

BIOPOTENCIJAL AMORFE (*Amorpha fruticosa* L.) – DRUGA GODINA ISTRAŽIVANJA

BIOPOTENTIAL OF INDIGOBUSCH (*Amorpha fruticosa* L.) – SECOND YEAR OF INVESTIGATION

Ante P. B. KRPAN, Željko TOMAŠIĆ, Pavao BAŠIĆ PALKOVIĆ

SAŽETAK: U radu se prinose rezultati druge godine istraživanja biopotencijala amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u šestgodišnjem pokusu postavljenom u prirodnoj amorfi u odjelu 126a, u gospodarskoj jedinici Posavske šume, šumarija Sunja, UŠP Sisak. Na posječenju su površini 2008. osnovana četiri pokusna polja sa po šest ploha dimenzija 5 x 5 m svaka. Plohe broj 1 su mjerene drugi put, a plohe broj 2 prvi put. Srednje su visine izdanaka u drugoj jednogodišnjoj vegetaciji na plohama 1 od 2,13 m do 2,25 m. Najveća izmjerena visina je 3,4 m. Srednji je promjer izdanaka u prsnoj visini u rasponu od 7,0 mm do 7,6 mm, a najveći 14 mm. U proporciji s brojem i dimenzijama izdanaka na plohama 1, proizvedena je zelena biomasa od 23,29 kg (9 316 kg/ha) do 38,14 kg (15 256 kg/ha). Visinski se prirast na plohama 2 u drugoj vegetaciji znatno smanjuje u odnosu na prvu godinu. Srednje vrijednosti visina su od 2,28 m do 2,58 m, a najveća je 3,7 m. Srednji promjer izdanaka je u rasponu od 9,1 mm do 10,5 mm, uz najveći izmjereni od 20,0 mm. Proizvedena je zelena biomasa na plohama 2 od 54,34 kg (21 734 kg/ha) do 78,55 kg (31 418 kg/ha). K tome je sakupljeno od 3,20 kg (1 280 kg/ha) do 4,94 kg (1 976 kg/ha) ili prosječno 3,97 kg (1 589 kg/ha) sjemena. Udjeli mokrine drva u plohama 1 i 2 u trenutku sječe su niski i iznose 34,23 %, odnosno 33,12 %. Mokrina sjemena je 14,3 %. Prosječna jednogodišnja produkcija suhe biomase je 7,87 t/ha, a u dvogodišnjoj amorfi s pridodanim sjemenom 17,73 t/ha. Energetski ekvivalent zelene biomase jednogodišnje amorfe je 152,2 GJ/ha, a suhe 159,4 GJ/ha. U dvogodišnjoj amorfi energetski ekvivalent zelene biomase je 332,2 GJ/ha, a suhe 359,1 GJ/ha.

ključne riječi: amorfa, bioproizvodnja, energetska vrijednost, nizinski šumski ekosustavi, Hrvatska

UVOD – Introduction

Dosadašnja su istraživanja biomase u Hrvatskoj bila usmjerena prema komercijalnim šumskim vrstama. Osim stabala, gradbeni su elementi naših prirodnih šuma raznoliko grmlje i prizemno rašće. Pretpostavka

je da će, zbog sve veće tržišne tražnje, uz biomasu stabala i poneke od drugih sastavnica šumske biomase u dogledno vrijeme biti komercijalno zanimljive, ponajprije u energetskom smislu. Jedna od njih je amorfa, sjevernoamerička vrsta, koja je na našim prostorima poznata pod nazivljem: čivitnjača, grmasta čivitnjača, divlji bagrem, bagremac i kineski bagrem. Amorfa je listopadna vrsta latinskog naziva *Amorpha fruticosa* L. Sistematizirana je u rod *Amorpha* L. i familiju *Fabaceae* L. Rodu *Amorpha* L. pripada oko petnaest vrlo srodnih grmova, polugrmova i zeljanica koje dolaze u

Prof. dr. sc. Ante P. B. Krpan, Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, 10 450 Jastrebarsko, antek@sumins.hr
Dr. sc. Željko Tomašić, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Ljudevita Farkaša Vukotinovića 2, 10 000 Zagreb, zeljko.tomasic@hrsume.hr
Pavao Bašić Palković, dipl. ing. šum., Hrvatski šumarski institut Centar za nizinske šume Vinkovci, Trg J. Runjanina 10, Vinkovci pavaobp@sumins.hr

Sj. Americi. Prirodno je rasprostranjena u istočnom i jugoistočnom dijelu SAD-a. U Europu je unesena 1724. godine, a u Hrvatskoj se pojavila početkom 20. stoljeća. Raste kao uspravni, šiboliki grm do 3 m visine. Listovi su neparno perasto sastavljeni. Cvjetovi su raznospolni, entomogamni i skupljeni u uspravnim, vršnim klasovima. Cvjeta krajem proljeća i početkom ljeta. Plodovi su sitne, oko 1 cm duge bradavičaste mahune, koje sadrže po jednu sjemenku. Redovito i obilno plodonosi, a osim generativno obnavlja se i vegetativno izdancima iz korjena. Raste na neutralnim, slabo kiselim i slabo bazičnim tlima, a izbjegava ekstremno kisela i bazična tla. Heliofilna je ili hemiskiofitna vrsta. Najviše joj odgovaraju vlažna staništa te raste uz obale rijeka i potoka od kuda se širi vodom, posebno poplavlom (Idžojtić et al. 2009).

Matić (2009) navodi da se o amorfi, za šumarstvo štetnoj stranoj vrsti, koja je na našim prostorima nazočna preko 120 godina, relativno malo pisalo u našim šumarskim stručnim i znanstvenim glasilima. Sa šumarskog motrišta, kako navodi isti autor, amorfom su se bavili Ettinger (1889), Petračić (1938), Anić (1943), Spaić (1957), Glavaš (1990) i Anić (2001). Tom

popisu dodajemo autore koji su s različitih aspekata istraživali amorfu kao Liović i Halambek (1988), Oršanić et al., (2006), Puljak (2005) te najnovije Matić (2009), Jovanović i Halilović (2009), Marosvölgyi et al. (2009), Vrbek i Pilaš (2009) Liović (2009), Glavaš (2009), Krpan i Tomašić (2009), Kajba (2009), Poršinsky i Raguž (2009), Belčić i Sučić (2009), Jurišić et al. (2009), Posarić i Bašić (2009), Nuspahić i Božić (2009), Lovrić et al. (2009), Novak-Agbaba et al. (2009), Zečić et al. (2009), Gradečki et al. (2009), Krpan i Tijardović (2009) i Gagić (2009).

Poseban zamah istraživanju amorfe dat je 2008., kada je u Hrvatskom šumarskom institutu, Jastrebarsko, saživio projekt *Biopotencijal i energetske značajke amorfe*, za čiju je provedbu pod vodstvom prof. dr. sc. Ante P. B. Krpana оформljen tim šumarskih znanstvenika i operativnih stručnjaka različitih specijalnosti. Već iduće, 2009. godine, 12. ožujka, održan je u Zagrebu znanstveni simpozij s međunarodnim sudjelovanjem pod nazivom *Biološko-ekološke i energetske značajke amorfe (Amorpha fruticosa L.) u Hrvatskoj* na kojemu su prezentirana 22 rada o amorfi ili u svezi s amorfom.

PROBLEMATIKA – *Scope of research*

Širenje amorfe u Hrvatskoj – *Spreading of Indigobush in Croatia*

U znanstvenim je krugovima prihvaćena tvrdnja da je amorfa unesena iz Sjeverne Amerike u Europu 1724. Nejasan je točan datum unošenja u Hrvatsku kao i tijekom njenog inicijalnog širenja. Petračić (1938) piše o amorfi kao opasnom korovu, koji ugrožava posavske šume. Ističe da se uzgaja uz željezničke pruge i nasipe kako zbog vezanja i učvršćivanja nasipa tako i iz dekorativnih razloga. Locira je uz željezničku prugu od Capruga do Vinkovaca, a uz željezničke stanice Dubica i Jasenovac već tada stvara čiste grupe te prodiru i na susjedne livade. Navodi da poplave raznose sjeme amorfe na veće udaljenosti. Općenito, rani zapisi upućuju na to da je ponajprije unešena kao vrtna ukrasna vrsta, a kasniji navode njenu uporabu za stabilizaciju pokosa nasipa željezničkih pruga (Krpan i Tomašić 2009). Širenje u šumske prostore panonske nizine, posebno u slivna područja naših nizinskih vodotoka, počinje oko 1900. Zahvaljujući biološkim svojstvima i prilagodbi ekološkim uvjetima narušenih ekosustava nizinskih poplavnih šuma, njezino je širenje vrlo intenzivno te je dobila epitet invazivne vrste. Kako navodi Matić (2009), amorfi ne odgovaraju suša staništa po-

plavnih šuma (šume na gredi) kao ni ekstremno vlažna (šume poljskog jasena). Danas se amorfa širi na staništa poplavnih šuma i to u poplavnu šumu hrasta lužnjaka i žutilovke (*Genista elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938), a posebno u subasocijacijama s drhtavim šašem (*Genista elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Ht. 1938) i s rastavljenim šašem (*Genista elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. 1938). Prema sadašnjim spoznajama najčešća je u Posavini. Intenzivno pridolazi u nizinskim dijelovima UŠP Zagreb, Sisak, Karlovac, Nova Gradiška i Vinkovci. Javlja se vrlo intenzivno u svim nizinskim šumarijama na području UŠP Sisak, a najviše u šumarijama Sunja i Hrvatska Dubica. U UŠP Zagreb su amorfom posebno zahvaćeni nizinski dijelovi šumarija Lipovljani, Kutina i Popovača. Amorfa se javlja u svim nizinskim šumama na području kojim gospodari UŠP Nova Gradiška, zahvaćajući šumarije Jasenovac, Novska, Stara Gradiška i Nova Gradiška zapadno te Trnjani, Slavonski Brod, Oriovac i Nova Kapela istočno. Na području UŠP Vinkovci amorfa se najviše javlja na području šumarija Mikanovci i Strizivojna.

Problemi u nizinskim šumskim ekosustavima napučenim amorfom

Problems in lowland Forest Ecosystems colonized by Indigobush

Amorfa, posebno u Posavini, zauzima velike površine šumskog tla od kojih su neke suvislo obrasle sprječavajući zasjenom svaku obnovu sastojina vrijednim autoktonim vrstama drva. Kao biljka svijetla,

osvaja šumske terene nakon sječe stabala i gustim sklopom zasjenjuje i guši željeni pomladak. Zbog toga je ponijela epitet vrlo opasnog korova, jer znatno otežava i poskupljuje obnovu naših najvrijednijih nizinskih

šuma. Ilustracije radi Krpan i Tomašić (2009) utvrđuju da izdanci amorfe u prvoj godini nakon sječe dosegnu prosječnu visinu od preko dva metra. Uz to, zbog obilja sjemena amorfa u povoljnim uvjetima raste vrlo gusto. Istražujući pomlađivanja poljskoga jasena sječom u prugama, Anić (2001) nalazi od 15 000 do 400 000 biljaka amorfe/ha. Ako je visinski prirast amorfe iz sjemena u prvoj godini i značajno niži od onog iz panja, o kojemu govore Krpan i Tomašić, očito je da joj pri obnovi sastojina na staništima najvrijednijih vrsta poplavnih šuma (hrast lužnjak, poljski jasen) one ne mogu visinskim prirastom konkurirati, budu potisnute u sjenu i ostajući bez dovoljno svjetla za opstanak ugibaju. Matić (2009) je mišljenja da su se sastojine vrlo teško obnavljale zbog grešaka koje su se tada radile, a posebno zbog izvođenja nepotrebnog pripremnog sijeka, čak nekoliko naprodnih sijekova te zbog izostanka radova na pripremi staništa, njezi i zaštiti ponika i pomlatka. Operativni su šumarski stručnjaci tijekom vremena koristili različite metode suzbijanja amorfe vezano za obnovu sastojina i to od mehaničkog uklanjanja, tretiranja herbicidima, kombiniranog mehaničko-kemijskog tretiranja do, u novije doba, povezivanja grupe izdanaka ispod krošnjica i uporabe Tulejevih cijevi.

Lovrić et al. (2009) iznose da je amorfa u šumariji Kutina (GJ Kutinske nizinske šume) zauzela preko 650 ha površine, a u šumariji Lipovljani (GJ Josip Kozarac) više od 100 ha. Troškovi obnove sastojina s vlastitim radnicima, ovisno o metodi suzbijanja amorfe, kreću se od 718 kn/ha do 9 876 kn/ha, a uporabom Tulejevih cijevi troškovi se penju do 19 000 kn/ha.

Ekonomski značaj amorfe – *Economic importance of Indigobush*

Na našim prostorima još uvijek prevladava mišljenje da je amorfa štetna vrsta male uporabne vrijednosti. Međutim, u novije se vrijeme stav prema amorfi ubrzano mijenja. Među prvima počeli su je koristiti i cijeniti kao medonosnu biljku pčelari (Glavaš (2009). Nadalje, navodi da je u literaturi zabilježeno kako se iz amorfe može dobiti boja, insekticid, repelent, margarin, parfem i začini. Gusti grmovi amorfe su dobro sklonište životinjama, a šibe su povoljne za izradu cvjetnih vijenaca, pletenje košara ili kao pletivo za staklenu ambalažu. Žlijezde na mahunama sadrže ulje u količini od oko 3,5 %, a sastoji se od različitih terpena. U medicinske svrhe koriste se amorfini plodovi iz kojih se dobiva glikozid

Jurišić et al. (2009) za područje UŠP Sisak navode da se amorfa kao problem pri obnovi šuma spominje već u Gospodarskoj osnovi "Posavske šume" iz 1955. godine, koja je izrađena za šumarije Sunja i Hrvatska Dubica. Kao heliofilna vrsta laganog sjemena i obilnog uroda uspješno je osvajala zapuštene površine. Mišljenja su da je sušenje hrasta lužnjaka, kao rezultat poremećene prirodne ravnoteže uz nestanak nizinskog brijesta iz naših poplavnih šuma, širom je otvorilo vrata ovoj agresivnoj vrsti. Amorfa je indikator stanja lužnjakovih sastojina, jer što je više ima, to je njihovo zdravstveno stanje lošije. Zbog nedostupnog terena uslijed ratnih djelovanja i nepravovremeno izvedenih šumskouzgojnih radova danas predstavlja veliki problem pri obnovi sastojina, kako hrasta lužnjaka, tako i poljskog jasena. Prvi počeci suzbijanja zabilježeni su 80-tih godina prošloga stoljeća, pri čemu su ponajprije korištene mehaničke metode. Autori iznose konkretan podatak da troškovi obnove površine s amorfom od 1,2 ha, uz mehaničku i kemijsku pripremu vlastitim kapacitetima (7 334 kn) te sadnju 3 000 sadnica hrasta lužnjaka starosti 1 + 0 u izvedbi poduzetnika (50 520 kn), iznose ukupno 57 854,00 kn. Nuspačić i Božić (2009) pišu da se inače veliki troškovi pomlađivanja sastojina znatno umnažaju kroz primjenu različitih metoda suzbijanja brojnih biljaka amorfe na pomladnim površinama. Na području UŠP Nova Gradiška borba s amorfom intenzivirala se tijekom zadnja tri desetljeća prošloga stoljeća, i sve se do danas pokušava iznaći tehnologija koja bi uz što manje troškove dala najbolje rezultate. Počeci suzbijanja amorfe povezani su s obnovom većih šumskih kompleksa ranih osamdesetih godina prošloga stoljeća.

amorfin, koji se primjenjuju kao lijek protiv nervnih i srčanih bolesti. Amorfa ima veliko značenje, pogotovo u SAD-u, kao ukrasna biljka. Razvijen je uzgoj i trgovina ukrasnih formi. Amorfa ima vrijednost kao fiksator dušika. Spominje se korištenje usitnjenog sjemena kao začina za ljudsku hranu. Stabljika služi za stelju. Zbog raširenog korjenskog sustava i otpornosti na udare vjetra koristi se za vjetrobrane pojase i prevenciju erozije. Smolaste bradavice na stabljici sadrže "amorpha", kontakti i probavni insekticid, koji ujedno služi i kao repelent. Stabljika sadrži indigo pigment, koji se koristi za dobivanje plave boje (čivit), no količine nisu isplative u industrijskoj proizvodnji (Krpan i Tomašić 2009).

Amorfa i bioenergija – *Indigobusch and Bioenergy*

Opravdanost istraživanja biomase amorfe i njene potencijalne bioenergetske vrijednosti potkrepljujemo spoznajama dosegnutim pri prvim sustavnim istraživanjima njenoga biopotencijala. Krpan i Tomašić (2009) te Krpan i Tijardović (2009) iznose prve podatke o biopotencijalu amorfe. Amorfa je na pokusnim poljima ukupne površine 748 m² posječena čistom

sječom u ožujku 2008. te je utvrđena zelena biomasa od 46,8 t/ha. Uz srednji udio suhe tvari od 66,28 % zatečena suha biomasa je 37,6 t/ha. Broj jednogodišnjih izdanaka po hektaru iznosio je od 104 000 do 162 800. Srednji su promjeri na plohama od 7,1 mm do 7,8 mm, a srednje visine od 2,05 m do 2,41 m. Najveća zabilježena visina jednogodišnjih izbojka je 3,5 m, a najveći izmje-

reni promjer u prsnoj visini je 16 mm. Preračunano na hektar, biomasa se kretala od 11,2 t do 19,2 t ili prosječno 15,2 t za sva četiri pokusna polja. Utvrđena mokrina uzoraka je od 38,7 % do 42,5 % ili prosječno 40,0 %, odnosno suha tvar 60,0 %, pa slijedi da je u prvoj vegetaciji nakon sječe srednja masa proizvedene suhe biomase amorfe 9,12 t/ha. U drvu amorfe utvrđen je sadržaj ugljika od 46,2 % i dušika od 3,86 mg/g. Kora amorfe sadrži 49,6 % ugljika i 16,4 mg/g dušika.

Što se energetske vrijednosti drva amorfe tiče, u literaturi nalazimo nedvosmisleni potvrdu iste. Puljak (2005) spaljivanjem u energiju na biomasu u Ogulinu potvrđuje energetska vrijednost biomase amorfe kao goriva mjerenjem temperatura ložišta, dimnih plinova i

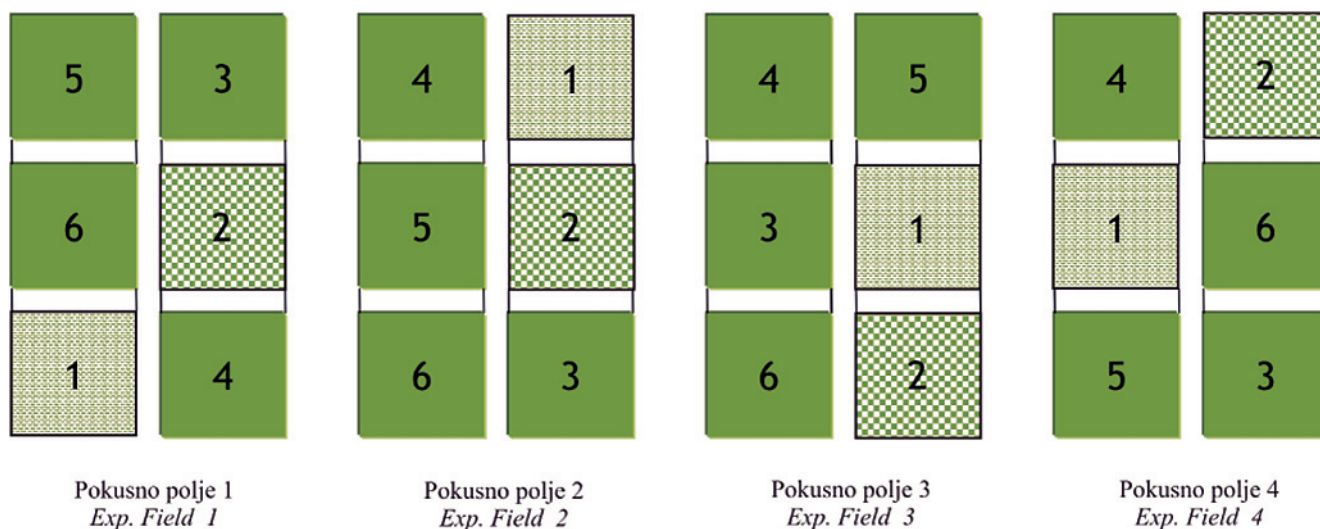
vode. Marosvölgyi et al. (2009) navode da su ispitivanjem amorfe iz prirode i iz energetske nasade utvrdili da je amorfa materijal izuzetno povoljan za pridobivanje energije. Izmjerena ogrjevna vrijednost pri $W = 34,2$ % iznosila je 12,7 MJ/kg, a pri $W_0 = 20,2$ MJ/kg. Suha borova piljevina je nešto manje vrijednosti – 19,7 MJ/kg. Nadalje, kod amorfe nalaze sadržaj pepela od 1,5 %, te nešto viši sadržaj isparljivih komponenti.

Potrebno je istaknuti, da se biomasa amorfe u našim šumama tvori od prirode, bez ikakvih agrotehničkih mjera i troškova, koji se u značajnoj mjeri javljaju pri podizanju klasičnih kultura i plantaža ili energetske nasade brzorastućih vrsta kratkih ophodnji.

MATERIJAL I METODE – *Material and Methods*

U okviru projekta je po godinama razrađena vrsta i opseg radova, metodologija terenskih izmjera i prikupljanja materijala, predviđene su metode obrade podataka te vrsta i opseg laboratorijskih analiza. Istraživanja se biopotencijala amorfe izvode na četiri pokusna polja, koja su postavljena na području šumarije Sunja (UŠP Sisak), u odjelu 126a gospodarske jedinice Posavske šume. Odsjek je potpuno obrastao amorfom starosti 12 godina. Svako pokusno polje sadrži 6 ploha dimenzija 5 x 5 m. Plohe nose numeričke oznake 1–6, a njihov je

položaj u svakom pokusnom polju različit (slika 1). U pripremi je terenskim radovima amorfa na pokusnim poljima posječena, te su isključene i obilježene plohe. Plohe broj 1 mjere se i sijeku u godišnjem ciklusu, plohe broj 2 u dvogodišnjem, broj 3 u trogodišnjem itd. Time se želi steći uvid u eventualne promjene biopotencijala amorfe iz panja u slučaju ponavljanja sječa u spomenutim intervalima. U drugoj su godini trajanja projekta istraživanjem obuhvaćene pokusne plohe 1 i 2, kojih je položaj u pokusnim poljima vidljiv na slici 1.



Slika 1. Pokusna polja amorfe s plohami
Figure 1 Experimental Fields of Indigobush with Plots

Pri terenskim se izmjerama ucrta tlocrtni položaj i oblik panjeva na plohami, utvrđuje se broj izdanaka na svakom panju, a izdancima se mjere visine s točnošću na cm pomoću mjerne letve i promjer na prsnoj visini s točnošću na mm pomoću pomičnog mjerila – šublera. Potom se motornom pilom posjeku izdanci amorfe na svakoj plohi zasebno i uvežu u snopove, nakon čega se snopovi odvagaju na prijenosnoj vagi uz preciznost od sto grama. Nakon vaganja uzimaju se iz snopova uzorci

drva za laboratorijska ispitivanja. Masa uzorka kreće se oko 2 dva kilograma, a sa svake se plohe uzima po jedan uzorak.

Uzorci se obrađuju u Laboratoriju za fizikalno-kemijska ispitivanja Hrvatskog šumarskog instituta, Jastrebarsko. Za utvrđivanje mokrine se na gram točno odvagaju uzorci te suše na 105 ± 2 °C do konstantne težine. Tada se ponovno odvagom utvrđuje masa uzorka u suhom stanju i izračunava mokrina. U istom laboratoriju vrše se analize

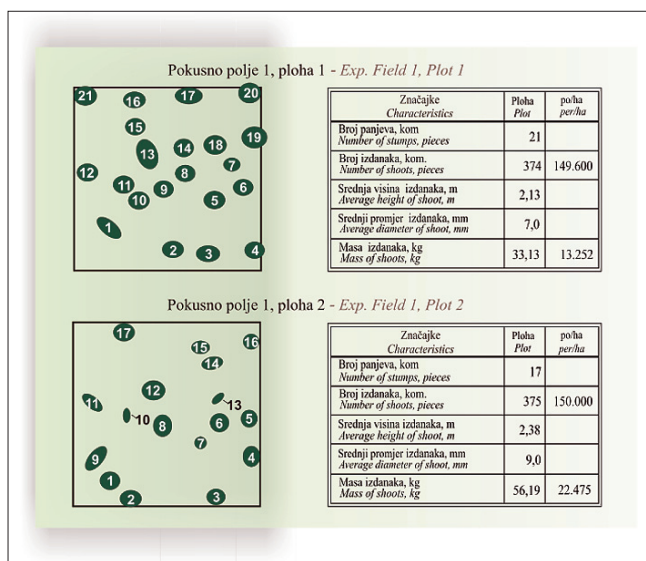
sastava drva i kore amorfe. Obrada se mjernih podataka izvodi na računalu uz uporabu programa Excel i Statistika. Kako amorfa iz panja počinje cvasti i plodonositi

tek u drugoj godini starosti, na plohama 2, 3, 4, 5 i 6 će se, prije pristupa izmjerama, sakupljati sjeme amorfe i slati u spomenuti laboratorij na daljnju obradu.

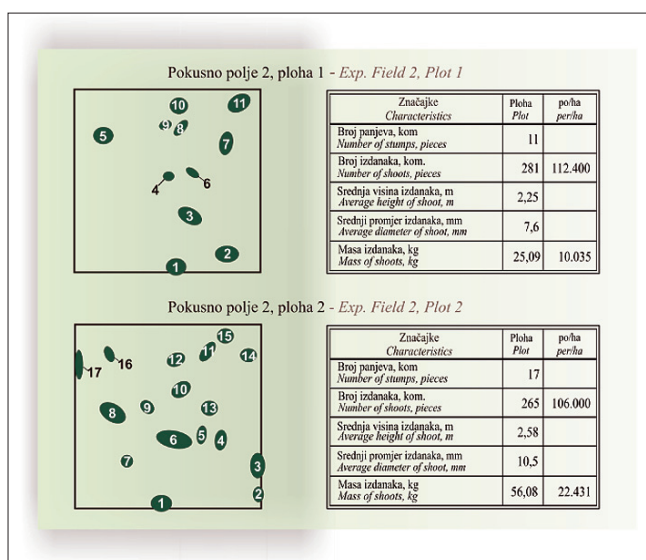
REZULTATI – Results

Mjerenja na pokusnim plohama – Measurements on experimental Plots

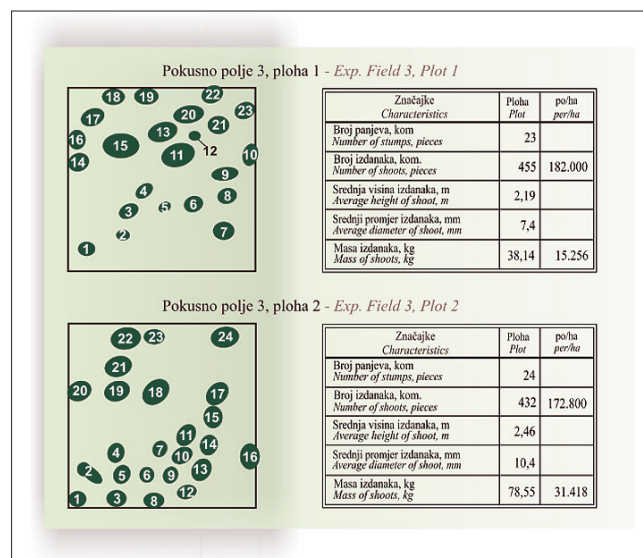
Nakon druge su vegetacije izvedene izmjere i sakupljeni uzorci na plohama 1 i 2 u svim pokusnim poljima. Za plohe su na svakom pokusnom polju predočeni numerirani tlocrtni položaji panjeva amorfe, a u odnosnoj tablici dati su podaci o ukupnom broju panjeva i izdanaka, srednjoj visini i srednjem promjeru izdanaka te masi izdanaka (slike 1–4). Broj i masa izdanaka prečunana je na hektar.



Slika 2. Podaci izmjere na plohama 1 i 2 u pokusnome polju 1
Figure 2 Measuring Data for Plots 1 and 2 within Experimental Field 1



Slika 3. Podaci izmjere na plohama 1 i 2 u pokusnome polju 2
Figure 3 Measuring data for Plots 1 and 2 within Experimental Field 2



Slika 4. Podaci izmjere na plohama 1 i 2 u pokusnome polju 3
Figure 4 Measuring data for Plots 1 and 2 within Experimental Field 3

Usporedivši međusobno podatke za plohe 1 na slikama, uočljivo je da je najveći broj panjeva u polju 3, u kojemu se bilježi i najveći broj izdanaka. Srednje visine izdanaka na plohama su dosta ujednačene s vrijednostima od 2,13 m u polju 1 do 2,25 m u polju 2. Srednji su promjeri izdanaka u rasponu od 7,0 mm u polju 1 do 7,6 mm u polju 2. U proporciji s brojem i dimenzijama izdanaka ploha u polju 3 prednjači po biomasi drvene tvari s 38,14 kg/plohi, odnosno 15 256 kg/ha. Najmanja je vrijednost biomase zabilježena na plohi u polju 4 i to 23,29 kg/plohi, odnosno 9 316 kg/ha. Najveći je zabilježen promjer izdanaka 14 mm i nalazi se na plohi u polju 1, a najveća visina 3,4 m također u polju 1.

Iz podataka za plohe 2 na slikama 1–4, vidimo da je najveći broj panjeva u polju 4, a najmanji u poljima 1 i 2. Broj izdanaka prednjači u polju 3, a najmanji je u polju 2. Srednje visine izdanaka na plohama su s vrijednostima od 2,28 m u polju 1 do 2,58 m u poljima 2 i 4. Srednji promjer izdanaka je u rasponu od 9,1 mm u polju 1 do 10,5 mm u polju 2. Ploha u polju 3 prednjači po masi drvene tvari sa 78,55 kg/plohi, odnosno 31 418 kg/ha. Najmanja je vrijednost biomase drvene tvari zabilježena na plohi u polju 4 i to 54,34 kg/plohi, odnosno 21 734 kg/ha. Najveći zabilježen promjer izdanaka od 20 mm izmjeren je u polju 4, u kojemu se nalazi i najveća visina od 3,7 m.

Pri izmjeri za vegetacijsku godinu 2009., slično kao i pri prvoj koja je provedena 2008., zapaža da amorfa nakon sječe snažno iz panja potjera šibolike izdanke trošeci svu energiju za visinski rast. U gornjoj trećini debalca lateralnim listovim formira krošnjicu. Nikakvo se granjanje, kao ni cvatnja i pridonosenje ploda u prvoj vegetaciji nakon sječe ne događa. Nalazimo (vidi podatke na slikama 1–4) da su srednje visine izdanaka u prvoj vegetaciji na plohama od 2,13 m do 2,25 m, a u dvogodišnjoj amorfi od 2,38 m do 2,58 m. Razlika je najmanjih i najvećih vrijednosti srednjih visina na plohama 1 i 2 svega 25 cm, odnosno 33 cm. U drugoj se vegetaciji bitno smanjuje visinski prirast amorfe, plošni debljinski prirast je od 2 do 3 mm, stabljika se grana, počinje cvasti i plodonositi.

S obzirom na ujednačenost visinskog i debljinskog rasta i prirasta nalazimo da je proizvodnja biomase amorfe (drvene tvari) u izravnoj korelaciji s brojem izdanaka na jedinici površine. Ova su zapažanja važna za podizanje energetskih nasada ili pridobivanju biomase iz zakorijenjene amorfe, što bi trebao biti najčešći

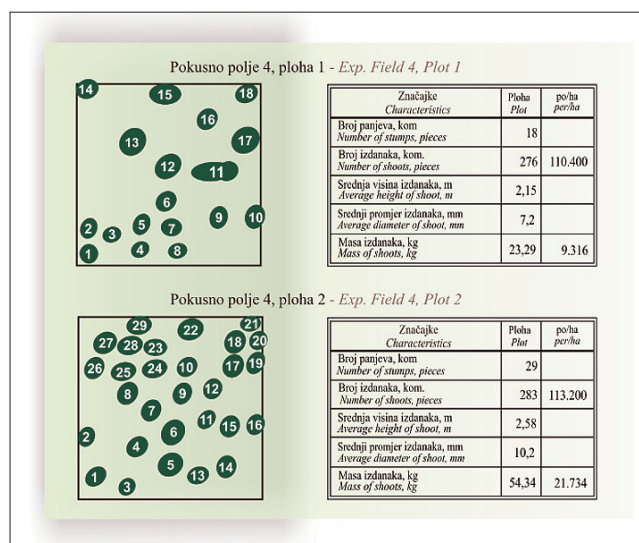
Proizvodnja biomase amorfe – Production of Biomass of Indigobush

U tablici 1 prikazana je za plohe 1 i 2 u pokusnim poljima zelena masa na plohi, zelena masa preračunana na hektar, udio mokrine odnosno suhe tvari u zelenoj masi te proizvedena suha drvena tvar na plohi i po hektaru. Moramo upozoriti čitatelje da se pod zelenom masom ne podrazumijeva ukupna zelena masa nadzemnog dijela amorfe (drvo, kora, lisna masa i masa sjemena) već zapravo masa drvene tvari s korom. Naime, istraživanje lisne mase moguće je provesti samo u vegetacijskom razdoblju ili pri samom njenom kraju, jer lišće potpuno otpada s prvim mrazom. Masa

Tablica 1. Proizvedena biomasa amorfe te udjeli mokrine i suhe tvari

Table 1 Production of Biomass of Indigobush and Rate of Moisture and Dry Mass

Pokusno polje <i>Experimental Field</i>	Pokusna ploha <i>Experimental Plot</i>	Zelena masa <i>Green Mass</i>		Udio <i>Rate of</i>		Suha tvar <i>Dry Mass</i>	
		po plohi <i>per plot</i>	po hektaru <i>per hectare</i>	mokrine <i>moisture</i>	suhe tvari <i>dry mass</i>	po plohi <i>per plot</i>	po hektaru <i>per hectare</i>
		kg	t/ha	%		kg	t/ha
1	1	33,13	13,25	33,84	66,16	21,92	8,77
	2	56,19	22,47	33,17	66,83	37,55	15,02
2	1	25,09	10,04	34,12	65,88	16,53	6,61
	2	56,08	22,43	33,17	66,83	37,48	14,99
3	1	38,14	15,26	34,54	64,46	24,97	9,99
	2	78,54	31,42	33,42	66,58	52,30	20,92
4	1	23,29	9,32	34,42	65,58	15,27	6,11
	2	54,34	21,73	32,89	67,11	36,46	14,59
Prosječno <i>Average</i>	1	29,91	11,96	34,23	65,77	19,67	7,87
	2	61,29	24,52	33,12	66,88	40,99	16,39



Slika 5. Podaci izmjere na plohama 1 i 2 u pokusnome polju 4
Figure 5 Measuring data for Plots 1 and 2 within Experimental Field 4

slučaj na našim amorfom obraslim šumskim i napuštenim poljoprivrednim površinama.

(2009). Navedeni su autori našli da prosječna jednogodišnja bioproizvodnja na plohama 1 prve godine nakon sječe iznosi 15,2 t/ha zelene mase. U drugoj je godini nakon sječe jednogodišnja produkcijska izdankača moć amorfnih panjeva smanjena i to na prosječno 12,0 (11, 96) t/ha ili, u odnosu na prvu godinu, za 3,2 t/ha. Ako se uzme da su i plohe 2 u prvoj vegetaciji proizvele prosječno 15,2 t/ha zelene mase, tada su u drugoj vegetaciji smanjili proizvodnju drvene tvari prosječno na 9,3 t/ha. Istini za volju, u drugoj vegetaciji povećana je lisna masa u odnosu na prvu godinu, a biomasi drvene tvari potrebno je pridodati masu sjemena, koju smo utvrdili i o kojoj će biti govora nešto kasnije.

Uzorci su drva i kore jednogodišnjih izdanka u prosjeku za 1,1 % mokriji nego uzorci uzeti iz dvogodišnje amorfe. Međutim, u oba je slučaja mokrina u času sječe manja od 35,0 %, što ukazuje na povećanu komercijalnu vrijednost biomase amorfe već u trenutku sječe i bez dodatnog sušenja. Usljed zanemarive razlike u srednjem udjelu mokrine, odnosno suhe drvene tvari u drvu amorfe na plohama 1 i 2, odnosi prosječnih vrijednosti suhe biomase na plohama s vrijednostima od 7,87 t/ha i 16,39 t/ha ostaju jednaki onom za zelenu biomasu.

U tablici 2 prineseni su podaci o sjemenu prikupljenom na plohama broj 2 u pokusnim poljima 1 – 4. Na plohama je sakupljeno od 3,20 kg (polje 3) do 4,94 kg (polje 1) ili prosječno 3,97 kg, pa bi masa sjemena po hektaru u trenutku sakupljanja iznosila od 1 280 kg do 1 976 kg ili prosječno 1 589 kg. Mokrina sjemena iznosila je od 14,3 % (polje 4) do 15,7 % (polje 2) ili prosječno 15,2 %, a masa suhoga sjemena od 1 082 kg/ha do 1 674 kg/ha ili prosječno 1 348 kg/ha.

U tablici 3 dati su podaci zelene i suhe mase drva amorfe na plohama 2, kojima su pridodane vrijednosti mase vlažnog, odnosno suhoga sjemena.

Marosvölgyi et al. (2009) su utvrdili da energetska vrijednost biomase amorfe kod $W = 34,2$ % mokrine iznosi 12,727 MJ/kg, a kod W_0 20,259 MJ/kg. Vrlo blize srednje vrijednosti mokrine dobivene u našim istraživanjima (tablice 1) i producirana biomasa (tablica 1 i 3) otvaraju nam mogućnost procjene energetske vrijednosti biomase amorfe. Tako će jednogodišnja produkcija zelene biomase amorfe po ha imati energetski ekvivalent od 152,2 GJ, a suhe biomase 159,4 GJ, a u dvogodišnjoj amorfi 332,2 GJ za zelenu, odnosno 359,1 GJ za suhu biomasu. Jirjis et al. (2008) proučavajući

Tablica 2 Masa sjemena amorfe i udio mokrine na pokusnim plohama 2

Table 2 Mass of Seed of Indigobush and Rate of Moisture on Experimental Plots 2

Pokusno polje <i>Experimental Field</i>	Pokusna ploha <i>Experimental Plot</i>	Masa sjemena <i>Mass of seed</i>		Udio mokrine <i>Rate of moisture</i>	Masa suhog sjemena <i>Mass of Dry Seed per hectare</i>
		na plohi <i>per plot</i>	po hektaru <i>per hectare</i>		
		kg	kg/ha		
1	2	4,94	1976	15,29	1674
2	2	3,97	1588	15,70	1339
3	2	3,20	1280	15,46	1082
4	2	3,78	1512	14,34	1295
Prosječno <i>Average</i>		3,97	1589	15,20	1348

Tablica 3. Ukupna biomasa amorfe na plohama 2

Table 3 Total Biomass of Indigobush on Experimental Plots 2

Pokusno polje <i>Experimental Field</i>	Pokusna ploha <i>Experimental Plot</i>	Masa drva <i>Mass of Wood</i>		Masa sjemena <i>Mass of seed</i>		Ukupna Masa <i>Total Mass</i>	
		zelena <i>green</i>	suha <i>dry</i>	zelena <i>green</i>	suha <i>dry</i>	zelena <i>green</i>	suha <i>dry</i>
		t		t		t	
1	2	22,47	15,02	1,97	1,67	24,44	16,69
2	2	22,43	14,99	1,59	1,34	24,02	16,33
3	2	31,42	20,92	1,28	1,08	32,70	22,00
4	2	21,73	14,59	1,51	1,30	23,24	15,89
Prosječno <i>Average</i>		24,52	16,39	1,59	1,35	26,10	17,73

različite sustave skladištenja čipsa dvogodišnjeg hibrida topole u Saviglianu, Italija, nalaze stupanj mokrine u svježem stanju od 50,6 % do 64,4 % i ogrjevnu vrijednost kod navedenih mokrina od 16,80 MJ/kg. Spinelli i Oradini (2009) navode da su poljoprivrednici na sjeveru Italije, zahvaljujući subvencioniranju od strane države, u pet godina podigli 5 000 ha nasada odabranih klonova topole u jedno ili dvogodišnjim ophodnjama, te da se uz sve agrotehničke mjere na najboljim tlima po-

stiže ili nešto premašuje produkcija od 30 t/ha zelene mase. Kaja (2009) bilježi da klonovi stablastih vrba imaju najveći potencijal u produkciji biomase u kratkim ophodnjama. U raznim se pokusima proizvedena suha biomasa kretala od 9,3 t/ha do 19,8 t/ha.

Izneseni podaci ukazuju na konkurentnost amorfe u proizvodnji biomase u kratkim ophodnjama, tim više što se produkcija biomase postiže bez ikakvih agrotehničkih mjera pa onda i pripadnih troškova.

ZAKLJUČAK – Conclusion

U znanstvenim je krugovima prihvaćeno da je sjevernoamerički grm amorfa (*Amorpha fruticosa* L.) unesen u Europu 1724. Nije potpuno jasno kada je amorfa dospjela u Hrvatsku i kakav je tijekom njenoga inicijalnoga širenja. Raniji zapisi upućuju na to da je ponajprije unošena u urbane sredine kao ukrasna vrsta. Kasniji zapisi navode njenu uporabu za stabilizaciju pokosa nasipa željezničkih pruga. Oko 1900. počinje se širiti u šumske prostore panonske nizine, posebno u slivna područja nizinskih vodotoka Posavine. Zahvaljujući biološkim svojstvima i prilagodbi uvjetima ekološki narušenih ekosustava nizinskih poplavnih šuma, njeno je širenje vrlo snažno te je dobila epitet invazivne vrste i vrlo opasnog korova, koji znatno otežava i poskupljuje obnovu naših najvrijednijih šuma.

Istraživanjem amorfe željeli smo osnažiti znanja šumarskih strukovnih i drugih zainteresiranih krugova o

biološkim i ekološkim značajkama te udomaćene biljne vrste i mogućem proširenju područja njenoga korištenja, čime bi se umanjio njen negativan uticaj na gospodarenje nizinskim šumama. Ponajprije, istraživanjem biopotencijala skrećemo pozornost na energetske vrijednosti amorfe iz prirode (ili iz budućih energetskih nasada kratkih ophodnji), što rezultati prikazani u ovome radu apsolutno potvrđuju.

Uključivanje biomase amorfe u alternativne energetske tokove donosi višestruke koristi i razvojne šanse. Mišljenja smo da bi se time značajno povećala količina raspoložive šumske biomase u Hrvatskoj, šumarstvo bi proširilo asortiman proizvoda, smanjili bi se troškovi obnove nizinskih šuma, a žiteljima ruralnih i urbanih sredina u području rasprostranjenja amorfe otvara se mogućnost stjecanja prihoda vezano za uzgoj i pridobivanje biomase amorfe i rad energetskih pogona.

LITERATURA – References

- Anić, M., 1943: O klijavosti amorfina sjemena. Šum. list, 9. str. 261–263, Zagreb.
- Anić, I., 2001: Uspijevanje i pomlađivanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Posavini. Disertacija. Šumarski fakultet Zagreb, str. 1–197, Zagreb.
- Belčić, B., Ž. Sučić, 2009: Tehnologije pridobivanja drvne sječke i opravdanost korištenja amorfe (*Amorpha fruticosa* L.)//*Technologies for wood chips production and justification of the use of Indigobush (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 24/50, Zagreb.
- Gagić, R., 2009: Štetnici na amorfi (*Amorpha fruticosa* L.) s posebnim naglaskom na *Acanthoscelides pallidipennis* Motschulsky i njegove prirodne neprijatelje u Srbiji//*Insect pests on Indigobush (Amorpha fruticosa L.) with special emphasis on Acanthoscelides pallidipennis Motschulsky and its natural enemies in Serbia*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 33/59, Zagreb.
- Glavaš, M., 1990: Upoznajmo amorf. Pčela, 8 (109): str. 223–227, Zagreb.
- Glavaš, M. 2009: Ekonomski značaj amorfe (*Amorpha fruticosa* L.)//*Economic importance of Indigobush (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 16/42, Zagreb.
- Gradečki-Poštenjak, M., Liović, B., S. Novak Agbaba, 2009: Kvalitativne osobitosti sjemena čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)//*Qualitative properties of Indigobush seed (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 31/57, Zagreb.
- Idžojtić, M., Poljak, I., M. Zebec, S. Perić, 2009: Biološka svojstva, morfološka obilježja i ekološki zahtjevi čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)//*Biological, morphological and ecological characteristics of Indigobush (Amorpha fruticosa*

- L.). U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 13/39, Zagreb.
- Jirjis, R., Pari, L., F. Sissot, 2008: Storage of Poplar Wood Chips in northern Italy. World Bioenergy 2008, Conference Proceedings, p. 107–111, Jönköping 27–29 May, 2008, Sweden.
- Jovanović, B., V. Halilović, 2009: Nekomercijalno drvo kao šumska biomasa za energiju // *Noncommercial wood as forest biomass for energy*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 21/47, Zagreb.
- Jurišić, P., Petrović, V., D. Domazetović, 2009: Amorfa (*Amorpha fruticosa* L.) kao indikator narušenog zdravstvenog stanja poplavnih šuma hrasta lužnjaka na području UŠP Sisak // *Indigobush (Amorpha fruticosa L.) as an indicator of disturbed health condition of floodplain forests of common oak - FA Sisak*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 25/51, Zagreb.
- Kajba, D. 2009: Produkcija biomase vrba u kultutama kratkih ophodnji // *Willow biomass production in short rotation coppice*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 20/46, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., Ž. Tomašić, 2009: Amorfa (*Amorpha fruticosa* L.) – izvor biomase za energiju // *Indigobush (Amorpha fruticosa L.) – biomass source for energy*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 18/44, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., Tijardović, M. 2009: Prezentacija projekta: Šumski proizvodi i tehnologije pridobivanja - biopotencijal i energetske značajke amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) // *Project: Forest products and harvesting technology - Biopotential and energetic characteristics of Indigobush (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 32/58, Zagreb.
- Liović, B. 2009: Obnova šuma hrasta lužnjaka u uvjetima zakorovljenja čivitnjačom (*Amorpha fruticosa* L.) // *Regeneration of pedunculate oak forest under competition of Indigobush (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 14/40, Zagreb.
- Liović, B., M. Halambek, 1988: Suzbijanje bagremca (*Amorpha fruticosa* L.). Radovi, 23 (75): str. 141–145, Zagreb.
- Lovrić, I., Hace, D., D. Vagner, 2009: Amorfa (*Amorpha fruticosa* L.) kao gospodarski problem u nizinskim šumama Uprave Šuma Podružnice Zagreb // *Indigobush (Amorpha fruticosa L.) as management problem in lowland forests of FA Zagreb*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 28/54, Zagreb.
- Marosvölgyi, B., Hájos, A., Zs. Horváth, 2009: Ispitivanje energetske pogodnosti amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u Mađarskoj // *Examinations on energetics utilization of Indigobush (Amorpha fruticosa L.) in Hungary*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 17/43, Zagreb.
- Matić, S. 2009: Načini privođenja šumskoj kulturi staništa osvojenih amorfom (*Amorpha fruticosa* L.) // *Introduction to forest culture of habitats conquered with Indigobush (Amorpha fruticosa L.)*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 11/37, Zagreb.
- Novak Agbaba, S., Čelepirović, N., A. P. B. Krpan, 2009: Patogeni organizmi utvrđeni na amorfi (*Amorpha fruticosa* L.) u Hrvatskoj // *Plant pathogen organisms on Indigobush (Amorpha fruticosa L.) in Croatia*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 29/55, Zagreb.
- Nuspahić, K., T. Božić, 2009: Tehnike obnove poplavnih šuma na staništima zakorovljenim amorfom (*Amorpha fruticosa* L.) – Uprava Šuma Podružnica Nova Gradiška // *Techniques of forests regeneration on habitats under competition of Indigobush (Amorpha fruticosa L.)-FA Nova Gradiška*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 27/53, Zagreb.

- Oršanić, M., I. Anić, D. Drvodelić, 2006: Prilog poznavanju morfološko-bioloških značajki plodova i sjemena grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)// A contribution to the knowledge of morphological-biological properties of fruits and seeds of the false indigo (*Amorpha fruticosa* L.). Glas. šumske pokuse, pos. izdanje 5 (ur. J. Vukelić), p. 75–90.
- Petračić, A., 1938: *Amorpha fruticosa* L. kao novi opasan korov u posavskim šumama. Šum. list, 62, str. 623–626, Zagreb.
- Poršinsky, T., V. Raguž, 2009: Pridobivanje šumskog ostatka bundlerom//*Supply of logging residues with bundler*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 22/48, Zagreb.
- Posarić, D., P. Bašić Palković, 2009: Utjecaj amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) na obnovu hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Uprave Šuma Podružnice Vinkovci//*The influence of Indigobush (Amorpha fruticosa L.) on pedunculate oak forest regeneration - FA Vinkovci*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 26/52, Zagreb.
- Puljak, S., 2005: Istraživanje gorivih svojstava nekomercijalnih vrsta drveća za potrebe proizvodnje topline i električne energije//*Investigating the combustible property of noncommercial tree species for generating heat and electrical energy*. Šum. list, CXXIX, 3–4, 169–175, Zagreb.
- Spaić, I., 1957: Suzbijanje amorfe herbicidima. Šum. list, 81 (5–6): str. 216–222, Zagreb.
- Spinelli, R., A. Oradini, 2009: Tehnologije pridobivanja biomase u nasadima kratke ophodnje//*Harvesting technology for short rotation coppice*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 19/45, Zagreb.
- Vrbeć, B., I. Pilaš, 2009: Specifičnosti razvoja tala nizinskih šumskih ekosustava u području rasprostriranja amorfe//*Specific soil genesis in lowland forest ecosystems colonized by Indigobush*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 15/41, Zagreb.
- Zečić, Ž., Vusić, D., T. Topalović, 2009: Usporedba produkcije biomase čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) u sastojinama spačvanskih šuma različite starosti//*Indigobush (Amorpha fruticosa L.) biomass production comparison in Spačva forest stands of different age*. U: A.P.B. Krpan (ur.) Biological-Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.) in Croatia, Book of Abstracts and CD, M. Benko, p. 30/56, Zagreb.

SUMMARY: Recent studies of biomass in Croatia were directed towards commercial forest species. Besides trees, building elements of our natural forests are also various shrubs and ground vegetation. It is assumed that, because of the increasing market demand, the biomass of trees but also some of the other components of forest biomass will be commercially interesting in the near future. One of them is Indigobush (*Amorpha fruticosa* L.), a North American shrub, which can be found, in the areas of our lowland forest ecosystems since year 1900, making natural regeneration of stands even more difficult or often preventing natural regeneration. Today, Indigobush expands to the habitat of lowland forests and in riparian forest of oak and broom (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938), especially in sub associations with trembling sedge (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Ht. 1938) and remote sedge (*Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. 1938) (Matić 2009). According to present research, Indigobush is the most common in the Posavina region.

This paper shows the results of the second year of study in Indigobush biopotential as a part of six-year-long experiment in a natural stand of Indigobush in the forest Management Unit Posavina, Department 126a, Forestry Sunja, FA Sisak. On the harvested area in the year 2008, four field experiments were established with six plots measuring 5 x 5 m each. Plots are marked from 1 to 6. Numbering indicates the length of rotations for Indigobush as well as rhythm of measurements and harvesting on the plots. In the second year of the project survey sample plots 1 and 2 were included, which position in the experimental fields can be seen in Figure 1. Ways of filed

survey, sampling and data processing are described in the chapter *Materials and Methods*. The results of the field measurements on the plots are shown in Figures 1 to 4, in which positions of Indigobush stumps and values related to Indigobush sprouts can be seen. The number of annual sprouts on plots nr.1 ranges from 276 to 455 and two-year-old sprouts on plots nr. 2 ranges from 265 to 432. Converted to hectares, number of sprouts is 106,000 to 182,000. Medium height of annual sprouts on plots nr.1 is from 2.13 m to 2.25 m, and heights of two-year-old sprouts on plots nr. 2 are from 2.28 m to 2.58 m. The mean diameter of sprouts on plots nr. 1 ranges from 7.0 mm to 7.6 mm, and on the plots nr. 2 it ranges from 9.1 mm to 10.5 mm. At the annual sprouts the largest diameter recorded was 14 mm and maximum height was 3.4 m, and at the biennial sprouts it was 20 mm for maximum diameter and 3.7 m for maximum height. In proportion to the number and size of the Indigobush sprouts mass of wood substance on plots nr.1 ranges from 23.29 kg to 38.14 kg, on the plots nr.2 from 54.34 kg to 78.55 kg. Given the uniformity of height and diameter growth and increment, we find that the production of Indigobush biomass is in direct correlation with the number of sprouts per unit area. In the second year, height increment is reduced (compared to the first year), the mean diameter increases from 2 to 3 mm, stem branches, starts flowering and fruiting. Table 1 shows green mass on the surface, green mass per hectare, the proportion of moisture or dry weight in green mass and dry wood substance produced on the plot and per hectare for plots 1 and 2 in the field experiment. In two-year-old Indigobush stand, production of green and dry biomass is twice as high (24.52 to 11.96 t/ha or 16.39 to 7.87 t/ha) compared to the biomass of annual stand of other vegetation. In the first vegetation period, after felling old Indigobush, the annual production of green biomass was 15.20 t/ha (Krpan and Tomašić 2009), and in the second period was 11.96 t/ha or 3.24 t/ha less, indicating a decrease of Indigobush's biopotential at repeated annual cutting on the same surface. One third of the green mass goes to moisture and two thirds go to dry matter, which places Indigobush, cut out of vegetation period, commercially favorable for biomass energy.

In Table 2, data on seed collection from the plots number 2 of field experiments from 1 to 4 is shown. On the plots it was collected from 3.20 kg (field 3) to 4.94 kg (field 1) or an average of 3.97 kg, so the weight of seed per hectare at the time of collection ranged from 1.280 kg to 1.976 kg or an average of 1.589 kg. Seed moisture content ranged from 14.3 % to 15.7 % or an average of 15.2 %, a mass of dry seeds ranged from 1,082 kg/ha to 1,674 kg/ha, or an average of 1,348 kg/ha. First crop confirmed earlier findings of an abundant yield of Indigobush. Table 3 shows data of green and dry mass of Indigobush wood on plots nr. 2, for which the values of wet and dry seed mass have been added. With moisture content $W = 34.2\%$ the energy value of Indigobush biomass is 12.727 MJ/kg, and at $W_0 = 20.259$ MJ/kg (Marosvölgyi et al. 2009). Very close mean values of moisture content obtained in our study (Table 1) and data of produced biomass (Tables 1 and 3) show us ability to assess the energy value of Indigobush biomass. It should be noted that the Indigobush biomass in our lowland forests forms naturally without any agricultural practice and associated costs. Including Indigobush biomass into alternative energy flows brings multiple benefits and development opportunities. We think that this would significantly increase the amount of available forest biomass in Croatia, would have widened the range of forestry products, would reduce the cost of regeneration of lowland forests, and residents of rural and urban gives up the possibility of earning an income related to the cultivation and harvesting of Indigobush biomass as well as introduction of biomass power plants.

Key words: Indigobush, bioproduction, energy value, lowland forest ecosystems, Croatia