

**dr inż. Wojciech ZBARASZEWSKI**

Wydział Ekonomiczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
e-mail: wzbaraszewski@zut.edu.pl

**dr hab. Dariusz PIENKOWSKI**

Wydział Ekonomiczno-Społeczny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
e-mail: darpie\_xl@wp.pl

DOI: 10.15290/ose.2017.04.88.08

## **BIOWIOSKA – NIEMIECKA KONCEPCJA WSI BIOENERGETYCZNEJ**

### **Streszczenie**

Zagadnienia związane z wykorzystywaniem odnawialnych źródeł energii bardzo zyskują na znaczeniu w ostatnim dziesięcioleciu. Wśród krajów Unii Europejskiej pozycję lidera przemian w zakresie przebudowy systemu energetycznego, w tym zarazem innowacyjnych rozwiązań w zakresie nowego modelu wykorzystywania odnawialnych źródeł energii, zajmują Niemcy. W artykule zaprezentowano koncepcję wsi bioenergetycznej, która stanowi element transformacji energetycznej Niemiec. Model wdrażania, a przede wszystkim doświadczenia wynikające z jej wprowadzania w sferze społecznej, jak również rozwiązania techniczne powinny być stosowane przez inne kraje. Celem artykułu jest przedstawienie niemieckiej koncepcji tzw. *Bioenergiedorf* (zwanej także biowioską lub wsią bioenergetyczną) wraz z jej oceną, w szczególności pod względem ekonomicznej efektywności. W świetle problemów, pojawiających się przy tworzeniu niemieckich biowiosek, koncepcja samowystarczальной wioski (pierwotnie oparta wyłącznie na wykorzystaniu biomasy) ewoluuje w kierunku szerokiego wykorzystania innych nośników energii odnawialnej.

**Słowa kluczowe:** odnawialne źródła energii, wieś bioenergetyczna, transformacja energetyczna

## **GERMAN CONCEPTION OF BIOENERGY VILLAGES**

### **Summary**

Issues related to the use of renewable energy resources have gained significant prominence in the last decade. Among the European Union countries, Germany is the leader of energy system transformation; also in terms of innovative solutions for the new model of using renewable energy sources. The paper presents the concept of a bioenergy village – part of the German strategy of energy transformation. Other countries should follow the model of the concept's implementation and, above all, use the experience resulting from its implementation in the social and technical structures. However, the problems that have arisen in the process of the creation of German bioenergy villages have resulted in the changes of the concept originally based on the sole use of biomass, causing it to evolve towards an extensive use of other renewable energy technologies.

**Key words:** renewable energy sources, bioenergy village, energy transformation

**JEL classification:** O13, Q42, Q28, Q21, O35

## 1. Wstęp

Jednym z celów pakietu klimatyczno-energetycznego Unii Europejskiej (UE) jest osiągnięcie 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w całkowitym zużyciu energii w UE do 2020 roku. Dla Polski udział OZE w całości zużycia w ramach tych ustaleń został określony na poziomie niższym – 15%. Szansy realizacji tego celu Polska upatruje m.in. w energii uzyskiwanej z biogazowni. Dlatego przyjęto, że do 2020 roku średnio powstanie jedna biogazownia w każdej gminie [*Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce...*, 2010], czyli powinno powstać łącznie około 2,4 tys. takich instalacji. Jednak, według stanu na czerwiec 2017 roku, w Polsce działało zaledwie 301 biogazowni, czyli około 12% planowanej ilości o mocy 234 MW. Na tę ilość biogazowni składało się po około 100 biogazowni wytwarzających gaz z: odpadów rolniczych, instalacji opartych na wytwarzaniu biogazu ze ścieków oraz instalacji z gazu wysypiskowego, a także cztery instalacje oparte na źródłach mieszanych [*Urząd Regulacji Energetyki*, 2017]. Dla porównania, w 2014 roku w Czechach funkcjonowało dwukrotnie więcej biogazowni niż w Polsce (554), a w Niemczech aż 8 928 biogazowni, z czego około 200 uruchomiono w 2015 roku [*Optimal Use of Biogas...*, 2016, s. 114, 123].

Warto zaznaczyć, że impulsem do przybliżenia rozwiązań stosowanych w Niemczech w zakresie OZE były dane wskazujące, że udział OZE w całkowitej konsumpcji energii w tym kraju udział był już momentami bardzo wysoki, a rekordowy odsetek w wysokości 83% odnotowano w sierpniu 2015 roku, co spowodowało spadek cen do około 5 euro/MWh wobec średniej wynoszącej około 30 euro/MWh [*Agorameter*].

W tym kontekście wydaje się, że w pełni zasadne jest przedstawienie niemieckiej koncepcji tzw. *Bioenergie* (biowioski, wsi bioenergetycznej) wraz z jej oceną, zwłaszcza z perspektywy ekonomicznej efektywności, co jest celem publikacji. W artykule wykorzystano metodę opisową z wykorzystaniem fachowej literatury przedmiotu badań, ze szczególnym uwzględnieniem literatury niemieckojęzycznej. Dane statystyczne zaprezentowano w formie wykresów.

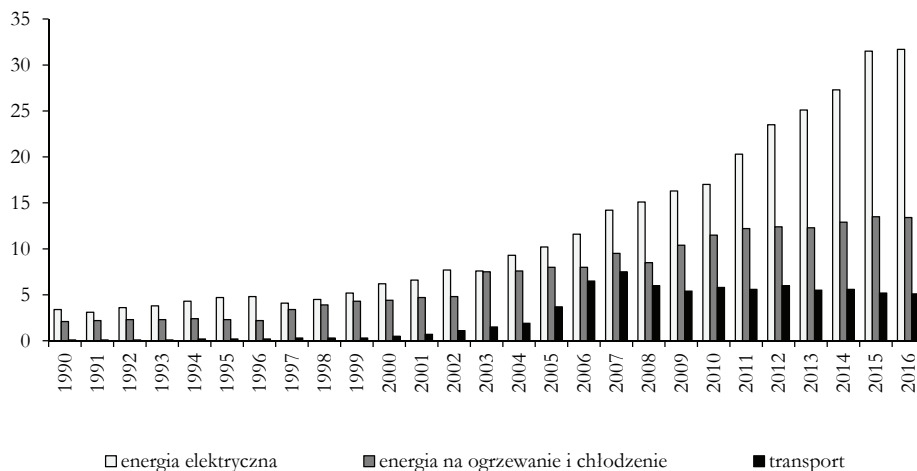
## 2. Obecny stan odnawialnych źródeł energii w Niemczech

Na świecie wiodącymi krajami o największych możliwościach wytwarzania energii odnawialnej, z wyłączeniem energii wytwarzanej w elektrowniach wodnych, są: Chiny, USA, Brazylia i Niemcy. Ten ostatni kraj powszechnie jest uznawany za europejskiego pioniera przeobrażeń w zakresie OZE. Szacunki wskazują, że Niemcy w 2015 roku posiadały możliwości wytwarzania energii z OZE na poziomie 92 GW, co było wielkością prawie trzykrotnie większą aniżeli we Włoszech (33 GW) i w Hiszpanii (32 GW). Jednocześnie udział Niemiec w produkcji energii z OZE w stosunku do całej EU-28 wynosił około 33% i zarazem był to udział około 12% w całości produkcji energii OZE na świecie [*Global Status Report...*, 2016, s. 33].

Transformacja energetyczna (niem. *Energiewende*) realizowana w Niemczech wynika ze strategii przyjętej w 2010 roku [*Energiekonzept*, 2010]. Przemiany w Niemczech są ukierunkowane na: zwiększenie udziału OZE w zużyciu energii do 80% w 2050 roku;

zmniejszenie zużycia energii pierwotnej o 50% w tym samym okresie w porównaniu z zużyciem w 2008 roku oraz zredukowanie emisji gazów cieplarnianych zgodnie z celami UE od 80 do 95% w porównaniu z 1990 rokiem [Henning, Palzer, 2014 s. 1004]. Rysunek 1. obrazuje skalę dokonujących się przemian i wzrostu znaczenia OZE w całym systemie energetycznym Niemiec, w szczególności po 2002 roku.

**RYSUNEK 1.**  
**Udział odnawialnych źródeł energii w Niemczech, w latach 1990-2016,**  
**w zużyciu końcowym**



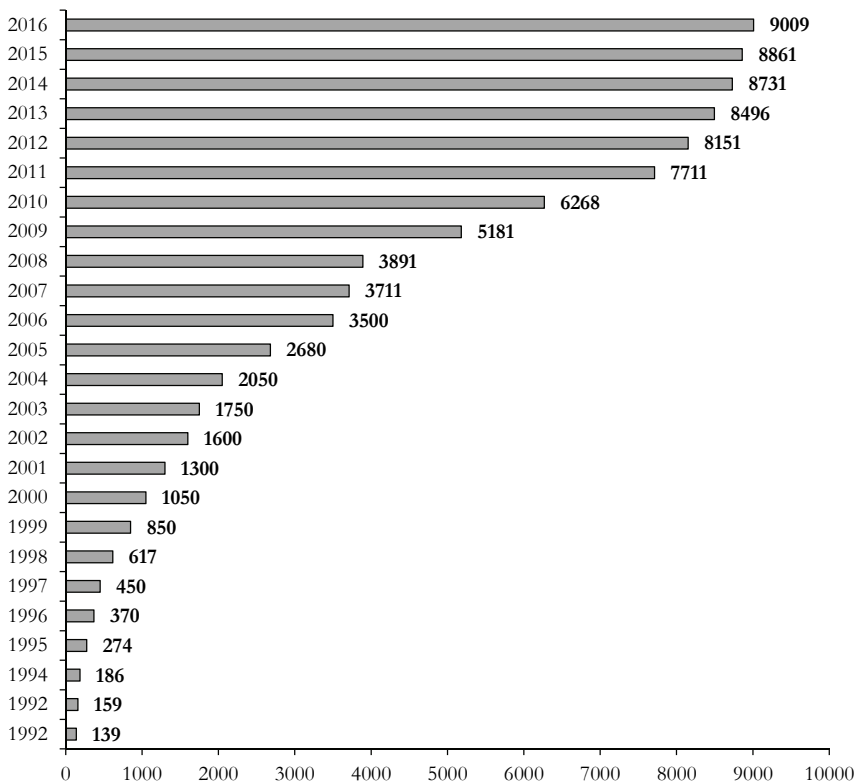
Źródło: [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017].

Jeszcze w latach dziewięćdziesiątych XX wieku OZE były traktowane w Niemczech jako uzupełnienie systemu energetycznego. Obecna strategia opiera niemiecki system energetyczny na OZE, a paliwa kopalne mają być tylko jego uzupełnieniem. Dodatkowo, w Niemczech już od lat siedemdziesiątych XX wieku narastała niechęć do energii atomowej, która nasiliła się po wypadkach w elektrowniach atomowych w Three Mile Island w 1979 oraz w Czernobylu w 1986 roku. W wyniku tych wydarzeń, rząd Niemiec w 2011 roku podjął decyzję o rezygnacji z energii jądrowej do 2022 roku [Bundesregierung beschließt Ausstieg ..., 2017].

Impulsu do przemian w energetyce dało niemieckie społeczeństwo, bazując na zasadach zrównoważonego rozwoju. Jak wynika z sondażu niemieckiej opinii społecznej z 2016 roku, aż 76% niemieckich respondentów uważa, że OZE zapewniają bezpieczeństwo przyszłym pokoleniom, a około trzy czwarte respondentów sądzi, że OZE przyczyniają się do ochrony klimatu. Dla 62% populacji budowa elektrowni wykorzystującej OZE w pobliżu miejsca zamieszkania jest dobrym rozwiązaniem, a tylko 6% akceptuje budowę w pobliżu elektrowni węglowych. Należy podkreślić, że dla 67% respondentów OZE gwarantują niezależność od importu energii [Akzeptanz-Umfrage..., 2016].

## RYSUNEK 2.

## Liczba biogazowni w Niemczech w latach 1992-2016



Źródło: [Anzahl der Biogasanlagen..., 2017].

Mimo że wszystkie państwa UE produkują biogaz, to Niemcy są zdecydowanie największym jego producentem, gdyż produkują około połowę całkowitej rocznej produkcji biogazu UE-28. Około 72% biogazu było wytwarzane w beztlenowych komorach fermentacyjnych, głównie na podstawie biomasy pochodzenia roślinnego oraz niektórych organicznych odpadów przemysłowych, około 18% biogazu pochodziło z wysypisk śmieci, a około 9% z oczyszczalni ścieków. Ewolucję w zakresie liczby biogazowni w Niemczech przedstawiono na rysunku 2. Jak można zauważyć, w okresie od wejścia Polski do UE w 2004 roku do 2016 roku liczba biogazowni w Niemczech wzrosła ponad czterokrotnie, osiągając poziom ponad 9 tys. instalacji.

### 3. Definicja i koncepcja wsi bioenergetycznej (niem. *Bioenergiedorf*)

Koncepcja wsi bioenergetycznej (biowioski) w pełni wpisuje się w wizję niemieckiego społeczeństwa. Podwaliny tej koncepcji w zakresie rozwoju lokalnego można już

doszukać się w idei sformułowanej przez niemieckiego reformatora społecznego i założyciela jednej z pierwszych spółdzielni pożyczkowo-oszczędnościowych w Europie – Friedricha Wilhelma Raiffeisena. Przez aktualne i popularne, także współcześnie, w Niemczech stwierdzenie: *Das Geld des Dorfes dem Dorfe (Pieniądże wsi dla wsi)* podkreśla się celowość bazowania na własnych mocnych stronach i tworzenia własnych regionalnych cykli gospodarczych [Paul, 2014, s. 17].

Obecnie również wiele lokalnych społeczności stoi w obliczu problemów gospodarczych, a nadmiernie zadłużone gospodarstwa domowe często charakteryzują się malejącymi przychodami i zarazem rosnącymi kosztami utrzymania. W takich przypadkach podstawowe zadania w zakresie usług komunalnych mogą być sfinansowane przez dalsze zadłużanie się lub pomoc ze strony państwa. Co więcej, te zjawiska mogą być potęgowane przez niekorzystną strukturę demograficzną, spowodowaną wzrastającym udziałem osób starszych i wyludnianiem się w szczególności wsi i mniejszych miast. To implikuje konieczność pokrycia coraz większych kosztów utrzymania, w tym infrastruktury komunalnej przez coraz mniejszą liczbę mieszkańców [Heck, 2014, s. 6].

W celu zobrazowania zagadnienia można posłużyć się przykładem z 2004 roku, a więc niedługo przed uruchomieniem pierwszej wzorcowej biowioski, którą w Niemczech była dolnosaksońska wioska Jühnde. Zamieszkiwało ją wówczas 750 mieszkańców w 200 gospodarstwach domowych [Jühnde, 2005]. Podstawowe zużycie energii elektrycznej wynosiło 3200 kWh/rok, a dla celów grzewczych zużywano 1700 l oleju opałowego. Przy ówczesnych cenach, tj. około 0,18 euro/kWh oraz około 0,42 euro/l [Preise..., 2017], łączne roczne koszty energii elektrycznej i ogrzewania wynosiły około 260 tys. euro. W latach 1994-2004 ceny oleju opałowego i energii elektrycznej w Niemczech wzrastały łącznie o około 8%, ale dochód rozporządzalny mieszkańców wsi nie rósł w tym samym tempie co wzrost nośników energii. Niekorzystnie wpływało to na dochody mieszkańców i rozwój społeczno-gospodarczy wioski.

Ten negatywny efekt został zminimalizowany dzięki optymalnemu wykorzystaniu zasobów lokalnych. W takim przypadku część, a nawet całość dotychczas wykorzystywanych zasobów, które były dostarczane z zewnątrz regionu (wsi), zastępowano zasobami wytwarzanymi lokalnie. Tym samym ogranicza się lub nawet nie występuje wypływ środków tytułem zapłaty za zasoby dostarczane poza region, a nawet poza granice kraju. To z kolei powoduje, że efekty ekonomiczne z działalności prowadzonej w tym zakresie pozostają w regionie, m.in.: pobudzając rozwój gospodarczy analizowanego obszaru, ograniczając zależność od dostawców zewnętrznych. Na tej podstawie jest osadzona koncepcja wsi bioenergetycznej, jako rozwiązanie polegające na wykorzystaniu potencjału lokalnej społeczności.

Znaczenie pojęcia wsi bioenergetycznej ewoluowało. Po raz pierwszy próbę zdefiniowania tego pojęcia (w 2005 roku) podjął zespół na potrzeby pilotażowego projektu utworzenia pierwszej w Niemczech wsi funkcjonującej według tej koncepcji (wieś Jühnde koło Getyngi). Wówczas przez to pojęcie (wąskie znaczenie) rozumiano wieś, która większą część swojego zapotrzebowania na energię elektryczną i grzewczą w dużej mierze pokrywa dzięki biomasie zabezpieczonej we własnym zakresie i pochodzącej z najbliższej okolicy [Ruppert i in. 2008, s. 10]. Rozumiano przez to, że we wsi:

- co najmniej tyle samo energii elektrycznej jest produkowanej z pochodzącej z regionu biomasy, ile wynosi zapotrzebowanie miejscowości;
- co najmniej połowa zapotrzebowania na energię ciepłą miejscowości jest wytwarzana z biomasy, a w celu osiągnięcia wysokiej efektywności powinna być wykorzystywana kogeneracja;
- ponad 50% instalacji grzewczej jest własnością odbiorców ciepła i rolników, a jeżeli jest to możliwe, to wszyscy interesariusze powinni posiadać udział w produkcji bioenergii.

W ramach kolejnych projektów definicja wsi bioenergetycznych została zmodyfikowana o dodatkowe aspekty:

- szersze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii dzięki promocji energii wiatrowej, słonecznej i elektrowni wodnych;
- zwiększenie efektywności energetycznej przez np. termomodernizację budynku [Neumann, 2010, s. 4].

Aktualnie zmierza się do zrównoważonego zaopatrzenia w energię całych regionów. Dlatego kolejnym etapem ewolucji koncepcji wsi bioenergetycznej jest modyfikacja definicji wsi bioenergetycznej, przez którą współcześnie rozumie się gminy lub części gmin (wsie), małe miasta bądź dzielnice miast, które rozwijają się w samodzielne struktury w zakresie zaopatrzenia w energię.

Ostatnie propozycje zmian w definiowaniu pojęcia wsi bioenergetycznej polegają na uwzględnieniu zapisu, że w miejscowości takiej dąży się do: zbilansowania zapotrzebowania na prąd i pokrycia zapotrzebowania na ciepło w co najmniej 75%; wykorzystywania w miejscowości wysoko wydajnych technologii, np.: oświetlenia LED, pomp ciepła o wysokiej wydajności; opracowania innowacyjnych koncepcji, np. mobilnych magazynów ciepła; zastosowania nowych rozwiązań energetycznych w szklarniach czy akwakulturach [Heck i in. 2014, s. 15].

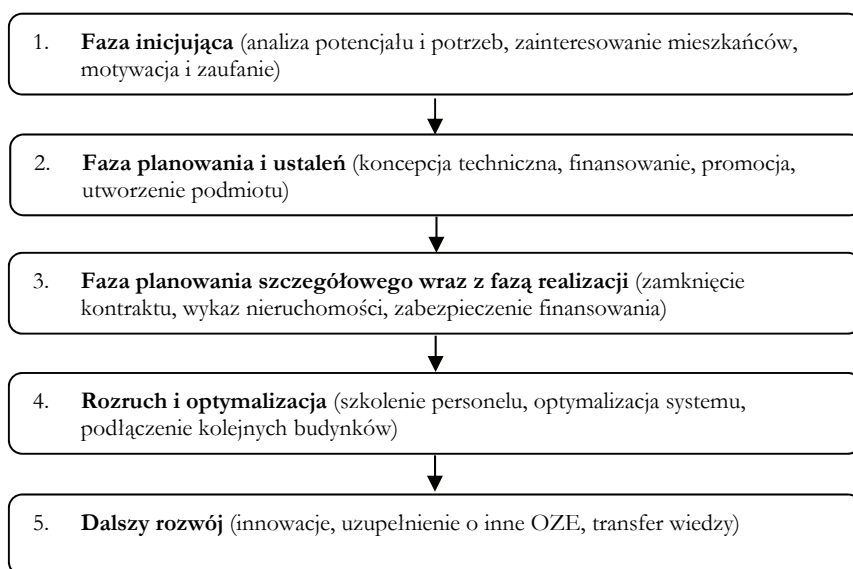
#### **4. Realizacja koncepcji wsi bioenergetycznych w Niemczech**

Należy podkreślić, że realizacja koncepcji wsi bioenergetycznej jest szczególnie uzależniona od warunków lokalnych. W regionach rolniczych będą to raczej instalacje związane z biogazowniami, do których będzie dostarczana wymagana biomasa w postaci np. obornika czy gnojowicy. Biowioski, zlokalizowane w pobliżu obszarów leśnych, będą raczej bazowały na spalarniach, do których wsadem będą zrębki lub wióry. Jednak, bez względu na rodzaj przewidywanej do wykorzystania biomasy, kolejne etapy realizacji wsi bioenergetycznej zazwyczaj są podobne. W Niemczech wypracowano modelowe ujęcie realizacji koncepcji wsi bioenergetycznej, w którym za kluczowe uznaje się współpracę istniejących podmiotów (obywateli, lokalnego samorządu, stowarzyszeń, przedsiębiorców). Wskazuje się, że motywacja, wynikająca z poczucia wspólnoty, stanowi podstawę zmian w istniejących strukturach, w tym zaopatrzenia w energię [Heck i in. 2014, s. 20].

Przedstawiony model (rysunek 3.), bazując na dotychczasowych rozwiązaniach, umożliwia planowanie i wdrożenie własnej koncepcji wsi bioenergetycznej. Zgodnie z koncepcją wsi bioenergetycznej, zwykle inicjującymi zmodernizowanie wsi są przedstawiciele społeczności lokalnej, tj.: rolnicy indywidualni, mieszkańcy, stowarzyszenia, prywatni przedsiębiorcy i ośrodki naukowe [Karpenstein-Machan, Wüste, Schmuck, 2013, s. 6-7]. Powodami podejmowania takiej inicjatywy zazwyczaj są wzrost cen paliw kopalnych czy potrzeba renowacji systemu ogrzewania. Ponadto, równoległe z inwestycjami związanymi z koniecznością podłączenia do sieci ciepłej budynków, często prowadzi się prace obejmujące odnowę i rozbudowę infrastruktury, np.: światłowodowej, elektrycznej, wodnokanalizacyjnej, drogowej.

### RYSUNEK 3.

#### Model procesu planowania i realizacji wsi bioenergetycznej



Źródło: [Heck i in. 2014 s. 20].

Ważną rolę odrywa odpowiedni poziom świadomości ekologicznej inicjatorów, w tym świadomości zmian klimatycznych [Heck, 2014, s. 21]. Na tym początkowym etapie, choć obejmuje on kilka ważnych zagadnień, kluczową sprawą jest określenie potencjału wioski w zakresie możliwości zapewnienia odpowiedniej ilości i jakości biomasy dla planowanej inwestycji. W związku z tym, istotna jest analiza: struktury użytkowania gruntów rolnych i leśnych, użytków zielonych, ilości odpadów oraz istniejącej i planowanej konkurencji. Ponadto, na tym etapie istnieje potrzeba zgromadzenia i dokonania analizy danych dotyczących m.in. wystarczającego zainteresowania ze strony mieszkańców oraz większych odbiorców ciepła (np.: szkół, urzędów, basenów). Należy także uwzględnić istnienie innych planów, w szczególności w zakresie modernizacji dróg i kanalizacji. Na tym etapie należy ustalić podmiot finansujący wstępne analizy i studium wykonalności projektu.

Na podstawie funkcjonowania niemieckich wsi bioenergetycznych wskazano zakres wielkości kosztów i kluczowych parametrów struktury energetycznej biowioski (tabela 3.).

**TABELA 3.**  
**Podstawowe cechy wioski bioenergetycznej w Niemczech na etapie planowania**

Cecha	Wielkość (w zależności od wielkości społeczności)
Okres planowania i realizacji inwestycji	Od 24 do 48 miesięcy
Nakłady na system ciepłowniczy (sieć grzewczą, zespół grzewczy)	Od 0,5 do 4 mln euro
Wymagana wysokość kapitału własnego wnoszonego przez spółdzielnię	Od 50 tys. do 500 tys. euro
Koszt podłączenia dla konsumenta	Od 0 do 12 tys. euro (średnio 4 tys. euro)
Przyłączenie do sieci	Od 50 do 80% budynków
Uśredniony koszt energii	Od 6 do 12 ct/kWh
Dotychczasowe opłaty konsumenta (ogrzewanie)	Od 100 do 400 euro/rok
Wymagana powierzchnia lasu lub gruntów rolnych	Las: 100-500 ha (drewno) Grunty rolne: 50-300 ha (biogaz)

Źródło: [Heck i in. 2014, s. 22].

Ze względu na skalę koniecznych nakładów, wsie bioenergetyczne w Niemczech korzystają z licznych źródeł finansowania. Jak wynika z dostępnych danych, nie ma jednolitego systemu finansowania tych przedsięwzięć, a struktura podmiotów finansujących jest zróżnicowana. Do najczęściej stosowanych źródeł finansowania należy zaliczyć środki krajów związkowych (*Land*) i Banku Odbudowy (niem. *Kreditanstalt für Wiederaufbau*). Inne, instytucjonalne źródła finansowania to: środki UE, federalne, powiatów i gmin [Karpenstein-Machan, Wüste, Schmuck, 2013].

Aktualnie (dane z czerwca 2017 roku) w Niemczech funkcjonują 139 wsi bioenergetyczne oraz 47 jest w trakcie realizacji tej koncepcji (tabela 4.). Najwięcej wsi bioenergetycznych znajduje się w najbogatszych landach Niemiec, tj. Badenii-Wirtembergie i Bawarii, która również przoduje pod względem liczby biogazowni. W zestawieniu wyższe pozycje w zakresie liczby biogazowni, liczby wsi bioenergetycznych, a także wsi, w których trwają zaawansowane prace na rzecz wsi bioenergetycznej, zajmują tzw. stare landy Niemiec (byłej RFN). Jednocześnie wschodnie landy charakteryzują się dużym udziałem energii wiatrowej w produkcji energii elektrycznej [Kwiatkowska, 2012, s. 91-103].

Jako korzyści z wdrażania koncepcji wsi bioenergetycznej są przywoływane następujące argumenty: produkcja energii jest neutralna klimatycznie, nie występuje odpływ środków z miejscowości na zakup oleju opałowego i gazu, ceny energii są bardziej stabilne, obszary wiejskie podlegają wzmocnieniu, umożliwia się tworzenie lokalnych miejsc



pracy, zwiększa się niezależność energetyczną miejscowości dzięki energetyce rozproszonej oraz niezależności od globalnych poziomów cen. Wskazywano również, że zaletą takiego rozwiązania jest zmiana oblicza wsi na innowacyjne i nowoczesne. Ponadto, miejscowości mogą sprzedawać swoje inteligentne rozwiązania, czego dodatkowym efektem może być rozwój turystyki bioenergetycznej, gdyż takie miejsca przyciągają nie tylko ludzi z innych regionów kraju, ale również z zagranicy. Zaobserwowano także, że takie inwestycje hamują ucieczkę ludzi młodych ze wsi do miast, a integracja społeczności ulega wzmocnieniu za sprawą identyfikowania się z projektem [Heck i in. 2014].

**TABELA 4.**  
**Liczebność biogazowni i wsi bioenergetycznych w Niemczech**

Kraj związkowy	Liczba biogazowni (2014)	Liczba wsi bioenergetycznych (06.2017)	Liczba wsi na drodze ku bioenergetyczności (06.2017)
Bawaria	2 360	39	8
Badenia-Wirtembergia	893	39	20
Dolna Saksonia	1 562	17	12
Hesja	198	10	2
Meklemburgia Pomorze Przednie	511	7	3
Nadrenia Północna-Westfalia	1 076	6	–
Nadrenia-Palatynat	149	6	–
Turyngia	272	5	–
Saksonia Anhalt	322	5	–
Szlezwik-Holsztyn	711	4	–
Brandenburgia	384	1	1
Kraj Saary	15	–	1
Miasta wydzielone: Berlin, Brema, Hamburg	273	–	–
Razem	8 726	139	47

Źródło: [Fachagentur Nachwachsende..., 2017; Anzahl der Biogasanlagen..., 2017].

Do korzyści z realizacji koncepcji wsi bioenergetycznych (przykładowe dane ze wsi Jühnde) zalicza się m.in.: obniżenie emisji CO<sub>2</sub> o około 80%, wzmocnienie regionalnych cykli gospodarczych, gdyż około 60% wydatków bieżących związanych z zaopatrzeniem w energię pozostaje we wsi, a kolejnych około 25% pozostaje w regionie. Dostrzegana jest również gwarancja dotychczasowych miejsc pracy i możliwość tworzenia nowych. Z przeprowadzonych badań wynika, że aż 89,3% mieszkańców było bardzo zadowolonych, a kolejnych 10,7% zadowolonych z przyłączenia się do sieci ciepłej w ramach tej wsi bioenergetycznej [Eigner-Thiel, Ruwisch, 2015, s. 27-30].

## 5. Ekonomiczny rachunek opłacalności funkcjonowania biowiosek

Jednak często podstawowym kryterium oceny przedsięwzięcia jest jego opłacalność. Przystępując do analizy realizacji niemieckich przemian w zakresie OZE, w szczególności w zakresie opłacalności, należy zwrócić uwagę na system zachęt państwowych. Pierwszym impulsem do przemian w systemie energetycznym była ustawa z 1991 roku o dostępie do sieci publicznej dla prądu pozyskiwanego z OZE. Zapisy ustawy zapewniały producentom energii dostęp do publicznej sieci elektroenergetycznej, a także gwarantowały cenę na prąd z OZE (dla prądu uzyskiwanego z biogazu w wysokości 75% średniej ceny prądu z ostatnich 2 lat oraz dla prądu z energii wiatrowej i słonecznej w wysokości 90%) [StromEinspG, 1990].

Kolejnym etapem wsparcia OZE w Niemczech ze strony państwa była ustawa z 2000 roku o energiach odnawialnych. Ustawa dawała pierwszeństwo prądowi z OZE w dostępie do sieci, a producentom gwarantowała stałą cenę [Erneuerbare-Energien-Gesetz, 2000]. Z kolei, ustawa z 2008 roku o promocji energii odnawialnej i ciepłownictwie miała na celu uzyskanie co najmniej 14% udziału OZE w produkcji ciepła i chłodzeniu budynków do 2020 roku z OZE [EEWärmeG, 2008]. Znaczącą rolę w finansowaniu przemian energetycznych ma niemiecki państwowy bank rozwoju i odbudowy (niem. *Kreditanstalt für Wiederaufbau*). Bank udziela kredytów m.in.: na poprawienie efektywności energetycznej istniejących instalacji, efektywności w zakresie ciepła odpadowego, przechowywania energii przy efektywnej stopie procentowej już od 1% rocznie [Kreditanstalt für Wiederaufbau, 2017].

Opłacalność systemu tworzącego wieś bioenergetyczną można rozpatrywać w wielu wymiarach. Jednym z tych wymiarów jest jej opłacalność dla mieszkańców. W zakresie rachunku opłacalności tej koncepcji warto zauważyć, że zależy ona od wielu czynników, do których zalicza się popyt i podaż na kopalne źródła energii, a w szczególności poziom cen kształtujący się pod ich wpływem, jak również postęp technologiczny zastosowanych rozwiązań.

Do tradycyjnych źródeł energii cieplnej w niemieckich gospodarstwach domowych należą olej opalowy i gaz ziemny, których wzrost cen odnotowano w latach 2000-2008 [Statistisches Bundesamt..., 2017]. Był to często jeden z podstawowych argumentów na rzecz podejmowanych działań związanych z tworzeniem wsi bioenergetycznych.

W zakresie opłacalności energii można posłużyć się badaniami prowadzonymi na dwudziestu wytypowanych wsiach bioenergetycznych. Badania m.in. w zakresie opłacalności zostały przeprowadzone w 2011 roku i w 2016 roku [Karpenstein-Machan, 2017, s. 72-76]. Podstawą do oceny opłacalności dla użytkownika końcowego było zestawienie kosztów użytkowania instalacji gospodarstwa domowego podłączonej do instalacji cieplnej z biogazowni w ramach wsi bioenergetycznej oraz gospodarstwa domowego wykorzystującego do ogrzewania kocioł olejowy. Obliczenia zrealizowano wobec założenia, że zapotrzebowanie gospodarstwa domowego na ciepło wynosiło przeciętnie 30 000 kWh, a w analizie wzięto pod uwagę pełną kalkulację kosztów ciepłowniczych, w tym kosztów podłączenia, wymaganego wkładu do podmiotu zarządzającego biogazownią wraz z uwzględnieniem odsetków kalkulacyjnych, robocizny.

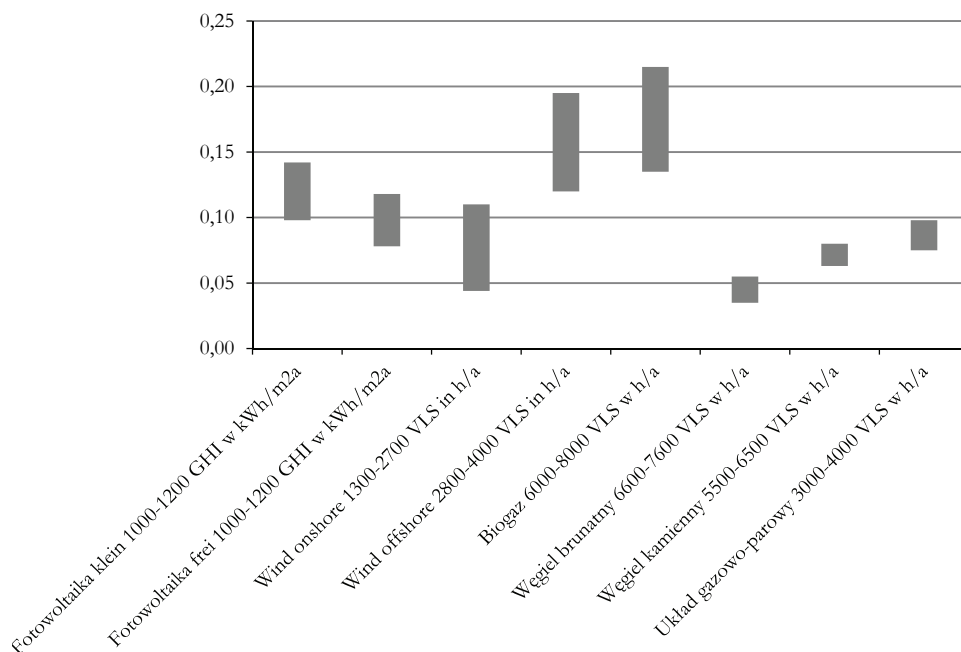
W 2011 roku całkowity koszt z tytułu korzystania z sieci ciepłowniczej wraz z kosztami wykorzystywanego ciepła w miejscowościach objętych badaniami oszacowano między 500 euro a 3 763 euro rocznie. Bardzo niskie całkowite koszty (od 500 euro do 1 400 euro rocznie) odnotowano w miejscowościach, w których zawarto umowy na dostarczanie ciepła na okres 20 lat, w których klienci zapłacili wysoką opłatę za przyłączenie do sieci lub klienci płacą uzgodnione wcześniej niskie ceny za dostarczone ciepło i zarazem nie wnosili dodatkowych opłat przyłączeniowych. Dodatkowo, w tych wsiach wszelkie szczytowe obciążenia na ciepło są zaspokajane samodzielnie przez odbiorców, co wynika z braku rozszczenia odbiorców o kompleksowe dostawy ciepła wobec operatora biogazowni. Skutkuje to tym, że system ciepłowniczy nie wymaga redundancji, co umożliwia dostarczenie ciepła po relatywnie niskiej cenie.

W dwudziestu badanych wsiach bioenergetycznych przeciętne koszty korzystania z systemu ciepłowniczego w 2011 roku wynosiły 2 278 euro brutto rocznie w stosunku do około 4 320 euro (0,85 euro /l) w przypadku ogrzewania domu olejem opalowym. Tym samym rozwiązanie polegające na wykorzystaniu biogazowni było o około 48% tańsze niż alternatywny sposób ogrzewania (olejem opalowym). Sytuacja w 2016 roku uległa zmianie z dwóch powodów. Z jednej strony koszty całkowite ciepła z biogazowni wzrosły o około 9% i ukształtowały się średnio na poziomie 2 482 euro rocznie. Z drugiej strony ceny oleju opałowego zmalały (0,51 euro /l), co spowodowało, że koszty ogrzewania olejem opalowym wynosiły około 3 370 euro. Te zjawiska przyczyniły się do tego, że ogrzewanie z biogazowni jest nadal tańszym rozwiązaniem od ogrzewania olejem opalowym, gdyż o około 25%, choć już nie tak atrakcyjnym, jak to było wcześniej [Karpenstein-Machan, 2017, s. 76].

Z porównania kosztów produkcji energii elektrycznej różnych nośników energii, w tym z OZE (rysunek 4.), wynika, że rozwiązanie polegające na uzyskiwaniu energii elektrycznej z biogazowni należy do jednych z najdroższych. Do najtańszych rozwiązań zalicza się energię elektryczną uzyskiwaną z lądowych farm wiatrowych i fotowoltaiki. Jednak były to rozwiązania nadal droższe niż energia elektryczna pozyskiwana ze spalania węgla brunatnego lub kamiennego.

Oceniając zagadnienie opłacalności, trzeba również wspomnieć o kontrowersjach dotyczących wykorzystywania biomasy do celów energetycznych. Podstawowymi zarzutami w stosunku do energii pozyskiwanej z biomasy są: ograniczoność pól uprawnych dla celów produkcji energii, możliwość utraty różnorodności biologicznej ze względu na intensyfikację upraw roślin energetycznych (np. rzepaku i kukurydzy), niska efektywność biomasy jako nośnika energii, gdyż rośliny magazynują tylko około 1% energii słonecznej. Według ekspertów z Leopoldiny (Niemiecka Akademia Nauk), alternatywą w odniesieniu do biomasy powinien być rozwój technologii mogących pozyskiwać energię z wiatru i słońca [*Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen*, 2012].

## RYSUNEK 4.

Koszty produkcji energii elektrycznej w Niemczech, w 2013 roku  
(w euro/kWh)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stromgestehungskosten erneuerbare Energien, 2013, s. 16].

Innymi argumentami przeciwko wykorzystywaniu biomasy na szeroką skalę, jako źródła energii, jest niska efektywność pozyskiwania energii w relacji do powierzchni, która dla biomasy kształtuje się w wysokości 2-6 kWh/m<sup>2</sup> na rok, co jest relatywnie bardzo niską wartością zwłaszcza w porównaniu z parkami wiatrowymi (około 50-80 kWh/m<sup>2</sup> na rok) oraz fotowoltanikami (100-300 kWh/m<sup>2</sup> na rok). Stwierdza się także, że potencjał biomasy dla celów energetycznych jest niski. Jednocześnie zespół ekspertów wykazał, że jest możliwa transformacja systemowa w niemieckiej energetyce bez biomasy, a jej udział powinien być stopniowo redukowany [Vollmer, 2016]. Niemiecki Urząd Ochrony Środowiska również postuluje zaniechanie rozwiązań dotyczących biomasy opartych na roślinach energetycznych, a w to miejsce rozwijanie rozwiązań opartych na energii odpadów [Jering i in. 2013, s. 92].

## 6. Podsumowanie

Transformacja energetyczna w Niemczech wynika przede wszystkim z zachodzących tam zjawisk społecznych, a mianowicie: dążenia do niezależności energetycznej, w tym

uniezależnienia się od importu; rosnącego sprzeciwu obywatelskiego w stosunku do energii jądrowej i jednocześnie wysokiego poziomu świadomości ekologicznej; spadających kosztów technologii OZE oraz wdrażanego modelu energetyki obywatelskiej.

Sformułowany we wstępie cel rozważań został w pełni zrealizowany. Przedstawiono ewolucję niemieckiej koncepcji wsi bioenergetycznej, a także dokonano oceny przeprowadzonych rozwiązań, w szczególności z perspektywy ekonomicznej efektywności.

W Polsce istnieją podobne warunki klimatyczne, jak w Niemczech. Wydaje się, że można rozważyć wykorzystanie niemieckich doświadczeń zarówno w zakresie koncepcyjnym, jak i technicznym realizacji miejscowości bioenergetycznych, a docelowo samowystarczalnych energetycznie. Jest to tym bardziej zasadne, że wiele wskazuje na to, że nie uda się zrealizować celów przyjętych w rządowej strategii rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce do 2020 roku.

Kluczową kwestią jest zarazem to, aby wdrażając polskie koncepcje biowiosek, nie popełniać błędów, które już teraz są wskazywane z perspektywy powstawania i funkcjonowania niemieckich biowiosek. W świetle powstających monokultur rolniczych, nastawionych na produkcję biomasy dla celów energetycznych, obecnie nacisk kładzie się na kompleksowe zarządzanie energią dzięki większemu zróżnicowaniu, wydajniejszemu, a także tańszemu w zakresie produkcji energii elektrycznej od biomasy źródła energii odnawialnej. Zaleca się wykorzystanie biomasy będącej jedynie produktem ubocznym produkcji rolnej, a w zastępstwie terminu biowioska coraz częściej pojawia się koncepcja *smart village* (*inteligentnej wioski*), jako formy samowystarczalności energetycznej wiosek opartej na innych nośnikach energii odnawialnej [Heck, Reis, 2017].

### **Wkład autorów w powstanie artykułu**

dr inż. Wojciech Zbaraszewski – opracowanie koncepcji badań, współudział w przeprowadzeniu badań i opracowaniu wyników – 50%

dr hab. Dariusz Pieńkowski – opracowanie koncepcji badań, współudział w przeprowadzeniu badań i opracowaniu wyników – 50%

### **Literatura**

*Agorameter*, <https://www.agora-energiewende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/76/Agorameter/> (data wejścia: 01.06.2017).

*Akzeptanz-Umfrage 2016*, AEE, Agentur für Erneuerbare Energien, <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/akzeptanz-umfrage-2016> (data wejścia: 07.06.2017).

*Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland in den Jahren 1992 bis 2016*, 2017, Statista, [www.kfw.de](http://www.kfw.de) (data wejścia: 07.06.2017).

*Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen*, 2012, [https://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/201207\\_Empfehlungen\\_Bioenergie\\_02.pdf](https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/201207_Empfehlungen_Bioenergie_02.pdf) (data wejścia: 08.06.2017).

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*, 2017, [http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html) (data wejścia: 08.06.2017).
- Bundesregierung beschließt Ausstieg aus der Kernkraft bis 2022*, 2017, Die Bundesregierung, <https://bioenergiesdorf.fnr.de> (data wejścia: 07.06.2017).
- EEWärmeG, 2008, *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich vom 07.08.200* (BGBl. I S. 1658).
- Eigner-Thiel S., Ruwisch V., 2015, *Bioenergiesdorf Jühnde: Von der Idee zur Umsetzung*, Jühnde, [http://www.bioenergiesdorf.info/fileadmin/user\\_upload/10\\_Jahre\\_BEDs/J%C3%BChnde\\_Idee\\_-\\_Umsetzung\\_VR\\_SET.pdf](http://www.bioenergiesdorf.info/fileadmin/user_upload/10_Jahre_BEDs/J%C3%BChnde_Idee_-_Umsetzung_VR_SET.pdf) (data wejścia: 07.06.2017).
- Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, 2010, [https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (data wejścia: 30.05.2017).
- Erneuerbare-Energien-Gesetz, 2000, *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien vom 29.03.2000* (BGBl. I S. 305).
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.*, FNR, <https://bioenergiesdorf.fnr.de> (data wejścia: 07.06.2017).
- Global Status Report, REN21*, 2016, Renewables, Paris, [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf) (data wejścia: 30.05.2017).
- Heck P., Anton T., Böhmer J., Huwig P., Meisberger J., Menze S., Pietz Ch., Reis A., Schierz S., Wagener F., Wangert S., 2014, *Bioenergiesdörfer. Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow-Prüzen.
- Heck P., Reis A., Böhmer J., Huwig P., Meisberger J., Menze S., Wagener F., Wangert S., 2014, *Bioenergiesdörfer (weiter) entwickeln – ein Leitfaden für den Weg zum Bioenergiesdorf*, [w:] *Lehre und Forschung 2013*, red. D. Bier, Hochschule Trier.
- Heck P., Reis A., 2017, *Smart Villages – Zukunftsfähige Gemeindeentwicklung*, [http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/2016/Flyer\\_Smart\\_Villages.pdf](http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/2016/Flyer_Smart_Villages.pdf) (data wejścia: 07.06.2017).
- Henning H. M., Palzer A., 2014, *A comprehensive model for the German electricity and heat sector in a future energy system with a dominant contribution from renewable energy technologies – Part I: Methodology*, “Renewable and Sustainable Energy Reviews”, 30, 1003–1018, DOI: 10.1016/j.rser.2013.09.012.
- Jering A., Klatt A., Seven J., Ehlers K., Günther J., Ostermeier A., Mönch L., 2013, *Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Jühnde, 2005, [https://bioenergiesdorf.fnr.de/fileadmin/bioenergiesdorf/dateien/doerfer/bed\\_14.pdf](https://bioenergiesdorf.fnr.de/fileadmin/bioenergiesdorf/dateien/doerfer/bed_14.pdf) (data wejścia: 02.06.2017).
- Karpenstein-Machan M., 2017, *Wärmenetze mit Schlüsselrolle für die Energiewende*, „Biogas Journal“, nr 1.
- Karpenstein-Machan M., Wüste A., Schmuck P., 2013, *Erfolgreiche Umsetzung von Bioenergiesdörfern in Deutschland – Was sind die Erfolgsfaktoren?*, [w:] *Berichte über Landwirtschaft*, Band 91, Ausgabe 2.
- Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020*, 2010, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.

- Kreditanstalt für Wiederaufbau*, 2017, KfW, [www.kfw.de](http://www.kfw.de) (data wejścia: 07.06.2017).
- Neumann Ch., *Der Wettbewerb „Bioenergieidörfer am Start“*, [http://www.bioenergieregion-suedschwarzwald.de/fileadmin/user\\_upload/Service/Vortraege/3.\\_Kommunalforum/Neumann\\_Praesentation\\_Wettbewerb\\_Gewinner.pdf](http://www.bioenergieregion-suedschwarzwald.de/fileadmin/user_upload/Service/Vortraege/3._Kommunalforum/Neumann_Praesentation_Wettbewerb_Gewinner.pdf) (data wejścia: 01.06.2017).
- Niemiecka transformacja energetyczna*, 2012, A. Kwiatkowska-Drożdż (red.), Raport OSW, Warszawa.
- Optimal Use of Biogas from Waste Streams. An Assessment of the Potential of Biogas from Digestion in the EU Beyond 2020*, 2016, European Commission.
- Paul N., 2014, *Das Geld des Dorfes dem Dorfe – Bioenergieidörfer leben Energieautarkie*, Umweltreport, Mecklenburg-Vorpommern.
- Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung*, 2017, Statistisches Bundesamt (Destatis), [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF\\_5619001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF_5619001.pdf?__blob=publicationFile) (data wejścia: 02.06.2017).
- Ruppert H., Eigner-Thiel S., Girschner W., Karpenstein-Machan M., Roland F., Ruwisch V., Sauer, B., Schmuck, P., 2008, *Wege zum Bioenergieidorf – Leitfaden für eigenständige Wärme- und Stromversorgung auf Basis von Biomasse im ländlichen Raum*, Gulzow: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe.
- Statistisches Bundesamt, Daten zur Energiepreisentwicklung – Lange Reihen – April*, 2017, Destatis, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/Energiepreisentwicklung.html> (data wejścia: 07.06.2017).
- StromEinspG, 1990, *Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz vom 7. Dezember* (BGBl. I S. 2633).
- Stromgestehungskosten erneuerbare Energien*, 2013, Ch. Kost, T. Schlegl, J. Thomsen, S. Nold (red.), Fraunhofer ISE, Freiburg.
- Urząd Regulacji Energetyki*, 2017, <http://www.ure.gov.pl/> (data wejścia: 06.06.2017).
- Vollmer C., *Energiewende ohne Biomasse, Expertenworkshop zu Trend 8*, Strom 2030, Umweltbundesamt, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/strom-2030-trend-8-praesentation-energiewende-ohne-biomasse.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/strom-2030-trend-8-praesentation-energiewende-ohne-biomasse.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (data wejścia: 08.06.2017).