

NEW FORMS OF SOLID BIOFUELS IN CROATIAN FORESTRY

NOVI OBLICI VRSTIH BIOGORIVA U HRVATSKOM ŠUMARSTVU

ZECIC, Zeljko; VUSIC, Dinko & MARENCE, Jurij

Abstract: *Increased demand for forest biomass for energy presents new challenges in forestry and the need to introduce new technologies, energy wood harvesting and greater use of available resources. New forest products, such as wood chips, chopped fuelwood, bundles, biobales etc. represent higher added value compared to existing forms of firewood. Using the total potential reduces the cost of slash disposal and enables regeneration of the stands after harvesting on the whole surface. Maintaining and improving habitat conditions is one of the key factors for sustainable harvesting of solid biofuels.*

Key words: *forest biomass, solid biofuel, standards*

Sažetak: *Povećana potražnja za šumskom biomasom za energiju, predstavlja novi izazov u šumarstvu i potrebu uvođenja novih tehnologija pridobivanja energijskog drveta te većeg korištenja raspoloživih resursa. Novi šumski proizvodi, kao što je drvena sječka i kratko cijepano drvo, snopovi, biobale i dr. predstavljaju veću dodanu vrijednost u odnosu na dosadašnje oblike ogrjevnog drveta. Korištenjem ukupnog potencijala smanjuju se troškovi uspostave šumskoga reda te omogućuje obnova sastojina nakon sječke na cijeloj površini. Održavanje i unapređenje ekoloških uvjeta jedan je od ključnih čimbenika za potrajno pridobivanje vrstih biogoriva.*

Ključne riječi: *šumska biomasa, vrsta biogoriva, norme*



Authors' data: Zeljko Zecic, izv. prof. dr. sc., Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb, zecic@sumfak.hr; Dinko Vusic, dr. sc., Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb, vusic@sumfak.hr.; Jurij Marence, doc. dr. sc. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ve na pot 83, 1000 Ljubljana, jurij.marence@bf.uni-lj.si.

1. Uvod

Šumska biomasa za energiju nadzemnog dijela stabala obuhvaća a obujam ili biomasu debla ili dijelova debla, krupnu i sitnu granjevinu te koru, kod etinja a i ešere, a kod lista a plodove ili dijelove plodova te razne smjese i mješavine.

Podaci Prve nacionalne inventure šuma Republike Hrvatske [1] govore o obrasloj površini šuma od 2.377.690 ha što je oko 42 % kopnene površine države. Ukupna drvena zaliha naših šuma iznosi 552,15 milijuna m³, što prosječno iznosi 232,22 m³/ha. Glavne gospodarske vrste drveća su obična bukva, hrast kitnjak i lužnjak, poljski jasen, obični grab od tvrdih lista a te topole i vrbe iz skupine mekih lista a. U godišnjem planu sječe a od prosječno 5,5 mil. m³ izradi se oko 40 % tehničke oblovine i oko 40 % prostornoga drveta, a preostalih 20 % je drveni ostatak nakon sječe, koji najčešće ostaje neiskorišten kao i sitna granjevina. Noviji ciljevi gospodarenja su povećanje iskoristivosti šumske biomase u obliku vrstih biogoriva primjenom novih tehnologija. Zahtjevi tržišta i povećana potražnja energijskog drva, odnosno novih šumskih proizvoda, aktivira sve potencijale drvene zalihe, koji postoje u našim šumama, prije svega korištenjem ukupne nadzemne biomase stabla, koji do sada iz niza razloga nisu bili u potpunosti korišteni.

2. Problematika i cilj istraživanja

Biomasa je (gr. bios - život i lat. massa – tijelo) pojam koji se odnosi na organsku tvar jednog ili više organizama ili njihovih dijelova, isključujući fosilne ostatke. Drvo je prvi energent koji je uvijek koristio i kojem duguje svoj opstanak od postanka pa sve do polovice dvadesetog stoljeća kada je drvo bilo glavna energetska sirovina.

Jedna od više funkcija šume je i proizvodna funkcija po kojoj se na godišnjoj razini (2012) proizvede 4.823.785 m³ drvnih sortimenata, od toga 2.297.782 m³ tehničke oblovine za daljnju mehaničku ili direktnu uporabu te 2.526.004 m³ prostornog drva za energetske uporabu ili kemijsku preradu. Dodatno je još proizvedeno 48.683 t drvene sječke, koja je pretežito izvezena na inozemno tržište, osim 1952 t za domaće tržište. Poduzeće Hrvatske šume d.o.o. Zagreb sklopilo je ugovore sa 21 investitorom na 14 godina za energetska postrojenja na vrsta biogoriva i za proizvodnju peleta u ukupnoj količini od 800 tisuća tona. Od ukupne ugovorene količine 721 tisuća tona namijenjena je za proizvodnju 82,27 MW električne energije iz kogeneracijskih postrojenja[2].

Cilj je ovoga rada prikazati neke potencijale, tehnologije, sustave pridobivanja i vrste novih oblika šumskih proizvoda na europskom i hrvatskom tržištu.

3. Materijal i metode

3.1. Mjesto i metode terenskog istraživanja

Istraživanje je provedeno na području gospodarskih šuma Republike Hrvatske. Terenska istraživanja su obavljena pri redovitim sjecima prateći cjelokupni sustav pridobivanja određenog oblika proizvoda. Obujam krupnoga drva utvrđen je metodom sekcioniranja [3]. Granjevina je djelomično sekcionirana, od 7 cm do 3 cm

s korom kao i krupno drvo, a ostalom neselecioniranom dijelu granjevine tanje od 3 cm, određena je masa. Pri terenskim je mjerenjima izvršeno uzorkovanje pojedinog proizvoda. Uzorci su mjereni neposredno nakon sječe stabala ili proizvodnje. Izvršeno je mjerenje mase svakoga uzorka u svježem stanju, obilježeni su i spakirani te dostavljeni u Laboratorij za šumsku biomasu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

3.2. Laboratorijska istraživanja i obrada podataka

Uzorkovanje je provedeno prema novim hrvatskim normama za vrsta biogoriva, HRN EN 14778:2011 Uzorkovanje. Mjerenje vlage, kako propisuje gravimetrijska metoda, određeno je po normi HRN EN 14774-1:2010 vrsta biogoriva – Metode određivanja udjela vlage – Metoda sušionika. Na isti su način pripremljeni i obradjeni ostali uzorci. Druge fizikalne značajke nekog vrstog biogoriva, kako je prikazano u rezultatima, ispitivane su prema metodama ostalih normi [4].

Obrada podataka obavljena je analitičkim i matematičko-statističkim metodama. Obujam drva se na temelju gustoće (kg/m^3) svježega drva preračunava u masu drvnog proizvoda. Ukupna masa drva u svježem stanju se reducira na masu u apsolutno suhom stanju (biomasu) sukladno rezultatima istraživanja, kojima je utvrđeno da u svježem stanju prosječno ima voda. Umnoškom količine proizvoda po hektaru sa biomasom uzorka izračunata je količina biomase po površini i iskazana u tonama po hektaru.

4. Rezultati i rasprava

Nove tehnologije u šumarstvu, a posebno u području pridobivanja energijskog drva, zahtijevaju nove tehnike i sredstva rada u kojima se udio strojnoga rada značajno povećava sa ciljem povećanja proizvodnosti i maksimalnog iskorištenja ukupnog obujma nadzemne biomase stabala. Primjenom strojnih tehnologija pri sječi i izradi drva značajno se smanjuje otpad u odnosu na sortimentnu metodu sječe i izrade primjenom motorne pile.

Novi su oblici vrstih biogoriva, odnosno šumskih proizvoda propisani hrvatskim normama za vrsta biogoriva i prikazani u tablici 1. Nove su hrvatske norme 2010. prihvaćene u okviru djelatnosti Hrvatskog zavoda za norme (HZN) i Tehničkog odbora (TO) 238 pod nazivom vrsta biogoriva, koji sadrži ukupno 36 novih normi. Prema propisu norme HRN EN 14961-1:2010 Opisi i zahtjevi, za sve navedene tržišne oblike vrstih biogoriva navedeni u tablici 1 posebno su definirani izvori i značajke svakoga proizvoda. Normativni dio je propisan za svaki proizvod i odnosi se na dimenzije, količinu vlage iskazanu kao M10, M15 do M65+, zatim udio pepela koji se iskazuje u masenom udjelu oznakom A0,5; A1,5 do A10+. Mogu se navesti i još neke normativno-informativne značajke proizvoda kao što je neto kalori na vrijednost, udio dušika, sumpora, klora i drugih kemijskih elemenata te prisutnost aditiva.

Naziv goriva	Tipi na veli ina estice	Uobi ajena metoda pripreme
Cijelo stablo	> 500 mm	Bez pripreme ili okresano
Drvena sje ka	5–100 mm	Rezanje oštrim alatima
Drvno iverje	Razli ito	Lomljenje tupim alatima
Oblo drvo/ogrijevno drvo	100–1000 mm	Rezanje oštrim alatima
Kora	Razli ito	Ostatak od koranja stabla, može biti isjeckana ili ne
Svežnjevi (snopovi)	Razli ito	Polegnuti u dužinu i povezani
Gorivo u prahu	< 1 mm	Mljevenje
Drvna prašina – Piljevina	1–5 mm	Rezanje oštrim alatima
Strugotine	1–30 mm	Blanjanje s oštrim alatima
Briketi	$\varnothing \geq 25$ mm	Mehani ka kompresija
Peleti	$\varnothing < 25$ mm	Mehani ka kompresija
Bale		
Male prizmatične bale	0,1 m ³	Stisnute i povezane u četverokute
Velike prizmatične bale	3,7 m ³	Stisnute i povezane u četverokute
Okrugle bale	2,1 m ³	Stisnute i povezane u cilindre
Sjeckana slama ili energijska trava	10–200 mm	Sjeckano tijekom žetve ili prije uporabe
Zrno ili sjeme	Razli ito	Nema pripreme ni sušenja osim procesnih postupaka nužnih za pohranu zrna žitarica
Koštice vo a ili ljuske	5–15 mm	Nema pripreme ili prešanja i ekstrakcije kemikalijama
Poga a od vlakana	Razli ito	Pripremljeno od vlaknastog otpada isušivanjem

Tablica 1. Tržišni oblici vrstih biogoriva prema normi HRN EN 14961-1:2010

4.1. Cijela stabla i dijelovi krošnje

Novi proizvod u obliku cijeloga stabla (slika 1) ili dijelova stabala (slika 2) odre en je promjerom i opisom kako se obavlja bez pripreme ili sa kresanjem grana. S obzirom na specifi ne uvijete u našim šumama te dimenzije stabala razli itih dobnih razreda, primjena novih tehnologija mogu a je uz odre ena ograni enja. U današnje vrijeme se u našim regularnim sastojinama pretežitom ru no-strojno izra uje tehni ka oblovina, a krošnje se u nekoliko dijelova pripremaju i izvoze na pomo no stovarište, gdje se primjenom ivera a proizvodi drvna sje ka (slika 2), koja se odlaže na tlo ili naj eš e direktno u kamionske prikolice.



Slika 1. Dijelovi krošnje iz oplodnih sje a Slika 2. Proizvodnja drvene sje ke na pomo nom stovarištu

4.2. Drvna sje ka

Drvna sje ka je naj eš i trgova ki oblik, koji se najviše proizvodi na pomo nom stovarištu, a manjim dijelom u sabirno-logisti kim centrima, odnosno na stovarištu kogeneracijskih postrojenja. Koli ina proizvedene drvene sje ke se u Hrvatskoj tijekom nekoliko zadnjih godina kre e od 50 000 t do 120 000 t godišnje [2] s tendencijom pove anja do 800 000 t/god u slijede ih nekoliko godina sukladno potpisanim višegodišnjim ugovorima.



Slika 3. Proizvodnja drvene sje ke iz bukovih šuma



Slika 4. Granulati drvene sje ke po normi

Osnovne normativne zna ajke drvene sje ke za neindustrijsku uporabu (u pe ima do 500 kW) propisane su normom HRN EN 14961-4:2011. Prema masenom udjelu granulata drvene sje ke se razvrstava u više razreda kakvo e s oznakom P16A, P35A ili P45A i drugo, prema normi HRN EN 15149-1:2010 Metoda odre ivanja granulometrijskog sastava. Za razrede kakvo e drvene sje ke A1 i A2 navode se još podaci o udjelu vlage i pepela, zatim neto kalorijska vrijednost te nasipna gusto a. Za razrede kakvo e B1 i B2 se osim osnovnih zna ajki razreda A navode i drugi podaci

kao što su udjeli dušika, sumpora, klora, arsena, kadmija, kroma, bakra, olova, živa, nikla i cinka.

4.3. Drvni iver

Drvni iver je proizvod koji se prema porijeklu sirovine proizvodi od drvne i lisne ili igli aste biomase s primjesom zeljaste šumske biomase, što prije svega ovisi o namjeni. Drvni iver kao energijsko drvo ima tako er normom propisane zna ajke, koje se razlikuju od zna ajki drvne sje ke. Drvni iver se pretežito koristi u proizvodnji komposta s mješavinama trava te ostalog organskog otpada.



Slika 5. Rad ivera a na sabirno-logisti kom centru



Slika 6. Svježe proizveden drvni iver

Drvni iver se prema granulometrijskom sastavu razvrstava u razrede P16, P45 do P300 i dopunom razreda fine frakcije oznaka F06, F10 pa do F25. U normativne zna ajke uklju ena je tako er vlaga s oznakama udjela od M10 do M55+, zatim udio pepela oznaka A0,5 do A10+ te neto kalorijska vrijednost, Q (MJ/kg) odnosno energijska gusto a, E (MWh/m³). Kroz normativno/informativne zna ajke još se navode udjeli dušika i klora te nasipna gusto a (kg/nm³).

4.4. Kora

Kora glavnih gospodarskih vrsta drve a, poglavito hrastova, bukve, jele i drugih vrsta pri proizvodnji šumskih drvnih sortimenata zauzima zna ajno mjesto. Kora se kao proizvod može prema normi deklarirati ako potje e od izra enih drvnih sortimenata etinja a koranjem u šumi (slika 7) ili na glavnom stovarištu u drvnoj industriji (slika 8) te lista a kao dio okoraka pri preradi pilanskih trupaca. Kora hrasta (slika 8) se strojnim koranjem furnirskih trupaca odvaja i koristi kao energent. Pri provedenim istraživanjima u nizinskim šumama zaklju eno je da je kora zastupljena s 12,09 % obujma na izra enim trupcima lužnjaka što prosje no iznosi 0,465 m³ po posje enom stablu. Normativne zna ajke kore odre ene su propisom norme. Granulometrijski satav se odre uje normom HRN EN 15149-1:2010, gdje se navode granulati i oznake P16, P45, P63, P100 i P200. Zatim se navodi udjeli vlage s oznakama M20 (20 %) pa sve do M65+.



Slika 7. Kora jele u sje ini



Slika 8. Koranje furnirskih trupaca hrasta Lužnjaka

Tako er se kao i kod ostalih oblika vrstih biogoriva utvr uje udio pepela s oznakom A1,0 (1,0 %) do A10,0+. Normativno je propisano utvr ivanje neto kalorijske vrijednosti. Kroz normativno-informativne podatke deklarira se udio dušika i klora te nasipna gusto a.

4.5. Ogrijevno drvo

Ogijevno drvo je opisano osnovnim zna ajkama propisanim normom HRN EN 14961-1:2010, a zna ajke ogrjevnog drvo za ne-industrijsku uporabu (u pe ima do 500 kW) propisane su normom HRN EN 14961-5:2011.



Slika 9. Složaj ogrjevnog drva na pomo nom stovarištu



Slika 10. Kratko cijepano drvo na paleti

Prema normi se za sve oblike ogrijevnoga drva odre uje porijeklo te se u deklaraciji proizvoda navodi na prvome mjestu. Zatim slijede dimenzije, duljina kratko cijepanog drva (L20), koje mogu biti od 20 mm do 1000 mm i više, kao višemetarsko prostorno drvo (L1000+) uz dopušteno odstupanje. Uz to se navode veli ine i raspon promjera (D) odre enoga oblika proizvoda, npr. $L = 330 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ i 40 mm D

160 mm. U deklaraciji se navodi i energijska gustoća (Ear, kWh/m³) s podatkom o količini vlage pri isporuci s oznakom M20 (< 20%), M30, M40 i M65.

4.6. Snopovi/svežnjevi

Snopovi se proizvode specijalnim šumskim strojem bandlerom (slika 11). Rad je potpuno mehanizirana, a sustav je namijenjen prikupljanju i vezanju ostataka sitnije granjevine nakon primarne proizvodnje dugoga obloga drva gospodarskih vrsta drveća (slike 11 i 12).



Slika 11. Bandler pri proizvodnji snopova kod četinjača



Slika 12. Glavno stovarište snopova kao energijskog drva

Snopovi ili svežnjevi se proizvode u duljinama od 3 m do 6 m i promjera od 40 cm do 60 cm. Kao konačni oblik šumskog proizvoda izvoze se najčešće forvarderima ili trakotrskim skupovima s dizalicom te se na pomoćnom i glavnom stovarištu (slika 12) slažu u složajevе okomito na cestu. Uz navedene dimenzije se u deklaraciju proizvoda navodi gustoća snopa (BD180=180 kg/m³) prema stupnju prosušnosti zatim udio vlage, M10 do M35+, udio pepela i energijska gustoća.

4.7. Biobale

Biobale su prije svega proizvod koji je nastao u poljoprivredi i voćarstvu. Nove su tehnologije i povećane potrebe za obnovljivim izvorima energenata navele stručnu šumarsku javnost na konstrukciju biobalera za potrebe šumarske proizvodnje. Biobaler je namijenjen za prikupljanje ostataka sitne granjevine nakon sječe, začišćenje zakorovljenih površina uz prometnice i dalekovode. Biobale su još jedan od oblika vrstih biogoriva, koje su određene dimenzijama i drugim značajkama, a proizvode se u dva osnovna oblika, prizmatičan i okrugli oblik. Biobale oblika valjka imaju oznaku D1 s promjerom (D) od 1,2 – 1,5 m i duljinu (L) od 1,2 m, a s oznakom D2 promjer (D) od 1,6 – 1,8 m i duljinu (L) od 1,5 m. Biobale prizmatičnog oblika imaju propisane oznake P1, P2, P3 i P3+ te dimenzije širine, visine i duljine. Oznaka prizmatične biobale P1 ima dimenzije, visina (L1) < 0,35 m, širina (L2) < 0,4 m i duljina (L3) < 0,5 m. Biobale koje označavamo oznakom P3 imaju dimenzije visina (L1) < 1,3 m, širina (L2) < 1,2 m i duljina (L3) 1,0-3,0 m. Normativno se još određuje gustoća bale BD 100 (100 kg/m³), BD 120 do BD 220+, zatim udio vlage u

rasponu od M10 do M35+, zatim udio pepela u rasponu od A5,0 do A10,0+ i energijska gustoća (kWh/m³), a informativno se navode podaci o udjelu klora.



Slika 13. Biobaler u šumskoj kulturi etinja a



Slika 14. Biobale nakon dovršnog sijeka lista a

5. Zaključak

Novi oblici šumskih proizvoda kao energijsko drvo značajno doprinose ostvarenju strateških energetske ciljeve Republike Hrvatske, posebno u obvezama smanjivanja emisija stakleničkih plinova, prema preuzetim obavezama 20:20:20 u okviru svih obnovljivih izvora energije. Proizvodnja novih oblika vrsta biogoriva iz šumske biomase značajno je doprinos društvu, a posebno ekonomiji lokalnih zajednica jer se time mogu riješiti značajna socio-ekonomska pitanja ruralnog područja. Proizvodnja novih oblika šumskih proizvoda zahtjeva uvođenje novih tehnologije odnosno proizvodnih sustava za pridobivanje šumske biomase, a time i stvaranje dodane vrijednosti te smanjenje energetske ovisnosti o fosilnim gorivima iz uvoza.

6. Literatura

- [1] Pavlović, J., (2010). *Prva nacionalna inventura šuma Republike Hrvatske*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISBN 978-953-292-016-1, Zagreb.
- [2] Anon., (2013). Poslovno izvješće za 2012. godinu. Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Zagreb, ISBN 1848-1515, str. 1-44.
- [3] Krpan, A. P. B., Željko, Ž., Stankić, I., (2007). Biomasa nekih domaćih vrsta šumskog drveća (Biomasse of some local forest tree species). Znanstveno savjetovanje HAZU Zagreb, Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvodnja i obnovljivih izvora energije, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Matić, S. (urednik), ISBN 978-953-154-777-2, Zagreb.
- [4] Željko, Ž., Vušić, D., Franjić, B., (2012). Biomass potential of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in management unit Zapadni Papuk Zvečevački (Potencijal biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u gospodarskoj jedinici Zapadni Papuk Zvečevački). DAAAM International, Požega, Proceedings of the 3rd International conference „Vallis Aurea“ 2012, pp 1139-1147.



Photo 093. Street / Ulica