

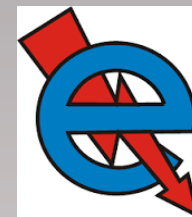
REF 2016

XXII Konferencja Naukowo-Techniczna
RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ
25 - 27 kwietnia 2016 r.
Kazimierz Dolny, Hotel Król Kazimierz

Niepewność i ryzyko w analizie wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych nośników – studium przypadku



Janusz Sowiński, Robert Tomaszewski, Artur Wachtarczyk
Instytut Elektroenergetyki
Politechnika Częstochowska



Agenda

- Niepewność i ryzyko w projektach inwestycyjnych
- Akty prawne dotyczące OZE
- Ustawa o odnawialnych źródłach energii
- Rozporządzenie wolumenowe w zakupach aukcyjnych OZE
- Ceny referencyjne w zakupach aukcyjnych OZE
- Analiza efektywności ekonomicznej wybranych technologii OZE
- Nowelizacja ustawy o OZE
- Podsumowanie

Modelowanie inwestycji w elektroenergetyce

Podejście klasyczne

Wskaźnik NPV :

$$NPV = V - I = \sum_{t=0}^T \frac{\pi_t}{(1+r)^t} - I$$

r - stopa dyskonta przyjęta przez inwestora

π_t - przepływy pieniężne w kolejnych latach t , będące różnicą między faktycznymi wpływami P_t i wydatkami C_t

Nakłady inwestycyjne poniesione w okresie N_b trwania budowy, zdyskontowane na chwilę rozpoczęcia jej eksploatacji, wyrażają się wzorem:

$$I = \sum_{t=-N_b}^{t=0} \frac{I_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=-N_b}^{t=0} I_t (1+r)^{|t|}$$

Reguła decyzyjna:

$$NPV = V - I > 0 \quad \text{czyli} \quad V > I$$

Niepewność dotycząca stopy dyskonta – ryzyko rynkowe inwestowania

Jedną z koncepcji stopy zwrotu r zakłada, że jest ona sumą realnej stopy procentowej r_r , stopy inflacji r_i , premii płynności r_{lp} oraz premii za ryzyko r_{rp} :

$$r = r_r + r_i + r_{lp} + r_{rp}$$

Podstawowym modelem rynku stosowanym w analizach finansowych jest model wyceny aktywów kapitałowych CAPM (*Capital Asset Pricing Model*)

$$r = \alpha + \beta r_m + e$$

gdzie α , β - współczynniki równania regresji, e - składnik losowy równania

Model CAPM

- **Miernikiem ryzyka rynkowego** w modelu CAPM, opisanego równaniem, jest **współczynnik beta (β)**, który zdefiniowano jako stosunek oczekiwanego zysku z przedsięwzięcia inwestycyjnego do średniego zysku na rynku.
- Różnica pomiędzy średnim zyskiem na rynku r_m i stopą zysku najmniej ryzykownego waloru (np. obligacji skarbu państwa) r_f nazywana jest **premią ryzyka rynkowego ($r_m - r_f$)**.
- Model CAPM wskazuje, że wartość oczekiwana premii ryzyka każdej inwestycji jest proporcjonalna do jej współczynnika *beta*.

$$r - r_f = \beta(r_m - r_f)$$

- Aby obliczyć stopę dyskonta dla finansowania projektu inwestycyjnego, trzeba wyznaczyć prognozę współczynnika *beta* i zastosować poniższy wzór:

$$r = r_f + \beta_{prog}(r_m - r_f)$$

Akty prawne dotyczące OZE



- **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r.** w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Udział OZE w finalnym zużyciu energii brutto w Polsce powinien osiągnąć poziom 15 % w 2020 roku.
- Ważnym dokumentem programowym dla rozwoju OZE w Polsce była **„Polityka energetyczna Polski do roku 2030”**
- Przyjęty w 2010 r. przez Radę Ministrów i przesłany do Komisji Europejskiej **„Krajowy plan działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych”** zakłada, że podstawowymi działaniami zwiększającymi udział OZE w bilansie energetycznym będzie większe wykorzystanie biomasy oraz energii wiatru.

Akty prawne dotyczące OZE (cd)

Podstawowymi **aktami normatywnymi** regulującymi obowiązki z zakresu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce są:

- **Ustawa z dnia 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw** (Dz. U. z 2013 r. poz. 984)
- **Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne** (Dz. U. z 2012 r. poz.1059)
- **Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii** (Dz.U. Nr 156, poz. 969 z późn.zm.)
- **Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych** (Dz.U. Nr 169, poz. 1199) wraz z odpowiednimi przepisami wykonawczymi



REE 2016, 25-27 kwietnia 2016 r.



Akty prawne dotyczące OZE (cd)

- W dniu **22 grudnia 2011 r.** Ministerstwo Gospodarki zaprezentowało pakiet trzech ustaw: **nowe Prawo energetyczne, Prawo gazowe i ustawę o odnawialnych źródłach energii** (konsekwencja wymagań dyrektywy 2009/28/WE).
- W **czerwcu 2013 r.** Sejm uchwalił tzw. „mały trójpak energetyczny”, co uchroniło Polskę przed groźbą unijnych kar.
- **Ustawa o OZE** uchwalona przez Sejm 20 lutego 2015 r. podpisana przez Prezydenta **11 marca 2015 r.**
- Nowelizacja **Ustawy** z dnia 31 grudnia 2015 r. odracza do **1 lipca 2016 r.** wejście w życie regulacji dotyczących uruchomienia **systemu aukcyjnego na zakup energii elektrycznej z instalacji OZE** oraz części uregulowań dotyczących **mechanizmów wsparcia wytwarzania energii elektrycznej w mikroinstalacjach** o łącznej mocy zainstalowanej nie większej niż **10 kW**.

Ustawa o OZE

- **nowy system wsparcia**, promujący najefektywniejsze technologie
- zmiana systemu świadectw pochodzenia energii na **system aukcyjny**
- **poprawka prosumencka** ustalająca możliwość odsprzedaży energii elektrycznej zgodnie z taryfami gwarantowanymi
- wprowadzenie instytucji **sprzedawcy zobowiązanego**

Dokumenty EC dotyczące OZE

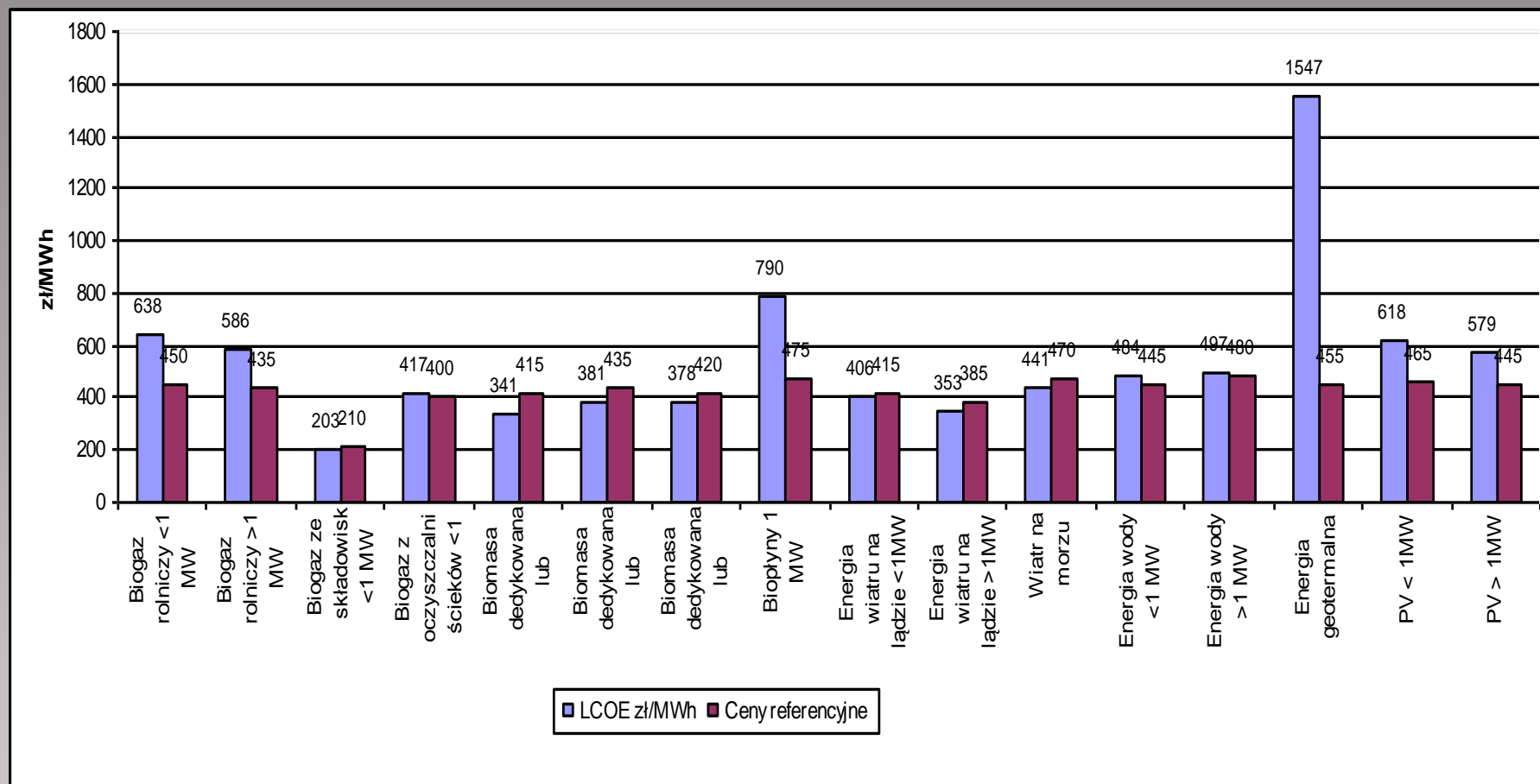
- Środowiskowe wymagania sformułowane w *An Energy Policy for Europe, COM (2007), Brussels, January 10, 2007* zostały rozwinięte w dokumencie *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels, 8.3.2011, COM(2011) 112 final*, a w horyzoncie do 2030 roku przedstawione w dokumencie *Green Paper. A 2030 framework for climate and energy policies, Brussels, 27.3.2013, COM(2013) 169 final*.
- Scenariusze do 2050 roku zakładają ograniczenie emisji CO₂ o 80÷95% w stosunku do 1990 roku, głównie poprzez zwiększenie udziału OZE (udział 30% do 2030 roku), zwiększenie energetycznej efektywności oraz przekształcenie europejskiego systemu energetycznego w kierunku inteligentnej infrastruktury.



Rozporządzenie wolumenowe w zakupach aukcyjnych OZE

- Maksymalna ilość energii elektrycznej z OZE, która może zostać sprzedana istniejącym instalacjom w drodze aukcji w 2016 r. wynosi **4 726 044 MWh**, a maksymalna wartość energii to **1 804 338 104 zł**, co daje średnią cenę ok. **382 zł/MWh**. Natomiast dla nowo powstających instalacji OZE maksymalna ilość energii elektrycznej z OZE, która może zostać sprzedana w drodze aukcji w 2016 r. wynosi **50 449 950 MWh** (w tym nie mniej niż 25% w instalacjach o mocy zainstalowanej nie większej niż 1 MW), a maksymalna wartość energii to **18 201 331 716 zł**. Stąd średnia cena ok. **361 zł/MWh**
- Tak sformułowane wolumeny mają **niejasny podział na różne technologie** wykorzystujące odnawialne nośniki, stąd inwestorzy muszą liczyć się ze sporym ryzykiem inwestycyjnym. Przygotowanie projektu związane jest już na wstępnym etapie z dużymi kosztami w warunkach niepewności rezultatu aukcji.
- Można mieć obawy, czy w sytuacji ograniczenia wsparcia dla współspalania i proponowanych wolumenów w perspektywie 15 lat będzie można osiągnąć zakładane cele udziału OZE w horyzoncie 2020 roku.
- Sytuację komplikują możliwe **przesunięcia w czasie realizacji inwestycji**, bowiem inwestor po wygraniu aukcji ma średnio 48 miesięcy na jej realizację (dla morskich elektrowni wiatrowych są to 72 miesiące, a dla instalacji fotowoltaicznych to 24 miesiące).

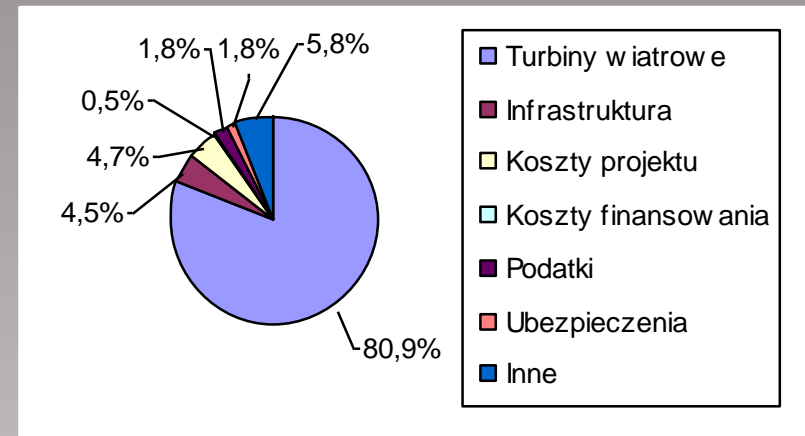
Ceny referencyjne w zakupach aukcyjnych OZE



Rys. 1. Porównanie cen referencyjnych wg projektu rozporządzenia Ministerstwa Gospodarki i kosztów produkcji energii z OZE wyznaczonych metodą LCOE na 2017 rok przez IEO. (Uwaga: prognoza kosztów dla morskiej energetyki wiatrowej na 2020 rok) [Źródło: IEO]

Analiza efektywności ekonomicznej wybranej technologii OZE

- Analizie poddano farmę wiatrową z 4 turbinami wiatrowymi firmy Enercon typu E 82, każda o czynnej mocy elektrycznej 2,0 MW.
- Całkowity nakład inwestycyjny wynosi ok. 66,18 mln pln [2].
- Udział poszczególnych kategorii kosztów w nakładzie inwestycyjnym przedstawia Rys.2.
- Koszty eksploatacyjne oszacowano na poziomie 126 tys. pln/(MW·a) [2].



Rys.2. Udział poszczególnych kategorii kosztów w nakładzie inwestycyjnym elektrowni wiatrowej

[2] Beermann Windkraft GmbH&Co, Maierfeld KG, Strom aus Wind. Eine Investition in unsere Zukunft, Munchen, 2011, http://www.igsz.eu/WEK/Windknast/Prospekt_Maierfeld.pdf

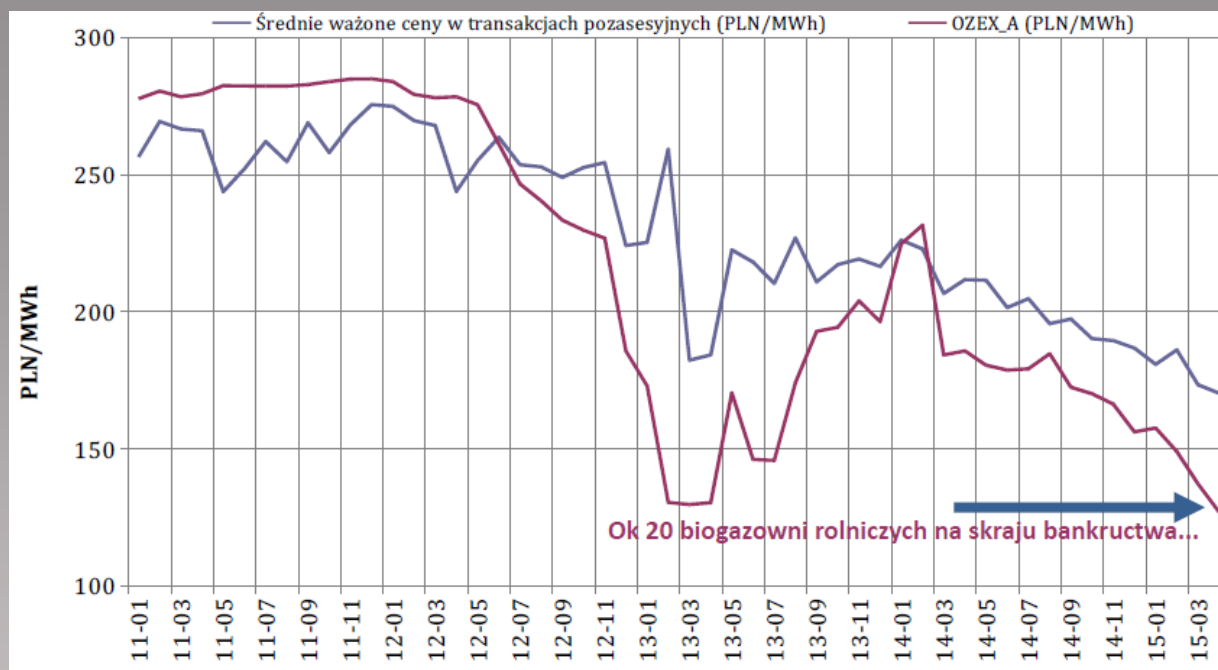
Tabela 1. Minimalne ceny referencyjne energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej (4 turbiny Enercon typu E 82)

Lp.	Czas wykorzystania mocy zainstalowanej	Stopa dyskonta	Minimalna cena referencyjna wytwarzania energii elektrycznej
-	h/a	%	pln/(MW·h)
1	2500	6	304,9
2	2500	10	411,6
3	2000	6	381,1
4	2000	10	514,5
5	1800	6	423,4
6	1800	10	571,7

Tabela 2. Koszty wytwarzania energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej
(4 turbiny Enercon typu E 82)

Lp.	Czas wykorzystania mocy zainstalowanej	Stopa dyskonta	Koszt wytwarzania energii elektrycznej
-	h/a	%	pln/(MW·h)
1	2500	6	309,3
2	2500	10	414,9
3	2000	6	386,6
4	2000	10	518,7
5	1800	6	429,5
6	1800	10	576,3

Problemy biogazowni



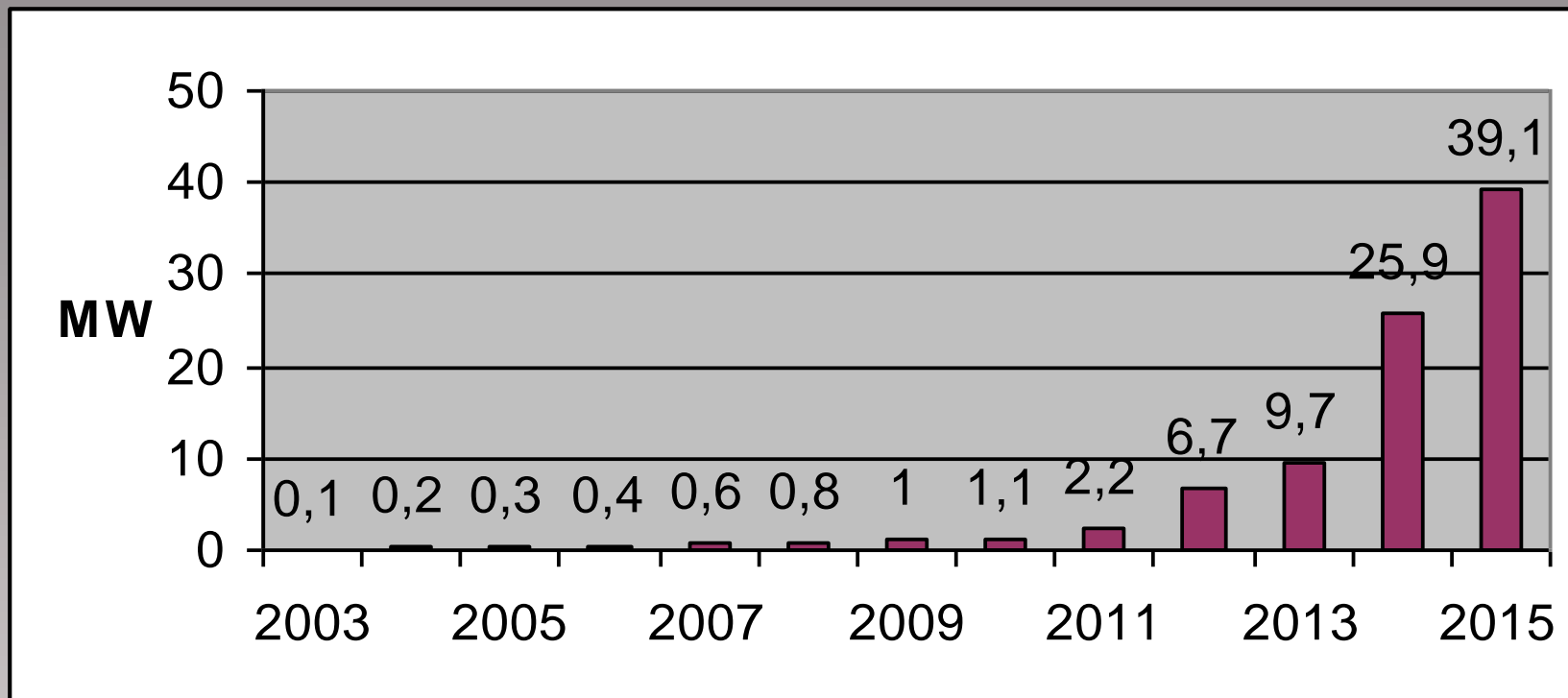
Rys.3. Spadek cen świadectw pochodzenia energii odnawialnej.

Źródło: [Curkowski A.: Rynek mikro- i małych biogazowni, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa 2015 r.]

W Polsce wybudowanie małej elektrowni biogazowej o mocy 0,1 MW, przy zastosowaniu krajowych urządzeń oraz dostawców technologii to koszt około 1,6 mln PLN (zakup agregatu kogeneracyjnego to ok. 20-30% nakładu inwestycyjnego). Typowym krajowym produktem ma być biogazownia o mocy 60 kW po cenie około 1 mln PLN.

REE 2016, 25-27 kwietnia 2016 r.

Systemy fotowoltaiczne



Rys.4. Moc zainstalowana systemów fotowoltaicznych w Polsce w latach 2003-2015 wg. IEO

Fotowoltaika – studium przypadku

Instalacja składa się z paneli o **mocy zainstalowanej 10 kW**, inwertera i nowoczesnego licznika energii.

Roczne koszty eksploatacyjne powyższej instalacji wynoszą **700 pln/a**.

Roczna produkcja energii w tej instalacji w pierwszym roku eksploatacji wynosi **9,5 MWh**.

Założono **25 letni okres eksploatacji** paneli fotowoltaicznych, a proces starzenia instalacji powoduje **średnioroczną wartość stopnia degradacji** równą **0,36%**.

Elementy instalacji	Sumaryczny koszt
-	pln
Moduły PV	32 000
Inwerter	11 500
Licznik	1 000
Zabezpieczenia, przewody	3 500
System mocowania	4 900
Montaż	5 000
Koszt całkowity	57 900

Fotowoltaika – studium przypadku

Tabela 3

Minimalna cena energii elektrycznej dla opłacalności instalacji fotowoltaicznej o mocy 10 kW

Lp.	Produkcja energii elektrycznej w pierwszym roku eksploatacji	Stopa dyskonta	Minimalna cena energii elektrycznej
-	kWh	%	pln/(MW·h)
1	9 500	6	558
2	9 500	8	655
3	9 500	10	757

Tabela 4

Koszty wytwarzania energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej 10 kW

Lp.	Produkcja energii elektrycznej w pierwszym roku eksploatacji	Stopa dyskonta	Koszt wytwarzania energii elektrycznej
-	kWh	%	pln/(MW·h)
1	9 500	6	550
2	9 500	8	645
3	9 500	10	745

Propozycja nowelizacji Ustawy o OZE

Wiceminister energii Andrzej J. Piotrowski (22.04.2016 r.):

- „...w założeniach znajdują się **"inteligentne koszyki"**.
- "Nie będziemy więc stawiać na określone technologie, tylko cechy oferty, jak np. **dyspozycyjność mocy czy emisje CO₂**"
- „...wśród propozycji resortu znajdują się **klastry**".
- Chodzi o koncepcję mikroklastrów energetycznych. **Klaster** to pojęcie umowne - raczej projekt, wokół którego skupione miałyby być różne instytucje, ludzie, administracja lokalna, lokalny biznes i nauka, która będzie miała za zadanie dostarczyć temu przedsięwzięciu możliwości stosowania nowoczesnych technologii czy też modernizowania ich w miarę upływu czasu.

Propozycja nowelizacji Ustawy o OZE (cd)

- Aukcje mają być przeprowadzane w kolejności rozpoczynając od źródeł o najwyższej **stabilność i dyspozycyjności**.
- Największe szanse na wsparcie - technologie **współspalania biomasy, bloki biomasowe i źródła biogazowe**.
- **Źródła słoneczne, czy wiatrowe** - szanse na wsparcie z pozostałej, zamawianej przez rząd puli energii z OZE

Prosument – taryfy gwarantowane czy pełny net-metering?

- **Mechanizm taryf gwarantowanych** miał zapewniać sprawiedliwą zapłatę za energię oddaną do sieci, tak aby inwestycje w mikroinstalacje OZE nie przynosiły strat finansowych dla gospodarstw domowych
- Obecna (11.03.2016) propozycja rządowa: prosument za każdą kilowatogodzinę energii wyprodukowanej w mikroinstalacji i oddanej do sieci mógłby odebrać **0,7 kWh**.
- Oferowana zniżka miałaby wartość ok. 40 groszy brutto za każdą oddaną do sieci kWh, czyli prawie dwukrotnie mniej od taryf gwarantowanych dla najmniejszych instalacji w ustawie o OZE.
- **System wsparcia** powinien być prosty i stabilny oraz powinien pozwolić na zwrot inwestycji w mikroinstalację w ciągu maksymalnie 10 lat.

Konsekwencje ustawy o OZE

- **Produkcja energii z odnawialnych źródeł** wyniosła w styczniu **2049 GWh**, co w porównaniu ze styczniem 2015 roku oznacza **spadek aż o 25%**.
- **Produkcja energii z biomasy** spadła o blisko **50%** - koniec wsparcia w nowej ustawie dla współspalania biomasy z węglem.
- Wzrosła **produkcja energii w dedykowanych instalacjach biomasowych** (cena biomasy agro około 21-23 zł/GJ, a biomasy leśnej około 18-21 zł/GJ – spadek o ok. 30%)
- Od stycznia 2016 r. ograniczono wsparcie dla instalacji na **czystą biomasę**
- Spadek podaży zielonych certyfikatów = wzrost cen świadectw pochodzenia

Konsekwencje ustawy o OZE

- **4 marca 2016 r.** - Prezes URE wydał pierwsze **zaświadczenie uprawniające do udziału w aukcji** na sprzedaż energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (ważne przez 12 miesięcy)
- Aukcje na sprzedaż energii elektrycznej przeprowadzane będą w postaci elektronicznej, za pośrednictwem **Internetowej Platformy Aukcyjnej** (powstała w 2015 roku)
- Wytwórcy energii elektrycznej w instalacjach istniejących - udział w aukcji na podstawie złożonej do Prezesa URE deklaracji
- Aukcje organizowane oddzielnie dla wytwórców energii elektrycznej w instalacji o mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 1MW oraz większej niż 1MW

Polityka rządu w sprawie OZE

- **Plan Morawieckiego stawia na OZE**, brak odwołań do polityki węglowej
- **Resort energii** - ograniczone perspektywy dla OZE
- **Przyszłość ustawy o OZE – wielka niewiadoma**
- **Restrukturyzacja górnictwa** - za niebawem powinna powstać Polska Grupa Górnicza, w skład której ma wejść jedenaście kopalń i cztery zakłady (na bazie Kompanii Węglowej) – **trudne do oceny perspektywy połączonej branży energetycznej i górniczej**

Podsumowanie

- Dyrektywa 2009/28/WE określa strategiczny cel polityki energetycznej w zakresie OZE. Zwiększenie wykorzystania odnawialnych nośników energii do wymaganego w Polsce poziomu 15 % w 2020 roku jest realne.
- Ustawa o OZE wprowadziła modyfikację systemu wsparcia OZE w postaci systemu aukcyjnego i taryf gwarantowanych.
- Analiza kosztu wytwarzania energii elektrycznej wskazuje, że bez odpowiednio skonstruowanego systemu wsparcia dla OZE nie jest możliwy ich znaczący rozwój.
- Stąd kluczowego znaczenia nabierają szczegóły w przygotowanych rozporządzeniach wykonawczych do Ustawy o OZE oraz ich interpretacja.
- Porównanie kosztów wytwarzania energii elektrycznej i cen referencyjnych w rozporządzeniu nr 6/26 wskazuje na dużą ich zbieżność, ale dla kilku technologii różnią się dość znacznie, natomiast dla większości technologii koszty wytwarzania są z reguły wyższe od cen referencyjnych.
- Przytoczone w artykule studium przypadku, dotyczące budowy farmy wiatrowej, pokazuje, że na minimalną cenę referencyjną wpływa wiele czynników, które dla projektów chociażby w różnych regionach Polski będą się różnić.
- Przedstawione w artykule porównania zmuszają do stwierdzenia, że rozporządzenie o cenach referencyjnych wymaga rzetelnej weryfikacji i dalszej pogłębionej analizy.

REE 2016, 25-27 kwietnia 2016 r.

Pytania i uwagi Recenzenta

REE 2016, 25-27 kwietnia 2016 r.

Metoda średniego kosztu rocznego

- Jakie są różnice między **metodologia**, **metodyka**, **metoda** i kiedy którego wyrazu w odniesieniu do czego można użyć?
- **Metodyka** (wg. Uniwersalny słownik języka polskiego) – m.in. «zbiór zasad dotyczących sposobów wykonywania jakiejś pracy lub trybu postępowania prowadzącego do określonego celu». ...
- **Metoda** (wg. USJP) - «świadomie stosowany sposób postępowania mający prowadzić do osiągnięcia zamierzonego celu» (znaczenie podobne do pierwszego znaczenia metodyki), a metodologia jako «naukę o metodach badań naukowych i o sposobach przeprowadzania analiz oraz oceniania wartości poznawczej poszczególnych dyscyplin naukowych». ...
- Jak widzimy, traktowanie terminów **metodyka i metoda** jako synonimów jest uzasadnione, zwłaszcza gdy ten drugi wystąpi w liczbie mnogiej.
Z kolei przed myleniem **metody i metodologii** przestrzega Wielki słownik poprawnej polszczyzny tłumacząc, że **metoda** to «sposób robienia czegoś», a **metodologia**: 1. «nauka o metodach badań naukowych, o skutecznych sposobach dociekania ich wartości poznawczej». 2. «sposób wykonywania jakichś prac umysłowych». Nietrudno jednak zauważyć, że drugie znaczenie wyrazu metodologia zawiera się w znaczeniu wyrazu metoda. **Wniosek byłby stąd taki, że mieszanie wszystkich trzech wyrazów jest nieuniknione.**
Wyraz metodologia zaś praktycznie nie występuje poza tekstami naukowymi, a typowy jego kontekst to metodologia badań (lub nazwa dyscypliny naukowej).
Jan Grzenia, Uniwersytet Śląski

Dyskusja wartości stopy dyskonta

Aby określić **stopę zwrotu**, której inwestor oczekuje z określonego przedsięwzięcia, w tym przypadku inwestycji w elektroenergetyce, konieczna jest znajomość trzech wartości: r_f , r_m i β . Ostatnio w Polsce stopa zwrotu dla obligacji skarbowych (przyjęto, że jest to stopa oprocentowania wolna od ryzyka) wynosiła 2,5 %. Z analizy okresu historycznego wynika, że dobrym przybliżeniem oszacowania różnicy ($r_m - r_f$) jest wartość 6 %. Oszacowanie współczynnika β dla spółki realizującej inwestycję wynosi 0,88, a średni współczynnik β dla całego sektora (w rozważanym przypadku dla budownictwa) wynosi 0,9. Z uwagi na dużą zbieżność obu oszacowań, założmy, że decydent postanowił w obliczeniach wykorzystać wartość $\beta = 0,88$. Dla rozważanej spółki akcyjnej można oszacować oczekiwaną stopę zwrotu ze wzoru:

$$r = r_f + \beta(r_m - r_f) = 0,025 + 0,88 \cdot 0,06 \approx 0,078 = 7,8\%$$

The logo consists of the letters 'REF' and the year '2016' in a bold, white, sans-serif font. The letters are rendered with a 3D effect, appearing to float above a dark blue background. The '2' and '0' are particularly large and stylized, with the '0' having a small '1' as a superscript. The entire logo is set against a blue background with a subtle geometric pattern of triangles.

XXII Konferencja Naukowo-Techniczna
RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ
25 - 27 kwietnia 2016 r.
Kazimierz Dolny, Hotel Król Kazimierz

Dziękuję za uwagę!