



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΕ

Σχεδιασμός και Λειτουργία Συστημάτων ΑΠΕ

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

ΕΝΟΤΗΤΑ 04:

Αιολικά Συστήματα II – Παραγωγή Ενέργειας από Αιολικά Συστήματα

ΑΣΚΗΣΗ 1

Α) Να υπολογισθεί η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 40m από το έδαφος αν η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10m από το έδαφος είναι 5m/s.

Β) Να υπολογισθεί η ένταση της ανατάραξης και στα δύο ύψη από το έδαφος όταν η υπό μελέτη περιοχή έχει τραχύτητα:

i) $Z_0=0.10$ (τυπικές αγροτικές περιοχές).

ii) $Z_0=1,5$ (μικρές πόλεις ή προάστια).

Λύση

Α) Υπολογίζω το α

$$\alpha = \frac{0.37 - 0.088 \ln[V(z_1)]}{1 - 0.088 \ln\left(\frac{z_1}{10}\right)}$$

$$\alpha = \frac{0,37 - 0,088 \cdot \ln(5)}{1 - 0.088 \cdot \ln\left(\frac{10}{10}\right)} = 0,23$$

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^\alpha \quad V(z) = V(10) \cdot \left(\frac{40}{10}\right)^{0,23} = 6,88 \text{ m/s}$$

B)

$$I = \frac{1}{\ln \frac{z}{z_o}} \quad \text{Για } z_o \leq 0.20\text{m}$$

$$I = \frac{-0.14 \ln z_o + 0.78}{\ln \frac{z}{z_o}} \quad \text{Για } z_o > 0.20\text{m}$$

i) $z_o=0.1$
Για $z=10\text{m}$

$$I = \frac{1}{\ln \left(\frac{10}{0.1} \right)} = 0.217$$

Για $z=40\text{m}$

$$I = \frac{1}{\ln \left(\frac{40}{0.1} \right)} = 0.167$$

ii) $z_0=1.5$

$z=10$

$$I = \frac{-0.14 \ln(1.5) + 0.78}{\ln\left(\frac{10}{1.5}\right)} = 0.381$$

$z=40$

$$I = \frac{-0.14 \ln(1.5) + 0.78}{\ln\left(\frac{40}{1.5}\right)} = 0.22$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Α) Βάσει των ετήσιων πειραματικών μετρήσεων του ανέμου στην περιοχή Καρπάθου για ένα έτος, Πίνακας 1, να δημιουργήσετε το αντίστοιχο ιστόγραμμα της ετήσιας καμπύλης συχνότητας.

Β) Ακολουθώς να υπολογισθεί και να σχεδιασθεί η καμπύλη αθροιστικής πιθανότητας της ετήσιας έντασης του ανέμου.

Γ) Στη συνέχεια να υπολογίσετε και να κατασκευάσετε την ετήσια καμπύλη διάρκειας για την παραπάνω περιοχή.

Πίνακας 1: Πιθανότητα Έντασης Ανέμου, Κάρπαθος

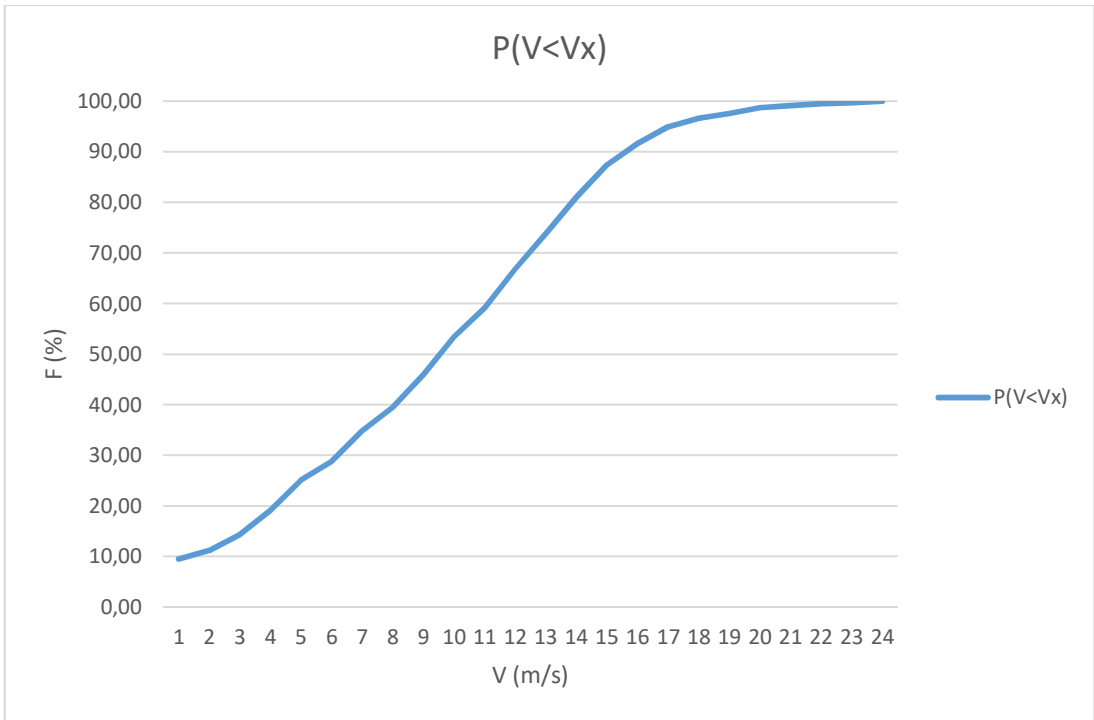
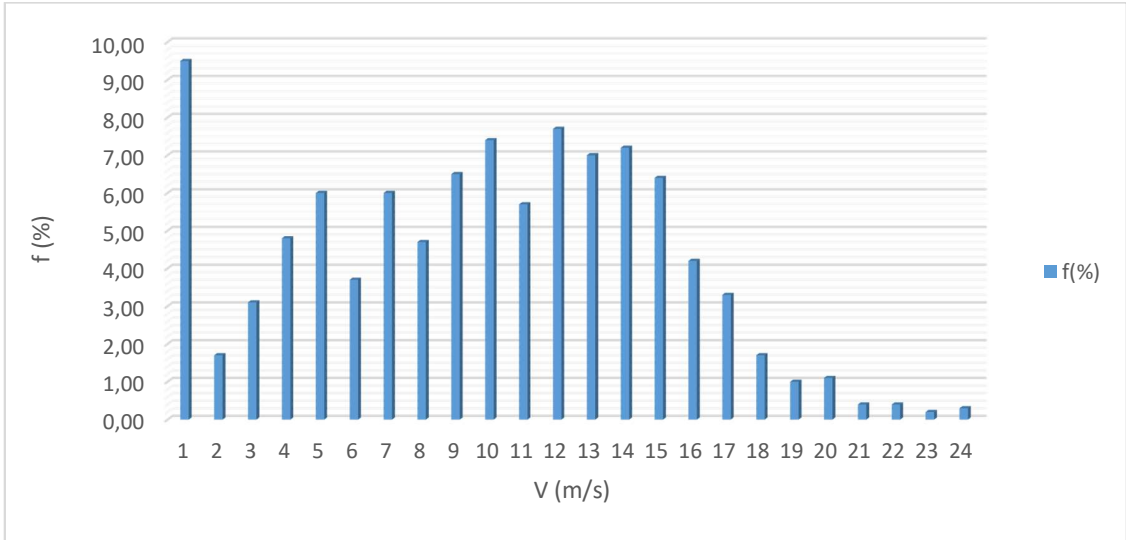
Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Πειραματική Συχνότητα (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Πειραματική Συχνότητα (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Πειραματική Συχνότητα (%)
0-1	9.5	8-9	6.5	16-17	3.3
1-2	1.7	9-10	7.4	17-18	1.7
2-3	3.1	10-11	5.7	18-19	1
3-4	4.8	11-12	7.7	19-20	1.1
4-5	6.0	12-13	7.0	20-21	0.4
5-6	3.7	13-14	7.2	21-22	0.4
6-7	6.0	14-15	6.4	22-23	0.2
7-8	4.7	15-16	4.2	≥23	0.3

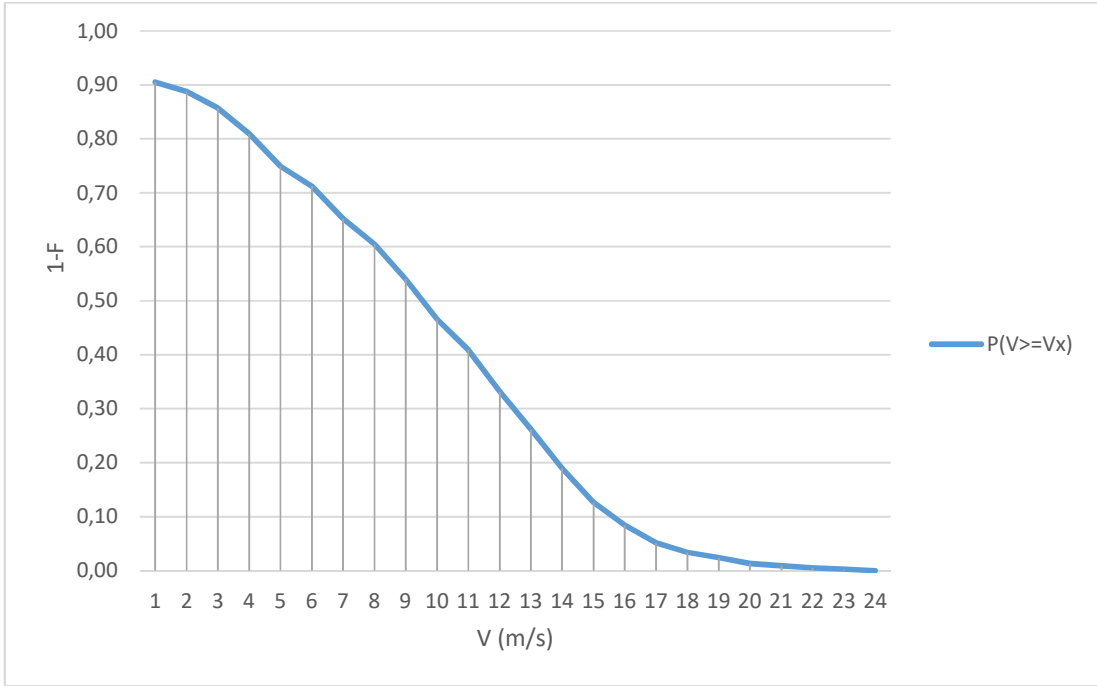
ΛΥΣΗ

$P(V < Vx) =$ αθροιστική συχνότητα

$P(V \geq Vx) = 1 - P(V < Vx)$

V(m/s)	f(%)	P(V<Vx)	P(V>=Vx)
1	9,50	9,50	0,91
2	1,70	11,20	0,89
3	3,10	14,30	0,86
4	4,80	19,10	0,81
5	6,00	25,10	0,75
6	3,70	28,80	0,71
7	6,00	34,80	0,65
8	4,70	39,50	0,61
9	6,50	46,00	0,54
10	7,40	53,40	0,47
11	5,70	59,10	0,41
12	7,70	66,80	0,33
13	7,00	73,80	0,26
14	7,20	81,00	0,19
15	6,40	87,40	0,13
16	4,20	91,60	0,08
17	3,30	94,90	0,05
18	1,70	96,60	0,03
19	1,00	97,60	0,02
20	1,10	98,70	0,01
21	0,40	99,10	0,01
22	0,40	99,50	0,00
23	0,20	99,70	0,00
24	0,30	100,00	0,00
	100,00		





ΑΣΚΗΣΗ 3

Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποδίδει ισχύ 20kW όταν τοποθετηθεί στο ελάχιστο δυνατό ύψος από το έδαφος για λόγους οικονομίας και η ταχύτητα του ανέμου είναι σταθερή και ίση με 6m/s.

α. Δοθέντος ότι ο μηχανικός βαθμός απόδοσης της Α/Γ είναι 0.9, ο αεροδυναμικός συντελεστής (συντελεστής ισχύος) 0.4 και η πυκνότητα του αέρα ίση με 1.2 kg/m³, να υπολογισθεί η διάμετρος της ανεμογεννήτριας.

β. Στην περίπτωση που τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της Α/Γ παραμείνουν αμετάβλητα να υπολογισθεί η ισχύς της ανεμογεννήτριας όταν τοποθετηθεί σε ύψος 50 m από το έδαφος.

ΛΥΣΗ:

α)

$$P = \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} V^3 C_p \eta$$

$$D = \sqrt{\frac{8P}{\rho \pi V^3 C_p \eta}} = \sqrt{\frac{8 * 20 * 10^3}{1.2 \pi 6^3 0.4 0.9}} = 23.36m$$

β) z=50m, α=0,25

z1=25m

$$V(50) = V(25) * \left(\frac{50}{25}\right)^{0.25} = 7.14m/s$$

$$P = \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} 7.14^3 C_p \eta = 33.696W = 33.7kW$$

ΑΣΚΗΣΗ 4

Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα διαμέτρου 7m αποδίδει ισχύ 13kW όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 12m/s και οι στροφές της μηχανής 120RPM. Αν ο μηχανικός βαθμός απόδοσης της Α/Γ είναι 0.905 και η πυκνότητα του αέρα ίση με 1.2 kg/m³ να υπολογισθεί η ισχύς της ανεμογεννήτριας για ταχύτητα ανέμου 8m/s και 16m/s. Δίνεται επιπλέον ότι οι στροφές της Α/Γ παραμένουν σταθερές για ταχύτητα ανέμου μεταξύ 8m/s και 16m/s, ενώ ο συντελεστής ισχύος της Α/Γ μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από την σχέση:

$$C_p = C_{p_0} - 0.09(\lambda - 3.665)^2 \quad (1.5 \leq \lambda \leq 5.5)$$

όπου λ είναι η παράμετρος περιστροφής της πτερωτής.

ΛΥΣΗ:

$$D = 7 \text{ m}$$

$$P_{air} = 13 \text{ kW}$$

$$V = 12 \text{ m/s}$$

$$N = 120 \text{ RPM}$$

$$n = 0,905$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$P_2 = ?$$

$$\downarrow$$
$$8 \text{ m/s}$$

$$P_3 = ?$$

$$\downarrow$$
$$16 \text{ m/s}$$

$$N = \text{stad. } \gamma \text{ia } v \in [8 \ 16]$$

$$C_p = C_{p0} - 0,09 (1 - 3,665)^2, \quad (1,5 \leq \lambda \leq 5,5)$$

$$\text{Ati: } C_p = \frac{8P}{\rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V^3 \cdot n} = \frac{8 \cdot 13 \cdot 10^3}{1,2 \cdot \pi \cdot 7^2 \cdot 12^3 \cdot 0,905} = 0,360$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 120}{60} = 12,57 \text{ r/s}$$

$$\lambda = \frac{12,57 \cdot 3,5}{12} = 3,665$$

$$\text{Tipokriteri } C_{p0} = 0,36 \text{ opa, } C_p = 0,36 - 0,09 (1 - 3,665)^2$$

$$\bullet \text{ } \gamma \text{ia } V_2 = 8 \text{ m/s: } \lambda_2 = \frac{\omega \cdot R}{V_2} = 5,497$$

$$C_{p2} = 0,058$$

$$P_2 = 620 \text{ W} = 0,62 \text{ kW}$$

$$\bullet \text{ } \gamma \text{ia } V_3 = 16 \text{ m/s: } \lambda_3 = \frac{\omega \cdot R}{V_3} = 2,749$$

$$C_{p3} = 0,284$$

$$P_3 = 24310 \text{ W} = 24,31 \text{ kW}$$

ΑΣΚΗΣΗ 5

Μια ανεμογεννήτρια Σταθερής Ταχύτητας Σταθερής Συχνότητας (ΣΤΣΣ) έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Ονομαστική Ισχύ 100 kW, ακτίνα έλικας 9.0m και στροφές μηχανής 45 RPM.

Επίσης δίνεται ότι η συνάρτηση $C_p(\lambda)$ είναι:

Πίνακας 1

λ	10.6	7.07	5.3	4.24	3.53
C_p	0.001	0.075	0.106	0.290	0.415

Να υπολογισθεί η χαρακτηριστική $P(U)$ αν ληφθεί η πυκνότητα του αέρα ίση με 1.22 kg/m^3 .

ΛΥΣΗ:

ΑΠ ΣΤΣΣ $P_{AIR}(v) = ?$
 $P_R = 100 \text{ kW}$ $P_{AIR}(v) = ?$
 $R = 9.0 \text{ m}$
 $N = 45 \text{ RPM}$
 $\rho = 1.22 \text{ kg/m}^3$

λ	C_p	v	$P_{AIR} \text{ (kW)}$	$P_{AIG} \text{ (kW)}$
10,6	0,001	4	10,0	0,01
7,07	0,075	6	33,5	2,5
5,3	0,106	8	79,4	13,2
4,24	0,290	10	255,2	45
3,53	0,415	12	267,8	111,3

ΑΠ: $\omega = \frac{2\pi \cdot 45}{60} = 4,7 \text{ r/s}$
 $v = \frac{\omega \cdot R}{\lambda}$
 $P_{AIR} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 = \frac{1}{2} \cdot 1,22 \cdot \pi \cdot 9^2 \cdot v^3$

$P_{AIG} = P_{AIR} \cdot C_p$

Ανεμογεννήτριες

$$N_G = \frac{N_{\eta\lambda}}{i}, \quad f_{\eta\lambda} = \frac{p}{2} \frac{N_{\eta\lambda}}{60}, \quad \lambda = \frac{R\omega_G}{U}, \quad \omega = \frac{2\pi N}{60}, \quad P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot \pi \cdot R^2 \cdot U^3$$

$$P = S \cos \varphi, \quad Q = S \sin \varphi$$