

Joanna Niemczewska
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Ocena opłacalności wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej z biogazu na przykładzie biogazowni rolniczej

Wstęp

Inwestowanie w rozwój technologii do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, takich jak: słońce, wiatr, woda, biomasa (materia organiczna pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego), czy energia geotermalna, staje się coraz bardziej powszechne. Dobrze dobrane technologie do produkcji energii zastosowane w projektach OZE przesądzą o powodzeniu danej inwestycji. Zmniejszenie uzależnienia od pierwotnych nośników energii, dywersyfikacja źródeł energii, obok szeroko rozumianej ochrony środowiska, a w tym i redukcji emisji

gazów cieplarnianych, jest jednym z podstawowych celów w rozwoju polskiej gospodarki.

Wśród odnawialnych źródeł energii znaczącą pozycję zajmuje biogaz, wytwarzany przez mikroorganizmy z materii organicznej w warunkach beztlenowych. Produkcja biogazu na większą skalę może oznaczać zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, zmniejszenie deficytu gazowego państwa, a w perspektywie długofalowej, wypełnienie zobowiązań unijnych dotyczących zwiększenia udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

Źródła biogazu

Biogaz pozyskuje się w Polsce w trzech typach instalacji:

- instalacjach odgazowania składowisk odpadów komunalnych,
- komorach fermentacyjnych osadów ściekowych w komunalnych oczyszczalniach ścieków,
- biogazowniach rolniczych.

Na składowiskach odpadów komunalnych biogaz powstaje samorzutnie w procesach rozkładu substancji organicznych, natomiast w oczyszczalniach ścieków i w biogazowniach rolniczych stanowi produkt celowo prowadzonego procesu.

Wytwarzany w ten sposób biogaz może być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, ciepłej i chłodu lub po standaryzacji może być wprowadzany do sieci gazowej gazu ziemnego. Biogaz ujmowany na składowiskach odpadów komunalnych – zwłaszcza gdy jego ilość

nie gwarantuje opłacalności inwestycji energetycznego wykorzystania – jest z reguły spalany w pochodniach, bez odzysku zawartej w nim energii.

Ze względu na pochodzenie, można wyróżnić następujące źródła substratów, z których wytwarzany jest biogaz:

- zwierzęce – gnojowica, obornik, odpady zwierzęce (odpady poubojowe),
- powstałe w efekcie produkcji rolnej – odpady zbożowe, odpady pasz, uprawy energetyczne (np. kukurydza, pszenica, jęczmień, rzepak, lucerna, burak cukrowy, ziemniak), odpady zielone,
- komunalne – odpady organiczne, osad ściekowy,
- przemysłowe – odpady z produkcji spożywczej (mleczarskiej, cukierniczej, mięsnej, gorzelnianej itp.), z wytwarzania produktów kosmetycznych oraz z przemysłu papierniczego [1].

Możliwości techniczne produkcji energii z biogazu

Techniczne możliwości wykorzystania energii zawartej w biogazie polegają na:

- bezpośrednim spalaniu w urządzeniach ciepłych (kotłach gazowych),
- skojarzonej produkcji energii elektrycznej, ciepłej (kogeneracja) lub
- skojarzonej produkcji energii elektrycznej, ciepłej

i chłodu (kogeneracja lub trigeneracja),

- wytwarzaniu biometanu (SNG), który następnie może zostać:
 - zatłoczony do sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego,
 - wykorzystany jako paliwo transportowe,
 - wykorzystany w procesach technologicznych, np. do produkcji metanolu.

Czynniki i kryteria opłacalności (efektywności ekonomicznej) inwestycji biogazowej

Podstawowym celem prowadzenia każdej działalności gospodarczej jest jej finansowa opłacalność, a więc przynoszenie zysku. Opłacalność przedsięwzięcia jest więc z punktu widzenia inwestora najważniejszym kryterium oceny inwestycji. Oznacza to, że przed zaangażowaniem jakichkolwiek środków kapitałowych musi on mieć pewność, że zysk i stopa zwrotu zainwestowanego kapitału będą odpowiednio wysokie. Ocena efektywności ekonomicznej inwestycji jest fundamentalnym elementem każdej analizy wykonalności konkretnego projektu inwestycyjnego [2].

blicy 1 zestawiono średnioroczne (za rok 2008) ceny jednostkowe praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia energii – certyfikatów [3].

Tablica 1. Ceny praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia energii [4]

Certyfikat	Średnioroczna wartość jednostkowa [zł/MWh]
Zielony	240,0
Czerwony	17,5
Żółty	116,0

Źródło: opracowanie własne

Certyfikacja energii – „zachęta ekonomiczna”

Istotnym argumentem zachęcającym przedsiębiorstwa do inwestowania w OZE na bazie biogazu jest odpowiedni system wsparcia, w postaci tzw. certyfikatów pochodzenia energii.

Rozróżniamy trzy rodzaje praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia energii elektrycznej:

- prawa majątkowe wynikające ze świadectw pochodzenia energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii – rejestr zielony (zielone certyfikaty),
- prawa majątkowe wynikające ze świadectw pochodzenia energii elektrycznej wytworzonej w wysoko-sprawnej kogeneracji opalanej paliwami gazowymi lub o łącznej mocy nie większej niż 1 MW – rejestr żółty (żółte certyfikaty),
- prawa majątkowe wynikające ze świadectw pochodzenia energii elektrycznej wytworzonej w wysoko-sprawnej kogeneracji opalanej paliwami innymi niż gazowe lub o łącznej mocy większej niż 1 MW – rejestr czerwony (czerwone certyfikaty).

Przychody uzyskiwane ze sprzedaży praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia energii stanowią znaczne wsparcie dla funkcjonowania przedsięwzięcia mającego na celu wytwarzanie energii elektrycznej. W ta-

Wskaźniki NPV i IRR – kryteria opłacalności inwestycji

Podstawowymi wskaźnikami ułatwiającymi podejmowanie decyzji podczas wykonywania analizy opłacalności inwestycji są wskaźniki dynamiczne, uwzględniające zmiany wartości pieniądza w czasie. Należą do nich – stosowane w ocenie efektywności ekonomicznej inwestycji – wewnętrzna stopa zwrotu IRR (*Internal Rate of Return*) oraz wartość bieżąca netto NPV (*Net Present Value*). Pozwalają one ocenić pojedyncze projekty inwestycyjne w oparciu o analizę zdyskontowanych przepływów pieniężnych.

Wartość zaktualizowana netto (NPV) to zdyskontowana na rok rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia wartość wszystkich wydatków i wpływów pieniężnych związanych z danym przedsięwzięciem, ponoszonych i uzyskiwanych przez cały okres jego realizacji oraz eksploatacji. Inwestycja ma sens ekonomiczny wówczas, gdy $NPV > 0$ i jest jak największe.

Wartość zaktualizowaną netto można przedstawić w następujący sposób:

$$NPV = \sum CF_t \cdot a = \sum CF_t \cdot \frac{1}{(1+r)^t} = \sum \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

gdzie:

NPV – wartość zaktualizowana netto; suma zdyskontowanych przepływów finansowych,

CF_t – przepływ finansowy (*cash flow*) w danym roku t ,

t – dany rok trwania przedsięwzięcia,

a – współczynnik dyskontowy, który dyskontuje (sprawdza) przyszłą wartość pieniądza do ekwiwalentnej wartości aktualnej, wyrażony wzorem:

$$a = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (2)$$

gdzie:

r – stopa dyskontowa (najczęściej odpowiada oprocentowaniu rocznych lokat bankowych).

Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR) jest stopą dyskontową, przy której wartość aktualna (*present value*) wpływów pieniężnych (dochodów z inwestycji) jest równa wartości aktualnej wydatków pieniężnych związanych z budową i eksploatacją inwestycji. IRR jest wyrażana w procentach i odpowiada tempu, z jakim inwestycja umożliwi zwrot poniesionych nakładów.

Wewnętrzna stopa zwrotu oznacza zatem stopę dyskontową, przy której NPV jest równe 0. Można ją zapisać następującym wzorem:

$$\sum_{i=1}^n (CF_i \cdot \frac{1}{(1+IRR)^i}) = 0 \quad (3)$$

gdzie:

CF_t – oznacza różnicę między wpływami a wydatkami w roku t ,

n – liczba lat.

Aby wyliczyć IRR należy tak długo obliczać NPV dla różnych stóp dyskontowych, aż uzyska się NPV bliskie 0. Dzięki arkuszom kalkulacyjnym, które mają wbudowane funkcje wyliczające IRR , można rozwiązać ten problem metodą iteracyjną.

Mając dwie wielkości stopy dyskontowej r_1 i r_2 , IRR można obliczyć za pomocą poniższego wzoru. Niezbędne jest jednak, aby NPV obliczana dla stopy r_1 przy tych wielkościach była bliska zeru, ale dodatnia (oznaczona jako NPV_1), natomiast NPV obliczana dla stopy r_2 była bliska zeru, ale ujemna (oznaczona jako NPV_2).

$$IRR = r_1 + [(r_2 - r_1) \cdot (\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2})] \quad (4)$$

gdzie:

r_1 – stopa dyskontowa, dla której NPV jest dodatnie,

r_2 – stopa dyskontowa, dla której NPV jest ujemne [2].

Analiza efektywności ekonomicznej inwestycji biogazowej – case study

Ocenę efektywności ekonomicznej inwestycji biogazowej wykonano w oparciu o opisane powyżej wskaźniki NPV oraz IRR . Wykonanie obliczeń wymaga dodatkowo przyjęcia założeń dotyczących sytuacji makroekonomicznej oraz fiskalnej.

Przeprowadzona analiza dotyczy biogazowni rolniczej przetwarzającej gnojowicę i kiszonkę z kukurydzy, wytwarzającą 500 m³/h surowego biogazu. Biogaz wykorzystywany jest do zasilania dwóch agregatów prądotwórczych z tłokowym silnikiem gazowym o mocy 500 kW_e, co daje łączną moc elektryczną układu równą 1 MW_e.

Analizę wykonano w oparciu o poniższe założenia:

1. Okres eksploatacji inwestycji: 15 lat.
2. Roczny czas pracy instalacji: 8000 godzin.
3. Nakłady inwestycyjne finansowane są w 50% ze środków własnych oraz w 50% z kredytu udzielonego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Oprocentowanie kredytu wynosi 0,9 stopy redyskontowej weksli, która w dniu 01.10.2009 r. wynosiła 3,75%. Po przeliczeniu, oprocentowanie kredytu wynosi 3,375%. Zakłada się, że nie ulega ono zmianie przez cały okres spłaty kredytu, tj. 10 lat.
4. Koszty eksploatacyjne ulegają wzrostowi o wskaźnik skali r/r .
5. Okres budowy instalacji nie przekracza jednego roku („rok zerowy”, w którym ponoszone są wszelkie nakłady inwestycyjne).
6. Cenę energii elektrycznej sprzedawanej do sieci energetycznej zakłada się na poziomie 165 zł/MWh.
7. Cenę za prawo wynikające ze świadectwa pochodzenia energii ze źródła odnawialnego (zielony certyfikat) zakłada się na poziomie 240 zł/MWh.
8. Przyjęto amortyzację liniową (tzn. kwotę amortyzacji dla każdego roku oblicza się dzieląc nakład inwestycyjny, przez okres trwania przedsięwzięcia – 15 lat). Dla uproszczenia przyjęto jednakową stawkę amortyzacyjną dla wszystkich elementów instalacji.
9. Podatek dochodowy ze sprzedaży energii fizycznej oraz praw wynikających ze świadectw pochodzenia wynosi 19%.

10. Zakłada się wartość likwidacyjną równą zero, a wartość księgowa środków trwałych zostaje umorzona całkowicie.
11. Zakłada się stopę dyskontową na poziomie 10%.
12. Nakłady inwestycyjne:

Elementy składowe	Koszt [zł]
Prace przygotowawcze (ziemne)	1 431 360
Zbiornik – mieszalnik	158 046
Zbiornik fermentacyjny	1 729 560
Zbiornik biogazu	864 780
System przesyłu biogazu	104 370
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	432 390
Pozostałe	447 300
Prace projektowe	342 930
Zarządzanie projektem budowy	104 370
Dwie jednostki CHP – 500 kW _e	4 880 000
Suma:	10 495 106

13. Koszty eksploatacyjne:

Elementy składowe	Koszt [zł]
Pozyskanie biomasy	1 140 000
Obsługa, koszty dodatkowe	75 000
Przeglądy	160 000
Suma:	1 375 000

14. Przychód uzyskiwany jest ze sprzedaży energii elektrycznej oraz praw wynikających ze świadectwa pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych.

Zgodnie z założeniem nr 2, instalacja o mocy 1 MW_e pracuje 8000 godzin w roku, wytwarzając 8000 MWh. Przychód ze sprzedaży fizycznej energii elektrycznej wynosi 1 320 000 zł/rok. Przychód ze sprzedaży praw wynikających ze świadectw pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych wynosi 1 920 000 zł/rok.

Wyniki obliczeń

Wartość *NPV* dla analizowanego projektu to 2 692 471 zł, natomiast wartość *IRR* wynosi 12,62%.

Zakres pracy obejmował ocenę opłacalności wytwarzania energii z biogazu produkowanego w biogazowni rolniczej współpracującej z agregatem prądotwórczym.

Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykorzystania technologii biogazowej do wytwarzania energii elektrycznej wykazała opłacalność inwestycji, na co wskazują wyniki obliczeń. Stopień opłacalności zależeć będzie jednak od specyfiki lokalizacji inwestycji oraz od stosowania różnych mechanizmów wsparcia. Inwestowanie w techno-

logię biogazową jest ekonomicznie uzasadnione wówczas, jeżeli istnieje możliwość (tak jak w analizowanym przykładzie) skorzystania z dofinansowania z zewnętrznego źródła na poziomie co najmniej 50% wartości nakładów inwestycyjnych.

Warto także zaznaczyć, iż przed podjęciem ostatecznych decyzji odnośnie budowy biogazowni należy przeprowadzić ponowną analizę, z uwzględnieniem rzeczywistych kosztorysów przedstawionych przez wykonawcę inwestycji. Analizę wykonano przy pomocy arkusza kalkulacyjnego.

Artykuł nadesłano do Redakcji 18.02.2010 r. Przyjęto do druku 18.05.2010 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Oniszk-Popławska A., Zowsik M., Wiśniewski G.: *Produkcja i wykorzystanie biogazu rolniczego*. Gdańsk-Warszawa, 2003.
- [2] Skorek J., Kalina J.: *Gazowe układy kogeneracyjne*. WNT, Warszawa, 2005.
- [3] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. *Prawo energetyczne* (Dz.U. 1997 Nr 54, poz. 348 z późn. zm.).
- [4] www.tge.pl



Mgr Joanna NIEMCZEWSKA – absolwentka Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Wydziału Chemii, kierunku Ochrona środowiska. Ukończyła studia podyplomowe na UJ: Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej, specjalność – Zarządzanie i Audyt. Pracuje w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu.