Wiadomości Zootechniczne, R. XLIV (2006), 3: 3-14

Odnawialne źródła energii pochodzenia rolniczego

Franciszek Brzóska[1], Karol Węglarzy[2]

[1]Instytut Zootechniki, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,32-083 Balice k. Krakowa
[2]Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki, Grodziec Śląski, Sp. z o. o., 43-386 Świętoszówka

Źródła energii kopalnej, jak węgiel, gaz i ropa naftowa posiadają ograniczone zasoby. Ich ceny zależą od kształtowania się polityki międzynarodowej i popytu na nie. Popyt na surowce energetyczne w czasie ostatnich 50 lat wzrósł 3-krotnie i stale zwiększa się, co powoduje stały wzrost ich cen. Powstała realna szansa przeznaczenia pewnej części areału gleb pod uprawę roślin energetycznych. Rolnictwo, opierając się na podstawowych środkach produkcji: glebie, wodzie i energii słonecznej może odtwarzać energię w naszej strefie klimatycznej w cyklach rocznych. Jako definicję „odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego" możemy przyjąć, że są to **„rośliny lub ich produkty pochodne (ziarno, słoma), a także produkty uboczne chowu zwierząt gospodarskich (gnojowica), które mogą być przetworzone na energię w biologicznych cyklach produkcyjnych".**

W warunkach przyrodniczych Europy Środkowej za odnawialne źródła energii pochodzenia rolniczego są uznawane:

- kukurydza i pozostałe zboża, ziemniaki, buraki cukrowe i melasa buraczana;
- rzepak;
- słoma rzepakowa i słoma zbożowa;
- wierzba energetyczna;
- odchody zwierzęce w warunkach skoncentrowanego chowu.

W rolnictwie, w ciągu ostatnich 100 lat dokonała się rzeczywista rewolucja technologiczna, która spowodowała realny wzrost plonów niemal wszystkich roślin uprawnych, w tym zbóż oraz wzrost wydajności zwierząt gospodarskich, prowadząc w efekcie do nadprodukcji płodów rolnych. Było to możliwe dzięki:

- zastosowaniu melioracji wodnych;
- nawożenia mineralnego, w tym wapnowania i NPK;
- wprowadzeniu nowych, doskonalszych odmian roślin uprawnych;
- zastosowaniu nowoczesnych technologii uprawy gleby;
- wprowadzeniu środków ochrony roślin i walki z chwastami;
- zastosowaniu wydajnych technik zbioru i przechowywania płodów rolnych,
- wprowadzeniu transgenicznych odmian roślin uprawnych odpornych na herbicydy i szkodniki (GMO).

W hodowli zwierząt zastosowano nowoczesne technologie utrzymania, żywienia i pielęgnacji, a w wyniku systematycznie prowadzonej selekcji otrzymano zwierzęta o wysokim potencjale produkcyjnym.

W listopadzie 2001 r. został opublikowany projekt Dyrektywy UE 93/81/EEC dotyczący priorytetów stosowania biopaliw płynnych w krajach UE. Biopaliwami określa się alkohol etylowy (spirytus) otrzymywany w gorzelnictwie i estry metylowe kwasów tłuszczowych otrzymywane z oleju rzepakowego. Główne kierunki rozwoju rynku paliw alternatywnych przewidywane w tym dokumencie przedstawiono w tabeli 1 (Roszkowski, 2002). Za najbardziej realny poziom uzupełniania paliw tradycyjnych biopaliwami uważa się około 8% zapotrzebowania, co odpowiadałoby około 10% ogólnej powierzchni użytków rolnych UE. Komisja UE proponuje wprowadzenie trzech sposobów promocji biopaliw:

- **dywersyfikację produkcji rolnej** na

rzecz rozwoju upraw przemysłowych, przy ograniczeniu produkcji na cele żywnościowe (non-food production, green chemistry);
- **zróżnicowanie wielkości podatków i opłat akcyzowych** na paliwa z preferencjami dla biopaliw;
- **wprowadzenie obowiązku stosowania określonej ilości, postaci i formy biopaliw do napędu silników w transporcie** (propozycja początkowa − 2% ilości z tendencją wzrostową do 5%).

Wobec nadprodukcji rolnej bardzo ważne jest wyłączanie części gruntów rolniczych z bezpośredniej produkcji i podejmowanie produkcji odnawialnych źródeł energii. Obecnie szacuje się, że do 2020 roku udział biopaliw w rynku paliw zwiększy się z obecnych 2% do 8% (tab. 1).

Tabela 1. Prognoza rozwoju rynku paliw alternatywnych wg projektu UE (w % udziału w rynku paliw)
Table 1. Predicted development of the alternative fuel market according to a EU project (% of the fuel market)

Rok *Year*	Biopaliwa *Biofuels*	Gaz ziemny *Natural gas*	Wodór *Hydrogen*	Razem *Total*
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

wg Roszkowskiego (2002)
acc. to Roszkowski (2002)

Główne kierunki rozwoju rynku biopaliw w państwach członkowskich Unia Europejska określiła w:

- Dyrektywie nr 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 8 maja 2004 roku w sprawie promowania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych,

- Dyrektywie Rady 2003/96/WE z 27 października 2003 roku w sprawie restrukturyzacji wspólnotowych przepisów dotyczących opodatkowania produktów energetycznych i energii elektrycznej.

Na mocy ostatniej dyrektywy kraje członkowskie UE mogą obniżać podatki (akcyzy) w stosunku do biopaliw.

Produkcja biopaliw ciekłych

Produkcja i wykorzystanie spirytusu

W UE obowiązuje ustawowy przepis stosowania spirytusu etylowego w benzynie samochodowej. W Polsce w 2003 r. przyjęto ustawę zakładającą stosowanie biopaliw (etanolu i estrów oleju rzepakowego) w paliwach do 5% ich objętości. Wykazano, że stosowanie biopaliw posiada wielorakie korzyści. Dodatek spirytusu do benzyn silnikowych powoduje obniżenie CO w spalinach o 15-30%, a także zwiększa liczbę oktanową, ułatwia uzyskanie mocy i poprawia spalanie. Dodatek spirytusu do benzyny silnikowej ułatwia utrzymanie w czystości wtryskiwaczy, cylindrów i przewodów paliwowych. Zgodnie z Dyrektywą 98/70/EC z 1998 r. benzyny ołowiowe od stycznia 2000 r. nie mogą być przedmiotem obrotu handlowego w krajach UE, zaś standardowa ilość etanolu w benzynach nie może przekraczać 5% objętości (v/v).

Głównym surowcem do produkcji spirytusu etylowego dodawanego do paliw samochodowych są produkty wysokoskrobiowe, zwłaszcza żyto, ziemniaki, melasa buraczana, kukurydza i inne zboża oraz produkty odpadowe przemysłu piekarniczego i ciastkarskiego. W Polsce czynnych jest 340 gorzelni produkujących spirytus, a około 430 jest wyłączonych z produkcji wobec braku zbytu na spirytus przed 2003 r. Podstawowymi surowcami do produkcji spirytusu w Polsce było żyto i ziemniaki. Obecnie z kilku względów zwiększa się wykorzystanie ziarna kukurydzy. Kukurydza jest rośliną gleb lekkich i plonuje ponad dwukrotnie wyżej niż żyto. Wilgotne ziarno kukurydzy posiada wysoką zawartość suchej masy (60-80%) i może

być zbierane w listopadzie, a nawet w grudniu. W Polsce brak jest zainteresowania produkcją spirytusu z buraków cukrowych, jakkolwiek uprawa buraków daje najwyższą wydajność spirytusu surowego z 1 ha upraw.

Krajowa produkcja spirytusu surowego szacowana jest na 225 milionów litrów, w tym etanolu (spirytusu odwodnionego) na 83 miliony litrów. Technologie przerobu wywaru gorzelniczego, wobec ograniczeń środowiskowych związanych z jego utylizacją, są doskonalone. Zwiększa się technologia zagęszczania wywaru na wysokoobrotowych wirówkach, a następnie jego suszenia i wykorzystania w mieszankach paszowych dla zwierząt.

W tabeli 2 podano wielkość produkcji spirytusu surowego z 1 ha poszczególnych upraw rolniczych.

Tabela 2. Wydajność produkcji spirytusu surowego z 1 ha upraw (Żmuda, 2003)
Table 2. Field of high wines production from 1 ha of land (Żmuda, 2003)

Roślina uprawna *Cultivated plant*	Plon (2001) *Yield (2001)* (t/ha)	Zawartość skrobi/cukru *Starch/sugar content (q)*	Produkcja spirytusu surowego z 1 ha *Produciton of high wines per ha* (hl)
Żyto - *Rye*	2,43	66-73	7,3-8,1
Pszenica - *Wheat*	3,53	64-70	10,7-11,8
Kukurydza - *Maize*	6,07	67	18,4-20,2
Ziemniaki - *Potatoes*	16	15-25	13,
Buraki cukrowe - *Sugar beets*	36	10-14	21,1-29,5

Badania wykonane w Instytucie Zootechniki potwierdziły przydatność suszonego wywaru kukurydzianego w żywieniu drobiu, świń i przeżuwaczy. Nadal wykorzystuje się surowy wywar w żywieniu zwierząt, głównie przez rolników gospodarujących w niewielkiej odległości od gorzelni. Cykl produkcji etanolu w Polsce ma charakter dwuetapowy. Najpierw produkuje się spirytus surowy, a następnie tzw. spirytus absolutny (99%), który odpowiada etanolowi. Ceny spirytusu surowego w Polsce są niższe niż ceny światowe tego surowica, a produkcja ta nie jest dotowana przez państwo. Proces odwadniania spirytusu surowego został w ostatnich latach bardzo unowocześniony. Wprowadzono sita molekularne oraz procesy odwadniania spirytusu metodą odwróconej osmozy, dzięki czemu zmniejszyła się bardzo energochłonność procesu. Duże nadzieje wiąże się z wytwarzaniem bioetanolu ze zrębków drewna i roślin energetycznych metodami szybkiej ich pirolizy.

Wykorzystanie bioetanolu przez przemysł paliwowy od strony technologicznej nie stwarza trudności. Jest on bezpośrednio dodawany do benzyn w ilości 5%. Istnieją obawy dotyczące jego wpływu na stan silników benzynowych po dłuższych okresach stosowania. Niektórzy utrzymują, że są to obawy podnoszone przez lobby paliwowe. Bezspornym efektem stosowania bioetanolu w paliwach silników benzynowych jest mniejsze zanieczyszczenie środowiska produktami spalania. Wejście ustawy o biopaliwach odbierane jest jako motor rozwoju polskich gorzelni. W ostatnich 15 latach import alkoholi zahamował działalność ponad 400 gorzelni, zwłaszcza małych. Wykorzystanie bioetanolu w celach paliwowych spowoduje, że część gorzelni prawdopodobnie wznowi działalność po wejściu w życie ustawy. Specjaliści od motoryzacji nie widzą żadnych przeciwwskazań dla stosowania bioetanolu w benzynach do napędu nowoczesnych silników z wtryskiem paliwa. Mankamentem etanolu jest jego hydrofilny charakter, polegający na szybkim chłonięciu wody, która przy temperaturze powyżej 20^{o}C może powodować zmętnienie paliwa. Niezbędne jest zatem wyposażenie zbiorników produkcyjnych i dystrybucyjnych w urządzenia do odwadniania paliw.

Drugim ważnym elementem wsparcia produkcji bioetanolu jest wprowadzenie cen minimalnych, które ustabilizują rynek spirytusu surowego, co stworzy możliwość rekonstrukcji i modernizacji gorzelni rolniczych. Zastosowanie spirytusu dla potrzeb paliwowych to także inne korzyści, takie jak pobudzenie produkcji w polskim rolnictwie, stworzenie nowych miejsc pracy, redukcja emisji zanieczyszczeń do atmosfery i zmniejszenie zależności od importu paliw.

Produkcja i wykorzystanie estrów metylowych oleju rzepakowego

Z olejów roślinnych, w tym rzepakowego i słonecznikowego, można otrzymywać estry i alkohol glicerynowy (glicerol), które nadają się do wykorzystania jako oleje napędowe w silnikach wysokoprężnych lub jako oleje opałowe w piecach centralnego ogrzewania. Efektywność produkcji estrów z oleju rzepakowego wynosi około 85% ich objętości. Olej rzepakowy może być wykorzystywany do produkcji biopaliw metylowych (RME) i etylowych (REE), mieszanek oleju napędowego z udziałem 30% RMR (REE) i tzw. oksydiesla (80% ON+15% FAME lub FAEE+5% dodatku przeciwsedymentacyjnego). Szacuje się, że produkcja estrów metylowych według różnych technologii wynosi w Europie około 1 mln litrów z tendencją wzrostu do 3 mln litrów rocznie w czasie najbliższych 1-2 lat. Trwają prace nad zastąpieniem alkoholu metylowego − etylowym w produkcji estrów, co pozwoliłoby na wyeliminowanie emisji gazów CO_2, HC, CO i NO do atmosfery.

W UE trwają prace grupy roboczej nad ustaleniem norm jakościowych biopaliw roślinnych dla paliw silnikowych i oleju opałowego. Przewiduje się, że normy i metody badań surowców wyjściowych oraz olejów zaczną obowiązywać w najbliższych 2-3 latach.

Czyste estry kwasów tłuszczowych mogą być stosowane w silnikach wysokoprężnych bez żadnych zmian konstrukcyjnych. Wykazano, że użycie estrów oleju rzepakowego powoduje (do 7%) zwiększenie zużycia paliwa lub proporcjonalne obniżenie mocy w stosunku do oleju napędowego. Estry rzepakowe mogą być stosowane w mieszankach z olejem napędowym do 30% zawartości bez żadnych istotnych konsekwencji dla zużycia silnika i jego mocy. We Francji i Włoszech ester stosowany jest jako standardowy dodatek do olejów napędowych w ilości 5%. Począwszy od lat 90. estry rzepakowe były uznawane jako paliwa rolnicze i były dopusz-

czone do stosowania z zachowaniem gwarancji udzielanych przez producentów ciągników i maszyn samobieżnych. Obecnie większość producentów silników dopuszcza stosowanie biopaliw i ich mieszanek z olejem napędowym, zwłaszcza do napędu autobusów komunikacji miejskiej, jako paliw o zwiększonej w stosunku do oleju napędowego smarowalności. W USA estry metylowe dopuszczono do powszechnego stosowania w ciągnikach i maszynach rolniczych, poza terenami dróg publicznych, po których ciągniki z reguły nie poruszają się.

Oprócz prac związanych za stosowaniem biopaliw rzepakowych w postaci estrów, prowadzone są prace nad bezpośrednim wykorzystaniem oleju rzepakowego jako paliwa odfiltrowanego. Dotychczasowe próby nie doprowadziły do użytecznych technicznie rozwiązań (Roszkowski, 2002), jakkolwiek podejmowane są w tym kierunku starania przez użytkowników ciągników i samochodów z silnikami wysokoprężnymi, lecz na własne ryzyko.

Ze względu na istotne znaczenie biopaliw z olejów roślinnych dla przyszłego bilansu energetycznego w wielu krajach UE stosowane są metody „zachęty" do zwiększania ich produkcji i stosowania. Np., we Włoszech, Francji, Czechach, a także w USA zabiegami administracyjno-fiskalnymi spowodowano zastosowanie biopaliw do napędu środków komunikacji w wybranych aglomeracjach miejskich i obszarach chronionych. W krajach UE na podstawie porozumienia z USA w ramach GATT z 1992 r. produkcja roślin oleistych na cele przemysłowe jest w różnych formach dotowana. Wykazano, że dla utrzymania konkurencyjności rynkowej biopaliw rzepakowych ich cena nie może przekraczać 90% ceny oleju napędowego.

Tabela 3. Ważniejsze wymagania jakościowe dla oleju rzepakowego, estrów jako biopaliwa i oleju opałowego oraz oleju napędowego (Roszkowski, 2002)
Table 3. Some qualitative requirements for rapeseed oil, esters as biofuels and fuel oil, and diesel oil (Roszkowski, 2002)

Rodzaj oznaczenia *Type of measure*	Olej rzepakowy surowy *Raw rapeseed oil*	Ester jako biopaliwo *Ester as biofuel*	Ester jako olej opałowy *Ester as fuel oil*	Olej napędowy mineralny *Mineral diesel oil*
Gęstość, 15°C - *Density, 15 °C* (kg/m^3)	900-930	860-900	860-900	820-845
Liczba cetanowa - *Cetane index*		>51		>49
Zawartość siarki - *Sulphur content* (mg/kg)	<20	<10		<0,2
Punkt zapłonu - *Flash point* (°C)	220	101	101	>55
Wartość opałowa - *Calorific value* (MJ/kg)	35		35	40-60
Zawartość popiołu - *Ash content* (SO_4) [%(m/m)]	<0,1	<0,02	0,01	0,01
Zawartość wody - *Water content* (mg/kg)	750	500	500	200
Zanieczyszczenia stałe - *Solid pollutants* (mg/kg)	25	24	24	24
Lepkość - *Viscosity*, 40°C (mm/s)	<38	3,5-5,0	3,5-5,0	2,0-4,5
Liczba jodowa - *Iodine number* (g/100 kg)	100-120	<120		
Zawartość estrów - *Ester content* [% (m/m)]			>96,5	

Dla potrzeb produkcji biopaliwa rzepakowego przedstawiano instalacje o różnej wydajności:

- instalacje gospodarskie, produkcja do 300 t biopaliwa na rok,
- instalacje małe, produkcja do 5 tys. t biopaliwa na rok,
- instalacje duże, produkcja do 20 tys. t biopaliwa na rok,
- instalacje przemysłowe, produkcja do około 100 tys. t biopaliwa na rok.

Szacunkowy bilans materiałowy w technologii firmy FARMET do produkcji 5 tys. t estru metylowego przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Szacunkowy bilans materiałowy w technologii firmy FARMET (Olejnik, 2002)
Table 4. Estimated material balance acc. to FARMET technology (Olejnik, 2002)

Surowce - *Raw materials* (t)		Produkt - *Product* (t)	
Ziarno rzepaku *Rapeseed*	15 – 16 tys.	Ester metylowy - *Methyl ester* Surowa gliceryna - *Raw glycerine*	4825 1184
Woda technologiczna *Technological water*	600	Fosfolipidy - *Phospholipids* Ekstrakt wodny - *Water extract*	6 0,5
Kwas cytrynowy *Citric acid*	0,5	Woda techniczna - *Technological water* Wytłoki - *Oil cake*	600 10-11,5 tys.
Metanol - *Methanol*	940		
Wodorotlenek potasowy *Potassium hydroxide*	75		
Ponadto do produkcji niezbędne są: - *Other requisites for production:*			
Energia cieplna (moc) *Heat energy (power)*	gorąca woda - *hot water*, 110/90°C		200 kW
Powietrze - *Air*	czyste, odwodnione powietrze – *pure, dehydrated air*, 7 bar		200 m^3/h
Energia elektryczna (moc) *Electric energy (power)*	3 x 400 V 50/60 Hz		140 kW

W bilansie wyników ekonomicznych wytwarzania biopaliw rzepakowych bardzo istotną rolę odgrywa cena za sprzedaż wytłoków do żywienia zwierząt oraz glicerolu. W pełnym rachunku należy również uwzględnić ograniczenie emisji gazów cieplarnianych − spalanie estrów rzepakowych w porównaniu do oleju napędowego zmniejsza emisję dwutlenku węgla do atmosfery o około połowę.

Efektywność energetyczna produkcji estrów oleju rzepakowego i bioetanolu

Wyliczenia bilansu energetycznego przerobu rzepaku i produkcji biopaliwa dały następujący wynik:

przerób 1 tony rzepaku — 4228 MJ
370 kg biodiesla — 13 320 MJ
580 kg śruty rzepakowej — 319 MJ

Ponadto uzyskano około 40 kg surowego glicerolu.

Przerób 1 tony pszenicy na bioetanol wymagał nakładu 5671 MJ, a w efekcie uzyskano:

276 kg bioetanolu ─ 8280 MJ

Nie policzono wartości energetycznej wywaru.

Z powyższego wyliczenia widać, że wyższą efektywność otrzymuje się z produkcji biodiesla z rzepaku niż bioetanolu z ziarna zbóż.

fot. archiwum

Olej rzepakowy w produkcji smarów i lakierów

Istnieją również możliwości wykorzystania pewnych ilości oleju rzepakowego do produkcji rozkładalnych, zatem ekologicznych smarów, a także farb i lakierów oraz wykładzin podłogowych. Szacuje się, że w Unii Europejskiej odzyskuje się zaledwie 50% zużytych olejów i smarów, a reszta zanieczyszcza środowisko.

Bartkowiak-Broda i Krzymański (2004) uważają, że zastąpienie olejów mineralnych roślinnymi ma dużą przyszłość. Olej rzepakowy może znaleźć zastosowanie w otrzymywaniu olejów silnikowych, przekładniowych, smarów stałych i smarów antykorozyjnych. Zalety olejów i smarów pochodzenia roślinnego, wymieniane przez tych autorów, są liczne:

- absorbują się silniej na powierzchniach metalicznych, obniżając tarcie;
- wysoki współczynnik lepkości pozwala na stosowanie ich w wyższym zakresie temperatur,
- zwiększają odporność na utlenianie powyżej wartości uzyskiwanych dla odpowiadających im olejów mineralnych, co wydłuża okresy wymiany olejów;
- rzadziej powodują podrażnienia i egzemy na skórze u osób posiadających kontakt ze smarami i olejami;
- mają właściwości detergentowe i penetrujące, co zwiększa czystość silnika.

Uprawa wierzby krzewiastej na cele energetyczne

Jednym z odnawialnych źródeł energii jest wierzba krzewiasta, do uprawy której oprócz gleby niezbędna jest energia słoneczna. Na cele energetyczne uprawia się dwa gatunki: *Salix viminalis* i *Salix triandra. W*ierzbę uprawia się w systemie 1-, 2- i 3-letnim. Wykorzystaniem biomasy wierzby zainteresowane są duże elektrociepłownie, spalające mieszaniny miału węglowego z drobno pociętą wierzbą (zrębkami). Opracowano również piece centralnego ogrzewania połączone z silosami na sieczkę z wierzby, mogące opalać duże budynki produkcyjne lub mieszkaniowe. Badania prowadzone w północno-wschodniej Polsce wykazały, że wierzba *Salix viminalis* plonuje na poziomie od 11 do 26 t suchej masy drewna/rok. Biomasa pozyskiwana w cyklu 3-letnim miała wartość kaloryczną 19,3 MJ/kg s.m., przy niskiej zawartości popiołu na poziomie 1,3% i zawartości suchej masy w świeżej masie na poziomie 55-60%.

Korzyści z uprawy wierzby krzewiastej przedstawiają się następująco:

- niska energochłonność uprawy;
- małe zapotrzebowanie na herbicydy i pestycydy;
- możliwość wykorzystania standardowych maszyn do uprawy gleby, sadzenia i zbioru biomasy;
- nieograniczony rynek zbytu;
- wysoka produktywność.

Biomasa wierzby może być wykorzystana jako paliwo stałe (zrębki, pelety) lub można ją przetworzyć na paliwa gazowe (tlenek węgla, metan) i płynne (metanol).

Salix viminalis

Już obecnie Elektrociepłownia Tychy S.A. w kotle fluidalnym o mocy 100 MW spala mieszaninę (tzw. mixt) zawierającą 9,4% biomasy wierzby. Jest to obecnie największy kocioł energetyczny w Europie opalany tym sposobem. Badania wykonane przez Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu wykazały, że biomasa dodana do węgla podnosi efektywność energetyczną spalania i pozwala na uzyskanie znacznych efektów ekologicznych. Wydaje się, że udział biomasy w mieszance będzie można podwyższyć do 10-20%. Stwierdzono, że spalanie biomasy z węglem obniża emisję szkodliwych tlenków azotu o 20%, a emisję dwutlenku siarki o 10%. Elektrociepłownia zawiera umowy kontraktacyjne z rolnikami na dostawy wierzby.

Podejmowane są działania dla wykorzystania dla celów upraw ekologicznych zdegradowanych terenów pokopalnianych, na których będzie sadzona wierzba. Cenę biomasy wierzby ustalono w odniesieniu do ceny węgla, tzn. opierając cenę biomasy na jednostce energetycznej, czyli GJ; wynosi ona około 80 zł/t. W oparciu o dane szwedzkie szacuje się, że koszt transportu świeżej masy jest opłacalny na odległość do 50 km.

W Austrii, Szwecji i Danii do celów grzewczych coraz powszechniejsze staje się stosowanie peletów z biomasy wierzby krzewiastej. Szacuje się, że koszt wytworzenia energii cieplnej z peletu jest dwa razy niższy niż z oleju opałowego.

Badania wykonane w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie wykazały następujące parametry uprawy wierzby w cyklu jednorocznym, z przeznaczeniem do produkcji peletu (produkcja na urządzeniu o wydajności 1 t/godzinę):

- plon 37,10 t/ha/rok,
- zawartość suchej masy 52,67%,
- plon suchej masy 17,64 t/ha/rok,
- całkowity koszt wytworzenia 1 t peletu 291,95 zł/t.

Tabela 5. Koszt produkcji peletu z jednorocznych pędów *Salix* spp. (Stolarski i in., 2003)
Table 5. Cost of pellet production from year-old Salix spp. shoots (in zloty) (Stolarski et al., 2003)

Wyszczególnienie - *Item*	Wartość – *Value* (zł)
Zakup surowca - *Purchase of raw material*	137,93
Koszt transportu - *Transport costs*	25,86
Koszt suszenia - *Drying costs*	51,72
Koszt mielenia - *Grinding costs*	10,00
Amortyzacja - *Depreciation*	27,40
Remonty i konserwacja - *Repair and maintenance*	13,70
Energia elektryczna - *Electric energy*	16,66
Płace – *Wages*	8,68
Razem - *Total*	291,95

fot. archiwum

fot. archiwum

W strukturze kosztów peletu 47,2% zajmował zakup surowca i 17,7% jego suszenie. Pelety wytłoczone z biomasy wierzby pozyskiwanej w cyklu jednorocznym mają 4-krotnie zwiększoną gęstość (600 kg/m^3), wilgotność (8%), wartość opałową (18 MJ/kg) i zawartość popiołu (1,26%) (Stolarski i in., 2003). Koszty produkcji peletu w Szwecji szacowane są na 61 euro/tonę (268 zł/t). W Niemczech i Skandynawii cena hurtowa dobrej jakości peletu wynosi 150-180 euro t (660-792 zł/t), przy cenie dla odbiorcy detalicznego na poziomie 230-300 euro/t (1012-1320 zł/t). Z innych badań wykonanych w Polsce przy produkcji peletu z trocin i odpadów drzewnych wynika, że koszt ten wynosił 189,44 zł/t i był niższy wobec braku konieczności rozdrabniania i suszenia.

Obszar uprawy wierzby krzewiastej w Polsce, zwłaszcza na Śląsku, rozwija się. Co roku obsadza się nowe areały gruntów, jakkolwiek brak jest informacji na temat ogólnego obszaru uprawy zajętego przez wierzbę na cele energetyczne. Kilka firm uruchomiło produkcję pieców do jej spalania wraz z silosami i zasobnikami do jej przechowywania. W ZD IZ Grodziec Śląski, Sp. z o.o., wierzbą obsadzono znaczny areał gruntów przylegających do drogi szybkiego ruchu znajdującej się w budowie. Wierzba ma tam spełniać również funkcję ekologiczną i widokową w krajobrazie, pochłaniając hałas i zanieczyszczenia atmosfery, a równocześnie może być odbiorcą odchodów zwierzęcych w okresie wegetacji.

Wykorzystanie słomy dla celów energetycznych

Odnawialnym surowcem energetycznym są również: słoma zbożowa i rzepakowa. Wykorzystywane są na ściółkę (56%), paszę (36%) oraz do okrywania kopców, produkcji mat ogrodniczych i ocieplania budynków (8%). Ze względu na rezygnację wielu gospodarstw z chowu zwierząt gospodarskich obserwuje się wypalanie słomy, co świadczy o jej nadmiarze

w stosunku do potrzeb lub braku innej możliwości jej zbycia. W ostatnich latach rozwinięto technologie produkcji pieców centralnego ogrzewania, przystosowanych do wykorzystania słomy prasowanej lub balowanej. Areał uprawy zbóż w Polsce wynosi około 8 mln ha, co wskazuje na produkcję 12-15 mln t. słomy. Nadwyżka słomy ponad inne jej wykorzystanie szacowana jest na 7-8 mln t. Zasoby słomy nie są rozłożone równomiernie w całym kraju, stąd technologie jej wykorzystania są rozproszone. Przykładem może być wykorzystanie słomy na cele energetyczne przez Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej Lubań, Sp. z o. o. (Kowalczyk, 2003). PEC Lubań posiada dwie kotłownie węglowe o mocy 17,4 i 7,5 MW. System skupu słomy oparto na umowach sprzedaży słomy „na pokosie", zawieranych z rolnikami. Powołano sezonowo pracującą grupę 14-16 pracowników zajmujących się prasowaniem i transportem słomy. Wyposażenie zespołu stanowią trzy zestawy wielkogabarytowych pras wysokiego zgniotu, cztery ładowarki oraz dwie platformy do transportu. Słoma gromadzona jest w dwóch magazynach i stogach w miejscach uzgodnionych z rolnikami. Rocznie zbiera się około 4,5-7 tys. t słomy, przy średnim plonie 2,5 t/ha. W piecach CO spalana jest słoma rozdrobniona. Technologia opracowana została przez firmy polskie, tradycyjnie produkujące dla energetyki cieplnej, we współpracy z firmą duńską REKA A/S. Obsługa kotłów ciepłowniczych sprowadza się do załadunku beli słomy na stół podający, który stanowi zasobnik przykotłowy. Rozdrobniona słoma podawana jest przy pomocy podajnika ślimakowego przez śluzę ogniową do komory spalania kotła. Proces spalania sterowany jest automatycznie. Nominalna sprawność spalania w kotłowni na słomę wynosi 84-90%. W kotłach tolerowana jest wilgotność do 30%, jakkolwiek moc kotła obniża się wówczas o około 20%.

Koszty eksploatacji kotłowni na słomę nie odbiegają znacząco od kosztów spalania miału węglowego. Niższe są koszty transportu. Mogą one być znacząco obniżone w przypadku dużych przedsiębiorstw rolniczych, dysponujących własną słomą i własnym transportem. Zdaniem specjalistów istnieją duże możliwości wykorzystania słomy dla celów ciepłowniczych w dużych fermach trzody chlewnej, drobiu czy w osiedlach wiejskich, przy znacznym ograniczeniu emisji szkodliwych substancji do atmosfery. Szacuje się, że inwestycje w kotłownie opalane słomą amortyzują się po 8-9 latach ich użytkowania.

Pozyskiwanie energii z odchodów zwierzęcych

Odchody zwierzęce, podobnie jak odpady gorzelniane, browarniane, wysypiskowe i osady z oczyszczalni ścieków komunalnych oraz serwatka, są źródłem metanu powstającego z zawartych w nich związków azotowych. Metan jest gazem palnym o wysokiej kaloryczności. Jest równocześnie gazem odpowiedzialnym za tworzenie się dziury ozonowej na kuli ziemskiej. W Polsce opracowano projekty instalacji do pozyskiwania metanu z odchodów zwierząt, jakkolwiek w praktyce jest ich niewiele. W UE ze względu na wysokie koszty inwestycji instalowane są bardzo rzadko. Szacuje się, że koszt ich amortyzacji zwraca się po 16-20 latach działalności. Dla gospodarstw do około 500 SD mogą być realizowane instalacje utylizacji gnojowicy wykonane wg IBMER (Romaniuk i in., 2002).

Są to instalacje o następujących wielkościach:

- biogazownia z komorą fermentacyjną, stalową, o pojemności 25 lub 2 x 25 m^3, przeznaczona dla gospodarstw o obsadzie 20-60 SD;
- biogazownia z komorą fermentacyjną, żelbetową, o pojemności 50 m^3, przeznaczona dla gospodarstw o obsadzie 40-60 SD;
- biogazownia z komorą fermentacyjną, żelbetową, o pojemności 100, 200 i 500 m^3 i ich wielokrotność dla gospodarstw o obsadzie 100-1000 SD.

Ilości biogazów uzyskiwanych z odchodów, zależnie od gatunku zwierząt, podano w tabeli 6.

Tabela 6. Ilości wytwarzanego biogazu w zależności od rodzaju zwierząt inwentarskich (Romaniuk i in., 2002)

Table 6. Amount of biofuel production according to livestock type (Romaniuk et al., 2002)

Rodzaj zwierząt *Type of animal*	1 SD/zwierzę *1 LU/animal*	Ilość gazu *Amount of gas* [m^3/(SD x d)]	Wartość kaloryczna netto *Net calorific value* (kWh/m^3)
Bydło - *Cattle*	0,70	1,2	6,5
Trzoda chlewna - *Pigs*	0,09	1,5	6,5
Kury nioski - *Laying hens*	0,01	1,8	5,7

Jak wskazują wyniki produkcyjne biogazowni eksploatowanych w rolnictwie, z 1 m^3 płynnych odchodów można uzyskać średnio 20 m^3 biogazu, a z 1 m^3 obornika - 30 m^3 biogazu o wartości energetycznej około 23 MJ/m^3. Efektywność produkcyjna biogazu z odchodów zwierzęcych zwiększa się w miarę wzrostu ilości odchodów. Najwyższa jest w fermach typu przemysłowego o dużej koncentracji zwierząt. Czynnikiem ograniczającym rozwój ferm tego typu są uwarunkowania środowiskowe związane z utylizacją odchodów zwierzęcych. Inwestowanie w instalacje dla pozyskiwania energii z odchodów wydaje się istotnym czynnikiem ograniczającym te zagrożenia. Energia uzyskana z metanu może być wykorzystana zwrotnie w fermach do podgrzewania wody lub ogrzewania pomieszczeń wymagających podwyższonej temperatury, takich jak porodówki loch, budynki do odchowu kurcząt brojlerów czy budynki mieszkalne.

Pozyskiwanie energii słonecznej i energii zbiorników mleka

Pozyskiwanie energii słonecznej jest technologią powszechnie znaną, do której wykorzystuje się kolektory kumulujące energię. Wykorzystuje się ją do podgrzewania wody i ogrzewania budynków mieszkalnych. Istnieją warunki do wykorzystania energii słonecznej w nowo budowanych fermach bydła mlecznego i trzody chlewnej. Budynki te ze względu na duże połacie dachowe sprzyjają montowaniu kolektorów słonecznych do podgrzewania wody technologicznej. Rozwiązania takie mogą służyć podgrzewaniu specjalnych pomieszczeń, np. dla macior z prosiętami, kurcząt brojlerów w pierwszym okresie chowu czy młodych indyków. Technologia ta upowszechnia się w rejonie południowych Niemiec, głównie w Bawarii.

Znane są również metody odzyskiwania ciepła z udojonego mleka, schładzanego z około 39°C do temperatury 6-8°C. Ilość odzyskiwanego ciepła pozwala na podgrzewanie wody technologicznej, używanej do mycia urządzeń udojowych i zbiorników mleka, do temperatury 18-22°C.

Podsumowanie

Potrzeba wyłączenia części gruntów z produkcji rolniczej, a także efektywnego zagospodarowania gleb oraz obszarów po eksploatacji węgla, stwarza możliwość rozwoju produkcji dla potrzeb przemysłu energetycznego. Działalność taka stwarza szansę wzrostu zatrudnienia w rolnictwie i poza rolnictwem, wyższych dochodów rolników oraz zwiększenia udziału energii ze źródeł alternatywnych pochodzenia rolniczego do poziomu 6-8% w 2010-2020 r. w energii zużywanej ogółem.

Produkcja biopaliw oraz energii odtwarzalnej może istotnie zmniejszyć zanieczyszczenie środowiska naturalnego produktami spalania. Rozwój technologii spalania wierzby krzewiastej i słomy może istotnie zmniejszyć zapotrzebowanie na naturalne surowce energetyczne, takie jak: węgiel, olej opałowy i gaz ziemny.

Zwiększenie wykorzystania metanu z odchodów zwierząt, szczególnie w fermach o wysokiej koncentracji ich chowu, może zwiększyć samowystarczalność ferm w zakresie energii i ograniczyć emisję metanu do atmosfery oraz rozwiązać problem utylizacji odchodów.

Rosnące ceny energii ze źródeł mineralnych sprawiają, że energia ze źródeł odnawialnych staje się konkurencyjną, jakkolwiek wymaga inwestycji. Rozwiązania wymaga zagad-

nienie wysokości cen i ewentualnej dotacji do tej produkcji, co leży w kompetencji Unii Europejskiej i jej parlamentu.

Pozostaje również do rozważenia zagadnienie wykorzystania energii odnawialnej ze źródeł pozarolniczych, lecz związanych ze środowiskiem wiejskim, jak energia wiatrowa i energia spadającej wody. Te źródła energii w Polsce nie są praktycznie wykorzystane. Zdaniem specjalistów, wykorzystanie energii odnawialnej w szerszym zakresie wymaga zmiany ustawodawstwa na bardziej sprzyjające jej pozyskiwaniu ze źródeł odnawialnych.

Literatura

Bartkowiak-Broda I., Krzymański J. (2004). Zalecane odmiany krajowe rzepaku dla przemysłu olejarskiego, paszowego i na cele energetyczne. Wieś Jutra, 7: 36-39.

Kowalczyk K. (2003). Ekonomiczne i gospodarcze aspekty energetycznego wykorzystania biomasy na przykładzie PEC Lubań. Wieś Jutra, 2: 46-49.

Kuś J. (2002). Efektywność ekonomiczna produkcji biopaliw płynnych. Wieś Jutra, 9, 6: 8-10.

Olejnik M. (2002). Biopaliwo rzepakowe celem strategicznym polskiego rolnictwa. Wieś Jutra, 2: 50-51.

Romaniuk W., Wardal W., Głaszczka A. (2002). Przetwarzanie odpadów organicznych źrółem energii. Wieś Jutra, 7: 17-20.

Roszkowski A. (2002). Płynne paliwa z biomasy roślinnej. Wieś Jutra, 9: 11-15.

Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J., Kisiel R. (2003). Pelety z biomasy wierzb krzewiastych. Wieś Jutra, 9: 12-13.

Żmuda K. (2003). Możliwości wykorzystania surowców roślinnych do celów energetycznych. Wieś Jutra, 9: 5-9.

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FROM AGRICULTURE

Summary

The need to exclude some land from agricultural production and to make efficient use of soils and post-mining areas enable production to be developed for the needs of the energy industry. This activity makes it possible to increase employment in and outside agriculture, farmers' income and the proportion of alternative sources of energy from agriculture up to 6-8% of total energy consumed in 2010-2020.

The production of biofuels and renewable energy can significantly reduce environmental pollution with combustion products. The development of basket willow and straw combustion technology can significantly reduce the demand for natural energy sources such as coal, fuel oil and natural gas.

Increasing the use of methane from animal waste, especially in farms with a high concentration of animal production can make farms more self-sufficient for energy, reduce methane emissions into the atmosphere and solve the waste management problem.

Growing prices of energy from mineral sources makes energy from renewable sources competitive, although it requires some investment. It is necessary to solve the issue of prices and possible subsidies for this type of production, which falls within the competence of the European Union and its parliament.

It is also necessary to deal with the issue of renewable energy from non-agricultural but rural sources such as wind power and energy of falling water. These sources of energy are practically left unused in Poland. According to specialists, the wider use of renewable energy requires national laws to be changed into those favouring the acquisition of energy from renewable sources.