



Maciej SOŁTYSIK*, Karolina MUCHA-KUŚ**, Radomir ROGUS***

Klasytery energii w osiągnięciu samowystarczalności energetycznej gmin

Streszczenie: Rynek energii w Polsce sukcesywnie ewoluuje w kierunku promowania i intensywnego rozwoju energetyki obywatelskiej przekładającego się na różnego rodzaju inicjatywy i działania o zasięgu regionalnym i lokalnym. Jednym z takich działań jest dążenie do szeroko rozumianego stworzenia właściwych warunków do budowy samowystarczalności energetycznej na poziomie gmin. Cel ten ma charakter perspektywiczny i może być ciekawą alternatywą dla energetyki zawodowej w obszarze poprawy bezpieczeństwa energetycznego i tworzenia zasobów wytwórczych bazujących na lokalnej strukturze *energy-mix*. Równolegle tworzone są regulacje, mechanizmy i narzędzia wspierające realizację tych celów. W artykule opisany został przykładowy model postępowania, który wpisuje się w realizację celu uzyskania samowystarczalności energetycznej jednej z gmin rolniczych. Koncepcja ta dotyczy budowy klastra energii na podstawie partnerstwa publiczno-prywatnego. W ramach inicjatyw klastrowych możliwe staje się stworzenie lokalnych obszarów samowystarczalności energetycznej, gwarantującej uczestnikom klastra osiągnięcie korzyści na poziomie zarówno partykularnym, jak i zbiorowym. Na poziomie indywidualnych korzyści odbiorcy mogą uzyskać tańszą energię elektryczną i ciepło, a wytwórcy korzystniejsze względem rynkowych ceny sprzedaży energii. W ramach dodatkowych korzyści uzyskuje się pobudzenie gospodarki na poziomie lokalnym i regionalnym, wzrost konkurencyjności oraz poprawę bezpieczeństwa dostaw mediów. W artykule przedstawiono także wyniki analiz bilansu energetycznego gminy wraz z rekomendacją w zakresie technologii gwarantujących uzyskanie samowystarczalności energetycznej. Dla wybranej technologii zilustrowany został proces realizacji inwestycji w źródło wytwórcze wraz z oceną przychodowo-kosztową, modelem finansowania i bilansem korzyści po stronie uczestników klastra. Dowiedziona została tym samym teza, że klasytery energii mogą być skutecznym narzędziem realizacji celu samowystarczalności energetycznej gmin.

Słowa kluczowe: samowystarczalność energetyczna gmin, klastery energii, proces inwestycyjny, MEW

* Dr inż., ** Dr, Instytut Projektów i Analiz sp. z o.o., Gliwice;
e-mail: maciej.soltysik@ipa-instytut.pl; karolina.mucha-kus@ipa-instytut.pl
*** Inż., Politechnika Śląska, Gliwice; e-mail: rogusradomir@gmail.com

Energy clusters in achieving the energy self-sufficiency of communes

Abstract: The energy market in Poland is gradually evolving in the direction of the promotion and intensive development of the civil energy sector, what translates into various regional and local initiatives and activities. One of such activities is the widely understood provision of appropriate conditions for achieving energy self-sufficiency at the commune level. This goal is of a forward-looking nature and can be an interesting alternative for the professional power industry in the area of improving energy security and creating production resources based on the local energy-mix structure. At the same time, regulations, mechanisms and tools are being developed to support these objectives. The paper describes an exemplary model of proceeding, which takes part in the process of achieving energy self-sufficiency in one of the agricultural communes. This concept concerns the construction of an energy cluster based on a public-private partnership. In terms of cluster initiatives, it is becoming possible to create local areas of energy self-sufficiency, which ensure benefits gained by the cluster participants at both the individual and collective level. As regards the individual level, customers can purchase less expensive electricity and heat, while the energy producers sell it more profitably in comparison with the market prices. Additional benefits include enhancing the economy at the local and regional level, increasing competitiveness and improving the security of media supplies. The paper also presents the results of the analyses of the commune's energy balance, together with a recommendation in the field of technologies guaranteeing energy self-sufficiency. For a selected technology, the process of investing in the generation source has been illustrated, along with the income and cost assessment, financing model and the balance of benefits from the perspective of the cluster's participants. Thus, the thesis that energy clusters can be an effective tool for achieving the energy self-sufficiency of communes has been proven.

Keywords: energy self-sufficiency of communes, energy cluster, investment process, small HPP

Wprowadzenie

Zmiany na rynku energii, w tym zmiany regulacyjne, determinują wśród jego uczestników ciągły rozwój w zakresie stosowanych strategii działań. Koncepcja samowystarczalności energetycznej gmin jest kwestią coraz częściej omawianą zarówno przez przedstawicieli nauki, jak i biznesu. Ma ona szansę stać się modelem biznesowym, gwarantującym po pierwsze wzrost szeroko rozumianego poziomu bezpieczeństwa energetycznego, jak również sukces ekonomiczny. Status samowystarczalności energetycznej gmina może osiągnąć realizując politykę uzyskania równowagi między popytem a podażą energii elektrycznej w ustalonym stopniu. Rosnące zainteresowanie tematem można zauważyć poprzez realizowane projekty mające na celu identyfikację możliwości samowystarczalności energetycznej gmin w naszym kraju, jak również określenie możliwości i sposobu dojścia do osiągnięcia samowystarczalności w omawianym zakresie. Przykładem takiej inicjatywy może być projekt zrealizowany przez Politechnikę Częstochowską (**Projekt GSE**), który swoim zakresem obejmował analizę samowystarczalności energetycznej 17 gmin na terenie Polski. W ramach projektu na obszarze gmin została przeprowadzona analiza miejscowych uwarunkowań, możliwości i zasobów w zakresie dyspozycyjnego wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu oraz innych potrzeb z zakresu energetyki. Przeprowadzona ekspertyza, w realizacji której uczestniczył jeden z autorów artykułu, wskazała możliwości zastosowania innowacyjnych metod i technologii energetycznych również w obszarze wytwarzania i magazynowania energii, optymalnych dla danej lokalizacji. Ponadto wykazana została zasadność tworzenia rozwiązań hybrydowych o uzupełniających się cechach, w tym wysokosprawnych układów kogeneracji z wykorzystaniem źródeł OZE wraz z ich dopasowaniem do strategicznych planów rozwoju każdej z gmin.

Z drugiej strony, zgodnie z zapisami ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii ([Ustawa 2015](#)), podmioty rynkowe mają możliwość tworzenia cywilno-prawnych porozumień, w skład których mogą wchodzić osoby fizyczne, osoby prawne, jednostki naukowe, instytuty badawcze lub jednostki samorządu terytorialnego, dotyczące wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii. Istotą klastrów energii, bo o nich mowa, jest podejmowanie działań polegających na wzajemnym równoważeniu zapotrzebowania odbiorców z generacją w klastrze. Takie porozumienie jest odpowiedzią na potrzebę dążenia przez zaangażowane podmioty do wzrostu efektywności podejmowanych działań zarówno indywidualnych, jak i wspólnych. Koncepcja ta z zasady ma stwarzać bodźce inwestycyjne, gwarantując z jednej strony odpowiednio wysoki poziom cen zakupu energii od wytwórców zagregowanych w klastrze, a z drugiej strony niższe niż poza klastrem koszty zakupu i dostawy energii ponoszone przez odbiorców. Funkcjonowanie struktur klastrowych w polskiej gospodarce ma już swoją historię, która zmaterializowała się głównie w obszarach innowacyjnych, ekologicznych i logistycznych. Aktualnie promowane podejście rozszerza tę perspektywę o możliwość tworzenia dedykowanych klastrów energii. Ustawowa definicja klastra wskazuje na celowo-podmiotowe działanie skupiające się głównie na potrzebie lokalnego równoważenia podaży i popytu energii elektrycznej. Ta nadrzędna i ogólnie sformułowana idea implikuje szereg celów pośrednich istotnych zarówno z perspektywy partykularnych interesów uczestników klastra, jak również szerokiego ujęcia regionalnego i krajowego. Patrząc przez ten pryzmat, budowa klastrów energii przyczyni się do wzrostu bezpieczeństwa energetycznego, szczególnie istotnego na obszarach o mniejszej intensyfikacji sieci przesyłowej i dystrybucyjnej. Ponadto wpłynie na realizację celu indykatywnego w zakresie udziału produkcji energii ze źródeł OZE w ogólnym bilansie produkcji.

Mając na uwadze powyższe, niniejszy artykuł stanowi próbę odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób idea tworzenia klastrów energii przyczyni się do osiągnięcia samowystarczalności energetycznej gmin.

1. Samowystarczalność energetyczna gmin

Budowa samowystarczalności energetycznej gmin jest procesem złożonym, w którym zaproponowany i przyjęty model decyzyjny powinien uwzględniać uwarunkowania zarówno bieżące, jak i przyszłe w zakresie popytu na energię elektryczną oraz zasobów energetycznych. Proces ten powinien zatem objąć m.in. następujące elementy:

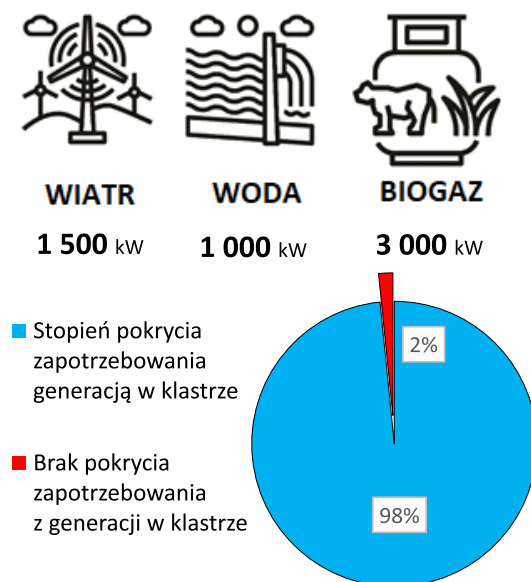
1. Wybór lokalizacji jednostek wytwórczych i omówienie kryteriów lokalizacyjnych.
2. Przegląd technologii możliwych do zastosowania oraz wybór technologii odpowiedniej do charakterystyki terenu.
3. Stworzenie modelu funkcjonowania jednostki samowystarczalnej energetycznie na podstawie danych technicznych oraz danych rzeczywistych dotyczących produkcji i zużycia energii.
4. Rozpoznanie możliwości finansowania, w tym finansowania zewnętrznego. Stworzenie modelu finansowania w różnych możliwych wariantach.

5. Wykonanie projekcji przychodowo-kosztowej przy różnych wariantach inwestycji dla okresu 20 lat.
6. Wyznaczenie podstawowych wskaźników umożliwiających ocenę i interpretację wyników.

Stworzenie modelu osiągnięcia samowystarczalności energetycznej powinno być poprzedzone zdefiniowaniem poziomu pokrycia zapotrzebowania na energię w określonym wymiarze czasowym, które mogłoby być uznane za świadczące o uzyskaniu niezależności energetycznej. Ministerstwo Energii w ogłoszonym konkursie na certyfikację klastrów ([Konkurs 2017](#)) wskazało na dwa kryteria. Pierwsze z nich dotyczyło stopnia pokrycia zapotrzebowania na energię w klastrze z własnych źródeł. W myśl wytycznych kryterium można uznać za spełnione, jeśli co najmniej 50% zapotrzebowania w domenie działania klastra energii na ciepło i inne nośniki wykorzystywane przez odbiorców do produkcji ciepła użytkowego albo 30% zapotrzebowania na energię elektryczną zaspokajane jest (statystycznie) przez wytwórców będących członkami klastra energii. Drugie kryterium dotyczyło udziału produkcji energii ze źródeł OZE lub źródeł kogeneracyjnych i wskazywało, że jest ono spełnione, jeśli co najmniej 15% energii zużywanej przez członków klastra energii jest produkowane z OZE lub co najmniej 20% energii zużywanej przez członków klastra energii jest produkowane w kogeneracji, lub jest ciepłem odpadowym. Warto dodatkowo podkreślić, że uzyskanie statusu samowystarczalności nie wymaga samobilansowania energetycznego na poziomie 100%, jest rozłożone w czasie i dotyczy ujęcia statystycznego – uśrednionego np. w horyzoncie miesiąca lub roku ([Regulamin 2017](#)).

O ile stworzenie modelu osiągnięcia samowystarczalności energetycznej na zakładanym poziomie, jak i jego usankcjonowanie w planach zagospodarowania gminy w media lub w planach gospodarki niskoemisyjnej możliwe jest do uzyskania w ramach kompetencji i budżetu samorządu, o tyle realizacja wysokonakładowych inwestycji w infrastrukturę techniczną, wytwórczą i pomiarową wymaga w większości przypadków zaangażowania kapitału prywatnego lub działań i środków w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego. Klastry energii stanowiąc zatem mogą formułę realizacji zakładanego celu, możliwego do uzyskania w ramach działań wpisujących się w ekonomię współdzielenia z uwzględnieniem zewnętrznego zaangażowania kapitałowego. Szczególnie istotny staje się w tym momencie proces optymalizacyjny związany z doбором uczestników klastra ([Sołtysik i Kozakiewicz 2017](#)) i zaprojektowaniem mechanizmów rozliczeniowych ([Sołtysik 2017](#)).

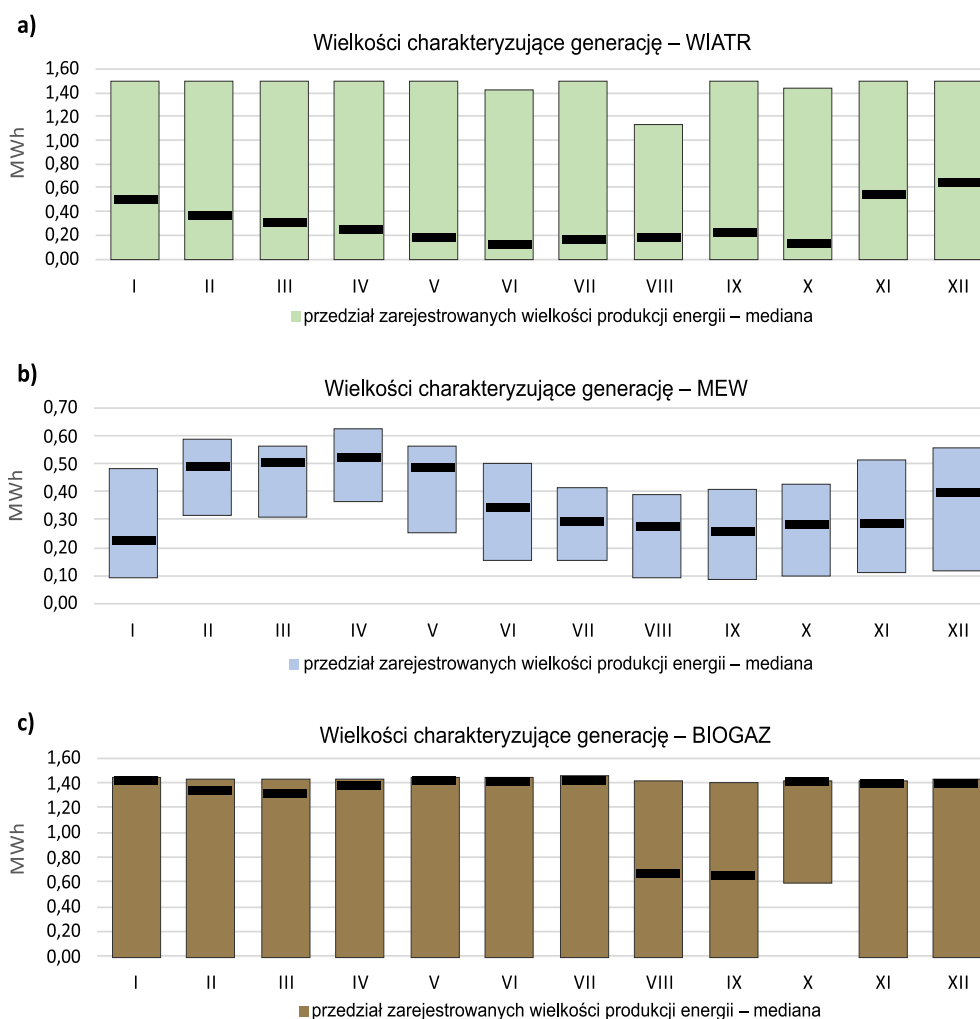
Dowiedzenie postawionej we wstępie tezy przeprowadzone zostanie na przykładzie gminy wiejskiej liczącej około 6,8 tys. mieszkańców, posiadającej potencjał wytwórczy bazujący na energii wiatru, wody oraz biogazu rolniczego. Zapotrzebowanie gminy na energię elektryczną w skali roku wynosi około 17 GWh, przy czym wszyscy odbiorcy zasilani są na poziomie średniego i niskiego napięcia. Przeprowadzona w sposób szczegółowy analiza potencjału wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych i bilansu wskazuje, że przy uwzględnieniu ograniczeń lokalizacyjnych i zasobowych możliwe staje się łącznie wybudowanie farmy wiatrowej o mocy 1,5 MW, małych elektrowni wodnych o sumarycznej mocy 1,0 MW oraz dwóch źródeł biogazowych o łącznej mocy 3,0 MW. Tak skonstruowana struktura wytwórcza w klastrze umożliwia uzyskanie uśrednionej w skali roku samowystarczalności energetycznej na poziomie 98%, co przedstawiono na rysunku 1. Należy podkreślić,



Rys. 1. Zasoby wytwórcze w funkcji uzyskania samowystarczalności energetycznej

Fig. 1. Generation resources as a function of obtaining energy self-sufficiency

że wskazane źródła wytwórcze cechują się sezonowością generacji, przez co nie jest możliwe uzyskanie samowystarczalności w krótszych odcinkach czasu. Do analiz symulacyjnych wykorzystane zostały rzeczywiste profile wytwórcze odpowiadające rozpatrywanym technologiom. Ilustrację charakterystycznych wartości dla każdego profilu w granulacji miesięcznej przedstawiono na rysunku 2. Warto podkreślić i wskazać na kilka podstawowych różnic występujących między profilami. W przypadku źródeł wiatrowych występuje bardzo duża zmienność generacji, a amplituda sięga wartości od minimum do maksimum. Mediana odpowiadająca wartości przeciętnej zbliżona jest do minimum generacji, co jest szczególnie widoczne w miesiącach letnich. W przypadku małych elektrowni wodnych warty podkreślenia jest fakt, że dla analizowanego profilu wytwórczego nie zaobserwowano sytuacji braku generacji. Mediana bliższa jest maksymalnym odnotowanym poziomom generacji, co świadczy o wzroście stabilności profilu w porównaniu do technologii bazującej na wietrze. Analiza profilu źródła biogazowego pozwala wnioskować, że pomimo odnotowanych, bardzo nielicznych sytuacji braku generacji, wartość przeciętna praktycznie odpowiada wartościom maksymalnym. Dowodzi to, że profil generacji z wykorzystaniem biogazu cechuje się największą stabilnością, która wynika z charakteru pracy źródła. Generacja uniezależniona jest w znacznym stopniu od czynników zewnętrznych i ma silne odwzorowanie w grafikach produkcji. Analizując profile wytwórcze, można stwierdzić, że nie jest możliwe uzyskanie samowystarczalności w horyzoncie dobowo-godzinowym. W przypadku zagregowania wszystkich przeanalizowanych profili wytwórczych i skompensowaniu ich z wypadkowym profilem odbiorczym możliwa staje się ocena bilansu w ujęciu miesięcznym, którą przedstawiono na rysunku 3. Wyniki symulacji potwierdzają, że samowystarczalność energetyczna

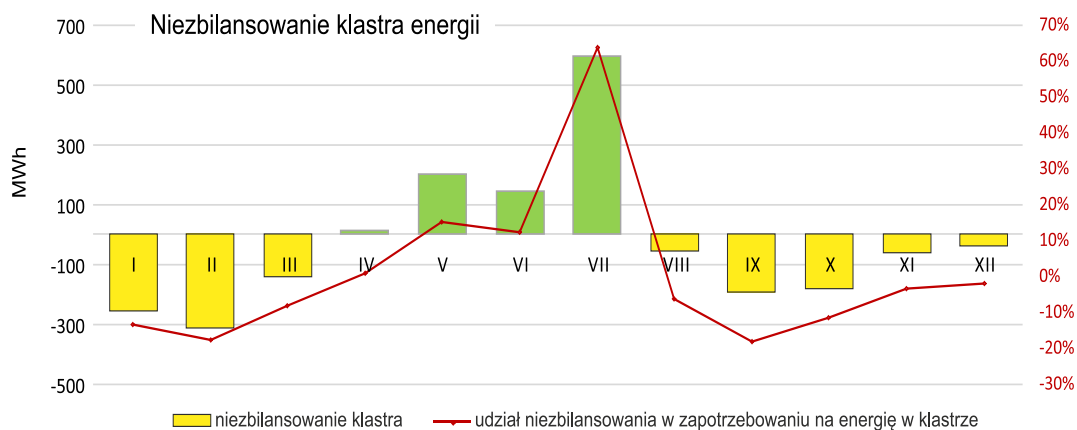


Rys. 2. Wielkość generacji w granulacji miesięcznej uzyskana dla różnych technologii wytwórczych
 a) farma wiatrowa o mocy 1,5 MW, b) zespół MEW o łącznej mocy 1 MW,
 c) źródło biogazowe o mocy 1,5 MW

Fig. 2. Generation rate in monthly fragmentation obtained by various technologies
 a) 1.5 MW windfarm, b) small HPP complex with total power of 1 MW,
 c) biogas-driven source with 1.5 MW

nie jest możliwa do uzyskania w sposób trwały i stabilny na poziomie bilansu miesięcznego. Dla analizowanego przypadku zrównoważenie udało się uzyskać jedynie dla 4 miesięcy.

Identyfikacja zasobów energetycznych na terenie gminy wraz z oceną możliwości bilansowych, po uwzględnieniu charakterystyki odbiorczej, jest pierwszym i podstawowym elementem stwarzającym podwaliny procesu tworzenia klastra energii. Nie wyczerpuje on jednak katalogu niezbędnych działań. W dalszej kolejności powinien nastąpić szereg



Rys. 3. Bilans popytowo-podażowy w gminie w granulacji miesięcznej

Fig. 3. Demand and supply balance in the commune in monthly fragmentation

czynności związanych z formalnym powołaniem struktury, doбором uczestników, wyborem koordynatora i jego prawnym umocowaniem do działań (Konceptja 2017), a także stworzeniem mechanizmu rozliczeniowego oraz elementów zachęt do współuczestnictwa w klastrze. Wszystkie te składniki powinny stać się formalnym narzędziem do podejmowania uzasadnionych ekonomicznie i społecznie decyzji inwestycyjnych, mających wesprzeć samowystarczalność energetyczną na poziomie lokalnym i regionalnym. Z perspektywy postawionego celu pracy wartościowe wydaje się być przedstawienie przykładowego procesu realizacji inwestycji w źródło wytwórcze – małą elektrownię wodną wraz z charakterystyką podstawowych założeń przyjętych do projekcji przychodowo-kosztowej i wyznaczeniem podstawowych wskaźników oceny inwestycji. Przedstawione założenia i wyniki analiz, są produktem prac symulacyjnych zrealizowanych przez zespół autorski w ramach prac projektowych (Projekt GSE).

2. Przykład działań inwestycyjnych

Budowa elektrowni wodnej jest procesem kapitałochłonnym i złożonym, w ścisły sposób uzależnionym od zasobów i warunków hydrologicznych oraz zgód środowiskowych i wodno-prawnych. Sprowadza się to zatem do konieczności przeprowadzenia bardzo dokładnych analiz:

- lokalizacyjnych, uwzględniających m.in. potencjał energetyczny, ceny gruntów, dostępność i bliskość sieci elektroenergetycznej,
- uzasadnionego technicznie i ekonomicznie doboru turbiny i generatora.

2.1. Projekcja kosztowa

W przedmiotowym przypadku pierwszym krokiem zrealizowanej analizy było sprawdzenie zasobów hydrologicznych miejsc potencjalnej lokalizacji źródła wytwórczego. W tym celu, przy korzystaniu z map wysokościowych, określone zostały wysokość i spadek terenu we wsiach znajdujących się na terenie gminy. W wyniku badania stwierdzono, że różnica wysokości poziomu koryta rzeki w dwóch skrajnie oddalonych od siebie lokalizacjach wynosi 11 m, a w ramach wybranego, krótkiego odcinka rzeki sięga 3 m. Potencjał hydrologiczny, przeanalizowany na bazie danych historycznych, wskazał na możliwość budowy źródła o mocy około 1 MW, co związane byłoby z koniecznością budowy zlewni w formie zbiornika retencyjnego o powierzchni około 17 hektarów. Ceny nieużytków rolnych, które mogłyby być użyte na budowę zbiornika oscylowały na poziomie 29 tys. zł/ha (KOWR), co sumarycznie przy opcji zakupu gruntu składałoby się na koszt na poziomie około 493 tys. zł.

Biorąc jednak pod uwagę fakt, że grunt jest własnością gminy wchodzącej w skład klastra, możliwa staje się rezygnacja z zakupu na rzecz użyczenia lub dzierżawy, co w istotny sposób ograniczyłoby wymiar nakładów inwestycyjnych. Ostatnim składnikiem tej grupy kosztów jest budowa infrastruktury sieciowej. Klastrer jako porozumienie formalno-prawne może również obejmować aspekty związane z dystrybucją energii, stąd założono, że koszt przyłącza będzie w całości poniesiony przez uczestników klastra. Przeprowadzona analiza wskazała na konieczność budowy około 1,5 km linii SN łączącego nowo budowane źródło wytwórcze z istniejącą stacją transformatorową. Koszt tej budowy wraz z przyłączeniem skalkulowano na poziomie około 280 tys. zł.

Drugą grupę stanowią koszty operacyjne. Należy do niej zaliczyć koszty związane z dzierżawą gruntu pod nieruchomości do prowadzenia działalności gospodarczej i instalacji urządzeń oraz koszty eksploatacyjne związane z serwisowaniem przyłącza i infrastruktury sieciowej. W zależności od powierzchni budynku i stawki za metraż, koszt dzierżawy można oszacować na poziomie około 4 tys. zł/rok, a koszty eksploatacji przyłącza na poziomie 12 tys. zł/rok.

Wybór lokalizacji uwzględniający omówione ograniczenia determinuje poziom mocy źródła i jego podstawowe parametry funkcjonowania, co przekłada się na wybór możliwej do zastosowania technologii wytwarzania energii elektrycznej. Wybór ten powinien mieć uzasadnienie techniczne i ekonomiczne. Turbina powinna być dostosowana do lokalnego spadku cieku wodnego, przepływu oraz maksymalnej sprawności generacji, którą można uzyskać dla lokalnych warunków. Z przeprowadzonych analiz wynika, że średni przepływ wynosi około 60 m³/s, przy czym poziomy ekstremalne sięgają w ujęciu rocznym wartości około 19 i 1000 m³/s. Z tej perspektywy optymalnym wyborem byłoby zastosowanie dwóch turbin Kaplana o przepłyku znamionowym 20 m³/s. Sprawność elektrowni bazującej na tym typie turbiny w połączeniu z typowymi sprawnościami generatora, przekładni i transformatora, da wypadkowo poziom około 72%, co jest istotną składową przy modelowaniu poziomu i wycenie produkcji. Dla tak określonych parametrów technicznych moc elektrowni wyniesie 940 kW.

Bardzo istotnym elementem kosztów inwestycyjnych, uzupełniającym określone wyżej koszty związane z lokalizacją, są składniki związane z realizacją projektu budowy elektrow-

ni, zakupem turbin i urządzeń oraz przeprowadzeniem prac budowlanych. Składniki te w połączeniu z kosztami przyłącza i budowy sieci oscylują łącznie na poziomie 14–16 mln zł. W zakresie kosztów operacyjnych istotne składniki prócz podatku od nieruchomości to dyżurująca obsługa elektrowni, koszty utrzymania ciekłu wodnego, ubezpieczenie, serwis, obsługa księgową i prawną dające łącznie poziom około 192–211 tys. zł/rok. Zbiorcza ilustracja kosztów przedstawiona została w tabeli 1.

TABELA 1. Łączne nakłady inwestycyjne i operacyjne

TABLE 1. Total investment and operational costs

	MEW 940
CAPEX _{min}	14,6 mln zł
OPEX _{min}	192,4 tys. zł
CAPEX _{max}	16,1 mln zł
OPEX _{max}	211,6 tys. zł

2.2. Finansowanie projektu

Symulacja finansowania projektu budowy źródła w klastrze oparta została na scenariuszu kredytowym lub dotacji. Pierwszy scenariusz zakładał skorzystanie z pożyczki oferowanej przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej: BOCIAN – rozproszone, odnawialne źródła energii. Maksymalna kwota pożyczki dla podmiotu wynosiła 40 mln zł z kwartalnym oprocentowaniem 2%. Dofinansowanie obejmowało 85% kosztów kwalifikowanych, w związku z tym w obu przypadkach (CAPEX_{min}/CAPEX_{max}) możliwe było uzyskanie kwot 12,4 oraz 13,7 mln zł pożyczki z okresem spłaty 15 lat.

Drugi scenariusz zakładał skorzystanie z Programu Infrastruktura i Środowisko: Działanie: 9.4 Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych. W programie tym jeden podmiot miał możliwość uzyskania od 30 do 70% kosztów kwalifikowanych, z ograniczeniem maksymalnej kwoty wsparcia do poziomu 40 mln zł. W efekcie w obu przypadkach (CAPEX_{min}/CAPEX_{max}) możliwe było otrzymanie maksymalnie odpowiednio 10,2 oraz 11,3 mln zł przy jednoczesnym uwzględnieniu braku kwalifikowalności ewentualnego kosztu związanego z zakupem działki.

Analiza scenariuszowa ograniczyła się zatem do czterech przypadków:

- wariant I – CAPEX_{min} + kredyt,
- wariant II – CAPEX_{max} + kredyt,
- wariant III – CAPEX_{min} + dotacja,
- wariant IV – CAPEX_{max} + dotacja.

2.3. Projekcja przychodowa

Mając na uwadze obliczoną moc osiągalną elektrowni wodnej, kolejnym krokiem było przeprowadzenie symulacji profilu generacji energii wraz z oceną możliwości zbilansowania jej z zapotrzebowaniem odbiorców klastra na energię elektryczną. Wykorzystane do analizy dane były odzwierciedleniem rzeczywistego profilu produkcji małej elektrowni wodnej przeskalowanym do poziomu odpowiadającemu mocy zainstalowanej 940 kW, jak również rzeczywistych profili zużycia energii elektrycznej przez odbiorców należących do grupy taryfowej „B” i „C”.

Uzyskana w ten sposób została ścieżka wolumetryczna sprzedaży, która jest nieodzownym elementem projekcji przychodowej. Drugi komponent projekcji to prognoza długoterminowa cen energii elektrycznej, która wykonana została w horyzoncie 2030 r. Bazę stanowiła cena odniesienia wynosząca 302,40 zł/MWh, odpowiadająca średniej cenie energii elektrycznej u odbiorców aplikujących do klastra. Projekcja cen zakładała dla uproszczenia ich liniowy wzrost z uwzględnieniem dynamiki z ostatnich trzech lat. Iloczyn obu czynników skorygowany o bilans przychodów i kosztów związanych z niezbilansowaniem klastra, posłużył w dalszej kolejności do wyznaczenia przepływów finansowych i wskaźników oceny projektów inwestycyjnych.

2.4. Wskaźniki

Syntetycznej ilustracji oceny efektywności ekonomicznej inwestycji można dokonać poprzez wyznaczenie i analizę podstawowych wskaźników, do których zaliczyć można wartość bieżącą netto, stanowiącą różnicę pomiędzy zdyskontowanymi przepływami pieniężnymi a nakładami początkowymi oraz wewnętrzną stopę zwrotu IRR. Wartości te dla każdego wariantu przedstawiono w tabeli 2.

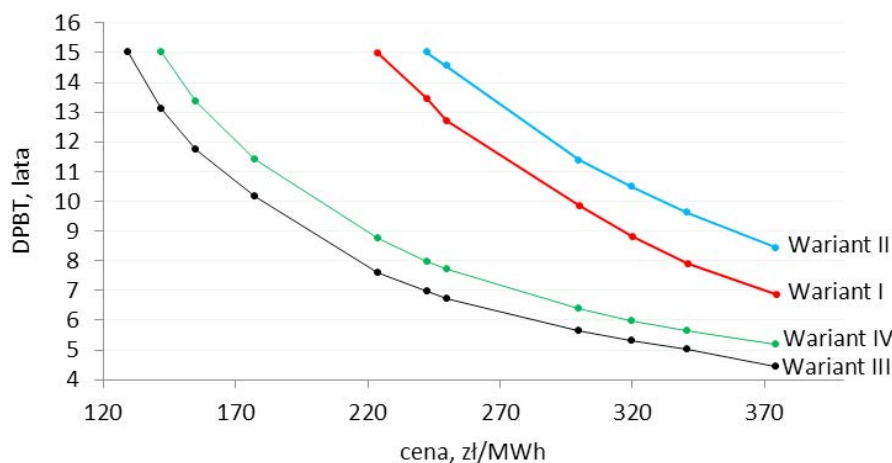
TABELA 2. Łączne nakłady inwestycyjne i operacyjne

TABLE 2. Total investment and operational costs

	NPVR	IRR
Wariant I	63,8%	14,5%
Wariant II	64,6%	13,4%
Wariant III	36,2%	6,2%
Wariant IV	41,9%	6,7%

Drugą grupą miar, ilustrujących czas niezbędny do odzyskania nakładów poniesionych na realizację inwestycji, są wskaźniki prostego czasu zwrotu nakładów SPBT i zdyskontowanego czasu zwrotu nakładów DPBT. Wskaźnik SPBT ilustrujący czas, po którym stru-

mień przepływów uzyska wartość zerową, wyniósł 8 lat – dla wariantów I oraz II – oraz 11 lat dla scenariuszy III i IV. Ilustracja zdyskontowanego czasu zwrotu nakładów przedstawiona została na rysunku 4.



Rys.4. Zdyskontowany czas zwrotu nakładów

Fig. 4. Discounted payback time

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że korzystniejszym modelem finansowania są scenariusze dotacyjne. Dla wariantów, w których korzysta się z dotacji, przy założeniu ceny jednostkowej netto na poziomie 250 zł/MWh zdyskontowany czas zwrotu DPBT jest mniejszy niż 8 lat, a NPV znajduje się na akceptowalnym poziomie wynoszącym około 7–9 mln zł. W przypadku opcji kredytowych i założeniu zwrotu inwestycji w czasie 8 lat, cena za energię elektryczną, jaką można zaproponować odbiorcom w klastrze, jest istotnie wyższa niż cena taryfowa obowiązująca przed przystąpieniem do klastra. W przypadku obniżenia ceny poniżej poziomu taryfowego, zdyskontowany czas zwrotu przekracza 11 lat, co skutkuje wzrostem ryzyka inwestycyjnego przy bardzo małym poziomie NPV wynoszącym około 3–5 mln zł, implikującym ograniczoną opłacalność inwestycji.

Podsumowanie

Proces budowania samowystarczalności energetycznej gmin związany jest z koniecznością podjęcia szeregu czynności i działań o charakterze długofalowym. Procesy inwestycyjne w budowę nowych mocy wytwórczych stanowią jeden z podstawowych elementów tej koncepcji. Przedstawiony w artykule przykład procesu inwestycyjnego, przy odpowiednich założeniach, gwarantuje pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną dla części odbiorców przy jednoczesnym spełnieniu warunku konkurencyjności cen. Zrealizowana w ramach klastra energii budowa źródła wytwórczego sprzężonego z lokalnym odbiorem

wpisuje się w nadrzędny cel dążenia do niezależności energetycznej regionu, podnosząc lokalny wymiar bezpieczeństwa dostaw energii i dając wymierne korzyści podmiotom współtworzącym klastry.

Literatura

- Koncepcja 2017 – Koncepcja funkcjonowania klastrów energii w Polsce – ekspertyza przygotowana na zlecenie Ministerstwa Energii, 2017.
- Konkurs 2017. [Online] Dostępne w: <http://www.me.gov.pl/Energetyka/Klastry+energii> [Dostęp: 25.01.2018].
- KOWR. [Online] Dostępne w: <http://www.kowr.gov.pl/nieruchomosci/oferty> [Dostęp: 25.01.2018].
- Projekt GSE – Projekt „GSE – Gmina Samowystarczalna Energetycznie”, realizowany pod kierownictwem Politechniki Częstochowskiej, dofinansowany ze środków Mechanizmu finansowego EOG 2009–2014 w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej. [Online] Dostępne w: <http://www.el.pcz.pl/pl/wydarzenia/162-podsumowanie-konferencji-gse-gmina-samowystarczalna-energetycznie> [Dostęp: 25.01.2018].
- Regulamin 2017 – Regulamin konkursu dla klastrów energii – Ministerstwo Energii, Departament Energii Odnawialnej 2017.
- Sołtysik, M. 2017. Założenia funkcjonowania klastrów energii. *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej* Nr 53.
- Sołtysik, M. i Kozakiewicz, M. 2018. *Wybrane zagadnienia optymalizacyjne w klastrach energii. Zarządzanie Energią i Teleinformatyką*. Nałęczów 19–21.02.2018 r.
- Ustawa 2015 – Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2015, poz. 478, 2365, z 2016, poz. 925, 1579).