

ZASTOSOWANIE MODELU KALKULACJI RÓŻNICOWYCH DO USPRAWNINIENIA PROCESU PRODUKCJI BRYKIETU OPAŁOWEGO Z AGROBIOMASY

1. Wprowadzenie

Szereg ekspertyz wykazuje duży potencjał techniczny odnawialnych zasobów energii w Polsce. Według raportu Ernst & Young [9], dotyczącego atrakcyjności krajów dla rozwoju energetyki odnawialnej, Polska zajmuje 12. miejsce na świecie, wyprzedzając wiele państw, w tym między innymi kraje Beneluxu i Skandynawii, z wyjątkiem Szwecji. Do najważniejszych atutów zaliczono m.in. sprzyjające warunki naturalne, mające wpływ na rozwój wykorzystania energii wiatru zarówno na lądzie, jak i na morzu, a także duży potencjał biomasy.

W ramach Unii Europejskiej, na przestrzeni ostatnich lat, zatwierdzony został obszerny pakiet działań służących zapobieganiu zmianom klimatu [10] oraz zapewnieniu Europie niezawodnych i wystarczających dostaw energii. Pakiet stanowiący najszerzej dotychczas zakrojoną reformę europejskiej polityki energetycznej ma na celu zapewnienie pozycji światowego lidera w dziedzinie energii odnawialnej i technologii niskoemisyjnych. W ramach zobowiązań ekologicznych Unii Europejskiej dąży się do zrealizowania następujących celów indykatorywnych: zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 20%, zmniejszenia zużycia energii o 20% w porównaniu z prognozami dla UE na 2020 r., a także zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) do 20% całkowitego zużycia energii w UE.

Wiele źródeł wskazuje na fakt, iż w warunkach geograficzno-klimatycznych Polski najważniejszym odnawialnym źródłem energii jest biomasa oraz, że jej wykorzystanie w najbliższych latach będzie wzrastać [4, 7, 8]. Biomasa wykorzystywana jest na cele energetyczne w procesie bezpośredniego spalania (drzewo, słoma, rośliny energetyczne), przetwarzana na paliwa ciekłe (np. estry oleju rzepakowego, alkohol) bądź gazowe (np. biogaz rolniczy) [5]. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego [4] w roku 2009 ze źródeł odnawialnych pozyskano w Polsce 253 153 TJ energii. Zdecydowanie najwięcej energii, bo – 85,8%, pochodziło z biomasy stałej. Energia pozyskiwana z biopaliw ciekłych wyniosła 7,1%, z wody 3,4%, z biogazu 1,6%, energii wiatru 1,5%, pompy ciepła 0,3% i energii geotermalnej 0,2 %.

Krajowy rynek biomasy w ostatnich latach dynamicznie się rozwijał. Największy wpływ na jego rozwój ma zapotrzebowanie dużych ciepłowni i elektrociepłowni na spalanie i współspalanie tego surowca. W dużym stopniu na takim wykorzystaniu biomasy opiera się możliwość wypełnienia przez nasz kraj zobowiązań ekologicznych w ramach porozumień unijnych oraz spełnienia ww. celów indykatorywnych. Jak wynika z informacji przekazanych w trakcie Forum Technologii w Energetyce – Spalanie Biomasy, które odbyło się 27 i 28 października 2011 roku w Bełchatowie,

w ostatnich trzech latach produkcja energii ze spalania biomasy potroiła się do poziomu 6 000 GWh rocznie. Przeprowadzane aktualnie inwestycje, takie jak przekazywany do eksploatacji kocioł o mocy cieplnej 183 MW w Elektrowni Szczecin czy budowany „Zielony blok” Elektrowni Połaniec, a także zaawansowane plany inwestycyjne na kolejne lata, jeszcze bardziej przyspieszą dynamikę rozwoju rynku biomasy w Polsce. Ważnym czynnikiem pozytywnie oddziaływującym na rynek biomasy jest także fakt, że produkowane z biomasy brykiety i pellety mogą być wykorzystywane w gospodarstwach domowych jako alternatywa dla paliw kopalnych. Konwencjonalne kotły spalające węgiel oraz drewno mogą być stosowane bez żadnych modyfikacji do spalania tego ekologicznego paliwa. Wzrastające ceny paliw konwencjonalnych, a także wzrost świadomości społecznej dotyczącej aspektów ekologicznych stosowania alternatywnych źródeł energii sprawiają, że oprócz dużego popytu ze strony elektrowni i elektrociepłowni, dynamicznie rozwija się także rynek detaliczny.

Przejawy zapotrzebowania na tego rodzaju surowiec energetyczny wśród klientów indywidualnych są wyraźnie widoczne. Wymienić należy tu takie zjawiska jak rozwój i pojawianie się nowych producentów maszyn do produkcji brykietów i pelletów, coraz szersza oferta pieców dedykowanych do spalania biomasy, organizowanie konferencji i targów branżowych (m.in. PELLETS-EXPO & BRYKIET-EXPO w Bydgoszczy), pojawiające się serwisy internetowe oraz tytuły prasowe poświęcone biomase, czy wreszcie, obserwowany w całym kraju rosnący popyt na tego rodzaju opał wśród klientów indywidualnych.

Ważnym podkreślenia wydaje się być także fakt, że szerokie wykorzystanie biomasy pochodzenia rolniczego, a także biomasy będącej pozostałościami po przemyśle rolnym, może stymulować rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich. Sprzedaż biomasy może stanowić dodatkowe źródło przychodu dla rolników, a bliskość surowca oraz specyfika technologii produkcji sprzyja lokalizowaniu tego rodzaju przedsiębiorstw na obszarach wiejskich. Dodatkowo, taka sytuacja może pozytywnie wpływać na powstawanie nowych miejsc pracy na tychże obszarach.

2. Cel i zakres pracy oraz metoda badań

W Polsce z każdym rokiem wzrasta produkcja energii ze spalania biomasy. Ważnym rodzajem biomasy, często wykorzystywanym przez producentów energii, są brykiety i pellety z biomasy pochodzenia rolniczego (agrobiomasy). Zauważalny jest także wzrost popytu na tego rodzaju wyroby wśród odbiorców indywidualnych, którzy wykorzystują je jako paliwo opałowe. Powyższa sytuacja sprawia, że w Polsce rośnie liczba producentów brykietów i pelletów.

Wymienione wyżej wyroby, mimo wielu podobieństw, różnią się w sposób zasadniczy, dlatego zakres pracy ograniczono do aspektów związanych z pierwszym z nich.

Produkcja takiego ekologicznego paliwa niesie ze sobą wiele problemów, dotyczą one m.in. zaopatrzenia w surowiec pochodzący z sektora rolnego, którego dostępność, mimo bardzo dużych zasobów, znacznie ograniczają czynniki ekonomiczne i rynkowe [11].

Głównym celem pracy jest analiza procesu produkcyjnego brykietu opałowego z uwzględnieniem aspektów problemowych wskazanych przez producentów tego wyrobu, które istotnie wpływają na nieoptymalny przebieg poszczególnych procesów technologicznych i logistycznych w ramach systemu produkcji. Przeanalizowanie ww. problemów oraz wskazanie możliwości ograniczania ich wpływu na przebieg procesu wytwarzania może stanowić cenne źródło informacji pomocnych w sprawniejszym zarządzaniu tego rodzaju produkcją. Co więcej, analiza ta może stanowić źródło przydatnych informacji przy opracowywaniu rozwiązań wspomagania decyzji [1] dla tego rodzaju produkcji.

Dla potrzeb analizy i usprawnienia zarządzania procesem wytwórczym przedsiębiorstw zajmujących się produkcją brykietu opałowego z biomasy pochodzenia rolniczego opracowano model kalkulacji różnicowych, obejmujący proces technologiczny i logistyczny, ze szczególnym uwzględnieniem problemów decyzyjnych determinujących efektywność tych procesów. Na potrzeby opracowania, w celu identyfikacji grupy ww. problemów, przeprowadzone zostały wywiady z przedstawicielami czterech przedsiębiorstw zajmujących się omawianą produkcją, a prowadzących działalność na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. Ustalone zostały niezbędne informacje dotyczące stosowanej technologii produkcji oraz działania linii technologicznej do produkcji brykietów (tab. 1).

Następnie, na podstawie przeprowadzonych szczegółowych obserwacji procesu produkcyjnego i logistycznego oraz stałego dostępu do danych finansowych jednego z przedsiębiorstw, dokonano przy pomocy opracowanego modelu kalkulacji różnicowych wybranych procesów występujących w ramach działalności operacyjnej tej firmy, z uwzględnieniem zróżnicowanych wariantów przebiegu procesów uwzględniających zmienność czynników nega-

tywnie wpływających na dany proces. Przyjęto założenie, iż opracowany model może z powodzeniem służyć jako metoda usprawniania zarządzania innymi przedsiębiorstwami, zajmującymi się produkcją brykietu opałowego.

Kalkulacje różnicowe należą do kalkulacji niepełnych i oparte są na założeniu, że zmienia się tylko jeden czynnik, który badamy, podczas gdy wszystkie inne pozostają niezmiennie. Polegają one na uzyskaniu odpowiedzi na pytanie, czy skutek zastąpienia badanego czynnika innym, efekty finansowe poprawią się, czy pogorszą. Kalkulacja różnicowa oparta jest o analizę kosztów zmiennych. Pomija się koszty mające charakter stały, a porównuje się tylko koszty zmienne – zwane specjalnymi, które trzeba ponieść, by uzyskać planowane efekty. Kalkulacje różnicowe mogą dotyczyć bardzo różnych zagadnień. Najczęściej kalkulacja polega na określeniu zmiany pozycji kosztów i dochodów oraz wielkości zysku pod wpływem wprowadzonych zmian, które są jej przedmiotem [3, 6].

W pracy rozpatrzono trzy czynniki wpływające na przebieg produkcji (wilgotność surowca, zanieczyszczenie surowca oraz odległość transportu surowca i cenę paliwa), które decydują o poziomie poszczególnych kosztów zmiennych. Koszty te w pracy nazwane zostały kosztami różnicującymi, a ich poziomy w poszczególnych wariantach zostały przedstawione w tabelach 3, 4 i 5.

3. Analiza wskazanych problemów występujących przy produkcji brykietu z biomasy

W tabeli 2 zestawiono wskazane przez producentów brykietu problemy związane z produkcją brykietu. Zostały one przyporządkowane do poszczególnych etapów działalności operacyjnej i rozwinięte o dodatkowe uwagi związane z ich występowaniem.

4. Produkcja brykietu opałowego z biomasy pochodzenia rolniczego

W pogłębionej analizie działalności operacyjnej rozpatrywanej firmy wykorzystywane są następujące środki trwałe:

1. Maszyny i urządzenia: rozwijarka do balotów, rozdrabniacz biomasy, młynek wtórny rozdrabniania, brykie-

Numer producenta	Rodzaj prasy brykietującej	Stosowany surowiec	Roczna wielkość produkcja [t]	Udział Sprzedaży [%]			
				Klienci indywidualni	Pośrednicy	Elektrociepłownie	Zużycie własne
1.	Hydrauliczna	Słoma rzepakowa, Słoma zbożowa	350-400	80	20	0	0
2.	Hydrauliczna	Słoma rzepakowa, słoma zbożowa, trociny, rośliny energetyczne	500-600	70	30	0	0
3.	Mechaniczna	Słoma rzepakowa, słoma zbożowa trociny	ok. 1000	5	0	95	0
4.	Mechaniczna	Głównie słoma	80-100	50	20	0	30

Tab. 1. Charakterystyka producentów brykietu

	Wskazany problem	Opis problemu
Transport zewnętrzny	<ul style="list-style-type: none"> • Wysoki koszt transportu biomasy, wynikający z faktu, iż przy niewielkim ciężarze biomasa zajmuje dużą objętość; • Niekorzystny stosunek kosztu transportu do wartości transportowanego ładunku; • Konieczność wykorzystania specjalistycznego sprzętu; • Czasochłonny załadunek, często w trudnym terenie; • Możliwość transportu uzależniona od warunków atmosferycznych; 	<p>Transport słomy charakteryzuje się niekorzystnym stosunkiem kosztu transportu do wartości transportowanego ładunku. Wynika to z małej gęstości usypowej słomy. Jest to również ważny czynnik zawężający możliwość pozyskiwania surowca z rynku lokalnego. W jednym z analizowanych przedsiębiorstw do transportu biomasy wykorzystywany jest ciągnik siodłowy z platformą. Zestaw ten może przewieźć jednorazowo do 25 ton ładunku. W przypadku transportu biomasy możliwe jest przewiezienie maksymalnie około 8 ton, ze względu na jej dużą objętość. Ponadto wartość takiego ładunku jest niewielka (w przypadku słomy będzie to około 800-1200 zł).</p> <p>Załadunek biomasy najczęściej odbywa się na polu, na którym pozostała po żniwach słoma została zebrana i sprasowana. Do załadunku wykorzystuje się wyposażoną w chwytak do balotów ładowarkę lub ciągnik z podnośnikiem hydraulicznym tzw. turem.</p>
Transport wewnętrzny i magazynowanie surowca	<ul style="list-style-type: none"> • Konieczność wykorzystania specjalistycznego sprzętu; • Konieczność dysponowania odpowiednim zapleczem magazynowym; • Zapychanie się surowca w podajnikach mechanicznych oraz w kanałach przy stosowaniu dmuchaw w procesie transportu wewnętrznego między poszczególnymi etapami przebiegu produkcji; • Niebezpieczeństwo awarii i/lub pożaru spowodowanej występowaniem w biomacie zanieczyszczeń (kamienie, metale itp.); 	<p>Ze względu na dużą objętość biomasy konieczne jest dysponowanie odpowiednio dużą powierzchnią magazynową. W trakcie magazynowania biomasa powinna być chroniona przed wpływem warunków atmosferycznych oraz przed możliwością dostania się do niej zanieczyszczeń w postaci np. kamieni. W przypadku przechowywania słomy w stogu, powinien on być przykryty plandeką lub folią. Zbyt wysoka wilgotność biomasy utrudnia, a w skrajnych przypadkach uniemożliwia, jej dalsze przetwarzanie. Ponadto otrzymywany z niej brykiet nie spełnia wymagań jakościowych, tzn. jest niedostatecznie zbity, osypuje się, gorzej się przechowuje, a co najważniejsze ma gorsze parametry użytkowe.</p> <p>Nieprawidłowo przechowany surowiec (o nabytym zawilgoceniu lub zanieczyszczeniu) trudniej transportować podajnikami mechanicznymi, a także przedmuchiwać, ponieważ ma on tendencje do zapychania transporterów. Kamienie i inne zanieczyszczenia mogą spowodować zablokowanie mechanizmu transportującego, co może skutkować awarią urządzenia.</p>
Rozdrabnianie biomasy	<ul style="list-style-type: none"> • Występowanie w biomacie zanieczyszczeń (kamienie, metale itp.); • Wysoki poziom hałasu; • Duże zapylenie w trakcie procesu rozdrabniania; • Duża awaryjność rozdrabniaczy; • Duża energochłonność procesu; 	<p>Z opinii producentów brykietu opałowego wynika, że największym problemem w procesie rozdrabniania biomasy jest zagrożenie związane z zanieczyszczeniami mogącymi uszkodzić urządzenia rozdrabniające. W każdym z przedsiębiorstw wystąpiła sytuacja poważnego uszkodzenia mechanizmu rozdrabniającego. Kolejnym wskazywanym problemem jest spadek wydajności procesu w przypadku zbyt wysokiej wilgotności biomasy.</p> <p>Procesowi rozdrabniania towarzyszy hałas oraz duże zapylenie, które dodatkowo utrudniają pracę.</p>
Brykietowanie biomasy	<ul style="list-style-type: none"> • Konieczność dysponowania odpowiednio przygotowanym surowcem (w przypadku słomy – frakcja o długości do 5 mm), w celu utrzymania optymalnej wydajności procesu brykietowania; • Konieczność dysponowania surowcem o odpowiedniej wilgotności (w przypadku słomy do ok. 20% wilgotności), w celu utrzymania optymalnej wydajności procesu brykietowania; • Niebezpieczeństwo awarii spowodowanej występowaniem w biomacie zanieczyszczeń (kamienie, metale itp.); 	<p>Producenci maszyn służących do brykietowania biomasy określają ich wydajność uzyskiwaną z surowca o optymalnych właściwościach, takich jak wilgotność oraz stopień rozdrobnienia biomasy. Ze względu na jednorodność frakcji oraz właściwości fizycznych brykietowanego surowca, możliwość utrzymania optymalnej wydajności procesu brykietowania jest ograniczona. W przypadku przekroczenia poziomu 18-22% wilgotności słomy lub trocin obniża się jakość uzyskiwanego brykietu. W brykietciarkach hydraulicznych, przy znacznym przekroczeniu dopuszczalnej wilgotności surowca, dochodzi do automatycznego zatrzymania, spowodowanego przeciążeniem termika zasypu na skutek zablokowania dozownika,</p> <p>Wydajność brykietowania spada także w przypadku nieodpowiedniego rozdrobnienia biomasy. Dwa z czterech analizowanych przedsiębiorstw przeprowadzały proces suszenia biomasy przed brykietowaniem. Proces ten zwiększa koszty produkcji i wymusza dodatkowe środki ostrożności, jednakże znacznie ogranicza występowanie problemu związanego ze zbyt wilgotnym surowcem.</p>

Tab. 2. Aspekty utrudniające produkcję brykietu opałowego

- ciarka hydrauliczna, dmuchawy pneumatyczne, przenośniki mechaniczne, zgrzewarka półautomatyczna.
2. Środki transportu: ciągnik siodłowy z naczepą – platformą, ładowarka teleskopowa, ciągnik z turem, samochód dostawczy.
 3. Budynki: magazyn surowca o pow. 1000 m², hala produkcyjna o pow. 300 m², magazyn wyrobów gotowych o pow. 100 m².

W analizowanym przedsiębiorstwie w obszarze logistyki zaobserwowano następujące procesy:

- Transport surowca do siedziby firmy:
 - załadunek balotów na platformę (załadunek organizuje sprzedający lub, gdy mamy do czynienia z niewielkimi odległościami od siedziby firmy, z wykorzystaniem własnej ładowarki teleskopowej),
 - transport zestawem ciężarowym: ciągnik siodłowy z platformą (załadunek po 38 balotów okrągłych, 30 kostek),
 - rozładunek surowca w siedzibie firmy z wykorzystaniem ładowarki teleskopowej z chwytakiem do balotów,
 - transport surowca i składowanie do magazynu.
- Transport wewnętrzny surowca między poszczególnymi procesami technologicznymi na linii produkcyjnej:
 - wstępnie rozdrobniony surowiec jest przedmuchiwany pneumatycznie do zbiornika buforowego,
 - wstępnie rozdrobniony surowiec ze zbiornika buforowego trafia do młynka domielającego za pomocą mechanicznego podajnika ślimakowego,
 - rozdrobniony surowiec tłoczony jest pneumatycznie do zbiornika buforowego prasy brykietującej, skąd za pomocą podajnika ślimakowego trafia do brykietciarki,
 - gotowy brykiet trafia z prowadnicy do worka, następnie jest ważony i manualnie zgrzewany przy pomocy zgrzewarki do worków,
 - worki o odpowiedniej wadze są układane na europalecie,
 - palety transportowane są do magazynu wyrobów gotowych.
- Transport brykietu zapakowanego w worki do klienta:
 - przy zamówieniach detalicznych do 1,5 tony, transport realizowany jest samochodem dostawczym o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony,
 - przy zamówieniach większej ilości, transport realizuje firma zewnętrzna.

W stosowanej przez firmę technologii produkcji brykietów można wyodrębnić następujące etapy:

- Przygotowanie surowca:
 - mechaniczne rozwinięcie balotu przy pomocy rozwijarki,
 - rozdrobnienie wstępne słomy w rębarnie stacjonarnej,
 - ostateczne rozdrobnienie słomy do postaci frakcji o odpowiedniej długości w młynku bijakowym, ssąco-tłoczącym o średnicy sita 8-10 mm.
- Brykietowanie odpowiednio przygotowanej biomasy w brykietarce hydraulicznej.
- Pakowanie w worki foliowe o wadze 25 kg, zgrzanie worków po odparowaniu brykietu.

4.1. Warianty decyzyjne dla potrzeb oceny wpływu wykorzystania surowca o nieprawidłowej wilgotności na koszty procesu produkcyjnego

Analizowana sytuacja dotyczy przetworzenia surowca (w tym przypadku słomy) o przekroczonej dopuszczalnej wartości wilgotności. Słoma zmokła na skutek nieodpowiedniego zabezpieczenia przed warunkami atmosferycznymi w trakcie magazynowania. Zebrana po żniwach słoma rzepakowa w formie balotów leżała w stogu na polu u rolnika przez 10 miesięcy. Następnie słoma została przewieziona do siedziby firmy. W procesie produkcji dokładne określenie wilgotności biomasy przeznaczonej do brykietowania utrudniają jej niejednorodne właściwości oraz ograniczony dostęp, wynikający z faktu jej magazynowania w formie sprasowanych balotów lub kostek. Po przetransportowaniu surowca na miejsce wstępnego przygotowania, w kolejnych etapach produkcji zaobserwowano następujące konsekwencje:

- Konieczność ręcznego odrzucania przez operatora rozdrabniacza najbardziej zawilgoconych partii surowca.
- Na etapie rozdrabniania wstępnego straty surowca na poziomie 15%.
- Obniżenie wydajności procesu rozdrabniania o około 10%.
- Dwukrotne zatrzymanie prasy brykietującej.
- Obniżenie wydajności procesu brykietowania z normalnego poziomu wynoszącego 350 kg na godzinę, do poziomu 295 kg na godzinę.
- Zaobserwowano gorszą jakość części otrzymywanego brykietu (łuszczenie brykietu, pęcznienie, większa objętość brykietu, w skrajnym przypadku rozsypywanie).

Przedział zmienności kosztów bezpośrednich produkcji brykietu w rozpatrywanych wariantach decyzyjnych (tab. 3) jest znaczący i wskazuje, że warto w planowaniu produkcji

Wybrane różnicujące koszty bezpośrednie wyprodukowania 1 tony brykietu opałowego z biomasy	Wariant I – optymalna wilgotność	Wariant II – surowiec o niewłaściwej wilgotności	Wariant III – produkcja z wykorzystaniem suszarni
Koszt surowca i transportu wewnętrznego [zł]	120,0	138,0	120,0
Koszt energii elektrycznej [zł]	42,9	50,8	75,0
Wynagrodzenie [zł]	35,7	45,8	35,7
Suma [zł]	198,6	234,6	230,7

Tab. 3. Szacowane koszty różnicujące produkcji brykietu w rozpatrywanych wariantach decyzyjnych ze względu na zmienną wilgotność surowca

dokonywać symulacji skutków zmiennej wilgotności surowca na jej koszty i opłacalność.

4.2. Ocena wpływu stopnia zanieczyszczenia surowca na zmienną awaryjność rozdrabniacza i koszty produkcji

Podczas prasowania słomy zbieranej z pola, a także w czasie transportu i magazynowania, może dojść do zanieczyszczenia biomasy kamieniami lub innymi twardymi materiałami, np. metalami. Zanieczyszczenia te utrudniają proces rozdrabniania biomasy ze względu na możliwość uszkodzenia mechanizmów rozdrabniających wykorzystywanych w tym procesie maszyn. W analizowanej firmie w 2011 roku doszło do czterech awarii rozdrabniacza na skutek stałych zanieczyszczeń, obecnych w rozdrabnianych balotach słomy. Awarie te spowodowały wstrzymanie produkcji i wiązały się z wymianą lub regeneracją elementów rozdrabniacza. Nie da się przewidzieć częstotliwości występowania analizowanej sytuacji, trudne jest również jej zapobieganie. Działania zapobiegawcze sprowadzają się do zachowania szczególnej ostrożności w trakcie transportu i magazynowania oraz do wzmożonej kontroli rozdrabnianej biomasy przez operatora rozdrabniacza.

Dane zawarte w tabeli 4 wskazują na znaczący poziom kosztów wynikających z awaryjności parku maszynowego

Koszty różnicujące w przeliczeniu na 1 tonę brykietu	Wariant I – surowiec bez zanieczyszczeń	Wariant II – surowiec zanieczyszczony
Serwis rozdrabniaczy [zł]	4,0	5,0
Koszt napraw awarii spowodowanych zanieczyszczeniami w biomacie [zł]	0,0	10,0
Suma [zł]	4,0	15,0

Tab. 4. Koszty różnicujące serwisu i napraw rozdrabniaczy wykorzystywanych w analizowanej firmie w zależności od zanieczyszczenia surowca

analizowanego procesu technologicznego i trudności w ich ścisłym ustaleniu. Niemniej dokonana analiza uzasadnia doskonalenie zarządzania badanym procesem produkcji w kierunku eliminacji przyczyn występujących awarii maszyn, co pozwoli zminimalizować koszty wytwarzania.

4.3. Warianty decyzyjne dla potrzeb oceny wpływu średniej odległości dowozu surowca na koszty produkcji

W tabeli 5 przedstawiono wpływ odległości oraz ceny oleju napędowego na koszt transportu surowca, przy następujących założeniach:

- Kalkulacja kosztów różnicujących (w tym przypadku odległość, cena paliwa).
- Transport samochodem ciężarowym przy średnim spalaniu 29 l oleju napędowego/100 km.
- Jednorazowy załadunek 9 ton słomy.
- W kalkulacji nie uwzględniono kosztów załadunku i rozładunku, gdyż są one dla analizowanych wariantów jednakowe.

Analiza danych w tabeli 5 wskazuje na kluczowe znaczenie kosztów transportu surowca do produkcji brykietu w skali rocznej, ponieważ w wariantcie najbardziej optymistycznym (najniższa cena paliwa, najniższy średni promień dowozu) przy rocznej skali 500 ton surowca sięgają one poziomu ponad 1500 zł, a w najbardziej pesymistycznym wariantcie dla tej samej zwiezionej masy ok. 9000 zł. Dlatego warto w analizie procesu produkcyjnego uwzględnić symulacje scenariuszy decyzyjnych z uwzględnieniem wybranych czynników.

5. Wnioski

W artykule, na tle pogłębionej analizy znaczenia i rozwoju odnawialnych źródeł energii, przenalizowano procesy technologiczne

Koszt zużycia oleju napędowego w czasie transportu przy różnych cenach oleju napędowego [zł]			
Cena oleju napędowego:	Wariant I – transport surowca z miejsca oddalonego średnio o 10 km od siedziby firmy	Wariant II – transport surowca z miejsca oddalonego średnio o 30 km od siedziby firmy	Wariant III – transport surowca z miejsca oddalonego średnio o 50 km od siedziby firmy
4,8 zł/l	27,8	83,5	139,2
5,2 zł/l	30,2	90,5	150,8
5,6 zł/l	32,5	97,4	162,4
Koszt zużycia oleju napędowego w czasie transportu, w przeliczeniu na 1 tonę transportowanej słomy [zł]			
4,8 zł/l	3,1	9,3	15,5
5,2 zł/l	3,3	10,1	16,8
5,6 zł/l	3,6	10,8	18,0

Tab. 5. Szacowane różnicujące koszty transportu słomy w rozpatrywanych wariantach decyzyjnych ze względu na odległość transportu i ceny paliwa

i logistyczne przedsiębiorstw zajmujących się produkcją brykietu opałowego z agrobiomasy. Opinie przedsiębiorców z tej branży oraz szczegółowe charakterystyki techniczno-ekonomiczne przebiegu analizowanych procesów stały się podstawą opracowanego modelu kalkulacji kosztów różnicowych wybranych procesów. Podejście takie pozwala wspomagać procesy decyzyjne i określać wpływ czynników warunkujących opłacalność produkcji poddanej analizie. Opracowana metoda analizy wariantów decyzyjnych została pozytywnie zweryfikowana jako przydatne narzędzie usprawniania zarządzania przedsiębiorstwami zajmującymi się produkcją brykietu opałowego z agrobiomasy, wskazując, że jakość surowca pod względem zanieczyszczenia i wilgotności, odległość jego dowozu, jak również cena paliwa stanowią kluczowe czynniki kształtujące koszty procesu produkcyjnego, co jest bardzo ważne w planowaniu.

Literatura:

- [1] Bojar W., Żółtowski M.: *Procesy wspomaganie decyzji w zakresie utrzymania ruchu i eksploatacji maszyn*. „Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą” 40/2011, s. 71-84.
- [2] *Brykiety ze słomy*. Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach, Barzkowice 2010, s. 6-8.
- [3] Drożdż J.: *Analiza ekonomiczno-finansowa wybranych branż przemysłu spożywczego w latach 2003-2009*. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2011, s. 171.
- [4] *Energia ze źródeł odnawialnych w 2009*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010, s. 28.
- [5] Lewandowski W.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006, s. 320-326.
- [6] Manteuffel R.: *Ekonomika i organizacja gospodarstwa rolnego*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1984, s. 137.
- [7] *Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020*. Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2007, s. 5-15.
- [8] *Odnawialne źródła energii – zasoby i możliwości wykorzystania na terenie województwa kujawsko-pomorskiego*. Kujawsko-Pomorskie Biuro Planowania Przestrzennego i Regionalnego we Włocławku, Włocławek 2010, s. 65-70.
- [9] *Renewable energy country attractiveness indices - November 2011*. [Online]. Dostępny w Internecie: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable_energy_country_attractiveness_indices_-_Issue_31/\\$FILE/EY_RECAI_issue_31.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable_energy_country_attractiveness_indices_-_Issue_31/$FILE/EY_RECAI_issue_31.pdf).
- [10] Inicjatywa pilotażowa *FACCP JPI – The FACCE JPI Knowledge Hub on A detailed climate change risk assessment for European agriculture and food security, in collaboration with international Project*. Dostępny w Internecie: https://www.submission-faccejpi.com/lw_resource/documents/Call-text_FACCE_Knowledge_Hub_v9.pdf.

- [11] Żarski W.: *Szacowanie potencjału energetycznego biomasy roślinnej pochodzenia rolniczego w województwie kujawsko-pomorskim*. „Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą” 44/2011, s. 134-143.

APPLICATION OF MODEL OF DIFFERENTIAL CALCULATION FOR IMPROVEMENT PRODUCTION PROCESS OF FUEL BRIQUETTE MADE FROM AGRO BIOMASS

Key words:

calculation model, decision scenarios, production improvement, fuel briquette, agro biomass

Abstract:

In the paper on the base of literature review and also opinions of entrepreneurs dealt with fuel briquette manufacturing and also the data coming from selected enterprise a differential calculation model was worked out. First, circumstances of development of renewable energy sources sector in Poland were highlighted. One can indicate both high potential of renewable energy resources in Poland, big investments in this area last time and chances resulted in increasing demand for such kind of fuel and stimulating the EU legal requirements as well. Secondary, course of manufacturing and logistics processes of fuel briquette fabrication were analyzed considering relevant technical and economical parameters. Detail description of those processes let set crucial factors influenced studied fuel briquette production. This enabled elaboration of differential calculation model to set up interesting decision scenarios and simulate their different financial effects with marginal calculation method. Once can analyze impact of different levels of raw material humidity at unit cost of fuel briquette output. Next, financial effects of failures of crumbling machine influenced by polluted raw material were investigated. One can underline difficulty to precise probability of occurrence of such failures and to estimate accurately relevant costs closed to them. Third, elaborated model let simulate effects of different average transportation distance of enterprise from raw material location and also different prices of fuel. One can conclude that transportation costs are crucial for profitability of studied manufacturing process. Hence, worked out method of analysis of decision scenarios was verified positively as useful tool let update management in enterprises dealt with manufacturing of fuel briquette made from agro biomass. One can conclude that quality of raw material about level of pollution and humidity and also distance of its transportation and fuel price are crucial factors determining production process and shaping production costs, what is very important in planning.

Dr hab. inż. Waldemar BOJAR, prof. UTP

Mgr inż. Wojciech ŻARSKI

Katedra Inżynierii Zarządzania

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Al. prof. S. Kaliskiego 7

85-789 Bydgoszcz

tel. 52 340 81 92

wald@utp.edu.pl

wojciech@utp.edu.pl