Produkcija biomase klonova vrba (Salix sp.) u tri dvogodišnje ophodnje

Sokele, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:147500

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

PRODUKCIJA BIOMASE KLONOVA VRBA (*Salix* sp.) U TRI DVOGODIŠNJE OPHODNJE

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem

Predmet: Oplemenjivanje šumskog drveća

Ispitno povjerenstvo: 1. Prof. dr. sc. Davorin Kajba
2. Prof. dr. sc. Marilena Idžojtić
3. dr.sc. Igor Poljak

Student: Tin Sokele

JMBAG: 0068206761

Broj indeksa: 431/13

Datum odobrenja teme: 11.04.2016.

Datum predaje rada: 19.09.2017.

Datume obrane rada: 22.09.2017.

Zagreb, rujan, 2017

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu **Diplomski rad**
Šumarski fakultet
Diplomski studij Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem

Znanstveno područje: Biotehničko
Znanstveno polje: Šumarstvo
Znanstvena grana: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća

PRODUKCIJA BIOMASE KLONOVA VRBA (*Salix* sp.) U TRI DVOGODIŠNJE OPHODNJE

Biomass production of willow clones (*Salix* sp.) after three biennial rotations

Tin Sokele
Kralja Petra Krešimira 19, 33000 Virovitica, Hrvatska

Diplomski rad izrađen je na Zavodu za Šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu

Mentor: Prof. dr. sc. Davorin Kajba

Sažetak: Kulture kratkih ophodnji (KKO) su intezivni nasadi čija je osnovna namjena proizvodnja biomase kao obnovljivog i ekološki prihvatljivog energenta. U pokusnoj kulturi kratkih ophodnji na području Šumarije Valpovo testirano je 10 klonova bijele vrbe, kao i hibrida kineske i bijele vrbe. U ekperimentalnoj plohi nisu primjenjivane nikakve agrotehničke mjere. Prosječna produkcija suhe tvari kod plantažne starosti 2/7 godina iznosila je 21,6 t/ha/god. Najveću prosječnu produkciju imao je priznati klon V '374' (*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)), a najmanju klon V '580' (*S. matsudana* × nepoznat). Analizom varijance za testirane klonove vrbe nije utvrđena statistički značajna razlika. Prosječna produkcija suhe tvari u tri dvogodišnje ophodnje za testiranih 10 klonova iznosila je od 19,1 do 21,6 t/ha/god. Testirani klonovi svojom produkcijom zadovoljavaju osnivanje kultura kratkih ophodnji za produkciju biomase.

Izradu rada pomogao: Ivan Andrić mag. ing. silv. i Prof. dr. sc. Davorin Kajba

Godina objave: 2017.

Obujam: broj stranica: 21, slika: 10, tablica: 3, navoda literature: 20

Ključne riječi: klon, kultura kratkih ophodnji, biomasa, energija, vrbe

Key words: clone, short rotation coppice, biomass, energy, willow

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Tin Sokele

U Zagrebu, 22.9.2017

SADRŽAJ

DOKUMENTACIJSKA KARTICA I
IZJAVA O IZVORNOSTI RADA II
SADRŽAJ III
Popis slika IV
Popis tablica IV
1. UVOD 1
1.1. Energetska strategija razvoja Republike Hrvatske 1
1.2. Biomasa kao obnovljiv izvor energije 2
1.3. Vrbe (*Salix* sp.) 4
1.3.1. Obilježja roda *Salix* 4
1.3.2. Rasprostranjenost roda *Salix* 5
1.4. Kulture kratkih ophodnji 6
1.4.1. Općenito 6
1.4.2. Osnivanje i gospodarenje 7
1.4.3. Krajnji cilj upotrebe biomase 8
1.4.4. Utjecaj na okoliš 8
2. MATERIJALI I METODE RADA 10
2.1. Područje istraživanja 10
2.1.1. Geološke osobine 10
2.1.2. Hidrološke osobine 10
2.1.3. Pedološka obilježja 11
2.1.4. Klimatska obilježja 11
2.2. Prikupljanje podataka 15
2.3. Statistička obrada podataka 18
2.3.1. Deskriptivna statistika 18
2.3.2. Analiza varijance 18
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 19
4. ZAKLJUČCI 21
5. POPIS LITERATURE 22

Popis slika

Slika 1. Proces stvaranja biomase(Izvor: https://bgreenproject.wordpress.com)..... 2
Slika 2. Drvna biomasa(Izvor: http://drvotehnika.info)..... 3
Slika 3. Bijela vrba, stablo i cvijet(Izvor: http://proleksis.lzmk.hr)..... 4
Slika 4. Područja provenijencija bijele vrbe(Izvor: http://narodne-novine.nn.hr) 6
Slika 5. Kulture kratkih ophodnji..... 7
Slika 6. Prikaz temperature i oborina za područje Osijeka i Valpova (po H. Walteru) 12
Slika 7. Pokusni nasad..... 15
Slika 8. Shematski prikaz sadnje i rasporeda klonova 16
Slika 9. Satelitski prikaz područja istraživanja 17
Slika 10. Produkcija biomase testiranih klonova u Valpovu u tri dvogodišnje ophodnje 20

Popis tablica

Tablica 1. Istraživani klonovi..... 17
Tablica 2. Prosječna produkcija biomase testiranih klonova 19
Tablica 3. Rezultati analize varijance za svojstvo biomase istraživanih klonova za starost 2/7 20

1. UVOD

1.1. Energetska strategija razvoja Republike Hrvatske

Ovisnost Republike Hrvatske o uvozu energije se povećava. Danas Republika Hrvatska uvozi preko 50 % svojih energijskih potreba. U hrvatskoj bilanci potrošnje primarne energije nafta i naftni derivati sudjeluju s oko 50 %, a prirodni plin s oko 25 %. Potrošnja će tih energijskih oblika u budućnosti rasti, dok će domaća proizvodnja nafte i prirodnog plina, zbog iscrpljenja ležišta, opadati (NN 130/2009.,čl.80).

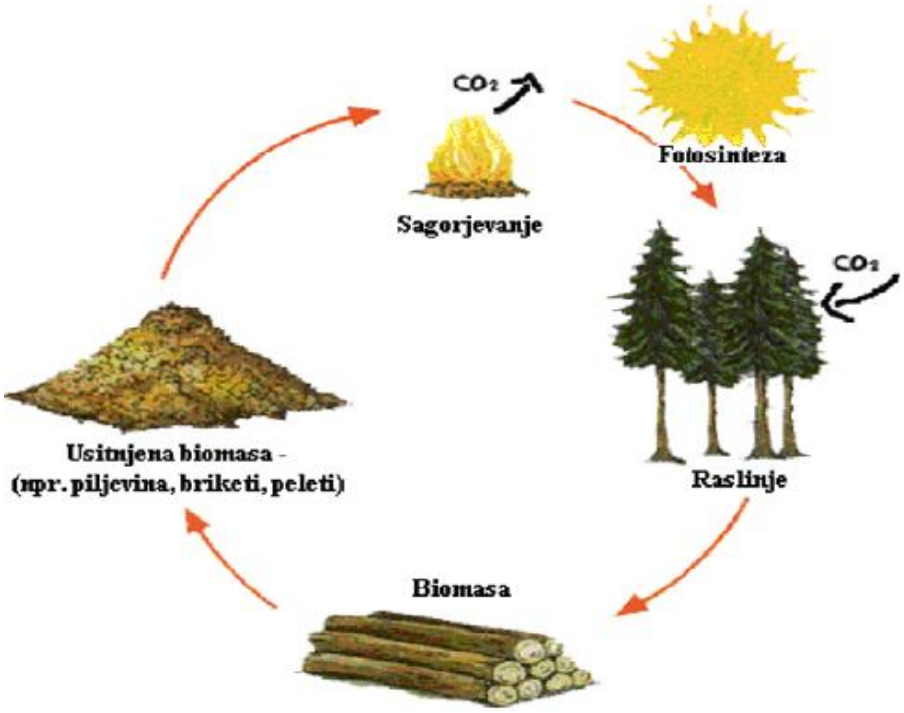
Šume, te šumska i poljoprivredna biomasa u posljednje se vrijeme promatraju kao značajan energent, posebno što spadaju u skupinu obnovljivih izvora energije. Dugoročni cilj energetske politike je utrostručiti udio korištenja biomase do 2030. godine u odnosu na 2000. godinu, tj. udio biomase u ukupnoj OIE iznosit će čak 27,8 % (Dundović 2007).

Klimatske promjene i emisije stakleničkih plinova postale su prioritetno globalno pitanje razvoja. Glavni je izazov dugoročni razvoj gospodarstva sa smanjenom emisijom ugljikovog dioksida. Strategija konkurentnog nisko ugljičnog razvoja traži korjenite promjene u društvenom i gospodarskom pogledu u cilju smanjenja emisija stakleničkih plinova uz maksimalnu dobrobit po društvo, gospodarstvo i okoliš. Teži se učinkovitijem korištenju energije, korištenju obnovljivim izvorima energije, izvorima koji ne proizvode stakleničke plinove. Cilj je stvoriti sustav koji sukladno novoj europskoj politici nastoji smanjiti opterećenje okoliša (dušični oksidi, ugljični monoksid, čestice, sumpor i dr.)

Dugoročno gledajući, Hrvatska bi čak 80 % potrošnje energije u razdoblju između 2030. i 2050. mogla zadovoljavati iz obnovljivih izvora – sunca i vjetra, biomase, te ostalih (Dobrović 2017).

1.2. Biomasa kao obnovljiv izvor energije

Biomasa je jedan od najvećih potencijala izvora energije. Biomasa je organska tvar životinjskog ili biljnog porijekla koja se pomoću različitih procesa pretvara u upotrebljivu energiju. Energija biljnog porijekla predstavlja, procesom fotosinteze akumuliranu svjetlosnu energiju kojom se svjetlost transformirala u kemijsku energiju. U toku fotosinteze biljke koriste ugljikov dioksid iz zraka i vode u cilju stvaranja ugljikohidrata, koji predstavljaju jedne od osnovnih elemenata biomase. Na ovaj način sunčeva energija se akumulira u kemijskim vezama strukturnih komponenti biomase. Svakako jedna od glavnih prednosti biomase je njezina ugljična neutralnost što je svrstava u sam vrh kada je u pitanju izbor obnovljivih izvora energije, posebno kada imamo na umu da je ugljični dioksid jedan od sastojaka koji je odgovoran za globalno zatopljenje i klimatske promjene kojima svjedočimo svakodnevno. Biomasa apsorbira CO_2 tijekom svog životnog ciklusa, te ga ispušta natrag u atmosferu kada se koristi za dobivanje energije. Biomasa se može izravno pretvarati u energiju izgaranjem, te se tako proizvodi vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima. Neke biljke daju ulje koje se može upotrebljavati u dizelskim motorima. Fermentacijom se može proizvoditi etanol za pogon vozila, a kao pogonsko gorivo može se upotrijebiti i metan koji se dobiva anaerobnom fermentacijom. Suhom destilacijom (grijanjem bez prisutnosti zraka) može se od biomase dobiti metanol, aceton, drveni ugljen i drugi produkti.



Slika 1. Proces stvaranja biomase (Izvor: https://bgreenproject.wordpress.com)

Biomasa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvnu, nedrvnu i životinjski otpad. Kada kažemo za biomasu da je obnovljivi izvor energije, ona to nužno i ne mora biti. Ako usporedimo biomasu sa ostalim obnovljivim izvorima energije tada vidimo da ona vrlo lako može predstavljati i uvjetno obnovljiv izvor energije. Temeljni uvjet koji tada moramo zadovoljiti je održivost korištenja, koju jasno možemo vidjeti u primjeru iskorištavanja šuma. Biomasu ne možemo okarakterizirati kao obnovljiv izvor energije ako posiječemo cjelokupnu šumu radi spaljivanja dobivenog drva. U tom slučaju ne možemo govoriti o održivom korištenju. Koristiti ćemo samo onaj dio godišnjeg prirasta stabala koji će nam osigurati stabilan rast i očuvanje šume u budućnosti..



Slika 2. Drvna biomasa (Izvor: http://drvotehnika.info)

Dodatna mogućnost iskorištenja biomase, ostvariva je osnivanjem bioenergetskih plantaža i proizvodnjom biomase šumskim vrstama drveća u kulturama kratkih ophodnji (KKO). Potražnja za biomasom u Hrvatskoj i svijetu se iz dana u dan definitivno bilježi stalan porast što će u konačnici dovesti do otvaranja novih radnih mjesta, smanjenja uvoza fosilnih energenata i sigurnosti opskrbe energijom, znatno stabilnijih cijena u odnosu na fosilna goriva i sl.

1.3. Vrbe (*Salix* sp.)

1.3.1. Obilježja roda *Salix*

Prema Wikipediji (2014) rod iz porodice vrba *(Salicaceae),* broji više od 350 vrsta drveća, grmova i polugrmova. Široko je raširen u Europi, Aziji i sjevernoj Africi. U umjerenim klimatskim uvjetima ima oblik drveća i grmlja, a u suhim područjima visokih planina i Arktika oblika je patuljastih polugrmova i zeljastih oblika (npr. *S. herbacea*). Pupovi i listovi su naizmjenično smješteni. Naličje lista obično je svjetlije, često bijelo ili sivkasto dlakavo, nervatura je izrazita. Cvjetovi su jednospolni i dvodomni, u uspravnim cvatovima, muški u žutim ili crvenim resama, a ženski u zelenkastim macama. Plod je tobolac koji se otvara s dva zaklopca. Sjeme je mnogobrojno, vrlo sitno (1,5 mm), s čuperkom dugih dlaka. Kora stabla duboko je ispucala i otpada. Vrbama pogoduju svijetla i vlažna staništa, otporne su prema niskim temperaturama i skromne u pogledu kvalitete tla. S topolom i johom pionirske su vrste jer popravljaju kvalitetu tla.



Slika 3. Bijela vrba, stablo i cvijet (Izvor: http://proleksis.lzmk.hr)

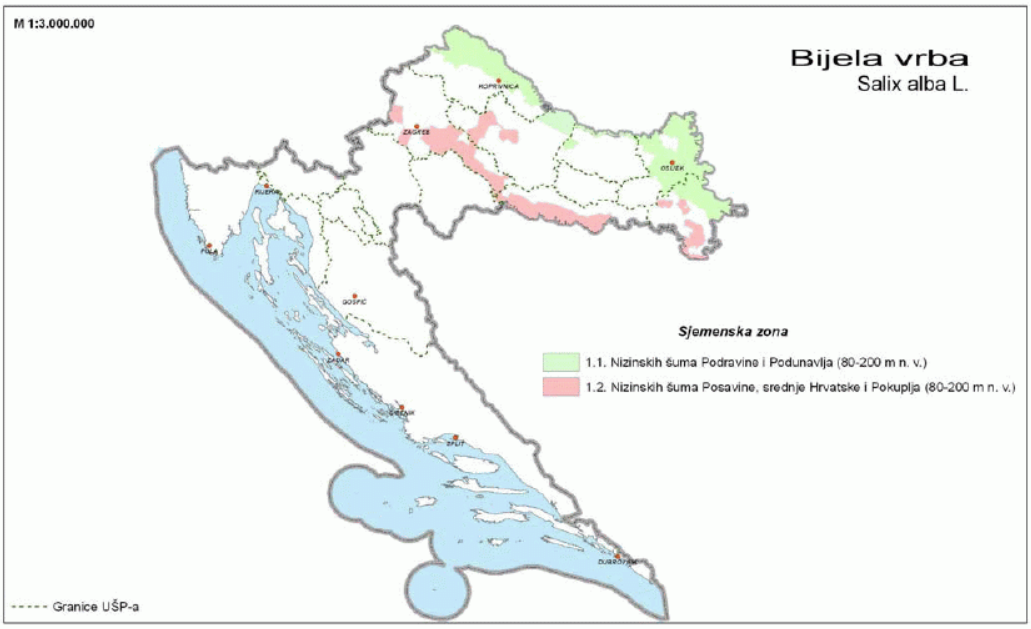
Stablaste i polustablaste vrste vrba odlikuju se vrlo bujnim rastom u najranijoj mladosti. U tom smislu selekcionirani klonovi stablastih i polustablastih vrba mogu proizvesti 10-12 t

suhe tvari u ophodnji od 5 godina što ih čini najpodesnijim za proizvodnju biomase u kratkim ophodnjama u odnosu na ostale vrste listača i četinjača (Kajba i sur.1996).

Promatra li se sa ekološko-gospodarskog aspekta, vrba uvelike pomaže u rješavanju određenih problema okoliša i tla, a uz to je i izvrstan izvor bioenergije. U Europi se klonovi vrba najčešće upotrebljavaju za proizvodnju energije na plantažama KKO-a zbog niza odgovarajućih značajki poput brzog rasta i visokih prinosa, mogućnosti dobrog rasta na različitom tlu (npr. idealno pH vrijednost 5 – 7,5, ali i izvan tog raspona) i u različitim vrstama okoliša i to od teških glina do laganijih tla (Rutz i sur. 2007).

1.3.2. Rasprostranjenost roda *Salix*

Procjenjuje se da ima oko 526 vrsta vrba u svijetu, gdje većina raste na vlažnim tlima u hladnijim dijelovima sjeverne hemisfere, dok se samo nekoliko vrsta nalazi na južnoj hemisferi. Azija broji oko 375, uključujući i 328 endema. U Europi se nalazi oko 114 vrsta sa 73 endema. Sjeverna Amerika ne zaostaje puno za Europom i broji oko 91 vrstu sa 71 endemom, dok Afrika broji oko 8 vrsta sa 6 endema (Institute of Forestry and Soil Science, 1987). Neke od najpoznatijh vrsta su; rakita ili crvena vrba *(S. purpurea),* koja često pridolazi uz vode i putove od nizinskih do planinskih predjela srednje i juž. Europe i sr. Azije; Vrba iva *(S. caprea)* koja raste u našim visokim planinama kao grm ili manje drv; bijela vrba *(S. alba),* koja raste kao drvo uz obale potoka u cijeloj Europi, sjev. Africi i sr. Aziji (Hrvatska enciklopedija, no date). Prema Pravilniku iz NN 107/2008 u Hrvatskoj se bijela vrba sa svojim hibridima rasprostire u oblastima nizinskih ritskih šuma (80-200 m.n.v) i to na području sjemenske zone nizinskih šuma Podravine i Podunavlja, te na području sjemenske zone nizinskih šuma Posavine, srednje Hrvatske i Pokuplja.



Slika 4. Područja provenijencija bijele vrbe (Izvor: http://narodne-novine.nn.hr)

1.4. Kulture kratkih ophodnji

1.4.1. Općenito

Kulture kratkih ophodnji energetski su nasadi drvenastih brzorastućih vrsta šumskog drveća kao što su vrbe, topole, joha, breza, bagrem i dr. koje se kroz kratke ophodnje (2 do 8 godina) koriste za energetske potrebe u svrhu proizvodnje biomase (Rutz i sur. 2007). Kajba (2009) tvrdi kako su to intenzivni nasadi brzorastućih vrsta drveća na tlima koja su napuštena, na kojima poljoprivredna proizvodnja nije rentabilna ili su nepodesna za uzgoj vrijednijih šumskih vrsta, a nazivaju se i bioenergetski nasadi ili bioenergetske plantaže. Najduže istraživani i najpoznatiji su energetski nasadi na kojima se uzgaja brzorastuće drveće kod kojeg trajanje ophodnje (vrijeme od osnivanja do sječe) iznosi od 3 do 12 godina. Na njima se mogu uzgajati razne vrste drveća, a u Hrvatskoj se najveći prinosi postižu s topolama i vrbama dobivenim različitim metodama oplemenjivanja. Prinos drvne mase na takvim plantažama kreće se od 8 do 25 tona suhe tvari po hektaru godišnje.

Nasadima se pokušava smanjiti potrošnja fosilnih goriva, povećati raznolikost kultura na poljoprivrednim površinama, a služe i za uklanjanje štetnih tvari iz otpadnih voda odnosno, sprečavanje zagađenja (Sušac 2007).



Slika 5. Kulture kratkih ophodnji

1.4.2. Osnivanje i gospodarenje

Za uspješno osnivanje nasada KKO-a jedna od ključnih stvari je izbor lokacije. U tom pogledu moramo razmotriti sve čimbenike povezane sa zahtjevima lokacije, klimom, rasporedom plantaža i ostalim aspektima za održivi razvoj.

Budući da se za proizvodnju biomase iz KKO-a mogu upotrebljavati brojne vrste različitih karakteristika, moguć je i širok raspon klimatskih uvjeta za osnivanje nasada KKO-a u Europi. Najčešće vrste koje se koriste u sustavu KKO-a u Europi, vrba i topola, podrijetlom su iz sjevernog umjerenog pojasa. One mogu tolerirati širok raspon klimatskih uvjeta, te su otporne na hladnoću. Uzgoj na područjima s niskom vlažnosti tla vjerojatno bi rezultirao nezadovoljavajućim prinosima, te bi prednost trebalo dati vrstama i njihovim klonovima koje učinkovito koriste vodu (Rutz i sur. 2007).

Kada se govori o izgledu plantaža KKO-a na određenoj lokaciji, osim maksimiziranja prinosa, treba razmotriti još nekoliko pitanja. Ona su povezana s praktičnim upravljanjem plantažom, ali i povećanjem pozitivnih učinaka KKO-a na okoliš. S operativnoga gledišta, idealne su ravne površine ili površine s nagibom koji ne prelazi 10 %. Međutim, plantaže KKO-a često se osnivaju na strmijim padinama jer mogu smanjiti eroziju tla. Plantaže KKO-a treba osmisliti na način koji će omogućiti odgovarajući pristup svim strojevima uključenima u sadnju i sječu (Rutz i sur. 2007).

1.4.3. Krajnji cilj upotrebe biomase

Kolombo (2010) navodi kako je krajnji cilj upotrebe biomase težnja ka povećenjem upotrebe iste koja danas slovi kao jedan od najvažnijih obnovljivih izvora energije i čini preko 50 % svih oblika obnovljive energije.. Republika Hrvatska spada u zemlje s velikim potencijalom biomase i njezino veće korištenje kao energenta bi zasigurno doprinijelo nizu pozitivnih pomaka kako u onečišćenju atmosfere (smanjenju ugljičnog dioksida), tako i porastu i zapošljavanju većeg broja ljudi, naročito u ruralnim dijelovima zemlje, povećanju lokalne i regionalne privredne aktivnosti, ostvarivanje dodatnog prihoda u poljoprivredi, šumarstvu i drvnoj industriji kroz prodaju biomase-goriva i sl. Biomasa je izrazito konkurentna kao energent u kontekstu trgovanja emisije CO_2 i upravo zbog mogućnosti uzgoja kultura kratke ophodnje u Hrvatskoj, u dobroj mjeri već su zainteresirani strani investitori, i mi to moramo iskoristiti. Nova europska eko energetska politika trebala bi poticati ukupno smanjenje energetskih potreba, veće korištenje alternativnih oblika energije i opskrbe iz raznih energetskih izvora.

1.4.4. Utjecaj na okoliš

Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije i često se naziva ugljično neutralno gorivo, no ono ipak može doprinjeti globalnom zagrijavanju. To se može pojaviti kod krčenja šuma ili urbanizacije zelenih površina uslijed pometnje ravnoteže sječe i sađenja drveća. Prema Wikipediji (2016) biomasa dobivena sječom šuma u posljednje vrijeme kritizirana je od strane raznih organizacija za zaštitu okoliša poput Greenpeacea i Odbora za zaštitu prirodnih resursa, zbog njihovog štetnog utjecaja na šume i klimu. Sječa šuma s ciljem dobivanja energije otklanja više hranjivih tvari nego redovita sječa što utječe na ekosustave i buduće zdravlje šume. Još jedan problem kojeg organizacije navode je emisija ugljikovog dioksida. Po njihovim istraživanjima puno više vremena potrebno je da bi šuma emitirala istu količinu (CO_2) koji bi bio emitiran izgaranjem biomase (u područjima sa manje šuma to vrijeme još je duže). Uz to, postoji i briga da bi moglo doći do poremećaja u tlu na kojem je šuma posječena što bi moglo dovesti do dodatne emisije (CO_2) koji je u tom tlu bio pohranjen. S druge strane, biomasa je vrlo prihvatljiva s gledišta utjecaja na okoliš jer sadrži vrlo malo ili čak uopće ne sadrži brojne štetne tvari – sumpor, teške kovine i sl., koje se nalaze u fosilnim gorivima, a koje se njihovim izgaranjem emitiraju u zrak te ugrožavaju naše zdravlje i okoliš. Zadržavanje tla i sprečavanje erozije jedna je od najvećih prednosti opće korisnih funkcija prirodnih šuma ili uzgoja energetskih biljaka. Stalni korijenski sustav brzorastućeg drveća i izostanak oranja površina na kojima se ono uzgaja dodatni su pozitivni čimbenik. Šumska staništa i energetski

nasadi pružaju puno veće mogućnosti za gnijezđenje ptica nego površine zasijane tradicionalnim poljoprivrednim kulturama. Usprkos raznim mišljenjim, znanstvenici se slažu da je održivost biomase kao izvora energije nešto što se vrlo lako može postići sa prikladnim upravljanjem tim resursima.

2. MATERIJALI I METODE RADA

2.1. Područje istraživanja

2.1.1. Geološke osobine

Područje je dio istočno-hrvatske potolinske zone, koja u širem smislu ulazi u okvire geotektonske cjeline Panonskog bazena. Potolinska je zona ispunjena s nekoliko kilometara debelim naslagama neogenog mora i jezera i sedimentima fluvijalnog i eolskog porijekla kvartarne starosti. Morski i jezerski sedimenti mlađeg tercijara predstavljeni su uglavnom klastičnim razvojem s dominacijom pijeska, pješčenjaka, lapora i glina. Uz navedene, u sastavu dubljih partija litostratigrafskog stuba dolaze i biogeni i laporoviti vapnenci. Debljina neogenih naslaga kreće se od 1.300 do 2.750 m (prema istraženim bušenjima kod Tenjskog Antunovca i Beničanaca), a podlogu im čini kristalinska masa paleozojske starosti .

Kvartalne naslage (pleistocen i holocen) posvuda pokrivaju neogenu podlogu, a debljina im je znatna s obzirom na potolinski karakter područja. Mjestimice je i veća od 100 m. U površinskom sastavu prevladavaju les i lesu slične naslage (preko 90 % područja). Fluvijalni nanosi čine podlogu lesa, izuzev u naplavnoj ravni Drave i Karašice, gdje dominiraju i u površinskom sastavu. To su najčešće pijesci, silt i glina. Šljučane naslage su na dubinama većim od 20 ili 30 m. Sporadično su lesne naslage pokrivene eolskim pijescima, posebno na sjeverozapadnom dijelu uz rijeku Dravu. Eolski pijesci su uglavnom sitno do srednjozrne strukture, te uglavnom dobre sortiranosti (Drvar 2014).

2.1.2. Hidrološke osobine

U geografsko regionalnoj podjeli Hrvatske Osječko-baranjska županija smještena je u Istočnoj Hrvatskoj u subregiji poznatoj kao Istočnohrvatska Ravnica, a u stratigrafsko-geološkom smislu osnovu čine slojevi širokog raspona starosti.

Razlike u sastavu i reljefna slika Istočne Hrvatske odražavaju građu "šahovske ploče", koja karakterizira staru panonsku podlogu. Elementi reljefa i smjerovi tekućica upućuju na to da su za građu posebno važne pukotine smjera zapad-istok i gibanja duž njih. Osobine u građi podloge utječu na egzogeno modeliranje.

Hidrogeološki valja lučiti stijene starije od tercijara, zatim tercijarno-kvartarni sedimentni kompleks rebrasto brežuljkastih predjela i na kraju vodonosne slojeve ravničarskih predjela kvartarne starosti (Drvar 2014).

2.1.3. Pedološka obilježja

Pedološka obilježja prostora obrađena su na temelju Namjenske pedološke karte Republike Hrvatske, izrađene u Zavodu za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1996. Sve navedene sistematske jedinice tla su prikazane u složenim pedološkim kombinacijama (kartiranim jedinicama), sastavljene od više jedinica, a na temelju dominantne jedinice izvršena je procjena pogodnosti tala za obradu.

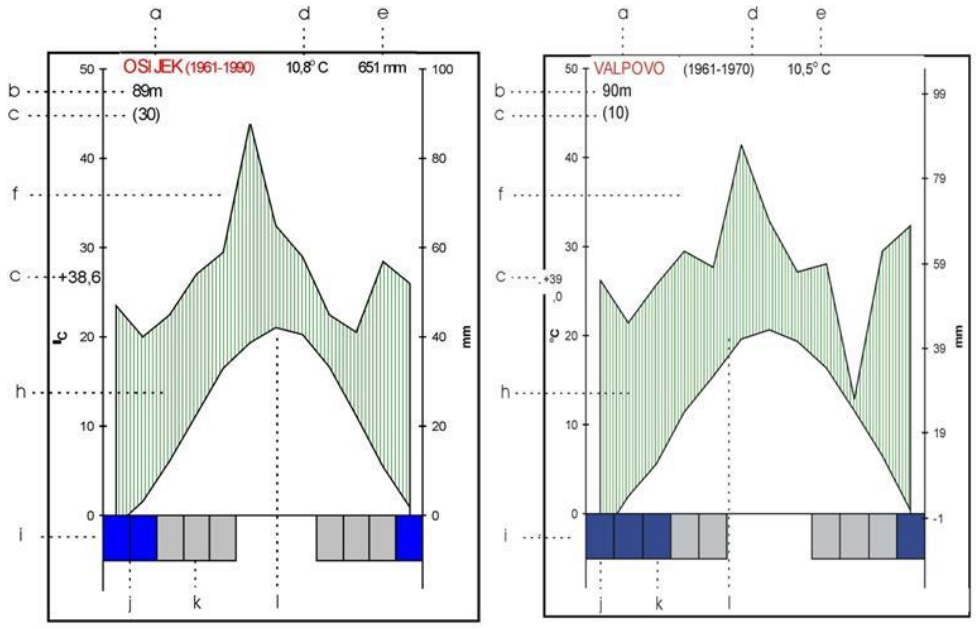
Valorizacija tla, procjena pogodnosti tala za obradu izvršena je prema modificiranim kriterijima procjene zemljišta (FAO 1976.; Vidaček 1976.), prema kojoj su osim relevantnih značajki tla (dubina, skeletnost, kiselost, slanost/alkaličnost, matičnost, kapacitet za vodu), predmet procjene stjenovitost, nagib terena, poplave i/ili stagnirajuće površinske vode i dreniranost kao izraz režima vlažnosti tala.

Procjena pogodnosti tala za korištenje temelji se na načelu potencijalne plodnosti tla, s obzirom da su drugi faktori (klimatski i ekonomski) ujednačeni (Drvar 2014).

2.1.4. Klimatska obilježja

Klimatska obilježja prostora Osječko-baranjske županije dio su klime šireg prostora Istočne Hrvatske, gdje prevladava umjereno kontinentalna klima, koja se s obzirom na prostorni položaj javlja u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina, gdje su promjene vremena česte i intenzivne. Prema Köppenovoj klasifikaciji to je područje koje se označava klimatskom formulom Cfwbx, što je oznaka za umjereno toplu, kišnu klimu, kakva vlada u velikom dijelu umjerenih širina. Osnovne karakteristike ovog tipa klime su srednje mjesečne temperature više od 10 °C, tijekom više od četiri mjeseca godišnje, srednje temperature najtoplijeg mjeseca ispod 22 °C, te srednje temperature najhladnijeg mjeseca između – 3 °C i +18 °C. Obilježje ove klime je nepostojanje izrazito suhih mjeseci, a oborina je više u toplom dijelu godine, a prosječne godišnje količine se kreću od 700-800 mm. Od vjetrova najčešći su slabi vjetrovi i tišine, dok su smjerovi vjetrova vrlo promjenjivi (Drvar 2014).

Na cijelom području Grada Valpova izražena je homogenost klimatskih prilika, što je posljedica reljefnih obilježja (pretežito ravničarski reljef) isto se odnosi i na stanište gdje se nalazi istraživana kultura. Klimatske prilike na prostoru Grada Valpova okarakterizirane su na osnovu izvršenih mjerenja osnovnih klimatskih elemenata na meteorološkim i klimatološkim postajama Osijek i Donji Miholjac.



Slika 6. Prikaz temperature i oborina za područje Osijeka i Valpova (po H. Walteru)

a - Meteorološka stanica
b - Nadmorska visina (m)
c - Broj godina (razdoblje) promatranja
d - Srednja godišnja temperatura zraka (°C)
e - Srednja godišnja količina oborina
f - Srednje mjesečne količine oborina
g - Apsolutni temperaturni maksimum
h - Važno (humidno) razdoblje
i - Apsolutni minimum temperature zraka
j - Mjeseci sa sr. min. temp. zraka ispod 0 °C
k - Mjeseci sa aps. min. temp. zraka ispod 0 °C
l - Srednje mjesečne temperature zraka (°C)

2.1.4.1. Temperatura

Prosječna temperatura zraka, prema novijim mjerenjima, iznosi 10,70 °C do 11 °C. Srednje mjesečne temperature su u porastu do srpnja, kada dostižu maksimum s prosječnim mjesečnim temperaturama promatranih postaja od 20,9 °C do 21,6 °C. Najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom temperaturom od - 1,4 °C (Osijek) do -1,1 °C (Donji Miholjac). Srednja godišnja amplituda temperature, između najhladnijeg i najtoplijeg mjeseca iznosi za preko 22 °C, što je odlika kontinentalnih osobina područja.

Maksimalne temperature zraka javljaju se u ljetnim mjesecima, a apsolutni maksimum temperature zabilježen je u Osijeku 38,6 °C i u Donjem Miholjcu 39,2 °C (izmjereno u razdoblju 1959. - 1978. godine). Minimum temperature javlja se u zimskoj polovici godine, a apsolutni minimumi zabilježeni u vremenu od 1959. - 1978. godine, iznosili su u Osijeku - 25,4 °C, te Donjem Miholjcu - 26,0 °C.

2.1.4.2. Oborine

Prosječna godišnja količina oborine na prostoru Grada Valpova kreće se od 685,7 mm (Osijek) do 753,2 mm (Donji Miholjac). Glavni maksimum se javlja početkom ljeta (najčešće u VI. mjesecu), a sporedni krajem jeseni, u XI. mjesecu. Glavni minimum oborine je sredinom jeseni u X. mjesecu, a sporedni krajem zime ili početkom proljeća u II. i III. mjesecu. Glavni maksimum oborina se javlja u VI. mjesecu, a sekundarni u XI. mjesecu. Maksimalne dnevne količine oborina također ukazuju na veliku varijabilnost oborine koja varira iz godine u godinu. Maksimalna dnevna količina oborine u promatranom razdoblju od 1959. - 1978., zabilježena je u Osijeku (101,2 mm). Od velikog je značaja raspored oborina u vegetacijskom razdoblju. Prema raspoloživim mjerenjima na svim meteorološkim postajama zabilježen je optimalan raspored oborina u vegetacijskom razdoblju čije kretanje je od 390,4 mm (Osijek) i 437,2 mm (Donji Miholjac).

Oborine u obliku snijega javljaju se prosječno 26 dana u godini (Osijek), ali se ne zadržavaju dugo. Međutim, česta su odstupanja od tog prosjeka.

Trajanje insolacije i naoblake međusobno je povezano, a raspored naoblake usklađen je i s režimom oborina. Srednja godišnja naoblaka za meteorološku postaju Osijek iznosila je 5,7 desetina, u razdoblju od 1959. - 1978. godine. Najveće vrijednosti naoblake zabilježene su u jesenskim i zimskim mjesecima. Tada je insolacija, tj. trajanje sijanja sunca najmanje (najmanje registrirana insolacija je u prosincu), dok je najduže trajanje sijanja Sunca zabilježeno u srpnju. Ukupne godišnje količine insolacije u dvadesetogodišnjem razdoblju (1959. - 1978.) na meteorološkoj postaji Osijek iznosila je 1.904,6 sati. Godišnje se može očekivati prosječno 1.800 - 1.900 sati sijanja sunca, a u vegetacijskom razdoblju od 1.290 - 1.350 sati.

2.1.4.3. Vjetar

Prema godišnjoj ruži vjetrova na području Osijeka, najučestaliji su vjetrovi iz sjeverozapadnog zapadnog, te jednakog udjela sjevernog i jugoistočnog smjera. Zimi je najčešće vjetar iz jugoistočnog smjera, dok su ljeti najčešći vjetrovi iz sjeverozapadnog smjera. U proljeće i jesen najčešći su vjetrovi iz sjeverozapadnog smjera i općenito su najčešća strujanja iz zapadnog smjera. Pojave tišina vezuju se uz ljeto i jesen, a u najvećem broju javljaju se vjetrovi jačine 1 - 2 bofora, tijekom cijele godine.

Prema godišnjoj ruži vjetrova za područje Donjeg Miholjca, dva prevladavajuća smjera strujanja se javljaju tijekom cijele godine, sjeverozapadno i jugoistočno strujanje, a njih slijede zapadni i istočni vjetrovi, dok je pojavljivanje iz ostalih smjerova znatno manje. Na temelju analize godišnjih ruţa vjetrova za navedene postaje, može se zaključiti da su najdominantniji vjetrovi iz sjeverozapadnog smjera i to u toplom dijelu godine, a zimi vjetrovi iz jugoistočnog pravca. Što se tiče jačine vjetrova u 80 - 90 % slučajeva to su vjetrovi jačine 1 - 2 bofora.

Otvorenost donjodravske nizine prema sjeveru utječe na to da vjetrovi najčešće pušu iz sjevernog kvadranta. Po učestalosti su na prvom mjestu vjetrovi iz sjeverozapada i jugoistoka, zatim iz sjeveroistoka, jugozapada i zapada, dok su tišine koncentrirane u ljetno doba godine. Raspored je vjetrova tijekom godine neujednačen: sjeverozapadni vjetrovi prevladavaju tijekom čitave godine, a zimi sibirska anticiklona uvjetuje jake sjeverne i sjeveroistočne vjetrove, koji su suhi i hladni.

2.1.4.4. Mraz i vlaga

Broj dana s maglom javlja se u prosjeku 30 - 50 dana godišnje. Magle su u nizinama uglavnom radijacijskog porijekla, tj. prizemne magle koje nastaju u vedrim noćima. Najveći broj dana s mrazom imaju zimski mjeseci, osobito prosinac (osam dana).

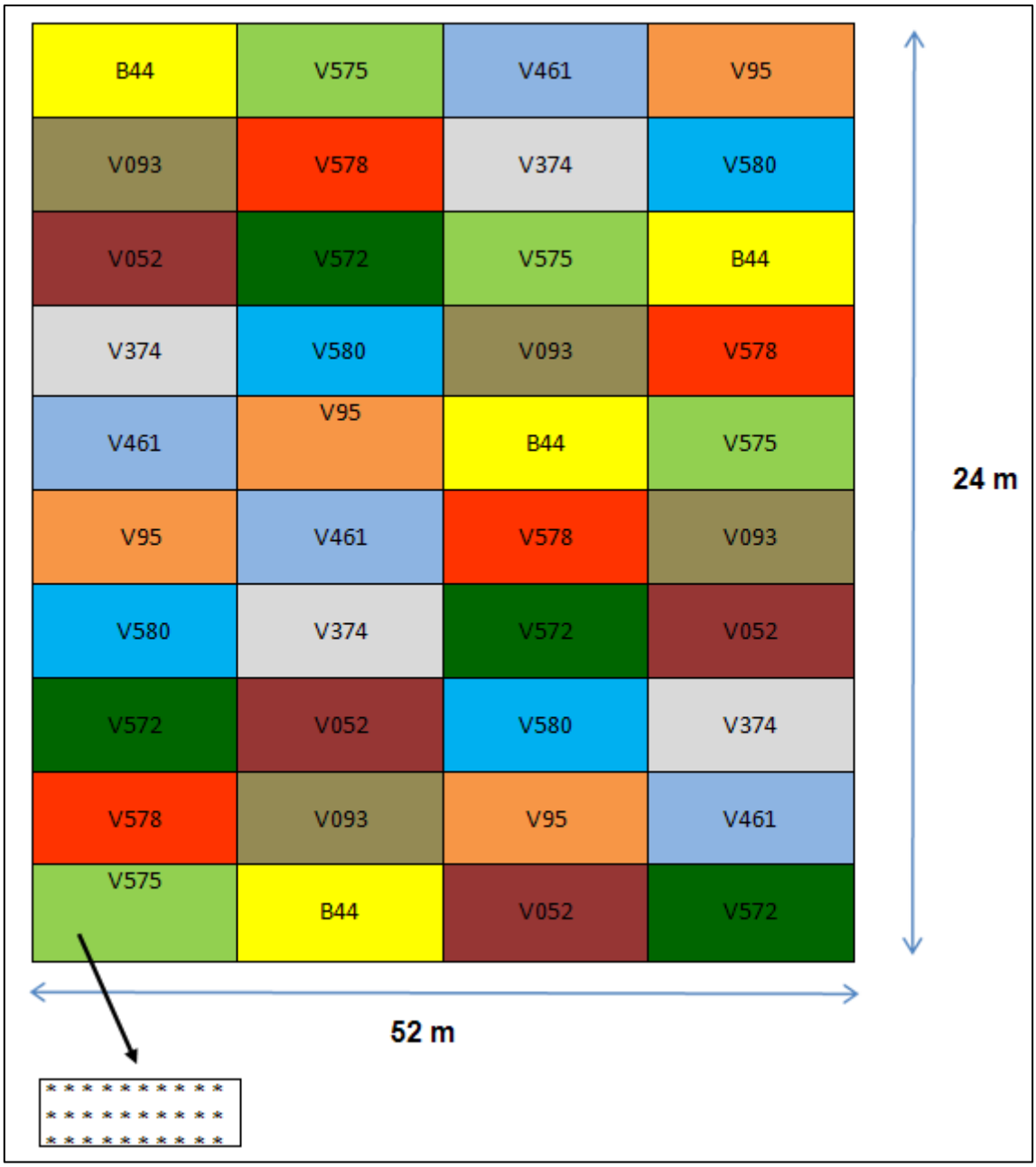
Međutim, pojave mraza su nepovoljne ukoliko se pojave u vegetacijskom razdoblju, a osobito u travnju na početku vegetacijskog razdoblja. Ponekad se mraz može javiti i u svibnju i lipnju, zbog utjecaja polarnih zračnih masa. U jesen se također javljaju mrazevi ali ne u tolikoj mjeri kao u proljeće, dok se jaki mrazevi javljaju tek u studenom.

2.2. Prikupljanje podataka

Istraživani pokusni energetski nasad (klonski test) osnovan je u travnju 2008. godine reznicama iz vrta Zavoda za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, na lokalitetu rasadnika u Šumariji Valpovo. Nasad sadrži 10 klonova dobivenih različitim kombinacijama križanja bijele vrbe (*Salix alba* L.) i kineske vrbe (*Salix matsudana* Koidz.), te klonova bijele vrbe (*Salix alba*). Test je osnovan prema dizajnu randomiziranog potpunog blok sustava u četiri ponavljanja. Svaki klon je zastupljen sa 30 rameta po ponavljanju u razmaku od 1,30 x 0,8 m (i to je 9615 biljaka po hektaru).



Slika 7. Pokusni nasad



Slika 8. Shematski prikaz sadnje i rasporeda klonova

U tablici 1 navedeni su testirani klonovi. Naznačeno je kojom su oznakom označeni te kako je pojedini klon nastao. Ovakav klonski test postavljen je da se ustanovi koji od klonova najviše odgovara ovim stanišnim te klimatskim uvjetima odnosno koji će od njih imati najveću produkciju suhe tvari te koji najbolje preživljavaju.

Tablica 1. Istraživani klonovi

Red. Br.	Oznaka klona	Botanički naziv
1	B44	*Salix alba*
2	V093	*(S.alba* x *S.alba* var. *vitellina)* x *S.alba*
3	V052	*S.alba* var.*calva* x *S. alba*
4	V374	*S.matsudana* x *(S.matsudana* x *S.alba)*
5	V461	*S.matsudana* x *(S.matsudana* x *S.alba)*
6	V95	*Salix alba*
7	V580	*S.matsudana* x *nep.*
8	V572	*(S.matsudana* x *S.alba)* x *nep.*
9	V578	*S.matsudana* x *nep.*
10	V575	*S.matsudana* x *nep.*

Nakon osnivanja pokusnog nasada obavljeno je okopavanje u dva navrata, isto to je učinjeno i u sljedećoj ophodnji. U proljeće 2009. godine i u proljeće 2011. godine izbojci su čepirani (rameta je posječena do vrata korijena). U istim dobima utvrđeno je preživljavanje klonova. Kako u godini osnutka testa, tako i nakon čepiranja provedena je mehanička regulacija korovne vegetacije a izbojci su reducirani tako da su se ostavljala po dva najkrupnija izbojka po jednom korijenu.



Slika 9. Satelitski prikaz područja istraživanja

2.3. Statistička obrada podataka

2.3.1. Deskriptivna statistika

Deskriptivna statistika bavi se prikupljanjem podataka, njihovim grupiranjem, tabličnim i grafičkim prikazivanjem, izračunavanjem različitih brojčanih pokazatelja koji izražavaju karakteristike promatrane pojave. Od parametara koje dobijemo deskriptivnom statistikom, a kroz koje sagledavamo istraživani uzorak mogu se izdvojiti srednja vrijednost, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardna devijacija, standardna pogreška i dr. Parametri deskriptivne statistike izračunati su u programskom paketu Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmnond, WA, USA).

2.3.2. Analiza varijance

Niz postupaka kojima provjeravamo značajnost razlika između različitih situacija ili uzoraka, kao i njihov odnos. Razlikujemo jednosmjernu ANOVA-u, jednosmjernu ANOVA-u s ponovljenim mjerenjima, te dvosjmernu ANOVA-u. Postupak analize varijance zahtjeva postavljanje nul-hipoteze, prikupljanje podataka i provjeravanje njihovih distribucija, utvrđivanje razlika između aritmetičkih sredina, te analize F-testom, procjenu vjerojatnosti i ustanovljenje razlika (slučajne ili statistički značajne).

Provjera statističkih značajnosti između istraživanih elemenata ispitana je kroz jednosmjernu analizu varijance u programskom paketu Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmnond, WA, USA).

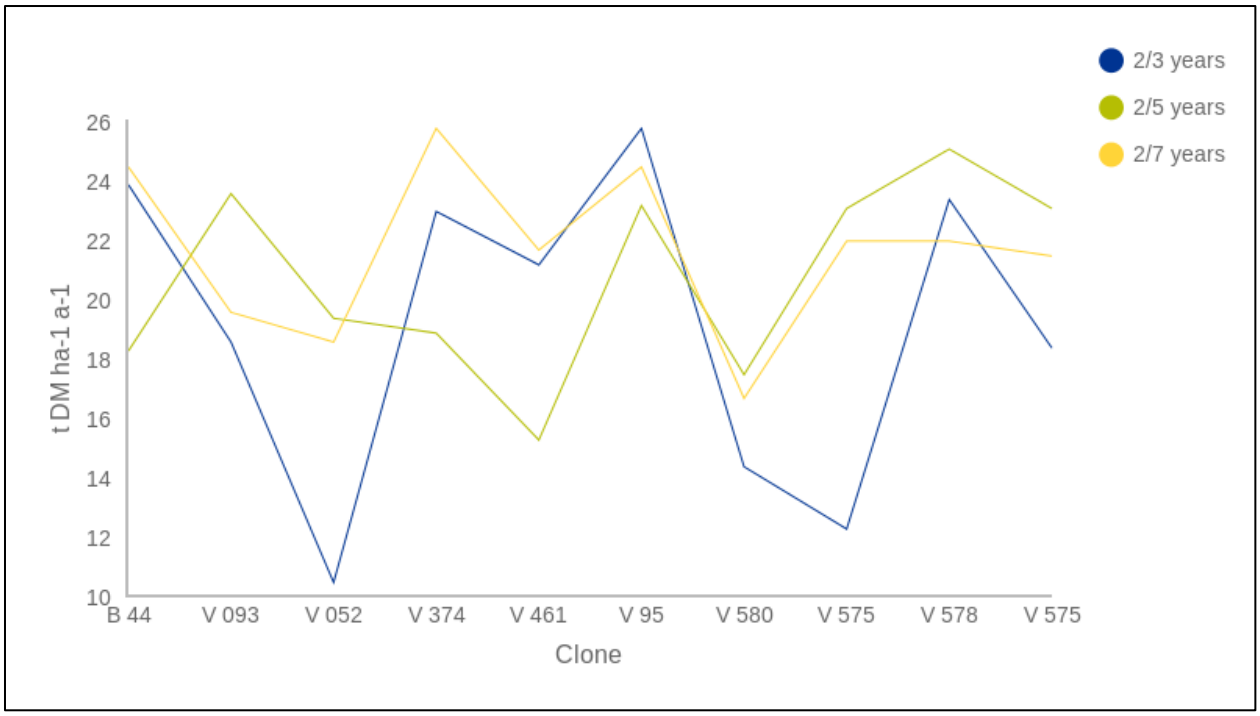
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na tlima koja su nepovoljna za poljoprivrednu proizvodnju ili za uzgajanje vrijednijih vrsta drveća, tzv. marginalna tla istraživane su (u posebnim energetskim nasadima u Valpovu) mogućnosti proizvodnje biomase u zavisnosti od klona, staništa, razmaka sadnje, te gustoće sklopa. Nasad je osnovan 2008 god. s 10 različitih klonova stablastih vrba (Salix sp.).

U tablici 2. i na slici 10 prikazana je prosječna produkcija biomase testiranih klonova u tri dvogodišnje ophodnje. U prvoj godini istraživanja prosječna produkcija biomase iznosila je 19.1 suhe tvari/god/ha, sa vrijednostima u raposnu od najmanje 10,4 (klon 'V 052') do najveće 25,7 (klon 'V 95') suhe tvari/god/ha. U sljedećoj ophodnji (2/5 starosti) prosječna produkcija biomase iznosila je 20, 6 suhe tvari/god/ha, sa vrijednostima u rasponu od najmanje 15,2 (klon 'V 461') do najveće 25,0 (klon 'V 578') suhe tvari/god/ha. U trećoj ophodnji (2/7 starosti) prosječna produkcija biomase iznosila je 21,6 suhe tvari/god/ha, sa vrijednostima u rasponu od najmanje 16,6 (klon 'V 580') do najveće 25,7 (klon 'V 374') suhe tvari/god/ha. Između svih ispitanih klonova, klonovi 'V 374', 'B 44', 'V 95' i 'V 578' se posebno izdvajaju u smislu njihove izvrsne prilagodiljivosti na stanište. Osim toga, pokazuju iznadprosiječne vrijednosti kada je u pitanju produkcija biomase suhe tvari.

Tablica 2. Prosječna produkcija biomase testiranih klonova

Br.	Klon	Botanički naziv	Prosjek suhe tvari (t/ha/god.)		
			2/3	2/5	2/7
1.	**'B 44'**	*Salix alba*	23,8	18,2	24,4
2.	**'V 093'**	(*S. alba* × *S alba* var. *vitellina*) × *S. alba*	18,5	23,5	19,5
3.	**'V 052'**	S. alba var. *calva* × *S. alba*	10,4	19,3	18,5
4.	**'V 374'**	*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)	22,9	18,8	25,7
5.	**'V 461'**	*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)	21,1	15,2	21,6
6.	**'V 95'**	*Salix alba*	25,7	23,1	24,4
7.	**'V 580'**	*S. matsudana* × *unknown*	14,3	17,4	16,6
8.	**'V 572'**	(*S. matsudana* × *S. alba*) × *unknown*	12,2	23,0	21,9
9.	**'V 578'**	*S. matsudana* × *unknown*	23,3	25,0	21,9
10.	**'V 575'**	*S. matsudana* × *unknown*	18,3	23,0	21,4
		Prosjek	**19,1**	**20,6**	**21,6**



Slika 10. Produkcija biomase testiranih klonova u Valpovu u tri dvogodišnje ophodnje

Provedenom analizom varijance (ANOVA) nije utvrđena statistički signifikantna razlika između produkcije biomase testiranih klonova u tri dvogodišnje ophodnje (tablica 3).

Tablica 3. Rezultati analize varijance za svojstvo biomase istraživanih klonova za starost 2/7

Izvor varijabilnosti	**DS**	**Srednje kvadratno odstupanje**	**F vrijednost**	**P vrijednost**
klonovi	9	23,72	1,94	0,09
repeticija	3	10,57	0,86	0,47
greška	27	12,23		
ukupno	39			

4. ZAKLJUČCI

U pokusnoj kulturi kratkih ophodnji na području Šumarije Valpovo testirano je 10 klonova bijele vrbe, kao i hibrida kineske i bijele vrbe. U ekperimentalnoj plohi nisu primjenjivane nikakve agrotehničke mjere.

Prosječna produkcija suhe tvari kod plantažne starosti 2/7 godina iznosila je 21,6 t/ha/god. Najveću prosječnu produkciju imao je priznati klon V '374' (*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)), a najmanju klon V '580' (*S. matsudana* × nepoznat). Analizom varijance za testirane klonove vrbe nije utvrđena statistički značajna razlika.

Prosječna produkcija suhe tvari u tri dvogodišnje ophodnje za testiranih 10 klonova iznosila je od 19,1 do 21,6 t/ha/god.

Testirani klonovi svojom produkcijom zadovoljavaju osnivanje kultura kratkih ophodnji za produkciju biomase.

5. POPIS LITERATURE

1. Bogdan, S., Kajba, D., Katičić Bogdan, I., 2006: Produkcija biomase u klonskim testovima stablastih vrba na marginalnim staništima u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse. Posebno izdanje, 5; str. 261-275.

2. Dobrović, S., 2017: Nova hrvatska energetska strategija, konferencija, Zagreb

3. Drvar, I., 2014: Produkcija biomase klonova vrba (*Salix* sp.) u pokusnoj kulturi kratkih ophodnji na području šumarije Valpovo (starost 2/5 godina), Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, str. 8-15.

4. Dundović, J., Krička, T., 2007: Energetska uporaba šumske i poljoprivredne biomase u Republici Hrvatskoj. Zbornik radova / Matić, Slavko (ur.). - Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti , str. 53-61.

5. Hlobik, I., 2010: Produkcija biomase klonova vrba (*Salix* sp.) u pokusnoj kulturi kratkih ophodnji na području Šumarije Čazma. Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, str. 28.

6. Kajba, D., Bogdan, S., Katičić Bogdan, I., 2007: I. Produkcija biomase vrba u pokusnim kulturama kratkih ophodnji u Hrvatskoj. Zbornik radova Znanstvenog skupa Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije = Proceedings of the Scientific Symposium Agriculture and Forestry as the Producers of the Renewable Energy Sources / Matić, Slavko (ur.). Zagreb : HAZU, str. 99-105.

7. Kajba, D., 2009: Produkcija biomase vrba u kulturama kratkih ophodnji, Zagreb

8. Kajba, D., Andrić, I., 2014: Selection of Willows (*Salix* sp.) for Biomass Production. South-east European Forestry 5 (2): Zagreb, str. 145-151.

9. Kolombo, M., 2010: Korištenje biomase kao energenta u Europi; časopis Goriva i maziva, Zagreb, str. 180-182.

10. Komlenović, N., Krstinić, A., Kajba, D., 1996: Mogućnosti proizvodnje biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama u Hrvatskoj. U: Mayer, B. (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko, Zagreb, str. 9-21.

11. Narodne novine, NN 130/2009., čl.80: Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske; Hrvatski sabor, str. 1-50.

12. Narodne novine, NN 107/2008., prilog 1: Pravilnik o područjima provenijencija svojti šumskog drveća od gospodarskog značaja, str. 1-50.

13. Rutz, D., Dimitrou, I., 2007: Kulture kratkih ophodnji: uzgoj, korištenje i održivost; Priručnik u okviru projekta SRCplus (IEE/13/574)- München, Njemačka, str. 7-16.

14. Sušac, K., 2007: Strukturiranje i informatizacija registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje; str. 11-12.

15. Žganjer, I., 2011: Produkcija biomase klonova vrba (*Salix* sp.) u pokusnoj kulturi kratkih ophodnji na području šumarije Valpovo. Završni rad, Šumarski fakultet Zagreb, str. 5-20.

16. https://en.wikipedia.org/wiki/
17. http://narodne-novine.nn.hr
18. http://proleksis.lzmk.hr
19. http://drvotehnika.info
20. https://bgreenproject.wordpress.com
21. www.enciklopedija.hr