

VARIJABILNOST VISINSKOG RASTA OBIČNE BUKVE (*Fagus sylvatica* L.) U TESTOVIMA PROVENIJENCIJA U HRVATSKOJ I SLOVENIJI

EUROPEAN BEECH (*Fagus sylvatica* L.) HEIGHT GROWTH VARIABILITY IN CROATIAN AND SLOVENIAN PROVENANCE TRIALS

Mladen IVANKOVIĆ*, Saša BOGDAN**, Gregor BOŽIČ***

SAŽETAK: Prikazani su rezultati istraživanja varijabilnosti visinskog rasta provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u dva terenska pokusa smještena u Hrvatskoj i Sloveniji. Pokusi provenijencija osnovani su tijekom proljeća 1998. godine s biljkama starosti 2 godine. U hrvatskom se pokusu nalazi trideset i šest, a u slovenskom trideset i osam europskih provenijencija. Biljke su posađene u eksperimentalnom dizajnu randomiziranog blok sustava (RBD), u tri ponavljanja, a svaka je provenijencija zastupljena sa po 150 sadnica. Hrvatski pokus čine provenijencije iz 13 europskih zemalja: Austrija, Belgija, Češka, Danska, Francuska, Hrvatska, Velika Britanija, Njemačka, Nizozemska, Poljska, Slovenija, Švedska i Ukrajina, a slovenski provenijencije iz 16 europskih zemalja: Austrija, Belgija, Češka, Danska, Francuska, Hrvatska, Velika Britanija, Njemačka, Italija, Luxemburg, Nizozemska, Poljska, Slovačka, Slovenija, Švedska i Švicarska.

Rezultati rada odnose se na preživljenje i visine biljaka starosti 2+8 godina (nakon 8 godina rasta u terenskom pokusu), izmjerenih u jesen 2005. godine. Promatrajući oba istraživana pokusa, provenijencija P-13 (Soignes-Belgija) imala je najbolje preživljenje u slovenskom pokusu (94 %). Najveće prosječne visine biljaka od 242,80 cm imala je lokalna provenijencija u slovenskom pokusu P- 53 (Postojna – Mašun).

Rezultati istraživanja uspijevanja provenijencija na različitim staništima pokazuju kako su pojedine provenijencije (P-05 Bretagne F, P-31 Urach D, P-17 Westfield GB) fenotipski stabilne, odnosno pokazuju opću adaptiranost, za razliku od drugih koje su fenotipski nestabilne, odnosno pokazuju specifičnu adaptiranost (P-64 Nizbor, CZ, P-51 Horni Plana-Ce CZ).

Rezultati analize varijance pokazali su da je efekt provenijencija bio statistički značajan samo u slovenskom testu, dok u hrvatskom pokusu i u kombiniranoj analizi nije bilo značajnih razlika između analiziranih provenijencija. Efekt interakcije provenijencija s blokovima bio je statistički značajan izvor varijabilnosti u oba pokusa, ukazujući na snažne utjecaje mikrostanišnih razlika.

Međutim, u hrvatskom testu blokovi su postavljeni prema nagibu terena, a ne paralelno sa slojnicama, što je vjerojatan uzrok visoke statističke značajnosti interakcije provenijencija s blokovima. Nadalje, u slovenskom su pokusu blokovi imali nejednak broj provenijencija, što je također vjerojatan uzrok statističke značajnosti interakcije blok × provenijencija. Vjerujemo da su prethod-

* Dr. sc. Mladen Ivanković, Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Hrvatska. E-mail: mladeni@sumins.hr

** Dr. sc. Saša Bogdan, Šumarski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

*** Dr. sc. Gregor Božič, Slovenski gozdarski inštitut, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

no navedeni razlozi doveli do precjenjivanja interakcija kao izvora varijabilnosti, a time istovremeno i do podcjenjivanja efekta provenijencija.

Tukey-Kramer-ov test signifikantnosti razlika između provenijencija nije pokazao klinalni obrazac geografske varijabilnosti, pa bi se moglo zaključiti da je genetska varijabilnost ekotipskoga karaktera. Međutim, buduća istraživanja, koja bi uključila i ekološke varijable originalnih majčinskih sastojina, trebala bi više razjasniti obrazac uočene genetske varijabilnosti u istraživanim pokusima.

Rezultati ovih istraživanja svoju primjenu mogu imati u oplemenjivanju kao i u očuvanju genetskog bogatstva obične bukve.

Ključne riječi: genetska raznolikost, ekotipska varijabilnost, kvantitativna svojstva

UVOD – Introduction

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) prema svojoj ekološkoj, socijalnoj i ekonomskoj vrijednosti pripada među najznačajnije vrste šumskog drveća u Europi. Preživjela je izrazito intenzivne klimatske i geološke promjene tijekom kvartara, jer su neke populacije preživjele u tzv. glacijalnim pribježištima. Te su populacije izvorno podrijetlo sadašnje bukve (Hazler i dr. 1997, Gömöry i dr. 1999). Obična bukva je najrasprostranjenija vrsta drveća, kako u Europi tako i u Hrvatskoj i Sloveniji. Prema Raušu i Vukeliću (1998) u Hrvatskoj se rasprostire na 47 % šumske površine gdje čini 45 % drvene zalihe (Klepac 1986). U Sloveniji 70 % površina šuma zauzima bukva u čistim ili mješovitim sastojinama.

Ubraja se među naše najvitalnije vrste, jer čiste i mješovite sastojine nisu oštećene uslijed djelovanja štetnika, bolesti i onečišćenja polutantima (Gla va š i dr. 1992; Potočić i Seletković 2000). Bukvu nalazimo u svim vegetacijskim pojasima kontinentalne Hrvatske u rasponu od 100 do 1500 m nadmorske visine.

Bukove šume jugoistočne Europe na prostoru od Grčke na jugu, Poljske na sjeveru, Slovenije na zapadu i Rumunjske na istoku većinom su uspjele sačuvati priro-

dnu strukturu. Na navedenom prostoru rasprostiru se na površini većoj od 9 000 000 ha. Također, obična bukva jedina je vrsta šumskog drveća u Europi koja od prirode dolazi na širokom rasponu nadmorskih visina (od 100 m pa sve do 2000 m n.v.).

Izučavanja uspijevanja provenijencija obične bukve započela su osnivanjem prvog pokusa provenijencija u Njemačkoj (Klenitz 1886), a nešto kasnije u Belgiji, Danskoj, Francuskoj i nekim drugim europskim zemljama (Vidaković i Krstinić 1985). Uočavanje pojedinih morfoloških, fizioloških i gospodarski važnih karakteristika pojedinih bukovih provenijencija ima veliku važnost za izbor i priznavanje sjemenskih sastojina i oplemenjivanje bukve (Gračan 2003).

U Hrvatskoj su prva istraživanja uspijevanja različitih provenijencija obične bukve započela relativno kasno, odnosno početkom devedesetih godina dvadesetoga stoljeća. Točnije, 1993. godine, uključivanjem Šumarskog instituta, Jastrebarsko u međunarodni Projekt "Procjena genetskih resursa obične bukve za adekvatnu primjenu u potrajnom gospodarenju šumama" (Gračan i Ivanković 2001). U projekt je uključena 21 zemlja.

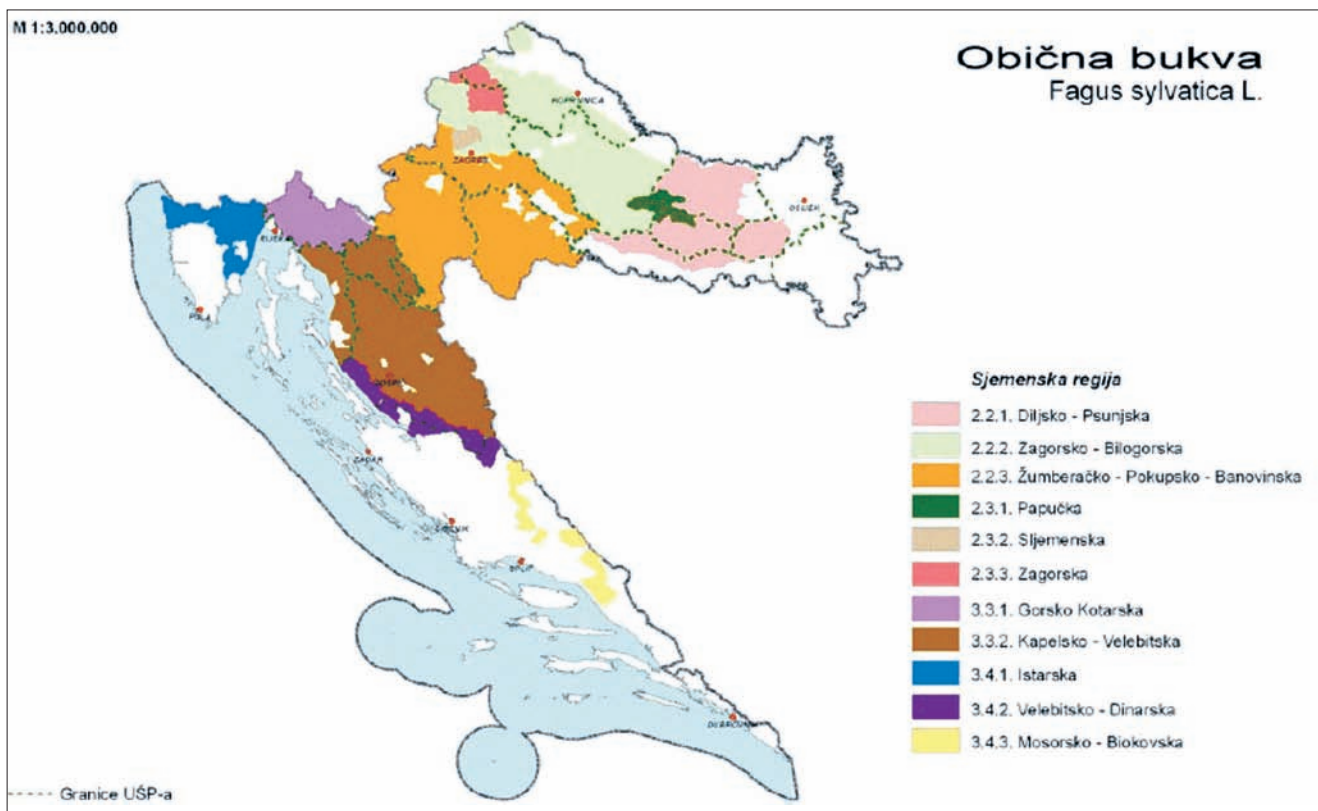
Sjemenska razdjelba i regulativa prometa šumskim reproduktivnim materijalom obične bukve u Hrvatskoj – *Seed delineation and forest reproductive material legislation for European beech in Croatia*

Prvu razdjelbu šuma na sjemenske jedinice proveo je Šafar (1958), a dopunio Zavod za kontrolu šumskog sjemena u Rijeci 1963. (Gradečki i dr. 1990). Devedesetih godina razdjelbu šuma radila je grupa autora (Gračan i dr. 1995 i 1999).

Danas je prema Pravilniku o područjima provenijencija svojiti šumskog drveća od gospodarskog značaja napravljenog temeljem članka 19. stavak 1. Zakona o šumskom reproduktivskom materijalu ("Narodne novine" br. 140/05.) važeća sljedeća razdjelba šuma obične bukve (Slika 1):

2. Oblast brdsko-gorskih šuma srednje i sjeverne Hrvatske (150 – 1000 m n. v.)
 - 2.2. Sjemenska zona gorske bukove šume (300 – 800 m n. v.)
 - 2.2.1. Sjemenska regija Diljsko-psunjska
 - 2.2.2. Sjemenska regija Zagorsko-bilogorska
 - 2.2.3. Sjemenska regija Žumberačko-pokupsko-banovinska
 - 2.3. Sjemenska zona šuma panonske bukve i jele (800 – 1000 m n. v.)

- 2.3.1. Sjemenska regija Papučka
- 2.3.2. Sjemenska regija Sljemenska
- 2.3.3. Sjemenska regija Zagorska
- 3. Oblast brdsko-gorsko-planinskih šuma (150 – 1500 m n. v.)
- 3.3. Sjemenska zona dinarskih šuma bukve i jele (700 – 1200 m n. v.)
- 3.3.1. Sjemenska regija Gorsko kotarska
- 3.3.2. Sjemenska regija Kapelsko-velebitska
- 3.4. Sjemenska zona primorskih bukovih šuma (800 – 1000 m n. v.)
- 3.4.1. Sjemenska regija Istarska
- 3.4.2. Sjemenska regija Velebitsko-dinarska
- 3.4.3. Sjemenska regija Mosorsko-biokovska



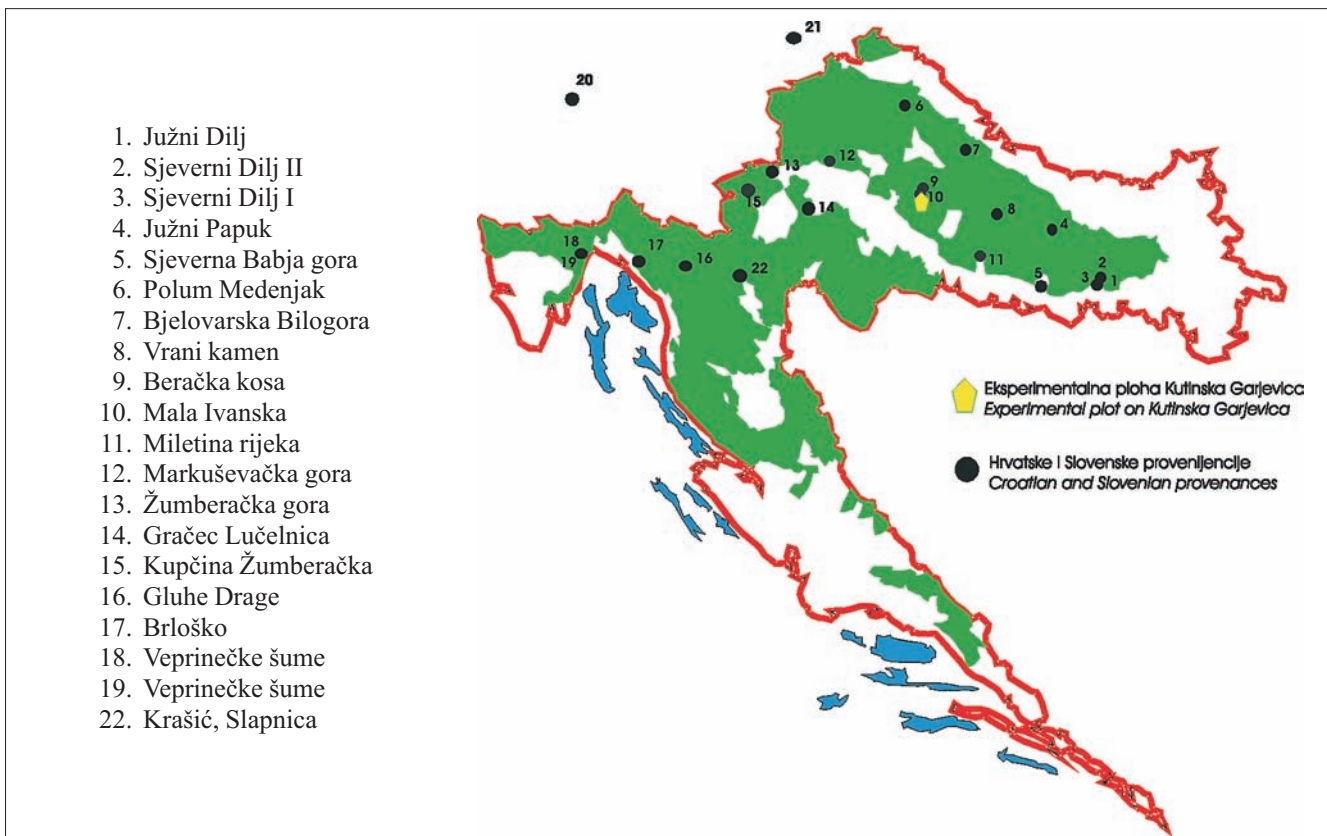
Slika 1. Sjemenske jedinice obične bukve (NN 107/08)

Figure 1 Seed units of Common Beech (NN 107/08)

Što se tiče preporuke za uporabu sjemena i reprodukcijskog materijala ne treba posebno isticati kako se ponajprije treba služiti prirodnom obnovom. Ako je potrebna umjetna obnova ili popunjavanje, reprodukcijski materijal treba biti iz sjemenskih objekata iste sjemenske zone, poštivajući visinske pojaseve rasprostranjenosti vrste.

Tijekom jeseni 1994. godine skupljeno je 360 kg sjemena (bukvice) u 20 populacija obične bukve u Hrvatskoj i u 2 populacije iz Slovenije (Slika 1). U rani su test bile uključene ove populacije: 4 populacije iz diljsko-psunjske sjemenske jedinice (II.2.1); 2 iz papučke (II.3.1); 5 iz zagorsko-bilogorske; 1 iz sljemenske (II.3.2); 4 iz žumberačko-pokupsko-banijske (II.2.3) i 2 iz gorskokotarske (III.2.1 i III.1.1.); 2 iz istarske sjemenske jedinice (III.3.1.) i 2 iz Slovenije (Škofja Loka

i Ptuj). Radi izostanka uroda sjemena u rani test nisu bile uključene populacije iz kapelsko-velebitske, gorskokotarske (veće nadmorske visine – altitudinalne rase) i mosorsko-biokovske sjemenske jedinice. Slika 2 prikazuje distribuciju provenijencija uključenih u prva istraživanja varijabilnosti obične bukve u Hrvatskoj. Pokus je osnovan u rasadniku Šumarskog instituta, Jastrebarsko u 4 ponavljanja 22. prosinca 1994. godine na površini od 180 m².



Slika 2. Raspored uzorkovanih provenijencija obične bukve u Hrvatskoj
 Figure 2 Distribution of sampled common beech provenances in Croatia

Dosadašnji rezultati istraživanja u hrvatskom terenskom pokusu provenijencija obične bukve

Up to date research results of the European beech field trial in Croatia

Praćenje uspijevanja provenijencija i njihova visinskog rasta u terenskom pokusu "Kutinska Garjeвица" (Hrvatska) započelo je neposredno nakon njegova osnutka. Rezultati istraživanja tijekom 1998, 1999. i 2000. godine, pokazali su kako je prosječni postotak preživljenja iznosio 76,00 % (1998), 60,70 % (1999) i 58,10 % (2000). Najveći postotak preživljenja imala je provenijencija 59 (Pidkamin, Ukrajina): 96,00 % (1998) 95,30 % (1999) i 94,70 % (2000), dok je najmanji postotak preživljenja imala provenijencija 67 iz Poljske: 47,00 % (1998), 30,10 % (1999) i 24,60 % (2000). Domaće provenijencije: 13 (Samobor), 14 (Pisarovina) i 10 (Ivanjska) dolazile su odmah iza spomenute provenijencije 59. Sve provenijencije iz Hrvatske imale su postotak preživljenja veći od prosjeka pokusa. Preživ-

ljenje tih provenijencija kretalo se od 83,30 % (provenijencija 13 do 64,70 % (provenijencija 2 – Sjeverni Dilj II i 7 – Bjelovarska Bilogora). Slovenske provenijencije (3) također su imale veći postotak preživljenja od 58,10 % tj. prosjeka pokusa.

Rezultati izmjera visina biljaka pokazali su kako su prosječne visine biljaka iznosile 40,69 cm (1998), 46,62 cm (1999) i 70,13 cm (2000). Najveće prosječne visine u 2000. godini imale su biljke provenijencije 5 (Sjeverna Babja gora – 110,61 cm), 21 (Vurberg, Slovenija – 106,98 cm) i 14 (Gračec Lučelnica – 104,04 cm). Najniže visine imale su biljke provenijencija: 64 (Nizbor, Republika Češka – 40,91 cm); 23 (Torup, Švedska – 41,14 cm), 67 (Bilowo, Poljska – 41,52 cm) i 21 (Grasten, Danska – 41,64 cm).

MATERIJAL I METODE – Material and Methods

Međunarodni terenski pokusi provenijencija obične bukve osnovani su tijekom proljeća 1998. godine, u sklopu spomenutog zajedničkog projekta. Hrvatski je pokus osnovan na području gospodarske jedinice Kutinska Garjeвица, odsjek 107a, Šumarija Kutina, Uprava šuma Podružnica Zagreb. Detalj pokusa prikazan je na slici 3. U njemu je posađeno ukupno 7500 biljaka na po-

vršini od 1,30 ha (50 sadnica po provenijenciji × 3 ponavljanja (bloka) × 36 provenijencija = 7500 sadnica). U pokus je uključeno 36 provenijencija bukve različitog porijekla (Tablica 1, Slika 4): 15 iz Hrvatske, 3 iz Slovenije i 18 iz drugih 11 europskih zemalja: Austrije, Belgije, Velike Britanije, Njemačke, Nizozemske, Češke, Danske, Francuske, Poljske, Švedske i Ukrajine.

Tablica 1. Osnovni podaci o provenijencijama u terenskom pokusu Kutinska garjevica

Table 1 General data about provenances in field test Kutinska Garjevica

oznaka - zemlja mark - Country		Uprava - Šumarija Administration - Office	Provenijencija Provenance	Geo. koordinate		m.n.v.
				longitude	latitude	Altit.
64	CZ		Nizbor	14° 0'	50° 0'	480
51	CZ		Horni plana - Ce	14° 0'	48° 51'	990
31	D		Urach (BW)	9° 27'	48° 28'	760
46	CZ		Domazlice - Vyhl.	12° 46'	49° 24'	760
CR-13	HR	ZAGREB - Samobor	Žumb. Novoselska gora 82 a	15° 38'	45° 48'	390
CR-16	HR	DELNICE - Vrbovsko	Gluhe Drage 25	15° 01'	45° 18'	810
35	A		Hinterstoder	14° 6'	47° 43'	1250
48	CZ		Jablonec N. N.	15° 14'	50° 48'	760
67	PI		Bilowo 115, 116	18° 10'	54° 20'	250
CR-12	HR	ZAGREB - Zagreb	Markuševačka gora 26	16° 05'	45° 52'	300
CR-14	HR	KARLOVAC - Píсарovina	Gračec Lučelnica 26 a	15° 55'	45° 48'	390
70	CZ		Buchlovice	17° 19'	49° 9'	410
21	DK		Grasten, F. 413	9° 35'	54° 55'	45
14	NL		Aarnink	6° 44'	51° 56'	45
23	S		Torup	13° 12'	55° 34'	40
CR-4	HR	POŽEGA - Velika	Južni Papuk 53 b	17° 45'	45° 30'	580
59	UA		Pidkamin	25° 23'	49° 57'	-
53	SLO		Postojna Masun	14° 23'	45° 38'	1000
17	GB		Westfield	3° 25'	57° 40'	10
13	B		Soignes	4° 25'	50° 50'	110
6	F		Plateaux du	5° 50'	46° 48'	600
CR-2	HR	POŽEGA - Čaglin	Sjeverni Dilj II 3 a	18° 05'	45° 14'	280
5	F		Bretagne	1° 9'	48° 22'	180
CR-3	HR	POŽEGA - Pleternica	Sjeverni Dilj I 44 a	18° 05'	45° 13'	290
CR-8	HR	BJELOVAR - Daruvar	Vrani kamen 12 a, 15 d	17° 20'	45° 35'	380
CR-5	HR	POŽEGA - Požega	Sjeverna Babja gora 33 e	17° 40'	45° 12'	290
29	D		Dillenburg (HE)	8° 17'	50° 44'	520
CR-17	HR	DELNICE - Fužine	Brloško 55, 61, 62 b	14° 40'	45° 19'	790
CR-18	HR	BUZET - Opatija	Veprinečke šume 16	14° 15'	45° 21'	590
CR-20	SLO	ŠKOFJA LOKA	Blegoš, Poljanska dolina	14° 08'	46° 09'	1150
40	PL		Tarnawa	22° 20'	49° 28'	540
CR-7	HR	BJELOVAR - Bjelovar	Bjelovarska Bilogora 146, 164	17° 02'	45° 55'	190
CR-10	HR	BJELOVAR - Ivanska	Berečka kosa 10 b	16° 45'	45° 42'	190
CR-22	HR	KARLOVAC - Krašić	Kupčina žumberačka 55 a	15° 28'	45° 42'	290
CR-21	SLO	PTUJ	Vurberg	15° 48'	46° 30'	300
CR-19	HR	BUZET - Opatija	Veprinečke šume 34	14° 15'	45° 21'	580

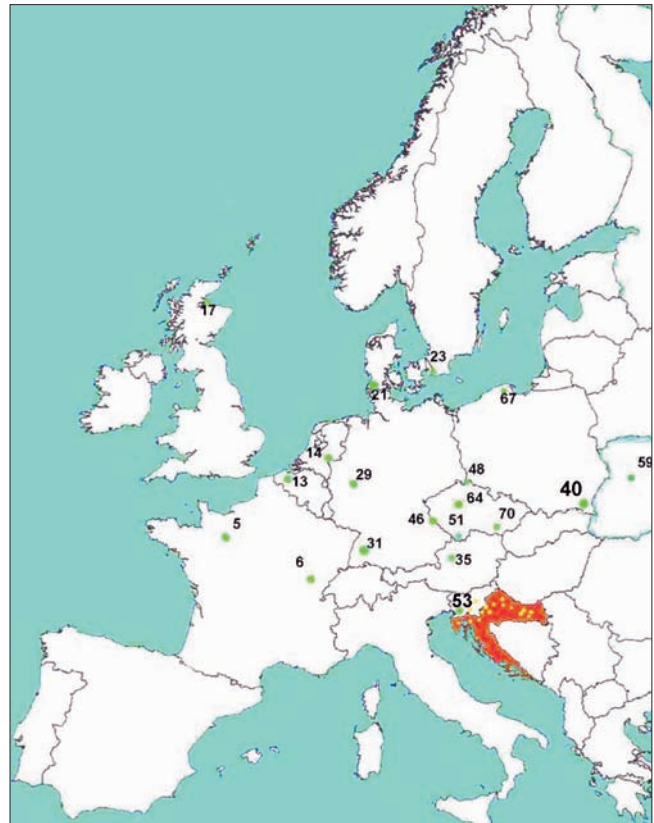
Slika 3. Detalj s međunarodnog pokusa provenijencija obične bukve Kutinska Garjevica

Figure 3 Detail from the Croatian trial (Kutinska Garjevica)

(Foto: Mladen Ivanković)



Slovenski pokus osnovan je sa 38 provenijencija iz 16 europskih zemalja: Austrija, Belgija, Hrvatska, Velika Britanija, Njemačka, Nizozemska, Češka, Danska, Francuska, Poljska, Švedska, Italije, Luxemburga, Švicarske, Slovenije i Slovačke. Detalj slovenskog pokusa prikazan je na slici 5. Osnovni podaci o oba pokusa provenijencija mogu se vidjeti u tablici 2.



Slika 4. Karta Europe s ucrtanim lokalitetima majčinskih sastojaka iz kojih potječu istraživane provenijencije
Figure 4 Map of the origin of studied common beech provenances

Tablica 2. Osnovni podaci o istraživanim pokusnim plohamu obične bukve
Table 2 Basic data on studied common beech provenance trials

Pokus provenijencija <i>Provenance trial</i>	Zemlja <i>Country</i>	geografske koordinate <i>geographic coordinates</i>			srednja godišnja količina oborina (mm) <i>mean annual precipitation (mm)</i>	srednja godišnja temperatura (°C) <i>mean annual temperature (°C)</i>	Ellenberg-ov koeficijent <i>Ellenberg coefficient</i>
		<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>			
Kutinska Garjevica	HR	16.97	45.92	210	757.4	10.2	26.6
Straza	SLO	15.05	45.8	545	1259.7	9.4	15.3

Iz prikazanih osnovnih ekoloških parametara (tablica 2) može se vidjeti da su stanišne prilike u slovenskom pokusu povoljnije za uspijevanje i rast obične bukve. Stanište na kojemu se nalazi slovenski pokus odlikuje se znatno većom prosječnom godišnjom količinom oborina, kao i nižim prosječnim godišnjim temperaturama. Iz toga proizlazi da je vrijednost Ellenberg-ova koeficijenta bitno niža u slovenskom testu, što ukazuje na manji utjecaj kontinentalnosti i time povoljnije uvjete za bukvu na tom lokalitetu.

Biljke su na oba pokusa posađene prema eksperimentalnom dizajnu randomiziranog blok sustava sa tri ponavljanja (Slika 6). Izmjere visina i registracija preživljenja obavljane su svake jeseni, a u ovome su radu obrađene izmjere visina iz jeseni 2005. godine, u dobi biljaka od 2+8 godina (dvogodišnje sadnice nakon osam godina rasta u terenskom pokusu).

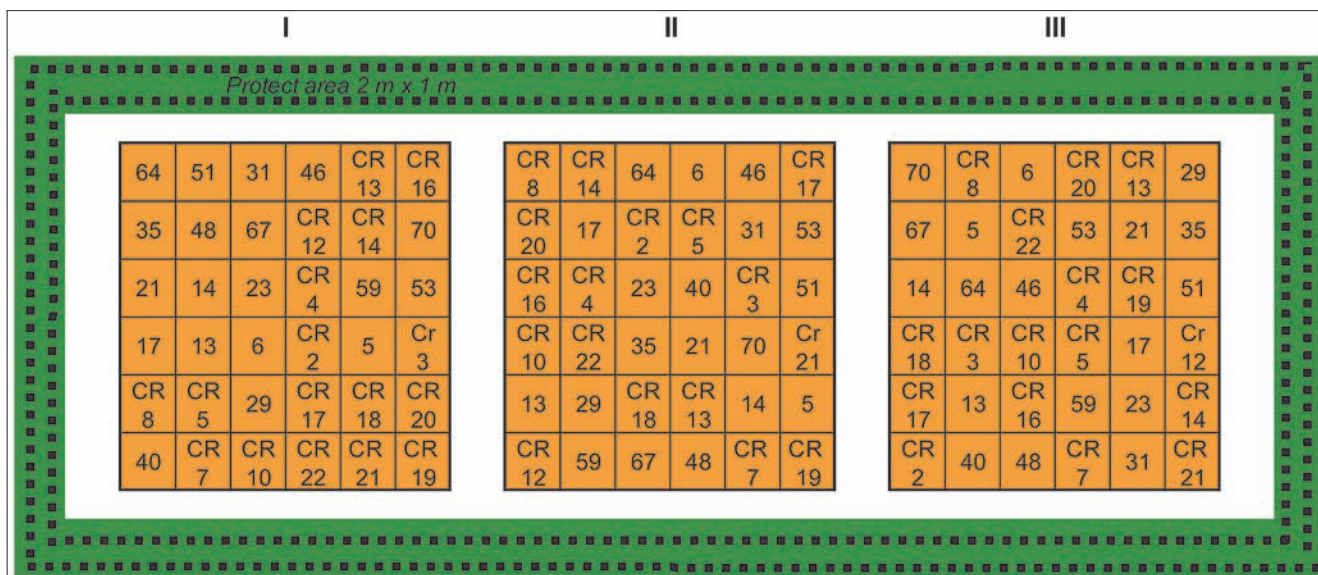
Kao što je spomenuto u uvodnom dijelu, u navedeni je projekt uključena 21 zemlja i važno je napomenuti da je od početka istraživanja varijabilnosti obične



Slika 5. Detalj pokusa osnovanog u Sloveniji
Figure 5 Detail from the Slovenian trial

(Foto: Gregor Božič)

bukve pa do proljeća 2007. godine, u sklopu ovoga projekta diljem Europe osnovano 75 pokusa sa 450



Slika 6. Dizajn pokusa Kutinska Garjevica
Figure 6. Design of the Kutinska Garjevica trial

provenijencija. U tablici 3 prikazan je tijek osnivanja pokusa i broj uključenih provenijencija. U ovom su radu obrađeni podaci prikupljeni s pokusa osnovanih u trećem ciklusu osnivanja pokusa, dakle s pokusa iz 1998. godine, kada ih je širom Europe osnovano 28.

Kako na svim pokusima nisu zastupljene sve provenijencije, tako i hrvatski i slovenski pokus nemaju sve provenijencije zajednički zastupljene. Stoga je u radu obrađeno i analizirano isključivo 15 provenijencija koje su zajedničke na oba pokusa (Tablica 4).

Tablica 3. Ukupni broj pokusa i provenijencija uključenih u europska istraživanja varijabilnosti obične bukve od 1985-2007. godine

Table 3. Number of trials and provenances included in european research project on common beech variation from 1985 till 2007.

godina osnivanja <i>year of establishment</i>	broj provenijencija <i>number of provenances</i>	broj pokusa <i>number of trials</i>
1985-1988	188	17
1995	151	23
1998	83	28
2007	28	7
Ukupno (total):	450	75

Tablica 4. Opći podaci o istraživanim provenijencijama koje su zajedničke za obje analizirane pokusne plohe
Table 4. Basic data on studied provenances which are common for the two analysed trials

No.	Oznaka <i>Label</i>	Zemlja <i>Country</i>	Provenijencija <i>Provenance</i>	Geog. duljina <i>longitude</i>	Geog. širina <i>latitude</i>	m.n.v. <i>altitude</i>
1	5	F	Bretagne	1° 9'	48° 22'	180
2	13	B	Soignes	4° 25'	50° 50'	110
3	14	NL	Aarnink	6° 44'	51° 56'	45
4	17	GB	Westfield	3° 25' W'	57° 40'	10
5	21	DK	Grasten, F. 413	9° 35'	54° 55'	45
6	23	S	Torup	13° 12'	55° 34'	40
7	31	D	Urach (BW)	9° 27'	48° 28'	760
8	35	A	Hinterstoder	14° 6'	47° 43'	1250
9	40	PL	Tarnawa	22° 20'	49° 28'	540
10	46	CZ	Domazlice - Vyhl.	12° 46'	49° 24'	760
11	48	CZ	Jablonec N. N.	15° 14'	50° 48'	760
12	51	CZ	Horni plana - Ce	14° 0'	48° 51'	990
13	53	SLO	Postojna Masun	14° 23'	45° 38'	1000
14	64	CZ	Nizbor	14° 0'	50° 0'	480
15	67	Pl	Bilowo 115, 116	18° 10'	54° 20'	250

Statistička obrada podataka – *Statistical analysis*

Deskriptivna statistička analiza provedena je s ciljem utvrđivanja prosječnih vrijednosti za istraživano svojstvo, njihovih minimalnih i maksimalnih vrijednosti, kao i pripadajućih standardnih devijacija. Deskriptivna statistička analiza provedena je zasebno za svaki pokus, kao i zasebno za svaku istraživanu provenijenciju pomoću MEANS procedure u SAS statističkom paketu (SAS 2000).

Analiza varijance provedena je pomoću MIXED procedure u SAS-u (SAS 2000), s ciljem utvrđivanja statističke značajnosti različitih izvora varijabiliteta (efekata). Analizirani su efekti staništa (pokusne plohe), provenijencija, blokova i interakcije provenijencija sa staništima i blokovima. Analize su provedene zasebno za svaki pokus, prema sljedećem linearnom modelu (1):

$$y_{ijk} = \mu + P_i + B_j + PB_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

gdje su: y_{ijk} – izmjerena vrijednost svojstva na biljci k unutar provenijencije i i bloka j ;

μ – ukupna sredina svih izmjera za promatrano svojstvo u testu;

P_i – fiksni efekt provenijencije i ($i = 1, 2, 3, \dots, 15$);
 B_j – fiksni efekt bloka j ($j = 1, 2, 3$);
 PB_{ij} – slučajni efekt interakcije provenijencije i i bloka j ;

e_{ijk} – ostatak ili eksperimentalna greška.

Analiza varijance provedena je i kombinirano s podacima iz oba pokusa, prema linearnom modelu (2):

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + B_k + PT_{ij} + e_{ijkl} \quad (2)$$

gdje su: T_i – fiksni efekt staništa (pokusne plohe) i ($i = 1, 2$);

PT_{ij} – slučajni efekt interakcije provenijencije j i staništa i ;

Ostali efekti su isti kao u linearnom modelu primijenjenom u odvojenim analizama (model 1).

Ispitivanje signifikantnosti razlika najmanjih kvadratnih sredina između istraživanih provenijencija provedeno je Tukey-Kramer-ovim testom u SAS-u (SAS 2000).

REZULTATI I RASPRAVA – Results and Discussion

Preživljenje biljaka kao i prosječne visine biljaka bile su veće u slovenskom pokusu (Slika 7 i 8, Tablica 5 i 6).

Belgijska provenijencija P-13 (Soignes) s preživljenjem od 94 %, zabilježenom na slovenskom pokusu, pokazala se kao najbolja. Slijedile su je provenijencije P-14 (Aarnink) iz Nizozemske i P-23 (Torup) iz Švedske sa preživljenjem biljaka od 92 %. Najmanji postotak

preživjelih biljaka u starosti od 8 godina na slovenskom pokusu imale su provenijencije iz Češke: P-46 (Domazlice – Vyhľ) od 53,0 % i provenijencija P-64 (Nizbor) s preživljenjem 52,7 %. Međutim, navedene provenijencije spadaju među prvih pet provenijencija po redosljedu prosječnih visina biljaka.

Tablica 5. Deskriptivna statistika za svojstvo visine biljaka obične bukve u dobi od 2 + 8 godina u slovenskom pokusu provenijencija

Table 5 Descriptive statistics for the plant heights at age of 2 + 8 yrs in the Slovenian beech provenance test

Provenijencija Provenance	<i>N</i>	Minimum Minimum	Artim. sredina Mean	Maksimum Maximum	St. Dev.	CV	Preživljenje (%) Survival (%)
P 05	84	75	199.9	340	48.9	24.4	84.0
P 13	141	90	211.5	360	50.8	24.0	94.0
P 14	138	129	225.5	365	48.5	21.5	92.0
P 17	135	65	194.3	320	53.6	27.6	90.0
P 21	62	50	178.1	280	50.6	28.4	62.0
P 23	138	45	184.7	320	49.9	27.0	92.0
P 31	117	105	196.0	320	43.8	22.4	78.0
P 35	84	83	210.4	350	50.0	23.8	56.0
P 40	57	126	232.9	390	61.7	26.5	57.0
P 46	53	123	215.5	370	57.9	26.8	53.0
P 48	62	70	205.1	340	52.7	25.7	62.0
P 51	81	132	214.9	340	41.0	19.1	54.0
P 53	108	95	242.8	360	48.8	20.1	72.0
P 64	79	108	220.7	330	50.7	23.0	52.7
P 67	63	80	210.5	380	51.8	24.6	63.0

Na slovenskom pokusu zabilježena je i provenijencija s najvećim prosjekom visina biljaka. To je lokalna slovenska provenijencija P-53 (Postojna – Mašun) s

prosječkom visine u iznosu od 242,80 cm (Tablica 5). Slijedile su provenijencija iz Poljske, P-40 (Tarnawa) s prosječkom visina od 232,90 cm. Najmanje prosječne

visine biljaka u slovenskom pokusu imale su provenijencije P- 23 (Torup) iz Švedske (184,70 cm) i Danske P-21 (Grasten, F 413) s prosječnom vrijednošću visina od 178,10 cm.

U hrvatskom pokusu, provenijencija iz Slovenije P-53 (Postojna – Masun) ima najveći postotak preživjelih biljaka u iznosu od 59,3 %, a slijedi je sa 58,0 % preživjelih biljaka provenijencija iz Češke P-51 (Horní plana – Ce). Najmanje preživljenje biljaka imaju Danska provenijencija P-21 (Grasten, F 413) sa 26 % i

sa svega 21% preživjelih biljaka provenijencija P-67 (Bilowo 115,116) iz Poljske.

To su ujedno i provenijencije s najmanjom prosječnom visinom biljaka. Provenijencija P-21 ima srednju vrijednost visina 126,1 cm, a P-67 108,5 cm. Provenijencija P-21 jako je loša na oba pokusa.

Najveće prosječne visine biljaka na hrvatskom pokusu zabilježene su kod provenijencija P-05 (Bretagne), Francuska s iznosom od 197,7 cm i P-31 (Urach), Njemačka sa 180,3 cm.

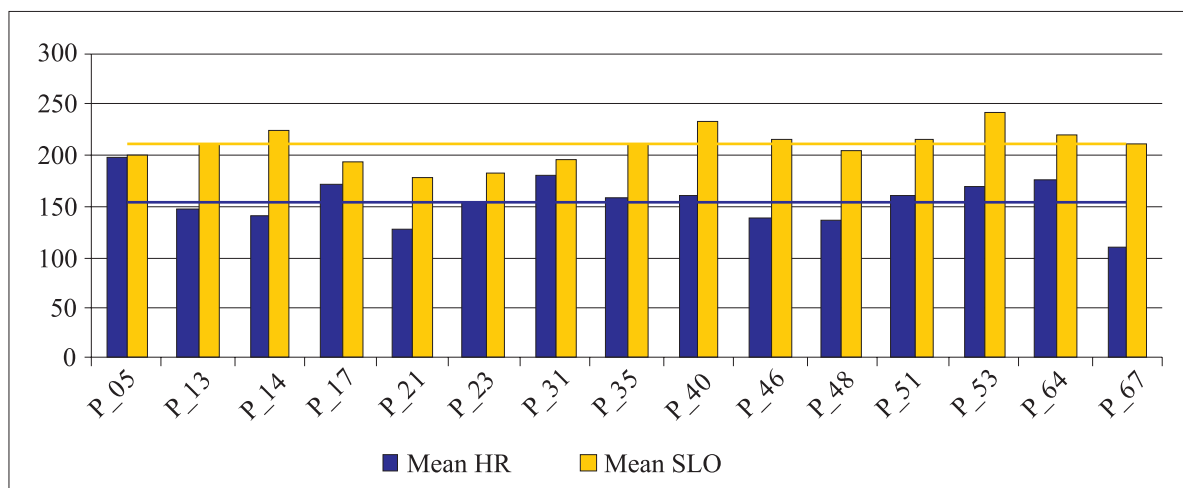
Tablica 6. Deskriptivna statistika za svojstvo visine biljaka obične bukve u dobi od 2+8 godina u hrvatskom pokusu provenijencija

Table 6 Descriptive statistics for the plant heights at age of 2+8 yrs in the Croatian beech provenance test

Provenijencija Provenance	N	Minimum Minimum	Artim. sredina Mean	Maksimum Maximum	St. Dev.	CV	Preživljenje (%) Survival (%)
P 05	84	30	197,7	370	78,1	39,5	56,0
P 31	72	25	180,3	405	85,7	47,5	48,0
P 64	45	28	175,1	400	83,9	47,9	30,0
P 17	65	55	172,0	440	76,1	44,3	43,3
P 53	89	40	167,7	380	66,4	39,6	59,3
P 40	46	60	160,5	310	60,7	37,8	30,7
P 51	87	25	160,0	400	82,8	51,8	58,0
P 35	57	30	157,8	320	73,5	46,5	38,0
P 23	43	45	152,6	295	64,3	42,2	28,7
P 13	57	30	145,6	305	72,7	49,9	38,0
P 14	51	47	142,3	350	65,5	46,0	34,0
P 46	76	35	138,8	300	63,2	45,5	50,7
P 48	63	25	136,9	400	84,4	61,6	42,0
P 21	39	35	126,1	300	59,9	47,5	26,0
P 67	32	37	108,5	245	46,4	42,8	21,3

Testiranjem provenijencija na dva različita staništa pojedine su se provenijencije pokazale fenotipski stabilnima (P-05 Bretagne F, P-31 Urach D, P-17 West-

field GB). Dakle, riječ je o provenijencijama sa sposobnošću tzv. opće prilagođenosti.

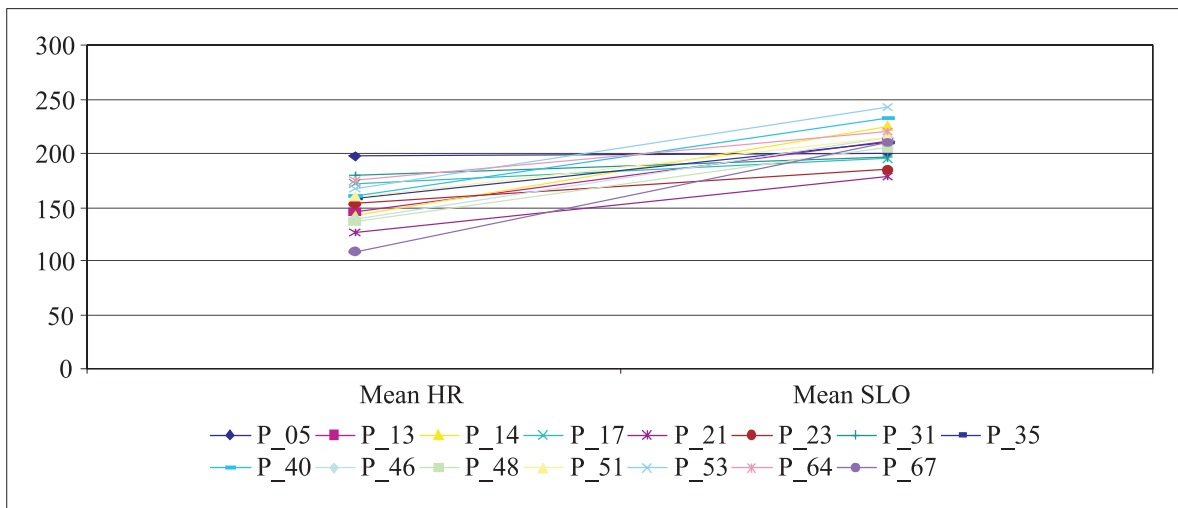


Slika 7. Prosječne visine istraživanih provenijencija na dva različita staništa (pokusa)

Figure 7 Average heights of studied provenances at two different trials

Provenijencije sa specifičnom adaptacijom, odnosno kao fenotipski nestabilne pokazale su se provenijencije: P-13 Soignes iz Belgije, P-14 Aarnink iz Nizozemske,

P-46 Domazlice iz Češke i P-67 Bilowo iz Poljske (Tablica 5 i 6, Slike 7 i 8).



Slika 8. Srednje vrijednosti visina biljaka u dva testa provenijencija
 Figure 8 Provenances mean heights at two studied trials

Rezultati analize varijance pokazali su statistički sig-nifikantne razlike uzrokovane efektima blokova i interakcije analiziranih provenijencija s blokovima u hrvatskom testu, zatim uzrokovane efektima provenijencija i interakcije blok \times provenijencije u slovenskom testu, kao i efektima testova i interakcije test \times provenijencije u kombiniranoj analizi obaju testa (tablice 7 i 8).

Ovi rezultati pokazuju da u hrvatskom testu nisu utvrđene genetski uvjetovane razlike između analiziranih provenijencija, već je varijabilnost visinskog rasta bila dominantno uzrokovana razlikama između blokova i različitog rangiranja analiziranih provenijencija u blokovima. Ovo ukazuje na značajan utjecaj okoliša eksperimentalne površine (u širem smislu) na visinski rast u hrvatskom testu, koji je “maskirao“ genetski uvjetovane razlike između istraživanih provenijencija obične bukve. Ovdje treba napomenuti da je hrvatski test osnovan na padini, a eksperimentalni su blokovi postavljeni okomito na slojnice. Takav način osnivanja testa vjerojatan je uzrok značajnih razlika u rangiranju provenijencija u različitim blokovima tj. signifikantnom interakcijom blok \times provenijencije. Statistička značajnost efekta blokova mogla bi se objasniti iznimno malim visinama provenijencije P 64 u prvom bloku hrvatskog testa, što je uzrokovalo da se prvi blok značajno razlikovao od ostalih. Uzrok tako lošem visinskom rastu ove provenijencije u prvom bloku nije nam poznat.

Analiza varijance provedena s podacima iz slovenskog testa pokazala je bitno drukčije rezultate u odnosu na hrvatski. Ovdje je efekt provenijencija bio statistički visoko značajan (tablica 7), ukazujući na genetski uvjetovane razlike u visinskom rastu između analiziranih provenijencija. I u slovenskom je testu (kao i u hrvatskom), utvrđena statistička značajnost efekta interakcije provenijencija s blokovima. U ovom bi se slučaju ta pojava mogla objasniti time što prilikom osnivanja nije posađeno svih 15 provenijencija u sva tri bloka, već se u

prvom bloku nalazi 13, u drugom 12, a u trećem bloku 14 provenijencija. To je vrlo vjerojatno uzrokovalo različito rangiranje provenijencija u različitim blokovima tj. statističku značajnost efekta interakcije.

Kombinirana analiza podataka iz oba testa pokazala je statističku značajnost efekata testova i interakcije analiziranih provenijencija s testovima (tablica 8). Ovi rezultati ukazuju na značajan utjecaj stanišnih prilika na visinski rast istraživanih provenijencija, kao i različitu sposobnost prilagodbe provenijencija na različite stanišne uvjete analiziranih testova. Kako je prethodno spomenuto, neke su provenijencije pokazale fenotipsku stabilnost, dok su druge pozitivno reagirale na promjene stanišnih prilika, ali različitim intenzitetom (slike 6 i 7). Kombiniranom analizom nisu utvrđene genetski uvjetovane razlike između analiziranih provenijencija, što se može objasniti snažnim utjecajem stanišnih prilika koji su bitno različiti u dva istraživana testa. Međutim, vrlo je vjerojatno da je efekt provenijencija znatno potcijenjen uslijed prethodno spomenutih razloga koji su doveli do visoke statističke značajnosti tzv. okolišnih efekata (blokova, testova i interakcije), a time i maskiranja varijabilnosti uzrokovane efektom razlika između provenijencija.

Ukupno gledajući, analiza varijance pokazala je da je varijabilnost visinskog rasta istraživanih provenijencija obične bukve, u promatranoj dobi na dva različita testa, dominantno uzrokovana okolišnim čimbenicima (statistička značajnost efekata testova, blokova i interakcija – tablice 7 i 8). Na temelju toga moglo bi se zaključiti da se analizirane provenijencije obične bukve genetski ne razlikuju s obzirom na svojstvo visinskog rasta. Međutim, zbog gore navedenih razloga, zbog kojih je prema našoj procjeni neobjektivno povećana značajnost okolišnih efekata, ne bi smjeli donositi takav zaključak. U prilog tomu ide i rezultat analize slovenskog testa u kojemu su provenijencije bile statistički

visoko značajan uzrok varijabilnosti, što je snažan argument za postojanje genetskih posebnosti između analiziranih provenijencija. Dakle, skloniji smo zaključku da za svojstvo visinskog rasta postoje genetski uvjetovane razlike između istraživanih provenijencija, usprkos rezultatima koji su dobiveni analizom hrvatskog testa i kombinirane analize obaju testova.

Tukey-Kramer-ovim testom analizirana je statistička značajnost razlika između prosječnih vrijednosti visina provenijencija (u slovenskom testu u kojemu je analiza varijance pokazala značajnu diferencijaciju između provenijencija), s ciljem utvrđivanja obrasca genetske raznolikosti. U dosadašnjim istraživanjima nekih adaptivnih svojstava i izoenzimskih sustava, nekoliko je autora utvrdilo kinalni obrazac (u smjeru sjeverozapad-jugoistok) genetske raznolikosti obične bukve (von

Wuehlisch et al. 1995, Nielsen and Jorgensen 2003, Gomory et al. 2007). Naši rezultati više su u skladu s nekim radovima koji ukazuju na ekotipski karakter genetske raznolikosti (Comps et al. 1991, Paule 1995, Gomory et al. 1998, Chmura and Rozkowski 2002, Jazbec et al. 2007). Razlozi mogućeg "neotkrivanja" kinalne varijabilnosti u našem radu mogu biti u malom broju analiziranih provenijencija i sistematskoj nepokrivenosti geografskog područja na kojemu je obična bukva rasprostranjena. S druge strane, za definitivni zaključak o ekotipskoj genetskoj varijabilnosti potrebno je provesti dodatna istraživanja koja bi kombinirala rezultate analize testova s egzaktnim podacima o ekološkim parametrima majčinskih sastojina iz kojih potječu analizirane provenijencije.

Tablica 7. Analiza varijance za svojstvo visinskog rasta biljaka u dobi od 2 + 8 godina obične bukve u istraživanim pokusima provenijencija – rezultati za fiksne izvore varijabilnosti.

Table 7 ANOVA fixed effect results for height trait at age of 2 + 8 yrs in two studied beech provenance tests.

Test fiksnih izvora varijabilnosti (tip 3) – Type 3 Tests of Fixed Effects				
izvor varijabilnosti effect	stupnjevi slobode u brojniku Num DF	stupnjevi slobode u nazivniku Den DF	F vrijednost F Value	Pr > F
Hrvatski test – (Croatian trial)				
blokovi - block provenijencije provenance	2	25.8	7.16	0.0033
	14	25.6	0.85	0.6125
Slovenski test – (Slovenian trial)				
blokovi - blocks provenijencije provenances	2	20.9	1.54	0.2376
	14	21.3	3.79	0.0029
Kombinirana analiza – (Combined ANOVA)				
test - (trial)	1	14	78.13	<.0001
blok(test) - block(trial) provenijencija provenance	4	2286	23.26	<.0001
	14	13.9	1.48	0.2384

Tablica 8. Analiza varijance za svojstvo visinskog rasta biljaka u dobi od 2+8 godina obične bukve u istraživanim pokusima provenijencija – rezultati za slučajne izvore varijabilnosti.

Table 8 ANOVA random effect results for height trait at age of 2+8 yrs in two studied common beech provenance tests.

izvor varijabilnosti effect	komponenta varijance variance component	standardna greška stand. error	Z vrijednost Z Value	Pr Z
Hrvatski test – (Croatian trial)				
blok × provenijencija block × provenance ostatak - residual	1106.96	377.87	2.93	0.0017
	4410.43	212.52	20.75	<.0001
Slovenski test – (Slovenian trial)				
blok × provenijencija block × provenance ostatak - residual	139.07	64.5162	2.16	0.0156
	2445.19	93.6904	26.10	<.0001
Kombinirana analiza varijance – (Combined ANOVA)				
test × provenijencija trial × provenance ostatak - residual	244.36	111.97	2.18	0.0145
	3507.40	104.02	33.72	<.0001

ZAKLJUČCI – Conclusions

Analizom visinskog rasta u dva istraživana testa, dobiveni su kontrastni rezultati o postojanju genetskih razlika između uzorkovanih provenijencija obične bukve. Genetski uvjetovane razlike za analizirano svojstvo dokazane su u slovenskom testu, ali ne i u hrvatskom.

Utvrđene razlike u visinskom rastu između provenijencija u slovenskom testu ukazuju na ekotipski karakter genetske diferencijacije obične bukve.

Postojanje genetskih razlika između provenijencija u hrvatskom testu prikriveno je okolišnim utjecajima u širem smislu.

Utvrđeno je da neke provenijencije obične bukve pokazuju fenotipsku stabilnost u različitim stanišnim uvjetima, dok s druge strane neke provenijencije pokazuju sposobnost specifične prilagodbe na testirane okolišne prilike jednog odnosno drugog pokusa.

ZAHVALA – Acknowledgement

Ovaj istraživački rad, a posebice vrlo složen i obiman posao na osnivanju međunarodnog pokusa provenijencija obične bukve ne bi bilo moguće napraviti bez pomoći i dobre suradnje s djelatnicima Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb, Uprave šuma Podružnice Zagreb i Šumarije Kutina. Koristimo priliku zahvaliti im se ovim putem.

Također, zahvaljujemo dr. sc. Josi Gračanu, znanstvenom savjetniku koji je devedestetih godina uključio Šumarski institut, Jastrebarsko u međunarodna istraživanja varijabilnosti obične bukve i vodio osnivanje dvaju međunarodnih i jednog domaćeg pokusa provenijencija obične bukve.

LITERATURA – References

- Chmura, D.J., and Rozkowski, R. 2002. Variability of beech provenances in spring and autumn phenology. *Silvae Genetica* 51(2–3): 123–127.
- Comps, B., Thiebaut, B., Šugar, I., Trinajstić, I., Plazibat, M. 1991. Genetic variation of the Croatian beech stands (*Fagus sylvatica* L.): spatial differentiation in connection with the environment. *Ann. Sci. For.* 48: 15–28.
- Glavaš, M., M. Harapin, B. Hrašovec, 1992: Zaštita šuma, Monografija: Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet, 171–179, Zagreb.
- Gömöry, D., Hynek, V., Paule, L. 1998. Delineation of seed zones for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Czech Republic based on isozyme gene markers. *Ann. Sci. For.* 55: 425–436.
- Gömöry, D., Paule, L., Vysny, J. 2007. Patterns of allozyme variation in western Eurasian *Fagus*. *Botanical Journal of Linnean Society* 154: 165–174.
- Gračan, J. 2003: Dostignuća na oplemenjivanju obične bukve u Hrvatskoj. U: Obična bukva u Hrvatskoj. Matić, Slavko (ur.). Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- Gračan, J., M. Ivanković, 2001: Prvi rezultati uspjevanja provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. *Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama* 175–190.
- Jazbec, A., K. Šegotić, M. Ivanković, H. Marjanović, S. Perić, 2007. Ranking of European beech provenances in Croatia using statistical analysis and analytical hierarchy process. *Forestry* 80(2): 151–162.
- Klepac, D., 1986: Uvodni referat na simpoziju o bukvi, Kolokvij o bukvi, Šumarski fakultet, 11–15 Zagreb.
- Nielsen, Ch. N. and F. V. Jorgensen, 2003. Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. *Forest Ecology and Management* 174: 233–249.
- NN 107/08. Narodne novine br. 107.
- Paule, L. 1995. Gene conservation in European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Genetics* 2(3): 161–170.
- Potočić, N., I. Seletković, 2000: Stanje oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj 1998. godine. *Šum. list* 1–2 : 51–56, Zagreb.
- SAS 2000. SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc®, Version 8. <http://v8doc.sas.com/sashtml>
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća, Šumarski fakultet, 436–441 Zagreb.
- Vukelić, J. i Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb
- Wuehlisch, G. von, D. Krusche, H.-J. Muhs, 1995: Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances. *Silvae Genetica* 44(5–6): 343–346.

*SUMMARY: We present an overview of the first results on height growth variability of the European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances in Croatian and Slovenian field tests. The field tests (one in each country) were established in the spring of 1998 with 2 years old plants. 36 provenances were planted in the Croatian trial and 38 provenances in the Slovenian one, in a randomised complete block design (RBD) in three replications with 150 seedlings per provenance. The Croatian trial includes provenances from 13 European countries (Austria, Belgium, Croatia, Czech Republic, Denmark, France, Great Britain, Germany, Netherlands, Poland, Slovenia, Sweden, and Ukraine) while Slovenian trial includes provenance from 15 European countries (Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, France, Germany, Great Britain, Italy, Luxemburg, Netherlands, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, Switzerland).*

The first results relate to the survival rate and heights in autumn 2005, at the plant age of 8 years. The Slovenian trial had a better survival rate and a larger average height. The P-13 provenance (Soignes – B) had the best survival rate of 94,0% (in Slovenian trial); the largest heights in Slovenian trial were recorded also for the local Slovenian provenance P-53 (242,80 cm, Postojna – Masun);

Provenance testing on two different sites showed that some provenances (P-05 Bretagne F, P-31 Urach D, P-17 Westfield GB) exhibited a general adaptedness and phenotypic stability, while other provenances were phenotypically instable, i.e. exhibited specific adaptedness (P-64 Nizbor, CZ, P-51 Horni Plana-Ce CZ).

Anova showed that provenances were statistically significant effect only in the Slovenian trial, while in the Croatian one as well as in combined analysis there were no between provenance differences. Block by provenance interactions were statistically significant in both trials, indicating strong micro site influences. However, blocks were not properly conducted in Croatian trial because they were perpendicular to slope, probably causing strong provenance by block interaction. Moreover, in Slovenian trial number of studied provenances was not the same, which was also cause for strong interaction effect. Our believe is that due to above mentioned reasons, provenance by block interactions in both trials were overestimated and consequently that was the reason for underestimating provenance effect.

Tukey-Kramer test did not show clinal geographic pattern of between provenance differences, so it can be concluded that results indicate ecotypic genetic differentiation of studied provenances. However, future studies which should include ecological variables of mother stands might put more light on the pattern of genetic variation.

These results shall be evaluated in the future for possible use in breeding and conservation of the European beech genetic resources.

Key words: genetic variation, ecotypes, quantitative traits