547	1.858734
2	4.46	3.66518	3.452787	3.209086
3	5.65	4.320554	4.079479	3.864411
4	6.56	5.588935	5.252673	4.761016
5	7.07	5.809583	5.534232	5.202853
6	7.48	6.320037	5.921885	5.442718
7	7.61	6.519227	6.241108	5.909802
8	7.96	6.618483	6.305427	5.969945
9	7.1	6.84376	6.436882	6.07165
10	6.04	6.840578	6.841218	6.293359
11	6.25	5.207253	5.497283	6.227483
12	6.26	5.310359	5.052972	4.750083
13	5.47	5.536088	5.184982	4.836895
14	4.24	5.397088	5.316144	5.00073
15	3.38	4.686176	5.116067	4.996316
16	2.94	3.773715	4.084752	4.72295
17	2.51	3.054819	3.299359	3.828662
18	1.74	2.665047	2.799076	3.022378
19	1.08	2.42013	2.49509	2.633177
20	.72	1.963136	2.249902	2.371624
21	.5	1.233197	1.872548	2.166082
22	.47	.8915184	1.063475	1.779295
23	.33	.617731	.8301789	1.112582
24	.25	.4395467	.5766863	.8374335
25	.15	.4138834	.4220206	.6286342
26	0	.3823597	.3982021	.4110628
27	0	.1741101	.384541	.3812775
28	0	.2551793	.1700866	.3685105
29	0	0.056792	.2332702	.2528934
30	0	0	.1017648	.1815667
31	0	0	0	.231897
32	0	0	0	0

Διανομή πυκνότητας πιθανότητας για το Καλυβάρι Ανδρου με $a=0.20$
 ως προς το ύψος h .

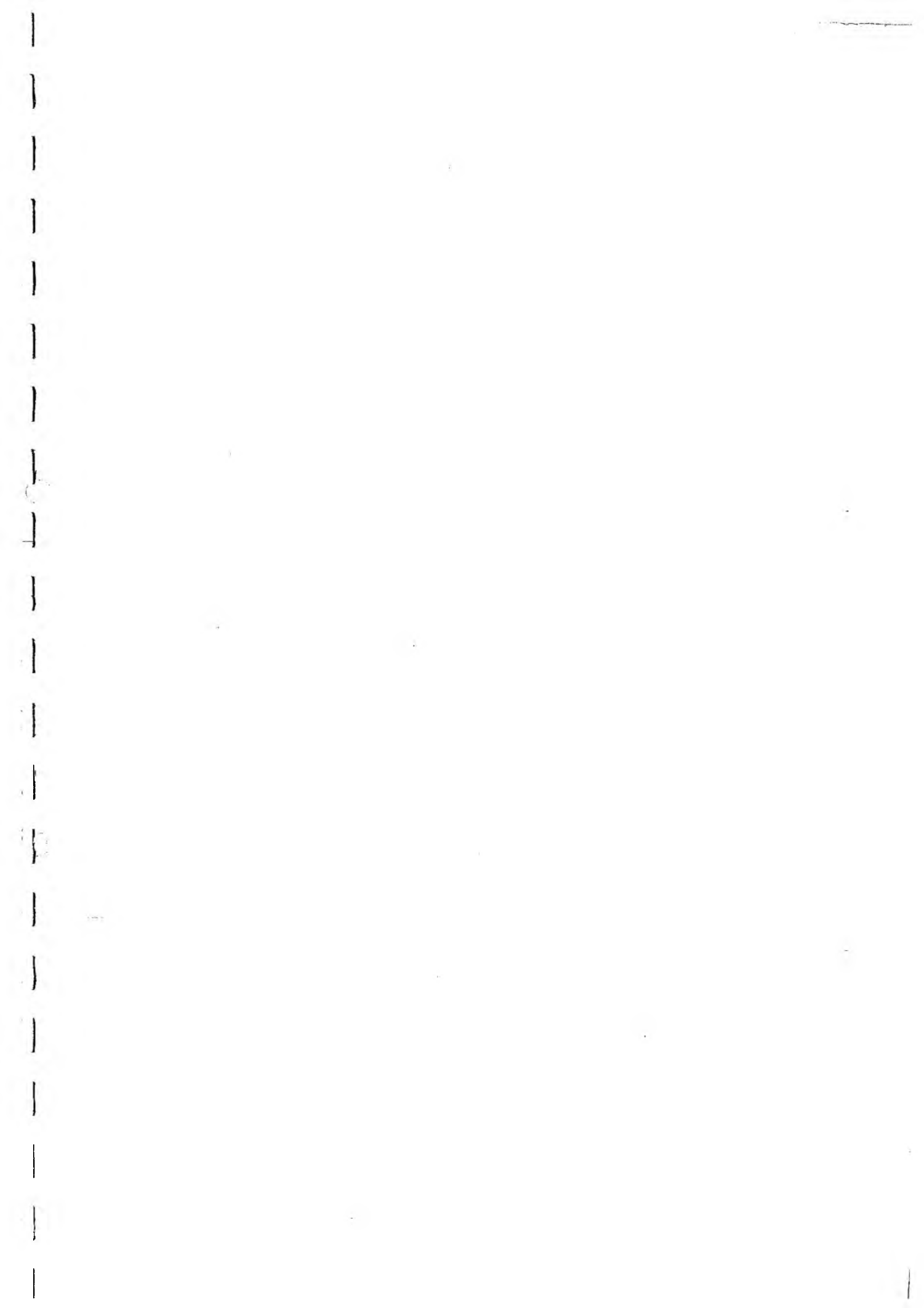
V (m/sec)	F (%) $h=10m$	F (%) $h=40m$	F (%) $h=60m$	F (%) $h=100m$
0	.9	.6820724	.6289444	.5678616
1	2.92	1.670549	1.365948	1.135723
2	4.46	3.061747	2.823261	2.429084
3	5.65	3.609851	3.197813	2.724082
4	6.56	4.330306	3.633148	3.079072
5	7.07	4.912551	4.48647	3.80328
6	7.48	5.07765	4.638335	4.079088
7	7.61	5.583764	4.860632	4.227414
8	7.96	5.673809	5.199274	4.496136
9	7.1	5.735032	5.250382	4.694323
10	6.04	5.835508	5.315963	4.744327
11	6.25	6.207501	5.399955	4.790881
12	6.26	5.169563	5.744359	4.858371
13	5.47	4.559723	4.771828	5.127692
14	4.24	4.622935	4.194945	4.852975
15	3.38	4.846976	4.262845	3.773125
16	2.94	4.708988	4.42204	3.82242
17	2.51	4.296816	4.408241	3.861366
18	1.74	3.629239	4.276822	4.038127
19	1.08	2.773761	3.461555	3.9531
20	.72	2.473548	2.990238	3.861459
21	.5	2.255296	2.543829	3.126201
22	.47	2.078868	2.166364	2.813228
23	.33	1.697603	2.031184	2.309304
24	.25	1.130075	1.877257	2.05257
25	.15	.8356211	1.565373	1.927356
26	0	.6639323	1.046455	1.754061
27	0	.3940863	.7968673	1.564345
28	0	.3701279	.642921	1.413344
29	0	.3566356	.3967613	.8001031
30	0	.3187987	.350821	.7042437
31	0	.1515716	.3351759	.5804808
32	0	.2146111	.3214605	.3780354
33	0	.1108817	.2146762	.3226149
34	0	0	.150719	.3028595
35	0	0	.2096481	.2948799
36	0	0	.0574912	.2824555
37	0	0	0	.1261915
38	0	0	0	.1553772
39	0	0	0	.1892872
40	0	0	0	.0231554
41	0	0	0	0

Διανομή πυκνότητας πιθανότητας για το Καλυβάρι Ανδρου με $a=0.30$
 ως προς το ύψος h .

$V(m/sec)$	$F(%)$ $h=10m$	$F(%)$ $h=40m$	$F(%)$ $h=60m$	$F(%)$ $h=100m$
0	.9	.5937786	.5257716	.4510685
1	2.92	1.187557	1.051543	.902137
2	4.46	2.642179	2.083011	1.468785
3	5.65	2.925083	2.397651	2.024796
4	6.56	3.219599	2.85085	2.239284
5	7.07	4.187716	3.178945	2.445794
6	7.48	4.316373	3.750504	2.842678
7	7.61	4.420352	3.857304	3.217622
8	7.96	4.870204	3.914077	3.290447
9	7.1	4.929983	4.320938	3.357954
10	6.04	4.96135	4.357099	3.552179
11	6.25	5.06704	4.393114	3.728833
12	6.26	5.208506	4.447543	3.75002
13	5.47	5.423178	4.498268	3.768928
14	4.24	4.154369	4.743066	3.817026
15	3.38	3.972471	4.678948	3.859142
16	2.94	4.024499	3.49346	3.999328
17	2.51	4.188208	3.520261	4.119759
18	1.74	4.1649	3.563563	3.510561
19	1.08	4.037694	3.681078	2.9971
20	.72	3.355251	3.73882	3.03002
21	.5	2.96575	3.581992	3.057242
22	.47	2.4147	3.387671	3.140256
23	.33	2.132337	2.815799	3.207598
24	.25	1.992766	2.4531	3.129454
25	.15	1.834116	2.138138	3.067266
26	0	1.573037	1.868749	2.701367
27	0	1.334615	1.790113	2.415722
28	0	.8180949	1.62405	2.086473
29	0	.6700175	1.497893	1.834345
30	0	.5579753	1.308587	1.674068
31	0	.3430721	.9065816	1.55368
32	0	.3253919	.7243964	1.461333
33	0	.3146468	.5418725	1.3933
34	0	.3034868	.4756241	1.236183
35	0	.1939578	.3037791	1.122659
36	0	.1400528	.2908608	.8293257
37	0	.1979262	.2804115	.6214722
38	0	.0777679	.2705847	.5268455
39	0	0	.2490897	.4610922
40	0	0	.1168381	.3418591
41	0	0	.1412294	.2606173
42	0	0	.1752572	.2485991
43	0	0	.0515688	.2405699
44	0	0	0	.2345132
45	0	0	0	.2305461
46	0	0	0	.1511925
47	0	0	0	.1002374
48	0	0	0	.1309953
49	0	0	0	.1503562
50	0	0	0	.0573700
51	0	0	0	0

Διανομή πυκνότητας πιθανότητας για τη Χώρα Κύενου με $a=0.30$ ως προς το ύψος h .

$V(m/sec)$	$F(\%)$ $h=10m$	$F(\%)$ $h=40m$	$F(\%)$ $h=60m$	$F(\%)$ $h=100m$
0	6.98	4.605083	4.077651	3.498287
1	9.01	9.210165	8.155301	6.996573
2	6.4	2.781255	3.596583	4.49219
3	10.28	4.125371	2.580857	2.03482
4	10.43	5.76625	5.105826	3.229823
5	7.24	7.702482	5.762016	4.380376
6	6.49	6.996538	6.905133	5.174144
7	6.22	5.964176	5.844759	5.924033
8	5.4	3.775705	5.281084	5.200979
9	5.91	4.151153	3.301762	4.530733
10	4.72	4.974545	3.459401	3.585855
11	4.38	3.424415	4.404798	2.726459
12	4.39	3.479719	3.606506	3.282622
13	3.45	3.892548	2.862534	3.778952
14	2.87	3.903877	3.333299	3.073505
15	1.92	3.362896	3.447824	2.455817
16	1.39	2.322334	3.458409	2.725406
17	1.01	3.260928	2.9224	2.957005
18	.64	3.107849	2.056351	2.962444
19	.46	2.335529	2.730105	2.967028
20	.24	2.241037	3.061159	2.308617
21	.11	2.035757	2.10899	1.764179
22	.04	1.570215	2.042063	2.240125
23	.01	1.106334	1.96288	2.626221
24	.01	.9402847	1.656463	2.151774
25	0	.8708752	1.390374	1.774203
26	0	.5711176	.9478061	1.72354
27	0	.4446397	.8437844	1.683989
28	0	.3826573	.7711317	1.40583
29	0	.2715992	.6262843	1.192826
30	0	.1998172	.4089335	.9295124
31	0	.0923655	.3606928	.7317334
32	0	.0658453	.3388306	.6913316
33	0	.0446397	.2019376	.6615672
34	0	.0234521	.1677091	.4811725
35	0	.0084253	.0817866	.350831
36	0	.0115746	.0624092	.315631
37	0	0	.0467352	.2906886
38	0	0	.0742807	.2197186
39	0	0	.0151061	.1704037
40	0	0	.0116838	.1107871
41	0	0	.0068055	.0701662
42	0	0	0	.0521387
43	0	0	0	.0400949
44	0	0	0	.0158684
45	0	0	0	.0094563
46	0	0	0	.0061041
47	0	0	0	.0100237
48	0	0	0	.0038721
49	0	0	0	0



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25