

Marek Hryniewicz  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
w Warszawie

## OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ PRODUKCJI BIOETANOLU Z ZIAREN ZBÓŻ JAKO KOMPONENTU DO BENZYN WEDŁUG TECHNOLOGII FIRMY LURGI

### Streszczenie

Bezwodny bioetanol jako komponent benzyn może być produkowany z ziaren zbóż przez instalację firmy Lurgi o wydajności 100 tys. t/rok. Taka instalacja mogłaby działać samodzielnie lub mogłaby być rozszerzeniem istniejących instalacji w zakładach przemysłu rolno-spożywczego. Ta praca analizuje ekonomicznie zbudowanie instalacji wraz z niezbędnymi obiektami towarzyszącymi. Surowce do produkcji bioetanolu to ziarna: pszenicy, żyta i kukurydzy. Koszt zakupu instalacji 436.320.394 zł (cena z końca 2006 r., przy kursie 3,8624 zł/EURO). Koszty produkcji litra bioetanolu z: żyta 1,36 zł (przy cenie 398 zł/t żyta), pszenicy 1,44 zł (przy cenie 444 zł/t pszenicy), kukurydzy 1,56 zł (przy cenie 537 zł/t kukurydzy). Udział kosztów zbóż w kosztach produkcji bioetanolu jest odpowiednio: 80% dla żyta, 82% dla pszenicy i 83% dla kukurydzy. Okres zwrotu inwestycji waha się od około 3,4 do 4 lat (w zależności od zboża zużywanego w produkcji).

**Słowa kluczowe:** bioetanol, etanol, produkcja, odnawialne źródła energii, biokomponenty

### Wstęp

Dyrektywa 2003/30/WE w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych zobowiązuje do stosowania w Państwach Członkowskich (m.in. w Polsce) określonych ilości biopaliw (jako % energii z benzyny lub oleju napędowego użytych w transporcie). Na Szczycie Rady Europejskiej 8-9 marca 2007 r. przyjęto Plan Działań integrujący politykę klimatyczną i energetyczną Wspólnoty, aby ograniczyć wzrost średniej globalnej temperatury o więcej niż 2 stopnie. Ze względu na postawione bardzo ambitne cele (redukcja emisji dwutlenku węgla o 20% do 2020 r. w porównaniu do 1990 r. i 20% produkcji energii do 2020 r.) będzie się liczyć się każda ilość wyprodukowanego bioetanolu jako komponentu do benzyn, do tego celu. W związku z tym koniecznym się stało przeanalizowanie strony ekonomicznej zadania polegającego na wykonaniu i uruchomieniu linii pro-

dukującej bioetanol. Taki bioetanol powinien mieć moc (zawartość etanolu - C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH - w bioetanolu) 99,6% (objętościowo) wg. [Dz. U. 2004]. Narzuca to zastosowanie specjalnych urządzeń w linii, które zapewniłyby tak wysoki stopień odwodnienia. Do analizy wybrano instalację firmy Lurgi [Lurgi, 2006]. Wszystkie dane (cena linii, koszty zbóż i materiałów oraz wartość pracy ludzkiej) pochodzą z końca 2006 r.

Celem pracy była analiza, jakie byłyby koszty produkcji bioetanolu dla instalacji o wydajności 100 tys. ton w ciągu roku (tj. 126 mln l na rok lub 12,5 t na godz. w ciągu 8000 godzin), jaki byłby roczny zysk netto dla tej instalacji, jaki byłby okres zwrotu nakładów z inwestycji (wskaźnik ROI), jaka byłaby wartość bieżąca (zaktualizowana) netto (wskaźnik NPV) dla różnych rodzajów zbóż (pszenicy, żyta, kukurydzy).

### Metodyka

Uzyskano ofertę firmy Lurgi [Lurgi, 2006]. Przeanalizowano opisany tam proces technologiczny i jego zapotrzebowania na materiały i nośniki energii dla poszczególnych zbóż. Oszacowano zapotrzebowanie na pracę ludzką. Zebrano dane dotyczące aktualnej ceny zbóż i materiałów oraz wartość pracy ludzkiej. Przeliczono dane zgodnie z wymaganiami technologicznymi linii, które zostały opisane w ofercie i uzyskano niezbędne wyniki.

### Analiza procesu technologicznego

Różnica w zużyciu poszczególnych rodzajów zbóż podczas produkcji bioetanolu zależy od ilości skrobi w poszczególnych zbożach. Zużycie jednostkowe zboża, zużycie roczne zboża, cena jednostkowa zboża oraz wynik obliczenia wartości zużytego zboża w ciągu roku przedstawione zostały w tabeli 1. Instalacja jest zaprojektowana by pracować 8000 godzin w ciągu roku.

*Tabela 1. Zużycie jednostkowe ziarna zboża, zużycie roczne ziarna zboża, cena jednostkowa ziarna zboża oraz wynik obliczenia wartości zużytego ziarna zboża w ciągu roku*

*Table 1. Cereal grain consumption per unit, grain consumption per year, cereal grain prices and calculated grain cost per year*

Zboże	Zużycie jednostkowe	Jednostka	Zużycie na rok	Cena jednostkowa zł	Razem w roku zł
Pszonica	41,7	t/h	333 600	444,00	148 118 400
Żyto	43,4	t/h	347 200	398,00	138 185 600
Kukurydza	38,0	t/h	304 000	537,00	163 248 000

Zapotrzebowanie na materiały i nośniki energii dla produkcji bioetanolu ze zbóż zostały przedstawione w tabeli 2.

*Ocena efektywności ekonomicznej...*

*Tabela 2. Zapotrzebowanie na materiały i nośniki energii dla produkcji bioetanolu z pszenicy*

*Table 2. Requirements of the materials and energy carriers for bioethanol production from the wheat grain*

<b>Materiał</b>	<b>Zużycie jednostkowe</b>	<b>Jednostka</b>	<b>Zużycie na rok</b>	<b>Cena jedn. (zł)</b>	<b>Razem w roku (zł)</b>
Energia elektryczna (taryfa G11)	310	kWh/t	31000000	0,32	9920000
Gaz ziemny 42 GJ/kg - suszenie DDGS	2	m <sup>3</sup> /h	16000	1,0816	17306
Gaz ziemny 42 GJ/kg - kocioł	3	m <sup>3</sup> /h	24000	1,0816	25958
Para (o ciśnieniu 6 bar)	42800	kg/h	342400000	0,04	13696000
Woda świeża (pitna)	12,1	m <sup>3</sup> /h	96800	0,12	11616
Woda procesowa	105	m <sup>3</sup> /h	840000	0,12	100800
Gluko-Amylaza	34	kg/h	272000	19,10	5195200
Pentozanaza	1	kg/h	8000	19,10	152800
Alfa-Amylaza	24	kg/h	192000	19,10	3667200
Drożdże	5000	kg/rok	5000	2,20	11000
Środek przeciwpieniący	0,3	kg/t	30000	2,19	65700
Soda kaustyczna (50% wag.)	1,3	kg/t	130000	1,095	142350
Kwas siarkowy (96% wag.)	84	kg/h	672000	0,33	221760
Roztwór wody utlenionej (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,5	kg/t	50000	3,00	150000
Kwas fosforowy (75% wag.) (opcja)	0,3	kg/t	30000	1,1	33000
Mocznik (ciało stałe)	0,004	kg/t	400	3,00	1200
				<b>Razem</b>	<b>33411890</b>

Oprócz pracowników do obsługi samej instalacji potrzebni są pracownicy do rozładunku zboża i załadunku produktów, pracownicy laboratoryjni do kontroli jakości alkoholu i administracja. Stabelaryzowane zapotrzebowanie na pracę ludzką, stawki roboczogodzin, ilość godzin pracy w ciągu roku dla poszczególnych grup pracowników oraz wartość pracy w ciągu roku zostały przedstawione w tabeli 3.

*Tabela 3. Zapotrzebowanie na pracę ludzką*

*Table 3. Demand on labour*

<b>Praca ludzka</b>	<b>Stawka za rbh (zł)</b>	<b>Ilość osób</b>	<b>Ilość godzin w ciągu roku</b>	<b>Razem w roku (zł)</b>
Kierownik	19,90	1	1920	38208
Sekretarka	13,00	1	1920	24960
Pracownicy z wyższym wykształceniem w brygadzie	19,90	4	1440	28656
Pracownicy ze średnim wykształceniem w brygadzie	13,00	28	1440	18720
Pracownicy laboratorium	13,00	3	1920	24960
Pracownicy pozostali	13,00	6	1920	24960
			<b>Razem</b>	<b>160464</b>

Koszt produkcji litra bioetanolu dla poszczególnych zbóż zostanie obliczony według wzoru:

$$\text{Koszt produkcji [zł/l]} = (\text{Koszt zboża [zł]} + \text{Koszt materiałów i nośników energetycznych [zł]} + \text{Koszt pracy ludzkiej [zł]}) / 126\,000\,000$$

Firma Lurgi dostarcza jedynie samą linię produkcyjną. By uruchomić produkcję należy wybudować całą infrastrukturę niezbędną do działania linii to jest: instalację do odzysku CO<sub>2</sub>, wyposażenie elektryczne i przeciwpożarowe, magazyn produktu wraz z ekspedycją, zagospodarowanie terenu z drogami wewnętrznymi, budynkami, kotłownią z kotłem, ujęciem wody i stacją uzdatniania ścieków oraz silosy zbożowe.

Wielkości te można określić szacunkowo jako procent nakładów na samą linię inwestycyjną. Im większa linia tym większe powinny być nakłady na urządzenia i obiekty towarzyszące. Zostały one podane w pracy [Praca zbiorowa, 1998] oraz przedstawione w tabeli 4. Wartość instalacji do odzysku CO<sub>2</sub> została podana na podstawie oferty firmy Interis Maguin [Maguin, 2006] z końca 2006 r. Kurs średni EURO względem złotego (1 EURO = 3,8608 PLN) został wzięty do przeliczeń według [Tabela, 2006].

*Tabela 4. Nakłady inwestycyjne niezbędne do uruchomienia produkcji bioetanolu przy pomocy firmy instalacji Lurgi*  
*Table 4. Investition costs necessary for start of bioethanol production by Lurgi installation*

Nazwa nakładu inwestycyjnego	Wartość (EUR)	Wartość (zł)
Instalacja Lurgi [Lurgi,2006]	64 800 000	250 283 520
Instalacja Maguin do CO <sub>2</sub> [Maguin, 2006]	830 000	3 204 464
<b>Instalacje Lurgi i Maguin razem</b>	<b>65 630 000</b>	<b>253 487 984</b>
Dostawa i montaż wyposażenia elektrycznego i p.poż. (5% wartości instalacji)		12 674 399
Magazyn produktu i ekspedycja		6 000 000
Zagospodarowanie terenu, drogi wewnętrzne (2% wartości instalacji)		5 576 736
Rezerwa (10% wartości instalacji)		25 348 798
Budynki (wiata)		4 000 000
Kotłownia (11% wartości instalacji)		27 883 678
Dostawy wody i oczyszczanie ścieków (10% wartości instalacji)		25 348 798
Rezerwa (10% wartości instalacji)		25 348 798
<b>Razem urządzenia i obiekty towarzyszące dla instalacji</b>		<b>360 320 394</b>
Silosy zbożowe		76 000 000
<b>Razem: instalacje, urządzenia i obiekty towarzyszące, silosy zbożowe</b>		<b>436 320 394</b>

Z penetracji rynku uzyskano możliwą hurtową cenę sprzedaży bioetanolu (o jakości odpowiadającej stosowaniu go jako biokomponent do benzyn) wynoszącą 2,60 zł/l i cenę sprzedaży CO<sub>2</sub> wynoszącą 40 zł/tonę. Dane te pozwolą na ułożenie tablicy przepływów, która będzie podstawą do wyznaczenia NPV i IRR. Zakłada się, że czas pracy całej inwestycji wynosić będzie 20 lat. Ponadto zakłada się 15% stopę dyskonta do obliczeń NPV.

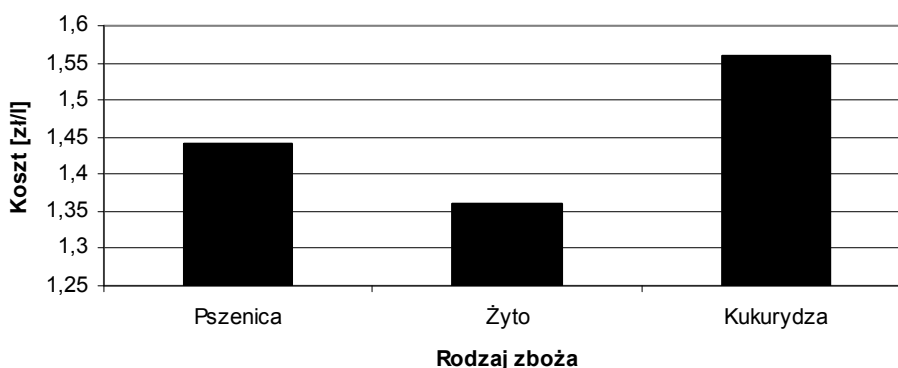
## Wyniki badań

Koszty produkcji litra bioetanolu dla poszczególnych rodzajów zbóż zostały przedstawione w tabeli 5 i na rysunku 1.

Tabela 5. Koszty produkcji litra bioetanolu dla poszczególnych rodzajów zbóż  
Table 5. Production costs per 1 litre of bioethanol for different kinds of used cereals

Rodzaj zboża	Koszt zboża zł	Koszt materiałów i nośników energii zł	Koszt pracy ludzkiej zł	Suma kosztów zł	Jednostkowy koszt produkcji zł/l
Pszenica	148 118 400	33 411 890	160 464	181 690 754	1,44
Żyto	138 185 600	33 411 890	160 464	171 709 854	1,36
Kukurydza	163 248 000	33 411 890	160 464	196 772 254	1,56

Zestawienie kosztów produkcji bioetanolu z różnego rodzaju zbóż



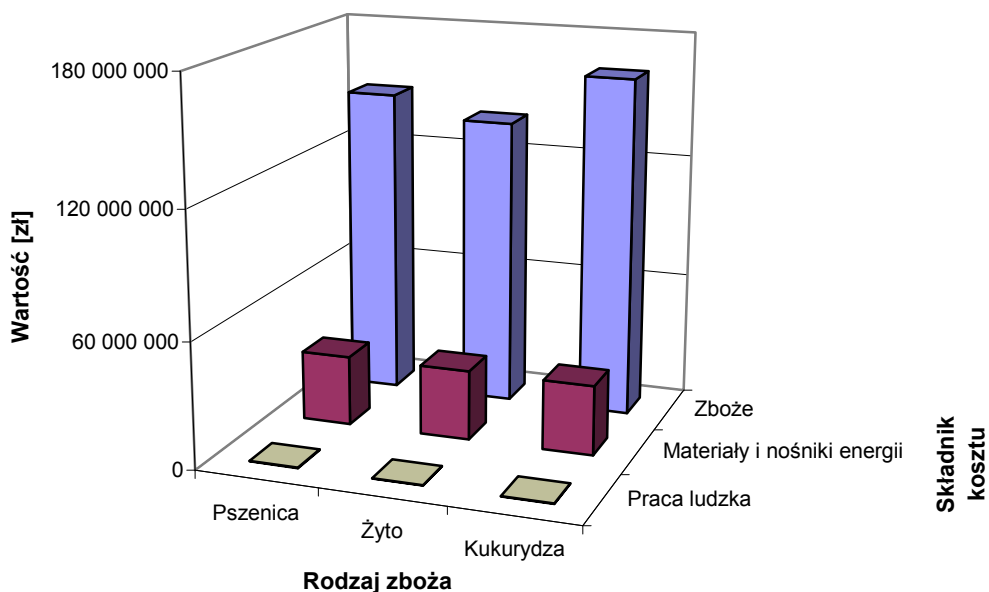
Rys. 1. Graficzne przedstawienie kosztów produkcji bioetanolu z różnego rodzaju zbóż  
Fig. 1. Graphical presentation of bioethanol production costs from different cereal grains

Strukturę procentową udziału poszczególnych składników w koszcie litra bioetanolu przedstawiono w tabeli 6, a wartościową strukturę kosztów produkcji bioetanolu dla poszczególnych zbóż na rysunku 2.

Tabela 6. Struktura procentowa udziału poszczególnych składników w koszcie litra bioetanolu

Table 6. Percentage share of particular components in the costs of 1 litre bioethanol

Składnik kosztu	Pszenica		Żyto		Kukurydza	
	zł	%	zł	%	zł	%
Zboże	148 118 400	81,52	138 185 600	80,48	163 248 000	82,96
Materiały i nośniki energii	33 411 890	18,39	33 363 790	19,43	33 363 790	16,96
Praca ludzka	160 464	0,09	160 464	0,09	160 464	0,08
Suma kosztów	181 690 754	100	171 709 854	100	196 772 254	100

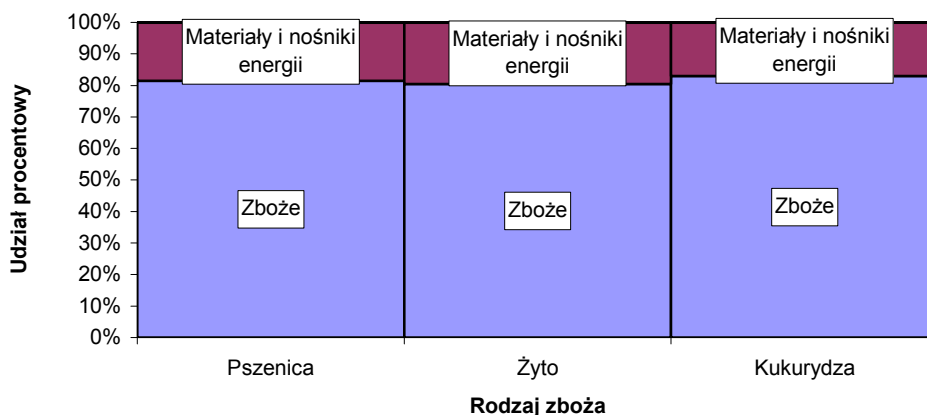


Rys. 2. Ilustracja wartościowej struktury kosztów dla produkcji bioetanolu z podziałem na różne zboża

Fig. 2. Illustration of cost structure for bioethanol production from different cereal crops

Strukturę kosztów produkcji bioetanolu obrazuje przedstawiono na rysunku 3, wyniki obliczeń wskaźników ekonomicznych (roczny zysk netto, ROI w %, ROI w latach, IRR, NPV) w tabeli 7.

Zestawienie procentowych struktur kosztów produkcji bioetanolu dla poszczególnych rodzajów zbóż



Rys. 3. Zestawienie struktur kosztów produkcji bioetanolu wyrażonych w procentach  
Fig. 3. Percentage structure of bioethanol production costs

Tabela 7. Wyniki obliczeń wskaźników ekonomicznych  
Table 7. Calculation results of particular economic indices

Wskaźnik	Pszenica	Żyto	Kukurydza
Roczny zysk netto	121 556 089 zł	129 640 618 zł	109 340 074 zł
ROI %	27,86%	29,71%	25,06%
ROI lata	3,59	3,37	3,99
IRR	28%	29%	25%
NPV	275 749 870 zł	319 323 592 zł	209 908 405 zł

## Wnioski

Inwestycja budowy instalacji firmy Lurgi wraz z niezbędnym uzbrojeniem terenu i obiektami towarzyszącymi jest niezwykle kosztowna i wynosi 436320394 zł. Obniżenie kosztów inwestycji można osiągnąć przez znalezienie dotacji lub opracowanie i wdrożenie w życie całkowicie nowej technologii produkcji bioetanolu.

Koszty jednostkowe produkcji litra bioetanolu zależą w ponad 80% od kosztów skupowanego zboża. W mniejszym stopniu zależą one od kosztów pozostałych materiałów i nośników energii i w niewielkim stopniu zależą one od kosztów pracy ludzkiej (poniżej 1%). Wskazuje to na ścisłe powiązanie i wielką wrażliwość finansową tego typu instalacji od sytuacji na rynku zbożowym.

Najlepsze wskaźniki ekonomiczne instalacja mogłaby osiągać przy produkcji bioetanolu z żyta, następnie z pszenicy i na samym końcu z kukurydzy. Jednakże różnice wskaźników dla poszczególnych zbóż są niewielkie. Wskaźniki takie, jak stopa zwrotu z inwestycji (IRR od 25% dla kukurydzy poprzez 28% dla pszenicy do 29% dla żyta) pokazują nam, że inwestycja będzie miała zwrot niemal dwukrotnie większy od zakładanej 15% stopy dyskonta, aczkolwiek okres zwrotu tej inwestycji wahałby się od około 3,5 roku dla żyta do 4 lat dla kukurydzy.

Zwykle przyjmuje się, że podobna inwestycja powinna zwrócić się poniżej 3 lat. Wobec tego przewidywane są trudności z uzyskaniem kredytu czysto komercyjnego na tą inwestycję. Wyjściem byłoby aplikowanie do odpowiednich krajowych lub europejskich funduszy na inwestycje związane z ochroną środowiska, propagowaniem rozwoju zrównoważonego i restrukturyzacją obszarów wiejskich lub uzyskaniem bezzwrotnej dotacji. Takie rozwiązanie znacząco poprawiłoby wszystkie wskaźniki ekonomiczne.

Wskaźniki ekonomiczne są nierozzerwalnie możliwym do uzyskania dochodem, który jest z kolei związany z kosztami produkcji i zyskiem osiąganym ze sprzedaży produktów. Na koszty zakupu zboża wpływ ma pogoda (plon uzyskany w danym roku) i koszty uprawy zależne w dużej mierze od ceny oleju napędowego używanego do napędu maszyn rolniczych.

Interesującą rzeczą byłoby powiązanie kosztów produkcji bioetanolu z kosztami oleju napędowego, a nawet z ceną surowej ropy naftowej na rynkach światowych. Tym bardziej, że z surowej ropy naftowej produkuje się benzynę, do której z kolei dodaje się bioetanol jako komponent. Następuje tu ekonomiczne sprzężenie zwrotne i wyłania się następujące pytanie: czy to sprzężenie jest dodatnie czy ujemne? Innymi słowy: czy zastępowanie części benzyny jest ekonomicznie uzasadnione czy też nie?

Należałoby zbudować modele ekonomiczne technologii upraw poszczególnych zbóż, opisać je równaniami i odnieść je do ceny ropy naftowej na rynkach światowych, która jest ściśle związana z ceną benzyny. Pozwoliłoby to obliczyć punkt opłacalności produkcji zboża na cele paliwowe. Byłoby to niezmiernie istotne dla zachowania równowagi na rynku żywności na świecie.

## **Bibliografia**

Dziennik Ustaw. 2004. Nr 71, poz. 648, Rozp. Min. Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów oraz metod badań jakości biokomponentów – bioetanolu z 19 marca 2004

Lurgi. 2006. Oferta firmy Lurgi na dostawę, montaż i serwis linii produkującej bioetanol ze zbóż



Maguin. 2006. Oferta firmy Interis Maguin na dostawę, montaż i serwis linii produkującej bioetanol buraków cukrowych – część dotycząca instalacji do utylizacji CO<sub>2</sub>

Praca zbiorowa. 1998. Sugar Technology" Bartens, Berlin, ss.1082-1083

Praca zbiorowa. 2006. Rynek zbóż. Raport MRiRW z 12.10.2006

Tabela kursów nr 200/A/NBP/2006 z 2006-11-02: 1 EURO = 3,8608 PLN