

ROCZNA OCENA ZASOBÓW ENERGII WIATROWEJ W REJONIE RZD SGGW W ŻELAZNEJ

Dariusz CZEKALSKI¹, Rafał KORUPCZYŃSKI², Paweł OBSTAWSKI³

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących zasobów energii wiatrowej na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Żelaznej k. Skierniewic (woj. łódzkie) w roku 2008. Wyniki zostały uzyskane za pomocą meteorologicznej stacji pomiarowej zainstalowanej we wspomnianej lokalizacji.

WPROWADZENIE

W komunikacie opublikowanym w marcu 2007 r. Komisja Europejska wyraziła intencję pokrycia łącznego zużycia energii na terenie państw członkowskich w dwudziestu procentach ze źródeł odnawialnych w perspektywie roku 2020. W bliskiej przyszłości – na rok 2010 – dla Polski wyznaczono cel indykatorywny na poziomie 7,5% udziału energii odnawialnych w bilansie energii pierwotnej, a dla samej energii elektrycznej nawet 9% w łącznej produkcji krajowej (Czekalski i in., 2007). W związku z powyższym można oczekiwać nowych inwestycji w zakresie energetyki wiatrowej, która stanowi jedną z form produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Ze względu na wysokie koszty inwestycyjne, budowa turbin wiatrowych jest opłacalna jedynie na terenach odznaczających się stosunkowo wysokimi prędkościami wiatru w ciągu całego roku. Moc strumienia wiatru jest proporcjonalna do trzeciej potęgi prędkości. Kluczowym problemem staje się oszacowanie wartości prędkości występujących w miejscu planowanej lokalizacji farmy wiatrowej. Prędkość wiatru można wyznaczyć drogą pomiarową. Roczne pomiary meteorologiczne pozwalają na ocenę zasobów energii wiatru z błędem 5 – 15% (Bechrakis i in., 2004).



Rys.1. Wizualizacja przyszłej farmy wiatrowej na terenie RZD Żelazna. Wariant z czterema turbinami o mocy 300 kW

Planowana lokalizacja farmy wiatrowej to okolice miejscowości Żelazna (woj. łódzkie, pow. skierniewicki). Wstępnie wskazano miejsce przyszłego posadowienia turbin wiatrowych na jednym z pól uprawnych Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (rys. 1). Wg opinii okolicznych mieszkańców właśnie to miejsce odznacza się szczególną wietrznością.



Rys. 2. Widok ogólny stacji meteorologicznej na terenie RZD SGGW w Żelaznej

METEOROLOGICZNA STACJA POMIAROWA

Stacja znajduje się na lokalnym wzniesieniu, na wysokości 174 m n. p. m. Aluminiowy maszt ma wysokość 12 m (rys. 2) i jest ustabilizowany trzema stalowymi odciegami zakończonymi w betonowych stopach fundamentowych. Na maszcie umieszczono następujące czujniki (Czekalski i in., 2008):

- wiatromierz do pomiaru prędkości i kierunku wiatru na wysokości 12 m n.p.g.,
- wiatromierz do pomiaru prędkości wiatru na wysokości 6 m n.p.g.,
- barometr do pomiaru ciśnienia,

D. CZEKALSKI¹, R. KORUPCZYŃSKI², P. OBSTAWSKI³

^{1), 2), 3)} Katedra Podstaw Inżynierii, Wydział Inżynierii Produkcji,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

– termohigrometr do pomiaru wilgotności względnej i temperatury powietrza, oraz czujniki uzupełniające: wielokanałowy termometr do pomiaru temperatur powietrza na wysokości +10 cm oraz gruntu na głębokości -10 cm i -50 cm.

Zastosowanie komputera będącego jednocześnie centralnym rejestratorem oraz serwerem danych, umieszczonego w jednym z budynków RZD umożliwia zdalny dostęp do danych za pośrednictwem sieci Internet. Stanowisko pomiarowe zostało wybudowane i uruchomione przy wykorzystaniu środków finansowych przydzielonych w ramach grantu uczelnianego SGGW nr 50411250017 w 2007 r. Stacja została uruchomiona w drugiej połowie listopada 2007 r.

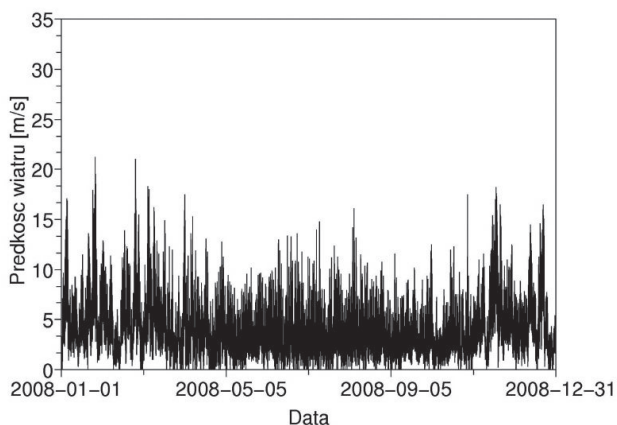
WYNIKI

Wykresy prędkości wiatru w funkcji czasu ilustrujące dane pomiarowe przedstawiono na rys. 3 i 4. Korzystając z tych danych przeliczono prędkości wiatru na wysokości 50 i 73 m, które odpowiadają wysokościami turbin 330 kW (Enercon E-33) i 800 kW (Enercon E-53). Ze względu na stosunkowo niskie prędkości startowe turbiny te są preferowanym rozwiązaniem technicznym przyszłej farmy wiatrowej, która ma powstać w tej lokalizacji. Obliczenia wykonano korzystając z wykładniczego profilu prędkości wiatru (Petersen i in., 1997):

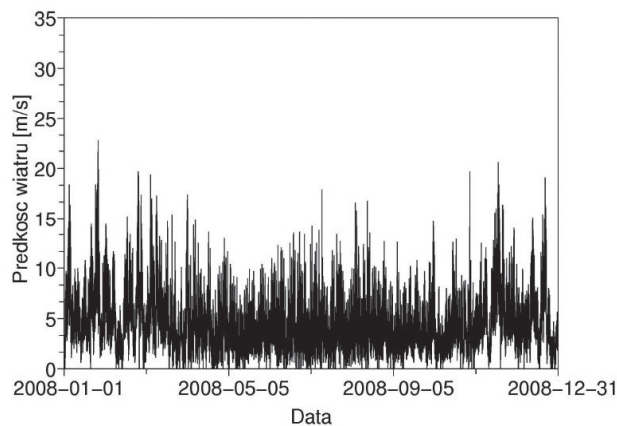
$$v_{h2} = v_{h1} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^p \quad (1)$$

Wartość p została obliczona jako średnia arytmetyczna na podstawie porównania danych pomiarowych na wysokościach 6 i 12 m ($p = 0,297$). Wykresy prędkości wiatru na wysokościach 50 i 73 m pokazano na rys. 5 i 6. Ponadto obliczono średnie prędkości wiatru w poszczególnych miesiącach na rozpatrywanych wysokościach (tab.1). Dane te zilustrowano na rys. 7.

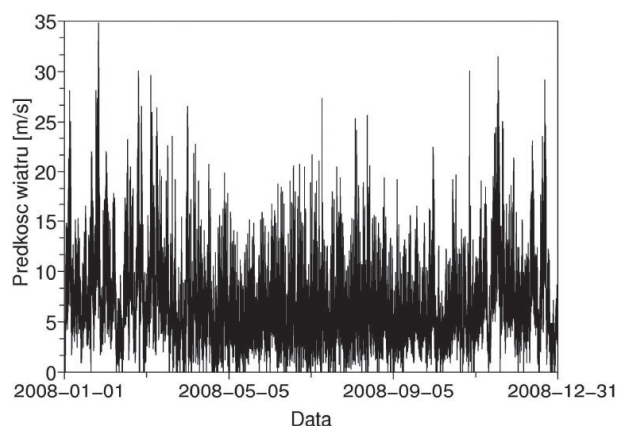
Prędkość wiatru znacząco rośnie ze wzrostem wysokości. Najniższe prędkości wiatru zostały odnotowane w kwietniu i maju, najwyższe w okresie: styczeń – marzec oraz listopadzie. W warunkach krajowych (Latko, 2008), teren przydatny do wykorzystania energii wiatru powinien mieć średnią roczną prędkość wiatru na wysokości 70 m powyżej 6,0 m s-1.



Rys. 3. Wykres prędkości wiatru na wysokości 6 m



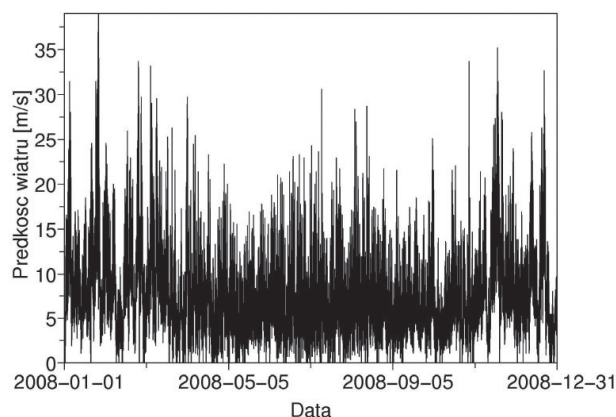
Rys. 4. Wykres prędkości wiatru na wysokości 12 m



Rys. 5. Wykres prędkości wiatru na wysokości 50 m

Rozpatrywana lokalizacja spełnia ten warunek (7,25 m s-1 na wys. 73 m).

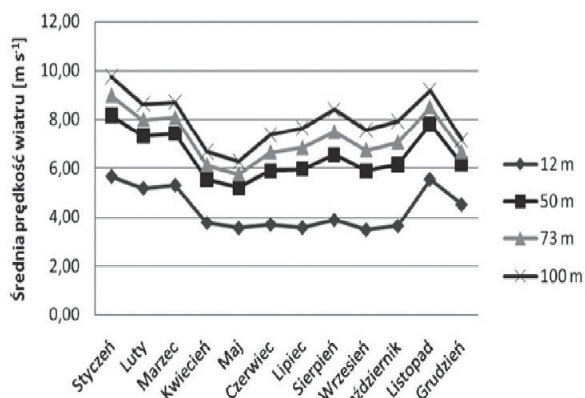
Rysunek 8 przedstawia wykres częstości wiatru pochodzącego z danego kierunku (różę wiatrów), przy czym zastosowano przedziały trzydziestostopniowe. Pierwszy, licząc od środka, okrąg skali tego wykresu odpowiada częstości równej 0,10. W przedmiotowej lokalizacji przeważają wiatry z kierunku zachodniego. Przestrzenne usytuowanie turbin wiatrowych w terenie powinno minimalizować wzajemne przesłonięcia urządzeń dla wiatrów wiejących z kierunków zachodnich.



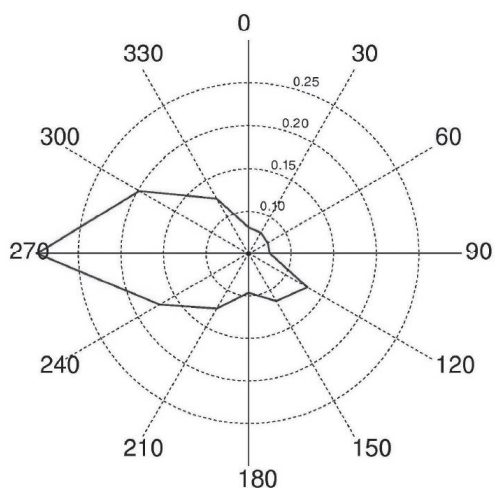
Rys. 6. Wykres prędkości wiatru na wysokości 73 m

Tab. 1. Średnie prędkości wiatru na rozpatrywanych wysokościach

Miesiąc	Średnia prędkość wiatru [m s ⁻¹] na wysokości			
	12 m	50 m	73 m	100 m
Styczeń	5,65	8,16	8,99	9,75
Luty	5,17	7,30	8,00	8,63
Marzec	5,29	7,40	8,09	8,71
Kwiecień	3,76	5,54	6,14	6,69
Maj	3,54	5,20	5,76	6,27
Czerwiec	3,69	5,88	6,65	7,37
Lipiec	3,56	5,95	6,83	7,65
Sierpień	3,88	6,52	7,49	8,40
Wrzesień	3,47	5,87	6,74	7,57
Październik	3,63	6,14	7,06	7,93
Listopad	5,53	7,78	8,52	9,18
Grudzień	4,51	6,15	6,67	7,15
Średnia roczna	4,31	6,49	7,25	7,94



Rys. 7. Średnia prędkość wiatru w poszczególnych miesiącach



Rys. 8. Róża wiatrów dla wysokości 12 m. (kąt 0 deg oznacza wiatr wiejący północny)

Dane pomiarowe pozwoliły na obliczenie jednostkowej mocy wiatru P_j w analizowanym okresie czasu dla rozpatrywanych wysokości (tab. 2).

Tab. 2. Jednostkowa moc wiatru na rozpatrywanych wysokościach

Miesiąc	Jednostkowa moc wiatru P_j [W m ⁻²] na wysokości			
	12 m	50 m	73 m	100 m
Styczeń	216	652	873	1113
Luty	173	488	642	807
Marzec	172	472	616	769
Kwiecień	81	258	351	454
Maj	45	141	192	247
Czerwiec	58	233	337	459
Lipiec	49	231	347	488
Sierpień	66	312	473	667
Wrzesień	43	208	316	447
Październik	63	304	462	655
Listopad	191	533	700	877
Grudzień	124	314	402	493
Średnia roczna	107	346	476	623

Do obliczeń przyjęto zakres prędkości wiatru od 3 do 25 m/s. Najbardziej korzystnym rozwiązaniem pod względem wykorzystania energii wiatru jest zastosowanie możliwie wysokich wież turbin wiatrowych. Ze względu na koszt urządzeń i konieczność spełnienia pewnych warunków z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu lotniczego wysokość 73 m wydaje się być rozwiązaniem optymalnym.

Celem oszacowania przychodów, jakie mogłyby być osiągnięte, jeżeli farma wiatrowa została uruchomiona z dniem 1.12.2008 r. obliczono wartości energii elektrycznej E , która mogłaby być wyprodukowana przez jedną turbinę wiatrową w okresie 1.12.2008 – 31.12.2008 r. (tab. 3).

Turbina o mocy 800 kW umieszczona na wysokości 73 m wyprodukowałaby ok. 3 razy więcej energii elektrycznej w analizowanym okresie czasu niż turbina o mocy 330 kW na wysokości 50 m. Przyjmując łączny dochód jednostkowy 0,30 PLN za 1 kWh ze sprzedaży energii i świadectw jej pochodzenia (Czekalski i in., 2007), w rozpatrywanym okresie turbina wiatrowa o mocy 330 kW zapewniłaby dochód 251601 PLN, a turbina o mocy 800 kW – 760119 PLN. Przybliżony koszt elektrowni w małej farmie wiatrowej to ok. 6 ÷ 7 mln PLN za 1 MW mocy znamionowej (Czekalski i in., 2007).

Tabela 3. Przewidywana ilość energii elektrycznej wyprodukowanej przez jedną turbinę w roku 2008

Miesiąc	Szacowana produkcja energii elektrycznej E [kWh]	
	Enercon E-33 h=50 m P = 330 kW	Enercon E-53 h=73 m P = 800 kW
Styczeń	107640	307262
Luty	88093	252659
Marzec	91702	261349
Kwiecień	51330	155727
Maj	39632	129602
Czerwiec	55631	175482
Lipiec	57476	186277
Sierpień	67886	214293
Wrzesień	53375	181644
Październik	60536	194842
Listopad	97155	277697
Grudzień	68216	196899
Średnia roczna	838670	2533733

Ze względu na limit mocy zainstalowanej (1500 kW), który został narzucony przez Zakład Energetyczny Łódź Teren – dystrybutora energii elektrycznej na rozpatrywanym terenie – możliwe są 2 warianty konfiguracji farmy wiatrowej:

- 1 turbina o mocy 800 kW i 2 turbiny o mocy 330 kW,
- 4 turbiny o mocy 330 kW każda.

Limit ten wynika z wpływu turbin wiatrowych na pogorszenie jakości energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym (Lubośny, 2007).

WNIOSKI

Teren RZD Żelazna może być praktycznie wykorzystany do budowy farmy wiatrowej. Optymalnym – jak się wydaje – rozwiązaniem byłoby z punktu widzenia tak komercyjnego jak i badawczo – dydaktycznego zastosowanie kilku turbin o mniejszej mocy jednostkowej. Pozwoli to na badanie wzajemnego wpływu poszczególnych urządzeń zarówno pod kątem wykorzystania zasobów wiatru jak i parametrów jakościowych energii elektrycznej.

Konfiguracja przestrzenna farmy powinna minimalizować wzajemne przesłanianie turbin dla wiatrów z kierunków zachodnich.

Pomimo wysokich kosztów inwestycyjnych przedsięwzięcie wypracuje dochód pozwalający co najmniej pokryć koszty eksploatacyjne.

SPIS SYMBOLI

h_1, h_2	– wysokości nad poziomem gruntu	m
v_{h1}, v_{h2}	– prędkości wiatru na wysokości h_1 i h_2	ms^{-1}
p	– wykładnik potęgowego profilu prędkości wiatru	
P_j	– jednostkowa moc wiatru	Wm^{-2}
E	– energia elektryczna	kWh

LITERATURA

- Bechrakis D.A., Deane J.P., McKeogh E.J., 2004, *Wind resource assessment of an area using short term data correlated to a long term data set*, Solar Energy, Elsevier, vol.76, p.725-732
- Czekalski D., Korpysz H., Roszkowski H., Świerczyński D., Korupczyński R., Obstawski P., Rozbicki T., 2007, *Ekspertyza: perspektywy produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Rolniczych Zakładach Doświadczalnych SGGW*, SGGW, p. 124
- Czekalski D., Korupczyński R., Obstawski P., 2008, *Badanie zasobów energii wiatrowej na terenie RZD SGGW w Żelaznej*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 47, p. 63-70
- Lubośny Z., 2007, *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*, WNT, p. 278
- Petersen E. L., Mortensen L. G., Landberg L., 1997, *Wind Power Meteorology*, Riso National Laboratory, p. 46