

Piotr Pasyniuk
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie

PROBLEMY ORGANIZACJI ZBIORU WIERZBY KRZEWIASTEJ NA CELE ENERGETYCZNE

Streszczenie

Zobowiązania przyjęte przez Polskę wobec Unii Europejskiej w zakresie udziału energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych w łącznym bilansie energii, szczególnie zaś udział celowych upraw roślin energetycznych w ilości spalanej biomasy, oznacza włączenie do upraw rolnych znacznych arealów szybko rotujących roślin energetycznych, w tym wierzby krzewiastej (*salix viminalis*). Efektywne pozyskanie powstałej biomasy oznacza konieczność wprowadzenia mechanizacji na wszystkich etapach uprawy roślin. W cyklu produkcyjnym wierzby największa pracochłonność wiąże się z jej zbiorem i rozdrobnieniem. W Polsce i innych krajach europejskich pracuje kilka rodzajów maszyn (kombajnów) do jednofazowego zbioru roślin z jednoczesnym ich rozdrobnieniem. W celu oceny efektywności ich pracy poddano obserwacji maszyny pracujące w okresach zbioru w ostatnich trzech latach. W wyniku przeprowadzonych badań określono, że stopień efektywnego wykorzystania czasu pracy kombajnów (t_g/t_{pr}) wynosił 73%, a rzeczywista wydajność robocza wynosiła $0,4 \cdot \text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$. Na czas nieefektywny składały się głównie przerwy wynikające z przyczyn logistycznych i wynosiły 6% czasu pracy (t_{oo}/t_p) oraz prowadzonych napraw bieżących, odpowiednio 8% (t_{ot}/t_{pr}). Łączne jednostkowe koszty pracy kombajny przekraczały kwotę $900 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Słowa kluczowe: biomasa, fotografia dnia roboczego, czas pracy, organizacja pracy, czas efektywny, wydajność

Wstęp

Ilość i rodzaj biomasy przeznaczanej do spalania w kotłach zakładów energetycznych wynika, oprócz uwarunkowań ekonomicznych i aktualnej podaży biomasy z różnych źródeł, także z postanowień zawartych w dokumentach przyjętych przez Komisję Europejską oraz uchwalonych w poszczególnych państwach członkowskich, w tym także przez polski Parlament. Do dokumentów tych należą następujące dokumenty bazowe: Dyrektywy [2001, 2004, 2007],

Ustawy: Prawo energetyczne [2006], Prawo ochrony środowiska [2007], System oceny zgodności [2002], Rozporządzenie Ministra Gospodarki [2005].

Z punktu widzenia użytkownika biomasy przeznaczanej na cele energetyczne najważniejsze są: zwiększenie do 2020 r. udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych do 20% w całkowitym rynku energetycznym, udział biomasy pochodzącej z produkcji poza leśnej w ogólnej kwocie biomasy wykorzystanej do produkcji energii elektrycznej w danej jednostce wytwórczej nie może być niższy niż 50% (w 2013 r.), sprzedawca energii elektrycznej z urzędu jest obowiązany, w zakresie określonym w przepisach wydanych na podstawie ustawy, do zakupu energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnych źródłach energii przyłączonych do sieci znajdujących się w obszarze działania sprzedawcy z urzędu [Karski 2006].

Powyższe postanowienia powodują, że rodzi się bardzo duży rynek odbiorców biomasy pochodzącej z upraw roślin energetycznych, oceniany na wiele milionów ton. Rynek ten tworzą producenci energii elektrycznej, wytwarzający ponad 145050 GWh w elektrowniach zawodowych i energii cieplnej z 30600 MW mocy zainstalowanej w elektrowniach ciepłych zawodowych w Polsce. Ilość biomasy rolniczej pożądana przez energetykę systemową nie może być pozyskana bez wdrożenia wysokiego stopnia zmechanizowania prac polowych przy uprawie roślin energetycznych.

W polskim rolnictwie stosuje się szereg maszyn adaptowanych dla potrzeb produkcji roślin energetycznych jak i specjalnie do tego konstruowanych [Pasyniuk 2007]. Natomiast nie podejmowano dotychczas badań nad efektywnością wykorzystania takich urządzeń. Ponieważ najwyższe koszty ponoszone są przy kombajnowym zbiorze wierzby energetycznej, efektywność wykorzystania tych maszyn ma zasadnicze znaczenie dla ceny pozyskanego surowca.

Celem badań było określenie efektywności wykorzystania czasu pracy przy jednoetapowym zbiorze wierzby energetycznej. Przedmiotem obserwacji była praca kombajnów przystosowanych do zbioru z jednoczesnym zrębkowaniem wierzby (rys. 1). Obserwacje prowadzono podczas zbioru wierzby 2. i 3.let-niej. W celu wyeliminowania czasu przejazdów transportowych badania prowadzono na plantacjach o powierzchni powyżej 5 ha, czyli powierzchni zapewniającej pracę sprzętu w ciągu całego dnia roboczego.

Badanie obejmowało wszystkie czynności wykonywane na polu w czasie całego dnia roboczego i mające związek z pracującą maszyną (kombajnem). W sezonach prac polowych (październik – marzec) 2005/2006 do 2007/2008 przeprowadzono 32 obserwacje. Właściciele maszyn i plantacji zastrzegli sobie anonimowość.



Rys. 1. Kombajn zbierająco-rozdrabniający podczas pracy (źródło: zdjęcie wykonane przez autora)

Fig. 1. Harvesting and chipping machine at operation

Zastosowaną metodyką badań była *fotografia dnia roboczego* [Jurewicz i in. 1987; Lisiński M. i in. 1991]. W łącznym czasie pracy maszyny (T_R odpowiadającym jednej zmianie pracy na dobę średnio 7-10 godzin) wyróżniono następujące czasy składowe:

- czas pracy

$$t_{pr} = t_{pz} + t_w + t_o \quad (1)$$

gdzie:

t_{pz} – czas przygotowawczo-zakończeniowy (jednokrotnie występuje w czasie dnia pracy, np. przygotowanie maszyny do pracy, czyszczenie po zakończeniu pracy),

$t_w = t_g + t_p$, czas wykonania bezpośrednio wynikający z technologii i składający się z czasu głównego t_g (efektywna praca maszyny, w tym przyładku cięcie i rozdrabnianie materiału) i czasu pomocniczego t_p (pozostałe czynności technologiczne towarzyszące operacji, jak np. zmiana położenia aparatu tnącego),

$t_o = t_{oo} + t_{ot}$, czas obsługi maszyny w trakcie jej użytkowania składający się z czasu obsługi organizacyjnej t_{oo} (np. pomiary granulacji zrębków) i obsługi technicznej t_{ot} (uzupełnianie paliwa i innych materiałów eksploatacyjnych),

- czas przerw

$$t_x = t_{xn} + t_{xz} \quad (2)$$

gdzie:

$t_{xn} = t_{xnt} + t_{xno}$ – czas przerw niezależnych od robotnika, wynikających z przyczyn technicznych t_{xnt} (np. awaria urządzenia technicznego) i przyczyn organizacyjnych t_{xno} (np. oczekiwanie na dostarczenie materiałów eksploatacyjnych),

$t_{xz} = t_f + t_{xi}$ – czas przerw zależnych od robotnika będących sumą czasu na potrzeby fizjologiczne t_f (czas na potrzeby naturalne i odpoczynek) oraz czasu innych przerw t_{xi} (jak nieuzasadnione krótkotrwałe opuszczenie stanowiska pracy).

Z punktu widzenia optymalizacji wykorzystania czasu pracy maszyny w strukturze powinny występować jedynie trzy następujące czasy: czas główny t_g jako jedyny czas efektywnej pracy maszyny, którego wartość oczekiwana to 90-92% czasu dnia roboczego T_R , czas na wykonanie czynności obsługowo-regulacyjnych przed i po zakończeniu pracy w polu t_{pz} , o wartości dopuszczalnej stanowiącej 5-7% T_R oraz czas na odpoczynek i potrzeby naturalne t_f standardowo stanowiący 4% T_R .

Powyższe wartości mają charakter teoretyczny z następujących względów:

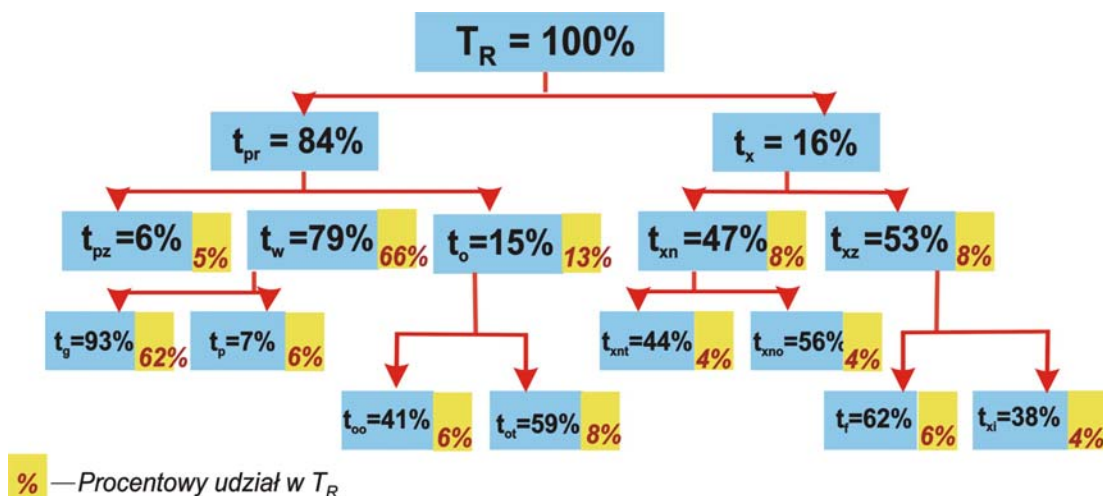
- praca kombajnu odbywa się na polu nie zawsze właściwie przygotowanym, tzn. wyrównanym i odkamienionym, ponadto w trudnych jesienno-zimowych warunkach, co powoduje zwiększone ryzyko wystąpienia awarii,
- stosowane maszyny stanowią adaptację urządzeń projektowanych do innych celów lub prototypów, stąd w praktyce ich badania eksploatacyjne mają miejsce dopiero w trakcie zbioru biomasy,
- zmienność warunków pracy na dużych arealach oraz niejednolite parametry zbieranej masy wynikające z różnych gatunków czy klonów zbieranych roślin, różnego ich wieku i niejednakowego przyrostu masy powodują konieczność relatywnie częstej zmiany parametrów pracy urządzenia.

Wyniki badań i analiza

W trakcie przeprowadzonych badań zarejestrowano następujące wartości poszczególnych czasów:

- łączny czas obserwacji – 242 godz.,
- średnia długość dnia roboczego – 7,56 godz.,
- łączny czas pracy – 203,28 godz.,
- łączny czas wykonania – 160,59 godz.,
- łączny efektywny czas pracy – czas główny – 149,35 godz.,
- łączny czas przerw – 38,72 godz.,
- łączny czas przerw nieuzasadnionych – 20,52 godz.

Stwierdzoną strukturę czasów rejestrowanych w trakcie badań przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura wykorzystania czasu przez badane obiekty (źródło: obliczenia własne)
 Fig. 2. The structure of time use effectiveness by tested objects

Łączny czas pracy stanowi 84% czasu dnia roboczego i chociaż wskaźnik ten odbiega od określonej wcześniej wartości oczekiwanej, należy go uznać za wysoki. Natomiast efektywne wykorzystanie czasu pracy na poziomie 62% T_R jest zdecydowanie niezadowalające. W efekcie zaledwie nieco ponad połowę dnia wykorzystywano na pracę efektywną, czyli ścinanie, rozdrabnianie i przemieszczanie surowca na środki transportowe. Stosunkowo niski był udział czasu przerw zależnych od pracownika - operatora kombajnu i wynosił średnio około 21 minut dziennie. Świadczy to o wysokim zaangażowaniu i odpowiedzialności operatorów.

Prace związane z obsługą sprzętu wykonywane na polu pochłaniały średnio 32 minuty dziennie, z tego 41% czasu przypadało na obsługę organizacyjną, a 59% na obsługę techniczną. Wartości tych czasów, które należy uznać za „przestoje” są zbyt wysokie. Przerwy zakwalifikowane jako „obsługa organizacyjna” powstawały z przyczyn logistycznych głównie oczekiwania na transport do odbioru zrębów. Przerwy na obsługę techniczną spowodowane były relatywnie wysoką usterkowością maszyn, które w kilku przypadkach stanowiły prototypy.

W rezultacie z dysponowanego średnio dziennie czasu pracy w wymiarze 7,56 godz. na czas efektywny przypadało 5,79 godz., zaś na czas główny 4,69 godz. W rezultacie obliczona wartość rzeczywistej wydajności kombajnu wynosiła $0,6 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ przy wydajności nominalnej przekraczającej $2,0 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$. To z kolei powoduje wysoki koszt jednostkowy pracy kombajnu, wynoszący

przy uwzględnieniu wszystkich kosztów 900-1000 zł \cdot ha $^{-1}$. Dla porównania usługowy zbiór zboża kombajnem wynosił 250 zł \cdot ha $^{-1}$, zbiór kukurydzy na kiszonkę 290 zł \cdot ha $^{-1}$ (bez kosztów paliwa) [PZPUR 2008].

Koszt kombajnowego zbioru wierzby zwiększa i tak wysoką cenę „zielonej energii”. Przy średnim zbiorze wierzby w cyklu trzyletnim na poziomie 40 t \cdot ha $^{-1}$ surowej masy, koszt zbioru powiększy koszt jednej tony zrębów o ponad 20 zł \cdot t $^{-1}$ przy rynkowej cenie zrębów surowych na poziomie 100 zł \cdot t $^{-1}$. Warto jednak podkreślić, że zbiór kombajnowy jest bardzo konkurencyjny wobec zbioru ręcznego dwuetapowego, którego koszt przekracza 6000 zł \cdot ha $^{-1}$ [Stowarzyszenie Zielona Energia 2008].

Wnioski

1. Efektywne wykorzystanie czasu pracy kombajnów, stanowiące 62% czasu nominalnego (czasu dnia roboczego) jest zdecydowanie niska i jednoznacznie decyduje o wysokim koszcie jednostkowym wykonywanej pracy. Przekłada się to na zbyt wysoki koszt pozyskania biomasy na cele energetyczne.
2. Niedoskonałości konstrukcyjne maszyn powodowały konieczność dokonywania napraw poawaryjnych na polu. Wskazuje to na konieczność doskonalenia konstrukcji i wdrożenia planowego systemu przeglądów wykonywanych poza czasem pracy maszyny.
3. Powodem powstawania awarii były też warunki pracy maszyn. Nierówności terenu i jego zakamienianie były przyczyną zbyt częstych uszkodzeń elementów roboczych maszyn. Wskazuje to na konieczność bardzo starannego przygotowania pola przed założeniem plantacji. Należy dodać, że obserwacja pracy kombajnu przy pracy jednoznacznie wskazuje, że system nasadzeń musi być całkowicie podporządkowany systemowi zbioru roślin.
4. W trakcie badań stwierdzono także przerwy w pracy kombajnów powstające z przyczyn niewłaściwej organizacji prac polowych. Wyeliminowanie takich przerw może przynieść pewien wzrost wydajności maszyny, a jednocześnie są one łatwe do wyeliminowania.

Zbiór wierzby krzewiastej na cele energetyczne kombajnem z jednoczesnym rozdrabnianiem masy na zrębki jest najtańszym i najbardziej wydajnym sposobem pozyskiwania biomasy z plantacji wierzby.

Stąd też warto doskonalić rozwiązania konstrukcyjne takich maszyn oraz ich trwałość i niezawodność. Umożliwi to wystarczająco wysokie wykorzystanie kombajnów, co jest niezmiernie ważne również w kontekście bardzo wysokich kosztów zakupu maszyn.

Bibliografia

- Jurewicz S., Pasyniuk P. 1987. Organizacja i Zarządzanie. PB Białystok
- Karski L. 2006. Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. System gwarancji pochodzenia energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Czysta Energia, Nr 11
- Lisiński M., Martyniak Z. Potocki A. 1991. Techniki organizatorskie. Badanie pracy. AE, Kraków
- Martyniak Z. 1996. Metody organizowania procesów pracy. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa
- Pasyniuk P. 2007. Problemy mechanizacji uprawy i zbioru wierzby krzewiastej *Salix viminalis*. Problemy Inżynierii Rolniczej, Nr 1(55), cz. II, s. 145-154
- PZPUR - cennik usług Polskiego Związku Pracodawców–Usługodawców Rolnych na 2008 r.
- Stowarzyszenie Zielona Energia. Raport z realizacji programu doświadczalnego mającego na celu określenie metod zbioru wierzby energetycznej oraz związanych z tym kosztów, www.zielona-energia.mazury.info.pl, grudzień 2008
- Dyrektywa 2001/77/EC z 27 września 2001 r. w sprawie promocji na rynku wewnętrznym produkcji energii ze źródeł odnawialnych
- Dyrektywa 2004/8/WE z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii
- Dyrektywa 2006/32/WE z 14 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych
- Rozporządzenia Ministra Gospodarki z 19 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2005 r., nr 261, poz. 2187)
- Ustawa z 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2002 r., nr 166, poz. 1360)
- Ustawa z 10 kwietnia 1997 r. Prawo Energetyczne (tekst jednolity Dz. U. z 2006 r., nr 89, poz. 625)
- Ustawa z dnia 12 stycznia 2007 r. o zmianie ustawy Prawo Energetyczne i ustawy Prawo Ochrony Środowiska (Dz. U. z 2007 r., nr 21, poz. 124)
- Pakiet Klimatyczny z 18 listopada 2008 r. COM(2008)778