

**Benedykt Pepliński**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

## **ENERGOCHŁONNOŚĆ PRODUKCJI SORGO NA CELE ENERGETYCZNE – ANALIZA REGIONALNA<sup>1</sup>**

### *ENERGY CONSUMPTION OF SORGHUM PRODUCTION FOR ENERGY PURPOSES – REGIONAL ANALYSIS*

**Słowa kluczowe: sorgo, energochłonność, model, analiza regionalna**

*Key words: sorghum energy consumption, model, the regional analysis*

**Abstrakt.** Celem pracy była analiza nakładów energetycznych ponoszonych w uprawie, zakiszaniu i transporcie kiszonki z sorgo do biogazowni. Dane pozyskano z kart technologicznych opracowanych dla modelowych gospodarstw rolnych produkujących rośliny na cele energetyczne, zlokalizowanych w 5 makroregionach. Stwierdzono, że najniższą energochłonnością cechowała się produkcja w gospodarstwach o powierzchni 130 ha UR, zarówno w przeliczeniu na 1 ha uprawy, jak i 1 tonę uzyskanej kiszonki. W przypadku analizy regionalnej stwierdzono, że głównym determinantem poziomu nakładów energetycznych były uzyskiwane plony. Regiony uzyskujące najwyższe plony sorgo miały najwyższe nakłady energetyczne na 1 ha uprawy, ale najniższą energochłonność po przeliczeniu na 1 tonę uzyskanej kiszonki.

### **Wstęp**

Systematycznie rosnąca średnia temperatura powietrza na świecie stwarza coraz większą presję na obniżanie zużycia energii i zmniejszanie wykorzystania paliw kopalnych. Pomimo zakładanej znaczącej poprawy efektywności produkcji, dystrybucji i wykorzystania energii, globalne zużycie energii nadal będzie rosło, a wraz z nim znaczenie odnawialnych źródeł energii (OZE), takich jak gaz czy biomasa [Pepliński i in. 2015]. Udział energii z odnawialnych źródeł (bez hydroenergii) do 2040 roku zwiększy się według szacunków do około 24% [*The future...* 2015, *World Energy...* 2013]. Szacuje się, że pomimo znaczącego spadku koszty produkcji energii ze źródeł odnawialnych w najbliższym ćwierćwieczu nadal będą wyższe niż ze źródeł nieodnawialnych. Produkcja energii z biomasy ma być droższa od pochodzącej z wiatru, ale tańsza od energii słonecznej [*The future...* 2015]. Jednym z proponowanych sposobów obniżania strat w procesie dystrybucji energii jest realizowany już w wielu krajach świata proces decentralizacji produkcji energii i dążenie do powstania jak największej liczby instalacji prosumenckich, gdzie producent energii jest równocześnie jej konsumentem, a do sieci energetycznej oddaje wyłącznie nadwyżki produkowanej energii [*The future...* 2015]. Duże możliwości w tym zakresie dają instalacje fotowoltaiczne i małe biogazownie. Gospodarstwa rolne dysponują często dużą ilością niewykorzystanej biomasy, mają także duże możliwości jej produkcji. Jedną z roślin, która może być z powodzeniem uprawiana na cele energetyczne jest sorgo. Jest ona podobna w uprawie, zbiorze i przechowywaniu (kiszaniu) do kukurydzy, dzięki czemu można poprawić wykorzystanie maszyn używanych głównie w produkcji kukurydzy kiszonkowej. Jest ona również ciekawą propozycją dla gospodarstw, które zrezygnowały z produkcji bydła i posiadają niewykorzystane maszyny i silosy kiszonkowe. Duże znaczenie w efektywności produkcji energii mają nakłady energetyczne poniesione na produkcję biomasy, dlatego celem pracy była analiza nakładów energetycznych ponoszonych na uprawę, zakiszanie i transport kiszonki z sorgo do biogazowni.

<sup>1</sup> Praca została sfinansowana z Projektu nr WND-POIG.01.03.01-00-132/08 pt. *Opracowanie indeksu gatunkowego i optymalizacja technologii produkcji wybranych roślin energetycznych* realizowanego w latach 2009-2015 z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013.

Ponieważ sorgo jest rośliną ciepłolubną, ze względu na duże regionalne zróżnicowanie poziomu plonów analizę przeprowadzono dla 5 makroregionów w Polsce.

### Material i metodyka badań

Dane o energochłonności produkcji sorgo pozyskano z kart technologicznych opracowanych dla modelowych gospodarstw rolnych produkujących rośliny na cele energetyczne w ramach projektu badawczego POIG.01.03.01-00-132/08-00. Zostały one opracowane dla gospodarstw zlokalizowanych w 5 makroregionach:

- południowo-zachodnim, obejmującym województwa dolnośląskie i opolskie,
- południowo-wschodnim, obejmującym województwa lubelskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie i świętokrzyskie,
- centralnym, obejmującym województwa kujawsko-pomorskie i wielkopolskie,
- północno-zachodnim, obejmującym województwa lubuskie, pomorskie i zachodnio-pomorskie,
- północno-wschodnim, obejmującym województwa łódzkie, mazowieckie, podlaskie i warmińsko-mazurskie.

Ponieważ poziom nakładów oraz stosowane maszyny i narzędzia uzależnione są w dużym stopniu od wielkości gospodarstwa opracowano karty technologiczne dla gospodarstw o powierzchni:

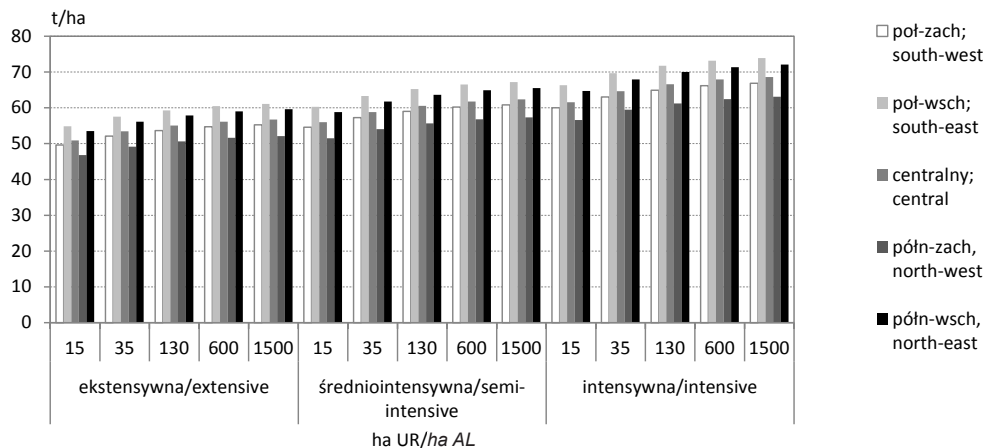
- do 20 ha, dla którego przyjęto obszar 15 ha UR,
- 20-50 ha, dla którego przyjęto obszar 35 ha UR,
- 50-200 ha, dla którego przyjęto obszar 130 ha UR,
- 200-1000 ha, dla którego przyjęto obszar 600 ha UR,
- powyżej 1000 ha, dla którego przyjęto obszar 1500 ha UR.

Zestaw prac i zabiegów obejmował wszystkie czynności polowe, zakup środków do produkcji, zbiór oraz transport sprzedanej kiszonki do biogazowni oddalonej około 15 km od gospodarstwa rolnego. Karty zostały przygotowane dla gospodarstw nieprowadzących produkcji zwierzęcej, które posiadały gleby lekkie, średnie lub ciężkie i prowadziły produkcję na trzech poziomach intensywności wyrażonych różnym poziomem nawożenia azotowego i ochrony roślin.

Ze względu na brak danych statystycznych oraz na podobieństwo botaniczne, a także w zakresie wymagań glebowych, klimatycznych i technologicznych, poziom oczekiwanych plonów sorgo dla poszczególnych makroregionów przyjęto na podstawie przeciętnych plonów kukurydzy (powiększonych o 10%) uzyskiwanych w poszczególnych województwach. Przeciętne plony roślin dla danego makroregionu obliczono jako średnie ważone plonów uzyskanych w latach 2001-2012. Analizę przeprowadzono dla gospodarstw posiadających gleby średnie. Korekty poziomu plonów związane ze zwiększeniem powierzchni gospodarstwa, intensywności ustalono metodą ekspercką. Korekty wydajności maszyn oszacowano na podstawie *Katalogu norm i normatywów* [1991].

### Wyniki badań

Poziom plonów cechował się dużą zmiennością w zależności od lokalizacji, wielkości i poziomu intensywności produkcji w modelowym gospodarstwie. Najwyższe plony występowały w makroregionach południowo-wschodnim i północno-wschodnim i wyniosły przeciętnie dla wszystkich typów modelowych gospodarstw odpowiednio 64,7 t zielonki/ha i 63,1 t zielonki/ha (rys. 1). Najniższe plony wystąpiły w makroregionie północno-zachodnim, – 55,2 t zielonki/ha. Plony zielonki w gospodarstwach o powierzchni 1500 ha UR były wyższe o 11,4% niż plony w gospodarstwach najmniejszych o powierzchni 15 ha UR. W przypadku gospodarstw o różnym poziomie intensywności poziom plonów w jednostkach produkujących w technologii intensywnej był o 21,0% wyższy niż w ekstensywnej. Najniższe plony wystąpiły w gospodarstwie o powierzchni 15 ha UR, produkującym ekstensywnie i położonym w makroregionie północno-zachodnim i wynosiły 46,8 t zielonki/ha, a najwyższe w jednostce o powierzchni 1500 ha UR, produkującej intensywnie i położonej w makroregionie południowo-wschodnim i wynosiły 73,9 t zielonki/ha. Maksymalna różnica w poziomie plonów wyniosła więc 58,0%.

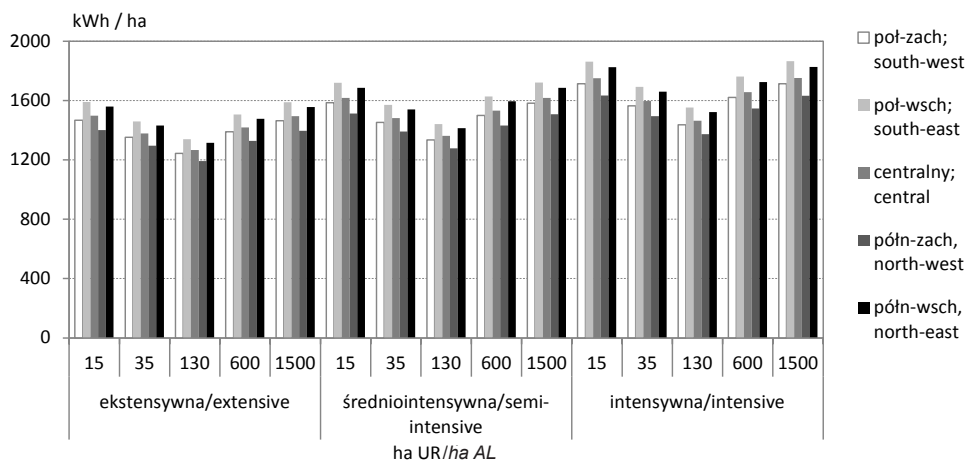


Rysunek 1. Plony sorgo (zielonki) w modelowych gospodarstwach rolnych

Figure 1. Sorghum yields (green matter) in model farms

Źródło: badania własne

Source: own research



Rysunek 2. Energochłonność produkcji sorgo w modelowych gospodarstwach rolnych

Figure 2. Energy consumption of sorghum silage production in model farms

Źródło: badania własne

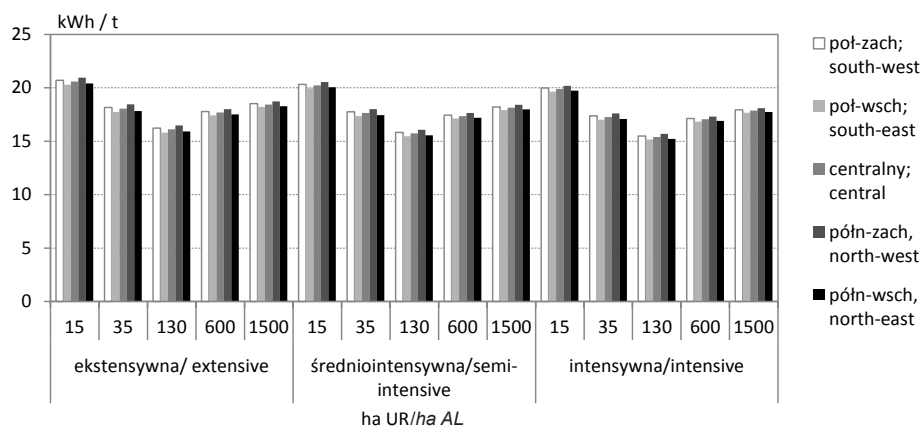
Source: own research

W związku z uwzględnieniem w badaniach modelowych gospodarstw rolnych o różnym areale uprawy, zasadne jest dokonanie analizy poziomu nakładów energetycznych tylko w wartościach względnych, a więc w przeliczeniu na 1 ha uprawy i na 1 tonę kiszonki. W modelowych gospodarstwach areal uprawy sorgo stanowił 1/6 użytków rolnych (UR). Poziom energochłonności był najwyższy w gospodarstwach produkujących intensywnie. Przeciętny poziom nakładów energetycznych był wyższy niż przy technologii ekstensywnej o 16,5%, a w stosunku do technologii średnio intensywnej o 8,0% (rys. 2). Spośród gospodarstw o różnej wielkości najniższe nakłady energetyczne na 1 ha ponosiły gospodarstwa o powierzchni 130 ha UR, w których w zależności od poziomu intensywności zużycie energii średnio we wszystkich makroregionach wyniosło od 1271,1 kWh/ha w technologii ekstensywnej do 1469,3 w technologii ekstensywnej. Najwyższe

nakłady były w najmniejszych gospodarstwach (odpowiednio od 1503,2 do 1756,6 kWh/ha) i największych o powierzchni 1500 ha UR (odpowiednio od 1499,5 do 1757,7 kWh/ha). Może to sugerować, że w gospodarstwach 600 ha UR i 1500 ha UR przyrost mocy zaprojektowanych ciągników nie został w pełni zrekomensowany zwiększeniem wydajności. Mniejsze zróżnicowanie występuje w układzie przestrzennym. Najniższe nakłady ponoszone były w makroregionie północno-zachodnim – przeciętnie 1427,1 kWh/ha, w zakresie od 1191,2 kWh/ha w gospodarstwach o powierzchni 130 ha UR i produkujących ekstensywnie do 1633 kWh/ha w gospodarstwach o powierzchni 15 ha UR i produkujących intensywnie. Najwyższe natomiast w makroregionie południowo-wschodnim – przeciętnie 1619,6 kWh/ha, przy czym w jednostce o powierzchni 130 ha UR i produkującej ekstensywnie nakłady wyniosły 1339,5 kWh/ha, a w gospodarstwach o powierzchni 1500 ha UR i produkujących intensywnie – 1965,4 kWh/ha. Przeciętnie nakłady energetyczne w makroregionie południowo-wschodnim były o 13,5% wyższe niż w makroregionie północno-zachodnim.

Ważnym czynnikiem decydującym o poziomie nakładów, zwłaszcza w obszarze logistyki, jest poziom plonów, co ma też przełożenie na poziom nakładów energetycznych na tonę wytworzonej produkcji. W analizach przyjęto, że ze 100 kg kisonki powstaje 70 kg kisonki. Poziom poniesionych nakładów energetycznych poniesionych na wytworzenie kisonki z sorgo wraz z transportem do biogazowni był najniższy w gospodarstwach o powierzchni 130 ha UR i produkujących intensywnie i wynosił przeciętnie we wszystkich makroregionach 15,38 kWh/t, a najwyższy w jednostkach w powierzchni 15 ha UR i produkujących ekstensywnie był wyższy o 33,9% i wynosił 20,59 kWh/t. Przeciętnie w gospodarstwach o powierzchni 15 ha UR niezależnie od poziomu intensywności zużycie energii było o 28,6% (15,74 kWh/t), a w gospodarstwach o powierzchni 1500 ha UR o 15,3% (15,74 kWh/t) wyższe niż w jednostkach o powierzchni 130 ha UR (15,74 kWh/t). W przeciwieństwie do nakładów energetycznych w przeliczeniu na tonę niższe zużycie energii było w gospodarstwach produkujących intensywnie – przeciętnie 17,49 kWh/t, podczas gdy w technologii ekstensywnej nakłady te były o 3,8% wyższe i wynosiły 18,17 kWh/t.

Poziom nakładów energetycznych w układzie przestrzennym był mniej zróżnicowany, gdyż w makroregionie północno-zachodnim przeciętna energochłonność wyniosła 18,15 kWh/t kisonki, podczas gdy w makroregionie południowo-wschodnim były one niższe o 3,2% i wyniosły 16,66 kWh/t kisonki.



Rysunek 3. Energochłonność produkcji kisonki z sorgo w modelowych gospodarstwach rolnych  
 Figure 3. Energy consumption of sorghum silage production in model farms

Źródło: badania własne

Source: own research

Jeśli przyjmie się, że z 1 tony kiszonki z sorgo uzyska się 508 kWh [Wójtowicz 2012], to nakłady energetyczne związane z uprawą, zbiorem i transportem kiszonki do biogazowni stanowią przeciętnie 3,51% uzyskanej energii.

### **Wnioski**

1. Optymalną, z punktu widzenia energochłonności, powierzchnią gospodarstw był areał 130 ha UR, w których areał uprawy sorgo wynosił 26 ha, gdyż energochłonność produkcji kiszonki z sorgo była najniższa.
2. Poziom energochłonności produkcji na 1 ha uprawy był najniższy w makroregionie północno-zachodnim, charakteryzującym się najniższymi plonami, natomiast w przeliczeniu na 1 tonę uzyskanej kiszonki – energochłonność była tam najwyższa. Wynikało to ze stosunkowo dużego znaczenia stałych nakładów energetycznych na uprawę roli, ochronę roślin i nawożenie, które rozkładały się na mniejszy zbiór.
3. Najniższą energochłonność produkcji tony kiszonki uzyskano w makroregionie południowo-wschodnim, który cechował się najwyższymi plonami sorgo. Związane to było z tym, że energochłonność prac transportowych jest silnie powiązana z wielkością zbiorów, w związku z czym o niższym poziomie nakładów energetycznych zadecydowały niższe jednostkowe nakłady energetyczne na uprawę roli, ochronę roślin i nawożenie.
4. Wraz ze wzrostem poziomu intensywności produkcji sorgo zwiększały się nakłady energetyczne na 1 ha uprawy, ale w przeliczeniu na tonę uzyskanej kiszonki energochłonność była coraz niższa.

### **Literatura**

- Katalog norm i normatywów*. 1991: SGGW, Warszawa.
- Pepliński B., Wajszczuk K., Baum R., Majchrzycki D., Wawrzynowicz J. 2014: *Modelowe technologie uprawy roślin na cele energetyczne. Część 3. Makroregion centralny*, Wyd. UP Poznań
- World Energy Scenarios Composing energy futures to 2050*, [online]. 2013: Paul Scherrer Institute, World Energy Council, <http://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050>, dostęp 13.03.2015
- The future of electricity*, [online]. 2015: World Economic Forum, <http://www.weforum.org/reports/future-electricity>, dostęp 13.03.2015.
- Wójtowicz S. 2012: *Kukurydza i sorgo jako celowe substraty do produkcji biogazu*, [online], RAGT Semences Polska Sp. z o.o., [zssplus.pl/galerie/Ekologia/\\_private/biogaz\\_1.pdf](http://zssplus.pl/galerie/Ekologia/_private/biogaz_1.pdf), dostęp 17.03.2015.

### **Summary**

*The aim of the study was the analysis the energy expenditures incurred in the production of sorghum silage. Data was obtained from card's technological developed for the model farms producing crops for energy purposes. They were developed for farms located in 5 macro-regions. The analysis showed that the lowest energy consumption was characterized by the production of farms with an area of 130 ha, both per hectare and per ton of silage obtained. In case of regional analysis, it was found that the main determinant of energy expenditure were obtained yields. Regions obtaining the highest yields of sorghum had the highest energy inputs per 1 ha of crops, but the lowest energy consumption per ton of silage obtained.*

Adres do korespondencji  
dr Benedykt Pepliński  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Katedra Zarządzania i Prawa  
ul. Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań  
tel. (61) 848 71 09  
e-mail: [peplinski@up.poznan.pl](mailto:peplinski@up.poznan.pl)