

REZULTATI ISTRAŽIVANJA PROVENIJENCIJA ZELENE DUGLAZIJE U EKOLOŠKI RAZLIČITIM PODRUČJIMA KONTINENTALNE HRVATSKE

RESULTS OF RESEARCH ON DOUGLAS FIR PROVENANCES IN
ECOLOGICALLY DIFFERENT CONTINENTAL PARTS OF CROATIA

Sanja PERIĆ¹, Martina TIJARDOVIĆ², Anamarija JAZBEC³

SAŽETAK: Osnivanje šumskih kultura u Hrvatskoj započelo je sedamdesetih godina 20. stoljeća. Otada je udio šumskih kultura u šumskom fondu Hrvatske varirao tijekom godina, a danas iznosi oko 3 %. Nove znanstvene spoznaje ukazuju na postojanje opravdanih razloga daljnjeg te povećanog osnivanja šumskih kultura u Hrvatskoj (posebice spontano povećanje prikladnih površina za njihovo osnivanje). U ovome radu prikazani su rezultati istraživanja provedenog u okvirima projekta "Gospodarenje kulturama četinjača". Brojni pokusi koji su osnovani s ciljem odabiranja najprikladnijih vrsta i provenijencija za podizanje šumskih kultura u Hrvatskoj, do sada su osigurali rezultate za prvih 30 godina njihove starosti, prema kojima se uspjehom osobito istaknula zelena duglazija. Ona pridolazi u širokom spektru ekoloških uvjeta, što je čini pogodnom vrstom za osnivanje kultura na slobodnim šumskim i nešumskim površinama. Iz navedenih razloga dio istraživanja usmjeren je na analizu uspjeha provenijencija zelene duglazije 40 ili 45 godina nakon osnivanja pokusa na tri lokaliteta kontinentalnog dijela Hrvatske (rezultati s područja Istre su objavljeni). Statističkom analizom svih parametara (promjer, visina, volumen) istaknule su se provenijencije iz Savezne države Washington (Elma) i Europe (Danske i Bugarske) kao najuspješnije za osnivanje šumskih kultura u kontinentalnoj Hrvatskoj, te bi se trebale koristiti za osnivanje novih kultura.

Ključne riječi: obična smreka, zelena duglazija, supstitucija, provenijencija, Hrvatska.

UVOD – Introduction

Osnivanje šumskih kultura u Hrvatskoj u većoj je mjeri započelo sedamdesetih godina 20. stoljeća (Gracan 1984). Otada udio šumskih kultura u šumskom fondu Hrvatske varira tijekom godina, a danas prema podacima iz Šumsko-gospodarske osnove područja (2006–2015) ona iznosi oko 3 % od ukupne površine pod šumama. Od toga iznosa 26 % odnosi se na kulture listača, a 74 % na kulture crnogorice (crni bor 26 %,

obična smreka 15 %, američki borovac 9 %, običan bor 8 % te OC 16 %). Nove znanstvene spoznaje ukazuju na postojanje novih opravdanih razloga povećanja osnivanja šumskih kultura zelene duglazije u budućnosti, kao što su proizvodnja biomase, smanjenje opterećenja na prirodne šume zbog proizvodnje drveta, ispunjavanje uvjeta postavljenih Kyoto Protocolom, te ostale povoljne karakteristike vrste (npr. otpornost na elementarne nepogode, prilagodljivost na različite stanišne uvjete, dobra regeneracija nakon požara i dr.) (Larson 2010, Ferron i Douglas 2010, Griesbauer i Green 2010, Fischer i dr. 2010). U prilog povećanju površina šumskih kultura u Hrvatskoj posebice se treba uzeti u obzir i spontano, kontinuirano povećanje površina pogodnih za njihovo daljnje osnivanje (zapuštena poljoprivredna zemljišta).

¹ Dr. sc. Sanja Perić, Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, 10 450 Jastrebarsko, Kontakt e-mail: sanjap@sumins.hr

² Dipl. ing. šum. Martina Tijardović, Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, 10 450 Jastrebarsko, Kontakt e-mail: martinat@sumins.hr

³ Izv. prof. dr. sc. Anamarija Jazbec, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Kontakt e-mail: jazbec@sumfak.hr

Dosadašnji rezultati praćenja trajnih pokusnih ploha Hrvatskog šumarskog instituta ukazali su na zelenu duglaziju (*Pseudotsuga menziesii* Mirbel Franco) kao na alohtonu vrstu, koja se svojim uspjehom najbolje pokazala od svih ispitivanih vrsta crnogorice u Hrvatskoj (Perić i dr. 2005; Orlić i Perić 2005; Orlić i dr. 1997; Orlić i Ocvirek 1996; Komlenović i dr. 1995; Orlić 1994; Orlić i Ocvirek 1994; Orlić i Ocvirek 1990; Orlić i Komlenović 1988; Orlić 1985).

Zelena duglazija je jedna od najvrjednijih i najznačajnijih vrsta za pridobivanje drveta u svijetu (Larson 2010). Kombinacija drveta dobre kvalitete i njezina visoka produktivnost postavila je duglaziju u sam vrh svjetske proizvodnje drveta. U zemlji prirodnog rasprostranjenja ovo je dobro istražena vrsta, dok je u Europi istraživana većinom u uvjetima podizanja kultura (Hein i dr. 2008; Ritchie i Hamann 2007). Zelena duglazija je vrsta umjerenog pojasa. Njezin prirodni areal rasprostire se u zapadnom dijelu Sjeverne Amerike. Prema Hermannu i Lavenderu (1999) ova vrsta uspješno je introducirana u gotovo sve predjele umjerenog pojasa u svijetu (Europa, južni dio Južne Amerike, jug Australije) te na području Novog Zelanda. Osnivanje kultura duglazije osobito je zastupljeno u Sjevernoj Americi, gdje je i područje njezinog prirodnog rasprostranjenja.

Zelena duglazija se uspješno prilagođava na široki spektar stanišnih uvjeta, zadržava visoke priraste, te osigurava proizvode visoke kvalitete (Weise i dr. 2001; Kenk i Thren 1984). Uspijeva u različitim klimatskim uvjetima. Osobito joj pogoduju duboka, prozirna

tla, sa pH 5 do 6, dok na teškim tlima s većom količinom vode ima slabiji uspjeh (Hermann i Lavender 1999). Iako je duglazija vrsta koja razvija duboki korijenov sustav, morfologija korijenskog sustava ovisi o tlu. U kontekstu klimatskih promjena prema Teuffelu i dr. (2004) zelena duglazija se čini izuzetno zanimljivom komercijalnom vrstom za središnju Europu zato što se lakše prilagođava na uvjete povećanja temperature zraka i smanjenja količine oborina tijekom vegetacijskog razdoblja, te bi mogla biti superiorna običnoj smreci koja je trenutno najznačajnija ekonomska vrsta središnje Europe. Ove karakteristike, s dobrim dosadašnjim rezultatima uspjeha, čine zelenu duglaziju prikladnom vrstom za osnivanje šumskih kultura na slobodnim šumskim i nešumskim površinama u Hrvatskoj.

U Hrvatskoj zelena duglazija kao komercijalna vrsta trenutno ne zauzima značajnije mjesto. Zastupljena je uglavnom u okvirima znanstvenih istraživanja na pokusnim plohami. Iz navedenih razloga dio istraživanja u okvirima projekta usmjeren je na analizu uspjeha provenijencija zelene duglazije. Cilj ovoga istraživanja je ispitati uspjeh različitih provenijencija zelene duglazije na tri lokaliteta kontinentalnog dijela Hrvatske, te dati preporuke za osnivanje kultura ove vrijedne vrste ne samo u znanstvene, već i u gospodarske svrhe. U okvirima projekta obavljeno je i istraživanje uspjeha provenijencija zelene duglazije s područja Istre koje nije uvršteno u ovaj rad, jer su podaci objavljeni 2009. godine (Perić i dr. 2009).

MATERIJAL I METODE – *Material and methods*

Istraživanje uspjevanja rasta zelene duglazije u različitim bioklimatima provedeno je u četrdesetim godinama starosti pokusa na lokalitetima Durgutovica (Šumarija Mikanovci, UŠP Vinkovci), Slatki Potok (Šumarija Veliki Grđevac, UŠP Bjelovar) te Mikleuška (Šumarija Kutina, UŠP Zagreb). Pokusi su osnovani u razdoblju od 1966–1970. godine. Šumarski institut, Jastrebarsko (danas Hrvatski šumarski institut) je 1965. godine nabavio uzorke sjemena različitih provenijencija kojima su uzgojene sadnice u rasadniku Instituta. Pokusi su osnovani u randomiziranom blok dizajnu u 4 ponavljanja. Na svim lokalitetima u pokusima sudjeluje ukupno 23 različite provenijencije (Durgutovica 14, Slatki Potok 14, Mikleuška 4). Ukupno ima 19 provenijencija uglavnom s nižih nadmorskih visina, s područja prirodnoga areala duglazije (6 iz Oregona, 3 iz Britanske Kolumbije, te 10 iz Washingtona), te 4 europske provenijencije (2 iz Hrvatske – Rovinj i Skrad; 1 iz Bugarske – Šipka; 1 iz Danske – Hvidilde).

Pokusi na lokalitetima Durgutovica i Slatki Potok osnovani su sadnicama starosti 2 + 1, s razmakom sadnje biljaka zelene duglazije 4 x 4 m, između kojih su sadene sadnice obične smreke (*Picea abies* Karst.), odnosno eu-

ropskog ariša (*Larix europea* L.). Pokus na lokalitetu Mikleuška osnovan je sadnicama zelene duglazije starosti 1 + 1, uz manji razmak sadnje (2 x 2 m). Broj biljaka pojedine provenijencije zelene duglazije prilikom osnivanja pokusa na lokalitetima Durgutovica i Slatki Potok bio je 100 komada (4 ponavljanja x 25 komada), dok je na lokalitetu Mikleuška iznosio 196 komada (4 ponavljanja x 49 komada).

Osnovni podaci o porijeklu i zemljopisnom položaju provenijencija na istraživanim lokalitetima predstavljeni su u Tablici 1. Ovdje su navedeni podaci o porijeklu samo za one provenijencije za koje su podaci dobiveni prilikom nabave sjemena, jer je naknadno točnost podataka o porijeklu teško jamčiti.

Na lokalitetu Durgutovica izmjereni su prsni promjeri i visine u 40. godini starosti pokusa, na lokalitetu Slatki Potok u 42. godini, a na lokalitetu Mikleuška u 45. godini. Ukupno je izmjereno 1979 stabala. U ovome radu prikazani su dendrometrijski parametri (promjer i visina) na temelju kojih je izračunat volumen koristeći Schumacher-Hallovu formulu. Razlike između svih analiziranih parametara za lokalitet Durgutovica, te visina i volumena za lokalitet Slatki Potok, testirane su jednostrukom analizom

varijance (ANOVA – Sokal i Rohlf 1995.). Ostali parametri i lokaliteti uspoređeni su analizom varijanci ponovljenih mjerenja (promjeri na lokalitetu Slatki Potok za 2007. i 2010. godinu, te drvena masa i njezin trend na lokalitetu Mikleuška za godine 1980., 1990., 2000., te 2010. Izvorni podaci izmjera visina i promjera na temelju kojih je izračunat volumen za godine 1980. i 1990. preuzeti su

iz terenskih obrazaca sakupljenih u okviru rada Odjela za uzgajanje i ekologiju šuma. Koje provenijencije se statistički razlikuju, određeno je Tukey post hoc testom za sve parametre provenijencija na svim lokalitetima. Podaci su statistički obrađeni u programskom paketu STATISTICA 7.1. (StatSoft, Inc. (2010).

Tablica 1. Osnovni podaci o provenijencijama na svim istraživanim lokalitetima
Table 1 Basic information on provenances for all localities presented in paper

Lokalitet DURGUTOVICA (Šumarija Mikanovci, UŠP Vinkovci)				
Oznaka <i>Sigh</i>	Provenijencija <i>Provenance</i>	Nadmorska visina m <i>Height above s. l.</i> m	Geografske koordinate <i>Geographic coordinates</i>	
			širina <i>width</i>	duljina <i>length</i>
C	SHADY COVE, Oregon	1350	42° 36' N	122° 50' W
D	TENINO, Washington	100–200	46° 45' N	122° 40' W
E	ELMA, Washington	100–200	47° 00' N	123° 30' W
F	ELK RIVER FALLS, Brit. Columbia	-	-	-
G	MATLOCK, Washington	0–50	-	-
H	ALDER, Washington	300	-	-
I	MERVILLE BLACK, Brit. Columbia	15	-	-
J	HVIDILDE, Danska	-	-	-
K	REPUBLIC, Washington	850	-	-
L	SALMON ARM, Brit. Columbia	450–600	50° 50' N	119° 10' W
P	SKRAD, Delnice, Hrvatska	700–900	-	-
R	ŠIPKA, Bugarska	650–780	42° 43' N	25° 20' E
S	ROVINJ, Hrvatska	-	-	-
T	CASTLE ROCK, Washington	-	-	-
Lokalitet SLATKI POTOK (Šumarija Veliki Grđevac, UŠP Bjelovar)				
A	SHELTON, Washington	30–150	47° 11' N	123° 10' W
B	CORVALIS, Oregon	75	44° 35' N	123° 16' W
C	SHADY COVE, Oregon	1350	42° 36' N	122° 50' W
D	TENINO, Washington	100–200	46° 45' N	122° 40' W
E	ELMA, Washington	100–200	47° 00' N	123° 30' W
F	ELK RIVER FALLS, Brit. Columbia	-	-	-
I	MERVILLE BLACK, Brit. Columbia	15	-	-
J	HVIDILDE, Danska	-	-	-
L	SALMON ARM, Brit. Columbia	450–600	50° 50' N	119° 10' W
M	PE ALL, Washington	150–300	46° 45' N	123° 15' W
N	YELM, Washington	0–150	46° 45' N	122° 40' W
R	ŠIPKA, Bugarska	650–780	42° 43' N	25° 20' E
S	ROVINJ, Hrvatska	-	-	-
T	CASTLE ROCK, Washington	-	-	-
Lokalitet MIKLEUŠKA (Šumarija Kutina, UŠP Zagreb)				
1	CORTAGE GROVE, Oregon	550	-	-
2	CENTRALIA, Washington	100–200	-	-
3	CASCADIA, Oregon	250–300	-	-
4	ASHLAND, Oregon	650–700	-	-

REZULTATI – Results

Za sve lokalitete i analizirane parametre napravljena je deskriptivna statistika (Tablica 2).

Statističkom analizom podataka prikupljenih na lokalitetu Durgutovica utvrđeno je kako postoji statistički značajna razlika između pojedinih provenijencija po svim analiziranim parametrima (promjeru, visini i volumenu, $p < 0,05$). Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen prikazani su u Tablici 3.

čki značajna razlika između pojedinih provenijencija po svim analiziranim parametrima (promjeru, visini i volumenu, $p < 0,05$). Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen prikazani su u Tablici 3.

Tablica 2. Podaci deskriptivne statistike za sve ispitivane lokalitete, provenijencije i parametre
 Table 2 Results of descriptive statistics for all localities, provenances and parameters

Lokalitet DURGUTOVICA				
Oznaka <i>Sigh</i>	Provenijencija <i>Provenance</i>	Prsni promjer u 40.g. <i>DBH in 40th year</i>	Visina u 40. g. <i>Height in 40th year</i>	Drvena masa u 40. g. <i>Volume in 40th year</i>
C	SHADY COVE, Oregon	32,44 ± 7,62	23,90 ± 3,25	1,07 ± 0,50
D	TENINO, Washington	36,53 ± 5,58	26,47 ± 1,99	1,41 ± 0,44
E	ELMA, Washington	35,41 ± 6,57	25,73 ± 3,06	1,32 ± 0,48
F	ELK RIVER FALLS, Brit. Columbia	33,03 ± 7,05	25,74 ± 2,32	1,18 ± 0,48
G	MATLOCK, Washington	33,94 ± 6,93	26,11 ± 2,54	1,24 ± 0,48
H	ALDER, Washington	36,13 ± 5,39	26,42 ± 1,97	1,37 ± 0,42
I	MERVILLE BLACK, Brit. Columbia	33,43 ± 5,52	25,49 ± 2,13	1,15 ± 0,41
J	HVIDILDE, Danska	39,36 ± 4,76	27,66 ± 1,46	1,67 ± 0,42
K	REPUBLIC, Washington	34,03 ± 10,72	23,81 ± 4,23	1,27 ± 0,74
L	SALMON ARM, Brit. Columbia	26,09 ± 7,20	20,70 ± 3,32	0,64 ± 0,40
P	SKRAD, Delnice, Hrvatska	29,72 ± 8,25	22,05 ± 4,00	0,87 ± 0,44
R	ŠIPKA, Bugarska	36,54 ± 6,54	27,16 ± 2,21	1,45 ± 0,53
S	ROVINJ, Hrvatska	35,43 ± 7,32	26,53 ± 2,76	1,37 ± 0,58
T	CASTLE ROCK, Washington	34,42 ± 5,92	25,73 ± 2,13	1,19 ± 0,45
Lokalitet SLATKI POTOK		Prsni promjer u 42.g. <i>DBH in 42nd year</i>	Visina u 42. g. <i>Height in 42nd year</i>	Drvena masa u 42. g. <i>Volume in 42nd year</i>
A	SHELTON, Washington	32,68 ± 8,46	25,28 ± 4,31	1,18 ± 0,64
B	CORVALIS, Oregon	27,80 ± 8,81	22,47 ± 4,77	0,82 ± 0,56
C	SHADY COVE, Oregon	19,58 ± 7,58	15,31 ± 4,52	0,32 ± 0,30
D	TENINO, Washington	32,08 ± 9,53	25,03 ± 3,93	1,15 ± 0,71
E	ELMA, Washington	34,82 ± 8,42	27,50 ± 9,55	1,39 ± 0,60
F	ELK RIVER FALLS, Brit. Columbia	29,32 ± 8,65	24,03 ± 3,86	0,93 ± 0,56
I	MERVILLE BLACK, Brit. Columbia	27,35 ± 10,05	22,55 ± 4,58	0,83 ± 0,66
J	HVIDILDE, Danska	33,14 ± 10,27	24,35 ± 4,30	1,21 ± 0,73
L	SALMON ARM, Brit. Columbia	19,38 ± 6,49	18,18 ± 3,76	0,34 ± 0,29
M	PE ALL, Washington	33,29 ± 8,48	25,60 ± 3,83	1,20 ± 0,63
N	YELM, Washington	31,37 ± 10,56	24,32 ± 4,33	1,10 ± 0,77
R	ŠIPKA, Bugarska	32,18 ± 9,29	24,54 ± 4,42	1,13 ± 0,71
S	ROVINJ, Hrvatska	26,68 ± 10,17	21,94 ± 5,19	0,87 ± 0,61
T	CASTLE ROCK, Washington	35,00 ± 14,09	24,22 ± 4,51	1,40 ± 1,16
Lokalitet MIKLEUŠKA		Prsni promjer u 45.g. <i>DBH in 45th year</i>	Visina u 45. g. <i>Height in 45th year</i>	Drvena masa u 45. g. <i>Volume in 45th year</i>
1	CORTAGE GROVE, Oregon	29,99 ± 2,85	34,76 ± 7,40	4,12 ± 16,16
2	CENTRALIA, Washington	30,56 ± 3,27	36,40 ± 6,72	1,54 ± 0,69
3	CASCADIA, Oregon	30,51 ± 2,02	35,40 ± 7,04	1,51 ± 0,67
4	ASHLAND, Oregon	29,99 ± 2,57	34,76 ± 6,99	1,48 ± 0,71

Tablica 3. Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen na lokalitetu Durgutovica

Table 3 Results of ANOVA for volume on Durgutovica locality

	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Varijanca <i>Variance</i>	F	p
	<i>SS</i>	<i>d.f.</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Provenijencija <i>Provenance</i>	59,287	13	4,561	19,179	<0,0001
Greška <i>Error</i>	240,17	1010	0,238		

Prosječna vrijednost prsnog promjera na ovome lokalitetu iznosi 22,9 cm, visine 25,2 m, te volumena 1,22 m³. Provenijencija s najvišim srednjim vrijednostima svih analiziranih parametara je provenijencija Hvidilde iz Danske (39,36 cm promjera, 27,7 m visine, i 1,68 m³ volumena). Ona se po promjeru i visini statistički značajno razlikuje od svih uspoređenih provenijencija na lokalitetu Durgutovica, osim provenijen-

cija iz Washingtona (Tenino - 36,5 cm promjera i 26,5 m visine; Alder - 36,1 cm promjera i 26,5 m visine; Elma po promjeru - 35,4 cm promjera i Matlock po visini - 26,1 m) i Europe (Šipka, Bugarska - 36,5 cm promjera i 27,1 m visine; Rovinj - 25,4 cm promjera i 25,5 m visine). Najbolja provenijencija Hvidilde iz Danske po volumenu se statistički značajno ne razlikuje samo od provenijencija Šipka (1,45 m³) iz Bugarske i Tenino (1,41 m³) iz Washingtona, na temelju čega se ove tri navedene provenijencije mogu izdvojiti kao najuspješnije provenijencije po svim analiziranim parametrima na lokalitetu Durgutovica.

Najslabiji uspjeh na ovome lokalitetu prema svim analiziranim parametrima pokazala je provenijencija Salmon Arm iz Britanske Kolumbije (26,1 cm promjera, 20,7 m visine, te 0,64 m³ volumena). Ona se statistički značajno razlikuje od svih provenijencija s ovoga lokaliteta, osim od provenijencije Skrad iz Delnica (29,7 cm promjera, 22,0 m visine, te 0,80 m³ volumena). Na temelju ove usporedbe zaključujemo kako se ove dvije provenijencije prema svim analiziranim parametrima izdvajaju kao najlošije na ovome lokalitetu. Međutim, hrvatska provenijencija Skrad pokazuje još i interakciju (što znači da nema statistički značajne razlike) po visini i volumenu s provenijencijom Shady Cove iz Oregona, te po promjeru sa svim ostalim provenijencijama iz Britanske Kolumbije (Elk River Falls, Merville Black i Salmon Arm), čime se provenijencije iz Britanske Kolumbije izdvajaju lošim debljinskim prirastom od ostalih provenijencija na ovome lokalitetu. Grafički prikaz podataka priložen je samo za volumen, s obzirom da je to parametar koji najbolje pokazuje uspjeh pojedine provenijencije.

Za lokalitet Slatki Potok utvrđeno je kako postoji statistički značajna razlika svih analiziranih parametara (prsni promjer, visina, volumen, $p < 0,05$) između prove-

vrijednosti pojedinih godina te interakcija provenijencija x godina. Ovo ukazuje da provenijencije nisu imale jednaku dinamiku debljinskog rasta. Koje se provenijencije međusobno razlikuju utvrđeno je za sve analizirane parametre koristeći Tuckeyev Post Hoc test. Prosječna vrijednost promjera na ovome lokalitetu iznosi 27,9 cm, visine 23,5 m, a volumena 1,00 m³ (Tablica 2).

Provenijencija s najvišim srednjim vrijednostima promjera i visina je Elma (32,8 cm i 27,5 m visine) iz Washingtona. Ona se statistički značajno razlikuje od svih provenijencija osim provenijencija iz Washingtona (Castle Rock (24,2 cm promjera, 32,2 m visine), Pe All (25,6 cm i 31,0 m visine), Shelton (25,2 cm i 30,4 m visine), Tenino (25,0 cm promjera i 29,8 m visine) i Yelm (29,4 cm promjera), te provenijencije Šipka (24,5 cm promjera i 30,2 m visine) iz Bugarske i Hvidilde iz Danske (30,9 m visine). Na temelju ovih podataka može se zaključiti kako su washingtonske provenijencije te europske (Bugarska i Danska) najuspješnije po prsnim promjerima i visinama. 95% interval pouzdanosti za promjere za ovaj lokalitet prikazan je na Slici 1.

Provenijencije s najvišom srednjom vrijednosti volumena su Elma iz Washingtona i Castle Rock iz Oregona sa gotovo jednakim vrijednostima (1,40 m³). One se značajno razlikuju samo od provenijencija s najmanjim volumenom Shady Cove (0,32 m³) iz Oregona i Salmon Arm (0,33 m³) iz Britanske Kolumbije, koje su se pokazale neprikladnima za ovo stanište. Sa svim ostalim provenijencijama nema statistički značajne razlike. Na temelju svih navedenih podataka može se zaključiti kako je provenijencija Elma iz Washingtona, te općenito provenijencije iz Washingtona i europske provenijencije iz Bugarske i Danske najbolje pokazale na ovome lokalitetu.

Najmanji srednji promjer i visine imaju provenijencije Salmon Arm (18,5 cm promjera i 18,2 m visine) iz

Britanske Kolubije i Shady Cove iz Oregona (18,7 cm promjera i 15,3 m visine). Provenijencija Salmon Arm iz Britanske Kolumbije statistički se značajno razlikuje po promjeru od svih provenijencija osim od provenijencije Shady Cove (18,7 cm) iz Oregona i Castle Rock (32,2 cm) iz Washingtona. Iz ovih podataka može se zaključiti kako najniže vrijednosti promjera na lokalitetu Slatki Potok pripadaju provenijencijama iz Britanske Kolumbije, Oregona i provenijencija Castle Rock iz Was-

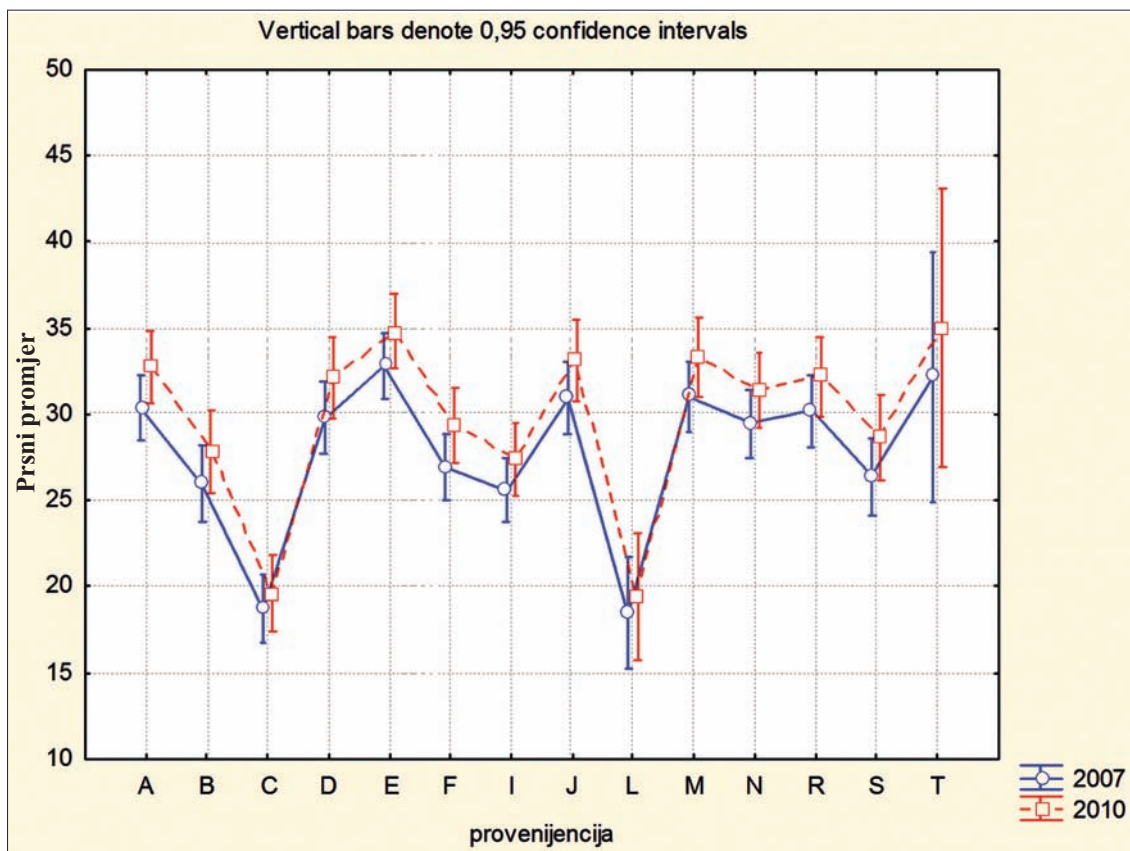
Tablica 4. Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen na lokalitetu Slatki Potok

Table 4 Results of ANOVA for volume on Slatki Potok locality

	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Varijanca <i>Variance</i>	F	p
	<i>SS</i>	<i>d.f.</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Provenijencija <i>Provenance</i>	68,409	13	5,262	13,254	<0,0001
Greška <i>Error</i>	314,447	792	0,397		

ingtona. Provenijencija Salmon Arm se po visini statistički razlikuje značajno sa svima, osim sa provenijencijom Shady Cove (najlošijom po visini), Rovinj (21,9 m) iz Hrvatske, te Castle Rock (24,2 m) iz Washingtona. Najmanju srednju vrijednost volumena ima provenijen-

ingtona. Provenijencija Salmon Arm se po visini statistički razlikuje značajno sa svima, osim sa provenijencijom Shady Cove (najlošijom po visini), Rovinj (21,9 m) iz Hrvatske, te Castle Rock (24,2 m) iz Washingtona. Najmanju srednju vrijednost volumena ima provenijen-



Slika 1. 95 % interval pouzdanosti za promjere u 42. godini na lokalitetu Slatki Potok.

Figure 1 95 % confidence intervals for DBH (in 42nd year after trial establishment) on Slatki Potok locality

cija Shady Cove ($0,32 \text{ m}^3$) iz Oregona, koja se statistički značajno razlikuje od svih provenijencija osim od provenijencije Salmon Arm ($0,33 \text{ m}^3$) iz Britanske Kolumbije. Na temelju ove analize te dvije provenijencije se izdvajaju kao najlošije na ovom lokalitetu, prema svim analiziranim parametrima.

Salmon Arm se još statistički ne razlikuje od provenijencija Corvalis ($0,82 \text{ m}^3$) iz Oregona i Merville Black

($0,83 \text{ m}^3$) iz Britanske Kolumbije, na temelju čega zaključujemo kako su to najslabije provenijencije što se tiče proizvodnje drveta na ovome lokalitetu. Iz ovih podataka može se donijeti i zaključak kako najniže vrijednosti promjera na lokalitetu Slatki Potok pripadaju provenijencijama iz Britanske Kolumbije i Oregona.

Za podatke volumena analiziranih na lokalitetu Mikleuška utvrđeno je kako ne postoji statistički značajna

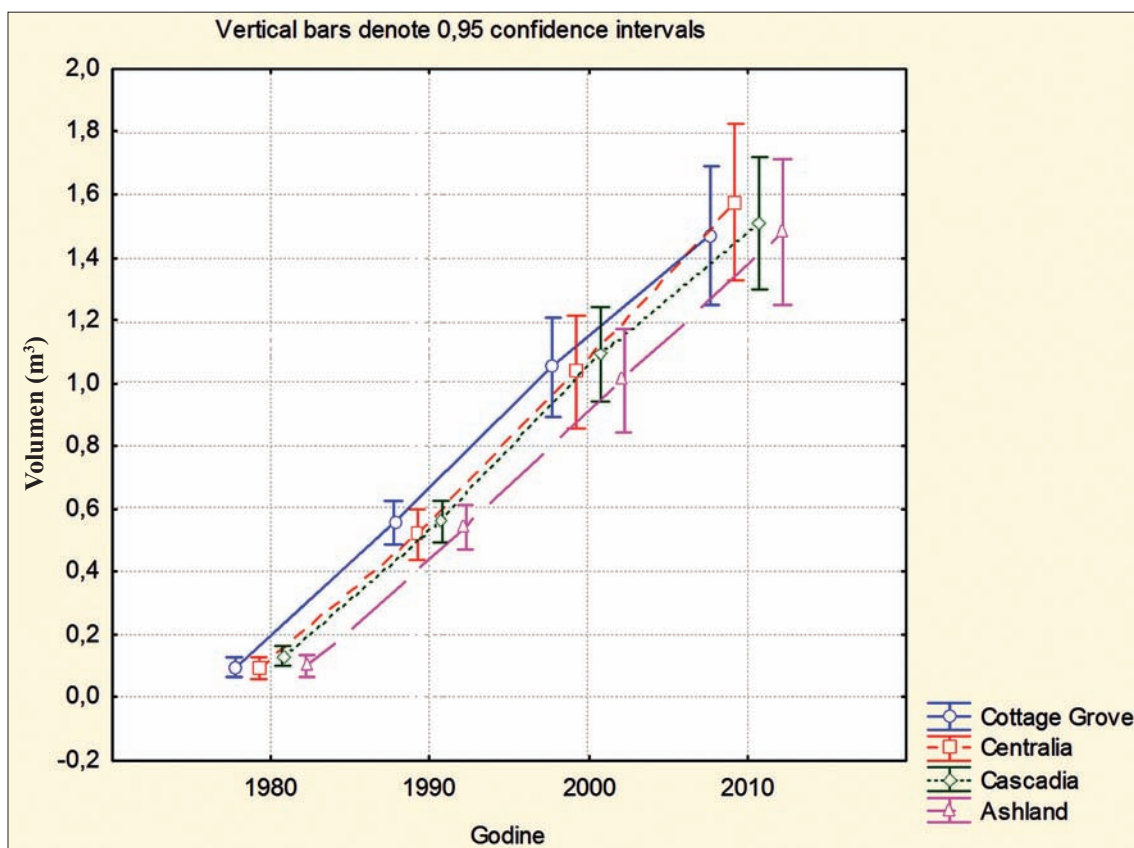
Tablica 5. Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen na lokalitetu Mikleuška

Table 5 Results of ANOVA for volume on Mikleuška locality

	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Varijanca <i>Variance</i>	F	p
	<i>SS</i>	<i>d.f.</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Provenijencija <i>Provenance</i>	785,61	3	261,869	0,949	0,4186
Greška <i>Error</i>	39164,86	142	275,809		
Godine <i>Years</i>	157,81	3	52,603	511,312	<0,0001
Godine*Prov <i>Years*prov</i>	0,21	9	0,023	0,227	0,9906
Greška <i>Error</i>	43,83	426	0,103		

razlika između četiri postojeće provenijencije. Rezultati jednofaktorske analize varijanci za volumen prikazani su u Tablici 5.

Koristeći Tuckeyev Post Hoc test za volumen na ovome lokalitetu dokazano je kako između svih godina postoji statistički značajna razlika, što se moglo i pretpostaviti s obzirom na veliki vremenski interval između pojedinih mjerenja (10 godina – podaci za 1980., 1990., 2000. i 2010). Deskriptivna statistika za ovaj lokalitet prikazana je u Tablici 2, a 95 % interval pouzdanosti za volumen u 45. godini na Slici 2.



Slika 2. 95 % interval pouzdanosti za drveni volumen u 45. godini na lokalitetu Mikleuška.

Figure 2 95 % confidence intervals for volume (in 45. year after trial establishment) on Mikleuška locality

RASPRAVA – Discussion

S obzirom da analizirane provenijencije pokrivaju velik dio prirodnog areala zelene duglazije ($42^{\circ}36' - 50^{\circ}50'$ sjeverne zemljopisne širine, $119^{\circ}10' - 123^{\circ}30'$ zapadne zemljopisne duljine, 0–1350 m n. v.), te obuhvaćaju provenijencije iz Europe i Hrvatske gdje je ona alohtona vrsta, ne čudi što je raspon proizvodnje drvnog volumena velik (od $43,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ do $807,8 \text{ m}^3/\text{ha}$). Ukoliko se u obzir uzmu ekološke karakteristike lokaliteta na kojima su osnovane pokusne plohe može se zaključiti kako one nisu imale značajniji utjecaj prilikom izdvajanja najuspješnijih i najlošijih provenijencija. Naime, općenito se za sve analizirane lokalitete može reći kako su najuspješnije europske provenijencije (Danska Hvidilde i Bugarska Šipka), te provenijencije s nižih nadmorskih visina Savezne države Washington. Ovakvi rezultati samo potvrđuju prethodna istraživanja u kontinentalnom dijelu Hrvatske (Orlić i Ocvirek 1996, Orlić i Ocvirek 1994, Orlić i Ocvirek 1991).

Prema Orliću i Ocvireku (1994) nadmorske visine ispitivanih lokaliteta kreću se od 110 m n. v. (Durgutovica) do 145 m n. v. (Slatki Potok). Razlika nadmorskih visina je 45 m, a logično je da su se najbolje provenijencije pokazale upravo s odgovarajućih nadmorskih visina prirodnog areala.

Prema Klepcu (1962) zelenu duglaziju se preporučuje saditi na duboka, rahla, svježja i topla tla, što je preduvjet za njezino dobro uspijevanje. Prema Orliću i Ocvireku (1996, 1991) tla na lokalitetima su definirana kao rigolano lesivirano tlo na karbonatnom lesu za lokalitet Durgutovica, tlo rigolano lesivirano do rigolano lesivirano slabo pseudoglejno za lokalitet Slatki Potok, te lesivirano pseudoglejno tlo, kisele do jako kisele reakcije za lokalitet Mikleuška. Klima prema istom izvoru je subhumidna vlažna s manjkom oborina u VII, VIII i IX mjesecu na Durgutovici, te humidna s manjkom oborina u VIII i IX mjesecu za Slatki Potok.

Na lokalitetu Durgutovica drveni volumen kreće se od $277 \text{ m}^3/\text{ha}$ (provenijencija Salmon Arm iz Britanske Kolumbije) do $691,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ (provenijencija Hvidilde iz Danske). Najslabiji uspjeh pokazala je uz provenijenciju Salmon Arm i provenijencija Skrad iz Delnica ($413,5 \text{ m}^3/\text{ha}$), što ukazuje kako se ove provenijencije trebaju izbaciti iz planova osnivanja kultura u ovome dijelu RH (navedene provenijencije su uglavnom s viših predjela). Iako druga po proizvodnji volumena, provenijencija Skrad bi se trebala i dalje pratiti s obzirom da njezin volumen ima prosječan iznos, ako se uspoređuje s kulturama u prirodnom rasprostranjenju, a mogla bi imati veću otpornost na neke štetnike, što ovim istraživanjem nije obuhvaćeno. Prove-

nijencija s najvišim drvnim volumenom je Hvidilde iz Danske (691,6 m³/ha), za kojom slijede provenijencije Matlock iz Washingtona (673,2 m³/ha), provenijencija Šipka (670,6 m³/ha) iz Bugarske i Tenino (668,4 m³/ha) iz Washingtona, što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Orlić i Ocvirek 1996, Orlić i Ocvirek 1994). Ukoliko se proizvodnja drvnog volumena usporedi s međunarodnim publikacijama, uspjeh ovih provenijencija može se zaključiti kao izuzetno dobar. Naime, prema dostupnim podacima o proizvodnji volumena zelene duglazije po hektaru (Klepac 1962) koje su preuzete i prilagođene iz publikacija s područja prirodnog rasprostranjenja ove vrste (Sjeverna Amerika) proizvodnja drvnog volumena u starosti od 40 godina kreće se od 148 do 525 m³/ha (ovisno o bonitetnom razredu I do V), a u starosti od 50 godina od 199 do 710 m³/ha. Prema istom navodu ukupna proizvodnja drvnog volumena u kulturama na europskom području u 50. godini ukazuje na sličan rezultat (Hummel i Christi 785 m³/ha do 1094 m³/ha, Schober 508 m³/ha do 940 m³/ha). S obzirom da je na ispitivanim pokusnim ploham obavljena proredna sječa kojom je umanjen broj stabala, iznosi drvnog volumena za ovaj lokalitet su umanjeni. Noviji podaci o ukupnom volumenu iz Francuske (Ponette i dr. 2001) ukazuju na 1100 m³/ha u 60. godini, što ukazuje i na velik raspon proizvodnosti u ovisnosti o stanišnim uvjetima u Europi. Prema navodu Orlića i Perić 2005. analiza proizvodnje volumena na Krndiji također je u skladu s činjenicom da su provenijencije iz Danske i Bugarske pokazale najbolji uspjeh, zajedno s provenijencijama iz obalnog područja savezne države Washington (13. i 27. godina starosti pokusa). Prema istom izvoru Salmon Arm se pokazala kao najlošija provenijencija i na ovome lokalitetu.

Drvni volumen na lokalitetu Slatki Potok općenito je nešto niži od volumena na lokalitetu Durgutovica (ukoliko se uzme u obzir i vrijeme starosti pokusa u trenutku izmjere). Kreće se od samo 43,8 m³/ha (Castle Rock iz Washingtona) do 608,7 m³/ha (Elma iz Washingtona). Prema podacima Orlića i Ocvireka 1994. vrijednosti drvnog volumena u 13. i 22. godini starosti biljaka na ova dva lokaliteta bile su više na lokalitetu Durgutovica, što potvrđuje i ovo istraživanje. Prema Klepcu 1962. zelenu duglaziju se preporučuje saditi na dubokim, rahlim, svježim i toplim tlima, što je preduvjet za njezino dobro uspjavanje. To je jedan od razloga boljeg uspjeha na lokalitetu Durgutovica. Izuzetno niski drvni volumen po hektaru u slučaju provenijencije Castle Rock uvjetovan je niskim preživljenjem, koje se očituje u sve tri repeticije (od 0 do 3 stabla po ponavljanju) na koje su utjecali abiotički čimbenici, o čemu dr. Orlić piše već od prvih godina starosti pokusa (Orlić i Ocvirek 1990). Osim ove provenijencije, kao najlošije po proizvodnji drvnog volumena izdvajaju se Salmon Arm iz Britanske Kolumbije (50,5 m³/ha), Shady Cove iz Oregona (131,3 m³/ha), Corvalis iz Oregona (281,9 m³/ha), te Rovinj iz Hrvatske

(294,6 m³/ha) koje se nalaze ispod prosjeka proizvodnje u sličnoj starosti (Klepac 1962). Ipak, ukoliko se žele dati smjernice za odabir provenijencija za osnivanje kultura s ciljem proizvodnje drveta, svakako je potrebno uzeti u obzir i preživljenje u prvim godinama osnivanja pokusa, koje ukazuje na osjetljivost pojedine provenijencije i prilagodljivost na abiotičke i biotičke čimbenike, koji pak imaju odlučujući utjecaj na proizvodnju drveta. Tako se o niskom preživljenju i lošem uspjehu provenijencija govori više puta u svim već navedenim domaćim publikacijama. Provenijencije s najvišom vrijednosti volumena na ovome lokalitetu su Elma i Shelton iz Washingtona (608,7 m³/ha i 539,2 m³/ha), te se mogu preporučiti za osnivanje kultura na ovome području. Ovakav zaključak u skladu je s rezultatima istraživanja Orlića i Ocvireka (1996, 1994) prema kojima su se kao najbolje provenijencije s nižih nadmorskih visina (do 300m) Savezne države Washington pokazale i na sjeverozapadnom području Hrvatske. Za ovim provenijencijama slijede provenijencije s područja Europe (Hvidilde iz Danske i Šipka iz Bugarske), te provenijencije iz Savezne države Washington, a kreću se od 414,5 m³/ha do 488,3 m³/ha, što je zadovoljavajuće u usporedbi s podacima proizvodnje volumena u kulturama iz Europe (Kantor 2008; Ponette i dr. 2001) i Sj. Amerike (Reukema 1979).

S obzirom da na lokalitetu Mikleuška ne postoji statistički značajna razlika između volumena četiri analiziranih provenijencija, ne može se po proizvodnji posebno izdvojiti niti jedna od njih. Međutim, uspoređujući podatke volumena s podacima iz europskih publikacija, gdje je zelena duglazija unešena vrsta (Kantor 2008; Ponette i dr. 2001) koji navode od 574 m³/ha do 747 m³/ha u kulturama sličnih starosti (52.–58. godina) može se reći kako srednji volumen na ovome lokalitetu od 703,62 m³/ha ukazuje na dobru produktivnost odabranih provenijencija na ovome području. Usporedba s proizvodnjom volumena u kulturama na području prirodnog rasprostranjenja koja iznosi 296–468 m³/ha u 53. godini starosti kulture (Reukema 1979) također ukazuje na dobru produktivnost provenijencija na ovome lokalitetu. Prema usporedbi trenda proizvodnje volumena u razdoblju 1980. do 2010. godine s podacima Orlića i Ocvireka 1991. može se reći kako postoji kontinuitet u dinamici proizvodnje volumena pojedinih provenijencija. Ipak, prema istom izvoru provenijencija Cascadia ima značajno veće preživljenje u 15. i 25. godini, što ukazuje na bolju usklađenost sa staništem, dok smo u 45. godini utvrdili kako posjeduju veći volumen od drugih 807,8 m³/ha.

Provenijencije koje su izdvojene kao najlošije (općenito provenijencije iz južnih i sjevernih dijelova prirodnog areala, a to su provenijencije iz Britanske Kolumbije i Oregona) ne bi se trebale koristiti prilikom osnivanja kultura zelene duglazije na nižim nadmorskim visinama kontinentalne Hrvatske.

ZAKLJUČCI – *Conclusions*

Na temelju istraživanja uspjeha različitih provenijencija zelene duglazije na tri lokaliteta kontinentalne Hrvatske donose se sljedeći zaključci:

Visoka produkcija i dobre karakteristike drveta, te široka ekološka valencija postavljaju zelenu duglaziju na značajno mjesto prilikom osnivanja novih šumskih kultura u Hrvatskoj.

Novije europske spoznaje naglašavaju njezino značenje u okvirima klimatskih promjena, gdje je prepoznata kao vrsta povoljnih bioloških osobina te se kao takva preporučuje koristiti prilikom osnivanja novih šumskih kultura.

Proizvodnja drvnog volumena u kulturama zelene duglazije na više lokaliteta kontinentalne Hrvatske, ukazuje na dobru proizvodnju pojedinih provenijencija (Hvidilde – Danska, Šipka – Bugarska, provenijencije s nižih nadmorskih visina Savezne države Washington) u usporedbi s proizvodnjom na području njezinog prirodnog areala ili s podacima iz kultura s europskog područja.

Prilikom postavljanja smjernica za odabir provenijencija zelene duglazije za osnivanje šumskih kultura s ciljem proizvodnje drveta, svakako je potrebno uzeti u obzir i preživljenje u prvim godinama osnivanja pokusa, koje ukazuje na osjetljivost pojedine provenijencije i njezinu prilagodljivost na abiotske i biotske čimbenike koji imaju odlučujući utjecaj na proizvodnju drveta. Uzevši u obzir i preživljenje u prva dva desetljeća starosti biljaka, potvrđuje se dobar odabir već navedenih provenijencija.

Ekološka amplituda zelene duglazije je velika. Ipak, potrebno je obratiti pozornost na tip tla s obzirom da mnoge kulture stradavaju od abiotskih čimbenika (osobito vjetar). Na istraživanim ploham sa zabilježenim izuzetno niskim volumenom po hektaru (Castle Rock, Salmon Arm, Shady Cove), preostao je mali broj stabala uslijed velikih šteta uzrokovane abiotskim čimbenicima, zbog čega ove provenijencije treba isključiti prilikom izrade planova gospodarenja i ne koristiti ih za osnivanje šumskih kultura na području kontinentalnog dijela RH.

Najproduktivnije provenijencije (Hvidilde – Danska, Šipka – Bugarska, provenijencije s nižih nadmorskih visina Savezne države Washington) preporučuju se koristiti u kontinentalnom dijelu nižih nadmorskih visina, jer su se u usporedbi s rezultatima međunarodnih istraživanja pokazale uspješnim na svim istraživanim lokalitetima.

S obzirom na dobre rezultate i date preporuke za pojedine provenijencije zelene duglazije, potrebno je povezati proizvodnju šumskog reproduksijskog materijala s potencijalnim površinama za osnivanje novih šumskih kultura.

Postoji potreba daljeg istraživanja proizvodnje drvnog volumena zelene duglazije u RH, s obzirom da sadašnji rezultati ukazuju na izuzetno dobru proizvodnju u usporedbi s proizvodnjom u kulturama na području prirodnog rasprostranjenja, te područja gdje je ona introducirana vrsta. Također se istraživanjem trebaju obuhvatiti i pokusne plohe na višim nadmorskim visinama kontinentalnog dijela Hrvatske.

ZAHVALA – *Acknowledgements*

Ovo istraživanje provedeno je u okviru projekta “Gospodarenje kulturama četinjača”, uz financijsku potporu poduzeća “Hrvatske šume” d.o.o. Želimo se osobito zahvaliti na susretljivosti i iskazanoj pomoći

upraviteljima i djelatnicima UŠP Bjelovar (šumarije Veliki Grđevac), UŠP Vinkovci (šumarije Mikanovci) i UŠP Zagreb (šumarije Kutina).

LITERATURA – *References*

- Ferron, J. L., F. Douglas, 2010: Douglas-fir in France: history, recent economic development, overviews for the future. U: H. Spiecker, U. Kohnle, K. Makkonen-Spiecker, K. von Teuffel, Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, XI, Freiburg.
- Fischer, S., B. Neuwirth, J. Löffler, M. Winiiger, 2010: Tree-ring growth of West-German Douglas-fir under changing climate conditions. U: H. Spiecker, U. Kohnle, K. Makkonen-Spiecker, K. von Teuffel, Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 16, Freiburg.
- Gračan, J., 1984: Varijabilnost provenijencija obične smreke (*Picea abies* /L./ Karst.) u dijelu prirodnog rasprostranjenja. Doktorska disertacija, str. 1–43.
- Griesbauer, H. P., D. S. Green, 2010: Climatic and regional patterns in Douglas-fir climate growth relationship in British Columbia, Canada. U: H. Spiecker, U. Kohnle, K. Makkonen-Spiecker, K. von Teuffel, Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 9, Freiburg.
- Hein, S., A. R. Weiskittel, U. Kohnle, 2008: Effect of wide spacing on tree growth, branch and sapwood properties of young Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.) in south-

- western Germany. *Eur J Forest Res*, 127 (6): 481–493.
- Hermann, K., D. P. Lavender, 1999.: Douglas-fir planted forests. *New forests*, Vol 17: 53–70 (1999), Kluwer Academic Publishers.
- Kantor, P., 2008: Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Krtiny Training Forest Enterprise. *Journal of forest science*, 54, 2008(7): 321–332.
- Kenk, G., M. Thren, 1984: Results of different Douglas-fir provenance tests in Baden -Württemberg. Part I: The international Douglas fir provenance test 1958. *Allg Forst-u Jagdztg* 155:165–184.
- Klepac, D., 1962: Rast i prirast zelene duglazije i američkog borovca – prilog za poznavanje navedenih vrsta na području NR Hrvatske. Poljoprivredno šumarska komora NR Hrvatske, Sekcija za šumarstvo, Zagreb, 1962.
- Komlenović, N., S. Orlić, P. Rastovski, 1995: Uspijevanje šest vrsta četinjača u području bujadnica i vriština. *Šum. list* 5–6: 169–178, Zagreb.
- Larson, B., 2010: The dynamics of Douglas-fir stands. U: H. Spiecker, U. Kohnle, K. Makonen-Spiecker, K. von Teuffel, Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate, *Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Wurtemberg*, IX, Freiburg.
- Orlić, S., 1994: Rezultati istraživanja komparativnog uzgoja domaćih i stranih vrsta četinjača na bukovoj stojbini. *Rad. Šumar. Inst.* 29 (1/2): 247–258, Jastrebarsko.
- Orlić, S., 1985: Uspijevanje četinjača u kulturama na području Šumskog gospodarstva Bjelovar, *Rad. Šumar. Inst.* 65: 5–63, Jastrebarsko.
- Orlić, S., N. Komlenović, 1988: Uspijevanje kultura četinjača i njihov utjecaj na kemijska svojstva tla na različitim staništima. *Rad. Šumar. Inst.* 75: 115–121, Jastrebarsko.
- Orlić, S., N. Komlenović, P. Rastovski, M. Ocvirek, 1997: Uspijevanje šest vrsta četinjača na lesiviranom tlu na području Bjelovara. *Šum. list* 121 (7/8): 361–370, Zagreb.
- Orlić, S., M. Ocvirek, 1996: Istraživanje provenijencije zelene duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.) u Hrvatskoj. *Šum. list* 120 (11/12): 455–462, Zagreb.
- Orlić, S., M. Ocvirek, 1994: Istraživanje provenijencija zelene duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.) u Hrvatskoj. *Šum. list* 5–6: 139–146, Zagreb.
- Orlić, S., M. Ocvirek, 1991: Pokus 4 provenijencije Zelene duglazije, G. j. Garjevica B. Stručni izvještaj za 1991. godinu, Šumarski institut Jastrebarsko, Jastrebarsko.
- Orlić, S., M. Ocvirek, 1990: Međunarodni pokus provenijencija zelene duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.). *Rad. Šumar. Inst.* 25 (1/2): 295–310, Jastrebarsko.
- Orlić, S., S. Perić, 2005: Proučavanje uspješnosti provenijencija duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.), na Krndiji. *Šum. list* 5–6: 243–250 Zagreb.
- Perić, S., A. Jazbec, M. Tijardović, J. Margaletić, M. Ivanković, I. Pilaš, J. Medak, 2009: Provenance studies of Douglas fir on the locality “Kontija” (Istria). *Periodicum biologorum* Vol 111 (4): 487–493.
- Perić, S.; Jazbec, A., Ivanković, M., Analysis of Height and Diameter at Brest Height for Douglas Fir Provenances Test // *Proc. 27th International Conference ITI 2005 / Lužar-Stiffler V, Hljuz-Dobrić V* (ur.). Zagreb : SRCE, 2005. 223–226 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad,znanstveni).
- Ponette, Q., J. Ranger, J.-M. Ottorini, E. Ulrich, 2001: Aboveground biomass and nutrient content of five Douglas-fir stands in France. *Forest Ecology and Management* 142 (2001) 109–127.
- Reukema, D. L., 1979: Fifty-year development of Douglas-fir stands planted at various spacings. *Research paper PNW-253*, April 1979.
- Ritchie, M. W., J. D. Hamann, 2007: Individual-tree height-, diameter- and crown-width increment equations for young Douglas-fir plantations. Springerlink: www.springerlink.com.
- Sokal, R. R., Rohlf FJ, 1995: *Biometry*. Freeman and Company. New York.
- (Electronic Version): StatSoft, Inc. (2010). *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
- Šumsko-gospodarska osnova područja za RH (2006.–2015.)
- Teuffel, K. V., B. Heinrich, M. Baumgarten, 2004: Present distribution of secondary Norway spruce in Europe. In: Spiecker H, Hansen J, Klimo E, Skovsgaard JP, Sterba H, Teuffel KV (eds): *Norway spruce conversion—options and consequences*. European Forest Institute Research Report, 18, Brill, Leiden, pp 63–96.
- Weise, U., M. Flöß, G. Kenk, 2001: Treatment and value of Douglas-fir in Baden-Württemberg. *AFZ/Der Wald* 15:803–806.

SUMMARY: Establishment of forest cultures in Croatia begun around 1970s. Since then, share of cultures in Croatian forest fund varies while today it amounts to about 3 %. New scientific knowledge points out to justifiable reasons of further and enhanced establishment of Douglas fir cultures in Croatia (especially spontaneous increase of suitable areas for their establishment such as former agricultural land). This paper presents results of scientific Douglas fir research conducted in the scope of project "Management of conifer cultures". Numerous trials which have been established during the last 40 years (in the scope of activities of Croatian forest institute) with the aim of determining the most suitable provenances for establishment of conifer cultures in Croatia have provided first results. According to those results Douglas fir showed best growth success among all investigated species.

Douglas fir is one of the most valuable and important specie for timber production in the world. Combination of high quality wood with high productivity places Douglas fir on the top of the world's timber production. In the country of its natural distribution this specie is the object of numerous scientific publications, while the research on Douglas fir success in Europe was conducted mostly in the scope of culture establishment. Its natural distribution spreads in the west part of North America. This specie is successfully introduced in almost all areas of temperate region in the world (Europe, southern part of South America and Australia) and in New Zealand. Douglas fir cultures occupies immense areas in North America where this species is naturally distributed.

Douglas fir successfully adapts to broad range of site conditions, while provides high incomes and high quality products. It successfully grows in different climatic conditions, especially on deep and aerated soils, with pH 5–6, while on heavy soils with higher water content shows lower success. Although Douglas fir is the specie with deep root system, morphology of roots depends on soil properties. In the context of climate change Douglas fir seems to be very interesting commercial specie for Europe since it adapts easier to conditions of temperature increase and rainfall decrease during the vegetation period. Consequently, Douglas fir could be superior to Norway spruce which is currently most important economic specie in the Europe. Those characteristics, together with results of former research conducted on its success, makes Douglas fir suitable for establishment of new cultures on non-forest land in Croatia.

As a result of all above mentioned information, part of this research was focused on analysis of Douglas fir provenances success 40, 42 and 45 years after culture establishment on three different localities of continental part of Croatia. Research on Douglas fir growth success was conducted in the 40th year after trial establishment on locality Durgutovica (Forest administration Vinkovci, Vinkovci forest office,) in the 42nd year on Slatki Potok locality (Forest administration Bjelovar, Veliki Grđevac forest office), and in the 45th year on the locality Mikleuška (Forest administration Zagreb, Kutina forest office). Trials were established in randomized block design in four repetitions. Trials include 23 different provenances in total (on all investigated localities – presented in Table 1). 19 provenances originate from areas of its natural distribution, mainly from lower altitudes (6 from Oregon, 3 from British Columbia and 10 from Washington). Four provenances originate from Europe, two of which are from Croatia (Rovinj and Skrad), one from Bulgaria (Šipka) and one from Denmark (Hvidilde). Statistical analysis which has been conducted for all measured parameters (DBH, height, volume) on all localities showed statistically significant difference between provenances in the case of provenances on localities Durgutovica and Slatki Potok, while there is no difference between provenances on Mikleuška locality (presented in Tables 3, 4 and 5 for volume). Descriptive statistics for all localities, provenances and parameters is presented in Table 2.

Provenance with the highest average value of all analyzed parameters on locality Durgutovica is Hvidilde from Denmark (39,4 cm DBH, 27,7 m height, 1,68 m³ volume). In the case of volume, there is no statistically significant differences of this provenance and all other provenances except Šipka (1,45 m³) from Bulgaria and Tenino (1,41 m³) from Washington. Based on this result, those three provenances can be highlighted as the best provenances regarding volume on locality Durgutovica. According to statistical analysis of all analyzed parameters (DBH, height, volume) the poorest success on locality Durgutovica showed provenances Salmon Arm from British Columbia (26,1 cm DBH, 20,7 m height, 0,64 m³ volume) and Skrad from Croatia (29,7 cm DBH, 22,0 m height, 0,80 m³ volume).

Provenance Elma from Washington, and generally speaking all provenances from Washington and European provenances from Denmark and Bulgaria showed the best success on Slatki Potok locality. On this locality the lowest average value of volume shows provenance Shady Cove (0,32 m³) from Oregon, which statistically differs from all provenances except provenance Salmon Arm (0,33 m³) from British Columbia. Those two provenances are excluded as the worst on this locality according to all analyzed parameters. The lowest DBH values belong to provenances from British Columbia and Oregon. 95 % confidence intervals for DBH on this locality are presented on Figure 1.

For volume value on locality Mikleuška it is determined that there is no statistically significant difference among four existing provenances (Cortage Grove-Oregon; Centralia-Washington; Cascadia-Oregon and Ashland-Oregon). 95 % confidence intervals for volume on this locality are presented in Figure 2.

On the basis of presented results we conclude that provenances with the best success for all localities are those which originate from lower altitudes (0-300 m a. s. l.) of The State of Washington (Elma, Tenino) and Europe (Hvidilde from Denmark and Šipka from Bulgaria). As those provenances showed the best success in continental part of Croatia we recommend that they should be used for establishment of new cultures in Croatia.

High production and wood quality together with wide range of ecological conditions places Douglas fir on significant position for new forest culture establishment in Croatia. New scientific knowledge highlights its significance in the scope of climate changes where it is recognized as species of beneficial biological properties.

This project was conducted under auspices of "Hrvatske šume" Ltd., so we would like to use this opportunity to express our sincere thanks for financial help as well as to thank all employees of forest and administration offices for their immense help.

Key words: Douglas fir, forest cultures, success, provenance, Croatia.