



## Czy warto inwestować w małe przydomowe elektrownie wiatrowe? — studium przypadku

WERONIKA RADZIKOWSKA-JUŚ, STEFAN OWCZAREK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji,  
00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, [weronika.radzikowska-jus@wat.edu.pl](mailto:weronika.radzikowska-jus@wat.edu.pl)

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia analizę porównawczą zastosowania małych wiatraków prądotwórczych wybranych typów. Zaprezentowano zasoby energetyczne wiatru na terenie Polski. Następnie obliczono, jaką ilość energii są w stanie wytworzyć rozpatrywane wiatraki w wybranych regionach Polski w ciągu roku. Obliczono okres zwrotu wiatraków zależnie od regionu. Wyciągnięto wnioski z przeprowadzonej analizy.

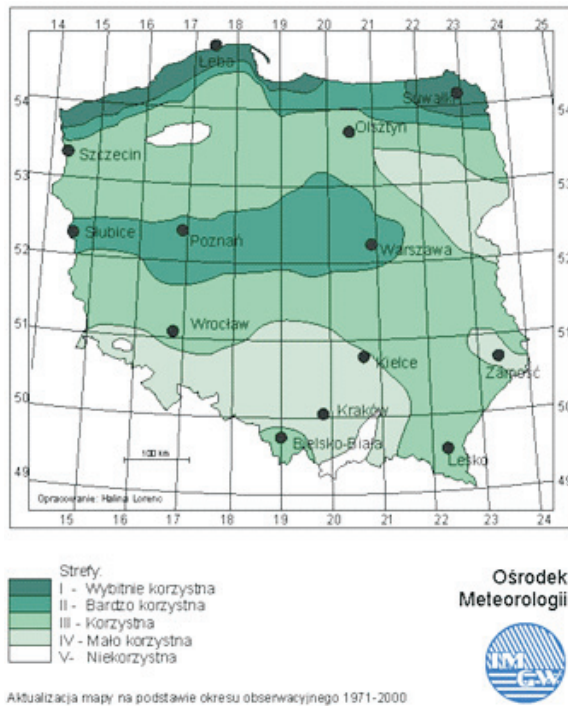
**Słowa kluczowe:** wiatraki prądotwórcze, małe elektrownie wiatrowe, wykorzystanie energii wiatru

**DOI:** 10.5604/12345865.1223086

### 1. Podstawy teoretyczne

#### 1.1. Zasoby energetyczne wiatru w Polsce

Podstawą do rozważań na temat stref energetycznych wiatru w Polsce była praca prof. Haliny Lorenc pt. *Atlas klimatu Polski* (rys. 1 i rys. 2). Wynikało z niej m.in., że średnia roczna prędkość wiatru w Polsce wynosi od 2,8 m/s do 3,5 m/s. Prędkości powyżej 4 m/s występują na 2/3 powierzchni kraju, a powyżej 5 m/s na 1/3 powierzchni. Rejony będące w czołówce pod względem średniej prędkości wiatrów w Polsce to: Suwalszczyzna, przeważająca część nizinnego obszaru kraju, Pobrzeże Słowińskie i Kaszubskie, Beskid Śląski i Żywiecki, Bieszczady. W tych rejonach średnie prędkości wiatru przekraczają 4 m/s. Prędkości na wybrzeżu przekraczają średniorocznie 6 m/s.



Rys. 1. Strefy energetyczne wiatru w Polsce. Mezoskala [4]

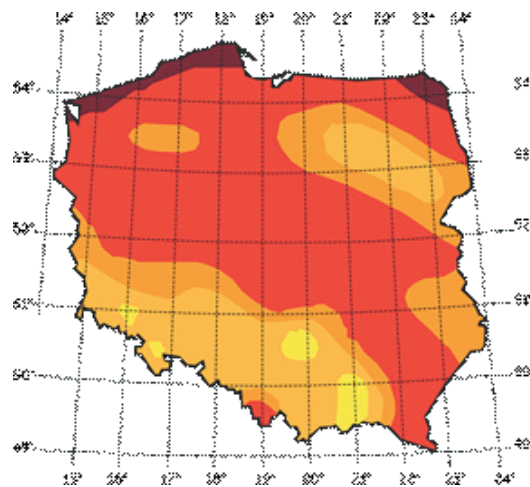
Rys. 2. Zasoby energetyczne wiatru w kWh/m<sup>2</sup> na rok w Polsce [4]

TABELA 1

Wartość użytecznej energii wiatru w kWh/m<sup>2</sup> na rok w wyróżnionych strefach energetycznych wiatru w Polsce do rysunku 2 [15]

Nr i nazwa strefy	Wysokość 10 m w terenie otwartym, klasa szorstkości „0”	Wysokość 30 m w terenie otwartym, klasa szorstkości „0”
I — wybitnie korzystna	Powyżej 1000	Powyżej 1500
II — korzystna	(750, 1000 >	(1000, 1500>
III — dość korzystna	(500, 750 >	(750, 1000>
IV — niekorzystna	(250, 500 >	(500, 750>
V — wybitnie niekorzystna	Poniżej 250	Poniżej 500
VI — szczytowe partie gór	Tereny wyłączone	Tereny wyłączone

## 1.2. Potencjał wiatru na różnych wysokościach

Prędkość wiatru na dowolnej wysokości można określić, mając dane pomiary prędkości wiatru na wysokości niższej. Prędkość ta określona jest za pomocą wyznaczonej doświadczalnie potęgowej funkcji wysokości [10]:

$$V_h = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^\alpha, \quad (1.1)$$

gdzie:  $V_h$  — prędkość wiatru obliczona na wysokości  $h$ ;  
 $V_o$  — prędkość wiatru zmierzona na wysokości  $h_o$ ;  
 $h_o$  — wysokość usytuowania wiatromierza dla pomiarów prędkości wiatru  $V_o$ ;  
 $h$  — wysokość, dla której oblicza się prędkość wiatru  $V_h$ ;  
 $\alpha$  — wykładnik potęgowy zależny od klasy szorstkości terenu, określanej na drodze doświadczalnej.

Warto wspomnieć, że wykładnik potęgowy  $\alpha$  wyznaczono w sposób doświadczalny i jest on zależny od współczynnika szorstkości terenu  $K$ . Z tego powodu otrzymane wyniki prędkości powinny się traktować jako przybliżone. Odnosząc się do samego wskaźnika  $K$ , to w Europie Zachodniej stosowana jest generalnie czterostopniowa skala szorstkości terenu. Uwzględnia ona wysokość przeszkód, przekroje poprzeczne oraz ich powierzchnie rzutów poziomych. W Polsce, dla celów energetyki wiatrowej, J. Żurański zaproponował bardziej szczegółową sześciostopniową skalę szorstkości (tab. 2). Jego rozważania zostały zawarte w pracy *Obciążenia wiatrem budowli i konstrukcji*. Według Żurańskiego najlepszą klasą jest klasa szorstkości 0, która odpowiada terenowi płaskiemu otwartemu. Pod względem ukształtowania jest on praktycznie idealny do celów energetyki wiatrowej. Natomiast klasy szorstkości

4 i 5 są najgorsze, ponieważ oznaczają tereny z licznymi przeszkodami, często wysokimi, które utrudniają odpowiednie usytuowanie elektrowni wiatrowych [10].

TABELA 2

Charakterystyka klas szorstkości terenu oraz wykładnika potęgowego  $\alpha$  w zależności od współczynnika szorstkości  $K$  [10]

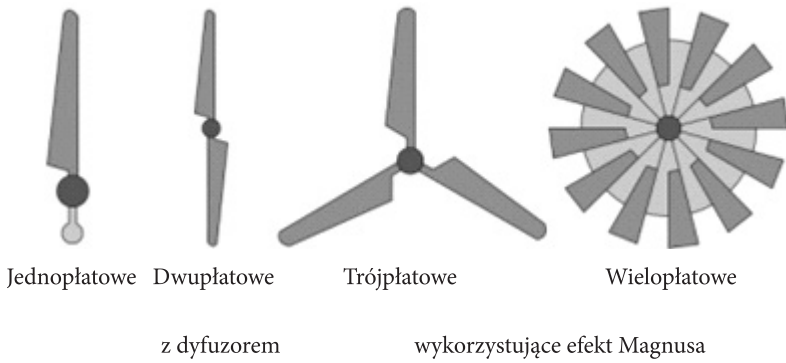
Klasa szorstkości	Współczynnik szorstkości $K$	Wykładnik potęgowy $\alpha$	Opis terenu
0	0,005	0,150	Teren płaski otwarty, na którym wysokość nierówności jest mniejsza od 0,5 m.
1	0,007	0,165	Teren płaski otwarty lub nieznacznie pofalowany. Mogą występować pojedyncze zabudowania lub drzewa w dużych odległościach od siebie.
2	0,010	0,190	Teren płaski lub pofalowany z otwartymi dużymi przestrzeniami. Mogą występować grupy drzew lub niska zabudowa w znacznej odległości od siebie.
3	0,015	0,220	Teren z przeszkodami, tj. tereny zalesione, przedmieścia większych miast oraz małe miasta, tereny przemysłowe, luźno zabudowane.
4	0,025	0,270	Teren z licznymi przeszkodami w niedużej odległości od siebie, tj. skupiska drzew, budynków w odległości min. 300 m od miejsca obserwacji.
5	0,035	0,350	Teren z licznymi dużymi przeszkodami położonymi blisko siebie, obszary leśne, centra dużych miast.

### 1.3. Rodzaje małych wiatraków

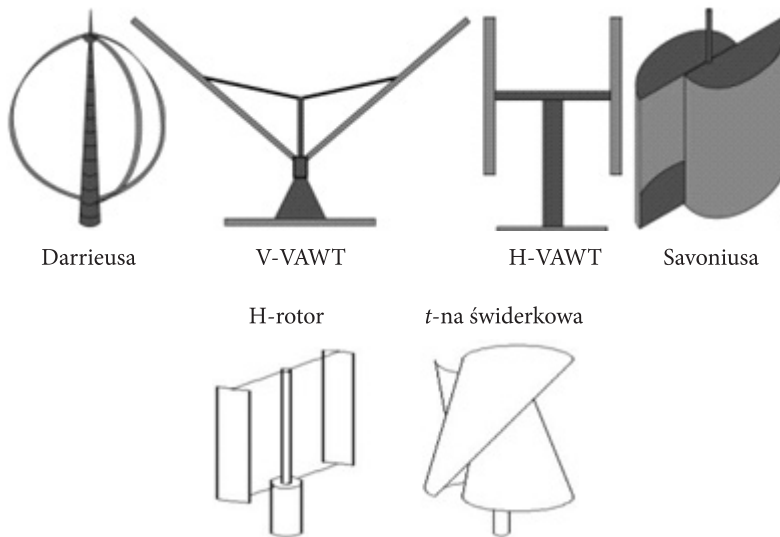
Najpopularniejszym podziałem wiatraków, który znajdziemy w literaturze, jest klasyfikacja ze względu na ich konstrukcję, tzn. na oś obrotu. Turbiny wiatrowe mogą mieć poziomą lub pionową oś obrotu. Wiatraki o osi poziomej, z ang. *Horizontal Axis Wind Turbine*, w skrócie nazywane są HAWT. Rozróżniamy wśród nich m.in.: jedno-, dwu-, trój- i wielopłatowe, z dyfuzorem, a także wykorzystujące efekt Magnusa itp. Jeżeli chodzi o turbiny o pionowej osi obrotu, z ang. *Vertical Axis Wind Turbine*, w skrócie VAWT, to warto wymienić następujące rodzaje: Darrieusa, Savoniusa, H-VAWT, V-VAWT,  $t$ -na świderkowa itp. [1, 5].

### 1.4. Moc i energia produkowana przez wiatraki

Przyjmuje się, że elektrownia o mocy 500 W wystarcza na zasilanie oświetlenia w domku letniskowym. Wykorzystywana w weekendy, może też zasilac RTV. Elektrownia wiatrowa o mocy 1000 W jest już w stanie zasilić pompę wodną lub energooszczędne oświetlenie w domu, lodówkę itp. Może też wspomagać ogrzewanie wody. Turbina wiatrowa o mocy znamionowej 2 kW wystarczy do zasilania



Rys. 3. Turbiny wiatrowe o poziomej osi obrotu [8, 9]



Rys. 4. Turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu [8, 9]

podstawowych odbiorników w domu: oświetlenia, RTV, drobnego AGD. Generator o mocy 3 kW już praktycznie wystarcza do zasilania wszystkich odbiorników w małym domu. Należy jednak pamiętać o chwilowym poborze mocy. To znaczy,

że nie zaleca się podłączać jednocześnie wszystkich urządzeń silnie obciążających sieć (np. pralka, żelazko, odkurzacz, kuchenka elektryczna itp.). Elektrownia wiatrowa o mocy 5 kW powinna zaspokoić wszystkie potrzeby zasilania w przeciętnym domu jednorodzinym. W sprzyjających warunkach nadmiar energii może być spożytkowany na podgrzewanie wody bieżącej lub wspomaganie c.o. Nadal trzeba jednak zwracać uwagę na równoczesne korzystanie z energii przez kilka większych odbiorników [11].

### **1.5. Wady i zalety małych wiatraków**

Jedną z podstawowych zalet małych turbin wiatrowych jest uzyskiwanie energii elektrycznej bez ponoszenia kosztów w trakcie jej eksploatacji (ponoszone są jedynie koszty inwestycyjne), pozwala to na częściowe lub całkowite uniezależnienie od dostaw prądu. Stwarza również możliwość zastosowania małych turbin wirowych i produkcji prądu na terenach, gdzie prąd sieciowy nie dociera. Ponadto technologia ta pozwala na oszczędzanie konwencjonalnych surowców, a więc jest korzystna z punktu widzenia ochrony środowiska. Sprawia to, że jest coraz chętniej wykorzystywana, wciąż rozwijana i zapewnia duże perspektywy na zwiększenie jej wydajności.

Wadami elektrowni wiatrowych są przede wszystkim wysokie nakłady inwestycyjne, emitowany hałas, który może przeszkadzać pobliskim mieszkańcom, konieczność uzyskania pozwolenia budowlanego, cykliczny charakter pracy wiatraków w strefie o dużej zmienności prędkości wiatrów, który znacznie wydłuża okres zwrotu kosztów inwestycji w wyniku spadku wielkości produkcji energii [12].

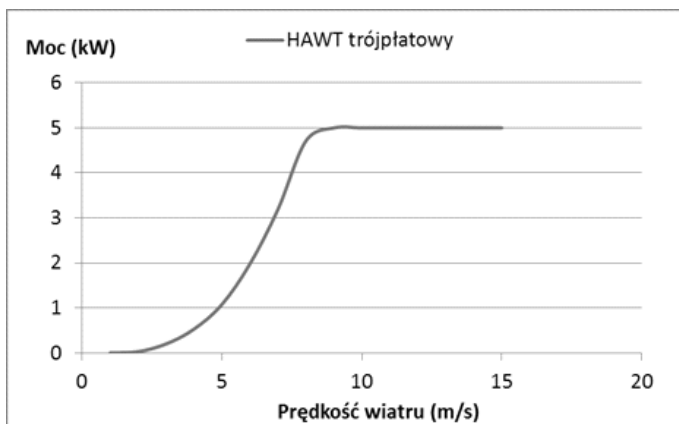
## **2. Opis przeprowadzonej analizy**

### **2.1. Charakterystyka mocy małych wiatraków**

Wybrano trzy różne typy wiatraków (dwa rodzaje pionowych i jeden poziomy) o mocy znamionowej 5 kW: wiatraki trójpłatowe (rys. 5), wiatraki bazujące na wirniku Savoniusa i/lub Darrieusa (rys. 6) oraz wiatrak pionowy wielołopatkowy (rys. 7). Prezentowane na rysunkach 5-7 wiatraki są przykładowymi rozwiązaniami wymienionych typów. Natomiast na wykresach 1-3 przedstawiono typowe charakterystyki mocy wiatraków w zależności od prędkości wiatru i przybliżono je funkcjami drugiego stopnia w zakresie zmienności tychże mocy.



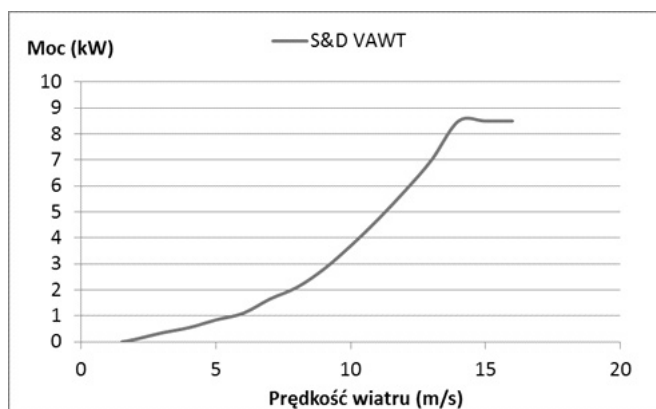
Rys. 5. Turbina wiatrowa trójpłatowa o poziomej osi obrotu [14]



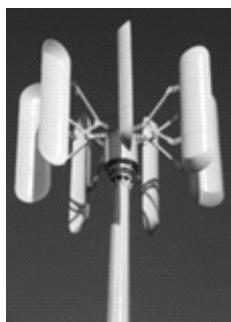
Wykres 1. Typowa charakterystyka mocy (kW) wiatraków trójpłatowych o poziomej osi obrotu w zależności od prędkości wiatru (m/s)



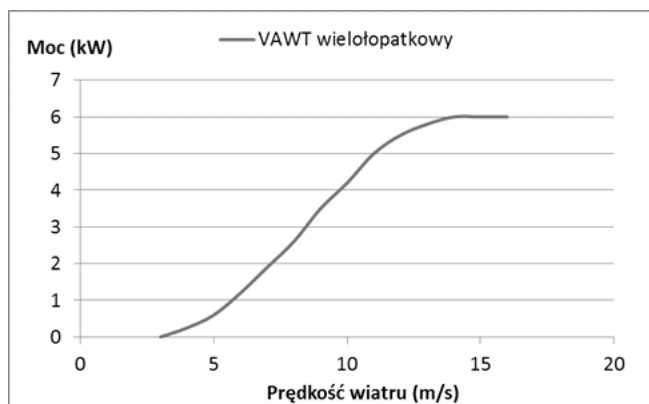
Rys. 6. Turbina wiatrowa o pionowej osi obrotu — podwójna: Savoniusa i Darrieusa [13]



Wykres 2. Typowa charakterystyka mocy (kW) wiatraków o pionowej osi obrotu z wirnikami Savoniusa i/lub Darrieusa w zależności od prędkości wiatru (m/s)



Rys. 7. Turbina wiatrowa wielołopatkowa o pionowej osi obrotu (Fot: źródło m.in. Allegro)



Wykres 3. Typowa charakterystyka mocy (kW) wiatraków o pionowej osi obrotu w zależności od prędkości wiatru (m/s)



## 2.2. Przebieg badania

Z mapy średnich prędkości wiatrów w Polsce wybrano cztery miejscowości znajdujące się w różnych regionach kraju, tj.: Ustkę, Ostrołękę, Poznań i Jelenią Górę. Przeanalizowano średnie dzienne prędkości wiatru dla stacji meteorologicznych w tych miejscowościach. Dane zaczerpnięto ze strony [www](#) [7], która zawiera informacje m.in. na temat prędkości wiatru w ciągu dnia z różnych stacji meteorologicznych. Rozpatrywany okres dotyczył lat 2010-2014. Z tego przedziału czasowego wybrano cztery miesiące, tak aby każdy reprezentował jedną porę roku, tzn. styczeń — zima, kwiecień — wiosna, lipiec — lato, listopad — jesień. Odczytane prędkości interpolowano na podstawie wzoru (1.1) do wysokości 12 m. Następnie wzory charakterystyk mocy w zależności od prędkości naniesiono na tabele wietrzności czterech wybranych miast. W kolejnym kroku analizie poddano koszty zakupu samych wiatraków oraz ich montażu w stosunku do cen uzyskanej energii. Na koniec policzono okres zwrotu (SPBT) dla wspomnianych już trzech typów wiatraków.

## 3. Analiza wyników

### 3.1. Obszar kraju a moc wiatraka

Jak już wspomniano w poprzednich rozdziałach, do analizy wybrano cztery miejscowości: jedną znajdującą się na wybrzeżu — Ustka, drugą w środkowej części Polski — Poznań, trzecią na południowym zachodzie w kotlinie — Jelenia Góra i czwartą na Mazowszu — Ostrołęka. Z mapy stref energetycznych Polski wynika, że Ustka znajduje się na terenie wybitnie korzystnym, Poznań — bardzo korzystnym, Ostrołęka — mało korzystnym i Jelenia Góra na terenie niekorzystnym. Zmierzone na stacjach meteorologicznych prędkości dla stycznia, kwietnia, lipca i listopada interpolowano do wysokości słupa wiatraka wynoszącego 12 m. Analiza porównawcza tych czterech miejscowości potwierdza zgodność z zaprezentowaną mapą (rys. 1, 2). Zgodnie z przewidywaniami okolice Ustki to jeden z najlepszych obszarów dla energetyki wiatrowej, a okolice Jeleniej Góry są najmniej korzystne. Sprawdzone też, które pory roku na danych obszarach są najbardziej wietrzne. Dla Jeleniej Góry, Ostrołęki i Poznania najbardziej wietrzna okazała się zima, a najmniej lato. Z kolei dla Ustki najbardziej wietrzne są zima i wiosna, a lato i jesień wypadają mniej korzystnie.

W kwestii ilości produkowanej energii we wszystkich miastach najlepszym typem wiatraka okazał się HAWT trójpłatowy. Wiatraki o pionowej osi VAWT S&D oraz VAWT wielopłatowy (wielopłopatowy) pozwalały na uzyskanie porównywalnej ilości energii, jednak wyraźnie mniejszych niż HAWT trójpłatowy.

TABELA 3

Zestawienie średnich wartości prędkości wiatru oraz wielkości produkcji energii elektrycznej (kWh) przez poszczególne turbiny w rozpatrywanych miesiącach w Jeleniej Górze

Jelenia Góra					
miesiąc	$V_o$ zmierzone [m/s]	$V_h$ obliczone [m/s]	HAWT trójpłatowy [kWh]	S&D VAWT [kWh]	VAWT wielopłatowy [kWh]
styczeń	2,8	4,1	615	344	285
kwiecień	2,6	3,9	477	274	192
lipiec	2,2	3,2	260	177	63
listopad	2,6	3,9	522	298	240

TABELA 4

Zestawienie średnich wartości prędkości wiatru oraz wielkości produkcji energii elektrycznej (kWh) przez poszczególne turbiny w rozpatrywanych miesiącach w Ustce

Ustka					
miesiąc	$V_o$ zmierzone [m/s]	$V_h$ obliczone [m/s]	HAWT trójpłatowy [kWh]	S&D VAWT [kWh]	VAWT wielopłatowy [kWh]
styczeń	5,6	6,2	1796	979	1096
kwiecień	5,4	6	1525	805	891
lipiec	4,8	5,3	1200	633	661
listopad	4,8	5,3	1163	618	647

TABELA 5

Zestawienie średnich wartości prędkości wiatru oraz wielkości produkcji energii elektrycznej (kWh) przez poszczególne turbiny w rozpatrywanych miesiącach w Poznaniu

Poznań					
miesiąc	$V_o$ zmierzone [m/s]	$V_h$ obliczone [m/s]	HAWT trójpłatowy [kWh]	S&D VAWT [kWh]	VAWT wielopłatowy [kWh]
styczeń	4	5,4	1192	629	660
kwiecień	3,7	5	950	505	502
lipiec	3,2	4,2	623	342	281
listopad	3,3	4,4	723	398	360

TABELA 6

Zestawienie średnich wartości prędkości wiatru oraz wielkości produkcji energii elektrycznej (kWh) przez poszczególne turbiny w rozpatrywanych miesiącach w Ostrołęce

Ostrołęka					
miesiąc	$V_o$ zmierzone [m/s]	$V_h$ obliczone [m/s]	HAWT trójpłatowy [kWh]	S&D VAWT [kWh]	VAWT wielopłatowy [kWh]
styczeń	3	4,2	624	344	287
kwiecień	2,6	3,6	385	230	137
lipiec	2,2	3	194	152	535
listopad	2,6	3,7	405	239	148

### 3.2. SPBT wybranych wiatraków

SPBT (*Simply Pay Back Time*) jest najprostszym wskaźnikiem oceny okresu zwrotu inwestycji w porównaniu z rozwiązaniem bazowym. W rozpatrywanym przypadku prosty czas zwrotu SPBT jest to okres w latach, w którym wpływy (oszczędności związane ze zmniejszonym poborem energii z sieci energetycznej) zrównoważą poniesione nakłady inwestycyjne. Zatem okres, w którym zwrócą się poniesione nakłady, wyrażamy wzorem (3.1).

$$SPBT = \frac{N_U}{\Delta O_r}, \tag{3.1} [1]$$

$$\Delta O_r = O_1 - O_2, \tag{3.2.} [1]$$

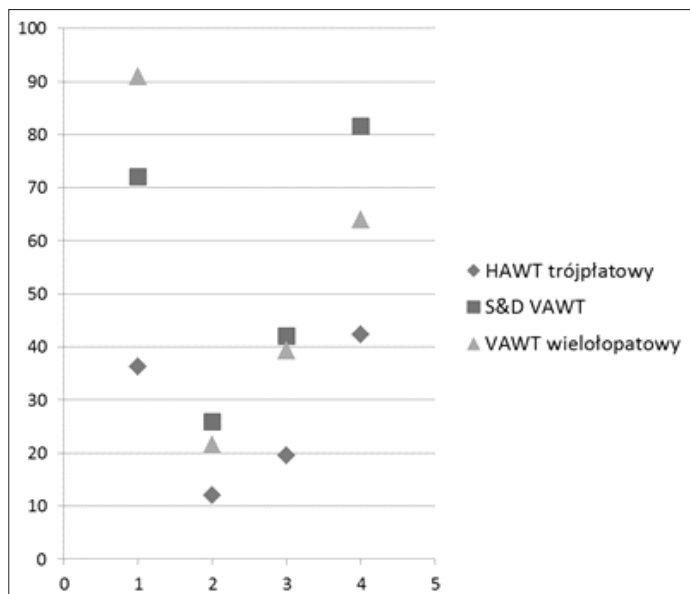
gdzie:  $N_U$  — koszt inwestycyjny źródła;  
 $\Delta O_r$  — suma rocznych oszczędności;  
 $O_1$  — koszt energii w roku dla źródła 1;  
 $O_2$  — koszt energii w roku dla źródła 2.

TABELA 7

Typowe ceny wybranych turbin wiatrowych dostępnych na rynku polskim oraz inne koszty towarzyszące

Rodzaj wiatraka	Cena
HAWT trójpłatowy	47 000 zł
VAWT S&D	66 200 zł
VAWT wielopłatowy	52 100 zł
Dodatkowo: słup 12 m, fundament, montaż, transport itp. – orientacyjna cena dla wszystkich wiatraków.	75 500 zł

Mając na uwadze koszty inwestycji zestawione w tabeli 7 oraz wielkości produkcji energii w rozpatrywanych miejscowościach znajdujące się w tabelach 3-6, obliczono proste czasy zwrotu inwestycji SPBT w poszczególne typy wiatraków w rozpatrywanych miejscowościach. Na potrzeby obliczeń założono cenę energii elektrycznej z sieci energetycznej na poziomie 0,60 zł za 1 kWh. Wyniki opisanych obliczeń przedstawiono na wykresie 4.



Wykres 4. Prosty czas zwrotu dla wybranych wiatraków trzech typów dla poszczególnych miejscowości: 1 — Jelenia Góra, 2 — Ustka, 3 — Poznań, 4 — Ostrołęka

Szacuje się, że żywotność wiatraka to 25 lat, zatem należy stwierdzić, że inwestycje w okolicach Ustki (wszystkie rozpatrywane wiatraki) oraz w okolicach Poznania (tylko wiatrak HAWT trójpłatowy) są najbardziej opłacalne. W pozostałych przypadkach SPBT > 25. Najkrótsze proste czasy zwrotu inwestycji SPBT uzyskano dla wiatraków typu HAWT trójpłatowych.

#### 4. Wnioski

Przeprowadzona analiza dotycząca czasu zwrotu inwestycji w turbiny wiatrowe pokazuje, że inwestycja taka może być opłacalna, jednak jedynie przy spełnieniu szeregu warunków. Podstawową kwestią jest przeprowadzenie inwestycji w rejonie kraju o korzystnych warunkach wietrznych (relatywnie krótkie SPBT uzyskano dla

inwestycji przeprowadzonych w Poznaniu oraz Ustce, w pozostałych miejscowościach okres zwrotu inwestycji znacznie przekracza trwałość wiatraków). W tym miejscu należy zauważyć, że w rejonach o gorszych warunkach wietrznych okresy zwrotu inwestycji znacznie przekraczają 25 lat. Ważny jest również dobór wiatraków o charakterystyce najlepiej odpowiadającej warunkom wietrznym w miejscu inwestycji. W Polsce (w rozpatrywanych miejscowościach) szczególnie korzystne (spośród rozpatrywanych typów turbin) okazały się inwestycje w klasyczne turbiny o poziomej osi obrotu HAWT trójpłatowy. W Ustce w przypadku takich wiatraków okres zwrotu inwestycji kształtował się na poziomie dwunastu lat, co jest bardzo korzystnym okresem. W tym miejscu należy podkreślić, że konkretne modele wiatraków danego typu mogą mieć znacząco różniące się od siebie charakterystyki mocy od prędkości wiatru, dlatego niezależnie od prezentowanej analizy należy brać pod uwagę wiatraki różnych typów i różnych producentów.

Jednak czysty bilans wartości produkowanej przez wiatrak energii, kosztów inwestycji oraz jego żywotność nie są jedynymi czynnikami decydującymi o rentowności takiej inwestycji. Warto zauważyć, że w związku z polityką klimatyczną UE tworzone są programy oferujące dofinansowania na inwestycje, m.in. na turbiny wiatrowe. W 2015 roku wielkość dofinansowania dla elektrowni wiatrowej do 10 kW sięgała 11 tys. zł/kW. Co w przypadku rozpatrywanych wiatraków stanowić mogło 39-45% wartości inwestycji przedstawionych w referacie. Kolejnym czynnikiem, który może wpłynąć na podjęcie decyzji o inwestycji w niewielki wiatrak prądotwórczy, jest brak przyłącza sieci energetycznej w miejscu inwestycji i konieczność poniesienia znacznych kosztów związanych z takim przyłączeniem. Jednak w tej sytuacji należy pamiętać o uzależnieniu wielkości produkowanej energii od kaprysów pogody. Może się okazać, że taką niezależną od sieci energetycznej instalację należy wesprzeć dodatkowym elastycznym źródłem energii, np. agregatem prądotwórczym.

Podsumowując, inwestycja w niewielkie wiatraki prądotwórcze może być opłacalna. W szczególności na obszarach o bardzo korzystnych warunkach wietrznych. Opłacalność, czy też zasadność inwestycji może być warunkowana przez bieżące uwarunkowania polityczne (polityka klimatyczna, programy dofinansowań). Jednak zastosowanie nieodpowiedniej turbiny w obszarze o niekorzystnych warunkach wietrznych może przełożyć się na wysokie straty i dalszą nieopłacalność inwestycji pomimo dofinansowań. Dlatego na podkreślenie zasługuje fakt, że decyzja o przeprowadzeniu inwestycji powinna być poprzedzona rzetelną analizą, której przykład został przedstawiony w niniejszej pracy.

Źródło finansowania pracy: środki własne.

Artykuł opracowany na podstawie referatu wygłoszonego na XXIX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Ekomilitaris 2015” Zakopane, 16.09.2015 r.

Artykuł wpłynął do redakcji 8.02.2016 r. Zweryfikowaną wersję po recenzjach otrzymano 11.07.2016 r.

## LITERATURA

- [1] BOCZAR T., *Wykorzystanie energii wiatru*, PAK, Warszawa, 2010.
- [2] KOCZYK H. (red.), *Ogrzewnictwo praktyczne. Projektowanie, montaż, certyfikacja energetyczna, eksploatacja*, wyd. SYSTHERM SERWIS, Poznań, 2009, s. 365.
- [3] LEWANDOWSKI W.M., *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, WNT, Warszawa, 2007.
- [4] LORENC H., *Atlas klimatu Polski*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 2005.
- [5] POLAK A., BARANSKI M., BOBRME Komel, Katowice, *Porównanie turbin wiatrowych*, Zeszyty Problemowe — Maszyny Elektryczne, nr 74, 2006.
- [6] WOLAŃCZYK F., *Elektrownie wiatrowe*, wyd. KaBe, Krosno, 2009.
- [7] <http://www.ogimet.com/gsynres.phtml.en>, dostęp 18.08.2015.
- [8] [http://www.zielonaenergia.eco.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=124](http://www.zielonaenergia.eco.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=124), dostęp 18.08.2015.
- [9] [http://images.slideplayer.pl/1/417811/slides/slide\\_62.jpg](http://images.slideplayer.pl/1/417811/slides/slide_62.jpg) (slide\_63.jpg), dostęp 18.08.2015.
- [10] [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk\\_pdf\\_2009/104\\_Radziejicz.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2009/104_Radziejicz.pdf), dostęp 18.08.2015.
- [11] <http://niepoprawni.pl/blog/jeszcze-nie-przypisane/czy-warto-inwestowac-w-male-przydomowe-elektrownie-wiatrowe-cz22>, dostęp 18.08.2015.
- [12] <http://www.przydomowe-elektrownie.waw.pl/zalety-i-wady.html>, dostęp 18.08.2015.
- [13] <http://virtech.pl>, dostęp 18.08.2015.
- [14] [http://www.zaber.com.pl/images/ZEFIR\\_D7\\_P5\\_T10.pdf](http://www.zaber.com.pl/images/ZEFIR_D7_P5_T10.pdf), dostęp 18.08.2015.
- [15] <http://www.oze.otwartaszkola.edu.pl/Biblioteka/Artyku%C5%82y/Farmywiatrowe.aspx>, dostęp 18.08.2015.

## W. RADZIKOWSKA-JUŚ, S. OWCZAREK

**Are home small wind turbines worth investment? — case study**

**Abstract.** The paper presents comparative characteristics of small wind turbines used as generators. Firstly, wind energy resources in Poland are presented. Secondly, it has been calculated how much energy the windmills are able to produce in selected Polish regions during the year. Next, a Simple Pay Back Time, depending on the windmills' region, has been calculated. In the end, the conclusions are presented.

**Keywords:** windmills generators, small wind turbines, the use of wind energy

**DOI:** 10.5604/12345865.1223086