

mgr Ewa Hamerla*

**INNOWACJE A ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII
PORÓWNANIE SIŁOWNI WIATROWYCH O PIONOWEJ
I POZIOMEJ OSI OBROTU**

**INNOVATION AND RENEWABLE ENERGY SOURCE. COMPARISON
OF WIND TURBINES WITH VERTICAL AND HORIZONTAL AXIS
OF ROTATION**

Abstract

One of the biggest problems of the modern economy is the depletion of traditional energy sources. It is also a very important topic for the European Union, which is why the development of renewable energy has become one of the priorities of the Europe 2020 strategy. This article is an attempt to depict innovation, which is also one of the pillars of the aforementioned strategy, the renewable energy sector with particular emphasis on wind farms. Its main purpose is to show cost-effectiveness of modern solutions by comparing the energy efficiency of wind turbines with horizontal axis and the vertical axis. The paper presents conclusions that were possible to present through causal analysis and analysis of source documents, legal acts and statistical data. The basic tools used in the work are methods of induction and deduction. They allowed us to find which windmills were more economical.

Keywords: innovation, renewable energy, wind power, energy efficiency

JEL classification: O39

* Doktorantka, Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny

Wprowadzenie

Jednym z największych problemów współczesnej gospodarki jest wyczerpywanie się tradycyjnych źródeł energii. Co prawda problem ten dostrzeżony został już kilkadziesiąt lat temu, ale działania w kierunku jego rozwiązania podjęto stosunkowo niedawno. Unia Europejska w strategii „Europa 2020”¹ przedstawia szereg działań mających na celu poprawę sytuacji gospodarek poszczególnych państw członkowskich. Jednym z priorytetów wyżej wymienionej strategii jest energetyka odnawialna, co sugeruje, jak ważny jest ten element w ogólnym rozwoju państw Unii Europejskiej.

Kolejnym ważnym filarem strategii „Europa 2020” jest innowacyjność. W obecnej, opartej na wiedzy gospodarce tylko innowacyjne przedsiębiorstwa mają szanse na sprostanie ostrej konkurencji. W nowych, dynamicznie rozwijających się branżach gospodarki – do których z pewnością należy energetyka odnawialna – rola innowacji jest jeszcze większa. Stąd celem artykułu jest odpowiedź na pytanie, który rodzaj analizowanych wiatraków jest lepszy pod względem opłacalności ekonomicznej i efektywności energetycznej. Ważne jest bowiem szukanie nowych rozwiązań w kontekście przechodzenia na gospodarkę niskiemisyjną i zarazem innowacyjnych, zwiększających różnorodność źródeł energii, przede wszystkim odnawialnej, z jakiej państwa pozyskują energię elektryczną. Aby zrealizować cel, przeanalizowano literaturę przedmiotu oraz dodano obserwacje własne.

W poniższym artykule przedstawiono istotę innowacji i odnawialnych źródeł energii oraz przeprowadzono analizę efektywności energetycznej i opłacalności ekonomicznej siłowni wiatrowych. Umożliwiło to określenie, które siłownie wiatrowe są lepsze pod względem ekonomicznym, oraz rekomendację zastosowania określonego rodzaju turbin dla osiągnięcia założonych celów.

Innowacje w polskich przedsiębiorstwach

Istnieje wiele definicji innowacja. W artykule została przyjęta ta mówiąca, iż innowacja to „wdrożenie nowego lub znacząco udoskonalonego produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacyjnej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub w zakresie stosunków z otoczeniem”². Może to być konkretna rzecz materialna, czyli produkty działania i procesy, idee i pojęcia, a nawet pomysły, zwyczaje, normy postępowania, zachowania w różnych dziedzinach i sytuacjach życia gospodarczego.

¹ http://www.ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_PL_ACT_part1_v1.pdf [dostęp: 11.12.2016].

² <https://www.ncbr.gov.pl/en/glossary/letter/I/> [dostęp: 11.12.2016]

Innowacje są ważne dla polskich przedsiębiorstw. Istotne jest to, czy polskie firmy chętnie się rozwijają, wdrażając nowe rozwiązania oraz jakie rodzaje innowacji są wprowadzane najczęściej – może to bowiem zwiększyć szanse jednych organizacji wobec ich konkurencji, a co za tym idzie: umocnić pozycję danej firmy na rynku. Im bardziej innowacyjne są polskie przedsiębiorstwa, tym większe mają możliwości uzyskiwania przewagi konkurencyjnej i rozwoju. Dane pokazują jednak, iż tych innowacji nie jest w Polsce wystarczająco dużo, aby krajowe firmy mogły konkurować na zagranicznych rynkach.

Innowacje mogą i powinny zapewniać osiągnięcie celów strategicznych przedsiębiorstwa, a jednocześnie powinny umożliwić zaspokojenie potrzeb docelowej grupy konsumentów, których konkurencyjne firmy na rynku nie spostrzegły bądź które zignorowały. Wtedy wprowadzona innowacja będzie jeszcze bardziej efektywna, ponieważ trafi w pewnego rodzaju „lukę”, którą nikt do tej pory się nie zajmował. To może dać organizacji ją stosującej ogromną przewagę konkurencyjną na rynku. Wprowadzane przez przedsiębiorstwo produkty nie są czymś niezwykłym pod względem oferowanych funkcji, a często nawet są podobne do proponowanych przez konkurencyjne organizacje, lecz dzięki innowacjom odpowiednio wplecionym w strategię firmy mogą przynieść korzyści.

Tabela 1 ilustruje udział przychodów ze sprzedaży produktów ogółem w latach 2011–2015 oraz z uwzględnieniem nowych produktów na rynku bądź nowych tylko dla przedsiębiorstwa, które je wprowadziło.

Tabela 1. Udział przychodów ze sprzedaży produktów nowych lub istotnie ulepszonych w przychodach ze sprzedaży ogółem w latach 2011–2015 [w %]

Wyszczególnienie	Produkty wprowadzone								
	Ogółem			Nowe dla rynku			Nowe tylko dla przedsiębiorstwa		
	2011–2013	2012–2014	2013–2015	2011–2013	2012–2014	2013–2015	2011–2013	2012–2014	2013–2015
	w %								
Przedsiębiorstwa przemysłowe	8,6	8,8	9,5	3,8	3,7	4,0	4,8	5,1	5,5
Liczba pracujących:									
10–49	3,2	2,4	2,2	2,4	0,9	1,1	0,8	1,5	1,1
50–249	5,2	5,3	5,1	2,6	2,4	2,4	2,6	2,9	2,8
250 i więcej	10,6	10,9	12,0	4,4	4,6	5,0	6,2	6,4	7,0

Tabela 1 (cd.)

Przedsiębiorstwa z sektora usług	3,4	3,3	3,0	1,6	1,7	1,3	1,8	1,6	1,7
Liczba pracujących									
10–49	1,1	2,0	0,7	0,8	1,7	0,3	0,3	0,3	0,4
50–249	1,9	1,8	1,9	0,4	0,7	1,3	1,5	1,2	0,6
250 i więcej	6,4	5,5	5,4	3,0	2,5	2,0	3,4	3,0	3,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2013–2015*, GUS, Warszawa 2016, s. 3–4.

Tabela 1 pokazuje, że największe przychody ze sprzedaży produktów wprowadzonych na rynek miały miejsce w Polsce w latach 2013–2015 w przedsiębiorstwach przemysłowych i wynosiły 9,5% przychodów ogółem. Największe udziały w tym miały duże przedsiębiorstwa, które zatrudniały 250 pracowników i więcej. W tej samej grupie przedsiębiorstw sektora usług zaobserwowano jednak spadek przychodów ze sprzedaży produktów ogółem, porównując lata 2011–2013 oraz 2013–2015. Patrząc ogólnie na sektor przemysłowy i porównując lata 2011–2013 oraz 2013–2015, nastąpił wzrost przychodów ze sprzedaży wśród produktów ogółem, nowych dla rynku oraz nowych dla przedsiębiorstwa. Natomiast jeśli chodzi o sektor usług, odnotowano spadek bądź utrzymanie poziomu przychodów ze sprzedaży produktów. Świadczy to o lepszym rozwoju innowacji w sektorze przemysłowym, a w szczególności w dużych przedsiębiorstwach, zatrudniających 250 pracowników i więcej.

W naszym kraju przedsiębiorstwa przemysłowe oraz usługowe wprowadzają najwięcej innowacji produktowych i procesowych oraz marketingowych i organizacyjnych. Polskie firmy są jednak mało innowacyjne, ponad połowa z nich działa w branżach średnio innowacyjnych, co czwarta działa w branży mało innowacyjnej, jedynie zaś co szósta w wysoko innowacyjnej. Organizacje powinny mieć łatwiejszą możliwość wprowadzania innowacji w swoich branżach. W ten sposób ich innowacyjność podniosłaby się, a całe sektory w gospodarce rozwijałyby się prężniej.

Największe nakłady na działalność innowacyjną w Polsce w 2015 roku w przedsiębiorstwach przemysłowych miało województwo opolskie (16,4%), a w przedsiębiorstwach usługowych województwo podkarpackie (11,1%). Województwo łódzkie zajmowało odpowiednio miejsce dwunaste i drugie (równy z województwem zachodniopomorskim, jeśli chodzi o sektor usług). Wiele jest więc do poprawienia, aby przedsiębiorstwa były konkurencyjne, innowacyjne i rozwijały się dobrze. Pomóc w tym mogą innowacje wdrażane w różnych działach przedsiębiorstw z różnych dziedzin.

Warto także zwrócić uwagę, jak wiele innowacji dotyczy dziedziny odnawialnych źródeł energii. Te aspekty nie powinny być pomijane przez polskie przedsiębiorstwa. Jest to dobry kierunek poszukiwań dla polskiej gospodarki. Są one szczególnie ważne w kontekście wyczerpywania się tradycyjnych źródeł energii i przechodzenia na gospodarkę niskoemisyjną.

Innowacje w zakresie odnawialnych źródeł energii dotyczą energii słonecznej, wody, wiatru, geotermii i biomasy. Mogą być związane z procesem produkcyjnym urządzeń do wytwarzania energii elektrycznej, sposobem postępowania ze źródłem energii czy też z technologiami przechowywania i transportowania energii do sieci energetycznej. To tylko niektóre przykłady licznych zastosowań innowacji różnego typu, poprawiających możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii do pozyskiwania energii elektrycznej oraz ciepłej.

Siłownie wiatrowe

Wyjaśniając pojęcie siłowni wiatrowych, warto najpierw zdefiniować, czym jest sam wiatr. Najogólniej mówiąc, wiatr to ruch powietrza atmosferycznego nad powierzchnią ziemi. Powstaje na skutek asynchronicznego rozkładu ciśnienia atmosferycznego na danym poziomie nad powierzchnią ziemi³. Siłownie wiatrowe, inaczej elektrownie wiatrowe lub też turbiny wiatrowe, budowane są pojedynczo lub w grupach – wtedy nazywane są farmami wiatrowymi. Można je lokalizować zarówno na lądzie, jak i na morzu⁴. Elektrownie wiatrowe zmieniają energię kinetyczną wiatru na energię mechaniczną i wykorzystują ją do uzyskania energii użytkowej, którą najczęściej jest energia elektryczna. Energia uzyskana w tych elektrowniach może być również zastosowana w uzyskiwaniu energii ciepłej lub do podgrzewania wody⁵. Turbiny wiatrowe mogą pracować przy wietrze wiejącym z prędkością od około 4 m/s do około 25 m/s. Dotyczy to dużych elektrowni wiatrowych, które obecnie mogą osiągać moc nawet do 7 MW. Istnieje również zapotrzebowanie na małe elektrownie wiatrowe – takie, których moc nie przekracza 50 kW⁶.

Podstawowy podział siłowni wiatrowych dzieli je na te o pionowej osi obrotu i poziomej osi obrotu. Zarówno jedne, jak i drugie mogą służyć do produkcji prądu elektrycznego. W obu grupach można wyróżnić małe siłownie wiatrowe, które najczęściej stosuje się w gospodarstwach domowych do wspomaganie domowej sieci energetycznej, jak i duże elektrownie wiatrowe zasilające nawet całe wsie.

Każdemu z nas siłownie wiatrowe kojarzą się przede wszystkim z wiatrakami o poziomej osi obrotu. Są to turbiny typu HAWT (ang. *Horizontal Axis Wind Turbine*). Jest to najbardziej rozpowszechniony typ wiatraków i znacznie bardziej

³ <http://www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/wiatr;3995323.html> [dostęp: 11.12.2016].

⁴ M. Stryjecki, K. Mielniczuk, *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych*, Generalna Dyrektywa Ochrony Środowiska, Warszawa 2011, s. 18.

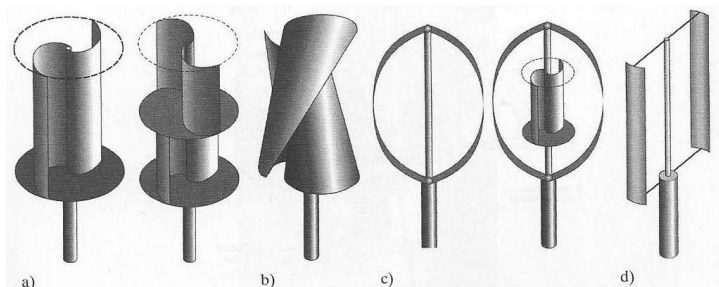
⁵ J. Marchwiński, K. Zielonko-Jung, *Współczesna architektura proekologiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, s. 107.

⁶ G. Jastrzębska, *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007, s. 29.

rozwinęty technologicznie niż siłownie wiatrowe o pionowej osi obrotu⁷. Można je nazwać tradycyjnymi wiatrakami, gdyż to właśnie ten typ został wynaleziony jako pierwszy. Oczywiście dzisiejsze wiatraki jedynie wyglądem przypominają te, które były budowane na początku, lecz mają wiele cech wspólnych.

Obecnie na świecie istnieje ponad trzysta różnych patentów dotyczących siłowni wiatrowych o pionowej osi obrotu. Są to turbiny typu VAWT (ang. *Vertical Axis Wind Turbine*). Większość turbin wiatrowych tego typu dotyczy siłowni o małych mocach, wykorzystywanych przez małych, często prywatnych odbiorców, stosujących je jako dodatkowe źródło energii elektrycznej. W porównaniu z tradycyjnymi siłowniami wiatrowymi o poziomej osi obrotu ich liczba stanowi niewielki procent obecnych instalacji⁸. Są swego rodzaju innowacjami w dziedzinie pozyskiwania energii z wiatru, choć pierwsze projekty pojawiły się już w prawie sto lat temu⁹. Dla wielu wciąż są nowością, a niektórzy o nich nawet nie słyszeli. Technologie związane z tym typem wiatraków były znacznie słabiej rozwijane z uwagi na mniejszą ilość energii, jaką można pozyskać za ich pośrednictwem. Są jednak świetnym rozwiązaniem w zatłoczonych miastach.

Na rysunku 1 przedstawione zostały najbardziej podstawowe siłownie wiatrowe o pionowej osi obrotu.



Rysunek 1. Rodzaje silników o pionowej osi obrotu

Źródło: W. Nowak, A.A. Stachel, A. Borsukiewicz-Gozdur, *Zastosowanie odnawialnych źródeł energii*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2008, s. 217.

Rysunek 1 ilustruje różne rodzaje turbin o pionowej osi obrotu. Zaczynając od lewej strony, przedstawione są: a) turbina Savoniusa, pojedyncza oraz podwójna, b) turbina świderekowej, c) turbina Darrieusa, bez i ze wspomaganiami, d) turbina H-rotor. Jest to podstawowy przegląd turbin tego typu. Między siłowniami

⁷T. Boczar, *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*, Wydawnictwo Pomiar Automatyka Kontrola, Warszawa 2007, s. 139.

⁸Ibidem, s. 149.

⁹<http://www.uwm.edu.pl/kolektory/silownie/pionowe.html> [dostęp: 11.12.2016].

wiatrowymi o pionowej osi obrotu i tymi o poziomej osi obrotu występują różnice w ich efektywności.

Wydajność siłowni wiatrowych zależy od wielu czynników. Najważniejszym jest tu lokalizacja, czyli miejsce, gdzie występuje odpowiednia siła wiatru, gdyż od tego, czy wiatrak będzie miał możliwość się obracać, zależy to, czy w ogóle będzie produkował prąd. Najlepszym miejscem dla elektrowni wiatrowych są te, gdzie średnia roczna prędkość wiatru na wysokości 30 m nad poziomem gruntu wynosi 4–6 m/s¹⁰. Innym ważnym czynnikiem wpływającym na wydajność elektrowni wiatrowych jest ich rozmiar. Dane przedstawione w tabeli 2 ukazują, że im większy wiatrak, tym większą moc może osiągać. Można również wyposażyć wiatrak w dyfuzor, wtedy energia, jaką będzie mógł wyprodukować, ulegnie zwiększeniu. Należy jednak pamiętać, że to rozwiązanie dotyczy małych turbin wiatrowych o poziomej osi obrotu.

Tabela 2 przedstawia dane dotyczące wydajności siłowni wiatrowych oraz kosztów ich instalacji. Znajdują się w niej również dane ilustrujące prędkości wiatru niezbędne do rozpoczęcia pracy danego wiatraka i prędkości, przy których wiatrak należy wyłączyć.

Tabela 2. Wydajność, siły wiatru rozruchowe i maksymalne oraz ceny różnych siłowni wiatrowych

Rodzaj siłowni wiatrowej	Maksymalna moc uzyskana z siłowni wiatrowej [MW]	Siła wiatru potrzebna do rozruchu siłowni wiatrowej [m/s]	Siła wiatru, przy której siłownia wiatrowa zaprzestaje produkcji energii elektrycznej [m/s]	Koszt instalacji [tys. zł]
O pionowej osi obrotu				
Darrieus	0,3	4,5	22,5	50–100
H-Darrieus (Windstar)	0,4	3–4	32	10–50
Savonius	0,01–0,06	1,5	55	5–10
Zefir	0,5	0,1	∞	120–150
O poziomej osi obrotu				
Średnica wirnika 21 m	0,1–0,3	2	25	2000–3000
Średnica wirnika 70 m	1,5–2	2,5	28–34	6500–12 000
Średnica wirnika 150 m	5–10	3	25	20 000–50 000

¹⁰F. Wolańczyk, *Elektrownie wiatrowe*, Wydawnictwo KaBe, Krosno 2009, s. 99.

Tabela 2 (cd.)

Przydomowe turbiny				
Swift	0,015	2,6	36	14–18
SG-xx	0,002	2,5	40	4,5–19

Źródło: opracowanie własne na podstawie: T. Boczar, *Energetyka wiatrowa...*, s. 149–157; W. Nowak, A.A. Stachel, A. Borsukiewicz-Gozdur, *Zastosowanie...*, s. 240; F. Wolańczyk, *Elektrownie wiatrowe*, s. 74; T. Boczar, *Wykorzystanie energii wiatru*, Wydawnictwo Pomiarów Automatyka Kontrola, Warszawa 2010, s. 226; www.uwm.edu.pl/kolektory/silownie/pionowe.html [dostęp: 11.12.2016]; www.elektroonline.pl/a/1388,Wlasna-elektrownia-wiatrowa-przyblizone-cenniki [dostęp: 11.12.2016]; www.tuchemnitz.de/phil/english/sections/linguist/independent/kursmateria-lien/TechComm/achtml/comp2.html [dostęp: 12.03.2015]; energetyka.wnp.pl/jakie-sa-koszty-i-zyski-farmwiatrowych,181365_1_0_0.html; www.urbanwind.net/pdf/CATALOGUE_V2.pdf. [dostęp: 11.12.2016].

Tabela 2 przedstawia szereg danych wpływających na wydajność turbin wiatrowych oraz opłacalność ich zakupu. Spostrzec można, iż siłownie wiatrowe o poziomej osi obrotu produkują najwięcej prądu elektrycznego, jednakże należą do najdroższych instalacji na rynku. Im średnica wirnika turbiny jest większa, tym więcej może produkować energii elektrycznej. Dla dużych miast budowanie elektrowni tego typu, jako alternatywy dla konwencjonalnych źródeł energii, będzie zatem najlepszym rozwiązaniem zarówno pod względem energetycznym, jak i ekonomicznym. Ani małe siłownie wiatrowe, ani też te o pionowej osi obrotu nie dostarczą tyle energii, by zaspokoić potrzeby dużych aglomeracji (małe elektrownie nie zaspokoją potrzeb miasta nawet w ułamku procenta). Inwestycje w duże siłownie wiatrowe są bardzo kosztowne, ale duże miasta stać na takie rozwiązania. Oczywiście elektrownie wiatrowe nie mają możliwości, by w całości pokryć zapotrzebowania dużego miasta na energię elektryczną, lecz mogą stać się doskonałym wsparciem dla konwencjonalnych rozwiązań.

Należy również zauważyć, że siłownie wiatrowe o pionowej osi obrotu nie mają możliwości osiągnięcia tak dużej mocy jak turbiny o poziomej osi obrotu. Są jednak dużo lepiej przystosowane do zaspokajania potrzeb małych wsi, budynków mieszkalnych, hal produkcyjnych i innych obiektów. Posiadają dużo mniejszą prędkość rozruchową oraz mogą pracować przy naprawdę dużych prędkościach wiatru. Siłownie typu Zefir niemalże nie mają ograniczeń, jeśli chodzi o funkcjonowanie przy dużych prędkościach wiatru, wyłączając ekstremalne zjawiska pogodowe. Nie należą do najtańszych rozwiązań w grupie turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu, jednakże mogą osiągać jedną z najwyższych mocy z tej kategorii turbin. Są one bardzo wydajne i stanowią najlepsze rozwiązanie pod względem ekonomicznym. Co prawda moc siłowni wiatrowej Darrieus może ulec zwiększeniu do 0,4 MW, gdy na łopatach wirnika zamocujemy wspomagające rozruch elementy wirnika typu Savonius, ale to i tak nie przewyższy zalet, jakie posiada rozwiązanie typu Zefir. Przydomowych siłowni wiatrowych o poziomej osi obrotu nie ma co porównywać z ich efektywnością energetyczną, ale ich cena

jest kilkakrotnie mniejsza. Może to stanowić bardzo ważny aspekt dla potencjalnych inwestorów.

Tabela 3 przedstawia moce możliwe do osiągnięcia przy poszczególnych prędkościach wiatru dla wyróżnionych typów turbin.

Tabela 3. Moce wyróżnionych siłowni wiatrowych przy poszczególnych prędkościach wiatru

Prędkości wiatru [m/s]	Moc siłowni wiatrowych [kW]					
	O pionowej osi obrotu			O poziomej osi obrotu		
	Darrieus (średnica 2,5 m)	Savonius	Zefir	O średnicy 15 m	O średnicy 60 m	O średnicy 125 m
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,020	0,100	0	0
3	0	0	0,035	0,300	155	0
4	0,100	0,006	0,075	1,600	320	200
5	b.d.	0,056	0,110	3,900	400	500
6	0,220	0,155	0,250	7,300	500	800
7	0,420	0,310	0,400	11,800	585	1000
8	0,650	0,527	0,600	17,600	700	2000
9	0,980	0,812	0,850	22,700	800	3000
10	1,320	1,171	1,540	26,200	850	400
11	1,700	1,659	2,250	28,400	900	4450
12	2,100	2,136	3,000	29,300	1000	5000
13	2,500	2,500	4,000	29,700	970	5500
14	2,700	2,500	4,100	29,800	890	5000
15	3,000	2,400	4,000	30,000	800	4800
20	0	b.d.	b.d.	29,700	b.d.	b.d.
25	0	b.d.	b.d.	0	b.d.	0
28	0	0	b.d.	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie: F. Wolańczyk, *Elektrownie wiatrowe*, s. 83; A. Flaga, *Inżyniera wiatrowa: podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Arkadia, Warszawa 2008, s. 641; http://www.urbanwind.net/pdf/CATALOGUE_V2.pdf. [dostęp: 11.12.2016].

Tabela 3 ilustruje, przy jakich prędkościach wiatru siłownie wiatrowe osiągają poszczególne wartości mocy. Zauważyć można, iż – niezależnie od typu – wspólną zasadą wśród elektrowni wiatrowych jest osiąganie najlepszej wydajności w produkowaniu energii przy prędkościach wiatru zbliżonych do wartości maksymalnych, przy jakich te turbiny mogą pracować. Widać tu również, że im mniejsza siłownia wiatrowa, tym mniejsza jej prędkość rozruchowa i również większa prędkość, przy której musi zaprzestać pracy, lecz tym samym moc takiej siłowni wiatrowej jest zawsze mniejsza. Wartości te są niezależne od tego, czy siłownia wiatrowa posiada oś pionową obrotu, czy oś poziomą.

Biorąc pod uwagę średnie prędkości wiatru w Polsce, które wynoszą 4–6 m/s, można by uznać, iż siłownie wiatrowe nie mają możliwości osiągnięcia swojej maksymalnej mocy. Najważniejszą rolę odgrywa lokalizacja – stanowi ona o sukcesie wiatraków. Bardziej wietrznymi terenami w Polsce są obszary nadbrzeżne, jednakże nie tylko tam stawia się turbiny. Firmy stawiające konstrukcje wiatrowe przeprowadzają, na własny rachunek, dodatkowe badania prędkości wiatru na danym terenie. Chcą upewnić się, że budowa siłowni wiatrowych na tym obszarze będzie efektywna energetycznie.

Reasumując, dla małych wsi oraz budynków mieszkalnych najbardziej wydajne będą siłownie wiatrowe typu Zefir. Nie potrzebują one dużych prędkości wiatru, by móc zacząć produkować prąd i mogą go produkować najdłużej ze wszystkich wiatraków. Można je budować modułowo i między wysokimi budynkami, co stanowi ich dużą zaletę. Są jednak droższe niż małe turbiny wiatrowe o poziomej osi obrotu (typu Swift czy SG-xx) i to może zaważyć na ekonomicznych decyzjach dotyczących ich zakupu. Natomiast duże siłownie wiatrowe o poziomej osi obrotu mogą produkować najwięcej energii elektrycznej, są najlepszymi, ale jednocześnie najdroższymi rozwiązaniami.

Zalety siłowni wiatrowych

Podstawowe zalety pozyskiwania energii elektrycznej za pomocą siłowni wiatrowych to jej darmowość oraz bezpieczeństwo dla środowiska naturalnego. Następną zaletą elektrowni wykorzystujących energię wiatru do produkcji prądu elektrycznego jest możliwość ich budowy na nieużytkach rolnych.

Turbiny wiatrowe, a dokładniej transformator i generator znajdujące się w gondoli, generują fale elektromagnetyczne, lecz – zważywszy na to, iż urządzenia te znajdują się w zamkniętej przestrzeni w otoczeniu przewodników o właściwościach ekranizujących – nie stanowią zagrożenia dla środowiska, jak sądzi wiele osób. Na poziomie 2 m, czyli wysokości dorosłego człowieka pole elektryczne wytwarzane przez siłownie wiatrowe jest nieznaczne.

Zalety siłowni wiatrowych typu Zefir:

- nie wymagają wysokich konstrukcji nośnych;
- mogą być stosowane do pozyskiwania energii elektrycznej przy wykorzystaniu siły wody;
- ich praca jest niezależna od kierunku wiatru;
- dobrze zachowują się przy porywistych wiatrach, a w momentach bezwietrznych wypompowują ze środka powietrze od ciśnieniem;

- mają możliwość modułowej instalacji wirników, nawet kilku na jednej konstrukcji nośnej i nie wymagają zachowania większych odległości między kolejnymi modułami¹¹.

Najwięcej zalet posiadają powyżej wspomniane turbiny wiatrowe typu Zefir, jednak i pozostałe typy wiatraków o pionowej osi obrotu mają ich wiele. Najważniejszą kwestią jest tu jednak niewątpliwie fakt, iż każdy z typów, także siłowni o poziomej osi obrotu, pozwala na wygenerowanie energii elektrycznej z darmowej energii wiatru.

Wady siłowni wiatrowych

Siłownie wiatrowe posiadają wiele wad. Najwięcej negatywnych cech można doszukać się, patrząc na duże elektrownie wiatrowe. Zajmują one duże obszary. Największy wirnik wiatraka ma 154 m średnicy, a pamiętać należy, iż wiatraki nie mogą być budowane w bezpośrednim sąsiedztwie terenów zabudowanych. Nadmienić należy, iż obecność elektrowni wiatrowych w bezpośrednim sąsiedztwie domów mieszkalnych, zwłaszcza szeregowych oraz tzw. bliźniaków, znacznie obniża ich wartość rynkową. Domy szeregowe znajdujące się w odległości do 2 km od farmy wiatrowej są o ponad połowę tańsze niż odpowiadające im budynki w lokalizacji, w której sąsiedztwie nie ma farmy wiatrowej. W przypadku „bliźniaków” wartość nieruchomości w pobliżu farm wiatrowych spada o około 34%. Obecność turbin może wpływać także na samopoczucie człowieka – może on odczuwać dyskomfort w pobliżu tych wiatraków. Elektrownie wiatrowe generują również wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, zwłaszcza biorąc pod uwagę duże projekty farm wiatrowych, których nakłady finansowe są ogromne, nie wspominając o kosztach eksploatacji. Wiatraki stanowią także zagrożenie dla ptaków: duże elektrownie wiatrowe są przeszkodą na ich drodze – utrudniają im poruszanie się przez towarzyszące obrotom wibracje wyczuwalne przez zwierzęta. Kolejną wadą siłowni wiatrowych jest hałas, jaki towarzyszy wszystkim turbinom podczas obrotu.

Na niekorzyść elektrowni wykorzystujących energię wiatru do produkcji prądu elektrycznego przemawia fakt, iż wprowadzają zakłócenia do sieci energetycznej. Przyczyną tego są zmiany prędkości i kierunku wiatru. Z tym aspektem związana jest też konieczność stosowania akumulatorów energii, ze względu na cykliczność pracy turbin. Pozostaje także aspekt wizualny – niektórzy uważają, że wiatraki zaburzają piękno naturalnego krajobrazu.

¹¹ T. Boczar, *Energetyka wiatrowa...*, s. 160.

Do wad, które można przyporządkować siłowniom wiatrowym o pionowej osi obrotu zalicza się:

- zerowy moment obrotowy – oznacza to, iż turbiny te wymagają wstępnego rozruchu, aby mogły kontynuować pracę samodzielnie i produkować prąd elektryczny;
- niekompatybilne kąty nachylenia łopat wirnika – dotyczy to siłowni wiatrowych typu H-Darrieus, w których gdy jedna łopata pracuje pod wiatr, druga, przeciwnie, stanowi dla niej opór, co zmniejsza efektywność działania tego typu turbiny;
- małą sprawność małych turbin – ta cecha związana jest najbardziej z turbinami typu Savonius, gdyż aby uzyskać z nich satysfakcjonującą moc, należy zwiększyć ich rozmiary¹².

Jak widać, siłownie wiatrowe wszystkich typów posiadają szereg wad. Jednak nie każdy rodzaj jest równie negatywnie nacechowany.

Podsumowanie i wnioski

Znaczenie odnawialnych źródeł energii dla gospodarki jest duże ze względu na decentralizację produkcji energii elektrycznej i zwiększanie bezpieczeństwa energetycznego kraju. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnej produkcji energii umożliwi rozsądne wykorzystanie pozostałych zasobów konwencjonalnych i sprzyja rozwojowi gospodarczemu.

Oba rodzaje siłowni wiatrowych mają swoje wady i zalety. Aby dobrze dobrać rodzaj siłowni wiatrowej, należałoby wziąć pod uwagę wiele czynników. Lokalizacja wiatraków ma największe znaczenie, gdyż ich umiejscowienie jest podstawą do tego, aby dana turbina była efektywna energetycznie i opłacalna ekonomicznie. Drugim najważniejszym czynnikiem, jaki musi być wzięty pod uwagę, jest ilość energii elektrycznej, jaka jest potrzebna danej ludności.

Dzięki analizie literatury przedmiotu oraz przedstawionych w tabelach danych udało się określić, iż dla większych zbiorowości lepszym rozwiązaniem będą większe wiatraki o poziomej osi obrotu, gdyż – mimo iż są bardzo drogie – wytwarzają stosunkowo najwięcej energii elektrycznej. Dużo tańsze są siłownie wiatrowe o pionowej osi obrotu. Są one mniejsze i wytwarzają ogółem mniej prądu elektrycznego, jednakże ich ogromną zaletą jest mała prędkość wiatru niezbędna do rozpoczęcia pracy wirnika oraz wysokie prędkości wiatru, przy których mogą dalej pracować i produkować prąd. Stąd będą one najlepszym rozwiązaniem dla małych fabryk, gospodarstw domowych i innych małych przedsięwzięć tego typu.

¹²T. Boczar, *Energetyka wiatrowa...*, s. 150–157.

W obu rekomendowanych rozwiązaniach należy pamiętać o wcześniej wspomnianej lokalizacji, która będzie kluczem do ich efektywności energetycznej, a zarazem opłacalności ekonomicznej.

Jeśli Polska chce przejść na gospodarkę niskoemisyjną, musi inwestować w odnawialne źródła energii, w tym siłownie wiatrowe. Każda inicjatywa zwiększająca liczbę źródeł energii odnawialnej w kraju jest ważna i powinna być wspierana przez państwo. Jest to istotne zarówno dla zwiększania bezpieczeństwa energetycznego Polski, jak i w kontekście realizacji celów strategii „Europa 2020”.

Bibliografia

- Bartnik R., Bartnik B., *Rachunek ekonomiczny w energetyce*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2014.
- Boczar T., *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*, Wydawnictwo Pomiarów Automatyka Kontrola, Warszawa 2007.
- Boczar T., *Wykorzystanie energii wiatru*, Wydawnictwo Pomiarów Automatyka Kontrola, Warszawa 2010.
- Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2013–2015*, GUS, Warszawa 2016.
- Flaga A., *Inżyniera wiatrowa: podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Arkadia, Warszawa 2008.
- http://www.ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_PL_ACT_part1_v1.pdf [dostęp: 11.12.2016].
- <http://www.elektroonline.pl/a/1388,Wlasna-elektrownia-wiatrowa-przyblizone-cenniki> [dostęp: 11.12.2016].
- <http://www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/wiatr;3995323.html> [dostęp: 11.12.2016].
- http://www.energetyka.wnp.pl/jakie-sa-koszty-i-zyski-farmwiatrowych,181365_1_0_0.html [dostęp: 11.12.2016].
- <http://www.tuchemnitz.de/phil/english/sections/linguist/independent/kursmaterialien/TechComm/achtml/comp2.html> [dostęp: 12.03.2015].
- http://www.urbanwind.net/pdf/CATALOGUE_V2.pdf [dostęp: 11.12.2016].
- <http://www.uwm.edu.pl/kolektory/silownie/pionowe.html> [dostęp: 11.12.2016].
- <https://www.ncbr.gov.pl/en/glossary/letter/I/> [dostęp: 11.12.2016].
- Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- Marchwiński J., Zielonko-Jung K., *Współczesna architektura proekologiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- Nowak W., Stachel A.A., Borsukiewicz-Gozdur A., *Zastosowanie odnawialnych źródeł energii*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2008.
- Piotrowska J., *Stymulanty i bariery działalności innowacyjnej w kontekście rozwoju przedsiębiorstw w Polsce*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego” 2013, nr 32, t. 2.
- Stryjecki M., Mielniczuk K., *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych*, Generalna Dyrektywa Ochrony Środowiska, Warszawa 2011.
- Wolańczyk F., *Elektrownie wiatrowe*, Wydawnictwo KaBe, Krosno 2009.

Streszczenie

Jednym z największych problemów współczesnej gospodarki jest wyczerpywanie się tradycyjnych źródeł energii. Również dla Unii Europejskiej jest to bardzo ważny temat, dlatego też rozwój energetyki odnawialnej stał się jednym z priorytetów strategii „Europa 2020”. Artykuł jest próbą zobrazowania innowacyjności (będącej również jednym z filarów wspomnianej wyżej strategii) sektora energetyki odnawialnej, ze szczególnym uwzględnieniem siłowni wiatrowych. Jego głównym celem jest przedstawienie opłacalności wykorzystania nowoczesnych rozwiązań przez porównanie efektywności energetycznej siłowni wiatrowych o poziomej osi obrotu i tych o osi pionowej, ze wskazaniem, które rozwiązanie jest lepsze, bardziej opłacalne. Artykuł przedstawia wnioski, które były możliwe do zaprezentowania dzięki analizie przyczynowo-skutkowej oraz analizie dokumentów źródłowych, aktów prawnych i danych statystycznych. Podstawowymi narzędziami stosowanymi w pracy są metody indukcji i dedukcji.

Słowa kluczowe: innowacje, odnawialne źródła energii, siłownie wiatrowe, efektywność energetyczna

Numer klasyfikacji JEL: O39