

Εγναστηριακές Ασκήσεις 3-4 – Επίλυση

Στην περιοχή της παράκτιας ζώνης της Ανατολικής Μακεδονίας σχεδιάζεται η κατασκευή ενός θαλασσίου αιολικού πάρκου παραγωγής ενέργειας ισχύος 36 MW με 12 ίδιες ανεμογεννήτριες (ΑΓ) ονομαστικής ισχύος 3 MW και ύψος πλήμνης 85 m. Με βάση τη χρονοσειρά της ταχύτητας ανέμου στα 3.5 m ενός πλωτήρα στο σημείο εγκατάστασης του σταθμού που θα βρείτε στο eclass του μαθήματος:

1. Υπολογίστε την τιμή της ταχύτητας στα 85 m για κάθε χρονική στιγμή. Οι τιμές αυτές θα χρησιμοποιηθούν σε όλη την περαιτέρω ανάλυση εκτός εάν ζητείται διαφορετικά.
2. Υπολογίστε τη μέση τιμή της ταχύτητας ανέμου για όλο το έτος και για κάθε μήνα ξεχωριστά. Αποδώστε σε γραφική παράσταση την μηνιαία μέση τιμή ως συνάρτηση του μήνα.
3. Βρείτε τα περιγραφικά στατιστικά για την χρονοσειρά της ταχύτητας ανέμου στα 85 m.
4. Υπολογίστε τη μέση πυκνότητα ισχύος του ανέμου στα 85 m.
5. Δημιουργήστε ως νέο φύλλο το ιστόγραμμα των ταχυτήτων ανέμου αφού πρώτα δημιουργήσετε ως κλάση δεδομένων την σειρά από 0 έως 25 με βήμα 1, επιλέγοντας και την αθροιστική σχετική συχνότητα και την έξοδο γραφήματος.
6. Για κάθε κελί αθροιστικής σχετικής συχνότητας υπολογίστε, ως διαφορά της επόμενης τιμής από την προηγούμενη, την απόλυτη συχνότητα για κάθε ταχύτητα.
7. Για κάθε κελί ταχύτητας και απόλυτης συχνότητας υπολογίστε τους δύο όρους της γραμμικής Εξ. 15, αντίστοιχα.
8. Αποδώστε σε γραφική παράσταση τις μεταβλητές της Εξ. 15 και προσδιορίστε μέσω της προσθήκης γραμμής τάσης τις παραμέτρους k και c της κατανομής Weibull.
9. Συγκρίνετε τις τιμές k και c
10. Υπολογίστε τον συντελεστή αξιοποίησης και τη συνολική παραγωγή ενέργειας για την τυπική ανεμογεννήτρια για ένα χρόνο είτε με την ανάλυση χρονοσειράς και την καμπύλη ισχύος είτε με την στατιστική ανάλυση της κατανομής Weibull και τις τρεις χαρακτηριστικές ταχύτητες λειτουργίας που προσδιορίζονται από την καμπύλη ισχύος.
11. τον αριθμό των νοικοκυριών που θα καλύψουν τις ηλεκτρικές ενεργειακές τους ανάγκες (4 MWh ετησίως) και την αποφυγή έκλυσης CO_2 της παραγωγής ενέργειας του σταθμού σε σχέση με την συμβατική ηλεκτρική ενέργεια του λιγνίτη.

Πόσος είναι ο χρόνος ενεργειακής ανταπόδοσης του έργου;

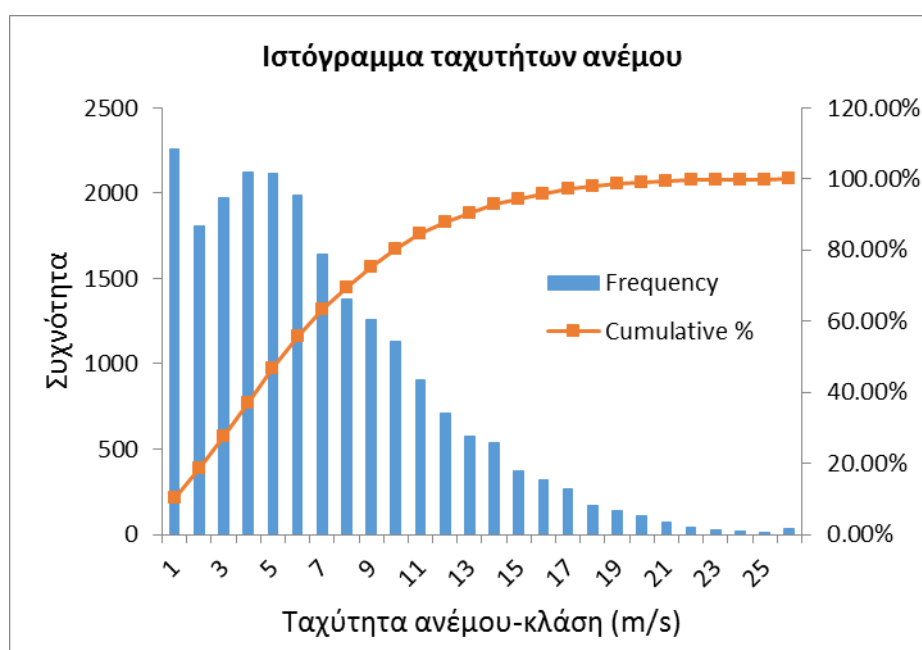
Βήματα 1-9 υλοποίηση στο excel

10. Για τον προσδιορισμό του συντελεστή αξιοποίησης του αιολικού πεδίου μέσω της κατανομής Weibull θα χρησιμοποιήσουμε την Εξ. (20) των σημειώσεων:

$$cf = \frac{\exp\left(-\left(\frac{u_1}{c}\right)^k\right) - \exp\left(-\left(\frac{u_0}{c}\right)^k\right)}{\left(\frac{u_0}{c}\right)^k - \left(\frac{u_1}{c}\right)^k} - \exp\left[-\left(\frac{u_2}{c}\right)^k\right]$$

με τιμές ταχύτητας έναρξης (cut-in) ($u_1=3$ m/s), ονομαστικής (rated) ($u_0=12$ m/s) και ταχύτητας διακοπής λειτουργίας (cut-out) ($u_2=25$ m/s) από τον Πίνακα 1 των σημειώσεων. Οι παράμετρος k και c της κατανομής Weibull προσδιορίζονται από την προσαρμογή της Εξ. (14) στα πειραματικά δεδομένα της κατανομής συχνοτήτων ταχύτητας ανέμου. Η κατανομή δημιουργείται στο Excel σύμφωνα με την ανάλυση που περιγράφεται στη σελ. 5.

Αρχικά κάθε ταχύτητα της χρονοσειράς του ανέμου u_i που μετράται στο $z_0=3.5$ m, ανάγεται στο ύψος της πλήμνης της ΑΓ, $z=85$ m χρησιμοποιώντας την Εξ. (1) με τιμή $\alpha=0.0002$ m. Κατόπιν εισάγεται η σειρά ταχυτήτων 1-25 με βήμα 1 και επιλέγεται ως κλάση συχνοτήτων στη δημιουργία του ιστογράμματος (Σχήμα 1).



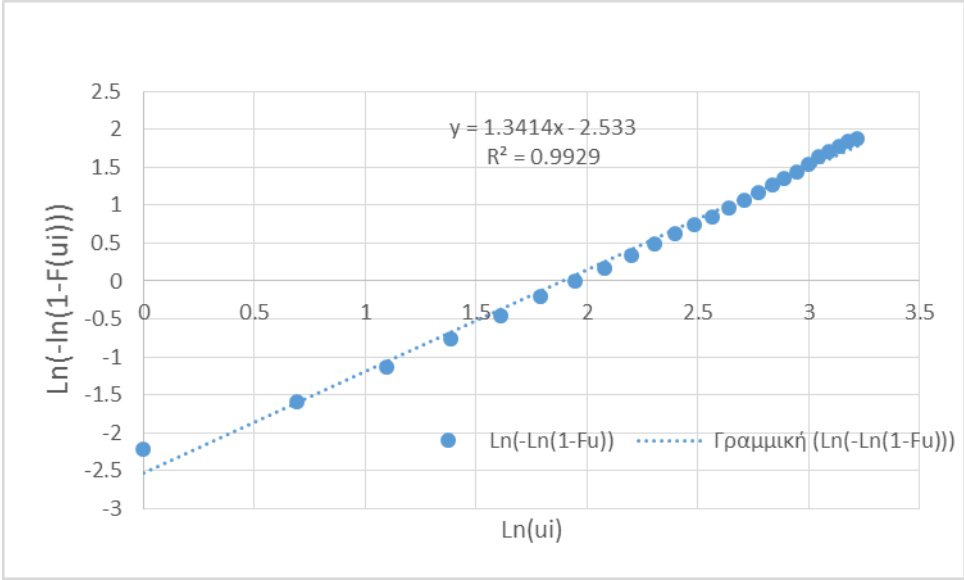
Σχήμα 1. Ιστόγραμμα ταχυτήτων ανέμου του αιολικού πεδίου σε ύψος 85 m.

Για κάθε ζεύγος τιμών ($u_i, F(u_i)$), υπολογίζονται οι τιμές (x_i, y_i) των μετασχηματισμών της εξ. (15), αναπαριστούνται γραφικά ως διασπορά και επιλέγεται η προσθήκη γραμμικής γραμμής τάσης στα ζεύγη τιμών ώστε να προσδιοριστούν οι συντελεστές a και b (Σχήμα 2).

Έτσι προσδιορίζονται οι τιμές:

Συντελεστές της Κατανομής Weibull	
b	2.533

	k=	1.341
	c=	6.608
Συντελεστής Αξιοποίησης Αιολικού Πεδίου	Cf	0.316



Σχήμα 2. Προσδιορισμός των παραμέτρων k και c της κατανομής Weibull με προσαρμογή ευθείας στις μετασχηματισμένες τιμές.

Η τιμή του συντελεστή αξιοποίησης είναι μικρή και στα όρια χρήσης του πεδίου λόγω α) της χρήσης μικρού συντελεστή α (0.0002 m) για την αναγωγή ύψους και β) του μικρού ύψους πλήμνης (85 m). Σημειώνεται ότι η επιλεγμένη ανεμογεννήτρια κατασκευάζεται και με ύψος πλήμνης 119 m.

β) Από την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας και την απόλυτη πιθανότητας συχνότητας ταχυτήτων ανέμου, προσδιορίζεται η συνολική ισχύς λειτουργίας της κάθε ανεμογεννήτριας.

Ταχύτητα	Απόλυτη Πιθανότητα Συχνότητας	Καμπύλη Ισχύος (kW)	Μερική Ισχύς (kW)	Ταχύτητα	Απόλυτη Πιθανότητα Συχνότητας	Καμπύλη Ισχύος (kW)	Μερική Ισχύς (kW)
1	0.10	0	-	14	0.02	3000	73.79
2	0.08	0	-	15	0.02	3000	50.74
3	0.09	60	5.39	16	0.01	3000	43.37
4	0.10	120	11.58	17	0.01	3000	36.42
5	0.10	300	28.87	18	0.01	3000	23.32
6	0.09	550	49.68	19	0.01	3000	19.09
7	0.07	750	55.92	20	0.01	3000	15.14
8	0.06	1200	75.12	21	0.00	3000	10.09
9	0.06	1800	103.03	22	0.00	3000	6.00

10	0.05	2400	123.62	23	0.00	3000	3.68
11	0.04	2800	115.46	24	0.00	3000	2.45
12	0.03	3000	96.70	25	0.00	3000	1.23
13	0.03	3000	78.70	Συνολική P= 1029.40 kW			
				Cf = P/Prated = 0.343			

Η συνολική ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του πάρκου των 12 ΑΓ προσδιορίζεται ως:

$E_{gross}=12 \times 24 \times 365 \times 1.0294 \text{ MWh} = 108211 \text{ MWh/y}$, $E_{net}=0.9 \times E_{gross}= 97390 \text{ MWh/y}$.

11. Καθώς κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 4 MWh ετησίως για την κάλυψη των ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών του, ο αριθμός νοικοκυριών που θα καλύψουν τις ηλεκτρικές ενεργειακές τους ανάγκες είναι 24347.

Για την αποφυγή έκλυσης CO₂ χρησιμοποιείται η Εξ. (29), θεωρώντας ότι η έκλυση CO₂ του συμβατικού συστήματος στερεών καυσίμων είναι 122 kg CO₂-e/GJ ενώ η έκλυση CO₂ στο κύκλο ζωής του σταθμού είναι 60 kg CO₂-e/GJ και η λειτουργία γίνεται για 20 χρόνια. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται 789112 tCO₂-e/y.

12) Για το θαλάσσιο πάρκο, η ενσωματωμένη ενέργεια κάθε ανεμογεννήτριας βρίσκεται ίση με 92165 GJ από την εφαρμογή της Εξ. (27). Συνεπώς η ενσωματωμένη ενέργεια των 12 ανεμογεννητριών είναι 307217 MWh. Ο χρόνος ενεργειακής ανταπόδοσης του έργου υπολογίζεται από την Εξ. (28) και βρίσκεται ίσος με 3.15 έτη.

