

## WPŁYW PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH OBUDOWY RUROWEJ NA MOC SIŁOWNI WIATROWEJ

Leszek Romański, Maciej Charkiewicz

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań efektów pracy siłowni wiatrowej umieszczonej w obudowie rurowej. W porównaniu do siłowni wolnostojącej generuje ona około 50% większą moc prądu elektrycznego. Obudowy rurowe instalowane przed jak i za wirnikiem powinny być jak najkrótsze. Wartość szczeliny obwodowej nie może przekraczać 1 mm.

**Słowa kluczowe:** siłownie wiatrowe, obudowa rurowa, moc siłowni

### Wstęp i cel badań

Obecny rozwój inżynierii materiałów konstrukcyjnych jak i możliwości szeroko pojętej wytwórczości a także ciągły wzrost kosztów energii konwencjonalnych przyczynił się do bardzo szybkiego rozwoju silników wiatrowych. Najczęściej stosuje się je w formie elektrowni wiatrowych. Z tego względu, że ilość wygenerowanej przez te urządzenia energii elektrycznej zależy w bardzo dużym stopniu od średnicy ich wirnika (moc siłowni wiatrowej rośnie z kwadratem średnicy śmigła) ich wielkości a właściwie wysokości są coraz to większe. Największe urządzenie ma już 150 m wysokości i przy średnicy wirnika 130 m generuje prąd o mocy 5 MW [Heier 2006; wiatraki (on-line) 2008]. Aby koszt przesyłu energii, pozyskiwanej w sposób ekologiczny, bez wytwarzania zanieczyszczeń, był jak najniższy, buduje się je w pobliżu obszarów zurbanizowanych. Nasuwa się jednak pytanie jak pozyskać możliwie tanio, energię na obszarach znajdujących się w dużej odległości od jej źródeł. A jest ona przecież nieodzowna, przykładowo, do napędu stacji hydrologiczno-meteorologicznych, stacji monitorujących obszary leśne, ciągi autostradowe, pompy nawadniające i odwadniające, kompresory do napowietrzania stawów rybnych itp.

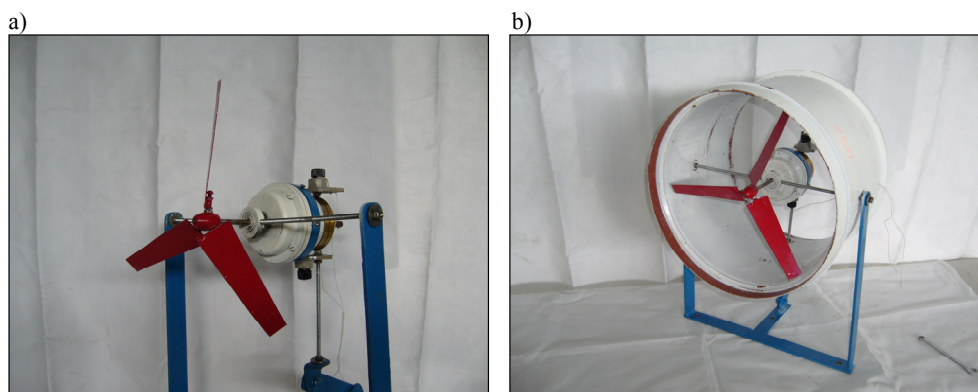
Jedną z propozycji rozwiązania tego problemu jest zastosowanie do wytwarzania prądu elektrycznego mini siłowni wiatrowych [Akhamatov 2006; elektrownie wiatrowe (on-line) 2008]. W siłowniach tych średnica wirników zawarta jest w granicach 0,8- 2m, a uzyskana moc nie przekracza zwykle 1KW. Wygenerowanie większej mocy, przy niezmienniej sile wiatru, jest możliwe, jak wspomniano wcześniej, jedynie poprzez zwiększenie średnicy wirnika. Aby nie zwiększać wymiarów urządzenia, uzyskując jednak porównywalną moc, autorzy pracy proponują rozwiązanie polegające na umieszczeniu siłowni wiatrowej w obudowie rurowej (zastrzeżenie patentowe nr. P-382100).

Celem badań było sprawdzenie przydatności tej koncepcji poprzez porównanie siłowni wiatrowej pracującej w obudowie rurowej z wolnostojącą. Dodatkowo, po potwierdzeniu przydatności zaproponowanego rozwiązania, zamierzano określić wpływ parametrów geometrycznych obudowy na generowaną moc przez siłownię wiatrową.

## Metodyka i przedmiot badań

Przedmiotem badań były modele siłowni wiatrowych trzyłopatowych: wolnostojącej (rys. 1a) i umieszczonej w obudowie rurowej (1b).

Średnicach wirnika w obu wersjach była taka sama i wynosiła 340 mm. Generatorem prądu była prądnica samowzbudna jednofazowa prądu przemiennego stosowana jako czujnik obrotów w wirówkach firmy Janecki.

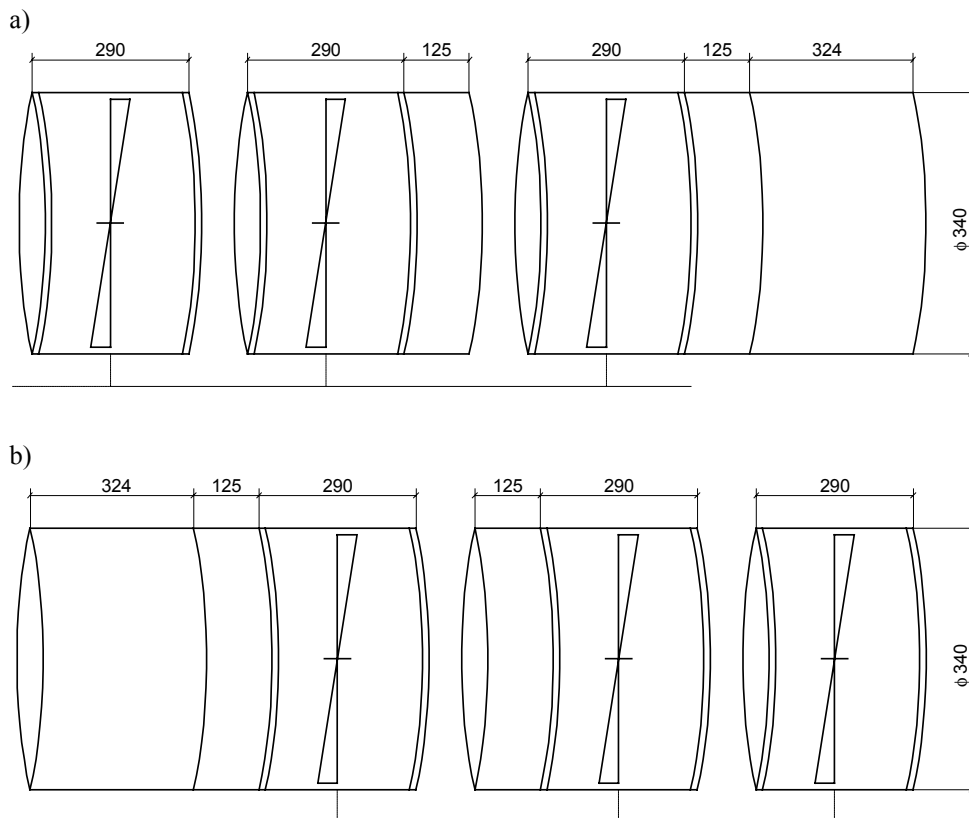


Rys. 1. Modele siłowni wiatrowych: a- wolnostojącej, b- w zabudowie rurowej  
Fig. 1. Wind power plant models: a-free-standing, b-built-in in a tubular housing

Dla sprawdzenia wpływu długości obudowy rurowej na generowaną moc prądu elektrycznego jej długość zwiększano przed (rys. 2a) jak i za wirnikiem (rys. 2b). Długości te wynosiły: 280 mm, 405 mm, 729 mm.

Dodatkowo określano także wpływ szczeliny obwodowej  $\lambda$  na generowaną moc. Szczelina ta, to odległość pomiędzy powierzchnią wewnętrzną obudowy a wierzchołkiem wirnika. Wartość jej zmieniano w zakresie 1-7 mm ze skokiem co 1mm. Szczeliny te używano dzięki zastosowaniu obudów o różnych średnicach.

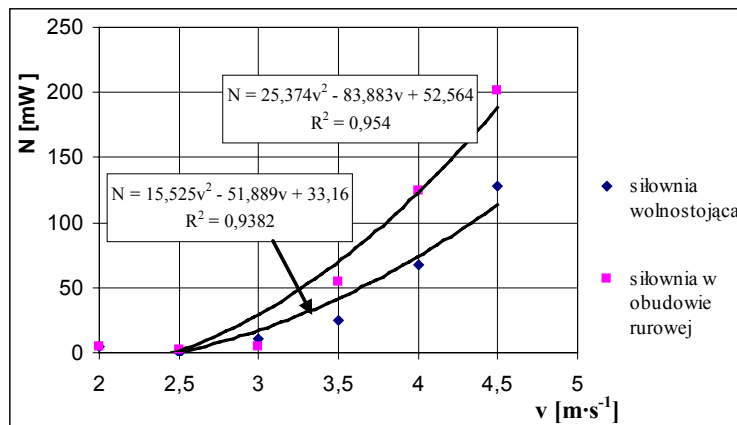
Badania przeprowadzono w tunelu aerodynamicznym o średnicy 0,7 m i długości 4m. Prędkość strugi powietrza zawarta była w granicach 0- 4,5 m·s<sup>-1</sup>. Wyliczony metodą różniczkowej błęd pomiaru wynosi 15 mW.



Rys. 2. Przedłużanie obudowy rurowej: a-za wirnikiem, b-przed wirnikiem  
 Fig. 2. Tubular housing extension: a-past windwheel, b-before windwheel

## Wyniki badań i ich analiza

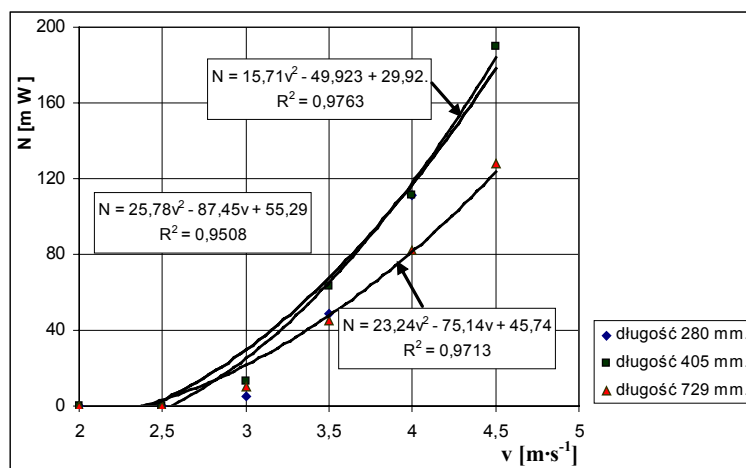
Porównanie mocy uzyskiwanej przez siłownię wiatrową przeprowadzono dla dwóch układów. W pierwszym, klasycznym; zespół trójłopatowy wirnik-generator prądu był konstrukcją wolnostojącą. W rozwiązaniu drugim opisany zespół umieszczony był w obudowie rurowej. Otrzymane wyniki pomiarów mocy przedstawiono na rysunku 3. Obydwie zależności opisano wielomianami kwadratowymi. W obu przypadkach łopaty wirnika zaczęły się poruszać i napędzać generator prądu przy prędkości wiatru większej od  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tangens pochylecia krzywej jest wyraźnie większy przy konstrukcji drugiej: a więc wtedy gdy siłownia została umieszczona w obudowie rurowej. Przykładowo przy prędkości wiatru  $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  generator ten uzyskiwał moc równą 200 mW podczas, gdy w rozwiązaniu klasycznym tylko 130 mW. Z przeliczenia wynika, że była ona większa o około 50%.



Rys. 3. Porównanie efektów pracy siłowni wiatrowej wolnostojącej i umieszczonej w obudowie rurowej

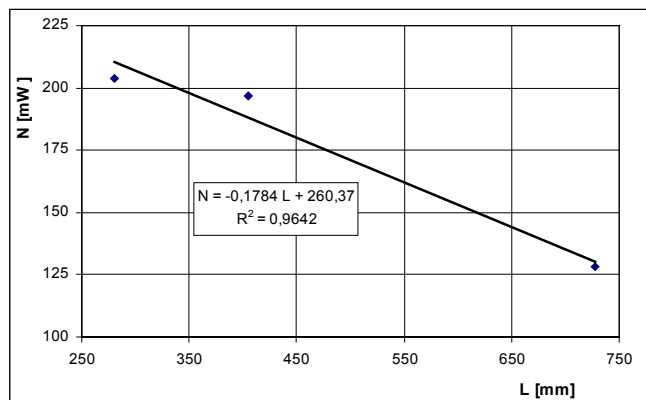
Fig. 3. Comparison of operation effects for free-standing wind power plant and wind power plant in a tubular housing

W dalszym etapie badań w sferze zainteresowań autorów była już tylko siłownia wiatrowa pracująca w obudowie rurowej. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono wpływ efektu zwiększania długości obudowy przed wirnikiem przy różnych prędkościach strumienia powietrza, natomiast na rysunku 6 wpływ tej długości przy prędkości wiatru 4,5 m·s<sup>-1</sup>.



Rys. 4. Zależność mocy siłowni wiatrowej od prędkości wiatru dla różnych długości obudowy przed wirnikiem

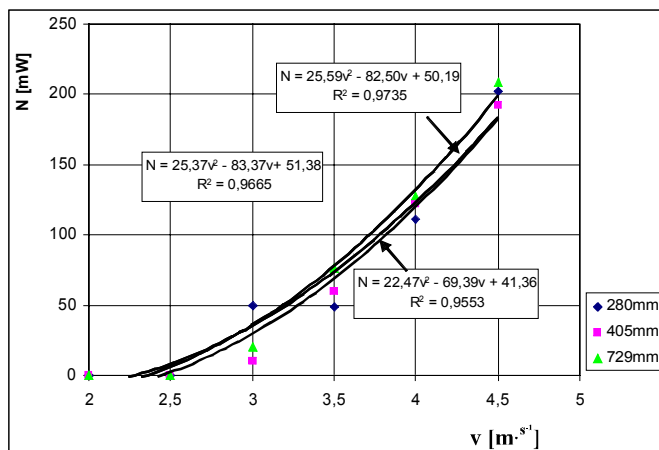
Fig. 4. Relationship between power output of wind power plant and wind velocity for various values of housing length before windwheel



Rys. 5. Zależność mocy siłowni wiatrowej od długości obudowy przed wirnikiem:  $v=4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Fig. 5. Relationship between power output of wind power plant and housing length before windwheel:  $v=4.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

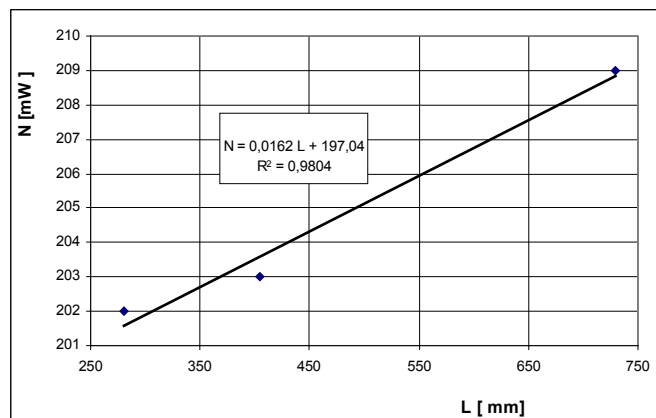
Z analizy rysunków 4 i 5 wynika, że wraz z oddalaniem się wirnika od wlotu strugi powietrza moc pozyskiwanego prądu maleje. Wynika z tego oczywisty wniosek, że obudowa rurowa montowana przed wirnikiem powinna być jak najkrótsza. Fakt ten można wytłumaczyć rosnącymi oporami przepływu powietrza przez obudowę. Na wlocie prędkość jest stała w całym przekroju rury, a w miarę oddalania się od wlotu coraz bardziej się różnicuje, gdyż rosną opory liniowe przepływu.

Zależność mocy siłowni od długości obudowy za wirnikiem przedstawiono na rysunkach 6 i 7.



Rys. 6. Zależność mocy siłowni wiatrowej od prędkości wiatru dla różnych długości obudowy za wirnikiem

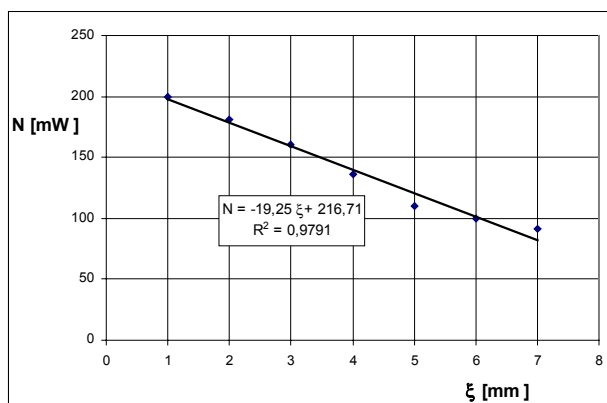
Fig. 6. Relationship between power output of wind power plant and wind velocity for various values of housing length past windwheel



Rys. 7. Zależność mocy siłowni wiatrowej od długości obudowy za wirnikiem:  $v=4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Fig. 7. Relationship between power output of wind power plant and housing length past windwheel:  $v=4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Podobnie jak w przypadku gdy obudowę rurową wydłużano przed wirnikiem, tak i tutaj zwiększanie długości obudowy wyraźnie wpływa na generowaną moc przez siłownię, lecz w tym wypadku, jak wynika z wykresu ona rośnie. W rzeczywistości, gdy weźmiemy pod uwagę sumaryczny błąd pomiaru wynoszący 15 mW, to należy przyjąć, że na moc siłowni nie ma wpływu długość obudowy znajdującej się za wirnikiem. Ze względów praktycznych jak i ekonomicznych powinno się jej długość ograniczyć do minimum. Istotny wpływ na moc urządzenia ma jedynie prędkość powietrza, co jest oczywiste. Równania opisujące te zależności charakteryzuje wysoki współczynnik determinacji przekraczający wartość 0,95.

Nie mniej ważnym parametrem który wpływa na generowaną moc przez siłownię wiatrową jest także wartość szczeliny obwodowej pomiędzy wirnikiem a obudową. Wpływ tego parametru na moc uzyskiwaną przez siłownię przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Zależność mocy siłowni wiatrowej od szczeliny obwodowej:  $v=4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Fig. 8. Relationship between power output of wind power plant and circumferential gap:  $v=4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Otrzymana zależność jest liniową i charakteryzuje ją bardzo wysoki współczynnik determinacji wynoszący  $R^2=0,98$ . Z analizy przebiegu prostej wynika, że największa moc prądu elektrycznego jest generowana wtedy gdy szczelina obwodowa  $\lambda$  wynosiła 1 mm. Można, co prawda przypuszczać, że jeszcze mniejsza wartość tej szczeliny spowoduje uzyskanie jeszcze wyższej mocy prądu, lecz techniczna realizacja takiego rozwiązania może być bardzo kłopotliwa i kosztowna.

## Wnioski

1. Z porównania mocy prądu generowanej przez siłownię wolnostojącą i pracującą w obudowie rurowej wynika, że przy podobnych warunkach wiatrowych moc tej drugiej jest wyższa o około 50%.
2. Aby siłownia wiatrowa generowała największą moc prądu elektrycznego powinna być wyposażona w możliwie krótką obudowę i to przed jak i za wirnikiem
3. Wartość szczeliny obwodowej powinna nie przekraczać 1mm. Zwiększenie jej w modelu z 1 mm do 6mm powoduje spadek generowanej mocy o połowę.

## Bibliografia

- Akhmatov V.** 2006. Induction generators for wind power. Vorg Inc. ISBN 13-978047086897.  
**Heier. S.** 2006. Wind energy conversion systems. John Wily & Sons Inc. ISBN 10-04708689996.  
elektrownie wiatrowe [on-line]. 2008. [dostęp 20-03-08]. Dostępny w internecie: <http://www.elektrownie-wiatrowe.pl>.  
wiatraki [on-line] 2008. [dostęp 20-03-08]. Dostępny w internecie: <http://www.windpower.org>

## THE IMPACT OF TUBULAR HOUSING GEOMETRICAL PARAMETERS ON POWER OUTPUT OF WIND POWER PLANT

**Abstract.** The paper presents results of the research on operation effects of wind power plant built-in in a tubular housing. Compared to a free-standing wind power plant, it generates approximately 50% higher power output of electric current. Tubular housings installed before and past the windwheel shall be as short as possible. Circumferential gap size shall not exceed 1 mm.

**Key words:** wind power plants, tubular housing, power output of power plant

### Adres do korespondencji:

Leszek Romański; e-mail: [romanski@up.wroclaw.pl](mailto:romanski@up.wroclaw.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław

