

Trendovi razvoja mehanizacije u prikupljanju biomase energetskih kultura

Sažetak

Energetske kulture su sve kulture koje se uzgajaju s krajnjim ciljem proizvodnje energije, a karakterizira ih visok prinos po jedinici površine, niska agrotehnička ulaganja te mogućnost konverzije u različite oblike biogoriva. Kako bi se smanjila potrošnja primarne energije, a povećala efikasnost proizvodnje i prikupljana biomase energetskih kultura, u novije vrijeme je poseban naglasak stavljen na razvoj suvremene mehanizacije. Proizvođači nude različita tehnička i tehnološka rješenja, a cilj ovoga rada je predstaviti značajnije trendove razvoja poljoprivredne mehanizacije za žetvu i prikupljanje energetskih kultura.

Ključne riječi: mehanizacija, biomasa, strojevi, oprema

Uvod

Poljoprivredne energetske kulture mogu biti jednogodišnje ili višegodišnje biljne vrste. Za razliku od jednogodišnjih, višegodišnje energetske kulture nemaju veće agrotehničke zahtjeve tijekom uzgoja. Energetske kulture se uglavnom uzgajaju radi proizvodnje energije u smislu stvaranja toplinske ili električne energije, goriva za transport ili u obliku kemijske sirovine.

Najznačajnije jednogodišnje krmne kulture (koje se koriste kao energetske kulture radi visokih energetskih vrijednosti) su talijanski ljulj (*Lolium multiflorum* Lam.), engleski ljulj (*Lolium perenne* L.), trstikasta vlasulja (*Festuca arundinacea* Schreb.), mačji repak (*Phleum pratense* L.) i klupčasta oštrica (*Dactylis glomerata* L.). Kao alternativu za proizvodnju energije iz biomase moguće je koristiti djetelinsko-travne smjese ili lucernu (*Medicago sativa* L.) koja ima visoke prinose po jedinici površine (11 – 18 t/ha) (Liatukienė i sur. 2008; Shen i sur. 2009; Teixeira i sur. 2011). Djetelinsko-travne smjese i lucerna su kulture sa visokim prinosima po jedinici površine i minimalnim zahtjevima u smislu uzgoja, te su ekološki prihvatljive radi navedenih svojstava (Parajuli i sur., 2015.). U najznačajnije višegodišnje kulture ubrajaju se Miskantus (*Miscanthus x giganteus*), Divlje proso (*Panicum virgatum*), Divovska trska (*Arundo donax* L.) i Virdžinijski sljez (*Sida hermaphrodita*).

Višegodišnje energetske kulture nakon treće, četvrte godine formiraju gusti sklop s izuzetno visokim i čvrstim izbojima, stoga se poseban naglasak treba staviti na sustav žetve. U žetvi energetskih kultura uglavnom se koristi mehanizacija za spremanje sjenaže i silaže primjenom jednofazne ili višefazne tehnike (Bilandžija i sur., 2020.). Upravljanje, ali i tehnička izvedba mehanizacije značajno utječe na energetske i ekonomsku bilancu samih usjeva, kao i na efikasnost žetve i prikupljanja (Huisman, 2003.). Višegodišnje energetske kulture osiguravaju proizvodnju biomase visoke kvalitete a uzgoj ne zahtjeva velika ulaganja (Rancane i sur., 2012.).

Tehnike žetve energetskih kultura

U različite tehnike žetve energetskih kultura, ubraja se više agrotehničkih zahvata poput košnje, formiranja zbojeva, usitnjavanja, sabijanja i manipulacije proizvedene biomase. Izbor mehanizacije za žetvu energetskih kultura definirani su: lokalnom klimom, dostupnom meha-

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: ibrandic@agr.hr

nizacijom, transportnom infrastrukturom i razinom troškova različitih ulaznih vrijednosti. Postupak izbora strojeva trebao bi se temeljiti na optimizaciji cijelog proizvodnog lanca u sustavu proizvodnje energije. Za većinu agrotehničkih zahvata pri proizvodnji energetskih kultura, mogu se upotrijebiti postojeći strojevi i sustavna primjena specijalizirane mehanizacije kojom se omogućuje efikasnija žetva većih količina biomase (Huisman, 2003.).

Mehanizacija pri uzgoju energetskih kultura definirana je kao ključna točka te ima važan utjecaj na energetsku i ekonomsku ravnotežu usjeva (Dalianis, 1998.). Postoji nekoliko sustava žetve za višegodišnje energetske kulture. Svaka metoda uključuje korištenje već postojećih ili adaptiranih strojeva koji se koriste za ostale poljoprivredne primjene (Meehan i sur., 2013.).

Sustavi žetve višegodišnjih nasada mogu se kategorizirati kao povezane i nepovezane jedinice. Povezani sustavi omogućuju kontinuirani protok biomase kroz cijelu liniju mehanizacije. Kod žetve biomase s velikim udjelom vlage koristi se silažni sustav kojim se omogućuje skupljanje biomase kombajnom za stočnu krmu (Liu i sur., 2013.). Sustavi žetve energetskih kultura mogu biti jednofazni ili višefazni (El Bassam i Huisman, 2001.). Jednofazni sustavi žetve podrazumijevaju više operacija (košnja, prikupljanje, usitnjavanje te transport na prikolicu ili prešanje) u jednom proходу. Kod jednofaznog sustava žetve najčešće se koristi samokretni kombajn za stočnu hranu koji sječe, usitnjava te prenosi (puhanjem) usjev na traktorski vučenu prikolicu (Mathanker i Hansen, 2015.).

Žetve energetskih kultura zahtijevaju određene prilagodbe na priključnim uređajima te žetvenju tehnicima za proizvodnju stočne hrane (sijeno, silaža) (Anderson i sur., 2011.). Zato je važno procijeniti operacije i specifikacije kombajna kako bi se smanjila potrošnja energije te omogućilo optimiziranje korištenja stroja na terenu (Gan i sur., 2018.). Prilikom izbora sustava žetve energetskih kultura treba obratiti pažnju i na usklađenost sustava sa skladišnom – doradbenim kapacitetima i namjeni iskorištenja proizvedene biomase, odnosno korištene metode konverzije u pojedina biogoriva (Bilandžija i sur. 2020).

Usitnjena ili usitnjena i balirana biomasa se sprema jednofaznom tehnikom žetve, dok se balirana biomasa sprema primjenom višefazne ili jednofazne tehnike (Bilandžija i sur. 2020). Kod spremanja prešane biomase višefaznom tehnikom najčešće se koristi kosilica i preša s traktorom, gdje su prosječni gubici biomase u žetvi viši u odnosu na jednofaznu tehniku žetve sa samokretnim silažnim kombajnom (Bilandžija i sur. 2020). Jednofaznu žetvu moguće je provesti korištenjem jednog ili dva agregata u istom proходу. Određenim modifikacijama poput ugradnje deflektora sa strane sakupljačkog pick-up uređaja i povećanja kuta oštice noža na uređajima za žetvu, moguće je ostvariti veću učinkovitost prikupljanja biomase uz smanjenje utroška energije (Bilandžija i sur. 2020).. S ciljem smanjenja troškova transporta i smanjenja utroška energije u daljnjoj preradi, usitnjena biomasa se može i balirati s modificiranim prešama koje se još ne proizvode serijski. Glavna inovacija u navedenom slučaju se temelji na razvoju preša s ugrađenim lijevkom na svojoj konstrukciji. Tijekom samog procesa žetve biomase se preko transportne cijevi samokretnog krmnog kombajna ili priključnog krmnog kombajna upuhuje u lijevak i ulazi izravno u tlačnu komoru modificirane preše (Bilandžija i sur. 2020). Razvoj samokretnih krmnih kombajna se temelji na proizvodnji kombajna veće snage pogonskih motora i većih radnih zahvata, čime se postižu veći radni učinci uz smanjenje potrošnje energije i sabijanje tla. Ujedno, tendencija razvoja samokretnih kombajna se temelji na mogućnosti žetve i dorade biomase u jednom proходу, odnosno izravnom proizvodnjom peleta na proizvodnim površinama.

Prilagodba postojeće mehanizacije za žetvu energetskih kultura

Assirelli i sur. (2019.), su u svom istraživanju procijenili mogućnost usvajanja i prilagodbe poljoprivrednih strojeva u žetvi divovske trske (*Arundo donax L.*) analizom dvofaznog sustava

va. Prvi postupak bilo je košnja i usitnjavanje biomase pomoću specijalizirane sitnilice iz serije „*Windrower Shredder (WS)*“ (*Nobilli*) posebno je prilagođena za ovu kategoriju energetskih kultura (*ISS Working Group*). Uređaj se sastoji od glavnog rotora s 40 čekića instaliranih na 8 linija koje pokreće 5 paralelnih remena i priključuje se na stražnjem dijelu traktora. Istraživanjem su pokazane dobre karakteristike žetvenog uređaja, s obzirom na radni učinak od 1,17 – 1,77 ha/h uz radnu brzinu 3,9 – 5,9 km/h.

Za prikupljanje suhe biomase korištena je *Claas Rollant 250* preša za valjkaste bale. Za određivanje učinkovitosti preše za valjkaste bale, zabilježeno je vrijeme okretanja (na kraju polja), gubici pri vezanju te gubici pri pražnjenju.

Unatoč korištenju nespecifičnog stroja za prešanje divovske trske, preša je pokazala dobre rezultate. S energetskog stajališta, dvofazna žetva omogućila je manju potrošnju goriva po jedinici proizvoda, što je postiglo značajne uštede (Assirelli i sur., 2019).

Utjecaj kuta noževa za žetvu upotrebom strojeva s reznim diskom

Autori Maughan i sur. (2014), su istraživali utjecaj kuta oštrice noža (0°, 20° i 30°) na utrošak energije tijekom žetve miskantusa. Korištenjem samokretnog stroja s rotacijskom kosilicom s 12 tanjura (diskova) s noževima zaključuju mogućnost uštede energije od 27% (13,5 MJ/Mg) kod kuta od 30°.

Meehan i sur., (2013.), su proveli istraživanje čiji je cilj bio odrediti količinu gubitka biomase miskantusa tijekom žetve. Istraživanje procjenjuje gubitak biomase koji je nastao kao izravni rezultat korištenih sustava žetve. Površina ispitivanja podijeljena je u četiri bloka te je svaki blok podijeljen u četiri nasumične trake (Meehan i sur., 2013.).

Postupci u žetvi bili su:

1) košnja biomase sa samokretnim krmnim kombajnom (*New Holland FR9080*) s hederom za silažni kukuruz (*Kemper* žetvenom glavom).

2) Košnja biomase s kosilicom (*John Deere 1360*) i prešanje s prešom za velike četvrtaste bale (*New Holland BB960A*).

Izmjene na uređajima za prešanje, poput deflektora za usmjeravanje biomase prema sakupljačkom (*pick-up*) uređaju, smanjuje gubitke koji nastaju kao rezultat ispadanja biomase. Upotrebom strojeva za sakupljanje u zbojeve i preša gubici usjeva značajno su se povećali sa 9,4 – 14,1%. Upotrebom samokretnog kombajna za krmu koji je opremljen glavom za žetvu kukuruza, nije došlo do značajnih gubitaka biomase nakon žetve.

Pregled trendova razvoja prema proizvođačima

Agronic

Tvrtka *Agronic* (Finska) zajedno sa tvrtkama *Goeweil* (Austrija) i *Orkel* (Norveška) proizvode specijalni stroj za prešanje i omatanje bala. Za razliku od standardnih izvedbi preša s omotačem bala navedeni stroj s prednje strane nema sakupljački (*pick-up*) uređaj koji zahvaća i podiže biljnu masu s tla sakupljenu u zboj. Usitnjena biljna masa se istovaruje u spremnik, zatim doprema u tlačnu komoru i oblikovana bala se omata u plastičnu foliju. Koristi se za prešanje i omatanje različitih vrsta usitnjenog materijala, kao što su: silažni kukuruz, trave, lucerna, energetske kulture, konoplja, repina pulpa, TMR obrok, piljevina i ostali. Uglavnom radi kao stacionarni stroj pogonjen od traktora i smješten na polju ili poljoprivrednom gospodarstvu, a biljna masa se doprema prikolicama. Modeli (*Agronic*) *MR 820* i *MR 1210 MultiBaler* imaju visoko učinkovit proces prešanja. Materijal za prešanje se ubacuje u spremnik s gornje strane (odozgo) s utovarivačem ili elevatorom. Kod nekih modela se usitnjeni materijal može ubacivati u spremnik izravno iz prikolice, zavisno o izvedbi utovarnog spremnika. Pojedini modeli imaju mogućnost i mobilnog načina rada na polju, ovisno o kulturi koja se ubire i izvedbi stroja. Tada

je stroj vučen i pogonjen od traktora i radi istovremeno sa samokretnim ili priključnim kombajnom koji biljnu masu ubacuje u njegov spremnik (bunker). Žetva, prešanje i omatanje bala se obavlja u jednom proходу, kroz jednu operaciju.



Slika 1. Preša za valjkaste bale s utovarnim spremnikom i omotačem bala Agronic MultiBaler 85-90 u stacionarnom načinu rada

Figure 1. Roller baler press with loading tank and bale wrapper Agronic MultiBaler 85-90 in stationary mode

Izvor/Source: <https://www.agronic.fi/balers-for-short-materials/>

Claas

Tvrtka *Claas* (Njemačka) je razvila seriju samokretnih krmnih kombajna *Jaguar* s visokim protokom žetvene mase do 380 t/h. Kombajn je opremljen s inteligentnim sustavima *CEMOS* i *CEBIS* pomoću kojih se stroj automatski prilagođava i optimizira tijekom samog rada, te se zaslonom sustava *CEBIS* olakšava rukovanje. Radni element za usitnjavanje i sječu dobiva snagu izravno iz poprečno ugrađenog motora. Sustav *Auto fill* operatoru omogućuje automatsko upravljanje strojem i optimiziranje pogona. Maksimalna propusnost pri žetvi se postiže pravolinijskim protokom biomase kroz stroj, čime se osigurava minimalna potrošnja goriva i visoka razina sigurnosti. Samokretni krmni kombajn *Jaguar*, održava postavljenu brzinu konstantnom i regulira snagu motora u skladu sa žetvenom masom. S povećanjem protoka mase smanjuje se brzina vožnje. Pri nižem protoku mase, snaga motora automatski se smanjuje. Računalo *CEBIS* omogućuje pristup svim funkcijama kombajna koje su prilagodljive.



Slika 2. Samokretni krmni kombajn Claas Jaguar 990

Figure 2. Claas Jaguar 990 self-propelled forage harvester

Izvor/Source: <https://www.claas.hr/proizvodi/proizvodi/silazni-kombajni/jaguar990-930>

Pogonski koncept *TERRA TRAC* s patentiranom kinematikom omogućuje automatsko smanjenje dodira površine gusjeničkog mehanizma. Pritisak na dodirnu površinu na polju ili travnjaku uvijek je manji od 1,0 bara. Tijekom rada preko frikcijskog spoja i cijele trake dolazi do kontinuiranog pogona. Pametni sustav ovjesa osigurava visok stupanj udobnosti vožnje i malo opterećenje stroja. Stabilna radna traka zateže se dodatnim hidrauličkim cilindrom, čime se sprječava klizanje.



Dijelovi sustava *TERRA TRAC* (Claas): 1) Radna traka (gusjenica), širina: 635 mm, 735 mm ili 890 mm, 2) Sustav zatezanja ovjesa i trake, 3) Pogonski kotač, 4) Potporni kolot, 5) Radni kotač i 6) Regulator pritiska gume, upravljačka osovina.

Slika 3. Samokretni krmni kombajn *Jaguar* (Claas) s gusjenicama (*TERRA TRAC* koncept)/

Figure 3. Jaguar Claas self-propelled forage harvester (*TERRA TRAC* concept)

Izvor/Source: <https://www.claas.hr/proizvodi/proizvodi/silazni-kombajni/jaguar900-terra-trac>

Metitron 560 je kompaktni samokretni stroj koji u jednom proходу može ubirati i peletirati biomasu. Konceptija stroja se temelji na samokretnom krmnom kombajnu *Claas Jaguar 960 Tier4*, snage motora od 460 kW (626 KS). Hidrostatički pogon za sva četiri kotača olakšava kretanje po neravnim terenima. Na stroj se mogu postaviti različiti prednji priključci: za žetvu višegodišnjih energetskih kultura (npr. *Miscanthus*) i skupljanje zboja.

Neke od značajki stroja su: kompaktna struktura samokretnog poljoprivrednog stroja, automatska kontrola prolaska materijala kroz regulator snage motora za prešanje peleta, izravan pogon sustava za peletiranje od dizel motora preko remenskog prijenosa. Također, sustav transporta peleta nakon prešanja omogućava njihovo hlađenje i pažljiv daljnji transport te nije potrebno predgrijavanje materijala.

Osnovne prednosti peletiranja strojem *Metitron 560* obuhvaćaju stupanj zbijenosti odnosno gustoća (masa/volumen) biljnog materijala nakon peletiranja je veća u odnosu na dobitvenu s visokotlačnim prešama. Gustoća peleta dobivenih od sijena i slame (*Miscanthus*) iznosi oko 650 - 700 kg/m³, dok kod bala iznosi oko 100 - 160 kg/m³.



Slika 4. Samokretni stroj (kombajn) *Metitron 560* za ubiranje i peletiranje biomase

Figure 4. Self-propelled machine (harvester) *Metitron 560* for harvesting and pelleting biomass

Izvor/Source: <https://images.app.goo.gl/DbLzaqW591B1d4ac9>

New Holland

Tvrtka *New Holland* (SAD) je razvila *Big Baller* liniju za prešanje. Sakupljački (*pick-up*) uređaj ima dva radna zahvata: od 2,35 m za široke zbojeve i standardni od 1,96 m za siliranje. Pri oblikovanju bala važna je njihova gustoća zbog lakšeg skladištenja i transporta. Postupak prešanja se kontrolira pomoću senzora da bi se postigla željena i ujednačena gustoća bala. Na osnovu podataka o gustoći dovršenih bala i kontinuiranom praćenju visine pritiska na klipku usklađuje se rad u tlačnoj komori. *IntelliCruise* značajkom, kontrolira se brzina kretanja pomoću „*ISOBUS Class III*“ tehnologije, te se povećava produktivnost, ušteda goriva i sl. Preše posjeduju značajke za preciznu poljoprivredu. Informacije o vlažnosti i težini bala stalno se ažuriraju i prikazuju na monitoru (*IntelliView IV*), a očitani podaci se mogu pohraniti, preuzeti i analizirati pomoću softvera za precizni uzgoj. Precizne karte prinosa mogu se koristiti za podešavanje operacije radi povećanja prinosa slame i smanjenja troškova. Plus modeli linije *Big Baller* imaju za 80 cm dužju tlačnu komoru čime se omogućuje do 10% veću gustoću bala, poboljšani oblik bala i manji rizik od pucanja veziva za bale. Prešanje je moguće i u uvjetima povišene temperature. Sustav nudi mogućnost pažljivog istovara (odlaganja) bala te jednostavnije održavanje i čišćenje.



Slika 5. Preša za velike četvrtaste bale *Big Baller* linija

Figure 5. Large square baler *Big Baller* line

Izvor/Source: <https://images.app.goo.gl/NQRzNd2kRAJVqHdR6>

Krone

Tvrtka *Krone* (Njemačka) razvila je liniju preša *Krone Big Pack* koje postižu veće brzine rada te veći kapacitet zahvaljujući većoj frekvenciji hoda klipa i većem volumenu pretkomore. Postiže se veća gustoća bala (do 25% veća masa bale), do 70% veća propusnost. Zavisno od modela preše veličine tlačne komore se razlikuju, te dimenzije bala mogu iznositi od 80 x 70 cm do 120 x 130 cm (širina x visina). Pojedini modeli imaju mogućnost primjene *MultiBale* sustava, do 9 manjih bala u jednom pakiranju ukupne duljine od 270 cm, odnosno jednu veliku balu može sačinjavati do 9 bala manje duljine koje su spojene vezivom. Zavisno od broja bala, njihova duljina može iznositi od 30 cm do 135 cm, kao što može biti i jedna standardna bala duljine od 270 cm. Takav sustav omogućuje lakše rukovanje s manjim balama.



Slika 6. MultiBale sustav s mogućnošću oblikovanja do 9 manjih bala zavezanih u jedno zajedničko pakiranje ukupne duljine od 270 cm

Figure 6. MultiBale system with the possibility of forming up to 9 smaller bales tied in one common package with a total length of 270 cm

Izvor/Source: file:///C:/Users/Korisnik/AppData/Local/Temp/BiG_Pack_EN_209015000_web.pdf

PreChop sustav omogućuje sjeckanje biljne mase s noževima i najmanja teoretska duljina sječke iznosi 21 mm. Upotrebom *PreChop* sustava smanjuje se količina prašine u sitno nasjecanom materijalu za stelju. Mogućnost lakog uklanjanja i odvajanja *PreChop* sustava ako ga nije potrebno koristiti. *MultiBale* sustav omogućuje do devet malih bala u jednom pakiranju (male bale duljine 0,3 – 1,35 m), čime se omogućuje lakše rukovanje i manipulacija na terenu. Operator postavlja željeni broj bala na upravljačkom uređaju. Moguće veličine bala variraju 1 – 2,7 m, te se može odabrati i veći broj manjih bala.

Također, tvrtka Krone je razvila Premos 5000, mobilnu prešu za peletiranje koja se može koristiti kao traktorom vučeni stroj za rad na polju ili kao stacionarni stroj za peletiranje na gospodarstvu. Namijenjen je za peletiranje različite biomase s manje od 16% sadržaja vode (vlage). Biljni materijal se melje pomoću dva nazubljena valjka s otvorima koji rotiraju u suprotnom smjeru. Prolaskom između valjaka materijal se zupcima pritišće i utiskuje u otvore promjera 16 mm pod pritiskom do 2000 bara i nastaje temperatura od 70 do 100 °C. Zatim se, tako oblikovane pelete kroz otvore utiskuju u unutarnji dio valjka. Promjer peleta je određen promjerom otvora na valjku (matrica), duljina peleta je između 15 mm i 40 mm, a određuje se podešavanjem razmaka između valjaka. Nakon peletiranja pod visokim pritiskom zagrijane pelete se dopremaju u spremnik zapremine od 9 m³, gdje se hlade zračnom strujom pomoću puhala.



Slika 7. Preša za peletiranje Krone Premos 5000 kao stacionarni stroj za peletiranje velikih četvrtastih bala

Figure 7. Krone Premos 5000 pelleting press as a stationary pelleting machine for large square bales

Izvor/Source: <https://images.app.goo.gl/FxXoaJ66RPMeJya78>

Kuhn

Tvrtka *Kuhn* (Francuska) proizvodi žetveno-berački priključak *WS 320* koji je namijenjen za žetvu odnosno za ubiranje i usitnjavanje energetskih kultura kao što su *miskantus*, *Arundo donax*, itd. U kombinaciji s prešom i traktorom u jednom proходу se može obaviti ubiranje biljne mase uz njeno usitnjavanje, oblikovanje zboja i prešanje. Navedeno smanjuje broj prohoda, čime se smanjuje sabijanje tla i potrošnja goriva, također se s baliranom biljnom masom racionalnije iskorištava skladišni prostor. Rotor s noževima za ubiranje i usitnjavanje biljne mase se može podesiti na visinu reza između 4 i 15 cm, a njegov broj okretaja u minuti (brzina vrtnje) omogućuje dobivanje sječke dulje od 15 cm, čime se pospješuje prešanje biomase



Slika 8. Žetva i prešanje u jednom proходу (Kuhn WS 320, preša za velike četvrtaste bale Kuhn LSB 1290 i traktor Massey Ferguson 7626)

Figure 8. Single-pass harvesting and pressing (Kuhn WS 320, Kuhn LSB 1290 large square baler and Massey Ferguson 7626 tractor)

Izvor/Source: <https://www.kuhn.co.uk/crop/flail-mowers/crop-residue-flail-mowers/ws-320-bio#lg=1&slide=3>

Fendt

Tvrtka *Fendt* (Njemačka) proizvela je samokretni krmni kombajn serije *Fendt Katana* koji je prilagođen radu na zemljištima sa većim prirodnim ograničenjima (veliki nagibi, „mekša tla“, vlaga usjeva i sl.). Široki je izbor žetveno-beračkih uređaja (hedera) koji se mogu koristiti, a šest uvlačno-tlačnih valjaka biljnu masu lome, stlačuju i otpremaju do radijalne sjeckare (bubanj s noževima). Navedeno omogućava postizanje kvalitetnog sjeckanja biljne mase. *Fendt CropFlow* sustav omogućuje bolji protok biljne mase, kvalitetnije sjeckanje te učinkovitiju potrošnju goriva. Uređaj za oštrenje noževa doprinosi ravnomjernijem trošenju radnih elemenata, duljem vijeku trajanja noževa, smanjenim troškovima održavanja i veću energetsku učinkovitost s oštrijim noževima. Širina uvlačno-tlačnih valjaka je 770 mm, što omogućuje dopremu veće količine biljnog materijala do sjeckare. Radijalna sjeckara (bubanj s noževima) može imati 20, 28 ili 40 noževa. S 40 noževa se dobiva najkraća sječka, između 2,6 i 14,5 mm, što je poželjno za sirovinu za biopliniska postrojenja. Stroj je opremljen detektorom metala koji je smješten ispred radijalne sjeckare kako bi se pravovremeno otkrio strani metalni predmet. U slučaju detekcije glavni se pogon automatski zaustavlja. Tijekom košnje travnatih površina, gdje je potrebna manja snaga, uključuje se *Eco* način rada i smanjuje se broj okretaja s 1900 min⁻¹ na 1520 min⁻¹. Tim načinom postiže se veća ekonomičnost potrošnje goriva, a frekvencija sjeckanja (broj okretaja bubnja) ostaje konstantna.



Slika 9. Samokretni krmni kombajn *Fendt Katana 85*

Figure 9. Fendt Katana 85 self-propelled forage harvester

Izvor/Source: <https://images.app.goo.gl/KXuX7MnEpVzvKWku7>

Nobili

Tvrtka *Nobili* (Italija), za potrebe žetve i prikupljanja biomase, proizvodi stroj za usitnjavanje biomase serije *WS BIO*. Stroj se koristi za usitnjavanje energetskih usjeva kao što su *Arundo Donax*, *Panicum virgatum*, *Miscanthus* i sl. Priključni uređaj se trozglobnom poteznicom spaja na traktor te pomoću podesivog valjka regulira radnu visinu. Oprema za prilagođavanje radu hidraulički je podesiva, što omogućuje veću učinkovitost u procesu usitnjavanja. Također, uređaj je moguće koristiti u kombinaciji sa uređajem za prešanje, čime se smanjuje broj prohoda a povećava učinkovitost cjelokupnog procesa.



Slika 10. Nobili WS BIO 320 u kombinaciji sa uređajem za prešanje

Figure 10. Nobili WS BIO 320 in combination with a pressing device

Izvor/Source: <https://www.nobili.com/ws-bio/s28391b85>

Zaključak

Suvremenom mehanizacijom omogućava se povećana učinkovitost tijekom žetve i prikupljanja biomase energetskih kultura. U posljednje vrijeme proizvođači nude inovativna tehnička i tehnološka rješenja kojima se olakšava cjelokupan proces prikupljanja i žetve energetskih kultura, osobito u pogledu smanjenja potrošnje energije i značajnih ušteda. Trendovi razvoja mehanizacije temelje se na povećanju radnog zahvata krmnih kombajna, korištenjem razli-

čitih noževa/čekića na kosilicama-sitnilicama, jednofaznim sustavima žetve i peletiranja te korištenju inteligentnih sustava IT podrške. Za žetvu energetskih kultura uglavnom se koristi već postojeća mehanizacija koja se prilagođava potrebnim uvjetima žetve kako bi se povećala učinkovitost i omogućila žetva većih količina biomase. Kroz istraživanja je dokazano da se sustavom dvofazne žetve smanjuje potrošnja goriva, čime proces žetve i prikupljanja postaje učinkovitiji. Također promjenom kuta oštrice noža dolazi do smanjenog utroška energije tijekom žetve energetskih kultura. Tvrtka *Agronic* proizvodi specijalne strojeve (*Agronic MR 820 i MR 1210*) za prešanje i omatanje bala koji imaju visoko učinkovit proces prešanja. Strojevi imaju mogućnost i mobilnog načina rada na polju što ovisi o kulturi koja se ubire i izvedbi stroja. *Claas* je razvio seriju samokretnih krmnih kombajna naziva *Jaguar* s mogućnošću visokog protoka žetvene mase (do 380 t/h). Također kombajn je opremljen inteligentnim sustavima *CEMOS* i *CEBIS* pomoću kojih se stroj prilagođava uvjetima rada. *TERRA TRAC* pogonski koncept omogućuje automatsko smanjenje dodira površine gusjeničkog mehanizma (manji od 1,0 bara). *Metitron 560* je proizveden kao kompaktni samokretni stroj koji u jednom proходу može ubirati i peletirati biomasu. Tvrtka *New Holland* je razvila *Big Baller* liniju uređaja za prešanje. Postupak prešanja moguće je kontrolirati pomoću senzora, te se postiže željena i ujednačena gustoća bala. *Krone Big Pack* preša postiže veću brzinu rada te veći kapacitet zahvaljujući većoj frekvenciji hoda klipa i većem volumenu pretkomore. Pojedini modeli posjeduju značajku *Multitibale* sustava čime se omogućuje stvaranje više bala u jednom pakiranju. Tvrtka *Krone* razvila je mobilnu prešu za peletiranje (*Premos 5000*) koja se može koristiti kao traktorom vučeni stroj ili kao stacionarni stroj za peletiranje. Žetveno berački uređaj tvrtke *Kuhn (WS 320)* specijalizirani je uređaj namijenjen za žetvu i usitnjavanje energetskih kultura. U kombinaciji s prešom i traktorom u jednom proходу se može obaviti više operacija. *Fendt Katana* je samokretni krmni kombajn koji je prilagođen radu na proizvodnim površinama sa većim prirodnim ograničenjima. Kombajn je opremljen inteligentnom značajkom „*Fendt CropFlow*“ koja omogućuje bolji protok biljne mase, kvalitetnije sjeckanje te učinkovitiju potrošnju goriva.

Literatura

- Anderson, E., Arundale, R., Maughan, M., Oladeinde, A., Wycislo, A., Voigt, T. (2011) Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. *Biofuels*, 2 (2), 167-183. DOI: <https://doi.org/10.4155/bfs.10.80>
- Assirelli, A., Civitarese, V., Caracciolo, G., Sannino, M., Faugno, S. (2019) Mechanical Harvesting Line Setting of Giant Reeds <https://doi.org/10.3390/app9245425>
- Bilandžija, N., Fabijanić, G., Sito, S., Grubor, M., Koronc, Z., Čopeć, K., Kovačev I. (2020) Harvest systems of *Miscanthus x giganteus* biomass: A Review. *Journal of Central European Agriculture*, 21 (1), 159-167. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2511>
- Dalianis, C.D. (1998) Giant reed. In: El Bassam (Ed.), *Energy plant species* (pp. 150- 155). London: James & James Sci pub. Ltd.
- El Bassam, N., Huisman, W. (2001) Harvesting and storage of *Miscanthus*. In M.B. Jones, & M. Walsh (Eds.) *Miscanthus for Energy and Fibre* (pp. 86–108).
- Gan, H., Mathanker, S., Momin Md, A., Kuhns, B., Stoffel, N. (2018) Effects of three cutting blade designs on energy consumption during mowing-conditioning of *Miscanthus Giganteus*. *Biomass and Energy*, 109, 166–171.
- Huisman, W. (2003) Optimising harvesting and storage systems for energy crops in The Netherlands. *Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing*, February 9–11, 2003, Louisville, Kentucky, USA.
- Liatukienė, A., Liatukas, Ž., Ruzgas, V. (2008) Winterhardness as the key factor for selecting accessions of *Medicago sativa* L. high-yielding germplasm. *Biologija*, 54(2):129–133.
- Liu, J., Grisso, R., Cundiff, J. (2013) Harvest systems and analysis for herbaceous biomass. *Biomass Nowe Cultivation and Utilization*, 1-36.
- Mathanker, S. K., Hansen, A. C. (2015) Impact of *Miscanthus* yield on harvesting cost and fuel consumption. *Biomass and Bioenergy*, 81, 162-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.06.024>
- Maughan, J.D., Mathanker, S.K., Grift, T.E., Hansen, A.C., Ting, K.C. (2014) Impact of blade angle on *Miscanthus* harvesting energy requirement. *Trans. ASABE*, 57.
- Meehan, P., McDonnell, K., Finnan, J. (2013) An assessment of the effect of harvest time and harvest method on biomass for *Miscanthus x giganteus*. *Global Change Biology Bioenergy*, 5, 400-407. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01205.x>
- Parajuli, R., Knudsen, M.T., Dalgaard, T. (2015) Multi-criteria assessment of yellow, green, and woody biomasses: pre-screening of potential biomasses as feedstocks for biorefineries. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 9: 545-566. <https://doi.org/10.1002/bbb.1567>

Rancâne, S., Karklins, A., Lazdina, D. (2012) Perennial grasses for bioenergy production: Characterization of the experimental site. Research for Rural Development. 1. 31-37.

Shen, Y., Li, L., Chen, W., Robertson, M., Unkovich, M., Bellotti, W., Probert, M. (2009) Soil water, soil nitrogen and productivity of lucerne-wheat sequences on deep silt loams in summer dominant rainfall environment. Field Crop Res. 111:97-108.

Teixeira, E., Brown, H., Meenken, E., Moot, D. (2011) Growth and phenological development patterns differ between seedling and regrowth lucerne crops (*Medicago sativa* L.). Eur J Agron. 35:47-55.

Mrežne stranice:

New Holland. URL: <http://www.newholland.hr/balirke/big-baler/> (2.9.2021.)

Agronic. URL: https://www.agronic.fi/images/stories/pdf/Esitteet2017/AGRONIC_MULTIBALERS_LR_2018.pdf (2.9.2021.)

Claas. URL: <https://www.claas.hr/proizvodi/proizvodi/prese/quadrant-5300-2017> (3.9.2021.)

Metitron. URL: https://www.csp-laser.de/files/Metitron560_Produktinfo_englisch.pdf (4.9.2021.)

Fendt. URL: <https://www.fendt.com/int/geneva-assets/article/95936/138463-fendtkatana-1802-td-en-v2.pdf> / <https://www.fendt.com/int/katana-highlights>. (6.9.2021.)

Krone. URL: <https://www.kroneaustralia.com.au/> <https://www.krone-northamerica.com/english/krone-produkte/large-square-balers/big-pack/prechop/> (10.9.2021.)

Kuhn. URL: https://www.kuhn.com/com_en/range/balers/round-baler-wrapper-combinations/vbp-3165-bale-pack.html <https://www.kuhncenter.ie/uk/range/shredders/shredder-with-horizontal-axis/ws-320-bio.html> <https://www.kuhn-usa.com/hay-forage/balers/round-balers/vbp-3165-balepack> (12.9.2021.)

Nobili. URL: <https://www.nobili.com/ws-bio/s28391b85> (16.9.2021.)

Goeweil. URL: <https://www.goeweil.com/en/> (17.9.2021.)

Orkel. URL: <https://orkel.com/> (18.9.2021.)

Prišlo/Received: 16.2.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 14.3.2022.

Review paper

Trends in mechanization development in collecting biomass of energy crops

Abstract

Energy crops are all crops that are grown with the ultimate goal of energy production, and are characterized by high yield per unit area, low agro-technical investments and the possibility of conversion into various forms of biofuels. In order to reduce the consumption of primary energy, and increase the efficiency of production and collection of biomass of energy crops, in recent times, special emphasis has been placed on the development of modern mechanization. Producers offer various technical and technological solutions, and the aim of this paper is to present the possibility of development and using field mechanization in the harvest of energy crops in the process of biomass production.

Key words: mechanization, biomass, machinery, equipment