

**Witold Niemiec**

**Feliks Stachowicz**

**Tomasz Trzepieciński**

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

**Leszek Kępa**

SIPMA S.A. w Lublinie

**Marek Dziurka**

R&D Centre INVENTOR w Lublinie

## **NOWE ROZWIĄZANIA W MECHANIZACJI UPRAW I ZBIORU ROŚLIN ENERGETYCZNYCH NA POTRZEBY ŚRODOWISK WIEJSKICH**

### **Streszczenie**

Wzrost zainteresowania zakładaniem plantacji roślin energetycznych, głównie o zdrewniałych pędach, powoduje konieczność poszukiwania nowych technologii pozwalających na sprawny zbiór plonu oraz dalsze jego docelowe przetwarzanie. Produkcja biomasy drzewnej na potrzeby własne w gospodarstwie o niewielkim areale wymaga zastosowania urządzeń agrotechnicznych dostosowanych do skali produkcji. Prototypy przedstawionych siewczarni zostały opracowane we współpracy pracowników Politechniki Rzeszowskiej z producentem maszyn rolniczych SIPMA S.A. oraz firmą R&D Centre Inventor Sp. z o.o. z Lublina. Proponowane rozwiązania konstrukcyjne rodziny siewczarni są nowością na polskim rynku docelowym. Charakteryzują się ponadto parametrami konstrukcyjnymi i funkcjonalnością porównywalną w odniesieniu do znanych rozwiązań siewczarni produkowanych za granicą. Istotne znaczenie mają niskie koszty wytwarzania polskich rozwiązań. W opracowaniu przedstawiono również kierunki rozwoju technologii zbioru roślin energetycznych.

**Słowa kluczowe:** agroturystyka, biomasa, wierzba energetyczna, siewczarnia do drewna, turystyka, zrębki

## **NEW SOLUTIONS IN MECHANIZATION OF CULTIVATION AND HARVEST OF ENERGETIC PLANTS IN RURAL AREAS**

### **Summary**

The increased interest in the establishment of energy plants, mainly woody stems, makes it necessary to look for new technologies allowing efficient harvest and processing of the crop. Production of woody biomass for own demands in small area farms requires the use of agrotechnical equipment adapted to the scale of production. The prototypes of presented machines were manufactured by the R&D Centre INVENTOR Sp. z o.o. and the SIPMA S.A. in Lublin in cooperation with the employees of the Rzeszow University of Technology. The proposed constructional solutions of wood-cutter family are novelty in Polish target market. Furthermore,

they are characterized by constructional parameters and functionality equal to wood-cutters produced abroad, but with lower manufacturing costs. The paper also presents the trends of energy harvesting technologies development.

**Keywords:** agritourism, biomass, energetic willow, wood-cutter, tourism, chips

## 1. Wprowadzenie

Cechą rolnictwa w Polsce południowo-wschodniej jest rozdrobnienie arealów upraw, urozmaicona hipsografia terenu i często utrudniony dostęp do pól. Zapotrzebowanie na biomasę przeznaczaną na potrzeby energetyczne szybko wzrasta. Jednym ze sposobów zwiększenia arealów roślin energetycznych jest zagospodarowanie wzrastającej ilości gruntów odłogowanych, nieużytków lub terenów do tej pory nieeksploatowanych rolniczo, co związane jest z koniecznością dostarczenia na rynek specjalistycznych maszyn o wydajności dostosowanej do charakterystyki pól uprawnych, które wykorzystują do napędu podstawowe źródło energii do napędu maszyn w środowiskach wiejskich, jakimi są ciągniki rolnicze. Specjalistyczne maszyny do zbioru wierzby w warunkach polskich nie są jeszcze stosowane na szeroką skalę [2, 5, 18]. W ostatnich latach zanotowano postęp w przedstawianiu ofert rozwiązań specjalistycznych maszyn do zbioru i przetwarzania biomasy pozyskiwanej ze zdrewniałych łodyg. Wśród nich należy wymienić np. kosiarki, rębaki, sieczkarnie do drewna, ale problem nadal istnieje i wymaga dalszego poszukiwania trafnych rozwiązań.

Biomasa wierzby energetycznej powinna być pozyskiwana w okresie między pojawieniem się i opadaniem liści, gdy zawartość wilgoci w drewnie wynosi około 55% [16, 19]. Średnie plony handlowe wierzby w Europie wynoszą 8–10 Mg na hektar rocznie [1, 19]. Zbiór wierzby w kolejnych latach po posadzeniu zrzesów może się odbywać różnymi technikami. Mechanizacja zbioru wierzby jest kolejnym wyzwaniem dla konstruktorów maszyn. W chwili obecnej stosowane technologie to [14, 15, 17]:

- ◆ ręczne ścinanie gałęzi z użyciem przenośnych podcinaczy,
- ◆ maszynowe ścinanie gałęzi z odkładaniem na pokosie,
- ◆ maszynowe ścinanie gałęzi z ładowaniem na przyczepę,
- ◆ maszynowe ścinanie gałęzi z ich jednoczesnym rozdrabnianiem (zrębkowaniem).

Należy oczekiwać wzrostu znaczenia drewna w przypadku jego pozyskania do celów energetycznych, ze względu na wielokrotnie mniejszą, podczas spalania, emisję zanieczyszczeń w stosunku do spalania węgla kamiennego [3]. W nowoczesnych systemach grzewczych, zarówno indywidualnych, jak i przemysłowych, niezbędne jest spełnienie wymogów jakościowych zrębków roślin energetycznych. Zautomatyzowane systemy kotłowe, wyposażone w sterowane układy transportowe wymagają, aby stosowane paliwo miało określone, powtarzalne właściwości fizykochemiczne oraz geometryczne. Wymiary zrębków opałowych określa granica do 50 mm, przy czym zasadnicza frakcja (nie mniej niż 90%) nie powinna przekraczać 40 mm. W przypadku składowania, zbyt duże rozdrobnienie zrębków w połączeniu z wysoką ich wilgotnością jest niekorzystne ze względu na możliwość rozwoju procesów gnilnych. Możliwość uzyskiwania zrębków o podobnej granulacji jest istotna w procesach technologicznych

produkcji biopaliw. W przypadku przeznaczenia zrębków do dalszego przetwarzania (m.in. dosuszanie), wskazane jest uzyskiwanie zrębków o niewielkich wymiarach.

W opracowaniu przedstawiono innowacyjne maszyny do zbioru z jednoczesnym rozdrobieniem roślin energetycznych, w szczególności wierzby energetycznej. Sieczkarnie SIPMA serii HERO powstały w wyniku współpracy pracowników Politechniki Rzeszowskiej z firmami R&D Centre INVENTOR Sp. z o.o. i SIPMA S.A. z Lublina. Przedstawiono również wyniki prac poprzedzających wytworzenie prototypów w postaci technologii zakładania i pozyskiwania biomasy roślin energetycznych [9, 13], które stanowią uaktualnienie technologii prezentowanej na konferencjach „Błękitny San” w latach 2011–2014 [8].

## **2. Rozwój technologii produkcji biomasy**

Analiza właściwości różnych rodzajów odnawialnych źródeł energii (OZE) prowadzi do wniosku, że w Europie środkowo-wschodniej biomasa zdrewniałych pędów roślin energetycznych jest rodzajem OZE charakteryzującym się najlepszymi parametrami energetycznymi. Intensywnie prowadzone badania nad rozwojem gatunków wierzby energetycznej zapewniają dużą wydajność produkcji biomasy w różnych klimatycznie regionach Unii Europejskiej. Niedobór wyspecjalizowanych maszyn dostosowanych do wielkości gospodarstwa i ich wysokie koszty są najczęstszymi przeszkodami mechanizacji zbioru biomasy wskazywanymi przez potencjalnych małych producentów biomasy [11, 12]. O ile dla dużych, wielohektarowych plantacji istnieją specjalistyczne środki techniczne, to w przypadku upraw na niewielkich obszarach, widoczny jest brak ekonomicznie uzasadnionych maszyn pozwalających pozyskać i przetworzyć uprawianą biomasę. Optymalnym rozwiązaniem dla małych gospodarstw produkujących biomasę jest zbudowanie maszyn zaczepianych na typowym ciągniku rolniczym, który stanowi źródło ich napędu [10].

Zbiór biomasy może odbywać się jedno- lub dwuetapowo. W pierwszym przypadku biomasa jest zbierana przez wyspecjalizowane samojezdne maszyny, których zadaniem jest ścinanie pędów wierzbowych z jednoczesnym ich rozdrobieniem oraz załadunkiem na zespół transportowy. Taki zbiór biomasy w małych gospodarstwach jest ograniczony ze względu na wysokie koszty związane z amortyzacją maszyn. W systemie dwuetapowym następuje najpierw zebranie biomasy z pola i późniejsze jej rozdrobienie za pomocą rębaków. Pomimo wielu wad związanych z małą wydajnością, podstawową zaletą tej metody jest możliwość zmniejszenia wilgoci biomasy przed ostatecznym jej rozdrobieniem. Główne etapy postępowania w procesie zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych z wykorzystaniem odpowiednich maszyn i urządzeń, wchodzących w skład technologii produkcji roślin energetycznych, przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Główne etapy postępowania w procesie zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych z wykorzystaniem odpowiednich maszyn i urządzeń, wchodzących w skład technologii produkcji roślin energetycznych

Rodzaj operacji	Miejsce i sposób wykonania czynności	Uwarunkowania prawne
Obróbka osadu: - stabilizacja - zagęszczanie - higienizacja	Oczyszczalnia ścieków	Realizowana w oczyszczalni technologia oczyszczania ścieków
Transport osadów na użytki rolnicze	Drogi publiczne i prywatne (1)	Prawo o Ruchu Drogowym, Kodeks Drogowy
Dawkowanie nawozów pod zakładaną plantację	Przygotowanie i nawożenie użytków rolnych: - powierzchniowe, - iniekcyjne (1), (2), (3)	Ustawy, rozporządzenia, Dobra praktyka rolnicza
Badanie oddziaływania na ludzi i środowisko przyrodnicze	Elementy ekotopu badane w otoczeniu założonej plantacji: - gleby - wody (4)	Ustawy, rozporządzenia, decyzje
Produkcja i przechowywanie zrzesów	Teren gospodarstwa (5)	Warunki BHP oraz wymogi przechowywania sadzonek
Sadzenie, sianie	Areale uprawne (6)	Dobra praktyka rolnicza i wymogi żywieniowe roślin
Pielęgnacja i ochrona plantacji	Areale uprawne, praca: - ręczna - mechaniczna	Program ochrony i pielęgnacji zgodny z dobrą praktyką rolniczą
Zbiór wyprodukowanej biomasy	Na plantacji: - ręczny - mechaniczny (7), (8), (9)	Zgodnie z celem zagospodarowania
Wstępna obróbka zebranej biomasy	Na plantacji lub w jej pobliżu: - ręczna - mechaniczna (7), (10), (11), (12), (13)	Zgodnie z celem zagospodarowania

Źródło: Opracowanie autorów z podaniem poniższych źródeł literatury od 1 do 13

gdzie: P – patent, W – wzór użytkowy:

- (1) Niemiec i in., 2014, Zestaw do iniekcyjnego dawkowania do gleby sypkich nawozów organicznych i mineralnych, zgłoszenie wzoru użytkowego, W-122734.
- (2) Niemiec W., Puchała J., 1983, Urządzenie do wprowadzenia cieczy pod powierzchnię gleb i łąk, P-242124.
- (3) Niemiec W., 2007, Urządzenie do iniekcyjnego dawkowania do gleby sypkich nawozów organicznych i mineralnych, P-214031.
- (4) Niemiec W., 2007, Urządzenie do zbierania i pomiaru infiltrującej wody w warunkach polowych, W-64580.
- (5) Niemiec W. i in., 2008, Urządzenie do produkcji zrzesów, P-214396.
- (6) Niemiec W. i in., 2011, Sadzarka zrzesów roślin o zdrewniałych pędach, W-66636.
- (7) Niemiec W. i in., 2011, Kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin oraz gałęzi, W-66593.
- (8) Niemiec W. i in., 2008, Kosiarka do drzewiastych roślin, P-213402.
- (9) Niemiec W. i in., 2011, Mobilny kombajn do pozyskiwania biomasy z roślin o zdrewniałych pędach, W-67020.
- (10) Niemiec W. i in., 2007, Sieczkarnia do drewna, W-116926.
- (11) Niemiec W. i in., 2010, Podajnik ciętego materiału w sieczkarni do drewna, W-66152.
- (12) Niemiec W. i in., 2012, Kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin energetycznych, W-67436.
- (13) Niemiec W. i in., 2013, Zestaw do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin, zgłoszenie wzoru użytkowego, W-121680.

Charakterystyczną cechą wspólną zaproponowanych przez Politechnikę Rzeszowską rozwiązań konstrukcyjnych maszyn jest dostosowanie ich dla potrzeb agrotechnicznych niewielkich gospodarstw południowej Polski. Z uwagi na prostą konstrukcję proponowane środki techniczne są również atrakcyjne cenowo. Jedną z przesłanek podjętych działań związanych z konstrukcją nowych maszyn do sadzenia, zbioru i przetwarzania biomasy roślin o zdrewniałych pędach jest wysoki koszt wysokowydajnych maszyn, których stosowanie w gospodarstwach małoobszarowych jest nieopłacalne. Szczególnie poszukiwane są maszyny przeznaczone dla niewielkich plantacji i dostosowane do hipsografii terenu. Jak do tej pory podstawowym źródłem napędu dla maszyn rolniczych są ciągniki o zróżnicowanej mocy. W przypadku zakładania, pielęgnacji, pozyskiwania plonu oraz jego obróbki na plantacjach roślin energetycznych, ciągniki stanowią podstawowe źródło napędu specjalistycznych maszyn. Ponadto najczęściej za pomocą ciągników transportuje się plon z pól do dalszej obróbki lub do ostatecznego energetycznego zagospodarowania.

### 3. Prototypy sieczkarni do zbioru roślin energetycznych

Wynikiem współpracy pracowników Politechniki Rzeszowskiej z firmami R&D Centre INVENTOR Sp. z o.o. oraz SIPMA S.A. z Lublina, wchodzącymi w skład Grupy SIPMA, jednego z największych producentów maszyn rolniczych w Polsce, jest seria sieczkarni HERO do zbioru roślin energetycznych. Sieczkarnie jedno- (fot. 1a, b) oraz dwurzędowa (fot. 2) są maszynami ciągniętymi przez ciągnik rolniczy służącymi do ścinania oraz jednoczesnego rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin energetycznych na plantacjach tzw. kulturalnych o typowym rozstawie międzyrzędzi 0,75 m.



Fot. 1. Prototyp sieczkarni jednorzędowej SIPMA SR 1010 HERO podczas pracy w widoku z tyłu (a) oraz z przodu (b)

Źródło: fot. T. Trzepieciński

Zespół tnący składa się z dwóch pił tarczowych o średnicy 400 mm napędzanych silnikami hydraulicznymi HPL MA2. Napęd pił tarczowych przez silniki hydrauliczne stanowi znacznie prostszą konstrukcję w stosunku do napędu mechanicznego poprzez

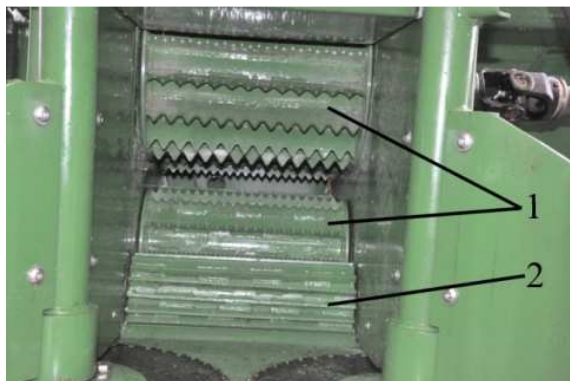
WOM ciągnika oraz charakteryzuje się większą elastycznością, praktycznie w pełni eliminującą awarie z tytułu przeciążenia tego zespołu. W sieczkarni jednorzędowej zastosowano tarczowy system tnący z piłami, ostrzami i z węglików spiekanych, zabezpieczający przed strzępieniem karp. Odpowiednio dostosowana prędkość przemieszczania sieczkarni (6 km/h) w stosunku do prędkości obrotowej pił tnących (około 2100 obr./min.) zapewnia ścięcie wszystkich pędów. Właściwe odcięcie już dojrzałego pędu od karpki jest bardzo ważną czynnością, decydującą o jej żywotności. Pędy powinny być ścinane na wysokości 50–100 mm nad powierzchnią gleby tak, aby miały widoczne dwa, a w ostateczności jeden uśpiony pąk.



Fot. 2. Prototyp sieczkarni dwurzędowej SIPMA SR 2010 HERO

Źródło: fot. T. Trzepieciński

W gardzieli sieczkarni umieszczony jest zespół dwóch walców wciągających **1** (fot. 3) i zespół dwóch walców dogniatających ścięte pędy umieszczonych bezpośrednio przed tarczą rozdrabniającą. Walce wciągające posiadają równomiernie rozmieszczone na obwodzie listwy z występami o różnej wielkości i podziałce. Jak wykazały badania, w przypadku ścinania roślin energetycznych efektywniejsze jest zastosowanie grzebieniowych podajników ściętych łodyg, co jest rozwiązaniem alternatywnym w stosunku do występów o powierzchni gładniej usytuowanych na powierzchni walców. Zespół walców wciągających **1** (fot. 3) jest napędzany wałami przegubowo-teleskopowymi poprzez przekładnie łańcuchowe. Dodatkowo za piłami ścinającymi pędy roślin energetycznych umieszczony jest dolny walec podbierający pędy **2** (fot. 3).



Fot. 3. System wciągająco-dogniatający siewczarki SIPMA 1010 HERO:

1 - wałek wciągająco-dogniatający, 2 - wałek podbierający.

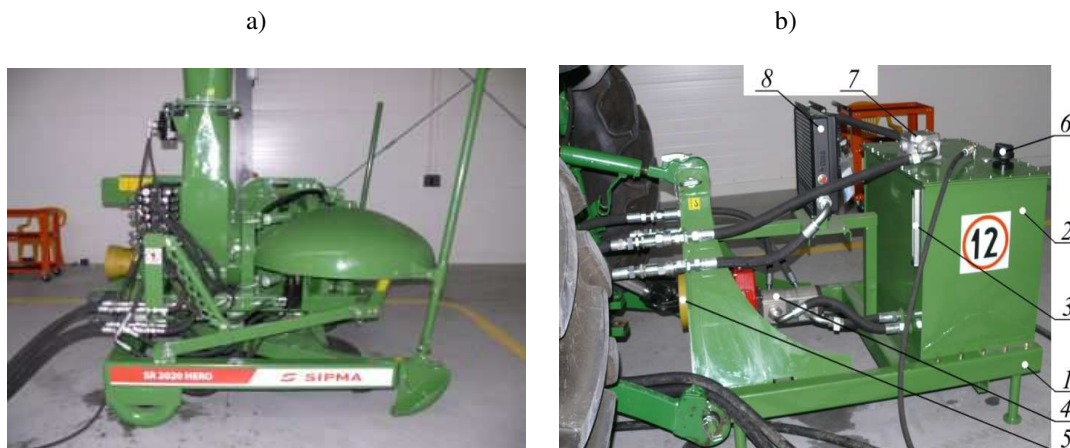
*Źródło: fot. T. Trzepieciński*

Układ sterowania głównych zespołów siewczarki napędzanych hydraulicznie zarówno w maszynie jedno-, jak i dwurzędowej umożliwia:

- ◆ zmianę pochylenia podajnika rurowego,
- ◆ zmianę kierunku wylotu zrębków,
- ◆ zmianę pochylenia wysięgnika naginającego pędy,
- ◆ zmianę położenia kątownego dyszla,
- ◆ zmianę wysokości cięcia (sterowanie położeniem kół jezdnych względem ramy siewczarki),
- ◆ zmianę prędkości obrotowej pił tarczowych odbywa się za pomocą wodoodpornego mobilnego panelu sterującego umieszczonego w kabinie operatora ciągnika.

Zespół rozdrabniający stanowi tarcza obrotowa połączona z ramą nośną i napędzana od ciągnika poprzez przekładnię pasową, przy czym na jej obwodzie naprzeciw siebie zamocowane są cztery noże, a między nimi do powierzchni czołowej tarczy zamocowane są kątowniki zapewniające efektywny transport zrębków przez podajnik rurowy. Długość cięcia jest modyfikowana poprzez zmniejszenie liczby noży umieszczonych na tarczy rozdrabniającej. Wymagania na zrębki pozyskiwane w Polsce określa norma PN-91/D-95009. Wilgotności zrębków nie normalizuje się. Wymiary zrębków opałowych określa granica do 50 mm, przy czym zasadnicza frakcja (nie mniej niż 90%) nie powinna przekraczać 40 mm. W przypadku składowania zbyt duże rozdrobnienie zrębków w połączeniu z wysoką ich wilgotnością jest niekorzystne ze względu na możliwość rozwoju procesów gnilnych.

Siewczarka dwurzędowa SIPMA SR 2020 HERO doczepiana do ciągnika z przodu składa się z dwóch głównych zespołów: zasadniczej siewczarki (fot. 4a) doczepianej na przednim układzie zawieszania (TUZ) ciągnika oraz zespołu zasilania hydraulicznego siewczarki (fot. 4b) mocowanego na tylnym TUZ ciągnika.



Fot. 4. Prototyp dwurzędowej sieczkarni SIPMA SR 2020 HERO (a) doczepianej do ciągnika z przodu oraz zespół zasilania hydraulicznego sieczkarni (b): 1 - rama, 2 - zbiornik oleju, 3 - wskaźnik poziomu oleju, 4 - pompa hydrauliczna, 5 - reduktor, 6 - filtr wlewowo-napowietrzający, 7 - filtr powrotny, 8 - chłodnica oleju  
 Źródło: ze zbiorów SIPMA S.A.

Sieczkarnia ścinająca i rozdrabniająca zdrewniałe łodygi, szczególnie wierzby energetycznej, mocowana jest z przodu ciągnika i napędzana jest od przedniego wałka odbioru mocy. Umieszczenie zespołu tnącego i rozdrabniającego z przodu ciągnika ułatwia kierowcy sprawne prowadzenie ciągnika z maszyną oraz ciągłą kontrolę jej pracy. Uzyskany i rozdrobniony plon podawany jest z wykorzystaniem wyrzutnika odśrodkowego na przyczepę transportową.

Zaletą sieczkarni jest jednoczesne ścinanie dwóch rzędów roślin na plantacjach tzw. niekulturalnych oraz plantacjach prowadzonych przez wiele lat, w których obserwuje się znaczny niekontrolowany rozrost karpny. Prędkość ruchu agregatu ciągnik-maszyna jest uzależniona od warunków polowych i wieku roślin [6], ale maksymalna nie powinna przekraczać zalecanej 8 km/h. Regulowana wysokość cięcia roślin (50–100 mm) nad powierzchnią gruntu odpowiada zakresowi spotykanemu w dotychczasowych rozwiązaniach [18].

Maszyna jest wyposażona w dwie piły tnące o średnicy 800 mm **1** (fot. 5), które w miejscu styku zachodzą na siebie na szerokości około 50 mm, umożliwiając ścinanie roślin nasadzonych w spotykanej w Polsce [7] szerokości międzyrzędzi 0,7–0,8 m lub rzędów bliźniaczych o rozstawie 0,75 m. Piły tarczowe napędzane są niezależnie silnikami hydraulicznymi zasilanymi przez zespół zasilania hydraulicznego sieczkarni.

Za zespołem tarcz nagarniających znajdują się cztery walce **2** (fot. 5) wciągające transportujące ścięte pędy do gardzieli zespołu rozdrabniającego. Walce **2** (fot. 5) są zorientowane pionowo i są wyposażone na obwodzie w listwy z grzebieniowymi wycięciami ułatwiającymi chwytanie pędów. Pomiędzy walcami znajduje się szczelina, w której poruszają się tarcze nagarniające. Każdy z walców napędzany jest niezależnym orbitalnym silnikiem hydraulicznym Sauer Danfoss OMS 200. Ścięte pędy są kierowane do gardzieli sieczkarni za pomocą obracających się zębatych tarcz



nagarniających 3 (fot. 5), których prędkość obrotowa powinna być dostosowana do prędkości ciągnika. Tarcze nagarniające są osłonięte osłonami bezpieczeństwa 4 (fot. 5) i są napędzane niezależnie silnikami hydraulicznymi poprzez przekładnie łańcuchowe umieszczone pod tarczami. Walce wciągające napędzane są wolnoobrotowymi silnikami hydraulicznymi przez przekładnie zębate zmniejszające prędkość obrotową do około 38 obr./min.



Fot. 5. Zespół wciągający ścięte pędy: 1 - piły tarczowe, 2 - walce wciągające, 3 - tarcze nagarniające, 4 - osłona bezpieczeństwa

Źródło: fot. T. Trzepieciński

#### 4. Podsumowanie

Przedstawione prototypy rodziny siewkarni SIPMA HERO są nowością na polskim rynku docelowym. Maszyny pozwalają również na ścinanie wierzby energetycznej posadzonej bez ścieżki przejazdowej poprzez dostosowanie maszyn do sposobu sadzenia roślin energetycznych w Polsce. Charakteryzują się ponadto innowacyjnymi parametrami konstrukcyjnymi i funkcjonalnością dorównującą znanym rozwiązaniom siewkarni produkowanych za granicą, przy niższych kosztach wytwarzania. Siewkarnie te przeznaczone są szczególnie dla małych i średnich producentów biomasy. Zastosowanie nowoczesnych maszyn, o dużej wydajności, pracujących na plantacjach o dużym areale, pozwala znacznie ograniczyć koszty, jednak na istniejących już plantacjach (w Polsce południowo-wschodniej, w wielu przypadkach małych obszarowo) jest to rozwiązanie nieekonomiczne [4]. Maszyny charakteryzują się nieskomplikowaną modułową konstrukcją, co przekłada się na zwiększoną niezawodność maszyny i możliwość samodzielnej obsługi bieżącej oraz serwisowej.

Uzyskane podczas badań siewkarni zębki geometrycznie spełniają wymagania stawiane zębkom przeznaczonym do celów opałowych. Przeprowadzone badania polowe potwierdziły, że prototypy maszyn spełniają główne założenia projektowe, m.in.:

- ♦ zapewniają zbiór co najmniej czteroletniej wierzby energetycznej,
- ♦ wymagana moc ciągnika do napędu siewkarni nie przekracza około 120 kW,
- ♦ przepustowość maszyn zapewnia zbiór z wydajnością do 30 Mg/godz.,

- ◆ sieczkarnie zapewniają ścinanie i rozdrabnianie pędów roślin energetycznych o średnicy do 70 mm,
- ◆ w sieczkarni jedno- i dwurzędowej HERO 1010 i 2010 zastosowano tarczowy system rozdrabniający napędzany od WOM ciągnika, ze zmienną ilością ostrzy dostosowaną do charakteru pracy maszyny,
- ◆ sieczkarnie są wyposażone w odśrodkowy kanał wyrzutowy zrębków zapewniający ukierunkowany wyrzut zrębków na odległość do 5 m na przyczepę transportową.

Uzupełnieniem artykułu jest prezentacja multimedialna przedstawiona na XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Błękitny San”, w której omówiono nowe rozwiązania w mechanizacji upraw i zbioru roślin energetycznych na potrzeby środowisk wiejskich.

## Bibliografia

1. Berhongaray G., Kasmoui O.E., Ceulemans R., *Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation*, Biomass and Bioenergy, vol. 58, 2013, pp. 333-342.
2. Dubas J.W., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A., *Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomii i Administracji w Bytomiu, Bytom 2004.
3. Kozłowski R., *Drewno jako surowiec energetyczny w gospodarstwie domowym*, Wieś Jutra, nr 1, 1999, s. 21-22.
4. Kwaśniewski D., *Modelowe technologie zbioru a koszty produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej*, Inżynieria Rolnicza, nr 4, 2011, s. 167-176.
5. Kwaśniewski D., *Techniczno-ekonomiczne aspekty zbioru na plantacjach wierzby energetycznej*, Inżynieria Rolnicza, nr 11, 2007, s. 129-135.
6. Lechasseur G., Savoie P., *Cutting, bundling and chipping short rotation willow*, The Canadian Society for Engineering in Agricultural, Food, and Biological Systems, Paper 05-080, 2005.
7. Lisowski A., *Sieczkarnia do zbioru roślin energetycznych*, Agrotechnika, nr 11, 2009, s. 38-39.
8. Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T., *Postęp techniczny w produkcji, pozyskaniu i obróbce biomasy*, [w:] J. Krupa, T. Soliński (red.), *Ochrona środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego Pogorza Dynowskiego*, Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2012, s. 153-160.
9. Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T., *Production technology and management of energetic plants with lignified shoots*, EconTechMod, vol. 1, no. 2, 2012, pp. 31-34.
10. Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T., *Technologia wykorzystania biomasy w gospodarstwach małoobszarowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 59(283), s. 493-500.
11. Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T., *Technological progress in production, logging and processing of the biomass*, SSP – Journal of Civil Engineering, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 85-92.
12. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., *Maszyny przeznaczone do zbioru wysokotodowych roślin energetycznych na małych plantacjach*, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, nr 4, 2012, s. 10-12.
13. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., *Rozwój technologii produkcji, zbioru i przetwarzania roślin energetycznych o zdrewniałych pędach*, Ekologia i Technika, t. 20, nr 3, 2012, s. 186-191.
14. Pasyniuk P., *Problemy mechanizacji uprawy i zbioru wierzby krzewiastej Salix viminalis*, Problemy Inżynierii Rolniczej, 55, 2007, s. 145-154.

15. Schweier J., Becker G., *Harvesting of short rotation coppice – harvesting trials with a cut and storage system in Germany*, *Silva Fennica*, vol. 46, 2012, pp. 287–299.
16. Spinelli, R., Nati, C., Magagnotti, N., *Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production*, *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 29, 2008, pp. 129–139.
17. Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., *Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations*, *Biomass Bioenergy*, vol. 33, no. 5, 2009, pp. 817–821.
18. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., *Wierzba energetyczna*, Wydawnictwo Plantpress, Kraków 2006.
19. Wickham J., Rice B., Finnan J., McConnon R., *A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad*, Coford, Dublin 2010.

## **Podziękowanie**

Wytworzenie prototypów i badania sieczkarni do roślin energetycznych zrealizowano w ramach Działania 1.4 „Wsparcie projektów celowych” w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013.